

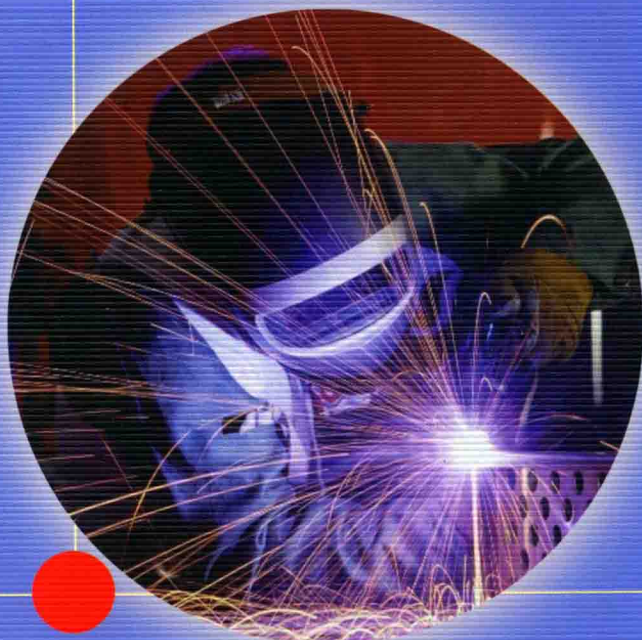


高等职业教育机械类专业“十二五”规划教材

焊接结构生产

HANJIE JIEGOU SHENGCHAN

胡福志 马春雷 主编
崔元彪 主审



MECHANICAL DESIGN
AND MANUFACTURING

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE



高等职业教育机械类专业“十二五”规划教材

焊接结构生产

胡福志 马春雷 主 编

路汉刚 杨淼森 杨 硕 副主编

崔元彪 主 审

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书根据教育部制定的焊接结构生产课程教学大纲以及由人力资源和社会保障部制定的《焊工国家职业标准》编写而成的。全书根据教学改革的需要,采用项目引领、任务驱动的形式进行编写,以项目为主线、以能力为本位,将理论知识分层次穿插于相互关联又不完全相同的几个具体的教学任务之中,以任务引导理论,以任务阐述理论。

本书分为五个项目,全面介绍焊接结构生产的相关工艺过程。全书具体内容包括焊接结构基础知识、焊接应力与变形的控制、焊接结构的生产过程、焊接结构生产工艺规程的编制、焊接结构生产的组织与安全技术。

本书适合作为高职院校焊接技术及自动化、焊接质量检测技术、机械设计与制造等相关专业的大学生用书,也可供相关领域技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

焊接结构生产/胡福志,马春雷主编. —北京:中国铁道出版社,2014.1

高等职业教育机械类专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-113-16909-1

I. ①焊… II. ①胡… ②马… III. ①焊接结构-焊接工艺-高等职业教育-教材 IV. ①TG44

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第257187号

书 名: 焊接结构生产
作 者: 胡福志 马春雷 主编

策 划: 何红艳
责任编辑: 何红艳
编辑助理: 耿京霞
封面设计: 付 巍
封面制作: 白 雪
责任印制: 李 佳

读者热线: 400-668-0820
特邀编辑: 王佳琦

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址: <http://www.51eds.com>

印 刷: 北京新魏印刷厂

版 次: 2014年1月第1版

2014年1月第1次印刷

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印张: 19 字数: 459千

印 数: 2000册

书 号: ISBN 978-7-113-16909-1

定 价: 36.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社教材图书营销部联系调换。电话:(010) 63550836

打击盗版举报电话:(010) 51873659

高等职业教育机械类专业“十二五”规划教材

编审委员会

主 任：王长文

顾 问：钱 强

副主任：赵 岩 付君伟 高 波 杨森森

委 员：（按姓氏音序排序）

陈福民	陈丽丽	褚宝柱	崔元彪	范富华
范兴旺	付洪涛	关丽梅	韩雪飞	郝 亮
胡福志	金东琦	姜雪燕	李 影	李贵波
刘 强	刘颖辉	路汉刚	马春雷	穆春祥
彭景春	石南辉	孙立峰	谭永昌	王 博
王 东	文清平	吴 犇	吴 智	许 娜
杨 硕	杨德云	岳燕星	张春东	贞颖颖
周延昌	朱斌海			

为深入贯彻落实《国家中长期教育改革和规划纲要（2010—2020年）》，推动体制机制创新，深化校企合作、工学结合，进一步促进高等职业学校办出特色，全面提高高等职业教育质量，提升其服务经济社会发展能力，根据《教育部关于推进高等职业教育改革创新引领职业教育科学发展的若干意见》（教职成〔2011〕12号）的要求，黑龙江省高职高专焊接专业教学指导委员会（简称黑龙江高职焊接教指委）于2012年7月23日召开了高等职业教育焊接专业教材建设研讨会。黑龙江高职焊接教指委委员、黑龙江省数所高职院校焊接专业负责人、机械工业哈尔滨焊接技术培训中心领导出席了本次会议。会议重点讨论了高职焊接专业高端技能型人才的定位问题，以及焊接专业特色教材的开发与建设问题，最终确定了12本高职焊接专业系列教材（列入“高等职业教育机械类专业‘十二五’规划教材”）的教材定位、编写特色，并初步确定了每本教材的主要内容、编写大纲、编写体例等。本次会议得到了中国铁道出版社和哈尔滨职业技术学院的大力支持，在此表示衷心的感谢。

黑龙江省是我国重要的老工业基地之一，哈尔滨是全国闻名的“焊接城”。作为老工业基地，黑龙江省拥有悠久的焊接技术发展历史，在焊接工艺、焊接检测、焊接生产管理等领域具有深厚的历史积淀，始终处于我国焊接技术发展的前沿。黑龙江省开设焊接技术及自动化专业的高等职业学校有十几所，培养了数以万计的优秀焊接技术人才，为地方经济的繁荣和发展做出了突出的贡献，也为本系列教材的编写提供了有利的条件和支持。

在黑龙江高职焊接教指委、黑龙江省各相关高职院校、机械工业哈尔滨焊接技术培训中心、中国铁道出版社等单位的不懈努力下，本系列教材将陆续与读者见面。它凝聚了全体编写者与组织者的心血，体现了广大编写者对教育部“质量工程”精神的深刻体会和对当代高等职业教育改革精神及规律的准确把握。

本系列教材体系完整、内容丰富，具有如下特色。

（1）锤炼精品。采用最新国家标准，反映产业技术升级，引入企业新技术、新工艺，使教材知识内容保持先进性；邀请企业一线技术人员加入编写队伍，并邀请行业专家对稿件进行审读，保证教材的实用性和科学性。

（2）强化衔接。在教学重点、课程内容、能力结构以及评价标准等方面，与中等职业教育焊接技术应用专业有机衔接。

（3）产教结合。体现相关行业的发展要求，对接焊接岗位需求。教材不仅体现了职业教育的特点和规律，也能满足生产企业对高端技能型人才的知识和技能需求。

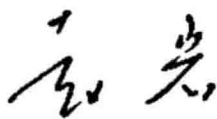
（4）体现标准。以教育部最新颁布的《高等职业学校专业教学标准（试行）》为依据，对原有知识体系进行优化和整合，体现教学改革和专业建设的最新成果。

（5）创新形式。采用最新的、符合学生认知规律和职业教育规律的编写体例，注重

教材的新颖性、直观性和可操作性，开发与纸质教材配套的网络课程、虚拟仿真实训平台、主题素材库以及相关音像制品等多种形式的数字化配套教学资源。

教材的生命力在于质量与特色，衷心希望参与本系列教材开发的相关院校、行业企业及出版单位能够做到与时俱进，根据教育部高等职业教育改革和发展的形势及产业调整、专业技术发展的趋势，不断对教材内容和形式进行修改和完善，使之更好地适应高等职业学校人才培养的需要。同时，希望出版单位能够一如既往地依靠业内专家，与科研、教学、产业一线人员不断深入合作，争取出版更多的精品教材，为高等职业学校提供更优质的教学资源，为职业教育的发展做出更大的贡献。

衷心希望本套教材能充分发挥其应有的作用，也期待在这套教材的影响下，一大批高素质的高端技能型人才脱颖而出，在工作岗位上建功立业。



黑龙江省高职高专焊接专业教学指导委员会主任

2013年春于哈尔滨

本书根据教育部制定的焊接结构生产课程教学大纲以及由人力资源和社会保障部制定的《焊工国家职业标准》编写而成的。全书根据教学改革的需要,采用项目引领、任务驱动的形式进行编写,以项目为主线、以能力为本位,将理论知识分层次穿插于相互关联又不完全相同的几个具体的教学任务之中,以任务引导理论,以任务阐述理论;在每一个任务模块之后,安排一定的综合练习内容进行选做,突出了技能性和实践性,以指导学生巩固并加深对所学知识的理解,培养学生分析问题和解决问题的能力。

本教材围绕焊接结构生产的工艺过程,内容分为焊接结构基础知识、焊接结构生产过程和焊接结构生产组织三大部分五个项目。焊接结构基础知识部分设置两个项目,主要介绍典型焊接结构的基本构件、焊接接头的基本知识、焊接结构生产的工艺过程、焊接应力与变形的基本知识、控制焊接应力和焊接变形的措施、焊接接头脆性断裂和疲劳破坏等基础理论知识;焊接结构生产过程部分设置二个项目,主要介绍焊接结构零件加工、焊接结构装配、焊接、装配-焊接工艺装备、焊接结构工艺规程的编制和典型焊接结构的生产工艺;焊接结构生产组织部分设置一个项目,主要介绍焊接结构生产车间的设计以及生产的组织形式、安全技术等知识。

本教材力求贴近工程实际,注重实践教学环节,以生产工艺过程设置教学内容,主要体现出如下特点:

(1) 以项目展开教学,突出“结合具体产品,基于生产过程”的理念。按照焊接结构零件加工工艺(矫正、预处理、划线、放样、下料、成形、装配及焊接等)过程进行介绍,以压力容器和梁柱等典型焊接结构为例介绍其生产工艺,既突出了焊接结构生产的特点,又能使学生很好地感受生产过程。

(2) 理实合一,理论和实践有机结合、交替进行,基础理论知识的学习为后续实践内容的学习打下基础。在学习焊接结构基础知识的基础上,按照焊接结构生产的工艺流程,将相关工序理论知识与生产工艺过程紧密结合起来,实现教、学、做一体化的教学模式。

(3) 本教材贯彻“必需、适用、够用”的原则,对焊接结构基础知识部分进行了精选和整合,并列举了大量的生产实例,力争做到易懂、好学。

(4) 突出能力培养。通过对项目四的学习,加深对焊接结构生产各工艺工作原理的理解与掌握;项目五中介绍的焊接结构生产组织、管理等内容紧密结合职业岗位的职能及标准,旨在培养学生焊接结构生产组织与管理的能力。

本书由胡福志(黑龙江农业经济职业学院)、马春雷(黑龙江农业工程职业学院)任主编,路汉刚(黑龙江农业经济职业学院)、杨森森(哈尔滨职业技术学院)、杨硕(黑龙江农业经济职业学院)任副主编。具体编写分工:胡福志编写绪论及项目2;路汉刚编写项目1、项目5;马春雷编写项目3中任务1~3;杨森森编写项目3中任务

4～6；杨硕编写项目4。全书由胡福志负责统稿和定稿。哈尔滨华德学院崔元彪审阅了全书并提出了许多宝贵意见和建议，在此深表感谢！

尽管我们在教材建设方面尽了最大努力，但由于水平有限，书中仍可能存在某些疏漏和不妥之处，恳请各教学单位和广大读者在使用本书的过程中提出宝贵意见（编者电子邮箱：mdjhfs@163.com），以便修订时进行修改，使本书不断完善。

编 者

2013 年 5 月

绪论	1
项目 1 焊接结构基础知识	5
任务 1 焊接结构的基本构件	5
任务 2 焊接接头的基本知识	16
任务 3 焊接结构生产的工艺过程	40
项目 2 焊接应力与变形的控制	43
任务 1 典型结构的焊接应力与变形	43
任务 2 焊接残余应力的控制	59
任务 3 焊接残余变形的控制	68
任务 4 焊接结构的脆性断裂和疲劳破坏	80
项目 3 焊接结构生产工艺	96
任务 1 钢材的矫正及预处理	96
任务 2 划线、放样、下料	103
任务 3 弯曲成形、冲压成形	127
任务 4 焊接结构的装配	137
任务 5 焊接结构的焊接	156
任务 6 装配 - 焊接工艺装备的应用	165
项目 4 焊接结构生产工艺规程的编制	204
任务 1 焊接结构工艺性审查	204
任务 2 焊接结构工艺过程分析	216
任务 3 焊接结构工艺规程的编制	221
任务 4 桥式起重机桥架的生产工艺	240
任务 5 压力容器的生产工艺	251
任务 6 船舶结构的生产工艺	264
任务 7 桁架结构的生产工艺	272
项目 5 焊接结构生产的组织与安全技术	277
任务 1 焊接车间的设计	277
任务 2 焊接结构生产的组织	282
任务 3 焊接生产中的安全技术	287
参考文献	294

绪 论

焊接作为现代工业生产中重要的金属连接手段，与其他连接方法相比，具有很多优点，焊接结构被广泛地应用于国民经济的各个领域。焊接技术在机械制造业中具有重要的地位，是国家经济建设各个领域不可缺少的工艺技术手段。

一、焊接结构的应用和特点

焊接结构是将各种成型材料，采用焊接方法制成能够承受一定载荷的复合结构。随着焊接技术的发展和进步，焊接结构的应用越来越广泛，几乎已经渗透到国民经济的各个领域，如汽车制造、石油化工、压力容器、矿山机械、船舶制造、起重设备、航空航天、建筑结构、核动力设备等。随着焊接技术向机械化、自动化方向的发展，焊接结构的应用领域和范围将日益扩大。目前各国的焊接结构用钢量均已占其钢材消费量的 60% ~ 80%，甚至更多。

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，2008 年北京奥运会主会场——国家体育场（鸟巢），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 333 m，短轴 297 m，由 24 榀门式桁架围绕着体育场内部的碗状看台区旋转而成，结构组件相互支撑，形成网格状构架，堪称世界建筑奇迹，如图 0-1 所示；具有“世界第一拱”美誉的上海卢浦大桥主桥，全长 3 900 m，主跨 550 m，用钢量达 35×10^4 t，焊缝长度为 582 km，是世界跨度最大的全焊钢结构拱桥，如图 0-2 所示；长江三峡水利工程的水轮机转轮直径 10.7 m，高 5.4 m，质量达 440 t，是世界上最大、最重的不锈钢焊接转轮，如图 0-3 所示；壁厚 200 ~ 280 mm、内径 2 m、筒体部件长 20 多米、质量达 560 t 的热壁加氢反应器如图 0-4 所示；西气东输管道全长约 4 000 km，管子对接焊缝 35 万条，对接焊缝总长 1 100 多千米，如图 0-5 所示；还有我国制造的 100 万千瓦超临界大型火力发电机组锅炉、30 万吨级超大型油轮、“神舟号”系列飞船以及微电子技术的元件等等，都是采用焊接技术制造完成的。

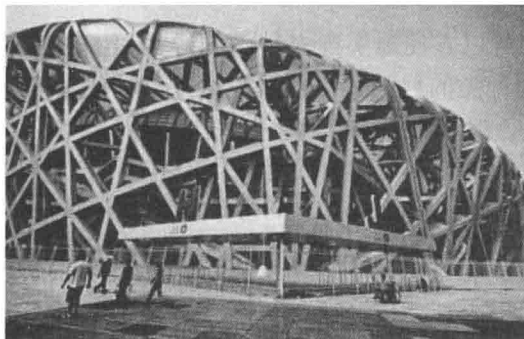


图 0-1 国家体育场（鸟巢）局部结构

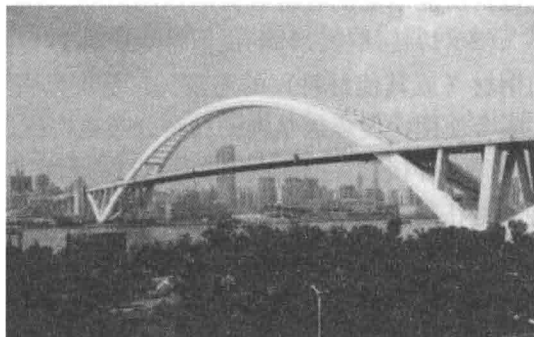


图 0-2 上海卢浦大桥

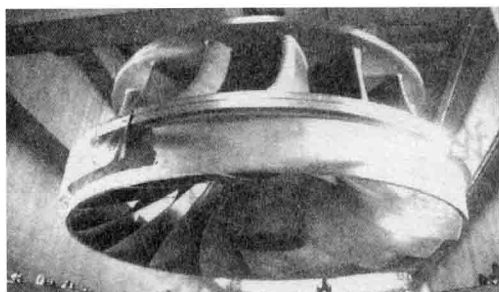


图 0-3 世界上最大、最重的不锈钢焊接转轮

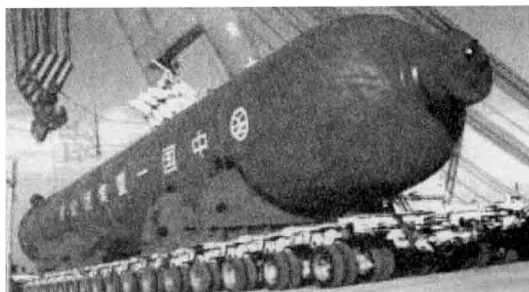


图 0-4 壁厚 280 mm 的大型热壁加氢反应器



图 0-5 西气东输管道

焊接结构之所以得到如此广泛的应用，是因为用焊接方法制造的金属结构与采用其他方法制造的金属结构相比具有一系列优点。

1. 焊接结构的优点

与采用铆接、铸造及锻造等方法制成的金属结构相比，焊接结构具有下列优点。

(1) 焊接接头的强度高。由于铆接接头需要在母材上钻孔，因而削弱了接头的工作截面，使其接头强度低于母材。而焊接接头的强度、刚度一般可与母材相等或相近，能够承受母材所能承受的各种载荷的作用。

(2) 焊接结构设计的灵活性大。通过焊接，可以方便地实现多种不同形状和不同厚度的钢材（或其他材料）的连接，甚至可以将不同种类的材料连接起来，通过与其他工艺方法联合使用，使焊接结构的材料分布更广泛、更合理，材料应用更恰当。

(3) 焊接接头的密封性好。焊缝处的气密和水密性能是其他连接方法所无法比拟的，特别是在高温、高压容器结构上，只有焊接才是最理想的连接形式。

(4) 焊接结构重量相对较轻。焊接结构可以减轻结构的重量，提高产品的质量，适用于大型或重型的简单产品结构的制造，如船体、桁架、球形容器等，在制造时一般先将几何尺寸大、形状复杂的结构进行分解，对分解后的零件或部件分别进行加工，然后通过总体装配焊接形成一个整体结构。

- (5) 焊前准备工作简单, 节省制造工时。
- (6) 结构的变更与改型快, 而且容易。
- (7) 焊接结构成品率高。

2. 焊接结构的不足

(1) 在焊接过程中, 焊缝处容易产生各类焊接缺陷, 如果修复不当或缺陷漏检, 在使用中则会产生过大的应力集中, 从而降低整个焊接结构的承载能力。

(2) 焊接结构对于脆性断裂、疲劳破坏、应力腐蚀和蠕变破坏等都比较敏感。

(3) 焊接结构中存在残余应力和残余变形, 这不仅影响焊接结构的外形尺寸和外观质量, 同时会给后续的加工带来很多麻烦, 甚至直接影响焊接结构的强度。

(4) 焊接会改变材料的部分性能, 使焊接接头附近变成一个不均匀体, 即具有几何的不均匀性、力学的不均匀性、化学的不均匀性以及微观组织的不均匀性。

(5) 对于一些高强度的材料, 因其焊接性能较差, 所以更容易产生焊接裂纹等缺陷。

为了设计和制造出优质的焊接结构, 关键要做到以下几点。

- (1) 合理地设计结构, 正确地选择材料。
- (2) 采用适宜的焊接设备并制订正确的焊接工艺。
- (3) 具备良好的焊接技术及严格的质量控制。

二、课程的性质及内容

焊接结构生产是高等职业院校焊接专业的一门主干课程, 其主要任务是使学生了解焊接结构生产的基本知识, 掌握生产焊接结构的基本技能, 培养学生分析问题解决问题的能力, 为从事焊接生产及其他相关的工作打下基础。其内容包括焊接结构的基本知识和焊接结构生产工艺过程的专业理论知识, 并以焊接结构基本构件、焊接接头、焊接应力与变形为基础, 全面介绍了焊接结构备料加工工艺、装配与焊接工艺、装配焊接工艺装备、焊接生产工艺规程、典型焊接结构的生产工艺、焊接结构生产的组织与安全技术等方面的知识。

三、教学目标及学习方法

1. 教学目标

通过学习本课程, 学生应达到以下能力目标的要求。

(1) 了解组成焊接结构的基本构件; 掌握焊接接头、焊缝的种类及焊缝代号的识别方法; 掌握简单焊接接头静载强度的计算方法; 熟悉焊接接头的设计和选用原则。

(2) 熟悉焊接应力与变形的概念、产生的原因、分布规律; 掌握控制和消除残余应力与变形的措施; 熟悉焊接接头疲劳破坏和脆性断裂的相关知识。

(3) 掌握焊接结构生产中常用的备料和成形加工方法; 能够对简单结构进行放样处理; 掌握焊接结构的装配方法与装配工艺; 掌握焊接结构的焊接工艺; 了解工艺评定的意义及评定程序; 熟悉焊接结构生产中常用工艺装备的功用、结构特点、适用范围和使用要求, 并能够根据结构制造需要选用相应的装焊工艺装备等。

(4) 具备对一般焊接结构进行工艺性审查、焊接工艺过程分析的能力; 了解工艺规程包含的内容以及编制工艺规程的步骤和程序, 并在此基础上编制简单的焊接结构生产工艺规程; 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; 了解桥式起重机桥架、

压力容器、船舶结构、桁架结构等典型焊接结构的制造过程。

(5) 了解焊接结构生产车间的组成及设计方法；熟悉焊接结构生产的组织形式；认识安全生产的重大意义；掌握焊接生产中存在的安全问题以及应采取的措施。

2. 学习方法

焊接结构生产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。在讲授过程中，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，或通过多媒体教学手段使学生对典型焊接结构的生產全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，开阔学生的视野和思路。

项目1

焊接结构基础知识

知识目标

- (1) 了解机械零、部件、压力容器、梁柱及船舶等焊接结构基本构件的组成及特点。
- (2) 掌握焊接接头的基本知识。
- (3) 了解焊接结构生产的一般工艺流程。

技能目标

- (1) 掌握常用焊接接头的基本形式、表示方法，能够识读焊缝代号和焊接结构图。
- (2) 掌握简单焊接接头静载强度的计算方法及焊接接头的设计和选用原则。

焊接结构是由若干零件或部件按设定的形状和位置用焊接的方法连接而成。由于焊接结构使用功能的不同，所用的材料种类、结构形状、尺寸精度、焊接方法和焊接工艺也不相同，这就使得焊接结构形式多样，种类繁多。

焊接结构基本知识是焊接结构生产的基础，通过对焊接结构基本知识的了解，使读者能够读懂、看懂焊接结构生产的内容。

本项目主要介绍的内容：焊接结构基本构件的概念、分类方法、结构特点和有关设计要点；焊接接头的基本知识及设计原则；焊接结构生产工艺过程的基本知识。

任务1 焊接结构的基本构件

学习目标

了解焊接结构基本构件的概念、分类方法、结构特点、工作条件和生产过程要点等基本知识。

任务分析

焊接作为一种材料连接的工艺方法，已经在机械制造业中得到了广泛的应用，许多传统的铸、锻制品，由于毛坯加工量大，零、部件受力不理想等原因逐步被焊接产品或铸-焊、锻-焊结构产品所代替。

相关知识及工作过程

1.1.1 机器零、部件焊接结构

在重型机器中，许多过去用铸造或锻造制作的大小型机械零件，如机座、机身、机床

横梁及齿轮、飞轮等,越来越多地改用焊接方法来制造。设计这类机械零件的焊接结构,最容易受传统铸造或锻造的结构形式的影响,因此要在受力分析的基础上结合焊接工艺特点进行设计,保证机械加工后的尺寸精度和使用性能等。

1. 轮体焊接结构

机器传动机构中有许多旋转体结构,如齿轮、飞轮、带轮、滑轮等统称为轮。组成轮体结构的轮缘、轮辐和轮毂是按它们在轮体内所处的位置、作用和结构特征来划分的。如图 1-1 所示。轮体的制造主要是确定这三者的构造形式以及它们之间的连接关系。

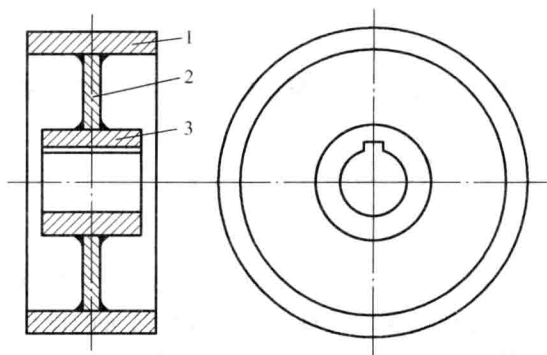


图 1-1 单辅板焊接轮体的组成

1—轮缘; 2—轮辐; 3—轮毂

(1) 轮缘。位于基体外缘,起支承与夹持工作部件的作用,轮缘是齿轮和带轮的工作面。带轮靠摩擦传力,其轮缘工作应力不高,用低碳钢制造。齿轮的齿缘工作应力很大,轮齿磨损严重。为了提高齿轮的使用寿命,轮缘应该用强度高耐磨性好的合金钢制造,但需要解决异种钢的焊接工艺问题。

(2) 轮辐。位于轮缘和轮毂之间,主要起支撑轮缘和传递轮缘与轮毂之间扭矩的作用,它的构造对轮体的强度和刚度以及对结构质量有很大的影响。轮辐为焊接结构,所用的材料一般选用焊接性较好的普通结构钢,如 Q235A 钢和 Q345 钢等。

轮辐的结构形式可归纳为辐板式和辐条式两种。辐板式结构简单,能传递较大的扭转力矩。焊接齿轮多采用辐板式结构,如图 1-2 (a) 所示。根据齿轮的工作情况和轮缘的宽度采用不同数目的辐板,当轮缘宽度较小时采用单辐板,加放射状肋板以增加刚度;当轮缘较宽或存在轴向力时,则采用双辐板的结构,在两辐板间设置辐射状隔板,构成一个刚性强的箱格结构,辐板上开窗口以便焊接两辐板间的焊缝。从强度、刚度和制造工艺角度看,同样直径的轮体,用双辐板的结构要比用带有放射状肋板的单辐板结构优越。因为双辐板构成封闭箱形结构,具有较大的抗弯和抗扭刚度,抗震性能也比较强。

图 1-2 (b) 所示是辐条式焊接带轮。采用辐条式轮辐的目的是为了减轻结构的重量,支承轮缘的不是圆板,而是若干均匀分布的支臂。一般用于大直径低转速而且传递力矩较小的带轮、导轮和飞轮。辐条是承受弯矩的杆件,要按受弯杆件校核强度。

(3) 轮毂。轮体与轴相连部分。转动力矩通过轮毂与轴之间的过盈配合或键进行传递。轮毂的结构是个简单的圆筒体,其内径与轴的外径相适应。有些轮体要求轮毂的长度较大,这样给内孔加工带来困难,也不易保证与轴的装配质量,因此,可采用分段焊接组合式的

轮毂结构。轮毂的工作应力一般不高，所以材料的强度应等于或略高于轮辐所用材料的强度，如 Q235A 钢等。

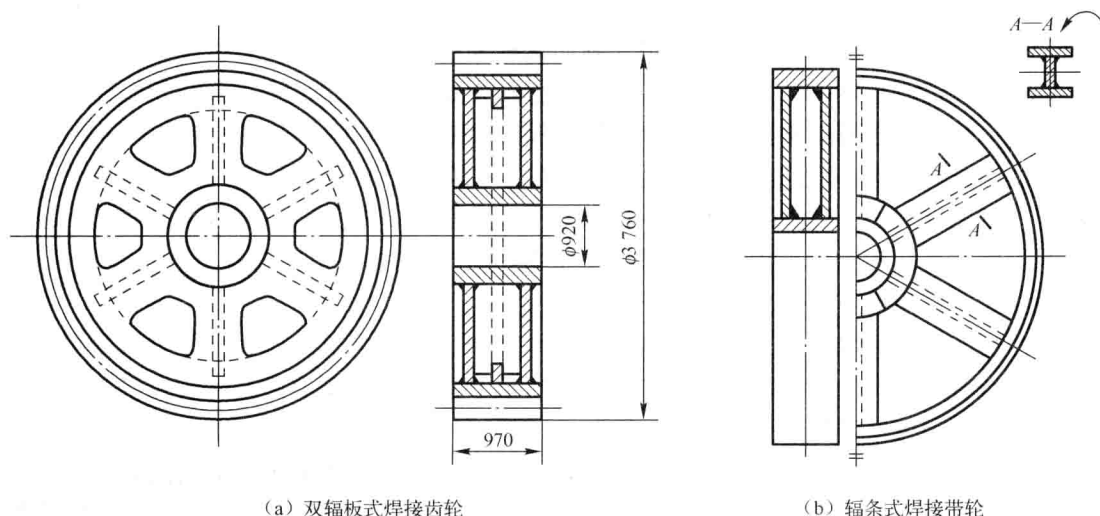


图 1-2 焊接齿轮

2. 切削机床的焊接机身

切削加工是一种精度较高的工艺过程，因此必须要求机床的机身具有很大的刚度。过去，由于铸铁价格低，铸件适于成批生产，并且具有良好的减振性能，所以铸铁机床机身一直占有明显的优势。随着现代工业和新型加工技术的发展，为提高机身的整体工作性能，减轻结构重量，缩短机身的生产周期和降低制造成本，机床机身逐步改用焊接结构。尤其是对于单件小批量生产的大型、重型及专用机床，大量采用焊机结构后经济效果十分明显。

图 1-3 (a) 所示是普通卧式车床的焊接机身，主要由箱形床腿、加强筋、导轨、纵梁及斜板等零、部件组成。如图 1-3 (b) 所示，机身断面结构形式是通过纵梁和斜板实现的，它把整个方箱断面分割成两个三角形的断面，下方三角形完全闭合，这样的断面结构具有较大的抗弯扭刚度。

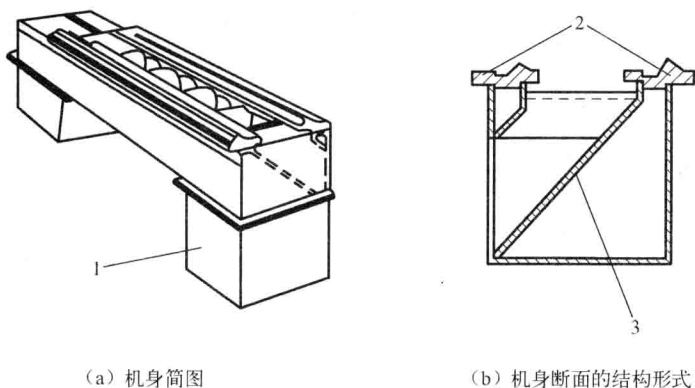


图 1-3 卧式车床的焊接机身示意图

1—箱形床腿；2—导轨；3—斜板

在切削机床中采用焊接机身时,需要考虑以下几个方面的问题。

(1) 经济效益问题。焊接机身经济效益与生产批量有关,它特别适用于单件小批量生产的大型或专用机床。

(2) 刚度问题。焊接机身一般采用轧制的钢板和型钢焊接而成,形状特殊的部分也采用一些小型锻件或铸件。焊接机身应用最多的材料主要是焊接性好的低碳钢和低合金结构钢。由于钢材的弹性模量比铸铁高,在保证相同刚度条件下,焊接机身比铸铁机身的自重轻很多。因此焊接机身可以满足切削加工时的刚度要求。

(3) 减振性问题。机身的减振性不仅取决于所选材料,而且还与结构本身有关。故可以分为材料减振性和结构减振性两个方面。焊接机身钢质材料的减振性低于铸铁,因此,必须从结构上采取措施以保证焊接机身结构的减振性。

(4) 尺寸稳定性问题。由于焊接机身中存在较严重的焊接残余应力,这对焊接结构的尺寸稳定性有影响,特别是切削机床的机身,对尺寸的稳定性要求更高,故焊接机身在焊后必须进行热处理来消除残余应力。

(5) 机械加工问题。机床焊接结构与建筑、石油化工和船舶工业所采用的焊接结构不同,焊后需要进行一定的机加工。尽管机身采用的低碳钢焊接性好,但机械加工性能不如铸铁和中碳钢,所以在研究机身焊接结构工艺性时,还应该考虑机械加工工艺性问题。

3. 减速器箱体焊接结构

减速器箱体是安装各种传动轴的基础部件,由于减速器工作时各轴传递转矩要产生比较大的反作用力,并作用在箱体上,因此要求箱体应具有足够的刚度,以确保各传动轴的相对位置精度。如果箱体刚度不足,不仅使减速器的传动效率低,而且还会缩短齿轮的使用寿命。采用焊接结构箱体能获得较大的强度和刚度,且结构紧凑,质量较轻。

减速器箱体结构形式繁多,在小批量生产时,采用焊接减速器箱体较为合理。焊接减速器箱体一般制成剖分式结构,即把一个箱体分成上下两个部分,分别加工制造,然后在剖分面处通过螺栓将两个半箱体连成一个整体。如图 1-4 所示,为一个单壁剖分式减速器箱体的焊接结构。为了增加焊接箱体的刚度,通常在壁板的轴承支座处用垂直筋板加强,并与箱体的壁板焊接成一个整体。小型焊接箱体的轴承支座用厚钢板弯制而成,大型焊接

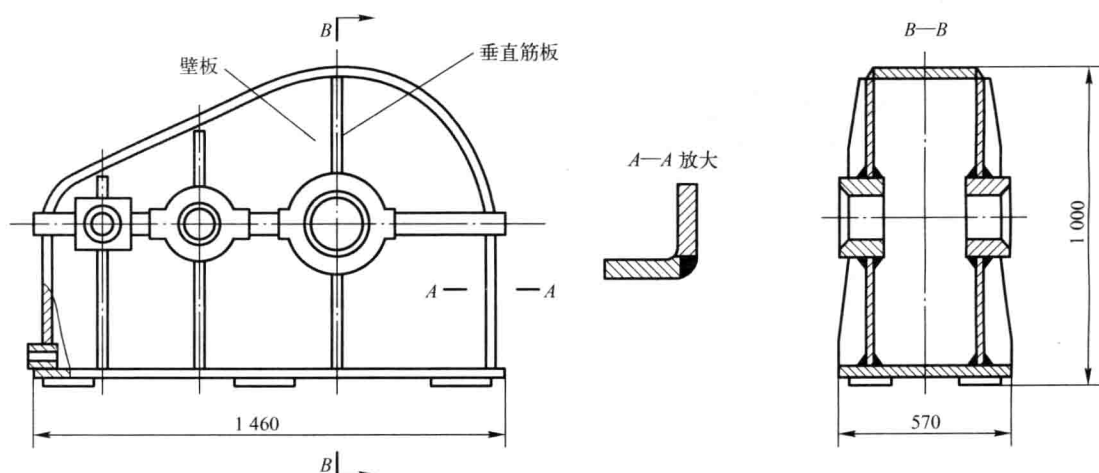


图 1-4 剖分式减速器箱体焊接结构