



普通高等教育“十五”国家级规划教材

(高职高专教育)

非机械类专业适用

机械工程基础

第二版

张绍甫 张莹 李铁成 主编



高等教育出版社

普通高等教育“十五”国家级规划教材

(高职高专教育)

机械工程基础

第二版

张绍甫 张 莹 李铁成 主编

高等教育出版社

内 容 提 要

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育),是在1994年版《机械基础》(上、下册)的基础上修订而成,并更名为《机械工程基础》。全书共十章,其主要内容为:工程材料及热处理、工程力学、机械原理、机械零件、液压传动、公差与配合、毛坯制造和选择、金属切削加工与机械装配。

本书的特点是:内容覆盖面广(涉及机械设计与制造的各个方面);基本概念和基本知识的阐述深入浅出,并力求“少而精”和理论联系实际;贯彻了最新的国家标准;充分重视了新材料、新工艺、新技术基本知识的引入;适当地调整了部分章节的深广度。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校以及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校非机械类专业的机械工程基础教材,也可供工厂的技术和管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械工程基础/张绍甫,张莹,李铁成主编. —2版.

北京:高等教育出版社,2003.8

普通高等教育“十五”国家级规划教材

ISBN 7-04-012542-0

I. 机... II. ①张...②张...③李... III. 机械工程-高等学校-教材 IV. TH

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第026011号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100011
总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京地质印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 24.75
字 数 600 000

版 次 1994年9月第1版
2003年8月第2版
印 次 2003年8月第1次印刷
定 价 28.40元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

出版说明

为加强高职高专教育的教材建设工作,2000年教育部高等教育司颁发了《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》(教高司[2000]19号),提出了“力争经过5年的努力,编写、出版500本左右高职高专教育规划教材”的目标,并将高职高专教育规划教材的建设工作分为两步实施:先用2至3年时间,在继承原有教材建设成果的基础上,充分汲取近年来高职高专院校在探索培养高等技术应用性专门人才和教材建设方面取得的成功经验,解决好高职高专教育教材的有无问题;然后,再用2至3年的时间,在实施《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,推出一批特色鲜明的高质量的高职高专教育教材。根据这一精神,有关院校和出版社从2000年秋季开始,积极组织编写和出版了一批“教育部高职高专规划教材”。这些高职高专规划教材是依据1999年教育部组织制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》(草案)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(草案)编写的,随着这些教材的陆续出版,基本上解决了高职高专教材的有无问题,完成了教育部高职高专规划教材建设工作的第一步。

2002年教育部确定了普通高等教育“十五”国家级教材规划选题,将高职高专教育规划教材纳入其中。“十五”国家级规划教材的建设将以“实施精品战略,抓好重点规划”为指导方针,重点抓好公共基础课、专业基础课和专业主干课教材的建设,特别要注意选择一部分原来基础较好的优秀教材进行修订使其逐步形成精品教材;同时还要扩大教材品种,实现教材系列配套,并处理好教材的统一性与多样化、基本教材与辅助教材、文字教材与软件教材的关系,在此基础上形成特色鲜明、一纲多本、优化配套的高职高专教育教材体系。

普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育)适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

教育部高等教育司

2002年11月30日

第一版前言

本书是根据高等学校工程专科非机械类专业的《机械基础课程教学基本要求》编写的。尽管非机械类专业种类繁多，其对机械基础的知识要求不尽相同，但由于本书取材的覆盖面较大，在阐述机械设计与机械制造基本知识前，还提供了必要的基础知识，例如工程材料和工程力学方面的内容，因而对于不同的要求均能满足。

本书也适用于要求有一定机械基础知识的管理类专业(包括工业外贸、财会、计划统计等)。

本书编写时充分考虑了非机械类专业的特点，在引出抽象的定义和概念时，尽可能从常见的物理现象和工程实际出发，力求作到严格、严密和严谨。在列出定理、定律和公式时，主要着力于物理意义的阐述和作定性的分析，其数学推导过程则尽力简化或从略。

本书虽然仅介绍机械设计与机械制造的基本知识，但对机械设计与制造方面新的科技成果，尤其是代表其发展方向的成果，也作了适当反映。

本书采用了最新国家标准和法定计量单位。基本术语和图形符号，除了国标中某些定义过于专业化，不便于非机械类专业读者理解者外，基本上作到了标准化、规范化。教学内容和文字表达力求深入浅出，联系实际和便于自学。

本书由郑州工业高等专科学校张绍甫、南京机械高等专科学校吴善元主编。全书的编写分工为：张绍甫——绪论，第一、六章；孙继业(洛阳工业高等专科学校)——第二、三章；张莹(郑州工业高等专科学校)——第四、五章；王裕民(郑州工业高等专科学校)——第八章；吴善元——第七、九、十章。主审为郑州纺织工学院刘奇良教授和南京机械高等专科学校冯轩副研究员。

在编写过程中郑志祥教授和左健民、王德泉等同志对书稿提出了许多宝贵意见，编者在此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限，错误和欠妥之处在所难免，热忱希望广大读者不吝批评指正。

编者

1994年3月

第二版前言

根据“教育部高职高专规划教材编写的指导思想、原则和特色”的要求,以及本书取材覆盖面广(包含了机械工程类专业多门课程内容)的特点,在《机械基础》上、下册的基础上修订成本书并更名为《机械工程基础》。

自1994年本书第一版出版发行以来,国家教委1997年颁发了修订的《高等学校工程专科机械基础课程教学基本要求(非机械类专业适用)》,1999年教育部又制定了《高职高专教育基础课程教学基本要求》;10年来有很多国家标准进行了修订,计算机得到了普遍应用,新工艺、新技术迅猛发展;同时,各兄弟学校在使用本教材的过程中也积累了不少经验,并提出了一些宝贵意见。因此,有必要对本书进行修订,以适应21世纪培养高等技缩应用性人才的要求。

本次修订,在基本保持原书体系的基础上,着重更新了部分内容,全面贯彻了最新国家标准,如滚动轴承、液压传动等;充分重视了新材料、新工艺、新技术方面基本知识的引入,如记忆合金、纳米材料、数控加工和现代制造技术等;对一些内容进行了删减,适当地调整了部分章节的深广度,如压缩了齿轮传动和液压传动等内容,删去了“金属材料的晶体结构”、扭转和弯曲应力的公式推导等,加大了毛坯制造的知识面。

参加本书修订工作的有:郑州工业高等专科学校张绍甫(绪论,第一、六章),孟遼(第二、三章),李铁成(第四、八、九章),张莹(第五章),蔡共宣(第七章),河南职业技术学院赵军华(第十章)。全书由张绍甫、张莹、李铁成主编。

本书由南京工程学院吴善元教授审阅,他对本书修订提出了许多宝贵意见,在此深表谢意。

本书的修订力求适应高职高专教育和教学改革和发展,但由于水平有限,书中不足之处在所难免,尚祈广大教师和读者提出宝贵意见。

编者

2003年1月

目 录

绪论	1	第五章 机械传动	123
§ 0-1 机械的概念与组成	1	§ 5-1 带传动	123
§ 0-2 机械设计和机械制造概述	3	§ 5-2 链传动	135
§ 0-3 本课程的性质、目的和学习 方法	6	§ 5-3 齿轮传动工作原理	140
第一章 机械常用工程材料及钢的 热处理	8	§ 5-4 直齿圆柱齿轮传动	144
§ 1-1 金属材料的力学性能及 工艺性能	8	§ 5-5 斜齿圆柱齿轮传动	151
§ 1-2 金属及合金的结晶	12	§ 5-6 直齿圆锥齿轮传动	156
§ 1-3 铁碳合金及相图的概念	15	§ 5-7 齿轮传动的失效形式、常用材料、 结构及润滑	158
§ 1-4 钢的热处理	19	§ 5-8 圆柱齿轮的精度简介	162
§ 1-5 常用金属材料	23	§ 5-9 蜗杆传动	163
§ 1-6 常用非金属材料 and 复合材料	28	§ 5-10 齿轮系	169
§ 1-7 新型材料简介	30	第六章 轴系零部件和连接零件	180
第二章 物体的受力分析与平衡	33	§ 6-1 轴和轴毂连接	180
§ 2-1 物体的受力分析	33	§ 6-2 滑动轴承	190
§ 2-2 力矩和平面力偶系	40	§ 6-3 滚动轴承	196
§ 2-3 平面力系的平衡	43	§ 6-4 联轴器和离合器	207
§ 2-4 摩擦	51	§ 6-5 螺纹连接	212
第三章 杆件受力变形及其应力分析	58	§ 6-6 弹簧	216
§ 3-1 概述	58	第七章 液压传动	221
§ 3-2 轴向拉伸和压缩	60	§ 7-1 液压传动概述	221
§ 3-3 剪切	69	§ 7-2 液压泵	226
§ 3-4 扭转	74	§ 7-3 液压缸	233
§ 3-5 弯曲	80	§ 7-4 液压阀	236
§ 3-6 构件强度计算中的几个问题	88	§ 7-5 液压辅件	246
第四章 常用机构	95	§ 7-6 液压基本回路	249
§ 4-1 机构及机构运动简图	95	§ 7-7 液压传动系统实例	255
§ 4-2 平面连杆机构	100	§ 7-8 气压传动简介	259
§ 4-3 凸轮机构	108	第八章 公差与配合	263
§ 4-4 其他常用机构	113	§ 8-1 概述	263
		§ 8-2 公差配合的术语和定义	264
		§ 8-3 常用的尺寸公差与配合	267

§ 8-4 表面粗糙度	273	方法	329
§ 8-5 形状与位置公差	278	§ 10-5 磨削加工	340
第九章 毛坯的生产与选择	289	§ 10-6 数控加工和特种加工	344
§ 9-1 铸造成型	289	§ 10-7 机床夹具	348
§ 9-2 锻压成型	298	§ 10-8 工艺过程和工艺文件	356
§ 9-3 焊接成型	306	§ 10-9 机械装配工艺基础	361
§ 9-4 毛坯的选择	317	§ 10-10 现代制造技术简介	365
第十章 金属切削加工与机械装配	320	附录	371
§ 10-1 切削运动与切削用量	320	附表 A 机构运动简图符号	
§ 10-2 刀具切削部分的几何角度和 常用刀具材料	322	(摘自 GB 4460—1984)	371
§ 10-3 金属切削过程的基本规律	325	附表 B 常用液压传动图形符号	
§ 10-4 金属切削机床与表面加工 方法		(摘自 GB/T 786.1—1993)	379
		参考文献	384

绪 论

§ 0-1 机械的概念与组成

机械是人类在长期生产和生活实践中创造出来的重要劳动工具。它用以减轻人的劳动强度、改善劳动条件、提高劳动生产率和产品质量，帮助人们创造更多的社会财富，丰富人们的物质和文化生活。随着科学技术的进步和生产的发展，机械必将会达到更高的水平。

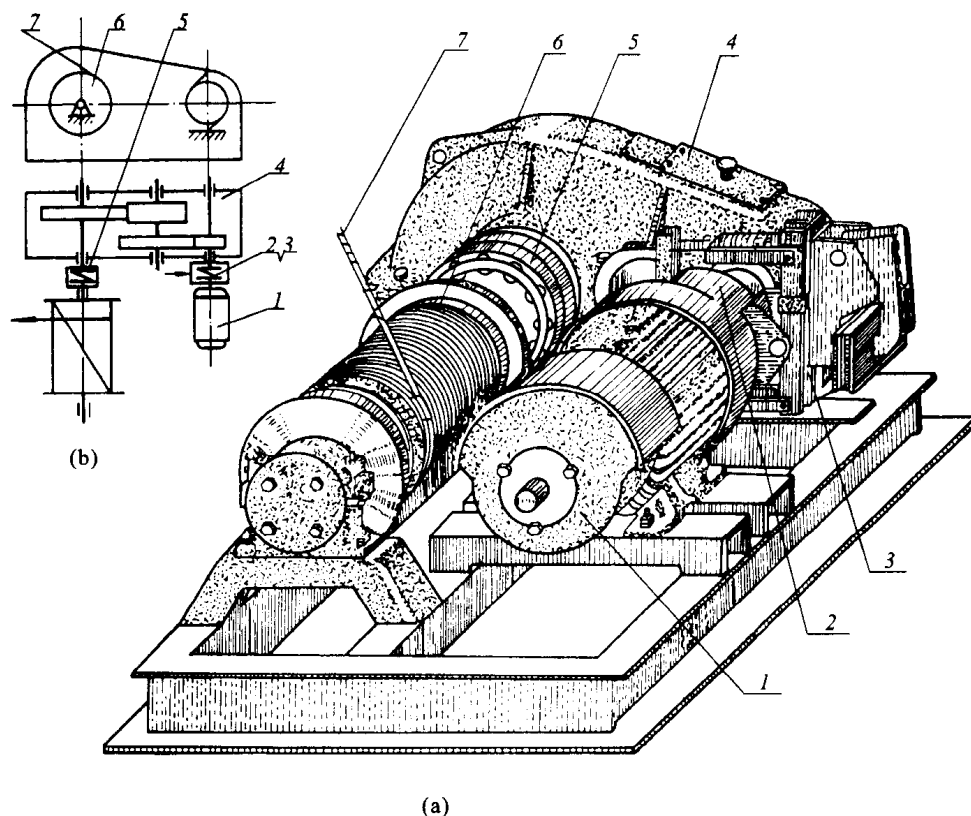


图 0-1 卷扬机

(a) 立体图(外形图) (b) 传动示意图

1—电动机；2—联轴器；3—制动器；4—减速器；5—联轴器；6—卷筒；7—钢丝绳

简单地说，机械是各种机器的通称。现代机器的定义是：机器是执行机械运动的装置，它用来变换或传递能量、物料与信息。定义中的物料系指被加工的对象、被搬运的重物。按照上述定义，可将机器分为动力机器、工作机器和信息机器。

动力机器是能量变换装置，即可将某种形式的能量变换成机械能，或者把机械能变换成其他形式的能量。例如，内燃机、涡轮机、电动机、发电机、气压机等都属于动力机器。

工作机器的用途是完成有用的机械功或搬运物品。例如，金属切削机床、轧钢机、织布机、缝纫机、包装机、汽车、机车、拖拉机、起重机、飞机、洗衣机等都属于工作机器。

信息机器是用来获得和变换信息的。如果信息是以数字形式表示的，该信息机器就称为计数机或机械式计算机。打字机和绘图仪也属于信息机器。而电子计算机，由于它不依靠机械运动来获取和变换信息，所以它不能称作机器。

机器的种类繁多，其结构、性能和用途各异，但从机器的组成来分析，它们又有着共同之处，如图 0-1 所示的卷扬机，它由电动机 1 通过联轴器 2 驱动减速器 4，减速器又通过联轴器 5 带动卷筒 6，卷筒的转动使钢丝绳完成升降、牵引重物的动作。这样一个机械系统主要是由电动机(原动机)、齿轮减速器(传动部分)、卷筒和钢丝绳(工作部分)等组成。

图 0-2 所示为颚式破碎机，在电动机 1 的轴上安装小带轮 2，通过 V 带 3 驱动大带轮 4，偏心轴 5 随之转动，使动颚 6 产生摆动(动颚连在肘板 8 上)，从而破碎置于动颚与定颚 7 之间的物料，完成有用的机械功。颚式破碎机广泛应用于矿山、建材和化工等工业中。

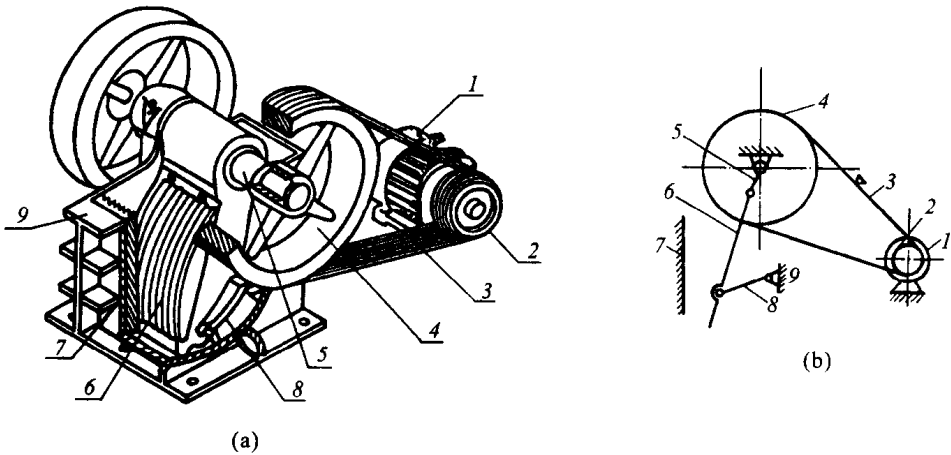


图 0-2 颚式破碎机

(a) 立体图 (b) 传动示意图

1—电动机；2—小带轮；3—V 带；4—大带轮；5—偏心轴；
6—动颚；7—定颚；8—肘板；9—机架

由上述实例可知，任何一台完整的机器，通常都是由原动机、工作部分和传动部分所组成。

(1) 原动机 它是整个机器的动力部分，如实例中的电动机。

(2) 工作部分(或工作机构) 它是直接完成工艺动作的部分，如颚式破碎机中的动颚和定颚。通常工作部分随机器的不同而不同，其外形、性能、结构和尺寸等主要决定于工艺要求和工艺动作。

(3) 传动部分(传动机构) 它是将原动机的运动和动力传递给工作部分的中间环节。在传递运动方面，主要作用有二：

1) 改变运动速度 在实际工作中，常常存在着工作部分和原动机之间的速度不协调现象，

这时可用传动装置来减速、增速或变速。

2) 转换运动形式 原动机的输出运动一般是转动, 而工作部分的运动形式, 根据工艺要求则是多种多样的。如颚式破碎机要求动颚作复杂的运动, 要把电动机的转动转换为动颚的摆动, 这里采用了连杆机构。

通常把改变运动速度和转换运动形式的实物组合, 称为常用机构或机械传动。

尽管在一台现代化的机器中, 常包含有机械、电器、控制、监测、润滑和密封等部分, 但是机器的主体是它的机械系统。机械系统总是由一些机构组成, 而每个机构又是由许多构件(运动的单元体)组成。构件可能是一个零件(机器的制造单元体), 也可能是若干个零件的刚性组合体(详见第四章)。所以, 机器的基本组成要素就是机械零件。

§ 0-2 机械设计和机械制造概述

由前述可知, 机器通常都是由三大部分所组成, 其中原动机和工作部分将在有关课程中研究。传动部分所用的常用机构、液压传动和机械传动等零部件的设计和制造的基本知识、基本方法等, 则是本课程研究的主要内容。

一、机械设计概述

机械设计的任务, 就是要使所设计的机器和机械零件满足预定要求。机器应首先满足预定功能的要求, 即在预期寿命内能高效率地完成其全部职能。在此前提下, 机器还应满足经济性要求, 即设计和制造的成本低、重量轻、体积小、易加工等。此外, 机器必须安全可靠, 操作维修方便, 造型美观, 噪声低, 以改善劳动条件。还要特别强调的是, 随着人们对社会环境意识的增强, 要求所设计的产品在制造、使用乃至报废的全过程中, 尽量减少对环境的污染, 且便于回收利用。

机械零件是组成机器的单元, 所以设计机械零件时, 应首先满足机器对零件的具体要求, 同时应使零件工作可靠和成本低廉。要使工作可靠, 零件必须具有足够的强度、刚度、寿命和振动稳定性等。要使成本低, 应正确选择材料, 赋予零件合理的尺寸及良好的工艺结构, 合理地确定精度等级和技术条件, 等等。

1. 机械零件的工作能力准则

机械零件由于某些原因而不能正常工作, 称为失效。其主要失效形式有: 断裂、过量变形、磨损、表面疲劳等。为防止零件产生各种可能的失效, 而制定的计算该零件工作能力所应依据的基本原则, 称为工作能力准则或设计准则。机械零件常用的设计准则如下:

(1) 强度准则 强度是指零件在载荷(力)作用下, 抵抗断裂、塑性变形及表面破坏的能力。它是机械零件首先应满足的基本要求。强度准则为零件中单位面积上的力(即应力 σ) 小于或等于所允许的限度(即许用应力 $[\sigma]$), 其表达式为: $\sigma \leq [\sigma]$ 。

(2) 刚度准则 刚度是机械零件受载后抵抗弹性变形的能力。刚度准则为零件在载荷作用下产生的弹性变形量 y , 小于或等于机器工作时所允许的变形极限值, 即许用变形量 $[y]$, 其

表达式为： $\gamma \leq [\gamma]$ 。

(3) 寿命和可靠性准则 影响零件寿命的主要因素是磨损、腐蚀和疲劳。按磨损和腐蚀计算寿命，目前尚无实用的计算方法和数据。关于疲劳寿命，通常是求出使用寿命时的疲劳极限作为计算依据。

可靠性是保证机器或零件正常工作的关键。可靠性的定量尺度是可靠度，它是指机器或零件在规定的条件下和规定的时间内，无故障地完成规定功能的概率。

(4) 振动稳定性准则 零件发生周期性变形的现象称为振动。当机器或零件的自振频率与周期性干扰力的频率相等或成整倍数关系时，就会发生共振，它不仅影响机器的运转质量和工作精度，甚至会造成事故。通常称这种共振现象为失去振动稳定性。所谓振动稳定性，就是在设计时必须使自振频率远离干扰力频率，以避免产生共振。为此，可用增加或减少零件的刚度、增添弹性零件等办法解决。

此外，还有经济性和工艺性准则等。零件的经济性，就是要用最低的成本和最少的工时，制造出满足技术要求的零件。它与材料选择、零件的结构工艺性和标准化有着密切的关系。

2. 机械零件的结构工艺性

零件的良好结构工艺性，是指在既定的生产条件下能方便而经济地生产出来，并便于装配成机器的特性。关于工艺性的基本要求是：

(1) 合理选择零件的毛坯种类 零件的毛坯种类主要有轧制型材、铸件、锻件、冲压件和焊接件等。毛坯选择合理与否，对零件的工作能力和经济性有很大影响。毛坯的选择与对零件的要求及生产条件有关，可根据生产批量、零件的尺寸和形状、材料性能和加工可能性等进行选择。

(2) 零件的结构要简单合理 零件的毛坯种类确定后，就必须按毛坯特点进行结构设计。同时，还应考虑采用最简单表面及其组合，尽量减少加工表面的数量和加工面积等，以减少切削加工费用。此外，零件的结构应便于装拆和调整。

(3) 规定合理的精度及表面粗糙度 随着零件加工精度的提高，加工费用将相应地增加，高精度时尤甚。因此，在没有充分的技术理由时，不应盲目规定高的精度。同样，零件表面粗糙度也应根据配合表面的实际需要，作出适当的规定。

3. 机械零件的标准化

所谓标准，就是由一定的权威组织，对经济、技术和科学中重复出现的技术语言和技术事项，以及产品的品种、质量、度量、方法等方面，规定出来的统一技术准则。它是各方面应共同遵守的技术依据。标准化就是制定标准和使用标准。在我国，标准分为国家标准(GB)、部颁标准(专业标准)、企业标准等三级。我国已是国际标准化组织(ISO)和世界贸易组织(WTO)成员，出口产品应采用国际标准。标准化是我国很重要的一项技术经济政策，如无特殊需要，设计和生产应采用各种标准。

按规定标准生产的零件，称为标准零件，如螺纹连接件、键、滚动轴承等，否则称为非标准零件。

标准化的重要意义为：1)便于采用先进工艺进行专业化大量生产，以提高产品质量并降低成本。2)采用标准件将大大减少设计和制造工作量，缩短设计和制造周期。3)标准零件具有互换性，可减少储备和便于更换损坏的零件。4)技术条件与检验方法的标准化，可提高零件的质量

和可靠性。5)便于产品的进出口和开展国际技术交流。

4. 机械零件设计的一般步骤

机械零件的设计常按下列步骤进行: 1)根据零件的使用要求,选择零件的类型和结构。2)拟定零件的计算简图,计算作用在零件上的载荷。3)根据零件的工作条件,选择适当的材料和热处理方法。4)根据零件可能的失效形式确定计算准则,根据计算准则进行计算,确定出零件的基本尺寸。5)根据工艺性及标准化等原则,进行零件的结构设计。6)绘制零件工作图,写出计算说明书。

5. 机械设计新方法(现代设计方法)简介

现代设计方法是以研究产品设计为对象的科学。它以电子计算机为手段,运用工程设计的新理论和新方法,使计算结果达到最优化,使设计过程实现高效化和自动化。现代设计方法是传统设计方法的延伸和发展,是人们把相关科学技术综合应用于设计领域的产物,它使传统设计方法发生了质的变化。

现代设计方法的特点是:程序性、创造性、系统性、优化性、综合性以及将计算机辅助设计全面引入设计中。现代设计方法目前包含有十几种具体的设计方法,其中比较成熟和常用的为:计算机辅助设计、优化设计、可靠性设计、有限元法和价值工程等。

(1) 计算机辅助设计(CAD) 它是设计者依靠计算机的协助,自动完成设计计算和绘图的一种设计方法。它将人和计算机各自最好的特长结合起来,构成一个工作组合,利用计算机运算快速、准确、大容量存储和处理数据的能力、丰富而灵活的图形文字处理功能,在人机相互作用下进行设计。创造性的构思活动、综合分析和逻辑判断,主要还由设计者承担。这样就极大地加快了设计进程,缩短了设计周期,提高了设计质量和经济效益。

“CAD”的发展,要求建立一个具有专家级解决问题水平的计算机系统——专家系统,能模拟专家在工作中的思维过程,运用所积累的知识,进行推理和决策,来解决设计中的问题。

(2) 优化设计 它是利用数学规划的方法,借助于计算机这个强有力的工具,从满足设计要求的一切可行方案中,按照预定的目标自动寻找最优化设计方案的一种设计方法。

(3) 可靠性设计 它的理论基础是可靠性理论和概率统计。可靠性设计的主要特征,就是将常规设计方法中所涉及的设计变量不再看作定值,而是看成服从某种分布的随机变量。然后根据机械产品所要求的可靠性指标,用概率统计的方法设计出零、部件的主要参数和结构尺寸。

因此,围绕机械的设计,本课程安排了工程材料及热处理、力和应力分析、常用机构、机械传动、轴系零部件和连接零件、公差与配合、液压传动等内容。

二、机械制造概述

将设计好的机器和机械零件,经过试制和全面的技术经济分析鉴定后,投入生产进行制造。其制造过程通常是先用铸造、压力加工或焊接等工艺方法,制成毛坯,再进行切削加工,得到所需的零件。为了改善零件的某些性能,在零件制造过程中,常需进行热处理。最后将制成的各种零件加以装配和试验,即成为机器。所以,任何一种机械产品的生产过程,大都可分为毛坯制造、零件的机械加工和装配试验三个阶段。

用各种工艺方法获得的毛坯仅具有零件的雏形,而零件的最后形状、尺寸和技术要求一般需经机械加工而获得,所以机械加工工艺是获得一定形状、尺寸和精度的零件的主要手段。在一般情况下,它是各种机械生产过程的中心问题和决定性环节。

由于零件制造工艺过程的复杂性,所以有必要在学习了材料性能、热处理方法、公差与配合、毛坯制造工艺和金属加工方法等知识的基础上,对金属切削加工原理及切削加工过程的工艺方法,所用刀具、夹具和机床等方面的基本知识,进行必要的学习,以便对机械制造有比较全面的认识和理解。

近年来,随着现代科学技术的发展,特别是微电子技术、电子计算机技术的迅猛发展,机械制造业的各方面都已发生了深刻的变革。制造技术,特别是自动化制造技术,不但采用了计算机控制,并且具有柔性化、集成化、智能化的特点,如计算机数控(CNC)机床、加工中心(MC)、柔性制造系统(FMS)等在机械制造中的应用比例正迅速增加;在精密和超精密技术方面,其加工精度已进入纳米级($0.001\ \mu\text{m}$),表面粗糙度已成功地小于 $0.000\ 5\ \mu\text{m}$;在切削速度方面,国外车削钢料通常为 $200\ \text{m/min}$,最高可达 $915\ \text{m/min}$;对于新兴工业需要的难加工材料、复杂型面、型腔以及微小深孔,采用了电火花、电解、电子束、超声波和激光等新的加工方法进行加工;进一步完善和发展计算机集成制造系统(CIMS),用以实现设计、生产及管理的自动化,真正实现无人化工厂。

§ 0-3 本课程的性质、目的和学习方法

一、本课程的性质和目的

机械工程基础是一门技术基础课。它在培养非机械类专业,如化工、土建、电子等各种工程技术人员掌握机械的基本知识方面,起着一定的作用,是必不可少的课程。

随着现代化建设的蓬勃发展,生产过程机械化、自动化水平不断提高,机械设备在各个行业中得到了广泛的应用。对于从事各方面工作的工程技术人员来说,在生产管理中,必然会遇到机械设备的管理问题;在生产过程中,必然会遇到机械设备的正确使用、维护和充分发挥其效能的问题;在技术革新和改造中,也必然要相应地解决有关机械设备方面的问题;从现代技术发展看,学科的相互渗透越益频繁越益重要。总之,为了保证生产的正常进行、不断地改进工艺和提高技术水平,各种专业的工程技术人员,都必须掌握有关机械方面的基本知识。

二、本课程的学习方法介绍

要学好本课程,首先要给予必要的重视,提高学习本课程的兴趣。

“机械工程基础”是关于机械设计和机械制造的一门综合性课程。它涉及知识面很广,应用性和实践性极强,重要的是如何将诸多知识综合运用,提高分析问题、解决问题的能力。所以学习时要勤于观察各种机械和零件,结合课程内容多思考,主动地理论联系实际,增强感性

认识，必将有助于本课程的学习。在学习过程中，要多做练习和简单设计，加深对所学内容的理解。

此外，本课程理论性强，且计算较多。学习时要注意逐步培养抽象思维能力和计算思维方法。例如，一般机械的组成和结构都较复杂，在分析运动时常撇开复杂的外形和结构，将其抽象化为运动简图或液压系统图，在进行力分析时则抽象化为简单的力学模型等。

复习思考题与习题

0-1 何谓机器？机器分为哪几类？

0-2 一般机器主要由哪些部分组成？各部分的作用是什么？试举例分析说明。

0-3 试简述机械零件的几种主要失效形式和设计准则。

0-4 何谓标准化，标准化的意义是什么？

0-5 学习本课程的目的的是什么？

第一章 机械常用工程材料及钢的热处理

材料是人类社会发展的重要物质基础，它是现代科学技术和生产发展的重要支柱之一。工程材料通常可分为金属材料、非金属材料 and 复合材料三大类。在现代工业中，特别是在各种机械设备中，目前应用最多、最广的仍然是金属材料，约占整个用材的 80% ~ 90%。非金属材料与复合材料是当前发展最为迅速的材料。

材料的使用性能与其成分、组织及加工工艺密切相关，尤其是金属材料，可通过不同的热处理方法来改变金属的表面成分和内部组织结构，以获得不同的性能，从而满足不同的使用要求。因此，机械设计和制造的重要任务之一，就是合理地选用材料和正确制定材料的加工工艺。

§ 1-1 金属材料的力学性能及工艺性能

工业上使用的金属材料主要是合金，纯金属应用较少(价贵且强度较低)。所谓合金，是指由两种或两种以上的元素(其中至少有一种是金属元素)所组成的具有金属性质的物质。如碳钢是由铁和碳组成的合金；黄铜是铜和锌的合金等。纯金属与合金统称为金属材料。

金属材料的性能包括使用性能和工艺性能两大类。使用性能包括力学性能、物理性能和化学性能等；工艺性能是指铸造性、锻造性、焊接性、热处理性能和切削加工性等。

一、金属材料的力学性能

金属材料抵抗不同性质载荷的能力，称为金属材料的力学性能，过去常称为机械性能。它的主要指标是强度、塑性、韧性、硬度和疲劳强度等。上述指标既是选用材料的重要依据，又是控制、检验材料质量的重要参数。

1. 强度和塑性

强度是指材料在载荷(外力)作用下抵抗变形和破坏的能力。抵抗外力的能力越大，则强度越高。根据受力情况的不同，材料的强度可分为抗拉、抗压、抗弯曲、抗扭转和抗剪切等强度。常用的强度指标为静拉伸试验条件下，材料抵抗塑性变形能力的屈服极限 σ_s 和抵抗破坏能力的强度极限 σ_B 。

塑性就是材料塑性变形的能力，其指标为伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 。 δ 和 ψ 值愈大，材料的塑性愈好。伸长率 δ 是指材料受拉断裂时，一定长度的绝对伸长量与原有长度的百分比。详见 § 3-2 中 4·2 低碳钢拉伸时的力学性质。

要测定材料的强度和塑性，通常是将材料制成标准试样(GB/T 6397—1986)，在材料万能

试验机上进行测定。关于强度、塑性及其测定将在第三章中进一步深入研究。

2. 硬度

硬度是材料抵抗其他更硬物体压入其表面的能力，它是衡量金属材料软硬的指标。材料的硬度值与强度值之间有一定的经验关系，如对钢 $\sigma_B \approx 0.35 \times \text{HBS (MPa)}$ 。此外，硬度还与材料的耐磨性和某些工艺性能有关。因此，它是表征金属材料力学性能的一个很重要的指标。

测定金属材料硬度的方法很多，常用的是布氏硬度试验和洛氏硬度试验。

(1) 布氏硬度及其测定 布氏硬度的测定是在布氏硬度试验机上进行的，测定方法见图 1-1。用直径为 D 的硬球体，以规定载荷 F 压入被测材料的表面，保持一定时间后卸除载荷，测定压痕直径，求出压痕球形的表面积，计算出单位面积上所受的压力值作为布氏硬度值，即

$$\text{布氏硬度 HBS (HBW)} = \frac{F}{A} = \frac{F}{\pi D h} = 0.102 \times \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \tag{1-1}$$

式中 F ——所加载荷，N；

A ——压痕球形表面积， mm^2 ；

D ——球形压头直径，mm；

d ——压痕直径，mm；

h ——压痕深度，mm，根据几何关系， $h = \frac{D}{2} - \frac{1}{2}\sqrt{D^2 - d^2}$ 。

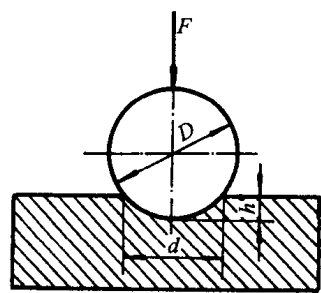


图 1-1 布氏硬度试验原理示意图

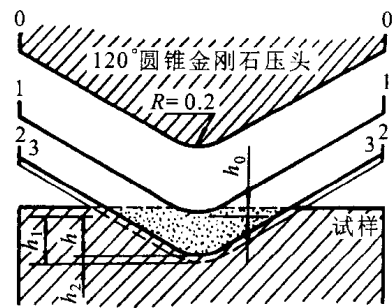


图 1-2 洛氏硬度试验原理图

由上式可知，当试验载荷和球体直径一定时，压痕直径 d 越小，则布氏硬度值越大，即材料的硬度越高。在实际应用中，只要测出压痕直径 d ，就可在专用的表中查出相应的布氏硬度值。

淬火钢球作压头测得的硬度值以符号 HBS 表示，用硬质合金作压头测得的硬度值以符号 HBW 表示。符号 HBS 和 HBW 之前的数字为硬度值。

布氏硬度多适用于测定未经淬火的各种钢、灰铸铁和非铁金属的硬度。对于硬度 > 450 HBS 的金属材料不适用。由于布氏硬度压痕面积大，故测量精度较高且试验数据稳定。但不宜用于较薄的零件及成品零件的硬度检验。

(2) 洛氏硬度及其测定 洛氏硬度的测定是在洛氏试验机上进行的。它是以锥顶角为 120° 的金刚石圆锥体，或直径为 1.5875 mm ($1/16 \text{ in}$) 的淬火钢球为压头，以一定的载荷压入被测金属材料的表面层，然后根据压痕的深度确定洛氏硬度值。测试原理见图 1-2。在相同的试验