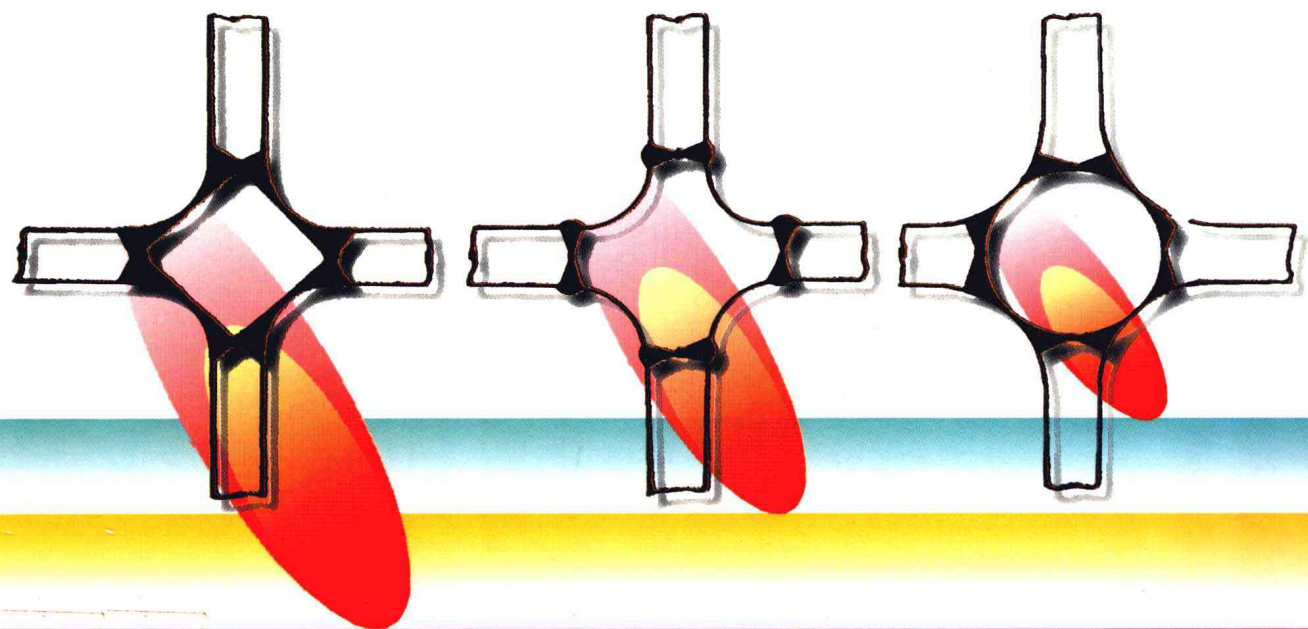




普通中等专业教育机电类规划教材

焊接结构生产

北京市机械工业学校 王云鹏
广西机械工业学校 戴建树 主编



机械工业出版社



普通中等专业教育机电类规划教材

焊 接 结 构 生 产

主编	王云鹏	戴建树
参编	王建勋	王国凡
	孙中方	罗 辉
	王振京	朱晓兵
主审	英若采	



机械工业出版社

本书是焊接专业主干课程教材之一,是根据机械中专焊接专业 1996 年指导性教学计划和《焊接结构生产》课程教学大纲编写的。

全书共分十章,综述了焊接结构生产的概况;介绍了焊接应力与变形、焊接接头静载强度的基本理论;较为全面地阐述了焊接结构的零件加工工艺、装配与焊接工艺、典型焊接结构的生产工艺、焊接结构工艺性审查、焊接制造工艺过程的制订;系统地介绍了工艺装备的种类及选用原则、焊接结构生产组织、安全技术以及车间布置。每章后附有复习思考题。

本书除作中等焊接专业教材外,也可供从事焊接结构生产的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

焊接结构生产/王云鹏主编. —北京:机械工业出版社
1999.10 重印

ISBN 7-111-06211-6

I. 焊… II. 王… III. 焊接结构-基本知识 IV. TG404

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 62969 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:何月秋 董连仁 版式设计:冉晓华 责任校对:申春香

封面设计:方 芬 责任印制:闫 焱

北京中加印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 1 月第 1 版第 3 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·18 印张·440 千字

定价:23.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是根据 1996 年国家机械工业部中等专业学校焊接专业教学计划及《焊接结构生产》课程教学大纲编写的。是普通中等专业教育机电类“九五”规划教材。

“焊接结构生产”是一门综合性与实践性较强的专业课程。全书共分十章：焊接结构概述、焊接应力与变形、焊接接头的静载强度、焊接结构工艺性审查、焊接结构的零件加工工艺、焊接结构的装配与焊接工艺、焊接结构制造工艺过程制订、典型焊接结构的生产工艺、装配焊接工艺装备、焊接结构生产的组织与安全技术。各章后都附有适量的复习思考题。

本书编写是从中专的培养目标及生产中的实用性出发，以使学生掌握焊接结构生产的基本知识和基本技能作为教学基本要求为主要依据。不仅包容了焊接结构分析的基本理论和基本知识，还较为全面、系统地介绍了焊接结构产品生产全过程所涉及到的有关基本内容。

本书编写过程中注重理论与实践的联系，力求重点突出，以焊接结构的生产过程为主线，深入浅出、通俗易懂。学习本教材时应与生产实习相结合，若能辅以电化教学方式讲授，增强感性和直观形象认识，可收到更好的教学效果。

本书由北京市机械工业学校王云鹏（绪论，第一、九章），广西机械工业学校戴建树（第五章）为主编。参加编写的人员有：兰州石油化工学校王建勋（第二章），山东省机械工业学校王国凡（第七章）、罗辉（第四章），常州铁路机械学校孙中方（第六章），河北机电学校王振京（第三、十章），四川省机械工业学校朱晓兵（第八章）。全书由四川省机械工业学校英若采主审。在编写过程中，沈阳市机电工业学校汪显声、新疆机械电子工业学校何晓荣及有关同志为本书的编写提供了宝贵意见，特表感谢。

由于编者水平有限，书中一定存在不妥与不足之处，竭诚恳请读者指正。

编者

目 录

前言	
绪论	1
一、焊接结构在工业发展中的作用及特点	1
二、本课程教授的主要内容	2
三、学习本教材的目的与方法	3
第一章 焊接结构概述	4
第一节 焊接结构的基本构件	4
一、梁、柱、桁架结构	4
二、焊接容器结构	8
三、机械零部件焊接结构	10
四、薄板焊接结构	13
第二节 焊接结构生产工艺过程	14
一、生产组织与准备	14
二、备料加工	14
三、装配与焊接	15
四、结构质量检验	15
五、焊接结构安全评定	15
复习思考题	16
第二章 焊接应力与变形	17
第一节 焊接应力与变形的产生	17
一、应力与变形的基本知识	17
二、研究焊接应力与变形的基本假定	18
三、焊接应力与变形的产生原因	19
第二节 焊接应力	23
一、焊接残余应力的分布	23
二、焊接残余应力对焊接结构的影响	27
三、减小焊接残余应力的措施	28
四、消除焊接残余应力的方法	31
五、焊接残余应力的测定	33
第三节 焊接变形	34
一、焊接残余变形的种类及其影响因素	34
二、预防焊接变形的措施	46
三、矫正焊接残余变形的的方法	54
复习思考题	57
第三章 焊接接头的静载强度	59
第一节 焊接接头的类型	59
一、焊接接头的基本形式	59
二、电弧焊焊缝的类型	62
第二节 常用焊接接头的工作应力分布	64
一、应力集中	64
二、电弧焊接头的工作应力分布	64
三、电阻焊接头的工作应力分布	68
第三节 焊接接头的设计与静载强度计算	69
一、焊接接头的设计	69
二、电弧焊接头静载强度计算	72
三、点焊接头静载强度计算	79
第四节 焊接接头的疲劳破坏与脆性断裂	82
一、疲劳破坏	82
二、焊接结构的脆性断裂	84
复习思考题	86
第四章 焊接结构工艺性审查	88
第一节 焊接结构工艺性审查的目的与步骤	88
一、结构工艺性概念及审查的目的	88
二、焊接结构工艺性审查的步骤	89
第二节 焊接结构工艺性审查的内容	90
一、从满足焊接结构强度的可行性分析结构的合理性	90
二、从焊接变形与应力分析焊接结构的合理性	91
三、从焊接结构的生产工艺分析结构的合理性	93
四、从焊接结构生产的经济性分析结构的合理性	94
第三节 焊接结构件工艺性审查实例	95
一、轮的结构工艺性审查	95
二、型钢桁架的结构工艺性审查	96
三、重型汽车桥壳的结构工艺性审查	98
复习思考题	100
第五章 焊接结构的零件加工工艺	103
第一节 钢材的矫正及预处理	103
一、钢材变形的原因	103

二、钢材的矫正原理	104	一、工艺规程的作用	176
三、钢材的矫正方法	104	二、编制工艺规程的依据	177
四、钢材的预处理	110	三、编制工艺规程的步骤	178
第二节 划线、放样与下料	111	四、常用工艺文件	181
一、钢结构施工图	111	五、封头(拼接)加工工艺过程的制订	187
二、划线	112	第三节 焊接结构生产工艺过程分析	189
三、放样	114	一、生产纲领对结构生产工艺过程	
四、下料	121	分析的影响	189
五、坯料的边缘加工	129	二、结构生产的要求对生产工艺过程分析	
第三节 弯曲与成形	130	的影响	191
一、弯曲	130	三、焊接结构生产工艺分析的方法	
二、卷板	134	及内容	192
三、型钢弯曲	137	复习思考题	193
四、管子弯曲	139	第八章 典型焊接结构的生产工艺	195
第四节 拉延和旋压	143	第一节 桥式起重机桥架的生产工艺	195
一、拉延	143	一、桥式起重机桥架的组成、主要部件的结	
二、旋压及爆炸成形	147	构特点及技术标准	195
三、压制设备	148	二、主梁及端梁的制造工艺	198
复习思考题	149	三、桥架的装配与焊接工艺	203
第六章 焊接结构的装配与焊接工艺	151	第二节 压力容器的生产工艺	205
第一节 焊接结构的装配	151	一、压力容器的基本知识	205
一、装配的基本条件	151	二、中低压压力容器的制造工艺	210
二、零件的定位原理及定位	152	三、高压容器的制造工艺特点	213
三、装配中的测量	152	四、球形容器的制造工艺	213
四、装配用工夹具与设备	156	复习思考题	217
五、装配基本方法	160	第九章 装配焊接工艺装备	218
六、装配方法的选用与装配工艺		第一节 概述	218
过程的制订	164	一、工艺装备在焊接生产中的地位和	
第二节 焊接结构的焊接工艺	168	作用	218
一、焊接工艺制订的内容和原则	168	二、焊接工艺装备的分类	218
二、焊接方法的选择	169	三、工艺装备的特点	219
三、焊接工艺参数的选定	169	第二节 焊接工装夹具	220
四、确定合理的焊接热参数	169	一、零件的定位及定位器	220
五、焊接工艺评定	170	二、零件的夹紧机构	227
复习思考题	173	三、工装夹具设计的基本知识	239
第七章 焊接结构制造工艺过程		四、夹具结构实例分析	246
制订	175	第三节 焊接变位机械	247
第一节 焊接结构生产工艺规程的		一、焊件变位机械	248
基本知识	175	二、焊机变位机械	257
一、生产过程和工艺过程	175	三、焊工变位机械	262
二、工艺过程的基本组成	175	四、变位机械装备的组合应用	262
第二节 焊接结构加工工艺规程的编制	176	第四节 其它装置与装备	264

一、装焊吊具	264	基本知识	275
二、焊接机器人简介	267	一、焊接车间的组成	275
复习思考题	269	二、车间工艺平面布置	275
第十章 焊接结构生产的组织与		三、焊接结构车间平面布置举例	277
安全技术	271	第三节 焊接生产中的劳动保护	279
第一节 焊接结构生产的组织	271	一、焊接生产中的劳动保护	279
一、焊接生产的空间组织	271	二、焊接生产安全管理	280
二、焊接生产的时间组织	272	复习思考题	281
第二节 焊接生产车间的组成与平面布置的		主要参考文献	282

绪 论

焊接是金属连接的一种工艺方法。

焊接结构，是将各种经过轧制的金属材料及铸、锻件等毛坯采用焊接方法制造成能承受载荷的金属结构。

一、焊接结构在工业发展中的作用及特点

1. 焊接结构的应用与发展

机械制造业是国民经济的基础工业，它决定着整个国家的工业生产能力和水平，而焊接技术则是机械制造业中的关键技术之一。焊接技术作为一门独立的学科，随着现代工业的高速发展而不断进步。焊接结构的应用也几乎涉及到国民经济的各个领域，如石油与化工机械、起重运输设备、宇航运载工具、车辆与船舶制造、冶金、矿山、建筑结构及国防工业等。各种压力容器、核反应堆器件等产品，如不采用焊接就不可能制造。各种人造卫星、航天飞机和空间站的主要部件都是采用焊接方法制造的。例如，利用氩弧焊工艺完成了钛合金骨架的焊接工作；某些部件还采用了真空电子束焊或激光焊。开发海洋时所需要的海上平台、海底作业机械及潜水装置等，焊接成为必不可少的制造手段。制造核电站的重要装置，如原子锅炉、球形外壳、热交换器等，都具有严格的质量要求，若这些装置发生泄漏将会造成放射性及其它有害气体污染，只有通过焊接工艺才能保证这些机械结构满足其使用性能的要求。焊接技术的应用实例很多，目前世界上工业发达国家一般钢产量的 40% 左右是经过焊接加工成为工业用品的。

近十几年来，我国在引进国外先进技术和设备的同时，许多专门从事焊接结构制造的工厂和车间还进行了大规模的设备更新和改造。高效节能的焊接技术、自动化跟踪技术、计算机控制以及焊接机器人的推广和采用，对提高焊接机械化和自动化生产，对拓宽焊接结构在我国的应用领域起到了重要作用。至今、已经具备了生产容积为 4063m^3 巨型高炉炉体等许多大型重型的机械设备的能力。图 0-1 是一个导管架采油平台结构示意图，其焊缝总长度达 56km 之多，导管架既要支承整个平台的重量，还要经受住恶劣海洋环境的侵袭。这就要求焊接接头具有全面的高性能，如足够的强度和刚度、较宽的工作温度范围（严寒和酷暑）、抗风、耐海水与大气腐蚀等，在结构制造上必须达到高质量的要求。总之，这些焊接结构的成功制造，标志着我国在焊接技术的开发与应用方面进入了一个崭新的阶段。然而，与工业发达的国家相比，在传统技术的改造与电子技术的普遍应用上，在焊接机械化和自动化生产的研制与开发方面都还存在着一定的差距。

2. 焊接结构的特点

焊接结构得到如此广泛的应用，是因为它具有一系列优点，主要表现在以下几个方面：

(1) 能满足结构使用性要求 焊接接头的强度一般可达到与母材等强，能够承受基本金属所能承受的各种载荷的作用。焊接是一种金属原子间的连接，刚度大、整体性好，能够保证产品气密性和水密性要求，这对于超高压容器的生产是极为重要的。

(2) 可节约金属材料 焊接结构的零件或部件可以直接通过焊接的方法进行连接，不需

要附加连接件（如铆接时常用的连接角钢等）。与铆接相比，相同结构的重量可减轻 10%~20%。

(3) 工艺灵活性大 根据产品的结构特点，可以将几何尺寸大、形状复杂的结构分解，对分解后的零件或部件分别进行加工，然后，通过总体装配焊接成整体结构。

(4) 对金属材料的适应性强 通过焊接可将多种不同形状与厚度的钢材（或其它金属材料）连接起来，也可将不同种类金属材料（铸钢件、锻压件等）连接起来，从而使焊接结构的材料分布、性能的匹配更合理。需要指出，选择焊接结构的金属材料应尽可能采用焊接性良好的材料，当 w_c 超过 0.30% 或某些合金钢为了获得优质接头时，必须采用特殊的工艺措施。

(5) 投资少，见效快 焊接结构生产一般不需要大型的、贵重的设备，而且对产品的生产规模适应性强，更换产品型号和品种都比较方便。

焊接结构的不足之处大多反映在焊接接头上的问题，归纳起来有三个方面：

(1) 几何上的不连续性 这体现在接头外形尺寸突变及可能存在的各种焊接缺陷，从而引起应力集中、减小承载面积，形成断裂源，裂纹的扩展难于控制。

(2) 力学性能上的不均匀性 焊接接头中可能存在脆化区、软化区、各种劣质区，这是由于焊接工艺、接头部分的成分和组织与母材的差异所致。

(3) 焊接变形与残余应力的存在 焊接过程中，局部不均匀加热会产生复杂的热应力，导致焊接变形与残余应力的产生。

焊接接头是焊接结构的基本要素，同时在许多情况下，它又是焊接结构上的薄弱环节。为了设计和制造出优质的焊接接头，关键要做到以下几点：

- 1) 合理的设计，正确的选择材料。
- 2) 采用适宜的焊接设备和制订正确的焊接工艺。
- 3) 良好的焊接技艺以及严格的质量控制。

二、本课程讲授的主要内容

《焊接结构生产》是焊接专业学习的主要专业课程教材之一。根据机械中等专业学校的培养目标和学生的知识水平，教材的编写内容包含了焊接结构基本理论（焊接应力与变形、接头静载强度等）以及焊接结构生产工艺过程的基本知识。本教材从分析焊接结构产生应力与变形的原因入手，较为全面而系统地介绍了焊接接头的基本概念及静载强度、焊接结构的工艺性、产品结构的零件加工工艺、装配与焊接工艺及其所用工艺装备、产品制造工艺过程的制订以及典型焊接结构的生产工艺、焊接车间的组织管理、安全生产及车间平面布置等方面的基本知识，这是从事焊接结构生产的工艺人员应必备的专业理论知识。

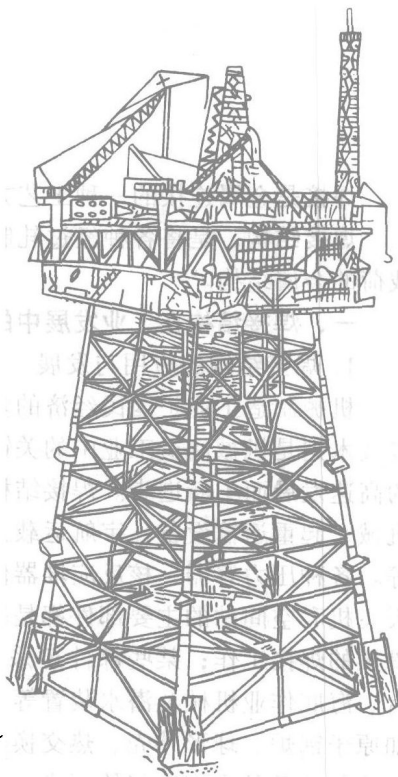


图 0-1 导管架采油平台

三、学习本教材的目的与方法

本教材是根据焊接专业中专四年制《焊接结构生产》课程教学大纲编写的，通过本课程的学习应使学生达到以下目的和要求：

- 1) 初步掌握焊接应力与变形产生的原因以及控制、减小和消除焊接应力与变形的工艺要点。
- 2) 初步掌握焊接接头的种类、应力分布的规律、焊接接头静载强度的验算方法以及结构疲劳断裂和脆断的基本知识。
- 3) 初步掌握焊接结构制造的一般工艺流程，能够根据产品图样、技术要求和生产性质，合理地制订一般焊接结构的零件加工、装配、焊接工艺规程。
- 4) 初步学会分析一般焊接结构的工艺性，能对中等复杂的焊接结构图样进行工艺性审查，熟悉生产过程各环节对产品质量的影响和保证质量的措施。
- 5) 了解焊接结构生产中常用工艺装备的功用、结构特点、工艺装备适用范围和使用要求，并初步具有选用和设计一般装配—焊接夹具的能力。
- 6) 了解焊接生产车间的平面布置、生产组织管理及安全生产方面基本知识，初步学会绘制焊接车间或工段的简单平面布置图。

学习本教材时应注意掌握学习方法，《焊接结构生产》是一门实践性较强的专业课程，要注意理论联系实际，善于综合运用基础课及专业课程多方面的知识去认识和分析焊接结构的实际生产问题。学习本课程前，应使学生对焊接结构生产的全过程有一定程度的感性认识，通过组织学生进行现场教学和参观，加深理论与实际关系的正确认识，还可结合电化教学的方式开阔学生的视野，培养学生分析问题和解决问题的能力。

第一章 焊接结构概述

焊接结构产品的应用领域极其广泛，且具有品种繁多、几何形状和尺寸各异的特点。为使读者对焊接结构有一个概括的认识和了解，本章将针对普遍应用的焊接结构基本构件的概念、分类方法、结构特点、工作条件以及有关的设计要点做一简要分析和讨论。

第一节 焊接结构的基本构件

一、梁、柱、桁架结构

1. 焊接梁的受力及结构特点

焊接梁是由钢板或型钢焊接成形的实腹受弯构件，主要承受横向弯曲载荷的作用。根据主体结构工作条件的要求，焊接梁还可能同时承受弯曲和扭转或弯曲和轴向力等组合载荷的作用。

焊接梁通常多应用于载荷和跨度都较大的场合，其截面形式一般分为工字形和箱形，故称为工字梁与箱形梁。从受力的角度考虑：工字梁结构主要用于只在一个主平面内承受弯矩作用的场合；而箱形梁则适用于在两个主平面内承受弯矩及附加轴向力作用的场合。因为箱形梁的截面是封闭的，具有较好的抗扭曲能力和抗腐蚀能力，所以一般重型的、大跨度的桥式起重机桥架，都采用箱形梁结构。

梁的组成方法很多，如利用钢板拼焊而成的板焊结构梁；利用轧制型材（包括工字钢、槽钢或角钢等）焊接而成的型钢结构梁；还可以利用钢板和型钢焊接成组合梁。图 1-1 列举了几种梁的组成方法。

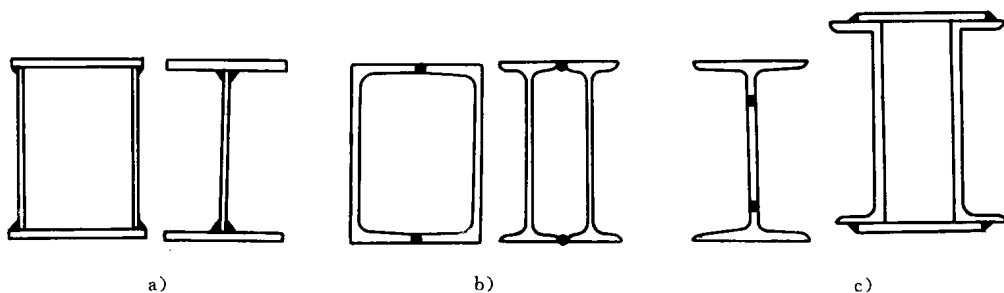


图 1-1 梁的组成方法

a) 板焊结构梁 b) 型钢结构梁 c) 钢板—型钢组合梁

随着焊接梁在工作中承受载荷的变化，其截面沿着梁长方向也进行了相应的改变而形成变截面梁。变截面梁是通过改变翼缘板的宽度、厚度或腹板的高度、截面积来实现的。图 1-2 表示了几种变截面梁的外形，特别是重型梁，采用变截面的制造方法，可以节约材料和减轻梁的自重。

梁的用途很广，在钢结构中梁是最主要的一种构件形式，是组成各种建筑钢结构的基础，同时又是机器结构中的重要组成部分。图 1-3 是跨度（梁长）为 12m 的吊车梁。吊车梁

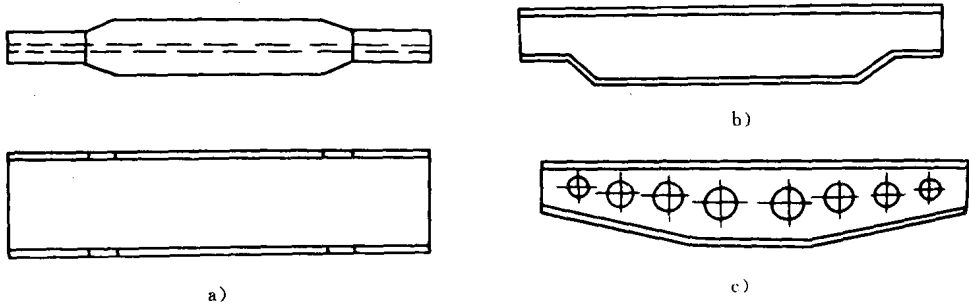


图 1-2 变截面焊接梁

a) 改变翼缘板宽度 b) 改变腹板高度 c) 改变腹板截面积和高度

是架在车间跨间柱子上，供桥式起重机行走的钢梁。该梁采用工字形截面，每隔 1.5m 设置一筋板，可承受 50~750kN 的载荷。

焊接梁的设计，主要包括确定梁的高度，翼缘板的宽度和厚度、腹板的高度及厚度等内容。进行梁设计时的步骤以及注意解决以下几个问题。

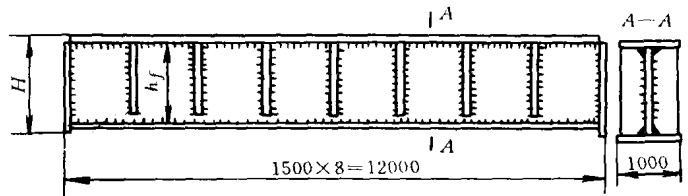


图 1-3 焊接吊车梁结构示意图

- 1) 选择制造梁的材料。
- 2) 选择焊接梁的结构形式及截面。

- 3) 进行梁所承受载荷的分析和计算。
- 4) 考虑梁的强度、刚度和稳定性，保证梁安全使用的论证。
- 5) 进行梁的整体和细节设计。如支承、加固、加筋等。
- 6) 具有较好的经济效益，节省材料，制造省工，安装方便。
- 7) 绘制梁的施工图。

有关焊接梁加工工艺方面的知识，将在后续章节中作详细讨论。

2. 焊接柱的受力及结构特点

焊接柱是由钢板或型钢经焊接成形的受压构件，并将其所受到的载荷传递至基础。

按焊接柱的受力特点不同可分为轴心受压柱和偏心受压柱。轴心受压柱如工作平台支承柱、塔架、网架结构中的压杆等；偏心受压柱是既在受压的同时又承受纵向弯曲的作用，如厂房和高层建筑的框架柱、门式起重机的门架支柱等。

焊接柱的组成可以通过钢板的拼焊、轧制型材的焊接以及采用钢板和型钢组合施焊而形成。图 1-4 所示几种常用焊接柱的截面形式。尽管焊接柱的截面组成方式有多种，从柱的结构形式上区分可归纳为两类：一类为实腹式柱，（如图 1-4 中 a, b, c），此种形式的构造和制作都比较简便；另一类为格构式柱（如图 1-4 中 d, e），此种形式的截面开展，制作稍费时，但可节省钢材。图 1-5 是焊接实腹式柱与格构式柱的结构形式图，其中，图 a 为轴心

或小偏心受压的实腹式柱结构，主体为板焊工字梁形式。图 b 为轴心受压或小偏心受压的格构式柱，主体是由两根槽钢通过缀条连接焊合的形式。焊接柱主要由柱头、柱身（主体）、

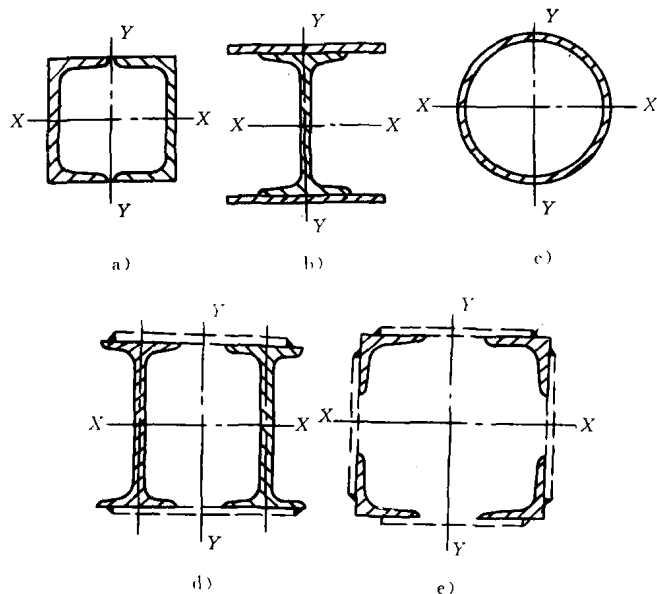


图 1-4 焊接柱的截面形式

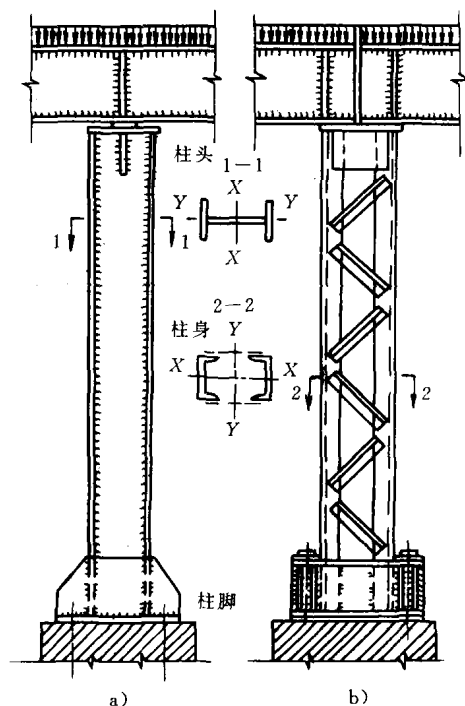


图 1-5 柱的结构形式

a) 实腹式柱 b) 格构式柱

柱脚三部分构成。

(1) 柱头 如图 1-6a 所示，一般由垫板、顶板、加强筋和安装定位螺栓等组成。顶板与柱端焊合为一体，并通过螺栓与梁连接在一起，顶板的厚度可根据承受载荷的需要而确定，一般为 16~30mm。垫板放置在顶板与梁之间，可用于调整梁的水平。

(2) 柱脚 如图 1-6b 所示，它的端头采用角焊缝与柱底板焊合，其目的是增加与基础的接触面积，减小接触压力。底板与基础的连接可根据基础的材料而确定，钢基础多采用焊接的方式，水泥基础多采用铰接方式。

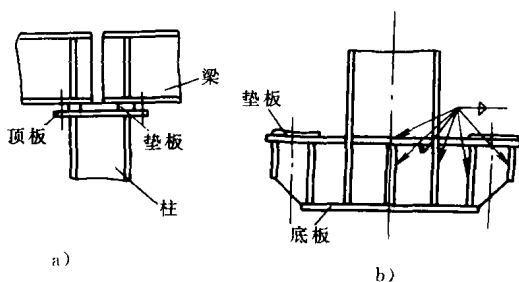


图 1-6 典型柱头与柱脚构造

a) 柱头 b) 柱脚

焊接柱作为独立的构件，在进行设计时，除了满足强度和刚度的要求外，还应保证焊接柱具有整体和局部的稳定性，以达到其使用要求。首先应根据柱的工作条件选择合理的截面形式，主要考虑承受载荷的大小及载荷是否能通过焊接柱的轴心。其次根据强度、稳定和刚度条件来确定截面的各部分尺寸。

3. 焊接桁架的受力及结构特点

焊接桁架是指由直杆在节点处通过焊接相互连接组成的承受横向弯曲的格构式结构。桁架结构的组成是由许多长短不一、形状各异的杆件通过直接连接或借助辅助元件（如连接

板)焊接而成节点的构造。

桁架的受力状态较为复杂, 主要与桁架承受载荷的作用点及其作用方向有着密切的关系。当载荷作用在桁架的各节点位置时, 各杆件基本上只承受轴向心力的作用而形成轴心拉杆或轴心压杆; 当载荷作用在节点之间位置时, 这些杆件除承受轴向心力的作用外, 还会承受横向弯曲的作用而形成拉弯杆件或压弯杆件。桁架的组成及受力状态如图 1-7 所示。图 a 属于节点承载状态; 图 b 属于节点间承载状态; 图 c、d、e 为其它桁架格构的组成方式。

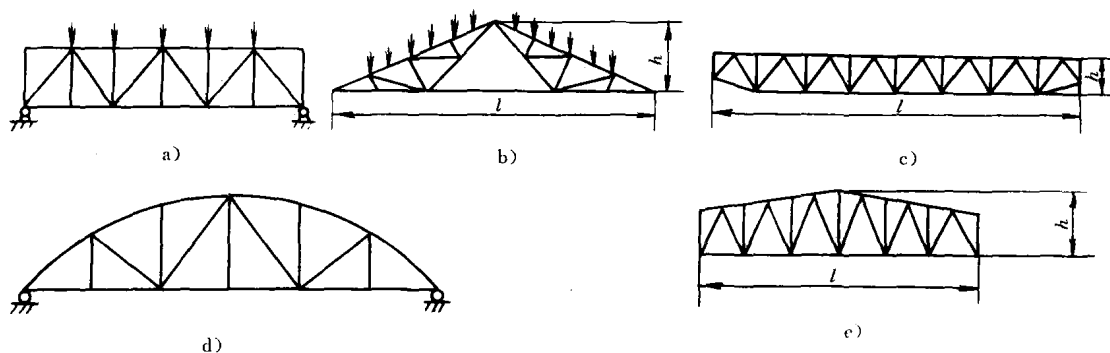


图 1-7 桁架的组成及受力特点

桁架结构具有材料利用率高、重量轻、节省钢材、施工周期短及安装方便等优点, 尤其是在载荷不大而跨度很大的结构上优势更为明显。因此, 在主要承受横向载荷的梁类结构(如桥梁等)、机器的骨架、起重机臂架以及各种支承塔架上应用非常广泛。桁架杆件材料的选用, 与其工作条件、承受载荷的大小及跨度等因素有关。例如: 屋顶桁架是在静载状态下工作的, 其杆件将近 90% 是由成对的角钢组焊而成。在图 1-8 中列举了桁架结构在工程上应用的几种示例。图 a 是龙门起重机臂架; 图 b 是拱式桥梁桁架; 图 c 是悬挂高压电缆的塔式

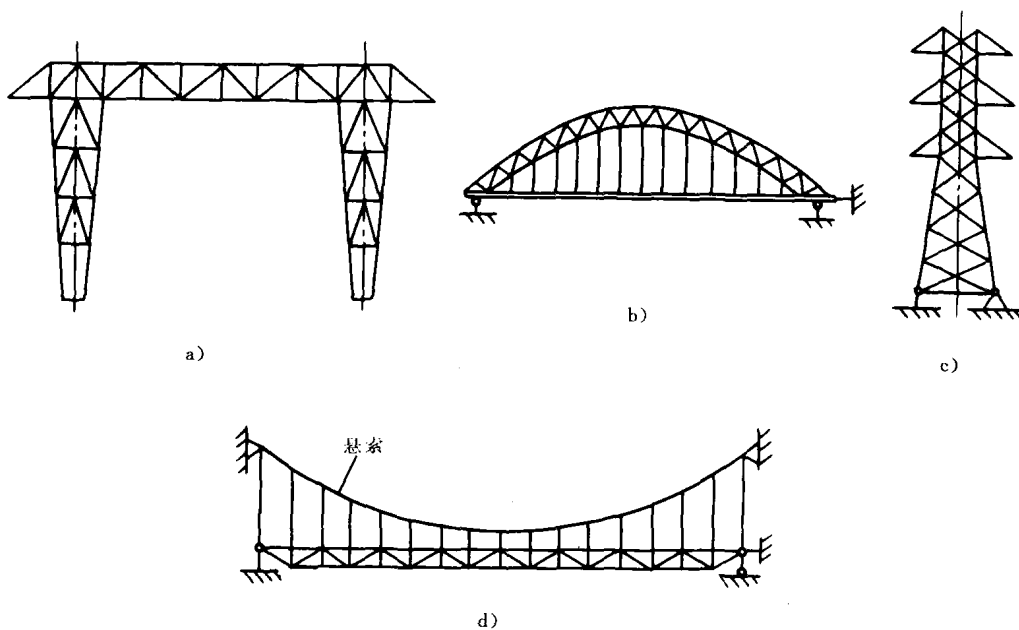


图 1-8 桁架的应用示例

桁架；图 d 是大跨度悬吊梁组合桁架。

桁架结构设计的主要参数是跨度和高度，这些参数是根据桁架的使用环境和技术要求所决定的。需要指出的是，设计时桁架跨度和高度的确定必须以满足刚度的要求为先决条件。例如，一般桥梁桁架的跨度较大，其节点间的尺寸（各杆件的长度）也比其它桁架大得多，因此要求具有较大的刚度。

二、焊接容器结构

焊接容器是由板材经成形加工，并焊接成能够承受内外压力的封闭性结构。容器结构（包括锅炉、压力容器和管道）是各工业部门必不可少的生产装备，它担负着供热、供电、储存和输送各种工业原料和产品的作用。随着工业生产与科技的进步和发展，越来越需要更加可靠、连续性与密闭性要求极高的焊接容器。近年来，我国有关部门对容器的设计、制造、安装、检验及使用管理等诸方面制订了一系列详尽的规程和标准。

1. 焊接容器的分类

焊接容器种类很多，分类方法就有十几种。

(1) 按用途 有反应容器、换热容器、分离容器和储存容器四类（见表 1-1）

表 1-1 压力容器按用途的分类

类别序号	类别名称	主要用途	容 器 名 称
1	反应压力容器	完成介质的物理化学 反应	反应器、反应釜、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
2	换热压力容器	完成介质热量交换	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
3	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
4	储存压力容器	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) 按设计压力 分为低压容器、中压容器、高压容器和超高压容器。

(3) 按设计温度 分为低温容器、中温容器和高温容器。

(4) 按容器壳体结构 分为整体式和组合式两类。

除上述分类方法外，还可按压力容器的壁厚、结构材料、结构型式、工作介质、装配方法及空间位置等分类。焊接容器分类虽多种，然而，就容器基本组成而言，大多是由各种壳体（圆柱形、圆锥形和球形）与各种封头（椭圆形、球形和圆锥形）以及管接头、法兰和支座等基本部件构成。

2. 容器的工作条件

压力容器的设计制造，应根据不同工作条件、使用寿命、重要性程度及焊接特点等综合因素，来进行合理选择材料、制订和选用相应的制造和验收技术条件，严格遵循各类标准、规程和规范。就焊接容器工作条件而言，主要包括载荷、温度与介质三项内容。温度指焊接

容器处于高温、常温或低温的工作温度条件；介质包括容器内部的储存介质和外部的环境介质，如空气、水蒸气等大气介质，或海水、石油气、天然气、酸、碱水溶液等。对于核电站和宇航技术领域中应用的焊接容器，还要接受核辐射及宇航射线的工作环境。由此可见，工作介质是焊接容器正确选择材料的重要依据。关于承受载荷的问题，大多数容器主要承受静载荷的作用，包括内压、外压、温差应力及自重等。除静载荷外，还要承受疲劳载荷的作用，包括水压试验、调试和检修等载荷的波动变化。

3. 典型焊接容器简介

焊接容器的应用广泛，仅就焊接容器结构形式的差异，对两种产品作一简要介绍。图 1-9 是容积为 2200m^3 的液化丙烯 (C_3H_6) 存储球罐结构，球罐内径 $\phi 16.3\text{m}$ ，球壳板厚 $36\sim 38\text{mm}$ ，整个球本体由 66 块球板焊接而成，焊缝总长度达 544m ，球罐重 245.38t 。球罐安装时处于悬空位置，依靠 10 根直径为 $\phi 610\text{mm}$ 的钢管作为立柱支承。球形容器与圆筒形容器相比具有一系列优点，如球形容器几何形状中心对称，因此受力均匀；在相同壁厚条件下球形容器承载能力最高；在相同容积条件下球形容器的表面积最小。另外，球罐占地面积小，基础工程简单，建造费用也较低。球罐结构不足之处，表现在下料、冲压、拼装尺寸要求严格，矫形比较困难且加工费用高。

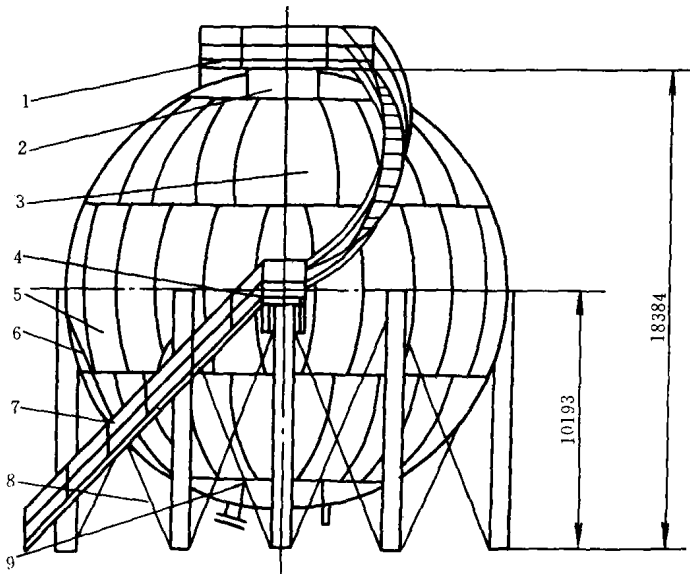


图 1-9 2200m^3 球罐结构简图

1—顶部平台 2—上极顶 3—上温带 4—中间平台 5—赤道带
6—柱脚 7—扶梯 8—拉杆 9—下极顶

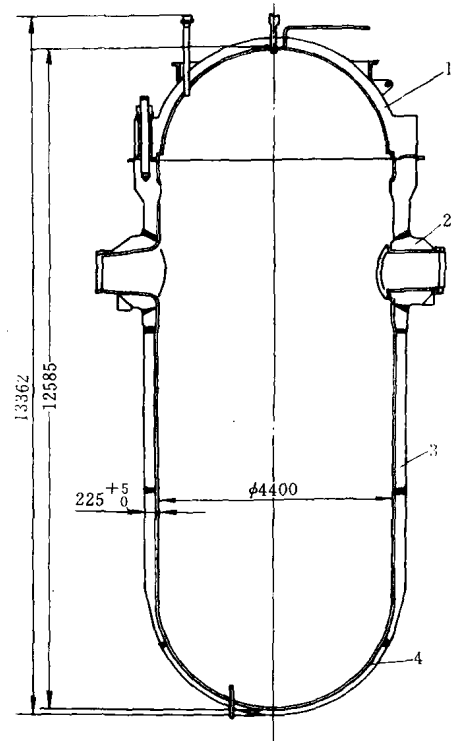


图 1-10 压水堆压力容器壳体结构外形

1—顶盖 2—接管 3—筒体
4—球形封头

图 1-10 是压水堆压力容器壳体结构外形。其实，它就是核电站的动力反应堆容器的壳体，俗称压力壳，是技术要求很高的厚壁容器。压力壳是放置堆芯及构件并防止放射性物质

外泄的高压容器。压力壳的工作温度约 350°C ，工作压力约为 14MPa ，其壳体壁厚为 225mm ，主要由锻造筒体、锻造球形封头、顶盖和不同直径的接管组成。压力壳采用了锻焊复合结构的制造方法，整个压力壳筒体没有纵缝，部件通过环焊缝连接成整体。这种结构不仅减少了焊接工作量，还降低了容器服役期的检查工作量。缺点是需要装备大型的冶炼、锻压和热处理设备。焊接容器的设计工作中，除进行必要的强度、刚度及稳定性的设计计算外，应着重于容器制造工艺性设计，如总体构造形式、焊缝布置、焊接接头和坡口形式等方面综合考虑，特别是对容器结构可能出现的局部应力集中进行精心设计。

三、机械零部件焊接结构

机器焊接结构主要包括机床大件（床身、立柱、横梁等）、压力机机身、减速器箱体以及大型机器零件等。这类结构通常是在交变载荷或多次重复载荷状态下工作的，因此对于这类焊接结构应要求具有良好的动载性能和刚度，保证机械加工后的尺寸精度和使用稳定性等。

1. 切削机床的焊接床身

床身以往是采用铸造结构，为提高机床工作性能，减轻结构重量，缩短生产周期和降低成本，逐渐改用焊接结构。尤其单件小批生产的大型和重型机床，采用焊接结构的经济效果非常明显。图 1-11 是卧式车床的焊接床身，主要由箱形床腿、“ Π ”形筋、导轨、纵梁及液盘等零部件组成。图 c 断面结构型式是通过纵梁 4 上的斜板 5 实现的，它把整个方箱断面分割成具有两个三角形的断面，下方三角形全封闭，断面具有较大的抗弯抗扭性能。此种结构多用于批量生产的场合。

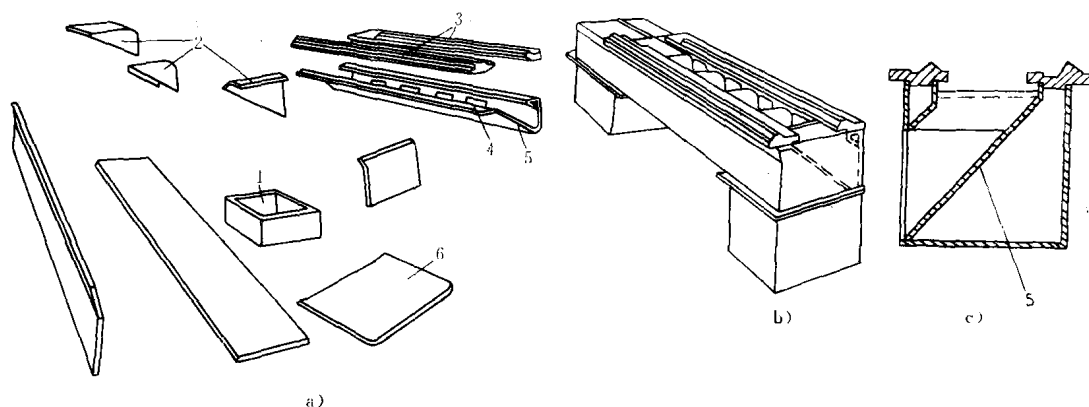


图 1-11 卧式车床焊接床身

a) 床身钢部件分解图 b) 焊接床身结构 c) 床身断面结构形式

1—箱形床腿 2—“ Π ”形筋 3—导轨 4—纵梁 5—斜板 6—液盘

对于一般焊接床身而言，工作时能保证承受各种力的作用而不产生过大变形，则必须具备足够的强度和刚度。同时，还要保证工件的尺寸精度。焊接床身在设计时应注意解决以下几个问题：

(1) 刚度问题 焊接床身一般选用轧制的板材和型钢组焊而成，可选用焊接性能良好的低碳钢和普通低合金结构钢作为基体材料。钢的弹性模量高于铸铁，而且在相同刚度条件下钢制床身比铸铁床身的自重要轻得多，因此采用钢制床身可以满足机床工作所要求的刚度条件。

(2) 尺寸稳定性问题 为保证切削加工工件的质量，要求焊接床身具有较好的尺寸稳定