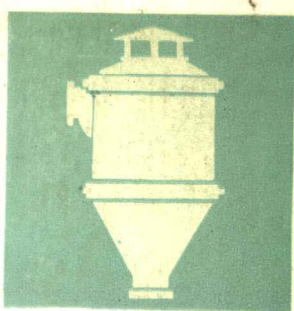
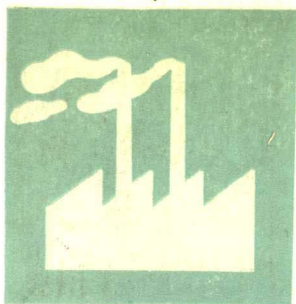
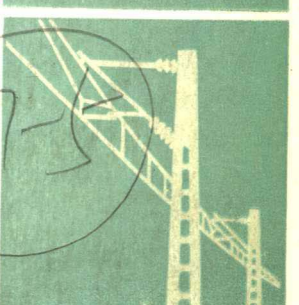
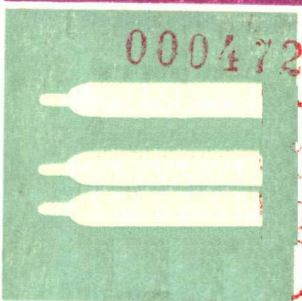


铁路劳动 保护讲义

8



锅炉安全技术



中国铁道出版社

内·容·简·介

本书论述了锅炉及其附属设备的安全技术问题，并对锅炉的运用、保养、检验、修理、改造及其安全管理等作了介绍。本书可供从事锅炉工作的工程技术人员、管理人员、检验人员和工人学习参考。

铁路劳动保护讲义之八

锅炉安全技术

郭贵武 庞文军 宋全果 胡玉珍 编
陈纪申 陆定夫 沈崇章 李义甫

中国铁道出版社出版、发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092毫米 1/32 印张：8.5 插页：1 字数：191千

1989年9月第1版 第1次印刷

印数：1—5000册 定价：3.20元

前 言

为了加强铁路劳动保护工作，更好地贯彻党的安全生产方针，使干部、职工牢固地树立起“安全第一”的思想；为了便于各级领导在管理生产中，切实管好人身安全，不断改善劳动条件，使广大职工在安全、卫生、舒适、愉快的环境下，高效率地进行社会主义现代化建设，质量良好地完成运输、生产和基本建设任务，我们组织编写了《铁路劳动保护讲义》，供给领导干部和业务技术部门在指挥生产、组织生产时参考，并用来培训劳动保护专职干部，提高他们的业务技术水平，以便进一步开展劳动保护工作。

《讲义》内容，包括劳动保护方针、原则和基础理论知识，铁路劳动保护工作概况，安全技术和劳动卫生的基本知识，以及有关专业的安全技术知识。《讲义》编写的业务技术理论知识，尽量结合铁路实际情况，文字力求通俗易懂。

参加编写《讲义》的都是多年从事劳动保护工作的工程技术人员和科研人员，在编写过程中，曾得到有关领导同志和不少劳动保护专业干部的大力支持和帮助，因此内容比较丰富，并切合实际。现在已经编出来的：《劳动保护概论》、《安全技术基础》、《劳动卫生概述》、《铁路运输安全技术》、《电气安全技术》、《机械设备安全技术》、《起重机械安全技术》、《锅炉安全技术》、《压力容器安全技

术》、《气焊与气割安全技术》、《厂内运输安全技术》和《通风除尘及通风排毒技术》等十二册，将陆续出版，以供使用。

铁道部劳动工资局

《劳动保护讲义》编写组

一九八三年十二月

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 锅炉设备的基本概念.....	1
第二节 锅炉的用途和分类.....	4
第三节 锅炉检验的重要性.....	5
第二章 锅炉的基本知识	8
第一节 水和水蒸气.....	8
第二节 燃料与燃烧.....	11
第三节 锅炉的传热.....	16
第四节 锅炉的水循环.....	19
第五节 锅炉热效率及其热损失.....	23
第六节 锅炉钢材与强度.....	25
第三章 锅炉结构	29
第一节 锅炉的分类型号及参数系列.....	29
第二节 锅壳锅炉.....	36
第三节 水管锅炉.....	43
第四节 热水锅炉.....	58
第五节 E级锅炉.....	56
第六节 锅炉辅助受热面.....	61
第四章 锅炉附属设备及其安全技术	68
第一节 给水设备及其安全技术要求.....	68
第二节 燃烧设备及其安全技术要求.....	75
第三节 通风设备及其安全技术要求.....	88
第四节 给煤、除渣设备及其安全技术要求.....	92

第五章 锅炉附件及仪表的安全技术	96
第一节 安全阀及其安全技术要求.....	96
第二节 压力表及其安全技术要求	102
第三节 水位表及其安全技术要求	104
第四节 锅炉阀门	107
第五节 高低水位警报器	113
第六节 工业锅炉自控报警仪	114
第七节 锅炉热工仪表	119
第六章 锅炉运行与保养	128
第一节 锅炉生火前的检查与准备	128
第二节 升压与供汽并炉	131
第三节 锅炉保养	133
第四节 烘炉与煮炉	135
第五节 锅炉正常运行管理	139
第七章 锅炉检验与修理	145
第一节 锅炉检验	145
第二节 锅炉修理	165
第八章 锅炉改造及消烟除尘	189
第一节 锅炉改造	189
第二节 消烟除尘	206
第九章 锅炉水处理	222
第一节 水中杂质及其对锅炉的危害	222
第二节 水质指标及水质标准	223
第三节 水垢及其防止措施	226
第四节 锅炉设备的腐蚀及防止措施	240
第十章 锅炉安全管理	251
第一节 铁路系统锅炉安全监察机构和职权	251
第二节 锅炉房的安全管理	251

第三节	锅炉事故与处理	253
第四节	锅炉报废的规定	258
附 录		
	低压锅炉水质标准 (GB 1576—85)	260

第一章 绪 论

第一节 锅炉设备的基本概念

一、锅炉设备的组成

锅炉设备最基本的组成部分是“锅”和“炉”两部分。燃料在炉内燃烧，将其化学能转化为热能，高温燃烧产物通过锅壁的受热面与锅内的水进行热交换，把水加热为热水，或使之沸腾汽化为蒸汽。为运用安全和经济等方面的需要，又增加了一系列辅助设备和附属装置，如：燃烧设备、蒸汽净化和汽水分离装置、安全附件、通风设备、除尘设备、自动化上煤和出渣设备、自动化仪表、水质化验和水处理设备，构成了一套复杂的综合体，总称为锅炉设备。

二、锅炉设备的基本工作原理

锅炉设备是通过燃料在炉内燃烧产生的热能被锅炉受热面吸收，并连续不断地传给锅炉内的水而工作的。由于锅炉各部位受热不同，受热多的部位的炉水和受热少的部位的炉水密度不同，使炉水在闭合的汽水系统中产生有规律的、不间断的流动，这种流动称为自然循环。

在一些大、中型锅炉中，由于水和汽水混合物之间的密度差所产生的压力差不能使炉水形成自然循环，而必须利用水泵来完成水的循环，这种循环称为强制循环。

炉水的循环，一方面使锅炉内的水不断加热或使之沸腾汽化为蒸汽，一方面使受热面不断冷却，保证受热面安全工作。

三、锅炉设备的特点

锅炉是一种承受高温和压力并具有爆炸危险的特种设备。其特点有：

(一) 承受压力和高温

锅炉元件处在一定压力下运行，而且各受压元件承受不同的内外压力及热胀冷缩而产生的附加应力，其内壁接近材料屈服极限。锅炉元件绝大部分在高温下工作，锅壁金属温度达到 $300\sim 600^{\circ}\text{C}$ 。

(二) 承受介质的浸蚀

进入锅炉内的水，带入一定数量的钙、镁离子，易在锅炉受热面内壁结成水垢，影响传热，浪费燃料，降低锅炉热效率，严重时造成金属过烧、鼓泡、开裂等。

(三) 承受燃烧产物——燃气、灰分的冲刷、磨损、腐蚀，使金属材料强度衰减。

受压元件受力极为复杂，有内压力引起的应力，有各部位受热不均引起的应力，有制造、安装时形成的残余应力等，其中一部分应力随着锅炉运行工况的变化而变化，不少因素在强度计算中无法考虑。因此，锅炉在工作过程中，受压元件会发生各种有害于材料强度性能的变化，一旦材料性能变坏并导致元件破裂，产生的后果往往是人员伤亡，设备和建筑物被毁，动力和热能中断，生产停顿。如属于工业和人口密集地区，则造成的伤害和经济损失更加严重。

基于锅炉设备的上述特点，为保证锅炉连续运行和间断运行的安全，预防发生事故，在设计制造锅炉时，必须从以下几方面严加控制。

1. 材料选择、强度计算、结构设计都要达到正确无误，并经过科学的验证。

2. 对制造、安装、检修的工艺质量要有切实的保证。
3. 运用、保养都必须严格执行规定，并建立相应的制度。

近年来，国务院、劳动部、铁道部已颁布《锅炉压力容器安全监察暂行条例》、《蒸汽锅炉安全技术监察规程》、《热水锅炉安全技术监察规程》、《关于铁路系统固定锅炉压力容器安全监察工作几点意见的通知》等一系列严格的规范、标准，并建立了相应的检验制度和一支专业检验队伍。对锅炉监察人员和检验人员的素质和职权作了明确规定。对锅炉设计、制造、安装、使用、检验、修理、改造等各个环节，也都有了相应的规定。

四、锅炉的基本工作特性

通常以容量（蒸发量）及其参数来表示锅炉的基本工作特性。

1. 蒸发量：锅炉每小时产生的蒸汽量叫蒸发量，以t/h或kg/h表示。

蒸发量的大小，取决于锅炉的受热面积和蒸发率。

2. 受热面积：一面受燃气加热，而另一面被水和蒸汽冷却的金属面积，单位为 m^2 。

3. 蒸发率：单位时间内每平方米锅炉受热面上能产生的蒸汽量，单位用 kg/m^2 表示。由于锅炉各部位的受热强度不同，所以蒸发率一般采用平均值，用下式表示：

$$\text{蒸发率} = \frac{\text{蒸发量}}{\text{受热面积}}$$

4. 蒸汽参数：蒸汽压力（表压力）和过热蒸汽温度。如产生的蒸汽为饱和蒸汽，其蒸汽参数则为蒸汽压力（表压力）和饱和蒸汽温度。

第二节 锅炉的用途和分类

一、锅炉的用途

1. 用以产生蒸汽供发电用。
2. 用以产生蒸汽供给蒸汽机或汽轮机，使热能转变为机械能，推动机车和船舶等行驶。
3. 用以产生蒸汽供各种工业设备和医疗消毒设备等需要，如供炼油、橡胶、纺织、印染、造纸、制革等工业生产过程中加热、蒸馏、烘干等。
4. 用以产生蒸汽导入煤气发生炉，以辅助发生动力煤气或水煤气。
5. 用以产生蒸汽或热水供采暖和生活设备用等等。

二、锅炉分类

(一) 按锅炉结构形式分为：

1. 立式锅壳锅炉；
2. 卧式锅壳锅炉；
3. 水管锅炉。

(二) 按锅炉的压力分为：

低压锅炉：压力为 $\leq 2.45\text{MPa}$ (25kgf/cm^2)；

中压锅炉：压力为 $2.94\sim 4.90\text{MPa}$ ($30\sim 50\text{kgf/cm}^2$)；

高压锅炉：压力为 $7.84\sim 10.8\text{MPa}$ ($80\sim 110\text{kgf/cm}^2$)。

(三) 按锅炉用途分为：

1. 工业锅炉；
2. 发电锅炉；
3. 生活采暖锅炉。

(四) 按锅炉的蒸发量分为：

1. 小型锅炉——20t/h以下;
2. 中型锅炉——20~75t/h;
3. 大型锅炉——75t/h以上。

第三节 锅炉检验的重要性

基于锅炉设备的特点,保证锅炉的安全运行是非常重要的。根据国内外的经验,对这种设备必须加强管理,必须设立专门机构,按照国家颁布的各种法规,对锅炉设备进行监督检查和技术检验。

一、锅炉检验的目的

(一) 及时发现并消除隐患,防患于未然。

大量的事故是由于锅炉结构设计不合理,钢材选用不当,制造质量低劣等原因造成的。因此,必须对锅炉设计进行审查,并加强对锅炉制造质量的监督检查,把住出厂关,防止不合格的锅炉投入运用。

(二) 弥补缺陷,延长锅炉使用寿命。

对锅炉运用中产生的轻微缺陷,如不及时修复,必将加快损坏速度,缩短使用寿命。有的锅炉因为未进行定期检验,缺陷不能及时发现,得不到及时修理,只用了几年甚至更短时间,即报废。如果及时发现了缺陷并进行修复,锅炉的使用寿命就可以延长。

(三) 实现连续安全运用,保证生产正常进行。

按照锅炉运用情况,实行有计划的定期检验,及时处理事故隐患,可以避免被迫停炉影响生产。

(四) 堵塞漏洞,节约能源。

锅炉因漏水、漏汽、漏风、漏烟等缺陷,或受热面水垢堆积造成大量的燃料损失,锅炉热效率降低等,都可以通过

检验，及时采取措施加以解决。

总之，锅炉检验工作十分重要，加强锅炉检验工作，不但可以保证锅炉安全运行，而且还可以大量减少浪费，达到经济运行。

二、锅炉检验的范围

(一) 设计审查：这项工作应由劳动部门和锅炉主管部门进行。主要审查锅炉结构的合理性，按设计参数审查其强度、经济指标能否达到，制造工艺能否满足，运行操作中是否会发生故障；检修是否方便等等。

(二) 锅炉制造质量的检验：主要审查检验有关材料、制造工艺、各项质量指标、探伤记录、有关技术资料和产品合格证等。这种检验除了制造厂正常的自检外，劳动部门要组织定期检查，或委派锅炉检验所检查。

(三) 锅炉安装质量的检验：主要是检查新锅炉各部件的安装质量和锅炉改造后的安装质量是否符合规定，胀管和焊接质量是否合格，有无胀接和焊接记录，相互间的几何位置是否符合设计要求；锅筒内部装置及安全附件等是否安装齐全；炉墙砌筑是否合格等。此项检验主要由安装单位和建设单位共同检查和验收。在安装完毕投入运行前，劳动部门也参加总体安装质量检查。

(四) 运行锅炉的检验：即锅炉运行中或按计划停炉进行的内外部检验。分为定期和不定期两种，主要由使用单位自行检验，劳动部门进行监督检查。主要检查锅炉运行后本体内外部的各种缺陷和安全附件是否可靠。

(五) 锅炉修理质量的检验：对锅炉本体进行大修前，劳动部门要审查修理方案的合理性，其中包括工艺、强度、使用材料、验收条件等。修后检查其修理质量。

(六) 锅炉改造的审查：劳动部门要对改造方案及改造后能否符合蒸汽锅炉或热水锅炉安全技术监察规程的要求，进行审查和检验。

(七) 锅炉报废鉴定：国家规定，要报废更新的锅炉，必须由地、市劳动部门出示鉴定证明后方可更新。因此对要报废的锅炉，需从材质性能的降低到受压元件的损坏程度进行全面检验，以确定其是否报废。

第二章 锅炉的基本知识

第一节 水和水蒸气

一、水的特性

水在常温下是无色、无味、无臭、透明的液体；当水中含有杂质时即呈现色、味等现象，并改变了原来的物理性质。水由氢和氧两种元素组成，化学分子式为 H_2O 。它具有很强的溶解性，能溶解各种盐类和气体。水具有气体、液体和固体三态特性，在一定的条件下可以由水蒸气变为水，又可以由水变为冰。

水具有下列特性：

（一）水的体积在 $4^{\circ}C$ 时最小

水温在 $4^{\circ}C$ 时，水的密度最大。当水温高于或低于 $4^{\circ}C$ 时，其密度均减小，因而体积要膨胀。所以说水在温度为 $4^{\circ}C$ 时，体积最小。

（二）水的比热

所有物质中，几乎以水的比热为最大($1kcal/(kg \cdot ^{\circ}C)$)，所以水常被用来做冷却、吸热的介质。如热水采暖中用水作取暖介质。

（三）水的饱和温度与压力有关

在一定压力下，水的沸点是一个定值（如在标准大气压下，水的沸点温度为 $100^{\circ}C$ ），这个沸点温度，也叫做水的饱和温度。一定的饱和温度对应一定的压力，且饱和温度随压力的增高而相应提高。

（四）水具有液体的一般特性

在连通的容器内，水表面上的压力相等时，水面的高度也一样。锅炉水位计就是根据这个原理制成的。同时，当水局部受到压力作用时，它便能以相等大小的压力向各个方向传递。锅炉作水压试验，就是利用这个原理。水本身没有一定的形状，而是随着容器的变化而变化。

（五）液体热（显热）

当水被加热时，每增加一部分热量，水的温度便提高一些，即增加热量的多少，可以通过水的温度提高表现出来。这种热量称为液体热或显热。

二、水蒸气的性质

水蒸气有良好的膨胀、压缩和载热性能，因而在动力工程和工业部门的生产工艺过程中，水蒸气是最广泛应用的一种工质。

（一）汽化潜热

在一定的压力条件下，水已达到饱和温度（水在某一压力下的沸腾温度）时，如继续加热，水的温度不再升高，但热量仍在不断增加，这时水开始由液态向汽态逐渐转化，直到转化完毕（即汽化完毕），温度始终保持为饱和温度，这时所增加的这部分热量，称为汽化潜热。水的汽化潜热可由实验测定，也可从水蒸气性质参数表查得（见表 2—1）。

（二）过热蒸汽

当饱和蒸汽（具有饱和温度的蒸汽，也称湿蒸汽）通过过热器时，继续增加热量，不仅把所含水份完全变为蒸汽，同时，蒸汽温度也随着热量的增加而提高，这种蒸汽就叫“过热蒸汽”或称“干蒸汽”。

过热蒸汽具有较大的能量，且没有水份，工业上常用它来推动汽轮机发电或作为其它动力。但过热蒸汽与饱和蒸汽

比较, 由于过热蒸汽离液态(水)相对来讲较远, 当遇冷时不易凝结为液态, 汽化潜热不易放出, 热损失较大, 所以, 工业和采暖上使用饱和蒸汽的为多。

(三) 饱和蒸汽的含热量

饱和蒸汽的含热量等于液体热与汽化潜热之和。

饱和蒸汽的热力性质

表 2—1

工作压力 (表压) (kgf/cm ²)	饱和温度 (°C)	饱和蒸汽焓 (kcal/kg)	汽化潜热 (kcal/kg)	饱和水的比容 (m ³ /kg)	饱和蒸汽的比容 (m ³ /kg)
1	119.6	646.2	526.3	0.0010603	0.9012
2	132.9	650.6	517.1	0.0010728	0.6168
3	142.9	653.7	510.0	0.0010831	0.4708
4	151.1	656.0	503.9	0.0010920	0.3816
5	158.1	657.9	498.6	0.0011000	0.3213
6	164.2	659.5	493.8	0.0011072	0.2778
7	169.6	660.8	489.5	0.0011140	0.2448
8	174.5	661.9	485.4	0.0011203	0.2188
9	179.0	662.9	481.6	0.0011262	0.1979
10	183.2	663.7	478.1	0.0011319	0.1807
11	187.1	664.5	474.7	0.0011373	0.1663
12	190.7	665.1	471.5	0.0011425	0.1540
13	194.1	665.7	468.4	0.0011476	0.1434
14	197.4	666.2	465.5	0.0011524	0.1342
15	200.4	666.7	462.6	0.0011572	0.1260
16	203.4	667.1	459.9	0.0011618	0.1189