

电站锅炉 压力容器 安全监察

主编 杨厚君
副主编 林介东

中国水利水电出版社

电站锅炉压力容器 安全监察

杨厚君 主编

林介东 副主编



中国水利水电出版社

内 容 提 要

电站锅炉、压力容器是电力生产的重要设备,又是具有爆炸危险的特种设备。本书作者根据同行的建议及多年教学实践编著了本书。自觉注意了基本概念、基础理论和实用规程规范的有机结合,并把电力工业最新规程和标准予以及时反映,突出了电站锅炉的特殊性。本书内容包括:绪论、电站锅炉压力容器基本知识、承压壳体的应力分析、电站锅炉受压元件设计制造的安全技术要求、压力容器设计制造的安全技术要求、电站锅炉压力容器使用管理的安全技术要求、电站锅炉压力容器常见事故及预防。

本书可供电站锅炉压力容器安全监察人员及有关技术人员阅读,也可作为高等学校有关专业的教材。

图书在版编目(CIP)数据

电站锅炉压力容器安全监察/杨厚君主编. -北京:中国水利水电出版社, 1996

ISBN 7-80124-216-5

I. 电… II. 杨… III. 热电厂-锅炉-安全监察 IV. TM621.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 12439 号

书 名	电站锅炉压力容器安全监察
作 者	杨厚君 主编
出版、发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044)
经 售	全国各地新华书店
排 版	北京市金剑照排厂
印 刷	北京市朝阳区小红门印刷厂
规 格	787×1092毫米 16开本 9.25印张 207千字
版 次	1996年11月第一版 1997年5月北京第二次印刷
印 数	2071—4100册
定 价	19.00元

作者简介



杨厚君 1965年1月生于安徽省安庆市，1985年7月毕业于武汉水利电力大学电厂金属专业，1988年6月获该校固体力学专业硕士学位。硕士研究生毕业后曾在安徽省芜湖市劳动局工作过近3年，后调回武汉水利电力大学任教，现在攻读焊接专业博士学位，主要研究方向为焊接结构的强度及焊接结构的延寿技术。

术。

杨厚君近年来从事锅炉压力容器安全监察及管理的教学和科研工作，在国内外学术刊物上共发表论文15篇，主持和承担了5项科研课题，现正致力于《异种金属焊接》和《电站锅炉管道寿命检测和延寿技术》两部著作的编撰工作。



林介东 1963年3月生于广东省潮州市，1984年7月毕业于武汉水利电力大学机械工程系，现为广东省电力试验研究所金属室主任。

林介东从事锅炉压力容器管理工作和检验工作多年，是我国目前最年轻的锅炉压力容器无损检测考核委员会成员，国家劳动部、电力工业部高级无损检测人员。现负责广东省电力工业局锅炉压力容器检验中心的质量保证工作和安全管理工作。

前

言

锅炉、压力容器是电力生产的重要设备，又是具有爆炸危险的特殊设备，尤其是电站锅炉、压力容器。电力工业关系到国计民生，电力工业安全生产具有重要的特殊意义。最近十多年来，国内外的机组都向大容量高参数发展，因此锅炉、压力容器的安全监察工作愈益受到全社会的关注。电力工业部和各网、省局相继成立了锅炉、压力容器安全监察机构。

尽管最近几年关于锅炉、压力容器安全技术方面的教材和书籍陆续出版，但是由于电站锅炉、压力容器本身的特殊性和突出地位，国内尚缺乏一本有针对性的系统讨论电站锅炉、压力容器安全监察技术的教材。不论是大专院校开展安全教育，还是部门开展岗位学习培训，都觉得不无遗憾。

作者根据电力系统同行的广泛建议和几年来的教学实践，耗时一年零八个月编写了这本教材。自觉注意基本概念、基础理论和实用规程规范的有机结合，并把电力工业最新规程和标准予以及时反映，尤其是突出了电站锅炉的特殊性。

本教材第一章、第三~第六章由杨厚君编写，第二、七章由林介东编写，全书由杨厚君主编。

本书在编写过程中，武汉水利电力大学王文安教授、电力部西安热工研究院教授级高级工程师李自力博士都对本书的内容提出过忠恳的意见，并给予了无私的支持，在此深表感谢。

由于电站锅炉、压力容器安全监察工作涉及面十分广泛，本教材很难做到面面俱到。加上作者水平有限，难免片面地理解一些问题，错误之处恐所难免，欢迎批评指正，更欢迎同行不吝赐教。

作 者

1996. 4

目 录

前 言

第一章 绪论	1
第一节 电站锅炉的发展	1
第二节 压力容器在电力工业中的应用	2
第三节 电站锅炉压力容器安全技术的重要意义	3
第四节 电站锅炉压力容器国家监察制度	4
第二章 电站锅炉压力容器基本知识	6
第一节 电站锅炉规范、分类、产品型号表示方法	6
第二节 电站锅炉规程和标准	8
第三节 电站锅炉的作用、组成及工作过程	8
第四节 压力容器的分类	12
第五节 压力容器的构造	12
第六节 压力容器安全设计的要求	14
第三章 承压壳体的应力分析	17
第一节 薄壁圆筒的应力分析	17
第二节 旋转壳体的应力分析——薄膜应力理论	18
第三节 厚壁圆筒的应力分析	24
第四节 壳体的不连续应力	28
第四章 电站锅炉受压元件设计制造的安全技术要求	36
第一节 强度计算的标准和一般知识	36
第二节 承受内压力的锅筒筒体的计算	46
第三节 锅炉水循环	49
第四节 对电站锅炉制造的要求	54
第五节 锅炉出厂时的技术资料	63
第五章 压力容器设计制造的安全技术要求	65
第一节 设计计算概述	66
第二节 内压薄壁容器常用设计公式	72
第三节 电站锅炉压力容器常用金属材料	76
第四节 制造缺陷对容器安全的影响	80
第五节 对压力容器制造单位的安全监察与质量保证体系	87
第六章 电站锅炉压力容器使用管理的安全技术要求	92
第一节 锅炉房的安全要求与锅炉的安全管理	92
第二节 锅炉的检验	94

第三节	锅炉压力容器的破裂形式	96
第四节	压力容器的使用、管理与检验	104
第五节	压力容器超压泄放装置	107
第六节	压力容器缺陷评定若干方法简介	118
第七章	电力工业锅炉压力容器常见事故及预防	125
第一节	锅炉压力容器爆破冲击波及其破坏作用	125
第二节	锅炉失效事故的特征、原因及危害性	126
第三节	承压部件破裂爆炸引起的其他危害作用	127
第四节	事故调查分析	131
参考文献		139

第一章

绪 论

第一节 电站锅炉的发展

20 世纪以前世界各国制造的锅炉的容量都很小, 汽压很低, 一般容量都小于 3t/h, 压力小于 1.47MPa (15ata), 温度低于 300℃。

20 世纪初电站锅炉主要是发展链条炉排的分联箱直水管锅炉, 由于燃烧方式、冶金水平以及设计上的局限, 使锅炉容量受到限制, 一般为 30t/h, 压力为 3.92MPa (40ata), 温度低于 420℃。

自从 20 年代中叶开始, 煤粉炉得到很大发展, 使得电站锅炉参数和容量有了很大的提高, 到 40 年代末, 电站锅炉容量达 400t/h, 蒸汽压力达 6.27~12.25MPa (64~125ata), 过热蒸汽温度达 500~520℃。

五、六十年代电站锅炉发展迅速。锅炉的容量和蒸汽参数提高得很快, 原苏联、原西德、美国在试验性超临界压力锅炉上选用的压力高达 29.4MPa (300ata) 以上, 蒸汽温度达 650℃。此后, 为了降低奥氏体钢的用量和提高机组的可靠性, 亚临界级的蒸汽参数在汽轮机入口处压力稳定在 16.2MPa (165ata) 左右, 超临界级蒸汽参数在汽轮机入口处压力稳定在 24MPa (245ata), 汽机入口温度也从 600℃降低到 540~565℃, 而锅炉的容量则从 50 年代的 400t/h (125MW) 提高到 60 年代末的 2000t/h (600MW)。在此期间, 直流锅炉的比重增加, 并且出现了多种形式的直流锅炉。在本生式直流炉的基础上发展成 UP 型直流炉; 在苏尔寿直流炉的基础上发展成复合循环直流炉; 在拉姆辛直流炉的基础上发展成螺旋管圈直流炉。

为了提高电站锅炉的热效率, 早在 20 年代曾出现过中间再热机组, 到 50 年代已普遍采用一次再热机组, 甚至采用二次再热机组。但因二次再热机组的管道布置和启动系统均较复杂, 到 60 年代末都已不再采用了。

到了 70 年代, 由于受动力燃料和火电厂负荷性质改变的冲击, 不少国家采取了减少石油消耗和进口的措施, 停建新的燃油机组, 而燃煤机组重新得到发展, 由于大型燃煤锅炉所用率不高, 大容量的锅炉的发展趋于停顿, 蒸汽参数趋于稳定, 亚临界压力汽包炉重新获得优势。

由于核电站的发展, 核电站和大容量火电机组带基本负荷, 一部分 300~400MW 机组

必须带中间负荷。在此期间，中间负荷机组的设计运行技术得到了很大进展，主要承压部件的寿命管理研究也得到重视和发展。由于中间负荷机组要求锅炉能承受频繁启停、快速启停、低负荷的效率降低不多等特性，目前，对负荷的适应性能如何已成为评价机组的主要因素。直流炉的趋向是朝着螺旋管圈的方向发展，螺旋管圈能适应变压运行。

70年代以来，由于对环境保护的愈益重视，而旋风炉采用高温燃烧方式，会产生大量污染大气的物质，因此已基本淘汰。

在此期间，液态排渣炉在原西德有了较大发展，技术上也有了充分保证，是一个有发展的炉型。U型火焰的大型液态炉不仅煤种适应范围大，而且解决了占用灰场的难题，负荷适应性也优于一般干式煤粉炉，做为中间负荷机组非常合适。

80年代以来，锅炉的容量和参数及结构变化较小，燃煤炉数量已占新建火电厂的绝对优势，即使是以燃油为主的日本，近年来也积极研究大型燃煤炉的设计技术，建设大型燃煤电站。将燃油炉改造为燃煤炉的工作在很多国家都取得了较成熟的经验。

我国目前新建的大型火电厂锅炉容量一般是670t/h (200MW)、1000t/h (300MW)，国产2000t/h (600MW)锅炉也已投入运行。

核电站的建设在我国也已引起普遍的关注和重视。秦山核电站、大亚湾核电站的相继投产，为我国核电站的发展起到了排头兵的作用。一批新的核电站也已进入规划实施阶段。相信不久的将来，核电站在电力生产结构中将发挥越来越重要的作用。

第二节 压力容器在电力工业中的应用

压力容器是一种能承受压力载荷的密闭容器。它的主要作用是贮存、运输有压力的气体或液化气体，或者是为这些流体的传热、传质反应提供一个密闭的空间，压力容器具有各式各样的形状结构，从小至容积只有几升的瓶或罐，到大至上万立方米的球形容器或高达上百米的塔式容器，在各个工业领域中都得到最广泛的应用，在电力工业中亦不例外。

压缩空气是一种使用得较为普遍的动力源。压缩空气主要来源于空气压缩机。压气机的一些附属设备，如气体冷却器、油水分离器、贮气罐等都是压力容器。有些对干燥度和清洁度要求比较高的压缩空气，还要有干燥和过滤装置，这些装置也是压力容器。

除了压缩空气以外，在电力工业生产中还经常使用各种气体作为原料或辅助材料，如金属的焊接和气割需要氢气、乙炔气和氧气等。这些气体由气体制造厂送到使用单位，除了相距较近时可用管道输送外，大部分都得使用盛装容器。而为了提高运输效率和设备利用率，这些气体往往都要经过增压使其成为压缩气体（如氧、氮等）或液化气体。贮存或运输这些压缩气体或液化气体的容器，如气瓶、气桶、槽车、贮罐等也都是压力容器。

制冷装置是利用制冷压缩机将气态的冷冻剂（最常用的有氨和氟里昂）压缩，然后在冷凝器中用水将其冷凝成液态，再把这些液化了的冷冻剂通过调节阀节流降压后进入蒸发器。由于压力降低，蒸发后的冷冻剂再回到压缩机。如此往复循环，在蒸发器中便可以连续获得“人造冷”。制冷装置中的多数设备，如冷凝器、蒸发器、液体冷冻剂贮罐等都是压力容器。

电站锅炉中的汽包是一个汇集水和饱和蒸汽的圆筒形压力容器。电站回热加热设备如

低压加热器、高压加热器和除氧器等都属于压力容器。

由此可见，压力容器是电力工业生产中的主要设备。

第三节 电站锅炉压力容器安全技术的重要意义

随着电力工业的不断发展，锅炉、压力容器的应用亦不断增加，随之，锅炉、压力容器的事故率也不断上升。锅炉、压力容器虽然不象一般转动机械那样容易磨损，也不象高速发动机那样承受着高周疲劳载荷，但是，如果这类设备发生了爆炸，就具有极大的破坏力。因为锅炉、压力容器内贮有高压力的气体或液体，加之某些介质还具有高温、易燃、易爆、有毒的特点，当锅炉或压力容器爆炸时，内部介质会瞬间释放出大量的能量，这些能量除将整个锅炉、压力容器或它们的碎块以很高的速度抛出外，还会产生强大的冲击波，直接破坏周围的设施和建筑物，造成人身伤亡。如果压力容器内的介质是可燃物，那么容器破裂时可燃物大量外溢，可能造成危害更大的器外二次爆炸。二次爆炸生成的气体（水蒸气、二氧化碳等）继续升温膨胀，形成体积巨大的高温燃气区。

历年来，世界各国电站锅炉、压力容器爆炸事故时有发生，我国也多次发生重大的锅炉、压力容器爆炸事故，给国民经济造成重大损失。如1981年1月，辽宁省某发电厂200MW的7[#]机组除氧器发生爆炸，三层机房爆塌二层，死9人，重伤3人，轻伤2人，直接经济损失五百多万元，两台机组停止发电，修复时间长达十个月，影响了上百个厂矿的生产，间接经济损失达数亿元。

近年来，我国电站锅炉事故频繁发生，尤其是“四管”爆漏现象更为突出。如某省南网电厂截止1994年底共有在役统计发电机组锅炉45台（其中：1025t/h锅炉1台、670t/h锅炉9台、410t/h锅炉4台、200~220t/h锅炉17台、130t/h及以下锅炉14台），1994年发电设备事故118次，锅炉事故就占69次，占发电设备事故的58.47%，锅炉事故中有57次为承压部件泄漏，占锅炉事故的82.61%，锅炉“四管”泄漏损失电量达3.65亿kW·h，仅电厂新投产的1025t/h锅炉泄漏损失发电量就高达1.65亿kW·h。

由此我们可以看出，锅炉、压力容器发生爆炸泄漏的惨痛事例，说明锅炉、压力容器如果制造、安装质量不好或者操作管理不当，就容易发生事故，由此造成的破坏，不仅使工厂停产，影响社会安定，而且会给国家和人民的生命财产造成难以估量的损失。

多年来，先进工业发达国家十分重视锅炉、压力容器的安全应用技术方面的研究，已制定出一整套锅炉、压力容器安全运行的规范，使这些国家的锅炉、压力容器事故率显著下降。

我国是社会主义国家，首先就要求保障“安全生产”。电力工业中“安全生产”的地位显得尤为突出。历年来，通过一些惨痛的教训，更使电力部门的管理人员、技术人员和电力工人清醒地认识到，加强锅炉、压力容器安全技术培训和管理，避免发生恶性事故，是一项极为重要的工作。电力工业部通过广泛调查发现：在“文革”期间生产和安装的一部分锅炉、压力容器，其施工质量和设备状况，给安全生产留下极大的隐患；同时，职工技术素质低，处理事故的应变能力不强，管理工作也存在不少薄弱环节等等。

最近某省对其省属南网1988年至1994年锅炉承压部件泄漏情况进行了统计，如表1-

1 所示。由表可知,重视安全技术和管理工作,是预防事故,制定对策,保证锅炉、压力容器的安全运转的重要因素。

表 1-1 某省南网电厂 1988 年至 1994 年锅炉承压部件泄漏原因分析

名 称	单 位	检修质量 不良	运行操作 不当	安装质量 不良	制造质量 不良	合 计
泄漏次数	次	449	95	52	67	663
泄漏损失电量	kW·h	97586.42	34413.11	19219.91	53812.46	205031.90
泄漏次数占总泄漏次数之比值	%	67.72	14.33	7.84	10.11	100
泄漏损失电量占总泄漏损失电量之比值	%	47.60	16.78	9.37	26.25	100

需要指出的是,就“安全”概念而言,它包括产品安全和工业安全。前者研究产品安全,包括产品设计、制造等内容;后者研究工业安全,包括电力设备(设施)的各个环节及环境对其影响等内容。所以《电站锅炉压力容器安全监察》是研究电站锅炉、压力容器运行中的各种破坏机理以及防止产生破坏的措施和方法,介绍电力设备安全运行的规律,尤为重要的是如何事先预测电站锅炉、压力容器发生恶性事故的可能性,掌握事故发生的规律,以便在设计、施工、运行、管理中向有关人员预先警告事故的危险性。这是多年来安全工作者渴望找到的一种方法,这种方法就是 50 年代以后兴起的安全系统工程方法,它的问世已在控制事故方面起到了重要的作用。

第四节 电站锅炉压力容器国家安全监察制度

为适应电力工业发展的需要,加强电站锅炉压力容器的安全监察工作,确保电力设备的安全运行,保障职工的生命安全,电力工业部于 1994 年以电安生[1994]257 号文件的形式颁发了《电力工业锅炉压力容器安全监察规定》。

一、机构与体制

电站锅炉压力容器的安全监察工作实行分级管理,并接受劳动部门的监督与指导。

电力工业部锅炉压力容器安全监察委员会(简称部锅监委)负责全电力行业的锅炉压力容器安全监察工作,下设办公室,负责处理日常事务。

电管局、电力局锅监委负责全局的锅炉压力容器安全监察工作,下设办公室,负责处理日常事务。

电力建设局、电力建设公司、火电厂锅炉监察检验部门或专责锅炉压力容器安全监察工程师(简称锅炉监察工程师)负责在建机组或本厂的锅炉压力容器安全监察检验工作。

二、监察工作的依据

主要依据是国务院 1982 年 2 月 7 日发布的《锅炉压力容器安全监察暂行条例》,对监察机构和职权工作内容等都有明确的规定和要求,《条例》公布前主要是按国务院文件为准。

《条例》和原劳动人事部颁发试行的《监察条例实施细则》，从 1982 年 7 月 1 日起施行。国务院授权劳动部门及经劳动部门许可认证的有关电力部门锅监单位，对表压力 $P \geq 0.1\text{MPa}$ (1kgf/cm^2) 的锅炉、压力容器的设计、制造、安装、使用、修理等几个环节实行安全管理和监督检查。

对具体设施的监督检查，其依据是有关的法规、规程、标准等技术文件，依法进行监督检查，其内容将在以下各章中加以叙述。

三、电站锅炉压力容器安全监察的内容

- (1) 新建电站锅炉压力容器的合同谈判及设计审查。
- (2) 电站锅炉压力容器制造质量的监督。
- (3) 电站锅炉压力容器安装质量的监督。
- (4) 在役电站锅炉压力容器的运行安全监察与定期检验。
- (5) 电站锅炉压力容器重大修理方案的审查。

第二章

电站锅炉压力容器基本知识

电站锅炉是电力工业中重要的热力设备,它与生产建设和人民生活有着密切的关系。随着我国国民经济的发展,电站锅炉的数量增加很快,到 20 世纪末全国发电装机总容量将达 2.8 亿 kW,“八五”“九五”期间每年平均装机为 1000 万 kW。在火力发电厂里,压力容器也普遍使用。锅炉是承受高温、高压的设备,它的金属部件除受到烟气冲刷磨损外,还受到烟、灰、气、水和蒸汽等方面的各类腐蚀;压力容器是承压金属部件,其工作介质也有侵蚀性;并且锅炉、压力容器都是具有爆炸危险的设备。因此加强锅炉、压力容器的安全管理,保证锅炉、压力容器安全、经济运行,对保护人民的生命财产、促进社会主义现代化建设、实现到 20 世纪末国民经济总产值翻两番的发展目标,具有十分重要的现实意义。所以,从事电站锅炉、压力容器安全管理的技术人员,为了掌握电站锅炉压力容器安全技术,做好电站锅炉压力容器的安全管理工作,必须具备有关电站锅炉、压力容器方面的一些基本知识。

第一节 电站锅炉规范、分类、产品型号表示方法

一、锅炉规范

锅炉每小时生产的蒸汽吨数称为蒸发量,单位以 t/h 表示。锅炉在安全经济条件下能连续生产的最大蒸发量称为额定蒸发量 (t/h)。在我国,额定蒸发量即锅炉设计蒸发量。通常人们说的锅炉蒸发量即指额定蒸发量。

在额定蒸发量下过热器出口处的蒸汽压力和温度称为锅炉的蒸汽参数。蒸汽的压力用 Pa (kgf/cm^2) 表示,蒸汽温度用 C 表示。

二、锅炉效率

锅炉在工作过程中,工质(汽和水)吸收的全部热量和输入锅炉内的总热量的比值称为锅炉效率。

锅炉效率是锅炉的主要经济指标,目前发电厂锅炉效率多在 90%~92% 之间。

三、锅炉分类

锅炉的分类方法主要有下面几种：

(1) 按容量分，有大、中、小容量锅炉。目前我国额定蒸发量大于 300t/h 的称大容量锅炉；100~300t/h 的称中容量锅炉；小于 100t/h 的称小容量锅炉。

(2) 按蒸汽参数（压力、温度）分，有低压、中压、高压、超高压、亚临界压力和超临界压力锅炉。目前，汽压低于 2.94MPa (30kgf/cm²)、汽温低于 400℃的为低压锅炉；汽压在 2.94~4.90MPa (30~50kgf/cm²)、汽温 400~450℃的为中压锅炉；汽压在 5.88~12.74MPa (60~130kgf/cm²)、汽温 460~540℃的为高压锅炉；汽压在 13.72~15.68MPa (140~160kgf/cm²)、汽温 540~560℃的为超高压锅炉；汽压在 16.66~17.64MPa (170~180kgf/cm²)、汽温 540~570℃的为亚临界压力锅炉；汽压在 22.05MPa (225kgf/cm²)、汽温 560~600℃的为超临界压力锅炉。

(3) 按燃用燃料分，有燃煤炉、燃油炉和燃气炉等。

(4) 按水循环方式分，有自然循环锅炉、强制循环锅炉（多次强制循环锅炉和直流锅炉）、复合循环锅炉、低倍率循环锅炉等。

四、锅炉型号

锅炉的型号我国常用三组字码表示（超高压以上再热锅炉用四组字码）。如型号 HG-410/100-1，第一组字码 HG 表示哈尔滨锅炉厂制造的（上海锅炉厂用 SG，武汉锅炉厂用 WG，东方锅炉厂用 DG，北京锅炉厂用 BG 等）；第二组字码 410/100 表示锅炉的容量为 410t/h、过热蒸汽压力为 9.8MPa (100kgf/cm²)；第三组字码 1 表示第一次设计产品，即设计序号。又如 SG-400/140-555/555-2，第一组字码 SG 表示上海锅炉厂制造；第二组字码 400/140 表示容量为 400t/h、过热蒸汽压力为 13.7MPa (140kgf/cm²)；第三组字码 555/555，分子表示过热蒸汽温度为 555℃、分母表示再热蒸汽温度 555℃；第四组字码 2 为第二次设计。

我国的锅炉生产已经系列化，发电厂锅炉（中压以上）其容量和参数见表 2-1。

表 2-1 我国系列生产的中压以上锅炉参数

蒸发量 (t/h)	过热蒸汽压力（表压） [MPa (kgf/cm ²)]	过热蒸汽及再热蒸汽温度 (℃)	配汽轮发电机容量 (kW)
75	3.82 (39)	450	12000
130	3.82 (39)	450	25000
220	9.8 (100)	540	50000
410	9.8 (100)	540	100000
400	13.7 (140)	555/555	125000
670	13.7 (140)	540/540	200000
1000	16.7 (170)	555/555	300000

第二节 电站锅炉规程和标准

电站锅炉爆炸后果的严重性是尽人皆知的，而要确保锅炉的安全运行，根据锅炉的特点和多年的实践经验，应从锅炉的设计、制造、安装、使用、维护和改造等各个环节，全面进行管理和监察。

我国电站锅炉监察体系始于 50 年代，在当时的历史条件下，主要以前苏联经验为兰本，制定了《电力工业锅炉监察规程》，培训了一批锅炉监察工程师，建立健全了锅炉防爆制度，而后又相继组建了化学监督、金属监督、热工仪表监督专业，加强了焊接工作管理，包括焊工与无损检验人员的考核培训工作。在发电设备向高参数、大容量发展进程中，对确保发电设备的安全可靠运行起了很大的作用。在“文革”期间，发电厂锅炉监察工作受到冲击被削弱，设备制造质量下降，运行管理水平下降，事故及恶性事故不断。针对上述情况，根据国务院 1982 年颁发的《锅炉压力容器安全监察暂行条例》，原水利电力部于 1983 年决定恢复锅炉监察工程师建制，逐步实现由锅炉监察归口管理，化学、金属、焊接、热工各方面配合协作的发电厂锅炉压力容器安全监察体系，并逐步扩大为包括设计、制造、安装在内的全过程安全监察，以求大幅度、稳定地改变发电厂锅炉压力容器的不安全状况。

近年来，劳动部门和电力部门已先后发布了一系列的规程、标准。目前，主要有以下的规程：

《锅炉压力容器安全监察暂行条例》国发 [1982] 22 号

《锅炉压力容器安全监察暂行条例》实施细则劳人锅 [1982] 6 号

《电力工业锅炉压力容器安全监察规定》电安生 [1994] 257 号

《电力工业锅炉监察规程》SD167-85

《蒸汽锅炉安全技术监察规程》劳人锅 [1987] 4 号

《电力工业锅炉压力容器安全性能检验大纲》电力部锅监委 [1995] 1 号

《电力系统发电用锅炉使用登记暂行办法》水电办字 [1987] 7 号

《电力建设施工及验收技术规范》DLJ52-81

《条例》是 1982 年 2 月 6 日颁发的，它是我国锅炉压力容器安全监察工作的根本大法，它进一步明确了对这种有爆炸危险的承压部件进行安全监督检查的机构和职权等重大问题。

进口锅炉需有生产国或提供设备的国家或地区监督检查机构的证明和打有监督检验机构认可的钢印。

第三节 电站锅炉的作用、组成及工作过程

火力发电厂生产电能的过程是一系列的能量转换过程，在这一转换过程中，锅炉的地位是极其重要的。

发电厂锅炉必须能将燃料的化学能尽量完善地转换为热能；它必须能将此热能尽可能地传递给蒸汽；它必须能按照外界电负荷的需要将携带热能的蒸汽不断输送给汽轮机。

近代发电厂锅炉的体积庞大、技术复杂，但从根本上说来仍不外“锅”和“炉”两部分。锅内有水，炉内有火，火烧水生蒸汽。近代发电厂锅炉的基本构成和工作过程如图 2-1 所示。

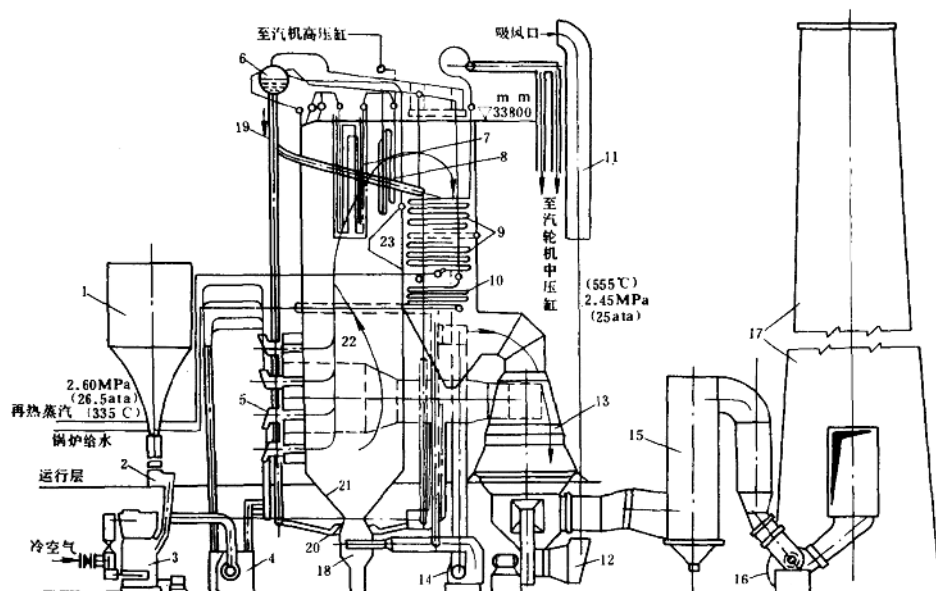


图 2-1 SG-400/140-555/555-1 型超高压锅炉

- 1—煤斗；2—给煤机；3—磨煤机；4—排粉机；5—喷燃器；6—汽包；7—屏式过热器；8—对流过热器；
9—再热器；10—省煤器；11—送风机的进风道；12—送风机；13—空气预热器；14—烟气
再循环风机；15—除尘器；16—引风机；17—烟囱；18—灰渣斗；19—下降管；
20—下联箱；21—冷灰斗；22—燃烧室；23—折焰角

一、锅炉本体的构成及锅炉工作过程

(1) 锅炉本体。由省煤器、汽包、下降管、水冷壁、饱和蒸汽管、过热器、再热器等组成的汽水系统（即锅炉中的“锅”）和由燃料喷燃器、炉膛（燃烧室）、烟道、空气预热器、热风道、炉墙等组成的锅炉燃烧系统（即锅炉中的“炉”）两部分组成。

(2) 省煤器。由许多蛇形钢管组成，管内流过从给水泵来的给水，布置在烟道内受热，使给水温度升高，然后送入汽包。

(3) 汽包。是一个圆筒形容器，其下半部是水空间，上半部是汽空间。它连接着下降管和水冷壁，组成一个水循环回路，接受省煤器来的给水，将水冷壁来的汽水混合物进行分离，并将分离出来的饱和蒸汽，通过饱和蒸汽管道送入过热器。汽包内还装有表面排污装置用以改善汽水品质，另外汽包上还装有安全阀等保护装置。

(4) 下降管。由汽包底部接至下联箱，布置在炉墙外面，不受热。其作用是将汽包中的水不断地供给水冷壁。

(5) 下联箱。是一个圆筒形容器，用来连接下降管与水冷壁。下降管来的水通过下联箱均匀地分配给平行排列的各水冷壁管。

(6) 水冷壁。由许多无缝钢管或鳍片钢管组成，布置在炉膛内壁四周的水冷壁，接受炉膛内高温火焰的辐射热量，是锅炉最主要的蒸发受热面。当水冷壁内部分水受热汽化时，由于水和汽水混合物的重度不同，使水冷壁内的汽水混合物不断上升进入汽包，而下降管中的水则不断下降补充，于是形成一个自然循环回路，称为自然水循环。自然水循环的形成，保证了锅炉蒸汽的连续产生，同时也保证了处于高温炉膛中的水冷壁管有很好的冷却条件，使之不致被破坏。

(7) 过热器。由许多蛇形无缝钢管组成，一般布置在炉膛顶部和水平烟道中。过热器的作用是将汽包来的饱和蒸汽加热为过热蒸汽。汽轮机采用过热蒸汽可以提高单位蒸汽量的做功能力，减少输送过程中的凝结损失，有效地提高发电厂热效率。过热器外是高温烟气，内为冷却能力较差的蒸汽，因之其壁温较高，为此，高温段过热器需用耐热合金钢管制成。

(8) 再热器。由许多蛇形无缝钢管组成，一般布置在过热器后的烟道内。再热器一般用于超高压锅炉中。采用再热是为了保证汽轮机末端的蒸汽干度，以提高循环的热效率。再热时把已在汽轮机内做了部分功的蒸汽引出反回锅炉，在再热器内再过热，然后再送回汽轮机继续做功。再热器管的工作条件也较差，也常用耐热合金钢管制成。

(9) 喷燃器。是煤粉锅炉的主要燃烧设备，携带煤粉的一次风和来自热风道的二次风都经过喷燃器喷入炉膛。喷燃器应使一、二次风进入炉膛后适时地很好混合，并使其很好地着火、燃烧。其工作的好坏，对锅炉的可靠性、经济性影响很大。

(10) 炉膛。由炉墙、炉顶围成的空间容积，炉膛内布满了水冷壁。炉膛内温度很高，是燃料着火燃烧的地方，燃料的化学能在炉膛内转换为热能。炉膛的结构形状和尺寸应能与喷燃器的工作特性相配合，以使燃料的化学能尽可能完善地转换为热能。炉膛的炉墙、炉顶应有很好的保温性能，使燃料放出的热量尽量少地散失到炉外，从而尽量多地为各受热面吸收。

(11) 空气预热器。布置在尾部烟道内。供锅炉燃烧使用的空气通过空气预热器被加热升温，有助于燃料的着火燃烧；烟气经过空气预热器放热降温，有利于锅炉效率的提高。目前采用的空气预热器主要有管式和回转式两种。图 2-1 中的空气预热器为受热面回转式。这种空气预热器是由转子和固定外壳两大部分组成。转子内分成许多扇形仓格，里面装满了传热元件。在上下外壳的扇形端盖内，把转子横截面分成烟气通道、空气通道和惰性密封区三部分，使转子的一部分通过烟气，而在另一部分逆向通过空气。转子每转一圈就完成一个传热循环。在每一循环中，当烟气通过受热面时，受热面从烟气中吸收热量，然后转至空气侧时，把热量传给流过的空气。

综上所述，锅炉的工作过程为：

冷空气经进风道进入送风机升压、经空气预热器加热升温、沿热风道作为二次风经喷燃器同制粉系统来的煤粉（或燃油系统来的燃油）一起喷入炉膛。喷入炉膛的燃料和热空气在炉膛内混合、着火、燃烧，在燃烧过程中放出热量并生成烟气，一部分热量以辐射传热方式传给水冷壁等炉膛受热面，使水蒸发成蒸汽；剩余的热量被烟气携带着自炉膛上方