

HANJIE ZHILIANG
KONGZHI YU JIANYAN

焊接质量

控制与检验

第二版

李亚江 刘强 王娟 编著



化学工业出版社

焊接质量

控制与检验

第三版

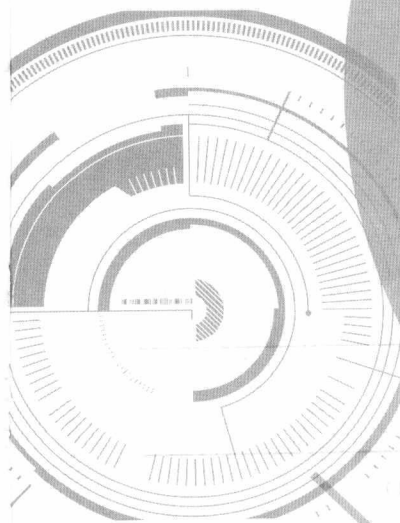
王竹溪 主编

机械工业出版社

HANJIE ZHILIANG
KONGZHI YU JIANYAN

焊接质量 控制与检验

第二版



焊接质量 控制与检验



化学工业出版社
· 北京 ·

元 00.00 售 定

图书在版编目 (CIP) 数据

焊接质量控制与检验/李亚江, 刘强, 王娟编著. —2
版. —北京: 化学工业出版社, 2009. 11
ISBN 978-7-122-06723-4

I. 焊… II. ①李…②刘…③王… III. ①焊接-质量
控制②焊接-质量检验 IV. TG441. 7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 174169 号

责任编辑: 周 红
责任校对: 周梦华

文字编辑: 陈 喆
装帧设计: 杨 北

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 刷: 北京市振南印刷有限责任公司
装 订: 三河市宇新装订厂
787mm×1092mm 1/16 印张 15 字数 371 千字 2010 年 1 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 39.00 元

版权所有 违者必究

前 言

焊接质量控制在生产中是一个很重要的方面，特别是锅炉及压力容器、电力管道、石油化工管线、化工容器、船舶制造等，为保证设备正常运行涉及社会和企业的安全，对焊接人员和管理者提出了更高的要求。例如，锅炉及压力容器的焊接质量直接影响其使用安全，一旦发生质量事故，不但给国家财产造成极大损失，还可能造成人身伤亡事故，因此对锅炉及压力容器的焊接质量应严格控制与管理。

目前实用的将焊接技术与质量管理结合在一起的属于“焊接技术管理”的书籍很少。而社会发展迫切需要阐述简明、深入浅出的焊接质量保证、检验与管理方面的综合性技术书籍。特别是产品安全在焊接生产中越来越受到重视，众多生产厂家需要熟练掌握技术和管理复合型人才，科学管理的市场需求潜力很大。近年来，焊接结构不断向大型化、重型化和高参数方向发展，对焊接质量提出了越来越严格的要求，并以设计规范、制造法规或规程等形式，对生产企业的焊接质量控制和质量管理的全面而科学的强制性规定。没有众多掌握专业技术和管理的技术人员和管理者，许多重要的焊接结构是无法制造的。

本书针对性和实用性强，注重实践和综合性技术管理的阐述，能帮助读者提高焊接技术和管理技能，了解质量管理、焊接质量体系的建立和运行、焊接工艺规程、焊接工艺评定以及焊接资质与认证等。本书为第二版，除了突出原书概念简明和实用性的特点外，还更新和补充了新的内容，使之更加规范和适于实际应用。

本书由李亚江、刘强、王娟编著。参加本书撰写的其他人员还有：张永喜、马海军、刘鹏、夏春智、刘如伟、张永兰、沈孝芹、蒋庆磊、黄万群、张蕾、吴娜等。

由于时间仓促，书中内容难免存在不足之处，恳请广大读者批评指正。

编著者

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 质量管理的基本概念	1
1.1.1 质量管理的定义和控制环节	1
1.1.2 质量体系的基本准则	4
1.1.3 质量管理与焊接检验的关系	5
1.2 焊接容器的基本概念	6
1.2.1 焊接容器的分类和工作条件	6
1.2.2 焊接容器的组成及结构形式	8
1.2.3 焊接压力容器用钢	9
第 2 章 焊接结构制造及质量评定	12
2.1 焊接结构制造工艺步骤	12
2.1.1 焊前准备	12
2.1.2 装配、预热与焊接	16
2.1.3 焊后热处理及焊件检验	23
2.2 焊接质量评定	25
2.2.1 焊接质量评定标准	25
2.2.2 影响焊接质量的技术因素	26
2.3 焊接质量保证和工艺评定	28
2.3.1 焊接质量保证	28
2.3.2 PQR 与 WPS 的重要作用	31
第 3 章 焊接缺陷	33
3.1 焊接缺陷的分类及特征	33
3.1.1 焊接裂纹	33
3.1.2 孔穴和固体夹杂	38
3.1.3 未熔合和未焊透	40
3.1.4 形状和尺寸不良及其他缺陷	41
3.2 焊接缺陷评级和对产品质量的影响	44
3.2.1 焊接缺陷的评级	44
3.2.2 焊接缺陷的危害	45
3.2.3 焊接缺陷的产生原因及防止措施	47
第 4 章 焊接质量控制	52
4.1 质量体系的建立和运行	52

4.1.1	焊接质量控制的概念	52
4.1.2	质量体系的建立和文件编制	53
4.1.3	焊接质量体系的控制要素	57
4.1.4	焊接质量体系的运行	61
4.2	焊接质量控制的实施	63
4.2.1	结构设计控制	63
4.2.2	母材和焊接材料的质量控制	68
4.2.3	焊接方法和工艺的质量控制	73
4.2.4	通过质量管理保证焊接质量	76
第5章	焊接质量管理与工艺规程	80
5.1	焊接质量管理	80
5.1.1	焊接质量管理的含义	80
5.1.2	焊接质量管理的主要环节	81
5.2	焊接工艺规程	85
5.2.1	焊接工艺规程的概念	85
5.2.2	焊接工艺流程和工艺要素	86
5.2.3	焊接工艺规程的内容	88
5.2.4	焊接工艺规程的编制及有效性	89
5.2.5	不同焊接方法的工艺规程	91
第6章	焊接工艺评定	105
6.1	焊接工艺评定的目的和影响因素	105
6.1.1	焊接工艺评定的目的	105
6.1.2	焊接工艺评定的特点	106
6.1.3	重要因素、补加因素和次要因素	107
6.2	焊接工艺评定规则、程序及内容	109
6.2.1	焊接工艺评定规则	109
6.2.2	焊接工艺评定的一般程序	112
6.2.3	焊接工艺指导书的编制	117
6.3	焊接工艺评定内容及注意事项	118
6.3.1	焊接工艺评定的内容	118
6.3.2	工艺评定试件检验项目	123
6.3.3	压力容器焊接工艺评定试样制备	127
6.3.4	焊接工艺评定应注意的问题	130
6.3.5	焊接工艺评定报告的管理	131
第7章	焊接质量检验	135
7.1	焊接质量检验的内容	135
7.1.1	焊缝外观形状尺寸检验	135
7.1.2	焊缝内在缺陷的检验	137

7.1.3 焊接成品的密封性检验	138
7.2 焊接检验方法及操作步骤	139
7.2.1 焊接接头的无损检验	139
7.2.2 焊接接头力学性能试验	151
7.2.3 焊接接头金相检验	156

第8章 焊接结构的失效分析 161

8.1 失效分析的思路与方法	161
8.1.1 失效分析的方法、步骤与内容	161
8.1.2 失效分析的实验技术	164
8.1.3 焊接区的失效源	166
8.2 焊接结构的失效类型及特征	168
8.2.1 脆性失效的特点及断口特征分析	168
8.2.2 塑性失效的特点及断口特征	170
8.2.3 疲劳失效的特点及断口特征	171
8.2.4 应力腐蚀失效的特点及断裂分析	171
8.2.5 其他类型失效的特征	172
8.3 焊接失效分析实例	172
8.3.1 水泥回转窑筒体开裂事故分析（脆性断裂失效）	172
8.3.2 公路钢桥破坏事故分析（疲劳断裂失效）	176
8.3.3 高温再热器异种钢焊接接头失效分析（由焊接缺欠引起的失效）	177
8.3.4 厚壁压力容器事故分析（焊接工艺不当造成的失效）	178
8.3.5 环境加速焊接结构失效的例子	180

第9章 焊接材料和设备的管理 181

9.1 焊接材料的使用与管理	181
9.1.1 焊条的使用与管理	181
9.1.2 焊丝的使用与管理	185
9.1.3 焊剂的使用与管理	186
9.1.4 钎焊材料的使用与管理	187
9.2 焊接设备的管理与维护	188
9.2.1 焊接设备的选用与管理	188
9.2.2 焊接设备的维护	191
9.3 焊接用气瓶的使用与管理	193
9.3.1 常用气瓶的使用及管理	193
9.3.2 氧气瓶和 CO ₂ 气瓶的使用及管理	194
9.3.3 乙炔的使用及管理	196

第10章 焊接培训与资格认证 198

10.1 焊接培训	198
10.1.1 焊接培训的组织与实施	198

10.1.2	焊接培训的内容	200
10.1.3	焊接操作技能培训	201
10.2	焊工资格认证的要求	212
10.2.1	焊工资格考试的组织与监督	212
10.2.2	初级焊工职业技能要求	215
10.2.3	中级焊工职业技能要求	216
10.2.4	高级焊工职业技能要求	218
10.2.5	焊接技师培训与考核	220
10.3	焊工操作考试与检验	220
10.3.1	焊工资格考试的内容	220
10.3.2	检验方法	227
10.3.3	合格条件	229
10.3.4	复试与证书	229
参考文献		231

第 1 章 概 述

随着焊接结构不断向高参数、大型化、重型化方向发展，对焊接质量提出了越来越高的要求。在许多重要的焊接结构中，如锅炉、压力容器、高压管道、船舶、桥梁和高层建筑等，焊接质量不合格和接头强度、韧性不足会导致整个焊接结构的提前失效，甚至导致灾难性的后果。为了确保焊接产品质量，许多企业正在按 ISO 9000~9004 和 GB/T 10300 质量管理与质量保证标准建立或完善质量保证体系，以加强制造过程的质量控制。

1.1 质量管理的基本概念

1.1.1 质量管理的定义和控制环节

焊接质量管理是指从事焊接生产或工程施工的企业通过开展质量活动发挥企业的质量职能，有效地控制焊接结构质量的全过程。这里的质量即产品满足用户“使用要求”的适用性。大多数焊接产品应具有的是符合性质量，即产品全部质量特性的考核指标必须满足相应的标准、规范、合同或第三方的有关规定。强化焊接质量管理不仅有助于产品质量的提高，达到向用户提供满足使用要求的焊接产品的目的，而且可以推动企业的技术进步，增强产品的竞争力。

锅炉和压力容器已广泛应用于电力、石油、化工行业中，其运行条件比较严格，尤其是储存易燃、易爆、有毒介质的压力容器，制造质量与国家和人民生命财产安全密切相关，稍有问题就会带来安全隐患。为此，国家质量技术监督部门制定了严格的质量措施和一系列的监察规程。其中焊接质量控制是最重要的环节之一。

(1) 质量管理的几个基本定义

1) 质量 (quality)

质量的定义为：产品或服务满足规定或潜在需要的特征和特性的总和。这一关于质量的定义实际上由两个层次的含义构成：第一层次所讲的“需要”，实质上是指产品（或服务）必须满足用户需要，也即产品的适用性。“需要”可以包括可用性、安全性、可靠性、可维修性、经济性和环境适应性等几个方面；第二层次是指在第一层次成立的前提下，质量是产品（或服务）的特征和特性的总和，也即产品的符合性。由于“需要”一般可转化为有指标的特征和特性，因此产品（或服务）全部符合相应的特征和特性指标的要求就是质量。

2) 质量管理 (quality management)

质量管理的定义为：对确定和达到质量要求所必需的职能和活动的管理。质量管理是企业的重要组成部分。质量管理工作的职能是负责制订企业的质量方针、质量目标、质量计划，并组织实施。为了实施质量管理，就要建立完善的质量体系，对影响产品质量的各种因素和活动进行有效的控制。焊接结构产品也不例外，特别是重要的焊接结构，如锅炉、船舶、压力容器等。

3) 质量保证 (quality assurance)

质量保证的定义为：为使人们确信某一产品、过程或服务能满足规定的质量要求所必需的有计划、有系统的全部活动。质量保证的核心内涵是“使人们确信”某一产品（或服务）能满足规定的质量要求。使需方对供方能否提供符合要求的产品（或服务）和是否提供了符合要求的产品（或服务）掌握充分的证据，建立足够的信心。同时，也使本企业领导者对能否提供满足质量要求的产品（或服务）有相当的把握而放心地组织生产。

质量保证又可分为内部质量保证和外部质量保证两大类。内部质量保证是为使企业领导者“确信”本企业的产品质量能否和是否满足规定的质量要求所进行的活动。这是企业内部的一种管理手段，目的是使企业领导者对本企业产品的质量做到充分的心中有数。外部质量保证是为了使需方“确信”供方的产品质量能否和是否满足规定的质量要求所进行的活动。如供方向需方提供其质量体系和满足合同要求的各种证据，包括质量保证手册、质量记录和质量计划等。

4) 质量体系 (quality system)

质量体系的定义为：为保证产品、过程或服务满足规定的或潜在的要求，由组织机构、职责、程序、活动、能力和资源等构成的有机整体。由该定义可知，质量体系包括一套专门的组织机构，具体化了保证产品质量的人力和物力，明确了各有关部门和人员应有的职责和权力，规定了完成任务所必需的各项程序和活动。有必要指出，过去曾出现过的质量管理体系、质量保证体系等用语，现在均应标准化为质量体系。

5) 质量控制 (quality control)

质量控制的定义为：为保证某一产品、过程或服务满足规定的质量要求所采取的作业技术的活动。产品质量有个产生、形成和实现的过程，这个过程就是如图 1.1 所示的质量环。质量环上每一个环节的作业技术和活动必须在受控状态下进行，才能生产出满足规定质量要求的产品，这就是质量控制的内涵。

(2) 焊接质量管理的控制环节

焊接质量管理的控制系统大致可分为以下几个控制环节。

1) 焊接材料质量控制

锅炉、压力容器所用的焊接材料必须由生产厂家出具有效的质量保证书及清晰、牢固的标志。焊接材料的熔敷金属化学成分及外形尺寸必须符合相应的国家标准，如有疑问，必须重新检验，直至确认合格方可验收入库。焊材库管理人员须按照 JB 3223《焊条质量管理规程》的规定保管焊接材料，按照焊接工艺规程规定的焊接材料管理制度进行验收、入库、保管及发放。

2) 焊接工艺评定试验

焊接工艺评定试验是对焊接工艺评定任务书中设计的各项工艺参数和工艺措施的验证性试验，必须由本单位焊工使用本单位设备，按照相关标准的规定完成。评定合格的焊接工艺才能应用于锅炉和压力容器的焊接生产。不得借用其他单位的焊接工艺评定。

焊接工艺评定试验合格与否，一般通过被评定的焊接接头的各项理化性能试验结果来判

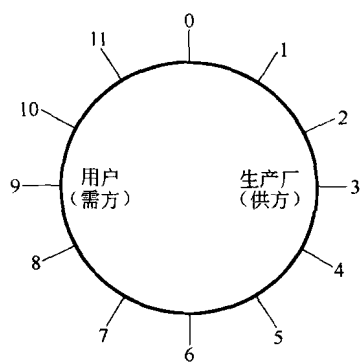


图 1.1 质量环示意图

- 1—市场调研；2—设计、规范的编制和产品研制；3—采购；4—工艺准备；
5—生产制造；6—检验和试验；
7—包装和储存；8—销售和发运；
9—安全和运行；10—技术服务和维修；11—用后处理

断。在进行焊接工艺评定试验时,焊接责任工程师和各控制点负责人,都要对评定试验全过程的工作质量进行控制,确保所有的技术指标都符合评定任务书的要求。当评定试验结论不合格时,应分析原因,重新制定工艺参数和工艺措施,再次进行工艺评定,直至合格。焊接工艺评定试验所能适用的范围必须在标准规定的范围之内,一旦超出规定范围,必须按标准重新进行评定。

3) 焊工资格考试

焊工技能水平是保证锅炉和压力容器焊接质量的关键因素之一。为了确保焊缝质量,国家劳动部门和质量监察部门规定每一个从事锅炉、压力容器生产和安装的焊工都必须接受理论知识及操作技能培训及考试,成绩合格者才能从事规定项目内的焊接工作。各单位应结合本单位生产及焊工本身的实际情况,合理地安排焊工参加培训和考试项目。国家规定锅炉、压力容器焊工资格认证的有效期为3年,各单位应提前申请锅炉、压力容器焊工考试委员会安排考试。

4) 焊接工艺制定及组织实施

在焊接工艺评定合格的基础上,依据产品设计图纸、技术规格说明书、相关规程的要求,制定合理的施焊工艺。对某个具体产品,焊接技术人员要根据其结构特点制定具体的焊接工艺。在制定焊接工艺前,首先要确定有无相应的或能覆盖的焊接工艺评定(若没有,必须立即着手进行此项工作),确定由持有何种焊接资格项目的合格焊工施焊。焊接工艺参数及处理措施一定要在工艺评定的范围之内,要根据产品的结构特点,制定合理的能减小焊接应力和变形的焊接顺序。操作者施焊前必须认真阅读焊接工艺指导书,施焊时必须严格按照焊接工艺的规定执行。对于关键焊缝或有特殊要求的焊缝,焊接技术人员必须亲自向操作者交代注意事项,并经常到生产现场指导焊接工作。

5) 产品焊接试板的制作

为检验产品焊接接头的力学性能,按照《压力容器安全技术监察规程》、GB 150《钢制压力容器》和JB 4744《钢制压力容器产品焊接试板的力学性能检验》的要求,采用与施焊产品相同的材料和焊接工艺,对产品的焊接试板进行试验。

产品焊接试板是用来检验产品焊缝质量的,它的材质与焊接工艺必须与产品主焊缝(例如容器纵缝)完全相同。所以焊接试板必须与筒体在同一块或同一批材料上下料并做好标记移植,具有相同的坡口形式,并且与筒体纵缝连在一起一同进行焊接,若需热处理,也必须同时进行。然后才能分割下来进行无损探伤及焊缝力学性能试验。只有在产品焊接试板的焊缝力学性能试验合格后,才能转入下一道工序。

6) 焊缝返修

焊缝超标缺陷的返修,按照《压力容器安全技术监察规程》的规定进行,即返修前必须先分析产生缺陷的原因并制定返修工艺。与制定焊接工艺的要求一样,制定焊缝返修工艺也必须要有一定的返修工艺评定,并且返修次数不得超过返修工艺评定的规定。返修过程中,焊接检验人员要做好详细的现场返修记录;返修完成后,按原焊缝检验要求进行检验。

7) 焊接热处理实施

为改善焊接接头的力学性能,消除焊接残余应力,按照《压力容器安全技术监察规程》、《钢制压力容器》和设计图纸的要求,对壁厚超过一定限度的钢制压力容器需进行焊后热处理。对于某些特殊的材料或某些特殊结构的产品,为了保证焊缝质量,减小焊接应力,有时也需要进行焊前预热或焊后热处理。焊接热处理一定要按照规定进行,若有产品焊接试板,

也要一同进行热处理。

8) 焊接设备管理

工作状态良好的焊接设备,是顺利完成焊接工作、保证焊接质量的必要条件。焊接设备包括焊条烘干设备,必须由专人管理,定期检查维修。

9) 焊接检验

焊接检验包括焊缝外观检验及无损探伤检验,必须按照相应的标准进行,对检验不合格的焊缝要按照质量保证手册规定的程序申请返修。

在锅炉、压力容器焊接过程中,根据各质量控制环节,再按各加工工序的重要程度和相互的联系,对不同系统划出若干个质量控制点。其中关键的质量控制点,可作为停止点,即该点上的质量不合格时,下一道工序要停止流转。例如,产品焊接试板的焊缝检验是一个非常重要的质量控制点,因此将其作为停止点,检验合格后方可进入下一道工序。对控制点规定出控制内容、责任人员及职责,以确保每道工序的质量。

1.1.2 质量体系的基本准则

质量体系在建立、健全、运行和不断改进完善过程中必须遵循一些原理和原则,这些原理和原则是质量体系的基本准则,包括:

1) 质量环

从了解与掌握用户对产品质量的要求和期望开始,直到评定能否满足这些要求和期望为止,影响产品(或服务)质量的各项相互作用活动的理论模式即所谓质量环。质量环是指导企业建立质量体系的理论基础和基本依据。通用性的质量环包括 11 个活动阶段(见图 1.1)。

2) 质量体系结构

质量体系结构由企业领导责任、质量责任与权限、组织机构、资源和人员及工作程序几个方面组成。

① 企业领导责任 企业领导对企业质量方针的制定与质量体系的建立、完善、实施和正常运行负责。

② 质量责任与权限 在质量文件中应明确规定与质量直接或间接有关的活动,明确规定企业各级领导和各职能部门在质量活动中的责任;明确规定从事各项质量活动人员的责任与权限及各项质量活动之间的纵向与横向衔接,控制和协调质量责任与权限。

③ 组织机构 企业应建立与质量管理相适应的组织机构,该组织机构一般包括各级质量机构的设置、各机构的隶属关系与职责范围、各机构之间的工作衔接与相互关系,在全企业形成质量管理网络。

④ 资源和人员 为实施质量方针并达到质量目标,企业领导应保证必需的各级资源,包括人才资源和专业技能、设计和研制产品所必需的设备、生产设施、检验和试验设备、仪器仪表和计算机软件等。

⑤ 工作程序 企业应根据质量方针,按照质量环中产品质量形成的各个阶段,制订并颁布与必需的产品质量活动有关的工作程序。这包括管理标准、规章制度、工艺规程、操作规程、专业质量活动以及各种工作程序图表等。

3) 质量体系文件

企业应针对其质量体系中采用的全部要素及要求 and 规定,系统地编写出方针和程序性的书面质量文件,这包括质量保证手册、大纲、计划、记录和其他必要的供方文件等。

4) 质量体系审核

为确定质量活动及有关结果是否符合质量计划安排,以及这些安排是否贯彻并达到了预期目的所做的系统、独立的定期检查和评定,即所谓质量体系审核。这一过程包括质量体系审核、工作质量审核和产品质量审核几部分。审核的目的是查明质量体系各要素的实施效果,确认是否达到了规定的质量目标。

1.1.3 质量管理与焊接检验的关系

为了确定焊接结构质量是否具有符合性,必须测定其质量特性。焊接检验是指通过调查、检查、测量、试验和检测等途径获得的焊接产品一种或多种特性的数据与施工图样及有关标准、规范、合同或第三方的规定相比较,以确定其符合性的活动。生产实践中,企业强化焊接质量管理的目的是通过完善企业内部机制来保证它提供的焊接产品具有符合性质量。

焊接检验的作用在于监控焊接产品质量的形成过程,确认企业已生产或正在生产的焊接产品是否满足了或能否满足符合性质量的要求,以及定期检查在役焊接产品是否仍具有符合性质量。从这一意义上来说,离开焊接检验,企业就无法实施有效的焊接质量管理。焊接检验是企业实施焊接质量管理的基础和基本手段。

焊接检验的依据是质量标准,焊接质量标准须根据产品使用性能来制定。焊接检验所依据的技术文件包括:

① 相关的技术标准或规范 相关的技术标准或规范规定的质量评级或验收方法是指导焊接检验工作的法规性文件。

② 施工图样和订货合同 焊接产品的施工图样或订货合同中一般都明确规定或提出了对焊接质量(或焊缝质量)的具体要求。

③ 检验的工艺性文件 这类文件具体规定了检验方法及其实施过程,是焊接检验工作的指导性实施细则。

图样或工艺变更的通知单、材料代用及追加或改变检验要求的通知单等均应作为焊接检验的依据妥善保存。各种焊接检验方法的有效运用与相互协调,以及焊接检验文件的整理与保存可以保证企业焊接产品质量体系的有效运行。

焊接标准和规范中一般包含作为焊接质量标准的焊接材料认可试验、焊接方法认可试验、焊工技能考试、焊接材料标准、坡口精度标准、焊接部位外观标准、焊接接头无损检验标准等。这些标准是实现制造和生产无缺陷焊接结构的必要条件,也是生产厂家应遵守的规程。

焊接材料认可试验、焊接方法认可试验和焊接材料标准主要是为了防止材质上的缺陷而制订的。虽然对于具体的焊接接头某部位的性能全部进行核查是不可能的,但使用经认可的焊接材料、采用经认可的焊接方法并严格按工艺规程进行施工,就能保证这些焊接部位的性能。

焊工技能考试、坡口精度标准、焊接装配精度标准和焊接部位外观标准是为了防止尺寸上的缺陷和结构上的缺陷而制订的。

对重要的焊接结构件,焊接完成后应对焊缝进行外观及无损探伤检验,对检验不合格的焊缝按质量保证手册的规定进行返修,对热处理后的产品进行表面质量、外观尺寸检验,对焊缝进行100%外观及无损探伤。对筒体交叉焊缝处的焊缝金属及热影响区硬度,用便携式硬度计进行测试。各项检验结果应满足技术要求,质量可靠。

1.2 焊接容器的基本概念

现代锅炉和压力容器是由许多零部件组成的焊接容器。锅炉是一种特殊的压力容器，是将燃料内蕴藏的能量、经过燃烧释放出热量，使水加热乃至成为蒸汽，供生产和生活上使用的一种庞大而复杂的热能设备。

锅炉是由锅炉的“锅”和“炉”以及为保证锅和炉正常运行所必需的附件等部分组成。锅（也叫汽锅），是指锅炉中盛放锅炉水和蒸汽的密封受压部分，是锅炉的吸热部分，包括锅筒（也叫汽包）、对流管（主炉管）、水冷管、集箱（联箱）、过热器和省煤器等。炉是指锅炉中使燃料进行燃烧产生高温放出热能的部分，是锅炉的放热部分，包括燃烧设备、炉墙、炉拱和钢架等。燃料在炉内通过燃烧所产生的热气，经过炉膛和各部分烟道向锅炉受热面放热，最后从锅炉的尾部排出。

锅炉的工作包括三个同时进行的过程：燃料的燃烧过程、烟气向水的传热过程、水的汽化过程。

锅炉是一种受压又直接受火的特种设备，是工业生产中的常用设备，在工业的各个领域中都得到广泛应用。如果管理不善、处理不当会引起事故，轻则停炉影响生产，重则发生爆炸，造成十分严重的人身和设备事故。因此锅炉的安全问题，必须引起高度重视。许多国家把蒸汽锅炉列为特种设备，由专门机构进行安全监督，并颁发各项规范以供遵守。

根据锅炉的特点和多年来的实践经验，要确保锅炉的安全运行，应从锅炉的设计、制造、安装、使用、维修和改造等各个环节，全面进行管理和监察。

压力容器是一种特殊的容器。容器是石油、化学工业生产过程中的一种设备，而压力容器又是其中的一种特殊设备。从狭义上说，容器是指内部不进行化学反应或其他物理、化学过程的那些设备。在石油化学工业中广泛使用的容器，主要用于储存气态、液态或固态的原料、中间产品或成品，如原油储罐、氧气及液氨储罐、硫酸储罐等。

我国非常重视锅炉和压力容器的安全问题，国家有关部门已发布了《锅炉、压力容器安全监察条例》，为我国锅炉和压力容器的安全工作制订了法律依据。地方和基层单位也制定了相应的具体规定，锅炉和压力容器的各制造单位都有严格的质量保证体系。

1.2.1 焊接容器的分类和工作条件

(1) 焊接容器的分类

① 按容器的用途可将容器分为反应压力容器、换热压力容器、分离压力容器和储运压力容器四大类，见表 1.1。

表 1.1 焊接压力容器按用途分类

类别名称	主要用途	容 器 名 称
反应压力容器	完成介质的物理化学反应	反应器、分解锅、分解塔、聚合釜、高压釜、合成塔、变换炉、蒸煮锅、蒸球、蒸压釜、煤气发生炉
换热压力容器	完成介质的热量交换	管壳式余热炉、热交换器、冷却器、冷凝器、蒸汽发生器、蒸发器、煤气发生炉水夹套
分离压力容器	平衡介质流体压力和气体的净化分离	分离器、过滤器、集油器、洗涤器、吸收塔、铜洗塔、干燥塔、汽提塔、除氧器
储运压力容器	盛装生产用原料气体、液体、液化气体等	液化石油气储罐、铁路罐车、汽车槽车、各种气瓶

② 根据制造容器所用材料的不同,容器可分为钢制容器、有色金属容器和复合材料容器。

③ 按容器几何形状分为球形、矩形、圆筒形、方形、圆锥形及组合形容器等。

④ 依据容器承受压力的不同,可分为不受压容器和受压容器;压力容器相对于常压容器而言,不仅在安全性方面有较高的要求,而且在设计原理上也有很大的不同。压力容器的结构、选择、壁厚要通过理论计算、强度校核而确定;常压容器则相反,只根据刚度确定。

⑤ 按容器的设计温度,可分为低温容器(设计工作温度 $\leq -20^{\circ}\text{C}$)、常温容器和高温容器(设计温度 $\geq 450^{\circ}\text{C}$)。

⑥ 根据工作介质的不同,可分为气体用容器、液体用容器和气液混合用容器、直接火与非直接火容器、真空与非真空容器、受腐蚀介质作用与受辐照作用容器、易燃与非易燃容器、有毒与无毒介质作用容器等。

⑦ 按容器的装配方法分为可拆与不可拆容器。

⑧ 根据容器的壁厚分为薄壁容器和厚壁容器;当容器的外径 D_o 与内径 D_i 之比值 $D_o/D_i=m$ 不大于 $1.1\sim 1.2$ 时,为薄壁容器;比值 $m>1.1\sim 1.2$ 时,为厚壁容器。

⑨ 按承受内压的大小分为常压容器和受压容器;受压容器又分为内压容器和外压容器;承受内压在 0.1MPa 以上的容器,又称为压力容器;压力容器按其工作压力 p 分为低压、中压、高压和超高压容器四类,其压力等级划分如下:

a. 低压容器: $0.1\text{MPa}\leq p<1.6\text{MPa}$;

b. 中压容器: $1.6\text{MPa}\leq p<10\text{MPa}$;

c. 高压容器: $10\text{MPa}\leq p<100\text{MPa}$;

d. 超高压容器: $p\geq 100\text{MPa}$ 。

⑩ 按《压力容器安全监察规程》,从安全技术管理和监察检查的角度,根据所充装的介质危害程度,将压力容器分为三类,见表1.2。

表 1.2 压力容器按安全技术管理分类

I 类容器	II 类容器	III 类容器
一般工况下 的低压容器	①中压容器 ②易燃介质或介质毒性程度为中度危害的低压反应容器和储运容器 ③介质毒性程度为极度和高度危害的低压容器 ④低压管壳式余热锅炉 ⑤搪玻璃压力容器	①高压、超高压容器 ②高压、中压管壳式余热锅炉 ③介质毒性为极度和高度危害的中压容器和 $pV\geq 0.2\text{MPa}\cdot\text{m}^3$ 的低压容器 ④介质为易燃或毒性程度为中度危害,且 $pV\geq 0.5\text{MPa}\cdot\text{m}^3$ 的中压反应容器和 $pV\geq 10\text{MPa}\cdot\text{m}^3$ 的中压储运容器

注:表中 V 为容器容积; p 为容器最高工作压力。

具有III类容器制造资格的企业同时可以生产I类和II类容器;具有II类容器制造资格的企业可以生产I类容器,但不能生产III类容器;具有I类容器制造资格的企业只能生产I类容器。

(2) 焊接容器的工作条件

焊接容器的工作条件主要包括载荷、温度和介质。

① 载荷性质 大多数容器除了主要承受静载荷外,还承受疲劳载荷的作用。静载荷包括内压、外压、温度应力、自重、水压试验时的水重等。疲劳载荷包括水压试验、开停车调试、定期检修、工作温度和压力波动等变化载荷的作用而引起的低周高应力循环载荷,以及

由于交变温度或振动等引起的高周低应力循环载荷。对于一些特殊要求的结构,还应考虑风、雪、地震等自然条件引起的载荷。

② 环境温度 有高温、常温和低温三类工作温度条件。

③ 工作介质 有空气、水蒸气;海洋、热带、工业和郊区环境中的大气;海水和各种成分的水质;硫化物和氮化物,石油气和天然气中的氨、氯、氧、氮、氢,各种酸和碱及其水溶液;溴化物和碘化物,某些熔融金属蒸气以及其他物质等。这些介质以气、液、固相或组合状态存在。此外,还有受到核辐射及宇宙射线的工作条件。

1.2.2 焊接容器的组成及结构形式

焊接压力容器的结构形式是多种多样的,其中以单层锻焊式和钢板卷焊式压力容器最为常见(见图1.2)。焊接压力容器的基本组成如下。

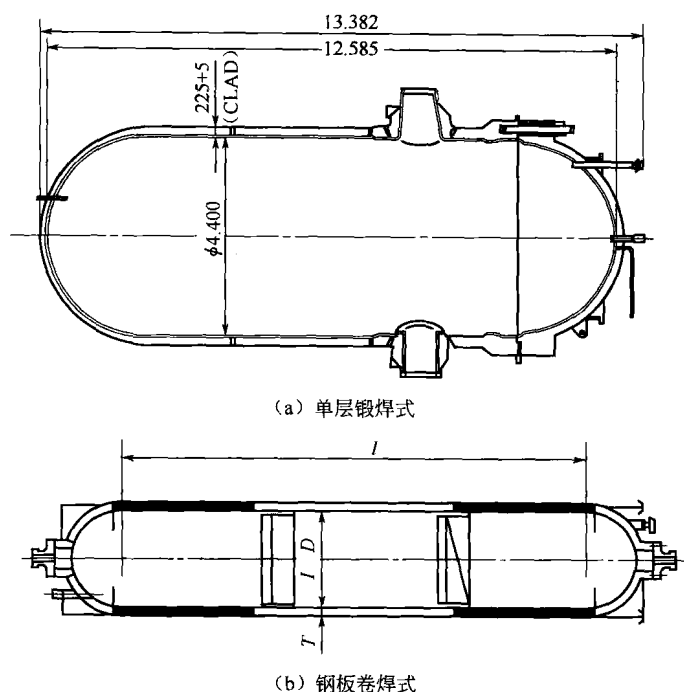


图 1.2 压力容器的结构形式

① 筒体 筒体是压力容器最主要的组成部分,包括筒体端部、内筒、板层等,储存物料或完成化学反应所需的压力空间,大部分是由它构成。当筒体直径很小时,可用无缝钢管制成,这样的筒体无纵缝。当筒体直径较大时,筒体可用钢板卷成圆筒或压制成两个半圆,然后通过焊接方法将钢板焊接成一个完整的圆柱形。此时焊缝与筒体中心轴线平行,故称为纵焊缝。容器直径适中时,一般只有一条纵焊缝。容器的直径逐渐增大,可能有多条或两条以上纵焊缝。

当容器长度较短时,可在一个圆柱形两端焊接上、下封头,制成一个封闭的压力容器外壳。当容器较长时,有时需要卷焊成若干段筒体,每一段为一个筒节,再由两个或两个以上筒节焊成所需长度的筒体。筒节之间,筒体与上、下封头之间的连接焊缝,称为环向焊缝,简称环缝。

② 封头 封头是压力容器的重要组成部分,根据几何形状的不同,封头可分为球形封头、椭圆形封头、碟形封头、有折边锥形封头、无折边锥形封头和平盖封头等多种,图 1.3