

工业锅炉 和压力容器安全 技术管理

天津市纺织工业局 编

纺织工业出版社

TK22
4.7

工业锅炉和压力容器 安全技术管理

天津市纺织工业局 编

纺织工业出版社

内 容 提 要

本书简要介绍了有关工业锅炉的基本知识,包括工业锅炉及其安全附件的结构、安装与使用要求等;着重叙述了工业锅炉和压力容器各种事故的发生原因和处理方法,工业锅炉和压力容器安全检查的内容和方法等。

本书可作为工业企业主管安全工作的领导和管理人员的培训教材,也可供锅炉技术人员和工人学习参考之用。

工业锅炉和压力容器安全技术管理

天津市纺织工业局 编

纺织工业出版社出版

(北京东长安街12号)

河北省供销合作联合社保定印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092毫米 1/32 印张: 5 8/32 字数: 117千字

1987年12月 第一版第一次印刷

印数: 1—15,000 定价: 1.25元

统一书号: 15041·1611

TSBN7-5064-0017-0/TS·0018)

编写说明

本书主要根据劳动人事部和原国家劳动总局颁发的《蒸汽锅炉安全技术监察规程》、《压力容器安全监察规程》和《锅炉压力容器安全监察条例》及其实施细则进行编写。书中简要介绍了热力学的基本知识、工业锅炉的基本结构与工作特点、锅炉的水处理和锅炉强度的计算，着重叙述了锅炉和压力容器的安全附件及仪表、主要的锅炉事故与其处理方法、锅炉压力容器事故的分析与处理等安全管理方面的知识。

本书可作为工业企业主管安全工作的领导和管理人员的培训教材，亦可供锅炉技术人员和工人学习参考之用。

本书由吴振琼工程师执笔编写，由天津市纺织工业局安全技术处组织审阅，最后由纺织工业部生产司陈克辉、金维挺审核。由于编写时间仓促，编者水平有限，书中定有不当之处，敬请读者指正。

目 录

第一章 锅炉的基本知识	(1)
第一节 物理名称和概念	(1)
一、温度	(1)
二、压力	(1)
三、热量	(2)
四、比热	(2)
五、热焓	(2)
六、比容和重度	(3)
七、热胀冷缩	(4)
第二节 传热过程	(5)
一、辐射	(5)
二、对流	(5)
三、传导	(6)
第三节 水和水蒸气的性质	(6)
第四节 锅炉水循环	(7)
一、水循环的原理	(7)
二、水循环的故障	(8)
第五节 燃料与燃烧	(10)
第六节 锅炉用的金属材料	(12)
一、锅炉对金属材料的特殊要求	(12)
二、锅炉用金属材料的化学成分对性能的影响	(13)
第二章 工业锅炉的种类与辅助设备	(15)
第一节 锅炉分类	(15)

第二节	工业锅炉型号的编制	(16)
第三节	锅炉的主要元件	(17)
第四节	立式锅炉	(18)
一、	立式大横水管锅炉	(19)
二、	LSG型立式直水管锅炉	(20)
三、	立式多横火管锅炉	(21)
第五节	HHH型双横锅筒水管 锅 炉	(22)
第六节	SZP和SZD型双锅筒纵置 式锅炉	(23)
第七节	FHL型分联箱横锅筒式锅炉	(25)
第八节	SHL型链条炉排锅炉	(27)
第九节	KZG型卧式快装锅炉	(29)
第十节	锅炉辅助受热面	(31)
一、	蒸汽过热器	(31)
二、	省煤器	(34)
三、	空气预热器	(37)
第三章	锅炉安全附件及仪表	(40)
第一节	压力表	(40)
第二节	水位表	(43)
第三节	安全阀	(46)
第四节	高低水位警报器	(50)
第五节	排污阀	(55)
第四章	锅炉事故及其处理	(62)
第一节	锅炉停炉	(62)
第二节	缺水事故	(64)
第三节	满水事故	(65)
第四节	汽水共腾	(67)

第五节	锅炉受热面管道损坏	(68)
第六节	省煤器管道损坏	(69)
第七节	过热器管道损坏	(71)
第八节	锅炉和蒸汽管道水冲击	(71)
第九节	锅炉水位表爆破	(73)
第十节	链条炉排卡住	(74)
第十一节	电源突然中断	(75)
第五章	锅炉水处理	(76)
第一节	天然水中的杂质及其危害	(76)
第二节	锅炉水垢及其消除	(77)
第三节	锅炉水处理的方法	(79)
第四节	锅炉给水除氧	(83)
第五节	低压锅炉水质指标和标准	(85)
第六章	锅炉受压元件的验算	(91)
第一节	锅壳式锅炉受压元件的验算	(91)
第二节	水管锅炉受压元件的验算	(94)
第七章	锅炉房的安全要求和使用锅炉的安全	
	规则	(97)
第一节	锅炉房的安全要求	(97)
第二节	使用锅炉的安全规则	(98)
第八章	锅炉检验	(101)
第一节	锅炉定期检验	(101)
第二节	锅炉水压试验	(102)
第九章	压力容器	(105)
第一节	压力容器的概念	(105)
第二节	压力容器的分类	(105)
第三节	压力容器的材料	(107)

第四节	压力容器的安全附件·····	(108)
一、	压力表·····	(109)
二、	液位计·····	(110)
三、	安全阀·····	(110)
四、	防爆装置·····	(115)
第五节	压力容器的事故·····	(118)
第六节	压力容器的验算·····	(119)
第七节	压力容器的检验·····	(121)
第八节	压力容器的安全管理·····	(127)
第九节	压力容器的安全使用·····	(130)
第十章	气瓶与空气压缩机的安全技术·····	(133)
第一节	气瓶·····	(133)
一、	气瓶的分类·····	(133)
二、	气瓶的构造·····	(134)
三、	气瓶的漆色和标记·····	(134)
四、	气瓶的安全使用·····	(136)
五、	气瓶的事故·····	(138)
第二节	空气压缩机·····	(139)
一、	空气压缩机的分类·····	(139)
二、	空气压缩机的构造·····	(140)
三、	空气压缩机的事故·····	(140)
四、	空气压缩机的紧急停车·····	(142)
第十一章	锅炉、压力容器事故的分析与 处理·····	(143)
第一节	事故报告·····	(143)
第二节	破坏性事故的应急处理·····	(144)
第三节	事故调查·····	(144)

第十二章	锅炉和压力容器的安全检查	(147)
第一节	安全检查的内容	(147)
第二节	安全检查的方法	(160)

第一章 锅炉的基本知识

第一节 物理名称和概念

在锅炉的安全管理工作中，经常要接触到一些物理名称和概念。准确地理解这些名称和概念，是做好这项工作所必需的常识。

一、温度

温度是用来表达物体冷热程度的。在热力工程中，温度的单位，有摄氏温度（ $t^{\circ}\text{C}$ ）和绝对温度（ TK ）。这两种温度有相同点，也有不同点。相同点，是温标中分度的方法相同，即在水的冰点和沸点之间分为100格，每格为1度。不同点，是摄氏温标把压力在760mmHg下水的冰点定为 0°C ，水的沸点定为 100°C ；而绝对温标把摄氏温度的 -273°C 定为绝对温度的 0K ，水的冰点为 273K ，水的沸点为 373K 。绝对温度与摄氏温度之间的关系可用下式表示：

$$T = t + 273$$

例如：水的摄氏温度为 50°C ，则绝对温度为 $50 + 273 = 323\text{K}$ ；水蒸气的温度为 150°C ，则绝对温度为 $150 + 273 = 423\text{K}$ 。

二、压力

通常所说的压力，就是物理学上的压强，指的是单位面积上垂直方向的作用力，用符号 p 来表示。在实际应用中，压力可分为表压力、绝对压力和真空度（或负压）。表压力

是指容器内部压力高于大气压力的部分，也就是从压力表上读出的数值；绝对压力是指作用在容器单位面积上的全部压力，比表压力高一个大气压力；真空度（或负压）是指容器内部压力低于大气压力的部分。压力的法定计量单位是 Pa（帕）。但过去常用的表压力和绝对压力的单位是 kgf/cm^2 （千克力每平方厘米）， $1\text{kgf}/\text{cm}^2 = 98.0665\text{kPa}$ ；真空度的单位是 mmHg（毫米汞柱）或 mmH_2O （毫米水柱）， $1\text{mmHg} = 133.322\text{Pa}$ ， $1\text{mmH}_2\text{O} = 9.80665\text{Pa}$ 。

三、热量

物体吸收或放出的热能的多少叫热量。物体含热量的多少，不仅与本身的温度有关，而且与本身的质量和性质有关。物体由冷变热则吸热，而由热变冷则放热。对于等量的同物质的物体，温度高时含热量多，温度低时含热量少。热量的法定计量单位是 J（焦），但过去常用的热量单位是 cal（卡）或 kcal（大卡）。 $1\text{kcal} = 1000\text{cal}$ ， $1\text{cal} = 4.1868\text{J}$ 。所谓 1kcal 热量，是指 1kg 的纯水在 98066.5Pa 压力（一个大气压）下，从 19.5°C 升至 20.5°C 所需要的热量。

四、比热

单位数量的物质，温度升高 1°C 所需要的热量，与等量的纯水，温度升高 1°C 所需要的热量的比，叫该物质的比热。比热的法定计量单位是 $\text{J}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$ ，但过去常用的单位是 $\text{kcal}/(\text{kg}\cdot^\circ\text{C})$ 和 $\text{cal}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C})$ 。

物质的比热与物质所处的温度条件有关，常用的物质比热数值见表 1-1。

五、热焓

在一般蒸汽动力工程中，热焓可简单地认为是工作介质（即工质）的热量，简称“焓”。在锅炉中，蒸汽或水的热

表1-1 常用物质的比热数值

物质名称	温 度 °C	比热数值	名 称	温 度 °C	比热数值
铝	16~100	0.2122	石棉		0.20
铁	18~100	0.1138	木炭		0.20
钢 (1.25%碳)	10~13	0.1225	玻璃	10~50	0.16~0.20
黄铜	20~100	0.0917	汽油	0~50	0.43~0.44
铅	18~100	0.0309	润滑油	200	0.58
耐火砖	100~1000	0.20~0.27	酒精	12~30	0.6
煤	20	0.31	水银	0~100	0.033

焓，就是蒸汽或水含的热量。蒸汽或水的吸热量，就等于蒸汽或水焓的增加。

六、比容和重度

单位重量的流体（例如气体或液体）所占有的体积叫做比容，即

$$U = \frac{V}{G}$$

式中：U——比容， m^3/kg ；

V——体积， m^3 ；

G——重量，kg。

单位体积的重量叫做重度（即密度），即

$$\gamma = \frac{G}{V} \text{ 或 } \gamma = \frac{1}{U}$$

式中 γ 为重度， kg/m^3 。

在液体中，由于水在标准状态的重度为1，因此液体与水的重度之比在数量上与液体的重度是相同的，即液体的比重和重度在数量上是相同的。但是，气体就不同，气体的比重是该气体与空气在标准状态下的重度之比，而空气在标准状态的重度为 $1.293\text{kg}/\text{m}^3$ ，因此气体的重度和比重不能混淆，它们在数值上是不相同的。

七、热胀冷缩

物体的体积是随温度的变化而变化的，一般来说，受热时体积增大，冷却时体积缩小，这就是所谓的热胀冷缩。

不同的物体，有不同的膨胀和冷缩的程度。例如，长度都是1m的钢棒和玻璃棒，当温度都由 20°C 升高至 120°C 时，钢棒伸长1.05mm，而玻璃棒只伸长0.3mm。这种物体受热在长度方面所发生的伸长变化，叫做物体的线膨胀。温度由 0°C 升高 1°C 时的伸长度与 0°C 时的长度之比，叫做线膨胀系数。

物体受热后的伸长变化可用下式计算：

$$L_2 = L_1 [1 + \alpha (t_2 - t_1)]$$

式中： L_1 ——物体在温度 t_1 时的长度，m；

L_2 ——物体在温度 t_2 时的长度，m；

t_1 ——物体在膨胀前的温度， $^\circ\text{C}$ ；

t_2 ——物体在膨胀后的温度， $^\circ\text{C}$ ；

α ——物体的线膨胀系数。

在锅炉设备中，物质受热膨胀的情况要复杂得多。锅炉上的受压部件，例如锅筒、炉胆、炉管等，是由钢材制成的，而炉墙是由保温材料砌成的。由于钢材的线膨胀系数比保温材料的大，而在运行时钢材的温度又比保温材料的高，

因此钢材的线膨胀要比保温材料的大得多。如果在安装锅炉时，不在炉墙与受压部件之间留出足够的空隙，就会使受压部件变形，导致锅炉渗漏、破坏，炉墙产生裂纹。此外，锅炉受热面和非受热面温度的不同，对受压部件的影响也不能忽视，否则也会使锅炉发生故障或事故。总之，在锅炉设备中，热胀冷缩的问题必须引起足够的重视。

第二节 传热过程

两个不同温度的物体，在接近或接触时，热能总是由温度高的物体向温度低的物体传递，这种热流动或热传播的现象，叫做传热。传热是一个复杂的过程，它与许多因素有关。一般传热有三种形式，即辐射、对流和传导。但是，这三种传热形式往往是同时发生的。例如，在锅炉受热面传热的过程中，首先是热能通过火焰和烟气，以辐射和对流的形式传给受热面；再以传导的形式，经过受热面传给炉水；最后炉水以对流的形式，进行热能的吸收。

一、辐射

辐射传热的特点，是在传热过程中热源不借助任何媒介，而直接向四周把热能放射给低温物体。锅炉炉膛内的火焰核心向受热面的传热，就是通过辐射形式进行的。火焰核心辐射的热量与火焰核心的温度有关，与火焰核心的绝对温度的四次方成正比。因此，炉膛内火焰核心的温度愈高，辐射传热的热量就愈多；因此，要提高锅炉效率，节约燃料，就必须保持锅炉炉膛内足够高的温度。

二、对流

依靠流体的流动来传播热能的过程，叫做对流传热。在

流体中，主要的传热形式是对流。引起流体流动的原因，是外力作用和流体内部温度的不一致。由于外力作用（例如风机和水泵等）所引起的流动，叫做强制对流；而由于流体内部温度不一致所引起的流动，叫做自由对流。

影响对流传热的因素主要如下：

（一）流体的导热系数。导热系数愈大，传热效果愈好。

（二）流体的速度。速度愈快，传热愈多。

（三）受热面的管径。管径愈细，传热愈强烈。

（四）烟气的流通方向。烟气横向冲刷，传热效果较好；纵向冲刷，传热效果较差。

（五）受热面管子的布置。横向冲刷错排布置，传热强烈；纵向冲刷顺向布置，传热较弱。

三、传导

在同一物体中，热能从高温部分传递给低温部分，而在这传递过程中物体本身各部分不发生相对位移，这叫做热的传导。

第三节 水和水蒸气的性质

一、水的性质

水是液体的一种，它具有液体的一般共性。对于锅炉用水来说，下述性质是重要的。

（一）水受到压力时，以相等的压力向各方面均匀传播。

（二）水的内部对各方面都有压力。在同一深度，各方向的压力都是相等的。深度增加，压力也增加。

(三) 在连通器内，水表面上的压力相等时，水面的高度一样。

二、水蒸气的性质

1. 在等压下对 0°C 的水加热时，水的温度逐渐上升。当温度达到饱和温度（即水沸腾时的温度）时，水开始沸腾汽化。从沸腾汽化直至水全部变成水蒸气，温度始终保持不变。

2. 一定的压力对应一定的饱和温度，压力变化时饱和温度也发生相应的变化，压力愈高，饱和温度也愈高。同样，饱和温度变化时，压力也会发生相应的变化。

3. 对饱和水蒸气加热，水蒸气温度会重新上升，其温度不受压力的限制。

第四节 锅炉水循环

锅炉在运行中，为了保证安全生产，必须用水不断地冷却受热面，冲刷受热面上产生的汽泡，使受热面的强度保持不变。这种在锅炉内部循环回路中，汽泡不断产生和冲刷，水不断流动冷却的过程，叫做水循环。

水循环分为自然循环和强迫循环两种。依靠锅炉本身各部分受热程度的不同，引起汽水重度不同而产生流动的，叫做自然循环。借助外界压力，迫使汽水在受热面中流动的，叫做强迫循环。

一、水循环的原理

自然循环的原理，如图1-1所示。上下锅筒1用管子2连接起来。在这些管子中，当左侧的管子受热时，管子内的水不断汽化，并变成汽水混合物，愈向上汽泡就愈多、愈

大，含汽量也不断增加；右侧管子内的水未受热，温度一般都低于饱和温度。结果，左右两侧管子内的汽水混合物和水由于重度不同而产生压力差，使左侧管子中的汽水混合物上升，而右侧管子中的水下降。这种流动会不断进行下去，这就叫做自然循环。

在自然循环中，水在其中下降的管子，叫做下降管；汽水混合物在其中上升的管子，叫做上升管。水进入上升管的速度，叫做循环速度。在锅炉中，循环速度是有一定要求的。实践表明，循环速度只要不小于 $0.2\sim 0.3\text{m/s}$ ，就能保证锅炉不会缺水而过热。要使进入上升管的水完全变成水蒸气，需要循环多次，其循环次数叫做循环倍率。循环倍率也就是进入上升管的水量与在上升管内同时产生的水蒸气量之比。在自然循环的锅炉中，循环倍率一般在 $5\sim 50$ 之间。

二、水循环的故障

锅炉在运行中，如果水的循环速度不小于 $0.2\sim 0.3\text{m/s}$ ，水循环一般是不会发生故障的。但是，由于影响水循环的因素很多，有时还是会发生故障的。常见的水循环故障，有停滞（即形成自由水面）、倒流和汽水分层等三种。

（一）停滞

锅炉在运行中，如有一组水冷壁，绝大多数的管子受热很强，某些管子因外表面结渣或者烟气偏流而受热很弱，那么受热很强的管子产生的汽水混合物多，产生的流动压力就大；而受热很弱的管子产生的汽水混合物少。产生的流动压力就小。由于受热很弱的管子产生的流动压力小，汽水混合物就不能上升到锅筒的高度，而在某一高度形成自由水面。这种现象叫做停滞，如图1-2所示。产生停滞后，自由水面上只充满缓慢流动的水蒸气，结果使处于自由水面上部的管