

锅炉压力容器 焊工读本

郭国良 杨启明 编



中国劳动出版社

(京)新登字 114 号

内 容 简 介

本书是为适应锅炉压力容器焊工考试取证培训, 提高焊工理论水平及操作技能而编写的。全书共12章, 系统地介绍了锅炉压力容器焊接方面的技术和技能, 以及焊接质量管理 and 安全防护等方面的知识。本书实用性强, 水平适度, 是锅炉压力容器焊工培训的较好教材, 亦可作为普通中专及技校焊接和机械专业辅助教科书。

本书除为焊工考核提供了应该学习和掌握的知识外, 还具有对日常焊接工作起指导作用的人员应掌握的内容, 可供锅炉压力容器安全监察及检验人员学习参考。

锅炉压力容器焊工读本

郭国良 杨恩明 编

责任编辑 张建英 任 平

中国劳动出版社出版

(北京市惠新东街1号)

北京怀柔东茶坞印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行

787×1092毫米 32开本 9.625印张 213千字

1993年9月北京第1版 1993年9月北京第1次印刷

印数: 5000册

ISBN 7-5045-1305-9/TG·120 定价: 7.40元

前 言

锅炉压力容器是广泛应用于国民经济及生产建设中的具有爆炸性危险的受压设备。焊接作为锅炉压力容器制造及维修的关键性技术,是保证锅炉压力容器制造质量的核心问题。为适应锅炉压力容器焊工培训的需要,提高焊工理论水平及操作技能,特编写本书。

本书根据《锅炉压力容器焊工考试规则》编写,全书共12章。针对锅炉压力容器焊工在考试取证及实际工作的需要,着重介绍了锅炉压力容器用钢及其焊接,焊接材料,焊接工艺及操作技术,焊接设备及其维护,接头组织性能和焊接检验及缺陷返修,焊接应力和变形,焊接识图及焊接安全技术等方面的技术和技能,其实用性强,水平适度,是锅炉压力容器焊工培训的较好教材,同时亦可作为普通中专及技校焊接及机械专业辅助教科书。

本书不仅为焊工基本知识的考核提供了应该学习和掌握的知识,而且对日常焊接工作有指导作用,对从事锅炉压力容器安全监察及检验人员亦有一定的参考学习价值。本书共约20万字,共60学时。

本书请张建、王林同志审稿,在编写过程还得到许多同志大力支持,参考了许多有关书籍,在此一并表示感谢。

编者

1992年8月于广州

目 录

第一章 锅炉压力容器基本知识.....	1
一、锅炉压力容器概述.....	1
二、锅炉压力容器受压元件焊接的一般要求.....	6
第二章 金属学的一般知识.....	8
一、金属材料的分类及编号.....	8
二、金属材料的性能.....	12
三、钢的热处理.....	16
四、锅炉压力容器用钢的分类及特点.....	20
第三章 焊接概论及锅炉压力容器焊工的 考试与取证.....	25
一、焊接的物理实质及其分类.....	25
二、常用的熔化焊接方法的特点及其 应用范围.....	27
三、锅炉压力容器焊工的考试与取证.....	27
第四章 焊接材料.....	31
一、焊条.....	31
二、焊丝.....	41
三、焊剂.....	42
四、保护气体.....	45
第五章 锅炉压力容器常用的焊接方法.....	48
一、手工电弧焊.....	50
二、埋弧自动焊.....	71

三、手工钨极氩弧焊	81
四、熔化极气体保护焊	87
五、其它焊接方法	94
第六章 锅炉压力容器用钢的焊接	110
一、金属材料的可焊性	110
二、焊接工艺评定	113
三、低碳钢的焊接	123
四、低合金钢焊接	136
五、低温钢的焊接	142
六、不锈钢焊接	144
七、铝与铝合金的焊接	150
八、钛与钛合金的焊接	152
九、异种钢的焊接	153
第七章 焊接接头的组织与性能	158
一、焊接接头	158
二、焊接接头的组织和性能	159
三、影响焊接接头性能的因素	172
第八章 焊接应力与变形	178
一、应力与变形的基本概念	178
二、焊接应力及变形产生的原因	179
三、焊接应力	179
四、焊接变形	183
第九章 焊缝检验与缺陷返修	191
一、焊接缺陷及其产生的原因、危害和防止措施	191
二、焊接质量检验	203
三、锅炉压力容器焊接接头常用检验方法及验收	

标准	205
四、缺陷返修	216
第十章 焊接图样的识别	218
一、焊接接头型式和焊缝型式	218
二、焊缝代号	225
三、焊缝的图样识别	233
第十一章 焊接施工过程与质量管理	236
一、焊接施工过程	236
二、焊接质量管理	240
第十二章 焊接安全与卫生防护技术	246
一、焊工安全基础知识	246
二、手工电弧焊安全技术	248
三、埋弧焊安全技术	249
四、钨极氩弧焊安全技术	253
五、熔化极气体保护电弧焊的安全技术	254
六、气焊安全技术	255
附录 I 国内常用焊接标准	258
一、基础标准	258
二、焊接材料	258
三、焊接性试验及焊接工艺评定	259
四、无损检验	259
五、取样及试验方法	260
附录 II 锅炉压力容器焊工考试规则	261
附录 III 《锅炉压力容器焊工考试规则》问答	290

第一章 锅炉压力容器 基本知识

一、锅炉压力容器概述

1. 锅炉压力容器的定义

锅炉是利用燃料燃烧释放热能或其它热源加热水或其它工质，以获得设计压力和温度下的蒸汽、热水或其它工质的热能转换装置。

压力容器一般泛指在化工或其它工业生产中用于完成反应、传质、传热、分离、贮运等生产工艺过程，并具有特定功能并承受一定压力的设备。从安全技术角度来看，我们说的压力容器，往往指的是同时具备下列条件的压力容器：

(1) 最高工作压力大于等于 0.1MPa （不含液体静压力）。

(2) 内直径（非圆形截面指断面最大尺寸）大于等于 0.15m ，且容积大于或等于 0.025m^3 。

(3) 升质为气体、液化气体或最高工作温度高于等于标准沸点的液体。

2. 锅炉压力容器的分类

(1) 锅炉的分类 锅炉的分类可按以下几个方面：

1) 按结构形式分类，有水管锅炉、锅壳式锅炉等。

2) 按出口介质分类，有蒸汽锅炉、热水锅炉和气水两

用锅炉。

3) 按装置形式分类, 有固定式锅炉和移动式锅炉等。

4) 按压力分类

低压锅炉 $P \leq 2.45 \text{MPa}$

中压锅炉 $P = 2.94 \sim 4.90 \text{MPa}$

高压锅炉 $P = 7.84 \sim 10.8 \text{MPa}$

超高压锅炉 $P = 11.8 \sim 14.7 \text{MPa}$

亚临界锅炉 $P = 15.7 \sim 19.6 \text{MPa}$

超临界锅炉 $P > 22.1 \text{MPa}$

5) 按容量分类, 有小型锅炉、中型锅炉、大型锅炉等。

6) 按用途分类, 有电站锅炉、工业锅炉和生活锅炉等。

7) 按燃烧方式分类, 有层燃炉(如手烧炉、链条炉排炉、往复炉排炉、双层炉排炉、振动炉排炉和抛煤机炉等)、室燃炉(如煤粉炉、燃油、燃气炉等)、沸腾炉三种。

8) 按燃料分类, 有燃煤锅炉、燃油锅炉、燃气锅炉、余热锅炉和原子能锅炉等。

9) 按循环方式分类, 有自然循环锅炉、强制循环锅炉等。

10) 按装配形式分类, 有快装锅炉、组装锅炉和散装锅炉。

锅炉与其它机电设备一样, 有一定的规格与型号, 以表明其性能, 并有利于锅炉产品的标准化和通用化, 以及辅助设备的配套。工业锅炉的规格与型号分别由国家标准局颁布的GB1921—88《工业蒸汽锅炉参数系列》和原机械工业部颁发的JB1626—83《工业锅炉产品型号编制方法》规定。

(2) 压力容器的分类 压力容器使用极其普遍，结构类型也较多，以不同的角度可得到压力容器的多种分类方法。常用的有下述几种。

1) 按压力容器的设计压力 (P) 分为低压、中压、高压、超高压四个压力等级：

低压容器 (L) $0.1\text{MPa} \leq P < 1.6\text{MPa}$

中压容器 (M) $1.6\text{MPa} \leq P < 10\text{MPa}$

高压容器 (H) $10\text{MPa} \leq P < 100\text{MPa}$

超高压容器 (U) $P \geq 100\text{MPa}$

2) 按压力容器在生产工艺过程中的作用原理，分为反应压力容器、换热压力容器、分离压力容器、储存压力容器。

3) 按安全技术监督和管理分为一、二、三类压力容器。

一类压力容器：低压容器 (二、三类规定的除外)。

二类压力容器：

①中压容器 (三类规定的除外)。

②易燃介质或毒性程度为中度危害介质的低压反应容器和储存容器。

③毒性程度为极度和高度危害介质的低压容器。

④低压管壳式余热锅炉。

⑤搪玻璃压力容器。

三类压力容器：

①毒性程度为极度和高度危害介质的中压容器和 $P \cdot V$ 值大于等于 $0.2\text{MPa} \cdot \text{m}^3$ 的低压容器。

②易燃或毒性程度为中度危害介质且 $P \cdot V$ 大于等于 $0.5\text{MPa} \cdot \text{m}^3$ 的中压反应容器和 $P \cdot V$ 大于等于 $10\text{MPa} \cdot \text{m}^3$ 的中压

储存容器。

③高压、中压管壳式余热锅炉。

④高压容器。

4) 按结构可分为单层、多层、绕带绕板及夹套四类。

5) 按壁厚可分为薄壁容器和厚壁容器两类。

6) 按制造方法可分为铸造容器、锻造容器和焊接容器三类。

7) 按使用方式可分为固定式压力容器和移动式压力容器。

8) 按用材可分为钢制容器、有色金属容器和非金属容器3种。

9) 按容器壁温分类, 有高温容器 ($t \geq 425^{\circ}\text{C}$)、常温容器 ($-20^{\circ}\text{C} < t < 425^{\circ}\text{C}$)、低温容器 ($t \leq -20^{\circ}\text{C}$)。

10) 按容器形状分类, 有球形容器、圆筒形容器、圆锥形容器、矩形容器和组合形容器。

11) 按承压方式可分为内压容器和外压容器。

其中我们最常用的压力容器分类法指的是上述第3种。

3. 锅炉压力容器的结构及参数

(1) 锅炉的结构和参数 锅炉一般由“锅”和“炉”两部分组成。“锅”是指盛水或汽的部分, 它的作用是吸收燃料放出的热量并传给水, 产生水蒸气; “炉”是指燃料和烟气流通的通道, 它的作用是使燃料与空气混合、燃烧, 释放出热量。

锅炉结构形式很多, 制造的难易程度差别也较大, 但它们主要是由以下几部分受压元件组成。

1) 水管锅炉一般有上、下锅筒(或称汽包), 上、下集箱(或称联箱), 下降管, 水冷壁管, 对流管束, 过热器, 省

煤器以及锅炉范围内管道、阀门等。

2) 锅壳式锅炉一般有锅壳, 封头, 下脚, 炉胆顶, 弯直水管, 烟管, 前、后管板, 冲天管, 以及锅炉范围内的管道、阀门等。

另外, 锅炉上一般还应装有安全附件, 主要是指安全阀、压力表、水位表、排污阀、测温仪表、保护装置等。特别是安全阀、水位表和压力表, 是保证锅炉安全运行的基本附件, 通常被人们称为锅炉三大附件。

表示锅炉工作特性的基本参数, 蒸汽锅炉有: 额定蒸发量、蒸汽压力、蒸汽温度; 热水锅炉有: 额定供热量、出水温度、回水温度。

(2) 压力容器的结构和参数 压力容器的主要部件是一个能承受压力的壳体及其它必要的联接件和密封件。

球形容器由于几何形状呈中心对称, 故受力均匀。在相同壁厚条件下, 承载能力最高。

圆筒形容器, 其几何形状属轴对称, 受力状态不如球形容器。但因外形没有突变, 应力较均匀, 比球形容器易于制造, 内件便于安排, 应用较广。

圆筒形容器主要由筒体、封头、法兰、密封元件、开孔与接管、支座等六个部分所组成。其中筒体与封头是最主要的承压部件。

锥形容器受力状态不好, 一般很少应用, 只作为收缩器或扩大器与圆筒壳体联在一起, 构成组合形容器, 如分离器等。

封头有球形、椭圆形、碟形、锥形和平盖形等几种形状。受力较好的为球形和椭圆形, 平盖形的受力状态最为恶劣。

压力容器的安全附件一般主要有安全阀(或爆破片等)、

压力表、温度计、液面计等。

表示压力容器的工作特性的最主要参数有：工作压力、工作温度和介质等。

4. 锅炉压力容器的主要特点

(1) 锅炉的主要特点

1) 锅炉运行必须是连续的。一旦发生故障，将造成停电、停产、设备损坏等事故，其损失将是严重的。

2) 锅炉在运行中受到高温、压力和腐蚀的影响，容易造成事故，有爆炸的危险。一旦发生爆炸，将摧毁设备，冲垮建筑物，造成人身伤亡，破坏力非常惊人。

3) 典型的焊接结构。

(2) 压力容器的主要特点

1) 工作条件苛刻，使用量多而广。

2) 有潜在的引火性、有毒性、爆炸性。一旦破坏会给人民生命财产带来不可估量的损失。

3) 典型的焊接结构。

二、锅炉压力容器受压元件焊接的一般要求

同焊接方法制造、安装、修理和改造锅炉压力容器主要受压元件前，施焊单位应制定焊接工艺指导书并进行焊接工艺评定，符合国家标准要求后应提出完整的焊接工艺评定报告，并根据该报告和图样的要求，制订焊接工艺规程。

焊接锅炉压力容器受压元件的焊工，应按《锅炉压力容器焊工考试规则》进行考试，取得焊工合格证，按照焊接工艺指导书或焊接工艺卡施焊，且只能在有效期内担任考试合格范围内的焊接工作。制造单位应建立焊工技术档案。

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。

除设计规定外，焊件装配时不得强力对正。焊件装备和定位焊的质量应符合工艺文件的要求后才允许焊接。

为了检验产品焊接接头的机械性能，应焊制产品检查试件，以便进行拉力、冷弯和必要的冲击韧性试验。

焊接接头的质量一般应按以下五个方面进行检查和试验：外观检查、无损探伤检查、机械性能检验、金相检验和断口检验及水压试验。

复习思考题

1. 什么是锅炉？其主要特点是什么？
2. 什么是压力容器？其主要特点是什么？
3. 按结构形式锅炉可分为几类？按出口介质又可分为几类？
4. 压力容器的一、二、三类是如何划分的？
5. 压力容器的设计压力等级是如何划分的？
6. 试分别举出水管锅炉和热水锅炉的主要受压元件。
7. 试比较各种形状压力容器的受力情况。
8. 反映锅炉和压力容器的工作特性的基本参数是什么？
9. 分别举出锅炉和压力容器的主要安全附件。
10. 试述锅炉和压力容器受压元件焊接的一般要求。

第二章 金属学的一般知识

一、金属材料的分类及编号

常用的金属材料有钢铁材料和有色金属材料两大类，而其中钢铁材料是最常见的、使用量最大的一类金属材料。

钢铁的主要成分是铁。由于纯铁的工业应用领域很窄，所以通常是在纯铁中加入碳元素，使铁的性能发生变化，以满足各种要求。这种把某一种元素加入另一金属中，均匀混合后形成的金属材料，就是我们通常所说的“合金”。钢铁材料就是铁和碳的合金。

根据含碳量的多少，我们把铁碳合金划分为钢和铸铁。含碳量在0.03%和2%（质量百分比）之间的称为碳钢，含碳量在2%~6%之间的称为铸铁。

普通的碳钢由于机械性能差、淬透性低、耐蚀耐热性不好，不足以满足生产的需要，所以广泛使用了合金钢。合金钢是在碳钢的基础上进一步加入其他合金元素制成的。

1. 钢的分类及编号

生产上使用的钢材品种很多，为了便于生产、选用及研究，有必要对钢加以分类及编号。钢的分类方法很多，常用的见图2-1。

我国的钢材编号采取国际化学元素符号和汉语拼音字母并用的原则，但其中的稀土元素，由于其所含的元素含量不多但种类却很多，不易全部用元素符号分析表示出来，因此

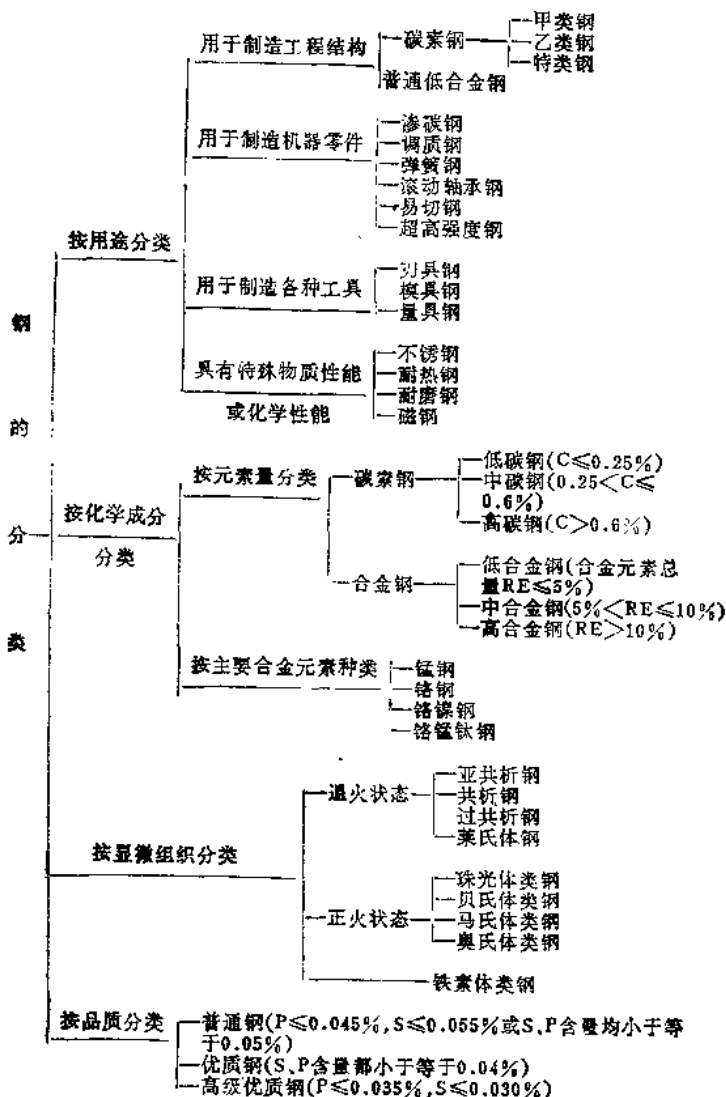


图 2-1 钢的分类

用“RE”表示其总含量。而产品名称、用途、冶炼和浇注方法等，采用汉语拼音的缩写字母来表示，见表2-1。

表 2-1 钢号中的汉语拼音缩写字母

名 称	牌号表示		名 称	牌号表示	
	汉字	符号		汉字	符号
甲类钢	甲	A	高级优质钢	高	A
乙类钢	乙	B	特级优质钢	特	B
特类钢	特	C	超级优质钢	超	C
平炉(钢)	平	P	锅炉钢	锅	g
碱性侧吹转炉(钢)	碱	J	压力容器用钢	容	R
顶吹转炉(钢)	顶	D	多层式高压容器用钢	高 层	gc
沸腾钢	沸	F	铸钢	铸	ZG
半镇静钢	半	b	低淬透性钢	低	d
焊条用钢	焊	H	高温合金	高温	GH

下面介绍我国的钢材编号。掌握了钢材编号的方法，就可以从一种钢号中大致了解这种钢的名称、用途、化学成分、冶炼方法等信息，有利于方便地选材和使用。

(1) 普通碳素结构钢 普通碳素结构钢按照供应时所保证的技术条件分为甲类钢、乙类钢和特类钢，分别用甲、乙、特或拼音字母A、B、C表示，其后附有数字0、1、2……7。数字愈大，含碳量愈高，强度指标愈高，但塑性、韧性指标愈低。

甲类钢是按机械性能供应的普通碳素钢，大家所熟知的有Q235-A钢等。乙类钢是按化学成分供应的普通碳素钢，如Q215-B钢含碳 $\leq 0.09\% \sim 0.15\%$ ，而Q275含碳 $\leq 0.28\% \sim 0.37\%$ 。特类钢是同时保证化学成分和机械性能的普通碳素钢，如Q215-B、Q275等。

为了表示钢的冶炼方法，一般在钢类及顺序号之间加入代表冶炼方法的字母。例如，三号碱性侧吹转炉甲类钢的钢号为“AJ3”或“甲碱3”，三号顶吹转炉乙类钢的钢号为“BD3”或“乙顶3”，但平炉钢则一律略去字母P（平），如Q235-A、Q235-B，分别表示三号平炉甲类钢、一号平炉乙类钢及三号平炉特类钢。

沸腾钢在钢号后加“F”，半镇静钢在钢号后加“b”，镇静钢则不加任何字母，如Q235-A·F、Q235-B·b等。

（2）优质碳素结构钢 钢号用两位数字来表示。这两位数字表示平均含碳量的万分之几，如45钢表示钢中平均含碳量为0.45%。08钢表示钢中平均含碳量为0.08%。优质碳素结构钢在供应时既保证化学成分又保证机械性能，而且钢中含有的有害元素及非金属夹杂物比普通碳素钢的少。

含锰量较高的钢，须将锰元素标出，如平均含碳量为0.50%、含锰量为0.70%~1.00%的钢，其钢号为“50Mn”。

沸腾钢、半镇静钢以及专门用途的优质碳素结构钢，应在钢号后特别标出，如“20g”即为平均含碳量为0.20%的锅炉钢。

（3）碳素工具钢 在钢号前加“T”以表示碳素工具钢，其后跟以表示含碳量的千分之几的数字。

（4）合金结构钢 钢号由三部分组成，即“数字+元素+数字”。前面的两位数字表示平均含碳量的万分之几，合金元素以汉字或化学元素符号表示，合金元素后面的数字，表示合金元素的含量，一般以百分之几表示，当平均含量 $<1.5\%$ 时，钢号中一般只标出元素符号而不标明含量，当平均含量 $\geq 1.5\%$ 、 $\geq 2.5\%$ 、 $\geq 3.5\%$ ……时，则在元素后面相应地标出2、3、4……。如为高级优质钢，则在钢号