

锅炉压力容器



焊工培训教程

张赤心 陈 专 主编



中国劳动出版社

073
43

锅炉压力容器焊工培训教程

主 主 编	编 审 者	张赤心	陈 专
		宋建华	
		(以姓氏笔划为序)	
		厉雷钧	司腊元
		张赤心	陈 专
		冷浚辉	胡盛耀
		戴志刚	

中国劳动出版社

1991·北京

057693

内 容 简 介

本书共十二章，介绍了锅炉和压力容器的基础知识、钢材及有色金属的基本知识、焊接材料、设备、工艺、焊接接头性能、焊接应力与变形、焊接识图、焊接检验与缺陷返修、焊接安全技术等基础理论与实践知识；并结合有关规程和标准，着重讲述了锅炉压力容器从原材料、加工组焊、成品检验到焊接修补等一系列环节所涉及的具体要求和操作技术。

本书主要是作为锅炉、压力容器焊工考试取证的培训教材，并可作为中等专科学校和技校焊接专业教材，亦可供从事锅炉、压力容器安全监察、质量管理、检验工作的人员学习之用，还可作为初、中级焊接技术人员的学习参考资料。

锅 炉 压 力 容 器 焊 工 培 训 教 程

张赤心 陈专 主编

责任编辑 任萍

中国劳动出版社出版

(北京市和平里中街12号)

江南印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行

787×1092毫米 16开本 22.125印张 520千字

1991年8月第1版 1991年8月第1次印刷

印数：5,000册

ISBN7-5045-0805-5/TK·025

定价：12.00

前 言

在现代工业和日常生活中,广泛使用的锅炉和压力容器,是具有爆炸危险的承压设备(有的还承装易燃、有毒、有害介质)。历年来,锅炉、压力容器的泄漏、爆炸事故屡见不鲜。这些事故,给国家财产和人民生命造成了巨大的损失。所以,国务院于一九八二年颁发了《锅炉压力容器安全监察暂行条例》,对锅炉和压力容器实行国家劳动安全监察。

锅炉、压力容器能否安全运行,首先取决于它的制造质量。而焊接质量,又是锅炉、压力容器制造质量的关键之所在。可以说,焊接质量的好坏,对锅炉、压力容器的安全运行,起着决定性的作用。所以,培养一支技术过硬的持证焊工队伍,是十分重要的。

为了配合锅炉、压力容器焊工的考试取证工作,提高锅炉、压力容器的制造质量,适应各地焊工培训工作的需要,我们根据《锅炉压力容器焊工考试规则》的规定,结合有关规程、标准及技术条件的要求,编写了这本《锅炉压力容器焊工培训教程》。在编写过程中,我们广泛搜集了有关资料;注意了锅炉压力容器焊接各知识领域之间的有机联系;力求密切结合焊接施工实践,深入浅出、图文相成、通俗易懂。本书以初中以上文化程度者为对象,系统地介绍了锅炉、压力容器及其用材的基本知识;详细列举了焊接材料、常见焊接设备、焊接工艺及其规范;讲述了焊接接头性能、焊接应力与变形、焊接识图常识;还较深入地从检验方法入手,分析了各种焊接缺陷的产生原因、危害性,并进而介绍了防止缺陷产生的措施及返修方法。该书既可作为锅炉、压力容器焊工的培训教材,也可作为中专和技校焊接专业教材,还可供焊接工程技术人员参考,亦可作为锅炉压力容器安全监察、检验、管理人员的学习资料。

本书由湖北省劳动厅锅炉压力容器安全监察处张赤心、陈专同志主编。其中第八、十一章由胡盛耀同志编写,第一、十二章由司腊元同志编写,第四、五章由陈专同志编写,第九章由冷浚辉同志编写,第六、七章由戴志刚同志编写,第十章和绪论由张赤心同志编写,第二、三章由厉雷钧同志编写。全书由湖北省劳动厅副厅长宋建华同志审稿。

在编写过程中,曾得到李玉芬、江红辉、张昆、卢雅萍等同志的帮助,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中遗漏及不当之处,亦在所难免,恳请广大读者及专家们给予批评指正,在此谨致衷心的感谢!

编 者

1991年5月于武汉

绪 论

在现代工业生产和日常生活中广泛使用的锅炉和压力容器,是具有爆炸危险的承压设备。有的压力容器还盛装着易燃、易爆、有毒、有害及腐蚀性介质,一旦发生泄漏或爆炸,将会给人民的生命和财产造成巨大损失。锅炉和压力容器产品质量的好坏,是至关重要的。而在锅炉、压力容器的制造、安装、维修、改造等环节中,有一道重要的工序——焊接。焊接质量是锅炉和压力容器产品质量的关键。所以,对锅炉、压力容器焊工,应当有特殊的要求。国务院颁发的《锅炉压力容器安全监察暂行条例》第五条中明确规定:“焊接工人必须经过考试,取得当地锅炉压力容器安全监察机构颁发的合格证,才准焊接受压元件。”随后,国家劳动部先后修订并颁发了《蒸汽锅炉安全技术监察规程》、《压力容器安全技术监察规程》、《气瓶安全监察规程》。在这些《规程》中,也明确规定:焊接锅炉受压元件、钢制压力容器和气瓶的焊工,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,才能在合格证有效期内担任合格范围内的焊接工作。因此,作为锅炉、压力容器的焊接工人,必须了解国家有关《条例》、《规程》中针对焊工的一系列规定,熟悉焊接基本理论知识,精通焊接操作技能。

一、锅炉压力容器焊工的考试与取证

1. 锅炉压力容器安全监察机构

为了确保锅炉、压力容器的安全运行,保障国家和人民的生命财产,根据国务院《锅炉压力容器安全监察暂行条例》的规定,我国设立了国家、省、地、县四级锅炉压力容器安全监察机构,专门负责锅炉和压力容器的安全监察工作。锅炉压力容器焊工的考试和发证工作,归口由锅炉压力容器安全监察机构进行监督和管理。四级锅炉压力容器安全监察机构分别是:在国家劳动部(原国家劳动总局、国家劳动人事部),设立了锅炉压力容器安全监察局(简称“锅炉局”),主管全国的锅炉、压力容器安全监察工作;各省、自治区、直辖市劳动厅(局),设锅炉压力容器安全监察处(简称“锅炉处”),主管该省(市、自治区)境内的锅炉、压力容器安全监察工作;在各地、省辖市、自治州劳动局(或劳动人事局),设立锅炉压力容器安全监察科(简称“锅炉科”),主管所辖区域内的锅炉、压力容器安全监察工作;各县或县级市劳动局(或劳动人事局),设有劳动安全监察股(或科),负责该县、市的锅炉压力容器安全监察工作。几个计划单列市的市级锅炉压力容器安全监察机构为锅炉压力容器安全监察处。各级锅炉压力容器安全监察机构受同级劳动部门的领导,业务上接受上级锅炉压力容器安全监察机构的指导。

2. 焊工考试委员会与发证机构

锅炉压力容器焊工的考试,由焊工考试委员会负责组织和实施。

有条件的企业和事业单位,可以组织焊工考试委员会。学会、协会等群团组织,不是企业、事业单位,也不是经济实体,目前暂不能组织焊工考试委员会。对焊工考试委员会必须具备的条件和人员组成,《锅炉压力容器焊工考试规则》第4条和第5条作了明确规定。

企、事业单位组织的焊工考试委员会,必须经所在地的地、市(省辖市)、州级劳动部门

锅炉压力容器安全监察机构审查批准,同时报省级劳动部门锅炉压力容器安全监察机构备案。直辖市范围内的焊工考试委员会,直接由市劳动部门锅炉压力容器安全监察机构审查批准。承担跨省、自治区、直辖市焊工考试工作的单位,其焊工考试委员会必须经该单位所在地的省级劳动部门锅炉压力容器安全监察机构审查批准。承担跨地区、省辖市、州焊工考试工作的单位,其焊工考试委员会也由省级劳动部门锅炉压力容器安全监察机构审查批准。

焊工考试委员会的职责是:审查焊工资格,制订考试计划,确定考试内容,评定考试成绩,发放焊工考试钢印,审查持证焊工的免试资格等。

申请考试取证的锅炉压力容器焊工,若本单位有焊工考试委员会,一般应在本单位的焊工考试委员会进行考试;若本单位无焊工考试委员会,可到就近有焊工考试委员会的单位进行考试,但须查明该单位的焊工考试委员会是否具备对外承担考试的资格,若该单位与报考焊工所在单位不属同一地区或省、市,则须查明该单位的焊工考试委员会是否经省级锅炉压力容器安全监察机构审查批准,是否具备跨省、市或跨地、市承担焊工考试工作的资格。

在本单位、本地区焊工考委会考试合格的焊工,由该考试委员会所在地的地、市、州级或省级劳动部门锅炉压力容器安全监察机构签发焊工合格证书;跨地区(省辖市、州)、跨省、市焊工考试委员会考试合格的焊工,由该考试委员会所在地的省级劳动部门锅炉压力容器安全监察机构签发焊工合格证书。

3. 焊工考试内容与方法

锅炉压力容器焊工的取证考试内容,包括两大部分:一是焊接基本理论知识;二是实际焊接操作技能。具体内容见第十二章第一节。考试的程序是:基本理论知识考试合格后,才能参加实际操作技能的考试。

4. 持证焊工应遵守的规定

为了保证锅炉、压力容器受压元件的焊接质量,国务院颁发的《锅炉压力容器安全监察暂行条例》以及劳动部门发布的相应的《实施细则》、《规程》、《规则》等文件,都对锅炉压力容器焊工作出了明确的强制性的规定。现归纳如下:

- (1) 只能担任考试合格范围内的焊接工作;
- (2) 应按焊接工艺指导书或焊接工艺卡施焊;
- (3) 必须在焊缝附近的指定部位(如压力容器主要受压元件焊缝附近 50mm 处)打上焊工代号钢印(低应力的钢印)。对不能打钢印的,可用简图记载,并列入产品质量证明书,提供给用户;
- (4) 不得自行到外单位焊接锅炉或压力容器的受压元件;
- (5) 焊工合格证的有效期为三年,如需继续承担合格证上所列项目的焊接工作,在有效期满之前须重新考试操作技能,必要时考试基本理论知识;
- (6) 因工作需要增加焊接项目时,须考增加项目的操作技能,一般可不考基本理论知识,但改变焊接方法时,应考基本理论知识;
- (7) 中断受压元件焊接工作六个月以上,重新担任焊接工作时,必须重新考试;
- (8) 被吊销焊工合格证者,一年内不准参加取证考试;
- (9) 有焊接档案可查,能证明同时满足下列条件的持证焊工,可免去重新考试:
 - 1) 连续中断该项焊接工作的时间不超过六个月;
 - 2) 该项焊缝的射线探伤,每年平均的一次合格率达到 90%;

3) 该项焊缝的超声波探伤, 每年平均的一次合格率达到 99%;

(超声波、射线探伤合格率的计算方法见《考规》第 36 条。)

4) 没有焊件报废、没有割掉焊缝重焊、没有在同一部位返修过两次。

二、焊接的概念和分类

1. 焊接的定义

在两个被焊物体 (通常是金属) 的连接处, 采用加热熔化或加压, 或加热加压两者并用的方法, 以造成两物体原子间或分子间的结合, 从而得到永久牢固的联结, 这一过程称为焊接。

2. 焊接的分类

根据不同的加热和加压方法、被焊物体的物理状态及焊接时的工艺特点, 焊接方法可以分为熔化焊、压力焊、钎焊和胶接四大类。

(1) 熔化焊 将焊件的接合处局部加热到熔化状态, 互相融合, 冷凝后彼此结合在一起, 这种方法称为熔化焊。如: 气焊、电弧焊、气体保护焊、等离子焊、电子束焊等。

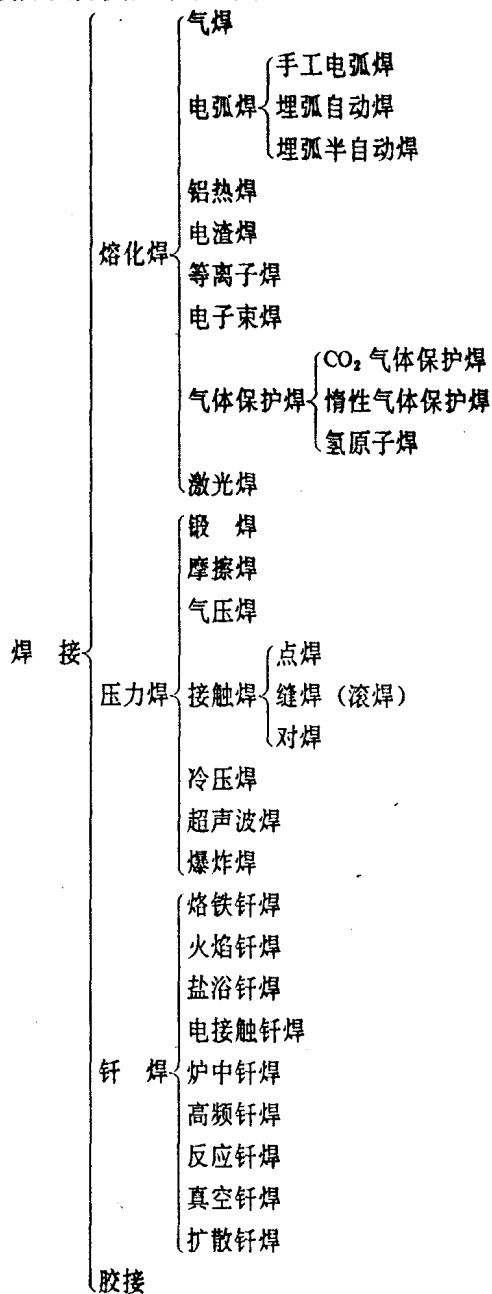
(2) 压力焊 这一类焊接方法的特点是, 在焊接时不仅对焊件接合处局部加热, 而且施加一定的压力, 使两个接合面紧密接触, 促进原子间产生结合作用, 以获得两个焊件间的牢固连接。如电阻焊、摩擦焊、爆炸焊、超声波焊、锻焊等。

(3) 钎焊 将比被焊物体熔点低的钎料和被焊物体一同加热, 使钎料熔化, 而被焊物体本身不熔化, 熔化的钎料流入被焊物体连接表面的空隙, 与固态被焊物体产生结合作用, 冷凝后彼此连接在一起。这种焊接方法称为钎焊。如: 铜焊、锡焊等。

(4) 胶接 用化学粘结剂实现金属与金属、金属与非金属、非金属与非金属构件间的牢固联接的方法, 称为胶接。

根据热源、设备、加压方法、焊剂、钎料、施焊方法、保护气体等的不同, 常用的

焊接方法分类如下表所示:



三、焊接结构的优、缺点

(一) 优点

与铸件、锻件和铆接结构相比, 焊接结构具有以下明显的优点:

1. 焊接结构重量轻, 节省金属材料。根据大量的工程统计资料证明, 焊接结构可比铆接结构节省金属 15~20%; 比铸铁件节省

金属 30~40%；比铸钢件节省金属 30%左右。

2. 焊接接头的强度，比铸件和铆接结构的强度高得多，而且接头的密封性能好，可以用来制造锅炉和压力容器，这是铆接结构无法比拟的。

3. 制造焊接结构的劳动量小，生产率高，加工和装配都比较方便、容易。

4. 焊接时噪声较小，劳动条件较好。

5. 焊接生产容易实现机械化和自动化。

(二) 缺点

1. 焊接容易引起残余变形和焊接内应力，所以必须十分讲究焊接工艺，对于某些材料和要求很高的承力构件，必须进行焊后热处理，以消除焊接内应力。

2. 焊接中的高温加热过程，会产生较强的热辐射和光辐射，还会产生有毒、有害气体和烟尘，因而必须采取相应的防尘、防毒和防光及热辐射的劳动保护措施，以保护焊接操作人员的身体健康。

四、焊接技术发展简况

近代焊接技术，是从 1882 年出现碳弧焊开始的。直到本世纪的 30 年代，在生产实际中还只是采用气焊和手工电弧焊等一些简单的焊接方法。由于焊接具有节省金属材料、生产率高、产品质量好和大大改善劳动条件等优点，所以，焊接技术在近半个多世纪的时间内得到了极为迅速的发展。40 年代初期出现了优质电焊条，使长期以来被人们所怀疑的焊接技术得到了一次飞跃。40 年代后期，由于埋弧焊和电阻焊的应用，使焊接过程的机械化和自动化成为现实。50 年代的电渣焊、超声波焊和各种气体保护焊，60 年代的等离子焊、电子束焊、激光焊等先进焊接方法的不断涌现，使焊接技术的发展达到了一个新的水平。近几年来，对能量束焊接、太阳能焊接、冷压焊等新的焊接方法也进行了大量的研究，尤其是在焊接工艺自动控制方面有了很大的发展，采用电子计算机控制焊接过程，可以获得较高的焊接质量和生产率。采用工业电视监视焊接过程，便于遥控，有助于实现焊接自动化，在焊接生产中采用了工业机器人，使焊接工艺自动化达到了一个更新的阶段。即使人无法到达的那些地方，也能够用机器人实现焊接过程，即安全又可靠，这在原子能工业中更有其远大的发展前景。

焊接技术的应用和发展，可以追溯到数千年以前。我们古老的中华民族，早在两千多年以前，就已经在生产中掌握了至今还在大量使用的铜、银、锡及其合金的钎焊方法。战国时期就有一些钎焊联结的金属制品。如河南辉县出土的玻璃阁墓中，殉葬铜件的本体、耳、足都是用钎焊联结制成的。另有历史文献记载，宋代科学家沈括所著的《梦溪笔谈》一书中，就提到了焊接方法。其后，明代科学家宋应星所著的《天工开物》一书中，对锻焊和钎焊也作了较详细的论述。如：“凡铁性逐节粘合，涂黄泥于接口之上，入火挥锤，泥渣成枵而去，取其神为媒合，胶结之后，非灼红斧斩，永不可断也。”证明当时已经懂得，在锻焊时使用熔剂，以获得高质量的焊接接头。又有资料记载道：“凡钎铁之法，……小钎用白铜末，大钎则竭力挥锤而强合之。”还有“用响铜末者为大焊，用锡者为小焊”的记载。这都说明当时我国已掌握了用铜钎接和锻焊来连接铁类金属的焊接技术。只是由于长期的封建统治、帝国主义的侵略和反动统治的腐朽，使我国工业长期处于停滞状态，劳动人民的伟大创造未能得到发展。解放前，我国的焊接技术水平很低，只有少量的手工电弧焊和气焊，用于修理工作。焊接材料和设备几乎全部依靠从国外进口。焊工队伍的人数也不多，更没有培养焊接技术人才的高等学校。

中华人民共和国成立以后，全国人民在中国共产党的领导下，取得了社会主义革命和社会主义建设的巨大成就，焊接技术也随之得到了迅速的发展。目前，焊接已作为一种常用的基本工艺方法，广泛地采用于船舶、车辆、航空、锅炉压力容器、电机、冶炼设备、石油化工机械、矿山机械、起重机械、建筑及国防工业等各个领域和部门，并成功地焊接了不少重大产品。如：一万二千吨水压机、二十二万五千千瓦水轮机、直径 16m 的大型球罐、三万五千吨远洋货轮、十一万五千吨油轮、一米七大型轧钢机、海洋石油钻井平台、原子反应堆、人造卫星等。各种焊接新工艺也不断在生产实践中得到应用，如：多丝埋弧自动焊、窄间隙气体保护全位置焊、水下二氧化碳气体保护半自动焊、全位置脉冲等离子弧焊、异种金属的摩擦焊、数字程序控制气割、带极埋弧自动焊等。还设计制造了成百种焊接设备，如：多功能晶体管电源、二万焦耳储能点焊机、汽车制造行业用的各种专用多点焊机、窄间距全位置等离子弧焊机、微束等离子弧焊机、150KV200mA 真空电子束焊机、120W 激光焊机、示教式弧焊机器人等。生产了近二百种焊条和多种焊丝、焊剂等焊接材料。为了培养焊接技术人才和发展焊接科学技术，我国先后在许多高等院校和中等专业技术学校设置了焊接专业，还建立了不少焊接研究所和电焊机研究所，为建立一支庞大的焊接技术队伍创造了有利条件。

虽然我国的焊接科学技术已经取得了很大的发展，但是和世界先进水平相比，仍然存在一定的差距，特别是在工艺水平和焊工队伍的素质方面差距较大。我们必须更加刻苦地学习，更加努力地工作，不断地攀登焊接科学技术的新高峰，为在本世纪内实现“四个现代化”的宏伟目标而艰苦奋斗。

目 录

绪 论	(1)
一、锅炉压力容器焊工的考试与取证	(1)
二、焊接的概念和分类	(3)
三、焊接结构的优、缺点	(3)
四、焊接技术发展简况	(4)
第一章 锅炉压力容器基本知识	(1)
第一节 锅炉压力容器概述	(1)
一、锅炉压力容器的定义	(1)
二、锅炉压力容器的用途	(1)
三、锅炉压力容器的特点	(1)
第二节 锅炉压力容器的结构	(2)
一、锅炉结构	(2)
二、压力容器结构	(9)
第三节 锅炉压力容器的分类	(20)
一、锅炉分类	(20)
二、压力容器分类	(20)
第四节 锅炉压力容器制造及安装要求	(22)
一、锅炉制造及安装的要求	(22)
二、压力容器制造及安装要求	(25)
第二章 金属材料的基本知识	(32)
第一节 金属材料的生产过程	(32)
一、矿石	(32)
二、炼铁	(32)
三、炼钢	(32)
第二节 金属材料的分类及编号	(34)
一、钢铁材料的分类及编号	(34)
二、有色金属及合金的分类及编号	(36)
第三节 金属材料的性能	(37)
一、金属材料的机械性能	(37)
二、金属材料的物理化学性能	(40)
三、金属材料的工艺性能	(41)
第四节 钢铁热处理常识	(41)
一、铁碳状态图	(41)
二、钢的热处理原理	(44)

第五节 锅炉与压力容器用钢	(47)
第三章 焊接材料	(51)
第一节 焊接材料的类型和牌号	(51)
一、焊接材料的类型	(51)
二、焊接材料的牌号	(55)
第二节 焊接材料冶金基础	(60)
一、焊接电弧	(60)
二、焊接材料的熔化及熔滴过渡	(61)
三、焊接材料的化学冶金基本知识	(62)
第三节 焊条	(65)
一、焊芯及焊条药皮的组成	(65)
二、酸性焊条和碱性焊条的冶金特点	(66)
第四节 焊丝、焊剂与保护气体	(68)
一、焊剂	(68)
二、焊丝与保护气体	(70)
第五节 焊接材料的选用原则和保管使用方法	(73)
一、焊接材料的选用原则	(73)
二、焊接材料的保管和使用	(74)
第四章 焊接设备	(75)
第一节 弧焊电源	(75)
一、对弧焊电源的基本要求	(75)
二、焊接电源的种类与型号	(76)
三、焊接电源的主要参数	(78)
四、焊接电源的选择与使用	(79)
第二节 手工电弧焊设备	(80)
一、手工电弧焊电源的选择	(80)
二、手工电弧焊变压器(交流焊机)	(80)
三、手工电弧焊发电机	(82)
四、手工电弧焊整流器	(83)
五、手工电弧焊设备的使用与维护	(85)
第三节 埋弧自动焊设备	(87)
一、埋弧自动焊机的主要结构	(87)
二、埋弧自动焊过程的自动调节	(88)
三、锅炉压力容器常用埋弧焊机	(89)
四、埋弧自动焊机常见故障及排除方法	(92)
第四节 钨极氩弧焊设备	(93)
一、钨极氩弧焊设备的主要结构	(93)
二、钨极氩弧焊电源	(94)
三、引弧器及稳弧器	(94)

四、供气供水系统	(94)
五、焊炬	(95)
六、焊接程序控制	(95)
七、NSA4—300 型手工钨极氩弧焊机工作原理及操作	(96)
八、手工钨极氩弧焊机常见故障及消除方法	(98)
第五节 熔化极气体保护焊设备	(99)
一、熔化极氩弧焊设备	(99)
二、二氧化碳熔化极气体保护焊设备	(102)
三、自保护焊设备	(104)
第五章 焊接方法及工艺	(105)
第一节 焊接方法的种类及特点	(105)
一、金属连接方法	(105)
二、不同焊接方法的特点	(106)
三、锅炉压力容器常用焊接方法	(114)
第二节 焊接热源	(114)
一、焊接热源的种类及特点	(114)
二、焊接电弧	(115)
三、气焊火焰	(117)
四、焊接热循环	(118)
第三节 锅炉压力容器常用焊接方法的原理及特点	(122)
一、手工电弧焊	(122)
二、埋弧自动焊	(122)
三、钨极氩弧焊	(124)
四、熔化极气体保护焊	(125)
五、气焊	(126)
第四节 锅炉压力容器常用焊接方法的工艺规范参数	(126)
一、手工电弧焊工艺规范参数	(126)
二、埋弧自动焊工艺规范参数	(128)
三、钨极氩弧焊工艺规范参数	(130)
四、熔化极气体保护焊工艺规范参数	(132)
五、气焊工艺规范参数	(134)
六、自保护焊工艺规范参数	(135)
第五节 焊接预热、后热及焊后热处理	(136)
一、焊前预热	(136)
二、后热	(136)
三、焊后热处理	(137)
第六节 焊接操作技术	(138)
一、手工电弧焊操作技术	(138)
二、埋弧自动焊操作技术	(142)

三、手工钨极氩弧焊操作技术·····	(147)
四、二氧化碳半自动焊操作技术·····	(147)
五、气焊操作技术·····	(149)
第六章 焊接接头性能·····	(151)
第一节 熔池结晶和焊缝一次结晶组织·····	(151)
一、熔池结晶的特殊性·····	(151)
二、焊缝金属一次结晶组织的特点·····	(152)
三、焊接规范对焊缝一次结晶组织的影响·····	(152)
四、焊缝一次结晶形态对接头性能的影响·····	(153)
五、一次结晶组织的改善·····	(153)
第二节 焊缝金属的二次结晶组织·····	(154)
一、低碳钢焊缝的二次组织·····	(154)
二、低合金钢焊缝的二次组织·····	(155)
三、二次结晶组织的改善·····	(157)
第三节 焊缝中的夹杂与气孔·····	(158)
一、焊缝中的夹杂·····	(158)
二、焊缝中气孔的危害性及类型·····	(159)
三、影响生成气孔的因素及防治措施·····	(161)
第四节 焊接热循环·····	(162)
一、焊接热循环·····	(162)
二、焊接温度场·····	(163)
三、焊接时的线能量·····	(164)
四、焊接热影响区的冷却速度和冷却时间·····	(164)
第五节 焊接热影响区组织和性能·····	(165)
一、焊接热影响区的组织分布·····	(165)
二、焊接热影响区的性能·····	(169)
第六节 焊接裂纹·····	(172)
一、热裂纹·····	(172)
二、冷裂纹·····	(174)
三、再热裂纹·····	(179)
第七章 焊接应力和焊接变形·····	(181)
第一节 焊接应力和焊接变形基础知识·····	(181)
一、变形与应力·····	(181)
二、焊接变形和焊接应力·····	(181)
第二节 焊接变形和应力的形成·····	(182)
第三节 焊接残余变形·····	(183)
一、焊接残余变形的分类·····	(183)
二、预防焊接残余变形的措施·····	(187)
三、矫正焊接变形的的方法·····	(190)

第四节	焊接残余应力	(192)
一、	焊接残余应力的分布	(192)
二、	减小焊接残余应力的措施	(194)
三、	焊后消除焊接残余应力的方法	(195)
第八章	焊接识图	(197)
第一节	焊接接头形式和焊缝形式	(197)
一、	焊接接头形式	(197)
二、	焊缝形式	(200)
第二节	焊缝在图样上的表示	(202)
一、	焊缝符号及焊接方法代号	(202)
二、	焊缝符号的标注及识读	(210)
第三节	焊接工作图	(212)
一、	概括了解	(213)
二、	分析视图	(214)
三、	分析零部件	(214)
四、	领会图样上提示的焊接技术要求	(214)
五、	需与阅读焊接工艺指导书或工艺规程相结合	(214)
第九章	锅炉压力容器用钢及有色金属的焊接	(215)
第一节	金属材料可焊性(焊接性)概念	(215)
一、	金属的焊接性(可焊性)含义及其试验目的	(215)
二、	可焊性(焊接性)直接试验法	(215)
三、	估算钢材焊接性(可焊性)的碳当量法	(218)
第二节	焊接工艺评定	(219)
一、	焊接工艺评定的目的	(219)
二、	焊接工艺评定的过程和要求	(219)
三、	焊接工艺评定规则	(220)
第三节	低碳钢的焊接	(222)
一、	低碳钢焊接特点	(222)
二、	低碳钢焊接	(222)
第四节	低合金钢焊接	(225)
一、	低合金钢焊接特点	(225)
二、	常用低合金钢焊接	(225)
三、	低合金珠光体耐热钢的焊接	(228)
第五节	低温钢的焊接	(229)
一、	概述	(229)
二、	焊接材料选择	(230)
三、	低温钢的焊接工艺	(230)
四、	低温容器焊接注意事项	(230)
第六节	不锈钢焊接	(231)

一、奥氏体不锈钢的焊接	(231)
二、铬不锈钢的焊接	(233)
第七节 异种钢焊接	(234)
一、概述	(234)
二、异种钢焊接特点	(234)
三、焊接材料和焊接工艺的选择	(235)
四、复合钢板的焊接	(235)
第八节 铝及铝合金焊接	(236)
一、铝与铝合金性能	(236)
二、铝与铝合金的焊接特点	(236)
三、铝及铝合金的常用焊接方法	(236)
第九节 钛及钛合金焊接	(238)
一、概述	(238)
二、钛及钛合金的焊接性	(238)
三、钛及钛合金的氩弧焊	(238)
四、焊接要点	(239)
第十节 铜及铜合金焊接	(240)
一、铜及铜合金分类	(240)
二、铜及铜合金的焊接特点	(240)
三、紫铜的焊接	(242)
四、黄铜的焊接	(243)
五、青铜的焊接	(243)
第十章 焊接质量检验与缺陷返修	(245)
第一节 焊接缺陷分析	(245)
一、焊接缺陷的种类	(245)
二、焊接缺陷的形态、特征、形成原因及防止措施	(245)
第二节 焊接质量检验	(258)
一、焊接质量检验方法分类	(259)
二、非破坏性检验	(259)
三、破坏性检验	(276)
第三节 焊接缺陷的控制与返修	(284)
一、返修补焊的必要性与可行性评估	(284)
二、返修补焊前的准备工作	(284)
三、返修补焊工作程序	(285)
四、返修补焊方法的选择	(285)
五、确定返修补焊工艺的原则	(285)
六、返修补焊工艺	(287)
七、返修补焊注意事项	(290)
八、常见焊接缺陷的预防措施和返修补焊方法	(291)

九、返修补焊工艺实例·····	(293)
第十一章 焊接安全技术 ·····	(299)
第一节 预防触电的安全知识·····	(299)
一、安全电压的概念·····	(299)
二、防止漏电·····	(299)
三、防止空载电压触电·····	(300)
四、操作安全事项·····	(302)
第二节 有害因素的防护·····	(302)
一、焊接过程中的有害因素·····	(302)
二、防护措施·····	(305)
第三节 防火防爆的安全措施·····	(307)
一、火灾的有关知识·····	(307)
二、生产现场动火的安全措施·····	(311)
三、气瓶·····	(312)
第四节 气焊、气割的安全知识·····	(316)
一、气体·····	(316)
二、设备及工具·····	(320)
三、回火·····	(324)
第十二章 持证焊工的管理 ·····	(326)
第一节 焊工资格的管理·····	(326)
一、报考人员资格·····	(326)
二、考试内容及合格标准·····	(326)
第二节 焊工档案管理·····	(327)
一、建立产品施焊记录卡·····	(327)
二、利用 x 射线底片结果进行技能管理·····	(327)
三、建立焊工技术档案·····	(327)

第一章 锅炉压力容器基本知识

第一节 锅炉压力容器概述

一、锅炉压力容器的定义

压力容器，顾名思义是指所有承受流体介质压力的密闭容器，如各种气瓶、贮罐、反应釜、合成塔等。但是习惯上（人为的规定）它常常不包括盛装着有压力的液体和工作压力小于 0.1MPa 的气体的容器，这主要是从安全技术的角度来考虑的。

锅炉也是一种压力容器，它是利用燃料燃烧释放的热能或其他热源加热给水或其他介质，以获得规定参数（压力、温度）和品质的蒸汽、热水或其他介质的直接受辐射加热的热力设备。生产蒸汽的叫蒸汽锅炉，生产热水的叫热水锅炉。

二、锅炉压力容器的用途

锅炉主要是用来为工业生产和人民生活提供动力和热能。例如火力发电厂，就是利用锅炉产生的蒸汽推动汽轮机转子旋转，将热能转变为机械能，汽轮机再带动发电机发电，使机械能转变为电能。在工业生产中，如炼油、纺织、印染、医药、化工、酿造等行业，都要利用蒸汽锅炉来获得热能或动力。化工、化肥等行业还有把蒸汽作为生产工艺过程中的原料气的。在日常生活中，人们用蒸汽取暖、消毒、洗澡、加工食品等。由此可见，锅炉设备在国民经济中占有重要的地位。

压力容器亦是工业生产和生活中的常用设备，这是近代工业发展和生产过程中不可缺少的一种特殊设备。它广泛地应用于石油化工、外层空间、海洋科学、能源系统等诸方面。尤其是在石油化学工业中，几乎每一个工艺过程都使用压力容器，而且往往是整个装置生产的核心，如氨、甲醇、尿素的合成塔、重油加氢脱硫塔、加氢裂化器、气体的深冷分离器等。它在科学研究的许多领域中起着极其重要的作用。在人民生活方面也得到了广泛的应用，例如城市煤气、液化气瓶、液化气体贮罐及槽罐车等都是压力容器，在食品工业的制冷装置中蒸发器、冷凝器、液体冷冻剂贮罐等都是压力容器，还有医疗、卫生、地质勘探、文教体育等国民经济各领域也大量使用各种压力容器。由此可见，压力的应用范围是极为普遍的。

三、锅炉压力容器的特点

锅炉压力容器都是在承受一定压力和温度的条件下运行，它们的工作条件比一般机械设备恶劣得多。同时它们都具有爆炸危险性。

锅炉是直接受火焰或其他热辐射将水变为蒸汽的热力设备。锅炉受热面内外广泛接触烟、火、灰、水、汽等物质，这些物质在一定的条件下将对锅炉元件起腐蚀作用；同时，由于各受压元件承受不同的内外压力不同的工作温度，从而产生相应的应力和附加应力。随着负荷和燃烧的变化，应力也发生变化，这就容易使一部分承受集中应力的受压元件发生疲劳破坏。依靠锅炉内流动的水汽来冷却的受热面因缺水、结水垢或水循环破坏使传热发生障碍，都可能使高温区的受热面烧损、鼓包、开裂；另外，飞灰造成磨损，渗漏引起腐蚀等都会使锅