



焊接结构与制造

陈美婷◎主编

焊接结构与制造

主 编 罗 慧 陈美婷

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内容提要

本书的内容编排结合岗位技术特点, 贴近生产实际。在尊重教学规律的前提下, 注重对部分专业知识的重新整合和对学生创新精神和实践能力的培养。全书在保证理论体系清晰、完整的前提下, 力争做到实用为先、够用为度、宽基础、厚专业。全书主要内容分为 8 章, 第 1 章介绍焊接结构理论知识, 第 2 章介绍焊接应力与变形及其控制, 第 3 章介绍焊接结构备料及成形加工, 第 4 章介绍焊接结构的装配焊接工艺, 第 5 章介绍焊接结构工艺性审查及制定, 第 6 章介绍典型焊接结构的生产工艺, 第 7 章介绍装配焊接工艺装备, 第 8 章介绍焊接结构生产组织与安全技术。

本书可供焊接技术、机械制造、材料加工等专业及热加工工种的师生使用, 也可作为岗位培训教材和相关工程技术人员的参考资料。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

焊接结构与制造 / 罗慧、陈美婷主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2016.3

ISBN 978-7-5682-1954-9

I. ①焊… II. ①罗… ②陈… III. ①焊接结构—焊接工艺 IV. ①TG44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 043739 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京通县华龙印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 19

字 数 / 410 千字

版 次 / 2016 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

定 价 / 54.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

PREFACE // 前言

在教材的编写过程中，我们始终坚持了以下几个原则。

（1）坚持中高级技能人才的培养方向，从职业（岗位）需求分析入手，强调实用性，使学生掌握一定理论知识，培养学生分析问题、解决问题的能力，并引导学生理论联系实际，提高学生操作技能水平。

（2）紧密结合教学实际情况，化繁为简，化难为易，全书以国家职业资格标准为依据，力求使教材内容在覆盖职业技能鉴定的各项要求的基础上拓展外延，以满足不同层次的各级各类学校和工矿企业的需求。

（3）突出教材的时代感，力求较多地引进新知识、新技术、新工艺、新方法、新材料等方面的内容，较全面地反映焊接技术发展趋势。

（4）打破传统的教材编写模式，树立以学生为主体的教学理念，强调培养学生自主学习能力。

本套教材是基于编者多年的教学实践积淀而成。编写时，取材力求少而精，突出实用性，内容紧密结合工程实践。本套教程可供焊接技术、机械制造、材料加工等专业及热加工工种的师生使用，也可作为岗位培训教材和相关工程技术人员的参考资料。

编 者

目 录

Contents

绪论	1
第 1 章 焊接结构的基础知识	10
1. 1 焊接接头的基本知识	10
1. 2 焊接结构的基本构件	25
1. 3 焊接结构生产工艺过程简介	42
复习思考题	46
第 2 章 焊接应力与变形及其控制	47
2. 1 焊接应力与变形的产生	47
2. 2 焊接残余应力及其控制	52
2. 3 焊接残余变形及其控制	67
2. 4 焊接结构强度的基本知识	82
复习思考题	93
第 3 章 焊接结构备料及成型加工	94
3. 1 钢材的矫正及预处理	94
3. 2 划线、放样与下料	100
3. 3 弯曲与成型	112
3. 4 冲压成型	120
复习思考题	124
实践练习	124
第 4 章 焊接结构的装配与焊接工艺	125
4. 1 焊接结构装配	125
4. 2 焊接结构装配工艺	138
4. 3 焊接结构的焊接工艺	150

复习思考题	159
实践练习	159
第5章 焊接结构工艺性审查及制定	160
5.1 焊接结构工艺性审查	160
5.2 焊接结构加工工艺过程	177
复习思考题	188
第6章 典型焊接结构的生产	190
6.1 桥式起重机箱形桥架的生产	190
6.2 压力容器焊接结构的生产	197
6.3 船舶结构的生产	210
6.4 桁架的生产	216
6.5 薄板结构的生产	220
6.6 建筑钢结构的生产	225
复习思考题	229
第7章 装配焊接工艺装备	231
7.1 概述	231
7.2 焊接工装夹具	236
7.3 焊接变位机械	248
7.4 其他装置与设备	260
复习思考题	267
第8章 焊接结构生产组织与安全技术	268
8.1 焊接结构生产的组成与平面布置	268
8.2 焊接结构生产的组织	272
8.3 焊接结构生产的安全技术	276
8.4 焊接生产中的劳动保护与安全管理	279
复习思考题	282
实验1 焊接变形的观测实验	283
实验2 焊接变形的矫正	286
参考文献	289

绪 论

我国是世界上最早应用焊接技术的国家之一。远在战国时期，铜器的主体、耳、足就是利用钎焊来连接的。其后明代《天工开物》一书中有“凡铁性逐节黏合，涂黄泥于接口之上，入火挥锤，泥渣成枵而去，取其神气为谋合，胶结之后，非灼红斧斩，永不可断”的记载。这说明当时人们已懂得锻焊使用焊剂，可获得质量较高的焊接接头。我们的祖先为古老的焊接技术发展史留下了光辉的一页，显示出我国是一个具有悠久焊接历史的国家。

近代焊接技术是在电能成功地应用于工业生产之后出现的，从 1882 年发明电弧焊到现在已有一百余年的历史。在电弧焊的初期，不成熟的焊接工艺使焊接在生产中的应用受到限制，直到 20 世纪 40 年代才形成较为完整的焊接工艺体系，埋弧焊和电阻焊得到成功的应用。20 世纪 50 年代的电渣焊、各种气体保护焊、超声波焊，20 世纪 60 年代的等离子弧焊、电子束焊、激光焊等先进焊接方法的不断涌现，使焊接技术达到一个新水平。近年来对能量束焊接、太阳能焊接、冷压焊等新的焊接方法也开始研究，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和工业电视监视焊接过程，使焊接过程便于遥控，有助于实现焊接自动化。工业机器人的问世，使焊接工艺自动化达到一个崭新的阶段。

焊接结构随焊接技术的发展而产生，从 20 世纪 20 年代开始得到了越来越广泛的应用。第一艘全焊远洋船是 1921 年建造的，但开始大量制造焊接结构是 20 世纪 30 年代以后。伴随焊接结构的发展也发生了一些事故，如 20 世纪 30 年代末有名的比利时全焊钢桥的断裂和第二次世界大战期间紧急建造的 EC2 货轮的断裂等。随着冶金和钢铁工业的发展，一些新工艺、新材料、新技术不断涌现，以及焊接技术和理论的发展，更重要的是国民经济和军事工业发展的需要，大大推动了焊接结构及焊接生产，使其获得了迅猛的发展。

1. 焊接结构的发展

焊接结构近年来的发展趋势如下。

(1) 焊接结构获得进一步推广和应用。焊接结构生产是将各种经过轧制的金属材料及铸、锻等坯料采用焊接方法制成能承受一定载荷的金属结构制造过程。随着焊接

技术的发展和进步,焊接结构的应用越来越广泛,焊接结构几乎渗透到国民经济的各个领域。如机械制造、石油化工、矿山机械、能源电力、铁路车辆、国防装备、航空航天、舰船制造等,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。在工业发达的国家中一般焊接结构占钢产量的45%~50%,如苏联到20世纪80年代中期焊接结构已近80兆吨,其用钢量占全苏联总量的50%。我国2001年钢产量即达1.5亿吨,原煤产量达14亿吨,原油产量达1.6亿~1.7亿吨,天然气产量达300亿~400亿立方米,发电设备年装机容量达2000万千瓦(其中火电设备1500万千瓦),2007年汽车产量560万辆,2006年船舶产量为1452万吨。2007年1~11月份,我国粗钢产量达44783万吨,焊接钢材用量占全部钢产量的50%。由于采矿机械,采油、炼油、输油设备,大型风能、水电、火电、核电成套设备,大中型建筑机械,国防工业成套设备以及规模生产汽车和农用车及其组装焊接生产线的建设,要求机械工业提供大型冶金设备,并且这些重大成套技术装备极大部分为焊接结构。

(2) 焊接结构向大型化、高参数、精确尺寸方向发展。如100万吨级巨型油轮;容积为10万立方米的大型储罐;国产核电站600 MW反应堆压力壳,高达12.11 m,内径3.85 m,外径4.5 m,壁厚达195~475 mm。国外还有1480 MW反应堆压力壳,高12.85 m,直径5~5.5 m,壁厚达200~600 mm,重达483 t;工作压力为32.4 MPa,温度为650℃的1.2 GW电站锅炉;壁厚达200~280 mm,内径2 m,筒体部件长20多米,重达560 t的热壁加氢反应器;还有具有“世界第一拱桥”之称的上海卢浦大桥,全长3900 m,跨度550 m,为世界跨度最大的全焊钢结构拱桥,用厚度为30~100 mm的细晶粒钢焊接而成,如图0-1所示。2007年由美国《时代》周刊评出的世界十大建筑奇迹之一的2008年奥运会主会场——中国国家体育场造型呈双曲面马鞍形,东西向结构高度为68 m,南北向结构高度为41 m,钢结构最大跨度长轴为333 m,短轴为291 m,由24榀门式桁架围绕体育场内部碗状看台旋转而成,结构组件相互支撑,形成网络状构架,组成体育场整个的“鸟巢”造型,如图0-2所示。



图0-1 上海卢浦大桥

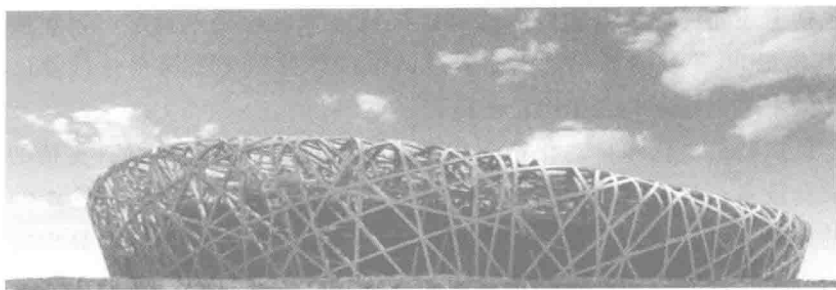


图 0-2 中国国家体育场

(3) 焊接结构材料已从碳素结构钢转向采用低合金结构钢、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或正在研制的微合金化控轧钢 (如 TM-CP 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用的 Z 向钢、高强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, 汽车车身用超轻型结构用钢, 高耐火性高层建筑用钢, 制造固体燃料火箭发动机壳的 4 340 钢, 抗拉强度可大 1 765 MPa 等。

在焊接结构的使用环境相对日益复杂的苛刻条件下, 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, 还有用防锈铝合金制造输送液化天然气的货船和球罐等。

(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的规范进行, 接受有关部门的监督, 但结构设计共同的发展趋势是采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。

2. 焊接结构生产的发展

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焊接生产发展, 近年来焊接生产的主要发展趋势如下。

(1) 先进的优质、高产、低耗、廉价和清洁的焊接不断发展并快速在焊接生产中获得应用。如在很多场合, CO_2 气体保护焊代替了焊条电弧焊; 用负氩的混合气体保护焊、氩弧焊 (MIG 焊和 TIG 焊) 焊接高强度钢、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的 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; 在航空航天、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又有新发展, 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, 广泛采用铁粉焊条等。

(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。20 世纪 90 年代国外一些工业先进国家按焊接填充金属重量计算已达到机械化、自动化的水平,我国与之相比差距较大。

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。如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割机,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的各种空间曲线,都采用了精密的数控切割。有的工厂,对 6 mm 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%以上的板材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,但有剪切向热切割、数控切割过渡的趋势已十分明显。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型工艺也有很大变化,如制造圆筒容器所用大量卷板工艺,已经开始采用数控卷板代替繁重的手工卷板。各种封头的成型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本涂饰质量。

(5) 焊接结构的可靠性预测。焊接结构的可靠性保证主要体现在 3 个方面:大型装备中焊接结构的应力控制;薄板结构的变形控制;服役装备结构的寿命预测和评估。目前采用的主要方法是利用高速计算机、工具软件和模型进行仿真模拟,提供工艺优化的方法,以及利用各种消除应力的手段来解决这一问题,进行大型水轮转子的应力评估、大功率电动机主轴应力分析等,焊接工作者正在完成焊接结构的“理论—工程试验—实践”向“理论—计算机模拟—实践”的过渡。

(6) 焊接结构生产的发展趋势。焊接领域将来的发展趋势是高速焊接、数字化电源、传感技术、激光应用、自动化、省力化。

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,包括焊接结构能否站住脚,争得一席之地,这与焊接生产的能力有很大关系。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。

在焊接理论研究方面,建立了焊接研究所和焊接设备研究所,在许多高、中等职业院校设置了焊接专业,为发展焊接科学技术和培养焊接技术技能型人才创造了良好的氛围。

目前,随着科学技术的进步和工业的发展,一方面高强度钢等新材料不断开发和应用;另一方面焊接结构日趋复杂,焊接工作量越来越大,对焊接技术的要求越来越严格,对提高焊接生产率的要求日益迫切。

3. 焊接结构的特点与分类

(1) 焊接结构优点。焊接结构之所以能有上述巨大的发展,是与焊接结构的一系列优点分不开的。

①焊接结构可以减轻结构的重量,提高产品的质量,特别是大型毛坯的质量(相对铸造毛坯)。相对铆接结构其接头效能较高,节省金属材料,节约基建投资,可以取得较大的经济效益。如 120 000 kN 水压机改用焊接结构后,主机重量减轻 20%~26%,上梁、活动横梁减轻 20%~40%,下梁减轻 50%;某大型颚式破碎机改用焊接结构后,节约生产费用 30 多万元,成本降低了 20%~25%。

②焊接结构由于采用焊接连接,理论上其连接厚度是没有限制的(与铆接相比),这就为制造大厚度巨型结构创造了条件。采用焊接能使结构有很好的气密性和水密性,这是储罐、压力容器、船壳等结构必备的性能。前述热壁式加氢反应器和核容器是极好的实例。

③焊接结构多用轧钢制造,它的过载能力、承受冲力载荷能力较强(和铸造结构相比)。对于复杂的连接,用焊接接头来实现要比铆接简单得多,高水平的焊接结构设计人员可以灵活地进行结构设计,并有多种满足使用要求可供选择,简单的对接焊和角焊就能构成各种焊接结构。

④焊接结构可根据结构各部位在工作时的环境,所承受的载荷大小和特征,采用不同的材料制造,并采用异种钢焊接式堆焊制成。从而满足了结构使用性能,又降低制造成本。如热壁加氢反应器,内壁要有抗氢腐蚀能力,如全用抗氢钢卷制,贵而不划算,尿素合成塔则要包括尿素在内多种化工产品的腐蚀,故这类厚壁筒内壁采用堆焊(或内衬)不锈钢(或镍基合金)来制造。

⑤节省制造工时,同时也就节约了设备及工作场地的占用时间,这也可以获得节约资金的效果。例如在现代造船厂里,一个自重 20 万吨的油轮,可在不到 3 个月的时间里下水,同样的油轮如用铆接制造,需要一年多的时间下水。与铆接结构的经济性相比,它还具有结构制造成品率高的特点,即焊接结构制造过程中一旦出现焊接缺陷,修复比较容易,很少产生废品。

(2) 焊接生产的特点。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。如上所述, 各种各样的焊接结构都是焊接生产的产品, 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、工业锅炉主体、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。

在工厂中负担焊接生产的车间, 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), 是工厂最终产品的总装车间、涂饰车间或成品库的供应者, 同时它也是工厂的备料车间 (切割下料与冲压成型、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地联系, 随着焊接结构和焊接生产的发展, 焊接生产在工业中占有越来越重要的地位。

此外, 焊接生产在工程建设和工程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 $1/3$; 目前计划修建西气东输管线, 干线长 $4\,000\text{ km}$ 的管线, 拟采用 X70 钢管, 直径为 $1\,016\text{ mm}$, 壁厚为 $14.6\sim 26.2\text{ mm}$, 仅接头就有约 40 万个, 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。

(3) 焊接结构的分类。焊接结构难以用单一的方法将其分类。有时按照制造结构板件的厚度分为薄板、中厚板、厚板结构; 有时又按照最终产品分为飞机结构、油罐车、船体结构、客车车体等; 按采用的材料, 可分为钢焊结构, 铝、钛合金结构等。按结构工作的特征, 并与其设计和制造紧密相连, 结构的分类及其各自的特点可简述如下。

①梁、柱和桁架结构。分别工作在横向弯曲载荷和纵向弯曲或压力下的结构可称为梁和柱。由多种杆件被节点连成承担梁或柱的载荷, 而各杆件都是主要工作在拉伸或压缩载荷下的结构称为桁架。作为梁的桁架结构杆件分为上下弦杆、腹杆 (又分竖杆和斜杆), 载荷作用在节点上, 从而使各杆件形成只受拉 (或压) 的二力杆。实际上, 许多高耸结构, 如输变电钢塔、电视塔等也是桁架结构。

梁、柱和桁架结构是组成各类建筑钢结构的基础, 如高层建筑的钢结构、冶金厂房的钢结构 (屋架、吊车梁、柱等)、冶炼平台的框架结构等。它还是各类起重机金属结构的基础, 如起重机的主梁、横梁, 门式起重机的支腿、栈桥结构等。用做建筑钢结构的梁、柱和桁架常常在静载下工作, 如屋顶桁架。而作为起重机的金属结构, 包括桥梁桁架和起重机桁架则在交变载荷下工作, 有时还是在露天条件下工作, 受气候环境与温度的影响, 这类结构的脆性断裂和疲劳问题应引起更大关注。

②壳体结构。它是充分发挥焊接结构水密、气密特点, 应用最广、用钢量最大的

结构。它包括各种焊接容器、立式和卧式储罐（圆筒形）、球形容器（包括水珠状容器）、各种工业锅炉、废热锅炉、电站锅炉的锅筒、各种压力容器，以及冶金设备（高炉炉壳、热风炉、除尘器、洗涤塔等）、水泥窑炉壳、水轮发电机的蜗壳等。

壳体结构大多用钢板成型加工后拼焊而成，要求焊缝致密。一些承受内压或外压的结构一旦焊缝失效，将造成重大损失。

③运输装备的结构。它们大多承受动载，有很高的强度、刚度、安全性要求，并希望重量最小，如汽车结构（轿车车体、载货车的驾驶室等）、铁路敞车、客车车体和船体结构等。而汽车结构全部、客车体大部分又是冷冲压后经电阻焊或熔焊组成的结构。

以上所述结构因失效会造成严重损失，这类结构的设计和制造监察应按国家法规进行。

④复合结构及焊接机器零件。这些结构或零件是机器的一部分，要满足工作机器的各项要求。如工作载荷常是冲击或交变载荷，还常要求耐磨、耐蚀、耐高温等。为满足这些要求，或满足零件不同部位的不同要求，如前焊接结构优点所述，这类结构往往采用多种材料与工艺制成的毛坯再焊接而成，有的就构成所谓的复合结构，常见的有铸—压—焊结构、铸—焊结构和锻—焊结构等。

复合结构的焊接可以在加工毛坯后完成，如挖掘机的焊接铲斗；而大多数是粗加工或未经机加工的毛坯焊接成结构后再精加工完成，如巨型焊接齿轮、锅筒、汽轮发电机的转子和水轮机的焊接主轴、转轮和座环，60 000 kN 水压机的立柱、梁、工作缸等。

4. 焊接结构存在的问题

焊接结构也存在一些问题，这些问题正是本书要进行讨论的主要内容之一。

（1）焊接结构中必然存在焊接残余应力和变形，绝大多数焊接结构都是采用局部加热的焊接方法制造，这样不可避免地将产生较大的焊接应力和变形。焊接应力和变形不仅影响结构的外形和尺寸；在一定条件下，还将影响结构的承载能力，如强度、刚度和稳定性；对焊后加工也带来一些问题，如尺寸的稳定性和加工精度；同时还是导致焊接缺陷的重要原因之一。

（2）焊接过程会局部改变材料的性能，使结构中的性能可能不均匀。尤其是某些高强度、超高强度钢，如微合金控轧钢有优良的性能，但它要求焊接过程实现焊缝金属净化化和通过微合金化使之实现细晶粒化。一些金属材料焊接比较困难，这就导致了焊接缺陷，虽然焊接缺陷大多数能够修复，但是一旦漏检或修复不当则可能带来严重的问题，如形成应力集中，加之性能不均匀将更严重地影响结构的断裂行为，降低结构的承载能力。

（3）焊接结构是一个整体，这一方面是气密、水密的前提，另一方面刚度大，在焊接结构中易产生裂纹，使之很难像铆接或螺栓连接那样在零件的过渡处被制止，由于这个原因和上述原因（焊接应力和变形、缺陷、大应力集中、性能不均匀等）导致

焊接结构对脆性断裂和疲劳、应力腐蚀等的破坏特别敏感。

(4) 由于科学技术的进步,无损检测手段获得了重大发展,但到目前为止,经济而十分可靠的检测手段仍感缺乏。

5. 本课程主要内容及要求

《焊接结构与制造》是中、高等职业学校焊接专业的一门主干课程,主要任务是使学生了解焊接结构生产的基本知识,具备生产焊接结构的基本技能,为从事焊接生产及其他相关方面的工作打下基础。

本课程的主要内容及基本要求:

①焊接应力与变形的基本知识。要求掌握焊接应力与变形的概念、产生的原因、分布规律以及防止措施、矫正方法。而对于应力的计算和测定可以根据需要选学或不学。

②焊接结构制造工艺规程的有关知识。要求掌握工艺规程的概念;对工艺规程的作用有一定的认识;了解工艺规程包含的内容、编制工艺规程的步骤和程序;能够编制简单的焊接工艺规程;了解工艺评定的意义及评定程序(熟悉JB 4708—2000)。

③焊接结构零件加工。了解焊接结构生产中常用的备料和成型加工方法;能够对简单结构进行放样处理;能够根据结构制造需要,选用相应的加工设备。

④焊接工装夹具和焊接变位机械。了解焊接工艺装备的分类、作用,会选用常用的专用焊接工艺装备。

⑤典型焊接结构制造的有关知识。要求能够从使用性能和工艺性能方面大致分析焊接结构的合理性;了解压力容器的分类等有关知识;熟悉压力容器制造过程;熟悉焊接梁的制造过程。

⑥焊接生产的质量保证体系。了解质量保证体系的概念;了解焊接生产质量保证的环节和方法;认识目前使用的一些质量管理和质量保证的标准。

⑦焊接安全生产和安全防护。认识安全生产的重大意义;了解焊接生产中存在的安全问题以及应采取的措施。

6. 教学方法及建议

《焊接结构与制造》是一门实践性很强的焊接专业技术课。本课程是对其他焊接专业知识的综合应用。在讲授本课程第1章,即焊接结构的基础知识时,可以根据教学需要,本着“必需、够用、有用”的原则取舍内容。在教学过程中,应根据教学进度,组织学生进行必要的参观教学或通过多媒体教学手段,使学生对典型焊接结构的安全生产过程有一定的感性认识。在组织课堂教学时,要注意紧密联系焊接专业其他专业课程的内容,重点讲授焊接专业知识在焊接结构制造中的应用,以培养学生对焊接专业知识的综合应用能力。在讲授过程中,还要注意结合焊接技术的发展,为学生介绍一些新技术、新工艺等,以开阔学生的视野和思路。

复习思考题

1. 焊接结构与铆接结构相比有哪些优点?
2. 典型的焊接结构有哪些?

第 1 章

焊接结构的基础知识

本章内容包括焊接接头的组成、基本形式及焊缝的基本形式。焊接结构的应用和有关技术特点等。通过机械零部件焊接、容器焊接、船舶焊接以及梁柱焊接等典型实例,对焊接结构基本构件的概念、结构特点、工作条件进行简要地分析和讨论,同时介绍焊接接头和焊接生产工艺过程的基本知识。

1.1 焊接接头的基本知识

1.1.1 焊接接头的基本概念

焊接结构通过焊接方法将各零件连接起来,焊接连接处称为焊接接头。焊接接头的作用大致可分为以下 3 种。

(1) 工作接头。它可将焊接接头中的作用力从一个零件传至另一个零件,对工作接头必须进行强度计算,并保证是安全可靠的。

(2) 联系接头。它将两个或更多的零件连接成一个整体,以保持其相对位置。连接这种接头的焊缝不传递零件中的作用力,焊缝即使被破坏,一般不会影响整个结构的安全工作。实际上,联系接头中的焊缝作为整个结构中的一部分,往往也参与力的传递或承受一部分作用力,但传递作用力不是焊缝的主要任务,因而通常不作强度计算。

(3) 密封接头。通过焊接,保证结构的气密性或水密性,防止泄漏是这种接头的主要任务。但是,密封接头可以同时是工作接头或联系接头。

现代焊接技术发展迅速,新的焊接方法不断出现,接头类型更是繁多,但应用最广的焊接方法是熔化焊。本节以熔化焊接头为重点进行分析。焊接接头是由焊缝金属、熔合线、热影响区和母材组成,如图 1-1 所示。

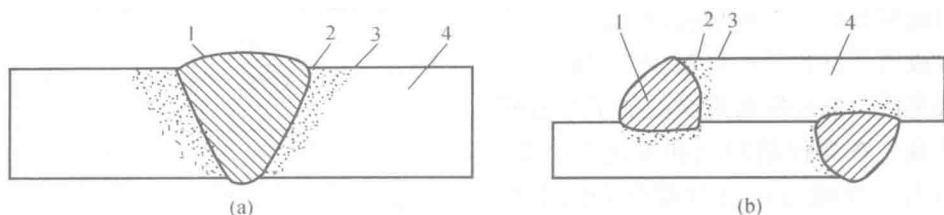


图 1-1 熔化焊焊接接头的组成

(a) 对接接头断面图；(b) 搭接接头断面图

1 - 焊缝金属；2 - 熔合线；3 - 热影响区；4 - 母材

1.1.2 焊缝的基本形式

焊接接头的形式主要是依据焊接结构形式、结构及零件的几何尺寸、结构装配、焊接方法、焊接位置、焊接条件及技术条件等。焊接接头主要依据焊接方法划分，常用的焊接接头有对接接头、丁字接头、搭接接头、角接接头、十字接头、端接接头、套管接头、斜对接接头、卷边接头、锁底对接接头等。本节主要介绍熔化焊的接头形式，适当兼顾介绍其他焊接方法的焊接接头形式。熔化焊焊接接头的基本形式有对接接头、搭接接头、丁字接头和角接接头等4种，如图1-2所示。选用接头形式时，应该熟悉各种接头的优缺点。

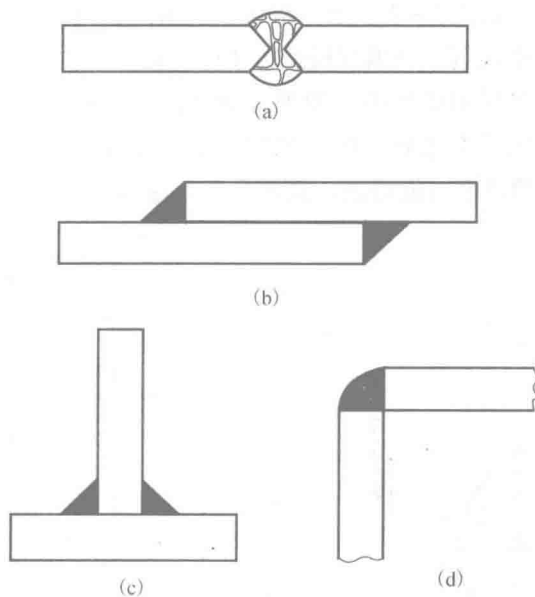


图 1-2 接头的4种基本类

(a) 对接接头；(b) 搭接接头；(c) 丁字接头；(d) 角接接头

1. 对接接头

对接接头用于连接在同一平面中的金属板，从力学角度看是比较理想的接头形式，