

《锅炉安全技术监察规程》 释义

前 言

国家质量监督检验检疫总局于 2012 年 10 月 23 日发布公告（第 162 号），正式颁布了《锅炉安全技术监察规程》（TSG G0001—2012），该规程于 2013 年 6 月 1 日正式实施。《锅炉安全技术监察规程》的制定，是将原劳动部颁布的《蒸汽锅炉安全技术监察规程》（1996 年颁布）、《热水锅炉安全技术监察规程》（1991 年颁布，1997 年修订）、《有机热载体炉安全技术监察规程》（1993 年颁布），以及原国家质量技术监督局 2000 年颁布的《小型和常压热水锅炉安全监察规定》等进行整合。修订工作组从 2007 年 9 月起，历时 5 年，2012 年 10 月完成了修订工作。

与原规程相比，修订后的规程有很大变化，由于四个原有的锅炉规程现已合并为一个锅炉规程，对原有各规程中内容相同的部分条款进行了合并，对一直行之有效的条款予以保留，对需要补充和完善的原有条款进行了修改，对已经不适用的部分条款，或不再包括在新版规程适用范围内的条款内容进行了删除，新增加了很多大型电站锅炉内容和以前没有在规程中做出要求但对安全技术监察又很重要的条款内容。

本书编写人员由参加本次规程修订的人员组成。编写组将修订后的条款逐条解释，将各条款内容以及历史背景、制定的本意以及与该条款内容相关的国内外要求等进行整理，形成本书释义，希望对《锅炉安全技术监察规程》的正确理解和贯彻执行有所帮助。

《锅炉安全技术监察规程》颁布后，为及时宣贯需要，编写组抓紧时间完成本释义，由于时间仓促，恐书中有疏漏之处，恳请读者批评指正。

《锅炉安全技术监察规程》由国家质量监督检验检疫总局负责解释。本释义不属于官方解释，解释内容是作者对规程的理解，不具备法律效力，仅供读者参考。

编者
2012 年 10 月

目 录

第一部分 编制说明	1
第一章 修订过程	2
第二章 修订原则	4
第三章 主要变化	5
第二部分 条文释义	7
第一章 总则	8
第二章 材料	20
第三章 设计	44
第四章 制造	80
第五章 安装、改造、修理	140
第六章 安全附件和仪表	153
第七章 燃烧设备、辅助设备及系统	188
第八章 使用管理	198
第九章 检验	214
第十章 热水锅炉及系统	229
第十一章 有机热载体锅炉及系统	238
第十二章 铸铁锅炉	270
第十三章 D级锅炉	276
第十四章 附则	283
附件一：有机热载体系统示意图	284
附件二：火焰直接加热有机热载体锅炉最高液膜温度计算方法	288
附件三：有机热载体燃煤链条炉排锅炉最高液膜温度计算方法的说明	295
附件四：规程引用法规、规范和标准目录	307

第一部分 编制说明

第一章 修订过程

2007年5月,国家质量监督检验检疫总局(以下简称国家质检总局)特种设备安全监察局(以下简称特种设备局)下达制(修)订《锅炉安全技术监察规程》(以下简称《锅规》)的立项计划。

2007年9月,中国特种设备检测研究院牵头组织有关专家成立了制(修)订工作组,在北京召开第一次工作组全体会议,讨论形成了《锅规》制(修)订的原则、重点内容及主要问题、结构(章节)框架,并且就起草工作进行了具体分工,制定了起草工作时间表。

2007年10月至2008年3月期间,召开各分小组讨论会议,形成各部分起草稿初稿。

2008年4月,工作组在杭州召开了第二次全体会议,将各分小组的起草内容汇总整理并经过讨论,形成了《锅规》第一次征求意见稿。

2008年8月至12月,特种设备局以质检特函[2008]67号文向基层部门、有关单位和专家及公民征求意见,共收集意见1294条。

2009年9月至12月,在第一次征求意见汇总的基础上,工作组召开各专题小组讨论会,并分别召集各部分负责人提交小组讨论结果,对第一次征求意见进行研究讨论形成第二次征求意见稿。

2010年1月,起草组提交第二次征求意见稿,特种设备局以质检特函[2010]10号文第二次向全社会征求意见,共收集意见511条。

2010年5月至9月,工作组针对第二次征求意见稿,开始了各专题小组研讨和修改工作,特别就比较突出的电站锅炉材料问题召开多次专题小组会议,协调锅炉厂和电力部门最终达成一致意见。

2010年10月至12月,根据上级指示,将征求意见稿中按“第×条”的形式改为“1.1...”的标准形式,同时为了满足将来规程的顺利实施,组织有关单位和专家起草形成了有机热载体液膜温度计算特别是燃煤锅炉推荐计算方法。

2011年2月至5月,特种设备局将送审稿提交给国家质检总局特种设备安全技术委员会审议,工作组根据审议意见修改形成了报批稿。

2011年12月,国家质检总局局务会原则通过报批稿。

2012年2月至6月,国家质检总局向WTO通报,并对通报结果讨论汇总。

2012年10月23日,本规程由国家质检总局批准颁布。

本次修订工作由中国特种设备检测研究院牵头组织,由于本次修订范围广、涉及专业领域多,人力和物力投入都比较大。在本次起草过程中,除参加单位和人员为此做出很大努力外,中国锅炉水处理协会、哈尔滨锅炉厂有限责任公司、东方锅炉股份有限公司、北京巴布科克·威尔科克斯有限公司、上海锅炉厂有限公司、武汉锅炉股份有限公司、杭州锅炉集团股份有限公司、大连锅炉厂、泰山集团股份有限公司、浙江力聚热水机有限公司等单位还为本次《锅规》制(修)订提供了大力支持和帮助。

第二章 修订原则

- 将锅炉相关规程合并为一个规程，原有的三个锅炉规程和局长令〔原劳动部颁布的《蒸汽锅炉安全技术监察规程》（1996年颁布）、《热水锅炉安全技术监察规程》（1991年颁布，1997年修订）、《有机热载体炉安全技术监察规程》（1993年颁布）以及原国家质量技术监督局2000年颁布的《小型和常压热水锅炉安全监察规定》〕全部整合，形成新的《锅规》。

- 适应当前锅炉技术发展的需要，充分吸纳我国电力、机械、钢铁系统的成熟技术和管理经验，重点增加大型发电锅炉的有关内容，同时着力调整小型锅炉的安全技术要求。

- 连续性原则，即新的《锅规》保持我国锅炉安全监察工作的连续性，对成熟和行之有效的条款予以保留。

- 先进性原则，即新的《锅规》与时俱进，充分采纳我国近些年发展形成的新技术和新方法，并为新技术和新方法的发展预留出路。

- 与国际接轨原则，即新的《锅规》充分借鉴国外先进经验，尽量与国际惯例接轨，形成一套与国际通行做法基本一致的、又适合我国国情的锅炉安全监察基本制度。

- 分类监管原则，从锅炉发展现有情况和安全监察分类、分级管理的实际需要出发，将锅炉按照不同风险程度进行分级，并按不同等级制定不同的技术要求和不同的监管内容。

- 充分落实企业的安全主体责任原则，在保证安全的前提下，尽量减少生产过程中的行政审批程序，既方便了企业又落实了企业的安全主体责任。

- 安全与节能并重的原则，在保证安全的前提下，适应技术发展的需要，调整和简化了一些过繁的检验要求，降低了企业的制造成本。

第三章 主要变化

修订后的《锅规》在表达方式方面,与以往规程相比有很大改变,采用标准的格式对条文进行编号并增加了标题。在结构框架方面,按照锅炉的设计、制造、安装(含调试)、改造、修理、使用、检验各环节制定相应阶段的要求,对特殊的热热水锅炉及系统、有机热载体锅炉及系统、铸铁锅炉和D级锅炉首先要满足专项条件,其他锅炉和专项条件没有提出特别要求的要满足其他章节要求。在内容方面,本规程主要有以下变化。

3.1 增加了锅炉设备级别 从危害性及失效模式出发,突出本质安全思想,对锅炉进行分级。锅炉最危险的失效模式是爆炸,锅炉爆炸有承压部件爆炸和炉膛爆炸。锅炉爆炸释放的能量与锅炉介质参数和容量紧密相关,锅炉介质参数和容量越大,爆炸造成的损失和危害越大。锅炉设备共分为A、B、C、D四个级别。

3.2 规定了特殊情况处理渠道 为促进锅炉科学技术进步,对采用新结构、新工艺、新材料、新技术等情况,制定了安全的解决途径。鼓励创新,但创新是有风险的,新规程明确规定,对此类问题应当由专家组成的特种设备安全技术委员会进行评审,既可突出专家的作用,又可回避风险。

3.3 增加了大型电站锅炉用材料 近些年由于电站锅炉的迅猛发展,原规程所列材料已经远远不能满足大型电站锅炉用材料的需求。本次修订结合我国锅炉设计、制造、运行和检验等方面的实际经验积累,经锅炉制造单位、电力单位、检验机构和科研单位等方面充分协商,在参考国外材料标准及应用的基础上,大量增加大型电站锅炉用材料,并规定了这些材料的适用范围。

3.4 简化了材料验收程序和内容 随着我国锅炉用材料,特别是常规用材料制造水平的提高,从材料的制造源头提高了锅炉用材料的质量。因此,本规程修订时增加了对B级及以下锅炉的碳素钢材料,满足一定的要求后,不再强制要求进行入厂后的理化和无损检测复验。同时参照国际通行的做法,增加了材料使用单位人员在材料制造单位源地验收后,不强制要求进行入厂后的理化和无损检测复验,这样在质量得到保证的前提下可以大大地减少制造成本。

3.5 加强了立式锅炉技术要求 考虑到近些年立式锅炉爆炸事故,本次修订针对容易发生事故的部位,特别是立式锅炉下脚圈与锅壳的连接部位,做出采用氩弧焊打底的规定,以保证此薄弱部位的焊接质量。同时为检修方便,下部必须开设3个及以上的手孔。

3.6 大量减少产品焊接试板 考虑到目前我国焊接水平特别是常规用材料的焊接质量已大幅提高,并根据多年来实际焊接试板检验发现问题的概率极小的情况,本次修订大量减少碳素钢材料的产品焊接试板。

3.7 增加了无损检测方法,总体减小了无损检测比例 本次修订增加了超声检测的使用范围,同时新增了超声衍射时差法(TOFD)无损检测方法。对无损检测比例按锅炉设备级别作了较大调整,总体上减小了工业锅炉产品无损检测比例。

3.8 增加了锅炉重大修理的定义及内涵 由于原规程对锅炉重大修理没有明确规定,在实际工作中经常发生对其理解的差异,因此本次修订按照锅炉设备的类别对重大修理的范围进行了明确规定,便于实际操作。

3.9 删除了锅炉房章节 按照部门管理分工的要求,把锅炉房建筑、消防方面的标准

直接引入，不再单独设立锅炉房一章对锅炉房提出详细要求。

3.10 新增电站锅炉设计、安装（含调试、验收）和使用管理要求 考虑到近几年对电站锅炉监管的实际需要，本次修订在广泛征得电站锅炉制造单位、电力行业意见的基础上，新增了对大型电站锅炉设计、安装（含调试、验收）、辅助设备、使用管理等方面的要求。

3.11 增加和完善了对油、气体和煤粉锅炉燃烧器安全技术要求 考虑到近些年油、气体和煤粉锅炉的使用增多，出现燃烧器方面的安全问题也随之增多，针对此类问题，在参照国内外相关规定的基础上，本次修订做了进一步补充和完善。

3.12 增加了锅炉水处理要求 考虑到锅炉水处理工作对锅炉安全和节能至关重要，本次修订从锅炉设计、安装、运行到使用，全面系统地增加了水处理相关技术要求。

3.13 明确规定了锅炉监督检验及定期检验的内容、范围及结论 本次修订对锅炉制造、安装、改造和重大修理的监督检验以及定期内外部检验的内容及范围进行了原则性规定；增加了首次内部检验的规定；增加了不能按期停炉检验的处理规定；调整了水（耐）压试验周期的规定；增加了对检验过程中发现缺陷处理的原则规定；增加了内部检验、外部检验、水（耐）压试验结论的规定。

3.14 修订并大量增加了有机热载体、有机热载体锅炉及系统的技术要求 增加和修改关于有机热载体、型式试验要求及其使用条件的规定；增加了有机热载体锅炉的最高允许液膜温度规定及计算；增加了有机热载体系统设计型式的规定；增加了对有机热载体循环泵结构型式和冷却方式，以及对其供电保障条件的要求；增加了在系统运行条件下向系统内补充有机热载体的有关技术要求。

3.15 增加了铸铁锅炉的适用范围，完善了型式试验内容，降低了锅片最小壁厚 本次修订根据铸铁锅炉实际使用情况同时参照国外规范，把铸铁锅炉的适用范围扩大到额定工作压力小于0.1MPa的蒸汽锅炉；锅片的最小壁厚进行了重大调整，由原来的10mm改为5mm；型式试验由原来只做单个锅片的爆破试验，增加了新设计的铸铁锅炉整体进行验证性水压试验要求。

3.16 调整了D级锅炉相关技术要求 修改了D级锅炉用材料要求，D级汽水两用锅炉和热水锅炉可以采用铝、铜合金以及不锈钢材料，管子可以采用焊接管；明确了蒸汽锅炉的设计图样上标明的水容积应当是锅炉设计正常水位时的水容积；在汽水两用锅炉基础上进一步放宽T形接头的使用；修改了D级蒸汽锅炉、热水锅炉、有机热载体锅炉的使用登记、安装告知、安装监督检验、定期检验要求。

第二部分 条文释义

说明：在本释义中，按照新版的《锅炉安全技术监察规程》（以下简称本规程或《锅规》）的条文顺序对规程内容加以逐条释义，并对新版《锅规》条文均加线框。为阅读方便，将1996年版《蒸汽锅炉安全技术监察规程》（以下简称《蒸规》）、1991年颁布1997年修订的《热水锅炉安全技术监察规程》（以下简称《水规》）、1993年版《有机热载体锅炉安全技术监察规程》（以下简称《有机规》）、2000年版《小型和常压热水锅炉安全监察规定》（以下简称《小型规》）对比列出。

第一章 总则

一、本章结构及主要变化

本章共有9节，由“1.1 目的”、“1.2 适用范围”、“1.3 不适用范围”、“1.4 锅炉设备级别”、“1.5 进出口锅炉制造及使用”、“1.6 特殊情况的处理”、“1.7 监督管理”、“1.8 与技术标准、管理制度的关系”、“1.9 章节关系说明”组成。本章的主要变化为：

- 增加了锅炉设备级别划分的内容；
- 调整了采用新结构、新工艺、新材料、新技术等情况的处理方式。

二、条款说明与解释

1.1 目的

为了加强锅炉安全监察，防止和减少事故，保障人民群众生命和财产安全，促进经济发展，根据《特种设备安全监察条例》的有关规定，制定本规程。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第1条、《水规》第1条、《有机规》第1条、《小型规》第一条。

《蒸规》第1条 为了确保锅炉安全运行，保护人身安全，促进国民经济的发展，根据《锅炉压力容器安全监察暂行条例》的有关规定，制定本规程。

《水规》第1条 为了保证热水锅炉安全经济运行，促进国民经济的发展，保护人身安全，根据《锅炉压力容器安全监察暂行条例》的有关规定，特制定本规程。

《有机规》第1条 为了提高有机热载体锅炉设计、制造、使用等方面安全技术管理水平，保证有机热载体锅炉安全运行，根据《锅炉压力容器安全监察暂行条例》的要求，制定本规程。

《小型规》第一条 为加强小型和常压热水锅炉的安全监察和管理，确保安全运行，根据《锅炉压力容器安全监察暂行条例》和国务院赋予质量技术监督行政部门的职能，制订本规定。

• 条款解释：本条款明确了制定本规程的目的和依据。本条款对《蒸规》第1条、《水规》第1条、《有机规》第1条、《小型规》第一条规定的修改，将“确保锅炉安全运行”改为“加强锅炉安全监察，防止和减少事故”，将“保护人身安全”改为“保障人民群众生命和财产安全”，增加了促进经济发展的要求。将《锅炉压力容器安全监察暂行条例》改为《特种设备安全监察条例》。

锅炉是一种承压而具有爆炸危险的设备，一旦发生爆炸事故，不但造成经济、财产的严重损失，也造成人员伤亡。切实掌握锅炉事故的规律，不断提高和完善防范措施，防止和减少事故，是特种设备安全监察工作的一项重要安全系统工程。为了加强锅炉安全监

察,防止和减少事故,保障人民群众生命和财产安全,促进经济发展,从锅炉的设计结构与强度、材料与制造工艺、安全附件与操作等诸多方面提出要求,提炼并上升到法规的形式,对锅炉事故采取防范措施,通过掌控和防范,使锅炉事故得到更有效的控制。

特种设备安全监察机构是为了保障特种设备安全而设立的,特种设备安全监察法规也是为了保障特种设备安全而制定的。1955年4月25日,国营天津第一棉纺厂发生一起锅炉爆炸事故,造成8人死亡,69人受伤,引起国务院高度重视。1955年7月经国务院批准,在劳动部设立锅炉安全检查总局,开始对锅炉、压力容器等特种设备进行专门监督管理,实行国家安全监察。

本规程的制定依据是国务院2003年颁发、2009年修订的《特种设备安全监察条例》(以下简称《条例》)。《条例》对特种设备中的锅炉的设计、制造、安装、改造、维修、使用、检验及其监督检查,作了规定。

1960年原劳动部制定了第一个特种设备安全监察规范,即第一版的《蒸汽锅炉安全监察规程》;1979年,由于连续发生锅炉压力容器爆炸事故,国务院发出通报,并于当年批转当时的国家劳动总局报告,要求健全锅炉压力容器安全监察机构和加强安全监察工作,建立国家检测中心,并且批转全国安全监察机构增加编制800人,同时,开始了安全监察法规的起草。1982年2月6日,国务院颁布了《锅炉压力容器安全监察暂行条例》(以下简称《暂行条例》),奠定了我国锅炉压力容器安全监察的法制基础。为贯彻实施《暂行条例》,原锅炉压力容器安全监察局根据《暂行条例》第二十三条的授权规定,制定了《〈锅炉压力容器安全监察暂行条例〉实施细则》,由原劳动人事部于1982年8月7日颁布。以后陆续颁布了有关的部门规章、规范性文件(如1983年6月3日劳动人事部颁布了第一版的《水规》、1993年11月28日劳动部颁布了第一版的《有机规》、2000年6月15日国家质量技术监督局颁布了第一版的《小型规》)。

2003年3月,国务院颁布了《条例》(第373号国务院令),自2003年6月1日起施行,原《暂行条例》同时废止。因此,本规程的制定依据也相应改变。2003年《条例》颁布后,于2007年启动修订工作,进行实施后评估,并于2009年1月14日国务院第46次常务会议通过修订案,1月24日第549号国务院令发布,2009年5月1日施行。在新修订的《条例》中,增加高耗能特种设备节能监管内容;明确特种设备事故分级、特种设备安全监督管理部门对事故调查的主体职责;进一步明确特种设备安全监察范围;下放特种设备审批权限;明确行政许可的收费依据;将水处理的要求加入等。

《条例》明确规定特种设备的生产、使用、检验等单位,应当依照国务院特种设备安全监督管理部门制定并公布的安全技术规范的要求,进行相应的活动,提出了特种设备安全技术规范的概念。本规程就是关于锅炉基本安全要求和管理要求的综合性安全技术规范。

本次修订工作是将原《蒸规》、《水规》、《有机规》,以及《小型规》等整合为《锅炉安全技术监察规程》;具体内容的修订是对《蒸规》的第5次修订、对《水规》的第3次修订、对《有机规》和《小型规》的第1次修订。

1.2 适用范围

本规程适用于符合《特种设备安全监察条例》范围内的固定式(注1-1)承压蒸汽锅炉、承压热水锅炉、有机热载体锅炉,以及以余(废)热利用为主要目的的烟道式、烟道与管壳组合式余(废)热锅炉。

注 1-1: 固定式锅炉是指锅炉在使用过程中是固定的。

1.2.1 锅炉本体

由锅筒、受热面及其集箱和连接管道, 炉膛、燃烧设备和空气预热器 (包括烟道和风道), 构架 (包括平台和扶梯), 炉墙和除渣设备等所组成的整体。

1.2.2 锅炉范围内管道

(1) 电站锅炉, 包括锅炉主给水管道、主蒸汽管道、再热蒸汽管道等;

(2) 电站锅炉以外的锅炉, 分为有分汽 (水、油) 缸 (注 1-2) 的锅炉和无分汽 (水、油) 缸的锅炉; 有分汽 (水、油) 缸的锅炉, 包括锅炉给水 (油) 泵出口和分汽 (水、油) 缸出口与外部管道连接的第一道环向接头的焊缝内的承压管道 [含分汽 (水、油) 缸]; 无分汽 (水、油) 缸的锅炉, 包括锅炉给水 (油) 泵出口和锅炉主蒸汽 (水、油) 出口阀以内的承压管道。

注 1-2: 分汽 (水、油) 缸应当符合本规程集箱的有关规定。

1.2.3 锅炉安全附件和仪表

锅炉安全附件和仪表, 包括安全阀、压力测量装置、水 (液) 位测量与示控装置、温度测量装置、排污和放水装置等安全附件, 以及安全保护装置和相关的仪表等。

1.2.4 锅炉辅助设备及系统

锅炉辅助设备及系统, 包括燃料制备、汽水、水处理等设备及系统。

• 条款说明: 修改条款。

原条款:《蒸规》第 2 条,《水规》第一章一、第 2 条,《有机规》第 2 条,《小型规》第二、三条。

《蒸规》第 2 条 本规程适用于承压的以水为介质的固定式蒸汽锅炉及锅炉范围内管道的设计, 制造、安装、使用、检验、修理和改造。

汽水两用锅炉除应符合本规程的规定外, 还应符合《热水锅炉安全技术监察规程》的有关规定。

本规程不适用于水容量小于 30L 的固定式承压蒸汽锅炉和原子能锅炉。

《水规》第一章一、《热水锅炉安全技术监察规程》适用范围包括电加热热水锅炉和锅炉范围内管道。

《水规》第 2 条 本规程适用于同时符合下列条件的以水为介质的固定式热水锅炉 (以下简称锅炉):

(1) 额定热功率大于或等于 0.1MW。

(2) 额定出水压力大于或等于 0.1MPa (表压, 下同)。

对于上述范围以外的固定式承压锅炉, 省级劳动部门锅炉压力容器安全监察机构可参照本规程结合本地具体情况制订安全监察规定。

汽水两用锅炉应符合《蒸汽锅炉安全技术监察规程》, 并应符合本规程。

本规程不适用电加热的锅炉。

《有机规》第 2 条 本规程适用于固定式的有机热载体气相炉 (以下简称气相炉) 和有机热载体液相炉 (以下简称液相炉)。

本规程也适用于以电加热的有机热载体锅炉, 但电器加热部分除外。

《小型规》第二条 本规定适用于以水为介质的固定式小型锅炉和常压热水锅炉。本规定不适用壁挂式热水器。

《小型规》第三条 本规定所述的小型锅炉是指：

(一) 小型汽水两用锅炉 (额定蒸发量不超过 0.5 吨/小时、额定蒸汽压力不超过 0.04 兆帕的锅炉)；

(二) 小型热水锅炉 (额定出水压力不超过 0.1 兆帕的热水锅炉，自来水加压的热水锅炉)；

(三) 小型蒸汽锅炉 (水容积不超过 50 升且额定蒸汽压力不超过 0.7 兆帕的蒸汽锅炉)；

(四) 小型铝制承压锅炉 (本体选用铝质材料制造，额定出口蒸汽压力不超过 0.04 兆帕，且额定蒸发量不超过 0.2 吨/小时的锅炉)。

• 条款解释：本条款明确了本规程的适用范围；是对《蒸规》第 2 条、《水规》第 2 条、《有机规》第 2 条、《小型规》第二条和第三条规定的修改，删除锅炉“设计、制造、安装、使用、检验、修理和改造。”等环节的要求，将该删除内容另列在本章 1.7 条“监督管理”中。同时删除了“本规程不适用于水容量小于 30L 的固定式承压蒸汽锅炉和原子能锅炉”，在《条例》中已规定“核设施的安全监察不适用本条例”，本规程不再赘述。其余删除内容另列在本章 1.3 条“不适用范围”中。这样表述使规程条款清晰，层次清楚。

根据国家质检总局批准的整合制定新的《锅炉安全技术监察规程》(以下简称《锅规》)要求，本条款的适用范围在《蒸规》第 2 条规定的固定式锅炉的基础上，增加了“承压热水锅炉、有机热载体锅炉，以及以余(废)热利用为主要目的的烟道式、烟道与管壳组合式余(废)热锅炉”。

固定式锅炉：指在运行时本体处于固定状态的锅炉。锅炉运行时除固定以外，还有运行时锅炉本身是移动的，如船舶上的锅炉，火车机车锅炉；这种锅炉除需要满足固定式锅炉的要求外，还应考虑在运动中的运行安全，所以对这种锅炉我国有专门的规范另行要求，本规程不适用于移动式锅炉。油田注汽锅炉等虽然为了运输方便，固定在车上，但是在使用时是固定的，也属于本规程适用范围。

承压锅炉：所谓承压锅炉是指表压力大于零的锅炉。对于敞口的开水锅炉，锅炉运行时，由于锅内的(空)气与水(介质)表面不形成表压力，视为不承压。

对于带有水封管的汽水两用锅炉，由于水封管本身是一种定压装置，锅炉运行时，锅内的(空)气与水(介质)表面承压，因此带有水封管的汽水两用锅炉是一种承压锅炉。

汽水两用锅炉即可用于蒸饭，又可供应开水(茶水)，也可供洗澡用水的锅炉，实际上，这种锅炉是承压的汽水两用锅炉，本规程适用于汽水两用锅炉。

锅炉本体：指“由锅筒、受热面及其集箱和连接管道，炉膛、燃烧设备和空气预热器(包括烟道和风道)，构架(包括平台和扶梯)，炉墙和除渣设备等设备所组成的整体。”(引用 GB/T 2900.48—2008 电工名词术语 锅炉 4.2.1)。

锅炉范围内管道：原来锅炉范围内管道的界定，是按照锅炉有无锅炉房两种情况进行界定的。这种界定方法不是很科学，特别是对于电站锅炉，既有有锅炉房的，也有无锅炉房的，管理范围差异较大。这次修订按照电站锅炉和非电站锅炉对锅炉范围内管道进行了明确的规定。

电站锅炉：包括锅炉主给水管道、主蒸汽管道、再热蒸汽管道等。锅炉主给水管道：为锅炉给水泵出口到锅炉省煤器的管道；主蒸汽管道：为锅炉主蒸汽出口阀(锅炉无主汽阀时，为汽轮机主汽阀)以内的承压管道；再热蒸汽管道：为再热器进口前的减温减压器出口、汽轮机抽汽缸出口(有汽阀时，为汽阀出口)至再热器的管道，和再热器出口至汽轮机汽门以内的管道。

工业锅炉：按照有无分汽(水、油)缸的情况，分为两个方面：有分汽(水、油)缸的锅

炉，包括锅炉给水（油）泵出口和分汽（水、油）缸出口与外部管道连接的第一道环向接头的焊缝内的承压管道〔含分汽（水、油）缸〕；没有分汽（水、油）缸的锅炉，包括锅炉给水（油）泵出口和锅炉主蒸汽（水、油）出口阀以内的承压管道。

关于分汽（水、油）缸的管理问题，我国的安全监察历史也发生了一些变化。按照现在的管理要求，凡持有相应的锅炉压力容器制造许可证书的企业都可以生产相应的分汽（水、油）缸，但本规程本次修订中的注 1-2，明确规定了分汽缸要按照锅炉集箱的技术要求（包括设计、制造）执行。

关于余（废）热锅炉管理的问题，历史上界限一直不是很明确，本次修订按照设备的主要用途进行了界定，凡是生产工艺流程不可缺少的设备均属于压力容器范畴，反之，以余热利用为主要目的的换热设备均属于锅炉范畴。属于锅炉范畴的余（废）热锅炉的主要结构形式为烟道式余热锅炉和烟道与管壳组合式余热锅炉。

余（废）热锅炉的制造，国质检特函〔2007〕402号《关于进一步完善锅炉压力容器压力管道安全监察工作的通知》中做了明确的规定：“对于非直接受火的、以利用余热产生热能（蒸汽、热水等）的余（废）热锅炉，制造单位（或设计单位）可根据具体产品特点，依据压力容器或锅炉的相关安全技术规范和标准进行设计；管壳式余热锅炉按相关压力容器安全技术规范和标准的要求进行设计和制造，难以按压力容器进行设计的管壳式余热锅炉可参考相关锅炉安全技术规范和标准的要求进行设计；烟道式余热锅炉按相关锅炉安全技术规范和标准的要求进行设计和制造；余（废）热锅炉中的过热器与省煤器应当按照相关锅炉安全技术规范和标准的要求进行设计和制造；发电用余（废）热锅炉的设计还应考虑电站锅炉的有关技术要求。制造上述余（废）热锅炉（部件）的单位，必须持有覆盖相应产品级别的锅炉（部件）或压力容器制造许可证”。

本条款规定的“1.2.3 锅炉安全附件和仪表”和“1.2.4 锅炉辅助设备及系统”，与锅炉安全密不可分，是锅炉的安全问题。本规程整合前，原《蒸规》、《水规》、《有机规》、《小型规》均有相应的内容章节条款，本条款的规定使规程原已覆盖的适用范围，表述得更完整、更科学。

1.3 不适用范围

本规程不适用于以下设备：

- (1) 设计正常水位水容积小于 30L 的蒸汽锅炉；
- (2) 额定出水压力小于 0.1MPa 或者额定热功率小于 0.1MW 的热水锅炉。
- (3) 为满足设备和工艺流程冷却需要的换热装置。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 2 条、《水规》第 2 条、《小型规》第三条。

《蒸规》第 2 条 ……本规程不适用于水容量小于 30L 的固定式承压蒸汽锅炉和原子能锅炉。

《水规》第 2 条 本规程适用于同时符合下列条件的以水为介质的固定式热水锅炉（以下简称锅炉）：

- (1) 额定热功率大于或等于 0.1MW。
- (2) 额定出水压力大于或等于 0.1MPa（表压，下同）。

《小型规》第三条 本规定所述的小型锅炉是指：

(1) 小型汽水两用锅炉 (额定蒸发量不超过 0.5 吨/小时、额定蒸汽压力不超过 0.04 兆帕的锅炉);

(2) 小型热水锅炉 (额定出水压力不超过 0.1 兆帕的热水锅炉, 自来水加压的热水锅炉);

(3) 小型蒸汽锅炉 (水容积不超过 50 升且额定蒸汽压力不超过 0.7 兆帕的蒸汽锅炉);

(4) 小型铝制承压锅炉 (本体选用铝质材料制造, 额定出口蒸汽压力不超过 0.04 兆帕, 且额定蒸发量不超过 0.2 吨/小时的锅炉)。

• **条款解释:** 本条款是对规程不适用范围的规定; 本条款是对《蒸规》第 2 条规定的修改, 将不清晰的“水容量”修改为较明确的“设计正常水位水容积”;

依据《条例》第九十九条第 (一) 款, 规定“锅炉”用语的含义是: “锅炉, 是指利用各种燃料、电或者其他能源, 将所盛装的液体加热到一定的参数, 并对外输出热能的设备, 其范围规定为容积大于或者等于 30L 的承压蒸汽锅炉; 出口水压大于或者等于 0.1MPa (表压), 且额定功率大于或者等于 0.1MW 的承压热水锅炉; 有机热载体锅炉”。

《条例》第三条规定: “……军事装备、核设施、航空航天器、铁路机车、海上设施和船舶以及矿山井下使用的特种设备、民用机场专用设备的安全监察不适用本条例。……”。

本条款明确了设计正常水位水容积小于 30L 的承压蒸汽锅炉不适用本规程。随着我国市场经济的发展, 特别是个体服装业的发展, 水容量较小、而压力较高 (一般要求 0.4~0.6MPa) 的锅炉使用量迅猛增加。对这种锅炉, 如果要求完全符合本规程的规定, 有些过严, 难以达到。本规程的技术要求不适用于设计正常水位水容积小于 30L 锅炉, 是符合《条例》要求的, 也是适当的。

本规程 1.2 条中已明确规定适用于以余 (废) 热利用为主要目的而配置的余 (废) 热锅炉属于锅炉范畴, 因而为满足设备和工艺流程冷却需要的换热装置适用于《固定式压力容器安全技术监察规程》, 不属于本规程适用范围。

关于有机热载体锅炉没有设立管理下限, 主要是考虑到《条例》没有给出相应规定。

1.4 锅炉设备级别

1.4.1 A 级锅炉

A 级锅炉是指 p (表压, 下同, 注 1-3) $\geq 3.8\text{MPa}$ 的锅炉, 包括:

- (1) 超临界锅炉, $p \geq 22.1\text{MPa}$;
- (2) 亚临界锅炉, $16.7\text{MPa} \leq p < 22.1\text{MPa}$;
- (3) 超高压锅炉, $13.7\text{MPa} \leq p < 16.7\text{MPa}$;
- (4) 高压锅炉, $9.8\text{MPa} \leq p < 13.7\text{MPa}$;
- (5) 次高压锅炉, $5.3\text{MPa} \leq p < 9.8\text{MPa}$;
- (6) 中压锅炉, $3.8\text{MPa} \leq p < 5.3\text{MPa}$ 。

1.4.2 B 级锅炉

- (1) 蒸汽锅炉, $0.8\text{MPa} < p < 3.8\text{MPa}$;
- (2) 热水锅炉, $p < 3.8\text{MPa}$, 且 $t \geq 120^\circ\text{C}$ (t 为额定出水温度, 下同);
- (3) 气相有机热载体锅炉, $Q > 0.7\text{MW}$ (Q 为额定热功率, 下同); 液相有机热载体锅炉, $Q > 4.2\text{MW}$ 。

1.4.3 C 级锅炉

- (1) 蒸汽锅炉, $p \leq 0.8\text{MPa}$ 并且 $V > 50\text{L}$ (V 为设计正常水位水容积, 下同);
- (2) 热水锅炉, $p < 3.8\text{MPa}$ 并且 $t < 120^\circ\text{C}$;

(3) 气相有机热载体锅炉, $0.1\text{MW} < Q \leq 0.7\text{MW}$; 液相有机热载体锅炉, $0.1\text{MW} < Q \leq 4.2\text{MW}$ 。

1.4.4 D级锅炉

(1) 蒸汽锅炉, $p \leq 0.8\text{MPa}$ 并且 $30\text{L} \leq V \leq 50\text{L}$;

(2) 汽水两用锅炉 (注 1-4), $p \leq 0.04\text{MPa}$ 并且 $D \leq 0.5\text{t/h}$ (D 为额定蒸发量, 下同);

(3) 仅用自来水加压的热水锅炉, 并且 $t \leq 95^\circ\text{C}$;

(4) 气相或液相有机热载体锅炉, $Q \leq 0.1\text{MW}$ 。

注 1-3: p 是指锅炉额定工作压力, 对蒸汽锅炉代表额定蒸汽压力, 对热水锅炉代表额定出水压力, 对有机热载体锅炉代表额定出口压力。

注 1-4: 其他汽水两用锅炉按照出口蒸汽参数和额定蒸发量分属以上各级锅炉。

• 条款说明: 新增条款。

• 条款解释: 本条款是对锅炉设备级别的规定。

本条款是根据质检特函〔2007〕34号规定:“从危害性及失效模式出发, 突出本质安全思想, 对锅炉……进行分级(类), 以实现更为科学的分类监管。”的要求制定的。

锅炉最危险的重大失效模式是爆炸, 锅炉爆炸有承压部件爆炸和炉膛爆炸; 锅炉爆炸释放的能量与锅炉介质的性质、参数和容量紧密相关; 锅炉介质参数和容量越大, 爆炸造成的损失和危害越大。本条款规定锅炉设备分级有: A级锅炉、B级锅炉、C级锅炉、D级锅炉; 是从危害性及失效模式出发, 突出本质安全思想, 对锅炉进行分级, 以利于实现更为科学的分类监管。

额定工作压力: 是指锅炉铭牌压力或蒸汽锅炉在规定的给水压力和负荷范围内长期连续运行时应予保证的出口蒸汽压力。额定工作压力与计算压力(设计压力)、实际工作压力之间的关系为:

计算压力 $\neq$ 额定工作压力 $\neq$ 实际工作压力;

计算压力 $>$ 额定工作压力 $\geq$ 实际工作压力。

式中, 计算压力是指强度计算时用以确定锅炉受压元件厚度的压力。

实际工作压力是指在正常工作的实际情况下, 锅炉受压元件所承受的压力。

有机热载体锅炉是一种以有机热载体为加热介质的锅炉, 具有低压高温工作特性, 可广泛应用于石油化工、煤化工、太阳能、化纤、印染、塑料、公路建设、木材、食品等诸多工业领域。有机热载体锅炉的工作压力相对较低, 但有机热载体具有易燃易爆的特性, 且锅炉内介质的工作温度高, 一旦在运行中发生泄漏, 可能会引起火灾、爆炸等事故, 甚至造成人员伤亡和财产损失。因此, 对有机热载体锅炉的制造、安全运行和管理, 必须高度重视。有机热载体作为锅炉工作介质具有与水完全不同的特性, 与蒸汽及热水锅炉相比, 有机热载体锅炉的安全可靠性具有其特殊性, 并与介质的性质、操作温度、锅炉容量、系统内的介质数量等有关, 为对有机热载体锅炉进行科学的分类监管, 需要对有机热载体锅炉进行等级的划分。目前我国在用的燃油(气)、燃煤有机热载体锅炉的额定功率一般为 $0.1\text{MW} \sim 20\text{MW}$ 、设计压力一般为 $0 \sim 2.5\text{MPa}$ 、工作温度为 $100 \sim 400^\circ\text{C}$ 、配管连接口径为 $\text{DN } 50 \sim 300\text{mm}$ 、加热系统中使用油量为 $0.02 \sim 1500\text{m}^3$ 。特别需要关注的是, 随着生产技术的发展, 近十年我国工业电加热有机热载体锅炉数量迅猛增加, 主要应用于电子及电气设备的塑料部件成型工艺, 其具有结构紧凑、体积小、重量轻、安装操作简便、加热升温快、操作压

力低等特点，配有自动控温和独立的循环系统，一般额定功率为0.006~0.6MW、配管连接口径为DN20~200mm、系统工作压力<0.8MPa。有的0.1MW的电加热有机热载体锅炉，设计结构是直径159mm的管子，总长3m左右，对于这类使用量较大的小功率、小容量、自动控温的有机热载体锅炉，如果要求其完全符合本规程的B级或C级锅炉的规定，显然有些要求过严。为此，本规程根据此类锅炉的功率、介质性质、操作温度和系统用油量，对其进行适当的类别划分，并对其中大多数功率更小，操作温度更低且用油量少的液相锅炉，划入D类锅炉管理。

1.5 进出口锅炉制造及使用

(1) 境外制造在境内使用的锅炉应当符合本规程的要求，如果与本规程要求不一致，应当事先征得国家质量监督检验检疫总局（以下简称国家质检总局）同意；

(2) 境内制造在境外使用的锅炉按照合同双方约定的技术法规、标准和管理要求执行。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第5条、《水规》第1章二。

《蒸规》第5条 进口固定式蒸汽锅炉或国内生产企业（含外商投资企业）引进国外技术按照国外标准生产且在国内使用的固定式蒸汽锅炉，也应符合本规程的基本要求。特殊情况如与本规程基本要求不符时，应事先征得劳动部安全监察机构同意。

《水规》第1章二 进口固定式热水锅炉或国内生产企业（含外商投资企业）引进国外技术，按照国外标准生产且在国内使用的固定式热水锅炉，也应符合本规程的基本要求。特殊情况如与本规程基本要求不符时，应事先征得劳动部锅炉压力容器安全监察机构同意。

• **条款解释：**本条款是对进出口锅炉制造及使用的规定；包括境外制造在境内使用或境内制造在境外使用的锅炉的管理规定。本条款对《蒸规》第5条规定进行了修改，将“特殊情况如与本规程基本要求不符时，”改为“如果与本规程要求不一致，”；将“应事先征得劳动部安全监察机构同意。”改为“应当事先征得国家质检总局同意”；增加了“境内制造在境外使用的锅炉按照合同双方约定的技术法规、标准和管理要求执行”的规定。这样修改将锅炉制造和跨境使用集中在一个条款中，清晰且便于使用。

“境外制造在境内使用的锅炉应当符合本规程的要求，如果与本规程要求不一致，应当事先征得国家质检总局同意”，是《蒸规》第5条相应规定的延续，条款中删除了“也”、“特殊情况”、“本规程的基本要求”等不确定的用语，使条文明确、清晰。随着我国改革开放的深入和市场经济的发展，每年有一定数量的进口锅炉，进口锅炉越来越多，占据了相当的市场份额。在市场层面上，中国市场的国际化竞争日趋激烈。目前为止，已取得中国进口锅炉安全质量许可证书的境外企业已有约180家，另外目前中国已建立了约16家合资或独资企业，大多生产燃油气锅炉。由于各国的锅炉规范在技术要求方面尚有一定的差异，而锅炉设备却在我国境内使用，鉴于我国的使用管理要求，本规程的规定是锅炉安全管理和安全技术方面的基本要求，为了确保锅炉运行的安全，对进口锅炉提出应符合我国锅炉规程的要求是完全适宜的。如果与本规程要求不一致，规定应当事先征得国家质检总局同意。可避免只考虑局部的技术可行性，而损害了锅炉的整体安全性。

“境内制造在境外使用的锅炉按照合同双方约定的技术法规、标准和管理要求执行。”，是新增条款内容，针对目前我国锅炉行业近几年快速发展提出的。在发电设备需



求的强劲拉动下,我国电站锅炉行业迎来了前所未有的发展机遇,取得了长足的进步。在行业规模迅速扩大的同时,产能也大幅提升。与产值产量的历史最高点相比,2009年电站锅炉产品产量9754.3万千瓦,是2001年1173万千瓦的8.3倍。中国发电设备年产量已占世界总产量约50%,对全球发电设备净增量的贡献率在50%以上,已经成为世界上最大的电站锅炉制造国。目前,中国超临界、超超临界锅炉技术应用已达到国际先进水平,并成为世界上大型循环流化床锅炉应用最多的国家。随着行业规模与实力的“跨越式、超常规”发展,参与国际竞争规模和速度也急速攀升。据统计,2007年新签订30万千瓦燃煤电站合同31台套,60万千瓦燃煤电站15台套,累计新签合同装机达2000万千瓦。2008年上半年,境外电力投资项目为87个,我国锅炉自主创新的60万千瓦超临界锅炉,已实现向印度、俄罗斯、土耳其等国家的出口,标志着中国电站锅炉设计制造水平已经进入世界先进行列。

出口锅炉产品为跨国贸易,按照合同双方约定的技术法规、标准和管理要求执行是遵循了国际通行的贸易惯例。

1.6 特殊情况的处理

有关单位采用新结构、新工艺、新材料、新技术(包括引进境外技术、按照境外标准制造)等,与本规程不符时,应当将有关的技术资料提交国家质检总局特种设备安全技术委员会评审,报国家质检总局核准后,才能进行试制、试用。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第6条、《水规》第5条、《小型规》第五条。

《蒸规》第6条 有关单位若采用新结构、新工艺、新材料等新技术,如与本规程不符时,须将所做试验的条件和数据或者有关的技术资料和依据送省级安全监察机构审核同意后,报劳动部安全监察机构审批。

《水规》第5条 有关单位由于采用新技术(如新结构、新工艺等),其要求与本规程不符时,应当进行必要的科学试验,并经省级主管部门和省级劳动部门锅炉压力容器安全监察机构审查同意后,在指定单位和一定时间内试用,同时报劳动部锅炉压力容器安全监察局备案。

《小型规》第五条 小型锅炉应当以本规定的技术要求为准,本规定未明确的其他技术要求应当执行《蒸汽锅炉安全技术监察规程》和《热水锅炉安全技术监察规程》。

• **条款解释:**本条款为促进锅炉科学技术进步,对采用新结构、新工艺、新材料、新技术(包括引进境外技术、按照境外标准制造)等,以及出现其他重大疑难问题,与本规程不符时,提供解决问题的安全通道的规定。本条款对《蒸规》第6条、《水规》第5条规定的修改,将采用新技术与采用新结构、新工艺、新材料并列,描述更完整,更全面,更符合科学技术发展的实际。增加了“应当将有关的技术资料提交国家质检总局特种设备安全技术委员会评审”的规定,即由专家组成的特种设备安全技术委员会评议、审查、确定主题事项达到规定目标的适宜性、充分性和有效性。本规程鼓励创新和技术进步,但创新是有风险的,用技术委员会评审这样的安全通道为创新保驾护航,回避风险,而不是阻碍技术进步。本条款将“送省级安全监察机构审核同意后,报劳动部安全监察机构审批。”硬性要求,修改为“报国家质检总局核准后,才能进行试制、试用”的切合实际的规定。

1.7 监督管理

(1) 锅炉的设计、制造、安装(含调试)、使用、检验、改造和修理应当执行本规程的规定;

(2) 锅炉及其系统的能效,应当满足法律、法规、技术规范及其相应标准对节能方面的要求;

(3) 锅炉的制造、安装(含调试)、使用、改造、修理和检验单位(机构)应当按照信息化要求及时填报信息;

(4) 国家质检总局和各地质量技术监督部门(以下简称质监部门)负责锅炉安全监察工作,监督本规程的执行。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第2、3条;《水规》第3条;《有机规》第3条;《小型规》第六条。

《蒸规》第2条 本规程适用于承压的以水为介质的固定式蒸汽锅炉及锅炉范围内管道的设计、制造、安装、使用、检验、修理和改造。……

《蒸规》第3条 各有关单位及其主管部门必须执行本规程的规定。县级以上各级人民政府劳动行政部门负责锅炉安全监察工作。

各级劳动行政部门锅炉压力容器安全监察机构(劳动行政部门锅炉压力容器安全监察机构以下简称安全监察机构)负责监督本规程的执行。

《水规》第3条 锅炉的设计、制造、安装、使用、检验、修理和改造必须符合《锅炉压力容器安全监察暂行条例》的有关规定,并符合本规程。

各有关单位及其主管部门必须认真执行本规程。各级劳动部门锅炉压力容器安全监察机构负责监督本规程的执行。

《有机规》第3条 本规程规定了有机热载体锅炉的特殊要求。有机热载体锅炉的设计、制造、安装、使用、检验、修理、改造等环节应符合《锅炉压力容器安全监察暂行条例》和本规程的规定。此外,气相炉还应符合《蒸汽锅炉安全技术监察规程》有关要求;液相炉还应符合《热水锅炉安全技术监察规程》有关要求。

各级劳动行政主管部门负责监督本规程的执行。

《小型规》第六条 各有关单位必须执行本规定,各级质量技术监督行政部门负责监督本规定的执行。

• 条款解释:本条款是对锅炉安全进行监督管理的规定。

1.7(1)条款,是实施安全监察、监督管理的内容,包括与锅炉安全有关的7个环节[即:设计、制造、安装(含调试)、使用、检验、改造和修理]。本条款是对整合前的原规程的相应条款进行的修改,即对《蒸规》第2条、《水规》第3条、《有机规》第3条规定的修改;本条款针对发电锅炉在安装后有72小时或168小时(7天)的调试要求,在安装环节中增加了“(含调试)”的内容。

根据《条例》第三条规定:“特种设备的生产(含设计、制造、安装、改造、维修,下同)、使用、检验检测及其监督检查,应当遵守本条例,但本条例另有规定的除外。……”的要求,本规程的监察规定和技术要求都是针对锅炉设计、制造、安装、使用、检验、改造和修理等环节而提出来的,各个环节必须符合或达到规程的规定,才能保证产品安全质量和设备的使用安全水平。

1.7 (2) 条款, 是对节能的原则要求; 2009 年 1 月 24 日修订后《特种设备安全监察条例》对节能提出了原则要求。在《条例》颁布之后, 2009 年 5 月 26 日国家质检总局颁布了《高耗能特种设备节能监督管理办法》, 于 2009 年 9 月 1 日起施行; 国家质检总局 2010 年 8 月 30 日颁布了《锅炉节能技术监督管理规程》(以下简称《锅炉节能规程》) 和《工业锅炉能效测试与评价规则》(以下简称《锅炉测试与评价规则》) 两个节能技术规范, 并于 2010 年 12 月 1 日起实施。为此, 本规程增加了相关要求。

1.7 (3) 条款, 按照现代管理的理念和方法, 提出了信息化相关要求。

1.7 (4) 条款, 明确了安全监管的主体, 由于行政机构的改革和职能的转变, 执行锅炉安全监察工作的监察职责的主体是国家质检总局和各地质量技术监督部门。

1.8 与技术标准、管理制度的关系

本规程规定了锅炉的基本安全要求, 有关锅炉的技术标准、管理制度等不得低于本规程的要求。

• 条款说明: 修改条款。

原条款: 《蒸规》第 4 条、《水规》第 4 条、《有机规》第 35 条、《小型规》第五条。

《蒸规》第 4 条 本规程的规定是锅炉安全管理和安全技术方面的基本要求。有关技术标准的要求如果与本规程的规定不符时, 应以本规程为准。

《水规》第 4 条 本规程的规定是锅炉安全技术方面的基本要求。有关技术标准的要求如果低于本规程或与本规程相抵触, 应以本规程为准。

《有机规》第 35 条 有机热载体炉有关规则、规定低于本规程要求的, 应以本规程为准。

《小型规》第五条 小型锅炉应当以本规定的技术要求为准, 本规定未明确的其他技术要求应当执行《蒸汽锅炉安全技术监察规程》和《热水锅炉安全技术监察规程》。

• 条款解释: 本条款明确了本规程与有关技术标准、管理制度的相互关系。

依据质检特函〔2007〕34 号规定: “新《锅规》拟按照以下原则制订。

一、全面反映对锅炉……实施安全监察的基本要求, 并在设计、制造、安装、维修、改造、使用、检验等方面提出要求, 是我国锅炉……相关安全技术规范的基础和基本安全准则。”

“本规程的规定是锅炉的基本安全要求”, 表明本规程的规定是对锅炉安全技术的规定, 同时也有一部分锅炉安全管理的要求, 这些安全管理是锅炉安全监督内容的重要组成部分; 与有关技术标准要求对比是基本要求, 具有基础特性; 也就是说锅炉的设计、制造、安装、使用、检验、改造和修理 7 个环节必须达到规程的安全技术和管理要求, 满足这些基本安全准则, 方能保证锅炉安全。

“有关锅炉的技术标准、管理制度等不得低于本规程的要求。”, 表明本规程是政府颁布的行政法规, 具有强制性; 当有关技术标准、管理制度等的要求与本规程不一致时, 不能低于本规程的规定; 当有关技术标准的要求与本规程相抵触时, 本规程明确规定应以本规程为准; 一般来说, 技术标准要求应高于锅炉规程的规定, 企业标准要求应高于专业技术标准的要求。

1.9 章节关系说明

有关热水锅炉、有机热载体锅炉、铸铁锅炉和 D 级锅炉的专项要求, 分别按照本规程第 10 章至 13 章执行, 并且优先采用。

- **条款说明：**新增条款。

• **条款解释：**本条款是本规程各有关章节关系的结构性说明条款；本规程第10章“热水锅炉及系统”、第11章“有机热载体锅炉及系统”、第12章“铸铁锅炉”、第13章“D级锅炉”均为专项的特殊要求。涉及有关热水锅炉、有机热载体锅炉、铸铁锅炉、D级锅炉的安全技术监察方面的内容，应优先采用以上相应章节的规定。其中，铸铁蒸汽锅炉和热水锅炉还应当分别符合本规程关于蒸汽锅炉、热水锅炉的其他有关要求。

第二章 材料

一、本章结构及主要变化

本章共有9节,由“2.1基本要求”、“2.2性能要求”、“2.3材料选用”、“2.4材料代用”、“2.5新材料的研制”、“2.6境外牌号的材料”、“2.7材料质量证明”、“2.8材料验收”和“2.9材料管理”组成。本章的主要变化为:

- 增加了承载构件材料的原则要求;
- 对锅炉用材料的牌号、工作压力、工作温度进行了调整,重点增加了电站锅炉用材料;
- 简化了材料代用的审批手续;
- 重点调整了新材料的技术评审程序;
- 简化了材料入厂验收程序。

二、条款说明与解释

2.1 基本要求

锅炉受压元件金属材料、承载构件材料及其焊接材料应当符合相应国家标准和行业标准的要求,受压元件金属材料及其焊接材料在使用条件下应当具有足够的强度、塑性、韧性以及良好的抗疲劳性能和抗腐蚀性能。

- 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第21条、《水规》第18条。

《蒸规》第21条 锅炉受压元件所用的金属材料及焊接材料等应符合有关国家标准和行业标准。材料制造单位必须保证材料质量,并提供质量证明书。金属材料 and 焊缝金属在使用条件下应具有规定的强度、韧性和伸长性以及良好的抗疲劳性能和抗腐蚀性能。

锅炉受压元件修理用的钢板、钢管和焊接材料应与所修部件原来的材料牌号相同或性能类似。

《水规》第18条 锅炉受压元件所用的金属材料及焊条、焊丝、焊剂等应符合有关国家标准、行业标准或部标准的规定。材料制造厂必须保证材料质量,并提供质量证明书。金属材料、焊缝金属及承压铸件在使用条件下应具有规定的强度、韧性和延伸率并具有良好的抗腐蚀性能。

钢制锅炉受压元件修理用的钢板、钢管和焊接材料应与所修部件原来的材料牌号相同或类似。

- 条款解释:此条款是对锅炉用材的基本要求。

(1) 增加承载构件材料要求 承载构件一般指锅炉主要的立柱、大板梁等。这些部件的质量与锅炉运行安全息息相关,在大型锅炉的安装现场此类部件也发生过质量事故,故锅炉用材料在“受压元件所用的金属材料及焊接材料”基础上增加承载构件材料的要求。

(2) 锅炉用材应当符合相应国家标准和行业标准的要求 锅炉用钢应当符合本规程中

所列国家标准和行业标准中的相关要求,包括成分、冶炼方法、交货状态、力学性能、工艺性能、检验方法和数量、质量等方面的要求。如锅炉用钢板 20 钢必须符合 GB/T 711《优质碳素结构钢 热轧厚钢板和钢带》中规定的相关要求,钢管用钢 20G 必须符合 GB5310《高压锅炉用无缝钢管》中规定的相关要求。不是本规程中所规定的材料,未经批准不得用于制造锅炉。

(3) 删除了文字“材料制造单位必须保证材料质量” 目前,国内锅炉用钢板和钢管的制造实行材料制造许可制度,目的是从材料制造的源头来保证质量,取得材料制造许可证书的单位才能制造证书范围内的锅炉用材料,材料制造单位保证材料质量是必需的,因此修订后,没有再保留“材料制造单位必须保证材料质量”这句话。

(4) 将“提供质量证明书”放在本规程 2.7 条 关于材料质量证明书的要求,已在本规程 2.7 条明确规定,故在本条款不再赘述。

(5) 明确提出了锅炉用材料的强度、塑性、韧性、抗疲劳性能和抗腐蚀性能要求:

① 强度是指金属材料在外力作用下抵抗永久变形和断裂的能力,是衡量承载能力(即抵抗失效能力)的重要指标。评价金属材料的强度指标有很多,如室温抗拉强度、室温屈服强度、高温抗拉强度、高温屈服强度、持久强度等。

② 塑性是指材料在外力作用下产生永久变形而不破坏的能力。评价金属材料的塑性指标包括断后伸长率 A 和断面收缩率 Z 等。

③ 韧性是指金属材料在断裂前吸收变形能量的能力,评价金属材料韧性的常用指标为钢材室温夏比冲击吸收能量 (KV_2) 和冲击韧度 (a_k)。

④ 疲劳是指工件在交变载荷作用下经长时间工作后而发生的断裂现象。金属材料的疲劳现象,按条件不同一般分为下列几种: a. 高周疲劳: 指在低应力(工作应力低于材料的屈服极限,甚至低于弹性极限)条件下,应力循环周数在 100000 以上的疲劳。它是最常见的一种疲劳破坏。 b. 低周疲劳: 指在高应力(工作应力接近材料的屈服极限)或高应变条件下,应力循环周数在 10000~100000 的疲劳。由于交变的塑性应变在这种疲劳破坏中起主要作用,因而,也称为塑性疲劳或应变疲劳。 c. 热疲劳: 指由于温度变化所产生的热应力的反复作用,所造成的疲劳破坏。 d. 腐蚀疲劳: 指部件在交变载荷和腐蚀介质(如酸、碱、海水、活性气体等)的共同作用下,所产生的疲劳破坏。 e. 接触疲劳: 指工件的接触表面在接触应力的反复作用下,出现麻点剥落或表面压碎剥落,从而造成工件失效破坏。

⑤ 腐蚀是指金属材料受周围介质的作用而损坏的现象。腐蚀过程一般通过两种途径进行: 化学腐蚀和电化学腐蚀。化学腐蚀是指金属表面与周围介质直接发生化学反应而引起的腐蚀。电化学腐蚀是指金属材料(合金或不纯的金属)与电解质溶液接触,通过电极反应产生的腐蚀。

(6) 将“锅炉受压元件修理用的钢板、钢管和焊接材料应与所修部件原来的材料牌号相同或性能类似”要求放在本规程第 5 章中 原条款中“锅炉受压元件修理用的钢板、钢管和焊接材料应与所修部件原来的材料牌号相同或性能类似”的规定主要是为了保证修理用的钢板、钢管和焊接材料性能符合锅炉专业技术标准和有关技术规定,此内容已在本规程“5.4.2 锅炉修理技术要求(1)”中进行了规定,即“锅炉修理技术要求参照相应锅炉专业技术标准和有关技术规定,锅炉受压部件、元件更换应当不低于原设计要求”,故在此删除了原要求。

2.2 性能要求

- (1) 锅炉受压元件和与受压元件焊接的承载构件钢材应当是镇静钢；
- (2) 锅炉受压元件用钢材室温夏比冲击吸收能量 (KV_2) 不低于 27J；
- (3) 锅炉受压元件用钢板的室温断后伸长率 (A) 应当不小于 18%。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 22 条。

《蒸规》第 22 条 制造锅炉受压元件的金属材料必须是镇静钢。对于板材其 20℃ 时的伸长率 δ_5 应不小于 18%。对于碳素钢和碳锰钢室温时的夏比 (V 形缺口试样) 冲击吸收功不低于 27J。

• 条款解释：此条款是对钢的种类和常温力学性能的要求。

(1) 锅炉受压元件和与受压元件焊接的承载构件钢材应当是镇静钢。

目前，锅炉受压元件材料主要是钢材。根据冶炼时脱氧程度的不同，钢可分为沸腾钢、镇静钢和半镇静钢。沸腾钢是指炼钢时仅加入锰铁进行脱氧，脱氧不完全的钢。这种钢液铸锭时，有大量的一氧化碳气体逸出，钢液呈沸腾状。镇静钢是指钢在精炼过程中采用锰铁、硅铁和铝锭等作为脱氧剂进行脱氧，脱氧完全的钢。钢在凝固过程中没有一氧化碳气体产生。镇静钢成本较高，其组织致密，成分均匀，含硫量较少，性能稳定，质量好。半镇静钢是指脱氧程度介于沸腾钢和镇静钢之间的钢。除此以外，还有一种特殊镇静钢，特殊镇静钢是指比镇静钢脱氧程度更充分彻底的钢。镇静钢的质量优于沸腾钢或半镇静钢。

本次修订仍然保留了锅炉用材料必须采用镇静钢的要求。

(2) 对室温断后伸长率和室温夏比冲击吸收能量的要求。

钢板室温断后伸长率是表示钢材塑性的重要指标，室温断后伸长率越大，塑性变形能力越强。韧性则表示钢材发生脆性破坏的敏感程度，室温夏比冲击吸收能量是表示钢材韧性的重要指标，冲击吸收能量越高，韧性越高，裂纹发生、发展速度越慢，对于脆性破坏的敏感程度就越低。所以，钢材室温断后伸长率和室温夏比冲击吸收能量作为保证锅炉安全运行的重要性能指标，在规程中有所要求。

随着我国钢材制造水平的不断提高，低合金钢、高合金钢以及不锈钢的性能稳定性也大幅提升，根据目前锅炉用钢材的实际情况，本次修订将室温夏比冲击吸收能量的要求由原来的碳素钢和碳锰钢扩展为锅炉受压元件用钢材。同时，96 版《蒸规》修订时关于室温夏比冲击吸收能量的选取参考了德国 TRD 规程的要求，定为 275，在这些年的实际应用中并没有发生问题，故本次修订关于此数值未作调整。

关于钢板的室温断后伸长率，本次修订未进行调整，与原规定保持一致。

2.3 材料选用

锅炉受压元件用钢板、钢管、锻件、铸钢件、铸铁件、紧固件及拉撑件和焊接材料应当按照本条规定选用。

2.3.1 锅炉用钢板材料

锅炉用钢板材料见表 2-1。

表 2-1 锅炉用钢板材料				
钢的种类	牌号	标准编号	适用范围	
			工作压力(MPa)	壁温(℃)
碳素钢	Q235B Q235C Q235D	GB/T 3274	≤1.6	≤300
	15,20	GB/T 711		≤350
	Q245R	GB 713	≤5.3(注 2-2)	≤430
合金钢	Q345R	GB 713		≤430
	15CrMoR	GB 713	不限	≤520
	12Cr1MoVR	GB 713	不限	≤565
	13MnNiMoR	GB 713	不限	≤400

注 2-1: 表 2-1 表所列材料的标准名称, GB/T 3274《碳素结构钢和低合金结构钢 热轧厚钢板和钢带》、GB/T 711《优质碳素结构钢 热轧厚钢板和钢带》、GB 713《锅炉和压力容器用钢板》。

注 2-2: 制造不受辐射热的锅筒(锅壳)时, 工作压力不受限制。

注 2-3: GB 713 中所列 18MnMoNbR、14Cr1MoR、12Cr2Mo1R 等材料用作锅炉钢板时, 其适用范围的选用可以参照 GB 150《压力容器》的相关规定。

• 条款说明: 修改条款。

原条款:《蒸规》第 23 条、《水规》第 19 条。

《蒸规》第 23 条 用于锅炉受压元件的金属材料应按如下规定选用。

1. 钢板

表 3-1 锅炉用钢板				
钢的种类	牌号	标准编号	适用范围	
			工作压力(MPa)	壁温(℃)
碳素钢	Q235-A, Q235-B	GB700	≤1.0	见注①
	Q235-C, Q235-D	GB3274		—
	15,20	GB710 GB711 GB13237	≤1.0	—
	20R②	GB6654 YB(T)40	≤5.9	≤450
	20g 22g	GB713 YB(T)41	≤5.9③	≤450
合金钢	12Mng, 16Mng	GB713 YB(T)41	≤5.9	≤400
	16MnR②	GB6654 YB(T)40	≤5.9	≤400

注:① 用于额定蒸汽压力超过 0.1MPa 的锅炉受压元件时, 元件不得与火焰接触。

② 应补做时效冲击试验合格。

③ 制造不受辐射热的锅筒(锅壳)时, 工作压力不受限制。

《水规》第 19 条 用于锅炉受压元件的金属材料应按如下规定选用。

(1) 钢板

表 3-1

钢的种类	钢号	技术标准	适用的工作压力范围(MPa)
碳素钢	Q235-A ^① Q235-B ^① Q235-C ^①	GB3274	≤1.0
	15 ^① , 20 ^①	GB711	≤1.0
	20R ^②	GB6654	≤1.25
	20g	GB713	≤5.9
合金钢	12Mng 16Mng	GB713	≤5.9
	16MnR ^②	GB6654	≤1.25

注:① 限于额定出口热水温度低于 120℃ 的锅炉。

② 应补做时效冲击试验合格。

• 条款解释: 此条款是对锅炉材料选用中钢板材料的要求。

(1) 根据 GB713—1997《锅炉用钢板》, 取消了长期已不再使用的 22g 和 12Mng, 增加了 15GrMog、12Cr1MoVg、19Mng、13MnNiCrMoNbg (等同于德国钢号 BHW35)。同时, 根据其再次修订版 GB713—2008《锅炉和压力容器用钢板》, 20R 和 20 合并为 Q245R, 16MnR、16Mng 和 19Mng 合并为 Q345R, 13MnNiMoNbR 和 13MnNiCrMoNbg 合并为 13MnNiMoR, 取消了 20g 和 16Mng 的时效冲击试验。

(2) 目前, 随着锅炉材料实际的制造能力、质量控制水平不断提升, 将 Q235B、Q235C、Q235D 和 15、20 钢的使用压力由原 ≤1.0 MPa 放宽为 1.6 MPa, 同时, 将 Q345R 的温度由 400℃ 提高至 430℃, 以更加符合实际情况。

(3) 由于 Q245R 在使用过程中易发生石墨化现象, 故使用温度由 450℃ 调整为 430℃, 和钢管中 20 作集箱和蒸汽管道时的使用温度保持一致。

(4) 根据锅炉压力等级的划分 [见本规程 1.4.1 (6)], 原规定中 20g、22g、12Mng、16Mng 的使用压力 ≤5.9 MPa 调整为 ≤5.3 MPa。

(5) 注 2-3 增加了三种新的材料牌号, 这几种材料在锅炉上尚未使用, 但在压力容器制造上的应用比较广泛, 故本次修订, 也引入了这些材料。

2.3.2 锅炉用钢管材料

锅炉用钢管材料见表 2-2。

表 2-2 锅炉用钢管材料

钢的种类	牌号	标准编号	适用范围		
			用途	工作压力 (MPa)	壁温(℃) (注 2-5)
碳素钢	Q235B	GB/T 3091	热水管道	≤1.6	≤100
	L210	GB/T 9711.1	热水管道	≤2.5	—
	10, 20	GB/T 8163	受热面管子	≤1.6	≤350
			集箱、管道		≤350

续表

钢的种类	牌号	标准编号	适用范围		
			用途	工作压力 (MPa)	壁温(℃) (注 2-5)
碳素钢	10, 20	YB 4102	受热面管子	≤5.3	≤300
			集箱、管道		≤300
		GB 3087	受热面管子	≤5.3	≤460
			集箱、管道		≤430
	20G	GB 5310	受热面管子	不限	≤460
			集箱、管道		≤430
	20MnG, 25MnG	GB 5310	受热面管子	不限	≤460
			集箱、管道		≤430
合金钢	15Ni1MnMoNbCu	GB 5310	集箱、管道	不限	≤450
	15MoG, 20MoG	GB 5310	受热面管子	不限	≤480
	12CrMoG, 15CrMoG	GB 5310	受热面管子	不限	≤560
			集箱、管道	不限	≤550
	12Cr1MoVG	GB 5310	受热面管子	不限	≤580
			集箱、管道	不限	≤565
	12Cr2MoG	GB 5310	受热面管子	不限	≤600*
		GB 5310	集箱、管道	不限	≤575
	12Cr2MoWVTiB	GB 5310	受热面管子	不限	≤600*
	12Cr3MoVSiTiB	GB 5310	受热面管子	不限	≤600*
	07Cr2MoW2VNbB	GB 5310	受热面管子	不限	≤600*
	10Cr9Mo1VNbN	GB 5310	受热面管子	不限	≤650*
		GB 5310	集箱、管道	不限	≤620
	10Cr9MoW2VNbBN	GB 5310	受热面管子	不限	≤650*
		GB 5310	集箱、管道	不限	≤630
	07Cr19Ni10	GB 5310	受热面管子	不限	≤670*
	10Cr18Ni9NbCu3BN	GB 5310	受热面管子	不限	≤705*
	07Cr25Ni21NbN	GB 5310	受热面管子	不限	≤730*
	07Cr19Ni11Ti	GB 5310	受热面管子	不限	≤670*
	07Cr18Ni11Nb	GB 5310	受热面管子	不限	≤670*
	08Cr18Ni11NbFG	GB 5310	受热面管子	不限	≤700*

注 2-4: 表 2-2 所列材料的标准名称, GB/T 3091《低压流体输送用焊接钢管》、GB/T 9711《石油天然气工业 管线输送系统用钢管》、GB/T 8163《输送流体用无缝钢管》、YB 4102《低中压锅炉用电焊钢管》、GB 3087《低中压锅炉用无缝钢管》、GB 5310《高压锅炉用无缝钢管》。

注 2-5: (1) “*” 处壁温指烟气侧管子外壁温度, 其他壁温指锅炉的计算壁温;

(2) 超临界及以上锅炉受热面管子设计选材时, 应当充分考虑内壁蒸汽氧化腐蚀。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 23 条、《水规》第 19 条。

《蒸规》第 23 条。

2. 钢管

表 3-2 锅炉用钢管

钢的种类	钢号	标准编号	适用范围			
			用途	工作压力 (MPa)	壁温 (℃)	
碳素钢	10,20	GB8163	受热面管子	≤1.0		
			集箱、蒸汽管道			
	10,20	GB3087 YB(T)33	受热面管子	≤5.9	≤480	
			集箱、蒸汽管道		≤430	
	20G	GB5310 YB(T)32	受热面管子	不限	≤480	
			集箱、蒸汽管道		≤430①	
合金钢	12CrMoG 15CrMoG	GB5310	受热面管子	不限	≤560	
	12Cr1MoVG		集箱、蒸汽管道		≤550	
			受热面管子		≤580	
			集箱、蒸汽管道		≤565	
	12Cr2MoWVTiB	GB5310	受热面管子		≤600②	
	12Cr3MoVSiTb					

注：① 要求使用寿命在 20 年内，可提高至 450°C。

② 在强度计算考虑到氧化损失时，可用到 620°C。

《水规》第 19 条。

(2) 钢管

表 3-2

钢的种类	钢号	技术标准	适用范围	
			用途	工作压力 (MPa)
碳素钢	10,20	GB8163	受热面管子	≤ 1.0
			集箱、管道	
	10,20	GB3087	受热面管子	≤ 5.9
			集箱、管道	
	20G	GB5310	受热面管子	不限
			集箱、管道	

注：GB8163 中的 10,20 钢限于额定出口热水温度低于 120°C 的锅炉。

• 条款解释：此条款是对锅炉材料选用中钢管材料的要求。

1. 碳素钢中增加了 Q235B、L210、20MnG、25MnG 等钢号。

(1) GB/T3091《低压流体输送用焊接钢管》中规定的钢材广泛应用于输送汽水管。原规程规定在锅炉房内锅炉范围的管道上不允许使用焊接钢管，只能使用无缝钢管，而锅炉房外按照压力管道的标准已广泛采用焊接钢管，并且应用效果良好。因而本次修

订,增加了 GB/T3091《低压流体输送用焊接钢管》中的 Q235B 钢管牌号,用于锅炉热水管道上,但对使用压力和温度进行了限制,更加符合实际情况。

(2) 近年来热水锅炉向大型化发展,有的热水锅炉出口管径很大,应用中很难找到相应规格的无缝钢管,而且目前已有 L210 钢级钢管应用在热水锅炉上。因而本次修订把 GB/T 9711.1《石油天然气工业 输送钢管交货技术条件 第 1 部分: A 级钢管》中 L210 钢级列入,允许用于锅炉热水管道上,以满足热水锅炉发展的需要。

(3) 碳素钢管中增加了 20MnG、25MnG 钢种,与这两种材料理化性能接近的材料在国外以及引进国外技术的锅炉上大量使用,因此本次修订时增加了这两个材料牌号。

2. 碳素钢中增加 YB4102《低中压锅炉用电焊钢管》。

1993 年 10 月,原劳动部锅炉压力容器安全监察局颁发了劳锅局字(1993)46 号文,同意在中低压锅炉上试用电阻焊钢管,后来原国家质量技术监督局锅炉压力容器安全监察局又多次批复,同意一些企业在中低压锅炉上使用电阻焊钢管。2000 年国家正式把电阻焊钢管列入标准,允许使用在中低压锅炉上,因此本次修订把 YB4102《低中压锅炉用电焊钢管》标准列入。

3. 碳素钢中部分钢工作压力、壁温进行了调整。

根据目前锅炉材料的制造能力、质量控制水平的提升,GB/T8163 标准中 10, 20 钢使用压力由原规程 $\leq 1.0\text{MPa}$ 提高至 $\leq 1.6\text{MPa}$,而 GB/T3087 标准中 10, 20 钢,考虑到锅炉压力参数等级匹配,由原规程 $\leq 5.9\text{MPa}$ 降至 $\leq 5.3\text{MPa}$ 。

同时,对于 10 钢(GB3087)、20 钢(GB3087)和 20G(GB5310)这三种钢,在作为锅炉管子使用时的温度不会超过 460°C ,故本次修订亦对其壁温进行了相应调整,由 480°C 调整到 460°C ,更符合实际情况。

4. 合金钢中增加了较多的钢号。

(1) 近些年,大型电站锅炉,尤其是超临界及以上机组电站锅炉迅猛发展,为满足大型电站锅炉钢管用材的需要,本次修订,在合金钢中增加了 15Ni1MnMoNbCu, 15MoG, 20MoG, 12Cr2MoG, 07Cr2MoW2VNbB, 10Cr9Mo1VNbN, 10Cr9MoW2VNbBN, 07Cr19Ni10, 10Cr18Ni9NbCu3BN, 07Cr25Ni21NbN, 07Cr19Ni11Ti, 07Cr18Ni11Nb, 08Cr18Ni11NbFG 等钢号。

(2) 锅炉钢管牌号与其他标准相近钢牌号对照表(见释表 2-1)。

释表 2-1

本规程牌号	其他标准相近钢的牌号			
	ISO	EN	ASME/ASTM	JIS
20G	PH26	P235GH	A-1,B	STB 410
20MnG	PH26	P235GH	A-1,B	STB 410
25MnG	PH29	P265GH	C	STB 510
15MoG	16Mo3	16Mo3	—	STBA 12
20MoG	—	—	T1a	STBA 13
12CrMoG	—	—	T2/P2	STBA 20
15CrMoG	13CrMo4-5	10CrMo5-5、 13CrMo4-5	T12/P12	STBA 22
12Cr2MoG	10CrMo9-10	10CrMo9-10	T22/P22	STBA 24

续表

本规程牌号	其他标准相近钢的牌号			
	ISO	EN	ASME/ASTM	JIS
07Cr2MoW2VNbB	—	—	T23/P23	—
15Ni1MnMoNbCu	9NiMnMoNb5-4-4	15NiCuMoNb5-6-4	T36/P36	—
10Cr9Mo1VNbN	X10CrMoVNb9-1	X10CrMoVNb9-1	T91/P91	STBA 26
10Cr9MoW2VNbBN	—	—	T92/P92	—
07Cr19Ni10	X7CrNi18-9	X6CrNi18-10	TP304H	SUS 304H TB
10Cr18Ni9NbCu3BN	—	—	(S30432)	—
07Cr25Ni21NbN	—	—	TP310HNB	—
07Cr19Ni11Ti	X7CrNiTi18-10	X6CrNiTi18-10	TP321H	SUS 321H TB
07Cr18Ni11Nb	X7CrNiNb18-10	X7CrNiNb18-10	TP347H	SUS 347H TB
08Cr18Ni11NbFG	—	—	TP347HFG	—

5. 关于壁温。

应该明确的是,本规程中的壁温概念,指的是管子选材时所参考的壁温。对于管子壁温,一般来说包括三种,即外壁壁温、中径壁温和内壁壁温。在传统概念中,管子选材时所用的壁温指的是中径壁温。但随着锅炉技术的快速发展,超临界、超超临界机组锅炉大量涌现,受热面管的材料、热传导都发生了较大的变化,故对于选材时所用的壁温的选取,也应区别对待。

对于亚临界以下机组锅炉的受热面管而言,一般采用碳钢或低合金钢,由于受热面管子管壁较薄,导热系数较大,内外壁温差很小,仅不足 10°C ,可以忽略不计。在此种状态下,可以采用管子中径壁温作为计算壁温选取管子材料,同时进行强度计算决定管子壁厚。

但对于超临界、超超临界机组锅炉而言,情况就不同了。超临界、超超临界机组锅炉受热面管子大量使用了高合金钢、奥氏体不锈钢管材。由于这些钢的导热系数较低(一般普通碳钢、低合金钢的导热系数是奥氏体不锈钢的2~3倍),管壁热阻大,从而导致受热面管子内外壁之间存在着很大的壁温差。如1000MW机组锅炉的过热器管(采用10Cr18Ni9NbCu3BN),其内外壁温差可超过 100°C 。在这种情况下,再采用管子中径壁温来选取管子材料,就有失偏颇了,而应采用温度最高的管子外壁壁温来进行。

故本次修订,在表2-2中受热面壁温规定中进行注明,注有*的为外壁最高温度(此数据是机械行业的设计经验与电力行业的实践相结合的结果),没有注*的是指计算壁温。

对于大机组锅炉而言,蒸汽温度、压力很高,对受热面管子蒸汽侧抗氧化能力提出了更高的要求。近几年,大机组曾多次发生由于受热面管内壁氧化皮剥落,阻塞管子造成的爆管,其原因可能与温度、蒸汽压力、启停方式、启停次数有关。故在表2-2中加注2-5(2),供设计选材时参考。

2.3.3 锅炉用锻件材料

锅炉用锻件材料见表2-3。

表 2-3 锅炉用锻件材料

钢的种类	牌号	标准编号	适用范围	
			工作压力(MPa)	壁温(℃)
碳素钢	20,25	JB/T 9626	≤5.3(注 2-7)	≤430
合金钢	12CrMo		不限	≤550
	15CrMo			≤550
	12Cr1MoV			≤565

注 2-6:表 2-3 所列材料的标准名称,JB/T 9626《锅炉锻件 技术条件》。

注 2-7:不与火焰接触锻件,工作压力不限。

注 2-8:对于工作压力小于或者等于 2.5MPa、壁温小于或者等于 350℃的锅炉锻件可以采用 Q235 进行制作。

注 2-9:表 2-3 未列入的 NB/T 47008(JB/T 4726)《承压设备用碳素钢和合金钢锻件》材料用作锅炉锻件时,其适用范围的选用可以参照 GB 150 的相关规定执行。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第 23 条、《水规》第 19 条。

《蒸规》第 23 条

3. 锻件

表 3-3 锅炉用锻件

钢的种类	钢号	标准编号	适用范围	
			工作压力(MPa)	壁温(℃)
碳素钢	Q235-A, Q235-B, Q235-C, Q235-D	GB700	≤2.5①	≤350
	20,25	GB699	≤5.9①	≤450
合金钢	12CrMo	ZBJ96016	不限	≤540
	15CrMo			≤550
	12Cr1MoV			≤565
	30CrMo		不限	≤450
	35CrMo			≤450
	25Cr2MoVA		不限	≤510

注:① 不与火焰接触锻件,工作压力不限。

② 除各种形式的法兰外,符合下列要求的空心圆筒形管件可用表中相应钢号轧制或锻制圆钢经机加工而成:

- 碳素钢管件外径不大于 160mm,合金钢管件或管帽类管件外径不大于 114mm;
- 加工后的管件经无损探伤合格;
- 管件纵轴线与圆钢的轴线平行。

《水规》第 19 条

(3) 锻件

表 3-3

钢的种类	钢号	技术标准	适用范围	
			用途	工作压力 MPa
碳素钢	Q235-A Q235-B	GB700	集箱端盖、 法兰盖、 手孔盖	≤2.5
	10,25	GB699		≤5.9

• 条款解释：此条款是对锅炉材料选用中锻件材料的要求。

(1) JB/T 9626 已取消 Q235-A, Q235-B, Q235-C, Q235-D, 但在工业锅炉中仍少量使用, 故将其放在注 2-8 中, 并限制使用条件。30CrMo, 35CrMo, 25Cr2MoV 主要用于制造紧固件, 故将其移至紧固件。

(2) 原《蒸规》规定表下的注②, 已移至本规程“2.3.9 材料选用及加工特殊要求”进行要求。

(3) 由于本部分是对锻件材料的要求, 其标准编号应为锻造技术条件的标准编号, 故原规定中的材料标准 GB699《优质碳素结构钢》取消, 改为 JB/T 9626《锅炉锻件技术条件》。

(4) ZBJ98016《锅炉锻件 技术条件》已经被 JB/T 9626《锅炉锻件 技术条件》替代, 故取消。

(5) 20, 25 钢由于易在运行过程中产生石墨化现象, 故将其温度降为 430℃。同时, 将 12CrMo 的使用温度提高至 550℃, 更符合实际情况。

(6) 锻件在容器制造上也应用很多, 故本次修订, 适当放宽锻件材料的范围, 增加注 2-9 的规定。

2.3.4 锅炉用铸钢件材料

锅炉用铸钢件材料见表 2-4。

表 2-4 锅炉用铸钢件材料

钢的种类	牌号	标准编号	适用范围	
			工作压力 (MPa)	壁温 (℃)
碳素钢	ZG200-400	JB/T 9625	≤5.3	≤430
	ZG230-450		不限	≤430
合金钢	ZG20CrMo			≤510
	ZG20CrMoV			≤540
	ZG15Cr1Mo1V			≤570

注 2-10: 表 2-4 所列材料的标准名称: JB/T 9625《锅炉管道附件承压铸钢件 技术条件》。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 23 条、《水规》第 19 条。

《蒸规》第 23 条

4. 铸钢件

表 3-4 锅炉用铸钢件

钢的种类	钢号	标准编号	适用范围	
			公称压力 (MPa)	壁温 (℃)
碳素钢	ZG200-400	GB11352	≤6.3	≤450
	ZG230-450	ZBJ98015	不限	≤450
合金钢	ZG20CrMo	ZBJ98015	不限	≤510
	ZG20CrMoV		不限	≤540
	ZG15Cr1Mo1V		不限	≤570

《水规》第 19 条

(4) 铸钢件

表 3-4

钢的种类	钢号	技术标准	适用的公称压力范围 MPa
碳素钢	ZG200-400	GB5676	≤6.3
	ZG230-450	GB979	不限

注：空心受压铸钢件按 GB1048 规定进行水压试验。

- 条款解释：此条款是对锅炉材料选用中铸钢件材料的要求。

(1) 考虑到锅炉参数等级匹配因素，ZG200-400 铸钢工作压力 ≤6.3MPa 调整为 ≤5.3MPa。

(2) 考虑到运行过程中易发生石墨化现象，ZG200-400，ZG230-450 壁温 ≤450℃ 调整为 430℃。统一使用标准 JB/T 9625。

(3) ZBJ98015《锅炉管道附件承压铸钢件 技术条件》已经被 JB/T 9625《锅炉管道附件承压铸钢件 技术条件》替代，故取消。

2.3.5 锅炉用铸铁件材料

锅炉用铸铁件材料见表 2-5。

表 2-5 锅炉用铸铁件材料

铸铁种类	牌号	标准编号	适用范围		
			附件公称通径 DN(mm)	工作压力 (MPa)	壁温(℃)
灰铸铁	不低于 HT150	GB/T 9439	≤300	≤0.8	<230
		JB/T 2639	≤200	≤1.6	
可锻铸铁	KTH300-06	GB/T 9440	≤100	≤1.6	<300
	KTH330-08				
	KTH350-10				
	KTH370-12				
球墨铸铁	QT400-18	GB/T 1348	≤150	≤1.6	<300
	QT450-10	JB/T 2637	≤100	≤2.5	

注 2-11:表 2-5 所列材料的标准名称,GB/T 9439《灰铸铁件》、JB/T 2639《锅炉承压灰铸铁件 技术条件》、GB/T 9440《可锻铸铁件》、GB/T 1348《球墨铸铁件》、JB/T 2637《锅炉承压球墨铸铁件 技术条件》。

- 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 23 条、《水规》第 19 条。

《蒸规》第 23 条

5. 铸铁件。

表 3-5 锅炉用铸铁件

铸铁种类	牌号	标准编号	适用范围		
			附件公称通径 (mm)	公称压力 (MPa)	介质温度 (℃)
灰铸铁	不低于 HT150	GB9439	≤300	≤0.8	<230
		JB/T2639	≤200	≤1.6	

续表

铸铁种类	牌号	标准编号	适用范围		
			附件公称通径 (mm)	公称压力 (MPa)	介质温度 (℃)
可锻铸铁	KTH 300-06	GB9440	≤ 100	≤ 1.6	< 300
	KTH 300-08				
	KTH 300-10				
	KTH 350-12				
球墨铸铁	QT400-18	GB 1348	≤ 150	≤ 1.6	< 300
		JB/T2637	≤ 100	≤ 2.5	
	JB/T2637	GB1348	≤ 150	≤ 1.6	
			≤ 100	≤ 2.5	

注:① 不得用灰铸铁制造排污阀和排污弯管;

② 额定蒸汽压力小于或等于 1.6MPa 的锅炉及蒸汽温度小于或等于 300℃ 的过热器,其放水阀和排污阀的阀壳可用上表中的可锻铸铁或球墨铸铁制造;

③ 额定蒸汽压力小于或等于 1.6MPa 的锅炉的方形铸铁省煤器和弯头,允许采用牌号不低于 HT150 的灰铸铁,额定蒸汽压力小于或等于 2.5MPa 的锅炉的方形铸铁省煤器管和弯头,允许采用牌号不低于 HT200 的灰铸铁。在制造厂内,应对省煤器上使用的铸铁部分进行水压试验,其试验压力应等于锅炉工作压力的 2.5 倍;

④ 用于承压部位的铸铁不准补焊。

《水规》第 19 条

(5) 铸铁件

表 3-5

铸铁名称	牌号	技术标准	适用范围	
			公称通径(mm)	工作压力(MPa)
灰口铸铁	不低于 HT150	GB9439	< 300	≤ 0.8
			< 200	≤ 1.25
可锻铸铁	KTH 300-06 KTH 330-08 KTH 350-10 KTH 370-12	GB9440	< 100	≤ 1.6
球墨铸铁	QT400-17 QT420-10	GB 1348	< 150	≤ 2.5

注:① 不得用灰口铸铁制造排污阀、放水阀和排污弯管。

② 锅炉额定出水压力小于或等于 1.6MPa 的方形铸铁省煤器管和弯头允许采用牌号不低于 HT150 的灰口铸铁按 JB2192 制造。锅炉额定出水压力小于或等于 2.5MPa 的方形铸铁省煤器管和弯头允许采用牌号不低于 HT200 的灰口铸铁按 JB2192 制造。在制造厂内,应对省煤器上使用的铸铁部分进行水压试验,其压力应等于锅炉额定出水压力的 2.5 倍。

③ 受压铸铁件除技术条件有专门规定外不准补焊,铸铁件的偏心不得超过图样上规定值。

• 条款解释: 此条款是对锅炉材料选用中铸铁件材料的要求。

1. 灰口铸铁

灰口铸铁碳量较高(为 2.7%~4.0%),碳主要以片状石墨形态存在,断口呈灰色,可看成是碳钢的基体加片状石墨。按基体组织的不同灰口铸铁分为三类:铁素体基体灰口铸铁;铁素体-珠光体基体灰口铸铁;珠光体基体灰口铸铁。

灰口铸铁的力学性能与基体的组织和石墨的形态有关。灰口铸铁中的片状石墨对基体的割裂严重,在石墨尖角处易造成应力集中,使灰口铸铁的抗拉强度、塑性和韧性远低于钢,但抗压强度与钢相当,也是常用铸铁件中力学性能最差的铸铁。同时,基体组织对灰口铸铁

的力学性能也有一定的影响,铁素体基体灰口铸铁的石墨片粗大,强度和硬度最低,故应用较少;珠光体基体灰口铸铁的石墨片细小,有较高的强度和硬度,主要用来制造较重要铸件;铁素体-珠光体基体灰口铸铁的石墨片较珠光体灰口铸铁稍粗大,性能不如珠光体灰口铸铁。故工业上较多使用的是珠光体基体的灰口铸铁。

灰口铸铁具有良好的铸造性能、良好的减振性、良好的耐磨性能、良好的切削加工性能、低的缺口敏感性。

依据 $\phi 30\text{mm}$ 单铸试棒加工的标准拉伸试样所测得的最小抗拉强度值,将灰口铸铁分为 HT100、HT150、HT200、HT225、HT250、HT275、HT300 和 HT350 八个牌号。HT150 单铸试棒的最小抗拉强度为 150MPa。

2. 可锻铸铁

可锻铸铁由白口铸铁退火处理后获得。白口铸铁的碳、硅含量较低,碳主要以渗碳体形态存在,断口呈银白色。凝固时收缩大,易产生缩孔、裂纹。硬度高、脆性大,不能承受冲击载荷,多用作可锻铸铁的坯件和制作耐磨损的零部件。

可锻铸铁因化学成分、热处理工艺而导致的性能和金相组织的不同,分为两类,第一类:黑心可锻铸铁和珠光体可锻铸铁;第二类:白心可锻铸铁。本规程中允许使用的可锻铸铁均为黑心可锻铸铁。KTH 后的两组数据,第一组表示抗拉强度值(单位为 MPa),第二组表示伸长率值(单位为%)。如 KTH300-06,表示黑心可锻铸铁,抗拉强度值为 300MPa,伸长率值为 6%。

3. 球墨铸铁

球墨铸铁是将灰口铸铁经球化处理获得的,析出的石墨呈球状,比普通灰口铸铁有较高的强度、较好的韧性和塑性。QT 后的两组数据,第一组表示抗拉强度值(单位为 MPa),第二组表示伸长率值(单位为%)。如 QT400-18,表示球墨铸铁,单铸试块抗拉强度值为 400MPa,伸长率值为 18%。

4. 原规定表下的注,已移至本规程“2.3.9 材料选用及加工特殊要求”进行要求。

2.3.6 紧固件材料

锅炉用紧固件材料见表 2-6。

表 2-6 紧固件材料

钢的种类	牌号	标准编号	适用范围	
			工作压力(MPa)	使用温度(℃)
碳素钢	20,25	GB/T 699	不限	≤350
	35			≤420
合金钢	30CrMo	GB/T 3077		≤500
	35CrMo	DL./T 439		≤500
	25Cr2MoVA			≤510
	25Cr2Mo1VA			≤550
	20Cr1Mo1VNbTiB			≤570
	20Cr1Mo1VTiB			≤570
	20Cr13,30Cr13	GB/T 1220		≤450
	12Cr18Ni9			≤610

注 2-12: 表 2-6 所列材料的标准名称, GB/T 699《优质碳素结构钢》、GB/T 3077《合金结构钢》、DL/T 439《火力发电厂高温紧固件技术导则》、GB/T 1220《不锈钢棒》。

注 2-13: 表 2-6 未列入的 GB 150 中所列碳素钢和合金钢螺栓、螺母等材料用作锅炉紧固件时,其适用范围的选用可以参照 GB 150 的相关规定执行。

注 2-14: 用于工作压力小于或者等于 1.6MPa、壁温小于或者等于 350°C 的锅炉部件上的紧固件可以采用 Q235 进行制作。



第二部分 条文释义

- 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 23 条、《水规》第 19 条。

《蒸规》第 23 条

6. 紧固零件。

表 3-6 锅炉用紧固零件

钢的种类	钢号	标准编号	适用范围	
			工作压力 (MPa)	介质温度 (°C)
碳素钢	Q235-A, Q235-B, Q235-C, Q235-D	GB700	≤1.6	≤350
	20, 25	GB699	不限	≤350
	35			≤420
合金钢	40Cr	GB3077	不限	≤450
	35CrMo	JB/T74	不限	≤500
	25Cr2MoVA		不限	≤550
	25Cr2Mo1VA			
	20Cr1Mo1VNbTiB		不限	≤570
	20Cr1Mo1VTiB			
	2Cr12WMoVNbB		不限	≤600

注：螺母材料的硬度应低于螺栓（栓）材料的硬度。

《水规》第 19 条

(6) 紧固零件 表 3-6。

钢的名称	钢号	技术标准	适用范围	
			用途	工作压力 (MPa)
碳素钢	Q235-A-F Q235-B-F	GB700	双头螺栓、螺栓	≤1.25
			螺母	
	Q235-A, Q235-B	GB700	双头螺栓、螺栓	≤1.6
			螺母	
	25	GB699	双头螺栓、螺栓	不限
			螺母	
	35	GB699	双头螺栓、螺栓	不限
			螺母	

- 条款解释：此条款是对锅炉材料选用中锅炉用紧固件材料的要求。

(1) 根据实际情况，增加了 30CrMo、20Cr13、30Cr13、12Cr18Ni9。

(2) 根据实际情况，40Cr 已基本不再使用，故删除。关于 Q235 的规定，移至注 2-14。

(3) 对于 2Cr12WMoVNbB，此钢是 12% 铬钢的改型钢种之一。由于钢中加入钨、钼、钒、铌、硼多种强化元素，因此，热强性能较高，抗松弛性能较好。但大锅炉一般不再采用螺栓连接，而小锅炉即使采用螺栓连接，也不可能使用此高等级的钢材，故删除。

(4) 25Cr2MoVA 与 25Cr2Mo1VA 相比，Cr% 和 V% 较低，抗松弛性能和高温性能较

25Cr2Mo1VA 差, 故温度降至 510℃。

(5) 紧固件在容器制造上也应用很多, 故本次修订, 适当放宽紧固件材料的范围, 增加注 2-13 的规定。

2.3.7 锅炉拉撑件材料

锅炉拉撑板材料应当选用锅炉用钢板。锅炉拉撑杆材料选取应当符合 GB 715《标准件用碳素钢热轧圆钢》、GB/T 699《优质碳素结构钢》要求。

• 条款说明: 修改条款。

原条款:《蒸规》第 23 条、《水规》第 19 条。

《蒸规》第 23 条

7. 拉撑件

锅炉拉撑件使用的钢材必须为镇静钢, 且应符合 GB715《标准件用碳素钢热轧圆钢》的规定或 GB699《优质碳素结构钢技术条件》中 20 钢的规定。板拉撑件应是锅炉用钢。

《水规》第 19 条

(7) 拉撑件

锅炉拉撑件使用的钢材必须为镇静钢, 且应符合 GB715 的规定或者 GB699 中 20 钢的规定。板拉撑件应采用表 3-1 中的钢。

• 条款解释: 此条款是对锅炉材料选用中拉撑件材料的要求。

本规程拉撑件主要指工业锅炉中用于拉撑的管、杆、板。

《蒸规》规定锅炉拉撑件使用的钢材必须为镇静钢, 本规程规定选用锅炉用钢, 即除镇静钢外还必须符合本规程 2.1、2.2 的要求。

2.3.8 焊接材料

焊接材料的选用应当符合 NB/T 47018.1~47018.7 (JB/T 4747)《承压设备用焊接材料订货技术条件》的要求。

• 条款说明: 修改条款。

原条款:《蒸规》第 23 条、《水规》第 19 条。

《蒸规》第 23 条

8. 焊接材料

焊接受压元件使用的焊条应符合 GB/T5117《碳钢焊条》、GB/T5118《低合金钢焊条》、GB983《不锈钢焊条》的规定; 焊丝应符合 GB4242《焊接用不锈钢丝》、GB/T8110《气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝》、GB10045《碳钢药芯焊丝》、GB/T14957《熔化焊用钢丝》、GB/T14958《气体保护焊用钢丝》的规定; 焊剂应符合 GB5293《碳素钢埋弧焊用焊剂》、GB12470《低合金钢埋弧焊用焊剂》的规定。

《水规》第 19 条

(8) 焊条、焊丝和焊剂

焊接受压元件使用的焊条应符合 GB5117、GB5118、GB983 的规定, 焊丝应符合 GB1300 的规定, 碳素钢埋弧焊剂应符合 GB5293 的规定。

• 条款解释: 此条款是对锅炉材料选用中焊接材料的要求。

JB/T 47018《承压设备用焊接材料订货技术条件》包括 7 个部分, 分别为采购通则、钢焊条、气体保护电弧焊钢焊丝和填充丝、埋弧焊钢焊丝和焊剂、堆焊用不锈钢焊带和焊剂、

铝及铝合金焊丝和填充丝、钛及钛合金焊丝和填充丝,能够覆盖锅炉焊接的各种工艺和焊材,故本次修订,删除《蒸规》引用的多个标准,改为按 NB/T 47018.1~47018.7 (JB/T 4747《承压设备用焊接材料订货技术条件》)的要求进行,更加全面。

2.3.9 材料选用及加工特殊要求

(1) 各类管件(三通、弯头、变径接头等)以及集箱封头等元件可以采用相应的锅炉用钢管材料热加工制作;

(2) 除各种形式的法兰外,碳素钢空心圆筒形管件外径不大于160mm,合金钢空心圆筒形管件或者管帽类管件外径不大于114mm,如果加工后的管件同时满足无损检测合格、管件纵轴线与圆钢的轴线平行相应规定时,可以采用轧制或者锻制圆钢加工;

(3) 灰铸铁不应当用于制造排污阀和排污弯管;

(4) 额定工作压力小于或者等于1.6MPa的锅炉以及蒸汽温度小于或者等于300℃的过热器,其放水阀和排污阀的阀体可以用表2-5中的可锻铸铁或者球墨铸铁制作;

(5) 额定工作压力小于或者等于2.5MPa的锅炉的方形铸铁省煤器和弯头,允许采用牌号不低于HT200的灰铸铁;额定工作压力小于或者等于1.6MPa的锅炉的方形铸铁省煤器和弯头,允许采用牌号不低于HT150的灰铸铁;

(6) 用于承压部位的铸铁件不准补焊。

• 条款说明:新增条款。

• 条款解释:此条款是对锅炉材料选用及加工的特殊要求。

(1) 各类管件(三通、弯头、变径接头等)以及集箱封头等元件一般应为锻件,应与管子或集箱的材质相同。但随着锅炉参数的提高,管子或集箱的材质选择也趋于增多,JB/T 9626《锅炉锻件 技术条件》中的钢材已不能满足实际需要,故本次修订,允许选用相应的锅炉用钢管材料通过锻造、热弯、热轧等热加工工艺制作,以满足实际需要。

(2) 空心圆筒形管件或者管帽类管件一般也应该直接锻制成型,以保证管件的性能。但对于小规格的空心圆筒形管件或者管帽类管件,可以在有限制条件的情况下,使用轧制或者锻制圆钢加工(大规格的管件实际上也不采用圆钢进行加工)。无损检测合格无需赘言,管件纵轴线与圆钢的轴线平行的目的是保证原轧制或锻制圆钢的变形后组织结构不被破坏,尽可能地保证原轧制或锻制质量。

(3) 对于铸铁件而言,由于其中碳的存在形式不同,灰口铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁的性能也存在较大差异。灰口铸铁的韧性较差,不能满足排污阀和排污弯管的使用条件(存在冲击载荷),故灰口铸铁不允许用于制造排污阀和排污弯管。可锻铸铁、球墨铸铁也只能是在有条件的情况下(额定工作压力小于或者等于1.6MPa的锅炉以及蒸汽温度小于或者等于300℃的过热器)允许制造放水阀和排污阀的阀体。

(4) 对于灰口铸铁,由于其中的碳主要以片状石墨形态存在,对基体的割裂严重,在石墨尖角处易造成应力集中,使灰口铸铁的抗拉强度较低,故对于方形铸铁省煤器管和弯头,限制条件使用(额定工作压力小于或者等于2.5MPa的锅炉的方形铸铁省煤器管和弯头,允许采用牌号不低于HT200的灰口铸铁;额定工作压力小于或者等于1.6MPa的锅炉的方形铸铁省煤器和弯头,允许采用牌号不低于HT150的灰口铸铁)。

(5) 原省煤器上使用的铸铁部分进行水压试验的规定,已调至本规程4.5.6.2.1进行要求。

(6) 由于铸铁件的含碳量较高,焊接性能差,焊接过程中容易出现裂纹等缺陷,故用于承压部位的铸铁件不准补焊。

2.4 材料代用

锅炉的代用材料应当符合本规程材料的规定，材料代用应当满足强度、结构和工艺的要求，并且应当经过材料代用单位技术部门（包括设计和工艺部门）的同意。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第24、25条，《水规》第20条。

《蒸规》第24条 锅炉受压元件代用的钢板和钢管，应采用化学成分和力学性能相近的锅炉用钢材。

锅炉受压元件和重要的承载元件的材料代用应满足强度和结构上的要求，且须经材料代用单位的技术部门（包括设计和工艺部门）同意。

采用没有列入国家标准、行业标准的钢材代用时，代用单位应提出技术依据并报省级安全监察机构审批。

第25条 锅炉受压元件的材料代用遇有下列情况之一时，除应征得原设计单位同意外，还应报原图样审批单位备案。

1. 用强度低材料代替强度高的材料；
2. 用厚度小材料代替厚度大的材料（用于额定蒸汽压力小于或等于1.6MPa锅炉上的受热面管子除外）；
3. 代用的钢管公称外径不同于原来的钢管公称外径。

《水规》第20条 锅炉受压元件的材料代用必须经材料代用单位的技术部门（包括设计和工艺部门）同意。

若采用没有列入国家标准、行业标准或部标准的钢材代用时，代用单位应提出技术依据并报省级劳动部门锅炉压力容器安全监察机构审批。

材料代用遇有下列情况之一时，还应征得原设计单位同意，并报原图样审批单位备案。

- (1) 用强度低材料代替强度高的材料。
- (2) 用厚度小材料代替厚度大的材料（受热面管子除外）。
- (3) 代用的钢管名义外径不同于原来的钢管名义外径。

• 条款解释：此条款是对代用材料的原则要求。

(1) 《蒸规》中仅对锅炉受压元件的材料代用提出要求，存在一定的遗漏，故本次修订将其调整为对锅炉材料的代用，更加全面。

(2) 必须是本规程允许使用的材料才能代用，故原规定中“采用没有列入国家标准、行业标准的钢材代用时，代用单位应提出技术依据并报省级安全监察机构审批”的要求取消。如采用没有列入国家标准、行业标准的钢材进行代用，应按本规程1.6条执行。如采用国外钢材进行代用，可按第2.6条执行。

(3) 本规程在《蒸规》须满足强度和结构的基础外，还增加了满足工艺要求，如用不锈钢替代碳钢或低合金钢，强度结构都能满足，但焊接及热处理很难实施，这样的代用也不可取。

(4) 取消了原第25条中代用材料“除应征得原设计单位同意外，还应报原图样审批单位备案”的要求。材料代用是生产过程中的一个环节，从落实安全主体责任的角度考虑，应当由企业来负责处理并承担相应的责任，因此本次修订做了原则的调整，取消了行政审批手续。

2.5 新材料的研制

采用没有列入本规程的新材料时,试制前材料的研制单位应当进行系统的试验研究工作,并且应当按照本规程 1.6 的规定通过技术评审和核准。评审应当包括材料的化学成分、物理性能、力学性能、组织稳定性、高温性能、抗腐蚀性能、工艺性能等内容。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第 26、27、28 条。

《蒸规》第 26 条 采用研制的新钢号材料试制锅炉受压元件之前,锅炉制造厂必须对此新材料的试验工作进行技术评定,参加评定的单位应有冶金、制造、使用、安全监察机构、标准等有关部门和单位。

评定至少应包括下列内容:

1. 化学成分。应提供确定化学成分上、下限的试验数据。
2. 力学性能和组织稳定性。应提供在使用温度范围内(不超过最高允许工作温度 50℃)温度间隔为 20℃(有实际困难时,可按 50℃ 间隔)的抗拉强度 σ_b 、屈服点 $\sigma_{0.2}$ 并提供伸长率 δ_5 、断面收缩率 ψ 、时效冲击值、室温夏比(V 形缺口试样)冲击吸收功、脆性转变温度。

对于工作温度高于 350℃ 的碳素钢、低碳锰钢、低碳锰钒钢以及工作温度高于 400℃ 的其他合金钢,应提供持久强度、抗蠕变性能及长期时效稳定性数据。对于奥氏体钢,还应提供抗晶间腐蚀数据。

3. 抗氧化性。对于使用温度高于 500℃ 的合金钢,应提供在使用温度下(包括超过最高允许工作温度 20℃)的抗氧化数据。

4. 抗热疲劳性。应提供在相应温度下的弹性模量(E)、平均线膨胀系数(α)和传热系数(λ)等。

5. 焊接性能。应提供钢材的焊接性能及焊接接头力学性能数据。

6. 钢材的制造工艺。应提供相应的技术资料,如冶炼、铸造、锻轧、成品热处理等资料。

7. 钢材的热加工性能。应提供相应的技术资料,如热冲压、热卷、热弯、热处理等资料。

《蒸规》第 27 条 新钢号材料经技术评定得到认可后,锅炉制造厂才可按本规程第 6 条规定办理试制锅炉受压元件手续。

参加试制的锅炉制造厂应将新钢号材料的性能报告、复试报告、工艺试验报告和试制情况报劳动部安全监察机构备案。

《蒸规》第 28 条 新钢号材料批量生产前,必须进行产品鉴定。该鉴定应有冶金、制造、使用、安全监察机构、标准等部门的代表参加。

新钢号材料的制造厂应将鉴定意见、试用情况和成批生产的钢材质量稳定性情况报劳动部安全监察机构备案。

• 条款解释:此条款是对锅炉用新材料进行技术评审的要求。

本规程规定,用于锅炉制造的材料必须符合本规程的要求。采用没有列入本规程的新材料时,应当按照本规程 1.6 的规定通过技术评审。技术评审由国家质检总局特种设备安全技

术委员会进行,评审内容应根据材料的使用工况,至少包括以下方面:化学成分、物理性能、力学性能、组织稳定性、高温性能、抗腐蚀性能、工艺性能等。故本规程对新材料的研发仅进行了原则规定,具体的评审方式应由国家质检总局特种设备安全技术委员会另行规定。

2.6 境外牌号的材料

2.6.1 锅炉受压元件采用境外牌号的材料

- (1) 应当是境外锅炉用材料标准中的牌号,或者化学成分、力学性能、工艺性能与国内锅炉用材料相类似的材料牌号,或者成熟的锅炉用材料牌号;
- (2) 按照订货合同规定的技术标准和技术条件进行材料验收;
- (3) 首次使用前,应当进行焊接工艺评定和成型工艺试验;
- (4) 应当采用该材料的技术标准或者技术条件所规定的性能指标进行锅炉强度计算。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第29条,《水规》第21条。

《蒸规》第29条 锅炉受压元件采用国外钢材,应符合以下要求:

1. 钢号应是国外锅炉用钢标准所列的钢号或者化学成分、力学性能、焊接性能与国内允许用于锅炉的钢材相类似,并列入钢材标准的钢号或成熟的锅炉用钢钢号。
2. 应按订货合同规定的技术标准和技术条件进行验收。对照国内锅炉钢标准如缺少检验项目,必要时还应补做所缺项目的检验,合格后才能使用。
3. 首次使用前,应进行焊接工艺评定和成型工艺试验,满足技术要求后才能使用。
4. 锅炉强度计算应采用该钢材的技术标准或技术条件所规定的性能数据进行。
5. 未列入标准的钢材或已列入标准的电阻焊锅炉管,应经劳动部安全监察机构同意。

《水规》第21条 锅炉受压元件采用国外钢材,应符合以下要求:

- (1) 钢号应是国外锅炉用钢标准所列的钢号或者化学成分、力学性能、焊接性能与国内允许用于锅炉的钢材相类似,并列入国外其他钢材标准的钢号。
- (2) 应按订货合同规定的技术标准和技术条件进行验收,合格后才能使用。
- (3) 首次使用前,应进行焊接工艺评定和成型工艺试验,满足技术要求后才能使用。
- (4) 应采用该钢材的技术标准和技术条件所规定的性能数据进行锅炉强度计算。
- (5) 采用未列入标准的钢材或已列入标准的电阻焊锅炉管,应经省级劳动部门锅炉压力容器安全监察机构同意。

国内钢厂若生产国外钢号的钢材,须事先征得国家技术监督局和冶金部的同意,应完全按照该钢号国外标准的规定进行生产和验收,批量生产前应通过技术鉴定。

• 条款解释:此条款是对采用境外牌号的材料制造锅炉的要求。

(1) 对允许使用的境外牌号,包括以下几种情况一是国外锅炉用材料标准规定的钢号;二是虽未列入锅炉用材料标准,但已列入材料标准,化学成分、力学性能、工艺性能与国内允许用于锅炉的材料相类似的材料,本规程允许用于锅炉上。另外,部分境外牌号的材料,国外已经用于锅炉上,但没有列入任何标准,实践证明是一种成熟的锅炉用钢。如1980年以后我国进口的高压锅炉用的钢板采用原联邦德国钢号BHW35(13MnNiMoNb),就是未列入标准的成熟锅炉用钢,本次修订也将此种情况纳入允许范围。

(2) 将“焊接性能”改为工艺性能, 仅仅是焊接性能要求并不能代表全部工艺性能要求, 因此将“焊接性能”改为工艺性能后会更加全面。

(3) 修改对进口材料验收的要求, 即按订货合同规定的技术标准和技术条件进行验收。取消了对照国内锅炉标准如缺少检验项目, 必要时应补做所缺项目的要求, 这样要求符合国际通用的做法。

(4) 焊接工艺指导书是保证焊接质量的重要文件, 指导书正确与否要通过焊接工艺评定加以确认。焊接工艺评定与诸多重要参数有关, 每一种重要参数的改变均要重做。因此, 首次使用进口材料前, 应进行焊接工艺评定。

(5) 成型工艺试验是核查材料的冷、热加工性能的试验, 故予以保留。

(6) 在进行强度计算时, 应采用该材料的技术标准或者技术条件所规定的性能指标, 更能符合标准体系的一致性。如果国外相应技术标准或者技术条件未提供性能数据或数据不全, 则应按我国强度计算标准规定进行抽样试验, 确定所用钢材的强度性能数据, 以确保安全。

(7) 《蒸规》第 29 条的第 5 款采用“未列入标准的钢材或已列入标准的电阻焊锅炉管, 应经劳动部安全监察机构同意。”可参照本条 1 款“应当是境外锅炉用材料标准中的牌号, 或者化学成分、力学性能、工艺性能与国内锅炉用材料相类似的材料牌号, 或者成熟的锅炉用材料牌号”进行, 故修订后取消了原文字内容。

2.6.2 材料制造单位制造境外牌号的材料

材料制造单位制造境外牌号的材料, 应当按照该材料境外标准的规定进行制造和验收, 并且对照境内锅炉材料标准, 如果缺少检验项目, 应当补做所缺项目的检验, 合格后才能使用, 正式制造前应当按照本规程 1.6 的要求通过技术评审和核准。

• 条款说明: 本修改条款。

原条款: 《蒸规》第 30 条、《水规》第 21 条。

《蒸规》第 30 条 钢材生产单位生产国外钢号的钢材时, 应完全按照该钢号国外标准的规定进行生产和验收, 批量生产前应通过技术鉴定。

《水规》第 21 条 锅炉受压元件采用国外钢材, 应符合以下要求:

(1) 钢号应是国外锅炉用钢标准所列的钢号或者化学成分、力学性能、焊接性能与国内允许用于锅炉的钢材相类似, 并列于国外其他钢材标准的钢号。

(2) 应按订货合同规定的技术标准和技术条件进行验收, 合格后才能使用。

(3) 首次使用前, 应进行焊接工艺评定和成型工艺试验, 满足技术要求后才能使用。

(4) 应采用该钢材的技术标准和技术条件所规定的性能数据进行锅炉强度计算。

(5) 采用未列入标准的钢材或已列入标准的电阻焊锅炉管, 应经省级劳动部门锅炉压力容器安全监察机构同意。

国内钢厂若生产国外钢号的钢材, 须事先征得国家技术监督局和冶金部的同意, 应完全按照该钢号国外标准的规定进行生产和验收, 批量生产前应通过技术鉴定。

• 条款解释: 此条款是对材料制造单位制造境外牌号的材料的要求。

(1) 生产和验收应按照该材料牌号的国外标准进行, 以便保证国内材料制造单位生产出来材料的化学成分和力学性能与国外的材料相同。我国曾经有的钢厂生产国外钢号, 虽然化学成分、力学性能完全达到了国外钢号指标, 但冶炼方法、检验方法与国外该钢号不一样。国外是采用平炉冶炼, 而我国是采用转炉冶炼; 检验方法也是按照我国的标准

进行。而我国的检验标准与国外的检验标准存在一定的差异,虽然检验的结果相同,但实质上是有一定的不同的。

(2) 正式制造前应通过技术评审和核准。这一要求主要是考核钢厂产品质量的稳定性和质量,保证体系运转情况。防止一些材料制造单位盲目地批量生产,造成质量问题。

(3) 增加了“并且对照国内锅炉材料标准,如果缺少检验项目,应当补做所缺项目的检验,合格后才能使用”的要求,充分考虑了当前我国的实际技术水平状况和经验,以保证该材料在我国锅炉生产和使用上是安全的。

(4) 原条文中批量生产前应通过产品鉴定。本次修改为“按照本规程 1.6”进行技术评审,将有关的技术资料提交国家质检总局特种设备安全技术委员会评审,报国家质检总局核准后,才能进行试制、试用。

2.7 材料质量证明

(1) 材料制造单位应当按照相应材料标准和订货合同的规定,向用户提供质量证明书原件,并且在材料的明显部位作出清晰、牢固的钢印标志或者其他标志,材料质量证明书的内容应当齐全、清晰,并且加盖材料制造单位质量检验章。

(2) 锅炉用材料不是由材料制造单位直接提供时,供货单位应当提供材料质量证明书原件或者材料质量证明书复印件并且加盖供货单位公章和经办人签章。

(3) 锅炉材料使用单位应当对所取得的锅炉用材料及材料质量证明书的真实性和一致性负责。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第 21 条、《水规》第 18 条。

《蒸规》第 21 条 锅炉受压元件所用的金属材料及焊接材料等应符合有关国家标准和行业标准。材料制造单位必须保证材料质量,并提供质量证明书。……

《水规》第 18 条 锅炉受压元件所用的金属材料及焊条、焊丝、焊剂等应符合有关国家标准、行业标准或部标准的规定。材料制造厂必须保证材料质量,并提供质量证明书。……

• 条款解释:此条款是对锅炉用材料质量证明文件的要求。

(1) 原规程有材料制造单位提供质量证明书的要求,但对材料质量证明书没有做进一步详细要求,故本次修订予以明确。

(2) 锅炉制造单位或安装单位从材料制造单位直接采购材料时,材料制造单位应当向用户提供质量证明书原件。实际生产中,存在锅炉用原材料一般采购量较少,锅炉用材料不是由材料制造单位直接提供的情况,直接提供质量证明书原件往往有困难。考虑到这些实际情况,本次规程修订将其调整,供货单位应当提供材料质量证明书原件或者材料质量证明书复印件并且加盖供货单位公章和经办人签章,在保证质量证明真实传递的前提下,满足实际生产需要。

2.8 材料验收

锅炉制造、安装、改造、修理单位应当对锅炉用材料按照有关规定进行入厂验收,合格后才能使用。符合下列情形之一的材料可以不进行理化和相应的无损检测复验:

(1) 材料使用单位验收人员按照采购技术要求在材料制造单位进行验收,并且在检

验报告上进行见证签字确认的；

(2) 用于 B 级及以下锅炉的碳素钢钢板、碳素钢钢管以及碳素钢焊材，实物标识清晰、齐全，具有满足本规程 2.7 要求的质量证明书，并且质量证明书与实物相符的。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 31 条。

《蒸规》第 31 条 用于锅炉的主要材料如锅炉钢板、锅炉钢管和焊接材料等，锅炉制造厂应按有关规定进行入厂验收，合格后才能使用。

用于额定蒸汽压力小于或等于 0.4MPa 锅炉的主要材料如原始质量证明书齐全，且材料标记清晰、齐全时，可免于复验。

对于质量稳定并取得劳动部安全监察机构产品安全质量认可的材料，可免于复验。否则，不能免于复验。

• 条款解释：此条款是对锅炉用材料入厂验收的要求。

(1) 锅炉用材料在使用前必须进行验收，合格后才能用于制造锅炉元件。这种做法是根据我国国情而做出的规定。国外工业发达的国家，一般是由技术检验机构在材料制造单位进行监督检验，供需双方以合同为法律依据，双方严守合同的规定，一旦发生材料质量问题，由供方全权负责，因而无需用户在使用前进行复验。目前，我国的锅炉用材料质量还存在一些问题，且没有按照国际惯例进行材料制造单位驻厂监检，因此，我国多年来的做法一直是由锅炉用材料单位进行入厂验收。

(2) 本次修订增加了材料制造地验收方式，由材料使用单位验收人员在制造单位进行制造地验收，并在检验报告上签证确认。这也是国际上通用的做法。

(3) 对于锅炉用材料入厂验收，由于我国的钢材冶炼技术及材料制造质量已大幅提高，经调查近些年在原材料复验方面，尤其是碳素钢很少出现问题。在此基础上，本次修订将原小于等于 0.4MPa 的蒸汽锅炉和额定热功率小于等于 1.2 MW 的低温热水锅炉，如原始质量证明书齐全，且材料标记清晰、齐全时，可免于复验的规定进行了修改放宽至现在的 B 级及以下锅炉使用的碳素钢材，在实物标记与质量证明书都满足要求的前提下，可不进行理化和相应的无损检测复验。这样可减化工作程序，减小锅炉制造单位的成本，缩短制造工期。

(4) 原条文中“对于质量稳定并取得劳动部安全监察机构产品安全质量认可的材料，可免于复验，否则，不能免于复验”的要求与目前的情况不符，目前已经不再进行质量认可，故予以取消。

2.9 材料管理

(1) 锅炉制造、安装、改造、修理单位应当建立材料保管和使用的管理制度，锅炉受压元件用的材料应当有标记，切割下料前，应当作标记移植，并且便于识别；

(2) 焊接材料使用单位应当建立焊接材料的存放、烘干、发放、回收和回用管理制度。

• 条款说明：保留条款。

原条款：《蒸规》第 32、33 条，《水规》第 22、23 条（略）。

• **条款解释：**此条款是对材料管理的要求。

(1) 锅炉制造、安装、改造、修理单位应当建立材料保管和使用的管理制度，以防不合格的材料、未经验收的材料或非锅炉用的材料用于锅炉。

(2) 锅炉受压元件用的材料应当有标记，切割下料前，应当作标记移植，并且便于识别。这一要求仍然是防止用错钢材，也是材料管理一个重要内容。

(3) 焊接材料管理的好坏直接影响焊接接头的质量，必须重视焊接材料的管理，不但要有严格的焊接材料存放、烘干、回收的管理制度，而且还必须严格执行，有了严格制度而不认真执行，也不能保证焊接接头的质量。

第三章 设计

一、本章结构及主要变化

本章共计 25 节，由“3.1 基本要求”、“3.2 设计文件鉴定”、“3.3 强度计算”、“3.4 锅炉结构的基本要求”、“3.5 锅筒（锅壳）、炉胆等壁厚及长度”、“3.6 安全水位”、“3.7 主要受压元件的连接”、“3.8 管孔布置”、“3.9 焊缝布置”、“3.10 扳边元件直段长度”、“3.11 加装套管”、“3.12 定期排污管”、“3.13 紧急放水装置”、“3.14 水汽取样器和反冲洗系统的设置”、“3.15 膨胀指示器”、“3.16 与管子焊接的扁钢”、“3.17 喷水减温器”、“3.18 锅炉启动时省煤器的保护”、“3.19 再热器的保护”、“3.20 吹灰及灭火装置”、“3.21 尾部烟道疏水装置”、“3.22 防爆门”、“3.23 门孔”、“3.24 锅炉钢结构”、“3.25 直流电站锅炉特殊规定”组成。本章主要变化为：

- 增加了设计文件鉴定的要求；
- 修改了扳边元件直段长度的要求；
- 主要受压元件的连接中增加了电站锅炉的主要受压元件；
- 增加了定期排污管、水汽取样器和反冲洗系统的设置规定；
- 增加了尾部烟道疏水装置设置要求；
- 增加了锅炉钢结构要求；
- 增加了直流电站锅炉特殊规定。

二、条款说明与解释

3.1 基本要求

锅炉的设计应当符合安全、可靠和节能的要求。取得锅炉制造许可证的单位对其制造的锅炉产品设计质量负责。

- 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 7 条；《水规》第 6 条。

《蒸规》第 7 条 锅炉的设计必须符合安全、可靠的要求。锅炉的结构应符合本规程第四章的要求。锅炉受压元件的强度应按《水管锅炉受压元件强度计算》或《锅壳锅炉受压元件强度计算》进行计算和校核。

《水规》第 6 条 锅炉的设计必须符合安全、可靠的要求。钢制锅炉受压元件的强度应按 GB 9222《水管锅炉受压元件强度计算》或 JB 3622《锅壳式锅炉受压元件强度计算》进行计算和校核。

- 条款解释：本条款是关于锅炉设计的原则要求。

锅炉设计首先要保证安全、可靠，同时结合当前节能减排降耗的基本国策，还要求尽可能地节能。

我国在锅炉制造许可证审查中包括了设计能力的评审内容，而且锅炉制造前要经过设计文件鉴定，不单独设立设计资质的评审和认定，因此取得锅炉制造许可证的单位应对锅炉产品设计质量负责。将原条款中的强度计算内容放入本规程 3.3 条款中。

3.2 设计文件鉴定

锅炉本体的设计文件应当经过国家质检总局核准的设计文件鉴定机构鉴定合格后方可投入生产。

- 条款说明：新增条款。
- 条款解释：本条款是关于锅炉设计文件的规定。

设计质量对于锅炉的安全运行至关重要，对于设计质量的监督审查就显得很有必要。根据国务院《特种设备安全监察条例》及《锅炉设计文件鉴定管理规则》（TSG G1001—2004）的规定，锅炉设计文件鉴定工作应当在锅炉制造前进行，锅炉制造单位不得将未经鉴定或鉴定未通过的锅炉设计文件用于制造。只有设计文件经过国家质检总局核准的设计文件鉴定机构鉴定合格后方可投入生产。

3.3 强度计算

3.3.1 安全系数的选取

强度计算时，确定锅炉承压件材料许用应力的最小安全系数，见表 3-1 规定。其他设计方法和部件材料安全系数的确定应符合相关产品标准的规定。

表 3-1 强度计算安全系数

材料 (板、锻件、管)	安全系数			
	室温下的抗拉 强度 R_m	设计温度下的屈服 强度 $R_{p1.0}$ ($R_{p0.2}$) (注 3-1)	设计温度下持久强 度极限平均值 R'_b (注 3-2)	设计温度下蠕变极限平 均值(每 1000h 蠕变 率为 0.01%的) R'_c
碳素钢和低合金钢	$n_b \geq 2.7$	$n_s \geq 1.5$	$n_d \geq 1.5$	$n_n \geq 1.0$
高合金钢	$n_b \geq 2.7$	$n_s \geq 1.5$	$n_d \geq 1.5$	$n_n \geq 1.0$

注 3-1: 如果产品标准允许采用 $R_{p1.0}$, 则选用该值计算其许用应力。

注 3-2: R'_b 指 1.0×10^5 h 持久强度极限值。

- 条款说明：新增条款。
- 条款解释：本条款是关于确定锅炉承压件材料许用应力时选取材料安全系数的规定。

锅炉承压件材料许用应力是锅炉承压件强度计算所依据的基础数据，而材料许用应力的确定又直接和所选用的材料安全系数有关。《锅炉安全技术监察规程》作为政府法规，有必要对材料安全系数作出强制性规定，不允许随意选用。

《锅炉安全技术监察规程》作为锅炉受压元件强度计算标准的上位法，对材料安全系数作出规定，也为锅炉受压元件强度计算标准所规定的材料安全系数提供了出处和法律依据。

3.3.2 强度计算标准

锅炉本体受压元件的强度可以按照 GB/T 9222《水管锅炉受压元件强度计算》或者 GB/T 16508《锅壳锅炉受压元件强度计算》进行计算和校核。当采用试验或者其他计算方法确定锅炉受压元件强度时，应当按照本规程 1.6 的规定执行。

A 级锅炉范围内管道强度可按照 DL/T 5054《火力发电厂汽水管设计技术规定》进行计算；B 级及以下锅炉范围内管道强度可按照 GB 50316《工业金属管道设计规范》进行计算。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第7条；《水规》第6条。

《蒸规》第7条 锅炉的设计必须符合安全、可靠的要求。锅炉的结构应符合本规程第四章的要求。锅炉受压元件的强度应按《水管锅炉受压元件强度计算》或《锅壳锅炉受压元件强度计算》进行计算和校核。

《水规》第6条 锅炉的设计必须符合安全、可靠的要求。钢制锅炉受压元件的强度应按GB 9222《水管锅炉受压元件强度计算》或JB 3622《锅壳式锅炉受压元件强度计算》进行计算和校核。

• 条款解释：本条款是关于设计所依据的强度计算标准的规定。

目前，我国的锅炉受压元件的强度计算标准分为水管锅炉和锅壳锅炉两种，两强度计算标准中相同的受压元件的计算公式完全一样，仅仅是在一些系数的选取上有些差异，这些差异也是技术政策的规定，而不是理论上的差异。

由于本规程的适用范围包括主给水管、主蒸汽管道、再热蒸汽管道等，因此增加了关于锅炉管道强度计算的两个标准。

考虑到科技进步，近年来各种强度计算的核定方法都有了较快的发展，许多强度核定方法比传统的核定方法更加精准，因此增加了试验方法或其他计算方法。这些方法包括：应力验证法、屈服验证法、爆破验证法、应力分析验证法等。但是考虑到目前各种方法尚缺统一标准以及各单位实际技术水平的差异，因此当采用这些方法时，需要按照本规程第1.6条的规定执行，即提交国家质检总局特种设备安全技术委员会评审。

3.4 锅炉结构的基本要求

- (1) 各受压部件应当有足够的强度；
- (2) 受压元件结构的形式、开孔和焊缝的布置应当尽量避免或者减少复合应力和应力集中；
- (3) 锅炉水循环系统应当能够保证锅炉在设计负荷变化范围内水循环的可靠性，保证所有受热面都得到可靠的冷却。受热面布置时，应当合理地分配介质流量，尽量减小热偏差；
- (4) 炉膛和燃烧设备的结构以及布置、燃烧方式应当与所设计的燃料相适应，并且防止炉膛结渣或者结焦；
- (5) 非受热面的元件，壁温可能超过该元件所用材料的许用温度时，应当采取冷却或者绝热措施；
- (6) 各部件在运行时应当能够按照设计预定方向自由膨胀；
- (7) 承重结构在承受设计载荷时应当具有足够的强度、刚度、稳定性及防腐性；
- (8) 炉膛、包墙及烟道的结构应当有足够的承载能力；
- (9) 炉墙应当具有良好的绝热和密封性；
- (10) 便于安装、运行操作、检修和清洗内外部。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第34、41条；《水规》第24、29条。

《蒸规》第34条 锅炉结构应符合下列基本要求：

1. 各部分在运行时应能按设计预定方向自由膨胀；

2. 保证各循环回路的水循环正常, 所有受热面都应得到可靠的冷却;
3. 各受压部件应有足够的强度;
4. 受压元、部件结构的形式、开孔和焊缝的布置应尽量避免或减小复合应力和应力集中;
5. 水冷壁炉膛的结构应有足够的承载能力;
6. 炉墙应具有良好的密封性;
7. 承重结构在承受设计载荷时应具有足够的强度、刚度、稳定性及防腐蚀性;
8. 便于安装、运行操作、检修和清洗内外部;
9. 燃煤粉的锅炉, 其炉膛和燃烧器的结构及布置应与所设计的煤种相适应, 并防止炉膛结渣或结焦。

《蒸规》第 41 条 凡属非受热面的元件, 如由于冷却不够, 壁温可能超过该元件所用材料的许用温度时, 应予绝热。

《水规》第 24 条 钢制锅炉的结构应符合下列基本要求:

- (1) 设计时必须考虑结构各部分在运行时的热膨胀;
- (2) 锅炉各部分受热面应得到可靠的冷却并防止汽化, 炉膛内各受热面管的外径应大于 38mm;
- (3) 锅炉各受压部件应有足够的强度。受压元、部件结构的形式、开孔和焊缝的布置应尽量避免或减小复合应力和应力集中;
- (4) 锅炉必须装有可靠的安全保护设施;
- (5) 锅炉的排污结构应利于排污;
- (6) 锅炉的炉膛结构应有足够的承压能力和可靠的防爆措施, 并应有良好的密封性;
- (7) 锅炉承重结构在承受设计载荷时应具有足够的强度、刚度、稳定性及防腐蚀性;
- (8) 锅炉结构应便于安装、运行操作、检修和清洗内外部。

《水规》第 29 条 一切不作为受热面的元件, 由于冷却不够, 壁温超过该元件所用材料的许用温度时, 应予绝热。

• 条款解释: 本条款是对锅炉结构的基本要求。

本节主要修改内容。

(1) 明确了在锅炉设计负荷变化范围内, 水循环系统应当能够保证锅炉水循环的可靠性, 若超出了设计负荷变化范围, 锅炉水循环的可靠性就难以保证了。

(2) 原规程只要求水冷壁炉膛要有足够的承载能力, 对包墙及锅炉尾部烟道未作要求。从保证锅炉运行安全考虑, 包墙及锅炉尾部烟道应和水冷壁炉膛一样, 也要具有足够的承载能力。因此, 新规程增加了对包墙及尾部烟道结构要有足够的承载能力的要求。

(3) 将原规程单列的《蒸规》第 41 条、《水规》第 29 条 (对于非受热面的元件的要求) 内容改写后纳入本条款。

(4) 将热水锅炉与蒸汽锅炉有共性的要求也在本条款统一要求, 如热膨胀问题、强度问题、炉膛承压、承重结构、炉墙密封等。

(5) 对热水锅炉中防止汽化、排污和安全保护等要求放在本规程第十章中。

下面按照本节中内容逐款进行解释。

(1) 锅炉受压部件应有足够的强度。锅炉是承受内压的特种设备, 若锅炉设计、运行和使用不当, 锅炉将具有爆炸的危险性。锅炉受压部件应有足够的强度, 是保证锅炉安全运行和使用的基本要求。所谓受压部件有足够的强度, 就是在锅炉设计时, 必须按照现行的锅炉

强度计算国家标准和规范进行锅炉受压元件的强度计算,选取足够的受压元件材料厚度,确保锅炉在设计条件下安全运行和使用。目前,世界各国根据自己的国情,都制定有相应的锅炉强度计算标准。

同一锅炉受压元件,在相同的工作状态下,由于设计时使用的强度计算标准不同,所选用的材料厚度很可能就不同。因此,所谓受压部件有足够的强度,是相对于锅炉设计时所选用的强度计算标准而言的。

(2) 锅炉的结构形式应尽量减小复合应力或应力集中。由于锅炉结构所需,锅炉受压元件出现应力的叠加(复合应力)和应力集中是不可避免的。如常见的受压元件开孔,由于结构连续性遭到破坏,在孔边必然要产生应力集中现象。因此,在锅炉设计和制造时,应采取必要措施尽可能减小应力集中。为了防止开孔产生的附加应力与其他应力叠加,本规程和有关标准都对锅炉受压元件的开孔位置作出了规定和限制。同样,为了防止焊接残余应力与其他应力叠加,本规程和有关标准关于锅炉受压元件焊缝的布置也有相应的规定和限制。

(3) 锅炉各受热面在锅炉运行时应得到可靠的冷却。锅炉运行时各受热面必须得到可靠而有效的冷却,这是能够保证锅炉安全运行的前提。为了保证受热面得到可靠冷却,锅炉设计时要使各受热面内工质有足够的流速,以便加强工质对受热面的冷却效果,从而将金属壁温控制在材料允许的适用温度之内。锅炉设计时还要选取适当的烟气流速,使其不能过高。提高烟气流速虽然可以增强烟气对受热面管壁的对流传热效果,但也不宜过高。过高的烟气流速不仅增加了管壁的磨损,同时也会导致管壁金属温度的升高,不利于锅炉安全运行。对于一些小型水管锅炉和火管锅炉,设计时要保证其最高火界低于最低安全水位,以保证受热面始终得到可靠冷却。如果受热面金属未能得到可靠的冷却,将会导致受热面金属管壁超出其适用温度范围,金属材料将会因壁温过热而导致材料金相组织发生变化,力学性能下降,从而影响锅炉使用寿命,甚至发生锅炉事故。

(4) 炉膛和燃烧设备的结构以及布置、燃烧方式应当与所设计的燃料相适应。本条款主要是针对煤粉锅炉而言,提出了关于燃烧方式、炉膛及燃烧器结构和布置要与所用燃料相匹配的原则要求。同时燃煤粉的锅炉还要防止结焦或结渣。

该条款的提出是基于1993年3月10日浙江宁波某电厂的锅炉爆炸事故。1993年3月10日,浙江宁波某电厂600MW锅炉机组发生特大锅炉炉膛爆炸事故,造成23人死亡,8人重伤,直接经济损失780多万元,导致华东地区一段时期供电紧张。究其原因,就是因为所用燃料与燃烧方式、炉膛及燃烧器结构和布置不相匹配,造成炉膛严重结焦,炉膛上部屏式过热器处结焦后巨大焦块坠落,将炉底冷灰斗水冷壁管子砸破,大量高温高压水蒸气瞬间急速泄出,造成重大人身伤亡事故。就在同一电厂,不同锅炉厂家设计制造的相同型号的锅炉,由于炉膛结构和燃烧器布置不同,对燃煤煤种的适应性较强,锅炉运行状况正常,就没有严重的结渣和结焦问题发生。由此可知,炉膛和燃烧设备的结构以及布置、燃烧方式应当与所设计的燃料相适应,是多么的重要,也是非常必要的。鉴于此事故,在96版《蒸规》修订时特意增加了此条款。

(5) 锅炉本体中除了受热面元件外,还有许多非受热面元件,如水冷壁的吊架,过热器的吊架和梳形板、省煤器的支撑梁、吹灰器等,在锅炉运行时也将会受到火焰或高温烟气的加热。这些非受热面元件的壁温如果超过所用材料的适用温度,不仅将会影响这些元件的使用寿命,而且因这些非受热面元件的损坏也会导致受热面元件发生事故。锅炉运行时,这些元件不可能直接受到锅炉工质的冷却,虽然也可对其采取其他冷却方式进行冷却,但是如果冷却效果不好,也将会使金属壁温超过材料的适用温度。因此,对于这些受热的非受热面元

件，应当尽可能采取绝热措施。

(6) 物体热胀冷缩，是其基本特性之一。锅炉运行时，炉内部件将会受到火焰、高温烟气的加热，炉外部件虽然不会接触到火焰或者烟气，但是如炉外管道等部件仍然会受到管内介质的加热而壁温升高。因此，在进行锅炉结构设计时必须考虑各部件受热膨胀的问题，而且应当明确设定其膨胀方向。当锅炉受压元件热膨胀受阻时，因其自由膨胀受到限制，受压元件中将会产生附加热应力，从而改变了受压元件的工作状态。在锅炉受压元件强度设计计算时，必须考虑这一附加热应力。锅炉设计时，应当明确设定受压元件的膨胀方向，尽可能使其受热后能够自由膨胀或者尽量减小对其热膨胀的限制，以便降低附加热应力。锅炉受压元件受热时很难做到完全的自由膨胀，电站锅炉设计时一般还要进行受热面和管道系统受热后的应力分析计算，以确保锅炉安全运行。1980年版及以前的规程均是规定受热自由膨胀，显然是难以真正做到的。1987年版及以后规程才明确了按设计预定方向自由膨胀。

(7) 锅炉承重结构，如钢结构是锅炉的重要组成部分，目前大型电站锅炉的钢结构已是近百米之高的庞然大物，锅炉本体总重已达万吨，全部要悬吊于锅炉钢架之上，必须具有足够的强度、刚度、稳定性及防腐蚀性，其重要性不言而喻。

(8) 炉膛、包墙及烟道结构应有足够的承载能力。炉膛，尤其是由水冷壁管组成的煤粉锅炉炉膛，必须有足够的承载能力，以防炉膛在非正常燃烧工况下，一旦发生煤粉爆燃时，可以减轻对炉膛的破坏程度。由包墙过热器管所组成的锅炉侧墙及锅炉顶棚，当炉膛出现爆燃事故时，也将受到巨大冲击力，当然也应具有足够的承载能力。随着锅炉环保要求的日益严格，电站锅炉尾部还要加装脱硫和脱硝装置等设备，这些环保装置运行时，将会给锅炉炉膛和烟道造成较大的负压，这一情况也要求炉膛、包墙和烟道具有足够的承载能力，承受因炉内负压而产生的炉外压力。炉膛设计承压能力应按有关规程和技术标准确定。对于机组容量大于等于300MW的电站锅炉，炉膛设计承压能力应大于等于5.8kPa，瞬间最大承压能力为±8.7kPa。

(9) 炉墙应有良好的绝热和密封性。炉墙具有良好的绝热性，可有效地减少锅炉散热损失，从而降低散热损失对锅炉热效率的影响。炉墙具有良好的密封性，对于处于负压运行状态的锅炉尾部烟道，可有效防止炉外空气向炉内漏风，避免或降低炉内漏风对锅炉热效率的影响。对于处于正压运行状态下的炉膛和炉墙，因密封性能不好可能导致高温火焰或烟气向炉外泄漏，将会危及锅炉运行人员的人身安全。因此，炉墙必须要具有良好的绝热和密封性。

(10) 锅炉的结构应便于安装、运行操作、检修和清洗内外部。为此，需要设置尺寸规格合适的、数量足够的各类门孔，设置运行操作平台和扶梯。设计时尤其要注意锅炉管道和锅炉钢架的梁、柱、平台等的布置不要妨碍各类门孔的正常使用。

3.5 锅筒（锅壳）、炉胆等壁厚及长度

3.5.1 水管锅炉锅筒壁厚

锅筒的取用壁厚应当不小于6mm。

3.5.2 锅壳锅炉壁厚及炉胆长度

(1) 锅壳内径大于1000mm时，锅壳筒体的取用壁厚应当不小于6mm；当锅壳内径不超过1000mm时，锅壳筒体的取用壁厚应当不小于4mm；

- 条款说明：保留条款。

原条款：《蒸规》第 36、37 条（略）。

- 条款解释：本条款是对锅炉锅筒（壳）筒体最小取用壁厚的规定。

最小壁厚的限制主要考虑筒体失稳的问题，同时也兼顾加工和腐蚀裕量的要求。如果锅筒工作压力较低，筒体强度计算的结果可能是设计所需壁厚很薄，也可以确保锅炉运行安全。但是，如果筒体壁厚太薄，将导致筒体整体稳定性不好，也会影响锅炉的安全正常运行。因此，规程对筒体最小壁厚作出了限制。当强度计算所得壁厚小于最小壁厚时，设计取用壁厚也不得小于规程规定的最小壁厚。最小壁厚数值为经验数值，同时与国外规范基本一致。

原规程中第 36 条“当受热面管与锅筒采用胀接连接时，锅筒筒体的取用壁厚不得小于 12mm”的要求经改写后，纳入到了新规程第 3.5.3 条。

(2) 锅壳锅炉的炉胆内径应当不超过 1800mm，其取用壁厚应当不小于 8mm，并且不大于 22mm；当炉胆内径小于或者等于 400mm 时，其取用壁厚应当不小于 6mm；卧式内燃锅炉的回燃室筒体的取用壁厚应当不小于 10mm，并且不大于 35mm；

(3) 卧式锅壳锅炉平直炉胆的计算长度应当不超过 2000mm，如果炉胆两端与管板扳边对接连接时，平直炉胆的计算长度可以放大至 3000mm。

- 条款说明：保留条款。

原条款：《蒸规》第 38 条（略）。

- 条款解释：此两条款是对锅壳锅炉高温区部件主要几何尺寸的规定。

本条款限制了高温区部件的最大、最小壁厚。关于限制最小壁厚的原因前面已经讲过，主要考虑部件失稳的问题，而最大壁厚的限制，主要是考虑了高温区温差应力过大的问题。锅炉运行时，炉胆内壁由于直接和火焰或高温烟气接触，壁温较高，而炉胆外壁由于介质的冷却作用，壁温相对较低。随着炉胆壁厚的增大，这种存在于炉胆内外壁之间的壁温差也将随之增大，将会不可避免地在筒壁上产生过大的温差应力，造成部件损坏。本规程参考了英国标准 BS2790、德国 TRD 和 ISO5730 的规定，给出了承受外压的炉胆其最大壁厚不应超过 22mm，回燃室不超过 35mm。

考虑到炉胆直径越大，其稳定性越差，同时，在相同的工作状态下，炉胆直径越大，强度计算其所需筒体厚度也就越大，其厚度有可能超过最大壁厚的限制。再考虑到保证燃烧稳定的需要，燃烧器与炉胆尺寸应相互匹配，参考 ISO5730 和我国 GB/T16508—1996 标准的有关规定，本规程规定炉胆的最大内径不超过 1800mm。

根据经验数值，本规程规定：对于承受外压的炉胆、回燃室的最小壁厚分别应不小于 8mm 和 10mm。当炉胆的回燃室内径小于或等于 400mm 时，最小壁厚不应小于 6mm。

炉胆长度的有关规定主要是考虑热膨胀的问题，炉胆直接和火焰接触，相应的金属壁温和受热伸长量也较大，将在炉胆与管板连接处产生附加热应力。为避免该附加热应力过大，对炉胆的计算长度应当予以限制。

国外有关锅炉规范对平直炉胆的计算长度也有限制，但是具体规定不完全一样。如：英国标准 BS2790 和 ISO5730 规定，除了回燃式平直炉胆外，其计算长度不超过 3000mm。根据我国国情提出了平直炉胆的计算长度不超过 2000mm，如果炉胆两端与管板扳边对接连接时，平直炉胆的计算长度不超过 3000mm 限制要求。

3.5.3 胀接连接的锅筒（锅壳）的筒体、管板

胀接连接的锅筒（锅壳）的筒体、管板的取用壁厚应当不小于12mm。

外径大于89mm的管子不应采用胀接。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第124条。

《蒸规》第124条 胀接管子的锅筒（锅壳）和管板的厚度应不小于12mm。胀接管孔间的距离不应小于19mm。外径大于102mm的管子不宜采用胀接。

• 条款解释：本条款是对胀管管径及筒体壁厚的规定。

(1) 管子胀接时，管壁将会出现塑性变形，但管孔产生的却是弹性变形。胀管结束后，发生弹性变形的管孔要恢复原位，而发生塑性变形的管壁则不能复位，致使管孔和管壁间存留了较大的径向残余应力，因此二者间也就产生了足够大的摩擦力，将管子牢牢固定在管孔中。

当然，摩擦力的大小与径向残余应力大小有关，同时也与管板的厚度有关。在孔径相同的条件下，管板厚度越大，自然摩擦力也就越大，管子胀接也就更加牢固。反之，管板太薄，所产生的摩擦力过小，将难以保证胀接质量。所以，根据生产实际经验，规程规定，当管子与筒体或管板采用胀接连接时，筒体或管板的厚度不应小于12mm。

(2) 《蒸规》第124条规定管子外径大于102mm时不宜采用胀接方法，这是参照前苏联1973年版锅炉规程规定而提出的。管子外径越大，所需要的胀接力也就越大，不易保证胀接质量。鉴于我国国情，采用胀接方法的低、中压锅炉罕见使用外径等于102mm的管子，也缺乏这一规格的管材，因此新规程在不改变原规程本意的前提下，以常见的外径89mm的管子划界，规定“外径大于89mm的管子不应当采用胀接。”

(3) 原条款“胀接管孔间的距离不应小于19mm”的规定并入新规程第3.8.1条之中。

3.6 安全水位

(1) 水管锅炉锅筒的最低安全水位，应当能够保证下降管可靠供水；

(2) 锅壳锅炉的最低安全水位，应当高于最高火界100mm；对于内径小于或者等于1500mm卧式锅壳锅炉的最低安全水位，应当高于最高火界75mm；

(3) 锅炉的最低及最高安全水位应当在图样上标明；

(4) 直读式水位计和水位示控装置开口位置，应当保证该装置的示控范围包括最高、最低安全水位。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第40条。

《蒸规》第40条 水管锅炉锅筒的最低安全水位，应能保证下降管可靠供水。

锅壳锅炉的最低安全水位，应高于最高火界100mm。对于直径小于或等于1500mm的卧式锅壳锅炉的最低安全水位，应高于最高火界75mm。

锅炉的最低安全水位应在图样上标明。

• 条款解释：本条款是对安全水位的规定。确定最低安全水位是为了保证锅炉受热面在锅炉运行时能够得到可靠冷却，避免由于冷却不足造成金属材料过热。

(1) 对于水管锅炉，锅筒最低安全水位在下降管管口上方应保持有足够的高度。主要是

考虑下降管管口的抽吸作用,可能导致蒸汽带入下降管中,降低循环压差,严重时,可导致水冷壁传热恶化,甚至发生水冷壁爆管事故。

根据锅炉设计规范,锅筒最低安全水位至下降管入口处的高度计算公式:

$$h \geq 1.5W_0^2/2g$$

式中 h ——最低安全水位至下降管入口处的高度, m;

W_0 ——下降管中水的流速, m/s;

g ——重力加速度, 9.8m/s^2 。

(2) 对于锅壳式锅炉安全水位的要求主要是考虑到安全降水时间,即从锅炉出现最低安全水位到锅炉操作人员发现并开始补水,有一定的处理时间,锅炉内的水位不至于由于惯性蒸发而降低到最高火界以下,烧坏受热面。锅壳中受热面直接受烟气或火焰加热,可能露出水面而得不到锅水有效冷却,壁温将会迅速上升,超过材料的最高允许使用温度,这些部位统称为火界,而其中的最高点称为最高火界。

(3) 除了原有的“锅炉最低安全水位应在图样上标明”外,又增加了锅炉的最高安全水位也应在图样上标明的要求。因为水位过高,会恶化蒸汽品质,不仅影响锅炉安全、经济运行,而且电站锅炉蒸汽品质恶化还会对汽轮机的正常运行带来危害。

(4) 增加了对直读式水位计示控范围的要求。就地的直读式水位仪表的开孔位置应当能保证该装置的示控范围包括最高、最低安全水位,即上开孔位置要高于最高安全水位,下开孔位置要低于最低安全水位,确保最高、最低安全水位都能够在仪表上显露出来,以避免造成假水位。

3.7 主要受压元件的连接

3.7.1 基本要求

(1) 锅炉主要受压元件的主焊缝〔包括锅筒(锅壳)、集箱、炉胆、回燃室以及电站锅炉启动(汽水)分离器、集中下降管、汽水管道的纵向和环向焊缝,封头、管板、炉胆顶和下脚圈等的拼接焊缝〕应当采用全焊透的对接接头。

(2) 锅壳锅炉的拉撑件不应当采用拼接。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第47、56条;《水规》第30条。

《蒸规》第47条 锅炉主要受压元件的主焊缝〔锅筒(锅壳)、炉胆、回燃室以及集箱的纵向和环向焊缝,封头、管板、炉胆顶和下脚圈的拼接焊缝等〕应采用全焊透的对接焊接。

《蒸规》第56条 锅壳锅炉的拉撑件不应采用拼接。

《水规》第30条 锅炉主要受压元件的主焊缝(锅筒、炉胆和集箱的纵向和环向焊缝,封头、管板、下脚圈的拼接焊缝等)应采用全焊透的对接焊接。

• 条款解释:本条款是对锅炉主要受压元件主焊缝以及拉撑件拼接的规定。

(1) 对主焊缝形式的规定,即主要受压部件的主要焊缝应采用全焊透的对接接头。

① 明确了锅炉主要受压部件包括:锅筒(锅壳)、集箱、炉胆、回燃室以及电站锅炉汽水分离器、集中下降管、汽水管道的纵向和环向焊缝,封头、管板、炉胆顶和下脚圈等。在《蒸规》基础上,主要受压部件中增加了电站锅炉集中下降管、汽水管道以及超临界和超超临界电站锅炉启动(汽水)分离器等主要受压部件。

② 主焊缝包括纵向和环向焊缝以及拼接焊缝。锅炉主要受压部件是组成锅炉的最重要的部件，必须要保证这些部件的主要焊缝的焊接质量。对接接头主要承受拉应力，受力状况较好，加之焊缝得以全焊透，更进一步增强了锅炉运行的安全性。采用对接接头形式也便于对焊缝的无损检测，利于确保焊接质量。

(2) 锅壳式锅炉的拉撑件，包括板拉撑、杆拉撑及管拉撑。拉撑件是强度计算中重要的承载元件，如果拉撑件采用拼接，容易发生质量问题，历史上也发生过此类事故。因此，规定拉撑件不得采用拼接。

3.7.2 T形接头的连接

对于额定工作压力不大于 2.5MPa 的卧式内燃锅炉以及贯流式锅炉，工作环境烟温小于或者等于 600℃ 的受压元件连接，在满足以下条件下可以采用 T 形接头的对接连接，但不得采用搭接连接：

- (1) 焊缝采用全焊透的接头型式，并且坡口经过机械加工；
- (2) 卧式内燃锅炉锅壳、炉胆的管板与筒体的连接应当采用插入式结构；
- (3) T 形接头连接部位的焊缝厚度不小于管板（盖板）的壁厚，并且其焊缝背部能够封焊的部位均应当封焊，不能够封焊的部位应当采用氩弧焊打底，并且保证焊透；
- (4) T 形接头连接部位的焊缝按照 NB/T 47013 (JB/T 4730)《承压设备无损检测》的有关要求进行超声检测。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 48 条、《水规》第四章三。

《蒸规》第 48 条 额定蒸汽压力小于或等于 1.6MPa 的卧式内燃锅壳锅炉除炉胆与回燃室（湿背式）、炉胆与后管板（干背式）、炉胆与前管板（回燃式）（如图 4-1）的连接处以外，在符合下列要求的情况下，其管板与炉胆、锅壳可采用 T 形接头的对接连接，但不得采用搭接连接：

1. 必须采用全焊透的接头型式，且坡口经机械加工；
2. 管板与锅壳、炉胆的连接焊缝应全部位于锅壳、炉胆的筒体上；
3. T 形接头连接部位的焊缝厚度应不小于管板的壁厚且其焊缝背部能封焊的部件均应封焊，不能封焊的部位应采用氩弧焊打底，并保证焊透；
4. T 形接头连接部位的焊缝应按有关规定进行超声波探伤。

凡采用 T 形接头连接的锅炉制造单位，对持有 D 级及其以上锅炉制造许可证的，应经省级安全监察机构批准；对持有 E₁ 级或 E₂ 级锅炉制造许可证的，应经劳动部安全监察机构批准。

《水规》第四章三 对于卧式内燃锅壳热水锅炉，其炉胆与管板、锅壳采用 T 形接头连接的有关要求应符合《蒸汽锅炉安全技术监察规程》第 48 条、77 条、84 条的规定。

• 条款解释：本条款是对采用 T 形接头连接的规定。

(1) T 形接头连接由于其对制造工装要求简单，制造成本较低，因而在国外锅炉生产中应用较广泛。有的国家锅炉规范，如美国的 ASME CODE、英国的 BS2790、国际标准 ISO5730 等对这种连接形式所适用部位并未限制，但对结构尺寸都有严格的规定，以确保在锅炉运行中这些部位得到可靠的冷却。考虑到我国的实际制造需要以及与国际接轨，96《蒸规》增加了工作压力不超过 1.6MPa 的卧式内燃锅炉可以采用 T 形接头连接。

经过多年的实践，我国对卧式内燃锅炉以及贯流式锅炉烟温小于等于 600℃ 的连接部位

采用 T 形接头焊接的经验和技术已经趋于成熟, 因此本次修改将适用压力范围提至 2.5MPa, 同时增加了贯流式锅炉。但考虑到高温烟区热负荷较大, 产生的热应力也较大, T 形接头处应力状态复杂, 二次应力较大, 加上其相对于对接接头焊接质量较难控制, 特别是我国锅炉的具体使用状况, 因此高温烟区仍不允许采用这种接头形式。

(2) 采用 T 形接头形式应满足的条件。

① 必须采用全焊透的接头形式, 且坡口需机械加工。T 形接头形式的受力状态比对接接头受力状态要差, 主要承受的是弯曲应力, 而弯曲应力对连接处应力疲劳的影响远比拉应力、剪切应力大得多。如果 T 形接头采用了非焊透的形式, 在反复弯曲应力作用下, 接头处容易产生裂纹并逐渐扩展, 最终导致锅炉事故。机械加工的焊接坡口, 几何尺寸和形状标准统一, 有利于保证焊接质量。

② 卧式内燃锅炉锅壳、炉胆的管板与筒体的连接应当采用插入式的结构, 利于保证焊接质量, 使得连接更加牢固可靠。

③ 连接部位焊缝的厚度应不小于管板的厚度, 这是为了保证焊缝与管板等强度; 焊缝背部能封焊的部位均要封焊, 不能封焊的部位应采用氩弧焊打底, 以保证焊透。背部封焊以减小焊缝根部的应力, 不能封焊的部位采用氩弧焊打底, 保证焊透, 提高焊缝承受弯曲应力的能力。

④ 连接部位应按 NB/T 47013 (JB/T 4730)《承压设备无损检测》有关规定进行超声波检测。由于受结构的限制, T 形接头只能采用超声波探伤方法进行检验其焊接质量。

(3) 明确了 T 形接头焊缝超声波检测依据的标准。原规程没有明确 T 形接头焊缝超声波检测依据的标准, 依据特种设备局最新文件《关于锅炉压力容器安全监察工作有关问题的意见》(质检办特函〔2006〕144 号) 中规定, 自该通知发布之日起 (2006 年 3 月 27 日) 半年内, 将原规程引用的 GB3323-1987《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》等无损检测标准过渡为 JB/T 4730-2005《承压设备无损检测》标准, 即现在的 NB/T 47013 标准。

3.7.3 管接头与锅筒 (锅壳)、集箱、管道的连接

管接头与锅筒 (锅壳)、集箱、管道的连接, 在以下情况下应当采用全焊透的接头形式:

- (1) 强度计算中, 开孔需要以管接头进行强度补强时;
- (2) A 级高压及以上锅炉管接头外径大于 76mm 时;
- (3) A 级锅炉集中下降管管接头;
- (4) 下降管或者其管接头与集箱连接时 (外径小于或者等于 108mm, 且采用插入式结构的下降管除外)。

• 条款说明: 修改条款

原条款:《蒸规》第 49 条。

《蒸规》第 49 条 锅炉的下降管与集箱连接时, 应在管端或集箱上开全焊透型坡口。当下降管的外径小于或等于 108mm 且采用插入式结构时可不开坡口。对于额定蒸汽压力大于或等于 3.8MPa 的锅炉, 集中下降管管接头与简体和集箱的连接必须采用全焊透的接头形式, 焊接时要保证焊透。额定蒸汽压力大于或等于 9.8MPa 的锅炉, 管子或管接头与锅筒、集箱、管道连接时, 应在管端或锅筒、集箱、管道上开全焊透型坡口 (长管接头除外)。

• 条款解释: 本条款是对管子 (管接头) 与简体和集箱连接结构形式的规定。

- (1) 当开孔需要用管接头富裕厚度进行强度补强时, 应当采用全焊透的接头形式, 这与

GB/T 9222 水管锅炉受压元件强度计算标准的要求是一致的。开孔补强用的管接头，其连接焊缝采用全焊透结构，有利于管接头与筒体连接成一个整体。这样，管接头满足强度计算需要之外的多余壁厚，才能更好发挥对管孔的补强作用。非补强用的管接头角焊缝按 JB/T 6734 锅炉角焊缝强度计算方法进行强度验算合格即可，不应当再强求坡口形式和全焊透与否。显然，新规程作此修改，较之原规程更加科学而合理。

(2) 对于 A 级高压及以上锅炉，要求外径大于 76mm 的管接头采用全焊透的接头形式。对于集箱上大量的外径小于或等于 76mm 的成排密集小直径管接头，若要求采用全焊透的接头形式，无论采用手工氩弧焊或内孔自动氩弧焊，现有的装备和技术能力均难以完全满足要求。我国锅炉制造的现实情况是多采用插入式的管接头，多年的运行使用经验也证明了能够保证锅炉运行安全。此外国际上 ASME 规范和欧洲标准对此也都允许采用插入式的管接头，并不强求必须采用全焊透的接头形式。

《蒸规》第 49 条在要求采用全焊透接头形式的同时，特意强调了“长管接头除外”，因为根本就无法实施长管接头的全焊透焊接。近年来，A 级高压以上电站锅炉因结构需要或为了减少工地组装工作量，大量受热面集箱采用了长管接头结构，甚至受热面管排直接同集箱焊接。如此一来，同一个管接头，若做成短管接头就要求全焊透，若做成长管接头就可以不要求全焊透，这就说明了“全焊透”可有可无，并非必须。显然，原规程条文规定欠科学严谨，逻辑性也不强。

(3) A 级锅炉下降管是极为重要的受压部件，并且其外径都较大，也便于对其实施全焊透。因此，下降管管接头与锅筒、集箱连接的接头形式应当采用全焊透的接头形式。

(4) 对于低压锅炉，下降管与锅筒的连接，一般采用插入式，可以进行双面焊接。但对于集箱，当采用插入式时无法进行双面焊接，所以要求在集箱上开全焊透型坡口。当下降管的外径小于或者等于 108mm 时，如采用插入式，由于管径较小，在集箱上可不开全焊透型坡口，实践证明，也未发生过事故。在任何情况下，当下降管与集箱采用骑座式连接时，必须采用全焊透的接头形式。

3.7.4 小管径管接头

A 级锅炉外径小于 32mm 的排气、疏水、排污和取样管等管接头与锅筒（锅壳）、集箱、管道相连接时，应当采用厚壁管接头。

- 条款说明：新增条款。
- 条款解释：本条款是对非受热面小口径管接头结构的规定。

外径小于 32mm 的排气、疏水、排污和取样管等管接头，因其管径太小、刚性较差，且大多单独处于筒体或集箱的某一位置，在制造、运输及安装过程中稍有不慎就容易发生碰撞变形。此外，由于此类小口径管子管线较长，柔性很大，致使锅炉运行时管线频繁振动，很容易造成管接头根部疲劳损坏。为了避免这些情况的出现，因此需要采用超出管接头强度需要壁厚的厚壁管接头以提高其刚性。

3.8 管孔布置

3.8.1 胀接管孔

(1) 胀接管孔间的净距离不小于 19mm；

(2) 胀接管孔中心与焊缝边缘以及管板扳边起点的距离不小于 $0.8d$ (d 为管孔直径，mm)，并且不小于 $0.5d+12\text{mm}$ ；

(3) 胀接管孔不应当开在锅筒筒体的纵向焊缝上；同时亦应当避免开在环向焊缝上；对于环向焊缝，如果结构设计不能够避免时，在管孔周围 60mm（如果管孔直径大于 60mm，则取孔径值）范围内的焊缝经过射线或者超声检测合格，并且焊缝在管孔边缘上不存在夹渣缺陷，对开孔部位的焊缝内外表面进行磨平且将受压部件整体热处理后，可以在环向焊缝上开胀接管孔。

3.8.2 焊接管孔

集中下降管的管孔不应当开在焊缝上。其他焊接管孔亦应当避免开在焊缝及其热影响区上。如果结构设计不能够避免时，在管孔周围 60mm（如果管孔直径大于 60mm，则取孔径值）范围内的焊缝经过射线或者超声检测合格，并且焊缝在管孔边缘上不存在夹渣缺陷，管接头焊后经过热处理消除应力的情况下，可以在焊缝及其热影响区上开焊接管孔。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 51、124 条；《水规》第四章一、第 38 条。

《蒸规》第 51 条 受压元件上管孔的布置应符合下列规定：

1. 胀接管孔中心与焊缝边缘及管板扳边起点的距离不应小于 $0.8d$ （ d 为管孔直径），且不小于 $0.5d+12\text{mm}$ 。胀接管孔不得开在锅筒筒体的纵向焊缝上，同时亦应避免开在环焊缝上。如结构设计不能避免时，在管孔周围 60mm（若管孔直径大于 60mm，则取孔径值）范围内的焊缝经射线探伤合格，且焊缝在管孔边缘上不存在夹渣，并对开孔部位的焊缝内外表面进行磨平和将受压部件整体热处理后，方可在环向焊缝上开胀接管孔。

2. 集中下降管的管孔不得开在焊缝上。其他焊接管孔亦应避免开在焊缝上及其热影响区。如不能避免时，在管孔周围 60mm（若管孔直径大于 60mm，则取孔径值）范围内的焊缝经射线或超声波探伤合格，并且焊缝在管孔边缘上不存在夹渣，管接头焊后经热处理消除应力的情况下，方可在焊缝上及热影响区开孔。

《蒸规》第 124 条 胀接管子的锅筒（锅壳）和管板的厚度应不小于 12mm。胀接管孔间的距离不应小于 19mm。外径大于 102mm 的管子不宜采用胀接。

《水规》第四章一、受压元件上开胀接管孔应符合《蒸汽锅炉安全技术监察规程》第 51 条的规定。

《水规》第 38 条 受压元件上管孔的布置应符合下列规定：

(1) 胀接管孔不得开在焊缝上。胀接管孔中心与焊缝边缘及管板扳边起点的距离不应小于 $0.8d$ （ d 为管孔直径），且不小于 $0.5d+12\text{mm}$ 。

(2) 焊接管孔应尽量避免开在焊缝上，并避免管孔焊缝与相邻焊缝的热影响区互相重合。不能避免时，在管孔周围 60mm（若管孔直径大于 60mm，则取孔径值）范围内的焊缝经射线探伤合格（标准按本规程第 64 条）并且焊缝在管孔边缘上不存在夹渣，方可在焊缝上及其附近开孔。对于额定出口热水温度高于或等于 120°C 的锅炉，焊缝上的管接头在焊接后应进行消除应力热处理。

• 条款解释：本条款是对管孔布置的规定。增加了焊缝上开胀接管孔可以采用超声检测的方法。

1. 关于胀接管孔的布置。

(1) 胀接管孔间的净距离应不小于 19mm，主要考虑两个胀接管孔之间保持足够的距离，防止胀接相邻两孔之间残余应力互相干扰，影响胀接质量，19mm 是经验数值。96 版

《蒸规》第124条的规定是“胀接管孔间的距离不小于19mm”，将此内容并入本条款。由于原条款“孔间的距离”没有明确是指孔中心之间距还是孔边缘之间距，因此新规程特意明确是“孔间的净距离”。

(2) 胀接管孔中心与焊缝边缘、管板扳边起点要有一定的距离，可避免胀接形成的残余应力与焊缝、管板扳边起点处因焊接或加工所引起的附加应力叠加。胀接是利用在胀接过程中形成的径向残余应力而将管子与筒体（管板）牢牢固定，如果径向残余应力与其他附加应力叠加，就可能影响胀接质量。胀接管孔与焊缝边缘留有一定距离，也是为了避免焊缝热影响区。距离不小于 $0.8d$ 且不小于 $0.5d+12\text{mm}$ 是我国成熟的经验数值。

(3) 原则上不主张在筒体环焊缝上开胀接管孔，如果结构设计无法避免时，由于筒体工作时环焊缝应力远小于纵焊缝应力，所以允许有条件在环焊缝上胀接管孔。

这条规定起源于北京巴威公司引进FM锅炉（双锅筒纵置D形布置）。由于该锅炉后部布置大量的受热面管子，这种结构条件下，无论从设计到实际工艺，都无法避免焊缝上开胀接管孔，因此当时按照引进的工艺要求，进行了相应的实验验证，证明是可行的，所以，规程增加了焊缝上开胀接管孔的内容，同时提出了相应的附加条件。本次修订增加了开孔前胀接管孔周围可以采用超声检测的方法，主要是考虑超声检测技术水平已经有了大幅提高，只要能达到相应的检测目的，采用射线和超声检测都是可行的。考虑到焊接和胀接应力的叠加，因而本规程规定需要在环焊缝上开胀接管孔，应将筒体进行整体热处理。

2. 关于焊接管孔的布置。

(1) 集中下降管是电站锅炉重要的承压部件，其管孔直径较大，开在焊缝上，容易造成安全隐患，并且在设计、工艺方面，集中下降管避开焊缝布置是完全可行的，因此规定集中下降管的管孔不得开在焊缝上。

(2) 在受压部件上开孔，致使筒体结构的连续性遭到破坏，在孔边产生应力集中，同时，筒体上开孔也削弱了其承载能力。焊缝是受压元件的薄弱部位，如在焊缝上开焊接管孔，除了焊缝本身存在的残余应力外，又新增了管接头的焊接附加应力，残余应力两者叠加，不利于筒体的安全使用。由于焊缝热影响区金属晶粒变粗，力学性能和塑性可能会低于母材，焊接管孔当然也应避免开在焊缝热影响区上。

(3) 如果由于结构限制，焊缝上需要开设焊接管孔时，应当保证管孔周围焊缝无缺陷且焊后要消除应力的热处理。具体的技术要求主要是参照ISO/R831的相关规定。

3.9 焊缝布置

3.9.1 相邻主焊缝

锅筒（筒体壁厚不相等的除外）、锅壳和炉胆上相邻两筒节的纵向焊缝，以及封头、管板、炉胆顶或者下脚圈的拼接焊缝与相邻筒节的纵向焊缝，都不应彼此相连。其焊缝中心线间距离（外圆弧长）至少为较厚钢板厚度的3倍，并且不小于100mm。

• 条款说明：保留条款。

原条款：《蒸规》第52条、《水规》第32条（略）。

• 条款解释：此条款是对相邻两个筒节纵向焊缝以及纵向焊缝与拼接焊缝相互位置的要求。

(1) 相邻两个筒节的纵向焊缝以及封头、管板等的拼接焊缝与相邻筒节的纵向焊缝不能彼此相连，因为焊接时要在相连处焊接起弧或收弧，不易保证焊接质量。若对接处存在较大

的尺寸偏差,也将会形成应力集中,不利于筒体安全运行。

(2) 若采用不等壁厚的锅筒,相邻两个筒节的纵向焊缝必然相连。一般锅炉的锅筒基本上都是等壁厚的。强度计算设计时,按照筒体开孔减弱最大之处,计算出局部区域满足强度计算所需的壁厚,以此作为整个锅筒的壁厚。显然,对于锅筒大部分区域而言,不需要如此壁厚,其壁厚可以更薄。一般锅筒大量开孔均处于下半部,因此锅筒下半部取用壁厚可以大于锅筒上半部。对于高参数、大容量锅炉而言,如采用不等厚锅筒,更加科学合理地使用材料,将会降低钢材耗量。节省锅炉制造成本。由于不等厚相邻筒节的纵向焊缝无法错开,必然彼此相连,因此对不等厚相邻筒体不可能要求纵向焊缝相互错开。

3.9.2 锅炉受热面管子及管道对接焊缝

3.9.2.1 对接焊缝中心线间的距离

锅炉受热面管子(异种钢接头除外)以及管道直段上,对接焊缝中心线间的距离(L)应当满足以下要求:

- (1) 外径小于159mm, $L \geq 2$ 倍外径;
- (2) 外径大于或者等于159mm, $L \geq 300$ mm。

当锅炉结构难以满足本条(1)、(2)要求时,对接焊缝的热影响区不应当重合,并且 $L \geq 50$ mm。

3.9.2.2 对接焊缝位置

- (1) 受热面管子及管道(盘管及成型管件除外)对接焊缝应当位于管子直段上;
- (2) 受热面管子的对接焊缝中心线至锅筒(锅壳)及集箱外壁、管子弯曲起点、管子支吊架边缘的距离至少为50mm,对于A级锅炉距离至少为70mm;对于管道距离应当不小于100mm。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第54条;《水规》第34条。

《蒸规》第54条 锅炉受热面管子直段上,对接焊缝间的距离不应小于150mm。

除盘管和无直段弯头外,受热面管子的对接焊缝中心线至管子弯曲起点、锅筒(锅壳)及集箱外壁、管子支、吊架边缘的距离至少为50mm;对于额定蒸汽压力大于3.8MPa的锅炉至少为70mm。

对于管道上述距离应不小于管道外径,且不小于100mm。

受热面管子以及锅炉汽管道如采用无直段弯头,无直段弯头应满足GB 12459《钢制对焊无缝管件》的有关要求,且无直段弯头与管道对接焊缝应经100%射线探伤合格。受热面管子上无直段弯头的弯曲部位不宜焊接任何元件。

《水规》第34条 受热面管子以及锅炉范围内管道的对接焊缝不应布置在管子或管道的弯曲部分(盘管除外)。

受热面管子直段上的对接焊缝的中心线至管子弯曲起点或锅筒、集箱的外壁以及管子支、吊架边缘的距离,不应小于50mm。锅炉范围内管道的直段上,对接焊缝的中心线至管道弯曲起点之间的距离不应小于管道的外径。

额定出口热水温度低于120℃的锅炉可采用冲压弯头,对接焊缝可布置在弯曲起点。

锅炉受热面管子直段上,对接焊缝间的距离不应小于150mm。

• 条款解释:此两条款是对管件的对接焊缝布置的规定。

- (1) 对接焊缝中心线间的距离的规定主要是为了避免焊后热应力叠加。原条款规定“锅

炉受热面管子直段上,对接焊缝间的距离不应小于150mm”,未涉及管道,新规程将管道直段上对接焊缝间的距离也纳入其中。原条款未考虑管子外径大小而笼统规定了不应小于150mm,是欠妥的。新规程以管子外径159mm为界,结合锅炉制造时管子(管道)直段拼接实际情况,作出了规定,①外径小于159mm, $L \geq 2$ 倍外径;②外径大于或者等于159mm, $L \geq 300$ mm。

A级高压以上锅炉由于锅炉结构的原因,难以满足新规程以管子外径159mm为界所规定的对接焊缝中心线间的距离要求,所以新规程参照原条款关于对接焊缝位置的要求,提出了“当锅炉结构难以满足本条(1)、(2)要求时,对接焊缝的热影响区不应当重合,并且 $L \geq 50$ mm”。此外,近年来我国超临界、超超临界电站锅炉陆续投入运行,这些锅炉的过热器、再热器管组和集箱连接时,有些耐高温高压的奥氏体合金钢异种钢接头因结构需要以及空间位置的限制,无论如何其长度也满足不了 $L \geq 50$ mm的要求。因此,新规程在涉及受热面管子对接焊缝中心线间的距离要求时,特意强调了“异种钢接头除外”。

(2)在管子弯曲起点附近残留有附加的弯曲加工应力;在管件的支、吊架边缘存在着局部膜应力;在锅筒、集箱的外壁上开孔孔边缘也会存在因焊接管接头而产生的焊后热应力。管件对接焊缝中心与这些部位离开一段距离,就是为了防止多种应力的相互叠加。新规程保留了96版原规程关于受热面管子、管道对接焊缝中心线至锅筒(锅壳)及集箱外壁、管子弯曲起点、管子支、吊架边缘的距离要求。

(3)现在工程上大量应用成型管件(包括无直段弯头),而成型管件没有或者只有很短的直段,实践证明是可行的,因此本次将无直段弯头扩大到成型管件。此外,考虑到A级高压以上锅炉不可避免地需要在管子弯曲部位焊接支吊元件,多年来也未发现因此而发生事故,规程删除了原规程“受热面管子上无直段弯头的弯曲部位不宜焊接任何元件”的规定。

3.9.3 受压元件主要焊缝

受压元件主要焊缝及其邻近区域应当避免焊接附件。如果不能避免,则焊接附件的焊缝可以穿过主要焊缝,而不应当在主要焊缝及其邻近区域终止。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第55条;《水规》第35条。

《蒸规》第55条 受压元件主要焊缝及其邻近区域应避免焊接零件。如不能避免,则焊接零件的焊缝可穿过主要焊缝,而不应在焊缝及其附近区域终止,以避免在这些部位发生应力集中。

《水规》第35条 在受压元件主要焊缝上及其邻近区域应避免焊接零件。如不能避免时,焊接零件的焊缝可穿过主要焊缝,而不要在焊缝上及其附近区域终止,以避免这些部位发生应力集中。

• 条款解释:本条款是对主要焊缝及其邻近区域焊接零件的规定。

(1)主要焊缝是指主要受压部件的对接焊缝或拼接焊缝,它的应力状况与受压部件的安全密切相关。主要焊缝焊后将形成焊接残余应力,如在这些主要焊缝上再施焊其他零件,将会产生应力叠加,主焊缝的安全性可能会受到影响。

(2)如果焊接附件的焊缝终止于主要焊缝处,由于焊接起弧或收弧处,易产生焊接缺陷,加之焊接应力重叠,不利于保证焊接质量。因此,规程规定,在受压元件的主要焊缝及其邻近区域焊接附件不能避免时,附件焊缝要穿过主要焊缝,而不要在主要焊缝处终止。

3.10 扳边元件直段长度

除了球形封头以外,扳边的元件(例如封头、管板、炉胆顶等)与圆筒形元件对接焊接时,扳边弯曲起点至焊缝中心线均应当有一定的直段距离。扳边元件直段长度应当符合表 3-2 中的要求。

表 3-2 扳边元件直段长度

扳边元件内径(mm)	直段长度(mm)
≤ 600	≥ 25
> 600	≥ 38

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第 53 条;《水规》第 33 条。

《蒸规》第 53 条 扳边的元件(如封头、管板、炉胆顶等)与圆筒形元件对接焊接时,扳边弯曲起点至焊缝中心线的距离(L)应符合表 4-1 中的数值。

表 4-1 扳边弯曲起点至焊缝中心线距离

扳边元件的壁厚 t (mm)	距离 L (mm)
$t \leq 10$	≥ 25
$10 < t \leq 20$	$\geq t + 15$
$20 < t \leq 50$	$\geq 0.5t + 25$
$t > 50$	≥ 50

注:对于球形封头,可取 $L=0$ 。

《水规》第 33 条 扳边的元件(如封头、炉胆顶等)与圆筒形元件对接焊接时,扳边弯曲起点至焊缝中心线的距离(L)应符合表 4-1 的规定。

表 4-1

mm

扳边元件的壁厚 S	距离 L
$S \leq 10$	≥ 25
$10 < S \leq 20$	$\geq S + 15$
$20 < S \leq 50$	$\geq -S/2 + 25$

注:对于球形封头,可取 $L=0$ 。

• 条款解释:本条款是对扳边元件与圆筒形元件连接时,扳边直段长度的规定。

1. 国外主要国家和地区标准的相关规定

(1) 美国 2007 版 ASME 卷 I 《动力锅炉建造规则》。PW 篇《焊接制造锅炉的要求》中关于“设计”部分 PW-13 “封头扳边直段的要求”规定如下:

除了球形封头以外,其他凹面受压对接焊接的凸形封头、用角焊缝连接的扳边封头或炉胆的扳边连接件,均应有一直段。当封头外径或炉胆连接件的孔径不大于 24in (约 600mm, $1\text{in}=25.4\text{mm}$) 时,直段的长度不小于 1in (约 25mm),大于 24in (约 600mm) 时不小于 1.5in (约 38mm)。

(2) 欧洲标准 EN12952-3:2001 (E)。欧洲标准对准球形封头及半椭球形封头均规定

了封头扳边直段 $\geq 50\text{mm}$ ，并对封头的一些几何尺寸作出了限制。

(3) 原联邦德国国家标准《蒸汽锅炉技术规程》(1986年)。原联邦德国国家标准《蒸汽锅炉技术规程》(1986年)对封头扳边直段规定尺寸较大，具体规定如下：

蝶形封头的圆筒形裙边的高度必须 $\geq 3.5S_k$ ，对椭圆形封头则必须 $\geq 3.0S_k$ ，但不需超过释表 3-1 所给定的尺寸，(S_k 为凸形封头扳边处无附加量时的要求壁厚)

释表 3-1 裙边高度 h_B 与壁厚 S_k 的关系

壁厚 S_k mm	裙边高度 h_B mm
$S_k \leq 50$	150
$50 < S_k \leq 80$	120
$80 < S_k \leq 100$	100
$100 < S_k \leq 120$	75
$S_k > 120$	50

主要受静内压载荷时，裙边高度可以稍短，但相连接焊缝应经过无损检测，打磨至无缺口，并满足焊缝系数 $V_N=1$ 的要求。不要求进行焊接试板检验。

半球形封头不需要带圆筒形裙边。

2. 薄壁圆筒的边界效应

(1) 薄壁圆筒。国内外锅炉圆筒形受压件的强度计算公式均是建立在薄壁圆筒的假设基础之上推导出的，即假设环向及纵向应力都是沿壁厚均匀分布，且径向力为零。

因此，锅炉锅筒等圆筒形受压件均属薄壁圆筒的范畴，实际设计时通过对筒体外径与内径的比值 β 的限制，使锅筒等圆筒形受压件符合薄壁圆筒几何尺寸的要求。不同国家的相关标准对于锅炉不同的圆筒形受压元件，根据它的重要性及实际工作条件对 β 值都规定了不同的限制，如我国规定锅筒 $\beta \leq 1.2$ ；水、汽水混合物或饱和蒸汽集箱 $\beta \leq 1.5$ ；过热蒸汽集箱 $\beta \leq 2.0$ ；管子或管道 $\beta \leq 2.0$ 等等。

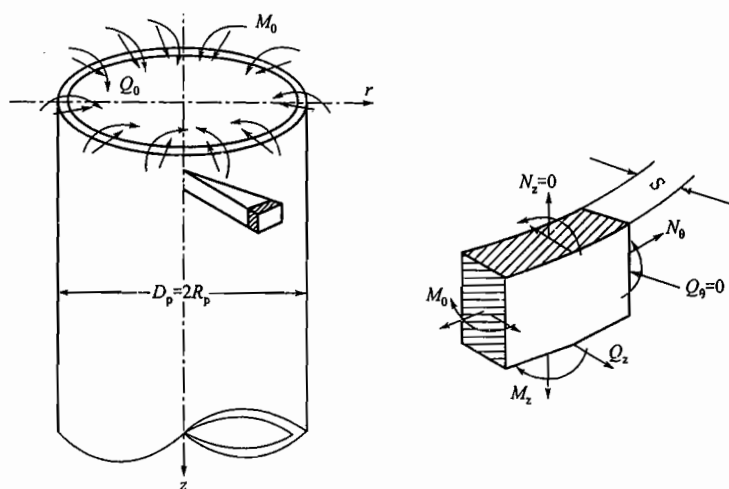
总之，锅炉锅筒等受压元件均属于薄壁圆筒。

(2) 薄壁圆筒端部作用力偶及剪力时的边界效应。薄壁圆筒承受内压力作用时，筒体的内力为纵向内力 N_z 及环向内力 N_θ 。当在薄壁圆筒端部作用力偶 M_0 或剪力 Q_0 时，筒体的内力除 N_z 、 N_θ 外，还存在着弯矩 M_z 、 M_θ 及剪力 Q_z 、 Q_θ (见释图 3-1)。设端部力偶 M_0 及剪力 Q_0 在整个圆周上均匀分布。根据轴对称的性质，各纵截面内的剪力 $Q_\theta=0$ 。当圆筒上没有内压作用时，根据在 Z 方向上力的平衡条件，得 $N_z=0$ 。因此，当圆筒端部只作用力偶 M_0 及剪力 Q_0 时，横截面上的内力为弯矩 M_z 及剪力 Q_z ，径向截面上的内力为环向内力 N_θ 及弯矩 M_θ 。

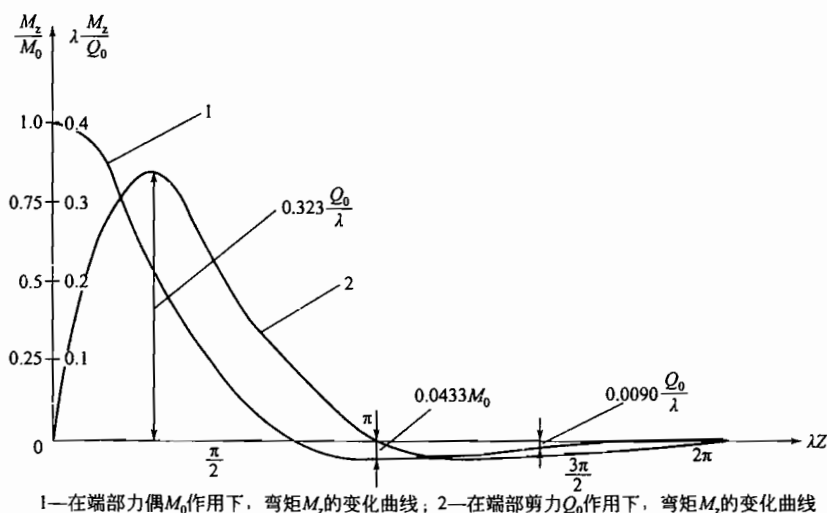
考虑以两相邻 d_θ 角的径向截面及两相邻 dz 的横向截面所截出的微元体的平衡条件，同时考虑了筒体的变形条件，经过一系列推导计算，可知当筒体端部单独作用有力偶 M_0 及剪力 Q_0 时，筒体弯矩 M_z 的变化曲线如释图 3-2 所示。

释图 3-2 中 λ 是在上述推导计算过程中的一项数值，其与筒体半径 R_p 、筒体壁厚 S 及筒体材料的横向变形系数 μ 有关： $\lambda = \sqrt[4]{3(1-\mu^2)/R_p^2 S^2}$ 。

由释图 3-2 中曲线 2 的变化规律可看出，它们是以 $\lambda Z = \pi$ 为周期变化的，但每个周期后，弯矩 M_z 的绝对数值减小至 $e^{-\pi}$ (即 $0.0433M_0$)。例如在 M_0 的作用下在 $\lambda Z = \pi$ 处 ($Z = \pi/\lambda = 2.45 \sqrt{R_p S} = 1.73 \sqrt{D_p S}$ ，当 $\mu = 0.3$ 时)，弯矩 $M_z = 0.0433M_0$ ，已衰减至端点力偶的 5%。在 $Z = \sqrt{D_p S}$ 处 ($\lambda Z = 1.82$)， $M_z = 0.117M_0$ 。由此可见，薄壁圆筒在端部作用力偶



释图 3-1



释图 3-2

M_0 或剪力 Q_0 时, 它们的影响只是在端部较大, 离端部稍远处就很快衰减。一般将这种内力很快衰减的分布规律称为圆筒体的“边界效应”。在受压元件计算中常取 $Z = \sqrt{D_p S}$ 作为衡量边界效应的影响范围, 超出此范围, 即认为端部影响可忽略不计, 其误差约为 10% 左右。

由释图 3-2 可以看出, 当筒体端部同时作用有力偶 M_0 和剪力 Q_0 时, 筒体端部某一横截面上的弯矩 M_z 将会是力偶 M_0 或剪力 Q_0 分别单独作用时所产生的弯矩之叠加, 在筒体端部某些区域此弯矩 M_z 将会远大于作用于端部的力偶 M_0 。

3. 封头起弯点处局部弯曲应力及直段的边界效应问题

经计算分析可知, 带有直段的扳边元件如封头与圆筒形的元件焊接后, 工作时在介质内压作用下, 筒体在封头起弯点处要向外发生位移, 而与此相反, 封头在起弯点处则要向内发生位移, 但此处的实际位移应该是连续变化的。为了保持位移的连续性, 在封头起弯点处将产生附加弯矩 M_0 及附加剪力 Q_0 。由上述薄壁圆筒端部作用力偶及剪力时的边界效应问题分析可知, 这种附加弯矩 M_0 及附加剪力 Q_0 将在以封头起弯点为起始点

的筒体端部一段范围内产生很大的附加弯曲应力，这一附加弯曲应力要比内压作用下产生的膜应力大得多。

经分析计算，对于平封头（平管板）的最大弯曲应力发生在扳边起点处；对于标准椭圆形封头，最大弯曲应力则发生在距扳边起点 $0.433 \sqrt{D_p S}$ 处。 D_p 为扳边元件平均直径， S 为扳边元件壁厚。

由上述分析结果可知，扳边元件直段长度选择不当时，如直段长度等于或接近 $0.433 \sqrt{D_p S}$ 计算值时，将会使扳边元件和圆筒形元件对接焊缝处于最高应力区，形成焊接残余应力与上述边界效应产生的局部弯曲应力的叠加。

4. 扳边元件直段长度

(1) 留有直段以便于加工、装配和无损检测。除球形封头外，其他扳边元件一般都要留有一定长度的直段，这也是便于加工装配和无损检测的需要。对于椭圆形封头，如果仅从焊缝中心线远离最大弯曲应力区考虑，根据上述薄壁圆筒端部作用力偶及剪力时的边界效应问题分析结果，直段长度取大于 $Z = \sqrt{D_p S}$ 最好，焊缝处附加弯曲应力等于零。但过长的直段将给扳边元件的加工带来一定困难，显然无此必要。

(2) 直段长度应避开边界效应最大弯曲应力发生的区域。上面已谈到，直段长度取大于 $Z = \sqrt{D_p S}$ 最好，这样焊缝处附加弯曲应力等于零，但扳边元件的加工制造将会有很大的困难。比较实际的作法应是将直段长度避开边界效应最大弯曲应力发生的区域。

从椭圆形封头起弯点到最大弯曲应力区的距离为 $0.433 \sqrt{D_p S}$ ，直段长度能避开此值即可。由此式可以看出，最大弯曲应力发生的位置不但与壁厚有关，而且也与扳边元件平均直径有关。为便于分析比较，以通常广泛应用的椭圆形封头为例，分别取 $D_p = 300\text{mm}$ 、 $D_p = 600\text{mm}$ 、 $D_p = 1400\text{mm}$ 三个不同直径多个不同壁厚依公式 $0.433 \sqrt{D_p S}$ 计算，结果如释表 3-2 所示。

释表 3-2 椭圆形封头直段最大弯曲应力发生的位置

mm

96 版《蒸规》			$0.433 \sqrt{D_p S}$		
	S	L	$D_p = 300$	$D_p = 600$	$D_p = 1400$
$S \leq 10$ $L = 25$	4	25	15	21.2	32.4
	6		18.4	26.0	39.7
	8		21.2	30.0	45.8
	10		23.7	33.5	51.2
$10 < S \leq 20$ $L = S + 15$	12	27	26.0	36.7	56.1
	14	29	28.0	39.7	60.6
	16	31	30.0	42.4	64.8
	18	33	31.8	45	68.7
	20	35	33.5	47.4	72.5
	22	36	35.2	49.7	76
	24	37	36.7	52.0	79.4
	26	38	38.2	54.1	82.6
	28	39	39.7	56.1	85.7
	30	40	41.1	58.1	88.7
	32	41	42.4	60.0	91.6

续表

96 版《蒸规》			$0.433 \sqrt{D_p S}$		
	S	L	$D_p=300$	$D_p=600$	$D_p=1400$
20<S≤50 L=0.5S+25	34	42	43.7	61.8	94.5
	36	43	45	63.6	97.2
	38	44	46.2	65.4	99.9
	40	45	47.4	67.1	102.5
	42	46	48.6	68.7	105
	44	47	49.7	70.4	107.5
	46	48	50.9	71.9	109.9
	48	49	52.0	73.5	112.2
	50	50	53.0	75.0	114.6
S>50 L=50					

5. 不同标准对封头直段长度的规定比较

(1) 96 版《蒸规》。96 版《蒸规》先将扳边元件厚度 S 分为四类, 然后再根据扳边元件厚度 S 分别计算出相应的扳边直段长度 L 。

扳边元件厚度 $S \leq 10$, $L \geq 25$ 。由释表 3-2 数值可知, 在 D_p 比较小时, 如 $D_p = 600\text{mm}$ 及以下, 25 与 $0.433 \sqrt{D_p S}$ 算出来的值非常接近。

扳边元件厚度 $10\text{mm} < S \leq 20\text{mm}$, $L \geq S + 25$ 。由释表 3-2 数值可知, 在 D_p 比较小时, 如 $D_p = 300\text{mm}$, $L \geq S + 25$ 计算值与 $0.433 \sqrt{D_p S}$ 在各种厚度下都非常接近。

扳边元件厚度 $20\text{mm} < S \leq 50\text{mm}$, $L \geq 0.5S + 25$ 。由释表 3-2 数值可知, 在 D_p 比较小时, 如 $D_p = 300\text{mm}$, $L \geq 0.5S + 25$ 计算与 $0.433 \sqrt{D_p S}$ 计算值在各种厚度下也都非常接近。但在实际生产中, 厚度 S 超过 20mm 而且直径在 300mm 左右的扳边元件是不太多的。

扳边元件厚度 $S > 50\text{mm}$, $L \geq 50\text{mm}$, 对于锅炉包括超高参数的电站锅炉, 壁厚超过 50mm 而直径又小于 600mm 的受压件是很少有的, 此时按 $0.433 \sqrt{D_p S}$ 计算出的直段数值都较大, 标准规定 $L \geq 50\text{mm}$ 是无问题的。

(2) 美国 ASME。当封头的外径或炉胆连接件的孔径不大于 24in (约 600mm) 时, 直段的长度不小于 1in (约 25mm); 大于 24in (约 600mm) 时, 直段的长度不小于 1.5in (约 38mm)。对照释表 3-1 可知, 在 $D_p = 600\text{mm}$ 及以下时, 尤其是在扳边元件厚度 $S = 20\text{mm}$ 及以下时, ASME 关于扳边元件直段长度的规定与 96 版《蒸规》相比可以更多地避免与 $0.433 \sqrt{D_p S}$ 接近。

在 $D_p > 600\text{mm}$ 时, ASME 规定扳边元件直段 $L \geq 38\text{mm}$ 。此时在不同壁厚范围内都可避免直段长度与 $0.433 \sqrt{D_p S}$ 相接近的问题。

(3) 欧洲标准 EN12952-3: 2001 (E)。欧洲标准不区分封头直径和壁厚大小, 将封头直段长度一律规定为等于或大于 50mm , 的确比较简单, 但对于直径和壁厚较小的封头, 此直段长度又嫌较大了一些, 不利于封头的加工制造。

(4) 原联邦德国国家标准。原联邦德国国家标准《蒸汽锅炉技术规程》(TRD) 关于扳边元件直段长度的规定显然比较保守, 直段长度过长了。也许考虑尽可能将此长度超出前述

之 $Z=\sqrt{D_p S}$ 边界效应的影响范围, 这样虽然可有效避免了与 $0.433 \sqrt{D_p S}$ 计算值相接近, 但过长的直段将给封头的加工制造带来不必要的麻烦, 是不可取的。

6. 参考借鉴美国 ASME 的相关规定, 对 96 版《蒸规》第 53 条关于扳边元件直段长度规定的条文作出修改。

美国 ASME 相对于 96 版《蒸规》而言, 关于扳边元件直段长度的规定更加简单明了, 而且可以更多地避免直段长度与 $0.433 \sqrt{D_p S}$ 计算值相接近问题。用筒体直径大于或等于小于 600mm 一个数值来作为扳边元件直段长度的分界点, 更客观也更直观。因为筒体直径一般远大于筒体壁厚, 筒体直径对于 $0.433 \sqrt{D_p S}$ 计算值的影响更大, 可见 ASME 的封头直段长度规定能更好地体现考虑筒体端部边界效应问题。

众所周知, 美国 ASME 在世界范围内具有相当的权威性并得到广泛的应用, 此次《锅规》修订参考借鉴美国 ASME 的相关规定, 不仅更加科学合理, 而且更加简单明了, 便于实际应用。

3.11 加装套管

B 级及以上蒸汽锅炉, 凡能够引起锅筒(锅壳)壁或者集箱壁局部热疲劳的连接管, 如给水管、减温水管等, 在穿过锅筒(锅壳)壁或者集箱壁处应当加装套管。

• 条款说明: 修改条款。

原条款:《蒸规》第 50 条

《蒸规》第 50 条 凡能引起锅筒(锅壳)壁或集箱壁局部热疲劳的连接管(给水管、减温水管等), 在穿过锅筒(锅壳)壁或集箱壁处应加装套管。额定蒸汽压力小于或等于 1.0MPa 且额定蒸发量小于或等于 1t/h 的锅炉, 可不加装给水套管。

• 条款解释: 本条款是为了防止产生锅筒(锅壳)壁或集箱壁局部热疲劳, 对给水管、减温水管等穿过锅筒(锅壳)壁或集箱壁处应加装套管所作出的规定。

给水管、减温水管等穿过锅筒(锅壳)壁或集箱壁处, 由于管内水温与锅筒(锅壳)壁或集箱壁壁温存在较大温差, 将会因产生温差应力而引起热疲劳。特别是中、高压锅炉的锅筒或减温器集箱的壁厚较厚, 如果给水或减温水的水温与壁温温差较大, 在给水管孔处或喷水管孔处将产生较大的温差应力, 锅炉长期运行后将可能在管孔四周产生辐射状的疲劳裂纹。给水管或减温水管加装保护套管之后, 由于给水或减温水与锅筒壁或减温器集箱壁不直接接触, 避免了温差应力的发生, 从而也就有效防止和避免了锅筒或减温器集箱管孔四周出现疲劳裂纹, 确保锅炉安全运行。

此类疲劳裂纹同压力温度直接相关, 而与容量大小没有直接关系, 因此将原规程的额定蒸汽压力大于 1.0MPa 或额定蒸发量大于 1t/h 的锅炉改为 B 级及以上蒸汽锅炉须加装套管。

3.12 定期排污管

(1) 锅炉定期排污管口不应当高出锅筒或者集箱的内壁最低表面;

(2) 小孔式排污管用作定期排污时, 小孔应当开在排污管下部并且贴近筒体底部。

• 条款说明: 新增条款。

• 条款解释: 本条款是对排污管口位置的规定。

锅炉排污的目的, 是排掉含盐浓度较高的锅水、锅水中的腐蚀物及沉淀物, 使锅水含盐量维持在规定的范围之内, 以减小锅水的膨胀及出现泡沫层, 从而可减小蒸汽湿度及含盐

量, 保证良好的蒸汽品质。同时, 排污还可消除或减轻蒸发受热面管内结垢。锅炉定期排污又叫间断排污或底部排污。定期排污是每隔一定时间排放一次, 其主要作用是排除积聚在锅筒下部的、因加入锅筒的磷酸盐药剂与锅水中的钙、镁离子生成的水渣, 当然也带出溶于锅水中的盐分。为了最大限度地排出炉水杂质, 定期排污的排放位置当然应该是沉淀水渣较多的锅炉最低部位, 排污口就应设置在锅筒或集箱的内壁最低表面。电站锅炉的定期排污大多从水冷壁下集箱排放。定期排污持续时间很短, 但排出锅筒内沉淀物的能力很强。

3.13 紧急放水装置

电站锅炉锅筒应当设置紧急放水装置, 放水管口应当高于最低安全水位。

• 条款说明: 修改条款。

原条款: 《蒸规》第 178 条。

《蒸规》第 178 条 额定蒸汽压力大于或等于 3.8MPa 的锅炉应在锅筒的最低安全水位和正常水位之间接出紧急放水管, 放水管上应装阀门, 一旦发生满水以便及时放水。此阀门在锅炉运行时必须处于关闭状态。

• 条款解释: 本条款是对锅筒设置紧急放水装置的规定。

锅筒设置紧急放水装置的目的是—旦锅筒发生满水事故时, 可迅速降低锅筒水位, 以保证蒸汽品质。电站锅炉所用的蒸汽均为过热蒸汽。锅筒满水后将会使饱和蒸汽的干度下降, 湿度过大的饱和蒸汽进入过热器后继续蒸发, 将会造成过热器内壁结垢, 影响过热器的传热和使用寿命, 同时也会影响过热蒸汽品质, 进而影响到汽轮机的安全运行。紧急放水管口应当高于最低安全水位, 主要是为了避免在紧急放水时造成水位降低到最低安全水位之下。但是紧急放水管口也不应高于正常水位, 如紧急放水管口接在正常水位之上, 当汽水共腾时, 不易将水迅速放出。基于政府法规只讲规定而不阐述制定条款的理由这一理念, 新规程对原条款作了简化修改。

3.14 水汽取样器和反冲洗系统的设置

锅炉应当按照以下情况配置水汽取样器和反冲洗系统, 并且在锅炉设计时, 选择有代表性位置设置取样点:

- (1) A 级直流锅炉的给水泵出口设置给水取样点;
- (2) A 级锅炉的省煤器进口、锅筒、饱和蒸汽引出管、过热器、再热器等部位, 配置水汽取样器;
- (3) A 级锅炉的过热器一般需要设置反冲洗系统, 反冲洗的介质也可以通过主汽阀前疏水管路引入;
- (4) B、C 级锅炉需要配置锅水取样器, 对蒸汽质量有要求时, 设置蒸汽取样器。

• 条款说明: 修改条款。

原条款: 《蒸规》第 182 条。

《蒸规》第 182 条 额定蒸发量大于或等于 1t/h 的锅炉应有锅水取样装置, 对蒸汽品质有要求时, 还应有蒸汽取样装置。取样装置和取样点位置应保证取出的水、汽样品具有代表性。

• 条款解释: 本条款是对设置水、汽取样器和反冲洗系统的规定。

水、汽样品的采集是保证分析结果准确性的一个重要步骤, 因此需要从锅炉及其热力系

统的各个部位取出具有代表性的水汽样品。A级锅炉一般均布置有垂直管圈过热器，其蛇形管底部易堆积沉积物，故过热器一般应设置反冲洗系统。

由于直流电站锅炉对给水品质的要求更加严格，除在省煤器进口设置给水取样点外，在给水泵出口也应设置给水取样点。该取样点最好靠近泵的出口处，不要太远，因为在正常运行时，泵出口处可以取到能够反映水处理结果的水样。若取样点距离泵的出口太远，由于管道内常有死角和积水，所取样水就不是更具有代表性的给水了。

3.15 膨胀指示器

A级锅炉的锅筒和集箱上应当设置膨胀指示器。悬吊式锅炉本体设计确定的膨胀中心应当予以固定。

• 条款说明：保留条款。

原条款：《蒸规》第35条（略）。

• 条款解释：本条款是对A级锅炉设置膨胀指示器和悬吊式锅炉膨胀中心应予固定的规定。

(1) 本规程的第3.4条中，规定了锅炉各部件在运行时应能按设计预定方向自由膨胀，这是对锅炉各部件受热膨胀的原则要求，对中压及以上的电站锅炉的锅筒和集箱，其膨胀问题仅满足这一要求远远不够。中压及以上锅炉的锅筒及集箱是重要的部件，是否能按设计预定方向自由膨胀，是一个关系到锅炉安全运行的重要问题，装设膨胀指示器可有效显示、监控膨胀方向和膨胀位移量，保证锅炉运行安全。

(2) 明确了悬吊式锅炉本体设计的膨胀中心应予固定。高参数、大容量电站锅炉的本体基本上均采用悬吊式结构，即整个锅炉本体的荷载通过吊杆悬吊在锅炉顶部几根钢结构的大梁上，然后再通过锅炉钢柱将锅炉荷载传递于地基之上。锅炉的这种悬吊形式，在锅炉运行时保证了锅炉各个部件按照设计预定方向膨胀，即向下和前后左右都能自由膨胀。

① 锅炉膨胀中心固定后，就明确了锅炉各部件膨胀位移的计算零点。锅炉设计时就可以计算出各种工况下的锅炉部件膨胀方向和膨胀位移量，在此基础上就可以进行受热面和管道系统应力分析和锅炉整体密封设计。锅炉设计时，除按国家强度计算标准进行静强度计算外，还必须进行锅炉整体系统的应力分析，确定系统所有部位的应力状况，以便采取相应措施，保证锅炉运行安全。计算锅炉密封部位的膨胀方向和位移量，也便于锅炉密封设计时采取相应措施，确保锅炉运行时锅炉本体和烟风道各部位密封，避免烟风向炉内外泄漏。

② 膨胀中心的位置。悬吊式锅炉的膨胀中心是根据各种不同型式的锅炉运行的实际经验加以确定的。这个膨胀中心是人为设置的，而不是锅炉各部分膨胀的自然中心。要确定锅炉的一个自然膨胀中心十分困难，几乎是不可能的。国内外大量锅炉设计资料表明，膨胀中心的位置是根据经验按炉型来确定的。单炉膛的Ⅱ型锅炉，膨胀中心的位置一般选择在炉膛后水冷壁前方与炉顶顶棚过热器的交点处。膨胀中心的固定靠设置于锅炉不同标高处钢结构梁柱上的导向装置来实现的。

3.16 与管子焊接的扁钢

膜式壁等结构中管子焊接的扁钢，其膨胀系数应当和管子相近，扁钢宽度的确定应当保证在锅炉运行中不超过其金属材料许用温度，焊缝结构应当保证扁钢有效冷却。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 45 条。

《蒸规》第 45 条 膜式水冷壁鳍片与管子材料的膨胀系数应相近，鳍片管（屏）的制造和检验应符合 JB/T 5255《焊制鳍片管（屏）技术条件》，鳍片宽度应保证鳍片各部分在锅炉运行中的温度不超过所用材料的许用温度。

• 条款解释：本条款是对膜式壁管间扁钢的规定。

(1) 膜式壁扁钢与管子材料的膨胀系数应相近，可避免扁钢和管子间因相对膨胀量过大而产生的附加应力，防止扁钢与管子焊接处拉裂。

(2) 扁钢宽度的限制。规程对扁钢的宽度只是一个原则要求，即锅炉运行时扁钢的各部分的温度不应超过材料许用温度。锅炉运行时，扁钢受到火焰或高温烟气加热后，通过扁钢自身的热传导作用，将热量传导给管壁，再经管壁传送给管内介质。因此，扁钢自身也得到了有效冷却而不至于金属过热。扁钢宽度越大，扁钢宽度中心部位因得不到有效冷却而金属壁温越高，有可能超出扁钢金属的许用温度。因此，对于扁钢宽度应有一定的限制。

(3) 新规程将《蒸规》对鳍片的要求改为对扁钢的要求，这是因为目前电站锅炉的膜式壁都是在相邻管子间焊接扁钢而成，基本已不再使用焊接鳍片管，更不再使用事先轧制成型的鳍片管原材料了。

(4) 新规程还删除了鳍片管（屏）的制造与检验应符合 JB/T 5255《焊制鳍片管（屏）技术条件》的规定。因为该项内容属于比较详细的制造工艺要求，不宜直接引入规程。

3.17 喷水减温器

(1) 喷水减温器的集箱与内衬套之间以及喷水管与集箱之间的固定方式，应当能够保证其相对膨胀，并且能够避免产生共振；

(2) 喷水减温器的结构和布置应当便于检修；应当设置一个内径不小于 80mm 的检查孔，检查孔的位置应当便于对减温器内衬套以及喷水管进行内窥镜检查。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 39 条。

《蒸规》第 39 条 喷水减温器的集箱与内衬套之间以及喷水管与集箱之间的固定方式，应能保证其相对膨胀，并能避免共振，且结构和布置应便于检修。

• 条款解释：本条款是对喷水减温器结构布置的规定。

(1) 减温器集箱与套管、喷水管与集箱的固定方式要保证相对膨胀。喷水减温这种减温方法是，将减温水以雾状喷入减温器中的过热蒸汽中，因减温水的汽化而降低过热蒸汽温度。通过调节喷水量，达到调节过热蒸汽温度的目的。为了防止减温器集箱因喷进相对温度较低的减温水而引起的减温器金属热疲劳，除了减温器喷水管应加装保护套管外，在减温器内还要加装内衬套，以防止相对较冷的减温水直接喷洒到减温器内壁上。无论是喷水减温器的筒体与内衬套，还是筒体与喷水管，由于金属温度不同，受热后膨胀量也不一样，因此它们之间的固定方式要能够使其相对膨胀，以防止产生附加的热应力。锅炉运行时，也曾经多次发生减温器喷水管或喷水头因结构尺寸固有频率问题导致在蒸汽流中发生共振现象，引发脱落事故，影响锅炉安全运行。因此，规程要求减温器筒体与内衬套之间以及喷水管与筒体之间的固定方式，要保证其相对膨胀并能够避免产生共振现象。

(2) 减温器的结构应便于检修。喷水减温器的内衬套因反复接触较冷的喷水而产生热疲

劳问题，易发生热疲劳损坏，所以减温器的结构设计应便于更换内衬套。

(3) 新规程增加了设置检查孔的要求，由于减温器工作条件恶劣，内部元件极易损坏，大量检验案例也证明了这一点，特别是内部的套管和固定装置，时常出现疲劳裂纹和断裂。过去的减温器结构没有充分考虑内窥镜检查的需求，因而给检验带来了困难，本次修订增加了设置检查孔的要求。

3.18 锅炉启动时省煤器的保护

设置有省煤器的锅炉，应当设置旁通水路、再循环管或者采取其他省煤器启动保护措施。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第44条。

《蒸规》第44条 装有可分式铸铁省煤器的锅炉，宜采用旁路烟道或其他有效措施，同时应装设旁通水路。

装有不可分式省煤器的锅炉，应装设再循环管或采取其他措施防止锅炉启动点火时省煤器烧坏。

• 条款解释：本条款是在锅炉启动时对省煤器有关保护的规定。

1. 96版《蒸规》关于省煤器保护问题，可以归纳整理为以下几点关键内容

(1) 省煤器需要保护的期间为“锅炉启动点火时”。

(2) 在此期间“无论是铸铁省煤器，还是钢管式省煤器，都会因水静止不动而冷却不足，可能将省煤器烧坏。”

(3) 对于不可分式省煤器，应装再循环管或采取其他措施防止锅炉启动点火时省煤器烧坏。

2. 96版《蒸规》条款欠妥

(1) 锅炉启动时省煤器可能发生的是“水击”问题。锅炉启动点火时，省煤器需要保护的根本原因在于防止发生“水击”现象而可能导致省煤器尤其是铸铁式省煤器的损坏，而不是烧坏问题。

锅炉启动初期，由于没有向锅炉补充给水，因此省煤器中的水也就没有流动。这样省煤器中可能会产生一些蒸汽，这些蒸汽便会以气泡形式封存在省煤器中，直到给水通过省煤器时才可将气泡排出。这样，在开始给水时可能会使锅筒水位调节滞后，同时，气泡可能会由于与温度较低的给水接触而骤然凝结，形成局部真空，从而产生“水击”现象，严重时可导致省煤器损坏。

因此，一些小型工业锅炉设置有省煤器旁通水路，锅炉启动时切断省煤器与锅筒的联系，使得给水在省煤器和旁通水路中循环流动，以达到保护省煤器的目的。

电站锅炉集中下降管（或锅筒）至省煤器入口集箱之间设置了省煤器再循环管，与省煤器形成一个自然循环回路。锅炉启动升压初期，省煤器中也能存在因这种自然循环而产生的水的流动，从而避免了恢复给水时所可能产生的水击问题，省煤器因此而得到保护。

(2) 防“水击”的重点在于保护铸铁式省煤器。铸铁式省煤器的强度不高，一般只用于工作压力低于2.2MPa的锅炉中。由于铸铁耐腐蚀性好以及由于铸造工艺的要求，铸铁省煤器具有较厚的管壁，因此常用于给水未经除氧处理的小型锅炉中，使其不致因内外腐蚀而很

快损坏。但是,由于铸铁性脆,不能承受冲击,因此锅炉在启动升压初期阶段,防止“水击”现象发生从而保护铸铁式省煤器是非常必要的。

然而,在大型电站锅炉中,钢管式省煤器得到广泛应用,因其具有较高的强度和良好的韧性,可以承受一定的冲击,锅炉启动初期“水击”现象的产生与否已不是设计省煤器时考虑的关键问题。

(3) 96版《蒸规》中“烧坏”一词用法不妥。由上述论述可知,在锅炉启动点火时省煤器需要保护的原因是防止和避免出现“水击”而并非在于防止省煤器“烧坏”的问题。

就铸铁式省煤器而言,一般用于小型工业或民用锅炉。根据96版《蒸规》第23条用于锅炉受压元件的金属材料的第5款“铸铁件”规定,不低于HT150的灰铸铁适用介质温度 $<230^{\circ}\text{C}$ (请注意,此为铸铁适用介质温度而并非铸铁本身的金属使用温度)。铸铁省煤器所处位置的烟气温度一般应在 300°C 左右,在此温度下,即使未有任何冷却而干烧,铸铁本身也是不可能烧坏的。

对电站锅炉而言,在锅炉启动点火初期(所谓省煤器内水不流动),锅炉炉膛出口实测烟温一般在 $300\sim 400^{\circ}\text{C}$,处于锅炉尾部的省煤器处烟温就更低了。96版《蒸规》第23条用于锅炉受压元件的金属材料的第2款“钢管”规定,碳素钢受热面管子的壁温适用范围 $\leq 480^{\circ}\text{C}$,锅炉启动点火时电站锅炉省煤器处烟温远低于此碳素钢受热面管子的壁温适用温度,根本不可能出现“烧坏”问题。

3. 大型电站锅炉不需要装设省煤器再循环管

大型电站锅炉均是再热机组,高温高压蒸汽由锅炉高温过热器出口进入汽轮机高压缸做功后,又被引入锅炉再次加热,先后流经低温再热器、高温再热器,然后进入汽轮机中压缸做功。锅炉启动点火初期,蒸汽温度、压力等参数尚未达到汽轮机进汽条件和要求,蒸汽是不能进入汽轮机的,此时则可经由汽轮机旁路排出。高温再热器受热面一般布置在靠近锅炉炉膛出口处的高温烟道,而省煤器则布置于锅炉尾部低温烟道,锅炉点火启动时,由于汽轮机没有回汽进入到锅炉再热器受热面之中,此时再热器管内因无蒸汽流动而得不到冷却,处于干烧状态,金属壁温将会急剧上升,这是不允许的。为此,锅炉炉膛出口装设有烟温探针,严格限制锅炉启动时的炉膛出口烟气温度。亚临界自然循环锅炉启动时炉膛出口烟温一般限定为小于 538°C ,相当于高温再热器管组材料中等级最低的15CrMo合金钢管的许用温度。

众所周知,锅炉给水变为高温高压蒸汽,锅炉工质吸热量可分为蒸发吸热及过热吸热两部分。省煤器其实也是蒸发受热面的一部分,随着锅炉参数的提高,工质蒸发吸热量占总吸热量的份额越来越少,所以尾部省煤器的布置也较少。经验告诉我们,在锅炉初步设计时,甚至有时会出现炉膛蒸发受热面已足够而无需布置省煤器的现象,这与低中压锅炉需要布置较多的省煤器是有所不同的。

电站锅炉在启动初期需要控制炉膛出口烟温而保护干烧的再热器(再热器中无工质冷却),在汽轮机旁路开通时(意味着给水泵工作,省煤器中有水流动),经现场实测,此期间炉膛出口烟温约在 $300\sim 400^{\circ}\text{C}$,省煤器处的实际烟温也就更低了,不可能存在省煤器“烧坏”问题。实践证明,一大批 $300\sim 600\text{MW}$ 亚临界电站锅炉机组取消了省煤器再循环管,已经历十多年的运行考验,并未发现锅炉启动时有省煤器“烧坏”问题或发生因“水击”而导致省煤器损坏事故。

对于直流电站锅炉而言,均设置有锅炉启动系统,在锅炉点火启动前就必须不间断地向锅炉进水。而锅炉进水首先要流经省煤器,即省煤器中始终就存在水的流动,根本就不再存

在所谓的省煤器启动保护问题了。

4. 省煤器再循环管对于大型电站锅炉的不良作用

省煤器再循环管将锅筒和省煤器入口相连通,管路上设置有截止阀,锅炉点火启动时将此阀打开,锅炉启动后再将此阀关闭。也就是说,锅炉正常运行时此阀应始终处于关闭状态。

然而,阀门关闭不严而漏流是十分常见的问题,对截止阀而言,即使截止阀处于正常状态也会有一定的漏流量,更不必讲截止阀本身难免处于非正常状态了。锅炉正常运行时,当省煤器再循环管路上的阀门漏流时,一部分给水将会由省煤器入口不经省煤器而由再循环管直接进入锅筒,给水温度相对锅筒内的饱和水温而言是低温“冷水”,直接进入锅筒将会影响锅筒的安全,也将干扰锅炉的正常水循环,对于锅炉安全运行显然是不利的。锅炉实际运行时也发生过因此而导致锅筒内壁出现裂纹的问题。

5. 由于上述原因,此次本条款的修订重点是:

(1) 为了在锅炉启动时保护省煤器,对于中低压锅炉、尤其是装有铸铁式省煤器的锅炉,应当装设旁通水路或省煤器再循环管。

(2) 大型电站锅炉装设省煤器再循环管没有必要。锅炉启动时保护的重点在于处于“干烧”状态的再热器而不是省煤器。装设炉膛出口烟温探针的直接目的虽然在于保护再热器,当然也客观上保护了省煤器,这也就是修订后的本条款所要求的“……或者采取其他省煤器启动保护措施”。

3.19 再热器的保护

电站锅炉应当装设蒸汽旁路或者炉膛出口烟温监测等装置,确保再热器在启动及甩负荷时的冷却。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第46条。

《蒸规》第46条 为确保过热器、再热器在启动及甩负荷时的冷却,应采取向空排汽、装设蒸汽旁通管路或限制烟温等措施。

• 条款解释:本条款是再热器保护的规定。

对再热器的保护仍然是防止再热器壁温超温的问题。再热式电站锅炉再热器是非常重要的受压部件,保证再热器在锅炉启动时不会因壁温超温而损坏,对锅炉安全、经济运行有着重要的作用。规程规定,应当装设蒸汽旁路或者炉膛出口烟温监测等装置,确保再热器在锅炉启动或甩负荷时的冷却,以防止管壁金属超温。

如上述关于3.18条的条款解释,对于再热器而言,无论是锅炉启动还是汽轮机甩负荷时,都不会有蒸汽从汽轮机抽回进入再热器将其再次加热,此时再热器内没有介质流动,处于干烧状态,有可能造成再热器的损坏。锅炉启动时,由于炉膛出口烟温监测装置严格限制了炉膛出口烟温,尽管此时再热器处于干烧状态之下,但仍然是安全的。当汽轮机甩负荷时,锅炉出口主蒸汽先后流经高压旁路和低压旁路,经再热器排出,再热器因获得了足够的冷却而有了可靠的保护。

新规程删除了向空排汽的措施,这主要是为了减少蒸汽介质的排空浪费,也可避免排汽时的严重噪声。因此不宜向空排汽。即使设置向空排汽装置,其目的在于泄压,而不是为了确保再热器得到良好的冷却。

3.20 吹灰及灭火装置

装设油燃烧器的 A 级锅炉, 尾部应当装设可靠的吹灰及空气预热器灭火装置。燃煤粉或者水煤浆锅炉在炉膛和布置有过热器、再热器的对流烟道, 应当装设吹灰装置。

• 条款说明: 修改条款。

原条款:《蒸规》第 43 条;《水规》第 28 条。

《蒸规》第 43 条 装设空气预热的燃油锅炉, 尾部应装设可靠的吹灰及灭火装置。

燃煤粉锅炉在炉膛和布置有过热器、再热器的对流烟道, 应装设吹灰器。

《水规》第 28 条 为防止燃油锅炉尾部发生二次燃烧, 应装设可靠的吹灰及灭火装置。

• 条款解释: 本条款是对设置吹灰及灭火装置的规定。

(1) 装设油燃烧器的 A 级锅炉, 锅炉尾部应装有空气预热器吹灰与灭火装置。在锅炉启动或调整燃烧时, 如果氧气供应不充分或不及时, 喷入炉膛内的油雾因燃烧不完全所形成的细小炭黑被烟气带到尾部空气预热器, 黏结在空气预热器上。这些油污如果得不到及时清理, 炭黑越积越厚, 尤其在锅炉启动运行时, 将会起火燃烧, 烧毁空气预热器。为了防止锅炉尾部发生二次燃烧事故, 规程规定要装设吹灰与灭火装置。装设有点火油枪的煤粉电站锅炉, 也应属于装设油燃烧器的锅炉之列, 锅炉启动阶段及低负荷投油稳燃时, 也会发生油污聚集于尾部空气预热器上的问题。因此, 锅炉尾部也应当装有空气预热器吹灰与灭火装置。

(2) 燃煤粉或者水煤浆锅炉, 在炉膛以及过热器或再热器的对流烟道内应装设吹灰装置。燃煤粉的锅炉如果炉膛结构或燃烧器与燃用煤种不相匹配, 易于在炉膛内水冷壁或在对流烟道内的过热器、再热器结焦或沾污积灰, 导致水冷壁、过热器或再热器传热恶化。为了保证锅炉蒸汽参数达到设计规定值, 保证锅炉效率, 应当在炉膛或布置有过热器、再热器的对流烟道内装设吹灰装置, 以便及时清理这些受热面上的焦与灰。

(3) 新规程增加了对水煤浆锅炉的要求。近年来, 陆续有水煤浆锅炉投入运行, 其受热面结焦或沾污积灰情况本质上是和燃煤粉锅炉相同的, 因此也对其提出同样的吹灰要求。

3.21 尾部烟道疏水装置

B 级及以下燃气锅炉和冷凝式锅炉尾部烟道应当设置可靠的疏水装置。

• 条款说明: 新增条款。

• 条款解释: 本条款是对尾部烟道设置疏水装置的规定。

传统的工业锅炉排烟温度一般在 $160\sim 250^{\circ}\text{C}$, 烟气中的水蒸气仍处于过热状态, 不会凝结成液态的水而放出汽化潜热。而冷凝式锅炉就是利用高效的烟气冷凝余热回收装置来吸收锅炉尾部排烟中的显热和水蒸气凝结所释放的潜热, 以达到提高锅炉热效率的目的。冷凝式锅炉能够回收烟气中水蒸气潜热的多少与锅炉所使用的燃料种类和锅炉的出水温度有关。当无冷凝回收装置的普通锅炉燃烧天然气时, 如果锅炉的热效率按燃料低位发热量计算为 90% 时, 采用冷凝式余热回收装置后, 排烟温度降到 $30\sim 50^{\circ}\text{C}$, 其热效率则会提高到 107% 左右。当锅炉尾部受热面金属壁温低于烟气露点温度时, 烟气中的水蒸气将被冷凝而成为凝结水。B 级及以下燃气锅炉和冷凝式锅炉尾部烟道易形成烟气冷凝水, 烟气凝结成水的速率很高, 这些烟气冷凝水对金属腐蚀性很强, 必须设置可靠的疏水装置将其及时排出, 以保证锅炉的正常运行。

3.22 防爆门

额定蒸发量小于或者等于 75t/h 的燃用煤粉、油或者气体的水管锅炉，未设置炉膛安全自动保护系统时，炉膛和烟道应当设置防爆门，防爆门的设置不应当危及人身安全。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 58 条。

《蒸规》第 58 条 额定蒸发量小于或等于 75t/h 的水管锅炉，当采用煤粉、油或气体作燃料时，在炉膛和烟道等容易爆燃的部位一般应设置防爆门。防爆门的设置应不致危及人身的安全。

• 条款解释：本条款是对炉膛和烟道设置防爆门的规定。

(1) 燃用煤粉、油或气体燃料的炉膛在非正常燃烧工况下，如煤粉混合浓度过高等，一旦具备合适的条件，如炉温等符合煤粉爆燃条件，将会发生炉膛爆炸事故。一般大型电站锅炉燃烧自动化控制程度很高，都设置有炉膛安全保护系统装置，它在锅炉启动、运行及停炉的各个阶段，连续实时监测锅炉有关运行参数，根据防爆规程规定的安全条件，不断地进行逻辑判断和运算，通过相应联锁装置使燃烧设备按照既定程序完成必要操作。避免可导致炉膛爆炸的空气-燃料混合物在炉膛、烟道内聚积，并在出现危及锅炉安全工况时，迅速切断进入炉膛的所有燃料和空气，可有效预防炉膛发生爆炸事故。

(2) 水管式锅炉且额定蒸发量小于或等于 75t/h 的锅炉才要求在炉膛和烟道合适部位装设防爆门。防爆门的作用不在于防止炉膛发生爆炸，而是一旦发生炉膛爆炸，防爆门可以自行开启，起到炉膛泄压作用，降低炉膛破坏程度。对于水管锅炉炉膛装设防爆门的必要性，国内外锅炉业界认识尚不一致。早在 1980 年代，国内已有锅炉技术人员提出防爆门不防爆的看法。随着锅炉容量的增加，炉膛容积越来越大，一旦炉膛发生爆炸时，防爆门根本就来不及起到炉膛泄压的作用。实际上国内大型电站锅炉早已不再装设防爆门。考虑到我国的习惯，对于容量较小的锅炉，一般还是要求装防爆门。

(3) 防爆门的装设位置要考虑到锅炉运行操作人员通行的安全，以防止一旦发生炉膛爆炸操作人员受到伤害。

3.23 门孔

3.23.1 门孔的设置和结构

(1) 锅炉上开设的人孔、头孔、手孔、清洗孔、检查孔、观察孔的数量和位置应当满足安装、检修、运行监视和清洗的需要；

(2) 集箱手孔孔盖与孔圈采用非焊接连接时，应当避免直接与火焰接触；

(3) 微正压燃烧的锅炉，炉墙、烟道和各部位门孔应当有可靠的密封，看火孔应当装设防止火焰喷出的联锁装置；

(4) 锅炉受压元件人孔圈、头孔圈与筒体、封头（管板）的连接应当采用全焊透结构；人孔盖、头孔盖、手孔盖、清洗孔盖、检查孔盖应当采用内闭式结构；对于 B 级及以下锅炉，其受压元件的孔盖可以采用法兰连接结构，但不得采用螺纹连接；炉墙上人孔门应当装设坚固的门闩；炉墙上监视孔的孔盖应当保证不会被烟气冲开；

(5) 锅筒内径大于或者等于 800mm 的水管锅炉和锅壳内径大于 1000mm 的锅壳锅炉, 均应当在筒体或者封头(管板)上开设人孔, 由于结构限制导致人员无法进入锅炉时, 可以只开设头孔; 对锅壳内布置有烟管的锅炉, 人孔和头孔的布置应当兼顾锅壳上部和下部的检修需求; 锅筒内径小于 800mm 的水管锅炉和锅壳内径为 800~1000mm 的锅壳锅炉, 应当至少在筒体或者封头(管板)上开设一个头孔;

(6) 立式锅壳锅炉下部开设的手孔数量应当满足清理和检验的需要, 其数量不少于 3 个。

• 条款说明: 修改条款。

原条款:《蒸规》第 42、59、60、61 条;《水规》第四章四、第 39、40 条。

《蒸规》第 60 条 锅炉上开设的人孔、头孔、手孔、清洗孔、检查孔、观察孔的数量和位置应满足安装、检修、运行监视和清洗的需要。

锅炉受压元件的人孔盖、头孔盖、手孔盖应采用内闭式结构。额定蒸汽压力小于或等于 1.6MPa 的锅炉, 其受压元件的人孔盖、头孔盖、手孔盖可采用法兰连接结构; 额定蒸汽压力大于 3.8MPa 的锅炉, 其受压元件的手孔盖可采用焊接式结构。炉墙上人孔的门应装设坚固的门闩; 炉墙上监视孔的孔盖应保证不会被烟气冲开。

《蒸规》第 42 条 集箱和防焦箱上的手孔, 当孔盖与孔圈采用非焊接连接时, 应避免直接与火焰接触。

《蒸规》第 59 条 微正压燃烧的锅炉, 炉墙、烟道和各部位门孔必须有可靠的密封, 看火孔必须装设防止火焰喷出的联锁装置。

《蒸规》第 61 条 锅筒内径大于或等于 800mm 的水管锅炉和锅壳内径大于 1000mm 的锅壳锅炉, 均应在筒体或封头(管板)上开设人孔。

锅筒内径小于 800mm 的水管锅炉和锅壳内径为 800~1000mm 的锅壳锅炉, 至少应在筒体或封头(管板)上开设一个头孔。

《水规》第四章四 额定出水压力小于或等于 1.6MPa 的锅炉, 其受压元件的人孔盖、头孔盖、手孔盖可采用法兰连接结构。

《水规》第 39 条 锅炉上开设的人孔、头孔、手孔、清洗孔、检查孔的数量和位置应满足安装、检修和清洗的需要。

锅炉受压元件的人孔盖、头孔盖应采用内闭式结构, 手孔盖宜采用内闭式, 盖的结构应保证衬垫不会吹出; 炉墙上人孔的门应装设坚固的门闩; 炉墙上监视孔的盖应保证不会被烟气冲开。

《水规》第 40 条 锅筒内径大于或等于 800mm 的水管锅炉及锅筒内径大于 1000mm 的锅壳式锅炉, 都应在封头(管板)或筒体上开设人孔。

锅筒内径为 800~1000mm 的锅壳式锅炉, 至少应在封头(管板)或筒体上开设一个头孔。

锅壳式锅炉的管板下部若无人孔或头孔时, 应开设清洗孔。

• 条款解释: 本条款是对各种门孔设置和结构的规定。主要修改内容是增加了锅炉受压元件人孔圈、头孔圈与筒体的连接应当采用全焊透结构的规定, 以及立式锅壳锅炉下部开设手孔数量的规定。

(1) 锅炉上开设门孔的种类和作用。锅炉上开设门孔的种类包括人孔、头孔、手孔、清洗孔、检查孔和观察孔等等。这些孔的位置和数量要满足安装、检修、运行监视和清洗的

要求。

锅筒上的人孔主要是为了安装、检修的需要。散装出厂的水管锅炉的锅筒内部件一般是在安装工地进行安装,而锅壳式锅炉锅壳内的一些元件,如拉撑件与锅壳、管板的焊接也需要在锅壳内进行。锅炉检修时,检验人员和修理人员均需进入锅筒内,没有人孔无法完成上述工作。头孔是开在锅筒(锅壳)上,主要是为了检验之用。有些锅炉容量较小。锅筒直径较小,无法开人孔。需要开一头孔,检验时检验人员虽然不能进入锅筒内,但头部可以伸入锅筒内检查其内部情况。

(2) 当集箱上的手孔盖与孔圈采用非焊接方式连接时,应避免与火焰直接接触。如果手孔直接与火焰接触,将会因得不到足够冷却而极易发生变形,同时孔盖与孔圈间的密封垫圈也极易老化,导致孔盖与孔圈失去了严密性,容易发生泄漏事故。

如果孔盖与孔圈采用焊接连接方式形成了一个整体,也就不存在孔盖与孔圈之间密封垫片的受热老化问题,孔盖在锅炉运行时也可以得到较好的冷却,也就可以与火焰直接接触了。

(3) 微正压燃烧的锅炉,炉膛内的压力稍高于炉外的大气压力,如果炉膛密封不佳,火焰或高温烟气会从炉膛或烟道内自动向外喷出。不但恶化了操作环境,威胁操作人员的人身安全,同时也会降低锅炉热效率,缩短锅炉使用寿命。

看火孔应有防止火焰喷出的联锁装置。联锁装置的主要作用是,当打开看火孔的孔盖时,看火孔可同时自动向炉内吹射压缩空气,以防止火焰喷出伤人。

(4) 增加了人孔圈、头孔圈与筒体、封头的连接应当采用全焊透结构,主要是考虑到这些焊缝对锅炉安全至关重要,大量锅炉爆炸事故也证明了这些部位是薄弱环节。受压件上的人孔盖、头孔盖和手孔盖等应采用内闭式结构,主要是考虑到内闭式结构在承压状态下密封效果更好同时,在承压情况下内闭式孔盖由于系统压力的作用不易打开,可防止汽水喷出伤人。B级及以下锅炉受压元件的孔盖可采用法兰连接结构。主要是考虑到电加热锅炉结构的需要。螺纹连接因其无法长期保证密封性所以不得采用。

考虑锅炉产生正压燃烧时,防止火焰喷出伤人,炉墙上的人孔门和监视孔应设置相应的保护措施。

(5) 为了满足锅炉内部构件组装、维护、检验、修理等需要,锅炉应在在筒体或封头上开设人孔,以便人员能够进入内部空间作业。对水管锅炉锅筒内径大于或等于800mm,对于锅壳锅炉的锅壳内径大于1000mm,均应当在筒体或者封头(管板)上开设人孔。由于结构原因,人员无法进入内部时,开设人孔已经没有实际意义,可只开设头孔,便于人员检查内部。

(6) 增加了立式锅壳锅炉下部开设手孔数量不少于3个的规定。立式锅炉是我国最近几年发生爆炸事故最多的炉型,究其原因,使用维护不当是主要原因之一,特别是立式锅炉下脚圈由于原始设计制造缺陷加之清理维护不足,是立式锅炉重要起爆点。立式锅炉下部开设的手孔是为了满足泥垢清理和检验的需要,为此,本次修订增加了数量不少于3个的最低规定,手孔数量分布应当满足整个下脚圈的周向检查和清理的需要。

3.23.2 门孔的尺寸(注3-3)

(1) 锅炉受压元件上,椭圆人孔应当不小于280mm×380mm,圆形人孔直径应当不小于380mm,人孔圈最小的密封平面宽度为19mm,人孔盖凸肩与人孔圈之间总间隙应当不超过3mm(沿圆周各点上不超过1.5mm),并且凹槽的深度应当达到能够完整地容纳密封垫片;

(2) 锅炉受压元(部)件上,椭圆头孔应当不小于 $220\text{ mm} \times 320\text{ mm}$, 颈部或者孔圈高度不应超过 100 mm , 头孔圈最小的密封平面宽度为 15 mm ;

(3) 锅炉受压元件上,手孔短轴应当不小于 80 mm , 颈部或者孔圈高度应当不超过 65 mm , 手孔圈最小的密封平面宽度为 6 mm ;

(4) 锅炉受压元件上,清洗孔内径应当不小于 50 mm , 颈部高度应当不超过 50 mm ;

(5) 炉墙上椭圆形人孔一般不小于 $400\text{ mm} \times 450\text{ mm}$, 圆形人孔直径一般不小于 450 mm , 矩形门孔一般不小于 $300\text{ mm} \times 400\text{ mm}$ 。

注 3-3: 如果因结构原因, 颈部或者孔圈高度超过本规程 3.23.2 规定, 孔的尺寸应当适当放大。

• 条款说明: 修改条款。

原条款:《蒸规》第 62 条、《水规》第 41 条。

《蒸规》第 62 条 门孔的尺寸规定如下:

1. 锅炉受压元件上,椭圆人孔不应小于 $280\text{ mm} \times 380\text{ mm}$, 圆形人孔直径不应小于 380 mm 。人孔圈最小的密封平面宽度为 18 mm 。人孔盖凸肩与人孔圈之间总间隙不应超过 3 mm (沿圆周各点上不超过 1.5 mm), 并且凹槽的深度应达到能完整地容纳密封垫片。

2. 锅炉受压元件上,椭圆头孔不得小于 $220\text{ mm} \times 320\text{ mm}$, 颈部或孔圈高度不应超过 100 mm 。

3. 锅炉受压元件上,手孔短轴不得小于 80 mm , 颈部或孔圈高度不应超过 65 mm 。

4. 锅炉受压元件上,清洗孔内径不得小于 50 mm , 颈部高度不应超过 50 mm 。

5. 炉墙上椭圆形人孔一般应不小于 $400\text{ mm} \times 450\text{ mm}$, 圆形人孔直径一般应不小于 450 mm , 矩形门孔一般应不小于 $300\text{ mm} \times 400\text{ mm}$ 。

若颈部或孔圈高度超过上述规定, 孔的尺寸应适当放大。

《水规》第 41 条 门孔的尺寸规定如下:

(1) 锅炉受压元件上,椭圆人孔不得小于 $280\text{ mm} \times 380\text{ mm}$ 。人孔圈最小的密封平面宽度为 18 mm 。人孔盖凸肩与人孔圈之间总间隙不应超过 3 mm (沿圆周各点上不超过 1.5 mm), 并且凹槽的深度应达到能完整地容纳密封垫片。

(2) 锅炉受压元件上,椭圆头孔不得小于 $220\text{ mm} \times 320\text{ mm}$, 颈部或孔圈高度不应超过 100 mm 。

(3) 锅炉受压元件上,手孔短轴不得小于 80 mm , 颈部或孔圈高度不应超过 65 mm 。

(4) 锅炉受压元件上,清洗孔内径不得小于 50 mm , 颈部高度不应超过 50 mm 。

(5) 炉墙上长方形人孔一般不应小于 $400\text{ mm} \times 450\text{ mm}$, 圆形人孔直径一般不应小于 450 mm 。

若颈部或孔圈高度超过上述规定, 孔的尺寸应适当放大。

• 条款解释: 本条款是对门孔几何尺寸的规定。

各种门孔的几何尺寸大小是要兼顾不同功能需要的前提下, 又尽量减少由于开孔尺寸过大而造成强度减弱过多, 增加制造成本。人孔的最小几何尺寸是为了方便工作人员进入筒体内部; 头孔、手孔的最小几何尺寸是为了便于检修人员的头(手)部能自如伸入筒体内, 由于孔圈或颈部高度会妨碍检修人员头(手)部进入内部后自由运动, 因此对孔圈或颈部高度也规定了上限值, 按此原理, 当孔圈或颈部高度超过规定值时, 孔的尺寸应当适当放大。

人孔圈、头孔圈和手孔圈密封面的尺寸是为了保证人孔、头孔和手孔的密封。规程人孔圈最小的密封平面宽度由18mm改为19mm,这是为了与GB/T 16508—1996《锅壳锅炉受压元件强度计算》标准的规定一致。

3.24 锅炉钢结构

3.24.1 基本要求

支承式和悬吊式锅炉钢结构的设计,应当符合GB/T 22395《锅炉钢结构设计规范》的要求。

- 条款说明:新增条款。
- 条款解释:本条款就是对锅炉钢结构设计的规定。

锅炉钢结构是锅炉的重要组成部分,目前大型电站锅炉的钢结构已是近百米之高的庞然大物,其重要性不言而喻,有必要对其基本设计要求进行规定。锅炉钢结构设计应贯彻执行国家现行标准,做到技术先进、经济合理、安全适用。

GB/T 22395—2008《锅炉钢结构设计规范》是在JB/T 6736—1993《锅炉钢结构设计导则》和JB 5339—1991《锅炉构架抗震设计标准》基础上修订而成,其基本原则如下。

(1) 锅炉钢结构要支承锅炉本体各部件,并维持它们之间的相对位置,还要承受风荷载、雪荷载和地震作用,承受电力设计单位提供并经锅炉设计单位同意的作用在锅炉钢结构上的荷载。除特殊要求外,锅炉钢结构不考虑直接承受动力荷载。

(2) 锅炉钢结构应采用以概率理论为基础的极限状态设计法,用分项系数设计表达式进行计算,按承载能力极限状态和正常使用极限状态设计。按承载能力极限状态设计锅炉钢结构时,应考虑荷载(作用)效应的基本组合,必要时尚应考虑荷载(作用)效应的偶然组合。按正常使用极限状态设计锅炉钢结构时,应考虑荷载(作用)效应的标准组合。

(3) 抗震设防烈度为6度及以上地区的锅炉钢结构,应进行抗震设计。抗震设防烈度大于9度时,应按有关专门规定执行。

(4) 露天布置和紧身封闭的锅炉钢结构应进行抗风验算。

(5) 锅炉钢结构构件应尽量避免高温(150℃以上)作用,长期受到高温作用的构件,除选用合适的钢材外,尚应对其采取必要的隔热或冷却措施。

(6) 设于寒冷地区的锅炉钢结构,在设计时应采取措施提高结构的抗脆断能力。

(7) 锅炉钢结构的节点无论采用何种连接形式,当节点视为刚性连接时,应符合受力过程中构件在节点处的交角不变的假定,同时连接应具有充分的强度承受交汇构件端部传递的所有最不利内力。当节点视为铰接时,应使连接具有充分的转动能力,但能有效地传递横向剪力与轴心力。

(8) 除另有规定外,锅炉钢结构的结构重要性系数 γ_0 取1.0。

3.24.2 平台、扶梯

操作人员立足地点距离地面(或者运转层)高度超过2000mm的锅炉,应当装设平台、扶梯和防护栏杆等设施。锅炉的平台、扶梯应当符合以下规定:

(1) 扶梯和平台的布置能够保证操作人员顺利通向需要经常操作和检查的地方;

(2) 扶梯、平台和需要操作及检查的炉顶周围设置的栏杆、扶手以及挡脚板的高度满足相关规定;

(3) 扶梯的倾斜角度一般为 $45^{\circ} \sim 50^{\circ}$ ，如果布置上有困难时，倾斜角度可以适当增大；

(4) 水位表前的平台到水位表中间的铅直高度宜为 1000~1500mm。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 63 条；《水规》第 42 条。

《蒸规》第 63 条 操作人员立足地点距离地面（或运转层）高度超过 3000mm 的锅炉，应装设平台、扶梯和防护栏杆等设施。锅炉的平台、扶梯应符合下列规定：

1. 扶梯和平台的布置应保证操作人员能顺利通向需要经常操作和检查的地方。

2. 扶梯和平台应防滑，平台应有防火设施。

3. 扶梯、平台和需要操作及检查的炉顶周围，都应有铅直高度不小于 1000mm 的栏杆、扶手和高度不小于 80mm 的挡脚板。

4. 扶梯的倾斜角度以 $45^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 为宜。如布置上有困难时，倾斜角度可以适当增大。

5. 水位表前的平台到水位表中间的铅直高度应为 1000~1500mm。

《水规》第 42 条 为了操作、检修的方便和安全，锅炉应装设扶梯，对于操作部位较高，操作人员立足地点距离地面（或运转层）高度超过 3m 的锅炉，应装设平台和防护栏杆等设施。锅炉的平台、扶梯应符合下列规定：

(1) 扶梯和平台的布置应保证操作人员能顺利通向需要经常操作和检查的地方。

(2) 扶梯和平台应防火、防滑。

(3) 扶梯、平台和需要操作及检查的炉顶周围，都应有铅直高度不小于 1m 的栏杆，扶手和高度不小于 80mm 的挡脚板。

(4) 扶梯的倾斜角度以 $45^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 为宜。布置上确有困难时，倾斜角度可以适当增大。

• 条款解释：本条款是对锅炉扶梯和平台的规定。

本条款的规定主要是为了方便锅炉操作人员进行操作、检验、修理等日常活动。同时也是为了保证操作人员在工作中的人身安全，防止发生人身跌落事故。

将“高度超过 3000mm 的锅炉”改为“高度超过 2000mm 的锅炉”，这是因为按照 GB/T 3608—2008《高处作业分级》标准的规定，高度超过 2m 就属于高处作业。高处作业高度 2m 至 5m 时，称为一级高处作业，在 5m 以上至 15m 时，称为二级高处作业，在 15m 以上至 30m 时，称为三级高处作业，高度在 30m 以上时，称为特级高处作业。

原规程要求扶梯、平台和需要操作及检查的炉顶周围，都应有铅直高度不小于 1000mm 的栏杆、扶手和高度不小于 80mm 的挡脚板。这些要求与强制性的国家标准 GB 4053.3—2009《固定式钢梯及平台安全要求 第三部分：工业防护栏杆及钢平台》的规定不相符。GB 4053.3 规定：在距基本面高度大于等于 2m 并小于 20m 的平台、通道及作业场所的防护栏杆高度应不低于 1050mm，在距基本面高度不小于 20m 的平台、通道及作业场所的防护栏杆高度应不低于 1200mm，挡脚板顶部在平台地面之上高度不小于 100mm，其底部距地面应不大于 10mm，挡脚板宜采用不小于 100mm×2mm 的钢板制造。因此新规程改为：扶梯、平台和需要操作及检查的炉顶周围设置的栏杆、扶手以及挡脚板的高度应当满足相关规定。这里的相关规定指的就是国家标准 GB 4053.3。

3.25 直流电站锅炉特殊规定

(1) 直流电站锅炉应当设置启动系统，容量应当与锅炉最低直流负荷相适应；

(2) 直流电站锅炉采用外置式启动(汽水)分离器启动系统时,隔离阀的工作压力应当按照最大连续负荷下的设计压力考虑,启动(汽水)分离器的强度按照锅炉最低直流负荷的设计参数设计计算;采用内置式启动(汽水)分离器启动系统时,各部件的强度应当按照锅炉最大连续负荷的设计参数计算;

(3) 直流电站锅炉启动系统的疏水排放能力应当满足锅炉各种启动方式下发生汽水膨胀时的最大疏水流量;

(4) 直流电站锅炉水冷壁管内工质的质量流速在任何运行工况下都应当大于该运行工况下的最低临界质量流速。

• 条款说明:新增条款。

• 条款解释:本条款是对直流电站锅炉的规定。

(1) 直流锅炉的启动特点是在锅炉点火前就必须不间断地向锅炉进水,建立足够的启动流量,确保给水连续不断地强制流经受热面,使其得到冷却。这就需要设置启动系统来实现,以使锅炉在启动、停炉和低负荷运行期间水冷壁管内工质的质量流速不小于最小直流负荷点(本生点)的质量流速。

(2) 一般直流锅炉通常采用外置式汽水分离器启动系统,在锅炉由启动阶段转为纯直流运行后汽水分离器即从系统中切除,因此仅隔离阀需按照最大连续负荷下的设计压力考虑,汽水分离器的强度按照锅炉最低直流负荷的设计参数设计计算即可。而对于高参数大容量直流锅炉为减少系统中的阀门数量、简化操作,避免切除汽水分离器时带来较大的汽温扰动以及考虑到调峰运行、机组频繁启停的要求,均采用内置式汽水分离器启动系统,汽水分离器在锅炉全部运行负荷范围内均在系统中不解列,因此其强度应当按照锅炉最大连续负荷的设计参数计算。

(3) 直流电站锅炉启动初期,锅炉蒸发受热面中会发生汽水膨胀过程,且以热态启动的膨胀流量最大,启动系统的疏水排放能力应大于这个膨胀流量以避免过热器进水。

(4) 直流电站锅炉水冷壁管内工质的质量流速与负荷成正比,在任何运行工况下,管内工质的质量流速都必须超过该工况下的最低极限临界流速,以保证水冷壁管有足够的冷却能力,避免水冷壁管金属超温。为此,在省煤器进口处应设有流量测量装置,在给水流量低于启动流量时将发出报警信号,甚至炉膛安全保护系统动作。

第四章 制造

一、本章结构及主要变化

本章共有6节,由“4.1 基本要求”、“4.2 胀接”、“4.3 焊接”、“4.4 热处理”、“4.5 焊接检验及相关检验”、“4.6 出厂资料、金属铭牌和标记”组成。本章主要变化为:

- 增加了采用外径控制法和管子壁厚减薄率控制法两种控制胀管质量的规定;
- 焊接工艺评定采用 NB/T 47014 (JB/T 4708)《承压设备焊接工艺评定》,替代了《蒸规》“附录 I 焊接工艺评定”;
- 增加了超声检测的使用范围,新增了超声衍射时差法 (TOFD) 无损检测方法;
- 大量减少了产品焊接试件的数量;产品焊接试件的力学性能检验采用 JB/T 4744《承压设备产品焊接试件的力学性能检验》,替代了《蒸规》和《水规》原有关规定;
- 对无损检测比例按锅炉设备级别作了较大调整,总体减小了无损检测比例。

二、条款说明与解释

4.1 基本要求

(1) 锅炉制造单位应当取得相应产品的特种设备制造许可证,方可从事批准范围内的锅炉产品制造,锅炉制造单位对出厂的锅炉产品性能和制造质量负责;

(2) 锅炉用材料下料或者坡口加工、受压元件加工成形后不应当产生有害缺陷,冷成形应当避免产生冷作硬化引起脆断或者开裂,热成形应当避免因成形温度过高或者过低而造成有害缺陷。

• 条款说明:新增条款。

• 条款解释:本条款是对锅炉制造的基本要求;其中,第4.1(1)条款是对锅炉制造厂应取得制造许可和对出厂的锅炉产品性能和制造质量负责的原则要求;条款内容是根据《特种设备安全监察条例》第十条“特种设备生产单位对其生产的特种设备的安全性能和能效指标负责”、第十四条“锅炉……的制造单位,应当经国务院特种设备安全监督管理部门许可,方可从事相应的活动”和《产品质量法》第二十六条“生产者应当对其生产的产品质量负责”的要求编制本款条文。

第4.1(2)条款是对锅炉在制造加工过程中不应产生有害缺陷的规定;锅炉用材料下料或坡口加工,经常采用热切割、锯切、剪切、机加工或这些方法的组合;筒节、封头、端盖等元件常用钢板轧制、压制或整体锻制而成;集箱、管配件常用管子经机加工、挤压、拉拔或整体锻制而成;管件加工常用弯制、挤压、锻粗、缩颈、扩口等工序制作,或用由以上几种方法组合制成;锅炉制造加工方法不应损害锅炉用材料的冶金和力学性能、降低材料性能或产生有害缺陷。冷成形应避免冷作硬化引起的脆断或开裂,必要时,成形前后应采取热处理措施。热成形应避免过热而晶粒粗化及成形温度过低而硬化,因此工艺应规定工件加热速率、温度、保温时间、成形最终温度以及成形后热处理要求等。这样的规定,在国际上,各主要规范都有相应的要求,如:《97/23/EC 欧共体承压设备指令》附录 I 基本安全要求中规定:“在零部件的准备工作(例如成形和坡口加工)中,不得引起危及承压设备安全的缺陷、裂纹,也不得改变零部件材料的力学性能”,“永久性连接接头及其附近区域,不得有

危及承压设备安全的表面缺陷或内部缺陷”；ASME 第 1 卷 动力锅炉建造规则中 PG-75 至 PG-81 是对制造要求，表 PG-19 后冷加工成型应变范围和热处理要求；PW-29.2 当采用热切割时，应考虑对母材的力学性能和金相组织有何影响。

4.2 胀接

4.2.1 胀接工艺

胀接施工单位应当根据锅炉设计图样和试胀结果制定胀接工艺规程。胀接前应当进行试胀。在试胀中，确定合理的胀管率。需要在安装现场进行胀接的锅炉出厂时，锅炉制造单位应当提供适量同牌号的胀接试件。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 122、123 条；《水规》第 77、78 条。

《蒸规》第 122 条 胀接前应进行试胀工作，以检查胀管器的质量和管材的胀接性能。在试胀工作中，要对试样进行比较性检查，检查胀口部分是否有裂纹，胀接过渡部分是否有剧烈变化，喇叭口根部与管孔壁的结合状态是否良好等，然后检查管孔壁与管子外壁的接触表面的印痕和啮合状况。根据检查结果，确定合理的胀管率。

需在安装现场进行胀接的锅炉出厂时，锅炉制造单位应提供适量同钢号的胀接试件（胀接试板应有管孔）。

《蒸规》第 123 条 施工单位应根据锅炉设计图样和试胀结果制订胀接工艺规程。胀管操作人员应经过培训，并严格按照胀接工艺规程进行胀管操作。

《水规》第 77 条 在正式胀接前应进行试胀，以检查胀管器的质量和管材的胀接性能。在试胀中，要对试样进行比较性检查，检查胀口部分是否有裂纹，胀接过渡部分是否有剧烈变化，喇叭口根部与管孔壁的结合状态是否良好等，然后检查管孔壁与管子外壁的接触表面的印痕和啮合状况。根据检查结果，确定合理的胀管率。

需在安装现场进行胀接的锅炉出厂时，锅炉制造单位应提供适量同钢号的胀接试件（胀接试板应有管孔）。

《水规》第 78 条 施工单位应根据锅炉设计图样和试胀结果制订胀接工艺规程。

胀接操作人员应经过培训，严格按照胀接工艺规程进行操作。

• 条款解释：本条款是对胀接前应制订胀接工艺的规定；修改内容有：

胀接前应进行试胀工作，删除了目的用语“以检查胀管器的质量和管材的胀接性能”的要求。

删除了“要对试样进行比较性检查，检查胀口部分是否有裂纹，胀接过渡部分是否有剧烈变化，喇叭口根部与管孔壁的结合状态是否良好等，然后检查管孔壁与管子外壁的接触表面的印痕和啮合状况。”和“胀管操作人员应经过培训，并严格按照胀接工艺规程进行胀管操作”；这些具体要求可由相应的工艺或技术标准来确定。

(1) 胀接前试胀的目的：

- ① 检查胀管器的质量，胀管器的质量直接关系到胀接的质量；
- ② 检查管子的胀接性能，通过试胀检查的结果对管材胀接性能加以评定；
- ③ 通过对试件对比性检查结果确定合理的胀管率，也就是选取一个最佳的胀管率值。

采用胀接方法将管子与管板（或锅筒）牢固地固定住，主要是利用在胀接过程中管壁和管孔壁不均匀变形而产生的残余径向应力，达到管子和管板牢固紧密的连接。为保持胀接质量的稳定性，减小人为的随意性，胀接工作应按胀接工艺规程进行。胀接工艺规程则是依据

设计图样和试胀结果制定的,通过对试件进行比较性检查,确定合理的胀管率,编制胀接工艺规程,按工艺规程胀接,以保证胀接质量。

(2) 要求锅炉制造单位为现场安装的锅炉提供试胀用的胀接试件(胀接试板应有管孔)。在锅炉安装现场,往往没有钢号相同厚度相同的管子和板材,给安装现场进行试胀工作带来一定的难度,有时还会引起不必要的争议。为此在1987版规程以来一直保留此条款。

4.2.2 胀接管子材料

胀接管子材料宜选用低于管板(锅筒)硬度的材料。如果管端硬度大于管板(锅筒)硬度时,应当进行退火处理。管端退火不应当用煤炭作燃料直接加热,管端退火长度应当不小于100mm。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第125条、《水规》第80条。

《蒸规》第125条 胀接管子材料宜选用低于管板硬度的材料。若管端硬度大于管板硬度时,应进行退火处理。管端退火不得用煤炭作燃料直接加热,管端退火长度不应小于100mm。

《水规》第80条 胀接管子材料应选用低于管板硬度的材料。若管端硬度大于管板硬度或管端布氏硬度HB大于170时,应进行退火处理。管端退火长度不应小于100mm。

• 条款解释:本条是对胀管的管子硬度和技术处理要求。修改内容有:

将“管板硬度”改为“管板(锅筒)硬度”,因在实际使用中,仅用“管板”已不准确了,对于双锅筒D型锅炉,很多胀口开在锅筒上;条文的其他内容仍保留原文。

(1) 对管材选用的要求,管端的硬度应低于管板(锅筒)的硬度。管端的硬度低于管板(锅筒)的硬度是胀接基本原理所确定的。选用管子的硬度低于管板(锅筒)硬度的材料,有利于保证胀接质量。

(2) 明确了不允许采用煤作燃料直接加热的方法。这种方法使管端加热不均匀,影响退火效果,其次加热温度不易控制,难以达到退火的效果。间接加热方法不与火焰直接接触,不会产生过多的氧化皮,也不会改变金属组织。同时规定了加热长度,只要保证管端部分的硬度不超过管板(锅筒)的硬度。

4.2.3 胀管率计算方法

4.2.3.1 内径控制法

当采用内径控制法时,胀管率一般应当控制在1.0%~2.1%范围内。胀管率按照公式(4-1)计算。

$$H_n = \left[\frac{d_1 + 2t}{d} - 1 \right] \times 100\% \quad (4-1)$$

式中 H_n ——内径控制法胀管率,%;

d_1 ——胀完后的管子实测内径,mm;

t ——未胀时的管子实测壁厚,mm;

d ——未胀时的管孔实测直径,mm。

• 条款说明:保留条款。

原条款:《蒸规》第126条、《水规》第81条(略)。

• 条款解释:本条款是对采用内径控制法的控制胀管质量的规定。

(1) 胀管率是控制胀接质量一个重要指标, 胀管率过小、过大都不好; 当胀管率太小时, 管壁还未进入塑性变形状态, 胀管器取出后, 管壁回弹, 形不成径向残余应力, 或径向残余应力较小, 难以保证胀接质量。当胀管率过大时, 除管壁进入塑性变形状态外, 管孔壁也出现部分塑性变形状态, 消失或部分消失了弹性变形, 取出胀管器后使形成的径向残余应力降低, 同样影响胀接质量。而且由于胀管率过大而引起的胀口渗漏, 一般无法进行补胀, 再继续胀接只会进一步增加塑性变形层的厚度, 减小径向残余应力。

胀管率本意为: 管孔的胀大率。按这一意义, 胀管率的计算公式为:

$$H = \frac{d_2 - d_1}{d_1} \times 100\%$$

式中 H ——胀管率;

d_1 ——未胀时的管孔直径;

d_2 ——胀完后的管孔直径。

但采用这个公式时, d_2 无法测定。所以, 本规程推荐了第 4.2.3.1 款内径控制法、第 4.2.3.2 款外径控制法、第 4.2.3.3 款管子壁厚减薄率控制法几个计算公式。

本条款规定了内径控制法的胀管率一般在 1%~2.1% 范围内。在胀接过程中, 该公式中没有考虑管壁减薄, 所以计算出来的胀管率比实际的胀管率大。

通过多年的胀接实践和试验证明, 本公式的胀管率, 最佳值为 1.8%~2.4%。另外, 对胀管率的控制有“一般”二字。在规程历史上 (包括 1980 年版规程部分条文修改、1987 年版规程和 1996 年版规程), 主要考虑到一台锅炉特别是水管锅炉, 有上百个甚至几百个胀口, 保证每个胀口的胀管率在 1%~2.1% 范围内有一定的难度。“一般”的含义是做了有条件的放宽, 也就是允许少量胀口的胀管率在控制范围之外, 但水压试验要通过。

(2) 内径控制法的胀管率计算公式是由下式 (即 1987 年版规程的胀管率计算公式) 演变过来的:

$$H = \frac{d_1 - d_2 - \delta}{d} \times 100\%$$

式中 H ——胀管率, %;

d_1 ——胀完后的管子实测内径, mm;

d_2 ——未胀时的管子实测内径, mm;

d ——未胀时的管孔实测直径, mm;

δ ——未胀时管孔实测直径与管子实测外径之差, mm。

公式中的 δ 为:

$$\delta = d - (d_2 + 2t)$$

代入公式化简即得本条款推荐的公式。1987 年版规程的胀管率计算公式与本条款推荐的公式相比: 公式中组成的实测数据由 4 个数据变为 3 个数据, 减少胀接时的测量工作量。另外, 壁厚 t 的测量比间隙 δ 的测量容易。

4.2.3.2 外径控制法

对于水管锅炉, 当采用外径控制法时, 胀管率一般控制在 1.0%~1.8% 范围内。胀管率按照公式 (4-2) 计算。

$$H_w = \frac{D - d}{d} \times 100\% \quad (4-2)$$

式中 H_w ——外径控制法胀管率, %;
 D ——胀管后紧靠锅筒外壁处管子的实测外径, mm;
 d ——未胀时的管孔实测直径, mm。

• 条款说明: 新增条款。

• 条款解释: 本条款是对采用外径控制法的控制胀管质量的规定。

1983 年对湖北省工业安装公司经多年采用外径控制法的胀接实践摸索出来的胀管率计算公式, 原劳动人事部锅炉局以 [1983] 26 号文的形式加以确认:

$$H_w = \frac{D-d}{d} \times 100\%$$

式中 H_w ——胀管率, %;
 D ——胀后锅筒外壁处管子的实测外径, mm;
 d ——未胀时管孔直径的实测值, mm。

该公式只适用于水管锅炉管子与锅筒的胀接, 管子与锅筒的材质均为碳钢。

4.2.3.3 管子壁厚减薄率控制法

(1) 在胀管前的试胀工作中应当对每一种规格的管子和壁厚的组合都进行扭矩设定;

(2) 扭矩设定是通过试管胀进试板的管孔来实现的, 试管胀接完毕后, 打开试板, 取出试管测量管壁减薄量, 然后计算其管壁减薄率, 管子壁厚减薄率一般应当控制在 10%~12% 范围内, 扭矩设定完毕后, 应当将扭矩记录下来, 并且将其应用于生产; 胀接管子壁厚减薄率应当按照公式 (4-3) 计算:

$$\text{壁厚减薄率} = \frac{\text{胀接前管壁厚} - \text{胀接后管壁厚}}{\text{胀接前管壁厚}} \times 100\% \quad (4-3)$$

(3) 为保证胀管设备的正常运行, 在施工中每班工作之前, 操作人员都应当进行一次试胀, 同时检验部门应当核实用于施工的扭矩是否与原设定的扭矩完全相同。

• 条款说明: 新增条款。

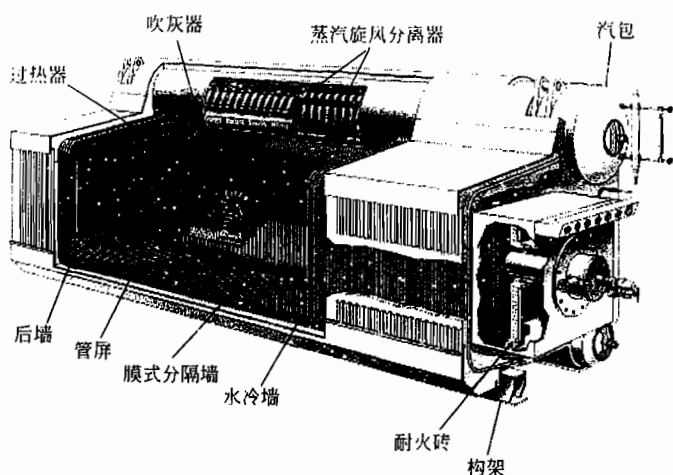
• 条款解释: 本条款是对采用管子壁厚减薄率控制法的控制胀管质量的规定。

《蒸规》第六章胀接, 只叙述了内径控制法, 生产的实践经监察部门批准出现了外径控制法。随着技术引进, 出现了 FM 锅炉 (frequency modulation boiler) (双锅筒纵向布置的 D 型快装锅炉), 如释图 4-1 所示。其对流管束采用密节距, 管子上、下端和锅筒的连接采用胀接方法。此锅炉可燃油、天然气及油气混燃, 体积紧凑。胀接工作量大, 依靠过去规定的胀管的控制方法不能适用于这种锅炉制造的需要, 制造单位提出管子壁厚减薄率控制法, 此种方法已在 FM 锅炉实际制造中广为采用。

按内径控制法胀接管子, 在胀接中需要对胀接前的管子壁厚和管孔进行实测, 胀接后的对管子内径也要进行实测, 胀接一台炉子需要测量的数据有几千个。这样不仅需要耗费很多时间, 延长制造周期, 而且环境、人员等不同因素会给数据的准确性带来不利的影响。

内径控制法的胀接质量完全靠操作者的手感掌握, 即依靠操作者的经验控制胀接质量。因此, 对胀接操作者的操作水平要求很高, 否则容易产生胀接质量问题, 人为因素很大。

而用管子壁厚减薄率控制法, 只需在扭矩设定时, 测量少量数据; 扭矩设定之后, 在胀管过程中不需要对每一根管子和管孔进行测量。可以省去大量的时间, 缩短生产周期, 提高



释图 4-1 FM 锅炉

生产效益。

管子壁厚减薄率控制法的胀接质量主要是靠设备保证，人为因素的影响很小。在胀管过程中，当胀接扭矩达到预先设定的扭矩后，胀管设备就会自动停止，不会出现过胀等质量问题。因此生产中只要胀管设备运行正常，操作方法正确，胀管质量就能有可靠保证。

4.2.4 胀接质量

(1) 胀接管端伸出量以 6mm~12mm 为宜，管端喇叭口的扳边应当与管子中心线成 12° ~ 15° 角，扳边起点与管板（筒体）表面以平齐为宜；

(2) 对于锅壳锅炉，直接与火焰（烟温 800°C 以上）接触的烟管管端应当进行 90° 扳边，扳边后的管端与管板应当紧密接触，其最大间隙应当不大于 0.4mm，且间隙大于 0.05mm 的长度应当不超过管子周长的 20%；

(3) 胀接后，管端不应当有起皮、皱纹、裂纹、切口和偏斜等缺陷；在胀接过程中，应当随时检查胀口的胀接质量，及时发现和消除缺陷。

• 条款说明：保留条款。

原条款：《蒸规》第 127、128 条，《水规》第 82、83 条（略）。

• 条款解释：本条是对管子胀后，管端扳边的限定和胀接管端表面质量的技术要求；是《蒸规》第 127 条和第 128 条、《水规》第 82 条和第 83 条的保留条款。

1. 胀接管端几何尺寸

(1) 管端伸出量以 6~12mm 为宜，过短无法进行 12° ~ 15° 扳边，与 800°C 以上烟温接触的烟管管端更无法进行 90° 扳边；太长无必要，烟管易于烧坏，水管则局部介质流动阻力大。

(2) 喇叭口扳边应与管子中心线成 12° ~ 15° 角，主要是防止锅炉运行中将管子拉脱。

(3) 喇叭口扳边起点与管板（锅筒）表面宜平齐。

2. 胀后扳边管端与管板产生间隙的限定

与火焰直接接触的管端必须进行 90° 扳边。扳边后的管端与管板接触的紧密程度，在定性上要求为应紧密接触，以保证管端足够的冷却，但是，在定量上要求 100% 紧密接触是难以办到的。根据规程执行的历史实践，允许有小量间隙，其间隙小于或等于 0.1mm，可忽

略不计,因小于0.1mm的间隙无法计量。间隙只计大于0.1mm,而小于或等于0.4mm,不超过管子周长的20%,间隙不得大于0.4mm。

胀接后管端缺陷有:管端起皮、皱纹、裂纹、切口、偏斜等。这些缺陷有的是由于管材质量问题造成的,有的是由于工艺或胀接操作不当造成的。这些缺陷都将影响锅炉安全运行。本规程规定,在胀接过程中,应随时检查胀口的胀接质量,及时发现和消除这些缺陷,以保证胀接质量。

4.2.5 胀接记录

胀接施工单位应当根据实际检查和测量结果,做好胀接记录,以便于计算胀管率和核查胀管质量。

• 条款说明:保留条款。

原条款:《蒸规》第129条和《水规》第84条(略)。

• 条款解释:本条款是对胀接施工中做好检查和记录的规定;是《蒸规》第129条和《水规》第84条的保留条款;仅将“施工单位”改为“胀接施工单位”;条文表述内容相同。

胀接中一些数据的测量和检查是一项重要的工作,数据的测量和记录是核查胀接质量的基础数据,胀管率的计算公式中的参量就是实际测量值。

4.2.6 胀接水压试验

胀接全部完毕后,应当进行水压试验,检查胀口的严密性。

• 条款说明:保留条款。

原条款:《蒸规》第130条,《水规》第85条(略)。

• 条款解释:本条款是对胀接工作后的检验要求;是《蒸规》第130条和《水规》第85条的保留条款,作了文字修订,将“必须进行水压试验”改为“应当进行水压试验”,条文表述内容相同。

胀接后的水压试验,主要是检查胀口的严密性。水压试验压力、试验操作以及合格标准按本规程第4.5.6.2条(水压试验压力和保压时间)、4.5.6.3条(水压试验过程控制)和4.5.6.4条(水压试验合格要求)的规定。

4.3 焊接

4.3.1 焊接操作人员管理

(1) 焊接锅炉受压元件的焊接操作人员(以下简称焊工),应当按照《特种设备焊接操作人员考核细则》(TSG Z6002)等有关安全技术规范的要求进行考核,取得《特种设备作业人员证》后,方可在有效期内从事合格项目范围内的焊接工作;

(2) 焊工应当按照焊接工艺施焊并且做好施焊记录;

(3) 锅炉受压元件的焊缝附近应当打焊工代号钢印,对不能打钢印的材料应当有焊工代号的详细记录;

(4) 制造单位应当建立焊工技术档案,并且对施焊的实际工艺参数和焊缝质量以及焊工遵守工艺纪律情况进行检查评价。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第65、66、67条;《水规》第44、45、46、47条。

《蒸规》第 65 条 焊接锅炉受压元件的焊工，必须按原劳动人事部颁发的《锅炉压力容器焊工考试规则》进行考试，取得焊工合格证后。可从事考试合格项目范围内的焊接工作。

焊工应按焊接工艺指导书或焊接工艺卡施焊。

《蒸规》第 66 条 锅炉受压元件的焊缝附近应打上低应力的焊工代号钢印。

《蒸规》第 67 条 焊接设备的电流表、电压表、气体流量计等仪表、仪器以及规范参数调节装置应定期进行检定。上述表、计、装置失灵时，不得进行焊接。

《水规》第 44 条 焊接锅炉受压元件的焊工，必须按原劳动人事部颁发的《锅炉压力容器焊工考试规则》进行考试，取得焊工合格证，方能担任考试合格范围内的焊接工作。

焊工应按焊接工艺指导书或焊接工艺卡施焊。

《水规》第 45 条 施焊单位应建立焊接工艺评定报告、焊工平时焊接锅炉受压元件的质量检查记录和定期（至少每季度一次）统计记录等技术档案。

《水规》第 46 条 焊接设备的电流表、电压表、气体流量计等仪表、仪器以及规范参数调节装置应定期进行检定。上述表、计、装置失灵时，该焊接设备不得使用。

《水规》第 47 条 锅炉受压元件的焊缝附近必须打上焊工代号钢印。

• 条款解释：本条款是对焊接操作人员管理的规定。修改内容有：

将“焊工”定为“焊接操作人员”的简称；

将《锅炉压力容器焊工考试规则》改为现行的 TSG Z6002—2010《特种设备焊接操作人员考核细则》；

在焊工应当按照焊接工艺施焊的要求之后，增加了“做好施焊记录”的规定；

删除了“低应力钢印”的要求；

增加了“对不能打钢印的材料应当有焊工代号的详细记录”的规定；

删除了“焊接设备的电流表、电压表、气体流量计等仪表、仪器以及规范参数调节装置应定期进行检定。上述表、计、装置失灵时，不得进行焊接。”的规定。

修改中增加了“制造单位应当建立焊工技术档案，并且对施焊的实际工艺参数和焊缝质量以及焊工遵守工艺纪律情况进行检查评价。”，强调了检查工艺执行情况的要求。

焊接是锅炉设备的制造主要工艺，焊接质量直接影响整体设备的质量，而焊接质量又取决于焊工的技术水平。因此，各个国家的锅炉规范或标准都明确规定，从事锅炉受压元件焊接工作的焊工必须按照一定的标准或规则考试合格才能进行。我国锅炉焊工考试规则已经颁发过五个版本，考试规则的版本历经了 20 世纪 60 年代的《锅炉、压力容器焊工考试规则》、1980 年 9 月 13 日颁布的《锅炉压力容器焊工考试规则》（试行）、1988 年 1 月 3 日颁布的《锅炉压力容器焊工考试规则》、2002 年 4 月 18 日颁布的国质检锅 [2002] 109 号《锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则》，直到现在，已经修改为 TSG Z6002—2010《特种设备焊接操作人员考核细则》（总局 2010 年第 126 号公告，2010 年 11 月 4 日颁布，2011 年 2 月 1 日起施行）。

除了焊工要求进行考试外，规程还强调了焊工必须是在考试合格项目的范围内进行施焊。根据 TSG Z6002—2010《特种设备焊接操作人员考核细则》的规定，焊接技能考试项目由焊接方法、试件材料、焊接材料及试件形式组成，技能考试的难易程度相差较大，有些考试合格项目可以替代，有些合格项目不能替代。因此，焊工从事的焊接工作应在考试合格项目范围内。持证焊工从事的焊接项目超出了考试合格项目，即为超项施焊，这些焊工在焊这些项目时，属于“无证”操作行为。

“低应力钢印”问题。自 1987 年版以来，规程均明确规定打低应力钢印。所谓低应

力钢印是指钢印底部形状为 U 形或一系列点组成。这种形状的钢印在受压元件处于承压时,形成的附加应力很小,但这种钢印打起来困难。过去钢印的底部形状多为 V 形,这种钢印打起来方便。但在锅炉运行时,形成的附加应力高,影响锅炉的疲劳寿命。在本次修改中,认为这些具体要求,不要在规程中作强制规定,可由相应的工艺或技术规范来确定。

删除了“焊接设备的电流表、电压表、气体流量计等仪表、仪器以及规范参数调节装置应定期进行检定。上述表、计、装置失灵时,不得进行焊接。”的规定。编写中,认为原条文规定的内容是对的,但对其检定的具体要求,应由计量部门按规定执行,或由相应的技术规范和标准中来确定。

焊工应按焊接工艺规程(WPS)或焊接工艺卡进行施焊。焊接工艺规程(WPS)是经焊接工艺评定而确认的,按此进行施焊就有可能焊出符合要求的焊接接头。施焊中应杜绝人为的随意性,才能保证施焊质量的稳定性。在遵守焊接工艺的同时,增加了做好施焊记录的规定。

焊接后,在焊缝附近打焊工代号钢印,是对施焊焊工焊接工作的职责要求,以便加强对焊接工作质量控制。一台锅炉由几个甚至几十个焊工进行焊接,焊接的质量需要多道程序的检查,一旦发现焊接质量问题,便可迅速查出质量责任者。在焊缝附近打焊工代号钢印,国外锅炉规范或标准也有类似的要求,这是本规程首选的方法。对于不能打钢印的材料在焊接记录中记录施焊焊工代号也是等效的可以追溯的记录方法,由制造单位视具体情况选择。

4.3.2 焊接工艺评定

焊接工艺评定应当符合 NB/T 47014 (JB/T 4708)《承压设备焊接工艺评定》的要求,并且满足本条要求。

4.3.2.1 焊接工艺评定范围

锅炉产品焊接前,施焊单位应当对以下焊接接头进行焊接工艺评定:

- (1) 受压元件之间的对接焊接接头;
- (2) 受压元件之间或者受压元件与承载的非受压元件之间连接的要求全焊透的 T 形接头或者角接头。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第 64、71 条;《水规》第 43、51 条;《有机规》第 6 条。

《蒸规》第 64 条 采用焊接方法制造、安装、修理和改造锅炉受压元件时,施焊单位应制定焊接工艺指导书并进行焊接工艺评定,符合要求后才能用于生产。

《蒸规》第 71 条 锅炉产品焊接前,焊接单位应按附录 I 的规定对下列焊接接头进行焊接工艺评定:

1. 受压元件之间的对接焊接接头;
2. 受压元件之间或者受压元件与承载的非受压元件之间连接的要求全焊透的 T 形接头或角接头。

《水规》第 43 条 用焊接方法制造、安装、修理和改造锅炉受压元件时,施焊单位应制订焊接工艺指导书并进行焊接工艺评定,符合要求后才能用于生产。

《水规》第 51 条 在产品施焊前,施焊单位应按《蒸汽锅炉安全技术监察规程》附录 I 的规定对下列焊接接头进行焊接工艺评定:

- (1) 锅炉受压元件的对接焊接接头。

(2) 锅炉受压元件之间或者受压元件与承载的非受压元件之间连接的要求全焊透的 T 形接头或角接头。

《有机规》第 6 条（部分条款）受压元件焊接与探伤应符合下列要求：

……有机热载体炉的焊接工艺评定应按《蒸汽锅炉安全技术监察规程》的规定执行。

• 条款解释：第 4.3.2 条是对锅炉焊接工艺评定依据的规定，第 4.3.2.1 条是对焊接工艺评定范围的要求；是对《蒸规》第 64 条、第 71 条，《水规》第 43 条、第 51 条，《有机规》第 6 条（部分条款）规定的修改；修改内容有：

删除了“施焊单位应按《蒸汽锅炉安全技术监察规程》附录 I”的规定进行焊接工艺评定，修改为“焊接工艺评定应当符合 NB/T 47014（JB/T 4708）《承压设备焊接工艺评定》的要求”；

鉴于 NB/T 47014（JB/T 4708）标准中有关锅炉焊接工艺评定的专项内容并不完整，条文中并列提出“并且满足本条要求”——即针对锅炉焊接工艺评定内容的缺欠而补充的附加要求 [见本规程的“4.3.2.1 焊接工艺评定范围”、“4.3.2.2 试件（试样）附加要求”、和“4.3.2.3 试验结果评定附加要求”]；

将原来的并用的“焊接单位”、“施焊单位”统一为“施焊单位”。

与《蒸规》附录 I 焊接工艺评定对比，现行 NB/T 47014—2011（JB/T 4708）未完全表述的主要内容：

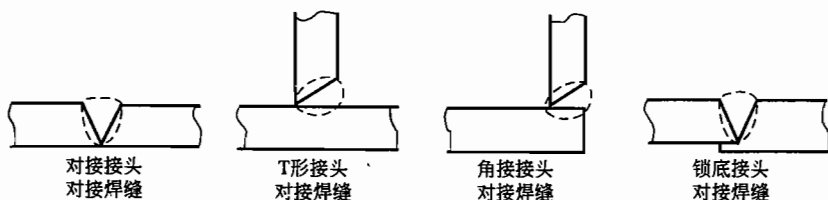
(1) 对接焊缝工艺试件的评定无金相检验项目；

(2) 现行 NB/T 47014—2011（JB/T 4708）中虽然规定了拉伸试验和弯曲试验；但对冲击试验添加了实施的前提条件，即，规定冲击试验仅在“当规定进行冲击试验时”和“当试件采用两种或两种以上焊接方法（或焊接工艺）时”进行；

(3) 无“当锅筒（锅壳）纵缝的母材厚度大于 20mm，小于或等于 70mm 时，取一个全焊缝金属的拉力试样，当母材厚度大于 70mm 时，取两个拉力试样。”规定。

规程编制中，参见欧共体 EN12952-5《水管锅炉和辅助设备安装》、EN ISO 15607—2003《焊接工艺评定通用准则》（替代 EN 288 金属材料焊接程序的技术规范和鉴定 EN 288-1—1992 第 1 部分：焊接总则）、美国 ASME 规范第 IX 篇《焊接和钎接评定标准》第 I 章“焊接的一般要求”、美国 ASME I 卷《动力锅炉建造规则》：PW-28.1 焊接工艺、焊工和焊接操作工合格评定的要求等，国际上有锅炉安全规范或标准的各国都对锅炉焊接工艺评定有自己的规定。

焊接工艺评定的目的：一是评定施焊单位是否有能力焊出符合规程、标准和产品技术条件所要求的焊接接头；二是验证施焊单位事前所编制的焊接工艺指导书是否正确；三、为制定正式的焊接作业文件提供可靠的技术依据。但是，不是锅炉上所有的焊接接头都要进行焊接工艺评定，而是只对重要的焊接接头，包括主要受压部件主焊缝的对接接头以及要求全焊透的 T 形接头和角接头，见释图 4-2。



释图 4-2

4.3.2.2 试件(试样)附加要求

(1) A级锅炉锅筒的纵向及集箱类部件的纵向焊缝,当板厚大于20mm但小于或者等于70mm时,应当从焊接工艺评定试件(试板)上沿焊缝纵向切取全焊缝金属拉伸试样1个;当板厚大于70mm时,应当取全焊缝金属拉伸试样2个;试验方法和取样位置按照GB/T 2652《焊缝及熔敷金属拉伸试验方法》执行;

(2) A级锅炉锅筒、合金钢材料集箱类部件和管道,如果双面焊壁厚大于或者等于12mm(单面焊壁厚大于或者等于16mm)应当做焊缝熔敷金属及热影响区夏比V形缺口室温冲击试验;

(3) 焊接试件的材料为合金钢时,A级锅炉锅筒的对接焊缝,工作压力大于或者等于9.8MPa或者壁温大于450℃的集箱类部件、管道的对接焊缝,A级锅炉锅筒、集箱类部件上管接头的角焊缝,在焊接工艺评定时应当进行金相检验。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》附录I第11条,《蒸规》第95~97、99~102、106、107、110条,《蒸规》附录II第1~6条。

《蒸规》附录I“焊接工艺评定”第11条 对接焊缝工艺试件的评定项目为外观检查、无损探伤检查、力学性能和金相检验。力学性能的试验项目和试样数量见表1-4(略)。当产品焊缝要求金相检验时,工艺试件应切取一个金相试样进行金相检验。

《蒸规》第95条 为检查焊接接头整个厚度上的抗拉强度,应从检查试板上沿焊缝横向切取焊接接头全截面拉力试样。试样取样尺寸和数量见附录II第1条。

《蒸规》附录II“焊接接头拉力和弯曲试样”第1条 焊接接头拉力试样的尺寸见图II-1(略)。当板厚大于30mm时,可制取一个或几个试样进行拉力试验。每个试样的厚度一般为30mm,且这些试样必须包括焊接接头的整个厚度。试样的制取见图II-2(略)。

拉力试样上母材和焊缝表面的不平整部分应有机械方法除去。

《蒸规》第96条 当板厚大于20mm,小于或等于70mm时,应从纵缝检查试板上沿焊缝纵向切取全焊缝金属拉力试样一个;当板厚大于70mm时,应取全焊缝金属拉力试样二个。试样的取样部位和尺寸见附录II第2条。

《蒸规》附录II“焊接接头拉力和弯曲试样”第2条 全焊缝金属的拉力试样尺寸见图II-3(略)。直径 d_0 应取焊缝横截面内许可的最大值,但不大于20mm。当板厚大于70mm时,全焊缝金属拉力试样的取样部位见图II-4(略)。

《蒸规》第97条 管子对接接头的拉力试件应从检查试件上切取二个,亦可用一整根检查试件作拉力试样,代替剖管的两个拉力试样。试样的取样部位和尺寸见附录II第3条、第4条。

《蒸规》附录II“焊接接头拉力和弯曲试样”第3条 管子焊接接头的力学性能试样和金相试样的取样部位见图II-5(略)。对于水平固定或倾斜固定的管子,其对接焊接接头的检查试件应作钟点标记,对应图II-5(略)中规定的位置切取力学性能和金相试样。对于垂直固定的管子,取样位置可不受钟点标记限制。

《蒸规》附录II“焊接接头拉力和弯曲试样”第4条 剖管取样的焊接接头拉力试样尺寸如下:

1. 当管子外径大于76mm时,见图II-6(略),B取20mm。
2. 当管子外径小于或等于76mm时,见图II-6(略),B取12mm。

《蒸规》第99条 应从检查试板上沿焊缝横向切取二个焊接接头弯曲试样, 其中一个为面弯试样, 一个是背弯试样。对于异种钢接头, 可以用纵向弯曲试样代替横向弯曲试样, 弯曲试样的尺寸和取样部位见附录Ⅱ第5条。

《蒸规》附录Ⅱ “焊接接头拉力和弯曲试样”第5条 钢板的焊接接头面弯和背弯试样形式见图Ⅱ-7(略), 图中试样宽度 B 为 30mm, 试样的长度 $L \approx D + 2.5t_1 + 100\text{mm}$ (式中 D —弯轴直径, mm; t_1 —试样加工后的厚度, mm)。当板厚小于或等于 20mm 时, t_1 为板厚; 当板厚大于 20mm 时, t_1 为 20mm。板厚允许时, 横向面弯和背弯试样沿同一厚度方向切取, 见图Ⅱ-8(略)。试样上高于母材表面的焊缝部分应用机械方法除去, 试样的拉伸面应平齐且保留焊缝两侧中至少一侧的母材原始表面。试样拉伸面的棱角应修成半径不大于 2mm 的圆角。

焊接接头横向侧弯试样的形式见图Ⅱ-9(略)。图中试样宽度 B 为工艺试件的厚度 t , $t \geq 38\text{mm}$ 时, 可以分割为宽度相等的数个试样, 每个试样的宽度为 20~38mm。试样长度 $L = D + 105\text{mm}$ (式中 D —弯轴直径, mm)。试样厚度 $t_1 = 10\text{mm}$ 。试样上母材和焊缝表面的不平整部分应用机械方法除去。拉伸面的棱角应修成半径不大于 2mm 的圆角。

《蒸规》第100条 管子对接焊接接头的弯曲试样应从检查试件上切取二个, 一个面弯, 一个背弯。

取样的部位和试样尺寸见附录Ⅱ第3条、第6条。

《蒸规》附录Ⅱ “焊接接头拉力和弯曲试样”第6条 管子焊接接头弯曲试样的边缘须切得平行, 见图Ⅱ-10(略)。试样宽度 $B = t_1 + D/20$ (式中 t_1 —试样厚度, mm; D —管子外径, mm), 并且 $10\text{mm} \leq B \leq 38\text{mm}$ 。试样长度 $L \approx D + 2.5t_1 + 100\text{mm}$ (式中 D —弯轴直径, mm; t_1 —试样厚度, mm)。当管壁厚度大于 20mm 时, $t_1 = 20\text{mm}$ 。试样上高于母材表面的焊缝部分应用机械方法除去, 试样受拉面应保留焊缝两侧中至少一侧的母材原始表面。试样拉伸面的棱角应修成半径不大于 2mm 的圆角。

《蒸规》第101条 试样的弯曲试验应按 GB232《金属弯曲试验方法》规定的方法进行。试样的焊缝中心线需对准弯轴中心。规定的试样弯曲角度见表 5-1(略)。

弯曲试样冷弯到表 5-1 角度后, 试样上任何方向最大缺陷的长度均不大于 3mm 为合格。试样的棱角开裂不计。

《蒸规》第102条 工作压力大于或等于 3.8MPa 或壁温大于或等于 450℃ 的锅筒以及合金钢材料的集箱和对接管道, 如壁厚大于或等于 12mm (单面焊焊件厚度大于或等于 16mm), 应从其检查试件上取三个焊接接头的冲击试样。试样缺口应开在有最后焊道的焊缝侧面内, 如有要求, 可开在熔合线或热影响区内。试样的形式、尺寸、加工和试验方法应符合 GB/T229《金属夏比冲击试验方法》中 V 形缺口的规定。

《蒸规》第106条 焊件的材料为合金钢时, 下列焊缝应进行金相检验:

1. 工作压力大于或等于 3.8MPa 的锅筒的对接焊缝, 工作压力大于或等于 9.8MPa 或壁温大于 450℃ 的集箱、受热面管子和管道的对接焊缝;
2. 工作压力大于或等于 3.8MPa 的锅筒、集箱上管接头的角焊缝。

《蒸规》第107条 金相检验的试样, 应按下列规定切取:

1. 锅筒和集箱, 从每个检查试件上切取一个试样;
2. 锅炉炉范围内管道、受热面管子, 从每个(套)检查试件上切取一个试样;
3. 锅筒和集箱上管接头的角焊缝, 应将管接头分为壁厚大于 6mm 和小于或等于 6mm 两种, 对每种管接头, 每焊 200 个, 焊一个检查试件, 不足 200 个也应焊一个检查试件, 并

沿检查试件中心线切开作金相试样。

《蒸规》第110条 额定蒸汽压力大于或等于3.8MPa的锅炉，受热面管子的对接接头应做断口检验。每200个焊接接头抽查一个，不足200个的也应抽查一个。100%探伤合格或氩弧焊焊接（含氩弧焊打底手工电弧焊盖面）的对接接头可免做断口检验。

断口检验包括整个焊缝断面。断口检验的合格标准见表5-2（略）。

凡不符合表5-2中任何一项规定者，则为不合格，允许取双倍试样复验。若每个复验试样的每项检验结果均合格，则复验为合格，否则复验为不合格，该试样代表的焊缝也不合格。

• 条款解释：本条款是在采用NB/T 47014（JB/T4708）《承压设备焊接工艺评定》的基础上，对锅炉焊接工艺评定内容的补充，故为“试件（试样）的附加要求”；是《蒸规》第96条、第102条、第106条、第107条的修改条款，修改内容有：

将“当板厚大于20mm”改为“A级锅炉锅筒的纵向及集箱类部件的纵向焊缝，当板厚大于20mm”；

将“试样的取样部位和尺寸见附录Ⅱ第2条”改为“试验方法和取样位置可以按照GB/T 2652《焊缝及熔敷金属拉伸试验方法》执行”；

将“工作压力大于或等于3.8MPa或壁温大于或等于450℃的锅筒以及合金钢材料的集箱和对接管道”，按照本规程第1章锅炉设备级别的规定，改为“A级锅炉锅筒、合金钢材料集箱类部件和管道”；

将冲击“试样缺口应开在有最后焊道的焊缝侧面内，如有要求，可开在熔合线或热影响区内。试样的形式、尺寸、加工和试验方法应符合GB/T 229《金属夏比冲击试验方法》中V形缺口的规定。”修改为“应当做焊缝熔敷金属及热影响区夏比V形缺口室温冲击试验”；

对金相检验增加了“在焊接工艺评定时应当进行金相检验”的规定。

（1）焊接工艺评定的检验项目，除本条款规定的以外，其他检验项目在NB/T 47014（JB/T4708）《承压设备焊接工艺评定》已作具体规定；如：拉伸试验和弯曲试验的试件（试样）等要求，据此，本规程删除了《蒸规》第95条、第97条、第99条、第100条、第101条、《蒸规》附录Ⅰ“焊接工艺评定”有关评定项目的规定和《蒸规》附录Ⅱ“焊接接头拉力和弯曲试样”（共6条）等12条有关焊接接头拉力和弯曲试样等评定项目的规定。

（2）删除了《蒸规》第110条有关断口检验项目和表5-2“断口检验的合格标准”的硬性规定。因为《蒸规》第110条有“100%探伤合格或氩弧焊焊接（含氩弧焊打底手工电弧焊盖面）的对接接头可免做断口检验”的规定。

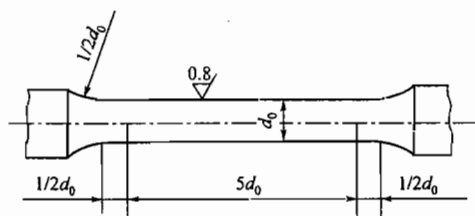
（3）4.3.2.2（1）条款是NB/T 47014（JB/T 4708）《承压设备焊接工艺评定》中对全焊缝金属拉伸试样数量和制取的附加要求（见释图4-3）。是《蒸规》第96条和附录Ⅱ“焊接接头拉力和弯曲试样”第2条的修改条款；除保留原条文的规定之外，修改内容。

将“当板厚大于20mm，小于或等于70mm时”的无级别限制，改为“A级锅炉锅筒的纵向及集箱类部件的纵向焊缝，当板厚大于20mm但小于或等于70mm时”的有级别限定。

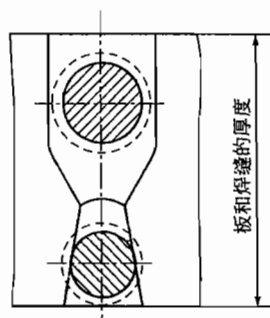
删除“试样的取样部位和尺寸见附录Ⅱ第2条”的内容，采用了有针对性的国家标准，条款内容增加了“试验方法和取样位置可以按照GB/T 2652《焊缝及熔敷金属拉伸试验方法》执行”的要求。

在国际上，各国锅炉安全规范普遍重视全焊缝金属拉伸试验。我国自1980年版《蒸规》起增加该试验项目的内容。当时也主要考虑国外一些国家的锅炉规范，如美国ASME〔第

[卷 PW-53.8.4 和 PW-53.8.5 要求板厚大于 16mm (5/8 in) 制作全焊缝金属拉伸试样]、欧盟 EN 12952-6 [6. 批准的焊接工艺规程 6.2.1a) 汽包: 对于壁厚大于 20mm 汽包纵、环向焊接接头, 焊接程序批准试验将包括焊缝金属的纵向拉伸试验。b) 集箱: 对于壁厚大于 20mm 集箱纵向焊接接头, 焊接程序批准试验将包括焊缝金属的纵向拉伸试验。]、英国 BS2790 以及日本的锅炉构造规程等都要求做全焊缝金属的拉伸试验。全焊缝金属拉力试验不仅可以检查焊缝金属的强度, 而且可以检查其塑性。对于锅炉受压部件, 焊缝的强度和塑性都是重要的性能指标。同时, 通过全焊缝金属的拉伸试验还可以有利于发现焊接材料用错或焊接质量不稳定情况。全焊缝金属拉伸试验试样的取样部位见释图 4-4。



释图 4-3 全焊缝金属拉伸试样



释图 4-4 厚板焊缝金属取样部位

全焊缝金属拉伸试验仅是对锅炉纵向焊缝检查试板提出的要求, 环向检查试板是模拟试件, 未要求做全焊缝金属拉伸试验。

(4) 4.3.2.2 (2) 条款是 NB/T 47014 (JB/T 4708) 《承压设备焊接工艺评定》中对冲击试验的附加规定; 是《蒸规》第 102 条的修改条款, 修改内容。

根据本规程第 1 章中“锅炉设备级别”的要求, 将“工作压力大于或等于 3.8MPa 或壁温大于或等于 450℃ 的锅筒”改为“A 级锅炉锅筒”。

删除了“试样的形式、尺寸、加工和试验方法应符合 GB/T 229 《金属夏比冲击试验方法》中 V 形缺口的规定”的内容。因冲击试验在 NB/T 47014 (JB/T 4708) 《承压设备焊接工艺评定》中虽然有实施的限制前提条件, 但对试样制取、合格指标已做规定, 故没有必要在新规程中仍然重复保留这些内容。

保留冲击试验, 在我国锅炉规程中已有很长的历史过程。我国第一个版本的锅炉安全监察规程 (即 1960 年版规程) 就规定了需做冲击试验的条件。1980 年、1987 年、1996 年版规程均进一步明确做冲击试验规定。

目前国际上的主要规范仍要求进行冲击试验, 如欧共体 EN12952-6-6 第 6.2.2.1 条和 6.2.2.4 条都规定了 Charpy V-notch impact tests 夏比冲击试验。

鉴于安全规程的历史和国际上主要规范的现实, 编写组认为保留冲击试验的要求是必要的。

(5) 4.3.2.2 (3) 条款是 NB/T 47014 (JB/T 4708) 《承压设备焊接工艺评定》中对金相检验的附加规定; 是《蒸规》第 106、107 条的修改条款, 修改内容。根据本规程第 1 章中锅炉设备级别的要求将“工作压力大于或等于 3.8MPa 的锅筒”改为“A 级锅炉锅筒”。删除了“《蒸规》第 107 条 金相检验的试样, 应按下列规定切取: 1. 锅筒和集箱, 从每个检查试件上切取一个试样; 2. 锅炉范围内管道、受热面管子, 从每个 (套) 检查试件上切取

一个试样；3. 锅筒和集箱上管接头的角焊缝，应将管接头分为壁厚大于6mm和小于或等于6mm两种，对每种管接头，每焊200个，焊一个检查试件，不足200个也应焊一个检查试件，并沿检查试件中心线切开作金相试样”的要求。

修改表明：产品的检查试件上，取消了切取金相试样的规定；而在焊接工艺评定时，必须进行金相检验。

取消产品的金相检验试样的考虑。

① 电站锅炉的主体用户——电力系统在焊接接头抽样检查要求中，对金相检验的要求已弱化；DL/T 869-2004《火力发电厂焊接技术规程》的第6.5.4条规定为“当合同或设计文件规定或验证需要时，应进行焊接接头的金相检验”。

② NB/T 47016-2011 (JB/T 4744)《承压设备产品焊接试件的力学性能检验》无金相检验规定。

③ 在进行焊接工艺评定时进行了金相检验，如无金相缺陷，那么，按照相应的焊接工艺规范参数焊接的产品一般也不应出现金相缺陷。

④ 修改中，考虑到实际合金钢产品焊接接头金相检验多为模拟试件，实际意义不大。

(6) 根据本规程第1章第1.8条“本规程规定了锅炉的基本安全要求，有关锅炉的技术标准、管理制度等不得低于本规程的要求”的规定，有关锅炉的技术规范和标准的要求，只能比本规程的要求高，不允许比本规程的要求低。本条款虽然删除了断口检验和产品焊接接头金相检验的硬性规定，但是，这不等于规程不允许有关锅炉的技术标准，采用断口检验和产品焊接接头金相检验。其理由如下：

① 随着锅炉参数的提高，承压件用材料日趋复杂化，热强钢已涉及下贝氏体、马氏体、奥氏体（过去基本都是珠光体），甚至镍基合金，排列组合后异种钢接头也日益增多。焊接结构和接头形式也多样化，如螺旋上升膜式壁，小角度斜接管组合焊缝等等。

② 对接头内在缺陷（尤其微裂纹及金相组织缺陷），由于焊接结构和接头形式多样化，单靠无损检测来判别，难度日益提高，有时需借用断口和金相检验给予验证，以弄清真相、提高鉴别率和可信度。

③ 有些焊接接头目前尚无法用无损检测进行检验，如盆座式管接头全焊透组合焊缝、膜式壁的管子与鳍片焊缝，其熔合状况只能用宏观剖面检查。

④ 对马氏体热强钢的焊缝，要求得到完全的回火马氏体组织，如需检查有否残余铁素体存在；或对细晶奥氏体热强钢，如需检查焊缝晶粒度或铁素体含量；或对异种钢接头热处理后，如需检查有否碳迁移现象等，都需用微观金相检验。

⑤ 从锅炉安全性检验来说，好的试验、检验方法是多多益善，可互相弥补不足，确保检验的可靠性。

⑥ 从可行性来说，金相和断口检验取样可从产品焊缝的余量切取或从其延长部分切取或做模拟代试样。

4.3.2.3 试验结果评定附加要求

(1) 全焊缝金属拉伸试样的试验结果应当满足母材规定的抗拉强度 (R_m) 或者屈服强度 ($R_{p0.2}$)；

(2) 金相检验发现有裂纹、疏松、过烧和超标的异常组织之一者，即为不合格；仅因有超标的异常组织而不合格者，允许检查试件再热处理一次，然后取双倍试样复验（合格后仍须复验力学性能），全部试样复验合格后才为合格。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 98、108、109 条。

《蒸规》第 98 条 试样的拉力试验应按 GB228《金属拉伸试验方法》规定的方法进行，其合格标准如下：

1. 焊接接头的抗拉强度不低于母材规定值的下限。

2. 全焊缝金属试样的抗拉强度和屈服点不低于母材规定值的下限。如果母材抗拉强度规定值下限大于 490MPa，且焊缝金属的屈服点高于母材规定值，则允许焊缝金属的抗拉强度比母材规定值下限低 19.6MPa。

3. 全焊缝金属试样的伸长率不小于母材伸长率 (δ_5) 规定值的 80%。

《蒸规》第 108 条 金相检验的合格标准为：

1. 没有裂纹、疏松；

2. 没有过烧组织；

3. 没有淬硬性马氏体组织。

《蒸规》第 109 条 有裂纹、过烧、疏松之一者不允许复验，金相检验即为不合格。

仅因有淬硬性马氏体组织而不合格者，允许检查试件与产品再热处理一次，然后取双倍试样复验（合格后仍须复验力学性能），每个复验的试样复验合格后才为合格。

• 条款解释：本条款是对焊接工艺评定的试验结果的附加要求；即对全焊缝金属拉力试验、金相检验的结果评定要求；本条款是对《蒸规》第 98、108、109 条的修改条款，修改内容有：

删除“试样的拉力试验应按 GB228《金属拉伸试验方法》规定的方法进行，其合格标准如下：1. 焊接接头的抗拉强度不低于母材规定值的下限”的一般规定。

将全焊缝金属试样的“屈服点不低于母材规定值的下限。如果母材抗拉强度规定值下限大于 490MPa，且焊缝金属的屈服点高于母材规定值，则允许焊缝金属的抗拉强度比母材规定值下限低 19.6MPa。”的规定改为“全焊缝金属拉力试样的试验结果应当满足母材规定的抗拉强度 (R_m) 或者屈服强度 ($R_{p0.2}$)”；全焊缝金属拉力试验结果应满足材料规定的 R_m 或 $R_{p0.2}$ ，两者的选择由设计计算基本许用应力而定。

同时，删除了“全焊缝金属试样的伸长率不小于母材伸长率 (δ_5) 规定值的 80%。”的规定，如在实际贯彻实施中出现问题时，将由 NB/T 47014 (JB/T 4708) 和 NB/T 47016 (JB/T 4744) 标准有针对性地自行完善。

将“没有淬硬性马氏体组织”改为没有“超标的异常组织”。由于材料使用的发展，出现马氏体热强钢的焊缝，要求得到完全的回火马氏体组织，促使金相检验合格标准改变。

本条款规定了不允许复验的缺陷，即裂纹、疏松、过烧组织之一者。这些缺陷是因焊接工艺不当所致，而且无法用热处理方法改变这些缺陷的存在，因此，检查试件所代表的产品焊缝金相不合格。处理方法是：产品报废，或检查试件所代表的焊缝全部铲掉重焊，重焊后的焊缝仍需有焊接试件。

仅因有“超标的异常组织”而不合格者允许复验，可以将焊接试件与产品再热处理一次后，取双倍试样进行复验。超标的异常组织是因焊接过程中对焊缝金属加热、冷却不当造成的，使金属力学性能变差，硬度明显增高，塑性和韧性下降，这种状况可以通过热处理来改变力学性能，降低硬度，提高塑性和韧性。焊缝金相双倍试样复验合格后，还应检查试件的力学性能进行复验。因这种复验不是因力学性能检验不合格而进行的复验，故此时力学性能复验不要求双倍试样。

4.3.2.4 焊接工艺评定文件

(1) 施焊单位应当按照产品焊接要求和焊接工艺评定标准编制用于评定的预焊接工艺规程 (pWPS), 经过焊接工艺评定试验合格, 形成焊接工艺评定报告 (PQR), 制订焊接工艺规程 (WPS) 后, 方能进行焊接;

(2) 焊接工艺评定完成后, 焊接工艺评定报告和焊接工艺规程应当经过制造单位焊接责任工程师审核, 技术负责人批准后存入技术档案, 保存至该工艺评定失效为止, 焊接工艺评定试样至少保存 5 年。

• 条款说明: 修改条款。

原条款:《蒸规》第 64 条、《蒸规》附录 I 第 1~6 条、《水规》第 43 条。

《蒸规》第 64 条 采用焊接方法制造、安装、修理和改造锅炉受压元件时, 施焊单位应制定焊接工艺指导书并进行焊接工艺评定, 符合要求后才能用于生产。

《蒸规》附录 I 焊接工艺评定:

第 1 条 焊接工艺评定是用以评定施焊单位是否有能力焊出符合本规程和产品技术条件所要求的焊接接头, 验证施焊单位制订的焊接工艺指导书是否合适。

第 2 条 焊接工艺评定是在焊接性试验基础上进行的生产前工艺验证试验, 应在制订焊接工艺指导书以后, 焊接产品以前进行。

焊接工艺评定是由施焊单位的熟练焊工 (不允许外单位的焊工) 按照焊接工艺指导书的规定焊接工艺试件, 然后对工艺试件进行外观、无损探伤、力学性能和金相等项检验, 同时将焊接时的实际工艺参数和各项检验结果记录在焊接工艺评定报告上, 施焊单位规定的技术负责人应对该报告进行审批。

第 3 条 对于产品上每种焊缝 (按接头类型、母材、焊接材料、焊接方法和工艺等划分), 施焊单位应编制焊接工艺指导书。如果改变其中某项条件或参数, 应另行编制焊接工艺指导书。

第 4 条 焊接工艺指导书应有下列内容: (略)

第 5 条 焊接工艺评定报告应有下列内容: (略)

第 6 条 每一份焊接工艺指导书应有相应的一份或多份焊接工艺评定报告。一份焊接工艺评定报告可对应一份或多份焊接工艺指导书。

经过验证的焊接工艺指导书可直接用于生产, 也可根据它和焊接工艺评定报告编制焊接工艺卡用于生产。

《水规》第 43 条 用焊接方法制造、安装、修理和改造锅炉受压元件时, 施焊单位应制订焊接工艺指导书并进行焊接工艺评定, 符合要求后才能用于生产。

• 条款解释: 本条款是对焊接工艺评定过程文件和其管理的规定。修改内容有:

本规程采用了 NB/T 47014 (JB/T4708)《承压设备焊接工艺评定》, 相应地删除了《蒸规》附录 I “焊接工艺评定”的所有条款。

将《蒸规》第 64 条和《水规》第 43 条中的“用焊接方法制造、安装、修理和改造锅炉受压元件时, 施焊单位”直接改为“施焊单位”;

为方便与 NB/T 47014 (JB/T4708) 统一用语, 将“焊接工艺指导书”改为“焊接工艺规程”;

同时按焊接工艺评定过程分为“预焊接工艺规程 (pWPS)”、“焊接工艺评定报告 (PQR)”和“焊接工艺规程 (WPS)”。焊接工艺评定过程如释图 4-5 所示;

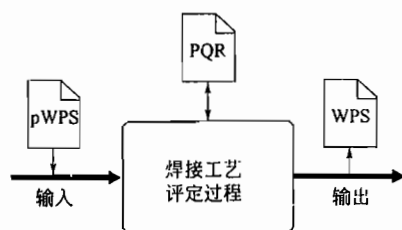
将“……施焊单位规定的技术负责人应对该报告（指焊接工艺评定报告）进行审批。”和“焊接工艺指导书应有……编制人和审批人的签字和日期”的规定，修订为“焊接工艺评定完成后，焊接工艺评定报告和焊接工艺规程应当经过制造单位焊接责任工程师审核，技术负责人批准”。

增加了焊接工艺评定报告和焊接工艺规程文件和焊接工艺评定试样的保存规定：文件“保存至该工艺评定失效为止”，焊接工艺评定试样“至少应当保存5年”。焊接工艺评定试样保存时间太长，施焊单位存放困难。保存5年以便渡过许可制度评审的一个周期。

pWPS (preliminary welding procedure specification)：即预先准备的焊接工艺规程方案。其内容应包含 WPS 中规定的全部焊接细则，是未进行试验验证的 WPS 文件。在以往的规程中，对 pWPS 和 WPS 未加以区别，统称为“焊接工艺指导书”、“焊接工艺规程”或“WPS”。以上两者的相同点是在相同的焊接工艺评定过程中，具有相同规定的全部焊接细则。不同点是：pWPS 是焊接工艺评定的输入文件，也是焊接工艺评定的基础文件；而 WPS 是焊接工艺评定的输出文件，是经过验证试验合格的，用于指导生产施焊的工艺文件。它们是在相同焊接工艺评定过程中，各自在不同阶段上形成的文件，应予以区别。

PQR (procedure qualification record)：记载验证性试验及其检验结果，对拟定焊接工艺规程（焊接工艺指导书）进行评价的报告。

WPS (welding procedure specification)：经验证性试验评定合格所拟定的、用于指导产品施焊的焊接工艺评定文件。在以往的规程中，统称为“焊接工艺指导书”、“焊接工艺规程”或“WPS”。而在生产实践中，尤其是大锅炉制造厂或大量的翻译技术文件中称为“焊接工艺规程”或“WPS”。本规程为与 pWPS 加以区别，规定为“焊接工艺规程”或“WPS”。



释图 4-5

4.3.3 焊接作业

4.3.3.1 基本要求

- (1) 受压元件焊接作业应当在不受风、雨、雪等影响的场所进行，采用气体保护焊施焊时应当避免外界气流干扰，当环境温度低于 0℃ 时，应当有预热措施；
- (2) 焊件装配时不应当强力对正，焊件装配和定位焊的质量符合工艺文件的要求后，方能进行焊接。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 72、73 条；《水规》第 52、53 条。

《蒸规》第 72 条 锅炉制造过程中，焊接环境温度低于 0℃ 时，没有预热措施，不得进行焊接。锅炉安装、修理现场焊接时，如环境温度低于 0℃ 时，应符合焊接工艺文件的规定。

下雨、下雪时不得露天焊接。

《蒸规》第 73 条 除设计规定的冷拉焊接接头外，焊件装配时不得强力对正。焊件装配和定位焊的质量符合工艺文件的要求后才允许焊接。

《水规》第 52 条 锅炉制造过程中，焊接环境温度低于 0℃ 时，没有预热措施，不得进

行焊接。

《水规》第53条 焊件装配时不应强力对正。焊件装配和定位焊的质量符合工艺文件的要求后才允许焊接。

• 条款解释：本条款是焊接作业的基本要求。修改内容有：

删除了“下雨、下雪时不得露天焊接”的硬性规定，改为“受压元件焊接作业应当在不受风、雨、雪等影响的场所进行”。在受雨、雪影响的环境下甚至露天施焊，易发生雨或雪直接落入焊缝熔池，在焊缝中易于形成气孔，受风、雨、雪等影响易使焊缝金属冷却速度过快，导致焊缝形成淬硬性组织。

增加了“采用气体保护焊施焊时应避免外界气流干扰”的规定；外界气流的干扰易使施焊的保护气体吹散，使施焊的气体保护作用失效，易使焊缝产生焊接缺陷。

将“没有预热措施，不得进行焊接”和“如环境温度低于0℃时，应符合焊接工艺文件的规定”，修改为“当环境温度低于0℃时应当有预热措施”。在焊接过程中，焊接环境温度对于焊接质量的影响较大，尤其是工艺可焊性较差的钢材，当焊接环境温度较低，如低于0℃时，焊接形成的熔池及周围金属冷却速度快，焊缝金属容易形成淬硬性组织。当焊缝金属组织存在淬硬性组织时，使焊缝及其附近金属的力学性能变差，硬度明显上升，而塑性和韧性下降。同时，如果周围环境温度过低，还会使焊接接头形成焊接裂纹，特别是对锅筒、集箱、厚壁管以及合金钢的焊接接头质量影响较大。

焊件装配时不得强力对正。焊件装配时如进行强力对正，焊后会在焊接接头中形成附加的残余应力，影响焊件的使用强度。在实际装配中常发现，由于装配部件几何尺寸的偏差，在焊件装配时采取强力对正的方法，如筒节与筒节、筒节与封头（或管板）对接时，由于椭圆度或棱角度过大，为了防止对接后对接边缘差超差，则采取强力对正的方法。这种做法是不对的，这样做将会产生新的附加应力，如相邻筒节装配时，当边缘偏差超过规定值，则会产生附加弯曲应力。因此，焊件装配和定位焊的质量应有相应的工艺文件加以保证。

4.3.3.2 氩弧焊打底

以下部位应当采用氩弧焊打底：

- (1) 立式锅壳锅炉下脚圈与锅壳的连接焊缝；
- (2) 有机热载体锅炉管子、管道的对接焊缝；
- (3) 油田注汽（水）锅炉管子的对接焊缝。

A级高压及以上锅炉，锅筒和集箱、管道上管接头的组合焊缝，受热面管子的对接焊缝、管子和管件的对接焊缝，结构允许时应当采用氩弧焊打底。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第76条。

《蒸规》第76条 额定蒸汽压力大于或等于9.8MPa的锅炉，锅筒和集箱上管接头的组合焊缝以及管子和管件的的手工焊对接接头，应采用氩弧焊打底或其他能保证焊透的焊接方法。

• 条款解释：本条款是针对锅炉易发生事故的连接焊缝，提出的采用氩弧焊打底规定。主要修改是：

根据本规程第1章中“锅炉设备级别”的要求将“工作压力大于或等于9.8MPa的锅炉”改为“A级高压及以上锅炉”。

删除了“手工焊”对接接头的限定,改为“对接焊缝”。

根据规程编制过程中征求的反馈意见,将“应采用氩弧焊打底或其他能保证焊透的焊接方法”硬性规定,改为“结构允许时应当采用氩弧焊打底”,增加了条文的柔性。

条文内容增加了“立式锅壳锅炉下脚圈与锅壳的连接焊缝,有机热载体锅炉管子、管道的对接焊缝,油田注汽(水)锅炉管子的对接焊缝”等部位应当采用氩弧焊打底的规定。

条款中的“组合焊缝”:是由对接焊缝与角焊缝组合而成的焊缝。

氩弧焊易于保证焊接质量,原因在于:一是由于电弧受到氩气(惰性气体)流的压缩作用,电弧集中,焊接熔池较小,焊接速度快,热影响区窄;二是电弧在氩气压缩作用下,电弧稳定,焊接时飞溅少,焊缝较为致密;三是电弧保护气体(氩气)中基本没有氢气,可以减小发生裂纹的倾向。自1980年规程增加了采用氩弧焊打底的规定以来,实践证明,采用氩弧焊打底能有效防止焊缝发生泄漏事故。

根据近几年特种设备事故年报分析:小型立式锅炉恶性爆炸事故占锅炉爆炸事故的主要位置,且呈上升趋势,主要发生在服装加工、食品加工、造纸、木材加工等中小型轻工行业。热水锅炉事故主要发生在宾馆、洗浴中心等服务业。分析原因,使用管理和监察不到位是主要原因之一,另一重要因素即是锅炉制造缺陷。

该条款对锅炉事故多发生的连接焊缝,如立式锅壳锅炉下脚圈与锅壳的连接焊缝,锅炉泄漏后易发生次生灾害。对接焊缝,如有机热载体锅炉管子、管道的对接焊缝和油田注汽(水、油)锅炉管子的对接焊缝,有必要提出应当采用氩弧焊打底的规定,以保证焊缝的焊接质量。

近年来,我国大机组高参数、超超临界锅炉发展迅速,锅炉产品生产量大,管子对接焊缝的质量得不到保证,焊缝根部未焊透缺陷的存在较为普遍,焊缝返修率高,运行中泄漏事故多。在现场检验中,查出大型电站锅炉爆管中由于焊接质量不合格的占30%,我国1台超超临界百万千瓦级机组的锅炉受监焊口总数超过76000道,差不多相当于2台600MW亚临界机组锅炉的焊口总和。在设备焊口抽查中发现。省煤器管排的焊口合格率只有82%,低温过热器的焊口也有部分不合格。

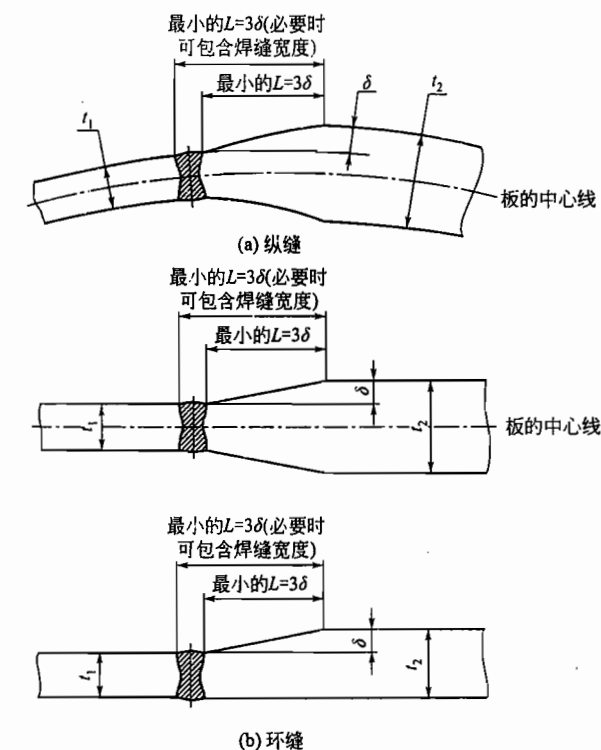
对原规程“采用其他能保证焊透的焊接方法”的规定,在规程征求意见时,反馈意见强烈。尤其是大锅炉制造厂的反馈意见认为:原规程要求过严,给生产制造带来很大困难,生产周期长,成本高。多年来各生产厂家,在集箱生产中受热面管接头也采取了其他的结构型式和焊接方法,同样可以保证焊接质量。北京巴威公司提供:美国B&W公司标准,锅炉受压元件上的管接头只有当管子外径大于127mm时才采用全焊透结构。

随着我国高参数、大机组的锅炉的发展,尤其是超临界和超超临界锅炉的发展,密集管接头集箱被广泛采用,硬性规定要采用保证全焊透的焊接方法是不科学的,为了保证焊缝质量,本规程修改为结构允许时应采用氩弧焊打底。

4.3.3.3 受压元件对接

(1) 锅筒(锅壳)纵(环)缝两边的钢板中心线一般应当对齐,锅筒(锅壳)环缝两侧的钢板不等厚时,也允许一侧的边缘对齐;

(2) 名义壁厚不同的两元件或者钢板对接时,两侧中任何一侧的名义边缘厚度差值如果超过本规程4.3.3.4规定的边缘偏差值,则厚板的边缘应当削至与薄板边缘平齐,削出的斜面应当平滑,并且斜率不大于1:3,必要时,焊缝的宽度可以计算在斜面内,参见图4-1。



δ —名义边缘偏差; t_1 —薄板厚度; t_2 —厚板厚度; L —削薄的长度

图 4-1 不同厚度钢板 (元件的对接)

• 条款说明: 修改条款。

原条款:《蒸规》第 57 条、《水规》第 37 条。

《蒸规》第 57 条 锅筒 (锅壳) 纵、环缝两边的钢板中心线应对齐。锅筒 (锅壳) 环缝两侧的钢板不等厚时, 一般应采用中心线对齐, 也允许一侧的边缘对齐。

公称壁厚不同的两元件或钢板对接时, 两侧中任何一侧的名义边缘厚度差值若超过第 74 条规定的边缘偏差值, 则厚板的边缘须削至与薄板边缘平齐, 削出的斜面应平滑, 并且斜率不大于 1:4, 必要时, 焊缝的宽度可在斜面内, 见图 4-2 (略)。

《水规》第 37 条 锅筒纵缝两边的钢板中心线应对齐。锅筒环缝两边的钢板最好中心线对齐, 也允许一侧的边缘对齐。

厚度不同的钢板对接时, 两侧中任何一侧的名义边缘偏差值若超过第 54 条规定的边缘偏差值, 则厚板的边缘须削至与薄板边缘平齐, 削出的斜面应平滑, 并且斜率不大于 1:4, 必要时, 焊缝的宽度可包含在斜面内, 见图 4-1 (略)。

• 条款解释: 本条款是对受压元件钢板对接的要求。条款修改有两处:

1. 将“公称壁厚”改为“名义壁厚”。
2. “斜率不大于 1:4”修改为“斜率不大于 1:3”。

我国大锅炉制造厂现在生产的高参数、大机组的锅炉均在采用引进技术和引进标准, 斜率均已采用 1:3, 要求规程修改斜率已成现实的需要。另外, 斜率由 1:4 修改为 1:3, 对锅炉安全性影响如何, 是需要认真考虑的。

87年版《蒸汽锅炉安全技术监察规程》变动条文说明：“按1:4斜率将厚板削薄，主要参照了ISO/R 831和ISO/DIS 5730。”

斜率的大小将影响锅炉连接处的应力集中情况。斜率越大，应力集中严重；斜率越小，应力集中轻微。应力集中情况用应力集中系数表示，不同的斜率有不同的应力集中系数，按理论推导公式计算：斜率1:3和1:4的应力集中系数分别为1.07和1.04。采用光弹方法测出：斜率1:3和1:4的应力集中系数分别为1.27和1.20。由此可见，采用斜率1:4是更好，但斜率1:3也在可取的安全范围之内。

本次，斜率修改为1:3，主要是考虑同压力容器制造要求一致，且同ASME规范相一致。

4.3.3.4 焊缝边缘偏差

锅筒（锅壳）纵（环）焊缝以及封头（管板）拼接焊缝或者两元件的组装焊缝的装配应当符合以下规定：

（1）纵缝或者封头（管板）拼接焊缝两边钢板的实际边缘偏差值不大于名义板厚的10%，且不超过3mm；当板厚大于100mm时，不超过6mm；

（2）环缝两边钢板的实际边缘偏差值（包括板厚差在内）不大于名义板厚的15%加1mm，且不超过6mm；当板厚大于100mm时，不超过10mm；

（3）不同厚度的两元件或者钢板对接并且边缘已削薄的，按照钢板厚度相同对待，上述的名义板厚指薄板；不同厚度的钢板对接但不带削薄的，则上述的名义板厚指厚板。

• 条款说明：保留条款。

原条款：《蒸规》第74条和《水规》第54条（略）。

• 条款解释：本条是对焊缝对接或拼接的边缘偏差的技术规定；是保留了《蒸规》第74条和《水规》第54条的内容。

本条款对焊缝对接或拼接的边缘偏差的允许值做出规定。无论是由板厚差、还是由工艺、装配形成的实际边缘差，都将引起附加的弯曲应力，应加以限定。在规程征求意见过程中，没有收到反馈意见，说明本条款的规定是适当的、可行的。

4.3.3.5 圆度和棱角度

锅筒（锅壳）的任意同一横截面上最大内径与最小内径之差应当不大于名义内径的1%。锅筒（锅壳）纵向焊缝的棱角度应当不大于4mm。

• 条款说明：保留条款。

原条款：《蒸规》第75条、《水规》第55条（略）。

• 条款解释：本条款是对锅筒（锅壳）椭圆度和棱角度的规定，是保留了《蒸规》第75条和《水规》第55条的内容。锅筒（锅壳）筒节在卷板和焊接过程中，形成椭圆度和棱角度是不可避免的，而椭圆度和棱角度的存在将产生附加应力，随着锅筒（锅壳）椭圆度或棱角度的增加，引起的附加应力也越大，附加应力大到一定值的时候，将会影响锅炉的使用强度。因此，本规程对此做出了限制。国外一些锅炉规范对此都有规定。

在规程征求意见过程中，收到一些更具体的包括测量方法的修改意见，甚至将《压力容器安全技术规程》已经删除的内容要求增添到本规程中，经编写组集体讨论认为，这些具体要求可由行业工艺或技术规范来确定。规程是安全的最低要求，行业技术规范要求比本规程高是正常的。本条款是规程的传统条款，在实际执行中经过长期验证是适当的、也是可行的。

4.3.3.6 焊缝返修

(1) 如果受压元件的焊接接头经过检测发现存在超标缺陷,施焊单位应当找出原因,制定可行的返修方案,才能进行返修;

(2) 补焊前,缺陷应当彻底清除;补焊后,补焊区应当做外观和无损检测检查;要求焊后热处理的元(部)件,补焊后应当做焊后热处理;

(3) 同一位置上的返修不宜超过2次,如果超过2次,应当经过单位技术负责人批准,返修的部位、次数、返修情况应当存入锅炉产品技术档案。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第112条和《水规》第72条(略)。

• 条款解释:本条款是对焊缝返修的规定;是对《蒸规》第112条和《水规》第72条规定的修改,修改内容有:

将“经无损探伤发现存在不合格的缺陷”修改为“经检测发现存在超标缺陷”;

将“同一位置上的返修不应超过三次”修改为“同一位置上的返修不宜超过二次,如果超过二次,应当经过单位技术负责人批准”;

增加了“返修的部位、次数、返修情况应当存入锅炉产品技术档案。”的规定。

焊缝返修是难以避免的,我国几个版本的规程中均对焊缝返修作了规定。

(1) “经无损探伤发现存在不合格的缺陷”修改为“经检测发现存在超标缺陷”,检测包含了外观和无损探伤检查等内容,反过来表述就失去了包容性;将“不合格的缺陷”改为“超标缺陷”,无损检测是对超标缺陷的评定,不是对无缺陷的评定,这样文字的修改在表述上更合理、更全面。

(2) “同一位置上的返修不应超过三次”修改为“同一位置上的返修不宜超过二次,如果超过二次,应当经过单位技术负责人批准”,这两种规定都是对焊缝返修次数的限定。这表明在安全技术法规和技术政策上,规程不仅不推崇多次返修,而且要努力抑制多次返修的行为。条款内容修改后,在返修次数上没有明显的差别,但明确了责任人员的职责,与单位技术负责人的职责。

施焊中产生多次返修不是一件好事,也不是个案的技术问题,它可能表明:工艺可行性差,或工艺不稳定,或作业技术水平落后,或技术管理粗放,或工艺纪律不严,或以上情况均有。返修增加了材料消耗、工时消耗、能源消耗,打乱了正常的工艺秩序,增加了生产成本,增加了质量管理的内耗,降低了产品的安全性和可靠性,失去了市场对产品的声誉的尊重,给用户和国家安全带来隐患。制造难、返修更难;返修能做好的事,为什么不放在制造中一次做好呢。本规程的修订,表明应加强控制、尽可能地减少或杜绝多次返修。

(3) 增加“返修的部位、次数、返修情况应当存入锅炉产品技术档案。”的规定,是要对返修进行记录在案,以便发生安全事故时进行追踪和持续改进。

4.4 热处理

4.4.1 需要进行热处理的范围

(1) 碳素钢受压元件,其名义壁厚大于30mm的对接接头或者内燃锅炉的筒体、管板的名义壁厚大于20mm的T形接头,应当进行焊后热处理;

(2) 合金钢受压元件焊后需要进行热处理的厚度界限按照相应标准规定执行;

(3) 除焊后热处理以外,还应当考虑冷、热成形对变形区材料性能的影响以及该元件使用条件等因素进行热处理。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 77 条、《水规》第 56 条。

《蒸规》第 77 条 锅炉受压元件的焊后热处理应符合下列规定：

1. 低碳钢受压元件，其壁厚大于 30mm 的对接接头或内燃锅炉的筒体或管板的壁厚大于 20mm 的 T 形接头，必须进行焊后热处理。合金钢受压元件焊后需要进行热处理的厚度界限，按锅炉专业技术标准的规定。

2. 异种钢接头焊后需要进行消除应力热处理时，其温度应不超过焊接接头两侧任一钢种的下临界点 A_{c1} 。

3. 对于焊后有产生延迟裂纹倾向的钢材，焊后应及时进行后热消氢或热处理。

4. 锅炉受压元件焊后热处理宜采用整体热处理。如果采用分段热处理，则加热的各段至少有 1500mm 的重叠部分，且伸出炉外部分应有绝热措施减小温度梯度。环缝局部热处理时，焊缝两侧的加热宽度应各不小于壁厚的 3 倍。

5. 焊件与它的检查试件（产品试板）热处理时，其设备和规范应相同。

6. 焊后热处理过程中，应详细记录热处理规范的各项参数。

《水规》第 56 条 锅炉受压元件的焊后热处理应符合下列规定：

(1) 焊制的低碳钢受压元件，其厚度大于 30mm 时，必须进行焊后热处理。低合金钢受压元件焊后需要进行热处理的厚度界限，按产品技术条件的规定。

(2) 锅炉受压元件焊后热处理宜采用整体热处理。如果采用分段热处理，则加热的各段至少有 1500mm 的重叠部分，且伸出炉外部分应有绝热措施以减小温度梯度。环缝局部热处理时，焊缝两侧的加热宽度应各不小于壁厚的 4 倍。

(3) 焊件与它的检查试件（产品试板）热处理时，其设备和规范应相同。

(4) 焊后热处理过程中，应详细记录热处理规范的各项参数。

• 条款解释：本条款是对焊后热处理范围的规定。本条款对《蒸规》第 77-1 条、《水规》第 56-（1）条规定的修改，修改内容有：

将“低碳钢受压元件”修改为“碳素钢受压元件”。

将“壁厚”改为“名义壁厚”。

将合金钢受压元件焊后需要进行热处理的厚度界限“按锅炉专业技术标准的规定”或“按产品技术条件的规定”修改为“按照有关标准规定执行”。

增加了“除焊后热处理以外，还应当考虑冷、热成形对变形区材料性能的影响以及该元件使用条件等因素进行热处理”的规定。

《蒸规》第 77 条和《水规》第 56 条的内容包含：需要进行热处理的范围、热处理工艺、焊接试件制作、热处理记录等四个方面。在本次修订中，按内容予以拆分：《蒸规》第 77-1 条和《水规》第 56-1 条被列入本规程 4.4.1 “需要进行热处理的范围”；《蒸规》第 77-2、77-3、77-4 条和《水规》第 56-2 条被列入本规程 4.4.5 “热处理工艺”；《蒸规》第 77-5 条和《水规》第 56-3 条被列入本规程 4.5.5.2 “焊接试件制作”；《蒸规》第 77-6 条和《水规》第 56-4 条被列入本规程 4.4.6 “热处理记录”。

焊后热处理的目的：一是消除焊接残余应力，二是细化晶粒，三是防止延迟裂纹的产生。

在对受压元件进行焊接过程中，由于钢板局部受到了不均匀加热，从而产生了不均匀变形，形成了焊接残余应力。这种焊接残余应力是随着钢板厚度增加，残余应力越大，对锅炉安全使用影响越大。

经过焊后热处理（常用高温回火方法），金属发生塑性变形产生松弛而使焊接残余应力减弱或消失。一般认为焊后通过高温回火热处理可将80%~90%的焊接残余应力消除，提高了焊接接头的抗疲劳性能。

过去，我国曾在焊制中、高压锅炉锅筒的纵向焊缝采用电渣焊。这种焊接方法生产效率较高，但由于焊件比较厚，焊缝及热影响区在高温下停留的时间较长，从而使金属组织的晶粒变得粗大，同时也易产生过热的魏氏组织，降低了钢材的力学性能。通过热处理（正火热处理）可以将粗大的晶粒细化，改善焊缝金属的力学性能。此方法国内已很少采用。

对于低合金珠光体耐热钢，如12CrMo、15CrMo、12Cr1MoV、12Cr2MoWVTiB、12Cr3MoVSiTIB等，这些钢材在焊接过程中容易形成淬硬性组织，而且氢富集于焊缝之中，再加上焊接形成的残余应力，焊后几天甚至几小时将会在焊缝及附近产生裂纹，称为延迟裂纹。产生延迟裂纹的主要因素是氢的富集，因此对这些钢材焊后应立即进行消氢处理。

条款对焊后需要进行热处理厚度界限的规定：

碳素钢受压元件的对接接头，当名义壁厚超过30mm时，焊后必须进行消除焊接残余应力的热处理。

内燃锅炉的筒体或管板的名义厚度大于20mm的T形接头，应进行焊后热处理。这种接头焊缝所受应力主要是弯曲应力，应力状况不如对接接头的焊缝。为了改善T形接头处焊缝的性能，提高其抗疲劳性，应对其进行焊后热处理，而且焊后热处理的厚度界限比对接接头小。

合金钢焊后热处理厚度要符合专业标准的规定。对于合金钢来说，由于合金元素的存在，其可焊性一般都较差，不但焊前要求进行预热，而且焊后都要求进行热处理，具体要求可由技术规范来确定。

冷卷、冷压成形件，通常变形率大于5%后，需要随后作去应力处理，适用时可与焊后热处理一起进行。

4.4.2 热处理设备

热处理设备应当配有自动记录热处理的时间与温度曲线的装置，测温装置应当能够准确反映工件的实际温度。

• 条款说明：新增条款。

• 条款解释：本条款是对热处理的测量装置应当能够准确地反映工件的实际温度的规定。增加本条款使规程在热处理规定中更具有逻辑性。

热处理测量装置广义上应包括：热处理设备、测量装置和测温装置。热处理炉的性能是否能满足工艺要求，直接关系到热处理的效果和质量；热处理设备应按GB/T 9452《热处理炉有效加热区测定方法》进行有效温度场测定，以保证热处理设备性能能够满足热处理的工艺要求；热处理测量装置应是自动记录热处理的时间与温度曲线的装置；热处理测温装置应能准确反映工件的实际温度，确保热处理工艺的执行。

热处理后应检查热处理温度自动记录图，是否符合工艺要求，随炉试件的性能是否符合产品技术要求。当热处理温度自动记录图显示异常时，可按标准或技术要求，对该记录图监视的焊接接头或成形件进行硬度或金相组织检验；对炉内热处理用温度自动记录图，内容应利于产品追踪，应表明：工程项目号或工作令号、部件图号、热处理工艺编号、走纸前进速度，记录者按焊缝位置布置测量点所分配的记录颜色等及处理日期、操作者、核查人签名。用其他热处理方式的记录至少应有对应热处理工件（如焊接接头、成形件）的图样号、工作令号、热处理工艺编号、保温温度和时间及操作日期和核查人签名；具体内容应由相应的技

术标准作出规定。

要求进行热处理，一般为 A 级锅炉。目前 A 级锅炉制造厂一般均已具备自动记录热处理的时间与温度曲线的装置，本条款的规定有实施的现实性和可行性。

4.4.3 热处理前的工序要求

需要焊后热处理的受压元件应当在焊接（包括非受压元件与其连接的焊接）工作全部结束并且经过检验合格后，方可进行焊后热处理。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 78 条、《水规》第 57 条。

《蒸规》第 78 条 需要焊后热处理的受压元件，接管、管座、垫板和非受压元件等与其连接的全部焊接工作，应在最终热处理之前完成。……

《水规》第 57 条 接管、管座、垫板和其他非受压元件与需要焊后热处理的受压元件连接的全部焊接工作，应在其最终热处理之前完成。

• 条款解释：本条款是对受压元件实施热处理前应完成的工序要求。本条款对《蒸规》第 78 条（前半段）和《水规》第 57 条规定的修改，增加了“受压元件应当在焊接工作全部结束并且经过检验合格后，方可进行焊后热处理”的规定，明确受压元件本身的全部焊接工作结束后，并检验合格后，方可进行焊后的热处理。

热处理的目的是：消除焊接残余应力，或细化晶粒，或防止延迟裂纹的产生；已经热处理过的受压元件不能在其上再进行焊接。否则，又会形成新的焊接残余应力或裂纹，再进行热处理是困难的，甚至不可能。这就要求受压元件热处理前应完成全部焊接及其检验工作。

4.4.4 热处理工艺

热处理前应当根据有关标准及图样要求编制热处理工艺，需要进行现场热处理的，应当提出具体现场热处理的工艺要求。

焊后热处理工艺至少满足以下要求：

(1) 异种钢接头焊后需要进行消除应力热处理时，其温度应当不超过焊接接头两侧任一钢种的下临界点 (A_{c1})；

(2) 焊后热处理宜采用整体热处理，如果采用分段热处理则加热的各段至少有 1500mm 的重叠部分，并且伸出炉外部分有绝热措施；

(3) 补焊和环缝局部热处理时，焊缝和焊缝两侧的加热宽度应当各不小于焊接接头两侧钢板厚度（取较大值）的 3 倍或者不小于 200mm。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 77-2、77-3、77-4 条；《水规》第 56-2 条。

《蒸规》第 77-2 条 异种钢接头焊后需要进行消除应力热处理时，其温度应不超过焊接接头两侧任一钢种的下临界点 A_{c1} 。

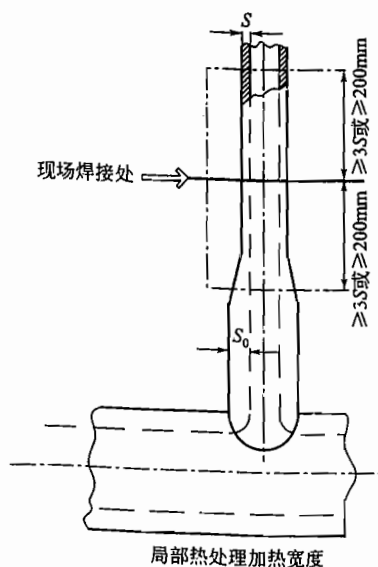
《蒸规》第 77-3 条 对于焊后有产生延迟裂纹倾向的钢材，焊后应及时进行后热消氢或热处理。

《蒸规》第 77-4 条 锅炉受压元件焊后热处理宜采用整体热处理。如果采用分段热处理，则加热的各段至少有 1500mm 的重叠部分，且伸出炉外部分应有绝热措施减小温度梯度。环缝局部热处理时，焊缝两侧的加热宽度应各不小于壁厚的 3 倍。

《水规》第 56-2 条 锅炉受压元件焊后热处理宜采用整体热处理。如果采用分段热处

理, 则加热的各段至少有 1500mm 的重叠部分, 且伸出炉外部分应有绝热措施以减小温度梯度。环缝局部热处理时, 焊缝两侧的加热宽度应各不小于壁厚的 4 倍。

• 条款解释: 本条款是对热处理前应编制热处理工艺的规定; 是对《蒸规》第 77-2、77-3、77-4 条和《水规》第 56-2 条规定的修改, 修改有以下内容。



释图 4-6

增加了“热处理前应当根据有关标准及图样要求编制热处理工艺, 对需要进行现场热处理的情况, 应当提出具体现场热处理的工艺要求”的规定。

删除了“对于焊后有产生延迟裂纹倾向的钢材, 焊后应及时进行后热消氢或热处理”规定的内容, 因为有编制热处理工艺要求, 无需赘述。

将“锅炉受压元件焊后热处理宜采用整体热处理”改为“焊后热处理宜采用整体热处理”。

删除了绝热措施“以减小温度梯度”的目的用语。

将“环缝局部热处理时”改为“补焊和环缝局部热处理时”。

将局部热处理“焊缝两侧的加热宽度应各不小于壁厚的 4 倍”或“焊缝两侧的加热宽度应各不小于壁厚的 3 倍”修改为“焊缝和焊缝两侧的加热宽度应当各不小于焊接接头两侧钢板厚度 (取较大值) 的 3 倍或者不小于 200mm”, 如释图 4-6 所示。

锅炉焊缝热处理过程是由加热、保温和冷却三个阶段组成的, 热处理通常分为: 退火、正火、淬火、回火等工艺方法。为了满足锅炉承压部件的工作需要, 确保符合锅炉设计和使用要求, 对锅炉承压部件的焊缝进行必要的热处理, 使其具有良好的组织结构、理想的力学性能, 消除承压部件焊后产生的应力, 提高产品质量和使用寿命, 热处理在锅炉整个加工过程中占有十分重要的地位。

热处理对充分发挥金属材料潜在性能是极为有效的工艺方法, 进行热处理的目的就是为了获得所期望的组织性能。了解热处理对锅炉承压部件焊缝的组织性能的影响, 确保热处理工艺的稳定性, 避免人为的随意性; 编制正确有效、可操作性强、使产品质量得到保证的热处理工艺十分重要。

根据各电站锅炉制造单位生产实践, 最后确定为焊缝和焊缝两侧的加热宽度应当各不小于焊接接头两侧钢板厚度 (取较大值) 的 3 倍或者不小于 200mm (主要针对窄间隙焊接)。

4.4.5 热处理记录

焊后热处理过程中, 应当详细记录热处理规范的各项参数。热处理后有关责任人员应当详细核对各项记录指标是否符合工艺要求。

• 条款说明: 修改条款。

原条款: 《蒸规》第 77-6 条、《水规》第 56-4 条。

《蒸规》第 77-6 条 焊后热处理过程中, 应详细记录热处理规范的各项参数。

《水规》第 56-4 条 焊后热处理过程中, 应详细记录热处理规范的各项参数。

• 条款解释: 本条款对热处理记录及其管理的要求。对《蒸规》第 77-6 条和《水规》第 56-4 条规定的修改, 修改内容有:

增加了“热处理后有关责任人员应当详细核对各项记录指标是否符合工艺要求。”强调了执行热处理工艺的严肃性，确保锅炉承压部件热处理的质量。

锅炉焊缝热处理是一种复杂的特殊过程。影响热处理质量的因素很多，包括：人、机、料、法、环和检验等。如热处理不当，易使锅炉承压部件和焊缝产生裂纹、变形、腐蚀、热处理缺陷等缺陷，使承压部件失效而失去工作能力；也造成人力、物力、财力的巨大浪费。本条款强调执行热处理工艺的严肃性，也有利于热处理失效分析、采取纠正和预防措施，以及发生事故后的追踪。

4.4.6 热处理后的工序要求

已经过热处理的锅炉受压元件，应当避免直接再在其上面焊接元件。如果不能避免，但在同时满足以下条件时，焊后可以不再进行热处理，否则应当再进行热处理：

- (1) 受压元件为碳素钢或者碳锰钢材料；
- (2) 角焊缝的计算厚度不大于 10mm；
- (3) 按照评定合格的焊接工艺施焊；
- (4) 对角焊缝进行 100% 表面无损检测。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 78 条。

《蒸规》第 78 条 ……已经热处理过的锅炉受压元件，如锅筒和集箱等，应避免直接在其上焊接非受压元件。如不能避免，在同时满足下列条件下，焊后可不再进行热处理：

1. 受压元件为碳素钢或碳锰钢材料；
2. 角焊缝的计算厚度不大于 10mm；
3. 应按经评定合格的焊接工艺施焊；
4. 应对角焊缝进行 100% 表面探伤。

此外，锅炉制造单位应对受压件现场焊接连接件提出检验方法和质量保证措施。

• 条款解释：本条款是对受压元件热处理后施焊的规定；本条款对《蒸规》第 78 条（后半段）规定做了文字修改，在“已经热处理过的锅炉受压元件”之后，删除了“如锅筒和集箱等”和“此外，锅炉制造单位应对受压件现场焊接连接件提出检验方法和质量保证措施”重复语句。

在已经热处理过的受压元件，应当避免直接再在其上焊接元件，如不能避免时应满足一定的条件，焊后可不再进行热处理。这一规定，是避免形成较大的焊接残余应力。

在锅炉安装过程中多次发生在已经热处理过的受压元件又焊接一些零部件，如锅筒与滑动底座的枕座、锅筒与隔板、锅筒与密封板等均在安装现场进行焊接，而且焊后又无法进行热处理。为了解决这一问题，原劳动人事部锅炉压力容器安全监察局以劳人锅函 [1984] 71 号做过答复，原则上已经热处理过的受压元件，尽量避免直接在其上焊接零件或附件。如果要在汽包、集箱焊接零件或附件，应在结构设计、工艺要求加以考虑，在最终热处理之前完成。

总的原则是，对在已经热处理过的受压元件上施焊，是不可避免时，规程作了有条件的允许；既保证了焊接质量，又解决了不可避免的问题。

4.5 焊接检验及相关检验

锅炉受压元件及其焊接接头质量检验，包括外观检验、通球试验、化学成分分析、无损检测、力学性能检验、水压试验等。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 68 条、《水规》第 48 条。

《蒸规》第 68 条 锅炉受压元件的焊接接头质量应进行下列项目的检查和试验：

1. 外观检查；
2. 无损探伤检查；
3. 力学性能试验；
4. 金相检验和断口检验；
5. 水压试验。

《水规》第 48 条 锅炉受压元件的焊接接头质量应从以下四个方面进行检查和试验。

- (1) 外观检查；
- (2) 无损探伤检查；
- (3) 力学性能试验；
- (4) 水压试验。

• 条款解释：本条款是对焊接接头质量检查项目的规定。是对《蒸规》第 68 条和《水规》第 48 条规定的修改，删除了“金相检验和断口检验”，增加了生产实践中早已广泛采用的“通球试验”和“化学成分分析”要求。

焊接接头的质量检查目的：是检查其是否存超标缺陷，是否具有可接受的力学性能和严密性，是否发生碳钢与合金钢材料的误用。

缺陷有宏观缺陷和微观缺陷。

在焊接接头中存在的宏观缺陷，如裂纹、未焊透、未熔合、咬边、弧坑、气孔、夹渣等，其检验方法是进行外观检查、无损检测。

微观缺陷，如过烧组织、超标的异常组织和显微裂纹，其检验方法是进行金相检验。

检查受热面管子管内部畅通，清理管内腔因施工造成的杂物，检查管内径值是否符合要求，用通球试验。

接头和焊缝金属的力学性能，如强度、韧性和延伸性，其检验方法是进行力学性能试验。

碳钢与合金钢材料的误用，其检验方法是进行合金钢焊缝及母材化学成分的光谱验证检验。

水压试验既可以检查接头存在的缺陷，也可以检验接头的强度。

以上六项检查全部合格，焊接接头的质量才算达到了规定的要求。

4.5.1 受压元件焊接接头外观检验

受压元件焊接接头（包括非受压元件与受压元件焊接的接头）应当进行外观检验，并且至少满足以下要求：

- (1) 焊缝外形尺寸符合设计图样和工艺文件的规定；
- (2) 对接焊缝高度不低于母材表面，焊缝与母材平滑过渡，焊缝和热影响区表面无裂纹、夹渣、弧坑和气孔；
- (3) 锅筒（锅壳）、炉胆、集箱的纵（环）缝及封头（管板）的拼接焊缝无咬边，其余焊缝咬边深度不超过 0.5mm，管子焊缝两侧咬边总长度不超过管子周长的 20%，且不超过 40mm。

• 条款说明：修改条款。

原条款:《蒸规》第79条、《水规》第58条。

《蒸规》第79条 锅炉受压元件的全部焊缝(包括非受压元件与受压元件的连接焊缝)应进行外观检查,表面质量应符合如下要求:

1. 焊缝外形尺寸应符合设计图样和工艺文件的规定,焊缝高度不低于母材表面,焊缝与母材应平滑过渡;
2. 焊缝及其热影响区表面无裂纹、夹渣、弧坑和气孔;
3. 锅筒(锅壳)、炉胆和集箱的纵、环焊缝及封头(管板)的拼接焊缝无咬边,其余焊缝咬边深度不超过0.5mm,管子焊缝两侧咬边总长度不超过管子周长的20%,且不超过40mm。

《水规》第58条 锅炉受压元件的全部焊缝(包括非受压元件与受压元件的连接焊缝)应进行外观检查,其表面质量应符合以下要求:

- (1) 焊缝外形尺寸应符合设计图样和工艺文件的规定,焊缝表面不低于母材表面,焊缝与母材应圆滑过渡;
- (2) 焊缝及其热影响区表面无裂纹、未熔合、夹渣、弧坑和气孔;
- (3) 锅筒的纵、环焊缝及封头(管板)的拼接焊缝无咬边,其余焊缝咬边深度不超过0.5mm。

• **条款解释:**本条款是对焊接接头外观检验的规定。修改内容有:将“锅炉受压元件的全部焊缝”,改为“受压元件焊接接头”;将“外观检查”改为“外观检验”;删除了“表面质量”重复用语。

整体内容与原规定相同,文字描述进行了调整。

对焊缝外观检验有三条要求。

(1) 外形尺寸应符合设计图样和工艺文件的规定。这是三按(按设计、按工艺、按标准)施工的基本要求,也是保证产品质量的基本要求,是在产品质量检查中首先要注意的事项。

(2) 焊缝高度和表面缺陷:焊缝高度不低于母材表面,是保证焊缝的强度不低于母材的强度。随着焊接材料与焊接技术的发展,焊缝金属的强度一般不低于母材的强度,规程这一规定是从厚度角度提出来的,只要不低于母材表面,焊缝金属的厚度也就不小于母材的厚度,其强度也就不低于母材的强度。但是焊缝的高度也不是越高越好,焊缝高度越高焊缝疲劳效率越低。焊缝与母材应平滑过渡。避免焊缝与母材连接处形成形状突变,产生应力集中。

焊缝及热影响区不允许存在的缺陷,即裂纹、夹渣、弧坑和气孔。锅炉的寿命除强度问题以外,主要是疲劳问题。裂纹直接影响锅炉寿命,对于锅炉受压元件裂纹是绝对不允许的;表面的夹渣、弧坑和气孔也是一种疲劳裂纹源,因此焊缝(包括热影响区)表面对缺陷的控制严于焊缝内部对缺陷的控制。

(3) 对焊缝咬边的要求。主要受压部件的主焊缝不允许咬边,实际上咬边也是一种疲劳裂纹源。因咬边过长导致锅炉爆炸在我国时有发生。其余咬边深度不超过0.5mm,管子焊缝两侧咬边长度不超过管子周长的20%,且不超过40mm。原1980年版规程规定,所有焊缝无咬边;在执行中不允许所有焊缝咬边,在工艺上难度较大,除主要焊接外,其他焊缝的应力远低于主焊缝,且对锅炉疲劳的影响要小得多。1983年对原1980年版规程进行部分条文修改时,对焊缝咬边的规定做了调整,将所有焊缝无咬边,改为主要焊缝[即:锅筒(锅壳)、炉胆、集箱的纵、环缝及封头(管板)的拼接焊缝]无咬边,其余焊缝咬边深度不超

过 0.5mm；进行了有条件的放宽，利于规程的执行。

4.5.2 对接焊接的受热面管子通球试验

对接焊接的受热面管子，应当按照相应标准规定进行通球试验。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 80 条、《水规》第 59 条。

《蒸规》第 80 条 对接焊接的受热面管子，按 JB/T 1611《锅炉管子技术条件》进行通球试验。

《水规》第 59 条 对接焊接的受热面管子，按 JB 1611《锅炉管子制造技术条件》进行通球试验。

• 条款解释：本条款是对受热面管子进行通球试验的规定。条款中删除了“按 JB/T 1611《锅炉管子技术条件》”进行，改为“按照相关标准规定”进行通球试验。

由于受热面管切割下料不当，管内壁易留有铁屑；管子对接焊时形成内毛刺而又无法去除；管子成型时，使管子截面积缩小等原因，在锅炉运行中会影响管内介质的流动；对于循环回路中的管子将影响水循环正常；对于强制循环的系统中将增加水循环阻力，泵的压头增加，浪费能源。管子内腔因施工杂物造成堵塞，不仅破坏了水循环，还会造成锅炉停炉事故。为了检查受热面管子内部的畅通、清理管内腔因施工造成的杂物、控制管内径的减小，对通球做出了规定。对通球试验更具体的要求可由技术规范来确定。

4.5.3 化学成分分析

合金钢管、管件对接接头焊缝和母材应当进行化学成分光谱分析验证。

• 条款说明：新增条款。

• 条款解释：本条款是对合金钢管、管件对接接头焊缝和母材应当进行化学成分光谱验证的规定。在锅炉制造和安装中，由于管理不当，管材混用时有发生。大型电站锅炉现场检验中，查出由于金属过热造成爆管的事故占爆管事故的 30%，其中材料误用是一个重要原因。如某电厂 1000MW 机组锅炉爆管中，发现过热器管屏和过热器连接管发生材料错用。某电厂 4 号炉应该用合金钢的高温过热器出口联箱管座错用碳钢，使碳钢管座长期过热爆破。本条款规定用光谱分析验证，区别碳钢与合金钢材料（包括母材、焊材），避免不应该发生的混用。

4.5.4 无损检测

4.5.4.1 无损检测人员资格

无损检测人员应当按照有关安全技术规范进行考核，取得资格证书后，方可从事相应方法和技术等级的无损检测工作。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 81 条、《水规》第 60 条。

《蒸规》第 81 条 无损探伤人员应按劳动部颁发的《锅炉压力容器无损检测人员资格考核规则》考核，取得资格证书，可承担与考试合格的种类和技术等级相应的无损探伤工作。

《水规》第 60 条 无损探伤人员应按原劳动人事部颁发的《锅炉压力容器无损检测人员资格考核规则》考核，取得资格证书，且只能承担与考试合格的种类和技术等级相应的无损

探伤工作。

• 条款解释：本条款是对承担无损检测工作的人员资格规定。修改内容有：

删除了无损检测人员应“按劳动部颁发的《锅炉压力容器无损检测人员资格考核规则》”考核，改为“按照相关安全技术规范进行考核”；

将取得资格证书后，可“承担与考试合格的种类和技术等级相应”的无损探伤工作，改为“方可从事相应方法和技术等级”的无损探伤工作。

根据《特种设备无损检测人员考核与监督管理规则》的规定：“无损检测方法包括：射线（RT）、超声波（UT）、磁粉（MT）、渗透（PT）、电磁（ET）、声发射（AE）、热像/红外（TIR）”。“无损检测人员的级别分为：Ⅰ级（初级）、Ⅱ级（中级）、Ⅲ级（高级）”，故将原“种类和技术等级”改为“相应方法和技术等级”。

4.5.4.2 无损检测基本方法

无损检测方法主要包括射线（RT）、超声（UT）、磁粉（MT）、渗透（PT）、涡流（ET）等检测方法。制造单位应当根据设计、工艺及其相关技术条件选择检测方法并且制定相应的检测工艺。

当选用超声衍射时差法（TOFD）时，应当与脉冲回波法（PE）组合进行检测，检测结论以 TOFD 与 PE 方法的结果进行综合判定。

• 条款说明：新增条款。

• 条款解释：本条款是对无损检测基本方法的规定。本条款的制订，在锅炉安全技术规程中，完善了对无损检测基本方法的描述。一般来说，射线和超声检测主要用于承压设备的内部缺陷的检测；磁粉检测主要用于铁磁性材料制承压设备的表面和近表面缺陷的检测；渗透检测主要用于非多孔性金属材料和非金属材料制承压设备的表面开口缺陷的检测；涡流检测主要用于导电金属材料制承压设备表面和近表面缺陷的检测。由于各种检测方法都具有一定的特点，为提高检测结果可靠性，应根据设备材质、结构、制造方法、工作介质、使用条件和失效模式，预计可能产生的缺陷种类、形状、部位和取向，选择适宜的无损检测方法。正确选用最适当的无损检测方法是重要的。

同时，将无损检测方法的选择和具体操作，用文件进行规范化、系统化、标准化，这就是制定相应的检测工艺。在锅炉安全规程历史过程中，这是首次在锅炉规程中完整地提出制定无损检测工艺的要求。无损检测工艺包括：通用工艺规程和工艺卡。无损检测通用工艺规程应根据相关法规、产品标准、有关的技术文件和 JB/T 4730 的要求，并针对检测机构的特点和检测能力进行编制。无损检测通用工艺规程应涵盖本单位产品的检测范围；无损检测通用工艺规程的编制、审核和批准应符合相关法规或标准的规定。

无损检测工艺卡：实施无损检测的人员，应按无损检测工艺卡进行操作。无损检测工艺卡应根据无损检测通用工艺规程、具体产品标准、有关的技术文件和 JB/T 4730 的要求进行编制。无损检测工艺卡的编制、审核应符合相关法规或标准的规定。

条款中，作为锅炉规程首次明确允许锅炉受压部件采用 TOFD 方法进行检测，并规定了使用方法及条件。但此方法仅限于全焊透的对接接头检测。

TOFD（Time Of Flight Diffraction）是利用超声波衍射波的一种检测方法，根据国质检特函（2007）402 号文（2007.6.7 实施）规定，可以采用 TOFD 方法检测对接接头的质量。

质检特函〔2009〕89 号关于《固定式压力容器安全技术监察规程》的实施意见中，对衍射时差法超声检测（TOFD）方法的应用又进一步作出了规定。

4.5.4.3 无损检测标准

锅炉受压部件无损检测方法应当符合 NB/T 47013 (JB/T 4730)《承压设备无损检测》的要求。管子对接接头 X 射线实时成像,应当符合相应技术规定。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第 87、88、89 条,《水规》第 64 条。

《蒸规》第 87 条(部分条款) 对接接头的射线探伤应按 GB 3323《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》的规定进行。

《蒸规》第 88 条(部分条款) 对接接头的超声波探伤,当壁厚小于或等于 120mm 时,应按 JB 1152《锅炉和钢制压力容器对接焊缝超声波探伤》的规定进行;当壁厚超过 120mm 时,可按 GB 11345《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级》的规定进行;管子和管道的对接接头超声波探伤可按 SDJ 67《电力建设施工及验收技术规范(管道焊缝超声波检验篇)》的规定进行;超出 SDJ 67 适用范围的,按企业标准执行。

《蒸规》第 89 条 集中下降管的角对接接头的超声波探伤可按 JB 3144《锅炉大口径管座角焊缝超声波探伤》的规定执行。

卧式内燃锅壳锅炉的管板与炉胆、锅壳的 T 形接头的超声波探伤按有关规定进行。

《水规》第 64 条(部分条款) 对接焊缝的射线探伤应按 GB 3323《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》的规定执行。

• 条款解释:本条款是对无损检测标准的规定。修改内容有:

删除了“对接接头的射线探伤应按 GB 3323《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》的规定进行”、“对接接头的超声波探伤,当壁厚小于或等于 120mm 时,应按 JB 1152《锅炉和钢制压力容器对接焊缝超声波探伤》的规定进行;当壁厚超过 120mm 时,可按 GB 11345《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级》的规定进行;管子和管道的对接接头超声波探伤可按 SDJ 67《电力建设施工及验收技术规范(管道焊缝超声波检验篇)》的规定进行;超出 SDJ 67 适用范围的,按企业标准执行”、“集中下降管的角对接接头的超声波探伤可按 JB 3144《锅炉大口径管座角焊缝超声波探伤》的规定执行。卧式内燃锅壳锅炉的管板与炉胆、锅壳的 T 形接头的超声波探伤按有关规定进行”等诸多规定,统一修改为“锅炉受压部件无损检测方法应当符合 NB/T 47013 (JB/T 4730)《承压设备无损检测》的要求”。

增加了“管子对接接头 X 射线实时成像,应当符合相应技术规定”。X 射线实时成像检测通常用于:实时确定缺陷平面投影的位置、大小以及缺陷的性质。X 射线实时成像检测,适用于锅炉蛇形管生产线上对接接头的实时快速检测。X 射线实时成像检测,现有的标准是 GB/T 19293—2003《对接焊缝 X 射线实时成像检测法》。

4.5.4.4 无损检测技术等级及焊接接头质量等级

(1) 锅炉受压部件焊接接头的射线检测技术等级不低于 AB 级,焊接接头质量等级不低于 II 级;

(2) 锅炉受压部件焊接接头的超声检测技术等级不低于 B 级,焊接接头质量等级不低于 I 级;

(3) 表面检测的焊接接头质量等级不低于 I 级。

• 条款说明:修改条款。

原条款：《蒸规》第 87、88 条；《水规》第 64 条。

《蒸规》第 87 条 对接接头的射线探伤应按 GB 3323《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》的规定进行。射线照相的质量要求不应低于 AB 级。

额定蒸汽压力大于 0.1MPa 的锅炉，对接接头的质量不低于Ⅱ级为合格；额定蒸汽压力小于或等于 0.1MPa 的锅炉，对接接头的质量不低于Ⅲ级为合格。

《蒸规》第 88 条 对接接头的超声波探伤，当壁厚小于或等于 120mm 时，应按 JB 1152《锅炉和钢制压力容器对接焊缝超声波探伤》的规定进行；当壁厚超过 120mm 时，可按 GB 11345《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级》的规定进行；管子和管道的对接接头超声波探伤可按 SDJ 67《电力建设施工及验收技术规范（管道焊缝超声波检验篇）》的规定进行；超出 SDJ 67 适用范围的，按企业标准执行。

采用超声波探伤时，对接接头的质量不低于Ⅰ级为合格。

《水规》第 64 条 对接焊缝的射线探伤应按 GB 3323《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》的规定执行。射线照相的质量要求不应低于 AB 级。

对于额定出口热水温度高于或等于 120℃ 的锅炉，对接焊缝的质量不低于Ⅱ级为合格；对于额定出口热水温度低于 120℃ 的锅炉，对接焊缝的质量不低于Ⅲ级为合格。

• 条款解释：本条款是对无损检测技术等级及焊接接头质量等级的规定。修改有以下内容。

将“射线照相的质量要求”不应低于 AB 级，改为“射线检测技术等级”不低于 AB 级。

将“对接焊缝的质量”改为“焊接接头质量”。

增加了“超声检测技术等级”的规定。

增加了对表面检测的焊接接头质量等级不低于Ⅰ级的规定。

在 JB/T 4730 中规定：

射线检测技术分为三级：A 级——低灵敏度技术；AB 级——中灵敏度技术；B 级——高灵敏度技术。

根据对接接头中存在的缺陷性质、数量和密集程度，其质量等级可划分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级；

超声检测技术分为 A、B、C 三级；焊接接头质量等级分为：Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级；

表面检测的焊接接头质量等级分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级。

4.5.4.5 无损检测时机

焊接接头的无损检测应当在形状尺寸和外观质量检查合格后进行，并且遵循以下原则：

- (1) 有延迟裂纹倾向的材料应当在焊接完成 24h 后进行无损检测；
- (2) 有再热裂纹倾向材料的焊接接头，应当在最终热处理后进行表面无损检测复验；
- (3) 封头（管板）、波形炉胆、下脚圈的拼接接头的无损检测应当在成型后进行，如果成型前进行无损检测，则应当于成型后在小圆弧过渡区域再进行一次无损检测；
- (4) 电渣焊焊接接头应当在正火后进行超声检测。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 82 条。

《蒸规》第82条（部分条款）“……封头（管板）、下脚圈的拼接焊缝的无损探伤应在加工成型后进行。

电渣焊焊缝的超声波探伤应在焊缝正火热处理后进行。”

• 条款解释：本条款是首次在锅炉规程中，对焊接接头进行无损检测的时机的规定。本条款是对《蒸规》第82条（部分条款）规定的补充修改，修改内容有：

增加了“焊接接头的无损检测应当在形状尺寸和外观质量检查合格后进行，并且遵循以下原则：

（1）有延迟裂纹倾向的材料应当在焊接完成24小时后进行无损检测；

（2）有再热裂纹倾向材料的焊接接头，应当在最终热处理后进行表面无损检测复验；”等规定。

对“封头（管板）、下脚圈的拼接焊缝的无损探伤应在加工成型后进行”，增加了波形炉胆拼接接头的内容，修改为“封头（管板）、波形炉胆、下脚圈的拼接接头的无损检测应在成型后进行”，同时补充增加了“若成型前进行无损检测，则成型后应在小圆弧过渡区域再做无损检测”；并将“电渣焊焊缝的超声波探伤应在焊缝正火热处理后进行”修改为“电渣焊焊接接头应在正火后进行超声检测”。使条文要求明确，表述完整，利于执行。

延迟裂纹是在焊接冷却后延迟一段时间再出现的裂纹，是冷裂纹中的一种。主要出现在焊缝的热影响区，且多数与熔合线平行。常见的延迟裂纹有3种状态：

（1）焊趾裂纹；

（2）焊道下裂纹；

（3）焊缝根部裂纹。材料的淬硬倾向、焊接接头的含氢量、拘束应力状态，这是中高强度低合金钢产生延迟裂纹的3个要素。其中关键性的是含氢量。焊缝中的氢是在潮湿气氛中焊接时，在高温下氢以原子状态溶入焊缝金属。冷却后，钢对氢的溶解度变小，氢原子聚集成分子，已无法逸出焊缝，便形成巨大的内应力，致使裂纹开裂。断面上常有白色斑点，称为氢白点。因此延迟裂纹也称为氢致裂纹。焊接接头的无损检测时机，对有延迟裂纹倾向的材料应当在焊后一段时间不再出现裂纹的情况进行。

焊后焊件在一定温度范围内再次加热（消除应力热处理或其他加热过程）而产生的裂纹称为再热裂纹。再热裂纹通常发生在熔合线附近的粗晶区中，从焊趾部位开始，向细晶区停止。钢中Cr、Mo、V、Nb、Ti等元素会促使形成再热裂纹。焊接接头的无损检测时机，对有再热裂纹倾向材料的焊接接头，应当在最终热处理后进行表面无损检测复验。

对于封头（管板）、波形炉胆、下脚圈的拼接接头应在加工成型后进行。因管板等冲压之前在弯曲部位的拼接焊缝中，如有气孔可能未超标，但在冲压之后，气孔将被拉长就可能超过标准。焊缝的缺陷应以最终缺陷作为评定质量。如在加工成型前进行，成型后应在小圆弧过渡区域再做无损检测，防止漏检。

对于电渣焊焊接接头的超声波检测，规程规定应在正火后进行。电渣焊产生粗大的金属组织，对其进行正火处理主要是使其晶粒细化，粗大的晶粒不仅影响焊缝金属的力学性能，也将影响对超声波检测判断的准确性。

4.5.4.6 无损检测选用方法和比例

（1）蒸汽锅炉受压部件焊接接头的无损检测方法及其比例应当符合表4-1的要求。

表 4-1 蒸汽锅炉无损检测方法及其比例

锅炉设备分类	A 级	B 级	C 级	D 级
检测部位	检测方法及其比例			
锅筒(锅壳)、启动(汽水)分离器的纵向和环向对接接头,封头(管板)、下脚圈的拼接接头以及集箱的纵向对接接头	100%射线 或者 100%超声检测 (注 4-1)	100%射线 或者 100%超声检测 (注 4-1)	每条焊缝 至少 20% 射线检测	10% 射线检测
炉胆的纵向和环向对接接头(包括波形炉胆)、回燃室的对接接头及炉胆顶的拼接接头	—	20%射线检测	—	—
内燃锅壳锅炉,其管板与锅壳的 T 形接头,贯流式锅炉集箱筒体 T 形接头	—	100%超声检测	—	—
内燃锅壳锅炉,其管板与炉胆,回燃室的 T 形接头	—	50%超声检测	—	—
集中下降管角接头	100%超声检测	—	—	—
外径大于 159mm 或者壁厚大于或者等于 20mm 的集箱、管道和其他管件的环向对接接头	100%射线或者 100%超声检测 (注 4-1)		—	—
外径小于或者等于 159mm 的集箱、管道、管子环向对接接头(受热面管子接触焊除外)	(1) $p \geq 9.8 \text{ MPa}$, 100%射线或者 100%超声检测(安装工地,接头数的 50%); (2) $p < 9.8 \text{ MPa}$, 50%射线或者 50%超声检测(安装工地,接头数的 25%)	10% 射线检测		
锅筒、集箱上管接头的角接头	(1) 外径大于 108mm, 100%超声检测; (2) 外径小于或者等于 108mm, 至少接头数的 20%表面检测	—	—	—

注 4-1: 壁厚小于 20mm 的焊接接头应当采用射线检测方法, 壁厚大于或者等于 20mm 时, 可以采用超声检测方法, 超声检测仪宜采用数字式可记录仪器, 若采用模拟式超声检测仪, 应当附加 20%局部射线检测;

注 4-2: 水温低于 100℃ 的给水管道可以不进行无损检测。

(2) B 级及以上热水锅炉无损检测比例及方法应当符合表 4-1 中相应级别蒸汽锅炉要求, C 级热水锅炉主要受压元件的主焊缝应当进行 10% 的射线或者超声检测。

(3) 承压有机热载体锅炉的无损检测比例及方法应当符合表 4-2 要求, 非承压有机热载体锅炉可以不进行无损检测。

表 4-2 承压有机热载体锅炉无损检测方法及其比例

接头部位	无损检测方法及其比例	
	气相	液相
锅筒、闪蒸罐的纵(环)缝和封头的拼接对接接头	100%射线检测	50%射线检测
受压部件 T 形接头	100%超声检测	50%超声检测
冷凝液罐、膨胀罐和储罐的焊接接头	20%射线检测	
外径大于或者等于 159mm 管子的对接接头	接头数的 20%射线检测	
外径小于 159mm 管子的对接接头	接头数的 10%射线检测	

(4) 蒸汽锅炉、B 级及以上热水锅炉和承压有机热载体锅炉的管子或者管道与无直段弯头的焊接接头应当进行 100%射线或者超声检测。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第82~86条，《水规》第61~63条，《有机规》第6条（部分条款）。

《蒸规》第82条（部分条款） 锅筒（锅壳）的纵向和环向对接焊缝、封头（管板）、下脚圈的拼接焊缝以及集箱的纵向对接焊缝无损探伤检查的数量如下：

1. 额定蒸汽压力小于或等于0.1MPa的锅炉，每条焊缝应进行10%射线探伤（焊缝交叉部位必须在内）。

2. 额定蒸汽压力大于0.1MPa但小于或等于0.4MPa的锅炉，每条焊缝应进行25%射线探伤（焊缝交叉部位必须在内）。

3. 额定蒸汽压力大于0.4MPa但小于2.5MPa的锅炉，每条焊缝应进行100%射线探伤。

4. 额定蒸汽压力大于或等于2.5MPa但小于3.8MPa的锅炉，每条焊缝应进行100%超声波探伤加至少25%射线探伤，或进行100%射线探伤。焊缝交叉部位及超声波探伤发现的质量可疑部位应进行射线探伤。

5. 额定蒸汽压力大于或等于3.8MPa的锅炉，每条焊缝应进行100%超声波探伤加至少25%射线探伤。焊缝交叉部位及超声波探伤发现的质量可疑部位必须进行射线探伤。

《蒸规》第83条 炉胆的纵向和环向对接焊缝、回燃室的对接焊缝及炉胆顶的拼接焊缝的无损探伤数量如下：

1. 额定蒸汽压力小于或等于0.1MPa的锅炉，每条焊缝应进行10%的射线探伤（焊缝交叉部位必须在内）。

2. 额定蒸汽压力大于0.1MPa的锅炉，每条焊缝应进行25%射线探伤（焊缝交叉部位必须在内）。

《蒸规》第84条 额定蒸汽压力小于或等于1.6MPa的内燃锅壳锅炉，其管板与炉胆、锅壳的角接连接焊缝的探伤数量如下：

1. 管板与锅壳的T形连接部位的每条焊缝应进行100%超声波探伤；

2. 管板与炉胆、回燃室的T形连接部位的焊缝应进行50%超声波探伤。

《蒸规》第85条 集箱、管子、管道和其他管件的环焊缝（受热面管子接触焊除外），射线或超声波探伤的数量规定如下：

1. 当外径大于159mm，或者壁厚大于或等于20mm时，每条焊缝应进行100%探伤。

2. 外径小于或等于159mm的集箱环缝，每条焊缝长度应进行25%探伤，也可不少于每台锅炉集箱环缝条数的25%。

3. 工作压力大于或等于9.8MPa的管子，其外径小于或等于159mm时，制造厂内为接头数的100%，安装工地至少为接头数的25%。

4. 工作压力大于或等于3.8MPa但小于9.8MPa的管子，其外径小于或等于159mm时，制造厂内至少为接头数的50%，安装工地至少为接头数的25%。

5. 工作压力大于或等于0.1MPa但小于3.8MPa的管子，其外径小于或等于159mm时，制造厂内和安装工地应各至少抽查接头数的10%。

《蒸规》第86条 额定蒸汽压力大于或等于3.8MPa的锅炉，集中下降管的角接接头应进行100%射线或超声波探伤；每个锅筒和集箱上的其他管接头角接接头，应进行至少10%的无损探伤抽查。

《水规》第61条 锅筒的纵向和环向对接焊缝、封头（管板）的拼接焊缝以及集箱的纵向对接焊缝的射线探伤数量如下：

(1) 对于额定出口热水温度高于或等于 120℃ 的锅炉, 每条焊缝 100%。

(2) 对于额定出口热水温度低于 120℃ 的锅炉, 每条焊缝至少 25% (必须包括焊缝交叉部位)。

《水规》第 62 条 炉胆的纵向和环向对接焊缝, 炉胆顶的拼接焊缝, 其射线探伤数量为每条焊缝至少 25% (必须包括焊缝交叉部位)。

《水规》第 63 条 对于集箱、管子、管道和其他管件的环焊缝, 射线探伤的数量规定见表 5-1。

表 5-1

外径 mm	锅炉额定出口 热水温度℃	≥ 120		< 120	
	元件种类	集箱	管道、管子、管件	集箱	管道、管子、管件
> 159		100%		$\geq 25\%$	
≤ 159		$\geq 25\%$	$\geq 2\%$	$\geq 10\%$	可免查

* 按每条环缝的长度计算, 也允许按环缝的条数计算。

《有机规》第 6 条 (部分条款) 受压元件焊接与探伤应符合下列要求:

4. 锅筒的纵环焊缝、封头的拼接焊缝应进行 100% 的射线探伤或 100% 超声波探伤加至少 25% 的射线探伤; 受热面管的对接焊缝应进行射线探伤抽查, 其数量为: 辐射段不低于接头数的 10%, 对流段不低于 5%。抽查不合格时, 应以双倍数量进行复查。

• 条款解释: 本条款是对焊接接头进行无损检测选用方法和比例的规定。修改的内容有:

(1) 将原来文字规定的描述, 改为列表形式的描述, 用表 4-1 “蒸汽锅炉无损检测方法 & 比例”、表 4-2 “承压有机热载体锅炉无损检测方法 & 比例” 进行表述, 以利于便捷使用。对未能列入表中的热水锅炉、锅炉的管子或者管道与无直段弯头和非承压有机热载体锅炉等的焊接接头无损检测方法和比例, 用文字进行了补充描述。

(2) 将“额定蒸汽压力大于或等于 3.8MPa 的锅炉”、“额定蒸汽压力大于或等于 2.5MPa 但小于 3.8MPa 的锅炉”、“额定蒸汽压力大于 0.4MPa 但小于 2.5MPa 的锅炉”、“额定蒸汽压力大于 0.1MPa 但小于或等于 0.4MPa 的锅炉”、“额定蒸汽压力小于或等于 0.1MPa 的锅炉”分类, 按照本规程第 1 章“锅炉设备级别”的规定, 改为重新划分的“A 级”、“B 级”、“C 级”、“D 级”; 无损检测比例按级别作了适当调整。

(3) 将“100% 超声波探伤加至少 25% 射线探伤或进行 100% 射线探伤”修改为“100% 射线或者 100% 超声检测”; 将集中下降管的角接接头应进行“100% 射线或超声波探伤”修改为“100% 超声检测”; 删除了“焊缝交叉部位及超声波探伤发现的质量可疑部位应进行射线探伤”的最终用射线探伤判定的规定。

(4) 在“锅筒 (锅壳) 的纵向和环向对接焊缝”中, 增加了启动 (汽水) 分离器, 修改为“锅筒 (锅壳)、启动 (汽水) 分离器的纵向和环向对接接头”; 将局部探伤“(焊缝交叉部位必须在内)”等内容, 并入本规程“4.5.4.7 局部无损检测”条款中。

(5) 表 4-1 中“管子环向对接接头 (受热面管子接触焊除外)”, 其中“(受热面管子接触焊除外)”, 主要是采用接触焊方法形成的对接接头, 无法进行无损检测。

(6) 表 4-1 和表 4-2 对无损检测比例按级别作了适当调整; 有的调高了、有的降低了,

增加了“蒸汽锅炉、B级及以上热水锅炉和承压有机热载体锅炉的管子或者管道与无直段弯头的焊接接头应当进行100%射线或者超声检测”的规定。

(7) 锅筒、集箱上管接头的角接接头修改为“外径大于108mm, 100%超声检测; 外径小于或者等于108mm, 至少接头数的20%表面检测”。主要是考虑到大型电站锅炉的管接头质量控制应当加强, 另一方面, 各大锅炉厂实际上也已经对这些管接头进行了无损检测。

根据本章第4.1条“锅炉制造单位对出厂的锅炉产品性能和制造质量负责”和第4.5.4.7条“进行局部无损检测的锅炉受压元件, 制造单位也应当对未检测部分的质量负责”的要求, 总体是放宽了无损检测比例。详见释表4-1。

释表 4-1 原探伤检测规定与表 4-1、表 4-2 的对比

探伤检测原规定		A 级	B 级	C 级	D 级
蒸汽锅炉					
额定蒸汽压力小于或等于 0.1MPa 的锅炉, 每条焊缝应进行 10% 射线探伤(焊缝交叉部位必须在内)				10% ↑ → 20%	10% = 10%
额定蒸汽压力大于 0.1MPa 但小于或等于 0.4MPa 的锅炉, 每条焊缝应进行 25% 射线探伤(焊缝交叉部位必须在内)				25% ↓ → 20%	25% ↓ → 10%
额定蒸汽压力大于 0.4MPa 但小于 2.5MPa 的锅炉, 每条焊缝应进行 100% 射线探伤			100% = 100%	100% ↓ → 20%	100% ↓ → 10%
额定蒸汽压力大于或等于 2.5MPa 但小于 3.8MPa 的锅炉, 每条焊缝应进行 100% 超声波探伤加至少 25% 射线探伤或进行 100% 射线探伤。焊缝交叉部位及超声波探伤发现的质量可疑部位应进行射线探伤			100% + 25% ↓ → 100%		
额定蒸汽压力大于或等于 3.8MPa 的锅炉, 每条焊缝应进行 100% 超声波探伤加至少 25% 射线探伤。焊缝交叉部位及超声波探伤发现质量可疑部位必须进行射线探伤		100% + 25% ↓ → 100%			
炉胆的纵向和环向对接焊缝、回燃室的对接焊缝及炉胆顶的拼接焊缝的无损探伤数量	1. 额定蒸汽压力小于或等于 0.1MPa 的锅炉, 每条焊缝应进行 10% 的射线探伤(焊缝交叉部位必须在内)			10% ↑ → 20%	10% ↓ → 不要求
	2. 额定蒸汽压力大于 0.1MPa 的锅炉, 每条焊缝应进行 25% 射线探伤(焊缝交叉部位必须在内)		25% ↓ → 20%	25% ↓ → 20%	25% ↓ → 不要求
额定蒸汽压力小于或等于 1.6MPa 的内燃锅壳锅炉, 其管板与炉胆、锅壳的角接连接焊缝的探伤数量	1. 管板与锅壳的 T 形连接部位的每条焊缝应进行 100% 超声波探伤		100% = 100%	100% = 100%	100% ↓ → 不要求;
	2. 管板与炉胆、回燃室的 T 形连接部位的焊缝应进行 50% 超声波探伤		50% = 50%	50% = 50%	50% ↓ → 不要求
1. 当外径大于 159mm, 或者壁厚大于或等于 20mm 时, 每条焊缝应进行 100% 探伤		100% = 100%	100% = 100%	100% ↓ → 不要求	100% ↓ → 不要求
2. 外径小于或等于 159mm 的集箱环缝, 每条焊缝长度应进行 25% 探伤, 也可不少于每台锅炉集箱环缝条数的 25%			25% ↓ → 10%	25% ↓ → 不要求	25% ↓ → 不要求

续表

探伤检测原规定		A 级	B 级	C 级	D 级
蒸汽锅炉					
3. 工作压力大于或等于 9.8MPa 的管子,其外径小于或等于 159mm 时,制造厂内为接头数的 100%,安装工地至少为接头数的 25%		制造 100%=100% 安装 25%↑→50%			
4. 工作压力大于或等于 3.8MPa 但小于 9.8MPa 的管子,其外径小于或等于 159mm 时,制造厂内至少为接头数的 50%,安装工地至少为接头数的 25%		制造 50%=50% 安装 25%=25%			
5. 工作压力大于或等于 0.1MPa 但小于 3.8MPa 的管子,其外径小于或等于 159mm 时,制造厂内和安装工地应各至少抽查接头数的 10%			10%=10%	10%↓→不要求	10%↓→不要求
额定蒸汽压力大于或等于 3.8MPa 的锅炉,集中下降管的角接接头应进行 100%射线或超声波探伤		100%=100%			
每个锅筒和集箱上的其他管接头角接接头,应进行至少 10%的无损探伤抽查		10%↑→外径小于或者等于 108mm,至少接头数 20%表面检测;外径大于 108mm,100%超声检测;↑	10%↓→不要求	10%↓→不要求	10%↓→不要求
热水锅炉					
锅筒的纵向和环向对接焊缝、封头(管板)的拼接焊缝以及集箱的纵向对接焊缝的射线探伤数量	1. 对于额定出口热水温度高于或等于 120℃ 的锅炉,每条焊缝 100%		100%=100%		
	2. 对于额定出口热水温度低于 120℃ 的锅炉,每条焊缝至少 25%(必须包括焊缝交叉部位)			25%↓→10%	25%↓→不要求
炉胆的纵向和环向对接焊缝,炉胆顶的拼接焊缝,其射线探伤数量为每条焊缝至少 25%(必须包括焊缝交叉部位)			25%↓→20%	25%↓→10%	25%↓→不要求
对于集箱、管子、管道和其他管件的环焊缝,射线探伤的数量规定见表 5-1	≥120℃	>159mm 集箱	100%=100%		
		>159mm 管道、管子、管件	100%=100%		
		≤159mm 集箱	≥25%↓→10%		
		≤159mm 管道、管子、管件	≥2%↑→10%		
	<120℃	>159mm 集箱		≥25%↓→不要求	≥25%↓→不要求
		>159mm 管道、管子、管件		≥25%↓→不要求	≥25%↓→不要求
		≤159mm 集箱		≥10%↓→不要求	≥10%↓→不要求
		≤159mm 管道、管子、管件		可免查→不要求	可免查→不要求

续表

探伤检测原规定	A 级	B 级	C 级	D 级
有机热载体锅炉				
锅筒的纵环焊缝、封头的拼接焊缝应进行 100% 的射线探伤或 100% 超声波探伤加至少 25% 的射线探伤		100%+25%↓→(射线)气相 100%, 液相 50%		
受热面管的对接焊缝应进行射线探伤抽查, 其数量为: 辐射段不低于接头数的 10%, 对流段不低于 5%		辐射段不低于接头数的 10%, 对流段不低于 5%→10%		
		闪蒸罐的纵缝、环缝→(射线)气相 100%, 液相 50%		
		受压部件 T 形接头→(超声)气相 100%, 液相 50%		
		冷凝液罐、膨胀罐和储罐 20% 射线检测		
		外径大于或者等于 159mm 管子的对接接头, 接头数的 20% 射线检测		
		外径小于 159mm 管子的对接接头, 接头数的 10% 射线检测		
		非承压有机热载体锅炉可以不进行无损检测。		
蒸汽锅炉、B 级及以上热水锅炉和承压有机热载体锅炉的管子或者管道与无直段弯头的焊接接头应当进行 100% 射线或者超声检测				

4.5.4.7 局部无损检测

锅炉受压部件局部无损检测部位由制造单位确定, 但是应当包括纵缝与环缝的相交对接接头部位。

经局部无损检测的焊接接头, 如果在检测部位任意一端发现缺陷有延伸可能时, 应当在缺陷的延长方向进行补充检测。当发现超标缺陷时, 应当在该缺陷两端的延伸部位各进行不少于 200mm 的补充检测, 如仍然不合格, 则应当对该条焊接接头进行全部检测。对不合格的管子对接接头, 应当对该焊工当日焊接的管子对接接头进行抽查数量双倍数目的补充检测, 如仍不合格, 应当对该焊工当日全部接管焊接接头进行检测。

进行局部无损检测的锅炉受压元件, 制造单位也应当对未检测部分的质量负责。

• 条款说明: 修改条款。

原条款:《蒸规》第 82、83、91 条;《水规》第 5 章一、第 61、62、65 条;《有机规》第 6 条。

《蒸规》第 82 条 (部分条款) ……每条焊缝应进行 10% 射线探伤 (焊缝交叉部位必须在内)。

……每条焊缝应进行 25% 射线探伤 (焊缝交叉部位必须在内)。

《蒸规》第 83 条 (部分条款) ……每条焊缝应进行 10% 射线探伤 (焊缝交叉部位必须在内)。

……每条焊缝应进行 25% 射线探伤 (焊缝交叉部位必须在内)。

《蒸规》第 91 条 经过部分射线或超声波探伤检查的焊缝, 在探伤部位任意一端发现缺陷有延伸可能时, 应在缺陷的延长方向做补充射线或超声波探伤检查。在抽查或在缺陷的延长方向补充检查中有不合格缺陷时, 该条焊缝应做抽查数量的双倍数目的补充探伤检查。补充检查后, 仍有不合格时, 该条焊缝应全部进行探伤。

受压管道和管子对接接头做探伤抽查时, 如发现有不合格的缺陷, 应做抽查数量的双倍

数目的补充探伤检查。如补充检查仍不合格,应对该焊工焊接的全部对接接头做探伤检查。

《水规》第5章— 经过部分射线探伤检查的焊缝,在探伤部位任意一端发现缺陷有延伸的可能时,应在缺陷的延长方向做补充射线探伤检查。在抽查或在缺陷的延长方向补充检查中有不合格缺陷时,该条焊缝应做抽查数量双倍数目的补充探伤检查。补充检查后,仍不合格时,该条焊缝应全部进行探伤。

受压管道和管子对接接头做探伤抽查时,如发现有不合格的缺陷,应做抽查数量的双倍数目的补充探伤检查。如补充检查仍不合格,应对该焊工焊接的全部对接接头做探伤检查。

《水规》第61条(部分条款) 每条焊缝至少25%(必须包括焊缝交叉部位)。

《水规》第62条 炉胆的纵向和环向对接焊缝、炉胆顶的拼接焊缝,其射线探伤数量为每条焊缝至少25%(必须包括焊缝交叉部位)。

《水规》第65条 经过部分射线探伤检查的焊缝,在探伤部位两端发现有不允许的缺陷时,应在缺陷的延长方向做补充射线探伤检查。补充检查后;对焊缝质量仍有怀疑时,该焊缝应全部进行射线探伤。

锅炉范围内的受压管道和管子对接接头;如发现有不能允许的缺陷,应做双倍数目的补充探伤检查。如补充检查仍不合格,应对该焊工焊接的全部对接接头做探伤检查。

《有机规》第6条(部分条款) ……受热面管的对接焊缝应进行射线探伤抽查,其数量为:辐射段不低于接头数的10%,对流段不低于5%。抽查不合格时,应以双倍数量进行复查。

• 条款解释:本条款是针对局部无损检测作出的规定。修改内容有:

本条款第一自然段

增加了“锅炉受压部件局部无损检测部位由制造单位确定”的规定。

删除局部探伤原文“(焊缝交叉部位必须在内)”的内容,修改为“应当包括纵缝与环缝的相交对接接头部位”。

本条款第二自然段

将“不合格缺陷”改为“超标缺陷”。

对板-板对接焊缝,将“该条焊缝应做抽查数量的双倍数目的补充探伤检查”改为“应当在该缺陷两端的延伸部位各进行不少于200mm的补充检测”,200mm的选取主要考虑常规片子长度是250mm,有效长度一般情况不低于200mm,因而用一张片子补探就可以了。

对管道与管子对接焊缝,将“应做抽查数量的双倍数目的补充探伤检查”改为“应当对该焊工当日焊接的管子对接接头进行抽查数量双倍数目的补充检测”,如仍不合格,将“应对该焊工焊接的全部对接接头做探伤检查”改为“应当对该焊工当日全部接管焊接接头进行检测”。

第一,板-板对接焊缝

(1)局部无损检测时,只要无损检测部位任意一端存在缺陷延伸的可能,就应在缺陷延长方向部位补充无损检测,以防止不允许缺陷的漏检。在无损检测部位的端部,有的缺陷按标准判断可能没有超标,但缺陷有延伸的可能,与端部相连的没有进行无损检测部分仍可能存在此种缺陷,像连续的气孔和连续夹渣,补充无损检测时,原未检测部分中的缺陷就有可能超标。因此,要在延长方向做补充无损检测。原无损检测方法是超声检测,补充检查时仍采用超声检测;原无损检测方法是射线检测,补充无损检测时仍采用射线检测。

(2)在缺陷延长方向做补充无损检测时,如发现有超标缺陷,说明焊接质量存在问题,需要加大无损检测比例,应在该缺陷两端的延伸部位各进行不少于200mm的补充检测。

(3) 如仍有不合格, 要对该条焊缝全部进行无损检测检查。说明此条焊缝的焊接质量问题较多, 只好进行 100% 无损检测。

第二, 管道与管子对接焊缝做无损检测抽查发现不合格时的处理。不合格, 首先对该焊工当日焊接的管子对接接头取抽查数目的双倍的补充检测, 如仍发现不合格则对焊工当日所焊的全部接管焊接接头进行无损检测检查。抽查的接头数量不管多少, 只要有一个接头无损检测不合格 (即不允许缺陷), 则要取原抽查数量的双倍, 而不是不合格接头数量的双倍。

本条款第三自然段, 是本规程新增加的内容; 局部无损检测虽然减少了无损检测的工作量, 但并不意味着可以降低焊缝质量的要求; 局部无损检测是对焊缝的抽查, 并不免除焊缝存在质量问题的责任; 制造单位应保证焊缝的 100% 的质量。

4.5.4.8 组合无损检测方法合格判定

锅炉受压部件如果采用多种无损检测方法进行检测, 则应当按照各自验收标准进行评定, 均合格后, 方可认为无损检测合格。

• 条款说明: 修改条款。

原条款: 《蒸规》第 90 条。

《蒸规》第 90 条 焊缝用超声波和射线两种方法进行探伤时, 按各自标准均合格者, 方可认为焊缝探伤合格。

• 条款解释: 本条款是对采用多种无损检测方法的组合判定的规定; 条款内容是对《蒸规》第 90 条规定修改, 修改内容有:

将“焊缝用超声波和射线两种方法进行探伤”改为“锅炉受压部件如果采用多种无损检测方法进行检测”。

组合判定时, 应按各自验收标准均合格者, 方可认为焊缝探伤合格。即: 都合格才算焊缝质量合格。

JB/T 4730《承压设备无损检测》也规定, 当采用两种或两种以上的检测方法对承压设备的同一部位进行检测时, 应按各自的方法评定级别。采用同种检测方法按不同检测工艺进行检测时, 如果检测结果不一致, 应以危险度大的评定级别为准。

4.5.4.9 无损检测报告的管理

制造单位应当如实填写无损检测记录, 正确签发无损检测报告, 妥善保管无损检测的工艺卡、原始记录、报告、检测部位图、射线底片、光盘或者电子文档等资料 (含缺陷返修记录), 其保存期限不少于 7 年。

• 条款说明: 修改条款。

原条款: 《蒸规》第 70 条、《水规》第 50 条。

《蒸规》第 70 条 焊接质量检验报告及无损探伤记录 (包括底片), 由施焊单位妥善保存至少 5 年或移交使用单位长期保存。

《水规》第 50 条 焊接质量检验报告及无损探伤记录 (包括底片), 由施焊单位妥善保存至少 5 年或移交使用单位长期保存。

• 条款解释: 本条款是无损检测报告的管理的规定。修改有以下内容。

将责任主体“施焊单位”改为“制造单位”。

将“焊接质量检验报告及无损探伤记录 (包括底片)”修改为“如实填写无损检测记录, 正确签发无损检测报告, 妥善保管无损检测的工艺卡、原始记录、报告、检测部位图、射线

底片、光盘或者电子文档等资料（含缺陷返修记录）”。

将“妥善保存至少5年或移交使用单位长期保存”改为“保存期限不少于7年”，与JB/T 4730的“检测记录和报告等保存期不得少于7年”要求一致起来。

《蒸规》第70条中焊接质量检验报告，主要是指焊接材料的检验报告，焊接质量检验所进行外观检查、力学性能试验、金相检验、光谱验证检验以及通球试验、水压试验的报告等。在新规程第4.6.1、4.6.2条，锅炉制造单位应当提供与安全有关的技术资料中已有规定，具体保存实施内容可由相应的技术规范进行规定。本条款着重对无损检测档案的要求。

无损检测报告的内容包括检测方法、检测比例、检测的位置、检测结果和质量分级情况，无损探伤记录和报告是产品焊接质量重要的原始技术资料，一方面可以评价一个生产企业的生产技术和管理水平，同时也是进行分析焊接质量事故的技术依据。

4.5.5 力学性能检验

4.5.5.1 焊制产品焊接试件的基本要求

为检验产品焊接接头的力学性能，应当焊制产品焊接试件，对于焊接质量稳定的制造单位，经过技术负责人批准，可以免做焊接试件。但属于下列情况之一的，应当制作纵缝焊接试件：

- (1) 制造单位按照新焊接工艺制造的前5台锅炉的；
- (2) 用合金钢制作的以及工艺要求进行热处理的锅筒或者集箱类部件的；
- (3) 锅炉设计图样要求制作焊接试件的。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第92条、第93条，《水规》第5章二、第66条、第67条，《有机规》第6条。

《蒸规》第92条 为检验产品焊接接头的力学性能，应焊制产品检查试件（板状试件称为检查试板），以便进行拉力、冷弯和必要的冲击韧性试验。

《蒸规》第93条 产品检查试件的数量和要求如下：

1. 每个锅筒（锅壳）的纵、环焊缝应各做一块检查试板。
2. 对于批量生产的额定蒸汽压力小于或等于1.6MPa的锅炉，在质量稳定的情况下，允许同批生产（同钢号、同焊接材料和工艺）的每10个锅筒（锅壳）做纵、环缝检查试板各一块，不足10个锅筒（锅壳）也应做纵、环缝检查试板各一块。
3. 当环缝的母材和焊接工艺与纵缝相同时，可只做纵缝检查试板，免做环缝检查试板。
4. 封头、管板的拼接焊缝，当其母材与锅筒（锅壳）相同时，可免做检查试板，否则检查试板的数量应与锅筒（锅壳）筒体相同。
5. 炉胆、回燃室，其母材、焊接工艺与锅壳相同时，可免做检查试板，否则检查试板的数量应与锅壳筒体相同。
6. 集箱和管道的对接接头，当材料为碳素钢时，可免做检查试件；当材料为合金钢时，在同钢号、同焊接材料、同焊接工艺、同热处理设备和规范的情况下，每批做焊接接头数1%的模拟检查试件，但不得少于1个。
7. 受热面管子的对接接头，当材料为碳素钢时（接触焊对接接头除外），可免做检查试件；当材料为合金钢时，在同钢号、同焊接材料、同焊接工艺、同热处理设备和规范的情况下，从每批产品上切取接头数的0.5%作为检查试件，但不得少于1套试样所需接头数。在产品接头上直接切取检查试件确有困难的，如锅筒和集箱上管接头与管子连接的对接接头、

膜式壁管子对接接头等，可焊接模拟的检查试件。

8. 额定蒸汽压力小于 0.1MPa 的锅炉的锅壳以及封头、管板和下脚圈的拼接焊缝，可以免做产品检查试件。

9. 纵缝检查试板应作为产品纵缝的延长部分焊接（电渣焊除外），环缝检查试板可单独焊接。

10. 产品检查试件应由焊该产品的焊工焊接。试件材料、焊接材料、焊接设备和工艺条件等应与所代表的产品相同。试件焊成后应打上焊工代号钢印。

11. 检查试件的数量、尺寸应满足制备检验和复验所需力学性能试样。安装工地焊制所用产品检查试件的母材，应由制造单位提供。

《水规》第 5 章二 产品检查试件的数量和要求如下：

1. 每个锅筒（锅壳）的纵、环焊缝应各做一块检查试板。

当批量生产时，在质量稳定的情况下，允许同批生产（同钢号、同焊接材料和工艺）的每 10 个锅筒（锅壳）做纵、环缝检查试板各一块，不足 10 个锅筒（锅壳）也应做纵、环缝检查试板各一块。

2. 对于额定出口热水温度低于 120℃、额定热功率小于或等于 2.8MW 的锅炉，可以免做产品检查试板。

3. 封头、管板、炉胆的拼接焊缝，当其母材与锅筒（锅壳）相同时，可免做检查试板，否则检查试板的数量应与锅筒（锅壳）筒体相同。

4. 集箱、管子、管道和其他管件可免做产品检查试件。

《水规》第 66 条 为检验产品焊接接头的力学性能，应焊制产品检查试件（板状试件可称检查试板），以便进行拉伸和冷弯试验。

检查试件数量和要求如下：

（1）对于额定出口热水温度高于或等于 120℃ 的锅炉，每个锅筒的纵、环焊缝应各做一块检查试板。

当批量生产时，允许同批生产（同钢号、同焊接材料和工艺）的每 10 个锅筒作纵、环缝检查试板各一块（不足 10 个锅筒也应作纵、环焊缝检查试板各一块），但必须符合以下条件：

（甲）连续累计生产 50 个以上与该批锅筒钢号相同、焊接材料和工艺相同的锅筒以及连续半年以上生产的所有这类锅筒，其检查试板的力学性能试验都合格；

（乙）经制造单位技术总负责人批准，省级劳动部门锅炉压力容器安全监察机构备案。

当材料或工艺改变或出现检查试板性能试验不合格时，应立即恢复每个锅筒作纵、环缝检查试板各一块。

（2）对于额定出口热水温度低于 120℃、额定热功率大于 1.4MW 的锅炉，当单台生产时，每台锅炉的锅筒应做纵、环缝检查试板各一块；当批量生产时，同批生产的每 10 个锅筒应做纵、环缝检查试板各一块，不足 10 个锅筒也应做纵、环缝检查试板各一块。

（3）对于额定出口热水温度低于 120℃、额定热功率小于或等于 1.4MW 的锅炉，可以免做产品检查试板。

（4）当环缝的母材的焊接方法与纵缝相同时，可只做纵缝检查试板，免做环缝检查试板。

（5）纵缝检查试板应作为产品纵缝的延长部分焊接，环缝检查试板可模拟产品焊接工艺单独焊接。

(6) 产品检查试板应由焊该产品的焊工焊接。试板材料、焊接材料、焊接设备和工艺条件等方面应与所代表的产品焊缝相同。试件焊成后应打上焊工代号钢印。检查试板的尺寸应满足制备检验和复验所需的力学性能试样。

《水规》第 67 条 检查试件经过外观检查 and 无损探伤检查后，在合格部位制取试样。需要返修检查试件的焊缝时，其焊接工艺应与产品焊缝返修的焊接工艺相同。

《有机规》第 6 条 受压元件焊接与探伤应符合下列要求：

5. 批量生产的气相炉的锅筒每 10 台做一块（不足 10 台也做一块）纵缝焊接检查试板；液相炉的锅筒及管子、管道对接接头可免做焊接检查试板。

• 条款解释：本条款是对焊制产品焊接试件的基本要求。修改内容有：

将“检查试板”改为“焊接试件”。

将“每个锅筒（锅壳）的纵、环焊缝应各做一块检查试板”、“封头、管板的拼接焊缝，……检查试板的数量应与锅筒（锅壳）筒体相同”、“炉胆、回燃室，……检查试板的数量应与锅壳筒体相同”等规定，改为“按照新焊接工艺评定结果制造的前 5 台锅炉”、“用合金钢制作的以及工艺要求进行热处理的锅筒或者集箱类部件”、“设计图样要求制作焊接试件的锅炉”应当制作纵缝焊接试件。

这是一个重大的改变，明显地减少了产品焊接试件的数量；将“纵、环焊缝试件”中的环焊缝试件删除，改为“纵缝焊接试件”；对于焊接质量稳定的制造单位，在满足本规程 4.5.5.1 的要求下，经过技术负责人批准，可以免做焊接试件。

删除了“集箱和管道的对接接头，当材料为合金钢时，在同钢号、同焊接材料、同焊接工艺、同热处理设备和规范的情况下，每批做焊接接头数 1% 的模拟检查试件，但不得少于 1 个。”的规定。

删除了“受热面管子的对接接头，当材料为合金钢时，在同钢号、同焊接材料、同焊接工艺、同热处理设备和规范的情况下，从每批产品上切取接头数的 0.5% 作为检查试件，但不得少于 1 套试样所需接头数。”的规定。

为了满足用户需要，增加了“锅炉设计图样要求制作焊接试件的”纵向焊接试件要求。本规程取消环缝试件的考虑：

1. 国际上，对环向焊接试件的要求，总的趋势是放宽到取消；

俄罗斯法规：环缝的焊接工艺与纵缝无论是否相同，经 100% 射线检测或超声检测时可免做；

欧共体 EN12952-5 水管锅炉和辅助设备安装：承压部件工艺与制造和欧共体；EN 12952-6 水管锅炉和辅助设备安装：承压部件制造过程中的检验、文件及标识规定：纵向焊缝：每个锅筒或每个集箱的每个焊接工艺一个产品控制试板；环向焊缝：如果焊接工艺与锅筒纵缝相同，不需要另加产品试板；如果焊接工艺与纵缝不同，每年每个焊接工艺应制作一个产品控制试板。

ASME 规范第 I 卷 PW-53.1 容器的检查试板中规定，除了管子、管道、集箱和用第 IX 卷中规定的 P-No.1 材料建造的圆筒形受压件除外，所有用熔焊方法制造承受内压的圆筒形受压件，例如锅筒（壳）和筒体，均应符合 PW-53.2 至 PW-53.10 中的试验要求。该规定明确表示：P-No.1 材料（IX 卷 QW-422 中 SA-36, 53, 105, 106A、B、C, 134, 135A、B, 178A、C、D, 179, 181 等等，属 C-Mn, C-Si, C-Mn-Si 成分的材料）不制备试板，即纵向和横向试板都不做。

从以上内容可以看出，国外一些国家的锅炉规范、规定也不尽一样，是由国情所决定

的。在历史上,这些规范对环向焊接试件都有过很明确的要求。如今,对环向焊接试件的要求,总的趋势是走向放宽到取消。欧共体规范的“环向焊缝”“每年每个焊接工艺应制作一个产品控制试板”的规定,实施起来,对具体产品缺乏代表性和可操作性,如制造单位一年要生产十几台甚至几十台大锅炉,每年每个焊接工艺作出的一个试板,这样的结果,能代表谁?试验结果如何向某台锅炉归档和反馈?试验结果的时机在一些锅炉出厂之后,反而造成了制造质量的失控。这样的规定只能是对某个具体焊接工艺的再验证,易流于形式或资源消耗多于实效。从规定形式上看,保留了环向焊缝,实际走向,是放松环向焊缝的产品控制试板。

我国锅炉安全规程的规定在历史上与俄罗斯规范、欧共体规范虽有不同,但较为接近。应该从我国实情出发,借鉴国外的规范变化,制定我国自己的规定。

2. 规程有完整的焊接工艺评定,控制着环焊缝的质量。

① 锅炉产品焊接前,有焊接工艺评定要求。我国新规程要求锅炉产品焊接前,“对受压元件之间的对接焊接接头、受压元件之间或者受压元件与承载的非受压元件之间连接的要求全焊透的T形接头或者角接接头进行焊接工艺评定”。

② 焊接工艺评定过程有完整的工艺文件要求。过程输入文件有预焊接工艺规程(pWPS)文件,过程中有焊接工艺评定报告(PQR)文件,过程输出有焊接工艺规程(WPS)文件。并规定经过焊接工艺评定试验合格,方能进行焊接。

③ 我国焊接工艺评定项目对锅炉安全是有针对性的,并是经过历史验证是有效的。新规程规定焊接工艺评定应当符合NB/T 47014(JB/T 4708)《承压设备焊接工艺评定》的要求,并且满足对锅炉安全有针对性的全焊缝金属拉力试验、夏比V形缺口室温冲击试验和金相检验。焊接工艺评定项目包括:金属材料特性、焊接接头的外观检验、无损检测、拉力试验、弯曲试验、冲击试验、金相检验和全焊缝金属拉力试验等锅炉安全上一直坚持工艺评定的检验项目。

④ 有严格的工艺文件控制要求。焊接工艺评定完成后,焊接工艺评定报告和焊接工艺规程应当经过制造单位焊接责任工程师审核,技术负责人批准后存入技术档案,保存至该工艺评定失效为止,焊接工艺评定试样至少保存5年。

⑤ 有严格的工艺纪律要求。规程规定:焊工应当按照焊接工艺施焊并且做好施焊记录;锅炉受压元件的焊缝附近应当打焊工代号钢印,对不能打钢印的材料应当有焊工代号的详细记录;制造单位应当建立焊工技术档案,并且对施焊的实际工艺参数和焊缝质量以及焊工遵守工艺纪律情况进行检查评价。

3. 规程在管理上是严格的,有利于环向焊缝质量保证。

规程中,除了要求焊接工艺评定、工艺执行和检查以外,对锅炉产品焊接质量,还要求经过外观检验、无损检测、产品焊接试件(纵向)检验、化学成分分析、通球试验和水压试验等确保安全的必要项目检验。

针对我国国情,规程还作了如下规定:

对锅炉主要受压元件的主焊缝,规定了应当采用全焊透的对接接头;

对锅炉事故多发生的连接焊缝,如:立式锅壳锅炉下脚圈与锅壳的连接焊缝等对接焊缝,规定了采用氩弧焊打底;

对锅筒(锅壳)、启动(汽水)分离器的环向对接接头,规定要经100%射线或者100%超声检测;

以上这些规定,无疑是有利于环向焊缝质量保证。

4. 在确保锅炉产品的安全性下,减少产品焊接试板。

在确保锅炉产品的安全性下,规程在历史上,多次努力减少产品焊接试板。如:对于批量生产的额定蒸汽压力小于或等于1.6MPa的锅炉,在质量稳定的情况下,允许同批生产(同钢号、同焊接材料和工艺)的每10个锅筒(锅壳)做纵、环缝检查试板各一块;

当环缝的母材和焊接工艺与纵缝相同时,可只做纵缝检查试板,免做环缝检查试板;

封头、管板的拼接焊缝,当其母材与锅筒(锅壳)相同时,可免做检查试板;

炉胆、回燃室,其母材、焊接工艺与锅壳相同时,可免做检查试板;

集箱和管道的对接接头,当材料为碳素钢时,可免做检查试件;

当材料为合金钢时,在同钢号、同焊接材料、同焊接工艺、同热处理设备和规范的情况下,每批做焊接接头数1%的模拟检查试件。

受热面管子的对接接头,当材料为碳素钢时(接触焊对接接头除外),可免做检查试件;

当材料为合金钢时,在同钢号、同焊接材料、同焊接工艺、同热处理设备和规范的情况下,从每批产品上切取接头数的0.5%作为检查试件,在产品接头上直接切取检查试件确有困难的,可焊接模拟的检查试件;

额定蒸汽压力小于0.1MPa的锅炉的锅壳以及封头、管板和下脚圈的拼接焊缝,可以免做产品检查试件。

规程的这些努力,积累了安全管理经验,取得良好的社会效果和经济效果。

5. 保留环向焊接试样,社会上反应强烈、经济上耗材,安全上作用不明显

新规程编制过程中,经多次研究并公开征求意见,对锅筒(锅壳)和集箱类部件的环缝焊接试件,社会上反应强烈。环向焊缝的焊接试件,多为焊制模拟检查试件,不是产品的真实试件。长期以来,在行业内,对其代表性和真实性,争议和质疑大。

只要有焊制模拟检查试件,对其代表性和真实性,就会留下无法回避的争议空间。实践中,试件消耗了钢材、生产资源和能源,环缝焊接试板的试验结果,在安全上的作用不明显。

考虑到环焊缝的受力状况比纵缝低的实际情况,编写组一致同意对环缝焊接试件不做规定。

4.5.5.2 焊接试件制作

(1) 每个锅筒(锅壳)、集箱类部件纵缝应当制作一块焊接试件,纵缝焊接试件应当作为产品纵缝的延长部分焊接(电渣焊除外);

(2) 产品焊接试件应当由焊接该产品的焊工焊接,试件材料、焊接材料和工艺条件等应当与所代表的产品相同,试件焊成后应当打上焊工和检验员代号钢印;

(3) 需要热处理时,试件应当与所代表的产品同炉热处理;

(4) 焊接试件的数量、尺寸应当满足检验和复验所需要试样的制备。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第93-1条、第93-9条、第93-10条、第93-11条和《蒸规》第77-5条。

《蒸规》第93-1条 每个锅筒(锅壳)的纵、环焊缝应各做一块检查试板。

《蒸规》第93-9条 纵缝检查试板应作为产品纵缝的延长部分焊接(电渣焊除外),环缝检查试板可单独焊接。

《蒸规》第 93-10 条 产品检查试件应由焊该产品的焊工焊接。试件材料、焊接材料、焊接设备和工艺条件等应与所代表的产品相同。试件焊成后应打上焊工代号钢印。

《蒸规》第 93-11 条 检查试件的数量、尺寸应满足制备检验和复验所需的力学性能试样。安装工地焊制所用产品检查试件的母材，应由制造单位提供。

《蒸规》第 77-5 条 焊件与它的检查试件（产品试板）热处理时，其设备和规范应相同。

• 条款解释：本条款是对产品焊接试件制备的要求；条款改编了《蒸规》第 93-1 条、第 93-9 条、第 93-10 条、第 93-11 条和《蒸规》第 77-5 条的规定，重新组编为本条产品焊接试件制备的要求。

将“试件焊成后应打上焊工代号钢印”改为“试件焊成后应当打上焊工和检验员代号钢印”。

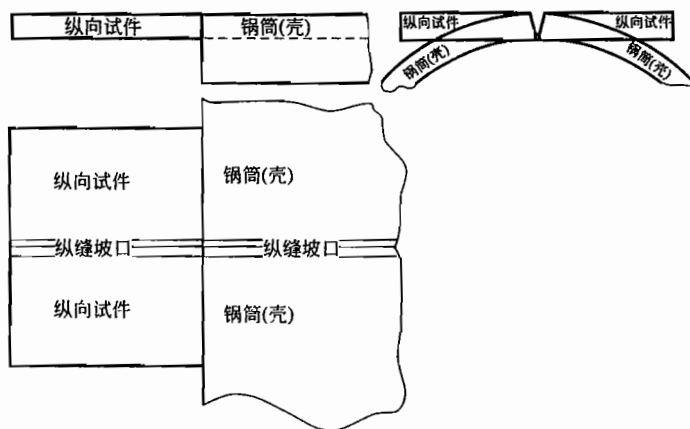
将“焊件与它的检查试件（产品试板）热处理时，其设备和规范应相同”改为“需要热处理时，试件应当与所代表的产品同炉热处理”。

将“检查试件”改为“焊接试件”。

将焊接试件的数量、尺寸应当满足“制备检验和复验所需力学性能试样”改为“检验和复验所需要试样的制备”。

删除了与本条规定内容无关的“安装工地焊制所用产品检查试件的母材，应由制造单位提供”的规定。

产品的纵向焊接试件的制取应是纵向焊缝的延长部分，也就是与纵向焊缝连续焊下来，使其试件的力学性能代表产品接头的力学性能。制备时，可将检查试板，放在纵向焊缝的起弧端，或放在纵向焊缝的收弧端。采用单独焊制纵向检查试板，将不能代表产品接头的力学性能。纵向焊接试件与锅筒（壳）连接示意图见释图 4-7。



释图 4-7 纵向焊接试件与锅筒（壳）连接示意图

“纵缝焊接试件应当是产品纵缝的延长部分焊接”，为什么电渣焊要除外？电渣焊是以熔渣的电阻热为能源的焊接方法。在锅炉上，电渣焊用于厚件焊接，焊接过程是在立焊位置、在由被焊锅筒的纵缝两端面与两侧水冷铜成型滑块形成的装配间隙内进行的。而焊接试件一般为平板，成型滑块无法通过。因此，对于电渣焊可允许焊模拟检查试件。

产品焊接试件，应由焊制产品的焊工进行焊接，而且试件材料、焊接材料、焊接设备和工艺条件应与所代表的产品相同。试件焊成后应当打上焊工和检验员代号钢印，以利于产品

质量的追踪。

热处理设备和规范对焊接接头力学性能有直接的影响。因此修改为试件应当与所代表的产品同炉热处理,即同热处理设备和同规范的要求。

焊接试件的数量、尺寸应当满足检验和复验所需要试样的制备。这是一个原则要求。更具体的技术要求,应由相应技术规范作出规定。

4.5.5.3 试样制取和性能检验

(1) 焊接试件经过外观和无损检测检查后,在合格部位制取试样;

(2) 焊接试件上制取试样的力学性能检验类别、试样数量、取样和加工要求、试验方法、合格指标及复验应当符合 NB/T 47016 (JB/T 4744)《承压设备产品焊接试件的力学性能检验》,同时锅筒、集箱类部件纵缝还应当按照本规程 4.3.2.2 和 4.3.2.3 的有关规定进行全焊缝拉伸检验。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第 92~110 条,《蒸规》附录 I 第 14 条(略)。

• 条款解释:本条款是对产品焊接试样制取和性能检验的规定;是《蒸规》第五章“受压元件的焊接”中第五节“焊接接头的力学性能试验”(从第 92 条至第 105 条),和《蒸规》第五章“受压元件的焊接”中第六节“金相检验和断口检验”(从第 106 条至第 110 条)的修改条款。修改中仍然遵循“对接焊缝工艺试件各评定项目的检验方法合格标准应与产品焊缝相同”的精神,增加了“焊接试件上制取试样的力学性能检验类别、试样数量、取样和加工要求、试验方法、合格指标及复验应当符合 NB/T 47016 (JB/T 4744)《承压设备产品焊接试件的力学性能检验》。同时锅筒、集箱类部件纵缝还应当按照本规程 4.3.2.2 和 4.3.2.3 的有关规定进行全焊缝拉伸检验”的规定,删除了与规定相同的内容的《蒸规》第五章“受压元件的焊接”中第五节“焊接接头的力学性能试验”(从第 92 条至第 105 条)和第六节“金相检验和断口检验”(从第 106 条至第 110 条)规定。

将“需要返修检查试件的焊缝时,其焊接工艺应与产品焊缝返修的焊接工艺相同”的问题归纳列入本规程第 4.3.3.6 条“焊缝返修”的内容中,更具体的要求可由相应技术规范进行规定。

条文中规定“在合格部位制取试样”,其内容没有规定或强调产品焊接试件焊缝必须经外观和无损探伤检查,以合格的要求作为试验的前提条件。说明产品的焊接试件与焊接工艺评定试件以及焊工考试试件是有区别的,由于目的不一样,其要求也不一样。焊制产品焊接试件的目的是检查焊缝力学性能能否达到规定的要求。施焊人员是经考试合格的操作人员,施焊的焊接工艺是经过评定合格的工艺。通过对焊接试件进行破坏性试验,可以检查钢材或焊接材料力学性能是否达到规定的要求。所以,对产品焊接试件焊缝经外观和无损探伤检查,如存在不合格部位,可以返修,也可以不返修。不返修时,制取试样时应避开不合格部位,以免由于焊缝缺陷的存在影响试验结果,对焊缝的力学性能难以判断。

NB/T 47016 (JB/T 4744)《承压设备产品焊接试件的力学性能检验》适用范围包括:承压设备(锅炉、压力容器和压力管道)产品焊接试件准备、试样制备、检验方法和合格指标。适用于钢制、铝制、钛制、铜制和镍制承压设备产品焊接试件的力学性能检验。产品焊接试件包含产品焊接试板、产品焊接试件、模拟环和鉴证环。

4.5.6 水压试验

4.5.6.1 基本要求

- (1) 锅炉受压元件应当在无损检测和热处理后进行水压试验;
- (2) 水压试验场地应当有可靠的安全防护设施;
- (3) 水压试验应当在环境温度高于或者等于 5℃ 时进行, 低于 5℃ 时应当有防冻措施;
- (4) 水压试验所用的水应当是洁净水, 水温应当保持高于周围露点的温度以防止表面结露, 但也不宜温度过高以防止引起汽化和过大的温差应力;
- (5) 合金钢受压元件的水压试验水温应当高于所用钢种的脆性转变温度;
- (6) 奥氏体受压元件水压试验时, 应当控制水中的氯离子含量不超过 25mg/L, 如不能满足要求时, 水压试验后应当立即将水渍去除干净。

• 条款说明: 修改条款。

原条款:《蒸规》第 111、208 条(部分条款),《水规》第 71、154 条,《有机规》第 15 条。

《蒸规》第 111 条(部分条款) 受压焊件的水压试验应在无损探伤和热处理后进行。……

《蒸规》第 208 条(部分条款) ……水压试验应在周围气温高于 5℃ 时进行, 低于 5℃ 时必须要有防冻措施。水压试验用的水应保持高于周围露点的温度以防锅炉表面结露, 但也不宜温度过高以防止引起汽化和过大的温差应力, 一般为 20~70℃。

合金钢受压元件的水压试验水温应高于所用钢种的脆性转变温度。

奥氏体受压元件水压试验时, 应控制水中的氯离子的质量浓度不超过 25mg/L, 如不能满足这一要求, 水压试验后应立即将水渍去除干净。

《水规》第 71 条(部分条款) 受压焊件的水压试验应在无损探伤和热处理后进行。单个锅筒和整装出厂的焊制锅炉, 应按本规程第 153 条的规定在制造单位进行水压试验。……

《水规》第 154 条(部分条款) ……水压试验应在环境温度高于 5℃ 时进行, 否则必须要有防冻措施。水压试验用的水应保持高于周围露点的温度, 以防锅炉表面结露, 但也不宜温度过高以防止引起汽化和过大的温差应力, 一般为 20~70℃。

《有机规》第 15 条(部分条款) ……水压试验后应将水分排净, 气密试验以氮气为宜。

• 条款解释: 本条款是对进行水压试验的基本要求。条款对以往的规定进行了修改和文字组合。修改内容有: 将“受压焊件”改为“锅炉受压元件”; 将“无损探伤”改为“无损检测”; 将“周围气温高于 5℃ 时”, 改为“环境温度高于或者等于 5℃ 时”; 将低于 5℃ 时“必须”有防冻措施, 改为低于 5℃ 时“应当”有防冻措施。

删除了“一般为 20~70℃”的水压试验用水的要求; 内容增加了“水压试验场地应当有可靠的安全防护设施”的规定。

本节“水压试验”是对原条款的规定进行分类整理, 整个内容分为:

- (1) 基本要求;
- (2) 水压试验试验压力和保压时间;
- (3) 水压试验过程控制;
- (4) 水压试验合格要求。

本条款规定的水压试验是对焊接质量检查的最后一个项目, 应当在无损检测和热处理后进行。通过水压试验可以发现涉及影响锅炉的安全运行的焊接缺陷, 检查焊缝严密性和强度。对于出厂的焊制锅炉, 应在制造单位进行水压试验。除本规程 4.5.6.2.2 条款中注 4-3 (在制造单位内可以不单独进行水压试验) 的规定外, 对于散装出厂的焊制锅炉部件均应在

无损检测和热处理后进行水压试验。

水压试验场地，应当有可靠的安全防护设施，很重要。水压试验远没有一般人们想象的那样安全。国内出现过很多水压试验过程中发生的设备损坏和人身伤亡事故。事故说明水压试验是有风险的，为了最大程度地减少风险，水压试验的场地，对人和周围环境应当有可靠的安全防护设施。

水压试验周围气温的要求，一般不低于5℃，如低于5℃时应有防冻措施。周围气温太低，除防止设备受冻而损坏外，更重要的是在水压试验检查渗漏时，渗漏出（特别是微渗）的水极易结冻，检查时不易发现，所以当周围气温低于5℃时应有防冻措施。

水压试验水温低，要防止金属表面结露，结露易造成焊缝渗漏的假象，影响对水压试验的检查。结露就是指物体表面温度低于附近空气露点温度（空气中的水蒸气变为露珠时候的温度叫露点温度）时，表面出现冷凝水的现象。如在夏季，我们可看到有的水管道在天热时会有出汗的现象。水压试验时，水温低，造成锅炉的金属表面温度低于周围空气露点温度时，空气中的水蒸气遇冷，易凝结在金属表面上，造成结露，金属表面“出汗”。但是，水温不宜过高，主要是，防止产生过大的温差应力。再次是，防止因水温过高渗漏水的水易迅速蒸发汽化，影响对水压试验的检查与评定。

合金钢受压元件，水压试验水温应高于所用钢种的脆性转变温度。钢材在低于某一温度时，其冲击功急剧下降的现象称为钢材冷脆现象。发生冷脆现象的温度称之为冷脆转变温度。我国曾经发生过在冬天进行水压试验时锅筒爆破的事故。同一钢种因情况不同，冷脆转变温度也不同。冷脆转变温度与下列因素有关：缺陷的尖角越尖，转变温度越高；加载速度越快，转变温度越高；受压件越厚，转变温度越高；合金钢中的磷（P）含量越高，转变温度越高。冷脆转变温度越高，要求水压试验用水的温度相对要高。水压时，用水温度低于所用钢种的脆性转变温度则易造成锅炉设备的损坏。

本条款删除了水温“一般为20~70℃”的具体规定，改由相应的技术规范来规定。

水压试验所用的水应当是洁净水，这是对水质的要求。奥氏体钢一般有较强的抗晶体腐蚀能力，但是，水中氢氧化钠（NaOH）和氯离子（Cl⁻）含量较高时，在应力作用下也将产生腐蚀裂纹。所以规程规定，应当控制水中的氯离子含量不超过25mg/L。如不能满足要求时，水压试验合格后，应当立即将水渍去除干净。

4.5.6.2 水压试验压力和保压时间

水压试验时，薄膜应力不应当超过元件材料在试验温度下屈服点的90%。锅炉水压试验压力及保压时间应当符合本条要求。

4.5.6.2.1 整体水压试验

整体水压试验保压时间为20min，试验压力按照表4-3的规定执行。

表 4-3 水压试验压力

名称	锅筒(锅壳)工作压力	试验压力
锅炉本体	<0.8MPa	1.5倍锅筒(锅壳)工作压力,但不小于0.2MPa
锅炉本体	0.8~1.6MPa	锅筒(锅壳)工作压力加0.4MPa
锅炉本体	>1.6MPa	1.25倍锅筒(锅壳)工作压力
直流锅炉本体	任何压力	介质出口压力的1.25倍,且不小于省煤器进口压力的1.1倍
再热器	任何压力	1.5倍再热器的工作压力
铸铁省煤器	任何压力	1.5倍省煤器的工作压力

注 4-3: 表 4-3 中锅炉本体的水压试验, 不包括本表中的再热器和铸铁省煤器。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 111、207、208 条；《水规》第 153 条；《有机规》第 15 条。

《蒸规》第 111 条（部分条款）……1. 单个锅筒和整装出厂的焊制锅炉，应按本规程第 207 条的试验压力在制造单位进行水压试验。

《蒸规》第 207 条 水压试验压力应符合表 10-1 的规定。

表 10-1

名称	锅筒(锅壳)工作压力 p	试验压力
锅炉本体	$<0.8\text{MPa}$	$1.5p$ 但不小于 0.2MPa
锅炉本体	$0.8\sim 1.6\text{MPa}$	$p+0.4\text{MPa}$
锅炉本体	$>1.6\text{MPa}$	$1.25p$
过热器	任何压力	与锅炉本体试验压力相同
可分式省煤器	任何压力	$1.25p+0.5\text{MPa}$

再热器的试验压力为 $1.5p_1$ (p_1 为再热器的工作压力)。直流锅炉本体的水压试验压力为介质出口压力的 1.25 倍，且不小于省煤器进口压力的 1.1 倍。

水压试验时，薄膜应力不得超过元件材料在试验温度下屈服点的 90%。

《蒸规》第 208 条（部分条款）规定：……锅炉应在试验压力下保持 20min，然后降到工作压力进行检查。

《水规》第 153 条 水压试验压力应符合表 12-1 的规定。

表 12-1

名称	锅炉额定出水压力 p	试验压力
锅炉主体	$<0.6\text{MPa}$	$1.5p$ 但不小于 0.2MPa
锅炉本体	$0.6\sim 1.2\text{MPa}$	$p+0.3\text{MPa}$
锅炉本体	$>1.2\text{MPa}$	$1.25p$
省煤器	任何压力	$1.25p+0.5\text{MPa}$

水压试验时，应力不得超过元件材料在试验温度下屈服强度的 90%。

《有机规》第 15 条（部分条款）整装出厂的有机热载体炉，在制造厂应按 1.5 倍工作压力进行水压试验。对于气相炉还应按工作压力或系统循环压力进行气密性试验，以检查有机热载体炉非焊接部位如法兰连接处、人孔、手孔、检查孔等部位密封情况。

• 条款解释：本条款是对锅炉整体水压试验中的试验压力和保压时间的规定。修改的内容有：增加了铸铁省煤器和再热器的水压试验压力的规定。删除可分式省煤器的水压试验压力的规定。过热器作为锅炉部件其水压试验内容从表内调到表外，在“4.5.6.2.2 零、部件水压试验”中作出规定。

水压试验时，受压元件的薄膜应力不得超过元件材料在试验温度下屈服点的 90%。这一规定主要是对受压元件强度的考核。水压试验时，锅炉承压元件不得发生屈服现象。我国早在 60 年版规程和 65 年版规程中，就规定为受压元件应力不超过在试验温度下屈服点的 80%。80 年版至 96 版规程根据世界一些国家的规定改为不超过屈服点的 90%；本条款保留此规定。

参考国外一些规范，在试验压力下保压时间均比我国规程现行规定的时间长。德国

TRD《蒸汽锅炉技术规程》为30分钟；ISO5730《焊接结构固定式锅壳锅炉》也为30分钟，欧共体为30分钟，前苏联为10分钟。本条款对水压试验压力和保压时间保留了历史的连续性，基本未做变动。但删除了《蒸规》第207条中对于可分式省煤器的水压试验压力取锅筒工作压力的1.25倍加0.5MPa的规定，原规定是从60年版规程至96年版规程中一致保留的内容。此规定来源于前苏联57年版锅炉规程。现在看来，此规定远远小于1.5倍省煤器的工作压力，是不尽合理，有必要删除。

本规定对水压试验压力的分挡，各分挡相互之间保持连续性，如释表4-2所示。

释表 4-2

$<0.8\text{MPa}$	$1.5p$ 但不小于 0.2MPa	最小： 0.2MPa 最大： $<1.2\text{MPa}$
$0.8\sim1.6\text{MPa}$	$p+0.4\text{MPa}$	最小： 1.2MPa 最大： 2.0MPa
$>1.6\text{MPa}$	$1.25p$	最小： $>2.0\text{MPa}$

表4-3中直流锅炉本体水压试验压力为：介质出口压力的1.25倍、且不小于省煤器进口压力的1.1倍。

4.5.6.2.2 零、部件水压试验

- (1) 以部件型式出厂的锅筒、启动（汽水）分离器为其工作压力的1.25倍，保压时间至少为20min；
- (2) 散件出厂锅炉的集箱类部件为其工作压力的1.5倍，保压时间至少为5min；
- (3) 对接焊接的受热面管子及其他受压管件为其工作压力的1.5倍，保压时间至少为10~20s；
- (4) 受热面组件为其工作压力的1.5倍，保压时间至少为5min。

注4-4：敞口集箱、无成排受热面管接头以及内孔焊封底的成排管接头的集箱、启动（汽水）分离器、管道、储水箱、减温器、分配集箱等部件，其所有焊缝经过100%无损检测合格，以及对接焊接的受热面管及其他受压管件经过氩弧焊打底并且100%无损检测合格，能够确保焊接质量，在制造单位内可以不单独进行水压试验。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第111、207条；《水规》第71、153条。

《蒸规》第111条（部分条款）

1. 单个锅筒和整装出厂的焊制锅炉，应按本规程第207条的试验压力在制造单位进行水压试验。

2. 散件出厂锅炉的集箱及其类似元件，应以元件工作压力的1.5倍压力在制造单位进行水压试验，并在试验压力下保持5分钟。小于或等于2.5MPa锅炉无管接头的集箱，可不单独进行水压试验。

3. 对接焊接的受热面管子及其他受压管件，应在制造单位逐根逐件进行水压试验，试验压力应为元件工作压力的2倍（对于额定蒸汽压力大于或等于13.7MPa的锅炉，此试验的压力可为1.5倍），并在此试验压力下保持10~20秒钟。如对接焊缝经氩弧焊打底并100%无损探伤检查合格，能够确保焊接质量，在制造单位内可不做此项水压试验。工地组装的受热面管子、管道的焊接接头可与本体同时进行水压试验。

《蒸规》第207条（条文略）。

《水规》第 71 条（部分条款）……散件出厂锅炉的集箱及其类似元件，应以元件工作压力的 1.5 倍的压力在制造单位进行水压试验，并在试验压力下保持 5min。无管接头的集箱，可不单独进行水压试验。

对接焊接的受热面管子及其他受压管件。应在制造单位逐根逐件进行水压试验，试验压力为元件工作压力的 2 倍，在此试验压力下保持 10~20s。工地组装的受热面管子、管道的焊接接头可与本体同时进行水压试验。

水压试验方法应按照本规程第 154 条的规定。水压试验的结果，应符合本规程第 155 条的规定。

《水规》第 153 条（略）。

• 条款解释：本条款是对锅炉零、部件水压试验的规定。修改内容有：

将“单个锅筒”出厂的焊制锅炉，改为“以部件型式出厂的锅筒、启动分离器和汽水分离器”，增加了启动分离器和汽水分离器的内容；

将“对接焊接的受热面管子及其他受压管件，应在制造单位逐根逐件进行水压试验，试验压力应为元件工作压力的 2 倍（对于额定蒸汽压力大于或等于 13.7MPa 的锅炉，此试验的压力可为 1.5 倍）”修改为“对接焊接的受热面管子及其他受压管件为其工作压力的 1.5 倍”；

删除了“小于或等于 2.5MPa 锅炉无管接头的集箱，可不单独进行水压试验”和“对接焊接的受热面管子及其他受压管件，……对接焊缝经氩弧焊打底并 100% 无损探伤检查合格，能够确保焊接质量，在制造单位内可不做此项水压试验。工地组装的受热面管子、管道的焊接接头可与本体同时进行水压试验。”的规定，新规程进一步作出有条件的适当放宽，改为“注 4-4：敞口集箱、无成排受热面管接头以及内孔焊封底的成排管接头的集箱、启动（汽水）分离器、管道、储水箱、减温器、分配集箱等部件，其所有焊缝经过 100% 无损检测合格，以及对接焊接的受热面管及其他受压管件经过氩弧焊打底并且 100% 无损检测合格，能够确保焊接质量，在制造单位内可以不单独进行水压试验”的规定；即所有焊缝经过 100%，能够确保焊接质量；对接焊接的受热面管及其他受压管件还要求经过氩弧焊打底；在制造单位内可以不单独进行水压试验，到安装现场应与锅炉本体同时进行水压试验。不能满足本条款规定的锅炉受压元件均应在制造单位内逐根或逐件的完成水压试验。

4.5.6.3 水压试验过程控制

进行水压试验时，水压应当缓慢地升降。当水压上升到工作压力时，应当暂停升压，检查有无漏水或者异常现象，然后再升压到试验压力，达到保压时间后，降到工作压力进行检查。检查期间压力应当保持不变。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 208 条、《水规》第 154 条。

《蒸规》第 208 条（部分条款） 锅炉进行水压试验时，水压应缓慢地升降。当水压上升到工作压力时，应暂停升压，检查有无漏水或异常现象，然后再升压到试验压力。锅炉应在试验压力下保持 20 分钟，然后降到工作压力进行检查。检查期间压力应保持不变。……

《水规》第 154 条（部分条款）……锅炉进行水压试验时，水压应缓慢地升降，当水压上升到额定出水压力时，应暂停升压，检查有无漏水或异常现象，然后再升压到试验压力。焊接的锅炉应在试验压力下保持 5min，然后降到额定出水压力进行检查。检查期间压力应保持不变。

• **条款解释：**本条款是对水压试验过程进行时的控制要求。修改内容有：

将“锅炉应在试验压力下保持 20min，然后降到工作压力进行检查”和“焊接的锅炉应在试验压力下保持 5min，然后降到额定出水压力进行检查”的内容，改为“达到保压时间后，降到工作压力进行检查”的规定。

条款规定：缓慢升压，在水压试验中，主要防止受压元件应力上升太快，易使锅炉的使用性能受到损伤。升到工作压力后，需暂停升压，检查各个连接部位有无渗漏，特别是关注法兰连接处，然后，再升到试验压力，达到保压时间后，降到工作压力进行检查。检查期间，如未发生渗漏，则锅炉压力应当保持不变。

4.5.6.4 水压试验合格要求

- (1) 在受压元件金属壁和焊缝上没有水珠和水雾；
- (2) 当降到工作压力后胀口处不滴水珠；
- (3) 铸铁锅炉锅片的密封处在降到额定工作压力后不滴水珠；
- (4) 水压试验后，没有发现明显残余变形。

• **条款说明：**修改条款。

原条款：《蒸规》第 209 条、《水规》第 155 条。

《蒸规》第 209 条 锅炉进行水压试验，符合下列情况时为合格：

1. 在受压元件金属壁和焊缝上没有水珠和水雾；
2. 当降到工作压力后胀口处不滴水珠；
3. 水压试验后，没有发现残余变形。

《水规》第 155 条 锅炉进行水压试验，符合下列情况为合格：

- (1) 在受压元件金属壁和焊缝上没有水珠和水雾；
- (2) 胀口处在降到额定出水压力后不滴水珠；
- (3) 铸铁锅炉锅片的密封处在降到额定出水压力后不滴水珠；
- (4) 水压试验后，无可见的残余变形。

• **条款解释：**本条款是对水压试验合格标准的规定，是对《蒸规》第 209 条、《水规》第 155 条规定的修改，增加了铸铁锅炉锅片的密封处在降到额定工作压力后不滴水珠的规定。

水压试验合格标准包括各种连接部位的密封性能和受压元件的强度。在金属表面主要是在焊缝处附近，没有水珠或水雾，或胀口部位不滴水珠，说明连接部位是严密的。水压试验后受压元件没有发现残余变形，也就是说在水压试验时受压元件产生的薄膜应力未超过材料的屈服点。

4.6 出厂资料、金属铭牌和标记

4.6.1 出厂资料

产品出厂时，锅炉制造单位应当提供与安全有关的技术资料，技术资料至少包括以下内容：

- (1) 锅炉图样（包括总图、安装图和主要受压部件图）；
- (2) 受压元件的强度计算书或者计算结果汇总表；
- (3) 安全阀排放量的计算书或者计算结果汇总表；

(4) 锅炉质量证明书, 包括产品合格证 (含锅炉产品数据表, 见附件 A)、金属材料证明、焊接质量证明和水 (耐) 压试验证明等;

(5) 锅炉安装说明书和使用说明书;

(6) 受压元件与设计文件不符的变更资料;

(7) 热水锅炉的水流程图及水动力计算书或者计算结果汇总表 (自然循环的锅壳式锅炉除外);

(8) 有机热载体锅炉的介质流程图和液膜温度计算书或者计算结果汇总表。

产品合格证上应当有检验责任工程师和质量保证工程师签章和单位公章。

4.6.2 A 级锅炉出厂资料

对于 A 级锅炉, 除满足本规程 4.6.1 有关要求外, 还应当提供以下技术资料:

(1) 锅炉热力计算书或者热力计算结果汇总表;

(2) 过热器、再热器壁温计算书或者计算结果汇总表;

(3) 烟风阻力计算书或者计算结果汇总表;

(4) 热膨胀系统图;

(5) 高压及以上锅炉水循环 (含汽水阻力) 计算书或者计算结果汇总表;

(6) 高压及以上锅炉汽水系统图;

(7) 高压及以上锅炉各项安全保护装置整定值。

电站锅炉机组整套启动验收前, 锅炉制造单位应当提供完整的锅炉出厂技术资料。

• 条款说明: 修改条款。

原条款:《蒸规》第 8、69 条,《水规》第 8、49 条。

《蒸规》第 8 条 锅炉产品出厂时, 必须附有与安全有关的技术资料, 其内容应包括:

1. 锅炉图样 (包括总图、安装图和主要受压部件图);

2. 受压元件的强度计算书或计算结果汇总表;

3. 安全阀排放量的计算书或计算结果汇总表;

4. 锅炉质量证明书 (包括出厂合格证、金属材料证明、焊接质量证明和水压试验证明);

5. 锅炉安装说明书和使用说明书;

6. 受压元件重大设计更改资料。

对于额定蒸汽压力大于或等于 3.8MPa 的锅炉, 至少还应提供以下技术资料:

1. 锅炉热力计算书或热力计算结果汇总表;

2. 过热器壁温计算书或计算结果汇总表;

3. 烟风阻力计算书或计算结果汇总表;

4. 热膨胀系统图。

对于额定蒸汽压力大于或等于 9.8MPa 的锅炉, 还应提供以下技术资料:

1. 再热器壁温计算书或计算结果汇总表;

2. 锅炉水循环 (包括汽水阻力) 计算书或计算结果汇总表;

3. 汽水系统图;

4. 各项保护装置整定值。

《蒸规》第 69 条 每台锅炉的焊接质量证明除应载明第 68 条各项检验内容和结果外, 还应记录产品焊后热处理的方式、规范和焊缝的修补情况等。

《水规》第8条 锅炉出厂时，必须附有下列与安全有关的技术资料：

- (1) 锅炉图样（总图、安装图和主要受压部件图）；
- (2) 受压元件的强度计算书；
- (3) 安全阀数量和流道直径（喉径）的计算书（对额定出口热水温度高于或等于100℃的锅炉）；
- (4) 水流程图及水动力计算书（自然循环的锅壳式锅炉除外）；
- (5) 锅炉质量证明书；
- (6) 锅炉安装说明书和使用说明书；
- (7) 受压元件设计更改通知书。

《水规》第49条 每台锅炉应有焊接质量证明书。该证明书除应载明第48条各项检验内容和结果外，尚应记录焊缝的修补情况以及产品焊后热处理的方式和规范等。

• 条款解释：本条款是对锅炉产品出厂资料的规定，是对《蒸规》第8条、第69条，《水规》第8条、第49条的修订，主体内容予以保留，文字作了修改。

将“受压元件重大设计更改资料”改为“受压元件与设计文件不符的变更资料”；

将“安全阀数量和流道直径（喉径）的计算书（对额定出口热水温度高于或等于100℃的锅炉）”统一修改为“安全阀排放量的计算书或者计算结果汇总表”；

新增加了“有机热载体锅炉的介质流程图和液膜温度计算书或者计算结果汇总表”的规定；

新增加了“产品合格证上应当有检验责任工程师和质量保证工程师签章和单位公章”规定。

锅炉出厂时所带的技术资料是与安全有关的技术资料，这些资料是锅炉登记建档所必需的。有了这些技术资料，既可以检查锅炉的设计、制造是否符合有关标准、规范和规程的要求，也便于锅炉的安装与使用管理。锅炉在运行中一旦发生故障或事故，这些技术资料有助于故障或事故原因的分析。

根据锅炉额定蒸汽压力不同，对锅炉出厂所带的技术资料也有不同的要求：

对热水锅炉应提供水流程图及水动力计算书，以便建立供热系统的水压图；

对有机热载体锅炉应提供介质流程图和液膜温度计算书；

对于中压锅炉除低压锅炉所应带的技术资料外，还应有热力计算和过热器壁温计算、烟风阻力计算以及热膨胀系统图等资料；

对于高压及以上的锅炉除低中压锅炉所带的技术资料外，还应有水循环计算、再热器壁温计算资料以及汽水系统图。

这些技术资料对于锅炉的安全质量至关重要。

计算项目除要求计算书外，还允许采用计算结果汇总表代替。近年来，由于IT技术的迅速发展，计算机在锅炉设计中应用越来越广泛。过去，锅炉设计中的计算基本是人工进行的。现在，许多计算标准都开发成了计算机软件，将所需数据录入计算机，具体计算工作由计算机完成。计算机打出来的仅是计算结果，一般不给出具体计算过程。对这种由计算机计算出来的计算结果应以法规的形式予以确认。

4.6.3 产品铭牌

锅炉产品应当在明显的位置装设金属铭牌，铭牌上至少应当载明下列项目：

- (1) 制造单位名称；
- (2) 锅炉型号；

- (3) 设备代码 (见附件 B);
- (4) 产品编号;
- (5) 额定蒸发量 (t/h) 或者额定热功率 (MW);
- (6) 额定工作压力 (MPa);
- (7) 额定蒸汽温度 (°C) 或者额定出口、进口水 (油) 温度 (°C);
- (8) 再热蒸汽进口、出口温度 (°C) 及进口、出口压力 (MPa);
- (9) 锅炉制造许可证级别和编号;
- (10) 制造日期 (年、月)。

铭牌的右上角应当留有打制造监督检验标志的位置。

4.6.4 受压部件出厂标记

散件出厂的锅炉, 应当在锅筒、过热器集箱、再热器集箱、水冷壁集箱、省煤器集箱以及减温器和启动 (汽水) 分离器等主要受压部件的封头或者端盖上标记该部件的名称 (或者图号)、产品编号。

• 条款说明: 修改条款。

原条款:《蒸规》第9条、《水规》第9条。

《蒸规》第9条 锅炉产品出厂时, 应在明显的位置装设金属铭牌, 铭牌上应载明下列项目:

1. 锅炉型号;
2. 制造厂锅炉产品编号;
3. 额定蒸发量 (t/h) 或额定功率 (MW);
4. 额定蒸汽压力 (MPa);
5. 额定蒸汽温度 (°C);
6. 再热蒸汽进、出口温度 (°C) 及进、出口压力 (MPa);
7. 制造厂名称;
8. 锅炉制造许可证级别和编号;
9. 锅炉制造监检单位名称和监检标记;
10. 制造年月。

对散件出厂的锅炉, 还应在锅筒、过热器集箱、再热器集箱、水冷壁集箱、省煤器集箱以及减温器和启动分离器等主要受压部件的封头或端盖上打上钢印, 注明该部件的产品编号。

《水规》第9条 新制造的锅炉必须有金属铭牌, 并应装在明显的位置。金属铭牌上至少应载明下列项目:

- (1) 锅炉型号;
- (2) 制造厂锅炉产品编号;
- (3) 额定热功率 (MW);
- (4) 额定出水压力 (MPa);
- (5) 额定出口/进口水温 (°C);
- (6) 制造厂名;
- (7) 锅炉制造许可证级别和编号;
- (8) 制造年月。

对散装出厂的锅炉，还应在锅筒、集箱等主要受压部件的封头上打上钢印，注明该部件的产品编号。

• 条款解释：第 4.6.3、4.6.4 条款分别是对锅炉产品铭牌和受压部件出厂标记的规定。修改内容有：

条款编制过程中，参照国质检锅〔2003〕194 号《锅炉压力容器制造许可条件》第五十条“产品铭牌要求”和征求意见稿的反馈意见进行修改，将产品铭牌中的“制造厂名称”改为“制造单位名称”；

将“制造厂锅炉产品编号”改为“产品编号”；

将“额定蒸汽压力”改为“额定工作压力”；

将“打上钢印，注明该部件的产品编号”改为“标记该部件的名称（或者图号）、产品编号”；

增加了“设备代码”的规定；

将“锅炉制造监检单位名称和监检标记”改为“铭牌的右上角应当留有打制造监督检验标志的位置”的规定，删除了“锅炉制造监检单位名称”的要求。

条款中，规定的“打制造监督检验标志”的要求，是由于我国近年来锅炉安全监察工作不断向深度方向发展，对锅炉产品实行监督检验已形成了制度；在“八五”期间，对锅炉制造单位的监检覆盖率达 95% 以上。1991 年为 95%，1992 年为 95.1%，1993 年为 96.3%，1994 年为 97.2%，1995 年为 99%，如今已全覆盖。现在有必要提出应在铭牌的右上角留有打制造监督检验标志的位置的要求。

第五章 安装、改造、修理

一、本章结构及主要变化

本章共有5节，由“5.1 基本要求”、“5.2 安装”、“5.3 锅炉改造”、“5.4 锅炉修理”和“5.5 竣工资料”组成，本章主要变化为：

- ▶新增锅炉安装、改造和重大修理单位资质的规定；
- ▶新增锅炉安装、改造、修理施工单位应当在施工前告知的规定；
- ▶按照部门管理分工的要求，把锅炉房建筑、消防方面的标准直接引入，不再单独设立锅炉房一章对锅炉房提出详细要求；
- ▶新增锅炉安装后整体水压试验时允许的压降值；
- ▶增加电站锅炉安装调试验收等要求；
- ▶增加并完善了锅炉改造、重大修理的含义以及要求；

二、条款说明与解释

5.1 基本要求

(1) 锅炉制造单位可以安装本单位制造的整（组）装锅炉，也可以修理改造本单位制造的锅炉，从事其他锅炉的安装、改造和重大修理单位，应当取得特种设备安装改造维修许可证，方可从事许可证允许范围内的锅炉安装改造修理工作；

• 条款说明：新增条款。

• 条款解释：本条款是锅炉安装单位安装资质的规定。

根据《条例》第17条的规定，锅炉的安装、改造、维修必须由依照《条例》取得许可的单位才能进行。国家质检总局2004年6月28日颁发了《锅炉安装改造单位监督管理规则》（以下简称《规则》），对锅炉安装改造单位做了具体规定，《规则》中规定锅炉制造单位可以安装本单位制造的整装锅炉。一般来说一个单位能制造锅炉，就有能力修理改造本单位制造的锅炉，所以本规程规定锅炉制造单位可以修理改造本单位制造的锅炉。至于其他锅炉安装改造重大修理单位必须取得特种设备安装改造修理许可证，方可从事许可证允许范围内的锅炉安装改造修理工作。《条例》第14条规定，锅炉安装改造单位应当经国家质检总局特种设备安全监督管理部门许可，《条例》第16条规定，锅炉维修单位经省、自治区、直辖市特种设备安全监督管理部门许可，方可从事相应的安装改造修理活动。

(2) 锅炉安装、改造、修理的施工单位应当在施工前，将拟进行的锅炉安装、改造、重大修理情况按照规定办理告知并申请监督检验后，即可施工。

• 条款说明：新增条款。

• 条款解释：本条款是关于锅炉安装告知的规定。

《条例》第17条规定，特种设备安装、改造、维修的施工单位应在施工前将拟进行的特种设备安装、改造、维修情况书面告知直辖市或设区的市的特种设备安全监督管理部门，告知后即可施工，按照这一规定制定了本条款。

国家质检总局特种设备安全监察局还专门制定了告知单的格式，向锅炉所在地质监局特种设备安全监督管理部门书面告知后，即可施工。告知单的格式如下：

特种设备安装改造维修告知单^①

告知单编号^②：

施工单位：_____（加盖公章）

设备名称					
设备制造单位全称		许可证 编 号			
设备安装地点		安装日期			
施工单位全称					
施工类别 ^③		许可证 编 号		许可证 有效期	
联系人		电 话	分别填固定 和移动电话	传 真	
地 址				邮 编	
使用单位全称					
联系人		电 话		传 真	
地 址				邮 编	

① 告知单按每台安装、改造、维修的设备各填写一张。

② 告知单编号为：制造单位设备编号+施工单位施工工号+年份（4位）。

③ 按安装、改造、维修分别填写。施工单位应提供特种设备许可证复印件（加盖单位公章）。

5.2 安装

5.2.1 安装位置

锅炉一般应当安装在单独建造的锅炉房内。锅炉的安装位置和锅炉房应当满足 GB 50041《锅炉房设计规范》、GB 50016《建筑设计防火规范》以及 GB 50045《高层民用建筑设计防火规范》的有关规定。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 187 条、《水规》第 135 条。

《蒸规》第 187 条（部分条款） 锅炉房建筑的耐火等级和防火要求应符合《建筑设计防火规范》及《高层民用建筑设计防火规范》的要求。……

《水规》第 135 条（部分条款） 锅炉房建筑的耐火等级和防火要求应符合《建筑设计防火规范》及《高层民用建筑设计防火规范》的有关规定。……

• 条款解释：本条款是对锅炉的安装位置和建筑物的规定。

因为锅炉有爆炸的危险性，所以锅炉一般应当安装在单独建造的锅炉房内。一旦锅炉发生爆炸，可以避免对其他建筑物及人员造成伤害。对锅炉房设置位置要求，建筑和消防部门已有明确的技术规范要求。

锅炉的安装位置在 GB 50041《锅炉房设计规范》、GB 50016《建筑设计防火规范》以及 GB 50045《高层民用建筑设计防火规范》等规范相应条款中有明确规定。例如在 GB 50041《锅炉房设计规范》第 4.1.2 条规定，锅炉房宜为独立的建筑物。第 4.1.3 条中规定，当锅炉房和其他建筑物相连或设置在其内部时，严禁设置在人员密集场所和重要部门的上一层、下一层、贴邻位置以及主要通道、疏散口的两旁，并应设置在首层或地下室一层靠建筑物外墙部位。对锅炉的安装具体尺寸在 GB 50041《锅炉房设计规范》第 4.4.5 条和 4.4.6 条都有明确的规定。同样在 GB 50016《建筑设计防火规范》第 5 章第 4 节《其它》和 GB 50045《高层民用建筑设计防火规范》第 4 章第 1 节《一般规定》中也有相应的规定。

对锅炉房的建筑物在 GB 50041《锅炉房设计规范》、GB 50016《建筑设计防火规范》以及 GB 50045《高层民用建筑设计防火规范》等规范相应条款中也有明确规定。例如在 GB 50041《锅炉房设计规范》第 4.1.2 条中规定,锅炉房宜为独立的建筑物。在 GB 50016《建筑设计防火规范》第 5.4.1 条中规定,燃煤、燃油或燃气锅炉……等用房宜独立建造。在 GB 50045《高层民用建筑设计防火规范》第 4.12 条中规定,燃油或燃气锅炉……等宜设置在高层建筑物外的专用房间内。

因此,本次规程修订把原锅炉房一章删除,而直接引用了建筑和消防部门的相关规定。

5.2.2 安装标准

锅炉安装除了符合本规程的规定外,还应当符合以下相应标准:

(1) 锅炉的安装,对于 A 级锅炉应当符合 DL 5190.2《电力建设施工技术规范第 2 部分:锅炉机组》的有关技术规定;对于 B 级及以下锅炉应当符合 GB 50273《锅炉安装工程施工及验收规范》及相关标准的规定,热水锅炉还应当符合 GB 50242《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》的有关规定;

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第 10 条、《水规》第 10 条、《小型规》第十二条。

《蒸规》第 10 条 锅炉的安装除应符合本规程外,对于额定蒸汽压力小于或等于 2.5MPa 的锅炉,可参照《机械设备安装工程施工及验收规范》中第六册 TJ231(六)《破碎粉磨设备、卷扬机、固定式柴油机、工业锅炉安装》的有关规定。对于额定蒸汽压力大于 2.5MPa 的锅炉,可参照 SDJ 245《电力建设施工及验收技术规范(锅炉机组篇)》的有关规定。

《水规》第 10 条(部分条款) 锅炉的安装应符合 TJ231(六)《机械设备安装工程施工及验收规范第六册破碎粉磨设备、卷扬机、固定式柴油机、工业锅炉安装》及 GBJ 242《采暖与卫生工程施工及验收规范》的有关规定。

……

《小型规》第十二条 小型和常压热水锅炉的安装,修理和改造应当遵守国家有关锅炉方面的规程和技术标准的规定。

• 条款解释:本条款是对锅炉安装质量依据标准的规定。

在我国,电站锅炉和工业锅炉安装中的技术要求是不一样的。锅炉安装除了要符合本规程外,对 A 级(电站)锅炉的安装技术要求还应当满足 DL/T 5047《电力建设施工及验收技术规范(锅炉机组篇)》的要求。对于工业锅炉除了要符合本规程外,还应当符合 GB 50273《工业锅炉安装工程施工及验收规范》,以及 GB 50231《机械设备安装工程施工及验收规范》、GB 50275《压缩机、风机、泵安装工程施工及验收规范》、GB 50270《连续输送设备安装工程施工及验收规范》和 GB 50276《破碎粉磨设备安装工程施工及验收规范》等标准的规定。对于热水锅炉还应当符合 GB 50242《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》的规定。

(2) 锅炉范围内管道的安装,对于 A 级锅炉应当符合 DL 5190.5《电力建设施工技术规范第 5 部分:管道及系统》和 DL/T 869《火力发电厂焊接技术规程》的有关技术规定;对于 B 级及以下锅炉应当符合 GB 50235《工业金属管道工程施工规范》和 GB 50236《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》的有关技术规定。

• 条款说明：新增条款。

• 条款解释：本条款是关于锅炉范围管道的安装要求。

96版《蒸规》颁布后在执行过程中，不少单位反映，同一条管道在锅炉房内与锅炉房外要求不一致。锅炉房内的管道要求偏严，故本规程这次做了修订，其目的是保持同一条管道，不论在什么位置其要求相同。所以对锅炉范围内管道的安装，除了符合本规程的有关规定外，对电站锅炉管道的安装，即与锅炉本体相连接的汽水系统管道，包括主给水管道、主蒸汽管道、低温再热蒸汽管道、高温再热蒸汽管道及其旁路管道（简称“四大管道”）的安装还需要满足DL5031《电力建设施工及验收技术规范（管道篇）》、DL/T869《火力发电厂焊接技术规程》、DL/T819《火力发电厂焊接热处理技术规程》的技术要求；对工业锅炉管道的安装应符合GB 50235《工业金属管道工程施工规范》的规定以及相应的GB 50236《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》的有关技术规定。

5.2.3 燃料管路与燃气报警装置

安置在多层或者高层建筑物内的锅炉，燃料供应管路应当采用无缝钢管，焊接时应当采用氩弧焊打底；用气体作燃料时，应当有燃气检漏报警装置。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第185条，《水规》第十章二。

《蒸规》第185条（部分条款） 锅炉房不宜设在高层或多层建筑的地下室、楼层中间或顶层，但由于条件限制需要设置时，除符合本规程第184条的要求外，还应符合以下条件，且……

2. 必须是用油、气体作燃料或电加热的锅炉；

3. 燃料供应管路的连接采用氩弧焊打底。

《水规》第十章二 修改条文也有相同的规定。

• 条款解释：本条款是对安装在多层或高层建筑物内锅炉的燃料供应管路的要求。

安装在多层或高层建筑物内的锅炉一般都是燃油燃气或电加热的锅炉。如果是燃油燃气的锅炉，燃料供应管路应当采用无缝钢管。为了保证焊口的焊接质量，焊接时应当采用氩弧焊打底，其目的是防止因管路泄漏而导致着火或爆炸事故的发生。用于气体燃料的管路装设燃气检漏报警装置，是为了一旦管路泄漏，及时发现，及时处理，防止酿成事故。

5.2.4 焊接

锅炉安装工程中焊接工作除符合本规程第4章的相关规定外，还应当符合以下要求：

（1）锅炉安装环境温度低于0℃或者其他恶劣天气时，有相应保护措施；

（2）除设计规定的冷拉焊接接头以外，焊件装配时不得强力对正，安装冷拉焊接接头使用的冷拉工具在整个焊接接头焊接及热处理完毕后方可拆除。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第72、73条。

《蒸规》第72条（部分条款）

锅炉安装、修理现场焊接时，如环境温度低于0℃时，应符合焊接工艺文件的规定。

下雨、下雪时不得露天焊接。

《蒸规》第73条 除设计规定的冷拉焊接接头外，焊件装配时不得强力对正。焊件装配和定位焊的质量符合工艺文件的要求后才允许焊接。

• **条款解释：**本条款是锅炉安装工程中对焊接工作的要求。对焊接操作人员、焊接工艺评定、焊接作业等已在本规程第4章《制造》“4.3 焊接”、“4.5 焊接检验”中已做了规定。锅炉安装工程对上述焊接工作的要求与此相同。这里强调的是安装现场对焊接工作的要求。

(1) 是对焊接环境的要求。锅炉安装环境温度低于0℃时，焊接形成的熔池及周围金属会快速冷却，焊缝金属容易形成淬硬性马氏体组织，使焊缝及其附近的力学性能变差，硬度明显上升，而塑性和韧性下降。另外，如果周围环境温度过低，会使焊接接头形成裂纹，尤其是对厚壁金属和合金钢。而锅炉安装现场低于0℃时是会经常遇到的，必须在焊接工艺文件中规定应采取的措施，例如采取预热措施等，以保证焊接质量。

恶劣天气是指下雨下雪和大风天气。在这种天气里进行露天焊接，第一对焊工不安全，第二会影响焊接质量，容易使焊缝金属快速冷却产生马氏体组织，并使焊缝形成气孔，所以下雨下雪和大风天不采取相应保护措施，不得露天焊接。

(2) 是对焊件不得强力对正的规定。因为强力对正后会在焊接接头形成残余应力，而影响焊件的使用强度。至于有些时候采取强力对正是为了改善锅炉运行中产生的附加应力则是例外。但安装冷拉焊接接头使用的冷拉工具，在整个焊接接头焊完并且热处理完毕后应予拆除。电站锅炉四大管道由于管径大、管壁厚，管子自重也较大，在安装过程中经常需要运用一些简单起重设备（如手动葫芦等），或其他支、吊挂装置进行临时固定，这些临时固定装置都应该在整个焊接接头焊完并且热处理完毕后才能拆除。

5.2.5 热处理、无损检测和胀接

锅炉安装工程中热处理、无损检测和胀接工作的要求应当符合本规程第4章的有关规定。

• **条款说明：**新增条款。

• **条款解释：**本条款是对锅炉安装工程中锅炉受压元件焊后热处理、无损检测和胀接工作的规定。

锅炉受压元件焊后热处理、无损检测和胀接工作的内容已分别在第4章《制造》“4.4 热处理”、“4.6 无损检测”和“4.2 胀接”中有了规定。锅炉安装工程的上述工作也应符合相应规定，不再赘述。

5.2.6 水压试验

(1) 锅炉安装工程的水压试验要求应当符合本规程第4章的有关规定；

(2) 锅炉整体水压试验时试验压力允许的压降应当符合表5-1规定。

表5-1 锅炉整体水压试验时试验压力允许压降

锅炉类别	允许压降 Δp
高压及以上 A 级锅炉	$\Delta p \leq 0.60 \text{ MPa}$
次高压及以下 A 级锅炉	$\Delta p \leq 0.40 \text{ MPa}$
$>20 \text{ t/h}(14 \text{ MW})$ B 级锅炉	$\Delta p \leq 0.15 \text{ MPa}$
$\leq 20 \text{ t/h}(14 \text{ MW})$ B 级锅炉	$\Delta p \leq 0.10 \text{ MPa}$
C、D 级锅炉	$\Delta p \leq 0.05 \text{ MPa}$

• **条款说明：**新增条款。

• **条款解释：**本条款是对锅炉安装工程中水压试验和压降的规定。

水压试验的要求在本规程第四章制造“4.8 水压试验”中已有规定,应按此规定执行。由于锅炉安装的水压试验与锅炉制造不同,主要是锅炉安装工程中与锅炉相连的汽水管道的及其阀门参与水压试验,且水温在水压试验过程中会发生变化,这些因素导致不可能不产生压降,从实际可行性出发应该允许有一定压降值。以前在99版《锅炉定期检验规则》制定过程中,曾经对此进行了大量的调研,并形成了当时的压降值。本次规程修订时又与电力行业进行了充分的交流,形成目前的允许压降值,使水压试验更具有可操作性。

5.2.7 电站锅炉安装的特殊要求

5.2.7.1 热力系统水冲洗

电站锅炉热力系统应当进行冷态水冲洗和热态水冲洗,并且控制冲洗水的pH值为9.0~9.5。锅炉的冷态水冲洗及热态水冲洗的水质控制应当符合DL/T 889《电力基本建设热力设备化学监督导则》中的有关技术规定。

• 条款说明:新增条款。

• 条款解释:本条款是关于电站锅炉点火前热力系统应进行冷态冲洗和热态冲洗的规定。

为了保证电站锅炉热力系统清洁,应当对其进行冷态水冲洗和热态水冲洗。电站锅炉在高温运行状态下水质直接决定了锅炉受热面的腐蚀程度,影响锅炉的长期运行,所以对冷态和热态冲洗水质必须严格控制,使其pH值达到9.0~9.5。水质其他指标符合DL/T 889《电力基本建设热力设备化学监督导则》的要求后,锅炉才能升温升压。

5.2.7.2 锅炉调试

电站锅炉调试过程中的操作,应当在调试人员的监护、指导下,由经过培训并且取得相应特种设备作业人员证书的运行人员担任。首次启动过程中应当缓慢升温升压,同时要监视各部分的膨胀值在设计范围内。

• 条款说明:新增条款。

• 条款解释:本条款是对电站锅炉调试和首次启动过程操作的规定。

根据DL/T 5437《火力发电建设工程启动试运及验收规程》第3.1.2条的规定,机组的试运行一般分为分部试运(包括单机试运和分系统试运)和整套启动试运(包括空负荷试运、带负荷试运和满负荷试运)两个阶段。其中分系统试运和整套启动试运中的调试工作必须由具有相应调试能力资格的单位来承担。因此,电站锅炉安装后的启动和调试工作一般由专门的调试单位来承担。为了在完成锅炉启动和调试后,使用单位的运行人员能够尽快熟悉和掌握锅炉的运行控制,实现顺利移交。在调试和启动过程中的运行操作和设备操作,都应在调试人员的现场指导下,由使用单位经过培训和考试合格后取得相应资格证书的操作人员来担任,避免调试和启动过程中的人员无证操作。

电站锅炉的首次启动应严格按照锅炉制造单位提出的启动曲线进行,实现锅炉压力和温度的缓慢升高。启动初期,过热器、再热器处于无蒸汽冷却状态,即使有少量蒸汽流过,流量也很不均匀,炉膛内烟气温度和流量也不均匀,管壁金属的温度很快就会接近流过的烟气温度。因此,启动初期投入的燃料不能太多,以控制烟温不超过管壁金属允许的最高温度。同时全程记录各部件的热膨胀方向和膨胀值,并与设计值进行校对,发生异常应查明原因后再升压,避免发生因膨胀不畅或者预留膨胀方向错误而造成的部件损坏。

5.2.7.3 锅炉机组启动

电站锅炉整套启动时,下列热工设备和保护装置应当经过调试并且投入运行:

- (1) 数据采集系统;
- (2) 炉膛安全监控系统;
- (3) 有关辅机的子功能组和联锁;
- (4) 全部远程操作系统。

• 条款说明:新增条款。

• 条款解释:本条款是对电站锅炉整套启动时,热工设备和保护装置应当经过调试并且投入运行的规定。

DL 612《电力锅炉压力容器安全监察规程》第 12.14 条也有此规定,是为了保证设备安全和吸取事故教训而制定的。现代化电站锅炉的自动化程度非常高,需要调节和控制的要素目标很多,其运行过程已经难以实现人为控制,而自动化的实现需要整个自动化系统,包括数据采集、数据传输和数据显示以及自动控制等。另外,炉膛安全监控系统是锅炉启动阶段实现对锅炉炉膛进行安全保护的重要手段,大量的炉膛爆炸事故发生在锅炉启动阶段。为了有效预防炉膛爆炸事故的发生,需要对炉膛安全监控系统的投入提出要求,要求炉膛安全监控系统在锅炉的运行过程中全程投入。

5.2.7.4 验收

锅炉安装完成后,锅炉使用单位负责组织验收:

- (1) 300MW 及以上机组电站锅炉要经过 168h 整套连续满负荷试运行,各项安全指标均达到相关标准;
- (2) 300MW 以下机组电站锅炉经过 72h 整套连续满负荷试运行后,对各项设备做一次全面检查,缺陷处理合格后再次启动,经过 24h 整套连续满负荷试运行无缺陷。

• 条款说明:新增条款。

• 条款解释:本条款是关于电站锅炉试运行的规定。

根据 DL/T5437《火力发电建设工程启动试运及验收规程》第 2.0.1 条的规定,300MW 及以上的火力发电机组应当在完成 168h 满负荷试运行后即移交锅炉使用单位。机组移交后,必须办理移交签字手续,并应进行工程的竣工验收。因此,电站锅炉的整体验收应当在机组完成 168h 满负荷试运行并且各项指标达到相关标准后即合格。另外,根据 DL/T5047 第 10.7.5 条的规定,对于 300MW 以下的火力发电机组一般分 72 小时和 24 小时两个阶段进行。连续完成 72 小时满负荷试运行后,停机进行全面的检查和消缺。消缺完成后再次开机,连续完成 24 小时满负荷试运行。如无必须停机消除的缺陷,亦可连续运行 96 小时。因此本条款规定电站锅炉的整体验收的时间是火力发电机组整套启动试运完成的时间。

5.3 锅炉改造

5.3.1 锅炉改造的含义

锅炉改造是指锅炉受压部件发生结构变化或者燃烧方式发生变化的改造。

• 条款说明:新增条款。

• 条款解释:本条款是对锅炉改造含义的规定。

因改变循环方式（指介质流动方式的改变），例如蒸汽锅炉自然循环改为控制循环，热水锅炉自然循环改为强制循环等，蒸汽锅炉提高锅炉额定蒸发量，或者热水锅炉提高额定热功率，蒸汽锅炉改为热水锅炉等原因而导致的锅炉结构的改变，包括锅炉受压部件锅筒（壳）、封头、炉胆、炉胆顶、集箱及受热面管子等受压部件、元件及其连接方式的改变，胀接改焊接等，另外改变燃烧方式，例如燃煤固定炉排改机械炉排，层燃改室燃，燃煤改燃油、燃气等统称为改造。

5.3.2 改造设计

- (1) 锅炉改造的设计应当由有相应资质的锅炉制造单位进行；
- (2) 锅炉改造后不应当提高额定工作压力和额定工作温度；
- (3) 不应当将热水锅炉改为蒸汽锅炉；

• 条款说明：新增条款。

• 条款解释：本条款是关于锅炉改造的设计资质及不允许改造的项目的规定。

增加锅炉容量、蒸汽锅炉改为热水锅炉的改造设计只能由有相应资质的锅炉制造厂进行。因为锅炉制造厂有相应的技术力量，有能力设计，不是相应资质的锅炉制造厂不能进行锅炉改造的设计。另外规定绝不允许随意改造而提高锅炉额定工作压力、额定工作温度和将热水锅炉改为蒸汽锅炉。因为热水锅炉在从设计、材料选取、制造工艺、检验要求等都比蒸汽锅炉要求要低，因此如果将热水锅炉改为蒸汽锅炉，会存在一系列的问题。同理，提高锅炉额定工作压力、额定工作温度也是不允许的。

(4) 锅炉改造方案应当包括必要的计算资料、设计图样和施工技术方案；蒸汽锅炉改为热水锅炉或者热水锅炉受压元件的改造还应当有水流程图、水动力计算书；安全附件、辅助装置和水处理措施应当进行技术校核。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第19条、《水规》第17条。

《蒸规》第19条（部分条款）……提高锅炉运行参数的改造，在改造方案中必须包括必要的计算资料。由于结构和运行参数的改变，水处理措施和安全附件应与新参数相适应。

《水规》第17条（部分条款）蒸汽锅炉改为热水锅炉或者热水锅炉受压元件的改造应有图样、水流程图、水动力计算书、强度计算书等计算资料，与锅炉配套的原水处理措施、安全附件、定压装置、循环水泵和补给水泵也应进行技术校核，并应有技术校核资料。

• 条款解释：本条款是对锅炉改造技术资料的要求。

锅炉改造必须进行必要的计算，应有设计图样和施工中的技术方案，安全附件和水处理措施应与改造后的情况相匹配。蒸汽锅炉改为热水锅炉或热水锅炉本身的改造应该有水流程图、水动力计算书，锅炉的安全附件、定压装置、循环水泵、补水泵及水处理措施应与改造后的热水锅炉相匹配。如果锅炉结构和运行参数改变，其安全附件、辅助装置和水处理措施也应当进行技术校核。

5.3.3 锅炉改造施工技术要求

参照相应锅炉专业技术标准和有关技术规定。

• 条款说明：保留条款。

原条款：《蒸规》第19条、《水规》第17条、《小型规》第十二条（略）。

• 条款解释：本条款是对锅炉改造技术标准的要求。

明确了锅炉改造应依据的技术标准，是参照锅炉专业技术标准。施工的技术要求应符合锅炉制造、安装的相关技术标准的规定。

5.4 锅炉修理

5.4.1 锅炉重大修理含义

5.4.1.1 A级锅炉重大修理

- (1) 锅筒、启动（汽水）分离器、减温器和集中下降管的更换以及主焊缝的补焊；
- (2) 整组受热面 50% 以上的更换；
- (3) 外径大于 273mm 的集箱、管道和管件的更换、挖补以及纵（环）焊缝补焊；
- (4) 大板梁焊缝的修理。

5.4.1.2 B级及以下锅炉重大修理

- (1) 筒体、封头、管板、炉胆、炉胆顶、回燃室、下脚圈和集箱等主要受压元件的更换、挖补；
- (2) 受热面管子的更换，数量大于该类受热面管（其分类分为水冷壁、对流管束、过热器、省煤器、烟管等）的 10%，并且不少于 10 根；直流、贯流锅炉整组受热面更换。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 17 条、《水规》第 16 条。

《蒸规》第 17 条（部分条款） 锅炉受压元件的重大修理，如锅筒（锅壳）、炉胆、回燃室、封头、炉胆顶、管板、下脚圈、集箱的更换、挖补、主焊缝的补焊、管子胀接改焊接以及大量更换受热面管子等，应有图样和施工技术方案。

《水规》第 16 条 锅炉受压元件的重大修理，如锅筒、炉胆、封头、管板、下脚圈、集箱的更换、矫形、挖补、主焊缝的补焊及管子的胀接改焊接等，应有图样和施工技术方案。……修理完工后，使用锅炉的单位应将图样、材料质量证明书、修理质量检验证明书等技术资料存入锅炉技术档案内。

• 条款解释：本条款是对锅炉重大修理含义进行的补充和完善。

电站锅炉的系统复杂、设备较多、修理工作量大，同时对修理人员的素质的要求也相对较高，所以重大修理主要定义了影响锅炉安全运行的主要承压部件的修理。大板梁是重要的承载部件，对锅炉安全运行影响很大，所以把大板梁焊缝的修理规定为锅炉重大修理。A 级电站锅炉重大修理是根据当前电站锅炉使用单位的工作实际情况而制定的。B 级及以下非电站锅炉是参照《蒸规》第 17 条、《水规》第 16 条和国家质检总局（2005）质检特便字 3064 号文规定经修改而制定的。

5.4.2 锅炉修理技术要求

- (1) 锅炉修理技术要求参照锅炉专业技术标准和有关技术规定，锅炉受压元（部）件更换应当不低于原设计要求；

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 17 条、《水规》第 16 条、《小型规》第十二条。

《蒸规》第 17 条（部分条款）

修理的技术要求可参照锅炉专业技术标准和有关技术规定。修理完工后,锅炉的使用单位应将图样、材料质量证明书、修理质量检验证明书等技术资料存入锅炉技术档案内。

《水规》第16条(部分条款)……修理的技术要求可参照锅炉专业技术标准和有关技术规定。

《小型规》第十二条 小型和常压热水锅炉的安装,修理和改造应当遵守国家有关锅炉方面的规程和技术标准的规定。

• 条款解释:本条款规定了锅炉修理技术要求和依据。

明确了锅炉修理技术要求参照锅炉的专业技术标准。这里说的锅炉的专业技术标准是指锅炉制造的专业标准,由于修理与制造不同,因而只能是参照。为了保证修理后的锅炉整体是安全的,所以锅炉受压部件、元件更换应当不低于原设计要求。

(2) 不应当在有压力或者锅水温度较高的情况下修理受压元(部)件;

• 条款说明:保留条款。

原条款:《蒸规》第17条、《水规》第15条(略)。

• 条款解释:本条款是为保证焊接质量和人身安全而做的规定。

锅炉有压力时修理很难保证焊接质量,应在锅炉泄压放水后修理。蒸汽锅炉有压力时喷出的蒸汽都超过100℃,极易将人烫伤。热水锅炉有压力时喷出的水,当水温达到70℃及以上时,超过人的体温很多,喷出的水也会将人烫伤。为保证焊接质量和人身安全,防止发生人身伤亡事故,所以本条款做此规定。

(3) 在锅筒(锅壳)挖补和补焊之前,修理单位应当进行焊接工艺评定,工艺试件应当由修理单位焊制;锅炉受压元(部)件采用挖补修理时,补板应当是规则的形状;如果采用方形补板时,四个角应当为半径不小于100mm的圆角(若补板的一边与原焊缝的位置重合,此边的两个角可以除外);

• 条款说明:保留条款。

原条款:《蒸规》第114、115条,《水规》第73、74条(略)。

• 条款解释:本条款是对锅炉挖补和补焊修理的基本要求。

首先,锅炉修理单位在对锅筒(壳)挖补和补焊前,为了保证焊接质量,必须按NB/T47014的规定进行焊接工艺评定。如果修理单位没有试件检测能力,可以分包,但工艺试件必须由修理单位焊制。

其次,挖补时对补板形状提出了要求。所谓规则形状的补板是指矩形、方形、圆形、椭圆形,若采用方形补板时,四个角应当为半径不小于100mm的圆角。其所以这样要求,一是利于修理时焊接操作,二是不在转角处收弧终止焊接,以减小因补板形状而使焊后增加附加应力,最终是为了保证修理的焊接质量。

(4) 锅炉受压元(部)件不应当采用贴补的方法修理,锅炉受压元(部)件因应力腐蚀、蠕变、疲劳而产生的局部损伤需要进行修理时,应当更换或者采用挖补方法。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第113、114条;《水规》第73条。

《蒸规》第113条 锅炉受压元件因应力腐蚀、蠕变、疲劳而产生较大面积损伤要采用焊接方法修理时,一般应挖补或更换,不宜采用补焊方法。

《蒸规》第 114 条（部分条款）……锅炉受压元件不得采用贴补的方法修理。

《水规》第 73 条（部分条款）……锅炉受压元件不应采用贴补的方法修理。

条款解释：本条款是对不得采用贴补的方法进行修理锅炉受压元件和因应力腐蚀、蠕变、疲劳三种不同损伤而应采用挖补方法修理锅炉受压元件的要求。

采用贴补的方法进行修理，一是贴补不能将原缺陷消除，这些缺陷还会继续发展扩大，以至发生事故；二是贴补不能将补板与受压元件形成一体，难以保证焊接质量，所以不得采用贴补的方法修理锅炉的受压元件。

应力腐蚀是指受压元件在腐蚀介质和应力共同作用下引起的损坏，其特征是裂纹与腐蚀同时存在。蠕变损伤是指受压元件的材料工作温度超过某一值，在不变的压力作用下，随着时间延长变形增加的现象。疲劳损伤是指周期交变应力作用下导致材料的损坏。上述三种损伤形式一般发生在较大范围内，是材料整体劣化问题，而不是具体某一个偶发缺陷，如果采用补焊方法进行修理，只能修补个别已经显现出来的缺陷，但无法修补材料的老化。因此本条规定不应采用补焊方法而应采用更换或挖补的方法，彻底消除因应力腐蚀、蠕变、疲劳形成的微裂纹，以保证锅炉的修理质量。

5.4.3 受压元（部）件修理后的检验

（1）锅炉受压元（部）件修理后应当进行外观检验、无损检测（其中挖补焊缝应当进行 100% 无损检测），必要时还应当进行水（耐）压试验，其合格标准应当符合本规程第 4 章有关规定；

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 120 条、《水规》第 75 条。

《蒸规》第 120 条 受压元件更换、挖补、主焊缝补焊的焊缝，应按本章中有关规定进行无损探伤检查。

《水规》第 75 条（部分条款）在锅筒和炉胆挖补、更换封头或管板、去除裂纹后的补焊之后，应对焊缝按有关规定进行外观检查、射线探伤或超声波探伤、水压试验。

• 条款解释：本条款是对受压元（部）件修理后的检验要求。

修理后的检验内容包括外观检查、无损检测和水（耐）压试验，其合格标准在本规程第 4 章已做了规定，应符合相关规定的内容。其中特别强调挖补焊缝应当进行 100% 无损检测，因为挖补焊缝是主焊缝，必须保证挖补焊缝的焊接质量全部合格。

（2）采用堆焊修理时，焊接后应当进行表面无损检测；对于电站锅炉，还应当符合 DL/T 734《火力发电厂锅炉汽包焊接修复技术导则》的有关技术规定。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 117 条。

《蒸规》第 117 条 采用堆焊修理锅筒（锅壳），堆焊后应进行渗透探伤或磁粉探伤。

• 条款解释：本条款是对锅筒（壳）进行堆焊修理后应进行表面无损检测的规定。

锅筒（壳）进行堆焊修理后应进行表面无损检测，其目的是为了检查在堆焊以后是否产生了焊接裂缝。表面无损检测的方法主要是磁粉和渗透。对于电站锅炉还应进行超声无损检测等检验，应符合 DL/T 734《火力发电厂锅炉汽包焊接修复技术导则》的有关规定。电站锅炉锅筒的壁厚较厚，堆焊修复采用较大焊接参数和多层多道焊的方式完成。为了防止在焊接过程中产生遗留缺陷，以免给锅炉的安全造成影响，因此在焊接完成后还应进行内部埋藏

缺陷的检测。

5.4.4 焊后热处理

修理经过热处理的锅炉受压元（部）件时，焊接后应当参照原热处理工艺进行焊后热处理。

• 条款说明：保留条款。

原条款：《蒸规》第121条、《水规》第76条（略）。

• 条款解释：本条款是对修理经过热处理的锅炉受压元（部）件焊后应当进行热处理的规定。

对于碳素钢厚度超过30mm、T形接头厚度超过20mm以及有延迟裂纹的钢材，制造时焊后已进行热处理，消除焊接残余应力，防止产生延迟裂纹。经过热处理的锅炉受压元（部）件经焊接修理后会影响原来的热处理的结果，所以修理经过热处理的锅炉受压元（部）件时，应再进行焊后热处理。

5.5 竣工资料

锅炉安装、改造、修理竣工后，应当将图样、工艺文件、施工质量证明文件等技术资料交付使用单位存入锅炉安全技术档案。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第12、17、20条；《水规》第12、16、17条。

《蒸规》第12条（部分条款）……锅炉安装验收合格后，安装单位应将安装锅炉的技术文件和施工质量证明资料等，移交使用单位存入锅炉技术档案。

《水规》第12条 安装锅炉的技术文件和施工质量证明资料，在安装完工后：应移交使用单位存入锅炉技术档案。

《蒸规》第20条 锅炉改造竣工后，锅炉的使用单位应将锅炉改造的图样、材料质量证明书、施工质量检验证明书等技术资料存入锅炉技术档案内。

《水规》第17条（部分条款）……锅炉改造完工后，使用锅炉的单位应将改造的图样、计算资料、材料质量证明书、施工质量检验证明书等技术资料存入锅炉技术档案内。

《蒸规》第17条（部分条款）……修理完工后，锅炉的使用单位应将图样、材料质量证明书、修理质量检验证明书等技术资料存入锅炉技术档案内。

《水规》第16条（部分条款）……修理完工后，使用锅炉的单位应将图样、材料质量证明书、修理质量检验证明书等技术资料存入锅炉技术档案内。

• 条款解释：本条款是对锅炉安装、改造、修理单位竣工后向锅炉使用单位交付技术资料的规定。

锅炉安装单位应在总体验收合格后向使用单位转交完整的技术资料，包括：

- ① 锅炉安装质量证明书（含材质证明、焊接质量证明、水压试验证明）；
- ② 锅炉及其辅机、附件、管道、阀门等的安装记录；
- ③ 试运行记录或调试记录；
- ④ 安装设计变更联络单；
- ⑤ 锅炉、管道安装竣工图。

本条款还规定了锅炉改造修理单位在竣工后向使用单位转交有关技术资料。

锅炉经过改造后可能结构发生较大变化，技术资料与以前大不相同，这些技术资料包括锅炉改造的计算资料、图样、改造工艺、施工质量证明（材质证明、焊接质量证明、水压试验证明等）文件等。

转交的技术资料还应包括锅炉安装、改造、重大修理后由锅炉监督检验机构出具的锅炉安装、改造、重大修理质量的监督检验证明。

锅炉修理的技术资料包括图样、修理工艺、修理质量证明（材质证明、焊接质量证明、水压试验证明等）文件等。

转交技术资料是为了满足锅炉登记的需要，也便于以后锅炉使用的管理。对于锅炉运行后的管理很有益处，有利于锅炉安全运行，一旦发生事故，是分析原因的重要参考资料，所以必须存入锅炉技术档案。

第六章 安全附件和仪表

一、本章结构及主要变化

本章共有六节，由“6.1 安全阀”、“6.2 压力测量装置”、“6.3 水位测量与示控装置”、“6.4 温度测量装置”、“6.5 排污和放水装置”和“6.6 安全保护装置”六节组成，本章的主要变化如下：

- 增加了对安全阀制造许可、产品型式试验和铭牌的要求；
- 要求装设高低水位报警装置的蒸汽锅炉由 2t/h 改为所有蒸汽锅炉；
- 增加了对电站锅炉、室燃锅炉、循环流化床锅炉和余热锅炉安全附件和仪表要求；
- 增加了对油、气体和煤粉锅炉燃烧器安全技术要求。

二、条款说明与解释

6.1 安全阀

6.1.1 基本要求

安全阀制造许可、产品型式试验及铭牌等技术要求应当符合《安全阀安全技术监察规程》(TSG ZF001) 规定。

• 条款说明：新增条款。

• 条款解释：本条款是对安全阀制造许可、产品型式试验和铭牌的要求。

2006 年 10 月 27 日国家颁发了 TSG ZF001—2006《安全阀安全技术监察规程》。《安全阀安全技术监察规程》第 4 条规定，安全阀制造单位应取得《特种设备制造许可证》方可制造。第 5 条规定，安全阀产品应进行型式试验，附件 D 规定了型式试验的内容和要求，附录 B《安全阀技术要求》中规定了安全阀铭牌标志的内容，包括以下项目：

- (1) 安全阀制造许可证编号及标志；
- (2) 制造单位名称；
- (3) 安全阀型号；
- (4) 制造日期及其产品编号；
- (5) 公称压力（压力级）；
- (6) 公称通径；
- (7) 流道直径或者流道面积；
- (8) 整定压力；
- (9) 阀体材料；
- (10) 额定排量系数或者对某一流体保证的额定排量。

根据 TSG ZF001-2006《安全阀安全技术监察规程》的上述规定制定本条款。

6.1.2 设置

每台锅炉至少应当装设两个安全阀（包括锅筒和过热器安全阀）。符合下列规定之一的，可以只装设一个安全阀：

- (1) 额定蒸发量小于或者等于 0.5t/h 的蒸汽锅炉；
- (2) 额定蒸发量小于 4t/h 且装设有可靠的超压联锁保护装置的蒸汽锅炉；
- (3) 额定热功率小于或者等于 2.8MW 的热水锅炉。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 131 条、《水规》第 98 条。

《蒸规》第 131 条 每台锅炉至少应装设两个安全阀（不包括省煤器安全阀）。符合下列规定之一的，可只装一个安全阀：

- ① 额定蒸发量小于或等于 0.5t/h 的锅炉；
- ② 额定蒸发量小于 4t/h 且装有可靠的超压联锁保护装置的锅炉。

可分式省煤器出口处、蒸汽过热器出口处、再热器入口和出口处以及直流锅炉的启动分离器，都必须装设安全阀。

《水规》第 98 条（部分条款） 额定热功率大于 1.4MW 的锅炉，至少应装设两个安全阀。额定热功率小于或等于 1.4MW 的锅炉至少应装设一个安全阀。

• 条款解释：本条款是对锅炉安全阀数量的规定。

安全阀的数量一般情况下每台锅炉至少装两个安全阀，包括锅筒（汽包）和过热器出口处的安全阀。安装两个安全阀的目的是为确保安全运行，万一有一个发生故障，另一个还可以泄放一部分压力，不至于导致锅炉内压力上升而使锅炉达到爆炸的程度，此时锅炉操作人员可以采取把锅炉压力降下来。

对于允许装一只安全阀，各国规定不同，美国 ASME 第 1 卷规定，蒸发量小于或等于 1800kg/h 的锅炉允许装一个安全阀；英国 BS2790 规定，蒸发量小于或等于 3700kg/h 的锅炉允许装一个安全阀；德国 TRD 无规定，日本 JIS 规定受热面积在 50m² 以下（约相当于 2.5t/h）可以安装一只安全阀。这是由于各国的工业水平不同，技术政策也不同。

本规程对锅炉允许装一只安全阀的规定，蒸汽锅炉没有变化，保留原来条款。热水锅炉允许装一只安全阀的规定有变化，额定热功率由 1.4MW 改为 2.8MW，主要考虑小容量热水锅炉安全性比较好且实际运行中很少发生安全阀起跳现象，因而本次规程修订时，做出了上述修改。

6.1.3 装设安全阀的其他要求

除满足本规程 6.1.2 要求外，以下位置也应当装设安全阀：

- (1) 再热器出口处，以及直流锅炉的外置式启动（汽水）分离器上；
- (2) 直流蒸汽锅炉过热蒸汽系统中两级间的连接管道截止阀前；
- (3) 多压力等级余热锅炉，每一压力等级的锅筒和过热器上。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 131 条。

《蒸规》第 131 条（部分条款）……可分式省煤器出口处、蒸汽过热器出口处、再热器入口和出口处以及直流锅炉的启动分离器，都必须装设安全阀。

• 条款解释：本条款是对蒸汽锅炉其他位置应安装安全阀的规定。

安全阀的安装位置，除了锅筒（汽包）与过热器外，明确了再热器出口处必须安装安全阀。因为这里的安全阀在锅炉超压时不起泄压作用，只起保护再热器和汽轮机的作用。另外直流锅炉的外置式启动（汽水）分离器上也应安装安全阀，直流锅炉的外置式启动（汽水）分离器相当于一般锅炉的锅筒，所以也应安装安全阀。

本规程删掉了蒸汽锅炉可分式省煤器出口处应安装安全阀的规定。所谓可分式省煤器是在锅炉运行中能与锅炉解列的省煤器，以往是采用旁通烟道，现在已很少采用。蒸汽锅炉可分式省煤器上的安全阀在锅炉正常运行中一般不会起跳，只有在锅炉启动时才可能起跳。此时锅炉中的水已上满而蒸汽还没有输出，省煤器中的水已停止流动，而燃料在不断地燃烧，如果不采取措施，省煤器中的水就会膨胀乃至汽化使安全阀起跳。而在本规程 3.18 “锅炉启动时省煤器的保护”中，已

规定“设置有省煤器的锅炉，应当设置旁通水路、再循环管或者采取其他省煤器启动保护措施”，省煤器的安全已有了保证，所以删掉了蒸汽锅炉可分式省煤器出口处应安装安全阀的规定。

直流蒸汽锅炉过热蒸汽系统中任两级间的连接管道截止阀前，都应装设安全阀是新增条款。

原《蒸规》中，对直流蒸汽锅炉过热蒸汽系统中任两级间的连接管道上如装有截止阀时，并未规定截止阀前是否装设安全阀。在 DL612《电力工业锅炉压力容器监察规程》9.1.1 条中规定“直流锅炉一次汽水系统中有截断阀者，截断阀前一般应装设安全阀，其数量和规格由锅炉设计部门确定”。本规程增加此项要求，明确规定直流蒸汽锅炉过热蒸汽系统中任两级间的连接管道上如装有截止阀时，截止阀前应装设安全阀，以确保当连接管上截止阀关闭时，截止阀前的过热系统仍处于安全阀保护的状态。

“多压力等级余热锅炉，每一压力等级的锅筒和过热器上”应装设安全阀是新增条款。

燃气轮机余热锅炉，与常规单一过热蒸汽系统的蒸汽锅炉不同，为提高燃气余热的利用效率，同一余热锅炉上装设多个压力等级不同的锅筒及过热蒸汽系统，彼此独立。因此本条款明确规定，每一压力等级的锅筒和过热器上均应分别装设至少一个安全阀。

6.1.4 安全阀选用

(1) 蒸汽锅炉的安全阀应当采用全启式弹簧安全阀、杠杆式安全阀或者控制式安全阀（脉冲式、气动式、液动式和电磁式等），选用的安全阀应当符合《安全阀安全技术监察规程》和相应技术标准的规定；

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 132 条。

《蒸规》第 132 条（部分条款） 锅炉的安全阀应采用全启式弹簧式安全阀、杠杆式安全阀和控制式安全阀（脉冲式、气动式、液动式和电磁式等）。选用的安全阀应符合有关技术标准的规定。

• 条款解释：本条款是对蒸汽锅炉安全阀选用形式的规定。

对于蒸汽锅炉应选用全启式弹簧安全阀、杠杆式安全阀和控制式安全阀。实际应用中根据压力参数不同选用的安全阀也不一样。弹簧式安全阀主要应用于工作压力小于等于 2.5MPa 的低压锅炉，电站锅炉也使用。选用全启式弹簧式安全阀是因为安全阀泄放率滞后于锅炉产汽率，希望安全阀阀芯起跳后，蒸汽压力能尽快降下来。杠杆式安全阀也可用于蒸汽锅炉。控制安全阀多用于高压以上的电站锅炉。

2006 年 10 月 27 日国家颁发了 TSG ZF001-2006《安全阀安全技术监察规程》，对安全阀的技术要求做了具体规定。另外安全阀还有一些技术标准，例如 GB/T 12241—2005《安全阀 一般要求》、GB/T 12243—2005《弹簧直接载荷式安全阀》、JB/T 9624—1999《电站安全阀技术条件》、DL/T 959—2005《电站锅炉安全阀应用导则》等。所以锅炉选用的安全阀应当符合 TSG ZF001《安全阀安全技术监察规程》和有关的安全阀技术标准的规定。

(2) 对于额定工作压力小于或者等于 0.1MPa 的蒸汽锅炉可以采用静重式安全阀或者水封式安全装置，热水锅炉上装设有水封安全装置时，可以不装设安全阀；水封式安全装置的水封管内径应当根据锅炉的额定蒸发量（额定热功率）和额定工作压力确定，并且不小于 25mm，不应当装设阀门，有防冻措施。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 132 条、《水规》第 98 条。

《蒸规》第 132 条（部分条款） ……对于额定蒸汽压力小于或等于 0.1MPa 的锅炉可采用静重式安全阀或水封式安全装置。水封装置的水封管内径不应小于 25mm，且不得装设阀

门, 同时应有防冻措施。

《水规》第 98 条 (部分条款) ……锅炉上设有水封安全装置时, 可不装安全阀。水封装置的水封管内径不应小于 25mm, 且不得装设阀门, 同时应有防冻措施。

• 条款解释: 本条款是对额定蒸汽压力小于或等于 0.1MPa 蒸汽锅炉采用静重式安全阀或者水封式安全装置以及热水锅炉上选用水封安全装置的规定。

额定蒸汽压力小于等于 0.1MPa 水封安全装置锅炉可以采用静重式安全阀。静重式安全阀装置由于受到重锤重量的限制, 只能用在压力比较低的锅炉上, 但比较灵敏。额定蒸汽压力小于等于 0.1MPa 蒸汽锅炉和热水锅炉也可以采用水封安全装置, 只要水封管的管径大小满足要求, 没有安装阀门, 又有防冻措施, 是可以保证锅炉安全运行的。热水锅炉上设有水封安全装置时, 可以不装安全阀。水封管的高度应根据锅炉工作压力确定, 水封管的内径应当根据锅炉额定蒸发量 (额定热功率) 和额定工作压力确定, 水封管内径不应小于 25mm。水封管内径我国没有统一的计算标准。水封管上不许安装阀门并防冻, 这是事故教训的总结, 否则就有可能导致锅炉超压引起爆炸事故。

6.1.5 蒸汽锅炉安全阀的总排放量

蒸汽锅炉锅筒 (锅壳) 上的安全阀和过热器上的安全阀的总排放量, 应当大于额定蒸发量, 对于电站锅炉应当大于锅炉最大连续蒸发量, 并且在锅筒 (锅壳) 和过热器上所有的安全阀开启后, 锅筒 (锅壳) 内的蒸汽压力不应当超过设计时的计算压力的 1.1 倍。再热器安全阀的排放总量应当大于锅炉再热器最大设计蒸汽流量。

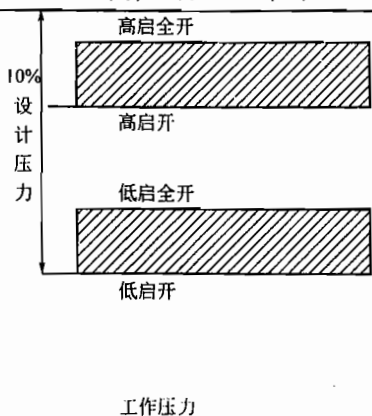
• 条款说明: 修改条款。

原条款: 《蒸规》第 133 条。

《蒸规》第 133 条 锅筒 (锅壳) 上的安全阀和过热器上的安全阀的总排放量, 必须大于锅炉额定蒸发量, 并且在锅筒 (锅壳) 和过热器上所有安全阀开启后, 锅筒 (锅壳) 内蒸汽压力不得超过设计时计算压力的 1.1 倍。强制循环锅炉按锅炉出口处受压元件的计算压力计算。

• 条款解释: 本条款是对蒸汽锅炉安全阀排放能力的规定。

锅筒和过热器上安全阀的总排放能力应大于锅炉额定蒸发量, 且锅筒和过热器上所有安全阀开启后, 锅炉内的压力上升不得超过计算压力的 1.1 倍。蒸汽空间安全阀的总排放量必须大于锅炉额定蒸发量, 才能保证锅炉内的压力不会超过规定值。由于安全阀的启跳到全开启有一定的滞后, 安全阀启跳后锅炉内压力还可能上升, 因此规定允许锅炉内压力上升不超过 1.1 倍的计算压力, 如释图 6-1 所示。



释图 6-1

ISO/R 831 规定, 每台锅炉至少有一个安全阀在设计工作压力或低于设计工作压力下始启。所有安全阀开启后, 应能排出锅炉可能产生的蒸汽, 压力升高不超过设计工作压力的 10%。

ISO/DIS 5730 规定, 设计压力是安全阀最大允许整定值, 计算压力应取设计压力, 水柱静压超过设计压力的 3% 时, 要在设计压力上加上水柱静压。又规定安装在任何锅炉上的安全阀, 必须能排出全部产生的蒸汽, 不使压力升高值超过锅炉设计压力的 10%。

“对于电站锅炉应当大于锅炉最大连续蒸发量”是新增条款。

我国中间再热发电机组多为单元制, 一机配一炉,

目前电站锅炉蒸汽参数中,与汽轮机额定负荷匹配的锅炉蒸发量一般定义为锅炉额定蒸发量,而与汽轮机调节阀全开工况匹配的锅炉蒸发量定义为锅炉最大连续蒸发量。锅炉最大连续蒸发量大于锅炉额定蒸发量。所以本规程明确规定电站锅炉锅筒的安全阀和过热器上的安全阀的总排放量必须大于锅炉最大连续蒸发量。

“再热器安全阀的排放总量应大于锅炉再热器最大设计蒸汽流量”是新增款。

再热蒸汽系统是锅炉中与过热器系统并列的重要受压系统,对其安全阀排放总量明确要求大于锅炉再热器最大设计蒸汽流量,不仅可以保证在该排汽量下,再热器有足够的冷却,不至于管壁超温,更重要的是能确保再热器不致超压。

DL 612《电力工业锅炉压力容器监察规程》9.1.4条中规定,“再热器进、出口安全阀的总排放应大于再热器的最大设计流量”。ASME中也对此有明确的规定:“每台再热器上应装设一个或多个安全阀,其总排放量至少等于再热器的最大设计流量”。所以本规程中,明确要求再热器安全阀的排放总量应大于锅炉再热器最大设计蒸汽流量。

6.1.6 蒸汽锅炉安全阀排放量的确定

蒸汽锅炉安全阀流道直径应当大于或者等于20mm。排放量应当按照下列方法之一进行计算:

(1) 按照安全阀制造单位提供的额定排放量;

(2) 按照公式(6-1)进行计算;

$$E=0.235A(10.2p+1)K \quad (6-1)$$

式中 E ——安全阀的理论排放量, kg/h;

p ——安全阀进口处的蒸汽压力(表压), MPa;

A ——安全阀的流道面积, mm², 可用 $\frac{\pi d^2}{4}$ 计算;

d ——安全阀的流道直径, mm;

K ——安全阀进口处蒸汽比容修正系数, 按照公式(6-2)计算:

$$K=K_p \cdot K_g \quad (6-2)$$

式中 K_p ——压力修正系数;

K_g ——过热修正系数。

K 、 K_p 、 K_g 按照表6-1选用和计算。

表 6-1 安全阀进口处各修正系数

$p(\text{MPa})$		K_p	K_g	$K=K_p K_g$
$p \leq 12$	饱和	1	1	1
	过热	1	$\sqrt{V_b/V_g}$ (注6-1)	$\sqrt{V_b/V_g}$ (注6-1)
$p > 12$	饱和	$\sqrt{2.1/[(10.2p+1)V_g]}$	1	$\sqrt{2.1/[(10.2p+1)V_g]}$
	过热		$\sqrt{V_b/V_g}$ (注6-1)	$\sqrt{2.1/[(10.2p+1)V_b]}$

注6-1: $\sqrt{V_b/V_g}$ 亦可以用 $\sqrt{1000/(1000+2.7T_g)}$ 代替。

表中:

V_g ——过热蒸汽比容, m³/kg;

V_b ——饱和蒸汽比容, m³/kg;

T_g ——过热度, °C。

(3) 按照 GB/T 12241《安全阀一般要求》或者 JB/T 9624《电站安全阀技术条件》中的公式进行计算。

• 条款说明: 修改条款。

原条款:《蒸规》第 133 条。

《蒸规》第 133 条 锅筒(锅壳)上的安全阀和过热器上的安全阀的总排放量,必须大于锅炉额定蒸发量,并且在锅筒(锅壳)和过热器上所有安全阀开启后,锅筒(锅壳)内蒸汽压力不得超过设计时计算压力的 1.1 倍。强制循环锅炉按锅炉出口处受压元件的计算压力计算。

• 条款解释: 本条款是对蒸汽锅炉安全阀排放量的规定。

蒸汽锅炉安全阀的流道直径应当大于或者等于 20mm,是对安全阀最小流道直径的规定,这是一个经验数据,但对 D 级锅炉不受其限制, D 级锅炉的最小流道直径是 10mm。

本条款规定了安全阀排放能力的计算方法,推荐了三种方法:

一是安全阀制造厂提供的额定排放量数据。

二是用规程中的计算公式计算。

三是用 GB 12241《安全阀一般要求》或者 JB/T 9624《电站安全阀技术条件》中的公式进行计算。

与《蒸规》比较,首选安全阀制造厂提供的额定排放量数据,把它放在选取方法的第一位,主要是考虑制造厂提供的数据一般是经过型式试验的,其排放数据是最接近实际状况,因此作为首选。另外增加了用 JB/T 9624《电站安全阀技术条件》标准中的公式进行计算的方法。

GB 12241《安全阀一般要求》中理论排放量的计算公式是:

1. 干饱和蒸汽(最小干度为 98% 的蒸汽)

压力小于或等于 11MPa 时, $W_{ts}=5.25AP_d$

压力大于 11~22MPa 时, $W_{ts}=5.25AP_d \left(\frac{27.644P_d-1000}{33.242P_d-1061} \right)$

2. 过热蒸汽(过热度大于 10℃ 的蒸汽)

压力小于或等于 11MPa 时, $W_{tsh}=5.25AP_d K_{sh}$

压力大于 11~22MPa 时, $W_{tsh}=5.25AP_d \left(\frac{27.644P_d-1000}{33.242P_d-1061} \right) K_{sh}$

式中 W_{ts} ——饱和蒸汽理论排放量, kg/h;

W_{tsh} ——过热蒸汽理论排放量, kg/h;

A ——安全阀流道面积, mm²;

P_d ——实际排放压力, MPa (绝对压力);

K_{sh} ——过热修正系数。

JB/T 9624《电站安全阀技术条件》中的计算公式如下:

$$E=A(10.2P+1)K_p$$

式中 E ——安全阀理论排量, kg/h;

A ——安全阀排放面积, mm²;

P ——安全阀排放压力, MPa ($P=1.03P_0$, 其中 P_0 为整定压力);

K_p ——饱和蒸汽压力系数。

当 $P \leq 11.7\text{MPa}$, $K_p=1$;

当 $P > 11.7\text{MPa}$, 按下式计算:

$$K_p = \sqrt{\frac{2.1}{(10.2p_0+1)v_b}}$$

式中 v_b ——饱和蒸汽比容, m³/kg。

JB/T 9624《电站安全阀技术条件》中的公式，与本规程推荐的公式是一致的。

6.1.7 锅筒以外安全阀的排放量

过热器和再热器出口处安全阀的排放量应当保证过热器和再热器有足够的冷却。直流蒸汽锅炉外置式启动（汽水）分离器的安全阀排放量应当大于直流蒸汽锅炉启动时的产汽量。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 135 条。

《蒸规》第 135 条 过热器和再热器出口处安全阀的排放量应保证过热器和再热器有足够的冷却。

直流锅炉启动分离器的安全阀排放量应大于锅炉启动时的产汽量。

省煤器安全阀的流道面积由锅炉设计单位确定。

• 条款解释：本条款是对过热器、再热器、直流蒸汽锅炉外置式启动（汽水）分离器的安全阀排放量的要求。

过热器和再热器出口处的安全阀的排放量必须保证过热器和再热器有足够的冷却。对过热器而言，有两种情况须保证对其冷却，一是超压排放时，二是启动时和甩负荷时。锅炉启动时和甩负荷时，高温烟气流过过热器，此时的蒸汽要么没达到设计参数无法使用，要么用户已不需要了，在这种情况下也必须有蒸汽通过过热器。也就是说，要保证两点，一是保证过热器安全阀优先于锅筒先起跳，二是保证过热器安全阀足够的排放量。

对于再热器的冷却，也是在锅炉启动和汽轮机甩负荷时，因为在此时均无蒸汽通过再热器，很容易使再热器管壁超温。为了避免这种现象发生，一般采用蒸汽旁通管路，从过热器出口接出管路进入再热器入口，在锅炉启动和汽轮机甩负荷时，有一定量的蒸汽流过再热器，然后从再热器出口排放。本规程第 6.1.5 规定，“再热器安全阀的排放总量应当大于锅炉再热器最大设计流量”。在此前提下，不仅能保证再热器不超压，又可以保证再热器有足够的冷却。

直流锅炉的启动（汽水）分离器相当于自然循环锅炉的锅筒，其作用是进行汽水分离。直流锅炉在启动过程中，排出的是热水、汽水混合物、饱和汽以及过热度不足的过热蒸汽。此时的介质不能进入汽轮机，为了减少锅炉启动时的热损失和凝结水的消耗，以及冷却过热器和再热器，直流锅炉必须有启动（汽水）分离器。汽水混合物从直流锅炉蒸发段进入启动（汽水）分离器进行汽水分离，一部分蒸汽进入过热器或再热器，冷却过热器或再热器，一部分蒸汽送入除氧器加热除氧水进行除氧。在启动（汽水）分离器中分离出的水既可以送回冷凝器，也可以送入除氧器，然后继续供给直流锅炉。为了保证直流锅炉启动（汽水）分离器的运行安全，直流锅炉启动（汽水）分离器的安全阀的排放量应大于锅炉启动时的产汽量。

6.1.8 热水锅炉安全阀的泄放能力

热水锅炉安全阀的泄放能力应当满足所有安全阀开启后锅炉内的压力不超过设计压力 1.1 倍。安全阀流道直径按照以下原则选取：

(1) 额定出口水温小于 100℃ 的锅炉，可以按照表 6-2 选取：

表 6-2 低于 100℃ 的锅炉安全阀流道直径选取表

锅炉额定热功率(MW)	$Q \leq 1.4$	$1.4 < Q \leq 7.0$	$Q > 7.0$
安全阀流道直径(mm)	≥ 20	≥ 32	≥ 50

(2) 额定出口水温大于或者等于 100℃ 的锅炉, 其安全阀的数量和流道直径应当按照公式 (6-3) 计算。

$$ndh = \frac{35.3Q}{C(p+0.1)(i-i_j)} \times 10^6 \quad (6-3)$$

式中 n ——安全阀数量;

d ——安全阀流道直径, mm;

h ——安全阀阀芯开启高度, mm;

Q ——锅炉额定热功率, MW;

C ——排放系数, 按照安全阀制造单位提供的数据, 或者按照下列数值选取: 当 $h \leq d/20$ 时, $C=135$; 当 $h \geq d/4$ 时, $C=70$;

p ——安全阀的开启压力, MPa;

i ——锅炉额定出水压力下饱和蒸汽焓, kJ/kg;

i_j ——锅炉进水的焓, kJ/kg。

• 条款说明: 修改条款。

原条款: 《水规》第 99 条。

《水规》第 99 条 安全阀的泄放能力应满足所有安全阀开启后锅炉内压力不超过设计压力的 1.1 倍。对于额定出口热水温度低于 100℃ 的锅炉, 当额定热功率小于或等于 1.4MW 时, 安全阀流道直径不应小于 20mm; 当额定热功率大于 1.4MW 时, 安全阀流道直径不应小于 32mm。对于额定出口热水温度高于或等于 100℃ 的锅炉, 装在锅炉上的安全阀的数量及流道直径可参照下式计算:

$$ndh = \frac{35.3Q}{CP_s(i-i_j)} \times 10^4$$

式中 n ——安全阀个数;

d ——安全阀流道直径, cm;

h ——安全阀开启高度, cm;

Q ——锅炉额定热功率, MW;

C ——排量系数, 采用安全阀制造厂提供的可靠数据, 或按下列数值选用:

当 $\frac{h}{d} \leq \frac{1}{20}$ 时, $C=135$;

当 $\frac{h}{d} \geq \frac{1}{4}$ 时, $C=70$;

P_s ——安全阀的起跳压力 (绝对压力), MPa;

i ——锅炉额定出水压力下的饱和蒸汽焓, kJ/kg;

i_j ——锅炉进水的焓, kJ/kg。

• 条款解释: 本条款是对热水锅炉安全阀泄放能力和流道直径选取的规定。

本条款规定了安全阀的泄放能力应能满足所有安全阀开启后锅炉内的压力不得超过设计压力的 1.1 倍, 其原因是现行强度计算标准决定的。泄放能力不仅与安全阀数量和流道直径有关, 而且与安全阀的性能 (例如开启高度) 有关。

对于额定出口热水温度高于或等于 100℃ 的锅炉的安全阀按本条款提供的公式计算, 此公式是按安全阀开启时向大气排放蒸汽计算的, 与蒸汽锅炉的安全阀计算公式相同。本规程

的计算公式与《水规》比较,只是对安全阀流道直径和安全阀阀芯开启高度的单位等做了调整,由厘米(cm)改为毫米(mm),其他都相同。

对于额定出口热水温度低于100℃的锅炉,本规程规定了安全阀流道直径的下限值。该种锅炉的安全阀在开启和排放过程中主要是放水,所以安全阀的流道直径比较小。下限数值的确定是采用了日本的《锅炉构造规范》附录中泄放阀的计算公式,结合GB/T 3166《热水锅炉参数系列》和目前锅炉市场实际确定的。

日本《锅炉压力容器构造规范》附录中规定当热水温度小于100℃时,泄放阀的计算公式如下:

$$Q=2575D^2 \sqrt{P+0.2}$$

式中 Q ——热水锅炉的输出热量, kcal/h;

D ——阀座口直径, mm;

P ——热水锅炉压力, kgf/cm²。

如果 Q 改为以 MW 为单位, P 改为以 MPa 为单位,

$$\text{则公式为 } D=18.2 \sqrt{\frac{Q}{\sqrt{10P+0.2}}}$$

式中 D ——热水锅炉安全阀流道直径, mm;

Q ——热水锅炉额定热功率, MW;

P ——热水锅炉出口热水压力, MPa。

6.1.9 安全阀整定压力

安全阀整定压力应当按照以下原则确定:

(1) 蒸汽锅炉安全阀整定压力按照表 6-3 的规定进行调整和校验, 锅炉上有一个安全阀按照表中较低的整定压力进行调整; 对有过热器的锅炉, 过热器上的安全阀按照较低的整定压力调整, 以保证过热器上的安全阀先开启;

表 6-3 蒸汽锅炉安全阀整定压力

额定工作压力(MPa)	安全阀整定压力	
	最低值	最高值
$p \leq 0.8$	工作压力加 0.03MPa	工作压力加 0.05MPa
$0.8 < p \leq 5.9$	1.04 倍工作压力	1.06 倍工作压力
$p > 5.9$	1.05 倍工作压力	1.08 倍工作压力

注 6-2: 表中的工作压力, 是指安全阀装置地点的工作压力, 对于控制式安全阀是指控制源接出地点的工作压力。

(2) 直流蒸汽锅炉过热器系统安全阀最高整定压力不高于 1.1 倍安装位置过热器工作压力;

(3) 再热器、直流蒸汽锅炉外置式启动(汽水)分离器的安全阀整定压力为装设地点工作压力的 1.1 倍;

(4) 热水锅炉上的安全阀按照表 6-4 规定的压力进行整定或者校验。

表 6-4 热水锅炉安全阀的整定压力

最低值	最高值
1.1 倍工作压力但是不小于工作压力加 0.07MPa	1.12 倍工作压力但是不小于工作压力加 0.10MPa

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 143 条、《水规》第 105 条。

《蒸规》第 143 条 锅筒（锅壳）和过热器的安全阀整定压力应按表 7-2 的规定进行调整和校验。

省煤器、再热器、直流锅炉启动分离器的安全阀整定压力为装设地点工作压力的 1.1 倍。

表 7-2 安全阀整定压力

额定蒸汽压力 (MPa)	安全阀的整定压力
≤ 0.8	工作压力 + 0.03MPa
	工作压力 + 0.05MPa
$0.8 < p \leq 5.9$	1.04 倍工作压力
	1.06 倍工作压力
> 5.9	1.05 倍工作压力
	1.08 倍工作压力

注：① 锅炉上必须有一个安全阀，按表中较低的整定压力进行调整。对有过热器的锅炉，按较低压力进行调整的安全阀，必须为过热器上的安全阀，以保证过热器上的安全阀先开启。

② 表中的工作压力，对于脉冲式安全阀系指冲量接出地点的工作压力，对其他类型的安全阀系指安全阀装置地点的工作压力。

《水规》第 105 条（部分条款） 锅炉上的安全阀应按制造厂的要求或按表 8-1 规定的压力每年至少进行一次整定和校验。安全阀经检修或更换后，也应按上述要求和规定进行整定。

表 8-1

安全阀的始启压力
1.12 倍工作压力但不小于工作压力 + 0.07MPa
1.14 倍工作压力但不小于工作压力 + 0.10MPa

注：① 锅炉上必须有一个安全阀按表中较低的始启压力进行整定。

② 这里的工作压力是指与安全阀直接连接部件的工作压力。

• 条款解释：本条款是对安全阀整定压力的规定。

(1) 表 6-3 中蒸汽锅炉安全阀整定压力，与《蒸规》的规定相同，没有变化。锅炉上只有一个安全阀按照表中较低的整定压力进行调整。过热器出口处的安全阀必须按照低的整定压力进行整定，以保证锅炉内蒸汽泄压时过热器出口处的安全阀先开启，过热器有足够的蒸汽流过过热器，冷却过热器，防止将过热器过热而损坏。过热器出口处安全阀的排放能力应计入安全阀总排放能力之中。

(2) 直流蒸汽锅炉过热器系统安全阀最高整定压力不得高于 1.1 倍安装位置过热器工作压力。直流蒸汽锅炉的过热器系统一般设有多个安全阀。为了保证安全阀启动时有足够的介质来冷却受热面，同时也确保锅炉压力变化平缓，防止出现锅炉压力突然发生较大的变化，因此，各安全阀的整定压力并不完全相同，有一个阶梯差值，在锅炉超压时能够根据超压幅度顺序开启，同时确保任何情况下，过热器压力不得超过其工作压力的 1.1 倍。

对于近年来引进欧洲、美国和日本产锅炉和 ASME 技术生产的 A 级高压以上电站锅炉，锅炉制造单位按照 ASME 的有关规定，在使用说明书中对安全阀的校验压力进行了规

定,使用单位与检验单位一般都按照说明书的要求进行校验,但与《蒸规》并不一致。对于此类问题,锅炉制造单位应当按照本规程第1.6条的有关规定履行相关手续。

(3) 再热器、直流蒸汽锅炉外置式启动(汽水)分离器的安全阀整定压力为装设地点工作压力的1.1倍,定压值比较高,其原因是安全阀启跳后到全开有一定滞后,工作压力还可能上升。

(4) 本条款还对热水锅炉安全阀整定压力做了规定。热水锅炉的安全阀起跳压力定得比较高,低启压力为1.1倍[《水规》为1.12倍]工作压力但不小于工作压力加0.07MPa,安全阀启闭压差一般应当为整定压力的4%~7%,最大不超过10%。这样在最大启闭压差情况下,一般能保证安全阀回座压力不低于锅炉的工作压力,防止安全阀起跳后锅水发生汽化。本条款中的工作压力对于在用锅炉可以用锅炉实际运行的压力。

(5) 直流蒸汽锅炉过热蒸汽系统中两级间的连接管道上装有截止阀时,装于截止阀前的安全阀整定压力按照过热蒸汽系统出口安全阀最高整定压力进行整定。

• 条款说明:新增条款。

• 条款解释:本条款是对直流蒸汽锅炉过热蒸汽系统中任两级间的连接管道上装有截止阀时,装于截止阀前的安全阀整定压力的规定。

如前所述,直流蒸汽锅炉过热蒸汽系统中任两级间的连接管道上装有截止阀时,为保证装于截止阀前的过热蒸汽系统的安全,必须装设安全阀。DL 612《电力工业锅炉压力容器监察规程》虽有类似的条文,但未明确规定装设于截止阀前的安全阀的整定压力。本规程参照ASME有关条文,统一规定装于截止阀前的安全阀整定压力应等于过热蒸汽系统出口安全阀最高整定压力。

6.1.10 安全阀的启闭压差

一般应当为整定压力的4%~7%,最大不超过10%。当整定压力小于0.3MPa时,最大启闭压差为0.03MPa。

• 条款说明:保留条款。

原条款:《蒸规》第144条(略)。

• 条款解释:本条款是对安全阀启闭压差的要求。

安全阀的启闭压差是指整定压力与回座压力之差。启闭压差的大小直接影响锅炉热损失和汽轮机的出力。如果安全阀的回座压力与整定压力相等或相差很小,安全阀开启后阀芯无法回座而处于悬浮状态,使锅炉的热损失增加。因此本条款要求安全阀要有一定的启闭压差,以使安全阀泄压后,安全阀的阀芯及时回座。如果安全阀启闭压差过大,安全阀泄放时间长,一方面锅炉热损失增大,另一方面对于电站锅炉,由于锅炉出口处蒸汽压下降过大,影响汽轮机出力。所以本规程规定启闭压差为整定压力的4%~7%,最大不超过10%,对于整定压力不超过0.3MPa时,最大启闭差为0.03MPa。

6.1.11 安全阀安装

(1) 安全阀应当铅直安装,并且应当安装在锅筒(锅壳)、集箱的最高位置,在安全阀和锅筒(锅壳)之间或者安全阀和集箱之间;不应当装设有取用蒸汽或者热水的管路和阀门;

• 条款说明:保留条款。

原条款:《蒸规》第137条、《水规》第100条(略)。

• **条款解释：**本条款是对安全阀安装的要求。

安全阀座装在锅筒和集箱的最高位置，而且应铅直安装，铅直安装是指安全阀的阀杆与水平面垂直，而不是与阀座的法兰垂直。安全阀的安装位置以及正确安装对于安全阀在规定的压力下开启有着重要作用。在安全阀与锅筒（机箱）连接的短管上不得装有取用蒸汽的出汽管和阀门，如果有取用蒸汽的出汽管将会降低安全阀入口侧的蒸汽压力，影响安全阀在规定的压力下开启。在安全阀与锅筒（集箱）连接短管上不得安装阀门，主要是防止在锅炉运行中将阀门关闭，使锅炉在无安全阀的情况下运行，造成事故隐患。

(2) 几个安全阀如果共同装在一个与锅筒（锅壳）直接相连的短管上，短管的流通截面积应当不小于所有安全阀的流通截面积之和；

• **条款说明：**保留条款。

原条款：《蒸规》第 138 条（略）。

• **条款解释：**本条款是对几个安全阀共同装在一个短管上，短管流通截面积的要求。

两个安全阀与短管采用 Y 形连接时，为了不影响安全阀的排放能力，短管的流通截面积应不小于两个安全阀流通截面积之和，这种安装方法目前已很少采用。

(3) 采用螺纹连接的弹簧安全阀时，应当符合 GB/T 12241《安全阀一般要求》的要求；安全阀应当与带有螺纹的短管相连接，而短管与锅筒（锅壳）或者集箱筒体的连接应当采用焊接结构。

• **条款说明：**修改条款。

原条款：《蒸规》第 139 条。

《蒸规》第 139 条 采用螺纹连接的弹簧式安全阀，其规格应符合 JB 2202《弹簧式安全阀参数》的要求。此时，安全阀应与带有螺纹的短管相连接，而短管与锅筒（锅壳）或集箱的筒体应采用焊接连接。

• **条款解释：**本条款是对采用螺纹连接的要求。

GB/T 12241《安全阀一般要求》对安全阀的端部连接形式等设计和性能要求及试验做出了明确的规定，锅炉上采用螺纹连接的弹簧安全阀时，应该符合 GB/T 12241《安全阀一般要求》的规定。采用螺纹连接的安全阀时，不能将安全阀连接与锅筒连接，只能与带螺纹的短管连接，而短管与锅筒应当是焊接。

6.1.12 安全阀上的装置

6.1.12.1 基本要求

- (1) 静重式安全阀应当有防止重片飞脱的装置；
- (2) 弹簧式安全阀应当有提升手把和防止随便拧动调整螺钉的装置；
- (3) 杠杆式安全阀应当有防止重锤自行移动的装置和限制杠杆越出的导架。

6.1.12.2 控制式安全阀

控制式安全阀应当有可靠的动力源和电源，并且符合以下要求：

- (1) 脉冲式安全阀的冲量接入导管上的阀门保持全开并且加铅封；
- (2) 用压缩空气控制的安全阀有可靠的气源和电源；
- (3) 液压控制式安全阀有可靠的液压传送系统和电源；
- (4) 电磁控制式安全阀有可靠的电源。

• 条款说明：保留条款。

原条款：《蒸规》第 142 条（略）。

• 条款解释：本条款是对各种安全阀的装置的要求。

静重式安全阀是靠重片的重量来确定其整定压力的，所以必须有防止重片飞脱的装置。

弹簧式安全阀是靠调整螺杆来调整弹簧压紧力而改变安全阀整定压力值的。顺时针方向旋转调整螺杆时，增加弹簧的压紧力，提高整定压力值，反之则相反。安全阀的整定压力值一旦确定后，不能再随便调整安全阀螺杆，一般都是加铅封。至于提升手把是在运行中，防止阀芯粘住，做手动排放用的。

杠杆式安全阀的整定压力是靠安全阀的重锤和支点间的距离确定的。一旦整定工作结束，重锤的位置便不能随便移动，否则整定值会变化。因此要求杠杆式安全阀要有防止重锤移动的装置，也就是将重锤锁住。

控制式安全阀是依靠信号来控制的，控制的动力源有气动、液动、蒸汽驱动和电动，因而控制系统包括动力源的可靠性直接关系到安全阀能否可靠起跳。本规程对几种不同型式的安全阀及控制系统提出了原则要求。脉冲式安全阀的冲量接入导管上的阀门必须保持全开，且加以铅封，实际上是保证可靠的动力源，因为主安全阀是靠脉冲式安全阀的冲量控制的。用压缩空气控制的安全阀应当有可靠的气源和电源；液压控制式安全阀应当有可靠的液压传送系统和电源；电磁控制式安全阀应当有可靠的电源。

6.1.13 蒸汽锅炉安全阀排汽管

(1) 排汽管应当直通安全地点，并且有足够的流通截面积，保证排汽畅通，同时排汽管应当予以固定，不当有任何来自排汽管的外力施加到安全阀上；

(2) 安全阀排汽管底部应当装有接到安全地点的疏水管，在疏水管上不当装设阀门；

(3) 两个独立的安全阀的排汽管不当相连；

(4) 安全阀排汽管上如果装有消音器，其结构应当有足够的流通截面积和可靠的疏水装置；

(5) 露天布置的排汽管如果加装防护罩，防护罩的安装不当妨碍安全阀的正常动作和维修。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 140 条。

《蒸规》第 140 条 安全阀应装设排汽管，排汽管应直通安全地点，并有足够的流通截面积，保证排汽畅通。同时排汽管应予以固定。

如排汽管露天布置而影响安全阀的正常动作时，应加装防护罩。防护罩的安装应不妨碍安全阀的正常动作与维修。

安全阀排汽管底部应装有接到安全地点的疏水管。在排汽管和疏水管上都不允许装设阀门。

省煤器的安全阀应装排水管，并通至安全地点。在排水管上不允许装设阀门。

• 条款解释：本条款是对蒸汽锅炉安全阀排汽管的要求。

(1) 排汽管应直通到安全地点，是指排出口远离人出现的地方，以防止安全阀排放时高温蒸汽伤人。直通安全地点，是指排汽管应尽量减少转弯。排汽管应有足够的流通截面积，以保证排放畅通。排汽管应固定，主要是考虑在安全阀排放时，会产生很大的振动，以防因振动而形成的疲劳断裂。不得有任何来自排汽管的外力施加到安全阀上，是为了保证安全阀的运行安全可靠。

(2) 排汽管底部应有疏水管,其目的是及时将蒸汽冷凝水排出,以免发生水冲击现象。

(3) 两个独立的安全阀的排汽管不应相连,是为了防止一个起跳后,产生背压,影响另一个安全阀启跳。

(4) 排汽管上如装有消音器,消音器也应有足够的流通截面积,以免因为背压过高而影响安全阀启跳,同时应注意检查消音板上是否有水垢,如有应及时清理,以免减小排汽的流通截面积。

(5) 露天布置的排汽管如影响安全阀正常动作时,应加防护罩。露天布置的排汽管主要是指排汽管的管口露天布置,因刮风、下雨而影响安全阀正常动作时,应在排汽管管口处加防护罩,但防护罩的安装不应当妨碍安全阀的正常动作和维修,排汽管露天布置时在寒冷地区还应有防冻措施。

6.1.14 热水锅炉安全阀排水管

热水锅炉的安全阀应当装设排水管(如果采用杠杆安全阀应当增加阀芯两侧的排水装置),排水管应当直通安全地点,并且有足够的排放流通面积,保证排放畅通。在排水管上不应装设阀门,并且应当有防冻措施。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第140条、《水规》第103条。

《蒸规》第140条(部分条款)……省煤器的安全阀应装排水管,并通至安全地点。在排水管上不允许装设阀门。

《水规》第103条 安全阀应装设泄放管,在泄放管上不允许装设阀门。泄放管应直通安全地点,并有足够的截面积和防冻措施,保证排污畅通。

• 条款解释:本条款是热水锅炉的安全阀应设排水管的规定。

热水锅炉的安全阀应设排水管,排水管尽量减少弯头,直通排水地点,以免烫伤人员。排水管要有足够的排放面积,排水管上不允许安装阀门,以保证排放通畅。冬天要注意检查,不能冻结。杠杆式安全阀用于排水时,必须在阀的两侧增加排水装置。

6.1.15 安全阀校验

(1) 在用锅炉的安全阀每年至少校验一次,校验一般在锅炉运行状态下进行,如果现场校验有困难时或者对安全阀进行修理后,可以在安全阀校验台上进行;

(2) 新安装的锅炉或者安全阀检修、更换后,应当校验其整定压力和密封性;

(3) 安全阀经过校验后,应当加锁或者铅封,校验后的安全阀在搬运或者安装过程中,不能摔、砸、碰撞;

(4) 控制式安全阀应当分别进行控制回路可靠性试验和开启性能检验;

(5) 安全阀整定压力、密封性等检验结果应当记入锅炉安全技术档案。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第146条、《水规》第105条。

《蒸规》第146条(部分条款) 在用锅炉的安全阀每年至少应校验一次。检验的项目为整定压力、回座压力和密封性等。安全阀的校验一般在锅炉运行状态下进行。如现场校验困难或对安全阀进行修理后,可在安全阀校验台上进行,此时只对安全阀进行整定压力调整和密封性试验。

安全阀校验后,其整定压力、回座压力、密封性等检验结果应记入锅炉技术档案。

《水规》第105条 锅炉上的安全阀应按制造厂的要求或按表8-1规定的压力每年至少

进行一次整定和校验。安全阀经检修或更换后,也应按上述要求和规定进行整定。

安全阀经过校验后,应加锁或铅封。严禁用加重物、移动重锤、将阀芯卡死等手段任意提高安全阀始启压力或使安全阀失效。

安全阀校验后,始启压力、回座压力等校验结果应记录并归入档案。

• 条款解释:本条款是对锅炉安全阀校验的要求。

在用锅炉安全阀检验周期是每年至少一次。检验地点应在锅炉运行状态下进行,因为此时的检验情况与锅炉运行工况是一致的,检验的误差较小。但实际上很多检验机构都是在校验台上进行的,一是用空气,二是冷态,有一定误差,但规程上也允许在安全阀校验台上进行。安全阀检验的项目为整定压力、回座压力、密封性,但在安全阀检验台上校验时,用压缩空气做介质,很难测出回座压力,只能测定整定压力和密封性,目前全国大多是由锅炉检验机构校验安全阀,校验后出校验报告,有的在现场校,有的在校验台上校。

新安装的锅炉或者安全阀检修、更换后,校验其整定压力和密封性,是为了保证在用锅炉运行安全。安全阀经过校验后,应当加锁或者铅封,校验的安全阀在搬运或者安装过程中,不能摔、碰、碰撞,是为了保证校验的安全阀校验结果不变。控制式安全阀的起跳是由控制回路控制的,所以应当分别对控制回路可靠性进行试验和开启性能检验。把安全阀整定压力、密封性等检验结果记入锅炉技术档案,其目的是为了锅炉一旦发生事故便于分析事故原因。

6.1.16 锅炉运行中安全阀使用

(1) 锅炉运行中安全阀应当定期进行排放试验,电站锅炉安全阀的试验间隔不大于一个小修间隔,对控制式安全阀,使用单位应当定期对控制系统进行试验;

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第147条、《水规》第104条。

《蒸规》第147条 为防止安全阀的阀瓣和阀座粘住,应定期对安全阀做手动的排放试验。

《水规》第104条 锅炉在运行中,安全阀应定期进行手动排放试验。锅炉停用后又启用时,安全阀也应进行手动排放试验。

• 条款解释:本条款是对安全阀在锅炉运行中应定期进行排放试验的规定。

锅炉运行中由于种种原因可能造成安全阀的阀瓣与阀座锈死或卡死,一旦锅炉蒸汽压力达到整定压力时,安全阀不启跳,使锅炉内的压力继续上升,以至于发生锅炉爆炸事故。我国有这样的事故教训,因此对非电站锅炉,应定期手动对安全阀做排放试验。在进行手动排放试验时,蒸汽压力一般应在整定压力的75%时,一是提升手柄时省力,二是减小阀瓣对阀座的冲撞力,保护安全阀的密封。

“电站锅炉安全阀的试验间隔不大于一个小修间隔”。DL 612《电力工业锅炉压力容器监察规程》9.1.14条文中规定:“安全阀应定期进行放汽试验。锅炉安全阀的试验间隔不大于一个小修间隔”。本规程该条款是参照此规定制定的,按照DL/T838《发电企业设备检修导则》中关于检修分级和间隔的规定,C级及以上的级别的检修间隔均大于或等于12个月。因此,电站锅炉安全阀的排汽试验间隔应不大于一个C级修间隔,并且一般结合C级及以上检修停炉阶段进行,以避免发生在进行排汽试验后阀瓣卡住,不能及时回座,造成蒸汽大量泄漏,蒸汽压力难以维持的故障。

对采用外力源控制的控制式安全阀,使用单位应当定期对控制系统进行试验,如控制回路模拟动作试验等等,以确保控制源可靠。按照电力行业惯例,控制回路试验一般每月进行

一次,最长不超过一个季度进行一次。

此外,目前引进技术生产的电站锅炉上一般配备有动力泄放阀,又称 PCV 阀。该类阀门有在锅炉发生超压时自动排汽的作用,是为了防止锅炉运行中压力波动造成安全阀频繁启动而设置的。在 ASME 中对该类型阀门按照安全阀进行要求,因此,在电站锅炉使用的日常管理中,应当按照控制式安全阀的要求对该类阀门的控制回路进行定期试验。

(2) 锅炉运行中安全阀不允许随意解列和任意提高安全阀的整定压力或者使安全阀失效。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第 146 条。

《蒸规》第 146 条(部分条款)……锅炉运行中安全阀严禁解列。

• 条款解释:本条款是对安全阀在锅炉运行中不得解列的规定。

安全阀校验后,在锅炉运行中不得解列安全阀,以免使安全阀失效,不能保证锅炉安全运行。也不得任意提高安全阀的整定压力,或使安全阀失效,以至于使锅炉超压时安全阀不能及时启跳泄压,而影响锅炉运行安全。

6.2 压力测量装置

6.2.1 设置

锅炉的以下部位应当装设压力表:

- (1) 蒸汽锅炉锅筒(锅壳)的蒸汽空间;
- (2) 给水调节阀前;
- (3) 省煤器出口;
- (4) 过热器出口和主汽阀之间;
- (5) 再热器出口、进口;
- (6) 直流蒸汽锅炉的启动(汽水)分离器或其出口管道上;
- (7) 直流蒸汽锅炉省煤器进口、储水箱和循环泵出口;
- (8) 直流蒸汽锅炉蒸发受热面出口截止阀前(如果装有截止阀);
- (9) 热水锅炉的锅筒(锅壳)上;
- (10) 热水锅炉的进水阀出口和出水阀进口;
- (11) 热水锅炉循环水泵的出口、进口;
- (12) 燃油锅炉、燃煤锅炉的点火油系统的油泵进口(回油)及出口;
- (13) 燃气锅炉、燃煤锅炉的点火气系统的气源进口及燃气阀组稳压阀(调压阀)后。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第 149 条、《水规》第 107 条。

《蒸规》第 149 条 每台锅炉除必须装有与锅筒(锅壳)蒸汽空间直接相连接的压力表外,还应在下列部位装设压力表:

1. 给水调节阀前;
2. 可分式省煤器出口;
3. 过热器出口和主汽阀之间;

4. 再热器出、入口；
5. 直流锅炉启动分离器；
6. 直流锅炉一次汽水系统的阀门前；
7. 强制循环锅炉锅水循环泵出、入口；
8. 燃油锅炉油泵进、出口；
9. 燃气锅炉的气源入口。

《水规》第 107 条 每台锅炉的进水阀出口和出水阀入口都应装一个压力表。

循环水泵的进水管和出水管上，也应装压力表。

• 条款解释：本条款是对锅炉装设压力表位置的规定。

压力表是锅炉的重要安全附件，蒸汽锅炉蒸汽空间和热水锅炉出口是锅炉压力变化的源头，所以必须装设压力表，以便监视锅炉运行中压力的变化情况。除此之外，本条款还规定锅炉的其他部位也应装设压力表，以监视该部位的压力变化情况。

与原规程比较，增加了直流蒸汽锅炉蒸发受热面出口截止阀前（如果装有截止阀）和热水锅炉的锅筒（壳）上，把直流锅炉启动分离器修改为直流蒸汽锅炉的启动（汽水）分离器或其出口管道上，把直流锅炉一次汽水系统的阀门前修改为直流蒸汽锅炉省煤器入口、储水箱和循环泵出口，把燃油锅炉油泵进、出口修改为燃油锅炉、燃煤锅炉的点火油系统的油泵进口（回油）及出口，把燃气锅炉的气源入口修改为燃气锅炉、燃煤锅炉的点火气系统的气源入口及燃气阀组稳压阀（调压阀）后，表达得更加准确。

6.2.2 压力表选用

选用的压力表应当符合下列规定：

- (1) 压力表应当符合相应技术标准的要求；
- (2) 压力表精确度应当不低于 2.5 级，对于 A 级锅炉，压力表的精确度应当不低于 1.6 级；
- (3) 压力表的量程应当根据工作压力选用，一般为工作压力的 1.5 倍～3.0 倍，最好选用 2 倍；
- (4) 压力表表盘大小应当保证锅炉操作人员能够清楚地看到压力指示值，表盘直径应当不小于 100mm。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 150 条、《水规》第 108 条。

《蒸规》第 150 条 选用压力表应符合下列规定：

1. 对于额定蒸汽压力小于 2.5MPa 的锅炉，压力表精确度不应低于 2.5 级；对于额定蒸汽压力大于或等于 2.5MPa 的锅炉，压力表的精确度不应低于 1.5 级。
2. 压力表应根据工作压力选用。压力表表盘刻度极限值应为工作压力的 1.5～3.0 倍，最好选用 2 倍。
3. 压力表表盘大小应保证司炉人员能清楚地看到压力指示值，表盘直径不应小于 100mm。

《水规》第 108 条 选用压力表应符合下列规定：

- (1) 压力表精确度不应低于 2.5 级。
- (2) 压力表应根据工作压力选用。压力表表盘刻度极限值应为工作压力的 1.5～3 倍，最好选用 2 倍。
- (3) 压力表表盘大小应保证司炉工人能清楚地看到压力指示值，表盘公称直径不应小

于100mm。

• 条款解释：本条款是对选用压力表的要求。

(1) 压力表的精度要求，实际上是指压力表误差的要求。对于额定工作压力小于3.8MPa的锅炉，压力表的精确度不应低于2.5级，也就是说，其误差不应大于2.5%。其含意有两种，一是在任何量程情况下，其误差为全量程的2.5%，另一种是为所量量程的2.5%。由于A级锅炉压力比较高，为了减小测量的误差，所以压力表的精度数值要小一些，根据国家标准规定原1.5级改为1.6级。

(2) 压力表的盘刻度极限值应为工作压力的1.5~3倍，最好2倍。这一规定主要是为了所测压力的准确性。压力表的准确性除了与本身的精度有关外，还与压力表量程有关。一般来说，从零刻度到1/3刻度处以及从满刻度到倒转1/3范围处，误差要比压力表精度大一些，而在中间1/3量程范围内压力表的误差不会高于精度范围内的误差，当量程是工作压力的2倍时，压力表的指针正好位于表盘中间1/3量程范围内。

(3) 至于压力表表盘直径不应小于100mm，是为了保证操作人员能清楚看到压力表指示值。

6.2.3 压力表校验

压力表安装前应当进行校验，在刻度盘上应当划出指示工作压力的红线，注明下次校验日期。压力表校验后应当加铅封。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第151条、《水规》第109条。

《蒸规》第151条 选用的压力表应符合有关技术标准的要求，其校验和维护应符合国家计量部门的规定。压力表装用前应进行校验并注明下次的校验日期。压力表的刻度盘上应划红线指示出工作压力。压力表校验后应封印。

《水规》第109条 压力表的装设、校验和维护应符合国家计量部门的规定。压力表装用前应进行校验，并在刻度盘上划红线指出工作压力。压力表装用后每年至少校验一次。压力表校验后应封印。

• 条款解释：本条款是对压力表校验的规定。

本条款删除了压力表计量校验要求，因为国家对计量要求有专门的规定。压力表装用前应当进行校验，校验期规定装用后每半年一次。校验后应当封印，装用前应注明下次校验期，是为了避免超期使用。划红线指示工作压力是为了防止锅炉超压。

6.2.4 压力表安装

压力表安装应当符合以下要求：

(1) 应当装设在便于观察和吹洗的位置，并且应当防止受到高温、冰冻和震动的影响；

(2) 锅炉蒸汽空间设置的压力表应当有存水弯管或者其他冷却蒸汽的措施，热水锅炉用的压力表也应当有缓冲弯管，弯管内径应当不小于10mm；

(3) 压力表与弯管之间应当装设三通阀门，以便吹洗管路、卸换、校验压力表。

• 条款说明：保留条款。

原条款：《蒸规》第152条、《水规》第110条（略）。

• 条款解释：本条款是对压力表安装的要求。

(1) 压力表装设位置要便于锅炉操作人员的观察和便于对压力表进行冲洗，防止压力表

的弹簧管及连接管路堵塞。同时,压力表的安装位置要防止压力表受到高温、冷冻和震动影响,高温会使压力表弹簧管的弹性受到影响,不能真实反映锅炉的压力,冷冻会使压力表无法指示锅炉的压力,震动不能准确反映锅炉的压力。

(2) 压力表应有存水弯管,对于汽空间的压力表使蒸汽在存水弯管中冷凝,形成一个水封,避免蒸汽直接通到压力表的弹簧管内。热水锅炉用的压力表也应当有缓冲弯管,避免热水直接通到压力表的弹簧管内,以免使弹簧管受热变形,影响压力表读数的准确性和使用寿命。另外有存水弯管可以减小因介质波动对压力表指示值的影响。

(3) 本条款对存水弯管直径和在压力表和弯管之间安装三通阀门做了规定,装设三通阀门的目的是为了吹洗管路、卸换、校验压力表。

6.2.5 压力表停止使用情况

压力表有下列情况之一时,应当停止使用:

(1) 有限止钉的压力表在无压力时,指针转动后不能回到限止钉处;没有限止钉的压力表在无压力时,指针离零位的数值超过压力表规定的允许误差;

(2) 表面玻璃破碎或者表盘刻度模糊不清;

(3) 封印损坏或者超过校验期;

(4) 表内泄漏或者指针跳动;

(5) 其他影响压力表准确指示的缺陷。

• 条款说明:保留条款。

原条款:《蒸规》第153条、《水规》第111条(略)。

• 条款解释:本条款是对压力表停止使用的规定。

(1) 无压力时指针不能回到规定的位置,有限止钉的不能回到限止钉处,无限止钉的与零位的数值超压了压力表精度的允许值。这一情况的出现,可能是弹簧管失去了弹性,或游丝失去弹性或脱钩,或连接管路或三通堵塞,或指针弯曲或卡住,应对压力表进行修理或更换。

(2) 封印损坏或超过校验期,很难确认压力表的指示值是否准确,应停止使用。

(3) 表内泄漏或指针跳动,表内泄漏是弹簧管发生开裂,指针跳动可能是游丝损坏、弹簧管的自由端与连杆等连接螺钉活动;弹簧管疏导压力扩展移动时,扇形齿轮发生抖动,此时需要对压力表进行校验、修理。

(4) 表面玻璃破碎或表盘刻度不清,操作人员无法从压力表上监视锅炉压力,应予更换。

(5) 其他影响压力表准确指示的缺陷,例如表盘过小,量程过大,无法准确提示锅炉压力,都应停止使用。

6.3 水位测量与示控装置

6.3.1 设置

6.3.1.1 基本要求

每台蒸汽锅炉锅筒(锅壳)至少应当装设两个彼此独立的直读式水位表,符合下列条件之一的锅炉可以只装设一个直读式水位表:

(1) 额定蒸发量小于或者等于0.5t/h的锅炉;

(2) 额定蒸发量小于或者等于2t/h,且装有一套可靠的水位示控装置的锅炉;

(3) 装有两套各自独立的远程水位测量装置的锅炉;

(4) 电加热锅炉。

• 条款说明：保留条款。

原条款：《蒸规》第 154 条（略）。

• 条款解释：本条款是对装设直读式水位表数量的要求。

两只彼此独立的直读式水位表是指两只水位表的汽水连管分别直接接到锅筒（锅壳）上。直读式水位表数量的规定，一是根据锅炉自动控制水平的程度，二是考虑国家使用管理水平。我国的工业锅炉以燃煤为主，而燃煤锅炉的自动控制比燃油、燃气锅炉要困难得多，所以我国规程规定要有两只彼此独立的直读式水位表。

允许装一只直读式水位表的条件，与《蒸规》比较，没有变化。即额定蒸发量小于或等于 0.5t/h 的锅炉；额定蒸发量小于或等于 2t/h 且装有一套可靠的水位示控装置的锅炉；装有两套各自独立的远程水位测量装置的锅炉；电加热锅炉。

6.3.1.2 特殊要求

(1) 多压力等级余热锅炉每个压力等级的锅筒应当装设两个彼此独立的直读式水位表。

(2) 直流蒸汽锅炉启动系统中储水箱和启动（汽水）分离器应当分别装设远程水位测量装置。

• 条款说明：新增条款。

• 条款解释：本条款是关于多压力等级余热锅炉每个压力等级的锅筒应装设水位表和直流蒸汽锅炉启动系统中储水箱和并联布置的汽水分离器应装设远程水位测量装置的规定。

如前所述，余热锅炉装设有多个压力等级的锅筒，彼此独立，故每个压力等级的锅筒，应装设两个彼此独立的水位计。

直流锅炉在启动或低负荷时采用再循环运行方式，一般设置 2~4 只并联的汽水分离器，在分离器下面设置一只储水箱，均为立式布置。在锅炉启动初期，从水冷壁出来的汽水混合物进入分离器进行汽水分离，分离出来的饱和蒸汽进入过热器系统，而分离下来的水进入储水箱通过再循环管路或疏水管路排掉，在再循环管路上或疏水管路上设置有调节阀。根据从装设在储水箱上的远程水位测点测出的水位来控制调节阀的开度及疏水量，保证水位在设定范围内。根据分离器和储水箱水位设置原则，当分离器承担部分储水箱功能时（即分离器与储水箱有部分高度重合），在分离器上也设置一套就地水位测量装置，用于确定分离器水位与储水箱水位的一致性。

6.3.2 水位表的结构、装置

(1) 水位表应当有指示最高、最低安全水位和正常水位的明显标志，水位表的下部可见边缘应当比最高火界至少高 50mm、并且应当比最低安全水位至少低 25mm，水位表的上部可见边缘应当比最高安全水位至少高 25mm；

(2) 玻璃管式水位表应当有防护装置，并且不当妨碍观察真实水位，玻璃管的内径应当不小于 8mm；

(3) 锅炉运行中能够吹洗和更换玻璃板（管）、云母片；

(4) 用 2 个及 2 个以上玻璃板或者云母片组成的一组水位表，能够连续指示水位；

(5) 水位表或者水表柱和锅筒（锅壳）之间阀门的流道直径应当不小于 8mm，汽水连接管内径应当不小于 18mm，连接管长度大于 500mm 或者有弯曲时，内径应当适当放大，以保证水位表灵敏准确；

(6) 连接管应当尽可能地短, 如果连接管不是水平布置时, 汽连管中的凝结水能够流向水位表, 水连管中的水能够自行流向锅筒 (锅壳);

(7) 水位表应当有放水阀门和接到安全地点的放水管;

(8) 水位表或者水表柱和锅筒 (锅壳) 之间的汽水连接管上应当装有阀门, 锅炉运行时, 阀门应当处于全开位置; 对于额定蒸发量小于 0.5t/h 的锅炉, 水位表与锅筒 (锅壳) 之间的汽水连管上可以不装设阀门。

• 条款说明: 保留条款。

原条款: 《蒸规》第 157、158、159 条 (略)。

• 条款解释: 本条款是对水位表标志和水位表结构及装置的规定。

(1) 水位表上要有最低、最高安全水位和正常水位的明显标志, 以便使锅炉操作人员监视水位的变化。最低安全水位比水位表下部可见边缘至少高 25mm , 而水位表下部可见边缘比最高火界高 50mm , 这样一来, 水位表的最低安全水位比最高火界至少要高 75mm 以上。水位表的上部可见边缘比最高水位至少高 25mm , 一旦锅炉满水接近水位表上部可见边缘时, 锅炉操作人员应及时处理, 以防止发生蒸汽带水或汽水共腾事故。

(2) 玻璃管式水位表上的防护装置包括护罩、快关阀、闭锁珠等, 主要是一旦水位表损坏时, 快关阀或自动闭锁珠迅速关闭或自动关闭汽水连管, 防止汽水喷出伤人, 但防护装置不应妨碍观察真实水位。

(3) 水位表的结构应能够在锅炉运行中冲洗水位表和更换玻璃板 (管)、云母片。为了保持水位表清晰, 应定期对水位表进行冲洗, 水位表的冲洗实际上是对汽水连管上阀门的开与关的操作。在锅炉运行中水位表的玻璃板 (管) 以及云母片损坏情况时有发生, 水位表结构应能够在锅炉运行状态下进行更换, 如在汽水连接管装有阀门即可达到此要求。

(4) 两个及两个以上玻璃板或云母片组成的一组水位表, 应能够连续指示水位, 应有重合部分, 中间不能有空白, 这种形式的水位表适用于中压锅炉以上。

(5) 水位表或水表柱和锅筒 (锅壳) 之间的汽水连接管内径不得小于 18mm , 阀门的流道直径及玻璃管的内径都不得小于 8mm , 对汽水连接管的内径以及阀门流道、玻璃管的内径的规定, 主要是为了减小阻力, 保证汽水流动畅通。

(6) 对汽水连管的要求。一是连接管尽可能地短, 减小连接管的阻力, 水位表显示的水位就准确。二是连接管布置方向的要求, 当汽水连接管不是水平布置时, 汽连管的凝结水能自动流向水位表, 水连管中的水能自动流回锅筒 (壳), 以防出现假水位。

(7) 水位表设有放水阀门和放水管, 是为了进行水位表冲洗时使用或在锅炉发生满水时放水用。放水管接到安全地点, 是为了防止排出的热水烫伤人。

(8) 在汽水连接管上装设阀门作用有三: 一是进行水位表冲洗时要开关阀门; 二是锅炉在运行状态下, 可以更换水位表的玻璃板 (管)、云母片; 三是装有水位示控装置的锅炉, 在进行示控装置检查校验时, 将水表柱与锅筒的汽水连管上的阀门关闭, 打开水位表的排水管的阀门, 制造人为缺水现象, 以判断水位示控装置的灵敏可靠情况。所以水位表 (或者水表柱) 和锅筒 (壳) 之间的汽水连接管上应当装有阀门, 锅炉运行时, 阀门应当处于全开位置。

考虑到额定蒸发量小于 0.5t/h 的锅炉, 一般都是立式锅炉, 而且不连续运行, 水位表和锅筒 (壳) 之间的汽水连接管上可以不装阀门。

6.3.3 安装

(1) 水位表应当安装在便于观察的地方, 水位表距离操作地面高于 6000mm 时, 应当加装远程水位测量装置或者水位视频监视系统;

• 条款说明: 修改条款。

原条款:《蒸规》第 155 条。

《蒸规》第 155 条 水位表应装在便于观察的地方。水位表距离操作地面高于 6000mm 时, 应加装远程水位显示装置。远程水位显示装置的信号不能取自一次仪表。

• 条款解释: 本条款是对水位表装设位置和远程水位测量装置的要求。

水位表应装在便于观察的地方。水位表是直接反映锅炉水位变化的一次仪表。锅炉操作人员根据水位情况, 进行给水调节, 燃烧调节, 所以要安装在便于观察的地方。便于观察的地方也包括水位表与操作地面之间的高度, 当高度超过 6000mm 时, 用肉眼很难看清水位, 所以要求加装远程水位显示装置或水位视频监视系统, 以便操作人员观察水位。与《蒸规》比较增加了水位视频监视系统, 因为随着科学技术的发展, 有很多企业采用了水位视频监视系统监视距离地面较高位置的锅筒的水位。

(2) 用单个或者多个远程水位测量装置监视锅炉水位时, 其信号应当各自独立取出; 在锅炉控制室内应当有两个可靠的远程水位测量装置, 同时运行中应当保证有一个直读式水位表正常工作;

• 条款说明: 修改条款。

原条款:《蒸规》第 156 条。

《蒸规》第 156 条 用远程水位显示装置监视水位的锅炉, 控制室内应有两个可靠的远程水位显示装置, 同时运行中必须保证有一个直读式水位表正常工作。

• 条款解释: 本条款是对远程水位测量装置的要求。

水位远程测量装置 (原称显示装置) 的信号不能取自一次仪表 (即直读式水位表), 而应直接取自锅筒, 以防止一次仪表信号发生问题, 出现假水位, 致使远程测量的水位也是假水位。用两套远程水位测量装置监视锅炉运行水位情况时, 仍需有一个直读式水位表正常工作, 主要是防止远程水位测量装置发生故障, 造成操作室内装置显示的是假水位。为了判断两套装置中哪一套发生了问题, 将两套测量装置的水位与直读式水位表进行比较校验即可。

(3) 亚临界锅炉水位表安装调试时应当对由于水位表与锅筒内液体密度差引起的测量误差进行修正。

• 条款说明: 新增条款。

• 条款解释: 本条款是对亚临界锅炉水位表安装时须对由于水位表与锅筒内液体密度差引起的测量误差进行修正的规定。

锅筒水位表中的水在水位表中冷却后, 其温度低于锅筒内饱和锅水的温度, 水位表水的密度大于锅筒内锅水的密度。水位表中水柱显示的水位与锅筒内的实际水位有所差异。对于亚临界锅炉, 锅筒工作压力接近 19MPa, 此时水位表显示水位与锅筒内实际水位的差异随着压力升高而明显加大。为保证水位表指示的准确性, 需要对水位表与锅筒内水的密度引起的测量差异进行修正。

6.4 温度测量装置

6.4.1 设置

在锅炉相应部位应当装设温度测点,测量以下温度:

- (1) 蒸汽锅炉的给水温度(常温给水除外);
- (2) 铸铁省煤器和电站锅炉省煤器出口水温;
- (3) 再热器进口、出口汽温;
- (4) 过热器出口和多级过热器的每级出口的汽温;
- (5) 减温器前、后汽温;
- (6) 油燃烧器的燃油(轻油除外)进口油温;
- (7) 空气预热器进口、出口空气温度;
- (8) 锅炉空气预热器进口烟温;
- (9) 排烟温度;
- (10) A级高压及以上的蒸汽锅炉的锅筒上、下壁温(控制循环锅炉除外),过热器、再热器的蛇形管的金属壁温;
- (11) 有再热器的锅炉炉膛的出口烟温;
- (12) 热水锅炉进口、出口水温;
- (13) 直流蒸汽锅炉上下炉膛水冷壁出口金属壁温,启动系统储水箱壁温。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第164条、《水规》第112条。

《蒸规》第164条(部分条款) 在锅炉的下列相应部位应装设测量温度的仪表:

1. 过热器出口、再热器进出口的汽温;
2. 由几段平行管组组成的过热器的每组出口的汽温;
3. 减温器前、后的汽温;
4. 铸铁省煤器出口的水温;
5. 燃煤粉锅炉炉膛出口的烟温;
6. 再热器和过热器入口的烟温;
7. 空气预热器空气出口的气温;
8. 排烟处的烟温;
9. 燃油锅炉燃烧器的燃油入口油温;
10. 额定蒸汽压力大于或等于9.8MPa的锅炉的锅筒上、下壁温;
11. 额定蒸汽压力大于9.8MPa的锅炉的过热器、再热器蛇形管金属壁温;
12. 燃油锅炉空气预热器出口烟温。

《水规》第112条 在锅炉的进、出水口均应装设测量温度的仪表。仪表应正确反映介质温度,并应便于观察。

对于额定热功率大于或等于14MW的锅炉,安装在锅炉出水口的测量温度仪表应是记录式的。

在燃油锅炉中还应装设用以测量燃油温度和空气预热器烟气出口烟温的测量温度仪表。

• 条款解释:本条款是对在用锅炉应装设测量温度仪表位置的规定。

锅炉运行时对蒸汽锅炉给水温度、蒸汽温度、热水锅炉进水温度、供水温度以及烟气温

度等进行测量与监视,对保证锅炉安全经济运行是非常重要的,所以说测温的部位应装设测量温度的仪表。

与原规程比较,增加了蒸汽锅炉的给水温度、电站锅炉省煤器出口水温、空气预热器进口的空气温度、进口的烟温、有再热器的锅炉炉膛出口烟温、直流蒸汽锅炉上下炉膛水冷壁出口金属壁温,启动系统储水箱壁温。去掉了燃煤粉锅炉炉膛出口的烟温、再热器和过热器进口的烟温。把燃油锅炉空气预热器出口烟温修改为锅炉空气预热器进口烟温。

在蒸汽锅炉过热器出口、再热器出口和额定热功率大于或者等于 7MW 的热水锅炉出口应当装设可记录式的温度测量仪表。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第 164 条、《水规》第 112 条。

《蒸规》第 164 条(部分条款)……有过热器的锅炉,还应装设过热蒸汽温度的记录仪表。

《水规》第 112 条(部分条款)……对于额定热功率大于或等于 14MW 的锅炉,安装在锅炉出水口的测量温度仪表应是记录式的。

• 条款解释:本条款是对锅炉应安装记录式温度仪表的规定。

本条款规定蒸汽锅炉过热器出口、再热器出口和额定热功率大于或者等于 7MW 的热水锅炉出口应当装设可记录式的温度测量仪表,其目的是为了便于对供应情况进行跟踪。

与原规程比较,增加了安装记录式温度仪表的要求,增加了蒸汽锅炉再热器出口应装设可记录式的温度测量仪表的规定,将热水锅炉额定热功率由 14MW 改为 7MW,要求更加严格了。

6.4.2 温度测量仪表量程

表盘式温度测量仪表的温度测量量程应当根据工作温度选用,一般为工作温度的 1.5 倍~2 倍。

• 条款说明:保留条款。

原条款:《水规》第 113 条(略)。

• 条款解释:本条款是对有表盘的测温仪表量程的规定。

有表盘的测量温度仪表的量程应当为工作温度 1.5~2 倍,其目的是为了减小测量误差,其原理与压力表量程的规定相同。

6.5 排污和放水装置

排污和放水装置的装设应当符合以下要求:

(1) 蒸汽锅炉锅筒(锅壳)、立式锅炉的下脚圈和水循环系统的最低处都需要装设排污阀;B 级及以下锅炉采用快开式排污阀门;排污阀的公称通径为 20mm~65mm;卧式锅壳锅炉锅壳上的排污阀的公称通径不小于 40mm;

(2) 额定蒸发量大于 1t/h 的蒸汽锅炉和 B 级热水锅炉,排污管上装设两个串联的阀门,其中至少有一个是排污阀,且安装在靠近排污管线出口一侧;

(3) 过热器系统、再热器系统、省煤器系统的最低集箱(或者管道)处装设放水阀;

(4) 有过热器的蒸汽锅炉锅筒装设连续排污装置;

(5) 每台锅炉装设独立的排污管, 排污管尽量减少弯头, 保证排污畅通并且接到安全地点或者排污膨胀箱(扩容器); 如果采用有压力的排污膨胀箱时, 排污膨胀箱上需要安装安全阀;

(6) 多台锅炉合用一根排放总管时, 需要避免两台以上的锅炉同时排污;

(7) 锅炉的排污阀、排污管不宜采用螺纹连接。

• 条款说明: 修改条款。

原条款:《蒸规》第160~163条,《水规》第115、116、117条。

《蒸规》第160条 锅筒(锅壳)、立式锅炉的下脚圈、每组水冷壁下集箱的最低处, 都应装排污阀; 过热器或再热器集箱、每组省煤器的最低处, 都应装放水阀。有过热器的锅炉一般应装设连续排污装置。排污阀宜采用闸阀、扇形阀或斜截止阀。排污阀的公称通径为20~65mm, 卧式锅壳锅炉锅壳上的排污阀的公称通径不得小于40mm。

《水规》第115条 锅筒及每个回路下集箱的最低处都应装排污阀或放水阀。排污阀或放水阀宜采用闸阀或直流式截止阀。阀的公称通径为20~65mm。卧式锅壳锅炉锅筒上的排污阀公称通径不得小于40mm。

《蒸规》第161条 额定蒸发量大于或等于1t/h或额定蒸汽压力大于或等于0.7MPa的锅炉, 排污管应装两个串联的排污阀。

《水规》第116条(部分条款) 额定出口热水温度高于或等于120℃的锅炉的排污管上应装两个串联的排污阀。

《蒸规》第162条 每台锅炉应装独立的排污管, 排污管应尽量减少弯头, 保证排污畅通并接到室外安全的地点或排污膨胀箱。采用有压力的排污膨胀箱时, 排污箱上应装安全阀。

几台锅炉排污合用一根总排污管时, 不应有两台或两台以上的锅炉同时排污。

《水规》第117条 每台锅炉应装独立的排污或放水管, 排污或放水管应尽量减少弯头, 保证排污及放水畅通并接到安全的地点。

几台锅炉排污合用一根总排污管时, 不应有两台或两台以上的锅炉同时排污。

《蒸规》第163条 锅炉的排污阀、排污管不应采用螺纹连接。

《水规》第116条(部分条款)

锅炉的排污阀(或放水阀)、排污管(或放水管)不允许用螺纹连接。排污管口不应高出锅筒或集箱的内壁表面。

• 条款解释: 本条款是对锅炉排污和放水装置的规定。

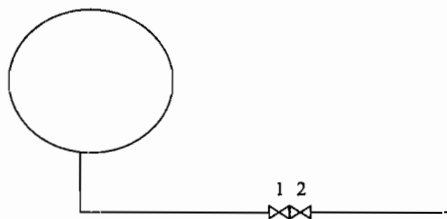
(1) 本条款规定在锅炉受压部件容易堆积水渣的部位, 如蒸汽锅炉锅筒(壳)、立式锅炉的下脚圈和水循环系统的最低处应安装排污阀, 以便定期排除这些部位堆积的水渣。

对于B级及以下锅炉排污阀应当采用快开式阀门的要求, 主要为了定期排污时排污畅通, 减小排污的阻力, 闸阀、扇形阀、斜截止阀的通道是直通的, 属快开式阀门, 阻力小。对排污阀公称通径的要求, 也是保证排污时畅通。对于卧式锅壳式锅炉水质要求较低, 容易结生水渣而沉积在锅壳的下部, 因此要求通径大一些, 保证排污效果好一些。

(2) 额定蒸发量大于或等于1t/h的蒸汽锅炉, 以及额定出口热水温度高于或等于120℃的热水锅炉, 排污管上应串联安装两只安全阀, 其目的是为了保证排污阀的严密性。因为如果排污阀关闭不严密, 会造成热水锅炉汽化, 蒸汽锅炉缺水现象发生, 严重时导致受热面烧

毁变形，以至发生锅炉损坏。

如果两个阀门中只有一个是排污阀，应安装在靠近排污管线出口一侧，如释图 6-2 所示的阀门 2。其目的是一旦阀门 2 泄漏或损坏，在锅炉运行的情况下，可以关闭阀门 1，修理或更换阀门 2，因为阀门 2 是排污阀经常开关，容易泄漏和损坏。



释图 6-2

(3) 过热器系统、再热器系统最低集箱处应当装放水阀，放水阀主要作用是将受热面中的冷凝水及时排除。省煤器系统的最低集箱（或者管道）处装设放水阀，是为了省煤器需要修理时，放水用。

(4) 对于有过热器的锅炉在锅筒中应装有连续排污装置，排除锅中过剩的碱量、盐量和锅水表面的油质和泡沫，保证蒸汽品质。

(5) 每台锅炉要有独立的排污管。排污管应接到安全地点或排污扩容器，以免伤人。减少弯头是为了减小阻力，保证排污畅通。

采用排污扩容器的作用是减少热量和水的损失，使排污水膨胀汽化，蒸汽冷凝后进入锅炉给水箱，作为锅炉给水用。有压力的排污扩容器，为了防止超压，应安装安全阀。

(6) 如果几台锅炉的定期排污管共用一根总排污管时（指两根排污管之后的排污管路），不能有两台及以上锅炉同时排污，以防止相干扰，影响排污效果。

(7) 排污管与锅筒（集箱、立式锅炉下脚圈）、排污阀与排污管的连接处，不断受到浓缩锅水的腐蚀作用，而且在排污时会受到排污水的冲击。为了保证这些连接部位的严密性和牢固性，本不应采用螺纹连接。“不允许”、“不应”改为“不宜”，主要是考虑到许多国家生产的容量小的锅炉进口到我国，排污阀、排污管的连接有不少是采用螺纹连接。

6.6 安全保护装置

6.6.1 基本要求

(1) 蒸汽锅炉应当装设高、低水位报警（高、低水位报警信号应当能够区分），额定蒸发量大于或者等于 2t/h 的锅炉，还应当装设低水位联锁保护装置，保护装置最迟应当在最低安全水位时动作；

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 165 条。

《蒸规》第 165 条（部分条款） 额定蒸发量大于或等于 2t/h 的锅炉，应装设高、低水位报警（高、低水位报警信号须能区分）、低水位联锁保护装置；

低水位联锁保护装置最迟应在最低安全水位时动作。

• 条款解释：本条款是对蒸汽锅炉应装设水位报警和联锁保护装置的规定。

锅炉运行中，监视锅筒中的水位以及压力的变化，对锅炉安全运行至关重要。多年来的实践证明，由于各种原因锅炉缺水事故经常发生，其主要原因是锅炉操作人员失职。为了弥

补人为因素的失控,本条款规定除安装直读式水位表外,还要求装报警和联锁保护装置。事实证明,凡是安装了水位示控装置(包括高低水位报警和低水位联锁)的锅炉,只要装置灵敏可靠,没有因缺水而发生事故。

本条款把额定蒸发量大于或等于 2t/h 的锅炉,应装设高低水位报警,修改为所有的蒸汽锅炉,都应当装设高、低水位报警(高、低水位报警信号应当能够区分)。其原因是近几年来在我国锅炉缺水事故频繁发生,尤其是额定蒸发量小的锅炉,进而发生锅炉爆炸事故。为了遏止这种现象的继续发生,对蒸汽锅炉的水位控制提出了更加严格的要求,把应当装设高、低水位报警(高、低水位报警信号应当能够区分)的锅炉额定蒸发量由 2t/h 改为所有的蒸汽锅炉。

本条款还规定额定蒸发量大于或者等于 2t/h 的锅炉应当装设低水位联锁保护装置,当水位到达最低安全水位时自动停炉,因为锅炉水位低于最低安全水位时锅炉处于不安全状态。

(2) 额定蒸发量大于或者等于 6t/h 的锅炉,应当装设蒸汽超压报警和联锁保护装置,超压联锁保护装置动作整定值应当低于安全阀较低整定压力值;

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第 165 条。

《蒸规》第 165 条(部分条款)……额定蒸发量大于或等于 6t/h 的锅炉,还应装蒸汽超压的报警和联锁保护装置。

超压联锁保护装置动作整定值应低于安全阀较低整定压力值。

• 条款解释:本条款是对蒸汽锅炉应装设超压报警和联锁保护装置的规定。

锅炉上安装超压报警和联锁装置,也是为了形成人机互补关系,锅炉操作人员监视压力表,随时调整锅炉运行,防止超压。超压报警和联锁保护装置则可以弥补锅炉操作人员失控时的不足,防止超压,保证锅炉安全运行。锅炉一旦发生爆炸事故,均会造成严重的后果,而且随着锅炉容量的增大,爆炸时释放的能量越大,后果越严重。规定为 6t/h 及以上的锅炉才要求装超压报警装置,是考虑到锅炉使用单位装超压报警和联锁的承受能力。

超压联锁保护装置动作的整定值应低于安全阀较低整定值。对此,各国规定不一致,也就是锅炉超压时,究竟是安全阀先动作还是超压联锁装置先动作问题规定不一。本规程规定是超压联锁保护装置先动作安全阀后动作,即低于安全阀较低整定压力值时应自动停炉。

(3) 锅炉的过热器和再热器,应当根据机组运行方式、自控条件和过热器、再热器设计结构,采取相应的保护措施,防止金属壁超温;再热蒸汽系统应当设置事故喷水装置,并且能自动投入使用;

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第 168 条。

《蒸规》第 168 条 有再热器的锅炉,应装有下列功能的保护装置:

1. 再热器出口汽温达到最高允许值时,自动投入事故喷水;
2. 根据机组运行方式、自动控制条件和再热器设计,采用相应的保护措施,防止再热器金属壁超温。

• 条款解释:本条款是对过热器、再热器保护装置的要求。

过热器是将饱和蒸汽或高于饱和温度的蒸汽加热到规定过热温度,然后进入汽轮机中膨胀做功。再热器的作用是将汽轮机高压缸或中压缸做功后的蒸汽抽出,再进行加热到一定的温度,然后进入汽轮机的中压缸或低压缸继续膨胀做功。过热器、再热器装置使用的主要的

问题是,过热蒸汽温度的提高受到金属材料允许使用温度的制约。

过热器、再热器金属壁温与锅炉机组运行方式和过热器、再热器的结构布置形式有关。在锅炉运行时,为防止过热器、再热器金属壁温超温,应有相应的措施。如果过热器、再热器出口汽温超温,会影响汽轮机的正常工作,同时会影响过热器、再热器的使用寿命。所以过热器、再热器出口汽温超温时,应能自动进行喷水降温。

(4) 安置在多层或者高层建筑物内的锅炉,每台锅炉应当配备超压(温)联锁保护装置和低水位联锁保护装置。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第184、185条。

《蒸规》第184条 锅炉房如设在多层或高层建筑的半地下室或第一层中,则必须同时符合以下条件:

1. 每台锅炉的额定蒸发量不超过10t/h,额定蒸汽压力不超过1.6MPa;
2. 每台锅炉必须有可靠的超压联锁保护装置和低水位联锁保护装置;
3. 每台锅炉的安全附件和联锁保护装置要定期维护和试验,以保证其灵敏、可靠;
4. 锅炉间的建筑结构应有相应的抗爆措施;
5. 独立操作的司炉工人必须持有相应级别的司炉操作证,且连续操作同类别锅炉五年以上,未发生过事故;
6. 必须有安全疏散通道。

《蒸规》第185条(部分条款) 锅炉房不宜设在高层或多层建筑的地下室、楼层中间或顶层,但由于条件限制需要设置时,除符合本规程第184条的要求外,还应符合以下条件,且锅炉房的设置应事先征得市、地级及以上安全监察机构同意:

1. 每台锅炉的额定蒸发量不超过4t/h,额定蒸汽压力不超过1.6MPa;
2. 必须是用油、气体作燃料或电加热的锅炉;
3. 燃料供应管路的连接采用氩弧焊打底。

• 条款解释:本条款是对安置在多层或高层建筑物内的锅炉配备超压(温)联锁保护装置和低水位联锁保护装置的要求。

随着我国经济建设和城市规划的发展,土地价格越来越高,在有的城市,单独建造锅炉房的难度越来越大,锅炉设在多层或高层建筑内的情况越来越多,例如上海市,国外也有类似情况,而我国锅炉自控技术近来也发展很快,也在客观上具备了可能。所以《蒸规》中有了相关规定。在多层或高层建筑中设置锅炉,不需另行建独立锅炉房和烟囱,不需设室外管路,减少投资,美化环境,但是安置在多层或高层建筑物内的锅炉一旦发生爆炸事故,危害极大,后果不堪设想。为了保证安置在多层或高层建筑物内的锅炉的运行安全,所以本条款规定安置在多层或高层建筑物内的锅炉,每台锅炉应当配备可靠的超压(温)联锁保护装置和低水位联锁保护装置。

6.6.2 控制循环蒸汽锅炉

控制循环蒸汽锅炉应当装设以下保护和联锁装置:

- (1) 锅水循环泵进出口差压保护;
- (2) 循环泵电动机内部水温超温保护;
- (3) 锅水循环泵出口阀与泵的联锁装置。

• 条款说明:新增条款。

• 条款解释：本条款是关于控制循环锅炉的规定。

所谓控制循环锅炉是指主要依靠下降管和上升管之间装设水循环泵的压头推动水循环的锅筒锅炉。锅水循环泵及锅水循环泵出口阀门是控制循环锅炉水循环系统中重要组件。在锅水循环泵发生故障，循环水量减少时，循环泵进出口压差也会降低。为保证水冷壁受热面有足够的循环水量，锅水循环泵必须设进出口差压保护。另外，锅水循环泵的电动机采用与泵直接连接，电动机线圈浸泡在洁净的密封水中，因此防止高温锅水进入电动机，从而影响线圈绝缘水平十分重要，因此应设电动机水温过高保护。为防止误操作，防止通过停用的锅炉水循环泵形成锅水倒流，锅炉水循环泵与出口阀门应有联锁。当水泵停用时，出口阀门自动关闭；水泵启动时，出口阀先开启，待阀门全启后，才能开泵。出口阀门因故障不能自动打开时，则锅水循环泵闭锁，拒绝启动。为保证锅炉水循环系统运行的可靠和安全，对锅水循环泵进出口差压值、对锅水循环泵湿式电动机内部水的工作温度以及锅水循环泵出口阀门与循环泵的联锁，必须有严格的要求。DL 612《电力工业锅炉压力容器监察规程》9.6.11条文中已对此有明确的规定。

6.6.3 A级直流锅炉

A级直流锅炉应当装设以下保护装置：

- (1) 在任何情况下，当给水流量低于启动流量时的报警装置；
- (2) 锅炉进入纯直流状态运行后，工质流程中间点温度超过规定值时的报警装置；
- (3) 给水的断水时间超过规定时间时，自动切断锅炉燃料供应的装置；
- (4) 亚临界及以上直流锅炉上下炉膛水冷壁金属温度超过规定值的报警装置；
- (5) 设置有启动循环的直流锅炉，循环泵电动机内部水温超温的保护装置。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第169条。

《蒸规》第169条 直流锅炉，应有下列保护装置：

1. 任何情况下，当给水流量低于启动流量时的报警装置；
2. 锅炉进入纯直流状态运行后，中间点温度超过规定值时的报警装置；
3. 给水断水的时间超过规定的时间时自动切断锅炉燃料供应的装置。

• 条款解释：本条款是对直流锅炉保护装置的要求。

直流锅炉是强制循环锅炉的一种形式。所谓直流锅炉是受给水泵压头的作用，工质按顺序一次通过加热段、蒸发段和过热段各级受热面而产生额定参数的蒸汽锅炉。对直流锅炉的保护要求是：

(1) 直流锅炉的启动特点是从锅炉开始点火就必须不间断向锅炉进水，建立足够的工质流速和压力，以保证给水连续流经所有受热面，使其得到冷却。因此，直流锅炉在启动之前就要建立起一定的启动流量，因为刚点火蒸发量小，水流量也小，一般为额定蒸发量的25%~30%。任何情况下，如果直流锅炉的给水低于此值，难以保证所有受热面得到可靠的冷却，所以在任何情况下，给水流量低于启动流量时应予报警。

(2) 直流锅炉由于没有锅筒，水的加热、蒸发、过热没有明显的分界线。从给水泵给水到过热蒸汽的形成过程是连续完成的，中间没有缓冲阶段。因此直流锅炉要求给水和燃料必须紧密匹配，以保持汽水行程中各处的湿度和温度一定。如果中间点的温度超过规定值，说明在之前给水或燃烧发生了问题，会导致受热面过热。所以锅炉进入纯直流状态运行后，中间点的温度超过规定值应予报警。

(3) 直流锅炉没有可以储存一定水容量的锅筒, 必须不间断地供水。当给水间断时间超过规定值时, 为了防止各受热面烧坏, 应有自动切断燃料供应的装置。

(4) 亚临界及以上直流锅炉上下炉膛水冷壁金属温度超过规定值装设报警装置, 是为了防止水冷壁爆管, 以免发生事故, 影响锅炉安全运行。

(5) 设置有启动循环的直流锅炉, 循环泵电动机内部装设水温超温保护装置, 是为了保证循环泵可靠运转, 以免影响锅炉供水。

6.6.4 循环流化床锅炉

循环流化床锅炉应当装设风量与燃料联锁保护装置, 当流化风量低于最小流化风量时, 能够切断燃料供给。

• 条款说明: 新增条款。

• 条款解释: 本条款是对循环流化床锅炉流化风量控制的保护措施。

目前我国已有大量循环流化床锅炉运行。循环流化床锅炉应当设置风量与燃料联锁保护装置。当流化风量低于最小流化风量时, 炉内灰煤混合物无法形成流化状态, 燃料难以燃烧, 故循环流化床锅炉运行规程中, 均明确规定, 此时应停止燃料的输入。所以本规程规定循环流化床锅炉流化风量低于最小流化风量时, 应切断燃料供给。

6.6.5 室燃锅炉

室燃锅炉应当装设具有以下功能的联锁装置:

- (1) 全部引风机跳闸时, 自动切断全部送风和燃料供应;
- (2) 全部送风机跳闸时, 自动切断全部燃料供应;
- (3) 直吹式制粉系统一次风机全部跳闸时, 自动切断全部燃料供应;
- (4) 燃油及其雾化工质的压力、燃气压力低于规定值时, 自动切断燃油或者燃气供应;
- (5) 热水锅炉压力降低到会发生汽化或者水温升高超过了规定值时, 自动切断燃料供应;
- (6) 热水锅炉循环水泵突然停止运转, 备用泵无法正常启动时, 自动切断燃料供应。

A 级高压及以上锅炉, 除符合前款 (1)~(4) 要求外, 还应当有炉膛高低压力联锁保护装置。

• 条款说明: 修改条款。

原条款: 《蒸规》第 166 条、《水规》第 119 条。

《蒸规》第 166 条 用煤粉、油或气体作燃料的锅炉, 应装有下列功能的联锁装置:

1. 全部引风机断电时, 自动切断全部送风和燃料供应;
2. 全部送风机断电时, 自动切断全部燃料供应;
3. 燃油、燃气压力低于规定值时, 自动切断燃油或燃气的供应。

《水规》第 119 条 用煤粉、油或气体作燃料的锅炉, 应装有下列功能的联锁装置:

- (1) 引风机断电时, 自动切断全部送风和燃料供应;
- (2) 全部送风机断电时, 自动切断全部燃料供应;
- (3) 燃油、燃气压力低于规定值时, 自动切断燃油或燃气的供应;
- (4) 锅炉压力降低到会发生汽化或水温升高超过了规定值时, 自动切断燃料供应;

(5) 循环水泵突然停止运转时, 自动切断燃料供应。

• **条款解释:** 本条款是对为了防止室燃炉炉膛爆炸、热水锅炉汽化而装设联锁保护装置和 A 级高压及以上锅炉装设炉膛高低压力联锁保护装置的规定。

(1) 本条第一款至第四款的规定是为了防止室燃炉炉膛爆炸。炉膛爆炸的三个条件是: 燃料以气态存在于炉膛中; 燃料与空气的混合比达到了爆炸极限; 炉膛温度达到了燃料燃烧的温度。只有室燃炉的燃料才可能以气态存在与炉膛中, 所以本条款的前提是对燃用煤粉、油或气体作燃料的锅炉, 才要求装设防止炉膛爆炸的联锁装置。发生炉膛爆炸的情况有两种, 一是点火启动时, 如果炉膛内的可燃气体未吹扫干净, 点火时就可能发生炉膛爆炸; 另一是锅炉在运行中突然熄火, 如未立即停止燃料供应也会发生炉膛爆炸。因此在全部引风机跳闸时, 全部送风机跳闸时, 直吹式制粉系统一次风机全部跳闸时, 燃油及其雾化工质的压力、燃气压力低于规定值时, 都会引起炉膛熄火, 从而导致炉膛发生爆炸事故, 所以必须装设切断燃料供应的联锁装置, 其中全部引风机跳闸时, 还应自动切断全部送风。

(2) 本条第五、六款还对热水锅炉防止汽化应装设的保护装置做了规定。

热水锅炉如果压力降低, 会发生汽化或水温升高超过了规定值, 循环水泵突然停止运转, 备用泵无法正常启动时, 如果燃料还在燃烧, 锅水就会汽化, 那是比较危险的, 所以必须自动切断燃料供应。

(3) 关于 A 级高压及以上锅炉, 应当有炉膛高低压力联锁保护装置。

A 级高压及以上锅炉炉膛爆炸可分为炉膛外爆和内爆两种。

炉膛外爆是当聚积在炉膛内的可燃混合物与空气以一定的比例充分混合, 此时遇到火源而导致快速或不可控的燃烧, 从而产生巨大的爆炸力, 致使炉膛损坏。发生炉膛外爆的原因大多与运行控制有关, 主要包括: 燃料或空气或点火源中断导致瞬间全炉膛失去火焰时, 立即或延时对炉内聚积物点火; 部分燃烧器失去火焰或不完全燃烧导致燃料和空气的混合物在炉内聚积时, 立即或延时对炉内聚积物点火; 没有充分吹扫而重复不成功的点火导致燃料与空气混合物的聚积, 立即或延时对炉内聚积物点火; 燃料因不确定泄漏入停运的炉膛, 用电火花或其他点火源对炉内聚积物点火等。

炉膛内爆是指因烟气侧压力大大低于炉膛环境压力而导致炉膛损坏的现象。炉膛内爆的原因主要包括: 调节锅炉气体流量的设备 (包括空气供给、烟气排除) 误动作导致炉膛承受过大的引风压头; 燃料输入快速减少, 炉内气体温度和压力急剧下降等。因此, 为了防止发生炉膛爆炸, A 级高压及以上锅炉炉膛应设置炉膛高低压力报警和联锁保护装置。

6.6.6 点火程序控制与熄火保护

室燃锅炉应当装设点火程序控制装置和熄火保护装置, 并且满足以下要求:

(1) 在点火程序控制中, 点火前的总通风量应当不小于 3 倍的从炉膛到烟囱进口烟道总容积; 锅壳锅炉、贯流锅炉和非发电用直流锅炉的通风时间至少持续 20s, 水管锅炉的通风时间至少持续 60s, 电站锅炉的通风时间一般应当持续 3min 以上;

(2) 单位时间通风量一般保持额定负荷下的总燃烧空气量, 电站锅炉一般保持额定负荷下的 25%~40% 的总燃烧空气量;

(3) 熄火保护装置动作时, 应当保证自动切断燃料供给, 对 A 级锅炉还应当对炉膛和烟道进行充分吹扫。

• **条款说明:** 修改条款。

原条款:《蒸规》第 167 条、《水规》第 120 条。

《蒸规》第 167 条 用煤粉、油或气体作燃料的锅炉，必须装设可靠的点火程序控制和熄火保护装置。

在点火程序控制中，点火前的总通风量应不小于 3 倍的从炉膛到烟囱入口烟道总容积，且通风时间对于锅壳锅炉至少应持续 20 秒钟；对于水管锅炉至少应持续 60 秒钟；对于发电用锅炉一般应持续 3 分钟以上。

单位通风量一般应保持额定负荷下总燃烧空气量，对于发电用锅炉一般应保持额定负荷下的 25%~30% 的总燃烧空气量。

《水规》第 120 条 用煤粉、油或气体作燃料的锅炉，应装设熄火保护装置，并尽量装设点火程序控制装置。

• **条款解释：**本条款是对室燃炉装设点火程序控制和熄火保护装置的要求。

用煤粉、油或气体作燃料的室燃锅炉，易发生炉膛爆炸事故，一般发生在锅炉点火和熄火时。在点火前如果没有充分吹扫炉膛内存积的可燃物可能发生爆燃；锅炉运行中突然熄火，而未立即停止燃料供应，进入炉膛的燃料达到一定份额，就会发生炉膛爆炸事故，为防止发生炉膛爆炸事故，必须设置点火程序控制和熄火保护装置。

2004 年 9 月 23 日，河北邯鄲某公司一台 75t 燃焦炉煤气锅炉，发生严重炉膛爆炸事故，造成锅炉设备整体损坏，死亡 13 人，8 人受伤，经济损失惨重。该事故主要原因就是锅炉安装调试中点火程序控制没有投入使用，多次点火失败后造成从炉膛到烟道聚集大量煤气，在最后一次点火尝试时发生重大炉膛爆炸事故。

点火程序控制中预吹扫对于防止在点火时发生炉膛爆炸是非常重要的。通风总量足够才能保证预吹扫效果。点火前的总通风量不小于炉膛烟囱入口处烟道总容积的 3 倍，这是参考了 TRD 规范制定的。但通风总量不好考量的，因而一般都是以单位通风量和通风时间来保证总通风量。对于锅壳锅炉、水管锅炉的通风时间是参照国外一些规范做出了规定。对于电站锅炉的通风时间是参照 DL/T4395《火电厂煤粉锅炉燃烧室防爆规程》的规定，并结合地方电站锅炉的情况，做出吹扫 3 分钟的规定。

单位通风量（即通风强度），其意为单位时间的通风量。原则上预吹扫在锅炉满负荷时进行效果最佳。对于工业锅炉应保持额定负荷下总燃烧空气量，就是按照上述原则做出的规定，而对于电站锅炉考虑到实际操作困难，规定为保持额定负荷下的 25%~30% 的总燃烧空气量，这是参照 DL/T435《火电厂煤粉锅炉燃烧防爆规程》做出的规定。额定负荷下的燃料燃烧空气量等于燃料燃烧所需理论空气量乘以过剩空气系数。

熄火保护装置的功能包括检测燃烧器或炉膛火焰、防止炉膛内爆或外爆、进行炉膛吹扫并具有相应声、光等报警显示功能。一旦熄火保护装置动作，应当自动切断燃料供给。对 A 级锅炉，考虑到炉膛容量较大且燃料切断时间相对较长，因而还应当对炉膛和烟道进行充分后吹扫，以防止发生炉膛爆炸事故。

6.6.7 油、气体和煤粉锅炉燃烧器安全时间与启动热功率

6.6.7.1 燃烧器点火、熄火安全时间（注 6-3）

用油、气体和煤粉作燃料的锅炉，其燃烧器必须保证点火、熄火安全时间符合表 6-5、表 6-6 和表 6-7 要求。

注 6-3：燃烧器启动时，从燃料进入炉膛点火失败到燃料快速切断装置开始动作的时间称为点火安全时间；燃烧器运行时，从火焰熄灭到快速切断装置开始动作的时间称为熄火安全时间。

表 6-5 燃油燃烧器安全时间要求

额定燃油量(kg/h)	点火安全时间(s)	熄火安全时间(s)
≤ 30	≤ 10	≤ 1 (注 6-4)
> 30	≤ 5	≤ 1 (注 6-4)

注 6-4: 如果燃油在 50℃时的运动黏度大于 20mm²/s, 此值可以增至 3s。

表 6-6 燃气燃烧器安全时间要求

点火安全时间(s)	熄火安全时间(s)
≤ 5	≤ 1

表 6-7 燃煤粉燃烧器安全时间要求

点火安全时间(s)	熄火安全时间(s)
—	≤ 5

• 条款说明: 新增条款。

• 条款解释: 本条款是对锅炉燃烧器安全时间的规定。

炉膛在无火焰情况下, 投入能量达到一定的极限值, 就会发生炉膛爆燃事故。对于既定的锅炉, 配备的燃烧器热功率是一定的, 安全时间实际上就体现了投入能量的多少, 因而安全时间是燃油、燃气燃烧器一个非常重要的安全技术指标。按照点火和运行中的意外, 可分为点火安全时间和熄火安全时间。点火安全时间是指无点火火焰形成时, 到点火燃料控制阀开始动作的最长时间。熄火安全时间是指燃烧器运行过程中火焰熄灭时, 从火焰熄灭起至主燃料控制阀开始关闭的时间间隔。各个国家有关燃烧器法规标准中均对其作了明确要求。本条直接引用 TSG ZB001《燃油(气)燃烧器安全技术规则》条款, 且参照欧洲标准 EN267《强制鼓风燃油燃烧器——定义, 要求, 测试, 标志》, EN676《全自动强制鼓风燃气燃烧器》制定。

6.6.7.2 燃烧器启动热功率

用油或者气体作燃料的锅炉, 应当严格限制燃烧器点火时的启动热功率。

6.6.7.2.1 燃油锅炉燃烧器的启动热功率

(1) 单台额定燃油量 B_e 小于或者等于 100kg/h 的燃油燃烧器可以在额定输出热功率下直接点火;

(2) 单台额定燃油量 B_e 大于 100kg/h 的燃油燃烧器, 不可以在额定输出热功率下直接点火, 其最大允许启动流量 B_{smax} 见表 6-8。

表 6-8 燃油燃烧器最大允许启动流量要求

单台额定燃油量 B_e (kg/h)	主燃烧器在低燃油量下 直接点火的最大允许启动流量 B_{smax} (kg/h)	点火燃烧器在低燃油量下 点火的最大允许启动流量 B_{smax} (kg/h)
$100 < B_e \leq 500$	$B_{smax} \leq 100$ 或者 $B_{smax} \leq 70\% B_e$	$B_{smax} \leq 100$
$B_e > 500$	$B_{smax} \leq 35\% B_e$	$B_{smax} \leq 50\% B_e$

6.6.7.2.2 燃气锅炉燃烧器的启动热功率

(1) 单台额定输出热功率小于或者等于 120kW 的燃气燃烧器, 可以在额定输出热功率下直接点火;

(2) 单台额定输出热功率大于 120kW 的燃气燃烧器, 启动热功率应当不大于 120kW 或者不大于额定输出热功率的 20%。

• 条款说明：新增条款。

• 条款解释：本条款是对锅炉燃烧器启动热功率的规定。

限制燃烧器启动热功率，亦即点火功率，是为了避免安全点火时间内释放到炉膛的燃料量过多，从而可能导致炉膛爆燃，同时，点火功率过大会造成锅炉承压部件在启动时产生较大的温差应力。对额定输出热功率大于或者等于 120kW 的燃气燃烧器，其安全时间 t_s 与最大允许启动热功率占额定输出热功率比例 Q ，国际上普遍采用 $t_s \times Q = 100$ 的关系式。本条直接引用 TSG ZB001《燃油（气）燃烧器安全技术规则》条款，且参照欧洲标准 EN267《强制鼓风燃油燃烧器——定义、要求、测试、标志》，EN676《全自动强制鼓风燃气燃烧器》的规定而制定。

6.6.8 其他安全要求

(1) 由于事故引起主燃料系统跳闸，灭火后未能及时进行炉膛吹扫的应当尽快实施补充吹扫。不应当向已经熄火停炉的锅炉炉膛内供应燃料；

• 条款说明：新增条款。

• 条款解释：本条款是对电站锅炉由于事故引起主燃料系统跳闸应采取措施的规定。

电站锅炉运行中，由于事故原因使主燃料系统跳闸，造成锅炉熄火，此时未经充分燃烧的燃料大量聚集在炉膛和锅炉尾部受热面和烟道空间内。在故障排除后应及时对炉膛进行充分吹扫，防止发生尾部再燃烧和重新点火过程中发生炉膛爆炸事故。不论由于任何原因（如给粉系统关闭不严等）造成电站锅炉熄火后，都不能向已经熄火的锅炉炉膛内供应燃料，以防止因电火花或者其他点火源造成自燃甚至炉膛爆炸事故。

(2) 锅炉运行中联锁保护装置不得随意退出运行，联锁保护装置的备用电源或者气源应当可靠，不得随意退出备用，并且定期进行备用电源或者气源自投试验；

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 170 条。

《蒸规》第 170 条 锅炉运行时保护装置与联锁装置不得任意退出停用。联锁保护装置的电源应可靠。

• 条款解释：本条款是对锅炉联锁装置可靠性的要求。

锅炉运行中联锁保护装置不得随意退出，以免影响锅炉的安全运行。电站锅炉配置多重联锁保护装置，以确保锅炉长期安全运行。鉴于联锁保护装置的重要性，故对其电源和气源均设置备用供电或供气系统应当可靠，并要求对备用系统定期试投，备用系统不得随意退出备用状态。

(3) 电加热锅炉的电器元件应当有可靠的电气绝缘性能和足够的电气耐压强度。

• 条款说明：新增条款。

• 条款解释：本条款是对电加热锅炉的电器元件可靠性的规定。

电加热锅炉的电气元件应当有可靠的电气绝缘性能，以保证用电安全。另外还应有足够的电气耐压强度，保证使用安全和使用寿命。

6.7 电加热锅炉的其他要求

按照压力容器相应标准设计制造的电加热锅炉的安全附件应当符合本规程的设置规定及其要求。

• 条款说明：新增条款。

• 条款解释：本条款是对按照压力容器相应标准设计制造的电加热锅炉安全附件的要求。

本规程适用于电加热锅炉（GB/T 2900.48《电工名词术语 固定式锅炉》——电加热锅炉 electric boiler：利用电能加热给水以获得规定参数的蒸汽或热水的设备）。电加热锅炉品种很多，其分类一般按电热元件的形式来划分，有电阻式、电极式、电膜式和电磁加热等。电加热锅炉是锅炉的一种类型，用电加热的锅炉与其他能源加热的锅炉在整体结构上无大的区别，主要区别在于能源形式不同。但在我国很长一段时间却作为压力容器进行管理。1982年原劳动人事部锅炉局与机械部石化通用总局以（82）通技字 159 号函答复广东省劳动局、机械厅时明确规定，“电蒸汽发生器，是符合《压力容器安全监察规程》第 3 条的容器，且根据第 4 条划分原则，属于二类容器。”由于将电加热锅炉划为压力容器范畴，给工作带来诸多不便。1992 年原劳动部锅炉局，以 [1992] 劳锅局字第 35 号文重新将电加热锅炉划回锅炉范畴，明确规定电加热锅炉的设计、制造、安装及使用管理等工作均按照锅炉的有关规定执行。在 96 版《规程》修改前，也曾做过专题调研，总体讲，除连接结构可以采用法兰连接外（主要是电加热管与筒体的连接），没有其他特殊之处，锅炉的相应技术规定完全适用。

考虑到历史管理的连续性，现在具有相应资格的锅炉容器厂都可以生产电加热锅炉。锅炉本体可以按照锅炉或压力容器相应标准设计制造，但它毕竟是锅炉产品，运行安全要求与压力容器不同，所以锅炉配置的安全附件以及后面的运行管理应当符合本规程的要求。

第七章 燃烧设备、辅助设备及系统

一、本章结构及主要变化

本章共有6节，由“7.1 基本要求”、“7.2 燃烧设备及系统”、“7.3 制粉系统”、“7.4 汽水系统”、“7.5 锅炉水处理系统”、“7.6 管道阀门和烟风挡板”组成，本章主要变化为：

- 增加了燃烧设备及燃烧系统的要求；
- 增加了煤粉锅炉制粉系统的要求；
- 增加了锅炉水处理设备及系统的内容和要求。

二、条款说明与解释

7.1 基本要求

锅炉的燃烧设备、辅助设备及系统的配置应当和锅炉的型号规格相匹配，满足锅炉安全、经济运行的要求，并且具有良好的环保特性。

• 条款说明：新增条款。

• 条款解释：本条款是对锅炉的燃烧设备、辅助设备及系统配置提出的总体要求。内容包括：燃烧设备及系统、制粉系统、汽水系统、锅炉水处理系统、管道阀门和烟风挡板等设备及系统。其配置的原则是：首先强调了与锅炉型号规格相匹配，在满足锅炉性能的前提下，应保证运行安全、节约能源 [即：节约燃料（包括点火稳燃用）、降低系统自身电耗]。其烟尘、二氧化硫、氮氧化物等污染物排放应符合国家环保有关规定。《中华人民共和国节约能源法》所称节约能源，是指加强用能管理，采取技术上可行、经济上合理以及环境和社会可以承受的措施，从能源生产到消费的各个环节，降低消耗、减少损失和污染物排放、制止浪费，有效、合理地利用能源。该法同时指出“节约资源是我国的基本国策。国家实施节约与开发并举、把节约放在首位的能源发展战略”。

7.2 燃烧设备及系统

(1) 锅炉的燃烧系统应当根据锅炉设计燃料选择适当的锅炉燃烧方式、炉膛型式、燃烧设备和燃料制备系统；

• 条款说明：新增条款。

解释解释：本条款是对锅炉燃烧系统应当根据锅炉设计燃料进行配置的规定。锅炉燃烧系统包括：燃烧方式、炉膛型式、燃烧设备和燃料制备系统。不同的燃料有不同的燃烧特性。锅炉燃烧系统不与燃料相匹配，将导致燃料燃烧困难、不易燃尽、能耗增加、污染排放、恶化生态环境、锅炉设备损坏甚至酿成灾害事故和爆炸事故。

(2) 燃油（气）锅炉燃烧器应当符合《燃油（气）燃烧器安全技术规则》（TSG ZB001）的要求，按照《燃油（气）燃烧器型式试验规则》（TSG ZB002）的要求进行型式试验，取得型式试验合格证书，方可投入使用；

• 条款说明：新增条款。

• **条款解释：**本条款主要是对燃烧器安全技术及其型式试验的要求；燃油（气）锅炉燃烧器是否能够正常运行，不但关系到安全，同时也涉及环保和节能。为了保障燃烧器的安全运行，考虑到环保和节能的要求，2008年国家质检总局颁布实施的特种设备安全技术法规TSG ZB001-2008《燃油（气）燃烧器安全技术规则》，针对燃油燃气燃烧器的结构与安装、安装与系统、运行与维护、安全与控制装置、技术资料与铭牌要求等做出了规定。其中，对重要的点火装置和火焰监测装置做出如下规定：

第十三条 燃烧器应当设有点火装置，并且能够保证点火燃烧器或主燃烧器的安全点火。

第十四条 燃烧器应当设有火焰监测装置，并且符合以下要求：

- ① 能够验证火焰是否点燃；
- ② 火焰监测装置的安装位置，能够使其不受外部信号的干扰；
- ③ 在点火火焰和主火焰分别设有独立的火焰监测装置的场合，点火火焰不能影响主火焰的检测。

根据TSG ZB001-2008《燃油（气）燃烧器安全技术规则》第五、六条的规定，燃烧器在设计定型后，应当经国家质检总局核准具有燃烧器型式试验项目的检验检测机构（以下简称燃烧器检测机构）进行型式试验，取得型式试验合格证书，方能投入使用，并且每4年进行一次抽查。型式试验按照《燃油（气）燃烧器型式试验规则》（TSG ZB002-2008）进行。《燃油（气）燃烧器型式试验规则》（TSG ZB002-2008）针对燃油（气）燃烧器的安全技术性能和主要技术参数的试验项目和方法等做出规定，同时对试验报告做出统一要求。

(3) 燃油（气）燃烧器燃料供应母管上主控制阀前，应当在安全并且便于操作的地方设有手动快速切断阀；

• **条款说明：**新增条款。

• **条款解释：**本条是燃油（气）燃烧器与上游之间应有手动快速切断阀的规定。需要时，可以用手动的方法切断燃油（气），切断阀的设置地点应便于操作并能防止误触、误碰、误操作。

(4) 具备燃气系统的锅炉，其炉前燃气系统在燃气供气主管路上，应设置具有连锁功能的放散阀组；

• **条款说明：**新增条款。

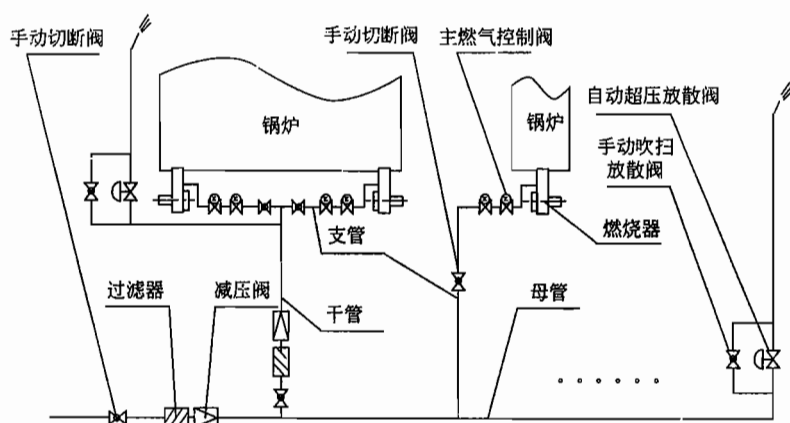
• **条款解释：**为了保证安全用气，本条款是对具备燃气系统的锅炉，在燃气供气主管路上，应当装置具有连锁功能的放散阀组做出的规定。

燃气系统：由气源、输配系统（包括：承压燃气管道系统和调压系统等）和用户三部分组成。三部分组成中缺一者，不认为具备燃气系统。

供气主管路：如释图7-1所示，锅炉房主管路为入室母管和干管，支管为单一终端设备管路。

燃气系统管路上设置放散阀，依据中华人民共和国城镇建设行业标准CJ/T335《城镇燃气切断阀和放散阀》，放散阀是一种当某种暂时原因使控制点的压力超过设定值时，即排放一定量的气体的阀。燃气安全放散阀用于监视整体设备各级调压器的出口压力，当超压时可自动开启，释放超压燃气，达到保护下游设备的作用，保证用户的安全用气。放散阀主要实现三个作用：（1）超压泄放（超压放散）；（2）管路吹扫置换泄放（吹扫放散）；（3）管路内泄漏泄放（泄漏放散）。泄放出的气体均通过泄放管排到安全区域。

1. 对于超压放散



释图 7-1

(1) 在燃气主管道上, 按照城市燃气设计规范及锅炉房设计规范都要设置放散, 但这种放散是安全作用的放散。在燃气主管道上, 燃气调压站出口管路上必须设置自动安全放散阀。因为燃烧器配套的安全切断阀及二级调压阀一般均为低压阀, 需要保护, 如果超压导致安全阀及二级调压阀失灵, 则有极大的安全隐患。另外在运行中, 如果燃气调压站超压, 就会导致燃烧器的运行不稳定, 甚至出现不安全事故。因此, 自动放散阀对管路和设备具有高压自动保护的功能。当压力高于设定值时, 放散阀自动开启, 气体泄放到放散管排出泄压。当压力低于设定值时, 放散阀关闭。

(2) 在进燃烧器前的各分支管路上, 由于 TSG ZB001-2008《燃油(气)燃烧器安全技术规则》第十八条已规定燃烧器主燃气控制阀系统上游至少设置一只压力控制装置, 且该压力控制装置连锁主燃气控制阀。该要求实现了对设备(燃烧器)的超压保护(支管管路超压由主管超压泄放保护系统进行保护), 因此没有必要在支管路上再增加一层起安全作用的具有连锁功能的放散保护。

2. 对于吹扫放散和泄漏放散

吹扫放散目的是在检修或点火前, 将管道内的空气/燃气混合物吹扫干净。

一般在管道的盲端设置放散管, 在放散管根部设置手动切断阀, 用于在吹扫过程中, 实现放散管的关闭和打开。但对于吹扫放散, 目前只在技术手册上有这种做法, 尚未见各种规范和标准的强制要求, 实际情况也表明, 一些中小功率燃烧器的燃气管道上也未设置吹扫放散, 因此此处也不做要求。

泄漏放散是为了预防管道内泄漏, 保护下游设备而采取的措施。一般在被保护设备安全切断阀上游管段设置自动放散阀, 自动放散阀与安全切断阀形成互锁方式使用。由于 TSG ZB001-2008《燃油(气)燃烧器安全技术规则》已规定额定输出热功率大于 1200kW 的燃烧器, 主燃气控制阀系统设置阀门检漏装置, 因此此处不再对阀门泄漏做强制泄漏放散要求。但如果燃气控制阀系统带有泄漏放散的, 其放散管有要求, 即 TSG ZB001-2008《燃油(气)燃烧器安全技术规则》第二十八条“带放散装置的燃气控制阀系统, 放散管的直径应当不小于上游主燃气控制阀有效孔径的 25%。”以及第四十一条“燃气控制阀系统带放散阀的, 其排空管出口必须直接通向室外, 且高于建筑物 2m。”

在投产、停炉、检修时要对管道进行试压、吹扫、气体置换等作业。进行此类作业, 是对自动放散阀上游法兰进行盲板封堵后, 通过旁通手动阀开启进行作业气体的放散。此时为防止管路终端设备损坏, 均在支管路手动切断阀上游法兰处进行盲板封堵。支管手动切断阀

下游不参与主管路的试压、吹扫和气体置换。

综上所述：只对锅炉房燃气管要求设置具有联锁功能放散阀组。支管路如果具备调压功能，从安全可靠出发，建议也应配置具有联锁功能的放散阀组。本条款也适用于具有燃气系统的使用燃气点火的锅炉。

(5) 燃用高炉煤气、焦炉煤气等气体燃料的锅炉，燃气系统要装设一氧化碳等气体在线监测装置，燃气系统的设计应符合相应的国家和行业安全的有关规定；

• 条款说明：新增条款。

• 条款解释：针对燃用高炉煤气、焦炉煤气等气体燃料的锅炉的燃气系统，本条款明确规定对其要安装一氧化碳等气体在线监测装置和燃气系统的设计应符合安全的规定。一氧化碳等有害可燃气体的泄漏不仅会造成火灾隐患，还会发生人身伤亡事故。国内钢铁企业的锅炉经常燃用高炉煤气，由于高炉煤气中含有大量的一氧化碳，管路的泄漏会引起人员的中毒死亡。在炉前支管路系统、炉前总管路系统及危险点处安装一氧化碳在线监测装置是必要的。

(6) 煤粉锅炉应当采用性能可靠、节能高效的点火装置，点火装置应当具有与煤种相适应的点火能量；

• 条款说明：新增条款。

• 条款解释：本条款是对煤粉锅炉点火装置的要求。由于我国石油资源相对贫乏和国际石油价格上涨，节约燃煤锅炉点火、稳燃用油对降低运行成本十分重要。近年来等离子点火装置、微油点火装置等节油燃烧技术已很成熟，并广泛应用于大型火电机组锅炉，取得了良好的节能效果。该项技术的应用，符合国家的能源政策。在使用过程中要注意锅炉与点火设备的配合，防止燃烧器的结焦、烧损、控制好锅炉的升负荷速率、加强锅炉尾部受热面的吹灰、注意再热器的保护等。对于不采用上述节油点火装置的锅炉，也应使点火装置具有适当的调节功能。煤粉锅炉的点火设备应具有足够的容量，防止由于点火输入能量小，不足以维持正常着火的情况下继续投入燃料，引起爆燃。

(7) 循环流化床锅炉的炉前进料口处应当有严格密封措施，循环流化床锅炉启动时宜选用适当的床料，防止炉床结焦。

• 条款说明：新增条款。

• 条款解释：本条款是对循环流化床锅炉的炉前进料口处密封措施和启动床料的规定。由于循环流化床锅炉给煤入炉点通常位于炉膛床压较高的部位，为防止烟气反窜烧毁给煤机，需在每段给煤机的入口处引入风压高于给煤点床压的二次风（或一次风），对给煤系统加以密封。

当循环流化床锅炉用床砂启动时，若 Na_2O 和 K_2O 过多（国外提供的数据用床砂启动时，床砂中 Na_2O 含量应小于 2%， K_2O 含量应小于 3%。用原床料启动时碳含量应小于 2%），因其熔点较低，易造成床料结块，甚至结焦。当用原床料启动时，碳含量大也易造成床面结焦。

循环流化床（CFB）锅炉具有高脱硫效率、低 NO_x 排放、高碳燃尽率、燃料停留时间长、强烈的颗粒返混、均匀的床温、燃料适应性广等优点，被公认为是一种具有发展前景的洁净煤燃烧技术。随着 CFB 锅炉燃烧技术的不断发展，CFB 锅炉容量也在快速增

大,大型化高参数已成为 CFB 锅炉发展的主要方向。目前国外已完成 600MW 级及 800MW 级的超临界大型 CFB 锅炉设计,300MW CFB 锅炉已进入商业化阶段。循环流化床锅炉一般由循环流化床燃烧室、高(中)温分离器、固体物料循环系统、给料系统、尾部受热面等组成。

7.3 制粉系统

(1) 煤粉管道中风粉混合物的实际流速,在锅炉任何负荷下均不低于煤粉在管道中沉积的最小流速;

• 条款说明:新增条款。

• 条款解释:本条款是对煤粉管道中风粉混合物流速的限定。为了避免在煤粉管道中,发生煤粉沉积而引起煤粉爆燃,按照电力行业的规定,原则上,直吹式制粉系统从磨煤机分离器出口至煤粉燃烧器的管道中,风粉混合物流速应不低于 18m/s。煤粉管道中风粉混合物的流速可通过冷态调整来确认。

(2) 制粉系统同一台磨煤机出口各煤粉管道间应当具有良好的风粉分配特性,各燃烧器(或者送粉管)之间的偏差宜过大;

• 条款说明:新增条款。

• 条款解释:本条款是对煤粉管道间应当具有良好的风粉分配特性的原则要求。良好的风粉分配特性是锅炉高效、清洁燃烧的必要条件,也是锅炉安全运行的保证。良好的风粉分配特性可以使锅炉沿宽度方向温度场分布均匀,避免产生热力偏差。

根据电力行业的要求,各燃烧器(或者送粉管)之间的偏差宜不大于下列要求:

① 风量偏差不大于 5%。

② 直吹式制粉系统的粉量偏差不大于 10%,贮仓式制粉系统的粉量偏差不大于 5%。

(3) 煤粉锅炉制粉系统应当执行 DL/T 5203《火力发电厂煤和制粉系统防爆设计技术规程》等相应规程、标准中防止制粉系统爆炸的有关规定。

• 条款说明:新增条款。

• 条款解释:本条款是防止制粉系统爆炸的规定。我国电力行业长期以来在防止制粉系统爆炸方面做了许多工作,在 DL/T435-2004《电站煤粉锅炉炉膛防爆规程》和 DL/T5203-2005《火力发电厂煤和制粉系统防爆设计技术规程》中对防爆要求作了详细规定,应严格执行。

7.4 汽水系统

(1) 锅炉的给水系统应当保证对锅炉可靠供水,给水系统的布置、给水设备的容量和台数按照设计规范确定;

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第 181 条。

《蒸规》第 181 条 锅炉的给水系统,应保证安全可靠地供水。

锅炉房应有备用给水设备。给水系统的布置和备用给水设备的台数和容量,由锅炉房设计单位按设计规范确定。

• 条款解释：本条款是对锅炉给水系统的安全要求。本条款是对《蒸规》第181条的修改，删除了“锅炉房应有备用给水设备”规定，将“给水系统的布置和备用给水设备的台数和容量，由锅炉房设计单位按设计规范确定。”改为“给水系统的布置、给水设备的容量和台数按照设计规范确定”。

锅炉的给水系统，应保证可靠地向锅炉供水。给水系统包括水源（软水箱）、给水泵（包括备用给水泵）、给水管和有关阀门。给水系统必须处于正常状态，才能保证锅炉运行时连续不断向锅炉供水。

锅炉给水泵的数量和容量的规定。给水泵的总流量应能满足所有运行锅炉在额定蒸发量时所需给水量量的110%。给水量应包括锅炉蒸发量和排污量。是否需要备用给水泵以及其数量和形式，可按照锅炉房设计规范确定。

(2) 额定蒸发量大于4t/h的蒸汽锅炉应当装设自动给水调节装置，并且在锅炉操作人员便于操作的地点装设手动控制给水的装置；

• 条款说明：保留条款。

原条款：《蒸规》第177条（略）。

• 条款解释：本条款是对锅炉应当装设自动给水调节装置的规定。保留《蒸规》第177条规定，将“司炉工人”修改为“锅炉操作人员”。锅炉运行中要不断向锅炉内进水。由于锅炉负荷的变化，向锅炉内的进水量不是均衡的。锅筒内水位变化、蒸汽流量等信号驱使自动给水调节器动作，加大或减小向锅炉内进水。给水调节系统分为单冲量、双冲量和三冲量三种形式。单冲量调节器仅是根据水位一个信号而改变调节阀的开度；双冲量调节器是根据水位信号和蒸汽流量信号改变调节阀的开度，双冲量调节器的调节效果和准确性要优于单冲量调节器；三冲量调节器是根据水位信号、蒸汽流量信号和给水流量信号改变调节阀的开度。锅炉进水管的调节，除自动给水调节器外，还应在便于操作的地点装设手动控制的给水装置，一旦自动给水调节器发生故障，能够及时对锅炉进水。

对于根据额定蒸发量的大小来要求装自动给水调节器，自1987年版规程规定额定蒸发量大于4t/h的锅炉应装自动给水调节器以来，证明是可行的，有利于锅炉保持正常水位，防止发生缺水造成事故。

(3) 工作压力不同的锅炉应当分别有独立的蒸汽管道和给水管；如果采用同一根蒸汽母管时，较高压力的蒸汽管道上应当有自动减压装置，较低压力的蒸汽管道应当有防止超压的止回阀；给水压力差不超过其中最高工作压力的20%时，可以由总给水系统向锅炉给水；

• 条款说明：保留条款。

原条款：《蒸规》第180条（略）。

• 条款解释：本条款是对工作压力不同的锅炉配置相同蒸汽管和给水管的安全要求。工作压力不同的锅炉，应有各自独立的蒸汽管道和给水管，以便锅炉运行相互不干扰。若采用蒸汽母管，在压力较高的蒸汽管道上应装有自动减压装置，以防止蒸汽母管超压，也避免影响压力较低的锅炉的正常运行。在工作压力较低的蒸汽管道侧应装防止超压装置，使母管中压力较高的蒸汽不能进入低压侧。

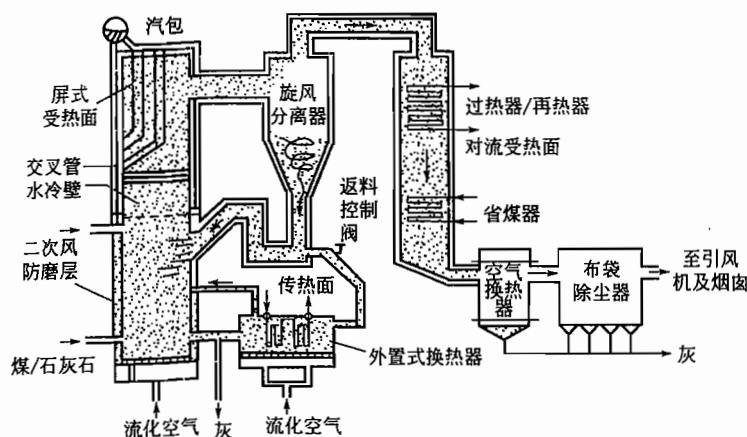
对于采用给水总管时，压力差的要求不是太严格，不同压力的压力差只要不超过最高压力的20%，就可以直接由总给水管向锅炉给水。



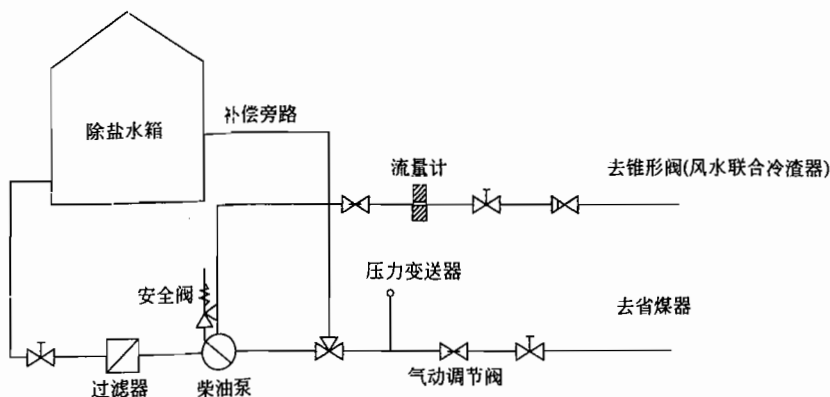
(4) 设置外置换热器的循环流化床锅炉应当配置紧急补水系统；

• 条款说明：新增条款。

• 条款解释：本条款是对带有外置换热器的循环流化床锅炉（见释图 7-2）应设置紧急补水系统的规定。循环流化床锅炉炉内及热回路内有大量的热物料，其蓄热量很大。当电厂失电时给水泵停运，锅炉给水中断，此时这些高温物料将放出蓄热传递给水冷壁、过热器、再热器等受热面。水冷壁中的存水继续蒸发，锅筒水位下降。对于有外置换热器的循环流化床锅炉，由于外置换热器中的过热器和再热器被物料淹没，其传热量很大，因此更为危险。为保证有足够的蒸汽冷却和维持正常的锅筒水位，对带有外置换热器的循环流化床锅炉应设置紧急补水系统。用柴油泵补水。见释图 7-3。



释图 7-2 带有外置式换热器的循环流化床锅炉示意图



释图 7-3 紧急补水系统

(5) 给水泵出口应当设置止回阀和切断阀，给水止回阀应当装设在给水泵和给水切断阀之间，并与给水切断阀紧接相连。单元机组省煤器进口可不装切断阀和止回阀，母管制给水系统，每台锅炉省煤器进口都应装设切断阀和止回阀。铸铁省煤器的出口也应当装设切断阀和止回阀；

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 175、176 条。

《蒸规》第 175 条 不可分式省煤器入口的给水管上应装设给水切断阀和给水止回阀。对于单元式机组，锅炉的给水管上可不装给水止回阀。可分式省煤器的入口处和通向锅筒（锅壳）的给水管上都应分别装设给水切断阀和给水止回阀。

《蒸规》第 176 条 给水切断阀应装在锅筒（锅壳）（或省煤器入口集箱）和给水止回阀之间，并与给水止回阀紧接相连。

• 条款解释：本条款是对锅炉给水管上装设给水切断阀和给水止回阀及其相互位置的规定。本条款对《蒸规》第 176 条、第 175 条规定进行合并修改，新规程规定“单元机组省煤器入口可不装切断阀和止回阀”，是因为单元式机组锅炉的给水泵的出口处均装有止回阀和切断阀。

“给水切断阀应装在锅筒（锅壳）（或省煤器入口集箱）和给水止回阀之间，”的思路，是 1960 年版规程以来的保留条款，其安装位置是按水的流动方向，切断阀在止回阀之后。

给水管上装切断阀和止回阀，一方面可以切断或调节（切断阀有调节流量的作用）进入省煤器的给水，同时一旦给水泵发生故障可防止省煤器中的水倒流。

（6）主汽阀应装在靠近锅筒（锅壳）或者过热器集箱的出口处；单元机组锅炉的主汽阀可以装设在汽机进口处；立式锅壳锅炉的主汽阀可以装在锅炉房内便于操作的地方；多台锅炉并联运行时，锅炉与蒸汽母管连接的每根蒸汽管上，应当装设两个切断阀，切断阀门之间应当装有通向大气的疏水管和阀门，其内径不得小于 18mm，锅炉出口与第一个切断阀（主汽阀）间应当装设放汽管及相应的阀门；

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 173 条。

《蒸规》第 173 条 主汽阀应装在靠近锅筒（锅壳）或过热器集箱的出口处。单元机组的锅炉，主汽阀可以装设在汽机入口处。立式锅壳锅炉的主汽阀可以装在锅炉房内便于操作的地方。锅炉与蒸汽母管连接的每根蒸汽管上，应装设两个切断阀门，切断阀门之间应装有通向大气的疏水管和阀门，其内径不得小于 18mm。

• 条款解释：本条款是对主汽阀设置的规定以及对锅炉与蒸汽母管连接时的安全要求。本条款是对《蒸规》第 173 条规定修改。增加了“锅炉出口与第一个切断阀（主汽阀）间应当装设放汽管及相应的阀门”。

主汽阀的位置主要是考虑操作方便，一般情况下是装在靠近锅筒或过热器集箱出口处。

锅炉与蒸汽母管连接的每根蒸汽管上应装两个切断阀，这是对多台锅炉并联于同一根蒸汽母管的要求，保证严密切断锅炉与蒸汽母管的通路，同时又能防止运行锅炉对停用锅炉的影响。切断阀包括截止阀和闸阀。截止阀不仅有切断蒸汽通路的作用，还有调节蒸汽流量的作用。闸阀只有切断通路的作用，而无调节流量的作用。

两个切断阀之间应有通向大气的疏水管和阀门。锅炉启动前打开疏水管上的阀门，放出两个阀门间的冷凝水，防止锅炉启动后发生水击现象。锅炉启动后，应将疏水管上的阀门关闭。

主汽阀前应当设置放汽管及相应的阀门是新增内容。多台锅炉并联运行时，在每台锅炉的主汽阀前应当设置放汽管及相应的截止阀。对母管制的电厂或用户，当一台锅炉停炉检修时，在关闭锅炉主汽门后应先开启放汽管的手动截止阀，确认未发现蒸汽流出后，方可启动检修程序，以防蒸汽泄漏伤人。

(7) A级高压及以上电站锅炉,未设置有可回收蒸汽的旁路系统时,应当装设远程控制向空排汽阀(或者动力驱动泄放阀);

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第174条。

《蒸规》第174条 额定蒸发量大于或等于220t/h的锅炉应装设遥控的向空排汽阀。

• 条款解释:本条款是对装设远程控制排汽阀或者动力驱动泄放阀的规定。本条款对《蒸规》第174条进行了修改,将“额定蒸发量大于或等于220t/h的锅炉”改为“A级高压及以上锅炉未设置有可回收蒸汽的旁路系统时”,将“应装设遥控的向空排汽阀”改为“应当装设远程控制向空排汽阀或者动力驱动泄放阀”。

对于A级高压及以上锅炉(额定蒸发量大于或等于220t/h的锅炉),基本上都是用于发电(配50MW或及其以上发电机组)。当由于某种原因汽轮机甩负荷时,如锅炉没有设置可回收蒸汽的旁路系统,锅炉不可能与汽轮机同步停炉,为了防止锅炉超压,必须及时采取向空排汽措施。由于锅炉锅筒(或过热器出口集箱)的位置较高,锅炉操作人员从操作室到锅筒上直接排汽时间来不及。因此要求在锅炉操作室内装设向空排汽阀或者动力驱动泄放阀的远程控制装置,以便在紧急情况时将锅炉内的蒸汽排出,防止锅炉超压。排汽阀的排放能力应不小于额定蒸发量的10%。

(8) 在锅筒(锅壳)、过热器、再热器和省煤器等可能聚集空气的地方都应当装设排气阀。

• 条款说明:保留条款。

原条款:《蒸规》第179条(略)。

• 条款解释:本条款是对有聚集空气处应装设排气阀的规定。本条款是对《蒸规》第179条规定的保留。在锅炉一些易于聚集空气的位置应设置排气阀,以便锅炉启动前顺利上水。

7.5 锅炉水处理系统

(1) 锅炉水处理系统应当根据锅炉类型、参数、水汽质量要求进行设计,满足锅炉供水和水质调节的需要,工业锅炉水处理设计应符合GB/T 50109《工业用水软化除盐设计规范》,电站锅炉水处理设计应符合DL/T 5068《火力发电厂化学设计技术规程》相关规定;

• 条款说明:新增条款。

• 条款解释:本条款是对锅炉配置水处理系统的要求。由于锅炉参数、类型不同,给水和锅水加药处理的方式也就不同,规程不便于一一列出给水和锅水加药处理的方式和加药种类,只能做出了原则性的规定。为了规范水处理系统设计,分别规定了工业锅炉和电站锅炉水处理设计执行标准。

(2) A级高压及以上锅炉应当根据锅炉类型、参数和化学监督的要求配备在线化学仪表,连续监控水汽质量;

• 条款说明:新增条款。

• 条款解释:本条款是对A级高压及以上锅炉应配备连续监控水汽质量的规定。随着科技水平的发展,对A级高压及以上发电锅炉,配备在线化学仪表,连续监控水汽质量。

同时有条件的还可配置微机监控,以确保安全稳定的生产。

(3) 水处理设备制造质量应当符合国家和行业标准中的相关规定,水处理设备应当按照有关技术要求进行调试,出水质量及设备出力应当符合设计要求。

• 条款说明:新增条款。

• 条款解释:本条款是对水处理设备制造质量的原则规定。为了控制水处理设备的制造质量,水处理设备制造质量应该符合 JB/T 2932《水处理设备技术条件》、GB 18300《自动控制钠离子交换器技术条件》、GB/T 19249《反渗透水处理设备》、HG/T3134《流动床钠离子交换水处理设备技术条件》、JB 10325《锅炉除氧器技术条件》、DL/T 543《电厂用水处理设备质量验收导则》的规定。

7.6 管道阀门和烟风挡板

(1) 几台锅炉共用一个总烟道时,在每台锅炉的支烟道内应当装设有可靠限位装置的烟道挡板;

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第 171 条。

《蒸规》第 171 条 几台锅炉共用一个总烟道时,在每台锅炉的支烟道内应装设烟道挡板。挡板应有可靠的固定装置,以保证锅炉运行时,挡板处在全开启位置,不能自行关闭。

• 条款解释:本条款是对几台锅炉共用总烟道的要求。本条款是对《蒸规》第 171 条规定的修改,将“挡板应有可靠的固定装置”改为“装设有可靠限位装置的烟道挡板”;删除了原条款“以保证锅炉运行时,挡板处在全开启位置,不能自行关闭。”的要求,这样修改,保留了原意,文字更简练。

本条款是自 1980 年版规程以来一直保留的内容。主要是根据 1979 年大港电厂炉膛爆炸事故教训提出来的。此台锅炉烟道内的挡板既无操作装置,也无固定装置。运行中,烟道有一定程度的振动,加上烟气流动时对挡板产生一个关闭的力矩,造成挡板关闭。大港电厂炉膛爆炸事故的直接原因是烟道内的挡板在锅炉运行时自行关闭导致炉膛内压力升高,燃烧恶化,引起熄火,发生炉膛爆炸。

几台锅炉共用一个总烟道时,在每台锅炉支烟道内装设有可靠限位装置的烟道挡板,防止运行锅炉的烟气串入到停用锅炉的炉膛或烟道内,以保证停运锅炉支烟道内的挡板处于关闭状态,运行锅炉的烟道挡板处于全开启的位置。

(2) 锅炉管道上的阀门和烟风系统挡板均应当有明显标志,标明阀门和挡板的名称、编号、开关方向和介质流动方向,主要调节阀门还应当有开度指示;

(3) 阀门、挡板的操作机构均应当装设在便于操作的地点。

• 条款说明:保留条款。

原条款:《蒸规》第 172 条(略)。

• 条款解释:7.6 (2)、(3) 条款是对锅炉管道阀门和烟气挡板标识的规定。规程规定锅炉管道上的阀门和烟风系统挡板有明显标志,有利于操作人员正确判断调节阀门的状态,避免将阀门的关闭状态误认为开启状态,防止误操作造成不良后果。装设在便于操作的地点,目的是便于操作。

第八章 使用管理

一、本章结构及主要变化

本章共有两节，由“8.1 基本要求”，“8.2 电站锅炉特别规定”组成。本章的主要变化为：

- 修改了使用登记要求；
- 增加了锅炉使用管理制度要求；
- 明确了锅炉使用管理记录要求；
- 增加了锅炉水（介）质处理作业人员要求；
- 增加了电站锅炉有关特别规定。

二、条款说明与解释

8.1 基本要求

8.1.1 使用登记

锅炉的使用单位，在锅炉投入使用前或者投入使用后 30 日内，应当按照规定到质监部门逐台办理登记手续。

- 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 13 条、《水规》第 13 条。

《蒸规》第 13 条 锅炉的使用单位应按照原劳动人事部颁发的《锅炉使用登记办法》逐台办理登记手续，未办理登记手续的锅炉，不得投入使用。

《水规》第 13 条 使用锅炉的单位应按照原劳动人事部颁发的《锅炉使用登记办法》逐台办理登记手续。

- 条款解释：本条款是对在用锅炉办理登记手续的规定。

《条例》第二十五条规定“特种设备在投入使用前或者投入使用后 30 日内，特种设备使用单位应当向直辖市或者设区的市的特种设备安全监督管理部门登记”，按照《条例》这一规定制定了本条款。国家质检总局于 2003 年 7 月 14 日颁发了《锅炉压力容器使用登记管理办法》，该办法中规定了管理登记时应该提供的技术文件，这些技术文件包括：

① 安全技术规范要求的设计文件，产品质量合格证明，安装及使用维修说明，制造、安装过程监督检验证明；

② 进口锅炉安全性能监督检验报告；

③ 锅炉安装质量证明书；

④ 锅炉水处理方法及水质指标；

⑤ 锅炉使用安全管理的有关规章制度。

锅炉房内的分汽（水）缸随锅炉一同办理使用登记，不单独领取使用登记证。

8.1.2 锅炉安全技术档案

锅炉使用单位应当逐台建立安全技术档案，安全技术档案至少包括以下内容：

(1) 锅炉的出厂技术文件及监检证明；

- (2) 锅炉安装、改造、修理技术资料及监检证明;
- (3) 水处理设备的安装调试技术资料;
- (4) 锅炉定期检验报告;
- (5) 锅炉日常使用状况记录;
- (6) 锅炉及其安全附件、安全保护装置及测量调控装置日常维护保养记录;
- (7) 锅炉运行故障和事故记录。

• **条款说明:** 新增条款。

• **条款解释:** 本条款是对在用锅炉安全技术档案的规定。

《条例》第二十六条规定,特种设备使用单位应当建立特种设备安全技术档案,安全技术档案应当包括以下内容。

(1) 特种设备的设计文件、制造单位、产品质量合格证明、使用维护说明等文件以及安装技术文件和资料;

(2) 特种设备的定期检验和定期自行检查的记录;

(3) 特种设备的日常使用状况记录;

(4) 特种设备及其安全附件、安全保护装置、测量调控装置及有关附属仪器仪表的日常维护保养记录;

(5) 特种设备运行故障和事故记录;

(6) 高耗能特种设备的能效测试报告、能耗状况记录以及节能改造技术资料。

根据这一规定,结合锅炉的特点制定了本条款。

8.1.3 安全管理人员和操作人员

锅炉安全管理人员、锅炉运行操作人员和锅炉水处理作业人员应当按照国家质检总局颁发的《特种设备作业人员监督管理办法》的规定持证上岗,按章作业。

B级及以下全自动锅炉可以不设跟班锅炉运行操作人员,但是应当建立定期巡回检查制度。

• **条款说明:** 修改条款。

原条款:《蒸规》第14、16条。

《蒸规》第16条(部分条款) 锅炉的使用单位及其主管部门,应指定专职或兼职人员负责锅炉设备的安全管理,按照本规程的要求做好锅炉的使用管理工作。

《蒸规》第14条 锅炉的使用单位应按照原劳动人事部颁发的《锅炉司炉工人安全技术考核管理办法》对司炉工人进行管理。无与锅炉相应类别的合格司炉工人,锅炉不得投入使用。

• **条款解释:** 本条款是对在用锅炉安全管理人员和操作人员的規定。

《条例》第33条规定“……特种设备使用单位,应当根据情况设置特种设备安全管理机构或者配置专职、兼职的安全管理人员”,“特种设备的安全管理人员应当对特种设备使用状况进行经常性检查,发现问题的应当立即处理;情况紧急时,可以决定停止使用特种设备并及时报告本单位有关负责人”。第38条规定“锅炉……的作业人员及其相关的管理人员(以下统称特种设备作业人员),应当按照国家有关规定经特种设备安全监督管理部门考核合格,取得国家统一格式的特种作业人员证,方可从事相应的作业或管理工作”。第39条规定“特种设备作业人员在作业中应当严格执行特种设备的操作规程和有关的安全规章制度”。第40

条规定“特种设备作业人员在作业过程中发现事故隐患或者其他不安全因素，应当立即向现场安全管理人员和单位有关负责人报告”。根据《条例》的规定，国家质检总局于2005年1月10日颁发了《特种设备作业人员监督管理办法》即70号令，其中第5条中规定，“特种设备生产、使用单位应当聘（雇）用取得《特种设备作业人员证》的人员从事相关管理和作业工作，并对作业人员进行严格管理。特种设备作业人员应当持证上岗，按章操作，发现隐患及时处置或者报告”。根据上述规定制定了本条款。

B级及以下全自动锅炉因运行全部自动控制，所以不必每班设锅炉操作人员进行操作，但应设专人定期巡回检查锅炉运行情况，发现问题及时处理。

8.1.4 锅炉使用管理制度

锅炉使用管理应当有下列制度、规程：

- (1) 岗位责任制，包括锅炉安全管理人员、班组长、运行操作人员、维修人员、水处理作业人员等职责范围内的任务和要求；
- (2) 巡回检查制度，明确定时检查的内容、路线和记录的项目；
- (3) 交接班制度，明确交接班要求、检查内容和交接班手续；
- (4) 锅炉及辅助设备的操作规程，包括设备投运前的检查及准备工作、启动和正常运行的操作方法、正常停运和紧急停运的操作方法；
- (5) 设备维修保养制度，规定锅炉停（备）用防锈蚀内容和要求以及锅炉本体、安全附件、安全保护装置、自动仪表及燃烧和辅助设备的维护保养周期、内容和要求；
- (6) 水（介）质管理制度，明确水（介）质定时检测的项目和合格标准；
- (7) 安全管理制度，明确防火、防爆和防止非作业人员随意进入锅炉房的要求、保证通道畅通的措施以及事故应急预案和事故处理办法等；
- (8) 节能管理制度，符合锅炉节能管理有关安全技术规范的规定。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第16条、《水规》第14条。

《蒸规》第16条（部分条款） 锅炉的使用单位应根据锅炉的结构型式、燃烧方式和使用要求制订保证锅炉安全运行的操作规程和防爆、防火、防毒等安全管理制度以及事故处理办法，并认真执行。

锅炉的使用单位应制订和实行锅炉及其安全附件的维护保养和定期检修制度，对具有自动控制系统的锅炉，还应建立定期对自动仪表进行校验检修的制度。

《水规》第14条 使用锅炉的单位及其主管部门应按照原劳动人事部颁发的《锅炉房安全管理规则》搞好锅炉及热水系统的使用管理工作。

• 条款解释：本条款是对锅炉房管理制度的规定。

1988年1月3日原劳动人事部颁发的劳人锅[1988]2号文件《锅炉房安全管理规则》第11条规定，锅炉房应有下列制度：

(1) 岗位责任制：按锅炉房的人员配备，分别规定班组长、司炉工、维修工、水质化验人员等职责范围内的任务和要求。

(2) 锅炉及其辅机的操作规程，其内容应包括：

- ① 设备投运前的检查与准备工作；
- ② 启动与正常运行的操作方法；
- ③ 正常停运和紧急停运的操作方法；

④ 设备的维护保养。

(3) 巡回检查制度：明确定时检查的内容、路线及记录项目。

(4) 设备维修保养制度：规定锅炉本体、安全保护装置、仪表及辅机的维护保养周期、内容和要求。

(5) 交接班制度：应明确交接班的要求、检查内容和交接手续。

(6) 水质管理制度：应明确水质定时化验的项目和合格标准。

(7) 清洁卫生制度应明确锅炉房设备及内外卫生区域的划分和清扫要求。

(8) 安全保卫制度。

本条款是参照上述规定修改而来的，根据当前形势需要，水质管理制度改为水（介）质管理制度，安全保卫制度改为安全管理制度，增加了节能管理制度，删掉了清洁卫生制度。

8.1.5 锅炉使用管理记录

- (1) 锅炉及燃烧和辅助设备运行记录；
- (2) 水处理设备运行及汽水品质化验记录；
- (3) 交接班记录；
- (4) 锅炉及燃烧和辅助设备维修保养记录；
- (5) 锅炉及燃烧和辅助设备检查记录；
- (6) 锅炉运行故障及事故记录；
- (7) 锅炉停炉保养记录。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 193 条、《水规》第 140 条。

《蒸规》第 193 条（部分条款） 锅炉运行时，操作人员应执行有关锅炉安全运行的各项制度，做好运行值班记录和交接班记录。

《水规》第 140 条 锅炉运行时，值班人员应遵守劳动纪律，认真执行有关锅炉运行的各项制度，做好各项记录。锅炉压火以后，应保证锅炉水温不回升。

• 条款解释：本条款是对锅炉房记录的规定。

1988 年 1 月 3 日劳动人事部颁发的劳人锅 [1988] 2 号文件《锅炉房安全管理规则》第 12 条规定，锅炉房应有下列记录。

- ① 锅炉及附属设备的运行记录。
- ② 交接班记录。
- ③ 水处理设备运行及水质化验记录。
- ④ 设备检修保养记录。
- ⑤ 单位主管领导和锅炉房管理人员的检查记录。
- ⑥ 事故记录。

以上各项记录应保存一年以上。

本条款是参照上述规定修改而来的，附属设备修改为燃烧和辅助设备，水处理设备运行及水质化验记录修改为水处理设备运行及汽水品质化验记录，设备检修保养记录修改为锅炉及燃烧和辅助设备维修保养记录，单位主管领导和锅炉房管理人员的检查记录修改为锅炉及燃烧和辅助设备检查记录，事故记录修改为锅炉运行故障及事故记录，增加了锅炉停炉保养记录。停（备）用锅炉保养记录，是为检查锅炉停（备）用保养的执行情况，与锅炉启动时水质合格的情况一起综合分析停炉保护的效果。



8.1.6 安全运行要求

(1) 锅炉运行操作人员在锅炉运行前应当做好各种检查,应当按照规定的程序启动和运行,不应当任意提高运行参数,压火后应当保证锅水温度、压力不回升和锅炉不缺水;

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第193条、《水规》第140条。

《蒸规》第193条(部分条款) 锅炉运行时,操作人员应执行有关锅炉安全运行的各项制度,做好运行值班记录和交接班记录。

《水规》第140条 锅炉运行时,值班人员应遵守劳动纪律,认真执行有关锅炉运行的各项制度,做好各项记录。锅炉压火以后,应保证锅炉水温不回升。

• 条款解释:本条款是对锅炉操作人员工作职责的规定。

锅炉操作人员在锅炉运行前认真检查,按操作规程规定的程序启动,运行中做好调节和记录,不得任意提高运行参数,做好各种检查,防止各种事故的发生,尤其是缺水、超压、超温事故,锅炉压火后要压住,防止锅水温度、压力回升,保证锅炉不缺水。

(2) 当锅炉运行中发生受压元件泄漏、炉膛严重结焦、液态排渣锅炉无法排渣、锅炉尾部烟道严重堵灰、炉墙烧红、受热面金属严重超温、汽水质量严重恶化等情况时,应当停止运行。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第195条。

《蒸规》第195条 当锅炉运行中发现受压元件泄漏、炉膛严重结焦、受热面金属超温又无法恢复正常以及其他重大问题时,应停止锅炉运行。

• 条款解释:本条款是对应当停炉的规定。

本条款列举了需要停止锅炉运行几种异常情况,受压元件泄漏、炉膛严重结焦、液态排渣锅炉无法排渣、锅炉尾部烟道严重堵灰、炉墙烧红、受热面金属严重超温、汽水质量严重恶化等。如果再继续长时间坚持运行,情况会更趋恶化,不仅会延长锅炉停用检修时间,增加检修工作量,甚至可能造成严重后果。历史上曾经因缺陷发展而造成事故扩大,教训是深刻的,应认真吸取。所以在发生此类异常情况还没有达到立即威胁设备和人员安全的程度时,经请示汇报领导同意后,应将锅炉停下来,分析找出原因后进行处理。

8.1.7 蒸汽锅炉(电站锅炉除外)需要立即停炉的情况

蒸汽锅炉(电站锅炉除外)运行中遇有下列情况之一时,应当立即停炉:

- (1) 锅炉水位低于水位表最低可见边缘时;
- (2) 不断加大给水及采取其他措施,但是水位仍继续下降时;
- (3) 锅炉满水,水位超过最高可见水位,经过放水仍然不能见到水位时;
- (4) 给水泵失效或者给水系统故障,不能向锅炉给水时;
- (5) 水位表、安全阀或者装设在汽空间的压力表全部失效时;
- (6) 锅炉元(部)件受损坏,危及锅炉运行操作人员安全时;
- (7) 燃烧设备损坏、炉墙倒塌或者锅炉构架被烧红等,严重威胁锅炉安全运行时;
- (8) 其他危及锅炉安全运行的异常情况时。

- 条款说明：保留条款。

原条款：《蒸规》第 194 条（略）。

- 条款解释：本条款是对非发电蒸汽锅炉紧急停炉条件的规定。

与本章 8.1.6 (2) 不同的是紧急停炉不需要向领导请示，而由锅炉操作人员自己做出决定。因为出现下述情况之一时，锅炉随时有可能发生事故，如果向领导请示很可能来不及，可能在请示答复过程中事故就发生了。下面将紧急停炉有关问题说明如下：

(1) 锅炉水位低于水位表下部可见边缘，就是水位表中已经看不到水位了。锅炉水位究竟在何处一时难以判断，如不立即停炉，很有可能水位低于最高火界，会使受热面烧坏。

(2) 不断加大给水及采取其他措施，水位继续下降，说明给水系统或水循环系统存在严重泄漏现象，必须停炉进行检查。

(3) 水位表超过最高可见水位，经放水仍见不到水位。一是水位过高，虽经放水，一时难以放至可见水位，如不立即停炉，将使蒸汽品质恶化甚至发生事故。二是水位表看不到水位，虽经放水仍看不到水位，是漏水超过了可见水位，还是缺水低于可见水位，有时判断困难，应立即停炉。

(4) 给水泵失效或给水系统故障。例如给水管泄漏，不能向锅炉给水，无法保证锅炉安全运行，当然应该停炉。

(5) 水位表或安全阀全部失效。水位表全部失效，必须停炉更换水位表，否则无法监视水位变化情况下的运行，易发生缺水事故。全部安全阀失效将使锅炉处于没有超压保护的情况下运行，一旦发生超压现象，可能导致锅炉爆炸事故。安全阀失效后，锅炉在运行状态下无法修理或更换，必须将锅炉停下来。设置在汽空间的压力表全部失效无法监视锅炉压力时，应该停炉。

(6) 锅炉受压元件损坏，危及操作人员安全时，为了保证锅炉操作人员的人身生命安全，必须立即把锅炉停下来。

(7) 燃烧设备损坏，炉墙倒塌或构架被烧红等，严重威胁锅炉安全运行时，如不停炉，则锅炉也无法运行，所以必须停炉。

(8) 其他异常情况，例如锅炉发生二次燃烧造成烟道损坏，锅炉无法安全运行，也必须紧急停炉。

8.1.8 锅炉检修的安全要求

锅炉检修时，进入锅炉内作业的人员工作时，应当符合以下要求：

(1) 进入锅筒（锅壳）内部工作之前，必须用能指示出隔断位置的强度足够的金属堵板（电站锅炉可用阀门）将连接其他运行锅炉的蒸汽、热水、给水、排污等管道可靠地隔开；用油或者气体作燃料的锅炉，应当可靠地隔断油、气的来源；

(2) 进入锅筒（锅壳）内部工作之前，必须将锅筒（锅壳）上的人孔和集箱上的手孔打开，使空气对流一段时间，工作时锅炉外面有人监护；

(3) 进入烟道及燃烧室工作前，必须进行通风，并且与总烟道或者其他运行锅炉的烟道可靠隔断；

(4) 在锅筒（锅壳）和潮湿的炉膛、烟道内工作而使用电灯照明时，照明电压不超过 24V；在比较干燥的烟道内，有妥善的安全措施，可以采用不高于 36V 的照明电压；禁止使用明火照明。

- 条款说明：保留条款。

原条款：《蒸规》第196条、《水规》第144条（略）。

• 条款解释：本条款是对锅炉检修时进入锅炉内部的作业人员进行工作时应做好的安全防护工作的规定。

(1) 要割断与其他运行锅炉相连的汽水管道的联系，防止其他运行锅炉的汽水烟气窜进维修的锅炉内，将人伤害。

(2) 要打开锅筒、集箱、炉膛和烟道上的各种门孔，置换内部空气，防止作业人员发生窒息事故。作业人员在锅炉内部工作时，锅炉外部应有人监护，一旦发生意外，及时采取措施，将锅炉内作业人员及时救出。

(3) 对燃油、燃气锅炉，作业人员进入锅炉前，应割断油气来源，防止作业人员发生中毒或着火伤人。

(4) 明确在锅炉内部作业时使用照明电压的要求，主要是为了防止作业人员发生触电事故。禁止使用明火照明，是为了防止发生着火事故。

8.1.9 锅炉水（介）质处理

8.1.9.1 基本要求

使用单位应当按照《锅炉水（介）质处理监督管理规则》（TSG G5001）的规定，做好水处理工作，保证水汽质量。无可靠的水处理措施，锅炉不应当投入运行。

- 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第198条、《水规》第147条。

《蒸规》第198条 为了延长锅炉使用寿命，节约燃料，保证蒸汽品质，防止由于水垢、水渣、腐蚀而引起锅炉部件损坏或发生事故，使用锅炉的单位应按《锅炉水处理管理规则》的规定做好水质管理工作。

《水规》第147条 使用锅炉的单位必须做好水质管理工作，采取有效的水处理措施，使锅炉运行时的锅水、补给水符合GB1576《低压锅炉水质标准》的有关规定。

- 条款解释：本条款是对锅炉搞好水质处理的规定。

搞好水质处理的目的是：一是为了防垢、节约能源，因为水垢的导热系数远远低于钢材的导热系数。二是为了防腐，延长锅炉使用寿命，因为锅炉给水如果不除氧，锅炉很容易腐蚀，尤其是热水锅炉。三是保证蒸汽品质，当锅水碱度超过规定值易发生汽水共腾，使蒸汽大量带水，既影响供应又会给锅炉安全运行带来一定的事故隐患。为了加强锅炉水处理工作国家质检总局于2010年11月4日颁发了TSG G5001《锅炉水（介）质处理监督管理规则》，对锅炉的水处理工作做了明确规定，没有可靠的水处理措施，锅炉不得投入运行。

水处理系统运行应当符合以下要求：

- (1) 保证水处理设备及加药装置的正常运行，能够连续向锅炉提供合格的补给水；
- (2) 采用必要的检测手段监测水汽质量，能够及时发现和消除安全隐患；
- (3) 严格控制疏水、生产返回水的水质，不合格时不能回收进入锅炉。

- 条款说明：新增条款。

• 条款解释：本条款是关于水处理系统主要工作内容的规定。

(1) 由于锅炉参数、类型、水源水质、水处理方式存在较大差别，做好锅内、锅外的水

处理工作，向锅炉源源不断地提供优质的补给水是首要任务。由于目前锅炉大多采用除盐水作锅炉补给水，控制补给水质量就是控制随给水带入锅炉杂质的量。

(2) 工业锅炉检测水汽品质手段主要依靠人工取样分析化验。电站锅炉主要依靠在线化学仪表监测，而自备电厂则是采取人工化验和在线化学仪表相结合进行监测，本条款中原则性地规定“采用必要的检测手段”。

(3) 疏水、生产返回水最容易受到污染，对给水水质带来一定的影响。为了确保锅炉安全运行，有必要对疏水、生产返回水的检测做出规定，不合格时不能回收进入锅炉。

8.1.9.2 锅炉的水汽质量标准

工业锅炉的水质应当符合 GB/T 1576《工业锅炉水质》的规定。电站锅炉的水汽质量应当符合 GB/T 12145《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量》或者 DL/T 912《超临界火力发电机组水汽质量标准》的规定。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 199 条、《水规》第 147 条。

《蒸规》第 199 条 额定蒸汽压力小于或等于 2.5MPa 的锅炉的水质，应符合 GB1576《低压锅炉水质》的规定。额定蒸汽压力大于或等于 3.8MPa 的锅炉的水质，应符合 GB12145《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量标准》的规定。没有可靠的水处理措施，不得投入运行。

《水规》第 147 条 使用锅炉的单位必须做好水质管理工作，采取有效的水处理措施，使锅炉运行时的锅水、补给水符合 GB1576《低压锅炉水质标准》的有关规定。

• 条款解释：本条款是锅炉水质应当符合相关标准的规定。

由于锅炉蒸汽压力不同和用途不同，对水质的要求也不同。工业锅炉执行 GB1576《工业锅炉水质》标准。对于电站锅炉，由于考虑到过热器和汽轮机的运行安全，防止过热器和汽轮机腐蚀结垢，所以对锅炉水质的要求高于工业锅炉，因而电站锅炉执行 GB12145《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量标准》。另外近几年来超临界锅炉、超超临界锅炉的数量不断增加，对这种锅炉的水质要求更严，执行新颁发的 DL/T912《超临界火力发电机组水汽质量标准》。

8.1.10 锅炉排污

锅炉使用单位应当根据锅水水质确定排污方式及排污量，并且按照水质变化进行调整。蒸汽锅炉定期排污时宜在低负荷时进行，同时严格监视水位。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 200 条、《水规》第 148 条。

《蒸规》第 200 条 使用锅炉的单位应执行排污制度。定期排污应在低负荷下进行，同时严格监视水位。

《水规》第 148 条 使用锅炉的单位应认真执行排污制度。排污的时间间隔及排污量应根据运行情况及水质化验报告确定。排污时应监视锅炉压力以防止产生汽化。当锅水温度低于 100℃ 时，才能进行排污。

• 条款解释：本条款是对锅炉排污方式和排污量及蒸汽锅炉定期排污时机的规定。

锅炉排污分为连续排污（也称表面排污）和定期排污（也称固定排污）。连续排污是排除锅水中高浓度的盐分，定期排污是排除锅水中不溶于水的固态沉积物。正确实施排污控

制,包括质量要求和数量要求两个方面,质量方面是要使排污有效地发挥降低表面浓缩物和去除底部沉积物两个功能,使锅水水质达到标准要求;数量方面是要在允许范围内有效地实现对排污量的宏观控制,即在准确的水质分析的基础上,经过计算,科学排污。总原则是:在保证防腐、防垢、净化蒸汽质量的前提下,尽可能地减小排污率,以降低锅炉热能损失。

锅炉排污率过高的原因很多,例如水源水质劣化、锅炉水处理系统设计时没有根据水源水质选择水处理方式、水处理设备选择不当或操作失误、再生废液进入锅炉、锅炉产生的蒸汽用于生产后冷凝水回收率普遍较低、不能有效降低给水溶解固形物等,主要是使用单位没有按要求化验水质,盲目排污。所以本条款规定,锅炉使用单位应当根据锅水水质确定排污方式及排污量,并且按照水质变化进行调整。至于蒸汽锅炉定期排污时宜在低负荷时进行,是为了不影响蒸汽供应,同时应严格监视水位,以免排污量过大而造成缺水,发生缺水事故。

8.1.11 锅炉化学清洗

锅炉使用单位应当按照有关规定,及时安排化学清洗。从事锅炉清洗的单位,应当按照安全技术规范的要求进行锅炉清洗,并且接受特种设备检验检测机构实施的锅炉清洗过程监督检验。

- 条款说明:新增条款。
- 条款解释:本条款是对锅炉化学清洗的规定。

锅炉的化学清洗,是使受热面表面清洁、防止受热面因腐蚀和结垢引起事故的必要措施,同时也是提高锅炉热效率、改善机组水汽品质的有效措施。所以,当锅炉受热面表面结垢情况达到 TSG G5003《锅炉化学清洗规则》规定的条件时,锅炉使用单位应当及时安排化学清洗。从事锅炉化学清洗的单位,应当按照安全技术规范 TSG G5003《锅炉化学清洗规则》的要求进行锅炉清洗。电站锅炉的清洗范围和条件、清洗系统的设计和安装、清洗工艺控制、清洗中的化学监督及测定方法等,应当符合 DL/T794《火力发电厂锅炉化学清洗导则》的要求。工业锅炉化学清洗包括碱洗和酸洗,当水垢或者锈蚀达到以下程度时,应当及时进行除垢或者除锈清洗:

- (1) 锅炉受热面被水垢覆盖 80% 以上,并且水垢平均厚度达到 1mm 以上。
- (2) 锅炉受热面有严重的锈蚀。

按照《条例》第 27 条的规定,从事锅炉化学清洗的单位,应当接受特种设备检验检测机构实施对锅炉清洗过程的监督检验。

8.1.12 停(备)用锅炉及水处理设备停炉保养

锅炉使用单位应当做好停(备)用锅炉及水处理设备的防腐蚀等停炉保养工作。

- 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第 197 条、《水规》第 146 条。

《蒸规》第 197 条 对备用或停用的锅炉,必须采取防腐措施。

《水规》第 146 条 对备用或停用锅炉,必须先将锅炉及除污器内的水垢、污物、泥渣清除,然后采取防腐措施,并定期对锅炉内部进行检查,以保证防腐措施有效。采用湿法保养的锅炉;还应有防冻措施。

锅炉停用后,应及时清理受热面管子表面和烟道中沉积的烟灰和污物。

对长期停用的锅炉，还应将附属设备清刷干净。

- **条款解释：**本条款是对备用和停用锅炉及水处理设备防腐保养的要求。

锅炉及水处理设备停用期间主要是氧腐蚀。为了防止锅炉及水处理设备在停用期间发生氧腐蚀，必须采用保护措施，保养的目的主要是尽量减少空气中的氧与锅炉受热面接触从而防止或减轻锅炉受热面的腐蚀。停用锅炉主要是湿法保养和干法保养，备用锅炉除此而外还有热法保养和充气保养。

锅炉防锈蚀方法的原理是基于阻止空气进入热力设备水汽系统，降低热力设备水汽系统的相对湿度，添加缓蚀剂，去除水中的溶氧，使金属表面形成保护膜等。对电站锅炉选择原则和实施方案、主要指标的监督项目应按 DL/T956《火力发电厂停（备）用热力设备防锈蚀导则》中有关规定执行。

8.1.13 锅炉事故预防与应急救援

锅炉使用单位应当制定事故应急措施和救援预案，包括组织方案、责任制度、报警系统及紧急状态下抢险救援的实施方案。

- **条款说明：**新增条款。

- **条款解释：**本条款是关于制定事故应急措施和救援预案的规定。

《条例》第 65 条中规定“特种设备使用单位应当制定事故应急专项预案，并定期进行事故应急演练”。根据《条例》这一规定，为了减少事故发生和降低事故后果的严重程度，特制定本条款。锅炉使用单位应当制定事故应急措施和救援预案，包括组织方案、责任制度、报警系统及紧急状态下抢险救援的实施。锅炉使用单位除了应制定事故应急措施和救援预案外，还应该经常进行演练。

8.1.14 锅炉事故报告和处理

锅炉使用单位发生锅炉事故，应当按照《特种设备事故报告和调查处理规定》及时报告和处理。

- **条款说明：**修改条款。

原条款：《蒸规》第 211 条。

《蒸规》第 211 条 锅炉发生事故时，发生事故的单位必须按《锅炉压力容器事故报告办法》报告和处理。

- **条款解释：**本条款是对锅炉事故报告与处理的规定。

国家质检总局根据《条例》第六章“事故预防和调查处理”的规定，于 2009 年 7 月 3 日以 115 号总局令颁发了《特种设备事故报告和调查处理规定》，对事故的定义分级和界定、事故报告、事故调查、事故处理、法律责任等做了规定。规定中按事故造成的人员伤亡、事故性质分为特别重大事故、重大事故、较大事故、一般事故四种。并规定发生特种设备事故后，事故现场有关人员应当立即向事故发生单位负责人报告；事故发生单位的负责人接到报告后，应当于 1 小时内向事故发生地的县级以上质量技术监督部门和有关部门报告。情况紧急时，事故现场有关人员可以直接向事故发生地的县级以上质量技术监督部门报告。对于特别重大事故、重大事故，由国家质检总局报告国务院并通报国务院安全生产监督管理等有关部门。对较大事故、一般事故，由接到事故报告的质量技术监督部门及时通报同级有关部门。另外对事故调查、事故处理和法律责任做了具体规定。根据《条例》和 115 号令的规定制定了本条款。

8.2 电站锅炉特别规定

8.2.1 电站锅炉安全技术档案

锅炉安装单位在总体验收合格后应当及时将主蒸汽管道、主给水管道、再热蒸汽管道及其支吊架和焊缝位置等技术资料移交给使用单位存入锅炉安全技术档案。使用单位应当做好管道和阀门的有关运行、检验、修理、改造以及事故等记录。

• 条款说明：新增条款。

• 条款解释：本条款是对电站锅炉使用单位加强四大管道（主蒸汽管道、主给水管道、再热蒸汽管道高温段、低温段）技术档案管理的规定。

电站锅炉四大管道（主蒸汽管道、主给水管道、再热蒸汽管道高温段、低温段）的安装一般在锅炉整体水压试验后才能完成，因此水压试验前，锅炉安装单位无法提交相关资料给使用单位。随着锅炉进入分系统试运行和整体试运行，安装单位的安装工作已经结束，应当及时整理相关安装技术资料并提交给使用单位建立四大管道的技术档案。

DL/T5437《火力发电建设工程启动试运与验收规程》第3.1.8条规定，在机组移交生产后45天内要完成设计、制造、安装、调试等资料的移交。

现代化大容量、高参数锅炉的四大管道管径大，管壁厚，管内介质压力高、温度高，一旦发生事故容易造成重大设备、设施的损毁和人员伤亡，因此必须加强四大管道的安全技术监督。使用单位应当建立技术档案，完整记录四大管道（含阀门等管件）及其支吊架的设计、安装、运行、修理与改造等各个环节的资料，至少应包括管道材质及规范、焊缝及支吊架布置、载荷分布、冷热位移的监视、管道监视段的监督等等。尤其要加强四大管道支吊架和膨胀系统的管理，防止发生四大管道的损坏事故。因此，DL 612《电力工业锅炉压力容器监察规程》第13.23条规定“发电厂应有标明支吊架和焊缝位置的主蒸汽管、主给水管、高温和低温再热蒸汽管的立体布置图，并建立技术档案，记载管道有关运行、修理改造、检验以及事故等技术资料。”

8.2.2 电站锅炉燃料管理

电站锅炉使用单位应当加强燃料管理。锅炉燃用的煤质应当基本符合设计要求，燃料入炉前应当进行燃料分析，根据分析结果进行燃烧控制与调整。燃用与设计偏差较大煤质时，应当进行燃烧调整试验。

• 条款说明：新增条款。

• 条款解释：本条款是对电站锅炉使用单位加强燃料管理的规定。

燃料质量是影响锅炉经济运行与安全运行的重要因素，燃料质量偏离设计值过大会直接影响锅炉运行的经济性与安全性。随着我国电力工业的大发展，火力发电厂燃煤需求量大幅增加，煤炭进口量也大幅度增加，燃煤质量变化大，势必造成燃煤质量不稳定，因此要加强燃料精细化管理，加强混煤、配煤，使其符合锅炉设计的合理偏差水平。随着科学技术的进步，电站锅炉燃煤的在线化验正在逐步成为可能，燃料的及时分析有利于运行操作人员根据燃料情况、炉膛出口氧量和飞灰含碳量及时调整燃烧配风，保证配风满足燃料燃烧的要求，从而有效防止发生由于燃烧不稳定而引发的炉膛熄火、爆燃，甚至是炉膛爆炸事故。

燃料热值、燃煤的挥发分、水分、灰分和灰熔点是锅炉设计时选择燃烧方式、炉膛容积、受热面的布置（如半辐射受热面进出口烟温）等关键要素的基本依据。燃煤质量变化对

锅炉运行工况的影响甚为复杂,涉及燃料着火的难易程度、燃料消耗量、燃烧所需空气量、烟气量、受热面的结渣、积灰磨损和腐蚀以及尾部除尘、脱硫和脱硝装置的运行方式等方面。按照某一煤种设计的锅炉运行中对煤质变化的适应性有一定的范围。燃料质量偏离设计值过大会直接影响锅炉运行的经济性与安全性。当前,随着电力工业的迅猛发展和电煤市场由计划经济向市场经济的转轨,电煤市场供应多样化、复杂化,现实中大量存在电站锅炉实际燃用煤种偏离设计煤种的情况。因此,规定当燃用煤质与设计偏差较大时应通过燃烧调整试验,确定安全、经济的运行方式。

8.2.3 电站锅炉启动、停炉

(1) 电站锅炉使用单位应当根据制造单位提供的有关资料和设备结构特点或者通过试验确定锅炉启动、停炉方式,并且绘制锅炉控制(启、停)曲线;

- 条款说明: 新增条款。

- 条款解释: 本条款是对电站锅炉使用单位应通过试验确定锅炉启动、停炉方式,并且编制锅炉启、停控制曲线的规定。

电站锅炉的安全和使用寿命与锅炉启动、停炉的方式有着密切关系。锅炉启动的升温、升压速度取决于锅炉的结构和设计,通常受到锅筒(汽包)允许温差和过热器、再热器等部件的壁温变化的限制。直流锅炉大部分的过热器、再热器受热面在启动初期处于无介质流量工况下,受热面管的壁温升高受到最高允许壁温的限制;锅筒锅炉在启动和停炉过程中也不允许有很大的上、下壁温偏差;尤其是当前大容量、高参数的锅炉数量快速增加,随着锅炉参数的提高,锅炉集箱、相关管道、管件的壁厚也大幅增加,锅炉启动与停炉过程中也不允许出现较大的内外壁温度差。由于锅炉型式、部件结构和汽水系统布置存在差异,因此锅炉启动和停炉的方式应当通过试验来确定。为了便于运行人员掌握,专门要求提供启动、停炉的曲线,曲线中至少要给出锅炉启动、停炉过程中的压力、温度升(降)曲线和各阶段的给水流量。

DL612《电力工业锅炉压力容器监察规程》第13.3条也规定“锅炉启动、停炉方式,应根据设备结构特点和制造厂提供的有关资料或通过试验确定,并绘制锅炉压力、温度升(降)速度的控制曲线。”

(2) 电站锅炉启动初期应当控制锅炉燃料量、炉膛出口烟温,使升温、升压过程符合启动曲线,锅炉启停过程中应当特别注意锅炉各部位的膨胀情况,做好膨胀指示记录,各部位应当均匀膨胀,并且应当注意监控锅筒壁温差;

- 条款说明: 新增条款。

- 条款解释: 本条款是对电站锅炉启动初期,启动和停炉过程中的规定。

电站锅炉启动初期,大部分的过热器、再热器处于无蒸汽流量状态,也即是此时无流动的蒸汽冷却受热面管,即使有少量的蒸汽流动,流量分布也很不均匀,炉膛内的烟气温度和流量场分布也不均匀,因此必须控制启动和停炉过程中受热面的壁温不能超过材料的最高允许温度。此外,在锅炉启动和停炉过程中,各部件温度变化大,金属热胀冷缩幅度大,厚壁部件内外壁温差大,为了保证金属材料与锅炉结构的安全,锅炉启动和停止必须符合启动和停止曲线的要求。

对于有锅筒锅炉,还应当控制锅筒上下壁温偏差不能过大。超高压和亚临界锅炉的汽包在启动和停止过程中要注意控制其上下壁温差应当不超过40℃,高压和中压锅炉汽包的上

下壁温差可以按 50℃ 控制。

在电站锅炉的启动过程中，还应特别注意锅炉各部膨胀的均匀性和合理性，不仅数值符合设计要求，方向也应符合要求。当发现膨胀异常时，应当先查明原因，再继续升温、升压。对于水冷壁及其集箱出现膨胀不均匀时，一般可以通过锅水循环泵、燃烧器的运行方式等措施来调节。

DL612《电力工业锅炉压力容器监察规程》第 13.3 条也规定“启动过程中应特别注意锅炉各部的膨胀情况，认真做好膨胀指示记录。”

(3) 电站锅炉停炉的降温降压过程应当符合停炉曲线要求，熄火后的通风和放水，应当避免使受压部件快速冷却；锅炉停炉后压力未降低至大气压力以及排烟温度未降至 60℃ 以下时，应当对锅炉进行严密监控。

• 条款说明：新增条款。

• 条款解释：本条款是对电站锅炉停炉操作过程的规定。

电站锅炉因为受热面结构复杂，金属材料多样，其冷却速度各异，尤其是合金钢材料对冷却速度比较敏感，随着电站锅炉进一步向着超临界和超超临界的发展，受压元件部件的壁厚更大，所以更要合理控制锅炉停运后各部件的冷却速度。

DL612《电力工业锅炉压力容器监察规程》第 13.6 条规定“锅炉停炉的降温降压过程应符合停炉曲线要求，熄火后的通风和放水，应使受压部件避免快速冷却。锅炉停炉后压力未降低至大气压力以及排烟温度未降至 60℃ 以下时，仍需对锅炉严密监视。”参照这一规定制定了本条款。

8.2.4 电站锅炉需要立即停炉的情况

电站锅炉运行中遇到下列情况时，应当停止向炉膛送入燃料，立即停炉：

- (1) 锅炉严重缺水时；
- (2) 锅炉严重满水时；
- (3) 直流锅炉断水时；
- (4) 锅水循环泵发生故障，不能保证锅炉安全运行时；
- (5) 水位装置失效无法监视水位时；
- (6) 主蒸汽管、再热蒸汽管、主给水管和锅炉范围内连接管道爆破时；
- (7) 再热器蒸汽中断（制造单位有规定者除外）时；
- (8) 炉膛熄火时；
- (9) 燃油（气）锅炉油（气）压力严重下降时；
- (10) 安全阀全部失效或者锅炉超压时；
- (11) 热工仪表失效、控制电（气）源中断，无法监视、调整主要运行参数时；
- (12) 严重危及人身和设备安全以及制造单位有特殊规定的其他情况时。

• 条款说明：新增条款。

• 条款解释：本条款是对电站锅炉运行中出现异常情况应停止向炉膛送入燃料立即停炉的规定。

电站锅炉发生本条款所述的十二种情况时，应首先采取停止向炉内送燃料的措施，查明原因后再采取进一步的后处理措施。在使用单位现场运行规程中应根据本条原则规定，列出具体的处理步骤。

(1) 锅炉水位监视是对锅炉安全运行的重要监视手段,在水位监视失去(如水位监视装置失效,无法正常显示锅筒水位)时,应当立即停止向锅炉内送入燃料。

一般地,电站锅炉锅筒水位控制设计一般分为三挡:正常水位:运行中允许水位波动的范围;控制水位:发出水位高、低警报的水位;极限水位:保证下降管可靠供水、汽水分离正常工作的最高、最低水位。当锅炉严重缺水达到最低极限水位时,可能破坏下降管正常供水。锅炉严重满水时会破坏汽水分离,可能造成蒸汽带水,因此,水位达到或超过极限水位线所规定的范围时,应立即停止向锅炉输送燃料。由于炉型不同,水位表布置不同,每台锅炉缺水和满水的停炉极限水位应根据制造厂说明书确定,在现场锅炉运行规程中应该给出明确的数值,并阐明锅炉缺水和满水时的运行处理具体步骤。对于缺少制造厂资料的锅炉,停炉极限水位的数值,应通过计算和试验确定。

(2) 关于直流锅炉断水的确定问题,目前判断直流锅炉是否断水所用信号有给水流量、给水压力和给水泵电流三种。由于系统的配置不同,判断的准确性和可靠性都存在一定差异,难以确切判断断水的准确时间,而且由于锅炉允许断水时间与燃烧器区域热负荷、锅炉结构型式、给水系统的配置密切相关,因此,如果需要设计直流断水延时保护,应当根据制造厂的规定来制定现场运行规程的具体处理措施。

(3) 在采用锅水循环泵进行强制循环的电站锅炉运行中,每台锅炉配备有多台锅水循环泵,有的系统在循环泵的出口设计有汇集管。在单台锅水循环泵出现故障时,可以通过适当降低锅炉负荷等方式来保证锅炉的安全运行。因此本规程只强调在“锅水循环泵发生故障,不能保证锅炉安全运行”时,应当立即停止向锅炉供应燃料。电站锅炉使用单位在现场运行规程中应当根据锅炉设计要求和系统配置的具体情况确定具体的处理措施。

(4) 电站锅炉容量大,参数高,一旦发生四大管道和锅炉范围内汽水连接导管发生爆破,容易造成锅炉汽水循环无法维持,甚至是设备的重大损失和人员的伤亡。因此,一旦发生此类故障,应当立即停止向锅炉内送入燃料。

(5) 电站锅炉的正常运行中,再热器受热面处于较高的烟温环境中,一旦因某种设备或者系统的原因发生再热器蒸汽断流,受热面将缺少必要的冷却,极易发生受热面烧损事故。因此,在再热器蒸汽断流时应当立即停止继续向炉内送入燃料。

(6) 炉膛熄火指锅炉运行中燃烧室内发生熄火,主要是全炉膛熄火(在A级高压以上锅炉中一般配置有全炉膛火焰消失监控与判断的自动控制系统)。此时,应立即停止一切燃料进入炉膛(包括制粉系统乏气,点火用油及风粉混合管内剩余煤粉),并在进行充分的炉膛吹扫后才能重新点火,严禁在炉膛熄火时采用“爆燃法”恢复正常炉内工况。

(7) 锅炉正常运行中,由于某些原因造成燃烧器前油(气)压力严重下降,会造成燃油进入炉膛时燃油雾化不好,在炉膛内不能充分燃烧,造成炉膛内燃烧不稳定,也可能在烟道、受热面管表面内凝结存积,发生爆燃甚至二次燃烧。燃气压力太低与空气不能充分混合,燃烧不充分,造成炉膛内燃烧不稳定,也容易在烟道内积聚,发生爆燃甚至二次燃烧。因此,在燃料压力严重下降时,应当立即停止继续向炉内送入燃料。

(8) 安全阀失效和超压两者性质不完全相同。安全阀失效是指安全阀不起跳或由于其他原因安全阀解列。在部分安全阀失效时可相应减小锅炉负荷,维持锅炉的安全运行。锅炉超压指锅炉压力超过计算允许压力(在现场运行规程中应根据锅炉制造单位提供的使用说明书给出明确数值)。可能发生超压的情况是安全阀全部拒动或安全阀动作后排流量不足、燃烧强度减弱不及时。编制现场运行规程时应分别给出相应的处理措施。对于在国内发生过的在安全阀热态校验过程中造成锅炉严重超压的事故,应当通过明确并落实安全阀热态校验的措

施来加以预防。

(9) 电站锅炉的热工自动化控制和联锁保护系统对锅炉安全运行起着特殊重大作用。一旦控制电源中断, 显示仪表失去指示, 控制系统失效, 联锁保护失灵, 又无其他可靠办法监视和调整汽压、汽温、水位等主要参数时, 锅炉不应继续运行。

(10) 严重危及人身和设备安全以及制造单位有特殊规定的其他情况的规定是一项原则要求。在运行实际中发生的情况纷繁复杂, 千差万别, 比如炉膛和烟道内发生爆炸、受热面上燃料着火、炉墙塌落, 汽温急剧下降等等, 严重程度相差极大, 需要运行人员根据实际情况, 依靠丰富经验, 果断地判断, 使用单位在编制现场运行规程时可根据设备实际予以补充。对于制造厂有明确规定的项目, 如强制循环锅炉、循环流化床锅炉的停炉条件等, 应严格执行制造厂规定。

8.2.5 锅炉水汽质量异常处理

锅炉水汽质量异常时, 应当按照 GB/T 12145《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量》或者 DL/T 912《超临界火力发电机组水汽质量标准》中规定的水汽异常三级处理原则处理, 做好异常情况记录, 并且尽快查明原因, 消除缺陷, 恢复正常。如果不能恢复并且威胁设备安全时, 应当立即采取措施, 直至停止运行。

• 条款说明: 新增条款。

• 条款解释: 本条款是对电站锅炉水汽质量异常的处理规定

(1) 明确电站锅炉启动时的水汽质量控制标准。主要是因为停、备用锅炉在启动时, 一般系统较脏, 水中的 Cu、Fe、SiO₂ 含量较高。锅炉往往因停炉保养不当而发生氧腐蚀, 有时比运行时还要严重。大量的腐蚀产物在启动后被带入锅炉, 有的腐蚀产物还会带入汽轮机。在启动时由于除氧不足, 蒸汽的合格时间较长。因此, 必须明确锅炉启动时进行冷态、热态水冲洗过程, 控制冲洗水 pH 值为 9.0~9.5, 以形成钝化体系, 减小冲洗腐蚀。

强调锅炉点火前的冷态冲洗及点火后的热态水冲洗的水质控制应符合 DL/T889《电力基本建设热力设备化学监督导则》中 8.3 的各项要求。主要控制进入锅炉的含铁量, 冷态冲洗给水铁的含铁量 $< 200 \mu\text{g/L}$ 时允许进入锅炉, 热态冲洗控制给水铁的含铁量 $< 100 \mu\text{g/L}$ 后, 方可点火。

(2) 检修后, 停备用锅炉的启动水汽质量控制要比基建阶段启动的水汽标准略高些。如蒸汽压力 $\geq 12.7 \text{ MPa}$ 的给水铁的含铁量在基建阶段的控制标准为 $\leq 80 \mu\text{g/L}$, 停备用锅炉的控制标准为 $\leq 75 \mu\text{g/L}$ 。凝结水回收标准还增加了二氧化硅的控制值 $\leq 80 \mu\text{g/L}$ 。因此, 检修后、停备用锅炉的启动水汽质量控制应符合 GB/T12145.《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量》中的各项规定值。

由于凝汽器泄漏造成水汽质量恶化的事故屡有发生, 炉水 pH 低也是这些事故的主要原因, 连续数小时就造成锅炉损坏。因此, 当水汽质量劣化时, 根据 DL/T561《火力发电厂水汽化学监督导则》的规定, 必须立即采取措施, 使水汽质量在允许的时间内恢复到标准值。

下列三级处理的涵义为:

一级处理——有造成腐蚀、结垢、积盐的可能性, 应在 72h 内恢复至正常值。

二级处理——肯定会造成腐蚀、结垢、积盐, 应在 24h 内恢复至正常值。

三级处理——正在进行快速腐蚀、结垢、积盐, 应在 4h 内恢复至正常值, 否则停炉。

在异常处理的每一级中, 如果在规定的时间内尚不能恢复到正常值, 则应采取更高一级的处理方法。对于汽包锅炉, 在恢复标准值的同时应采用降压方式运行。

8.2.6 锅炉检修的化学检查

锅炉使用单位在锅炉检修时的化学检查,应当按照 DL/T 1115《火力发电厂机组大修化学检查导则》对省煤器、锅筒、启动(汽水)分离器、水冷壁、过热器、再热器等部件的腐蚀、结垢、积盐等情况进行检查和评价。

• **条款说明:** 新增条款。

• **条款解释:** 本条款是关于电站锅炉检修时应当按照有关标准对省煤器、锅筒、水冷壁、过热器、再热器等部件的腐蚀、结垢、积盐等情况进行检查和评价的规定。

化学检查是对机组在运行期间水、汽、油等质量控制与监督以及停用期间防腐效果的综合检验。化学检查的目的是掌握设备的腐蚀或结垢、结盐等状况,对发生腐蚀或结垢、结盐等故障的设备进行原因分析,建立有关设备的状态档案。一旦设备出现问题,可以从设备的状态档案中找出有关信息,为设备的管理者提供设备的材料、型号和发生故障的原因及应采取的措施。

(1) 通过检查,可以评价机组运行方式,所采用的给水、炉水处理方法是否合理;取样是否有代表性;水、蒸汽质量控制和油质控制是否有效,是对前一运行周期所有化学监督及锅炉的运行工况的整体检验。

(2) 通过检查能更加具体地确定锅炉设备隐患的性质、范围和程度,了解并能初步判断热力系统金属的剩余使用寿命,以便采取相应的措施,消除隐患或防止其扩大,避免重大设备事故的发生。

(3) 通过化学检查可防止热力设备在基建、启动、运行和停、备用期间由于机组启、停、运行等不合理方式,水、汽、油等品质不良或采用的保护方法不当而引起的故障,对保证机组安全可靠运行,延长设备的使用寿命,有着重要的意义。

(4) 具体工作

1) 明确检查范围。在检修开始前要列出化学检查项目,对一些特殊项目提出具体要求。例如锅炉受热面割管选择顺序:爆管附近的管,胀粗或变色附近的管,热负荷最高部位的管等。

2) 根据具体情况,提供多种化学检查的专用方法。

如:① 测量结垢量的方法。

② 测量腐蚀坑面积的方法。

③ 测量腐蚀坑深度的方法。

④ 单位面积腐蚀点数的测量方法。

⑤ 定性检测有无铜的方法。

3) 评判标准。检查的结果与评判标准 DL/T1115《火力发电厂机组大修化学检查导则》比较,可综合考察机组在运行期间的水、汽、油等质量控制与监督质量情况,以及停用期间防腐效果。

第九章 检验

一、本章结构及主要变化

本章共有4节,由“9.1 检验机构与人员”、“9.2 制造监督检验”、“9.3 安装、改造和重大修理监督检验”和“9.4 定期检验”组成,本章的主要变化为:

- 增加了首次内部检验的规定;
- 增加了不能按期停炉检验的处理规定;
- 调整了水(耐)压试验周期的规定;
- 增加了对检验过程中发现缺陷处理的原则规定;
- 增加了内部检验、外部检验、水(耐)压试验结论的规定。

二、条款说明与解释

9.1 检验机构与人员

检验检测机构应当严格按照核准的范围从事锅炉的检验检测工作,检验检测人员应当取得相应的特种设备检验检测人员证书。

- 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第201条。

《蒸规》第201条(部分条款) 从事锅炉定期检验的单位及检验人员应按照《劳动部门锅炉压力容器检验机构资格认可规则》和《锅炉压力容器检验员资格鉴定考核规则》的规定取得相应资格。

- 条款解释:本条款是对检验检测机构及人员资质的规定。

(1) 我国对从事特种设备监督检验、定期检验的检验检测机构及人员实行资质管理,检验检测机构和检验检测人员必须按照国家有关规则的规定,取得相应资质,方可承担相应的检验检测工作。本条参考了《条例》的如下要求,对从事特种设备监督检验、定期检验的检验检测机构及人员的资质进行原则规定。

①《条例》第四十一条 从事监督检验、定期检验的特种设备检验检测机构,应当经国务院特种设备安全监督管理部门核准;

②《条例》第四十四条 从事监督检验、定期检验的特种设备检验检测人员应当经国务院特种设备安全监督管理部门组织考核合格,取得检验检测人员证书,方可从事检验检测工作。

(2) 检验检测机构以及检验检测人员均不得超范围进行检验检测工作。

9.2 制造监督检验

9.2.1 基本要求

锅炉产品及受压元件的制造过程,应当经过检验检测机构依照相关安全技术规范进行监督检验,未经过监督检验合格不应当出厂或者交付使用。

- 条款说明:新增条款。
- 条款解释:本条款是对锅炉产品及受压元件的出厂或使用提出的前置条件。

《蒸规》第十章检验中未包括锅炉的制造监督检验的相关内容，仅对定期检验进行了规定，故本次修订，增加了制造监督检验的相关内容。

根据《条例》第二十一条的规定，锅炉制造过程必须经国务院特种设备安全监督管理部门核准的检验检测机构按照安全技术规范的要求进行监督检验，未经监督检验合格的不得出厂或者交付使用。即锅炉产品及受压元件的制造过程必须按照规定进行监督检验，合格后方可出厂或者交付使用。

9.2.2 监督检验内容

制造监督检验内容包括对锅炉制造单位产品制造质量保证体系运转情况的监督检查和对锅炉制造过程中涉及安全性能的项目进行监督检验。监督检验至少包括以下项目：

- (1) 制造单位资源条件及质量保证体系运转情况的抽查；
- (2) 锅炉设计文件鉴定资料的核查；
- (3) 锅炉产品制造过程的监督见证及抽查；
- (4) 锅炉产品成型质量的抽查；
- (5) 锅炉出厂技术资料的审查。

• **条款说明：**新增条款。

• **条款解释：**本条款是对制造监督检验的主要工作内容做出的基本要求。

本条对制造监督检验工作提出五个方面的基本要求。

1. 制造单位资源条件及质量保证体系运转情况的抽查

(1) 资源条件，广义上讲是指制造产品过程中涉及的所有元素。本规程中锅炉制造单位的资源条件主要包括以下内容：

① 人力资源（主要指质量管理人员、技术人员、焊工、质量检验的人员、无损检测人员等）；

② 锅炉制造所涉及的主要设备（主要指制造设备、检验设备等）；

③ 制造场地（主要指材料存放场地、加工场地、检验及试验场地、产品存放场地等）。

(2) 质量保证体系运转情况

锅炉产品的制造质量涉及制造的各个环节，其质量是依靠制造过程中各工艺环节的严格控制与落实得到的，即制造单位质量保证体系的正常运转，是保证产品制造质量的根本。应根据制造单位的质量保证体系，抽查各工艺环节的控制是否符合质量保证体系的相关要求。

对制造单位资源条件及质量保证体系运转情况进行抽查，是锅炉制造监督检验的工作内容之一。

2. 锅炉设计文件鉴定资料的核查

锅炉设计文件鉴定是指对锅炉设计中的安全性能是否符合国家安全技术规范有关规定的审查。《条例》第十二条规定，锅炉的设计文件，应当经国务院特种设备安全监督管理部门核准的检验检测机构鉴定，方可用于制造。即锅炉设计文件鉴定合格是锅炉制造的前置条件，对其进行核查是锅炉制造监督检验的工作内容之一。

3. 锅炉产品制造过程的监督见证和抽查

锅炉产品的制造过程由各工艺环节组成，制造监督检验即是通过审查、核查、见证、抽查等方式，对制造过程中各环节的控制进行监督见证和抽查，监督制造的各工艺环节及控制能否按照质量保证体系的要求进行，是制造监督检验的重要工作内容之一。

4. 锅炉产品成型质量的抽查

锅炉产品成型质量检验是锅炉制造过程中的重要检验环节之一。在锅炉制造单位自检合格的基础上对其进行抽查,也是制造监督检验的重要工作内容之一。

5. 锅炉出厂技术资料的审查

《条例》第十五条规定,锅炉产品出厂时,应当附有安全技术规范要求的设计文件、产品质量合格证明、安装及使用维修说明书、监督检验证明等文件。

锅炉出厂技术资料的主要内容,在本规程 4.6.1 及 4.6.2 中进行了明确规定。

9.2.3 监督检验证书

经过制造监督检验,抽查项目符合相关法规标准要求的,出具监督检验证书。

- 条款说明:新增条款。

- 条款解释:本条款是对制造监督检验证书的出具做出的原则规定。

锅炉产品经过制造监督检验,抽查项目符合相关法规标准要求时,制造监督检验单位应当及时出具制造监督检验证书。

9.3 安装、改造和重大修理监督检验

9.3.1 基本要求

锅炉的安装、改造和重大修理过程应当经过检验检测机构依照相关安全技术规范进行监督检验,未经监督检验合格的锅炉,不应当交付使用。

- 条款说明:新增条款。

- 条款解释:本条款是对锅炉的使用提出的前置条件。

《蒸规》第十章检验中未包括锅炉的安装、改造和重大修理监督检验的相关内容,仅对定期检验进行了规定,故本次修订,增加了安装、改造和重大修理监督检验的相关内容。

根据《条例》第二十一条的规定,锅炉的安装、改造、重大维修过程必须经国务院特种设备安全监督管理部门核准的检验检测机构按照安全技术规范的要求进行监督检验,未经监督检验合格的不得出厂或者交付使用。即锅炉的安装、改造、重大修理过程必须按照规定进行监督检验,合格后方可交付使用。

9.3.2 监督检验内容

锅炉安装、改造和重大修理监督检验工作内容,包括对锅炉安装、改造和重大修理过程中涉及安全性能的项目进行监督检验和对受检单位质量保证体系运转情况的监督检查。监督检验至少包括以下项目:

- (1) 安装、改造和重大修理单位在施工现场的资源配置的检查;
- (2) 安装、改造和重大修理施工工艺文件的审查;
- (3) 锅炉产品出厂资料与产品实物的抽查;
- (4) 锅炉安装、改造和重大修理过程中的质量保证体系实施情况的抽查;
- (5) 锅炉安装、改造和重大修理质量的抽查;
- (6) 安全附件、保护装置及调试情况的核查;
- (7) 锅炉水处理系统及调试情况的核查。

• 条款说明：新增条款。

• 条款解释：本条款是对安装、改造和重大修理监督检验的主要工作内容做出的基本要求。

本条对安装、改造和重大修理监督检验工作提出七个方面的基本要求。

1. 安装、改造和重大修理单位在施工现场的资源配置的检查

与锅炉制造相类似，安装、改造和重大修理在施工现场的资源配置，广义上讲是指安装、改造和重大修理过程中涉及的所有元素。本规程中安装、改造和重大修理单位在施工现场的资源配置主要包括以下内容：

(1) 人力资源（主要指质量管理人员、技术人员、焊工、质量检验的人员、无损检测人员等）；

(2) 锅炉安装、改造和重大修理所涉及的主要设备（主要指安装、改造和重大修理设备、检验设备等）；

(3) 安装、改造和重大修理场地（主要指材料存放场地、安装改造和重大修理场地、检验及试验场地等）。

2. 安装、改造和重大修理施工工艺文件的审查

安装、改造和重大修理施工工艺文件主要指安装、改造和重大修理标准及工艺（含焊接工艺评定）文件、检验标准及工艺文件、无损检测标准及工艺文件等。这些工艺文件是保证锅炉安装、改造和重大修理施工规范性的基础，对其进行审查是锅炉安装、改造和重大修理监督检验的工作内容之一。

3. 锅炉产品出厂资料与产品实物的抽查

锅炉产品一般指锅炉在安装、改造和重大修理过程中所用到的锅炉部件（包括受压元件和非受压元件）。锅炉在安装、改造和重大修理过程中，这些锅炉部件的验收是整个安装、改造和重大修理过程中的一个重要环节。对锅炉产品的出厂资料和产品实物进行抽查，主要目的是监督施工单位在锅炉产品验收方面的质量控制是否满足其质量保证体系的相关要求。

4. 锅炉安装、改造和重大修理过程中质量保证体系运转情况的监督见证及抽查

锅炉的安装、改造和重大修理质量涉及过程的各个环节，其质量是依靠安装、改造和重大修理过程中各工艺环节的严格控制与落实得到的，即施工单位质量保证体系的正常运转，是保证安装、改造和重大修理质量的根本。应根据施工单位的质量保证体系，监督见证及抽查各工艺环节的控制是否符合质量保证体系的相关要求。

5. 锅炉安装、改造和重大修理质量的抽查

锅炉安装、改造和重大修理质量检验是锅炉安装、改造和重大修理过程中的重要检验环节之一。在施工单位自检合格的基础上对其进行抽查，也是安装、改造和重大修理监督检验的重要工作内容之一。

6. 安全附件、保护装置及调试情况的核查

安全附件、保护装置是保证锅炉安全运行的重要组成部分。在锅炉安装、改造和重大修理监督检验工作中，对其进行相应的核查非常必要。

调试是锅炉安装过程中不可或缺的一个环节。调试工作的规范与否与锅炉能否安全稳定运行关系极大，故对调试情况进行核查非常必要。

7. 锅炉水处理系统及调试情况的核查

锅炉水处理的好坏与锅炉安全运行联系紧密。锅炉水处理不好，会引发腐蚀、结垢、积

盐、超温甚至爆管，故对锅炉水处理系统及调试情况进行核查也是锅炉安装、改造和重大修理监督检验的工作内容。

9.3.3 监督检验证书

经过监督检验，抽查项目符合相关法规标准要求的，出具监督检验证书。

- 条款说明：新增条款。
- 条款解释：本条款是对监督检验证书的出具做出的原则规定。

锅炉产品经过安装、改造和重大修理监督检验，抽查项目符合相关法规标准要求时，监督检验单位应当及时出具相应的监督检验证书。

9.4 定期检验

9.4.1 基本要求

(1) 锅炉的定期检验工作包括锅炉运行状态下进行的外部检验、锅炉在停炉状态下进行的内部检验和水（耐）压试验；

- 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 201 条、《水规》第 149 条。

《蒸规》第 201 条（部分条款） 在用锅炉的定期检验工作包括外部检验、内部检验和水压试验。

《水规》第 149 条（部分条款） 在用锅炉的检验工作包括运行状态下定期外部检验、定期停炉内外部检验和水压试验。

- 条款解释：本条款明确了锅炉定期检验的种类。

(1) 锅炉外部检验，是指在锅炉运行状态下，对锅炉当前使用管理状况进行的检验。锅炉的使用管理包括三个主要方面，即锅炉技术管理、设备管理以及运行管理。外部检验主要内容包括，审查上次检验发现问题的整改情况；核查锅炉使用登记及其操作人员资格；抽查锅炉安全管理制度及其执行见证资料；抽查锅炉本体及附属设备运转情况；抽查锅炉安全附件及连锁与保护投运情况；抽查水（介）质处理情况；抽查锅炉操作空间安全状况；审查锅炉事故应急专项预案等。很多影响锅炉安全运行的问题及管理隐患，如锅炉缺水、膨胀受阻、支吊架异常、异常振动、超温超压、安全附件及连锁与保护装置异常解列等均可通过外部检验发现，对于预防事故的发生意义很大。

(2) 锅炉内部检验，是指锅炉在停炉状态下，对锅炉设备当前安全状况进行的检验。主要内容包括，审查上次检验发现问题的整改情况；抽查受压元件及其内部装置；抽查燃烧室、燃烧设备、吹灰器、烟道等附属设备；抽查主要承载、支吊、固定件；抽查膨胀情况；抽查密封、绝热情况等。换句话说，内部检验即是在停炉状态下对锅炉各个部位、各个部件的当前状态是否符合安全技术规范进行的符合性验证。

(3) 锅炉水（耐）压试验，是指按照规定的压力、规定的保持时间，对锅炉的受压元件进行的一种压力试验，检查受压元件有无泄漏、变形等问题，以验证锅炉受压元件的强度、刚度和严密性。

(2) 锅炉的使用单位应当安排锅炉的定期检验工作，并且在锅炉下次检验日期前 1 个月向检验检测机构提出定期检验申请，检验检测机构应当制订检验计划。

- 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 201 条。

《蒸规》第 201 条 在用锅炉的定期检验工作包括外部检验、内部检验和水压试验。锅炉的使用单位必须安排锅炉的定期检验工作，各级安全监察机构对检验计划的执行情况和检验质量进行监督检查。

从事锅炉定期检验的单位及检验人员应按照《劳动部门锅炉压力容器检验机构资格认可规则》和《锅炉压力容器检验员资格鉴定考核规则》的规定取得相应资格。

• 条款解释：本条款明确了锅炉定期检验工作安排、申请及检验计划等环节以及锅炉使用单位和检验检测机构的职责。

(1) 锅炉使用单位是落实定期检验工作的责任主体。根据《条例》第二十八条“特种设备使用单位应当按照安全技术规范的定期检验要求，在安全检验合格有效期届满前 1 个月向特种设备检验检测机构提出定期检验要求”的规定，锅炉使用单位应当根据安全技术规范的要求，按期及时安排锅炉的定期检验工作计划，并至少提前 1 个月向检验检测机构提出定期检验申请。

(2) 检验检测机构受理锅炉使用单位的定期检验申请后，应履行检验检测机构的相应职责，及时进行定期检验前的技术准备，如审查锅炉的技术资料和运行记录、编制有针对性的检验方案等，根据锅炉使用单位提出的检验日期制订出检验计划，通知锅炉使用单位，并安排具备相应资质的检验检测人员按期实施检验。

9.4.2 定期检验周期

锅炉的定期检验周期规定如下：

(1) 外部检验，每年进行一次；

(2) 内部检验，锅炉一般每 2 年进行一次；成套装置中的锅炉结合成套装置的大修周期进行，电站锅炉结合锅炉检修同期进行，一般每 3 年~6 年进行一次；首次内部检验在锅炉投入运行后一年进行，成套装置中的锅炉和电站锅炉可以结合第一次检修进行；

(3) 水（耐）压试验，检验人员或者使用单位对设备安全状况有怀疑时，应当进行水（耐）压试验；因结构原因无法进行内部检验时，应当每 3 年进行一次水（耐）压试验。

成套装置中的锅炉和电站锅炉由于检修周期等原因不能按期进行锅炉定期检验时，锅炉使用单位在确保锅炉安全运行（或者停用）的前提下，经过使用单位技术负责人审批后，可以适当延长检验周期，同时向锅炉登记地质监部门备案。

- 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 202 条；《水规》第 150 条。

《蒸规》第 202 条 在用锅炉一般每年进行一次外部检验，每两年进行一次内部检验，每六年进行一次水压试验。

当内部检验和外部检验同在一年进行时，应首先进行内部检验，然后再进行外部检验。

电力系统的发电用锅炉内部检验和水压试验周期可按照电厂大修周期进行适当调整。

对于不能进行内部检验的锅炉，应每三年进行一次水压试验。

《水规》第 150 条（部分条款） 在用锅炉每两年进行一次运行状态下外部检验，一般每两年按《在用锅炉定期检验规则》进行一次锅炉内外部检验，一般每六年进行一些次水压试验。……

- 条款解释：本条款是对锅炉定期检验周期的规定。

1. 外部检验

按照劳锅字(1992)4号《劳动部关于颁发〈锅炉运行状态检验规则〉(试行)的通知》，我国的锅炉外部检验工作从1992年10月开始试行。当时此项工作称为锅炉运行状态检验，检验周期一般在两次停炉内外部检验之间进行，即一般两年一次。考虑到锅炉外部检验的重要性及国外锅炉的检验情况，《蒸规》调整为在用锅炉一般每年进行一次外部检验。本次修订，对于外部检验的周期，延续了《蒸规》的规定，未进行调整。

2. 内部检验

(1) 锅炉内部检验周期的原则规定，与《蒸规》相一致，未进行调整。

(2) 对成套装置中的锅炉内部检验周期进行单独规定。成套装置中的锅炉检修周期受系统运行的限制，与其他锅炉存在较大差别，故对成套装置中的锅炉的内部检验周期进行单独规定，更符合实际情况。

(3) 对电站锅炉内部检验周期进行单独规定。电站锅炉检修周期受电网控制，与其他锅炉存在较大差别，故对电站锅炉的内部检验周期进行单独规定，更符合实际情况。

一方面，《蒸规》第202条中规定，电力系统的发电用锅炉内部检验可按照电厂大修周期进行适当调整。该规定比较笼统，何为“适当调整”存在一定的争议，不便于操作。另一方面，目前国内火力发电厂对于检修已取消大修、中修、小修概念，改为A、B、C、D四个等级的检修。对于国内绝大部分火力发电机组而言，A级检修均控制在4~6年。故本次修订将电站锅炉的内部检验周期规定为“电站锅炉结合锅炉检修同期进行，一般每3~6年进行一次”，符合实际情况。

(4) 提出“首次内部检验”的要求。锅炉安装完毕投入运行后的首次内部检验，与以后的内部检验的检验重点是不同的。首次内部检验的重点为检查锅炉各部件各部位的应力释放情况、膨胀协调情况、安装过程中遗留缺陷的变化情况以及运行与设计存在差异时(如煤种变化)锅炉的适应性情况。故本次修订提出“首次内部检验”的概念，区别于常规的内部检验，使检验更加有针对性。

3. 水(耐)压试验

《蒸规》中关于水(耐)压试验的周期规定为“每6年进行一次水压试验”，在实际执行过程中存在一定的难度，各方对其必要性也存在较大争议，故本次修订，在保障安全的基础上，放宽了水(耐)压试验周期的规定。

4. 对无法进行内部检验的锅炉提出结构原因的概念，避免检验的随意性。

5. 由于成套装置中的锅炉检修周期受系统运行的限制以及电站锅炉检修周期受电网控制等客观因素，这些锅炉的使用单位无法自主安排停炉检修和检验，故增加“成套装置中的锅炉和电站锅炉由于检修周期等原因不能按期进行锅炉定期检验时，锅炉使用单位在确保锅炉安全运行(或者停用)的前提下，经过使用单位技术负责人审批后，可以适当延长检验周期，同时向锅炉登记地质量技术监督部门备案”的规定，一方面以明确锅炉使用单位的责任，避免随意调整检验周期，另一方面，也为确实存在停炉困难不能按期检验的企业在保证安全的前提下提供解决途径。

9.4.3 定期检验特殊情况

除正常的定期检验以外，锅炉有下列情况之一时，也应当进行内部检验：

- (1) 移装锅炉投运前；
- (2) 锅炉停止运行1年以上需要恢复运行前。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 203、206 条；《水规》第 150 条。

《蒸规》第 203 条 除定期检验外，锅炉有下列情况之一时，也应进行内部检验：

1. 移装锅炉投运前；
2. 锅炉停止运行一年以上需要恢复运行前；
3. 受压元件经重大修理或改造后及重新运行一年后；
4. 根据上次内部检验结果和锅炉运行情况，对设备安全可靠性有怀疑时。

《蒸规》第 206 条（部分条款） 锅炉除一般六年进行一次水压试验外，锅炉受压元件经重大修理或改造后，也需要进行水压试验。

《水规》第 150 条（部分条款） 除定期检验外，锅炉有下列情况之一时，也应进行内外部检验。

- (1) 移装或停业运行一年以上，需要投入或恢复运行时；
- (2) 受压元件经重大修理或改造后（还应进行水压试验）；
- (3) 发生重大事故后；
- (4) 根据锅炉运行情况，对设备状态有怀疑，必须进行检验时。

• 条款解释：本条款是对特殊情况下应进行内部检验的规定。

(1) 一般来说，移装锅炉投运前，应当进行内部检验。该内部检验的主要目的是为了检查锅炉在移装前是否存在有影响安全运行的缺陷以及移装过程中是否产生新的缺陷。

(2) 锅炉停止运行一年以上需要恢复运行前，应当进行内部检验。该内部检验的主要目的是为了检查锅炉在停运期间的停炉保养情况，应以是否产生腐蚀等缺陷为检验重点。

(3) 对受压元件经重大修理或改造后的要求已在本规程 5.3.3 以及 5.4.3 (1) 进行了规定，故删除原条款 3（即受压元件经重大修理或改造后及重新运行一年后）。

5.3.3 规定锅炉改造施工技术要求参照相应锅炉专业技术标准和有关技术规定。

5.4.3 (1) 的规定，锅炉受压元（部）件修理后应当进行外观检验、无损检测（其中挖补焊缝应当进行 100% 无损检测），必要时还应当进行水（耐）压试验，其合格标准应当符合本规程第 4 章有关规定。

同样原因，删除《蒸规》第 206 条 锅炉受压元件经重大修理或改造后，也需要进行水压试验的要求。

(4) 在内部检验及外部检验中发现问题，对设备安全可靠性有怀疑时，按照本规程第 9.4.11.1 (2) 基本符合要求的结论，检验机构可要求锅炉使用单位采取包括缩短检验周期、增加内部检验等措施，确保锅炉安全，故删除原第 203 条 4 款。

9.4.4 定期检验项目的顺序

外部检验、内部检验和水（耐）压试验在同一年进行时，一般首先进行内部检验，然后再进行水（耐）压试验，外部检验。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 202 条。

《蒸规》第 202 条（部分条款） 当内部检验和外部检验同在同一年进行时，应首先进行内部检验，然后再进行外部检验。

• 条款解释：本条款是对在同一年进行外部检验、内部检验和水（耐）压试验时次序安排的一般规定。

将外部检验安排在内部检验之后，即是考虑先通过内部检验，检查锅炉运行中无法检查到部位的缺陷与问题并进行相应的整改，然后在锅炉运行状态下检查安全附件、自控仪表等，以核查锅炉检修的效果。本条款为定期检验项目顺序的一般原则要求，并不完全排除以在停炉检修期间处理或者消除外部检验发现的缺陷和隐患为目的的前提下，先进行外部检验，后进行内部检验的情况。

增加了水（耐）压试验内容，更加全面。

9.4.5 定期检验前的技术准备

- (1) 审查锅炉的技术资料和运行记录；
- (2) 检验机构根据被检锅炉的实际情况编制检验方案；
- (3) 进入锅炉内进行检验工作前，检验人员应当通知锅炉使用单位做好检验前的准备工作，设备准备工作应当满足本规程 8.1.8 及其相应规范、标准的要求；
- (4) 锅炉使用单位应当根据检验工作的要求进行相应的配合工作。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 196 条。

《蒸规》第 196 条 检修人员进入锅炉内进行工作时，应符合以下要求：

1. 在进入锅筒（锅壳）内部工作前，必须用能指示出隔断位置的强度足够的金属堵板将连接其他运行锅炉的蒸汽、给水、排污等管道全部可靠地隔开，且必须将锅筒（锅壳）上的人孔和集箱上的手孔打开，使空气对流一定时间。
2. 在进入烟道或燃烧室工作前，必须进行通风，并将与总烟道或其他运行锅炉的烟道相连的烟道闸门关严密，以防毒、防火、防爆。
3. 用油或气体作燃料的锅炉，应可靠地隔断油、气的来源。
4. 在锅筒（锅壳）和潮湿的烟道内工作而使用电灯照明时，照明电压应不超过 24V；在比较干燥的烟道内，应有妥善的安全措施，可采用不高于 36V 的照明电压。禁止使用明火照明。
5. 在锅筒（锅壳）内进行工作时，锅炉外面应有人监护。

• 条款解释：本条款是对定期检验前的技术准备以及锅炉使用单位配合职责的原则规定。

定期检验前审查锅炉的技术资料和运行记录是十分有必要的。对于首次检验的锅炉，应对技术资料做全面审查，对于非首次检验的锅炉，应重点审核有变化的部分。通过审查锅炉技术资料 and 运行记录，可以对锅炉制造、安装、调试、运行、维修、保养和上次检验情况有总体的了解和把握，以便于有针对性地编制检验方案，确定重点检查部件和位置以及需采用的检验方法等，使检验更加有的放矢。

关于检验前的安全准备工作已纳入本规程 8.1.8。

增加了关于锅炉使用单位配合职责的规定，以便保证检验工作的顺利进行。

9.4.6 内部检验内容

- (1) 审查上次检验发现问题的整改情况；
- (2) 抽查受压元件及其内部装置；
- (3) 抽查燃烧室、燃烧设备、吹灰器、烟道等附属设备；
- (4) 抽查主要承载、支吊、固定件；
- (5) 抽查膨胀情况；
- (6) 抽查密封、绝热情况。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 204 条；《水规》第 151 条。

《蒸规》第 204 条 内部检验的重点是：

1. 上次检验有缺陷的部位；
2. 锅炉受压元件的内、外表面，特别在开孔、焊缝、扳边等处应检查有无裂纹、裂口和腐蚀；
3. 管壁有无磨损和腐蚀，特别是处于烟气流速较高及吹灰器吹扫区域的管壁；
4. 锅炉的拉撑以及与被拉元件的结合处有无裂纹、断裂和腐蚀；
5. 胀口是否严密，管端的受胀部分有无环形裂纹和苛性脆化；
6. 受压元件有无凹陷、弯曲、鼓包和过热；
7. 锅筒（锅壳）和砖衬接触处有无腐蚀；
8. 受压元件或锅炉构架有无因砖墙或隔火墙损坏而发生过热；
9. 受压元件水侧有无水垢、水渣；
10. 进水管和排污管与锅筒（锅壳）的接口处有无腐蚀、裂纹、排污阀和排污管连接部分是否牢靠。

《水规》第 151 条 定期停炉检验的重点如下

- (1) 上次检验有缺陷的部位；
- (2) 锅炉受压元件的内、外表面，特别是开孔、焊缝、扳边等处有无裂纹、裂口或腐蚀；
- (3) 管壁有无磨损和腐蚀，特别是处于烟气流速较高及吹灰器吹扫区域的管壁及低温区管壁；
- (4) 胀口是否严密，管端的受胀部分有无环形裂纹；
- (5) 锅炉的拉撑以及与被拉元件的结合处有无断裂、腐蚀和裂纹；
- (6) 受压元件有无凹陷、弯曲、鼓包和过热；
- (7) 锅筒和衬砖接触处有无腐蚀；
- (8) 受压元件或锅炉构架有无因砖墙或隔火墙损坏而发生过热；
- (9) 进水管和排污管与锅筒的接口处有无腐蚀、裂纹，排污阀和排污管连接部分是否牢靠；
- (10) 安全附件是否灵敏、可靠，安全阀、压力表等与锅炉本体连接的通道是否堵塞；
- (11) 自动控制、讯号系统及仪表是否灵敏、可靠；
- (12) 水侧内部的水垢、水渣是否过多。

• 条款解释：本条款是对内部检验的工作内容进行的规定。

原规定比较具体，主要集中在对受压元件的检验方面。修改后的条款则是将锅炉内部检验工作的内容分为几个大类进行规定，增加了燃烧室、燃烧设备、吹灰器、烟道等附属设备，主要承载、支吊、固定件，膨胀、密封、绝热情况等方面的检验工作，更加全面。

影响锅炉安全运行的因素有很多，除受压元件及其内部装置外，燃烧室、燃烧设备、吹灰器、烟道等附属设备的运转是否正常；主要承载、支吊、固定件是否存在失载、偏载、过载、失效等异常情况；锅炉膨胀是否顺畅；锅炉密封是否存在泄漏、绝热效果是否良好等均会影响到锅炉的安全运行，故增加了上述方面的工作内容。现将各部分的检验说明如下，具体检验内容及评价标准应参考相应的安全技术规范或标准。

- (1) 审查上次检验发现问题整改情况：上次检验时发现的缺陷一般分为两种情况，一种

是未对锅炉安全运行构成直接威胁而未进行消缺处理的缺陷,采用缩短检验周期等手段监控;另一种情况是进行消缺处理,消除了的缺陷。针对前一种情况,主要检查经过一定时间的运行后其缺陷是否发展,是否对安全运行构成了威胁。后一种情况主要检查消除了的缺陷是否重新产生。

(2) 受压元件及其内部装置的抽查:受压元件及其内部装置包括的范围较广,《蒸规》第204条中的大部分内容均包含在内。其重点是受压元件的母材、焊缝、热影响区、弯头、易冲刷部位、应力复杂部位、应力集中部位、易腐蚀部位等。

(3) 燃烧室、燃烧设备、吹灰器、烟道等附属设备的抽查:这些附属设备若存在异常,如燃烧室变形、结焦、耐火层脱落,燃烧设备烧损、变形、开裂、磨损,吹灰器喷嘴异常,烟道破损等,均有可能降低锅炉热效率,或造成附近承压部件吹损、磨损、高温腐蚀等缺陷,影响锅炉的安全运行。

(4) 主要承载、支吊、固定件的抽查:包括锅炉的钢梁、立柱、大板梁、支吊架系统及固定、夹持等装置。钢梁、立柱、大板梁以及附梁或桁梁存在异常,将对锅炉的稳定性产生影响。支吊架系统包括炉顶支吊和管系支吊两大系统。炉顶支吊系统存在异常,将对锅炉的正常膨胀造成影响,导致局部高应力的出现,对设备的安全造成危害;管系支吊系统异常,将可能导致管系振动、偏斜、下沉和应力转移,极大地降低管系的使用寿命。

(5) 膨胀情况的抽查:锅炉膨胀不畅,将可能导致局部应力的升高,甚至撕裂炉膛,对锅炉的安全运行造成危害。

(6) 锅炉密封、绝热情况的抽查:密封、绝热存在异常如破损等,可能会诱发设备产生疲劳缺陷等。

9.4.7 外部检验内容

- (1) 审查上次检验发现问题的整改情况;
- (2) 核查锅炉使用登记及其作业人员资格;
- (3) 抽查锅炉安全管理制度及其执行见证资料;
- (4) 抽查锅炉本体及附属设备运转情况;
- (5) 抽查锅炉安全附件及联锁与保护投运情况;
- (6) 抽查水(介)质处理情况;
- (7) 抽查锅炉操作空间安全状况;
- (8) 审查锅炉事故应急专项预案。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《蒸规》第205条。

《蒸规》第205条 外部检验的重点是:

1. 锅炉房内各项制度是否齐全,司炉工人、水质化验人员是否持证上岗;
2. 锅炉周围的安全通道是否畅通,锅炉房内可见受压元件、管道、阀门有无变形、泄漏;
3. 安全附件是否灵敏、可靠,水位表、水表柱、安全阀、压力表等与锅炉本体连接通道有无堵塞;
4. 高低水位报警装置和低水位联锁保护装置动作是否灵敏、可靠;
5. 超压报警和超压联锁保护装置动作是否灵敏、可靠;
6. 点火程序和熄火保护装置是否灵敏、可靠;

7. 锅炉附属设备运转是否正常；

8. 锅炉水处理设备是否正常运转，水质化验指标是否符合标准要求。

• **条款解释：**本条款是对外部检验的工作内容进行的原则规定。

原规定比较具体，修改后的条款则是将锅炉外部检验工作的内容分为八大类进行原则规定，增加了上次检验发现问题的整改情况、锅炉使用登记情况、锅炉安全管理制度的执行情况、锅炉操作空间安全状况、锅炉事故应急专项预案的情况等方面的检验工作，更加全面。

(1) 上次检验发现问题整改情况的核查：主要检查锅炉使用单位是否已经按照相关要求进行了整改。

(2) 核查锅炉使用登记及其操作人员资格：主要检查锅炉使用单位是否按照相关法规的要求进行了锅炉使用登记，同时锅炉操作人员是否按照相关要求取得了相应资质。

(3) 抽查锅炉安全管理制度及其执行见证资料：对于锅炉的安全运行，检验只是手段之一，更重要的是锅炉的使用管理到位。其中，重点是锅炉使用单位各项安全管理制度的建立健全与执行落实情况。只要锅炉使用单位的各项安全管理制度健全且能够执行到位，锅炉的安全运行即可在很大程度上得到保障。所以，抽查锅炉安全管理制度及其执行见证资料是锅炉外部检验工作的重点之一。

(4) 抽查锅炉本体及附属设备运转情况：主要是指检查锅炉本体及附属设备可见部位是否有变形、泄漏、严重结焦、结渣、漏烟、异常振动等情况；支吊装置是否承力正常；运行是否正常，是否存在超温超压；锅炉膨胀是否正常等，对于预防事故的发生意义很大。

(5) 抽查锅炉安全附件及联锁与保护投运情况：安全附件是否正常，联锁与保护是否按照要求投运，关系到锅炉运行一旦发生异常能否保证不发生恶性事故，故也是锅炉外部检验的工作重点之一。

(6) 抽查水（介）质处理情况、抽查锅炉操作空间安全状况及审查锅炉事故应急专项预案：水（介）质处理情况的好坏，关系到锅炉部件的腐蚀，对锅炉的安全运行影响重大。锅炉操作空间是否安全涉及锅炉操作人员的安全与否，锅炉事故应急专项预案是否建立健全，关系到一旦发生锅炉事故，能否快速正确反应，避免二次事故的发生。故都是锅炉外部检验的内容之一。

9.4.8 锅炉外部检验时机

锅炉外部检验可能影响锅炉正常运行，检验检测机构应当事先同使用单位协商检验时间，在使用单位的运行操作配合下进行，并且不应当危及锅炉安全运行。

• **条款说明：**新增条款。

• **条款解释：**本条款说明外部检验时应注意的问题。

(1) 检验是为了安全，不能危及安全。例如，对锅炉低水位联锁保护，在外部检验时是不应当采用放水等错误方式来检查的。本条规定，外部检验时应注意不应当危及锅炉的安全运行。

(2) 外部检验包括对安全附件和联锁保护投运情况的抽查，这些项目会涉及一些设备操作。应当明确的是，检验由检验人员进行，但对设备的操作是锅炉使用单位的责任，故规定应在使用单位的运行操作配合下进行。

(3) 明确检验机构与锅炉使用单位间的职责，检验检测机构应当事先同使用单位协商检验时间，使用单位也有责任配合检验检测机构，从而使外部检验更加顺利。

9.4.9 水（耐）压试验

水（耐）压试验应当符合本规程第4章和第5章有关规定。

当实际使用的最高工作压力低于锅炉额定工作压力时，可以按照锅炉使用单位提供的最高工作压力确定试验压力；但是当锅炉使用单位需要提高锅炉使用压力（但不应当超过额定工作压力）时，应当按照提高后的工作压力重新确定试验压力进行水（耐）压试验。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第206、207、208条；《水规》第152、153、154条。

《蒸规》第206条 锅炉除一般六年进行一次水压试验外，锅炉受压元件经重大修理或改造后，也需要进行水压试验。

水压试验前应对锅炉进行内部检查，必要时还应进行强度核算。不得用水压试验的方法确定锅炉的工作压力。

《蒸规》第207条 水压试验压力应符合表10-1（略）的规定。

《蒸规》第208条 锅炉进行水压试验时，水压应缓慢地升降。当水压上升到工作压力时，应暂停升压，检查有无漏水或异常现象，然后再升压到试验压力。锅炉应试验压力下保持20分钟，然后降到工作压力进行检查。检查期间压力应保持不变。

水压试验应在周围气温高于5℃时进行，低于5℃时必须要有防冻措施。水压试验用的水应保持高于周围露点的温度以防锅炉表面结露，但也不宜温度过高以防止引起汽化和过大的温差应力，一般为20~70℃。

合金钢受压元件的水压试验水温应高于所用钢种的脆性转变温度。

奥氏体受压元件水压试验时，应控制水中的氯离子的质量浓度不超过25mg/L，如不能满足这一要求时，水压试验后应立即将水渍去除干净。

《水规》第152条 水压试验前，应进行内外部检验，如必要时还应作强度核算。不得用水压试验的方法确定锅炉的工作压力。

《水规》第153条 水压试验压力应符合表12-1的规定。

表 12-1 水压试验压力

名称	锅炉额定出水压力 P	试验压力
锅炉主体	$<0.6\text{MPa}$	$1.5p$ 但不小于 0.2MPa
锅炉本体	$0.6\text{MPa} \sim 1.2\text{MPa}$	$p+0.3\text{MPa}$
锅炉本体	$>1.2\text{MPa}$	$1.25p$
省煤器	任何压力	$1.25p+0.5\text{MPa}$

《水规》第154条 锅炉进行水压试验时，水压应缓慢地升降，当水压上升到额定出水压力时，应暂停升压，检查有无漏水或异常现象，然后再升压到试验压力。焊接的锅炉应在试验压力下保持5min，然后降到额定出水压力进行检查。检查期间压力应保持不变。

水压试验应在环境温度高于5℃时进行，否则必须有防冻措施。水压试验用的水应保持高于周围露点的温度，以防锅炉表面结露，但也不宜温度过高以防止引起汽化和过大的温差应力，一般为20~70℃。

• 条款解释：本条款是对水（耐）压试验的规定。

《蒸规》第206、207、208条和《水规》第152、153、154条关于水（耐）压试验的要

求已纳入本规程 4.5.6。关于锅炉整体水压试验时试验压力允许的压力降的要求已纳入本规程 5.2.6。

部分锅炉存在实际使用的最高工作压力低于锅炉额定工作压力的情况，尤其是锅炉处于一个工艺系统中时，锅炉的实际工作压力由工艺系统设计所决定，低于锅炉的额定工作压力。故增加特殊情况（即实际工作压力与额定工作压力不符）下进行水（耐）压试验的规定，更符合实际情况。

9.4.10 缺陷处理

检验过程中发现的缺陷，按照合于使用的原则进行处理：

（1）对缺陷进行分析，明确缺陷的性质，存在的位置，以及对锅炉安全经济运行的危害程度，以确定是否需要缺陷进行消除处理；

（2）对于重大缺陷的处理，使用单位应当组织进行安全评定或者专家论证，以确定缺陷的处理方式；如果需要改造和重大修理，应当按照本规程第 5 章有关规定进行。

• 条款说明：新增条款。

• 条款解释：本条款是对缺陷处理原则的规定。

由于现场情况比较复杂，缺陷的性质、存在的部位、返修处理的技术难度等均有较大差异，应该明确的是，不同的缺陷在保障锅炉安全运行的前提下应采用不同的处理方式，并不是所有缺陷均进行消除才是最安全、最经济、最合理的。例如，集中下降管管座角焊缝存在未熔合是比较常见的。按照相关要求，此缺陷为超标缺陷。但在役锅炉要消除此缺陷，需要考虑的因素就比较多了。比如挖除缺陷的难度、焊接预热时锅筒的预热、焊接难度（仰脸焊接）、热处理时锅筒加热方式的选择（要避免锅筒的加热变形、转向）等等，是否一定要消除此缺陷，应综合考虑，不能一概而论。故引入“合于使用”的概念，具体问题具体分析，对缺陷进行有针对性的处理，并对缺陷的处理程序及要求提出原则规定。

9.4.11 检验结论

9.4.11.1 内部、外部检验结论

（1）符合要求，未发现影响锅炉安全运行的问题或者对问题进行整改合格；

（2）基本符合要求，发现存在影响锅炉安全运行的问题，需要采取降低参数运行、缩短检验周期或者对主要问题加强监控等措施；

（3）不符合要求，发现存在影响锅炉安全运行的问题。

9.4.11.2 水（耐）压试验结论

（1）合格，符合本规程 4.5.6.4 的要求；

（2）不合格，不符合本规程 4.5.6.4 的要求。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 209 条、《水规》第 155 条。

《蒸规》第 209 条 锅炉进行水压试验，符合下列情况时为合格：

1. 在受压元件金属壁和焊缝上没有水珠和水雾；
2. 当降到工作压力后胀口处不滴水珠；
3. 水压试验后，没有发现残余变形。

《水规》第 155 条 锅炉进行水压试验，符合下列情况为合格：

- （1）在受压元件金属壁和焊缝上没有水珠和水雾；

- (2) 胀口处在降到额定出水压力后不滴水珠；
- (3) 铸铁锅炉锅片的密封处在降到额定出水压力后不滴水珠；
- (4) 水压试验后，无可见的残余变形。

• **条款解释：**本条款是关于内部检验、外部检验及水（耐）压试验结论的规定。

增加对内部检验、外部检验、水（耐）压试验的检验结论分类及依据的规定，使定期检验结论的规定更加规范。

本条款结合锅炉定期检验工作的原则定位，提出了内部检验、外部检验及水（耐）压试验的结论及依据规定。

应当明确的是，定期检验是按照安全技术规范对锅炉当时的安全状况进行符合性验证的活动，因此出具的报告结论应当是设备当前的安全状况符合、基本符合或不符合安全技术规范的判定。必须指出定期检验只是国家规定的保障锅炉安全运行的必要措施之一。锅炉能否安全运行受多方面的因素影响，仅靠定期检验就得出受检锅炉可以安全运行至下一次检验的结论是不全面的，设备使用单位才是保障锅炉安全运行的责任主体单位。使用单位应当根据检验单位的检验结论，采取相应的措施，及时消除安全隐患，保证锅炉安全运行。

第十章 热水锅炉及系统

一、本章结构及主要变化

本章共有5节，由“10.1 设计”、“10.2 排放装置”、“10.3 保护装置”、“10.4 热水系统”、“10.5 使用”组成，本章主要变化为：

- 锅炉超温报警装置的配置由原来的4.2MW放宽至7MW；
- 热水系统的要求直接引用GB 50041，不在本规程详细描述。

二、条款说明与解释

10.1 设计

(1) 锅炉的额定工作压力应当不低于额定出口水温加20℃相对应的饱和压力；

• 条款说明：修改条款。

原条款：《水规》第127条。

《水规》第127条 钢制锅炉的出水压力不应低于额定出口热水温度加20℃相应的饱和压力。

铸铁锅炉的出水压力不应低于额定出口热水温度加40℃相应的饱和压力。

• 条款解释：本条款是对热水锅炉限定欠热的规定。本条款是对《水规》第127条规定的修改，将“铸铁锅炉的出水压力不应低于额定出口热水温度加40℃相应的饱和压力。”移到本规程第十二章铸铁锅炉中。汽水性质决定饱和压力和饱和温度是相互对应的，例如压力为0.1MPa的饱和温度是120℃、压力为1.5MPa的饱和温度是200℃；但压力下降瞬间，温度来不及下降，必然产生汽化；热水锅炉的单一介质是热水。本条款主要是防止热水在锅炉本体和流入热水系统中产生汽化所作的规定。

(2) 锅炉的结构应当保证各循环回路的水循环正常，所有受热面应当得到可靠冷却并且能够防止汽化；

• 条款说明：修改条款。

原条款：《水规》第24、25条。

《水规》第24条（部分条款）（2）锅炉各部分受热面应得到可靠的冷却并防止汽化，炉膛内各受热面管的外径应大于38mm。

《水规》第25条 锅炉受热面有并联回路时，应合理地分配水流量、尽量减小各回路之间的出水温差。

• 条款解释：本条款是对热水锅炉要求水循环正常并防止汽化的规定。本条款对《水规》第24、25条的规定进行合并和修改，删除了“炉膛内各受热面的外径应大于38mm”和“应合理地分配水流量、尽量减小各回路之间的出水温差。”这些具体要求可由相应技术规范来确定。

保证各循环回路水循环正常是保证受热面得到可靠冷却的重要条件，而受热面的冷却主要取决于介质的流速和介质分配的均匀性。由于锅炉各环路进水量的分配与各环路受热面的吸热量不相适应，致使各环路的出水温度有差异。当此温度偏差相距较大时，较高水温的环

路就会出现局部汽化，流速不够，有的环路出现过冷沸腾。为减小这种温度偏差，就需要对各环路的进水量进行调节，使各环路之间的出水温度差一般不超过 10°C 。当锅炉水循环回路设计合理，有可靠的控制，各环路进水量分配适当时，各环路的出水温差控制在 10°C 以内是可以做到的。

(3) 锅壳式卧式外燃锅炉，设计、制造单位应当采取技术措施解决管板裂纹或者泄漏以及锅壳鼓包等问题。

• 条款说明：保留条款。

原条款：《水规》第26条（略）。

• 条款解释：本条款针对锅壳式卧式外燃热水锅炉炉型出现管板裂纹、泄漏、锅壳鼓包等问题应当采取技术措施的规定。锅壳式卧式外燃热水锅炉在历史上经常出现管板裂纹或泄漏及锅壳鼓包等问题，尤其是锅壳式卧式外燃蒸汽锅炉改为热水锅炉时为甚。锅壳式卧式外燃蒸汽锅炉改为热水锅炉在强度和承压能力上，应该是没有问题的，但是，由于在改造时，热水锅炉介质流动改变了原蒸汽锅炉的流动场，随之发生温度场的变化；改造后的热水锅炉在高温的管板处易形成交变的温度场，易发生管板裂纹或泄漏。热水系统的水循环在热水锅炉的锅壳处相对流速较低，易造成渣垢的沉积，受热负荷较强的锅壳底部传热不良，发生鼓包。针对以上问题，热水锅炉的设计、制造单位应该采取技术措施予以解决。

10.2 排放装置

(1) 锅炉的出水管一般设在锅炉最高处，在出水阀前出水管的最高处应当装设集气装置，每一个回路的最高处以及锅筒（锅壳）最高处或者出水管上都应当装设公称通径不小于20mm的排气阀，每台锅炉各回路最高处的排气管宜采用集中排列方式；

• 条款说明：保留条款。

原条款：《水规》第126条（略）。

• 条款解释：本条款是对热水锅炉的出水管、集气装置和排气阀的设置规定。

本条款规定热水锅炉的出水管一般应当设在锅炉最高处，是针对热水介质的特性所作的规定。集气装置应装设在出水阀和锅筒（集箱）之间的出水管最高处，其目的是便于气体汇集，保持热水在锅炉及其热水系统中为单一介质，防止和减少空气进热水系统而产生水击，影响取暖效果。气体的排放依靠排气阀，本规程规定热水锅炉“每一个回路的最高处以及锅筒（锅壳）最高处或出水管上都应装设公称通径不小于20mm的排气阀”，出水管上的排气阀可装设在集气装置上。“每台锅炉各回路最高处的排气管采用集中排列式”的规定，主要是针对手动排气阀，集中排列，便于锅炉操作人员操作。

(2) 锅筒（锅壳）最高处或者出水管上应当装设泄放管，其内径应当根据锅炉的额定热功率确定，并且不小于25mm；泄放管上应当装设泄放阀，锅炉正常运行时，泄放阀处于关闭状态；装设泄放阀的锅炉，其锅筒（锅壳）或者出水管上可以不装设排气阀；

• 条款说明：修改条款。

原条款：《水规》第126条。

《水规》第126条（部分条款） 在强制循环锅炉的锅筒最高处或出水管上应装设内径不

小于 25mm 的泄放管，管子上应装泄放阀。装设泄放阀的锅炉，锅筒或出水管上可不装设排气阀。

• **条款解释：**本条款是对热水锅炉装置泄放管和泄放阀的规定。本条款是对《水规》第 126 条部分规定的修改，增加了泄放管“其内径应当根据锅炉的额定热功率确定，应当不小于 25mm。”，比原规程“应装设内径不小于 25mm 的泄放管”的硬性规定表述更完整。

强制循环的锅炉在突然停泵（如突然停电）后，锅水停止循环容易产生汽化，从而造成水击或超压，危及锅炉安全。为防止循环水泵突然停止给水造成锅炉的压力和水温急剧上升，因此在这种锅炉的锅筒（集箱）最高处或出水管上应装设泄放管，以便于放汽、泄压。泄放阀应装在便于操作的位置，泄放管应通到安全地点，并可观察管口泄放情况，而不会被烫伤。当有紧急补水管时，如发生突然停泵，应当关闭锅炉进水阀和出水阀，打开泄放阀，开启紧急补水管上的阀门，排除蒸汽到出水为止；若没有紧急补水管，突然发生停泵，也应当迅速关闭锅炉出水阀，打开泄放阀，既可以防汽化，又可以泄压。至于泄放管的内径，可以根据锅炉的额定热功率确定，最小不得小于 25mm。当集气装置符合要求时，泄放管可以装在集气装置上，此时锅筒或出水管不需再装泄放管。若集气装置安装在出水阀外的最高处时，这时的集气装置的集气作用不仅是对热水锅炉的集气，同时也是对热水系统的相关部分进行集气。在此情况下，泄放管不应装在集气装置上，否则关闭出水阀，打开泄放阀时，放出的水是系统中的水而不是锅炉内汽化的水。

(3) 锅筒（锅壳）及每个循环回路下集箱的最低处应当装设排污阀或者放水阀。

• **条款说明：**修改条款。

原条款：《水规》第 115 条。

《水规》第 115 条 锅筒及每个回路下集箱的最低处都应装排污阀或放水阀。排污阀或放水阀宜采用闸阀或直流式截止阀。阀的公称通径为 20~65mm。卧式锅壳锅炉锅筒上的排污阀公称通径不得小于 40mm。

• **条款解释：**本条款是对热水锅炉设置排污阀或放水阀的规定。目的是满足锅炉排污和放水的需要。本条款是对《水规》第 115 条规定的修改，删除了“排污阀或放水阀宜采用闸阀或直流式截止阀。阀的公称通径为 20~65mm。卧式锅壳锅炉锅筒上的排污阀公称通径不得小于 40mm。”规定，可由相应技术规范来确定。

10.3 保护装置

(1) B 级锅炉及额定热功率大于或者等于 7MW 的 C 级锅炉，应当装设超温报警装置和联锁保护装置；

• **条款说明：**修改条款。

原条款：《水规》第 118、119、120 条。

《水规》第 118 条 额定出口热水温度高于或等于 120℃ 的锅炉以及额定出口热水温度低于 120℃ 但额定热功率大于或等于 4.2MW 的锅炉，应装设超温报警装置。

《水规》第 119 条 用煤粉、油或气体作燃料的锅炉，应装有下列功能的联锁装置：

- (1) 引风机断电时，自动切断全部送风和燃料供应；
- (2) 全部送风机断电时，自动切断全部燃料供应；
- (3) 燃油、燃气压力低于规定值时，自动切断燃油或燃气的供应；



(4) 锅炉压力降低到会发生汽化或水温升高超过了规定值时, 自动切断燃料供应;

(5) 循环水泵突然停止运转时, 自动切断燃料供应。

《水规》第 120 条 用煤粉、油或气体作燃料的锅炉, 应装设熄火保护装置, 并尽量装设点火程序控制装置。

• 条款解释: 本条款是对热水锅炉设置超温报警装置和联锁保护装置的规定。本条款是对《水规》第 118 条、第 119 条、第 120 条的规定修改和组合。条款内容删除了具体要求, 这些可由相应技术规范来确定。本规程规定的是最低要求, 相应技术规范可以高于本规程的规定, 但不能低于本规程的规定。

《水规》第 118 条规定: “额定出口热水温度高于或等于 120°C 的锅炉以及额定出口热水温度低于 120°C 但额定热功率大于或等于 4.2MW 的锅炉, 应装设超温报警装置”, 放宽改为 “B 级锅炉及额定热功率大于或者等于 7MW 的 C 级锅炉, 应当装设超温报警装置和联锁保护装置。” 主要是考虑到不宜强制要求小型低压热水锅炉装设超温报警装置和联锁保护装置。

(2) 层燃锅炉应当装设当锅炉的压力降低到会发生汽化或者水温超过了规定值以及循环水泵突然停止运转时, 能够自动切断鼓、引风的装置。

• 条款说明: 保留条款。

原条款: 《水规》第 121 条 (略)。

• 条款解释: 本条款是对层燃热水锅炉设置自动切断鼓、引风的装置的规定。将 “宜设有” 改为 “应当装设”; 层燃锅炉由于发生事故 (会汽化)、循环水泵停止工作、锅炉内水的流动速度降低、炉膛蓄热量大, 就会使高温受热面的工质由于炉膛、炉内燃料层和炉拱等的热容量而发生汽化, 造成受热而金属过热损坏。对循环水泵设置在锅炉入口的强制循环高温水锅炉, 由于停泵、锅炉出口压头突然降低引发炉水沸腾, 发生这种事故的危险性更大。避免发生事故扩大的主要措施之一是立即停止鼓、引风机。

10.4 热水系统

热水系统的设计应符合 GB 50411《锅炉房设计规范》的规定, 并且满足以下要求:

(1) 在热水系统的最高处及容易集气的位置应当装设集气装置, 并且有可靠的定压措施和循环水的膨胀装置:

• 条款说明: 修改条款。

原条款: 《水规》第 128、129、130 条。

《水规》第 128 条 热水系统应根据 GBJ 41《锅炉房设计规范》的规定进行设计, 管道安装应符合 GBJ 235《工业管道工程施工及验收规范 (金属管道篇)》及 GBJ 242《采暖与卫生工程施工及验收规范》的规定。

《水规》第 129 条 在热水系统的最高处及容易集气的位置上应装设集气装置。

《水规》第 130 条 热水循环系统必须有可靠的定压措施和循环水的膨胀装置。

采用高位水箱作定压装置时, 应符合下列要求:

(1) 高位水箱的最低水位应高于热水系统最高点 1m 以上, 并满足使系统不汽化的要求;

(2) 设置在露天的高位水箱及其管道应有防冻措施;

(3) 高位膨胀水箱的膨胀管上不应装设阀门;

(4) 高位补给水箱与系统连接的管道上应装设止回阀, 系统中应有泄压装置。

采用气体加压罐作定压装置时: 应符合下列要求:

(1) 气体加压罐上应装设压力表;

(2) 气体加压罐内的压力应保证系统不汽化;

(3) 当采用不带隔膜的气体加压罐时, 加压介质宜采用氮气或蒸汽, 不应采用空气。

采用补给水泵作定压装置时, 应符合下列要求:

(1) 系统中应有膨胀水箱或泄压装置;

(2) 间歇补水时, 补给水泵停止运行期间, 热水系统的压力降不得导致系统汽化。

• **条款解释:** 本条款是对与锅炉密切相关的热水系统安全的原则要求, 对热水系统的设计、集气装置、定压措施和热水膨胀装置提出的规定。该条款是对《水规》第 128 条、第 129 条、第 130 条的规定修改和组合。删除了具体要求和安装要求, 系统的具体要求直接应用了 GB 50041《锅炉房设计规范》, 管道安装的要求在本规程第 5 章里已有相应规定。

“在热水系统的最高处及容易集气的位置上应装设集气装置”。此条款是对热水系统装设集气装置的规定。由于各种原因例如系统缺水、倒空、带气上水、汽化等易使空气留在系统中, 如果不及时排出, 热水系统就会形成两相介质, 影响供热, 甚至会发生水冲击现象, 酿成事故。因此热水系统最高处和容易集气位置应装设集气装置。

“热水系统应当有可靠的定压措施”包括: 定压点的位置和定压方式两个方面。

(1) 定压点的位置选择要: 安全可靠, 经济运行。安全可靠: 就是保证热水系统不汽化、整个系统要满水、保证承压的散热器不破坏; 经济运行: 就是电动机的功率相对较小。一般来说, 定压点在循环泵的入口处, 不运行时, 系统压力较低; 运行时, 系统压力较高。定压点在循环泵的出口处 (或在锅炉出口处), 不运行时, 系统压力较高; 运行时, 系统压力较低。

(2) 定压方式, 有: 膨胀水箱定压、自来水定压、泵定压、氮气定压 (或空气定压)、蒸汽定压等。

“循环水的膨胀装置”。因为热水水温升高时, 系统中的水将因受热而膨胀, 其膨胀量如下:

$$\Delta V = \alpha V \Delta t$$

式中 ΔV ——水的膨胀量, m^3 ;

α ——水的体积膨胀系数, $\alpha = 0.0006$;

Δt ——水温升高值, $^{\circ}\text{C}$;

V ——系统内的水容量, m^3 。

针对循环热水受热膨胀问题, 需要用膨胀装置来解决热水膨胀后的体积增加, 否则会发生锅炉和热水系统超压事故。膨胀装置一般来讲, 对低温热水采暖系统, 常用开口膨胀水箱; 对大型高温热水采暖系统, 常用有压的闭式膨胀水箱或其他释放膨胀水的方式, 降低水箱安装高度。

(2) 热水系统应当装设自动补给水装置, 并且在锅炉操作人员便于操作的地点装设手动控制补给水装置;

- 条款说明：修改条款。

原条款：《水规》第 131 条。

《水规》第 131 条 热水系统应装自动补给水装置，并在司炉（司泵）操作地点装有手动控制补给水装置。

• 条款解释：本条款是对热水系统应装自动补给水装置的规定。该条款仅对《水规》第 131 条规定进行了文字修改，加了“人员”字样，以理顺条文，主体内容未发生改变。

自动补给水装置应针对如下三方面进行配置：补水量、补给水泵的扬程和补水点位置。

(1) 补水量取决于热水系统的小时泄水量和事故补水，正常为系统容水量的 1%，补水泵的流量一般取补水量的 4~5 倍。

(2) 补给水泵的扬程取决于定压的位置，其值仅和系统的地形高度、建筑物的高度、供水温度 [即该温度下的汽化压力 (应计入 20℃ 的欠热)] 有关，与系统的流动阻力无关。

(3) 补水点的位置，一般在循环泵的入口处。为了防止自动补水装置失灵，在锅炉操作人员操作的地点应装有手动控制的补给水装置。

(3) 强制循环热水系统至少有 2 台循环水泵，在其中一台停止运行时，其余水泵总流量应当满足最大循环水量的需要；

- 条款说明：保留条款。

原条款：《水规》第 132 条 (略)。

• 条款解释：本条款是对热水锅炉系统配置循环水泵数量的规定。

选用热水系统的循环水泵应考虑循环水泵的流量、水泵扬程、水泵的特性曲线。

(1) 循环水泵的流量与热水锅炉供热量、供回水温差有关；

(2) 循环水泵的扬程只和系统的阻力 (即：锅炉房内部阻力、管网阻力、用户内部系统阻力) 有关；

(3) 循环水泵选型，一般希望循环水泵的流量变动很大时，压力变化比较小 (如压力变化很大，不安全，易造成最后用户的压头和流量的下降)。因此，循环水泵选型时，应选用具有平坦的流量-压力 ($G-H$) 特性曲线的水泵。为确保强制循环热水系统的安全性，循环水泵至少有两台，即须有备用泵，在其中一台因各种原因停止运行时，其余水泵总流量应满足最大循环水量的需要。

(4) 在循环水泵前后管路之间应当装设带有止回阀的旁通管，或者采取其他防止突然停泵发生水击的措施；

- 条款说明：修改条款。

原条款：《水规》第 132 条。

《水规》第 132 条 (部分条款) ……在循环水泵前后的管路之间应安装一根带有止回阀的旁通管，以防止突然停泵发生水击。

• 条款解释：本条款是对与锅炉安全相关的循环水泵应有防止突然停泵发生水击措施的规定。本条款是对《水规》第 132 条部分内容规定的修改，增加了“或者采取其他……措施”的规定。

循环水泵因突然停电而停泵时，由于流体在循环管中突然受阻，使流体的动能转变为压力能，水泵吸水管路中水压急剧增高，产生了水击现象。如无预防措施，强烈的水击波通过回水管迅速传给热用户，就要发生散热器破裂事故。

水击力的大小与系统的水容量、流速的大小以及循环水泵停止转动的时间长短有关。水容量愈大、流速愈大，水泵停止转动的时间愈短，则水击力愈大。

防止水击的方法是在循环水泵的压水管路和吸水管路之间连接一根旁路管，并在管上装有逆止阀。旁通管的管径愈大，对减小水击力愈有利。旁通管的管径一般与回水总管的管径相同。逆止阀宜选用阻力较小的，有利于减小水击力。这种装置避免了流体的动能转变为压力能，防止了事故的发生。当然这不是唯一方法，也可采用其他措施来防止水击的发生。

(5) 热水系统的回水干管上应当装设除污器，除污器应当安装在便于操作的位置，并且应当定期清理。

• 条款说明：保留条款。

原条款：《水规》第 133 条（略）。

• 条款解释：本条款是对热水锅炉系统的回水干管上应装设除污器的规定。本条款伴随着我国蒸汽锅炉改为热水锅炉、热水锅炉产品问世和发展的历史过程，是《水规》83 版、91 版、97 版的修订，都保留的老条款。热水锅炉系统的回水干管是热水系统压力最低处，流动截面积较大，利于热水系统循环水中杂质的沉淀和溶解气体的分离。除污器设置在此处，清除循环水中的杂质、铁锈，确保热水系统循环水的安全循环。

10.5 使用

10.5.1 锅炉运行顺序

锅炉投入运行时，应当先开动循环泵，待供热系统水循环正常后，才能提高炉温。停炉时不应当立即停泵，待锅炉出口水温降到 50℃ 以下时，才能停泵。如果锅炉发生汽化需要重新启动时，启动前应当先放汽补水，然后再启动循环水泵。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《水规》第 145 条。

《水规》第 145 条 锅炉投入运行时，应先开动循环泵，待供热系统循环水循环后才能提高炉温。停炉时，不得立即停泵，只有锅炉出口水温降到 50℃ 以下时才能停泵。

若锅炉发生汽化后再启动时，启动前须先补水放汽，然后再开动循环泵。

• 条款解释：本条款是对热水锅炉启动操作的规定。本条款对《水规》第 145 条的个别文字做了修改，以利表述清晰，主体内容未发生变化。

热水锅炉投运前，应先开动循环水泵，使系统水循环正常后才能提高炉温，使水温逐渐提高。否则先提高炉温再开泵，水温有高有低，容易产生热疲劳，造成散热器和管道泄漏。停炉时不能立即停泵，只有待锅水温度降到 50℃ 以下时再停泵，是为了防止炉膛蓄热造成局部锅水汽化。

如果锅炉发生汽化需要重新启动时，启动前须重新补水放汽，然后再开动循环水泵，否则会把蒸汽送入管道中产生水冲击现象。

10.5.2 停电保护

锅炉使用单位应当制定突然停电时防止锅水汽化的保护措施。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《水规》第 142、143 条。

《水规》第 142 条 额定出口热水温度高于或等于 120℃ 的锅炉，为了防止突然停电时产生汽化，应有可靠的定压装置或可靠的电源（备用电源或双路电源等）。

《水规》第 143 条 使用锅炉的单位应制订突然停电时的操作方法和程序，并使司炉掌握。

• 条款解释：本条款是对热水锅炉应有防止汽化措施和建立突然停电的操作方法和程序的规定。本条款是对《水规》第 142 条、第 143 条规定的修改和组合，删除了具体措施，可由相应技术规范来确定。

热水锅炉防止汽化的措施，包括：有可靠的定压装置、可靠的电源（备用电源或双路电源等）、在锅炉出口与截止阀之间应装有泄放管 and 泄放阀、装置安全阀等。

停电后操作一般有：停炉（停鼓、引风机）、降温措施（如：通入自来水、使锅炉炉内产生循环、降炉温）、不能立即停泵（以防止停泵后的汽化）、不允许排污（防止排污时，失压，产生汽化）等。应制订相应的操作方法和程序。

10.5.3 锅炉排污

锅炉排污的时间间隔及排污量应当根据运行情况及水质化验报告确定。排污时应当监视锅炉压力以防止产生汽化。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《水规》第 148 条。

《水规》第 148 条 使用锅炉的单位应认真执行排污制度。排污的时间间隔及排污量应根据运行情况及水质化验报告确定。排污时应监视锅炉压力以防止产生汽化。当锅水温度低于 100℃ 时，才能进行排污。

• 条款解释：本条款是对热水锅炉排污操作的规定。本条款修改中，删除了“使用锅炉的单位应认真执行排污制度”的规定，这些内容已在本规程第九章使用管理中作了规定。

排污要求有针对性，避免盲目排污造成能源浪费，但有污垢不排易使锅炉损坏而发生事故。排污的时间间隔及排污量应根据运行情况及水质化验报告确定。排污时应监视锅炉压力以防止产生汽化。当锅水温度低于 100℃ 时，才能进行排污。当锅水温度大于 100℃ 时，锅炉因排污而失压，炉水与大气相通易产生汽化，可能发生汽、水撞击。

10.5.4 锅炉需要立即停炉情况

锅炉运行中遇有下列情况之一时，应当立即停炉：

- (1) 水循环不良，或者锅炉出口水温上升到与出水压力相对应的饱和温度之差小于 20℃；
- (2) 锅水温度急剧上升失去控制；
- (3) 循环水泵或者补水泵全部失效；
- (4) 补水泵不断给系统补水，锅炉压力仍继续下降；
- (5) 压力表或者安全阀全部失效；
- (6) 锅炉元（部）件损坏，危及锅炉运行操作人员安全；
- (7) 燃烧设备损坏、炉墙倒塌、或者锅炉构架被烧红等，严重威胁锅炉安全运行；
- (8) 其他危及锅炉安全运行的异常情况。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《水规》第 141 条。

《水规》第 141 条 锅炉运行中，遇有下列情况之一时，应立即停炉；

(1) 因水循环不良造成锅水汽化，或锅炉出口热水温度上升到与出水压力下相应饱和温度的差小于 20℃（铸铁锅炉 40℃）时；

(2) 锅水温度急剧上升失去控制时；

(3) 循环泵或补给水泵全部失效时；

(4) 压力表或安全阀全部失效时；

(5) 锅炉元件损坏，危及运行人员安全时；

(6) 补给水泵不断给锅炉补水，锅炉压力仍然继续下降时；

(7) 燃烧设备损坏、炉墙倒塌或锅炉构架被烧红等，严重威胁锅炉安全运行时；

(8) 其他异常运行情况，且超过安全运行允许范围。

• **条款解释：**本条款是对热水锅炉发生本条文中列举的情况时应立即停炉的规定。本条款是对《水规》第 141 条规定的文字的修改，将“铸铁锅炉 40℃”转列入本规程第十二章铸铁锅炉中予以规定；对个别分条款的顺序进行了调整，对个别文字进行了修改以利表述清晰，主体内容未发生变化。对容易发生锅炉重大事故的上述七种情况和其他异常情况都规定了紧急停炉。

第十一章 有机热载体锅炉及系统

一、本章结构及主要变化

本章共有5节，由“11.1 有机热载体”、“11.2 锅炉”、“11.3 安全附件和仪表”、“11.4 辅助设备及系统”、“11.5 使用管理”组成。本章的主要变化为：

- 增加和修改了关于有机热载体产品质量、型式试验的要求，以及选择和使用条件的规定；
- 增加了有机热载体锅炉的最高允许液膜温度规定及计算；
- 增加了有机热载体系统设计型式的规定；
- 增加了对有机热载体循环泵结构型式和冷却方式，以及供电保障条件的要求；
- 增加了在系统运行条件下向系统内补充有机热载体的有关技术要求。

二、条款说明与解释

11.1 有机热载体

11.1.1 最高允许使用温度和产品型式试验

有机热载体产品的最高允许使用温度应当依据其热稳定性确定，其热稳定性应当按照 GB/T 23800《有机热载体热稳定性测定法》规定的方法测定。

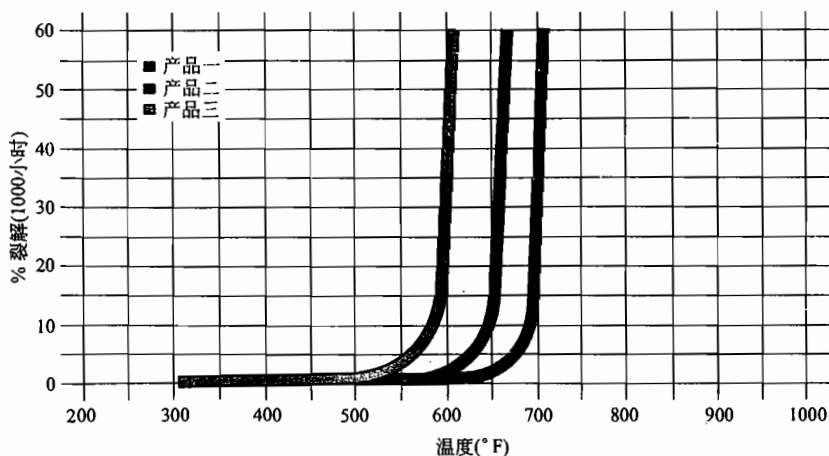
有机热载体产品质量应当符合 GB 23971《有机热载体》的规定，并且通过产品型式试验，型式试验按照《锅炉水（介）质处理监督管理规则》（TSG G5001）的要求进行。

• 条款说明：新增条款。

• 条款解释：本条款是对有机热载体产品热稳定性测定及其最高允许使用温度确定和产品质量要求的规定。

热稳定性是有机热载体在高温条件下抵抗化学分解的能力。有机热载体的热稳定性测定结果是确定其最高允许使用温度的唯一科学依据。有机热载体在高温条件下长期工作运行，其性能和质量的变化速度和变质率与其热稳定性及最高工作温度直接相关。有机热载体的最高工作温度是在其最高允许使用温度基础上确定的，故该温度应受到相关安全条件的限制（见释图 11-1）。

裂解与温度曲线



释图 11-1 有机热载体使用温度与其变质率的关系

GB/T 23800《有机热载体热稳定性测定法》是2009年由国家质检总局发布的关于有机热载体产品热稳定性测定方法的中华人民共和国技术标准。该标准的内容主要涉及未使用过的有机热载体产品热稳定性测定的试验方法及要求,该标准等效采用德国工业标准 DIN 51528 “HEAT TRANSFER FLUIDS-DETERMINATION OF THERMAL STABILITY”。

有机热载体与水作为传热介质在锅炉中使用时,二者之间在化学及物理性质、工作特性、安全特性和操作条件方面存在差异,这些差异以及所选用有机热载体的特性参数和质量对于锅炉及系统的设计、制造、安装和安全使用至关重要,是工程设计的安全技术基础依据和系统操作的安全运行基本条件。根据锅炉用有机热载体产品的特性和质量与安全运行之间的关系,本条款明确该类产品的特性和质量是通过对产品进行型式试验的方式进行评价,其中产品的温度特性,即产品最高允许使用温度,应当通过有机热载体热稳定性测定法进行确定。产品特性和质量应当符合 GB 23971《有机热载体》的具体规定。

GB 23971《有机热载体》是2009年由国家质检总局发布的有关有机热载体产品质量的中华人民共和国强制性技术标准。该标准的内容主要涉及未使用过的有机热载体产品的质量指标及其试验方法,和要求采用有机热载体产品型式试验的方法对其产品特性和质量进行评价。该标准修改采用德国工业标准 DIN 51522 “HEAT TRANSFER FLUIDS-REQUIREMENTS AND TESTING”。

本条款还明确了有机热载体产品型式试验的监督管理规则。目前,中国锅炉水处理协会已对国内外主要有有机热载体产品进行了型式试验。

11.1.2 选择和使用条件

有机热载体产品的选择和使用应当符合 GB 24747《有机热载体安全技术条件》的规定。未采取有效和可靠的防泄漏安全措施时,有机热载体不应当直接用于加热或者冷却具有氧化作用的化学品。在用有机热载体每年至少取样检验一次。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《有机规》第31条。

《有机规》第31条 使用中的有机热载体每年应对其残碳、酸值、粘度、闪点进行分析,当有两项分析不合格或热载体分解成份的含量超过10%时,应更换热载体或对热载体进行再生。

• 条款解释:本条款规定了正确选择和安全使用有机热载体产品的条件。

对有机热载体的选择和使用原则进行了修订,引入了 GB 24747《有机热载体安全技术条件》,同时要求在用有机热载体每年至少取样检验一次。

不同化学性质的有机热载体具有不同的热稳定性和物理性质,不同的工艺和设备及系统具有不同的设计及操作条件和要求,正确地选择有机热载体即是实现工艺目的和在安全、经济、节能及环保的基础上维持设备和系统长期稳定运行的前提条件。

同时,本条款对有机热载体加热技术应用的安全适用条件做出了规定。有机热载体为碳氢化合物,属于可燃或易燃物质,当其作为传热介质用于加热或冷却具有氧化作用的工艺介质时,在设备内部发生泄漏的情况下,可能会导致设备内部发生燃烧或爆炸,除非已经采取了有效和可靠的防泄漏安全措施,在正常情况下不宜采用有机热载体作为传热介质直接通过换热设备对具有氧化作用的化学品进行加热或冷却。闭口闪点低于60℃的有机热载体只能在按照易燃危险品条件设计的系统内使用。

在高温工作条件下,有机热载体在使用过程中因不同原因的影响会导致其品质发生变

化。当系统内有机热载体的变质物累积到一定数量,或变质物对在用有机热载体质量影响达到一定程度,继续使用就会致使传热恶化,引发设备和系统的安全事故。本条款明确在用有机热载体应当定期取样检验,其质量指标和使用条件应当符合 GB 24747《有机热载体安全技术条件》的具体规定。该标准对在用有机热载体的质量问题处置原则、变质油品的更换和回收处理要求及条件也做出了相关规定。

GB24747《有机热载体安全技术条件》是2009年由国家质检总局颁布的关于有机热载体安全使用要求方面的中华人民共和国强制性技术标准,该标准的内容主要涉及未使用的有机热载体产品的质量监督管理、在用有机热载体的质量指标及其试验方法,和有机热载体质量安全问题的处置规定。该标准修改采用德国工业标准 DIN 51529“HEAT TRANSFER FLUIDS IN USE-TESTING AND EVALUATION”。

11.1.3 不同有机热载体的混合使用

不同化学组成的气相有机热载体不应当混合使用,气相有机热载体不应当与液相有机热载体混合使用,合成型液相有机热载体不宜与矿物型有机热载体混合使用。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《有机规》第30条。

《有机规》第30条 有机热载体必须经过脱水后方可使用。不同的有机热载体不宜混合使用。需要混合使用时,混用前应由有机热载体生产单位提供混用条件和要求。

• 条款解释:本条款规定了几种不允许混用的情况。是对《有机规》原有条款的规定加以修改,并对所限制条件予以明确。修改理由如下:

具有沸点或共沸点的合成型有机热载体可以在气相条件下使用,被称为气相有机热载体。具有一定馏程范围的合成型有机热载体和矿物型有机热载体只能在液相条件下使用,被称为液相有机热载体。

不同化学组成的气相有机热载体各自具有不同的沸点或共沸点。将不同化学组成的有机热载体混用,会使混合后的有机热载体蒸发条件发生改变,可能导致锅炉无法正常操作,或造成混合前后的有机热载体的蒸气饱和温度与其饱和压力不一致,甚至会发生锅炉及系统操作安全问题。

气相有机热载体和液相有机热载体在化学和物理性质上有明显的差别,尤其是在可挥发性、饱和温度和饱和压力方面。为此,使用不同类别的有机热载体,其设备和系统设计条件是不同的,其操作条件也是不同的。气相有机热载体与液相有机热载体混用,对于气相有机热载体系统而言,可能会造成混合前后有机热载体蒸气的饱和温度与其饱和压力的一致,对于液相有机热载体系统而言,则会造成系统内蒸气压过高。这两种情况都会引发锅炉及系统的操作安全问题。

以石油基矿物型基础油为原料生产的有机热载体被称为矿物型有机热载体。由化学合成工艺制成的物质或其衍生物生产的有机热载体被称为合成型有机热载体。矿物型和合成型有机热载体属于两类不同化学性质的有机热载体。

在二者混用的条件下存在技术和经济两个方面的问题。从技术方面说,首先需要明确被混用的有机热载体在高温条件下是否会发生化学反应或物性参数变化导致锅炉运行条件与设计条件不符。此外,由于矿物型有机热载体组分混杂,在使用混合后的在用有机热载体过程中,无法通过现有质量检验手段及评价标准,有效监测其化学组分或某一个特定物性参数的变化程度,难以正确评定其品质变化的状况。从经济方面说,矿物型有机热载体因其组分混杂而不适宜通过回收处理方法改善在用油品的品质,而合成型有机热载体具有明确的化学组

分和一致的物理性质，故对大多数发生质量变化的合成型在用有机热载体，一般适合利用简单的处理方法进行回收处理，以达到有效改善其品质，提高其使用安全性和延长其使用寿命的目的，同时也增加了合成型有机热载体的使用经济性。但二者混合后将会使合成型有机热载体完全失去回收处理的可能性，故而会造成经济损失和资源浪费。

11.1.4 最高工作温度

有机热载体的最高工作温度不应当高于其自燃点温度，并且至少低于其最高允许使用温度 10°C 。燃煤锅炉或者炉膛辐射受热面平均热流密度大于 $0.05\text{MW}/\text{m}^2$ 的锅炉，有机热载体的最高工作温度应当低于其最高允许使用温度 20°C 。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《有机规》第12条。

《有机规》第12条 有机热载体炉设计和运行时，有机热载体炉出口处有机热载体的温度不得超过有机热载体最高使用温度。

• 条款解释：本条款明确了有机热载体最高工作温度与其自燃点之间的关系，同时也规定了在有机热载体的最高允许使用温度和最高工作温度之间，应当保留一个适当的温度安全裕量。本条款前半部分为新增条款，后半部分为修改条款。

有机热载体的最高工作温度与其自燃点之间的温差与系统的操作安全性直接相关。如果有有机热载体的工作温度高于其自燃点，在系统运行中发生泄漏的时候，泄漏出来的有机热载体容易发生自燃并可能引发火灾。反之，则能降低有机热载体泄漏后引发火灾的可能性。

有机热载体的最高允许使用温度是为了测定其热稳定性，在试验条件下确定的最高测试温度，而最高工作温度是其在实际使用中可能发生的真实操作温度。根据最高工作温度正确选择有机热载体，是保证锅炉及系统设计可靠性和运行安全性的基础，也是影响有机热载体使用寿命的关键条件。在实际生产操作中，由于工艺和操作条件的变化，或者在设计、制造及安装方面存在的缺陷，都能够使有机热载体的工作温度发生改变，甚至造成其过热超温，故选择有机热载体时应当对其预留适当的温度安全裕量。有机热载体的最高工作温度应当低于其最高允许使用温度，二者之间的温差即为有机热载体的温度安全裕量。

有机热载体的热稳定性试验数据证明，其工作温度每上升 10°C ，由于热裂解原因造成的有机热载体变质率会在其原有变质率的基础上增加1倍。为此，对于已确定热稳定性的有机热载体，当其在不同热流密度的传热条件下工作时，应当根据所承受最大热流密度的情况，对有机热载体的最高工作温度预留不等量的温度安全裕量，以确保其在长期高温工作条件下的安全性。根据良好的工程经验，在辐射受热面平均热流密度低于 $0.05\text{MW}/\text{m}^2$ 的情况下，将有机热载体的温度安全裕量确定在 10°C 以上是相对安全的，而且是合理和经济的。对于燃煤锅炉及炉膛辐射受热面平均热流密度大于 $0.05\text{MW}/\text{m}^2$ 的情况，由于燃料的燃烧特点及锅炉结构布置的限制，使得炉膛辐射受热面的热偏差较大，造成锅炉内有机热载体温度分布不均匀，因此此类锅炉的有机热载体的温度安全裕量应当增加至 20°C 以上。与此同时，还应当该校核该条件下锅炉最高计算液膜温度能否满足不高于所选用有机热载体最高允许液膜温度的限制条件。

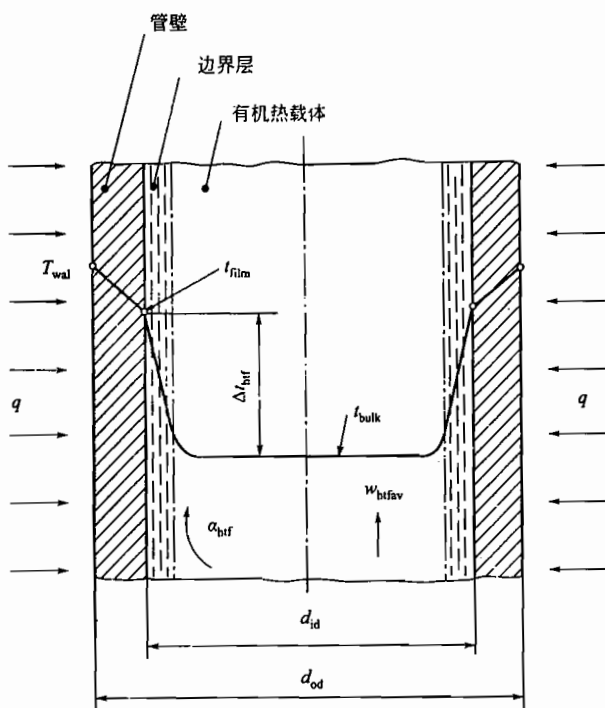
11.1.5 最高允许液膜温度

有机热载体的最高允许使用温度小于或者等于 320°C 时，其最高允许液膜温度应当不高于最高允许使用温度加 20°C 。有机热载体的最高允许使用温度高于 320°C 时，其最高允许液膜温度应当不高于最高允许使用温度加 30°C 。

• 条款说明：新增条款。

• 条款解释：本条款规定了有机热载体最高允许液膜温度和最高允许使用温度之间的关系，明确了确定最高允许液膜温度的限制条件。

依据传热学和流体力学理论，流体在对流换热过程中与金属表面摩擦会存在传热流体的边界层。边界层内存在一个温度梯度，边界层内紧贴金属表面的流体流速最低，温度最高，其温度称为液膜温度，传热介质的液膜温度高于主流体温度（见释图 11-2）。如果液膜温度过高，对于有机热载体而言，边界层内有机热载体的热裂解率就会过高；对于锅炉而言，炉管受热面就会因有机热载体裂解后结焦导致金属过热。因而在锅炉设计中，应确定并计算出最高液膜温度产生的地方和数值，其中边界层中最高液膜温度将存在于受热面上热流密度最大处或传热介质流动中雷诺数（ Re ）最小处，雷诺数与几何尺寸、流体流速等有关。为了将锅炉受热面上有机热载体边界层内的最高温度控制在一个相对安全并且使其变质率处于可以被接受的条件下，就需要对有机热载体的最高允许液膜温度进行确定。



释图 11-2 炉管及管内有机热载体温度分布图

注：图中符号可参见本书的附件二“火焰直接加热有机热载体锅炉最高液膜温度计算方法”中的符号定义。

最高允许液膜温度高于有机热载体的最高允许使用温度，在此温度条件下有机热载体承受最大的热应力作用并存在一个极高的变质率，是极少量的有机热载体被允许在短时间内承受的最高温度。故该温度是一个与有机热载体选择合理性和锅炉设计安全性相关的重要限制温度，也是锅炉内任何一处有机热载体都不允许超过的极限温度。

为了避免锅炉运行中出现超出所选用有机热载体最高允许液膜温度的情况，在锅炉设计中应当采用所选用有机热载体的热物性参数进行热力计算，并保证在设计条件下，该锅炉内的最大热流密度处以及 Re 数最小处的计算液膜温度不应大于该有机热载体的最高允许液膜

温度。

有机热载体的最高允许使用温度是通过其热稳定性试验确定的，但其最高允许液膜温度目前尚不能直接通过试验的方法确定。通常是依据有机热载体的化学性质和热稳定性条件所确定的。依据 GB23971《有机热载体》和 GB23800《有机热载体热稳定性测定法》中对不同类型有机热载体热稳定性测定的有关规定，对于最高允许使用温度为 330℃ 及以上的有机热载体（L-QD 类型），其热稳定性测定试验要求的样品受热试验时间为 1000 小时；对于最高允许使用温度为 320℃ 及以下的有机热载体（L-QB 和 L-QC 类型），其热稳定性测定试验要求的样品受热试验时间为 720 小时，即不同类别的有机热载体在热稳定性试验中被要求的受热时间相差 280 小时。尽管二者受热试验的时间不同，但根据该标准的规定，对于上述不同类别有机热载体的热稳定性评定条件是完全相同的，即按照其变质率不大于 10% 的指标进行评定。从试验条件和结果分析，在热稳定性试验中有机热载体受热的温度越高和受热的时间越长，被测试样品的变质率会越大，而在其变质率相同的条件下，能够承受更高温度或更长加热时间的有机热载体会具有更高的热稳定性。在二者的试验温度相差 10℃ 以上的情况下，L-QD 类有机热载体的受热试验时间还要比 L-QB 和 L-QC 增加了 280 小时，在此条件下，对二者进行比较，可以看出 L-QD 类的热稳定性是明显高于 L-QB 和 L-QC 类，故其最高允许液膜温度也应该是高于后者的。

此外，通过对国外主要有机热载体品牌中上百个产品的最高允许液膜温度数据统计，经分类整理所得数据具有一定的规律性，即约 80% 以上的矿物型有机热载体产品具有高于其最高允许使用温度 20℃ 的最高允许液膜温度，这些产品的最高允许使用温度一般不超过 300℃。此外，约有 70% 以上的合成型有机热载体产品具有高于其最高允许使用温度 30℃ 的最高允许液膜温度。这些产品的最高允许使用温度一般超过 320℃。依据上述国外产品最高允许液膜温度统计数据的规律，并对国内市场上有机热载体产品状况进行分析，可以确定市场上销售的最高允许使用温度在 310℃ 及以下的产品主要为国产矿物型有机热载体，只有少量合成型产品。市场上销售的最高允许使用温度在 310~320℃ 之间的产品很少，而且多数为合成型产品。而市场上销售的最高允许使用温度超过 320℃ 的产品全部为合成型有机热载体，其几乎全部来自国外品牌并已由生产商给定其最高允许液膜温度，所给定的最高允许液膜温度数据符合不超出其最高允许使用温度 30℃ 的规定。

基于对上述两个情况的统计分析结果，做出了本条款之规定。针对某一种有机热载体产品的最高允许液膜温度，应该由有机热载体生产商根据其产品的化学组成及其热稳定性情况具体确定，但所确定的最高液膜温度应当符合本条款的规定。

11.2 锅炉

11.2.1 锅炉及其附属容器的设计压力

(1) 锅炉的设计计算压力取锅炉的额定工作压力加 0.3MPa，并且对于火焰加热的锅炉，其设计计算压力应当不低于 1.0MPa；对于电加热及余（废）热锅炉，其设计计算压力应当不低于 0.6MPa。

(2) 有机热载体系统中的非承压容器的最小设计计算压力应当为 0.2MPa，承压容器的设计计算压力至少应当为其额定工作压力加 0.2MPa。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《有机规》第 5 条。

《有机规》第5条 有机热载体炉的强度应按照《水管锅炉受压元件强度计算》标准、《锅壳式锅炉受压元件强度计算》标准进行计算，其设计计算压力应为工作压力加0.3MPa，且不低于0.59MPa。

• 条款解释：本条款规定了锅炉及系统内其他受压容器和非承压容器设计计算压力的确定条件。省略锅炉强度计算标准名称，规定不同条件锅炉及容器的设计压力要求，并修改最低设计计算压力值。

德国工业标准 DIN4754 中条款 3.2.1 及特别说明规定，“火焰加热的有机热载体锅炉最小设计压力应为 1.0MPa；所有其他有机热载体锅炉和容器（包括直接与大气相通的容器）最小设计压力应为 0.2MPa，除非系统设计要求更高的工作压力”。即该标准规定了直接受火加热有机热载体锅炉的最小设计压力不低于 1.0MPa，该压力应当由有机热载体锅炉制造商在有机热载体锅炉铭牌上标出。此外，有机热载体系统中与大气连通的容器，如膨胀罐和储罐，虽不属于压力容器规程适用范围的压力容器，然而，为确保这些组件的设计合理性和运行时具有足够的安全性，该标准中的特别说明对这些组件的最低设计要求做出了明确规定，即用于有机热载体的非承压容器应当按照压力容器进行设计和制造，此类容器的最小设计压力为 0.2MPa。

本条款对《有机规》原有条款做了两点修改。一是根据 DIN4754 第 3.2.1 条，将原规程中的有机热载体锅炉分成两种情况，即火焰加热的锅炉和非火焰加热的锅炉，前者的设计计算压力按照 DIN4754 规定修改为不低于 1.0MPa，后者的设计计算压力仍按照原条款的规定不低于 0.6MPa。二是根据 DIN4754 的特别说明，规定系统中那些用于容纳有机热载体并不承压的开式容器应当按照承压容器进行设计，其设计计算压力不低于 0.2MPa，但其设备铭牌上注明的允许工作压力应当为 0 MPa 或大气压，且其仍应当在非承压条件下使用。对于系统内的承压容器，虽然其正常情况下的工作压力比较低，但当系统内有机热载体的工作温度或其低沸物的组分及比例发生变化时，会引发系统工作压力的波动。为此，承压容器的设计应当考虑系统压力波动时产生的影响，其设计计算压力应当不低于其工作压力加 0.2MPa。

11.2.2 使用气相有机热载体的强制循环液相锅炉工作压力

强制循环液相锅炉使用气相有机热载体时，其工作压力应当高于其最高工作温度加 20℃ 条件下对应的有机热载体饱和压力。

• 条款说明：新增条款。

• 条款解释：本条款规定了使用气相有机热载体的强制循环液相锅炉的工作压力确定条件。

为了防止气相有机热载体在强制循环液相锅炉内气化，应当使锅炉工作压力高于所使用有机热载体在其工作温度下的饱和压力。此条件与热水锅炉的运行条件基本相同，参考热水锅炉的相关规定，明确使用气相有机热载体的强制循环液相锅炉出口处的工作压力，至少应当是其最高工作温度加 20℃ 条件下对应的有机热载体饱和压力。

举例，化学组分为联苯/联苯醚混合物的气相有机热载体，其常压下的沸点为 257℃。当锅炉的最高工作温度为 320℃ 时，该有机热载体在此温度条件下的对应饱和压力为 340kPa。按照本条款的要求，此时锅炉出口处工作压力至少应当高于该有机热载体温度为 340℃ 条件下对应的饱和压力 470kPa。由于不同化学组分的气相有机热载体具有不同的饱和曲线，使用不同气相有机热载体的锅炉，其最低工作压力是有所不同的。例如，化学组分为二乙基苯的气相有机热载体，其常压下的沸点为 181℃，当锅炉的最高工作温度为 260℃ 时，

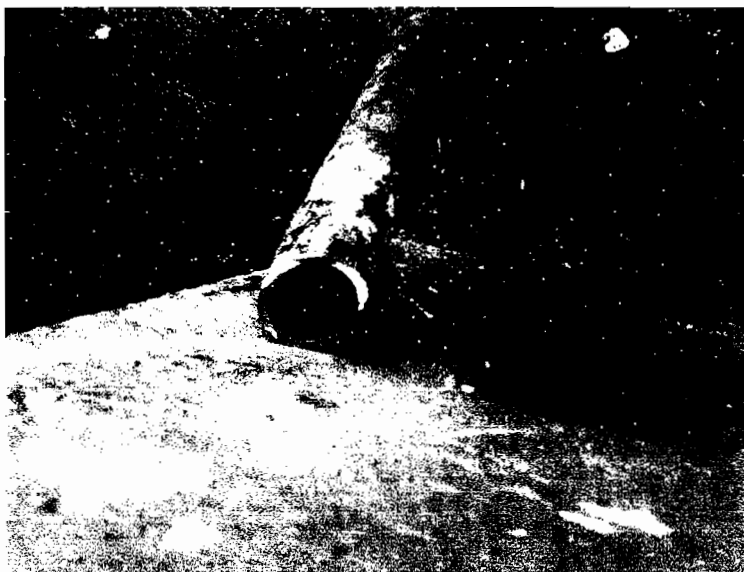
该有机热载体在此温度条件下的对应饱和压力为 601kPa。按照本条款的要求,此时锅炉出口处工作压力至少应当高于该有机热载体温度为 280℃条件下对应的饱和压力 870kPa。

11.2.3 火焰加热锅炉的炉管布置

火焰加热锅炉的炉管布置应当使锅炉内有机热载体受热均匀,不应当出现火焰直接与受热面接触的现象。

- 条款说明: 新增条款。
- 条款解释: 本条款规定了合理布置火焰加热锅炉炉管的要求。

有机热载体锅炉设计缺陷和受热面布置不合理是炉内有机热载体发生局部过热超温问题的主要原因之一。火焰加热的有机热载体锅炉设计中通常会出现两种辐射受热面的设计缺陷和布置不合理的问题,一种是炉膛内热流密度分布的均匀性差,致使局部辐射受热面的热流密度过大;另一种是布置在炉膛内的部分受热面会受到火焰的直接冲刷。这两种问题都会导致炉管内流动的有机热载体在通过具有最大热流密度的炉管段或被火焰直接冲刷的炉管段时发生局部超温,造成有机热载体的过热裂解。锅炉受热面布置不合理会使有机热载体长期处于局部过热超温的状态,最终会导致炉管局部结焦或缩短有机热载体的使用寿命(见释图 11-3)。



释图 11-3 受热面局部过热导致炉管内有机热载体结焦的情况

11.2.4 电加热锅炉的最大热流密度

电加热器所用电热元件的金属护套表面最大热流密度一般不超过 $0.02\text{MW}/\text{m}^2$ 。对于管道式电加热器所用加热元件,在保证低温启动安全的条件下,其金属护套表面最大热流密度可以适当提高。

- 条款说明: 新增条款。
- 条款解释: 本条款规定了电加热锅炉加热元件最大热流密度的限制条件。

电加热方式的一个主要特点是在电加热元件表面上具有确定的热流密度,因此,有机热载体条件的变化是影响电加热元件表面温度发生变化的唯一因素。由于有机热载体与水的热

稳定性及热物理性质不同,加之电加热锅炉的结构特点和操作中电加热元件冷却的特殊条件所限制,用于加热有机热载体的电加热元件表面上的电流密度应该设计得比加热水的电加热元件电流密度更小。

电加热锅炉的设计可以有所不同,主要取决于所使用有机热载体的黏度和通过电加热锅炉时的流速条件。通常有机热载体在电加热锅炉内的流速偏低且分布不均匀。例如,当其流过锅炉内的一束电加热元件时,通过该组加热元件中心位置处的有机热载体流量会比其他部位的流量明显减小,故中心部位电加热元件的金属护套难以被足够的有机热载体充分冷却,以致会使其表面温度升高,造成流经此处的有机热载体过热超温,发生裂解结焦。为了避免有机热载体在此部位发生超温情况,除了应当合理布置电加热锅炉的加热元件和适当控制有机热载体在锅炉内的安全流速,电加热元件的表面热流密度应该加以限制。根据德国及日本等国家相关实验数据和实际工程经验,有机热载体锅炉的电加热元件金属护套表面上的最大热流密度,一般限制在不高于 $0.02\text{MW}/\text{m}^2$ 的条件下比较合适。

电加热锅炉的设计型式可基于有机热载体在其内部的流动条件进行区分,即一种是容器式电加热锅炉,另一种是管道式电加热锅炉,二者之间的原则性差异在于有机热载体通过锅炉时的流动条件不同。容器式电加热锅炉是一种将电加热器安装在一个较大的容器内,该容器充满有机热载体且其在空间内的平均流速通常低于 $0.5\text{m}/\text{s}$,自然对流传热是其主要传热方式,例如,用于储罐加热或壳式加热装置的电加热器。管道式电加热锅炉是一种将电加热器安装在管道系统的一段管道内,有机热载体通过该段管道流动并被加热,其主流动方向与电加热元件的纵长方向一致,且其在管内的平均流速通常高于 $0.5\text{m}/\text{s}$,以使管内流通截面上的流速保持均匀。在这种情况下,管道式电加热锅炉内有机热载体的流动状况较容器式电加热锅炉可以得到较大改善,强制对流传热是其主要传热方式,使得电加热元件与有机热载体之间的换热加强。考虑选用有机热载体的热稳定性、黏度及其馏程或沸点等条件,根据管道式电加热锅炉的计算最高液膜温度及设计流速,可以将其所用电加热元件的最大热流密度适当提高。

需要对电加热锅炉的冷态启动条件加以特别关注,因为随着温度的降低,有机热载体的黏度会显著增大且会导致传热系数下降,在环境温度条件下,有时其黏度和传热系数会降至设计值的 10% 左右,有些有机热载体甚至会失去流动性,如果电加热元件的设计热流密度过大,将会在系统冷态启动条件下导致该锅炉内局部发生有机热载体过热超温。

11.2.5 锅炉的计算最高液膜温度

锅炉的计算最高液膜温度不应当超过所选用的有机热载体的最高允许液膜温度。锅炉制造单位应当在锅炉出厂资料中提供锅炉最高液膜温度和最小限制流速的计算结果。

• 条款说明:新增条款。

• 条款解释:本条款明确了有机热载体最高允许液膜温度和锅炉计算最高液膜温度的关系,并对锅炉计算最高液膜温度和最小限制流速的计算和数据提出要求。

最高允许液膜温度是根据有机热载体的化学性质和热稳定性确定的有机热载体在锅炉内允许存在的最高温度。锅炉计算最高液膜温度是依据锅炉设计条件在传热计算中所得的最高液膜温度。二者之间的区别在于前者是有机热载体使用安全性的一个重要限制温度,而后者则为用于校核该锅炉设计安全性的一个重要温度。锅炉设计中应当将这两个温度进行比较,在后者不大于前者时,锅炉设计是合理的,后者低于前者越多,有机热载体在锅炉运行中发生热裂解的比例越小。

根据 DIN4754 第 2.5.5 条、第 3.2.2 条和第 3.2.7.1 条内容, 本条款新增对锅炉最高液膜温度和允许最小限制流速的计算要求。有机热载体的最高允许液膜温度是锅炉内任何一处有机热载体都不得超出的温度; 炉管内的有机热载体最小体积流速是依据锅炉设计最大热流密度和所选用有机热载体的最高允许液膜温度计算出的最低安全流速, 该流速是保证通过锅炉的有机热载体在所限制的工况下不会超过其最高允许液膜温度的安全保护条件。这是锅炉设计计算中的两个重要安全参数, 为此, 锅炉的设计应当依据已确定选用的有机热载体的相关物性数据进行计算, 以保证锅炉最高液膜温度计算结果的可靠性和准确性。此外, 锅炉设计应保证分配给锅炉并联炉管的有机热载体流量均匀, 使每一根炉管内的有机热载体流速都应当高于所计算出的锅炉最低安全流速, 并使通过锅炉的有机热载体总流量不低于其控制最低安全流量。

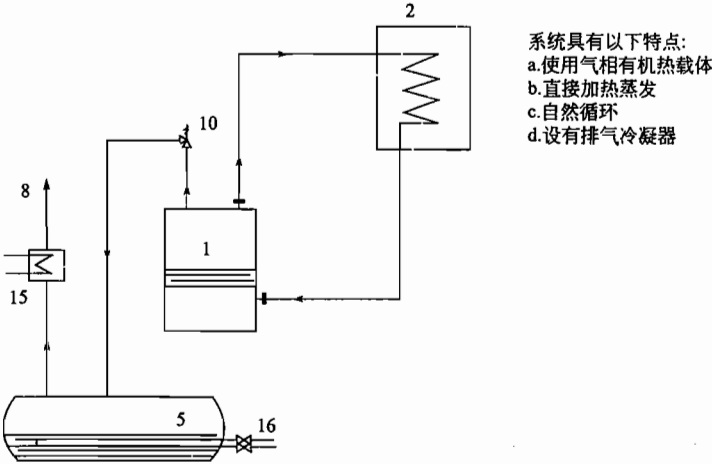
考虑到我国目前尚无锅炉最高液膜温度计算标准, 为方便实际工程应用, 本章条款解释中的附件二提供了锅炉最高液膜温度的计算方法和说明。其中燃气和液体燃料锅炉的计算公式是采用 DIN4754 提供的火焰加热有机热载体锅炉最高液膜温度计算原则中的公式。燃煤锅炉的最高液膜温度计算公式没有国外成熟的计算标准可以参考, 在规程修订期间, 我们组织了行业有关院所、工厂共同讨论形成了燃煤锅炉最高液膜温度计算方法, 推荐使用, 见附件二。

11.2.6 自然循环气相锅炉的有机热载体容量

自然循环气相系统中使用的锅炉, 设计时应当保证锅筒最低液位以上可供蒸发的有机热载体容量能够满足该系统气相空间充满蒸气。

- 条款说明: 新增条款。
- 条款解释: 本条款规定了自然循环气相系统所用锅炉的设计蒸发液体容量应当满足锅炉的最低安全液位要求。

自然循环气相系统 (见释图 11-4) 是无泵的蒸发/冷凝自然循环系统, 系统内蒸气量是靠锅炉内储存的气相有机热载体蒸发形成的。锅炉的最大蒸发液体量应能在保证锅炉最低安全液位的前提下满足气相空间体积及其最大加热负荷的蒸发量需求。如果锅炉设计时最低液



释图 11-4 气相系统

注: 图中序号注释可参见本书的附件一

位上方储存液体量不够,那么等锅炉正常启动后,由于上方液体蒸发量过大,造成运行后锅炉的液位无法保持在最低安全液位上方,从而危及锅炉安全运行。

国内化纤工业有数量庞大的涤纶或锦纶纺丝箱在操作运行。此类纺丝设备的加热系统属于自然循环气相有机热载体系统,其中加热箱体即为蒸发器(锅炉)。由于该类设备和系统往往不是同步设计的,出现一些蒸发器(锅炉)设计储液容积与系统气相空间的容积不相匹配,导致锅炉加热元件干烧和有机热载体工作温度及压力大幅波动的事故发生。

11.2.7 耐压试验和气密性试验

(1) 整装出厂的锅炉、锅炉部件和现场组(安)装完成后的锅炉,应当按照1.5倍的工作压力进行液压(或者按照设计规定进行气压)试验;采用液压试验的气相锅炉还应当按照工作压力进行气密性试验;

(2) 锅炉的气压试验和气密性试验应当符合《固定式压力容器安全技术监察规程》的有关技术要求;

(3) 液压试验应当采用有机热载体或水为试验介质,气压(密)试验所用气体应当为干燥、洁净的空气、氮气或者其他惰性气体;采用有机热载体为试验介质时,液压试验前应当先进行气密性试验;采用水为试验介质时,水压试验完成后应当将设备中的水排净,并且使用压缩空气将内部吹干。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《有机规》第15条。

《有机规》第15条 整装出厂的有机热载体炉,在制造厂应按1.5倍工作压力进行水压试验。对于气相炉还应按工作压力或系统循环压力进行气密性试验,以检查有机热载体炉非焊接部位如法兰连接处、人孔、手孔、检查孔等部位密封情况。

水压试验后应将水分排净,气密试验以氮气为宜。

• 条款解释:本条款规定了不同类别有机热载体锅炉的耐压试验和气密性试验及试验介质的要求。增加了锅炉的气压和气密性试验应当遵从《容规》的相关技术要求,并允许采用有机热载体为液压试验介质。

为了避免有机热载体在锅炉排放管线内结焦,按照常规条件设计的有机热载体锅炉在炉体部分通常并不设置低点排放管线及阀门。因为不具有低点排放功能,如锅炉采用水压试验则会导致炉管内的存水无法排空,而残存的水与有机热载体混合后,在锅炉加热过程中会发生汽化,造成设备和系统压力波动,甚至引发安全事故。为此,本条款规定有机热载体锅炉的液压试验应当采用有机热载体或水为试验介质。为了避免系统内有机热载体发生泄漏,液压试验前应当先对锅炉及系统进行一次气密性试验。由于相同原因,在不适合进行液压试验的条件下,可以按照锅炉设计文件规定,对锅炉进行气压试验。

由于本规程中没有气压试验和气密性试验的具体技术要求,因而直接引用了《固定式压力容器安全技术监察规程》。

11.3 安全附件和仪表

11.3.1 安全阀设置

11.3.1.1 气相锅炉及系统

(1) 自然循环气相系统至少装设两个不带手柄的全启式弹簧式安全阀,一个安装在锅炉的气相空间上方,另一个安装在系统上部的用热设备上或者供气管道上;

(2) 液相强制循环节流减压蒸发气相系统的闪蒸罐和冷凝液罐上应当装设安全阀。额定热功率大于 1.4MW 的闪蒸罐上应当装设两个安全阀；

(3) 气相系统的安全阀与锅炉或者管线连接的短管上应当串连一个爆破片，安全阀和爆破片的排放能力应当不小于锅炉的额定蒸发量。爆破片与锅炉或者管线连接的短管上应当装设一个截止阀，在锅炉运行时截止阀应当处于锁开位置。

11.3.1.2 液相锅炉及系统

液相锅炉应当在锅炉进口和出口切断阀之间装设安全阀。当液相锅炉与膨胀罐相通，并且二者之间的联通管线上没有阀门时，锅炉本体上可以不装设安全阀。闭式膨胀罐上应当装设安全阀。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《有机规》第 16 条。

《有机规》第 16 条 安全阀应符合下列要求：

1. 每台气相炉至少应安装两个不带手柄的全启式弹簧式安全阀。安全阀与简体连接的短管上应串连一个爆破片。

无论是采用注入式或抽吸式强制循环的液相炉，液相炉本体上可不装安全阀。

2. 气相炉安全阀和爆破片爆破时的排放能力，应不小于气相炉额定蒸发量。

3. 气相炉安全阀开启时排出的有机热载体汽化物应通过导管进入用水冷却的面式冷凝器，再接入单独的有机热载体储存罐，以便脱水净化。

冷凝器的背压应不超过 0.03MPa。

4. 安全阀至少每年一次从气相炉上拆下进行检验，检验定压后应进行铅封。检查结果应存入有机热载体炉技术档案。

5. 爆破片与锅筒或集箱连接的短管上应安装一个截止阀，在气相炉运行时截止阀必须处于全开位置。

• 条款解释：本条款规定了有机热载体锅炉及系统内安全阀设置和安装的要求。

保留了原规程中有关气相锅炉设置和安装安全阀的要求，并对相关内容进行适当的修改。有关液相锅炉不设置安全阀的原有规定被取消，安全阀检验的一般性规定被合并至新规程的第六章“安全附件”中。被保留和修改的内容包括在本条款中，新增了液相强制循环节流减压蒸发气相系统和液相锅炉装设安全阀的要求。修改原因如下：

对于自然循环气相有机热载体系统，除特殊情况外，锅炉与用热设备之间的管线上不得设置切断阀门，故两个安全阀可以布置在锅炉上或其中一个可布置在与锅炉直接相连的用热设备上及供气管道上。关于在气相条件下工作的安全阀应在爆破片前安装一个截止阀的要求，各种规范及标准中对此要求的说法并不一致，主要的分歧在于如果该截止阀被误操作关闭，将会导致安全阀失效。为此，本条款中明确该截止阀应该是一个带有锁开功能的阀门，即当系统正常运行时，该阀门应处于全开状态，且阀门上的锁开装置应当被固定，使阀门无法通过手柄操作关闭，除非使用专用工具开锁后，方可利用手柄关闭该阀门。

《有机规》第 16 条第 1 款规定“液相有机热载体锅炉的本体上可不装安全阀。”此项要求不太全面。关于液相锅炉安装安全阀的问题，主要考虑到锅炉进出口都装有切断阀门，由于锅炉本身就是系统的热源，当锅炉与系统的连接被切断后，就可能存在被加热导致压力升高的危险，因此该液相锅炉就必须设置安全阀。如果锅炉和膨胀罐之间未设置任何阀门时，则在锅炉上可不装安全阀。

有机热载体气相锅炉及系统所安装的安全阀的排放量计算,与蒸汽锅炉及系统的安全阀的排放量计算方法基本相似,只是二者的物性参数及操作参数有所不同。由于在锅炉额定热负荷相同的情况下,有机热载体锅炉比蒸汽锅炉的蒸发能力更大,所需要的安全阀排放能力也会增大,其计算中所采用的修正系数应当有所不同。但目前对于该公式中涉及不同有机热载体的相关修正系数的研究尚未成熟,故针对气相锅炉及系统的安全阀计算,暂无法给出确定的计算方法。

而液相有机热载体锅炉及系统所安装的安全阀的排放量计算是另外一个非常复杂的问题。与热水锅炉的排放量计算不同,有机热载体液相系统的排放量不仅涉及锅炉的额定功率、工作温度和压力,而且涉及所使用有机热载体的物性、最高工作温度、低沸物的比例及性质、事故条件下排放介质的最高温度、换热设备内被加热工质的性质和最大可能的泄漏量等因素。也就是说,对于有机热载体液相系统所用的安全阀,计算中不仅需要考虑其排放量是多少,而且需要考虑通过安全阀排出的是什么性质的物质,以及此时这些排放物质的操作参数等条件。正是因为此类原因,多年来相关规程及设计规范和技术标准均未明确有机热载体系统安全阀排放量的计算公式。

考虑到安全阀对于锅炉安全操作的重要性,我们建议在进行有机热载体锅炉和系统的安全阀排放量计算时,应满足以下原则:

(1) 当安全阀开启后,锅炉内压力不得超过其设计计算压力的1.1倍。

(2) 对于液相有机热载体锅炉及系统,计算排放条件应考虑以下三种情况中排放量最大的一种情况:

① 由于受热原因导致锅炉内液相有机热载体膨胀需要排放的情况(即排放液体);

② 由于受热原因导致锅炉内液相有机热载体膨胀且其中部分低沸物发生气化时需要排放的情况(即少量气体和大量液体的两相介质排放);

③ 被加热设备的工质侧工作压力高于有机热载体系统,发生工艺工质泄漏后会导致有机热载体系统压力升高,及泄漏的被加热工质在有机热载体系统的工作温度和操作压力下可能发生汽化时需要排放的情况(即少量液体和大量气体的两相介质排放)。

锅炉及系统中安全阀排放条件及排放量计算可由设计院或锅炉供应商确定。

11.3.2 安全泄压装置

闭式低位储罐上应当装设安全泄压装置。

• 条款说明:新增条款。

• 条款解释:本条款规定了闭式低位储罐压力泄放装置的设置要求。

本条款新增了对有机热载体系统的闭式低位排放罐应当设置安全泄压装置的要求。由于只有在闭式有机热载体系统中才会采用闭式低位储罐,所以系统内的压力变化会导致储罐内压力的变化。通常与系统相连的闭式低位储罐具有为系统储存补充用有机热载体和接收系统中排放出的有机热载体两项功能,故无论该闭式低位储罐是否与系统中的膨胀罐或循环回路管线直接相通,该储罐都会储存一定数量用于系统补充的有机热载体和接纳由系统排放出来的高温有机热载体,而且在紧急状况下排放出的有机热载体温度、数量及其成分均不可预测。该罐内的压力则会随着所接纳有机热载体的温度、数量及其成分的变化而变化。为了防止系统内高温有机热载体被大量排入罐内时该罐内的压力超出其安全控制压力,需要在该闭式低位排放罐上装设安全泄压装置。此外,储罐内储存的冷态有机热载体可能会含有水分或低沸物,当循环系统内的高温有机热载体被排放至储罐时,罐内的冷介质会膨胀或发生汽化,造成罐内压力升高。故本条款规定闭式低位储罐应当安装安全泄压装置。

11.3.3 压力测量装置

气相锅炉的锅筒和出口集箱、液相锅炉进出口管道上、循环泵及过滤器进出口、受压部件以及调节控制阀前后应当装设压力表。压力表存液弯管的上方应当安装截止阀或者针形阀。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《有机规》第17条。

《有机规》第17条 压力表应符合下列要求：

1. 气相炉的锅筒和出口集箱、液相炉进出口管道上应装压力表。
2. 压力表至少每年校验一次，校验后应进行铅封。
3. 压力表与锅筒、集箱、管道采用存液弯管连接，存液弯管存液上方应装截止阀或针形阀。

• 条款解释：本条款规定了有机热载体锅炉及系统内压力表的设置和安装要求。

本条款修改了系统内应当装设压力表的部件及位置，新增了系统内循环泵及过滤器进出口、受压部件上以及调节控制阀前后应当设置压力表的要求。

11.3.4 液位测量装置

(1) 锅筒、闪蒸罐、冷凝液罐和膨胀罐等有液面的部件上应当各自装设独立的一套直读式液位计和一套自动液位检测仪；

(2) 有机热载体储罐需要装设一套直读式液位计；

(3) 直读式液位计应当采用板式液位计，不应当采用玻璃管式液位计。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《有机规》第18条。

《有机规》第18条 液面计应符合下列要求：

1. 气相炉的锅筒上应安装两只彼此独立的液面计；液相炉的膨胀器应安装一只液面计。
2. 有机热载体炉上不允许采用玻璃管式液位计，应采用板式液面计。
3. 液面计的放液管必须接到储存罐上，放液管上应装有放液旋塞。有机热载体炉运行时，放液旋塞必须处于关闭状态。

• 条款解释：本条款规定了对有机热载体锅炉及系统中的容器装设液位计的要求。增加有机热载体循环系统内的容器应装设一套直读式液位计和一套自动液位检测仪的要求。

由于有机热载体系统多为无人值守的自动控制操作系统，而且因为需要液面监控的容器或设备通常被安装在较高的位置并处于高温条件之下，不便于巡检人员调节操作或观察其液位，考虑到系统的操作安全性和运行可靠性问题，所以将在这些容器上安装两套各自独立的液位计的要求，修改为设置一套直读式液位计和一套自动液位检测仪。自动液位检测仪的信号将被接入工厂的DCS控制系统或就地控制盘内，以便于操作人员监控。

为了防止有机热载体的泄漏，直读式液位计可以是磁力翻板式液位计，也可以是平板式高温玻璃液位计，但不应当使用玻璃管式液位计。

11.3.5 温度测量装置

锅炉进出口以及系统的闪蒸罐、冷凝液罐、膨胀罐和储罐上应当装设有机热载体温度测量装置。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《有机规》第 19 条。

《有机规》第 19 条 有机热载体炉出口的气相或液相有机热载体输送管道上，在截止阀前靠近有机热载体炉的地方应安装温度显示和记录仪表；有机热载体炉热功率不超过 2.8MW 时可只装温度显示仪表。在液相炉回路的入口处应装温度显示仪表。

• 条款解释：本条款规定了锅炉及系统内有机热载体温度测量装置的设置和安装要求。增加有机热载体循环系统内的容器应当装设温度测量装置的要求。

本条款中所涉及有机热载体工作温度测量装置包括现场安装的直读式温度计和调节控制温度所用的测量仪表。温度记录属于温度控制仪表的一个功能并在自控系统的设计中予以考虑。此外，本条款新增加在系统的闪蒸罐、冷凝液罐、膨胀罐和储罐上应当安装有机热载体温度测量装置的要求。

11.3.6 安全保护装置

11.3.6.1 基本要求

锅炉和系统的安全保护装置应当根据其供热能力、有机热载体种类、燃料种类和操作条件的不同，按照保证安全运行的原则设置。

锅炉及系统内气相有机热载体总注入量大于 1m^3 及液相有机热载体总注入量大于 5m^3 时，应当按照本规程 11.3.6.2~11.3.6.6 的要求配置安全保护装置。

11.3.6.2 炉膛灭火系统

火焰加热锅炉的炉膛应当配备惰性气体灭火系统。

11.3.6.3 系统报警装置：

- (1) 自然循环气相锅炉出口处应当装设超压报警装置；
- (2) 液相强制循环锅炉的出口处应当装设有机热载体的低流量、超温、超压和低压报警装置；
- (3) 火焰加热锅炉应当装设出口烟气超温报警装置；
- (4) 闪蒸罐、冷凝液罐和膨胀罐应当装设高液位和低液位报警装置；闪蒸罐、冷凝液罐和闭式膨胀罐还应当装设超压报警装置；
- (5) 膨胀罐的快速排放阀和膨胀管的快速切断阀应当设置动作报警装置。

11.3.6.4 加热装置联锁保护

系统内的联锁保护装置，应当在以下情况时能够切断加热装置，并且发出报警：

- (1) 气相系统内的蒸发容器、冷凝液罐和液相系统内膨胀罐的液位下降到设定限制位置时；
- (2) 气相锅炉出口压力超过设定限制值时；
- (3) 液相锅炉出口温度超过设定限制值时；
- (4) 并联炉管数大于或者等于 5 根的液相锅炉，任一根炉管出口有机热载体温度超过设定限制值时；
- (5) 液相强制循环锅炉有机热载体流量低于设定限制值时；
- (6) 火焰加热锅炉出口烟温超过设定限制值时；
- (7) 电加热元件金属表面温度超过设定限制值时；
- (8) 膨胀罐的快速排放阀或膨胀管的快速切断阀动作时；
- (9) 系统内出现导致安全阀动作的超压报警时；

(10) 运行系统主装置联锁停运时。

11.3.6.5 系统联锁保护

有机热载体系统的联锁保护装置，应当在以下情况时能够切断加热装置和循环泵，并且发出报警：

(1) 锅炉出口有机热载体温度超过设定限制值和烟温超过设定限制值二者同时发生时；

(2) 膨胀罐的低液位报警和快速排放阀或者膨胀管的快速切断阀动作报警二者同时发生时；

(3) 全系统紧急停运时。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《有机规》第 20 条。

《有机规》第 20 条 自动控制和自动保护装置应符合下列要求：

1. 液相炉有机热载体的出口处，应装有超温报警和差压报警装置，气相炉有机热载体的出口处应装有超压报警装置。

2. 采用液体或气体燃料的有机热载体炉，应有下列装置：

(1) 根据有机热载体炉出口有机热载体温度和蒸发量变化而自动调节燃烧器燃烧负荷的装置。

(2) 热功率 $\geq 2.8\text{MW}$ 时，必须装有点火程序控制装置。

(3) 炉膛熄火保护装置。

3. 有机热载体炉应装有自动调节保护装置，并在下列情况时应能自动停炉：

(1) 液位下降到低于极限位置时；

(2) 有机热载体炉出口热载体温度超过允许值时；

(3) 有机热载体炉出口热载体压力超过允许值时；

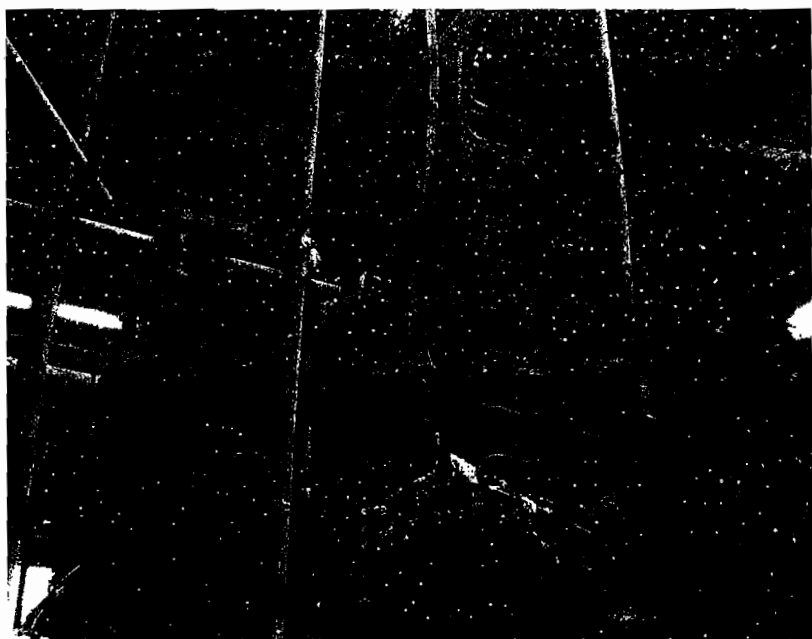
(4) 循环泵停止运转时。

• 条款解释：本条款规定了有机热载体锅炉和系统安全保护装置及其设置的要求。增加了炉膛配置惰性气体灭火装置，和并联炉管数量大于或者等于 5 根的液相锅炉设置炉管介质温度监测及安全保护的要求，同时对加热装置和循环系统的联锁保护条件进行了具体规定。

原有条款中有关锅炉燃烧器燃烧调节及控制方面的要求被合并到新版规程第 7 章“辅助设备”关于燃烧设备及燃烧系统一节中。有关锅炉及系统自动安全保护装置方面的要求被保留在本条款中，并增加了火焰加热锅炉炉膛设置惰性气体灭火装置和 5 根及以上并联炉管的液相锅炉设置炉管介质温度监测的要求，以及对系统安全保护的联锁控制要求。增加上述新要求的原因如下：

(1) 直接受火加热锅炉的炉膛中发生有机热载体泄漏，肯定会引发炉膛火灾，甚至导致炉膛发生爆炸。为此，较多的有机热载体锅炉操作经验和事故证实，在不可能确保炉膛内有机热载体不会发生泄漏的条件下，如果在炉膛内设置一个惰性气体灭火装置并配置一个适当的惰性气（汽）体供应系统，对于操作人员及有机热载体锅炉具有重要的安全保护功能，即可以在炉膛内发生有机热载体泄漏的情况下有效地阻止火灾的扩大和炉膛爆炸的发生（见插图 11-5），起到灭火防爆以及降低事故危害程度的作用。

(2) 炉管内有有机热载体的流速受到通过锅炉的传热介质总量和各炉管之间传热介质分配



释图 11-5 锅炉内有机热载体泄漏引发火灾事故的危害

均匀性的影响。在传热介质的总量减少或炉管流量分配不均匀的情况下，所有炉管或部分炉管内的传热介质流速会降低至其安全流速之下。当锅炉的所有炉管内传热介质流速降低时，锅炉出口的有机热载体流量及温度都会变化，此时其流量及温度监控装置会进行调节和控制，以保证有机热载体和锅炉的安全。当锅炉的部分炉管内传热介质流速降低时，由于锅炉出口处测得的有机热载体流量及温度是所有炉管中传热介质流量总和及温度的平均值，故此时所测得到的流量及温度数值并不一定会发生明显异常变化。但由于部分炉管内存在传热介质流速偏低的问题，通过这些炉管流动的有机热载体已经发生过热超温，如果其超温问题严重或者流量低问题长时间未能得到解决，则会发生有机热载体在炉管内局部结焦，甚至阻塞管内有机热载体流动，从而造成炉管爆裂（见释图 11-6）。

通常并联炉管较多及炉管布置不合理的液相锅炉容易存在炉管传热介质分配不均匀的问题，解决此类问题的关键是锅炉内部炉管的合理布置和分配联箱结构的优化设计，但完全消除锅炉的分配不均匀性是非常困难的。为此，在锅炉的每根并联炉管上设置有机热载体温度超高报警测点及联锁保护装置，则能够对锅炉存在的分配不均匀性缺陷及炉管内传热介质温度及时监测和控制，可以有效地避免有机热载体的过热超温并保护锅炉安全。为此，本条款新增加了此项规定。

（3）实施锅炉燃烧调节及系统自动控制是保证有机热载体锅炉及系统安全操作的基本要求。由于其本身属于可燃或易燃物质并受到热稳定性限制的原因，有机热载体对过热超温非常敏感，一旦发生裂解变质则会导致油品结焦造成传热恶化甚至锅炉泄漏，引发火灾或爆炸事故。故在锅炉及系统运行过程中必须对锅炉的燃烧强度进行有效控制，并对有机热载体的工作温度、压力、液位及流速等重要运行参数进行严格的监控。

有机热载体锅炉及系统本身的安全保护通常分为三级，第一级为声或光报警，提示操作人员检查和处置在设备或系统某一点上出现的异常现象；第二级为声或光报警并同时切断加热（燃烧）装置，以防止潜在的危险继续扩大，并警示操作人员及时排除系统或设备存在的



释图 11-6 并联炉管的有机热载体分配不均导致炉管爆管的情况

故障，否则系统将无法正常运行；第三级为声或光报警，并在此种条件下同时切断加热（燃烧）装置和循环泵，采用强制性方式停止系统运行，避免发生系统性安全事故或减小事故的危害程度。本条款新增内容是按照上述三级安全保护程序和依据有机热载体系统安全控制因果关系提出的。

有机热载体锅炉及系统的安全保护装置应当根据其供热能力、有机热载体种类、燃料种类和操作条件的不同，按照保证其安全运行的原则进行设置。对于锅炉及系统内气相有机热载体总注入量小于 1m^3 及液相有机热载体总注入量小于 5m^3 的系统，应该对每个系统的具体情况进行具体分析。考虑到其具有比较小的加热能力和有机热载体容量，以及发生事故所造成的危害性和其后果的严重程度，在保证锅炉及系统安全操作的基础上，允许对其安全保护装置的设置适当简化。即根据锅炉及系统的具体设计条件和安全要求，只需在三级安全保护程序中选择基本的报警及联锁控制功能，例如，主要选择对锅炉出口有机热载体温度、流速（流量）、液位、压力等参数的报警和联锁控制。

11.3.6.6 液相系统的流量控制阀

液相有机热载体系统的供应母管和回流母管之间，应当装设一个自动流量控制阀或者压差释放阀。

- 条款说明：新增条款。

- 条款解释：本条款规定了有机热载体循环系统应当设置一个流量自动调节装置，以满足在不同工况下系统内有机热载体循环流量保持基本稳定的要求。

本条款内容是根据 DIN4754 第 3.2.11.3 条相关内容修改的。

液相锅炉中有机热载体流量的降低改变了炉管内的传热条件，有可能会造成锅炉内有机热载体的超温过热。在系统运行中，工艺换热设备会因其工艺条件变化而随时调节通过换热设备的有机热载体流量，因而有可能引起通过锅炉的有机热载体流量减小，故系统设计应当满足运行过程中通过液相锅炉炉管的有机热载体流速不低于锅炉最小体积流速（流量）的要

求。锅炉最小体积流速是根据锅炉设计计算最高液膜温度确定的,在有机热载体供给温度维持不变的情况下,系统中各个用热设备的热负荷变化必然会影响到通过锅炉的有机热载体流量发生改变。如果炉管内流速长期处于锅炉最小体积流速条件下或短时间低于此流速,则会造成锅炉受热面上有机热载体液膜温度的严重超温。

考虑到系统运行过程中各种因素变化会对通过锅炉的有机热载体流量产生实际影响,为了保证在液相系统热负荷变化的条件下,通过锅炉的有机热载体在炉管中任何一处都不发生过热超温,必须将通过锅炉的有机热载体实际流速控制在不低于锅炉允许最小体积流速的范围内。为此,在系统的供应母管和回流母管之间安装一个自动流量控制阀(由通过锅炉的有机热载体实际流量调节该阀门的开度)或压差释放阀(由供应母管和回流母管之间的压差调节该阀门的开度)是非常必要的。当系统热负荷出现变化或其他原因导致系统流量降低时,可根据系统内流量的实际变化状况,及时自动调节该阀门的开度,通过增加该循环旁路管线的有机热载体回流量,使通过锅炉的有机热载体循环流量保持相对稳定。

11.4 辅助设备及系统

11.4.1 基本要求

辅助设备及系统的设计、制造、安装和操作,应当避免和防止系统中有机热载体发生超温、氧化、污染和泄漏。

• 条款说明:新增条款。

• 条款解释:本条款明确了容易导致有机热载体、系统及系统中的设备发生安全事故的四个主要原因,并提出系统性的预防要求。

(1) 超温:即系统运行中,所使用有机热载体的工作温度或液膜温度超出其最高允许使用(液膜)温度的情况。超温会导致有机热载体发生严重的热裂解,使其快速变质劣化,形成裂解产物,甚至在炉管内结焦,并恶化传热和引发安全事故。

(2) 氧化:即系统运行中,所使用的有机热载体与空气或具有氧化作用的物质接触并发生氧化反应的情况。氧化会导致有机热载体的化学性质发生变化,使其变质劣化,并形成氧化产物。由于氧化产物具有更低的热稳定性,其黏度、中和值、闪点、自燃点、导热系数等物性参数均不相同,故会导致传热恶化和引发安全事故。有机热载体温度越高,与空气接触的机会越多,接触时间越长,其被氧化的速度会越快,氧化所导致的危害性也就越大。

(3) 污染:即有机热载体被其他化学物质污染的情况。由于污染物并非有机热载体,它们并不具有与有机热载体相同的热稳定性及化学物理性质。在高温条件下,这些物质自身会出现化学性质不稳定的情况,致使其首先发生变质,且其变质物的存在会对有机热载体的整体质量造成影响,甚至还会与有机热载体发生化学反应,并恶化传热和引发安全事故。

(4) 泄漏:即因各种原因导致的系统内有机热载体向外部泄漏的情况。由于其具有可燃性或易燃性,系统运行中,高温有机热载体的泄漏有可能引发火灾(或爆炸)和造成人员伤亡。统计数据证明,有机热载体锅炉及系统发生的重大安全事故中,80%以上是由于有机热载体泄漏引发的,而且这些事故危害性及严重程度直接与有机热载体的性质和泄漏量及其发生泄漏的位置相关。

系统运行中,有机热载体泄漏的危害性是最为严重的。由于每一次事故的原因各有不同,所以需要对导致有机热载体泄漏的原因进行具体分析。成功的经验和血的教训证明,有机热载体的不当选择,设备及系统的设计、制造、安装和操作等环节存在的缺陷和问题,都

会成为有机热载体泄漏的隐患。除此外，在系统运行条件下有机热载体的过热超温、氧化及污染等导致其质量变化，则往往是引发泄漏或其他安全事故的直接原因。

11.4.2 系统的设计

系统的设计型式应当根据所选用的有机热载体的特性和最高工作温度及系统操作方式确定。符合下列条件之一的系统应当设计为闭式循环系统：

- (1) 使用气相有机热载体的系统；
- (2) 使用属危险化学品的有机热载体的系统；
- (3) 最高工作温度高于所选用有机热载体的常压下初馏点，或者在最高工作温度下有机热载体的蒸气压高于 0.01MPa 的系统；
- (4) 一次性注入有机热载体数量大于 10m^3 的系统；
- (5) 供热负荷及工作温度频繁变化的系统。

• 条款说明：新增条款。

• 条款解释：本条款规定了有机热载体循环系统设计型式的确定原则。

本条款是根据 DIN4754 第 3.2.7 条和 VDI3033 第 3 条，以及工程设计规范、操作经验和实际事故案例而新增加的。

有机热载体系统可分为开式循环系统和闭式循环系统。开式循环系统是指与大气相通的有机热载体传热系统，该系统中至少应该有一处与大气直接相通。闭式循环系统是指与大气隔绝的有机热载体传热系统，该系统或是采用惰性气体覆盖，或是采用液封装置与大气隔离。与开式循环系统相比，闭式循环系统减小了直接向外部环境泄放有机热载体的概率，提高了系统安全性，并有效地降低了系统内有机热载体发生氧化的可能性。

根据所选用有机热载体的性质、膨胀罐发生有机热载体溢出是否会导致环境污染及人员安全问题、避免油品的氧化、延长油品使用寿命及节约资源等方面的要求，应当对两种循环系统的设计条件加以确定和限制。

首先，对于具有挥发性，或有毒、易燃和危害环境安全的有机热载体，应当在闭式循环系统中使用，以减少由于有机热载体排放和泄漏所导致的人身安全和环境危害事故。

此外，选择开式系统或闭式系统，还应当考虑所选用有机热载体的特性及其工作温度。因为有机热载体的氧化安定性和系统工作温度决定其在操作条件下发生氧化变质的可能性大小及氧化反应速度。实际上，无论何种有机热载体，在系统操作条件下利用自身具有的氧化安定性抵抗氧化反应，其实际作用都是非常有限的，尤其在有机热载体温度较高且与空气直接接触的开式膨胀罐内。GB 23971《有机热载体》和 GB 24747《有机热载体安全使用条件》中规定，最高允许使用温度为 300°C 以上的有机热载体，由于在操作条件下其工作温度较高易于导致膨胀罐内的有机热载体发生氧化，故不应当在开式循环系统中使用。

将间歇操作方式及操作条件频繁变化的系统和使用有机热载体数量较大的系统设计成闭式循环系统，除了考虑系统本身操作安全方面的因素外，因其系统操作方式及操作条件更易于导致有机热载体氧化，使得在用有机热载体的质量在短期内快速劣化，会造成油品的资源浪费及较大的经济损失，这是要求此类系统应当设计为闭式循环系统的另外一个重要原因。

有机热载体的氧化后果非常严重，根据连续数年对江浙沪地区 232 个用户的有机热载体系统及在用有机热载体使用情况的跟踪调查，该调查统计数据表明，这些系统中约有 75% 是开式循环系统，而其中约有 60% 是存在明显氧化或严重氧化问题的系统。在这些开式循环系统中仅有约 20% 的系统，其在使用有机热载体的使用寿命接近五年。与此同时，该调查

数据也表明,这些系统中由于明显过热超温原因造成有机热载体使用寿命缩短的情况仅占10%左右。这也就是说正在使用的绝大多数系统中在用有机热载体是由于发生了氧化问题才大大缩短了其使用寿命,与那些闭式循环系统的使用效果相比,其使用寿命仅为后者的1/2或1/3。

所以,对于有机热载体及其系统而言,无论从安全生产、降低操作成本或是节约资源的角度考虑,采用闭式循环系统都是一种最佳的选择和有效的预防措施。

11.4.3 材料

系统内的受压元件、管道及其附件所用材料应当满足最高工作温度的要求,并且不应采用铸铁或者有色金属制造。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《有机规》第8条。

《有机规》第8条 有机热载体炉的受压元件以及管道附件不得采用铸铁或有色金属制造。

• 条款解释:本条款规定了有机热载体系统内受压元件、管道和管件所用材料的应用条件。增加了所用材料应当满足系统最高工作温度条件的要求。

本条款在《有机规》原有条款第8条规定的基础上,新增加了所用材料应当满足系统最高工作温度适用条件的要求。除此外,有机热载体系统所使用的材料还应当满足防止有机热载体发生泄漏和变质的条件。铸铁材料和有色金属不适用于高温条件下作为受压元件使用且有可能发生渗漏问题;部分有色金属由于其化学性质比较活泼,在高温条件下能够对有机物起到催化剂作用,从而在特定条件下促使部分有机热载体加快变质。因此,需要对铸铁及有色金属的使用加以禁止。

11.4.4 管件和阀门

(1)液相系统内管件和阀门的公称压力应当不小于1.6MPa,气相系统内管件和阀门的公称压力应当不小于2.5MPa,系统内宜使用波纹管密封的截止阀和控制阀;

(2)系统内的管道、阀门和管件一般应当采用焊接连接,管道的焊接应当使用气体保护焊打底;采用法兰连接方式时,应当选用突面、凹凸面法兰或者榫槽面法兰,其垫片应当采用金属网加强的石墨垫片或者金属缠绕的石墨复合垫片;除仪器仪表用螺纹连接以外,系统内不应当采用螺纹连接。

• 条款说明:部分内容是修改条文,其他部分为新增条文。

原条款:《有机规》第7条。

《有机规》第7条 受压元件必须采用法兰连接时,应采用公称压力(P_N)不小于1.6MPa的榫槽式法兰或平焊钢法兰,其垫片应采用金属网缠绕石墨垫片或膨胀石墨复合垫片。

• 条款解释:本条款规定了有机热载体系统内管件和阀门的压力等级及适用的阀门密封型式,以及系统内管道与管件及阀门连接方式的相关要求。

本条款在《有机规》原有条款第7条规定的基础上,新增增加了对气相系统使用的管件和阀门压力等级的要求,并提出有机热载体系统适用的阀门及其密封型式。

高温条件下的有机热载体具有较强的渗透性,阀门是系统中常见的泄漏点。通常阀门发生泄漏有两种情况,一种是阀门关闭不严导致的泄漏,这种泄漏与所用阀门的阀芯型式及结

构有关系；另一种是在阀门的阀杆处及阀门与管道的连接处发生的泄漏，这种泄漏与阀杆的密封型式和与管道的连接方式及所用的材料有关系。考虑有机热载体系统在高温条件下的严密性要求，及所用阀门需要具备较好的流量调节性能和更低泄漏率的切断功能，同时还要考虑到操作的安全可靠性和满足不同通径阀门的可选择性等条件，根据已有的良好工程经验，截止阀应该是有机热载体系统的首选阀门型式。常用填料函密封型式的阀杆因为填料函内的密封材料在高温条件下容易变硬失去其密封性，需要频繁更换密封材料，故阀杆的密封方式以波纹管型式的密封最为有效。

系统及设备渗漏的有机热载体会在设备或管道的保温层内发生氧化，其氧化产物具有较低自燃温度，当保温层内温度达到其自燃温度时，氧化产物会在保温层内发生自燃，进而引发泄漏的有机热载体燃烧。为了避免有机热载体的渗漏，系统内的管件和阀门以及管线的连接应当尽可能采用焊接方式。有检修需求的设备与管件、阀门及管道的连接需要采用法兰连接方式，但法兰的密封面型式和垫片应当满足防止泄漏的要求。

11.4.5 循环泵

11.4.5.1 循环泵的选用

(1) 液相传热系统以及液相强制循环节流减压蒸发气相系统至少应当安装两台电动循环泵及冷凝液供给泵，在其中一台停止运行时，其余循环泵或者供给泵的总流量应当能够满足该系统最大负荷运行的要求；

(2) 循环泵的流量与扬程的选取应当保证通过锅炉的有机热载体最低流量不低于锅炉允许的最小体积流量；

(3) 有机热载体的最高工作温度低于其常压下初馏点的系统可以采用带有延伸冷却段的泵；

(4) 最高工作温度高于其常压下初馏点的系统，泵的轴承或者轴封应当具有独立的冷却装置，并且设置一个报警装置，当循环泵的冷却系统故障时，该报警装置能够动作；

(5) 使用气相有机热载体的系统应当使用屏蔽泵、电磁耦合泵等没有轴封的泵。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《有机规》第25条。

《有机规》第25条 单机运行的气相炉，每台炉一般应安装两台供给泵，一台为工作泵，一台为备用泵。对于冷凝液可以自动回流的气相炉，可不装供给泵。

液相炉的循环系统至少安装两台电动循环泵，一台为工作泵，一台为备用泵。循环泵的流量与扬程的选取应保证有机热载体在有机热载体炉中必要的流速。

停电频繁的地区，锅炉房内应有备用电源或采取其他措施，以保证泵的正常运转。

在循环泵的入口处应装过滤器，且应定期清理过滤器。

修改内容：取消了对气相锅炉的循环泵配置要求。

• 条款解释：本条款规定了有机热载体系统中循环泵的配置要求和条件，以及有机热载体性质与循环泵轴承和轴封的润滑及冷却之间的关系，并规定了循环泵的选择原则。

所谓的气相锅炉，实际上应该指自然循环气相系统中使用的锅炉，即有机热载体在锅炉内被加热后蒸发，其蒸气上升至布置在其上部的用热设备，经换热后被冷凝，冷凝液由重力作用向下流动，直接返回锅炉再次循环。此种情况下自然循环是利用工作介质发生相变后的密度差推动系统内工质的流动循环，故该气相锅炉和系统不需要通过循环泵对有机热载体增



加压强形成系统内工质的强制循环流动,属于无泵循环系统。另一类被称为液相强制循环节流蒸发气相系统,是气相有机热载体在液相条件下经循环泵加压,送入液相强制循环锅炉内加热后,通过节流方式减压再进入闪蒸罐中蒸发,产生有机热载体蒸气的气相传热系统。该系统使用的锅炉是强制循环液相锅炉,需要有循环泵为有机热载体增压以使其在锅炉内保持强制性流动,但其在锅炉内部并不发生蒸发,所以该锅炉并不是真正意义上的气相锅炉。为此,本条款中没有专门为气相锅炉提出设置循环泵和备用泵的要求。

配置有多台锅炉的有机热载体系统,通常对每台锅炉会有两种不同的有机热载体分配方式,一是采用每台锅炉配置一台或一组循环泵的方式,除此外还配置有系统共用的备用循环泵;二是采用共用母管制,即系统中设置一组共用循环泵,包括所需要的备用泵,循环泵的进口和出口连接在公用的母管上,每台锅炉的进口和出口分别与系统的母管相接,并根据锅炉的运行情况和需要,各自分别调节通过每台锅炉的流量。无论供热系统采用了上述那一种分配方式,是一台或多台锅炉同时运行,所使用循环泵(组)的流量和扬程都应当保证通过每台锅炉的有机热载体流量不低于该锅炉允许的最小体积流量。

原条款中每台锅炉一般应安装两台泵,一台为工作泵,一台为备用泵的要求对于配置有多台锅炉的有机热载体系统要求过高,因而本次由“每台锅炉”修改为“系统”。

根据 DIN4754 第 3.2.4 条内容,本条款增加了有关循环泵的选择原则。

由于有机热载体系统的循环泵是工作在高温条件下的高转速离心泵,其轴承和轴封的润滑及冷却可靠性是保证循环泵正常运行的基本条件。为了避免在系统内部发生化学污染,大多数液相系统的循环泵是采用系统所使用液相有机热载体作为其润滑油的。由于气相有机热载体在常压沸点以上的温度条件下可能会发生气化,其物性和蒸发特性对循环泵的润滑效果具有制约作用,故其不适合作为循环泵的润滑油使用。此外,在高温条件下工作的转动设备的润滑安全性会受到润滑油的冷却条件影响,所以循环泵的运转可靠性与其系统内有机热载体的工作温度密切相关,有机热载体的工作温度越高,对循环泵润滑安全性的影响越大。为了保证锅炉及系统的安全运行,应该根据系统中使用的有机热载体的性质和工作温度,对循环泵的结构型式和冷却方式进行慎重选择。

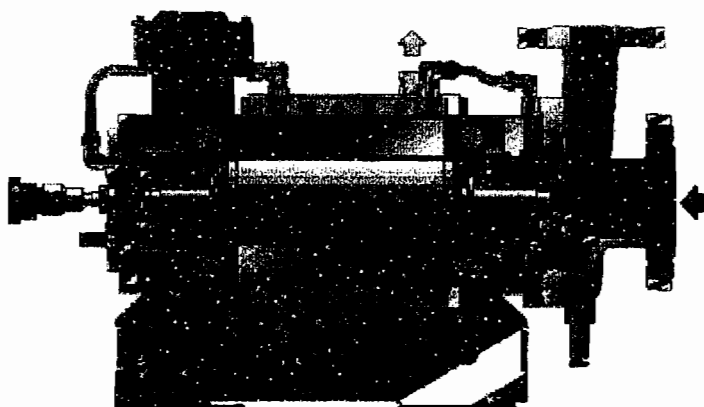
初馏点是指在规定的常压条件下对液相有机热载体试样加热时,产生出试样的第一滴蒸发冷凝物时的气体温度。对于液相有机热载体而言,如系统的工作温度高于其初馏点,则会因为用于润滑的有机热载体可能部分气化,而影响循环泵轴承和轴封的润滑,故而应当对用于润滑的有机热载体进行冷却。

对于使用气相有机热载体的液相强制循环系统,不仅气相有机热载体不能被作为循环泵的润滑油使用,而且因为使用气相有机热载体的系统工作压力相对于其循环泵的润滑油工作压力高,可导致系统中的气相有机热载体直接进入循环泵轴承端,与轴承端的润滑油混合并发生气化,影响循环泵的润滑安全性。因此该系统所需要使用的泵是一种无动轴封的泵,如屏蔽泵或电磁耦合泵。屏蔽泵的结构如释图 11-7 所示,泵的驱动装置内部的转子和定子部件设计了独立的润滑冷却系统,将驱动装置与泵体有效隔离。

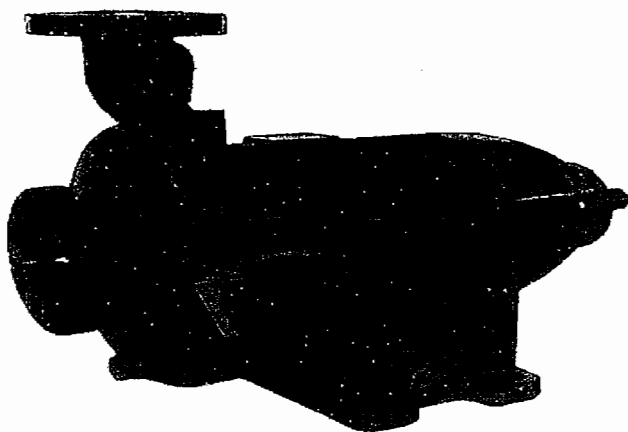
电磁耦合泵如释图 11-8 所示,是把泵的驱动装置与泵轴完全隔离,使泵体及泵轴构成一个封闭体,通过磁力联轴器或利用磁力驱动装置在该封闭体的外部驱动泵的转动部件。

11.4.5.2 循环泵的供电

为防止突然停电导致的循环泵停止运转后锅炉内有机热载体过度温升,炉体蓄热量较大的锅炉宜采取双回路供电、配备备用电源或者采用其他措施。



释图 11-7 屏蔽泵结构示意图



释图 11-8 电磁耦合泵结构示意图

• 条款说明：修改条款。

原条款：《有机规》第 25 条。

《有机规》第 25 条 单机运行的气相炉，每台炉一般应安装两台供给泵，一台为工作泵，一台为备用泵。对于冷凝液可以自动回流的气相炉，可不装供给泵。

液相炉的循环系统至少安装两台电动循环泵，一台为工作泵，一台为备用泵。循环泵的流量与扬程的选取应保证有机热载体在有机热载体炉中必要的流速。

停电频繁的地区，锅炉房内应有备用电源或采取其他措施，以保证泵的正常运转。

在循环泵的入口处应装过滤器，且应定期清理过滤器。

• 条款解释：本条款规定了采用炉体蓄热量较大的锅炉时应当配置备用电源及采取有效停电保护措施的要求。增加了对炉体蓄热量较大的锅炉应当保证供电，需要采用双回路供电等措施的要求。

由于受到自身热稳定性的限制，有机热载体对过热超温非常敏感。实验数据证明，在有机热载体的正常工作温度范围内，其工作温度每提高 10℃，该有机热载体因受到更高的热应力作用而造成热裂解率更高，会在原有温度条件下其裂解率的基础上增加 1 倍。此外，由于有机热载体的比热容要比水的比热容小 50% 以上，在相同的传热条件下，有机热载体的温升速度要比水的温升快得多。另外，因为我国存在缺气少油多煤的能源结构问题，我国在用的有机热

载体锅炉中70%以上为燃煤锅炉。燃煤锅炉的炉体结构中使用大量的耐火材料和钢材,这些材料被加热后可积蓄大量的热量,一旦系统运行中发生突然停电,在循环泵停止运转的情况下,将会因炉体材料释放出高温蓄热,造成锅炉内滞留的有机热载体发生过热超温。

有一些使用单位误认为在突然停电的条件下,可以将系统中膨胀罐内的有机热载体排放出来,使其通过锅炉即可以起到冷却炉管和防止有机热载体过热超温的作用,可以采用此方法解决停电对于有机热载体及锅炉产生的安全影响。其实,在停电发生后2~3分钟内,即在膨胀罐的排放尚未来得及操作时,在燃煤锅炉炉膛600℃以上的炉墙温度作用下,炉管内停止流动的有机热载体已经发生严重的过热超温。由于炉墙材料的温度要比有机热载体最高允许使用温度高很多,其蓄热量也要比这部分有机热载体通过锅炉时能够带走的热量高很多,即使在膨胀罐内的有机热载体完全流经锅炉排出后,炉膛内部材料也不能被冷却至有机热载体的最高允许使用温度以下,此时无法排出炉管的残留有机热载体仍然会受到炉膛内释放的蓄热作用而过热超温。同时,在系统紧急排放过程中,高温有机热载体还会与空气接触而被快速氧化,氧化和裂解产物的自燃点较低,而锅炉内温度较高且排空的炉管内存在空气,有可能会发生其中的氧化和裂解产物发生自燃。此外,被排出系统的有机热载体含有气态低沸物,其与空气混合后,还有可能在排放口周围形成爆炸性环境。所以,在停电情况下利用排放膨胀罐内介质冷却锅炉的操作方法,只会给有机热载体和锅炉带来更大的危害,或给系统留下安全隐患。

为此,本条款规定对于炉体蓄热量较大的锅炉,如该地区有供电不稳定的问题,应当采取适当的供电保障措施,如实施双回路供电、将一台循环泵的供电接入应急供电系统,或设置一台由发动机驱动的循环泵等。

11.4.5.3 过滤器

在循环泵的进口处应当安装可拆换滤网的过滤器。在液相传热系统内宜装设一个旁路精细过滤器。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《有机规》第25条。

《有机规》第25条 单机运行的气相炉,每台炉一般应安装两台供给泵,一台为工作泵,一台为备用泵。对于冷凝液可以自动回流的气相炉,可不装供给泵。

液相炉的循环系统至少安装两台电动循环泵,一台为工作泵,一台为备用泵。循环泵的流量与扬程的选取应保证有机热载体在有机热载体炉中必要的流速。

停电频繁的地区,锅炉房内应有备用电源或采取其他措施,以保证泵的正常运转。

在循环泵的入口处应装过滤器,且应定期清理过滤器。

• 条款解释:本条款规定了有机热载体系统内设置过滤器的要求。

通常有机热载体系统中有两种用途不同的过滤器。安装在循环泵吸入口处的可拆换滤网的过滤器,其主要作用是保护泵叶轮和在新系统调试期间对其内部的机械杂质进行清除。在循环泵进出口之间安装的旁路精细过滤器主要用于对系统内在用有机热载体中的固体微粒进行清除,以改善在用有机热载体的质量,达到延长其使用寿命的目的。二者在系统运行中的作用不同,其有机热载体流通量、过滤器的滤芯结构和安装位置也有所不同。

11.4.6 气相系统的排气

气相系统的安全阀开启时的排气及真空装置的排气应当通过减温液化后排入单独的有机热载体收集罐。所收集的有机热载体未经处理不应当再次使用。

- 条款说明：修改条款。

原条款：《有机规》第 16 条。

《有机规》第 16 条（部分条款） 3. 气相炉安全阀开启时排出的有机热载体汽化物应通过导管进入用水冷却的面式冷凝器，再接入单独的有机热载体储存罐，以便脱水净化。

冷凝器的背压应不超过 0.03MPa。

• 条款解释：本条款规定了对气相系统中排放出的有机热载体气体进行处理的要求和方法。增加了减温液化后的气相有机热载体不经处理不应当再次使用的规定，并取消了对冷凝器背压的限制要求。

本条款中“所收集的有机热载体未经处理不应当再次使用”的要求是新增内容。因为通过安全阀或真空装置排气阀排出的有机热载体蒸气经冷凝液化，其冷凝液中可能会存在水或低沸点变质物等，这些物质不经脱除便再次将冷凝液加入系统使用，将会使系统内有机热载体中水分或低沸点变质物累积增多，影响系统正常操作，甚至造成安全事故。

冷凝器的背压控制应当由冷凝器的工艺设计条件决定，本条款不宜做出具体规定。

11.4.7 液相系统膨胀罐

液相系统应当设置膨胀罐。膨胀罐的设计应符合以下要求：

- (1) 当膨胀罐与锅炉之间没有有效隔离措施时，不设置在锅炉的正上方；
- (2) 采用惰性气体保护的闭式膨胀罐需要设置定压装置，如果闭式膨胀罐中气体的最高压力不超过 0.01MPa，可以采用液封的方式限制其超压；开式膨胀罐需要设置放空管，放空管的尺寸符合表 11-1 的规定；
- (3) 膨胀罐的调节容积不小于系统中有机热载体从环境温度升至最高工作温度时因受热膨胀而增加容积的 1.3 倍；
- (4) 采用高位膨胀罐和低位容器共同容纳整个系统有机热载体的膨胀量时，高位膨胀罐上设置液位自动控制装置和溢流管，溢流管上不装设阀门，其尺寸符合表 11-1 的规定；
- (5) 与膨胀罐连接的膨胀管中，至少有一根膨胀管上不装设阀门，其管径不小于表 11-1 中规定的尺寸；
- (6) 对于容积大于或者等于 20m³ 的膨胀罐，设置一个独立的快速排放阀，或者在其内部气相和液相的空间分别设置膨胀管线，其中液相膨胀管线上设置一个快速切断阀。

表 11-1 膨胀罐的膨胀管、溢流管、排放管和放空管尺寸

系统内锅炉装机总功率(MW), ≤	0.025	0.1	0.6	0.9	1.2	2.4	6.0	12	24	35
膨胀及溢流管线公称尺寸 D_N (mm)	15	20	25	32	40	50	65	80	100	150
排放及放空管线公称尺寸 D_N (mm)	20	25	32	40	50	65	80	100	150	200

- 条款说明：修改条款。

原条款：《有机规》第 21 条。

《有机规》第 21 条 膨胀器应符合下列要求：

1. 液相炉和管网系统应装有接收受热膨胀有机热载体的膨胀器。膨胀器可以是封闭式的或是敞口式的。

2. 膨胀器的调节容积应不小于液相炉和管网系统中有机热载体在工作温度下因受热膨



胀而增加的容积的 1.3 倍。

3. 封闭式的膨胀器上应装压力表和安全泄放装置。泄放物应通过泄放管导入储存罐。

膨胀器上应装有溢流管, 溢流管应接到储存罐上。溢流管的直径与膨胀管直径一样, 且溢流管上不准安装阀门。

4. 膨胀器一般不得安装在有机热载体炉的正上方, 以防因膨胀而喷出的有机载体引起火灾。膨胀器的底部与有机热载体炉顶部的垂直距离应不小于 1.5m。

5. 锅炉管网系统与膨胀器连接的膨胀管应符合下列要求:

- (1) 膨胀管需要转弯时, 其弯曲角度不宜小于 120° ;
- (2) 膨胀管上不得安装阀门, 且不得有缩颈部分;
- (3) 膨胀管的直径应不小于下列数值:

额定热功率(MW):	0.7	1.4	2.8	5.6	11.2	22.4	33.6
公称直径 DN(mm):	32	40	50	70	80	100	150

6. 膨胀器和膨胀管不得采取保温措施, 膨胀器内的有机热载体的温度不应超过 70°C 。

• 条款解释: 本条款规定了膨胀罐的设计条件及安装要求。

主要修改内容是取消了以下要求或限制条件:

- (1) 膨胀器上应装有溢流管;
- (2) 膨胀器的底部与有机热载体炉顶部的垂直距离应不小于 1.5m;
- (3) 膨胀管需要转弯时, 其弯曲角度不宜小于 120° ;
- (4) 膨胀管上不得有缩颈部分;
- (5) 膨胀器和膨胀管不得采取保温措施, 膨胀器内的有机热载体的温度不应超过 70°C 。

同时增加了以下内容:

(1) 采用惰性气体保护的闭式膨胀罐应当设置定压装置;

(2) 采用高位膨胀罐和低位容器共同容纳整个系统有机热载体膨胀量的膨胀系统应当符合规定的设计条件;

(3) 对于容积大于或等于 20m^3 的膨胀罐, 应当设置快速排放阀或液相膨胀管切断阀。

膨胀罐的安装位置可以在系统的最高点、中间高度或地面。但安装在低于系统最高点位置的膨胀罐, 根据其安装位置与系统最高点之间的位差, 应当采用惰性气体定压方法保证罐内的真实液位和系统的正常工作压力。对于在高位设置的膨胀罐, 当其与锅炉之间未采取有效隔离措施的情况, 为了防止事故条件下膨胀罐内有机热载体溢出或喷出后引发火灾, 应当避免将膨胀罐安置在锅炉的正上方。

闭式系统的膨胀罐应当设置定压装置以保持罐内工作压力的稳定。定压装置的型式可根据罐内的工作压力确定, 采用液封形式的定压仅适用于膨胀罐内工作压力小于 0.01MPa 且系统的容积较小, 并排除系统内产生大量气体的可能性及罐内液位频繁发生较大波动的情况。

对于高位布置的闭式膨胀罐, 设置有机热载体安全泄放装置及其排放管线是必需的。如果采用一个容积不足以容纳系统中有机热载体热膨胀产生的最大体积增加量的高位膨胀罐, 可以使用一个较小的高位容器与一个较大的低位容器共同容纳整个系统的有机热载体膨胀量, 此种条件下在高位膨胀罐和低位储罐之间需要设置液位自动控制装置和一根溢流管以保持高位膨胀罐的正常液位。除此情况外, 闭式系统中设置溢流管并不是必需的, 因为对于膨

胀罐而言,溢流管和安全泄放装置的排放管具有相同的泄放功能。

由于膨胀罐的设置是按系统需要设置的,而不是按照系统内锅炉的数量设置的。所以膨胀管、溢流管及排放管等安装在膨胀罐上的管线尺寸应按照系统内锅炉的装机总功率在表 11-1 中选用。

一般在运行情况下,膨胀罐内储存着系统总容量的 20% 以上有机热载体,对于容量大的系统,罐内的有机热载体数量是必须加以重视的。当系统内发生泄漏时,如果不能有效和迅速地阻止膨胀罐内的有机热载体流入系统内位置更低的部分,则该系统的有机热载体泄漏量将会增加 20% 以上,并增大了泄漏事故的危险程度和处理难度。所以在液相膨胀管线上设置一个快速切断阀(详见附件一中的释图 11-5)或设置一个膨胀罐快速排放阀(详见附件一中的释图 11-4),对于系统泄漏条件下的安全控制和减少经济损失是非常必要的。

此外,本条款已规定膨胀管线和其他管线的直径尺寸应当满足表 11-1 的规定,如果在膨胀管线上安装缩径管件,但并不使得该管线的最小流通截面尺寸缩小至不满足表 11-1 的要求,此种情况应当是被允许的。为此,本条款不再对膨胀管线上的缩径管件加以特别限制。

有关膨胀罐和膨胀管不得保温的要求,从膨胀罐的工作原理和系统安全操作需要分析,该项要求是没有必要的。膨胀罐的基本功能是容纳系统中有机热载体从环境温度升高到工作温度时的膨胀量,同时膨胀罐还应具有脱水排气,在系统运行中给循环系统补充有机热载体,给循环泵施加适当的静压力,平衡系统内各部分之间的压力变化,以及为系统泄漏事故发出报警信号等功能。从膨胀罐的上述功能可以看出,其是否保温与其功能基本无关。唯一与保温有关的情况是采用开式循环的系统,由于膨胀罐与大气直接相通,其保温与否会影响到罐内有机热载体的温度,如其温度能够维持在 70℃ 以下,则开式系统膨胀罐内的有机热载体与空气接触时被氧化的速度就会大大降低。但这仅是一种理想状态,在实际操作中,膨胀罐内有机热载体是通过罐体向外部散热的,罐内的介质温度与系统工作温度的温差越大,高低温介质之间的密度差就越大。由于高位膨胀罐的位差及罐内和回流母管内循环流动的有机热载体之间的温度差所产生的密度差的作用,罐内的低温有机热载体与母管内的高温有机热载体体会形成热对流,并在二者之间产生热量和质量交换,导致膨胀罐内的有机热载体温度升高,因此膨胀罐内的介质温度实际上是难以维持在 70℃ 以下的。而且,由于不同温度有机热载体之间的热对流和质量交换会加强罐内介质的搅动,于是增加了罐内有机热载体与空气接触的机会,故反而会使得有机热载体氧化速度加快。此外,不保温的膨胀罐和膨胀管也容易发生人员烫伤事故。所以,为了防止系统内有机热载体发生氧化,可以采用闭式循环系统阻止空气进入膨胀罐,而没有必要通过加快膨胀罐散热以降低罐内介质的温度。但从人员操作安全考虑,对膨胀罐和膨胀管线进行保温则是一个避免人员烫伤所必需的安全要求。

11.4.8 有机热载体储罐

有机热载体容积超过 1m³ 的系统应当设置储罐,用于系统内有机热载体的排放。储罐的容积应当能够容纳系统中最大被隔离部分的有机热载体量和系统所需要的适当补充储备量。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《有机规》第 22 条。

《有机规》第 22 条 有机热载体储存罐应尽可能放在加热系统最低位置,以便放净锅炉中的有机热载体,储存罐与有机热载体炉之间应用隔墙隔开。储存罐应符合下列要求:

1. 储存罐的容积应不小于有机热载体炉中有机热载体总量的 1.2 倍。
2. 储存罐应装一只液面计, 储存罐上部应装有排气管, 排气管应接到安全地点, 其直径应比膨胀管 (按本规程第 21 条规定的系列) 大一档次。

• 条款解释: 本条款规定了有机热载体储罐的设置和设计要求。

取消了储存罐与有机热载体锅炉之间应当用隔墙隔开, 和储存罐的容积应当不小于有机热载体锅炉中有机热载体总量的 1.2 倍的要求。增加了设置储存罐的条件及其容积大小的确定原则。

根据《有机规》原条款第 22 条要求, 系统内有机热载体储罐容积不应小于锅炉内有机热载体总量的 1.2 倍。但实际上, 由于有机热载体热稳定性及锅炉结构的限制, 绝大多数有机热载体锅炉的本体是不设置排放管线及阀门的, 故也无法将其中的有机热载体完全排放到储罐内。有机热载体系统内设置储罐的功能之一, 是储备系统操作中所需最小数量的补充用有机热载体, 但其更重要的功能是在系统发生有机热载体泄漏时, 应当将系统中可能被泄漏的有机热载体最大数量的收纳在储罐里。

对于一个容积较大的系统, 能够有效减小系统泄漏量的方法是将该系统的管线和设备通过阀门合理地分隔成几个小的区域, 在系统发生泄漏的情况下, 可以通过关闭相关阀门将泄漏区域与系统的其余部分隔离开来, 同时将被隔离区域内的有机热载体快速排放至储罐内。由此, 该储罐的最小容积应该是系统中最大被隔离部分的有机热载体体积量和系统所必需的适当补充储备量二者之和。

锅炉房内安装的有机热载体锅炉与储罐之间的安全距离和位置, 属于锅炉房设计的安全要求, 该项要求包括在锅炉房设计规范内, 故本条款不再对此项要求进行表述。

11.4.9 取样冷却器

系统至少应当设置一个有机热载体的取样冷却器。液相系统取样冷却器宜装设在循环泵进出口之间或者有机热载体供应母管和回流母管之间。气相系统取样冷却器宜装设在锅炉循环泵的进出口之间。

• 条款说明: 新增条款。

• 条款解释: 本条款规定了有机热载体系统应当设置取样冷却器的要求, 以及取样冷却器的安装位置。

本条内容是根据 DIN 4754 第 4.2 条和 VDI 3033 第 5.1 条内容以及各地锅检所的要求新增加的。

在用有机热载体的质量检测需要保证被测样品具有代表性, 有代表性的样品应该从参与系统循环的管线或设备中取得。在高温条件下取样应当保证取样人员在操作过程中的安全, 还应当保证取样操作时所取样品中易于挥发的成分不会被逸出, 其他的成分不会在与空气接触时发生剧烈氧化反应。为此, 需要在系统中设置一个取样冷却器。

11.4.10 静电保护

有机热载体系统内的设备及管线应当采取静电保护措施。

• 条款说明: 新增条款。

• 条款解释: 本条款规定了有机热载体系统内设备及管线应当采取静电保护措施的要求。

根据燃烧学的原理, 当燃烧三要素, 即可 (易) 燃物质、空气及点火 (温度) 条件, 共

存于同一环境中时,就具备了发生燃烧的必要条件。有机热载体系统在正常运行过程中,虽然有机热载体属于可(易)燃物质,甚至其操作温度接近其自燃温度,但由于循环系统中并不存在空气,故而有机热载体不会在此条件下发生燃烧或爆炸。但在系统发生高温有机热载体泄漏的情况下,由于现场有可燃气(液)体与空气的混合物存在,如果还存在静电火花产生的点火条件,在该环境中发生火灾的可能性将会大大增加。

为此,在不可能保证系统不发生泄漏的情况下,需要避免燃烧三要素共存于同一环境中的情况发生,即在可能发生有机热载体泄漏的环境中设置静电保护装置,防止静电产生的火花可能造成泄漏现场的有机热载体及其易燃气体和空气的混合物着火燃烧,或系统检修中设备及管线内的有机热载体及其易燃气体和空气的混合物着火爆炸。

11.5 使用管理

11.5.1 有机热载体脱气和脱水

(1) 锅炉冷态启动时,在系统循环升温过程中膨胀罐内的介质温度达到 $110^{\circ}\text{C} \sim 120^{\circ}\text{C}$ 的条件下,应当对有机热载体进行脱气和脱水操作。

(2) 系统内在用有机热载体中低沸点物质聚积到 5% 以上时,应当采取适当措施进行脱气操作,并且将其冷凝物安全收集。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《有机规》第 29 条。

《有机规》第 29 条 有机热载体炉在点火升压过程中,应多次打开锅炉上的排气阀,以排净空气、水及有机热载体混合蒸汽。对于气相炉,当有机热载体的温度与压力符合对应关系后,应停止排气,进入正常运行。

• 条款解释:本条款规定了锅炉冷态启动时系统内有机热载体排气和脱水的操作要求,还应当在系统运行中对在用有机热载体内低沸物的数量进行控制并处理。取消了对气相锅炉排气条件的要求,增加了锅炉脱水脱气操作时的温度条件要求。

由于系统中存在的水及部分低沸点物质在升温过程中会发生汽化,它们将以气泡的形式存在于循环流动的有机热载体中,易于导致循环泵气蚀和使管线产生液击,引发系统内工作压力升高,甚至发生有机热载体喷出,造成安全事故。故在系统冷态启动过程中要避免过快升温,当膨胀罐内的水开始产生蒸发时,应控制系统温度上升,开始执行脱水和排汽(气)操作程序,以排汽(气)的方式将系统中的水和低沸物排出系统。

由于有机热载体中的水蒸气及其他低沸点物质的蒸气,必须处在高于其饱和温度的环境中才能以汽(气)态的形式排出系统,而膨胀罐是系统中唯一能够对有机热载体进行气液分离并可以向外排汽(气)的出口,故当膨胀罐内的有机热载体温度保持在 $110 \sim 120^{\circ}\text{C}$ 时,水蒸气才不会在通过膨胀罐和排放管线排出的过程中被冷凝成水滴,再一次流回到膨胀罐内。当罐内温度保持不变,排放管线出口处的温度降低到接近环境温度时,可以认定系统的脱水和排气操作完成。只有系统在完成脱气和脱水操作后,才允许对有机热载体继续升温。

自然循环气相系统内有机热载体的脱水脱气是通过在系统高点排气的操作方式完成的。强制循环液相加热节流蒸发气相系统内有机热载体的脱水脱气操作是通过系统内设置的真空冷凝装置完成的。本条款不对其操作条件进行具体规定。

本条款的新增内容是根据 DIN 4754 第 3.4.3 条相关内容修改的。

当在用有机热载体在使用过程中受到过热超温、氧化变质及化学污染等因素的作用时,

其质量会发生变化,且变质产物因其变质原因和程度不同而不同。变质产物可按其沸点分为低沸物、高沸物及固态不溶物。其中低沸点物质是沸点低于其未使用有机热载体初馏点的物质,其为有机热载体变质产物的主要部分。部分低沸点物质在系统的工作温度下会发生相变,以气泡形式存在于系统中,会引发泵的气蚀并导致传热过程恶化,故而在系统循环过程中继续形成有机热载体过热超温及氧化的条件,导致其快速变质并产生更多的低沸物,同时由于其存在还致使在用有机热载体的闪点明显降低。所以当其在系统中积聚达到一定的危险比例时,应通过脱气操作,将其中可能会发生相变的部分低沸点物质排出系统,以提高系统运行的安全性并适当地改善在用有机热载体质量状况。

根据数十年对数千个有机热载体系统实际使用状况的跟踪统计,证明当在用有机热载体中的低沸点物质达到5%以上,且其馏出温度低于锅炉进口温度时,易于引起循环泵气蚀,造成系统循环恶化和有机热载体质量变化速度明显加快。为了有效地控制在用有机热载体的变质速率和延长其使用寿命,除了需要避免发生过热超温、氧化和污染等直接造成有机热载体变质的事故外,将在在用有机热载体中低沸物的比例控制在一个合理且安全的范围之内也是非常重要的措施。为此,新增加本条款内容。

11.5.2 系统的有机热载体补充

锅炉正常运行过程中系统需要补充有机热载体时,应当将该冷态有机热载体首先注入膨胀罐,然后通过膨胀罐将有机热载体间接注入系统主循环回路。

- 条款说明:新增条款。

- 条款解释:本条款规定了系统运行过程中补充冷态有机热载体进入高温系统的途径和操作方式。

系统运行条件下,由于有机热载体的泄漏或排放低沸物等原因,会导致系统内有机热载体的数量减少,故需要在系统正常运行条件下向系统内补充一定数量的有机热载体。因系统内的有机热载体处于高温操作条件下,当环境温度条件下的被补充有机热载体直接加入系统时,该部分介质会在注入点处与高温有机热载体混合,并将在短时间内发生升温从而导致其体积膨胀。此外,冷态有机热载体中有可能存在水或低沸点物质,将其直接加入高温的循环系统,则会导致其中的水或低沸物骤然蒸发和气化。在此条件下,无论是发生有机热载体的体积膨胀还是水蒸发或低沸物气化,都会造成系统内压力波动甚至引发有机热载体的外溢或设备的破坏,导致有机热载体的泄漏。所以,正在运行的系统需要补充冷态有机热载体时,应当首先将其注入膨胀罐,使其在罐内经过混合、加热、膨胀、蒸发和脱气后,再通过膨胀管线进入系统的主循环系统,以避免所补充冷态介质中的水或低沸点物质直接进入主循环系统。

11.5.3 锅炉和系统的维护和修理

(1) 系统检修时,循环系统内组件的焊接应当在易燃气体和空气的混合物被惰性气体完全吹扫后进行;在整个焊接过程中,吹扫操作应当连续进行;

(2) 系统中被有机热载体浸润过的保温材料不应当继续使用,已经发生燃烧的保温层不应当立即打开,必须在保温层被充分冷却后再将其拆除更换。

- 条款说明:新增条款。

- 条款解释:本条款规定了有机热载体系统及锅炉检修中焊接操作和有机热载体泄漏到保温层内出现燃烧情况下的安全操作要求和程序。

第十二章 铸铁锅炉

一、本章结构及主要变化

本章共有5节,由“12.1 允许使用范围”、“12.2 材料”、“12.3 设计”、“12.4 制造”、“12.5 使用”组成,本章的主要变化为:

- 增加了铸铁锅炉使用范围,扩大到额定工作压力小于0.1MPa的蒸汽锅炉;
- 锅片的最小壁厚进行了重大调整,由原来的10mm改为5mm;
- 增加了新设计的铸铁锅炉整体验证性水压试验要求。

二、条款说明与解释

12.1 允许使用范围

- (1) 额定工作压力小于0.1MPa的蒸汽锅炉;
- (2) 额定出水温度低于120℃并且额定工作压力不超过0.7MPa的热水锅炉。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《水规》第86条。

《水规》第86条 额定出口热水温度低于120℃且额定出水压力不超过0.7MPa的锅炉可以用牌号不低于HT150的灰口铸铁制造。参数超过此范围的锅炉不应采用铸铁制造。

• 条款解释:本条款是对铸铁锅炉参数范围的规定。

历史上,国内就有铸铁蒸汽锅炉,国内东北地区个别城市铸铁锅炉使用比例曾经达到33%以上。但由于1982年国发〔1982〕2号文就关于加速工业锅炉更新改造节约能源的问题,规定“自本文批准下达之日起,各锅炉厂一律不准再生产铸铁锅炉……等老式低效锅炉;1986年以后,各单位一律不准再使用铸铁锅炉”。当时之所以称铸铁锅炉为老式低效锅炉,是因为燃烧方式是固定炉排手工燃烧,燃烧效率低。但是目前技术发展后,铸铁锅炉多是燃油(气)锅炉,燃烧效率较高,能满足节能的要求,而且铸铁锅炉耐腐蚀,安装便利,使用寿命较长,以及制造成本低等优点,在采暖的生活用锅炉领域得到广泛应用。

在原《水规》基础上增加了额定工作压力小于0.1MPa的蒸汽锅炉也允许采用铸铁锅炉的规定,一方面考虑到TRD、JIS B8203《铸铁锅炉的构造》和ASME均允许采用铸铁制造蒸汽锅炉,对蒸汽锅炉所适用的0.1MPa的压力限制参照的是TRD和ASME第Ⅳ的相关规定。ASME第Ⅳ卷中规定铸铁锅炉的使用范围为蒸汽锅炉工作压力低于103kPa,热水锅炉为工作压力低于1100kPa,工作温度低于121℃;TRD中规定的铸铁锅炉的使用范围为蒸汽锅炉1bar(注:1bar=10⁵Pa),热水锅炉为工作温度低于120℃。

另一方面原因,是目前国内铸造技术和水平均已有所提高,而且额定工作压力为0.1MPa的锅炉饱和蒸汽压力约为120℃,从压力和温度两方面考虑,额定工作压力小于0.1MPa的蒸汽锅炉采用铸铁锅炉是可行的。

12.2 材料

- (1) 铸铁锅炉应当采用牌号不低于GB 9439《灰铸铁件》规定的HT 150的灰铸铁制造;

本条款内容根据 DIN4754 第 7.4 条和第 7.5 条, VDI3033 第 4.2 条和第 6 条的相关内容修改。

有机热载体属于可燃或易燃化学物质。由其化学性质决定, 在有机热载体系统检修过程中对其中的组件进行现场焊接操作是一种危险操作。为此, 在焊接操作之前必须保证将系统中存在的可燃气体与空气的混合物用惰性气体完全吹扫置换, 并应该将操作部件的焊接热影响区内残存有机热载体清理干净, 在操作现场条件符合安全操作规程要求后方可实施操作。在焊接操作过程中, 由于系统内其他部分残存的有机热载体仍然可能释放出少量可燃气体, 故需要在整个焊接过程中, 继续用惰性气体对操作部件的焊接热影响区, 包括其与系统其他部分相连接的所有部位连续进行吹扫, 直至焊接操作完成, 且操作部件的表面温度降至环境温度。

通常, 少量系统内在用有机热载体的泄漏物会存留在设备或管道的保温层中。保温材料是一类导热系数较小而其中孔隙度较大的材料, 其材料之间的空隙中存储着一定量空气, 且因设备或管道内的高温有机热载体加热, 使得保温层内具有较高的温度。有机热载体泄漏并浸润保温层后, 有机热载体会迅速发生氧化。通常其氧化产物具有更低的自燃点, 绝大多数已发生的保温层着火事故被确定为泄漏有机热载体的氧化产物在高温条件下发生自燃所引发。在此条件下, 保温层内有机热载体的燃烧属于缺氧燃烧, 并不会突然发生剧烈燃烧问题。但如果操作人员对此问题处理不当, 采取了立即打开保温层检查或处理的方式, 则将使保温层内缺氧阴燃的有机热载体因获得足够的空气供应而立即转化成明火燃烧, 会导致更大火灾危险或人员伤亡事故的发生。正确的操作方法应当是在保温层被充分冷却后再将其拆除, 然后处理泄漏点并更换新的保温材料。

(2) 受压铸件不应当有裂纹、穿透性气孔、缩孔、缩松、未浇足、冷隔等铸造缺陷;

(3) 铸铁锅炉中钢制受压元件、紧固拉杆应当符合本规程其他章节的有关规定。

• 条款说明: (1)、(2) 为保留条款, (3) 为修改条款。

原条款:《水规》第 86、93 条 (略)、《水规》第 97 条。

《水规》第 97 条 铸铁锅炉中钢制受压元件的材料和焊接、主要附件和仪表、锅炉房、使用管理、检验等应符合本规程其他章节的有关规定。

• 条款解释: 本条款对铸铁锅炉中用到的铸铁材料、铸造质量要求、钢制元件进行了规定。

条款 (1)、(2) 是保留《水规》第 86、93 条的内容。铸铁材料的质量与材料的铸造工艺有很大的关系, 材料的铸造过程中会有很多缺陷形成, 如裂纹、穿透性气孔、缩孔、缩松、浇不到、冷隔等。这些缺陷会使材料的使用强度大大降低, 是不允许的。

条款 (3) 是在原《水规》第 97 条基础上, 删除了“焊接、主要附件和仪表、锅炉房、使用管理、检验”等内容, 这些内容在本规程的其他相关章节已包括, 故在此处予以删除。增加了紧固拉杆应当符合本规程其他章节的有关规定。

12.3 设计

12.3.1 基本要求

(1) 铸铁热水锅炉的额定工作压力应当不低于额定出水温度加 40°C 对应的饱和压力;

(2) 锅炉的结构应当是组合式的, 锅片之间连接处应当可靠地密封。锅片的最小壁厚一般不小于 5mm, 锅片之间的紧固拉杆直径一般不小于 10mm;

(3) 锅炉下部容易积垢的部位应当设置内径不小于 25mm 的清洗孔。

• 条款说明: 修改条款。

原条款:《水规》第 88、89、141 条。

《水规》第 88 条 (部分条款) 锅片的最小壁厚一般为 10mm, 也可采用强度计算的方法确定最小壁厚。

《水规》第 89 条 锅炉下部容易积垢的部位应设置内径不小于 25mm 的检查孔。

《水规》第 141 条 (部分条款) 锅炉运行中, 遇有下列情况之一, 应立即停炉:

1. 因水循环不良造成锅水汽化, 或锅炉出口热水温度上升到与出水压力下相应饱和温度的差小于 20°C (铸铁锅炉 40°C) 时;

• 条款解释: 本条款是对铸铁锅炉设计基本要求的规定。

与原《水规》条款相比, 本条款删去了“可采用强度计算的方法确定最小壁厚”的规定。因为目前无成熟的理论计算方法, 且国外通用做法也是通过爆破试验反过来确定工作压力。锅片的最小壁厚 5mm 是在参考 TRD 701 和 702 基础上, 根据目前国内铸造水平制定的。TRD 701 和 702 中规定的最小壁厚是按照功率大小而不同的, 但最小壁厚不应小于 4mm。此外, 补充了对紧固拉杆直径为 10mm 的规定, 其数值参考也是来源于 TRD701 第 4.3 节的相关要求。

热水锅炉设计的额定出水温度应当低于额定工作压力对应的饱和温度, 并保证一定的温

差(欠焓),以防止热水汽化,保证热水锅炉运行安全。本规程保留了原规程 40℃ 的规定,这也是同国外基本一致的数值,值得一提的是,该 40℃ 的温差在运行过程中也必须予以保证。

锅片的最小壁厚除安全的基本要求外,同国家的铸造工艺水平有关。生产误差越大,最小壁厚规定值越高。我国原来的传统落后铸铁锅炉生产已经淘汰,现有的生产工厂同国际水平基本一致。因此本次最小壁厚也进行了较大调整。此外紧固拉杆直径大小也直接关系到锅炉密封和安全运行,本次修订也增加了相应内容。

考虑到锅炉保养清理泥垢,要求锅炉下部应当布置一定直径的清洗孔。

12.3.2 冷态爆破验证试验

12.3.2.1 实施验证试验的条件

有下列情况之一的,应当进行锅片或者锅炉的冷态爆破验证试验,并且由具有相应资格的设计文件鉴定机构现场进行见证:

- (1) 采用新锅片结构的;
- (2) 改变锅片材料牌号的;
- (3) 上次冷态爆破验证试验合格后,超过 5 年的。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《水规》第 90 条。

《水规》第 90 条(部分条款) 有下列情况之一时,应进行锅片或锅炉的冷态爆破验证试验。(1) 首次采用的锅片结构。(2) 改变锅片材料的牌号。

• 条款解释:本条款是对铸铁冷态爆破验证试验的规定。

与原《水规》相比,增加了对爆破验证试验有效期为 5 年的规定。此条参考 ASME 第 IV 卷 HC401 和国外的相关规定。此外,还对进行验证试验的见证单位进行了规定,由于爆破验证试验是对铸铁锅炉设计的一种验证方式,类似于型式试验,故要求该爆破验证试验必须由设计文件鉴定单位到场见证,这同国外通用做法基本一致。新设计的锅片结构或锅片结构虽然没有发生变化,但是锅片材料发生变化时,生产出的锅片的安全性和密封性都需要进行重新的考验,因而应重新进行爆破试验。

12.3.2.2 锅片爆破试验数量

锅片的爆破试验应当取同种的 3 片锅片进行试验。锅炉的爆破试验应当取锅炉前部、中部、后部各 3 片锅片进行试验。

12.3.2.3 爆破试验压力

- (1) 蒸汽锅炉应当大于或者等于 1.4MPa;
- (2) 热水锅炉,额定出水压力小于或者等于 0.4MPa 时,爆破压力应当大于 $4p + 0.2\text{MPa}$;当额定出水压力大于 0.4MPa 时,爆破压力应当大于 $5.25p$ 。

• 条款说明:修改条款。

原条款:《水规》第 90 条。

《水规》第 90 条(部分条款) 有下列情况之一时,应进行锅片或锅炉的冷态爆破验证试验。……锅片的爆破试验应取同种的三片锅片进行试验。锅炉的爆破试验应取锅炉前部、中部、后部各三片锅片进行实验。

对于额定出水压力小于或等于 0.4MPa 的锅炉,爆破压力须大于 $1p + 0.2\text{MPa}$ (p ——锅炉额定出水压力,下同);对于额定出水压力大于 0.4MPa 的锅炉,爆破压力须大于 $5.25p$ 。

- **条款解释：**本条款是对冷态爆破试验数量和压力的规定。

在《水规》第 90 条对冷态爆破验证试验压力规定基础上，增加了对蒸汽锅炉进行爆破验证试验压力的规定，此条参考的是 TRD 701 中对蒸汽锅炉进行爆破验证试验的规定。对热水锅炉的爆破试验压力采用的《水规》规定（参考的也是 TRD 701）。美国 ASME 规范也有相应规定，爆破压力须大于 $5p$ 。

锅片的爆破试验，考虑到锅片前部、中部、后部三种不同形式，因而应取不同种类的三片锅片进行试验，锅片的爆破试验实际往往并不是要求打爆，而是试验压力高于规定值就满足要求了。

12.3.3 整体验证性水压试验

新设计的铸铁锅炉应当进行整体验证性水压试验，并且由具有资格的设计文件鉴定机构现场进行见证。保压时间和合格标准应当符合本规程第 4 章的有关规定。

整体验证性水压试验压力应当符合以下要求：

- (1) 蒸汽锅炉试验压力，为 1.2MPa ；
- (2) 热水锅炉试验压力，为 $2p$ ，并且不小于 0.6MPa 。

- **条款说明：**新增条款。

• **条款解释：**与《水规》相比，此条增加了对铸铁锅炉定型后进行整体水压验证试验的规定，并规定了还应由相应资格的单位对试验进行见证。对铸铁锅炉定型后进行整体水压试验的规定源于 TRD 的相关规定。对铸铁蒸汽锅炉的整体水压试验压力参考了 TRD 701 第 5.2.2 节中对蒸汽锅炉进行水压的规定；对铸铁热水锅炉则参考了 TRD 702 第 5.2.2 节（注：1998 版）中对热水锅炉进行水压试验的规定。整体进行验证试验主要是对整体承压和整体密封设计的综合考量，对设计完成的铸铁锅炉各个零部件组装后的整体耐压性和密封性进行试验验证，相当于整体设计验证，因此要求进行整体验证性水压试验，并且由具有资格的设计文件鉴定机构现场进行见证。

12.4 制造

12.4.1 铸造工艺

制造单位应当制订经过验证的受压铸件的铸造工艺规程，并且按照铸造工艺规程实施。

- **条款说明：**保留条款。

原条款：《水规》第 121 条（略）。

• **条款解释：**这是对铸铁锅炉生产单位生产过程的原则要求，生产锅片的过程包含铸造和机加工等过程，生产工艺好坏以及工艺执行情况都直接影响锅片的产品质量，因此提出了原则要求。

12.4.2 受压铸件力学性能检验

(1) 受压铸件应当按照每个铁水罐或者每片锅片制取拉伸试样，试样浇注按照 GB 9439《灰铸铁件》的规定进行，每罐或者每片锅片应当带有 3 根试样，其中一根做试样，2 根做复验试样；

(2) 拉伸试验按照 JB/T 7945《灰铸铁机械性能试验方法》的规定进行，试样的抗拉强度不低于所用铸铁牌号抗拉强度规定值下限为合格；如果第一根试样不合格，则取

另两根试样复验，如果该两根试样的试验均合格，则该受压铸件拉伸试验为合格，否则为不合格，则该试样代表的锅片为不合格；

(3) 对于同一炉连续浇注的受压铸件，如果最先和最后浇注的各一罐或者各一片锅片其拉伸试验均合格，则该炉其余受压铸件的拉伸试验可以免做，否则其余各罐或者各片锅片均需要做拉伸试验。

• 条款说明：保留条款。

原条款：《水规》第 94 条（略）。

• 条款解释：这是对锅片制作环节质量验证的基本要求。由于铸铁锅炉生产的特殊性，锅片的生产从冶炼到铸造以及后加工，本条主要规定了锅片生产过程中的主要质量检验内容：

- (1) 规定了试样的数量和制取方法；
- (2) 规定了试样的试验方法和合格标准；
- (3) 考虑到同炉批量连续浇注时，控制头尾质量的简单方法。

12.4.3 锅片壁厚控制

制造单位应当采取有效方法控制最小壁厚，对同批制造的锅片（同牌号、同结构型式、同铸造工艺）应当进行不少于 20% 的壁厚测量，并且不少于 1 片，锅片应当有测点图，每面至少应当对 5 个位置进行测厚。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《水规》第 88 条。

《水规》第 88 条（部分条款） 锅片的最小壁厚……制造单位应采取有效方法控制最小壁厚。对同批生产的锅片（同牌号、同结构型式、同制造工艺）应进行不少于 20% 的壁厚测量，且不少于 1 片。每种锅片应有测点图，测点数量按产品技术条件的规定。

• 条款解释：本条是对铸铁锅炉锅片壁厚测量的要求。

此条基本维持原《水规》规定，参照 ZBJ98014《铸铁锅炉技术条件》的规定，补充了每面至少应当对 5 个位置进行测厚的规定。

铸造完工的锅片壁厚是质量控制的重要指标。而不同牌号、不同结构型式、不同铸造工艺都是直接影响成型质量的重要因素。因此对锅片测厚进行了具体规定，生产单位应当因不同情况，充分考虑到铸造锅片可能产生的壁厚下限误差来控制生产工艺，并根据具体锅片的情况设定壁厚测量测点图，规程规定的具体数值主要来源于 TRD。

12.4.4 水压试验

锅片毛坯件、机械加工后的锅片、修理后的锅片及其他受压铸件应当逐件进行水压试验。锅炉组装后应当整体进行水压试验，试验压力及保压时间应当符合表 12-1 的规定，水压试验的方法和合格标准应当符合本规程第 4 章的有关规定。

表 12-1 试验压力与保压时间

名 称		水压试验压力(MPa)	在试验压力下保压时间(min)
受压铸件	蒸汽锅炉	不小于 1.0	2
	热水锅炉	1.5p, 且不小于 0.4	2
锅炉整体	蒸汽锅炉	不小于 0.4	20
	热水锅炉	1.5p, 且不小于 0.4	20

条款说明：修改条款。

原条款：《水规》第 95 条。

《水规》第 95 条（部分条款） 锅片毛坯件、机械加工后的锅片、修理后的锅片及其它受压铸件应逐件进行水压试验，锅炉组装后进行整体水压试验。试验压力及其保持时间应符合表 7-1（略）的规定。水压试验的方法应按照本规程第 154 条的规定。水压试验的结果符合本规程第 155 条的规定。

• 条款解释：本条是对铸铁锅炉定型后的制造过程中，对每个锅片及其锅炉整体组装后水压试验的要求。

此条在《水规》规定基础上，加入了对蒸汽锅炉进行水压试验的规定。同时对水压试验压力和保压时间进行了细化。其中对蒸汽锅炉铸件和锅炉整体的水压试验压力参考了 TRD 701 中的相应规定，而对热水锅炉的规定沿用原《水规》中的规定。考虑到受压铸件为大批量生产，对其保压时间进行了缩短，由 15 分钟改为 2 分钟。

12.4.5 受压铸件修补

受压铸件的辐射受热面上及应力集中区域内的缺陷不应当采用焊补的方法进行修理，受压铸件如果有裂纹、缩松或者分散性夹砂（渣）缺陷，不应当采用焊补的方法进行修理。

• 条款说明：保留条款。

原条款：《水规》第 96 条（略）。

• 条款解释：铸件上焊接质量难以保证，因此受压铸件特别是高温区和应力集中区域产生缺陷后不应当进行焊接补焊。受压铸件如果有裂纹、缩松或者分散性夹砂（渣）缺陷就不是某一点的问题，而是局部一片的问题，补焊是不能消除此类缺陷的。因此也不能进行焊接补焊，这和国外相关规定基本一致，实际制造过程中，出现此类问题回炉是简单可行方法。

12.5 使用

定期检验时的水压试验，按照制造过程中水压试验要求执行。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《水规》第 97 条。

《水规》第 97 条 铸铁锅炉中钢制受压元件的材料和焊接、主要附件和仪表、锅炉房、使用管理、检验等应符合本规程其他章节的有关规定。

• 条款解释：考虑到本规程修订设置了特殊规定章节，对于铸铁锅炉定期检验时的水压试验要求，其他章节不适用，因而单独进行了说明，而其他内容，别的章节已经有了且适用，就不再另行规定。

第十三章 D 级锅炉

一、本章结构及主要变化

本章共有 6 节, 由“13.1 基本要求”、“13.2 制造”、“13.3 安全附件及仪表”、“13.4 安装”、“13.5 定期检查”、“13.6 使用”组成。考虑到 D 级锅炉量大分散且流动性强, 完全按照 7 个环节进行全面管理难以实现, 尤其是安装监督检查、使用登记、定期检验方面。对于此类锅炉应该采用分类监管的思路, 重点抓住产品本质安全和落实使用者安全责任来进行管理。本章的主要变化为:

- 增加了 D 级汽水两用锅炉和热水锅炉可以采用铝、铜合金以及不锈钢材料, 管子可以采用焊接管的规定;
- 明确了蒸汽锅炉的设计图样上标明的水容积应当是锅炉设计正常水位时的水容积;
- 在汽水两用锅炉基础上进一步放宽 T 形接头的使用;
- 简化了 D 级蒸汽锅炉、热水锅炉、有机热载体锅炉的使用登记、安装告知、安装监督检查、使用管理和定期检验要求。

二、条款说明与解释

13.1 基本要求

(1) 汽水两用锅炉和热水锅炉受压元(部)件可以采用铝、铜合金以及不锈钢材料, 管子可以采用焊接管, 材料选用应符合相关标准的规定; 其他锅炉用材料应当满足本规程第 2 章的规定;

• 条款说明: 修改条款。

原条款:《小型规》第三条、第二十六条、第四十一条。

《小型规》第三条(部分条款) 本规定所述的小型锅炉是指:

(四) 小型铝制承压锅炉(本体选用铝质材料制造, 额定出口蒸汽压力不超过 0.04 兆帕, 且额定蒸发量不超过 0.2 吨/小时的锅炉)。

《小型规》第二十六条 小型汽水两用锅炉受压元件的材料应当为镇静钢, 经省级质量技术监督部门锅炉压力容器安全监察机构批准可以采用不锈钢材料。锅筒(壳)或者炉胆的取用壁厚不得小于 3 毫米。

《小型规》第四十一条 小型铝制承压锅炉的材料应当符合 GB3193《铝及铝合金热轧板》和 GB/T3190《变形铝及铝合金化学成分》的规定。铝材的许用应力按照国家标准提供的力学性能选取, 其安全系数: $n_b=4.0$, $n_s=1.5$ 。锅筒(壳)或者炉胆的取用壁厚不得小于 4 毫米。

• 条款解释: 本条对 D 级锅炉材料方面的要求进行了规定。

与《小型规》比较, 增加了铜合金材料, 对于焊接管, 本规程材料部分已允许热水锅炉管道采用焊接管, 因此对汽水两用炉和热水锅炉也允许使用焊接管。蒸汽锅炉的选材要求在此没有提出特殊要求, 选材时应当满足本规程材料章节的有关规定。

(2) 汽水两用锅炉和热水锅炉的锅筒(锅壳)、炉胆与相连接的封头、管板可以采用插入式全焊透的 T 形连接结构;

- 条款说明：修改条款。

原条款：《小型规》第二十七条、第三十五条。

《小型规》第二十七条 小型汽水两用锅炉的锅筒（壳）、炉胆与相连接的封头、管板可以采用插入式全焊透的 T 形连接结构。

《小型规》第三十五条 小型蒸汽锅炉主焊缝不得采用 T 形接头。

• 条款解释：是在汽水两用锅炉基础上进一步放宽 T 形接头的使用，这主要是考虑热水锅炉额定出水温度不超过 95℃，且由自来水加压，采用 T 形接头不会发生强度问题。继续保持小型蒸汽锅炉主焊缝不得采用 T 形接头的要求不变。

(3) 蒸汽锅炉的设计图样上应当标明锅炉设计正常水位时的水容积；

(4) 在满足强度计算的情况下，锅筒（锅壳）、炉胆（顶）、管板（封头）的取用壁厚应当不小于 3mm；铝制锅炉锅筒（锅壳）或者炉胆的取用壁厚应当不小于 4mm；蒸汽锅炉焊缝减弱系数取 $\phi=0.8$ ；

- 条款说明：修改条款。

原条款：《小型规》第二十六条、第三十条、第三十四条。

《小型规》第二十六条 小型汽水两用锅炉受压元件的材料应当为镇静钢，经省级质量技术监督部门锅炉压力容器安全监察机构批准可以采用不锈钢材料。锅筒（壳）或者炉胆的取用壁厚不得小于 3 毫米。

《小型规》第三十条 小型热水锅炉受压元件的材料应当为镇静钢。锅筒（壳）或者炉胆的取用壁厚不得小于 3 毫米。

《小型规》第三十四条（部分条款） 小型蒸汽锅炉的设计图样应当标明锅炉设计水容量。小型蒸汽锅炉的材料按照《蒸汽锅炉安全技术监察规程》中的规定选取。锅炉焊缝减弱系数取 $\phi=0.8$ ，锅筒（壳）或者炉胆的取用壁厚不得小于 3 毫米。

• 条款解释：原《小型规》对水容积规定不太明确，各地常常发生理解上的偏差，因此本次修订明确了 D 级蒸汽锅炉的水容积为锅炉设计正常水位时的水容积。

保留原《小型规》第二十六条、第三十四条以及四十一关于壁厚要求的部分内容，并进行了合并。考虑到小型锅炉压力较低，实际制造成本等原因，对 D 级锅炉壁厚最低值相对其他锅炉放宽了规定。

(5) 锅炉禁止改造；

- 条款说明：新增条款。

• 条款解释：D 级小型锅炉制造成本较低，运行一段时间之后再进行改造，经济上不划算，且往往由于改造施工水平低，容易造成安全隐患。因而参照浙江省地方标准 DB33/649—2007《农村小锅炉安全技术与管理规范》的规定，增加了 D 级锅炉不允许改造的内容。

(6) 额定热功率小于 0.01MW 的有机热载体锅炉只需满足制造许可的要求，其技术要求应当满足相应标准的要求。

- 条款说明：新增条款。

• 条款解释：本条是对 D 级有机热载体锅炉的特殊要求。

由于 D 级有机热载体炉主要是小型电加热式炉型，本规程有机热载体锅炉部分的所有

规定不可能都适用，因此本款只规定了该类锅炉应由持证工厂制造，其余技术要求不再统一规定。

13.2 制造

(1) 锅炉制造过程中可以不做产品焊接试件；

• 条款说明：修改条款。

原条款：《小型规》第三十六条。

《小型规》第三十六条 焊工、焊接工艺评定、焊缝外观检查、返修应当按照《蒸汽锅炉安全技术监察规程》的规定执行。锅炉可以免做产品检查试板。

• 条款解释：在《小型规》第三十六条的基础上，将免除制作焊接试件的要求由小型蒸汽锅炉扩大到所有的D级锅炉，主要考虑到这类锅炉用材简单，焊接工艺要求不高，容易保证焊接质量，没有必要制作焊接试件，增加产品成本。

(2) 热水锅炉和额定工作压力小于或者等于0.1MPa的蒸汽锅炉，在锅炉制造单位保证焊缝质量的前提下，可以不进行无损检测；

• 条款说明：保留条款。

原条款：《小型规》第二十三条（略）。

• 条款解释：这一规定主要是由于工作温度压力都较低，在工厂保证质量的前提下，可免做无损检测，以降低生产成本。

(3) 锅炉制造单位应当在锅炉显著位置标注安全警示，其中汽水两用锅炉的警示内容至少包括禁止超压运行、缺水 and 禁止水封装置装设阀门等；

• 条款说明：新增条款。

• 条款解释：此条规定锅炉制造单位必须在锅炉本体显著位置上标注安全警示。具体警示的内容由制造企业根据产品特点标注，如禁止超压使用、禁止烧干进水等。增加此条是针对D级锅炉的使用者的使用特点，由制造者提示使用者安全使用锅炉。

(4) 蒸汽锅炉铭牌上应当标明使用年限，使用年限不超过8年。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《小型规》第四十条。

《小型规》第四十条 小型蒸汽锅炉使用期限应当不超过8年，超过8年的予以报废。

• 条款解释：这是对D级蒸汽锅炉使用年限的要求。

在原规定小型蒸汽锅炉使用年限为8年的基础上，增加了在产品铭牌上标明的要求。考虑到小型蒸汽锅炉产品成本以及使用管理等方面原因，对此类锅炉使用年限进行强制限制。

13.3 安全附件及仪表

13.3.1 蒸汽锅炉安全附件及仪表要求

(1) 锅炉本体上至少装设一个弹簧式安全阀，其排放量按照本规程第6章要求进行计算，并且流道直径应当大于或者等于10mm；

(2) 锅炉至少装设一个压力表和水位计；

(3) 锅炉应当装设可靠的超压、低水位报警或者联锁保护装置，并且定期维护。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《小型规》第二十四条、第三十八条。

《小型规》第二十四条 小型锅炉至少应当装设一只压力表。压力表应当按照有关规定进行校验。小型汽水两用锅炉、小型蒸汽锅炉和小型铝制锅炉至少还应当装设一只水位表。

《小型规》第三十八条 小型蒸汽锅炉本体上应当至少装设一只弹簧式安全阀。水位表与锅筒（壳）之间的汽、水连接管上可以不装阀门。

• 条款解释：本条对蒸汽锅炉所应该配置的安全附件和仪表进行了规定。

(1) 款修改了原《小型规》第三十八的规定，参照浙江省地方标准 DB33/649—2007《农村小锅炉安全技术与管理规范》，对安全阀最小流道直径做了要求，应当大于等于10mm。主要考虑直径过小后，由于结垢等因素会导致流通通道堵塞，从而影响泄放。原《小型规》第三十八条关于水位表与锅筒（壳）之间的汽、水连接管上可以不装阀门的规定在本规程第6章已做规定。

(2) 款保留原《小型规》第二十四条的规定。

(3) 款是新增条款。根据近几年锅炉事故的统计分析，小型蒸汽锅炉缺水所导致的事故至少占有所有锅炉事故的40%以上，因此有必要加强对小型蒸汽锅炉低水位报警或连锁的要求。

13.3.2 汽水两用锅炉安全附件及仪表要求

- (1) 锅炉应当装设安全阀或者满足本规程 13.3.3 要求的水封式安全装置；
- (2) 锅炉至少装设一个压力表和水位计；
- (3) 锅炉应当装设可靠的超压、低水位报警或者连锁保护装置，并且定期维护。

13.3.3 汽水两用锅炉水封式安全装置要求

- (1) 水封管的直径应当根据锅炉的额定蒸发量和压力确定，并且内径应当不小于25mm；
- (2) 水封装置安装时，水封管下端应当高于最高火界50mm，其有效水柱高度不应超过4m；
- (3) 水封管上不应装设任何阀门，同时应当有防冻措施。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《小型规》第二十八条。

《小型规》第二十八条 小型汽水两用锅炉不得采用弹簧式安全阀，应当采用符合下列要求的水封式安全装置：

- (一) 水封管的直径应当根据锅炉的额定容量和压力确定，且内径不得小于25毫米；
- (二) 水封装置安装时，其有效水柱高度不得超过4米且只允许负偏差；
- (三) 水封管上不得装设任何阀门，同时应当有防冻措施。

• 条款解释：这两条是对汽水两用锅炉的安全附件和仪表的规定。

13.3.2 (1) 款是在原《小型规》第二十八条的基础上，增加了允许使用安全阀的规定，这是因为现在已经能选配适用D级汽水两用锅炉额定压力的安全阀。

13.3.2 (2)、(3) 款与蒸汽锅炉同样要求。

13.3.3 条是对汽水两用锅炉所使用的水封式安全装置提出了具体要求。在原《小型规》第二十八条的基础上，增加了水封管下端应高于最高火界50mm的要求，防止泄放过程中水位下降可能引起的受热面过热。

13.3.4 排污管与排污阀连接

除有机热载体锅炉外，其他锅炉排污管与排污阀可以采用螺纹连接。

- 条款说明：新增条款。

- 条款解释：本条对排污管和排污阀的连接方式进行了规定，原《小型规》没有明确，根据实际情况，主要考虑要便于现场安装，放宽了连接方式要求。

13.4 安装

(1) 蒸汽锅炉、热水锅炉和有机热载体锅炉可以不设独立的锅炉房，蒸汽锅炉安装位置应当与非操作人员有效隔离；

- 条款说明：新增条款。

- 条款解释：对于锅炉的安装位置，考虑到蒸汽、热水、有机热载体炉结构尺寸很小以及实际使用方面困难，难以设立单独锅炉房。使用者应该合理放置锅炉，避免在人群密集地方使用。

(2) 蒸汽锅炉、热水锅炉和有机热载体锅炉不需要安装告知，并且不实施安装监督检验；

(3) 锅炉安装完毕后，制造单位或者其授权的安装单位应当对操作人员进行操作、安全管理和应急处置培训，培训合格并出具书面证明；

(4) 锅炉经过制造单位或者其授权的安装单位和使用单位双方代表书面验收认可后，方可运行。

- 条款说明：新增条款。

- 条款解释：D级蒸汽、热水、有机热载体锅炉由于其结构几何尺寸很小，且使用量大面广，很多锅炉大量在农村或城市郊区使用，安装监检不做要求。同时这也是考虑到这类锅炉安装工作量很少，只是接少量的汽水管路和整体就位，检验的必要性不大，安装质量应当由制造单位或安装的单位负责，由双方共同验收确认。对于操作人员，由于使用简单，由安装单位或制造单位对使用者进行培训，使其掌握必要的安全操作技能，但必须有书面证明，以便进行责任追究。

13.5 定期检查

汽水两用锅炉应当按照本规程 9.4 的规定进行定期检验，其他锅炉由锅炉使用单位定期自行检查。

- 条款说明：修改条款。

原条款：《小型规》第十六、第二十九、第三十二、第三十三、第三十九条；《有机规》第3条。

《小型规》第十六条 各级质量技术监督行政部门锅炉压力容器安全监察机构应当对小型…锅炉的使用情况进行不定期的检查。

《小型规》第二十九条 小型汽水两用锅炉每两年应当进行一次水压试验，水压试验按照第二十五条规定执行，在水压试验前，应当进行必要的内外部检查。

《小型规》第三十二条 对于同时符合下列条件的小型热水锅炉，其安装、检验、使用

环节暂不纳入强制管理，但其制造单位应当具有锅炉制造资格：

- (一) 仅承受自来水压力，无给水泵；
- (二) 额定出口水温不超过 85℃，装有可靠的超温保护装置；
- (三) 采用燃油（气）或者电进行加热。

《小型规》第三十三条 除第三十二条以外的其它小型热水锅炉，每两年应当进行一次水压试验，水压试验按照第二十五条规定执行，在水压试验前，应当进行必要的内外部检查。

《小型规》第三十九条 小型蒸汽锅炉应当每两年进行一次外部检验和水压试验，水压试验按照第二十五条规定执行。

《有机规》第 3 条 本规程规定了有机热载体炉的特殊要求。有机热载体炉的设计、制造、安装、使用、检验、修理、改造等环节应符合《锅炉压力容器安全监察暂行条例》和本规程的规定。此外，气相炉还应符合《蒸汽锅炉安全技术监察规程》有关要求；液相炉还应符合《热水锅炉安全技术监察规程》有关要求。

• **条款解释：**保留汽水两用锅炉定期检验要求。定期检验具体要求见《锅规》第 9 章。取消 D 级蒸汽锅炉、热水锅炉、有机热载体锅炉的定期检验要求，由于这些锅炉很小，如果要定期检验的话几乎都是外部目视检查，因此对定期检验也不做强制要求，当然如果使用愿意，使用者也可请检验单位进行定期检验。但对于汽水两用炉，虽然其额定压力低，但由于其吨位较大，因此保留汽水两用锅炉定期检验要求。

13.6 使用

(1) 汽水两用锅炉应当按照规定办理使用登记，其他锅炉不需要办理使用登记；

• **条款说明：**修改条款。

原条款：《小型规》第十四条。

《小型规》第十四条 小型……锅炉经安装验收合格后，由锅炉使用单位持有关资料到当地质量技术监督行政部门锅炉压力容器安全监察机构办理锅炉登记手续，取得锅炉使用登记证后方可投入使用。

• **条款解释：**考虑到 D 级蒸汽、热水、有机热载体锅炉的特殊性，这些锅炉可以不办理使用登记，保留汽水两用锅炉应当按照规定办理使用登记的要求。

(2) 锅炉使用单位应当严格按照锅炉使用说明操作锅炉，并做好锅炉的定期保养和检查，确保安全附件和仪表灵敏可靠；

(3) 锅炉出现故障或者发生异常情况时，使用单位应当对其进行全面检查，消除事故隐患后，方可重新投入使用；

(4) 蒸汽锅炉、热水锅炉和有机热载体锅炉的操作人员不需取得《特种设备作业人员证》，但应当根据本规程 13.4 (3) 的规定经过培训。

• **条款说明：**修改条款。

原条款：《小型规》第十五条。

《小型规》第十五条 小型……锅炉使用单位必须做好锅炉设备的维护保养工作。锅炉设备运行中发现存在危及安全的隐患时，应当立即停止运行。

• **条款解释：**条款 (2)、(3) 规定了使用单位的责任，(4) 是放宽操作人员持证要求

的特别规定。对于小型锅炉落实使用单位的安全责任，保证安全使用极为重要，使用单位或使用者应该对锅炉的安全使用承担以下责任：

(1) 要严格按照锅炉使用说明进行操作，不得对锅炉进行私自改装，不得破坏锅炉所配置的安全附件和仪表。

(2) 要经常对锅炉进行检查和维护，发现故障或隐患时应立即停止使用并及时请专业人员进行全面检查，正常后方可继续使用。在日常维护时应重点检查锅炉安全附件是否灵敏可靠，安全阀是否能正常起跳、水封管路是否堵塞、报警装置是否能正常工作、水位计、压力表、温度计是否能正常工作等。

第十四章 附则

一、本章结构及主要变化

本章共有 2 节，由“14.1 解释权限”、“14.2 施行时间”组成。

二、条款说明与解释

14.1 解释权限

本规程由国家质检总局负责解释。

14.2 施行时间

本规程自 2013 年 6 月 1 日起施行。1996 年 8 月 19 日原劳动部颁布的《蒸汽锅炉安全技术监察规程》（劳部发〔1996〕276 号）、1991 年 5 月 20 日颁布的《热水锅炉安全技术监察规程》（劳锅字〔1991〕8 号）及 1997 年 2 月 14 日发布的“关于印发《修订后的〈热水锅炉安全技术监察规程〉有关章节》的通知”（劳锅字〔1997〕74 号）、1993 年 11 月 28 日颁布的《有机热载体炉安全技术监察规程》（劳部发〔1993〕356 号）同时废止。

• 条款说明：修改条款。

原条款：《蒸规》第 212 条；《有机规》第 36、37 条；《小型规》第五十九、六十条。

《蒸规》第 212 条 本规程自 1997 年 1 月 1 日起施行。原劳动人事部 1987 年 2 月 17 日颁布的《蒸汽锅炉安全技术监察规程》（劳人锅〔1987〕4 号）同时废止。

《有机规》第 36 条 本规程由劳动部负责解释。

《有机规》第 37 条 本规程自一九九四年五月一日开始实施。

《小型规》第五十九条 本规定由国家质量技术监督局负责解释。

《小型规》第六十条 本规定自 2000 年 8 月 1 日起施行。

• 条款解释：因为《锅规》是由国家质检总局负责颁布，因此也是由国家质检总局负责解释。本规程实施之日起，《蒸规》、《水规》和《有机规》同时废止。

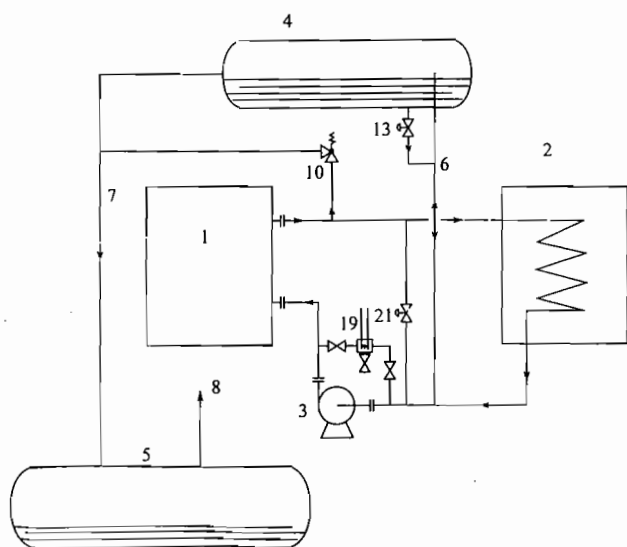


附件一： 有机热载体系统示意图

说明： 有机热载体系统示意图仅用于方便读者对《锅炉安全技术监察规程》第十一章中相关条款内容的正确理解，本附图并不包含任何向读者推荐设计方案的意图，也无意要求任何人采用图中所示意的有机热载体系统。

图释

- | | |
|-------------|--------------------|
| 1 有机热载体锅炉 | 12 低沸物冷凝液收集罐 |
| 2 工艺用热设备 | 13 膨胀罐快速关断阀 |
| 3 循环泵 | 14 闪蒸罐 |
| 4 膨胀罐 | 15 面式冷凝器 |
| 5 储存罐 | 16 储罐加热器 |
| 6 膨胀管 | 17 冷凝液供给泵 |
| 7 溢流管 | 18 冷凝液罐 |
| 8 排气管 | 19 取样冷却器 |
| 9 锅炉安全阀 | 20 补充泵 |
| 10 闭式容器安全阀 | 21 自动流量控制阀（或压差释放阀） |
| 11 膨胀罐快速排放阀 | |



系统具有以下特点：

- a. 开式低位储罐
- b. 开式高位膨胀罐
- c. 单膨胀管
- d. 设有快速切断阀
- e. 设有溢流管

图 11-1 开式液相系统

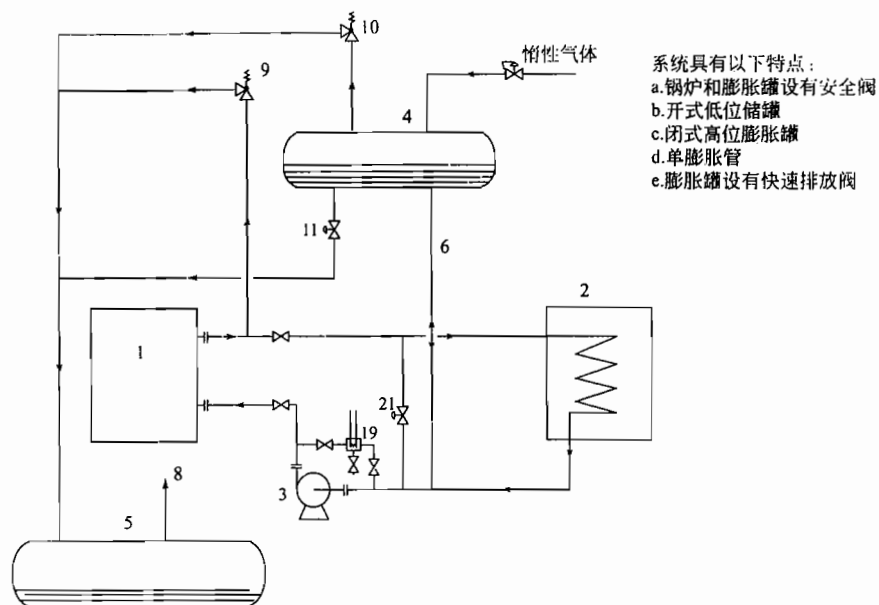


图 11-2 闭式液相系统

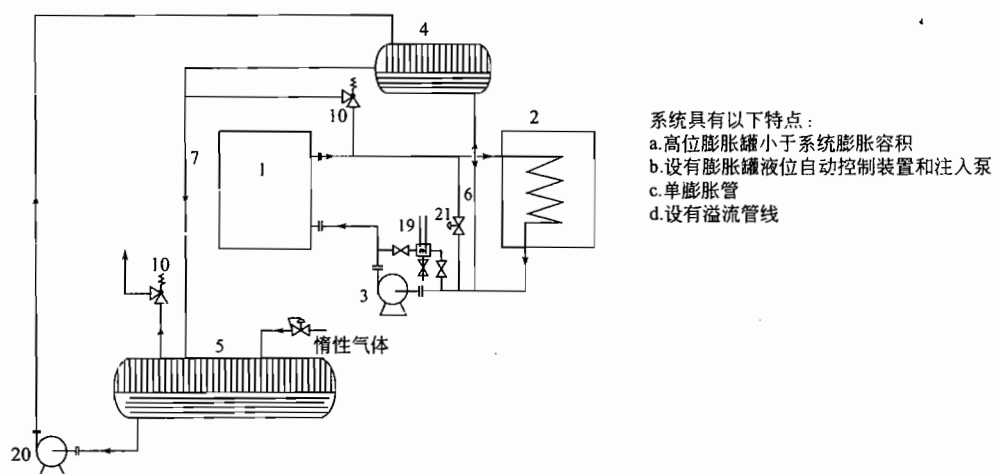
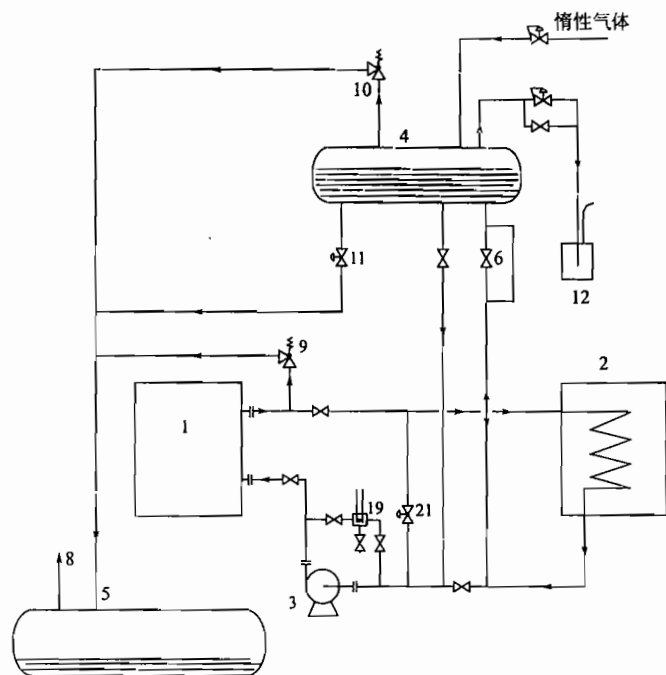
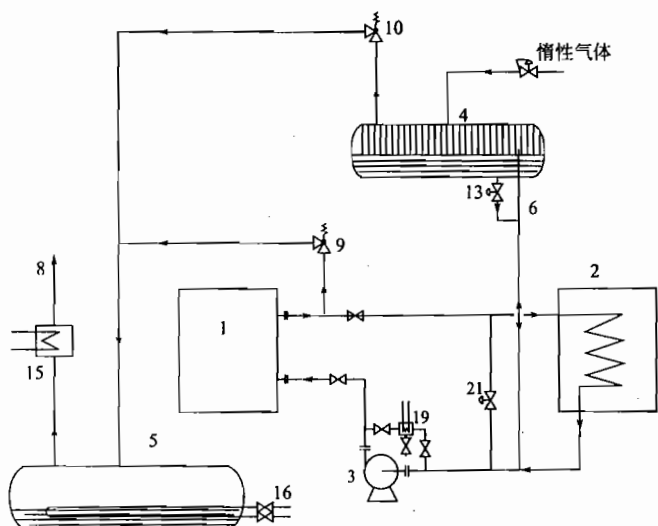


图 11-3 闭式液相系统（由高位膨胀罐和低位储罐共同容纳系统内有机热载体膨胀量的系统）



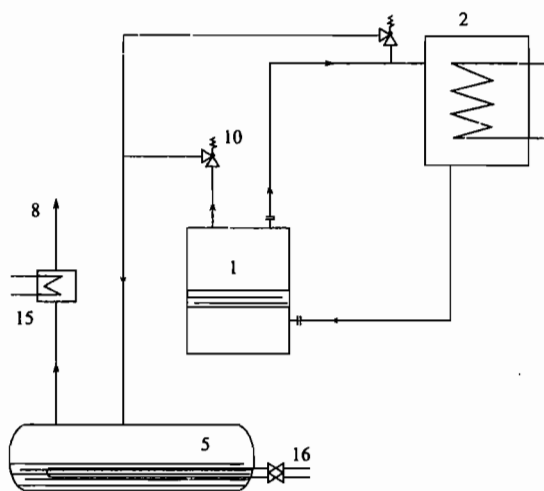
- 系统具有以下特点：
- a. 膨胀罐设有双膨胀管线
 - b. 开式低位储罐
 - c. 闭式高位膨胀罐
 - d. 膨胀罐设有快速排放阀
 - e. 设有低沸物收集罐

图 11-4 闭式液相系统（具有双膨胀管的系统）



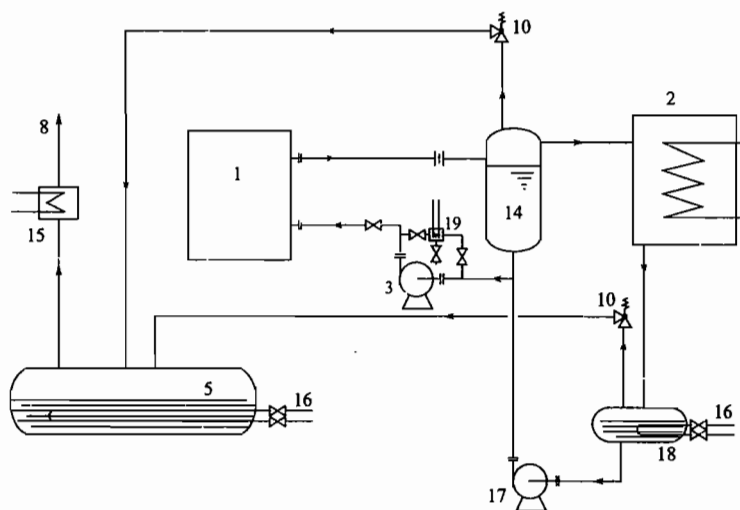
- 系统具有以下特点：
- a. 使用气相有机热载体
 - b. 锅炉和膨胀罐设有安全阀
 - c. 闭式高位膨胀罐
 - d. 单膨胀管
 - e. 开式低位储罐
 - f. 设有面式冷凝器

图 11-5 闭式液相系统（使用气相有机热载体的液相系统）



- 系统具有以下特点:
- a. 使用气相有机热载体
 - b. 直接加热蒸发
 - c. 系统未设置增压泵
 - d. 设有面式冷凝器

图 11-6 自然循环气相系统



- 系统具有以下特点:
- a. 使用气相有机热载体
 - b. 液相强制循环加热
 - c. 节流减压后在闪蒸罐内蒸发
 - d. 设有面式冷凝器

图 11-7 液相强制循环节流减压蒸发气相系统

附件二： 火焰直接加热有机热载体锅炉 最高液膜温度计算方法

B.1 概述

本方法适用于以有机热载体为传热介质的锅炉，是确定锅炉内部有机热载体的最高液膜温度（炉管壁面上的有机热载体的最高温度）的计算方法。在直接及非直接受火加热液相锅炉的设计中，本方法为计算其内部有机热载体的计算最高液膜温度的推荐方法。

本方法中 B.6.1 节有关直接受火加热有机热载体锅炉计算最高液膜温度的确定、B.6.2 节有关炉管内放热系数的确定和 B.6.3.1 节有关燃油/燃气圆筒形盘管式锅炉的最大热流密度确定的计算公式取自于 DIN 4754，B.6.3.2 节有关燃煤链条炉排锅炉最大热流密度的确定依据于《工业锅炉设计计算方法》中“层燃锅炉炉膛传热计算”的相关公式，计算公式中所采用的炉拱喉口处辐射受热面热流密度修正系数，是根据辐射传热计算关系及燃煤链条炉排锅炉工程设计和实际运行方面的良好经验确定的。

B.2 计算目的和要求

计算有机热载体锅炉最高液膜温度的目的，是为了确定所设计锅炉能否满足其内部任一处受热面上有机热载体的液膜温度低于所使用有机热载体的最高允许液膜温度，并不会使其发生气化的条件。该计算结果要求所设计锅炉在其内部最大热流密度处和最小雷诺数处的计算最高液膜温度，应当低于所使用有机热载体的最高允许液膜温度。

采用本方法对有机热载体锅炉进行的最高液膜温度计算，仅为对所设计锅炉的安全性提供一个验证条件，其计算结果并不是该锅炉的实际最高液膜温度的精确计算值。

B.3 适用范围及条件

本计算方法适用于以有机热载体为传热介质的燃油/燃气锅炉，燃煤链条炉排锅炉，以及采用电或工业余热等为热源进行加热的锅炉。

本计算方法对直接受火加热液相锅炉的最高液膜温度计算基于以下条件的考虑：

- 1 有机热载体锅炉受热面由炉管构成，有机热载体在管内以强制循环的方式流动；
- 2 在锅炉的燃烧室内或燃烬室内火焰不会接触到任何一处的炉管；（如有发生火焰直接冲刷炉管的情况，计算公式中应当考虑增加火焰冲刷修正系数，该系数可取 1.3。）
- 3 燃油/燃气锅炉的燃烧室为圆形截面，燃煤链条锅炉的燃烬室为方形或圆形截面；
- 4 燃油/燃气锅炉的最大热流密度发生在燃烧室内环绕火焰中心的炉管向火面圆周上，其最小雷诺数发生在燃烧室末端与火焰中心垂直的端面受热面炉管内；

燃煤链条锅炉的最大热流密度发生在燃烬室下部炉拱喉口处的炉管向火面圆周上，其最小雷诺数发生在锅炉的对流受热面炉管内；

5 对于燃煤链条炉排锅炉，还须考虑以下限制条件：

- 1) 燃用一类、二类、三类烟煤，或具有更低热值及挥发分的煤种；
- 2) 锅炉的计算绝热燃烧温度在 1600℃ 以下；
- 3) 炉膛出口的烟气温度不宜低于 700℃；
- 4) 炉拱喉口处前后拱之间的水平投影间距 l_{thr} 与燃烬室沿着炉排方向的长度 L_{lur} 之比大于 0.3。

B. 4 符号、含义与单位

a_{fur}	炉膛系统黑度	—
c_p	在 t_{bulk} 温度下的定压比热	J/(kg · K)
d_{fire}	火焰直径	m
d_{od}	炉管外径	m
d_{id}	炉管内径	m
D_{fur}	燃油/燃气锅炉燃烧室平均直径	m
l_{thr}	燃煤锅炉炉拱喉口流通截面的宽度	m
L_{fur}	燃煤锅炉沿炉排方向燃烬室的长度	m
L	炉管有效长度	m
q_{fur}	燃油燃气锅炉辐射受热面热流密度	W/m ²
q_r	燃煤锅炉辐射受热面热流密度	W/m ²
q_{rmax}	辐射受热面最大热流密度	W/m ²
t_{bulk}	有机热载体主流体的平均温度	°C
t_{wal}	炉管外壁温度	°C
t_{fpermit}	有机热载体最高允许液膜温度	°C
t_{film}	锅炉计算最高液膜温度	°C
Δt_{htf}	炉管边界层内有机热载体的温升	°C
T_{fl}	燃油/燃气锅炉的炉膛火焰温度	K
T_{adi}	燃煤链条锅炉的炉膛绝热燃烧温度	K
T''_{fur}	燃煤链条锅炉的炉膛出口烟温	K
T_{av}	燃煤链条锅炉的炉膛烟气(火焰)有效平均温度	K
T_{wal}	炉管外壁温度(= t_{wal} + 273.15)	K
w_{htfav}	炉管内有机热载体平均流速	m/s
α_{htf}	管内对流放热系数	W/(m ² · °C)
μ_{htf}	在 t_{bulk} 温度下有机热载体的动力黏度	Pa · s
ν_{htf}	在 t_{bulk} 温度下有机热载体的运动黏度	m ² · s
λ_{htf}	在 t_{bulk} 温度下有机热载体的导热系数	W/(m · K)
ψ	变量因数	—
σ_0	绝对黑体辐射常数(= 5.67×10^{-8})	W/(m ² · K ⁴)
Pr	普朗特数 $Pr = \frac{c_p \times \mu_{\text{htf}}}{\lambda_{\text{htf}}}$	—
Re	雷诺数 $Re = \frac{w_{\text{htfav}} \times d_{\text{id}}}{\nu_{\text{htf}}}$	—

B.5 符号示意

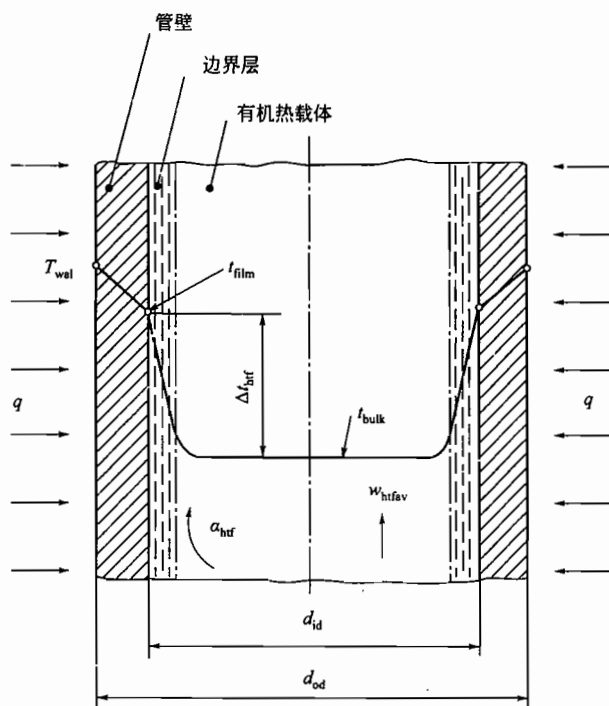


图 B-1 被加热有机热载体管内温度剖面图

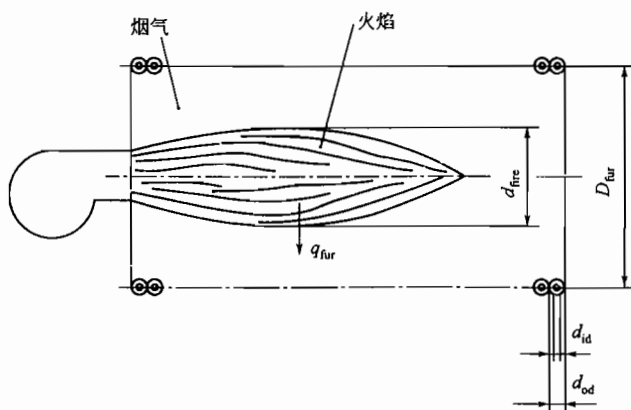


图 B-2 燃油/燃气圆筒形锅炉燃烧室略图

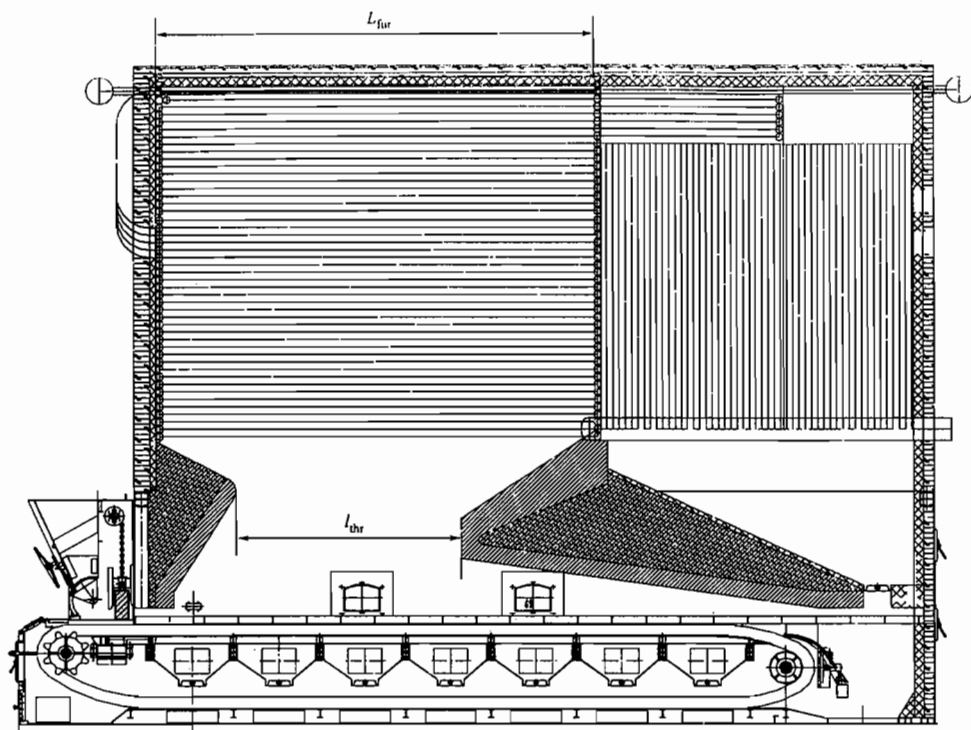


图 B-3 燃煤链条锅炉略图

B.6 计算

B.6.1 直接受火加热的有机热载体锅炉计算最高液膜温度的确定^①

B.6.1.1 炉管边界层内有机热载体的温升按照公式 B.1 计算:^②

$$\Delta t_{htf} = q_{rmax} / \alpha_{htf} \times d_{od} / d_{id} \times \psi_{whl} \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{B.1})$$

式中 ψ_{whl} ——考虑管壁切向辐射热损失的修正系数, $\psi_{whl} \approx 0.9$ 。

B.6.1.2 锅炉计算最高液膜温度按照公式 B.2 计算:

$$t_{film} = t_{bulk} + \Delta t_{htf} \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{B.2})$$

B.6.1.3 计算最高液膜温度不得超过所选用有机热载体的最高允许液膜温度, 即

$$t_{film} \leq t_{fpermit} \quad (\text{B.3})$$

B.6.2 炉管内放热系数的确定

炉管内有机热载体的流动为紊流状态时, 管内对流放热系数由公式 B.4 给出:

$$\alpha_{htf} = \psi_{bd} \times \lambda_{htf} / d_{id} \times 0.012 \times Re^{0.87} \times Pr^{0.4} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}) \quad (\text{B.4})$$

式中 ψ_{bd} ——考虑炉管弯曲及热流方向影响的系数, $\psi_{bd} \approx 0.8$ 。

公式 B.4 适用于:

$$10^4 < Re < 10^6$$

$$1.5 < Pr < 500$$

$$d_{id} < L$$

① 可适用于有机热载体电加热和余(废)热锅炉的最高液膜温度计算。

② 对于有机热载体电加热锅炉或余(废)热锅炉, $\Delta t_{htf} = q_{rmax} / \alpha_{htf}$

B. 6.3 锅炉最大热流密度的确定

B. 6.3.1 燃油/燃气圆筒形盘管式锅炉的最大热流密度由公式 B.5 计算:

$$q_{rmax} = \psi_{saf} \times \psi_a \times q_{fur} W/m^2 \quad (B.5)$$

式中 ψ_{saf} ——安全系数, $\psi_{saf} \approx 1.15$;

ψ_a ——考虑空气预热温度和过量空气影响的修正系数, 可查图 B-6;

q_{fur} ——燃油/燃气锅炉辐射受热面热流密度。

燃油/燃气锅炉辐射受热面热流密度可由图 B-5 查出, 或按照公式 B.6 计算,

$$q_{fur} = d_{fire}/D_{fur} \times a_{fur} \times \sigma_0 \times (T_{fi}^4 - T_{wai}^4) W/m^2 \quad (B.6)$$

式中炉膛系统黑度 a_{fur} 可由图 B-4 查出。

B. 6.3.2 燃煤链条锅炉的最大热流密度由公式 B.7 计算:

$$q_{rmax} = \psi_{saf} \times \psi_{hfd} \times q_r W/m^2 \quad (B.7)$$

式中 q_r ——炉膛辐射受热面热流密度, 可由锅炉热力计算书查得;

ψ_{saf} ——安全系数, $\psi_{saf} \approx 1.15$;

ψ_{hfd} ——喉口处辐射受热面热流密度的修正系数。

B. 6.3.2.1 喉口处辐射受热面热流密度修正系数 ψ_{hfd} , 由公式 B.8 计算

$$\psi_{hfd} = \xi_{fur} \times \frac{T_{adi}^4 - T_{wal}^4}{T_{av}^4 - T_{wal}^4} \quad (B.8)$$

式中 ξ_{fur} ——炉拱结构修正系数, ξ_{fur} 由公式 B.9 给出;

T_{adi} ——炉膛绝热燃烧温度, 可由锅炉热力计算书查得;

T_{av} ——炉膛烟气(火焰)有效平均温度, 可由锅炉热力计算书查得, 或由公式 B.10 计算;

T_{wal} ——在炉膛绝热燃烧温度下的管壁温度, 可由锅炉热力计算书查得, 或由公式 B.11 计算;

T_{wal}'' ——在炉膛烟气(火焰)有效平均温度下的管壁温度, 可由锅炉热力计算书查得, 或由公式 B.11 计算。

B. 6.3.2.2 炉拱结构修正系数 ξ_{fur} 按照公式 B.9 计算:

(适用于 $L_{fur} > l_{thr} > 0.3L_{fur}$ 的情况)

$$\xi_{fur} = 1 - \frac{l_{thr}}{L_{fur}} \quad (B.9)$$

式中 l_{thr} ——炉前后拱之间喉口的水平投影距离, m, 如图 B-3 所示;

L_{fur} ——沿炉排方向燃烬室的长度, m, 如图 B-3 所示。

B. 6.3.2.3 炉膛烟气(火焰)有效平均温度 T_{av} 按照下式计算

$$T_{av} = T_{adi}^{(1-n)} \times T_{fur}^n K \quad (B.10)$$

式中 T_{fur}'' ——炉膛出口烟温, 由锅炉热力计算书查得;

n ——反映燃烧工况对炉内温度场影响的因子, 对于链条炉排锅炉, $n=0.7$ 。

B. 6.3.2.4 在不同烟气温度下的管壁温度 T_{wal} 按照下式计算

$$T_{wal} = \epsilon \times q_r + T_{bulk} K \quad (B.11)$$

式中 T_{bulk} ——计算管壁处的有机热载体平均主流体温度, K;

ϵ ——管外积灰层热阻, 一般可取 $\epsilon = 2.58 \times 10^{-3} m^2 \cdot ^\circ C/W$;

q_r ——炉膛辐射受热面热流密度, 由锅炉热力计算书查得。

附图:

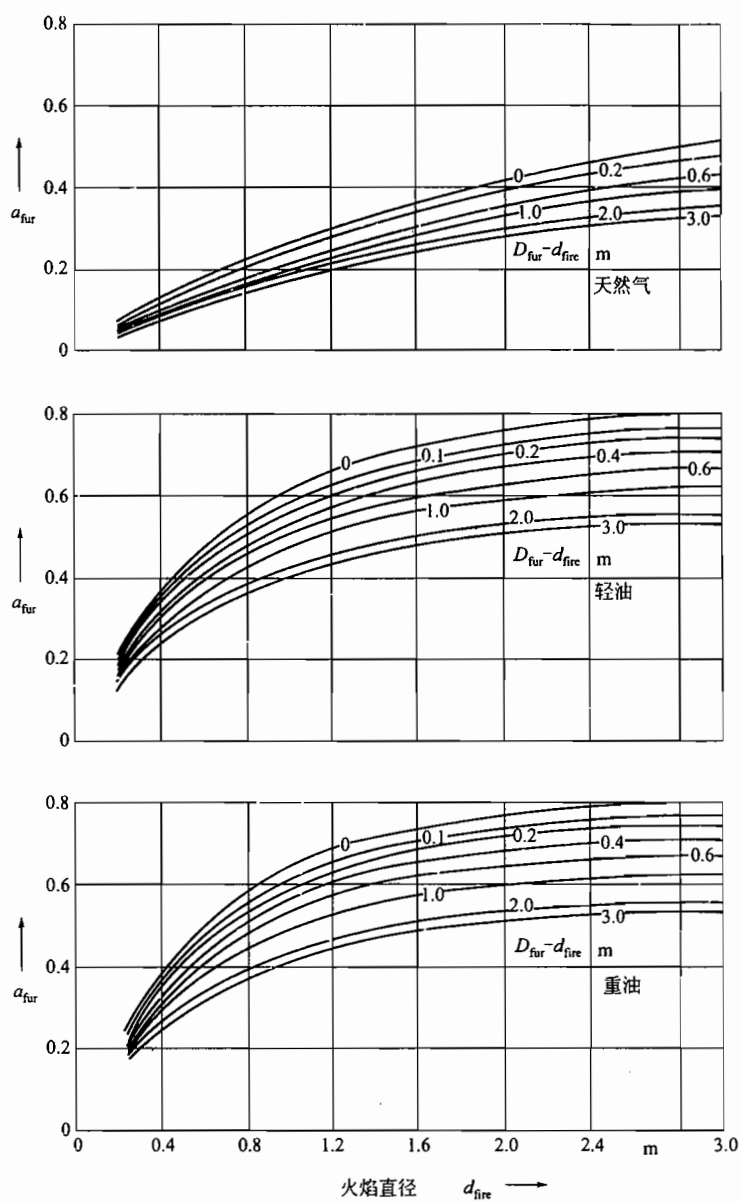


图 B-4 火焰与炉管之间的辐射系数 (炉膛系统黑度 a_{fur})

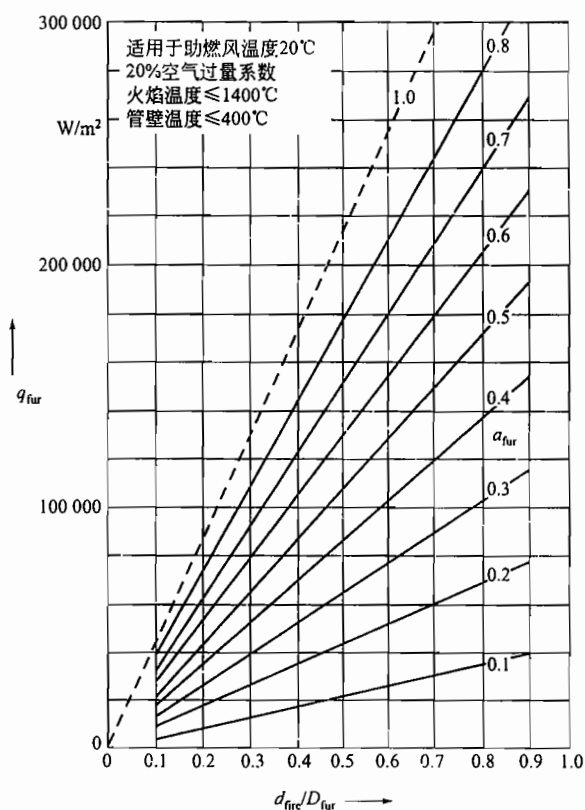


图 B-5 燃油/燃气锅炉最大炉膛计算热流密度 q_{fur}

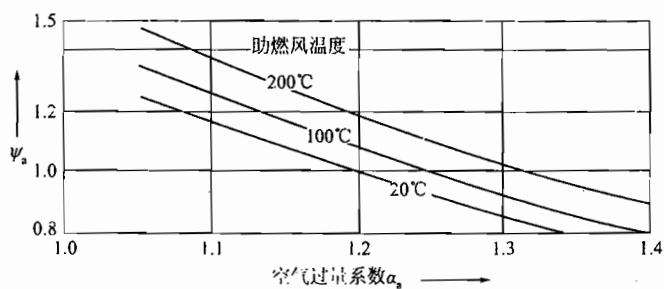


图 B-6 空气预热温度和过量空气影响的修正系数 ψ_a (近似)

附件三： 有机热载体燃煤链条炉排锅炉 最高液膜温度计算方法的说明

一 有机热载体锅炉最高液膜温度计算的意义

有机热载体锅炉的最高液膜温度计算是验证锅炉设计的安全性及有机热载体选择的正确性必不可少的步骤，同时也是有机热载体锅炉安全和经济运行的重要保证。最高液膜温度计算并不是锅炉热力计算的一部分，它的计算结果仅为锅炉的设计安全性提供了一个验证条件，而不是一个实际最高液膜温度的精确计算值。

为了保证有机热载体在通过锅炉加热的过程中不会产生超过安全控制的温升，依据《锅炉安全技术监察规程》第十一章的相关规定，在锅炉设计中，应当基于锅炉设计最大热流密度条件计算该处存在的最高液膜温度，并控制该温度低于所选用有机热载体的最高允许液膜温度。

二 燃煤链条炉排锅炉最高液膜温度计算问题的提出

根据有机热载体的安全特性和实际使用条件，气体及液体燃料是非常适合有机热载体锅炉使用的燃料。为此，近三十年来国外的锅炉安全管理及研究机构对燃气/燃油有机热载体锅炉结构的设计合理性、传热过程有效性和设计及操作条件安全性，都进行了长期试验研究和大量的工程及实际使用验证，并系统地总结了燃气/燃油有机热载体锅炉设计和操作的成熟经验，在此基础上制定和逐渐完善了一系列相关的安全技术管理规程和技术标准，其中包括圆筒形盘管式燃气/燃油有机热载体锅炉的最高液膜温度计算方法。

由于受到我国油气资源缺乏的现实条件限制和国际市场能源价格上涨的影响，近五年来，国内绝大多数新安装投运的有机热载体锅炉是燃煤链条炉排锅炉，而且有相当大比例在用燃油/燃气有机热载体锅炉也逐步被燃煤链条炉排锅炉所替代。因此，使用燃煤链条炉排有机热载体锅炉既是我国特殊国情所决定的客观现实，同时也是今后进一步普及使用有机热载体加热技术的基础条件。对于我国的工业锅炉制造企业来说，设计和制造燃煤链条炉排锅炉并不是一件困难的事情，困难的事情是如何根据用户的工艺条件，按照所选用的有机热载体特性和物性条件，科学合理并且正确规范地设计有机热载体锅炉，使锅炉和有机热载体能够在安全和经济的条件下长期运行。

由于此前我国对有机热载体加热技术未能充分开展基础性研究，缺乏相关的试验数据、参考资料和技术规定支撑，故至今尚未对有机热载体锅炉的最高液膜温度计算作出明确的要求和规定，而且也没有与燃煤链条炉排有机热载体锅炉配套使用的计算方法。为了保证有机热载体锅炉的安全和经济运行，新版《锅炉安全技术监察规程》第十一章中特别增加了有关锅炉设计需要进行最高液膜温度计算的规定。为此，需要针对燃煤链条炉排有机热载体锅炉制定相应的最高液膜温度计算方法。

三 燃煤链条炉排锅炉最高液膜温度计算条件的分析

燃油/燃气圆筒形盘管式有机热载体锅炉的最高液膜温度计算条件详见以下附件(DIN4754 中的计算方法)。

燃煤链条炉排锅炉与燃油/燃气圆筒形盘管式锅炉相比,既有燃料及燃烧特点的不同,又有炉型和炉膛结构的不同,因此二者在传热条件和炉膛辐射受热面的热流密度分布方面存在较大的差异,使得二者在计算方法和计算公式的应用方面有所区别。但二者之间也存在一些相同的基本条件,例如,因计算目的相同,二者都是以计算辐射受热面上最大热流密度为计算对象,故可以辐射传热计算公式作为基本的计算关系。此外,两种锅炉的炉管内有机热载体的换热条件基本相同,故二者可以采用完全相同的管内传热计算方法和公式进行计算。

根据以上分析,可以看出在最高液膜温度计算方面,燃煤链条炉排锅炉与燃油/燃气锅炉的主要差异是因燃料、燃烧方式和炉膛结构不同而导致二者的炉膛内燃烧及传热条件不同,故而形成辐射受热面上的热流密度及其分布情况不同。因此,该问题的研究重点应当是对炉膛燃烧及传热条件的分析和对最大热流密度的确定。

对于燃煤链条炉排锅炉而言,由于炉拱喉口部位以下的燃烧室内没有布置受热面,火焰和烟气尚未受到受热面吸热的影响而未使其温度快速衰减,但炉拱喉口部位的火焰和烟气对燃烬室内的受热面具有辐射作用,即燃烬室下部的受热面会直接受到发光火焰的辐射,同时,燃烬室内部充满以三原子气体为主的烟气,因接受来自于火焰及高温烟气的辐射,使得整个燃烬室通过炉拱喉口部位的辐射获得部分热量,所以除了对燃烬室的辐射、漏风和炉墙散热会对燃烧室温度产生影响外,此处的火焰和烟气温度几乎接近于锅炉的绝热燃烧温度。由于燃烬室内的受热面大量吸热的原因,进入喉口后火焰和烟气温度会沿着燃烬室向上的轴线方向快速衰减,所以其上部不可能出现比喉口处更大的辐射热流密度。由此分析可以看出,因暴露在发光火焰之中,燃烬室下部接近于炉拱喉口的部位会直接受到具有锅炉绝热燃烧温度条件的火焰和高温烟气的辐射和冲击,使得在这个部位布置的受热面上的辐射热流密度会处于最大值,故其应当是重点关注的部位。

链条炉排锅炉的绝热燃烧温度是考虑了煤种、燃烧条件、锅炉结构及操作条件等影响,在此基础上通过锅炉热力计算所得到的炉膛最高燃烧温度,而在该温度作用下的锅炉受热面上,必然产生最大的热流密度。因此,可以利用锅炉热力计算所得的绝热燃烧温度和炉膛烟气有效平均温度及炉膛辐射受热面平均热流密度数据,依据辐射传热计算的基本关系式,对锅炉燃烬室下部接近于炉拱喉口部位的受热面上的热流密度进行修正计算,即可得出该处辐射受热面上所承受的最大热流密度值。

四 辐射受热面最大热流密度的计算方法

依据燃煤链条炉排锅炉热力计算方法以及辐射传热计算公式,可以采用以下计算方法对燃烬室喉口部位辐射受热面最大热流密度进行计算:

本计算方法是燃烬室喉口部位辐射受热面最大热流密度与燃烬室平均热流密度之比作为最大热流密度计算的修正系数,对已知的燃烬室辐射受热面平均热流密度进行修正,由此计算出燃烬室喉口部位辐射受热面最大热流密度,该方法的要点是计算出最大热流密度的修正系数。

假定在同一锅炉的燃烬室内各个部位受热面上所接受的辐射热强度,除因所作用的辐射温度不同外,其他相关的辐射传热条件基本相同,根据辐射传热计算公式,最大辐射热流密度的修正系数应当与导致产生最大热流密度和平均热流密度的有效辐射温度有关,故该修正系数应该是炉膛最高辐射温度的四次方与平均辐射温度的四次方之比的函数。由于炉拱喉口

处可能存在的最高辐射温度是锅炉的绝热燃烧温度,故可在计算中将该锅炉的绝热燃烧温度视为炉膛辐射受热面的最高辐射温度。

该修正系数的计算方法可以是:根据《工业锅炉设计计算方法》一书,利用其中的燃煤链条炉排锅炉热力计算方法和锅炉热力计算书中的计算结果,将已知该锅炉的绝热燃烧温度、炉膛内烟气(火焰)的有效平均温度、炉膛黑度、管壁温度等参数带入辐射传热公式,并考虑到炉拱结构及其尺寸对喉口处辐射强度的直接影响,采用燃烬室被炉拱覆盖的截面积与燃烬室截面积之比(即燃烬室被炉拱覆盖部分的长度与燃烬室总长度的比值,详见图 B-3)作为炉拱结构修正系数,对燃烧室内发光火焰和高温烟气投向燃烬室受热面的辐射强度加以修正,计算出炉拱喉口处辐射受热面最大热流密度的修正系数。然后利用该修正系数对已知的辐射受热面平均热流密度进行修正,即可计算出辐射受热面的最大热流密度值。

利用锅炉热力计算结果,将已知的绝热燃烧温度与炉膛内烟气(火焰)的有效平均温度的四次方之比作为因子,对已知的辐射受热面(平均)热流密度修正,据此计算,该锅炉辐射受热面最大热流密度的计算方法可以通过以下计算公式(公式序号与附件二中的公式序号相同)表达:

$$q_{rmax} = \psi_{saf} \times \psi_{hfd} \times q_r \quad (B.7)$$

式中 q_{rmax} ——辐射受热面最大热流密度, W/m^2 ;

q_r ——辐射受热面热流密度, W/m^2 , 可由锅炉热力计算书查出;

ψ_{saf} ——安全系数 (≈ 1.15);

ψ_{hfd} ——辐射受热面热流密度的修正系数, 由公式 B.8 计算

$$\psi_{hfd} = \xi_{fur} \times \frac{T_{adi}^4 - T'_{wal}{}^4}{T_{av}^4 - T''_{wal}{}^4} \quad (B.8)$$

式中 ξ_{fur} ——炉拱结构修正系数, 可由公式 B.9 计算;

$$\xi_{fur} = 1 - \frac{L_{thr}}{L_{fur}} \quad (B.9)$$

式中 L_{thr} ——炉拱喉口流通截面的宽度, m, 见“燃煤链条炉排有机热载体锅炉示意图”;

L_{fur} ——沿炉排方向的燃烬室长度, m, 见“燃煤链条炉排有机热载体锅炉示意图”;

T_{adi} ——绝热燃烧温度, K, 由锅炉热力计算书查出;

T'_{wal} ——管壁温度, K, 为绝热温度辐射区域的管壁温度, 可由《工业锅炉设计计算方法》中公式 5-28 计算;

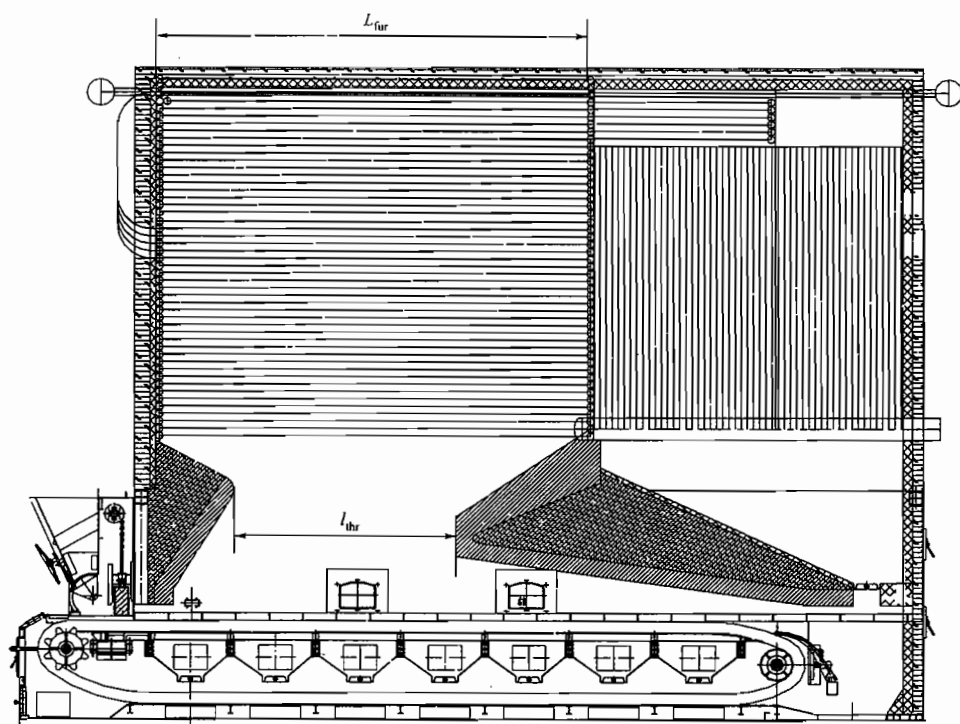
T''_{wal} ——管壁温度, K, 为炉膛内平均烟温辐射区域的管壁温度, 可由《工业锅炉设计计算方法》中公式 5-28 计算;

T_{av} ——炉内烟气(火焰)的有效平均温度, K, 由锅炉热力计算书查出, 或由公式 B.8 计算;(注:该公式来自《工业锅炉设计计算方法》中“层状燃烧及流化床燃烧工业锅炉热力计算方法”的“层燃炉炉膛热力计算”炉膛传热计算一节, 公式号为 5-27。见公式 B.10)

$$T_{av} = T_{adi}^{(1-n)} \times T''_{fur}{}^n \quad (B.10)$$

式中 T''_{fur} ——炉膛出口烟温, K, 由锅炉热力计算书查出;

n ——反映燃烧工况对炉内温度场的影响, 对于链条炉排锅炉, $n=0.7$ 。



燃煤链条炉排有机热载体锅炉示意图

五 计算方法特点的分析

依据锅炉热力计算方法，利用锅炉绝热燃烧温度和炉膛内烟气（火焰）有效平均温度之间的辐射传热关系对受热面平均热流密度修正的计算具有以下特点：

1 现行的燃煤锅炉热力计算方法中，炉内辐射吸热量并非采用传统的辐射传热计算公式进行计算，而是采用热量平衡的计算方法进行计算的。由于该方法避免了对炉内传热过程中多种不定因素影响的具体计算，而直接依据热量平衡原理进行计算，所以计算出的辐射受热面吸热量比较准确，更接近于炉膛内的实际吸热量。

2 现行的燃煤锅炉的热力计算方法是一种比较成熟的半经验计算方法，其计算结果是燃煤锅炉设计的依据，用该方法计算出的辐射受热面平均热流密度虽然并不直接与辐射受热面最大热流密度相关，但由于炉内主要的热量交换方式是辐射，根据辐射传热原理及计算公式，炉膛内烟气（火焰）有效平均温度与辐射受热面（平均）热流密度是相对应的。炉膛内烟气（火焰）有效平均温度与绝热燃烧温度在辐射传热过程中存在一个相同的关系，即经典的辐射传热计算公式中描述的相似辐射传热条件，依据此关系，并利用上述已知的两个温度，可以求得辐射受热面平均热流密度与辐射受热面最大热流密度之间的关系，即辐射受热面热流密度修正系数。所以，利用该热流密度修正系数对已知的辐射受热面平均热流密度进行修正，无论是用传热理论进行分析还是对锅炉实际传热过程进行计算，其结果都应该符合炉膛内不同辐射温度条件下辐射受热面热流密度变化及分布的实际状况。

3 由于解决该问题的基本思路是利用炉内传热计算中的常用计算方法进行计算，该计算所采用的已知数据，如辐射受热面平均热流密度、炉膛内烟气（火焰）有效平均温度、绝

热燃烧温度和炉拱结构修正系数等,都是来自于锅炉热力计算书中的数据或设计图纸上的数据,所以对于计算辐射受热面最大热流密度而言,整个计算过程应该比较容易,而且计算结果更接近炉内热流密度分布的实际情况。

六 计算方法的适用范围及条件

本计算方法适用于以有机热载体为传热介质的燃煤链条炉排锅炉,是用于计算锅炉辐射受热面上最大热流密度及其计算最高液膜温度的参考方法。因为本计算方法采用了锅炉热力计算结果的相关数据作为该计算的基本数据,故当锅炉更换原设计煤种时,该燃煤链条炉排锅炉的绝热燃烧温度及其最大热流密度应当重新进行校核计算。

采用本计算方法对燃煤链条炉排锅炉进行相关计算,该锅炉的设计应当符合以下限制条件:

1. 燃用一类、二类、三类烟煤,或具有更低热值及挥发份的煤种的链条炉排锅炉;
2. 锅炉的计算绝热燃烧温度在 1600°C 以下;
3. 炉膛出口的烟气温度不宜低于 700°C ;
4. 炉拱喉口处前后拱之间的水平投影间距 L_{thr} 与燃烬室沿着炉排方向的长度 L_{fur} 之比大于 0.3;
5. 锅炉燃烧室内未布置辐射受热面,且火焰不会直接冲刷到燃烬室内任何一处的辐射受热面炉管;
6. 炉膛辐射受热面的最大热流密度发生在锅炉燃烬室下部炉拱喉口处的炉管向火面圆周上。

七 计算结果的分析

燃煤链条炉排有机热载体锅炉最高液膜温度计算方法的计算结果受到锅炉辐射受热面平均热流密度、炉膛烟气(火焰)有效平均温度、绝热燃烧温度、管内介质放热系数和炉拱结构修正系数等影响。依据四家锅炉制造厂提供的七台锅炉设计资料和计算数据进行计算并分析结果,当锅炉燃用二类烟煤,绝热燃烧温度为 $1450\sim 1550^{\circ}\text{C}$ 范围,炉膛出口处过量空气系数约为 1.4,辐射受热面平均热流密度为 $20\sim 50\text{kW}/\text{m}^2$,被炉拱遮挡的燃烬室截面积与燃烬室截面积之比为 $50\%\sim 60\%$,管内介质对流放热系数为 $2.5\sim 3.0\text{kW}/\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$ 的情况下,计算所得的辐射受热面最大热流密度为辐射受热面平均热流密度的 2.0~3.0 倍,炉膛辐射受热面有机热载体边界层内的最高介质温升值为 $30\sim 50^{\circ}\text{C}$ 。

通过锅炉实例计算验证,利用本计算方法对燃煤链条炉排有机热载体锅炉计算出的最大热流密度和最高液膜温度值,稍高于燃油/燃气圆筒形盘管锅炉的计算数据,排除锅炉设计辐射受热面平均热流密度大于 $50\text{kW}/\text{m}^2$ 的情况,分析其主要原因,其一是因为燃煤锅炉的绝热燃烧温度(一般约为 1500°C)要高于燃油/燃气锅炉的绝热燃烧温度(燃油锅炉一般约为 1300°C ,燃气锅炉一般约为 1100°C);其二是因为燃煤链条炉排锅炉燃烬室受热面布置受燃烧方式及炉膛结构的影响,致使辐射受热面上的热流密度分布无法像燃油/燃气圆筒形盘管式锅炉一样均匀。

此外,每台燃煤锅炉存在着燃用煤种不同以及炉管内有机热载体流速的差异,因而会导致其绝热燃烧温度和管内介质对流放热系数的变化,由此产生不同的燃煤链条炉排锅炉辐射受热面上的最大热流密度和最高液膜温度计算值的差异。换句话说,不同的燃煤链条炉排锅炉在最大热流密度和最高液膜温度上存在的差异,可能会大于不同的燃油/燃气圆筒形盘管式锅炉之间存在的差异。

八 锅炉计算举例

锅炉计算举例一：某公司 1000 万 kcal/h 燃煤链条炉排有机热载体锅炉。根据锅炉热力计算书和设计图纸，已知条件如下：

1) 绝热燃烧温度	T_{adi}	$1522+273=1795\text{K}$
2) 炉膛出口烟温	T_{fur}''	$820+273=1093\text{K}$
3) 有机热载体进炉温度	t_i'	302°C
4) 有机热载体出炉温度	t_o''	335°C
5) 过量空气系数	α_a	1.4
6) 管内对流放热系数	α_{htf}	$2880\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$
7) 炉管的内径和外径	$d_{\text{id}}/d_{\text{od}}$	99/108mm
8) 辐射受热面热流密度	q_r	45350W/m^2
9) 管壁温度	$T_{\text{wal}}'/T_{\text{wal}}''$	642/632K
10) 燃烬室长度和前后炉拱的水平间距	$L_{\text{fur}}/l_{\text{thr}}$	4.8/1.9m
11) 所用有机热载体的最高允许液膜温度	t_{fpermit}	375°C

将已知条件代入以下公式计算：

1. 炉膛烟气（火焰）的有效平均温度 T_{av}

$$T_{\text{av}} = T_{\text{adi}}^{(1-n)} \times T_{\text{fur}}''^n \text{K}$$

$$= 1795^{(1-0.7)} \times 1093^{0.7} = 9.47 \times 133.98 = 1269\text{K}$$

2. 炉拱结构修正系数 ξ_{fur}

$$\xi_{\text{fur}} = 1 - \frac{l_{\text{thr}}}{L_{\text{fur}}} = 1 - \frac{1.9}{4.8} = 0.6$$

3. 热流密度修正系数 ψ_{hfd}

$$\psi_{\text{hfd}} = \xi_{\text{fur}} \times \frac{T_{\text{adi}}^4 - T_{\text{wal}}'^4}{T_{\text{av}}^4 - T_{\text{wal}}''^4}$$

$$= 0.6 \times \frac{1795^4 - 642^4}{1269^4 - 632^4} = 0.6 \times \frac{1017}{243} = 2.51$$

4. 辐射受热面最大热流密度 q_{rmax}

$$q_{\text{rmax}} = \psi_{\text{saf}} \times \psi_{\text{hfd}} \times q_r = 1.15 \times 2.51 \times 45350 = 130903\text{W/m}^2$$

5. 炉管边界层内有机热载体的温升 Δt_{htf}

$$\Delta t_{\text{htf}} = \frac{q_{\text{rmax}}}{\alpha_{\text{htf}}} \times \frac{d_{\text{od}}}{d_{\text{id}}} \times \psi_{\text{whl}}$$

$$= \frac{130903}{2880} \times \frac{108}{99} \times 0.9 = 45^\circ\text{C}$$

式中， ψ_{whl} 为考虑管壁切向辐射热损失的系数， ≈ 0.9 。

6. 锅炉计算最高液膜温度 t_{film}

$$t_{\text{film}} = t_{\text{bulk}} + \Delta t_{\text{htf}} = 335 + 45 = 380^\circ\text{C}$$

7. 所用有机热载体最高允许液膜温度与锅炉计算最高液膜温度的比较

计算要求： $t_{\text{fpermit}} \geq t_{\text{film}}$ ，计算结果： $375^\circ\text{C} (t_{\text{fpermit}}) < 380^\circ\text{C} (t_{\text{film}})$

8. 计算结论

该锅炉的计算最高液膜温度大于所用有机热载体最高允许液膜温度，故锅炉的设计安全性不符合《锅炉安全技术监察规程》第十一章 11.2.4 条的规定。

9. 设计建议

根据该锅炉的设计条件和计算参数,建议采用以下方式解决该锅炉存在的上述设计问题,以符合锅规有关计算最高液膜温度的规定:

1) 改变该锅炉的设计功率,通过减少其燃料量,降低锅炉的辐射受热面热流密度 q_r 和绝热燃烧温度 T_{adi} ,以使锅炉的计算最高液膜温度下降到一个安全水平;

2) 增加锅炉的有机热载体设计流量,或修改炉管的直径和数量,提高炉管内介质的流速,可以在保持系统最高工作温度不变的情况下,通过加强炉管内部的对流换热并降低锅炉进出口的介质温差,以使锅炉的计算最高液膜温度下降到一个安全水平;

3) 选择热稳定性更高的有机热载体,使其具有更高的最高允许液膜温度,以使该锅炉的计算最高液膜温度低于其最高允许液膜温度。

锅炉计算举例二:某公司 800 万 kcal/h 燃煤链条炉排有机热载体锅炉。根据锅炉热力计算书和设计图纸,已知条件如下:

1) 绝热燃烧温度	T_{adi}	$1510+273=1783\text{K}$
2) 炉膛出口烟温	T'_{fur}	$702+273=975\text{K}$
3) 有机热载体进炉温度	t'_i	300°C
4) 有机热载体出炉温度	t''_o	330°C
5) 过量空气系数	α_a	1.4
6) 管内对流放热系数	α_{htf}	$2950\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$
7) 炉管的内径和外径	d_{id}/d_{od}	80/89mm
8) 辐射受热面热流密度	q_r	$33410\text{W}/\text{m}^2$
9) 管壁温度	T'_{wal}/T''_{wal}	663/647K
10) 燃烬室长度和前后炉拱的水平间距	L_{fur}/l_{thr}	7.0/3.5m
11) 所用有机热载体的最高允许液膜温度	$t_{fpermit}$	375°C

将已知条件代入以下公式计算:

1. 炉膛烟气(火焰)的有效平均温度 T_{av}

$$T_{av} = T_{adi}^{(1-n)} \times T'^n_{fur} \text{ K}$$

$$= 1783^{(1-0.7)} \times 975^{0.7} = 9.45 \times 123.68 = 1169\text{K}$$

2. 炉拱结构修正系数 ξ_{fur}

$$\xi_{fur} = 1 - \frac{l_{thr}}{L_{fur}} = 1 - \frac{3.5}{7.0} = 0.50$$

3. 热流密度修正系数 ψ_{htd}

$$\psi_{htd} = \xi_{fur} \times \frac{T'^4_{adi} - T'^4_{wal}}{T'^4_{av} - T'^4_{wal}}$$

$$= 0.5 \times \frac{1783^4 - 663^4}{1169^4 - 647^4} = 0.5 \times \frac{991}{185} = 2.68$$

4. 辐射受热面最大热流密度 q_{rmax}

$$q_{rmax} = \psi_{saf} \times \psi_{htd} \times q_r = 1.15 \times 2.68 \times 33410 = 103065\text{W}/\text{m}^2$$

5. 炉管边界层内有机热载体的温升 Δt_{htf}

$$\Delta t_{htf} = \frac{q_{rmax}}{\alpha_{htf}} \times \frac{d_{od}}{d_{id}} \times \psi_{whl}$$

式中, ψ_{whl} 为考虑管壁切向辐射热损失的系数, $\psi_{whl} \approx 0.9$ 。

$$\Delta t_{\text{hif}} = \frac{103065}{2950} \times \frac{89}{80} \times 0.9 = 35^{\circ}\text{C}$$

6. 锅炉计算最高液膜温度 t_{film}

$$t_{\text{film}} = t_{\text{bulk}} + \Delta t_{\text{hif}} = 330 + 35 = 365^{\circ}\text{C}$$

7. 所用有机热载体最高允许液膜温度与锅炉计算最高液膜温度的比较

要求: $t_{\text{permit}} \geq t_{\text{film}}$, 结果: $375^{\circ}\text{C} > 365^{\circ}\text{C}$

8. 计算结论

该锅炉的计算最高液膜温度低于所用有机热载体最高允许液膜温度, 故锅炉的设计安全性符合《锅炉安全技术监察规程》第十一章 11.2.4 条的规定。

附件: 德国标准 DIN4754《有机热载体传热系统操作的安全要求及检验》(Heat Transfer Systems Operating With Organic Heat Transfer Media Safety Requirements and Testing) 标准中燃油/燃气圆筒形有机热载体锅炉最高液膜温度计算方法的翻译稿。

直接受火加热有机热载体锅炉最高液膜温度计算准则

由德国蒸汽锅炉、容器和管道制造协会 (FDBR) 制定的 MB6 实施规范, 是关于有机热载体系统 (参见注释条文) 中直接受火加热有机热载体锅炉最高液膜温度的计算方法, 经 FDBR 允许全文转载如下。

该规范的适用范围 (下文第 1 条款) 并不是针对 DIN4754 标准适用范围的任何限定。

该规范的计算结果有可能与实际测试或分析结果不一致。

B.1 适用范围

本规范适用于 DIN4754 标准所涉及的有机热载体传热系统, 描述了在直接受火加热液相有机热载体锅炉中的最高液膜温度 (即换热管内壁面的有机热载体的最高温度) 的计算方法。

B.2 概述

计算方法适用于:

- 有机热载体锅炉受热面由一根炉管, 有机热载体在炉管内强制循环流动;
- 燃烧室为圆形截面, 在燃烧室内火焰不会接触到任何一处的炉管;
- 燃烧室内的最大热流密度发生在炉管向火面的圆周上, 且燃烧室依照 DIN4754 中

3.2.2 条款设计和制造。

B.3 符号、含义与单位

c_p	在 $\bar{\vartheta}$ 温度下定压比热	$\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
d_n	管外径	m
d_F	火焰直径	m
d_i	管内径	m
f	变量因数	—
$\dot{q}$	最大热流密度	W/m^2
$\bar{w}_i$	有机热载体平均流速	m/s
C_s	黑体辐射常数	$(=5.67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4))$
D	燃烧室平均直径	m

L	直管有效长度	m
Pr	普朗特数 $Pr = \frac{c_p \times \eta}{\lambda}$	—
Re	雷诺数 $Re = \frac{w_i \times d_i}{\nu}$	—
T_F	火焰温度	K
T_W	管壁温度 ($= \vartheta_a + 273.15$)	K
α_i	有机热载体传热系数	$W/(m^2 \cdot K)$
ϵ_{FW}	辐射系数 (火焰/墙)	—
η	在 $\bar{\vartheta}$ 温度下的动力黏度	$Pa \cdot s$
$\bar{\vartheta}$	最大热流密度处的平均加热温度	$^{\circ}C$
ϑ_a	管外壁温度	$^{\circ}C$
ϑ_i	计算有机热载体最高液膜温度	$^{\circ}C$
$\Delta\vartheta$	边界层内有机热载体的温升	K
λ	在 $\bar{\vartheta}$ 温度下的导热系数	$W/(m \cdot K)$
ν	在 $\bar{\vartheta}$ 温度下的运动黏度	$m^2 \cdot s$

B.4 符号示意

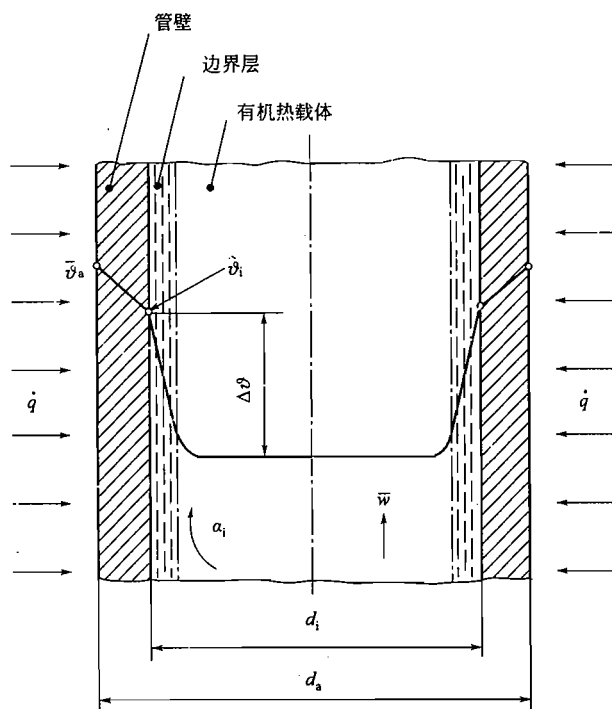


图 B.1 被加热有机热载体管内温度剖面图

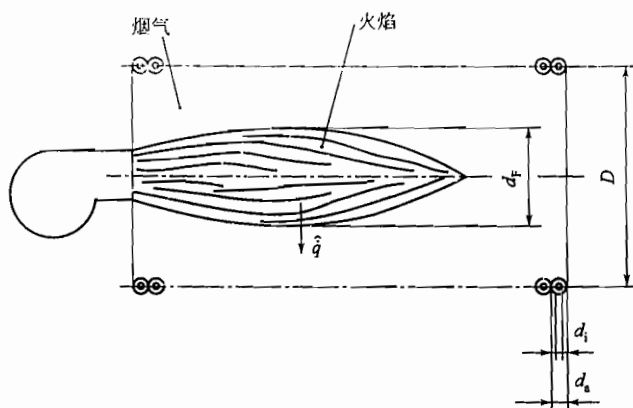


图 B.2 燃烧室略图

B.5 要求

当炉管内流动的有机热载体带走通过火焰和烟气传递到炉管壁上的热量时，应当保证任一炉管内壁处的有机热载体液膜温度低于其最高允许液膜温度，并不应发生气化。

B.6 计算

B.6.1 直接受火加热有机热载体锅炉最高液膜温度的确定^①

$$\Delta\vartheta = \dot{q} / \alpha_i \times d_a / d_i \times f_0 \quad (\text{B.1})$$

其中， $f_0 \approx 0.9$ 考虑管壁切向热损失，

最高液膜温度由以下公式 B.2 给出

$$\vartheta_i = \vartheta + \Delta\vartheta \quad (\text{B.2})$$

此温度不能超过有机热载体制造商提供的最高允许液膜温度（据 B.5 的要求），即

$$\vartheta_i \leq \vartheta_{i \text{ perm.}} \quad (\text{B.3})$$

B.6.2 管内壁传热系数的确定

管内为紊流状态时的传热系数由下列公式得出：

$$\alpha_i = f_1 \times \lambda / d_i \times 0.012 \times Re^{0.87} \times Pr^{0.4} \quad (\text{B.4})$$

其中， $f_1 (\approx 0.8)$ ，考虑管弯曲及热流方向的影响。

公式 B.4 适用于

$$10^4 < Re < 10^6$$

$$1.5 < Pr < 500$$

$$d_i < 1$$

B.6.3 热流密度的确定

圆筒形燃烧室内热流密度由公式 B.5 给出：

① 对于电或烟气加热有机热载体锅炉

$\Delta\vartheta = \dot{q} / \alpha_i$

$$\dot{q}_0 = f_2 \times d_F / D \times \epsilon_{FW} \times C_s \times (T_F - T_W) = f_2 \times \dot{q}_F \quad (\text{B.5})$$

其中, f_2 (≈ 1.15) 考虑对流及气体的边缘辐射, $\dot{q}_F = f \times \dot{q}$ 。

f_1 查图 B.5, ϵ_{FW} 查图 B.3, $\dot{q}$ 查图 B.4。

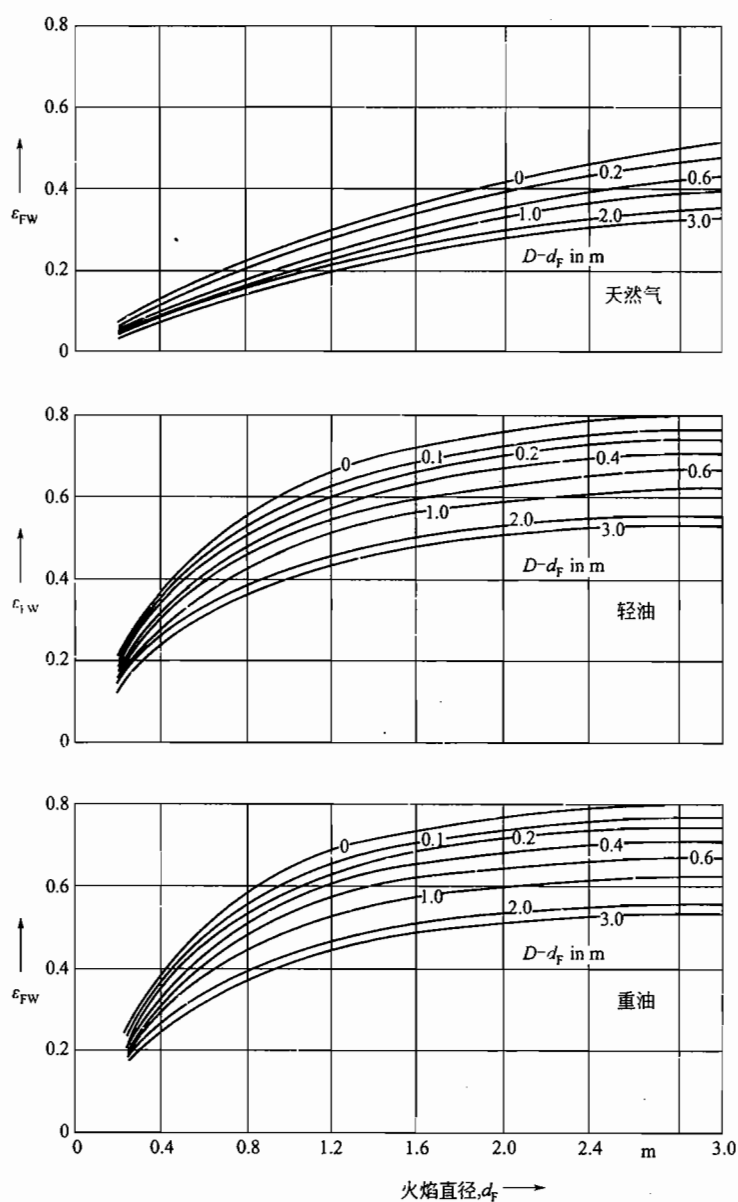


图 B.3 火焰与冷却炉管壁间的辐射系数

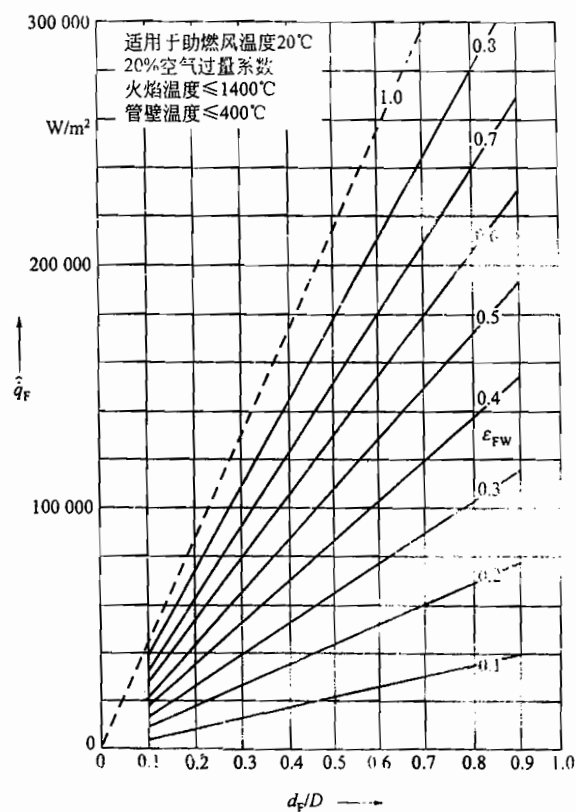


图 B.4 热流密度 $\dot{q}_F$

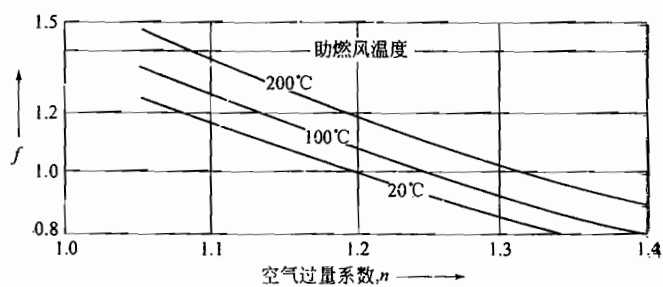


图 B.5 不同空气预热温度和不同空气过剩系数时热流密度的修正系数 f (近似)

附件四： 规程引用法规、 规范和标准目录

- (1) 2009 年国务院第 549 号令《特种设备安全监察条例》
- (2) GB/T 3274《碳素结构钢和低合金结构钢 热轧厚钢板和钢带》
- (3) GB/T 711《优质碳素结构钢热轧厚钢板和钢带》
- (4) GB/T 713《锅炉和压力容器用钢板》
- (5) GB 150《固定式压力容器》
- (6) GB/T3091《低压流体输送用焊接钢管》
- (7) GB/T9711《石油天然气工业 管线输送系统用钢管》
- (8) YB 4102《低中压锅炉用电焊钢管》
- (9) GB/T 8163《输送流体用无缝钢管》
- (10) GB/T 3087《低中压锅炉用无缝钢管》
- (11) GB/T 5310《高压锅炉用无缝钢管》
- (12) JB/T 9626《锅炉锻件 技术条件》
- (13) NB/T 47008 (JB/T 4726)《承压设备用碳素钢和合金钢锻件》
- (14) JB/T9625《锅炉管道附件承压铸钢件 技术条件》
- (15) GB/T9439《灰铸铁件》
- (16) JB/T2639《锅炉承压灰铸铁技术条件》
- (17) GB/T9440《可锻铸铁件》
- (18) GB/T1348《球墨铸铁件》
- (19) JB/T2637《锅炉承压球墨铸铁技术条件》
- (20) GB/T 699《优质碳素结构钢》
- (21) GB/T3077《合金结构钢》
- (22) DL/T 439《火力发电厂高温紧固件技术导则》
- (23) GB/T 1220《不锈钢棒》
- (24) GB715《标准件用碳素钢热轧圆钢》
- (25) GB/T50316《工业金属管道设计规范》
- (26) DL/T5054《火力发电厂汽水管设计技术规定》
- (27) NB/T 47013 (JB/T4730)《承压设备无损检测》
- (28) GB/T9222《水管锅炉受压元件强度计算》
- (29) GB/T16508《锅壳锅炉受压元件强度计算》
- (30) GB/T22395《锅炉钢结构设计规范》
- (31) NB/T 47014 (JB/T4708)《承压设备焊接工艺评定》
- (32) NB/T 47016 (JB/T 4744)《承压设备产品焊接试件的力学性能检验》
- (33) GB/T2652《焊缝及熔敷金属拉伸试验方法》
- (34) DL 5190.2《电力建设施工技术规范第2部分：锅炉机组》
- (35) GB50041《锅炉房设计规范》
- (36) GB50016《建筑设计防火规范》
- (37) GB50045《高层民用建筑设计防火规范》

-
- (38) GB50273 《工业锅炉安装工程施工及验收规范》
 - (39) GB50242 《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》
 - (40) DL 5190.5 《电力建设施工技术规范第5部分：管道及系统》
 - (41) DL/T869 《火力发电厂焊接技术规程》
 - (42) GB50235 《工业金属管道工程施工规范》
 - (43) GB50236 《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》
 - (44) DL/T899 《电力基本建设热力设备化学监督导则》
 - (45) DL/T 734 《火力发电厂锅炉汽包焊接修复技术导则》
 - (46) TSG ZF001 《安全阀安全技术监察规程》
 - (47) GB12241 《安全阀一般要求》
 - (48) JB/T9624 《电站安全阀技术条件》
 - (49) TSG ZB001 《燃油（气）燃烧器安全技术规则》
 - (50) TSG ZB002 《燃油（气）燃烧器型式试验规则》
 - (51) DL/T5203 《火力发电厂煤和制粉系统防爆设计技术规程》
 - (52) GB/T 50109 《工业用水软化除盐设计规范》
 - (53) DL/T5068 《火力发电厂化学设计技术规程》
 - (54) 《特种设备作业人员监督管理办法》（即70号令）
 - (55) 《特种设备事故报告和调查处理规定》（2009年115号质检总局令）
 - (56) GB/T 1576 《工业锅炉水质》
 - (57) GB/T 12145 《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量标准》
 - (58) DL/T912 《超临界火力发电机组水汽质量标准》
 - (59) DL/T1115 《火力发电厂机组大修化学检查导则》
 - (60) GB/T23800 《有机热载体热稳定性测定法》
 - (61) GB23971 《有机热载体》
 - (62) TSG G5001 《锅炉水（介）质处理监督管理规则》
 - (63) GB 24747 《有机热载体安全技术条件》
 - (64) TSG R0004 《固定式压力容器安全技术监察规程》
 - (65) JB/T 7945 《灰铸铁机械性能试验方法》
 - (66) TSG Z6002 《特种设备焊接操作人员考核细则》