

卓越工程师教育 —— 焊接工程师系列教程

焊接生产实践

贾安东 编著



卓越工程师教育——焊接工程师系列教程

焊接生产实践

贾安东 编著

常州大学图书馆
藏书章



机械工业出版社

本书是结合高等学校“卓越工程师教育”及现代焊接制造业对“材料成型及控制工程”专业、“焊接”专业学生的要求,为使学生掌握焊接结构制造的基础知识,具备从事焊接结构制造的基本技能而编写的教材。

本书主要介绍了焊接生产及其特点,焊接结构制造过程中的安全注意事项;焊接结构和焊接生产工艺过程设计;焊接结构生产的材料加工工艺;焊接结构生产的装配焊接和热处理工艺;梁、桁架、焊接柱、焊接机器件、焊接容器、铁路车辆、船舶、钢桥、起重机、建筑钢结构、水轮机和汽轮机机体等典型的焊接结构及其生产;焊接结构车间的工艺平面布置;装配焊接的辅助机械装备等内容。

本书可以作为大学本科和高职高专“焊接”“材料成型及控制工程”(焊接方向)专业相关课程的教材,硕士研究生“材料加工工程”专业相关课程的参考教材,焊接工程师继续教育的培训教材,还可以供焊接及相关学科教师及工程技术人员从事教学、科研与技术开发工作参考。

图书在版编目(CIP)数据

焊接生产实践/贾安东编著. —2版. —北京:机械工业出版社, 2017.9

卓越工程师教育. 焊接工程师系列教程

ISBN 978-7-111-58333-2

I. ①焊… II. ①贾… III. ①焊接-教材 IV. ①TG4

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第258706号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:何月秋 责任编辑:何月秋 王彦青

责任校对:张薇 封面设计:马精明

责任印制:常天培

唐山三艺印务有限公司印刷

2018年1月第2版第1次印刷

184mm×260mm·18.25印张·443千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-58333-2

定价:49.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379649

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

编委 会

- 主任 胡绳荪
委员 (按姓氏笔画排序)
王立君 杜则裕
何月秋 杨立军
郑振太 贾安东
韩国明

焊接工程教育是我国工程教育的重要组成部分，也是我国工程教育中发展最快的领域之一。随着我国工程教育改革的深入，焊接工程教育面临着新的机遇和挑战。为了适应我国工程教育发展的需要，提高焊接工程教育的质量，我们组织编写了这套《卓越工程师教育——焊接工程师系列教程》。

本系列教程是在机械工业出版社1993年出版的“焊接工程教育焊接教材”与2007年出版的“焊接工程师系列教程”的基础上修订、完善与扩充的。新版“卓越工程师教育——焊接工程师系列教程”共11册，包括《焊接技术导论》《焊接原理》《金属工艺学》《焊接工艺学》《焊接材料》《焊接结构理论》《焊接生产实践》《焊接电源及其控制》《焊接自动化技术及其应用》《无损检测与质量控制》《焊接工程应用案例》。

本系列教程的编写基于天津大学焊接专业多年的教学、科研与工程实践经验，力求做到科学性、先进性与实用性相结合，注重基础理论与工程实践的有机结合。本系列教程可作为高等院校、材料成型及控制工程专业、焊接工程专业的教材，也可供从事焊接工作的工程技术人员参考。

本系列教程在编写过程中，得到了许多专家和同行的支持，特别是天津大学焊接专业多年的教学、科研与工程实践经验，为本书的编写提供了宝贵的资料。同时，我们也得到了许多兄弟院校和企业的帮助，特别是天津大学焊接专业多年的教学、科研与工程实践经验，为本书的编写提供了宝贵的资料。

由于焊接工程教育是一个不断发展的领域，本系列教程在编写过程中难免存在不足之处，恳请广大读者在使用过程中提出宝贵意见，以便我们及时修订和完善。

本书是教育部“卓越工程师教育培养计划”及《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》和《国家中长期人才发展规划纲要（2010—2020年）》的重大改革项目，也是促进我国高等工程教育改革创新，努力建设具有世界先进水平和中国特色的现代高等工程教育体系，走向工程教育强国的重大举措。该计划旨在培养和造就创新能力强、适应经济社会发展需要的高质量各类型工程技术人才，为实现中国梦服务。

序

焊接作为制造领域的重要技术在现代工程中的应用越来越广，质量要求越来越高。为适应时代的发展与工程建设的需要，焊接科学与工程技术人员培养进入了“卓越工程师教育培养计划”，本套“卓越工程师教育——焊接工程师系列教程”的出版可谓是恰逢其时，一定会赢得众多的读者关注，使社会和企业受益。

“卓越工程师教育——焊接工程师系列教程”内容丰富、知识系统，凝结了作者们多年的焊接教学、科研及工程实践经验，必将在我国焊接卓越工程师人才培养、“焊接工程师”职业资格认证等方面发挥重要作用，进而为我国现代焊接技术的发展做出重大贡献。

单 平

卓越工程师教育——焊接工程师系列教程

ISBN 978-7-111-38333-2

I. ①焊... II. ①单... III. ①焊接—教材 IV. ①TG4

中国图书馆书号 CIP 数据核字 (2017) 第 258706 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑：何月秋 责任编辑：何月秋 王彦雷

责任校对：张 颖 封面设计：马精明

责任印制：常天瑞

唐山三艺印务有限公司印刷

2018 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·18.25 印张·443 千字

0001~3000 册

定价：¥9.00 元

定价：¥9.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社负责调换

电话服务

网络服务

读者服务热线：010-88379833

购书网站：www.cmpbook.com

读者留言信箱：010-88379649

机工官网：www.cmpbook.com

教育服务网：www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金 书 网：www.golden-book.com

随着高等教育改革的发展,2010年教育部开始实施“卓越工程师教育培养计划”,其目的就是要“面向工业界、面向世界、面向未来”,培养造就创新能力强、适应现代经济社会发展需要的高质量各类型工程技术人才,为建设创新型国家、实现工业化和现代化奠定坚实的人力资源优势,增强我国的核心竞争力和综合国力。

我国高等院校本科“材料成型及控制工程”专业担负着为国家培养焊接、铸造、压力加工和热处理等领域工程技术人才的重任。结合国家经济建设和工程实际的需求,加强基础理论教学和注重培养解决工程实际问题的能力成为“卓越工程师教育计划”的重点。

在普通高等院校本科“材料成型及控制工程”专业现行的教学计划中,专业课学时占总学时数的比例在10%左右,教学内容则要涵盖铸造、焊接、压力加工和热处理等专业知识领域。受专业课教学学时所限,学生在校期间只能是初知焊接基本理论,毕业后为了适应现代企业对焊接工程师的岗位需求,还必须对焊接知识体系进行较系统的岗前自学或岗位培训,再经过焊接工程实践的锻炼与经验积累,才能成为“焊接卓越工程师”。显然,无论是焊接卓越工程师的人才培养,还是焊接工程师的自学与培训都需要有一套实用的焊接专业系列教材。“卓越工程师教育——焊接工程师系列教程”正是为适应高质量焊接工程技术人才的培养和需求而精心策划和编写的。

本系列教程是在机械工业出版社1993年出版的“继续工程教育焊接教材”与2007年出版的“焊接工程师系列教程”的基础上修订、完善与扩充的。新版“卓越工程师教育——焊接工程师系列教程”共11册,包括《焊接技术导论》《焊接原理》《金属材料焊接》《焊接工艺理论与技术》《现代高效焊接技术》《焊接结构理论与制造》《焊接生产实践》《现代弧焊电源及其控制》《弧焊设备及选用》《焊接自动化技术及其应用》《无损检测与焊接质量保证》。

本系列教程的编写基于天津大学焊接专业多年的教学、科研与工程科技实践的积淀。教程取材力求少而精,突出实用性,内容紧密结合焊接工程实践,注重从理论与实践结合的角度阐明焊接基础理论与技术,并列举了较多的焊接工程实例。

本系列教程可作为普通高等院校“材料成型及控制工程”专业(焊接方向)本科生和研究生的参考教材;适用于企业焊接工程师的岗前自学与岗位培训;可作为注册焊接工程师认证考试的培训教材或参考书;还可供从事焊接技术工作的工程技术人员参考。

衷心希望本系列教程能使业内读者受益,成为高等院校相关专业师生和广大焊接工程技术人员的良好益友。若见本套教程中存在瑕疵和谬误,恳请各界读者不吝赐教,予以斧正。

本书是焊接结构生产的入门教材,旨在给刚入职的到生产企业从事焊接技术工作的大学毕业生提供应熟悉和掌握焊接的生产基本知识,例如:焊接生产的组成和类别、怎样组织焊接生产、焊接生产的工艺流程和相关知识、焊接生产的产品——焊接结构概要、所采用的焊接工艺方法概要、生产结构的材料、典型焊接结构生产概要等。通过本教程(以及其他一些相关教程)的学习,在有经验的焊接工程师及技师的帮带下,使他们逐渐能够独立编制从订购原材料(主要结构材料、焊接材料、辅助材料等)到编制材料入厂、材料加工、装配焊接、质量检验等工艺-工序,再到编制产品出厂的整个生产工艺,迅速成长为一名焊接工艺师。本书是在本人编写的《焊接结构及生产设计》的基础上加以增删完善后改版而成的。例如,在第1、2章中讲了随着改革开放和国民经济的大发展,焊接生产和焊接结构的大发展;增加了焊接结构制造的安全注意事项、焊接结构的工作图;在讲述焊接结构设计的概要时,又介绍了焊接工艺过程设计和工艺评定方法;在第4章中增加了热处理工艺,将原书第3、4、5、6章中各种典型焊接结构的特点、设计、生产工艺过程,合并为第5、6章,删去了一些设计内容。本书保留了原书最后两章内容:焊接结构车间工艺平面布置和装配焊接辅助机械装备,但也做了大量删改,以符合入门及少而精的要求。

本书的主要内容有:焊接生产概念、焊接生产的特点、焊接生产的安全事项;焊接结构的生设计,结构在工程图样中的表达,焊接工艺评定;焊接生产的材料加工工艺、装配焊接工艺、焊接生产的热处理;典型焊接结构的生,包括各类典型焊接结构(焊接梁、柱、桁架、焊接容器、船舶和列车壳体及复合结构和焊接机器件等)的特点、几种主要焊接结构的制造(生产)方法。作为入门,还有对焊接生产组织相当重要的车间生产的工艺平面布置,非标准的装配-焊接胎具、夹具和机械装备以及焊接机器人等知识。

本书适合于刚入职的“材料成型及控制工程”专业的本、专科毕业生,到钢结构制造、造船、锅炉、压力容器、焊接桥梁等企业、科研院所从事焊接工作,进行入职培训使用,也可供这类企业、科研院所对从事焊接工作的技术人员进行培训,使之适应焊接工程师的工作需要。

本书由贾安东编著,孙维善主审。编写过程中参考了许多文献资料,有些是作者在工厂中工作收集的资料,这些文献资料对本书成书作用巨大,在此对原作者、工厂的工程技术人员表示衷心的感谢。

由于编著者水平有限,书中缺点和错误在所难免,敬请各界读者予以批评指正。

编著者

目 录

序	
编写说明	
前言	
第1章 绪论	1
1.1 焊接生产	1
1.1.1 焊接结构的发展	1
1.1.2 焊接生产的发展	2
1.2 焊接生产的特点	3
1.2.1 焊接生产过程	4
1.2.2 焊接生产组成及焊接生产设计的基本任务	4
1.2.3 焊接生产的类别及其特点	6
1.2.4 焊接生产设计的步骤及内容	7
1.3 焊接生产的安全注意事项	9
1.3.1 焊接的危险和有害因素	9
1.3.2 焊接生产的安全技术	10
1.3.3 焊接生产的劳动卫生	10
1.3.4 焊接安全与卫生标准	11
第2章 焊接结构和焊接生产工艺过程设计	13
2.1 焊接结构设计概要	13
2.1.1 焊接结构设计的内容	13
2.1.2 焊接结构设计的基本要求和遵循的原则	13
2.1.3 焊接结构设计方法	14
2.1.4 焊接接头构造特点和焊接接头设计	16
2.2 焊接结构的图样表示方法	19
2.2.1 基本符号	19
2.2.2 补充符号	21
2.2.3 指引线、尺寸符号及数据	23
2.3 焊接生产工艺过程的设计	27
2.4 焊接工艺评定	35
2.4.1 焊接工艺评定的意义	35

2.4.2 焊接工艺评定的程序	35
第3章 焊接结构生产的材料加工工艺	
工艺	39
3.1 概述	39
3.2 原材料准备	39
3.2.1 钢材矫正	39
3.2.2 表面清理和表面防护处理	42
3.3 装配焊接前的其他加工	42
3.3.1 放样、划线与号料	42
3.3.2 切割	43
3.3.3 弯曲及成形	45
第4章 焊接结构生产的装配焊接和热处理工艺	51
4.1 焊接生产装配工艺	51
4.1.1 装配工艺方法	51
4.1.2 装配工艺过程的制定	53
4.2 焊接结构生产的焊接工艺	58
4.2.1 焊接工艺制定的内容	58
4.2.2 主要焊接方法的生产特点	59
4.3 焊接生产的热处理	63
4.3.1 预热	63
4.3.2 后热	64
4.3.3 焊后热处理	65
第5章 典型的焊接结构	68
5.1 焊接基本构件	68
5.1.1 焊接梁	68
5.1.2 桁架	72
5.1.3 焊接柱	78
5.2 焊接机器件及复合结构	81
5.3 焊接容器	90



5.3.1	焊接容器的用途	91
5.3.2	压力容器的分类与常见 高压容器的结构	100
5.4	铁路车辆、船舶等运输设备 的焊接结构	103
5.4.1	全焊结构的客车	103
5.4.2	全焊货车的焊接结构	104
5.4.3	全焊船体结构	108
5.5	钢桥和起重机的焊接结构	110
5.6	建筑钢焊接结构	112
5.6.1	屋架与柱的刚性连接	112
5.6.2	阶形柱变截面处的连接	113
5.6.3	柱脚的连接	114
5.6.4	梁、柱等的连接	114
第6章	典型焊接结构的生产	120
6.1	典型焊接容器的生产	120
6.1.1	立式圆柱形容器的焊接生产	120
6.1.2	卧式圆柱形容器的焊接生产	123
6.1.3	球形容器的焊接生产	131
6.1.4	高压容器的焊接生产	135
6.2	焊接梁、柱和桁架的生产	140
6.2.1	焊接梁的生产	140
6.2.2	焊接柱和桁架的生产	149
6.3	船体结构的焊接生产	150
6.3.1	船体结构的分段建造法	150
6.3.2	船体结构分段建造法的装配 和焊接工艺	151
6.4	铁路车辆的焊接生产	156
6.4.1	敞车和罐车的焊接生产	156
6.4.2	客车车体的制造特点	161
6.5	复合结构及焊接机器件 的焊接生产	163
6.5.1	水轮机转轮的制造	163
6.5.2	60000kN 自由锻造水压机下 横梁的焊接生产	163
6.5.3	40000kN 冲压机床身的 装配焊接	167
6.5.4	焊接汽轮机(燃气轮机) 零件的制造	168
6.5.5	约3000kW(4000 马力)柴油机机体 和汽车传动桥的焊接生产	170

第7章 焊接结构车间的工艺

	平面布置	172
7.1	概述	172
7.1.1	焊接结构车间工艺平面布置 的意义和内容	172
7.1.2	装配焊接车间工艺平面 布置设计的步骤	172
7.1.3	对焊接车间设计的总的要求	173
7.2	各种生产规模下焊接生产 组成部分的确定	174
7.2.1	工作制度与年时基数	174
7.2.2	劳动量的确定	174
7.2.3	设备及工作地的确定	189
7.2.4	车间工作人员的确定	194
7.2.5	材料及动力需要量的确定	195
7.3	车间工艺平面布置	199
7.3.1	焊接结构车间组成	199
7.3.2	车间布置原则和布置方案	200
7.3.3	焊接车间工艺平面布置	206

第8章 装配焊接辅助机械装备

8.1	概述	226
8.1.1	装配焊接辅助机械装备的分类	226
8.1.2	装配焊接辅助机械装备的功用	227
8.1.3	装配焊接辅助机械装备 的设计特点	227
8.2	装配焊接夹具	229
8.2.1	装配焊接夹具中零件 的定位和定位器	229
8.2.2	压夹器和推撑、拉紧夹具及 装置	232
8.2.3	由多种夹具组成的装配焊接 夹具	254
8.3	装配焊接机械和装置	257
8.3.1	焊机变位机械	257
8.3.2	焊件变位机械	264
8.3.3	焊工变位机械	274
8.3.4	装配焊接机器人	274
8.3.5	装配焊接机械装置的综合 应用	283

参考文献

		284
--	--	-----

第 1 章

绪 论

1.1 焊接生产

1.1.1 焊接结构的发展

焊接结构近几十年来的发展趋势如下:

1) 焊接结构获得进一步推广和应用。与其他可制造金属结构的工艺如锻造、铸造、铆接相比,只有焊接结构的占有率是上升的。在工业发达国家中焊接结构占到钢产量的 50%~60%,我国 2014 年钢产量已达 11.26 亿 t,十种有色金属产量达 4417 万 t,据统计我国焊接结构用钢量已经占到当年钢产量的 40% 以上。有文章称焊接行业、焊接产品(焊接结构)要努力满足国民经济发展,“上天(航天、航空)”越来越高,“入地(地铁、隧道)”越来越广,“下海(潜船、海工)”越来越深的需求。

2) 焊接结构向大型化、高参数、精确尺寸方向发展。如长 382m、宽 68m、高 252m 的 50 万 t 级巨型油轮;直径为 33m、容积为 20000m³ 的大型球罐;国产核电站 600MW 反应堆压力壳是一个高 12m 多,内径 3.85m,外径 4.5m,壁厚从 195~475mm 的厚壁容器。国外还有 1480MW 级,而我国 2010 年亦有多台 1000MW 级反应堆压力容器交付使用。1.2GW 电站锅炉工作压力为 32.4MPa,温度为 650℃ 的大型高炉,工作在热疲劳条件下,容积为 5080m³;560t 热壁加氢反应器,壁厚达 200~210mm,内径为 2m,筒体部件长 20 多米;众所周知,总发电装机容量达 1820 万 kW 的三峡电站,其 26 台 700MW 的水轮发电机组已全部并网发电,其水轮机的座环、转轮、主轴、蜗壳等都是巨型焊接结构,如蜗壳的进口直径就达 12m,壁厚为 70~80mm,而水轮机叶片不仅焊接量大,而且要求精度高。与结构向大型化、高参数、精确尺寸方向发展相对应,数控切割、数控卷板、少切屑、无切屑和一次成形、精密成形的应用使得一些重型机械的主要部件在设计时就采用了焊接件,已经突破了将其作为毛坯的传统概念,这些焊接件采用先进的切割和焊接方法,不经机械加工或很少加工即可直接进行装配,并保证必要的安装装配精度和公差要求。

3) 采用结构材料的巨大进步。由于以上原因,焊接结构材料已从碳素结构钢转向采用低合金高强度结构钢、合金结构钢、特殊用途钢,工业发达国家采用了的而我国已经开发的微合金化控轧钢(如 TMCP 钢)、高强度细晶粒钢、精炼钢(如 CF 钢)、非微合金化的 C-Mn 钢、制造海洋平台基础导管架和高层、越高层建筑钢结构用的 Z 向钢。高强度和超高强度钢也开始广泛用于制造焊接结构,如高强度管线钢 X80、X100、X120 钢,汽车车身用超轻型结构用钢,为发展建筑钢结构,武钢专门研发了高耐火性、耐气候腐蚀、高双向性和优良焊接性皆具备的高层建筑用钢 WGJ510C2;制造固体燃料火箭发动机壳的 4340 钢,抗



拉强度可达 1765MPa 等。与焊接结构的使用条件日益复杂和苛刻相对应,一些耐高温、耐腐蚀、耐深冷及脆性断裂的高合金钢及非钢铁合金也在焊接结构中获得了应用,如 3.5Ni、5.5Ni 及 9Ni 钢,不锈钢和耐热钢,铝及铝合金,钛及钛合金,还有用特殊合金制造输送液化天然气的货船(LNG)和球罐等。

4) 焊接结构的设计应依据其工作条件和要求分别按照有关规范进行,接受有关部门的监督,但结构设计共同的发展趋势是来用计算机辅助技术进行优化设计,从而使结构更加经济合理,并且减少了设计的工作量。

1.1.2 焊接生产的发展

与以上焊接结构的发展趋势相适应,必然有以先进的焊接工艺为基础的材料预处理、装配、工序间传送、产品的变位和清理、各工序间的检验和成品检验等一整套焊接生产的发展。近年来焊接生产的主要发展趋势如下:

1) 先进、优质、高产、低耗、廉价和清洁的焊接工艺不断发展并快速在焊接生产中获得应用。如在很多场合,CO₂ 气体保护焊代替了焊条电弧焊;用富氩的混合气体保护焊、氩弧焊(MIG 焊和 TIG 焊)焊接高强度结构钢、大厚度的压力容器;热壁加氢反应器采用窄间隙焊;需要单面焊的压力容器和管道中常用 TIG 焊、STT(表面张力过渡法)焊打底;药芯焊丝气体保护焊已用于诸如造船、重型机械、大型储罐等焊接结构的空间焊缝;管道的高速旋转电弧焊,全自动的气电保护焊和脉冲闪光焊广泛应用;在汽车制造业、航天航空、核设备的焊接中使用了激光焊、氩弧焊。一些传统的焊接工艺也有了新发展,如搅拌摩擦焊、活性焊剂氩弧焊,埋弧焊有了多丝(串联和并联),还有热丝、填金属粉、窄间隙埋弧焊等。即使采用焊条电弧焊的场合,也采用了高效焊接工艺,例如在长输管道的焊接中采用向下立焊方法对接、在造船焊接中采用重力焊、广泛应用铁粉焊条等。

2) 包括上述先进焊接工艺在内的焊接机械化和自动化得到推广,焊接机器人得到应用。高效、优质的机械化和自动化是靠相应的自动化设备和焊接材料支持的。像大型化的焊接成套设备,具有自动跟踪焊缝、检测、调整等功能,如长输管线的全位置气电自动焊的成套设备、脉冲闪光焊的成套设备,这不仅可以大幅度提高焊接质量和生产率,也为改善工人的劳动强度,进而向无人化生产铺平道路。又如大型储油罐壁焊缝自动焊机,特别是焊接机器人,目前在世界上所有的工业机器人中,50% 以上为焊接机器人,在一些劳动条件十分恶劣的场合,为摆脱对高级熟练焊工的依赖,进一步提高劳动生产率和质量,选择焊接机器人是重要的途径。

3) 焊接生产中的备料工艺有了重大进步。这是使整个生产工艺现代化、自动化和短流程的一个重要环节。例如广泛采用数控热切割,目前主要采用数控氧乙炔气割下料,如海上平台的导管架,全部管节点构成管头各种空间曲线,都采用了精密的数控切割。有的工厂 6mm 以上的钢材大都采用数控热切割方法下料,使划线、下料实现了自动化,保证了零件的形状、尺寸正确,边缘光滑,不再需用边缘刨削来改善零件精度,80% 以上的板料零件只需这道下料工序和修磨即可进入装配。一些工厂根据产品特点还保留了部分剪床下料,但由剪切向热切割,向数控切割过渡的趋向已十分明显。与上述变化相对应,热切割工艺与设备得到了很大发展,新的热切割工艺,如等离子弧切割、激光切割等获得应用。

备料生产中的材料成形工艺也有很大变化,如制造圆筒容器所用的大量卷板工艺,已经



开始采用数控卷板代替繁重的手工卷板。各种封头的成形工艺也有了很大进步。

4) 加强了基本金属如钢材、铝合金等的表面预处理和边缘处理,以保证热切割的连续、焊接及装配质量和成品涂饰质量。

5) 除研制大型、成套焊接自动化设备外,还研制了通用的机械化的装配、精确定位的胎夹具及辅助机具和装备,包括机械化的工件变位机械、焊接操作机械等,这些是自动化焊接生产必不可少的。

6) 除机器人和机械手之外,还在各工序、工位间设置专用的起重运输设备和传送带,组成立体运输网或流水线等。

综上所述焊接结构与焊接生产的发展趋势,不难看出无论在结构设计还是在焊接工艺、焊接设备、备料工艺与设备和焊接材料方面均有较大的发展。在图样设计方面采用了先进的技术标准、高性能的材料,在制造时采用了与技术标准和材料相适应的高质、高效、低成本的工艺,制造出了一流的产品,而焊接生产是整个生产制造过程中主要的一环,占有极重要的地位。现在我国已加入 WTO,我国产品进入国际市场,面临残酷、激烈的竞争,我国机电产品,包括焊接结构能否在国际市场上站住脚,争得一席之地,这与焊接生产的能力有很大的关系,它往往是产品打入国际市场,在国内取代进口产品,能否成为与外商合作的伙伴,并参与国际竞争的首要条件之一。

1.2 焊接生产的特点

如上所述,焊接生产过程是指采用焊接的工艺方法把毛坯、零件和部件连接起来制成焊接结构的生产过程。各种各样的焊接结构都是焊接生产的产品,其中有许多就是最终的制成品,如大型球罐、全焊钢桥、热风炉、加氢反应器、蒸煮球、尿素合成塔等;更多则是最终制成品的主要部件或零件,如全焊船体、电站锅炉的锅筒、起重机的金属结构、压力容器的承压壳、油罐车的油罐和底架、内燃机车的车体和底架柴油机的焊接机体及水轮机的主轴、转轮和座环等。

在工厂中承担焊接生产的车间,如金属结构车间、装焊车间、总装车间等是工厂的主要车间之一,在一些情况下,它是初级产品、半成品的准备车间(如汽车制造厂的车体车间或车身车间),或是工厂最终产品的总装车间、涂饰车间或成品库的供应者,同时它也可能是工厂的备料车间(切割下料与冲压成形、零件机加工等)、机加工车间、某些中间仓库的“消费者”。它还必须由动力车间(包括变电站、空压站、锅炉房、氧乙炔站等)提供能源。总之,焊接生产和工业生产的其他部门有着紧密的联系,随着焊接结构和焊接生产的发展,焊接生产在工业生产中占有越来越重要的地位。

除此之外焊接生产在工程建设和施工中也是最重要的环节之一,例如在石油化工企业的建设中,焊接工作量约占 1/3;已于 2005 年交付投产的西气东输管线一线干线长 4200km 的管线,采用 X70 钢管,直径为 1016mm,压力为 10MPa,壁厚为 14.6~26.2mm,仅接头就有约 40 万个,共用钢材 174 万 t,焊条 5100t。还未计入各种附属设施、闸阀门、加温装置等的焊接接头。可见焊接生产的水平是加快基本建设速度,提高工程质量,保证建成的工程和企业很快投产、达产的重要保证。



1.2.1 焊接生产过程

由于焊接结构的不同（包括所用材料、用途、焊接方法、生产条件与过程等的差异），焊接生产过程也不尽相同，但都可以归纳出下列焊接产品的工艺过程：

(1) 焊接生产的准备 包括从图样的工艺审查开始，然后是制定工艺方案，进行工艺制定，编制工艺规程，进行工艺评定，生成工艺文件，包含定额编制、质量保证文件的编制，订购原材料和辅助材料，外购或自行设计制造相关的装配焊接设备和装备（对老厂来说，是指生产新产品需增加的或改造的）。

(2) 材料入库和预处理 此时真正开始了焊接结构制造工艺过程，通常由钢厂供给的钢材要同时提供质量保证书，按炉批号进行复验，重要的产品有时要进行逐张钢板的复验，合格后方可入库。除金属材料外，焊接材料：焊丝、焊条、焊剂、保护气体（ CO_2 、Ar、He、 H_2 、 N_2 等）；气焊和气割材料：氧、瓶装乙炔、强化丙烷、强化液化石油气等；其他辅助材料（油料、燃料、涂料）等，也需进行验收。合格的原材料方可入库。在材料库对验收合格的材料要进行预处理，包括除锈、矫正、表面防护处理（如喷丸、喷涂导电漆等）、预落料等。由于预处理工艺对提高一些产品质量作用巨大，随规模增大，如汽车车身制造、船舶制造业等往往设有专门的材料预处理车间。

(3) 备料 指放样、划线、号料、下料、边缘加工、二次矫正、成形加工（冷热弯曲加工和冲压成型）、端面加工（如加工坡口）以及号孔、钻孔等。

(4) 装配焊接 这是充分体现焊接生产的工艺过程，是中心环节。其装配和焊接是完全不同的又紧密联系，又互相穿插的工艺。由于产品结构和生产规模的差别，焊接装配技术的发展决定了采用的装配焊接工艺和方法。如对轿车车身，这种大量生产的薄板结构，决定了采用冲压毛坯，专用的高效率的胎夹具和快速高质量的焊接技术（如电阻焊、激光焊等）实行流水生产。而对于水电站的水轮机转轮，单件、巨型且往往是铸-焊复合结构，则适用于高效电渣焊工艺或窄间隙焊，甚至采用焊条电弧焊，并且可能在工厂预装配，进行部分焊接后，拆卸运至水电站现场再次装配焊接。某些情况下，中间还要增加机械加工，焊前焊后热处理、部件或成品的矫正等。

(5) 检验 这是十分重要且贯穿整个焊接生产过程的工序。从入库开始的原材料检验、工序间的检验到制成品的总检-成品检验。严格的检验是对生产实行监督、保证产品质量的基本手段。所以目前工业生产的质量管理，已从最初的质量检验阶段经质量控制阶段，发展到现在的“全面质量管理阶段”（TQC）。

(6) 成品验收、涂饰及包装 这是焊接生产的最后环节，该环节（和某些关键工序检验）往往有甲方（委托方、顾客）或其代表（驻厂检验员）参加。

焊接生产过程是由焊接生产组成来完成的，拟定焊接生产组成是焊接生产设计的基本任务。

1.2.2 焊接生产组成及焊接生产设计的基本任务

焊接生产的基本组成是：制造产品所需的材料，加工产品（改变金属形状、尺寸、性能和状态）以及保持流水生产必需的设备，供开动生产及运输设备和进行金属加工的各种动力，进行上述各项工作并合理组织在一起的工作人员，以及供产品、设备、工作人员等组



织生产的场地面积。

“材料”包括成为焊接结构主体的金属材料及填充材料、辅助材料。其中有各种金属板材和型材,其他加工及外购的零件毛坯和标准件,焊丝、焊条、焊剂、保护气体、燃烧气体以及为冷却机器所用的水等。

“设备”不仅有主要的生产设备,如各种下料和成型机床、各种焊机、清涂机械及检验机器等,还有辅助设备,如装配焊接用的辅助器具和工艺装备。

“动力”指各种形式的能量。如开动各种机器、焊接设备的电能,金属热成形的燃料,压缩空气,蒸汽等。

“工作人员”包括:①直接生产人员。基本工人——电焊工、气焊(割)工、铆工(放样、剪切、下料、成形、装配等)等;辅助工人——设备维修工、运输起重工、电工等;工程技术人员——工程师、助理工程师、技术员、技师等。②非直接生产人员。管理人员,服务人员——勤杂工、仓库保管员、后勤人员等。③技术检验人员。检验工,检验技术人员等。

完成生产工艺过程,制造产品全部必需的材料、设备和工作人员必须在一个严格按生产合理布置的场地里组织起来,以完成焊接生产、制造焊接结构。该生产组成的总空间包括安置生产设备和工人工作场地的生产面积;布置通道、车道、储藏室、仓库、行政管理办公室、生活服务设施等的辅助面积;以及与这些面积相对应的车间空间高度。

上述生产组成部分内容相当繁多,但都是围绕生产出某种达到一定生产量和规定质量的焊接结构的目的而组成的。它们由生产的工艺过程有机地联系起来。

综上所述,焊接生产及焊接车间设计主要包括以下内容:

1) 拟定生产工艺过程(工艺设计),拟定技术上和经济上都合理的产品制造工艺方法,包括技术检验方法、车间内部零件毛坯、半成品及产品的运输等。

2) 确定保证制造产品所必需的全部生产组成部分的质量和数量。

3) 拟定全部生产组成部分在车间里的布置计划。在进行车间平面布置之前,需要预先拟定生产组织管理系统;平面布置决定(车间宽度随之确定)之后再决定车间高度。

4) 进行非标准设备和装备的设计,包括装配焊接的辅助器具及工艺装备,其他生产设备改装等等。

5) 确定基本的、实现所拟定焊接生产必需的投资,从而决定产品的成本,进行财务分析和经济评估。

上述设计内容中拟定生产工艺过程,特别是装配焊接工艺过程是最关键的问题。由于它是完成其他设计的依据,不仅影响日后生产产品的质量,而且决定整个焊接生产和工厂的经济效益。例如压力容器筒体纵、环缝焊接工艺,可采用焊条电弧焊、气体保护焊、埋弧焊和电渣焊来完成,从劳动生产率和焊接接头质量来看,后三者较高,但电渣焊虽然焊厚壁筒的生产率最高,但焊后接头有粗大魏氏组织,必须经过正火一回火热处理。而圆筒容器的环缝在没有大型井式炉的条件时,进行上述热处理可能造成超限的椭圆变形。在进行了各种比较之后,可以选择纵缝电渣焊(热处理后校圆)、环缝窄间隙焊的工艺。

按此工艺,相应的其他生产组成部分也确定了。例如设备应是电渣焊机和窄间隙埋弧焊机,辅助装备应是焊接滚轮架和焊接变位机;辅助和填充材料主要是焊丝、焊剂和保护气体;材料的准备加工,如坡口的加工应该精确(对于电渣焊坡口用气割切割加清理即可,



而窄间隙焊的坡口要求精确加工), 最好采用机械设备; 基本工人及辅助工人也随之确定; 由焊接工位决定的生产面积及布置形式也基本确定。

1.2.3 焊接生产的类别及其特点

根据不同类型产品的数量和每种产品的重复生产数, 可以把焊接生产分为: 单件小批、中批、大批和大量生产。当所设计的焊接生产越接近大批和大量生产时, 生产产品的数量越多, 类型越少 (表 1-1 ~ 表 1-3); 生产工艺过程应拟定得很详细, 以便于采用专门、复杂而高效率的设备和装备, 采用高生产率率的装配焊接方法, 采用各种机械化的起重运输设备, 快速移动生产的结构和部件; 生产设备负荷越大也越均衡; 生产的组织与调整也更先进。所有这些都有助于获得较高的技术、经济指标。

表 1-1 根据年生产产品明细表 (决定的生产类别表)

(单位: 件)

单件产品 总重/t	生产类别			
	单件小批	中 批	大 批	大 量
0.025 以下	5000 以下	5001 ~ 200000	200001 ~ 400000	400000 以上
0.025 ~ 0.1	2000 以下	2001 ~ 100000	100001 ~ 200000	200000 以上
0.1 ~ 0.5	500 以下	501 ~ 30000	30001 ~ 70000	70000 以上
0.5 ~ 1	300 以下	301 ~ 5000	5001 ~ 50000	50000 以上
1 ~ 5	200 以下	201 ~ 3500	3501 ~ 25000	25000 以上
5 ~ 25	100 以下	101 ~ 2000	2001 ~ 10000	10000 以上
25 ~ 100	50 以下	51 ~ 1000	1001 ~ 2500	2500 以上
100 以上	10 以下	大于 10	—	—

表 1-2 我国汽车工业生产性质表

(单位: 万辆/年)

生产对象: 载重汽车/t	生产类别		
	小 中 批	大 批	大量 (流水)
2 ~ 4	0.5 ~ 1.0	2.0 ~ 4.0	>5
8 ~ 15	0.2 ~ 0.5	1.0 ~ 2.0	>2

表 1-3 汽车、拖拉机冲压生产性质表

划分方法	单位	生产类别			
		小 批	中 批	大 批	大 量
按年产量	台	<10000	10000 ~ 50000	50000 ~ 150000	>150000
按每台压力机承担工序数	序数	25 ~ 50	15 ~ 25	3 ~ 15	1 ~ 3
按连续生产班数	班	<1	1 ~ 6	6 ~ 15	>15
按零件分					
大型零件展面积 >0.6m ²	件	<10000	10000 ~ 50000	50000 ~ 150000	>150000
中型零件展面积 0.1 ~ 0.6m ²	件	<20000	20000 ~ 100000	100000 ~ 500000	>500000
小型零件展面积 <0.1m ²	件	<50000	50000 ~ 250000	250000 ~ 750000	>750000



越接近单件生产,产品数量越少、类型越多,大多采用通用的装配焊接或起重运输设备及各种用途的其他装备;由于工人对产品的熟悉程度和经验不足,从而需要技术等级较高的工人;设备负荷也不均衡,这些都使其技术、经济指标较低。

工业生产常按产品组织生产、组成车间。如汽车厂,往往分为总装配车间(分厂)、车身车间(分厂)、底盘车间(分厂)、发动机车间(分厂)、车厢车间(分厂)等。在这些车间里往往设有焊接作业线、焊接工段或焊接工位,这些作业线、工段、工位和其他加工工艺(如冲压、成形、清洗、喷漆等)的作业线、工段和工位混杂排列,组成产品总的流水线,这是大批和大量生产按流水作业法制造产品时采用的生产组织方式。而在单件小批(有时中批)生产条件下,大多以生产工艺组成车间,如大电机厂、压力容器厂、金属结构厂等。全厂的主要焊接工作都是在装焊车间里完成。如前所述,由于单件小批生产技术经济指标低,故为使工厂企业的生产类型升级,可以采用以下措施以争取较好的经济效益。①组织同类型的零件集中生产,并实行工艺典型化。工厂整个产品可能属单件小批生产,但具体到某类型零件,如果集中生产之后,也可能属大批或大量生产,表1-3中,按年台产量属于小批,而按零件分属于大批或大量的,可在这种零件的生产作业线上组织流水生产。②扩大与其他企业的生产协作,即所谓横向联系,以减少本厂制造的零部件种类。③加强计划性,在保证按期交货的前提下,减少某个时期内生产产品的品种。④加强日常生产调度工作,改进劳动组织,实行“定人、定机、定活”。⑤加强标准化工作,扩大标准件和通用件的范围,使得零部件类型数减少。

1.2.4 焊接生产设计的步骤及内容

焊接生产(包括焊接车间)设计通常有两种情况:①原有工厂或车间在改革或调整过程中,产品改变、产品型号和结构改变、产量改变或工艺改变(采用新工艺和新设备),从而需进行设计;②筹建新厂设计。

由于设计的复杂性和大工作量,设计质量对基建投资和以后的施工建设有重大影响。故这种设计工作要分阶段进行,实行逐段审批和严格监督。过去学习苏联方法,将设计分为三个阶段,即初步设计、技术设计和施工设计。当有标准设计或类似企业的现成设计可供参考时,设计可分为两个阶段:扩大初步设计(包括初步设计和技术设计)和施工设计。随着改革和开放的逐步实行,为加速经济建设速度,避免建设中的失误,在建设工厂的决策确定下来,设计任务书下达之后,通常要进行可行性研究,提出可行性报告,然后才可以进行初步设计(相当于两阶段设计的扩大初步设计)、施工设计,基本上仍分为三个阶段。

根据国家计划或有关部委的委托,由专门设计院(或有关工程公司)编制可行性研究报告。可行性报告包括编制的依据,拟建工厂的位置、自然条件;拟建工厂的规模,生产技术方案,相应工艺原则,是否考虑引进国外先进工艺及设备;工作制度和年时基数;生产组成部分的概略估算;设备和人员,主要物料供应(规格和来源),动力消耗量;产品质量标准;总平面布置;运输及道路;公用设施(如供电、给排水、电信、空压站、乙炔站、中心实验室、供热等)和土建工程;投资估算和资金筹措;财务分析和经济评价—提出拟建项目的技术经济指标;项目实施规划等原属于初步设计的内容,实质上也是决定在当时、当地条件下建设该项目是否合算。



和过去不同的是,改革开放以来,我们实行的是有中国特色的社会主义市场经济,可行性报告还要包括市场情况部分,如国内外生产现状、市场需求调查结果和预测(需求或消费量分析、需求量计算、国外和国内发展趋势),这样就能避免盲目性。此外,基于国家对生态环境影响的相应法规要求,可行性报告中还要就工厂建成后对环境的影响加以说明,如有害因素的防止、三废的处理等都要编入报告,总图上对绿化应有所说明等。按照社会主义建设一切都是为了人们生活更美好,享受更高的物质文明和精神文明,可行性报告除总图中应有生活福利设施规划外,还要有劳动安全及防火篇章。

可行性报告要附有大量表格,如最重要的技术-经济指标表、主要设备装备一览表、投资估算表等,通过这些指标的比较,可得出经济评价及最终可行性的结论,上报有关领导机关审批,一旦可行性报告被批准,即进入初步设计阶段。

在初步设计阶段需将可行性报告所提及的原则及有关规定深化和具体化。设计目的是解决建厂中的一系列具体问题。

如生产工艺部分,要根据拟定的工厂产品明细表(产品的质量和数量)即生产纲领进行折算,按规定的工作制度、年时基数决定生产组成部分(详细决定其质量和数量);拟定生产工艺过程,编制工艺文件;进行车间平面布置的设计;提出所需设备装备的规格、技术说明或草图、略图,提出订货明细表。

工艺平面布置及总图设计决定了各车间位置、面积、高度,据此进行土建设计,绘制土建平面和剖面草图,还应附有供电、给排水、供热、运输、通风等公共设施的建筑设计。

确定工厂的生产组织及管理系统,详细进行技术经济指标的计算。总之,它是可行性报告的具体化,通常由各相关专业人员合作进行。焊接工艺及车间设计人员主要负责工艺部分的设计。详细拟定工艺过程时要充分考虑生产的性质,确定各工艺工序上加工方法、劳动量、设备及原材料的规格数量,生产产品流动路线、合理的布置等。

在初步设计完成之后,应能提供主要设备和材料的订货、征用土地、场地施工准备、工厂生产准备的依据。初步设计是一份较为完整的设计文件,它较可行性报告提供更详细的、成套的建厂资料,包括更详细、确切的表格,如生产纲领表、工作制度和年时基数表、各种产品的劳动量表、主要设备及平均负荷率表、设备分类明细表、工作人员表、胎夹具及非标准设备和装备表、动力消耗量表、车间组成和面积表、投资概算表及主要数据和技术-经济指标一览表等。

与可行性报告仅提供投资估算不同,初步设计由设计单位负责编制总概算。各车间的概算,工艺部分由工艺设计人员负责编制,土建及公用部分由土建、公用设计人员负责编制,最后由总概算设计人员负责汇总。设计概算是编制基本建设计划,控制建设项目(基本建设)投资、工程拨款和交工验收等的依据,它应与整个设计一道由主管机关(如部局或委托设计单位的上级)审批。经主管机关审批的总概算,不得任意突破,如因设计变更,对总概算有较大变更时,应编制修正概算。

工艺部分概算包括:设备原价、设备运杂费、设备安装费、旧设备拆除费、设备基础费、工具器具及生产用家具费。最后一项费用,通常由总概算设计人员根据全厂设备总投资的百分数来计算,而不用工艺设计人员编制,但属于工具器具范围之内而需要订货的,应列入设备明细表以便订货,但不必填写价格,以免重复。

施工图设计按已批准的初步设计文件及审批意见进行。设计前还应具备水文、地质勘探