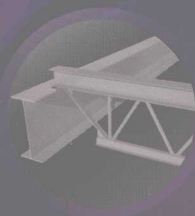


张彦华 编

焊接结构设计应用

HANJIE JIEGOU SHEJI JI YINGYONG

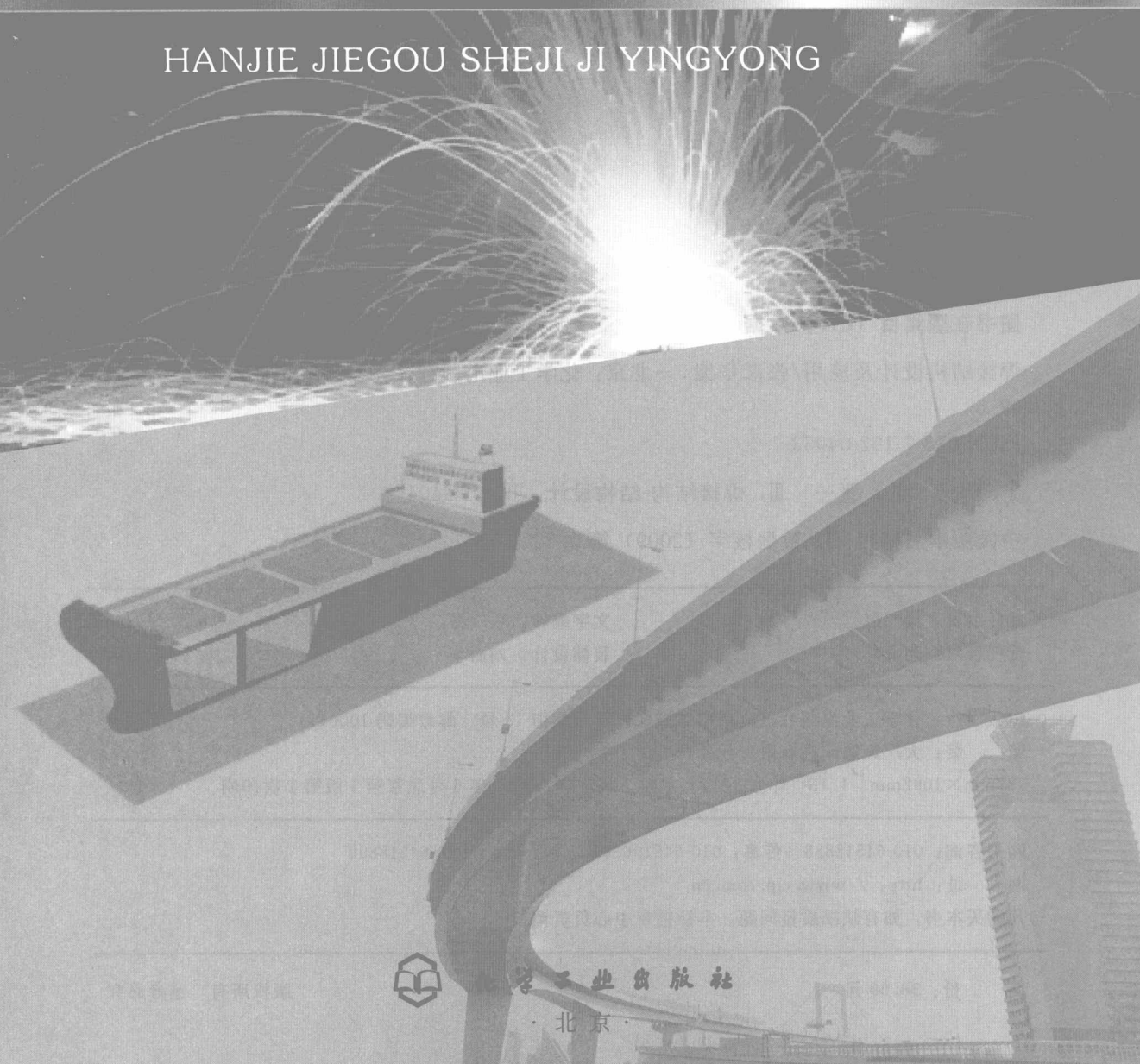


化学工业出版社

张彦华 编

焊接结构设计及应用

HANJIE JIEGOU SHEJI JI YINGYONG



机械工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

焊接结构设计及应用/张彦华编. —北京: 化学工业出版社,
2009. 5

ISBN 978-7-122-04953-7

I. 焊… II. 张… III. 焊接结构-结构设计 IV. TG404

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 026284 号

责任编辑: 周 红

文字编辑: 项 激

责任校对: 陶燕华

装帧设计: 刘丽华

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 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 12½ 字数 302 千字 2009 年 6 月北京第 1 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: 30.00 元

版权所有 违者必究

前言

焊接是实现材料精确、可靠、低成本、高效连接的关键技术，是产品结构创新设计的重要手段。焊接结构在航空、航天、交通、能源、化工、建筑等工程装备与结构中得到广泛的应用。未来的焊接需要作为产品寿命周期、费用、质量与可靠性的关键技术集成到产品设计与制造系统，产品设计的早期阶段就必须考虑焊接结构合理性、安全性、可靠性、可焊接性、适用性等问题。焊接与产品设计、制造的有效集成是焊接从“技艺”走向制造科学的重要标志，也是提升焊接技术水平的重要挑战。特别是随着计算机模拟技术在焊接中的普遍应用，使得焊接工作者能够预测焊接工艺的可行性，减少在实际生产过程中不协调因素的影响，以快速开发产品与工艺。

焊接结构设计的关键是构件焊接节点或焊接接头的设计。焊接结构设计的依据是国家颁布的有关标准和规范，同时必须了解焊接结构的特点，这样才能设计出合理的焊接结构。本书根据现代焊接结构的发展及应用，汇集了有关焊接结构设计基础以及典型焊接结构设计要点等相关知识，目的是为有关设计人员及相关工程技术人员提供参考。但是，由于焊接结构涉及范围广泛，很难通过本书全面地展现出来，因此，本书的作用也仅仅是为读者提供指引和参考。

本书以焊接结构设计基础以及典型焊接结构设计为主要内容，在介绍焊接结构设计基础的前提下，重点介绍了梁柱、桁架、压力容器、船体和机件等典型焊接结构的设计方法及步骤。本书内容系统，条理清晰，讲解详细，并配有大量的图片，方便读者学习和理解。

本书力求全面介绍焊接结构设计的基本问题，但由于编者水平有限，书中难免存在不妥之处，敬请读者予以指正。

编者

目录

绪论	1
0.1 焊接结构的应用	1
0.2 焊接结构的特点	5
0.3 焊接结构的分类	6
0.4 焊接结构设计内容与方法	7
第1章 焊接结构的设计方法	8
1.1 焊接结构的基本要求	8
1.2 载荷	9
1.2.1 载荷分类	9
1.2.2 载荷组合	9
1.3 焊接结构的失效形式	10
1.3.1 断裂失效	10
1.3.2 表面损伤	11
1.3.3 过量变形	11
1.3.4 材质变化失效	12
1.4 焊接结构承载能力的设计计算方法	12
1.4.1 常规设计方法	12
1.4.2 概率极限状态设计法	13
1.4.3 分析设计	16
1.5 焊接结构的断裂控制设计	19
1.5.1 影响焊接结构脆断的主要因素	19
1.5.2 焊接结构的断裂控制	20
1.5.3 焊接结构的合于使用评定方法	22
1.6 焊接结构的疲劳强度设计	24
1.6.1 焊接接头的疲劳	24
1.6.2 焊接接头疲劳强度分析方法	30

1.6.3 焊接接头的疲劳强度分级	32
1.7 焊接结构的构造设计	38
1.7.1 截面设计	38
1.7.2 可达性设计	38
1.7.3 焊接变形控制设计	39
1.7.4 抗震性设计	40

第2章 焊接接头及强度计算 43

2.1 焊接接头	43
2.1.1 焊接接头	43
2.1.2 焊接接头及焊缝的基本形式	45
2.2 焊接接头的工作应力分布	50
2.2.1 电弧焊接头的工作应力分布	50
2.2.2 点焊接头的工作应力分布	55
2.3 焊接接头的强度非匹配	56
2.3.1 焊接接头强度非匹配	56
2.3.2 对接接头强度非匹配力学行为	58
2.4 焊接接头的强度计算	60
2.4.1 对接接头的强度计算	60
2.4.2 角焊缝的强度计算	62
2.4.3 点焊接头的强度计算	68
2.4.4 焊缝的许用应力	70

第3章 梁柱焊接结构 71

3.1 焊接梁的设计	71
3.1.1 梁的类型	71
3.1.2 梁的拼接	72
3.1.3 梁的支座	75
3.1.4 梁的设计	76
3.2 焊接柱的设计	79
3.2.1 焊接柱的类型	79
3.2.2 实腹式轴心受压柱的设计与构造	80
3.2.3 格构式轴心受压柱的设计	82
3.2.4 柱头和柱脚的构造设计	85
3.3 梁与柱的连接	89
3.3.1 梁与柱的铰接连接	89
3.3.2 梁与柱的刚性连接	90
3.3.3 梁与柱的半刚性连接	92

第4章	桁架焊接结构	93
4.1	桁架的形式和主要尺寸	93
4.1.1	桁架的形式	93
4.1.2	桁架的主要尺寸	94
4.2	桁架的荷载和截面设计	95
4.2.1	桁架的荷载与荷载组合	95
4.2.2	桁架杆件的内力计算	96
4.2.3	桁架杆件的截面选择和计算	96
4.3	桁架节点设计	98
4.3.1	桁架的节点构造要求	98
4.3.2	节点设计步骤和要求	99
4.3.3	节点计算	101
4.4	焊接管节点设计	104
4.4.1	直接焊接管节点的构造形式	104
4.4.2	相贯焊缝的计算	107
4.4.3	直接焊接管节点的承载力	108
第5章	压力容器焊接结构	111
5.1	压力容器的分类与结构特点	111
5.1.1	压力容器的分类	111
5.1.2	压力容器的结构	113
5.2	压力容器设计方法	115
5.2.1	设计参数	115
5.2.2	压力容器的常规设计	116
5.2.3	分析设计	127
5.3	压力容器焊接设计	129
5.3.1	压力容器焊接接头分类	129
5.3.2	压力容器焊接结构设计的基本原则	129
5.3.3	压力容器常用焊接结构设计	130
第6章	船体焊接结构	139
6.1	船体结构概述	139
6.1.1	船体的结构形式	139
6.1.2	船体结构建造	143
6.2	船底结构	144
6.2.1	双层底结构	144
6.2.2	单层底结构	146

6.3 舷侧结构	147
6.3.1 舷侧结构类型	147
6.3.2 舷侧骨架	147
6.3.3 舷边	150
6.4 甲板结构	150
6.4.1 甲板结构类型	151
6.4.2 甲板结构件	152
6.4.3 货舱口结构和舱口悬臂梁	152
6.5 舱壁结构	154
6.5.1 平面舱壁	154
6.5.2 槽形舱壁	155
6.6 首尾结构	156
6.6.1 首端结构	156
6.6.2 尾端结构	156

第7章 机件焊接结构 160

7.1 机件焊接结构设计概述	160
7.2 支承件焊接结构	164
7.2.1 支承件设计要点	164
7.2.2 机身焊接结构	164
7.2.3 箱体和轴承支座焊接结构	171
7.3 转动部件焊接结构	177
7.3.1 齿轮、带轮和飞轮	177
7.3.2 焊接鼓筒	184
7.3.3 水轮机转轮与主轴	185

参考文献 188

绪 论

焊接是实现材料精确、可靠、低成本、高效连接的关键技术，是产品设计与工艺创新的手段。现代焊接结构设计是产品制造、使用与维护等全寿命周期任务的关键环节。

0.1 焊接结构的应用

焊接结构在航空、航天、交通、能源、化工、建筑等工程装备与结构中得到广泛的应用，其显著特点是向大型和重特型方向发展。近年来，我国在大型焊接钢结构的开发与应用方面取得了举世瞩目的成就。例如，有“世界第一拱”美誉的世界最长拱桥——上海卢浦大桥主桥（图 0-1），主跨 550m，用钢量达 $3.5 \times 10^4 \text{t}$ ，除合龙接口采用栓接外，大桥上端两条彩虹式的拱肋采用一个个连续钢箱焊接而成，是国际上首次采用全焊接制造的世界最大跨度的钢结构拱桥，焊缝长度为 582km，钢板焊接厚度达 100mm，是世界钢结构桥梁建造中现场钢板焊接厚度最大的一座。

位于北京市朝阳区北辰西路奥林匹克公园的国家体育场（鸟巢）是 2008 年奥运会主会场，占地 21.4 公顷，总建筑面积约 $25.8 \times 10^4 \text{m}^2$ 。由钢结构与混凝土结构组成（图 0-2）。空间钢结构由 24 榀门式桁架围绕着体育场内部碗状看台区旋转而成，结构组件相



图 0-1 上海卢浦大桥



图 0-2 国家体育场（鸟巢）局部结构

互支撑，形成网格状构架，组成体育场整体的“鸟巢”造型。桁架杆件截面均为箱形断面，整体构件为复杂的弯扭构件。

航天器的发展要求不断采用新材料、新结构和先进的制造技术。焊接是运载火箭与导弹、卫星、航天飞机、空间站等航天结构的主要制造工艺。如长征三号运载火箭推进剂储箱的焊缝总长近 600m，螺旋管式喷管焊缝总长 820 余米。洛克希德·马丁公司和马歇尔太空飞行中心研究用 VPPA（变极性等离子弧焊）焊接厚度 3~26mm、焊缝长 900m 的 2195 铝锂合金外储箱，比用 GTA（气体钨极电弧焊）焊接的质量提高，成本降低。近年来，搅拌摩擦焊受到航天工业的关注。英国焊接研究院（TWI）应用搅拌摩擦焊为波音公司制造了铝合金航天飞机燃料储箱（图 0-3）。洛克希德·马丁公司、罗克韦尔公司、爱迪生焊接研究所等多家公司和研究机构开展了搅拌摩擦焊的研究与应用评估和开发计划。麦道公司的金属与先进连接技术部已进行了数年的将搅拌摩擦焊用于焊接各种铝合金的研究工作，并于 1996 年将该工艺用于制造德尔塔火箭推进剂的储箱。

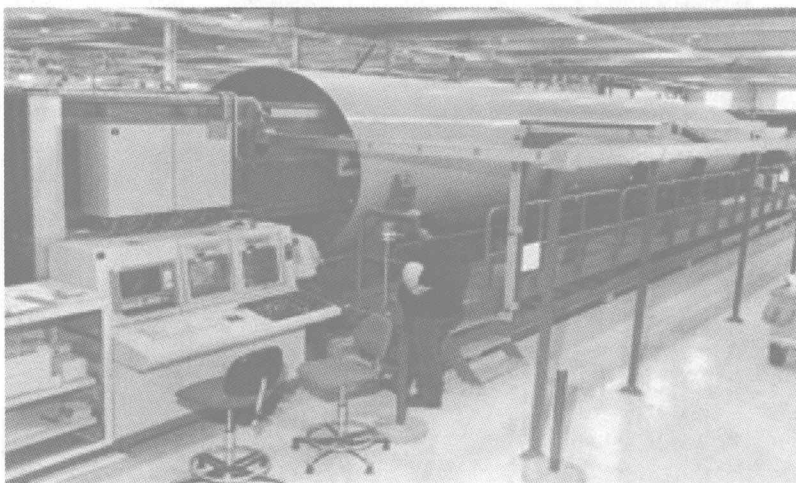


图 0-3 航天飞机燃料储箱筒体焊接

在现代造船中,焊接是一项很关键的工艺,它不仅对船舶的建造质量有很大的影响,而且对提高生产率、降低成本、缩短造船周期起着很大的作用。焊接工时在整个船体建造中约占30%~40%。船体结构由板材和型材利用焊接方法连接而成。由于焊接是对船体结构的局部加热过程,加热范围小,温度梯度大,致使结构产生复杂的热应力和变形,冷却后就会出现残余应力和变形。热应力和残余应力容易导致构件在焊接过程中或焊后出现开裂;而变形使构件的后续装配工作发生困难,同时也影响外表的美观,降低连接构件的承载能力。因此,焊接应力与变形直接影响到船舶结构的连接质量和使用安全,又影响到船体建造工作的顺利进行,必须予以重视。图0-4为建造中的船舶。

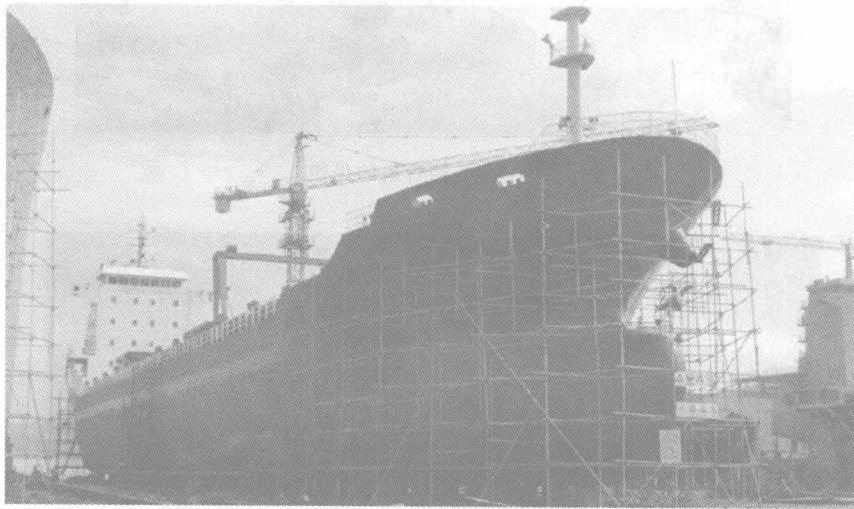


图0-4 建造中的船舶

随着石油天然气工业的发展,长距离、大口径、高压管道已成为石油天然气输送的重要手段,管线用钢X56~X70系列高强钢已广泛用于管道建设中,X80、X100钢管线也进入应用阶段。在焊接工艺方面,1970~1990年管线的焊接主要以下向纤维素型焊条手工焊和半自动CO₂焊为主,由于这些方法为手工操作,因此效率低,且焊接质量也受到了人工技能水平的制约。近年来,药芯焊丝的自保护半自动焊、表面张力过渡(STT)型CO₂气体保护焊、管道全位置自动焊以及闪光焊、激光焊得到发展和应用,大大提高了焊接效率和质量。2004年完成的从我国新疆轮南至上海的西气东输管道全长约4000km,采用X70钢,直径为1016mm,管子对接焊缝35万条,对接焊缝总长1100多公里。西气东输二线工程中大量采用了X80钢。管道焊接质量是长输管道系统安全运行的关键之一,管道焊接过程中不可避免地存在各种各样的焊接缺陷、焊接残余应力、焊接区材料组织性能劣化、外力损伤、接头细节引起的应力应变集中,加之管道输送压力和所用钢级的提高及其运行条件的变化,防止焊接接头的断裂破坏,确保长输管道系统的安全可靠具有重要意义。图0-5为长输管道的焊接施工现场。

为了开采海上油气资源,需要建造海上采油平台(图0-6)。海上采油平台是大型焊接结构,工作环境恶劣,对安全性有极高的要求。焊缝的质量和性能是此类工程结构的关键。深海上油气的开采,特别需要发展海上采油平台焊接结构完整性评估技术以及安全标准,降

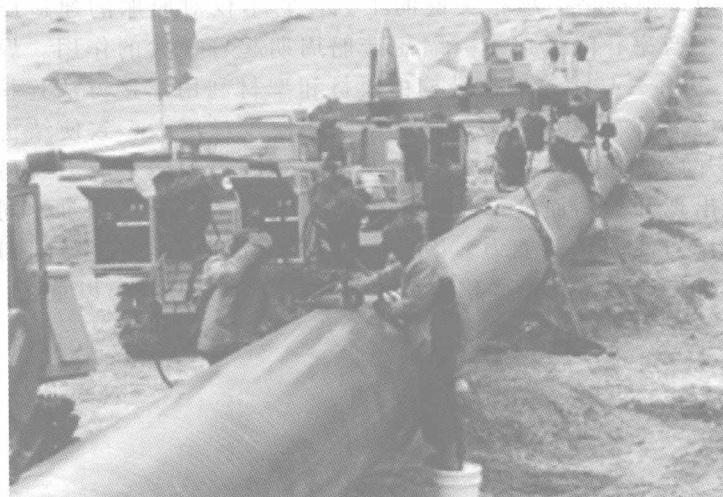


图 0-5 长输管道的焊接



图 0-6 海上采油平台

低维修要求并提高焊接结构的成本效益。

核电设备中要求最高的是核反应堆压力容器（图 0-7）。核反应堆压力容器一般由高强度低合金钢锻件焊接而成，锻件厚度通常在 200mm 以上，长期在高温高压下工作，并承受中子和 γ 射线辐照。核反应堆压力容器内表面均堆焊超低碳不锈钢，压力壳顶盖组合件和筒体的环缝均采用埋弧自动焊。由于壳壁较厚，多层焊时产生的残余应力大，需经多次消除应力热处理。因此，要求核反应堆压力容器用高强度低合金钢必须具有良好的焊接性，以避免裂纹的产生，并保证焊缝和热影响区有较好的塑性和低温冲击韧度。对辐照区的焊缝，则要求具有足够的塑性、韧性储备，以确保核反应堆压力容器长期安全、可靠地运行。

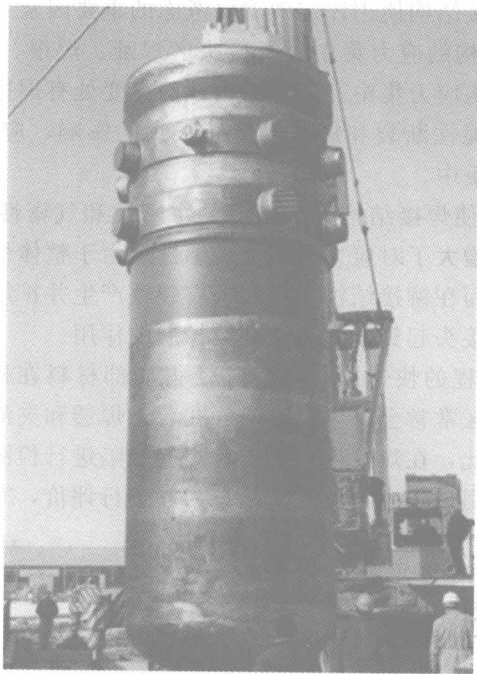


图 0-7 核反应堆压力容器

0.2 焊接结构的特点

(1) 焊接结构的优点

① 与铆接接头相比，焊接接头的承载能力强。例如，一般优质焊接接头可以与母材等强度，而铆接接头由于构造上的原因，很难与母材等强度。

② 焊接结构的水密性和气密性好。铆接结构在使用中难以保证可靠的水密性和气密性，而焊接结构是理想的具有水密性和气密性要求的结构，广泛用于压力容器、船舶和储罐等结构。

③ 节省材料，减轻结构质量。焊接结构不需要铆接结构中的铆钉和盖板，可减少材料消耗和零件数量，有利于实现结构的轻量化和整体化。

④ 焊接结构的厚度不受限制。铆接结构板厚大于 50mm 时，铆接很难进行。而焊接结构在厚度上基本没有限制，重型和超重型结构的大厚件连接时，只能采用焊接。

⑤ 焊接结构设计简单，生产效率高。焊接结构设计中，选用简单的对接和角焊缝连接，就可以制造出各种结构。焊接生产效率高，制造周期短，成本低，经济效益好。

(2) 焊接结构存在的问题

① 焊接应力与变形 由于焊接过程是局部加热，不可避免地会产生内应力和变形。若加热时产生较大拉伸应力，会导致焊接裂纹或开裂。焊后的残余应力对结构的强度、刚度、稳定性以及尺寸精度都有较大的影响。

② 焊接接头性能的不均匀性 焊接接头是一个组织性能不均匀体。焊缝、热影响区和母材之间的强度和韧性存在不同程度的非匹配性，这种非匹配性对整个结构的强度和断裂行

为产生显著的影响,是焊接结构使用评定中需要考虑的重要因素。

③ 应力集中 焊接结构的应力集中包括接头区焊趾、焊根、焊接缺陷引起的应力集中和结构截面突变造成的结构应力集中。若在结构截面突变处有焊接接头,则其应力集中更为严重。应力集中对结构的脆性断裂和疲劳强度有很大的影响,应采取合理的结构设计和工艺,控制焊接结构的应力集中。

④ 整体性强 整体性使焊接结构具有良好的水密性和气密性,同时也带来了问题,整体性使结构的刚性增大,增大了对应力集中的敏感性。由于整体性强,一旦有裂纹产生并扩展,裂纹就难以被止住。而在铆接结构中,如果有裂纹产生并扩展时,裂纹扩展到板材边缘和铆钉孔处而终止,铆接接头起到限制裂纹继续扩展的作用。

⑤ 焊接缺陷 焊接过程的快速加热和冷却使得局部材料在极不平衡的条件发生熔化、凝固及固态相变,在焊接区常常会产生裂纹、气孔、未焊透和夹渣等焊接缺陷。焊接缺陷往往是结构破坏的根源,因此,在焊接生产中,对焊接缺陷进行检测和判别是保证焊接质量的重要手段。在焊接结构使用过程中,监测缺陷行为并进行评价,对于保证焊接结构的完整性具有重要意义。

0.3 焊接结构的分类

焊接结构有多种分类方法,如按结构板件的厚度分为薄板、中厚板、厚板结构;按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。这里根据结构工作的性质以及设计和制造特点来讨论典型结构的类型。

(1) 梁与柱结构

工作在横向弯曲载荷下和纵向弯曲或压力下的结构可称为梁和柱。梁、柱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。用作建筑钢结构的梁、柱常常在静载下工作。而作为起重机的金属结构梁则在交变载荷下工作,有时还是在露天条件下(桥梁、门式吊车、栈桥等)工作,受气候环境与温度的影响,这类结构的脆断和疲劳问题应引起很大关注。

(2) 桁架结构

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,从而使各杆件成为只受拉(或压)力作用的二力杆。实际上,许多高耸结构,如输变电钢塔、电视塔等都是桁架。

(3) 壳体结构

它是充分发挥焊接结构水密、气密特点,运用最广、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、电站锅炉的汽包,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)、水泥窑护壳、水轮发电机的蜗壳等。

壳体结构大多用钢板成形加工后拼焊而成,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,因此对这类结构的设计和制造、监察应按国家法规进行。

(4) 舱(箱)体结构

这些结构大多承受动载,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、载重车的驾驶室等)、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化焊组成的结构。

(5) 机件结构

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,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,构成复合结构,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、鼓筒、汽轮发电机的转子和水轮机的焊接主轴、转轮和座环等。

0.4 焊接结构设计内容与方法

(1) 焊接结构设计内容与要求

焊接结构的设计是根据产品的要求,按照有关设计规范确定结构的形状、尺寸和构成,选择材料,进行结构强度、刚度、稳定性等有关计算分析;还要进行结构的细节设计、焊接接头的设计和计算,绘制施工图,规定产品的技术条件、工艺要求等;最后还要编制设计计算说明书,其中包括设计结构的构造合理性和技术、经济先进性的论证。

设计的焊接结构应满足使用性能的要求,使所设计的结构在工作时应是安全可靠的。还要求设计的结构重量轻、节省材料、降低成本,便于制造、运输、安装和维护保养,外形则尽可能美观,即所设计的焊接结构要满足安全性、工艺性和经济性等方面的要求。

(2) 焊接结构设计方法

焊接结构设计的关键是根据所承受的载荷进行内力计算,根据计算结果确定构件的截面,目的是保证结构具有足够的强度。但是,实际载荷、材料性能、结构构造等因素都是随机变量,如何考虑这些因素的变化特性,就构成了不同的设计方法。

① 常规设计方法 采用许用应力法,即在强度计算中以材料的屈服点,在稳定性计算中以稳定临界应力,在疲劳强度计算中以疲劳强度极限除以一定的安全系数,分别得到强度、稳定性和疲劳强度的许用应力。结构构件的计算应力不得超过其相应的许用值。

② 概率极限状态设计法 概率极限状态设计法是根据各种极限状态的设计要求,采用有关的载荷、材料性能、几何参数标准值以及各种分项系数来计算内力总和与设计抗力,要求内力总和不大于设计抗力。该设计方法能更好地反映结构各构件或连接的安全度,因而能更好地保证所设计结构的可靠性,容易达到合理和经济的要求。

③ 分析设计 分析设计是对结构进行详细的应力分析,然后进行应力分类,且对不同类型应力按不同的设计准则来限制,合理地采用了区别对待的方法。

重要的焊接结构设计要综合运用几种设计方法。

第1章

焊接结构的设计方法

1.1 焊接结构的基本要求

焊接结构要满足特定的使用要求,是材料选择和焊接工艺制定的重要依据,焊接结构设计技术人员必须了解焊接结构的基本性能要求。

(1) 结构效能

效能是在规定的条件下达到规定使用目标的能力,即结构完成任务的能力。结构效能就是指结构系统分配给各个构件部分所应具有的能力。

结构效能是结构的作用与其固有性能的综合体现。在结构选材和成形工艺制定时要进行效能分析,以优化制造过程。

(2) 寿命周期费用

寿命周期费用是在预期的焊接结构寿命周期内,为结构的论证、研制、生产、使用保障、退役所付出的一切费用之和。

焊接结构效能不仅取决于它的性能,而且有赖于它的可靠性、维修性、保障性、安全性等因素,这些因素同时决定了结构的寿命周期费用。材料和焊接工艺对结构寿命周期费用的考虑往往被忽视,在现代焊接结构制造中必须予以重视。

(3) 结构工艺性要求

结构工艺性指在一定的生产规模条件下,如何选择零件加工和装配的最佳工艺方案,因而焊接件的结构工艺性是焊接结构设计和生产中一个比较重要的问题,是经济原则在焊接结构生产中的具体体现。

在焊接结构的生产制造中,除考虑使用性能之外,还应考虑制造时焊接工艺的特点及要求,才能保证在较高的生产率和较低的成本下,获得符合设计要求的产品质量。

焊接件的结构工艺性应考虑到各条焊缝的可焊到性、焊缝质量的保证,焊接工作量、焊接变形的控制、材料的合理应用、焊后热处理等因素,具体主要表现在焊缝的布置、焊接接头和坡口形式等几个方面。

(4) 结构的可靠性与维修性

结构的可靠性是结构在规定的条件下和规定的时间内,完成规定功能的能力。可靠性是要求结构在长期反复使用过程中不出或少出故障,处于可用的时间长。对于材料和成形件的可靠性而言,最重要的是掌握材料和焊接件性能的可靠性数据及其影响因素,应用统计学方法分析这些数据的分布规律,按照结构的可靠性要求对材料和焊接结构的质量与寿命进行评估。

结构的维修性是结构在规定的条件下和规定的时间内,按规定的程序和方法进行维修时,保持或恢复到规定状态的能力。维修性是研究结构是否容易维修的问题,目的是缩短结构的非可用时间。

(5) 焊接结构的危险与结构完整性

焊接结构在制造和使用过程中都带有一定的危险。危险由两部分组成:一是危险事件出现的概率;二是一旦危险出现,其后果严重程度和损失的大小。危险是可能产生潜在损失的征兆,是危险的前提,没有危险就无所谓危险。危险是客观存在的,是无法改变的,而危险却在很大程度上随着人们的意志而改变,亦即按照人们的意志可以改变危险出现或事故发生的概率,和一旦出现危险,由于改进防范措施而改变损失的程度。

在设计规定的偶然事件(如地震、火灾、爆炸、撞击等)发生时及发生后,仍能保持必需的完整性。

在焊接结构制造和使用过程中,应对危险有足够的认识。工程技术人员要掌握危险分析与控制的方法,提高应对危险的能力。焊接结构的危险性与结构的完整性密切相关,保证结构的完整性是降低技术危险的关键。材料及焊接质量是结构完整性的基础,因此,必须从防范危险的角度来重视材料及焊接技术。

1.2 载荷

1.2.1 载荷分类

焊接结构在使用过程中,要承受各种载荷(如静载、动载、交变载、冲击载、振动载等),各承载结构件会产生相应的应力和变形,如果超过一定的限度,就会丧失功能甚至破坏,从而造成危险。载荷计算是焊接结构及其组成构件受力分析的原始依据,也是报废或事故原因判断分析的重要依据。因此,我们需要了解焊接结构上的载荷种类、各种载荷的作用方向以及在不同工况下的载荷作用方式。

(1) 静力载荷

焊接结构的静力载荷包括重力载荷和不随时间变化的工作载荷。重力载荷主要是自重载荷。自重载荷包括焊接结构及其附加装置的重力载荷。一般情况下,附加设备可视为集中载荷作用在设备安装的位置中心,桁架的自重视为作用在结构节点上的集中载荷,箱形结构的自重载荷作为均布载荷处理。

(2) 动力载荷

动力载荷使焊接结构产生动载效应,动载效应使原有静力载荷值增加。动力载荷包括惯性载荷、冲击载荷,以及在惯性载荷和冲击载荷作用下,焊接结构产生振动的振动载荷等。

(3) 自然载荷

自然载荷专指风、冰、雪、地震和温度变化等自然因素所造成的载荷。自然载荷在需要考虑时,可按有关规范确定或由用户提供有关资料进行计算。

1.2.2 载荷组合

为了方便载荷计算常将焊接结构上的载荷分为基本载荷、附加载荷和特殊载荷三类。

(1) 基本载荷