



国家开放大学新型产业工人培养和发展助力计划



焊接结构生产

Welding Structure and Production

李德元 张楠楠 裘荣鹏 编



中央广播电视大学出版社



国家开放大学新型产业工人培养和发展助力计划

焊接结构生产

李德元 张楠楠 裘荣鹏 编

中央广播电视大学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

焊接结构生产 / 李德元, 张楠楠, 裘荣鹏编. —北京:
中央广播电视大学出版社, 2015. 8

ISBN 978 - 7 - 304 - 07273 - 5

I. ①焊… II. ①李… ②张… ③裘… III. ①焊接
结构—焊接工艺—开放大学—教材 IV. ①TG404

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 159735 号

版权所有, 翻印必究。

国家开放大学新型产业工人培养和发展助力计划

焊接结构生产

HANJIE JIEGOU SHENGCHAN

李德元 张楠楠 裘荣鹏 编

出版·发行: 中央广播电视大学出版社

电话: 营销中心 010 - 66490011

总编室 010 - 68182524

网址: <http://www.crtvup.com.cn>

地址: 北京市海淀区西四环中路 45 号

邮编: 100039

经销: 新华书店北京发行所

策划编辑: 申 敏

版式设计: 赵 洋

责任编辑: 王 可

责任校对: 张 娜

责任印制: 赵连生

印刷: 北京明月印务有限责任公司

印数: 0001~1000

版本: 2015 年 8 月第 1 版

2015 年 8 月第 1 次印刷

开本: 787mm × 1092mm 1/16

印张: 14.25 字数: 332 千字

书号: ISBN 978 - 7 - 304 - 07273 - 5

定价: 29.00 元

(如有缺页或倒装, 本社负责退换)

前言 PREFACE



编写目的

本书是根据2014年国家开放大学制造大类机械设计制造类的焊接技术及自动化(专科)专业规则和“焊接结构生产”课程教学大纲编写的,适合作为国家开放大学焊接技术及自动化专业教材。我们编写本书的主要目的是适应高等职业教育教学发展的需要,贯彻以素质教育为主、能力培养为本的教学指导思想,突出职业化教育特色。遵循新大纲的内容和学时要求,本书的主要内容包括焊接结构基本知识、焊接应力与变形、焊接结构的断裂与失效、备料加工工艺、焊接结构的装配与焊接工艺、典型焊接结构的制造技术、装配-焊接工艺装备和焊接结构生产中的安全技术与劳动保护。

教材特点

(1) 以基本知识、基础理论、基础工艺为主体,重点介绍焊接过程中的实用操作技术,并加入少量的设计及理论计算等内容。

(2) 加入一定量的新工艺、新技术,以便拓展学生视野。结合焊接工程师授课内容,深入浅出地介绍最新国家标准和设计规范。

(3) 在语言方面,力求文字简洁,通俗易懂,图文并茂。根据远程开放教育的特点,提供网络课程学习、问题库等学习资料,以便对学习进行支持。

(4) 附有学习指南和自测题,便于学生巩固所学知识,加深对内容的掌握和理解,注重提高学生的可持续发展能力和职业技术手段,同时,重视对其创新能力的培养。

编作者

本教材由国家开放大学“焊接结构生产”课程教材编写组完成,其中,沈阳工业大学李德元教授编写绪论、第1章和第2章,沈阳工业大学张楠楠编写第3~6章,辽宁广播电视大学裘荣鹏副教授编写第7章和第8章。张楠楠负责本书的总体设计及全书统稿。在本书编写过程中,承蒙国家开放大学、兄弟院校及企业有关同志的大力支持,在此向他们表示衷心的感谢。此外,我们还得到了沈阳工业大学材料科学与工程学院研究生江迪、宫雪、徐鹤、王骞、林丹阳、黄鹤、杨金荣等的帮助,在此一并表示感谢。在本书编写过程中,我们参考了大量的文献资料,在此向原作者表示谢意。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免存在纰漏和不妥之处,恳请使用本教材的教师和广大读者批评指正。

编者

2015年3月



学习目标

完成本课程的学习之后，你将达到以下目标：

1. 认知目标

- (1) 掌握焊接结构构件的特点、应用及分类。
- (2) 掌握焊接应力与变形产生的原因、分布规律以及控制措施和矫正变形的的方法。
- (3) 掌握焊接结构发生脆性断裂和疲劳破坏的影响因素以及预防措施。
- (4) 掌握桥式起重机桥架、一般压力容器、船舶结构、桁架的生产工艺。
- (5) 掌握焊接结构生产中安全技术、劳动保护和安全管理的相关知识。

2. 技能目标

- (1) 能够编制机器零部件焊接结构、压力容器焊接构件的工艺文件。
- (2) 掌握控制焊接应力和变形的工艺措施，以及正确选择焊后消除应力、矫正变形的的方法。
- (3) 能够根据实际需要，完成焊接结构的划线、放样和号料。
- (4) 掌握常见装配—焊接用夹具以及焊接变位机械的使用方法。

3. 情感目标

- (1) 具有良好的语言表达与社会沟通能力。
- (2) 具有良好的组织与协调能力。
- (3) 具有良好的团队合作精神。
- (4) 具有良好的职业道德与行为操守。

学习内容

本教材包括以下内容：

1. 焊接结构基本知识

本部分主要介绍焊接结构的一些基本理论知识，包括焊接结构基本构件的构成、分类和特点，焊接接头的组成和基本形式，以及焊接接头的强度与计算。

2. 焊接应力与变形

本部分首先介绍应力与变形的基础知识、焊接应力与变形产生的原因，然后介绍焊接残余应力的分类、分布及其对焊接结构的影响，减小和消除焊接残余应力的措施，最后介绍焊接变形的种类及其影响因素、控制和矫正焊接变形的的方法。



3. 焊接结构的断裂与失效

本部分介绍焊接结构的脆性断裂和疲劳破坏，主要从结构特征、影响因素以及预防措施等方面来讲述。

4. 备料加工工艺

本部分主要介绍钢材的预处理、划线、放样、下料、边缘加工和弯曲变形等。

5. 焊接结构的装配与焊接工艺

本部分主要介绍焊接结构的装配条件、定位原理和装配方法，焊接工艺制定的原则、方法及材料的选择，以及最终的工艺评定。

6. 典型焊接结构的制造技术

本部分主要介绍桥式起重机桥架的基本知识、主要部件的制造工艺，压力容器的结构特点和制造工艺，船舶结构的类型及特点，桁架的结构特点、技术要求及其装配和焊接工艺。

7. 装配—焊接工艺装备

本部分主要介绍焊接工装的应用、工装夹具的使用和设计方法，以及焊接变位机械装置。

8. 焊接结构生产中的安全技术与劳动保护

本部分主要介绍焊接结构生产中的安全技术、劳动中采取的保护措施以及安全管理。

≡ 学习准备 ≡

在学习本课程之前，学生应具有“机械制造基础”“金属学及热处理”“金属熔化焊基础”等课程的基本知识。

目 录 CONTENTS



绪 论	1
第1章 焊接结构基本知识	4
1.1 焊接结构基本构件	4
1.2 焊接接头及其几何设计	12
1.3 焊接接头的强度与计算	21
本章小结	24
自测题	24
第2章 焊接应力与变形	25
2.1 焊接应力与变形的产生	25
2.2 焊接残余应力	32
2.3 焊接变形	43
本章小结	57
自测题	58
第3章 焊接结构的断裂与失效	60
3.1 焊接结构的力学特点	60
3.2 焊接结构的脆性断裂	72
3.3 焊接结构的疲劳破坏	82
本章小结	93
自测题	94
第4章 备料加工工艺	95
4.1 钢材矫正及预处理	95
4.2 钢材的识图、划线、放样与号料	101
4.3 钢材的下料与加工	108
4.4 弯曲与冲压成形	114
本章小结	123
自测题	124

第5章	焊接结构的装配与焊接工艺	126
5.1	焊接结构的装配	126
5.2	焊接结构的装配方法及装配工艺过程	134
5.3	焊接结构的焊接工艺	139
	本章小结	144
	自测题	144
第6章	典型焊接结构的制造技术	145
6.1	桥式起重机桥架的生产工艺	145
6.2	压力容器的生产工艺	153
6.3	船舶结构的生产工艺	160
6.4	桁架的生产工艺	168
	本章小结	170
	自测题	170
第7章	装配—焊接工艺装备	171
7.1	装配的基本条件	171
7.2	焊接工装夹具设计的基本方法	174
7.3	焊接变位机械	180
	本章小结	199
	自测题	199
第8章	焊接结构生产中的安全技术与劳动保护	201
8.1	焊接结构生产中的安全技术	201
8.2	焊接生产中的劳动保护和安全管理	204
	本章小结	209
	参考文献	210
	参考答案	211

绪 论

1. 焊接结构的发展

现代意义上的焊接技术起源于 19 世纪初的西方国家，先是弧焊和氧燃气焊，后来出现了电阻焊，各种金属焊接结构产品应运而生，大到数十万吨的油轮，小到微电子产品，用途极其广泛。20 世纪早期，第一次世界大战和第二次世界大战中对军用设备的需求量很大，与之相应的廉价、可靠的金属连接工艺受到重视，进而促进了焊接技术的发展。战后，先后出现了几种现代焊接技术，包括目前最流行的手工电弧焊，以及诸如熔化极气体保护电弧焊、埋弧焊、药芯焊丝电弧焊和电渣焊等自动或半自动焊接技术。20 世纪下半叶，焊接技术的发展日新月异，人们开发出激光焊接和电子束焊接。今天，焊接机器人在工业生产中得到了广泛的应用。

随着现代工业制造业的高速发展和焊接技术的不断进步，焊接作为一种金属连接的工艺方法，在金属结构制造和生产中已取代了大部分铆接连接工艺；焊接与铸造、锻压、切削加工和热处理等加工工艺方法的组合已经成为机械制造业的主要加工方法；许多传统的铸造、锻造结构也被焊接结构或铸 - 焊、锻 - 焊组合结构所代替。

焊接结构是以金属材料轧制的板材或型材作为基本元件，采用焊接加工方法，按照一定结构组成的并能承受载荷的金属结构。各种焊接结构产品被广泛应用于重型矿山机械、冶炼设备、起重运输设备、汽车和机车车辆、电站设备、建筑与厂房结构、航空与航天技术装备、石油化工设备、容器与管道、船舶与海洋结构、桥梁、集装箱，以及机器结构制造业和国防工业装备制造等领域中。有些产品，如大型厚壁超高压容器，除采用焊接加工技术以外，是难以找到更好的制造方法的。

现代大型建筑结构均采用焊接金属结构形式。与其他建筑结构相比，焊接金属结构具有强度大、质量小等优点，因此，特别适用于工业厂房、高层建筑、大跨度结构，以及要求质量小和可移动的承重结构等。截至目前，我国已建成 60 多幢高层焊接钢结构建筑；大跨度空间钢结构已在各种体育馆、展览中心、大剧院、候机楼、飞机库和一些工业厂房中应用；桥梁钢结构方兴未艾；钢结构住宅在我国经过近几年的深入研究和开发后，也已进入一个新的发展阶段。建筑钢结构的焊接方式通常有以下几种：焊条电弧焊（Shielded Metal Arc Welding, SMAW），主要用于钢结构制作中辅助焊缝的焊接；埋弧焊（Submerged Arc Welding, SAW），主要用于钢结构制作中主焊缝的焊接；熔化极气体保护电弧焊（Gas Metal Arc Welding, GMAW），主要用于现场安装工程和制作工程主、次焊缝的焊接；电渣焊（Electro Slag Welding, ESW），主要用于构件筋板的焊接；栓钉焊（Stud Welding, SW），主要用于劲性构件的栓焊和楼层板的穿透焊。

“鸟巢”钢结构焊接工程全部采用了上述方式，在现场安装工程中主要采用了以下 14 种焊接技术：

- (1) Q460-Z35 焊接性试验研究新技术。
- (2) 大规模采用电加热预（后）热技术。
- (3) 厚板采用 SMAW-GMAW-FCAW-G 复合新工艺技术。
- (4) 大面积采用仰焊技术。
- (5) GMAW、FCAW-G 大流量防风技术。
- (6) 钢结构低温焊接技术。
- (7) 铸钢及其异种钢焊接技术。
- (8) 防止冷、热裂纹技术。
- (9) 层状撕裂防止和处理技术。
- (10) 特殊焊缝处理技术。
- (11) 焊接机器人焊接技术。
- (12) 钢筋 T 形焊接接头压力埋弧焊新工艺。
- (13) 复杂钢结构应力应变控制技术。
- (14) 特殊钢结构合拢技术。

这 14 种焊接技术是十分典型的，基本代表了建筑钢结构焊接技术的发展方向。

机器制造业是焊接结构可以推广应用的另一个广阔领域。矿山冶炼、石油化工、交通运输、能源宇航和海洋工程等各个工业部门所用的大型机器设备，仪器和仪表的机体、骨架及主要元器件等，都越来越广泛地采用焊接结构。

一个国家焊接结构用钢量的多少，在一定意义上能说明其工业化的先进程度。在先进的工业国中，焊接结构产品的用钢量已达到总用钢量的 50% 以上，我国现已达到 40%~45%。2013 年，我国钢材产量首次突破 10 亿 t，达到 10.676 2 亿 t，同比增长 11.4%；粗钢产量达到 7.790 4 亿 t，同比增长 7.5%；生铁产量达到 7.089 7 亿 t，同比增长 6.2%。我国已成为世界第一钢铁大国，同时也成为焊接结构（主要是钢结构）制造大国。随着改革开放和世界经济一体化进程的加快，我国焊接结构制造所用的钢材将越来越多。

2. 焊接结构的特点及应用

焊接结构主要是指焊接的金属结构，绝大多数是钢结构。由于焊接结构具有优良的使用性能，易于满足各方面的使用要求，较少受尺寸和形状的限制，制造过程简单，结构质量小，便于运输和安装，因此，它在国民经济中几乎所有的工业部门和广阔的生活领域中都有大量的应用。

焊接结构能够得到如此广泛的应用和高速发展，是因为其具有一系列优点，具体如下：

(1) 焊接结构中的焊接接头是一种金属原子间的连接，接头刚度大，整体性好，在外力作用下，不会像机械连接那样因间隙变化而产生较大的变形。同时，产品的密封性容易保证。

(2) 焊接结构可以由各种不同形状与厚度的金属材料连接组合而成，甚至可由不同种类的金属材料连接组合而成，还可以由铸钢件与锻钢件连接组合而成，从而使结构中不同性能的材料应用更恰当，充分发挥其性能特点，做到物尽其用。此外，焊接结构中各个零部件

之间通常可直接用焊接连接，不需要采用附加的连接件，而焊接接头的强度一般可与母材相当。因此，与其他结构相比，焊接结构既节约了材料，又减小了产品的质量，还降低了生产成本，可谓一举多得。

(3) 与其他加工工艺方法相比，焊接结构的制造生产一般不需要大型、贵重的设备，因而建设焊接结构生产厂时设备投资少、见效快，并且容易适应不同批量焊接产品的生产，更换产品型号和品种也比较方便。

(4) “以小拼大”是焊接的优势之一。焊接加工特别适用于几何尺寸大而材料比较分散的制品，如船舶的壳体、桁架结构等。利用焊接进行加工时，可以将大型、复杂的结构先分解为许多小零件或部件后分别加工，然后通过焊接连接成整体结构，从而扩大了工作面，简化了结构的加工工艺，缩短了加工周期。

(5) 节约能源，利于环保。每吨焊接构件比铸件大约节能 35%，与锻件相比，也有节能优势，并且焊接生产条件优于铸造和锻造生产条件，有害物的排放量也比较少。

同时，焊接结构也存在一些缺点，具体如下：

(1) 焊接结构中必然存在焊接残余应力和焊接变形。绝大多数焊接结构都是采用局部加热的焊接方法制造的，从而不可避免地将产生较大的焊接残余应力与焊接变形。这不仅影响结构的外形和尺寸，在一定的条件下，还将影响结构的承载能力，如强度、刚度和稳定性。同时，对焊后加工也会带来一些问题。

(2) 焊接过程会局部改变材料的性能，可能使结构中的性能不均匀。尤其是一些高强度钢，在焊接过程中，必须实现焊缝金属洁净化和微合金化，使之晶粒细化。由于一些金属材料焊接比较困难，容易导致焊接缺陷，虽然大多数能够修复，但是一旦漏检或修复不当，则可能带来严重的问题。

(3) 焊接结构是一个整体，在焊接结构中产生的裂纹很难像铆接或螺栓连接那样，在零件的过渡处被制止，从而导致焊接结构对脆性断裂和疲劳断裂、应力腐蚀等的破坏特别敏感。

3. 焊接生产的特点

焊接生产过程是指采用焊接工艺方法，将毛坯、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，有许多是最终的制成品，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；更多的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，以及水轮机的主轴、转轮和座环等。

在工厂中负责焊接生产的车间，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，在某些情况下，它是初级产品、半成品的准备车间，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、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，焊接生产与工业生产的其他部门有紧密的联系。随着焊接结构的发展，焊接生产在工业生产中的地位将越来越重要。

第1章 焊接结构基本知识

导 言

近年来,随着我国先进制造行业的迅猛发展,人们对机械零部件使用寿命的要求越来越严格,并且要求某些产品能在各种恶劣环境中长时间稳定工作。本章主要介绍焊接结构的一些基本理论知识,包括焊接结构基本构件的构成、分类和特点,焊接接头的组成和基本形式,以及焊接接头的强度与计算。这些内容的安排充分结合生产实际,目的是使学生在掌握各种焊接结构基本构件的基础知识和技能时,能够活学活用,解决实际生产问题,并为后续学习打下坚实的基础。

学习目标

▲ 认知目标

1. 了解焊接结构基本构件的分类、特点和应用。
2. 了解机器零部件焊接结构和压力容器焊接结构构件的特点及应用。
3. 掌握焊接接头的组成和基本形式。
4. 掌握焊缝符号的组成、分类及其表示方法。

▲ 技能目标

根据实际需要,编制机器零部件焊接结构和压力容器焊接结构构件的工艺文件。

▲ 情感目标

有信心、有兴趣对焊接结构基本构件的组成做进一步探究。

1.1 焊接结构基本构件

1.1.1 机器零部件焊接结构

焊接是一种以加热、高温或者高压的方式接合金属或其他热塑性材料(如塑料)的制造工艺及技术,在机械制造业中得到了大量使用,如许多传统的铸、锻制品。由于毛坯的加工程度较大、零部件受力不理想等,传统铸锻结构已经逐步被焊接结构产品或铸-焊、锻-焊结构产品所代替,如机器零部件中的圆盘形零件、焊接机身、减速器箱体等。

1. 圆盘形零件

圆盘形零件一般由轮毂、轮缘、轮辐等结构要素组成,其中应用最广的是制动轮、飞轮、皮带轮和齿轮等,如图1-1所示。

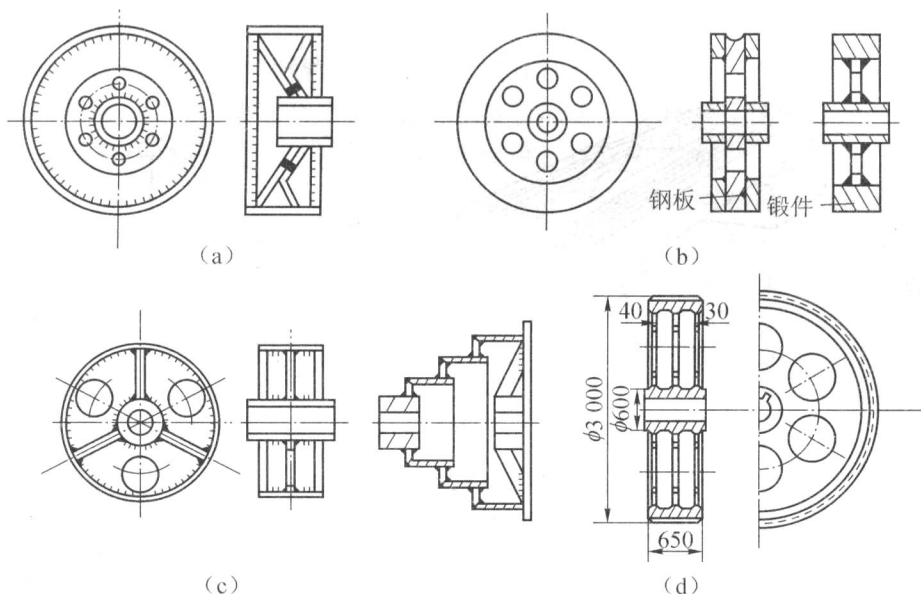


图 1-1 圆盘形零件

(a) 圆锥制动轮焊接结构；(b) 飞轮焊接结构；(c) 皮带轮焊接结构；(d) 圆柱齿轮焊接结构

圆盘形零件可分为基体和工作两部分，其中，基体部分主要对工作部分起支撑和动力传递的作用；工作部分实现圆盘形零件相应的功能，如叶轮中的叶片、皮带轮中的轮缘和齿轮中的轮齿等。因为这类焊接结构通常在重复载荷或交变载荷状态下工作，所以要求其具有良好的强度和刚度。

2. 焊接机身

机器焊接结构主要包括机床大件（如机身、立柱、横梁等）、压力机机身、减速器箱体及大型机器零件等。这类结构必须具有准确的尺寸，这样才能保证主要部件的加工质量。采用钢板焊接或铸-焊、锻-焊联合工艺制造机器零部件的方法，可以解决铸、锻设备条件不足的问题，同时还能够大量缩短制造周期。

(1) 切削机床焊接机身。切削加工是对精度要求很高的工艺过程，要求机身具有很强的刚度。过去，由于铸铁的价格低，铸件适合大批量生产，同时铸铁具有优秀的减震性能，所以铸铁机床一直占有优势。随着新型加工技术和现代工业的发展，为了提升机床的整体工作性能、减小结构的质量、缩短机身的生产周期和降低制造成本，机床机身逐渐改用焊接结构，特别是小批量生产的大型、重型及专用机床，取得了非常不错的经济性效果。

如图 1-2(a) 所示为卧式机床的焊接机身结构，它主要由加强肋、箱形床腿、导轨、纵梁及斜板等零件组成。如图 1-2(b) 所示，焊接机身的断面结构由纵梁和斜板构成，这样的断面结构具有较强的刚度。

在切削机床中采用焊接机身时，需要考虑以下几方面的问题：

- ① 经济效益问题。焊接机身主要适用于单件小批量生产的大型或专用机床。
- ② 刚度问题。焊接机身的材料采用可焊性好的低碳钢和普通低合金钢，多数可以满足

切削加工时的刚度要求。

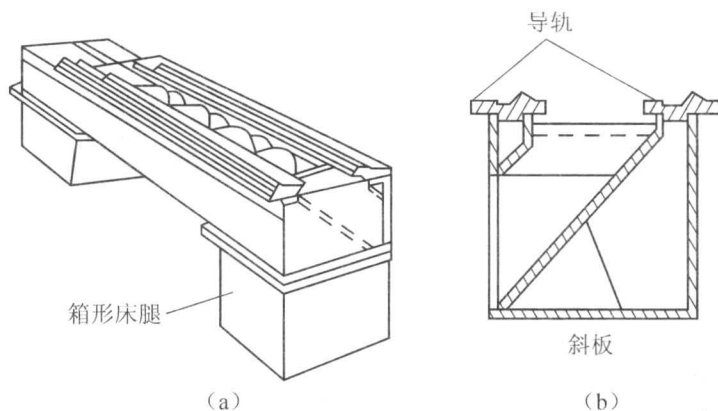


图 1-2 卧式机床的焊接机身

(a) 卧式机床的机身结构；(b) 机身的断面结构

③ 减震性问题。焊接机身的减震性取决于选用的材料和结构本身。焊接机身钢质材料的减震性低于铸铁，因此，需要从结构上采取一定的措施，以保证焊接机身的减震性。

④ 尺寸稳定性问题。焊接机身中存在焊接残余应力，这对焊接结构的稳定性具有影响，因此，焊接机身在焊后必须进行消除残余应力处理。

⑤ 机械加工问题。机床焊接结构焊后需要进行一定的机加工操作。焊接机身采用的低碳钢的可焊性较好，但机械加工性能不如铸铁，因此，还应考虑机械加工工艺性方面的问题。

(2) 锻压设备焊接机身。锻压设备种类繁多，机身多是铸钢件或焊接构件，但是制造大型锻压设备若采用铸钢机身，由于本身工艺较为复杂，并且需要重型炼钢设备，容易出现工艺缺陷，其结果直接影响结构强度。目前，各种吨位的锻压设备普遍采用焊接机身。

锻压设备焊接机身的结构形式有开式和闭式两种；按各个主要部件的连接方式，可以分为整体式和组合式两种，如图 1-3 所示。开式机身多用于小型压力机，这种机身在工作时易产生变形，如果变形过大，则会直接影响上下模具的对中性，降低精度和使用寿命。闭式机身可以采用整体焊接结构，其优点是质量小、刚度大，考虑到加工和运输问题，多适用于小型锻压设备。

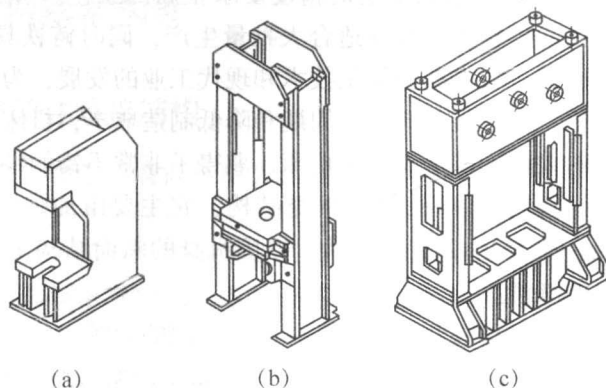


图 1-3 锻压设备焊接机身的结构形式

(a) 开式机身；(b) 闭式整体机身；(c) 闭式组合机身

3. 减速器箱体

减速器箱体是安装各个传动轴的基础部件，减速器工作时要产生较大的反作用力，并且直接作用在箱体上，因此，要求其具有足够的刚度，以确保各个传动轴的相对位置具有足够的精度。采用箱体焊接结构能获得较大的强度和刚度，且结构紧凑，质量较小。

减速器箱体在小批量生产时，通常采用焊接方式。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。如图1-4所示为一个单壁剖分式减速器箱体焊接结构。为了增加焊接箱体的刚度，用垂直筋板在壁板的轴承支座处加强，并与箱体的壁板焊接成一个整体。

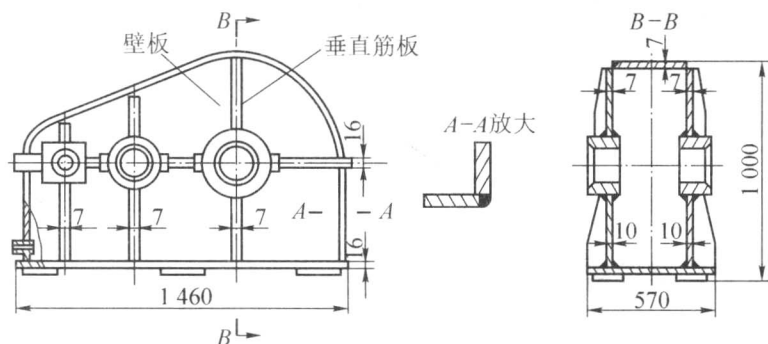


图1-4 一个单壁剖分式减速器箱体焊接结构

在机械工业中，轴承座及其支架的焊接结构具有质量小、生产周期短、设计制作十分方便等特点，得到了普遍应用。最简单的径向轴承座焊接结构如图1-5所示。当承受载荷较大时，采用加强筋加强，以保证轴承有足够的刚度和强度。

如图1-6所示为 $\cap$ 形断面的轴承座支架。这类结构通常采用钢板、型材和厚壁管焊接制成。根据轴承座支架断面形状的不同，还有十字形、I形或H形和T形等多种焊接结构形式，如图1-7所示。

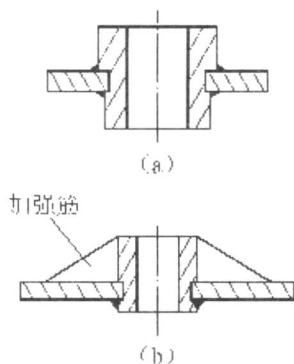


图1-5 径向轴承座焊接结构

(a) 无加强筋；(b) 有加强筋

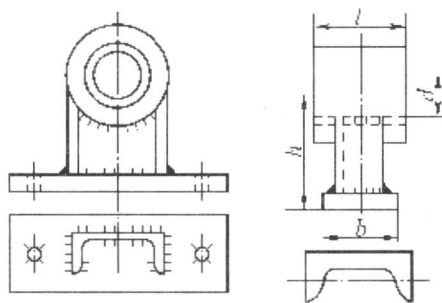


图1-6 $\cap$ 形断面的轴承座支架

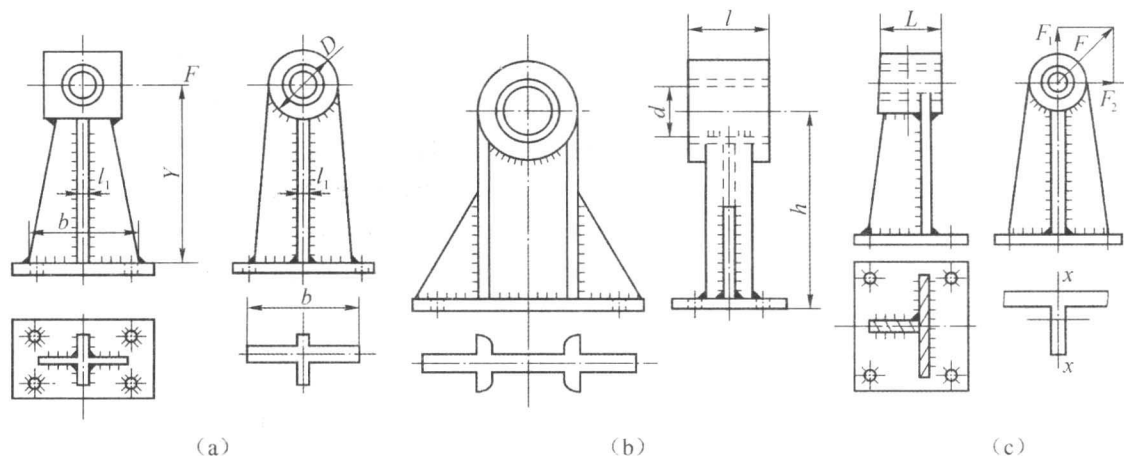


图 1-7 不同断面形式的轴承座支架
(a) 十字形断面; (b) H 形断面; (c) T 形断面

1.1.2 压力容器焊接结构

压力容器普遍应用于化工、石油生产,在轻工、医药、食品、冶金、能源、交通和科学研究等领域中也有广泛的应用,对国民经济的发展起十分重要的作用。

1. 压力容器的分类

(1) 按工艺用途分类。

- ① 反应压力容器。它用于完成介质的物理、化学反应。
- ② 换热压力容器。它用于完成介质的热量交换。
- ③ 分离压力容器。它用于完成介质的流体压力平衡和气体净化分离等。
- ④ 储存压力容器。它用于盛装生产用的原料气体、液体、液化气体。

(2) 按设计压力 P 分类。

- ① 低压容器 (代号为 L)。 $0.1 \text{ MPa} \leq P < 1.6 \text{ MPa}$ 。
- ② 中压容器 (代号为 M)。 $1.6 \text{ MPa} \leq P < 10 \text{ MPa}$ 。
- ③ 高压容器 (代号为 H)。 $10 \text{ MPa} \leq P < 100 \text{ MPa}$ 。
- ④ 超高压容器 (代号为 U)。 $P \geq 100 \text{ MPa}$ 。

2. 压力容器的焊接结构

容器的基本结构是一个密闭的焊接壳体。根据受力特点,最适合的形状是球形,但球形容器的制造相对比较困难、成本高,因此,在工业生产中,中低压容器多数采用圆筒形结构。圆筒形容器由筒体、封头、法兰、密封元件、开孔接管和支座六大部件组成,并通过装配、焊接构成一个整体,如图 1-8 所示。

大型储运容器在结构和设计上有许多特别的地方。例如,运输石油产品用的油罐 (如图 1-9 所示),虽然承受的内压力不高,但在运输过程中车辆启动和制动时有较大的惯性力,因此,要求罐体有适当的厚度,以保证其刚度。

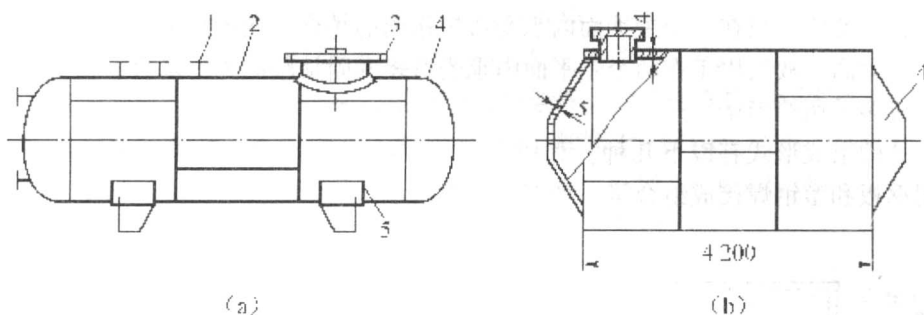


图 1-8 圆筒形压力容器

(a) 带椭圆封头; (b) 带锥形封头

1—接管; 2—筒体; 3—人孔及法兰; 4—封头; 5—支座

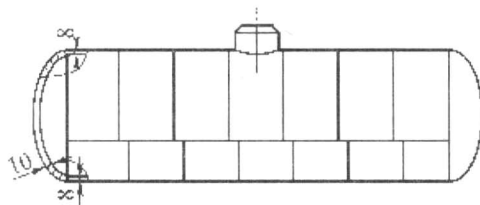


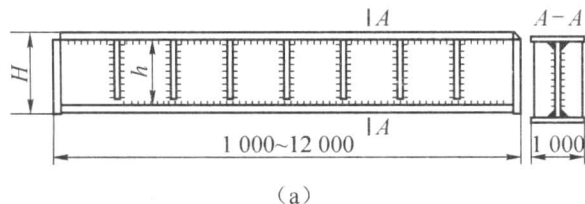
图 1-9 运输石油产品用的油罐

1.1.3 梁、柱焊接结构

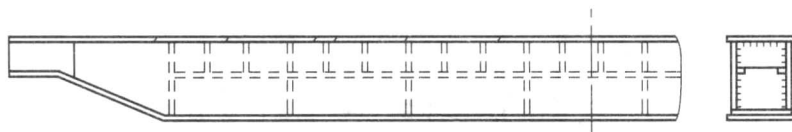
1. 焊接梁

梁是一个承受弯矩作用的构件。这类结构的工作特点是构件受横向弯曲力，当多根梁通过焊接组成梁系结构时，各梁的受力情况会变得比较复杂。

焊接梁的用途广泛，多由翼板和一块腹板组成工字形，或者由翼板和两块腹板组成箱形，故又称为工字梁或箱形梁，如图 1-10 所示。由于焊接梁的腹板厚度相对于高度较小，为了防止失稳，通常在梁上加有竖向和水平方向的加强板。



(a)



(b)

图 1-10 焊接梁的结构简图

(a) 工字 (H 形) 梁; (b) 箱形梁