

高等职业教育

技能型紧缺人才

培养教材

机械设计基础

(第二版)



毛友新 主编



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

高等职业教育技能型紧缺人才培养教材

机械设计基础

(第二版)

主 编 毛友新

副主编 鲍自林 陈传胜

编 者 (按姓氏笔画为序)

闻庆璽 高寿兰

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础(第二版)/毛友新 主编. —武汉:华中科技大学出版社, 2007
年3月

ISBN 978-7-5609-3284-2

I. 机… II. ①毛… ②鲍… ③陈… III. 机械设计-高等学校-教材
IV. TH122

机械设计基础(第二版)

毛友新 主编

策划编辑:钟小珉

责任编辑:万亚军

责任校对:吴 晗

封面设计:刘 卉

责任监印:熊庆玉

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山

邮编:430074

电话:(027)87557437

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:华中科技大学印刷厂

开本:787×960 1/16

印张:29

字数:443 000

版次:2007年3月第2版

印次:2007年3月第4次印刷

定价:39.80元

ISBN 978-7-5609-3284-2/TH·134

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

高等职业教育技能型紧缺人才培养教材

数控技术应用专业系列教材编委会

主 任 陈吉红 教授, 博导 华中科技大学

委 员 (以姓氏笔画为序)

万金保	副院长	深圳职业技术学院
王培林	副院长	广东技术师范学院
刘小芹	副院长	武汉职业技术学院
刘兰明	副院长	邯郸职业技术学院
刘惠坚	副院长	广东机电职业技术学院
刘继平	副院长	湖南工业职业技术学院
刘瑞池	副院长	芜湖职业技术学院
陈德清	副院长	安徽职业技术学院
李本初	副院长	湖北职业技术学院
张 元	校 长	郑州工业高等专科学校

内 容 提 要

本书是根据《两年制高等职业教育数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养指导方案》中关于“机械设计基础”课程教学的基本要求编写的,以培养技术应用型人才为目的,基础理论以“必需、够用”为度,突出了实用性较强的教学内容。

本书除绪论和附录 A 外,共分 4 篇 20 章。第 1 篇主要介绍工程力学的基本知识,就工程实际中常见的物体受载情况重点讲授静力学,以及材料在拉、压、弯、扭、剪等典型变形下的力学性能及强度校核的基本知识;第 2 篇主要介绍机构的基本概念、组成和工作原理以及常用的设计方法;第 3 篇主要介绍各种机械传动的基本知识和常用零件的设计计算方法;第 4 篇主要介绍液压传动的基本知识、常用液压元件和液压基本回路。

本书主要可作为两年制高等职业教育机械类、近机类专业的教材。参考学时数为 100~120。

序

为实现全面建设小康社会的宏伟目标,使国民经济平衡、快速发展,迫切需
要培养大量不同类型和不同层次的人才。因此,党中央明确地提出人才强国战略
和“造就数以亿计的高素质劳动者,数以千万计的专门人才和一大批拔尖创新人
才”的目标,要求建设一支规模宏大、结构合理、素质较高的人才队伍,为大力
提升国家核心竞争力和综合国力、实现中华民族的伟大复兴提供重要保证。·

制造业是国民经济的主体,社会财富的60%~80%来自于制造业。在经济全球
化的格局下,国际市场竞争异常激烈,中国制造业正由跨国公司的加工组装基地
向世界制造业基地转变。而中国经济要实现长期可持续高速发展,实现成为“世
界制造中心”的愿望,必须培养和造就一批掌握先进数控技术和工艺的高素质劳
动者和高技能人才。

教育部等六部委启动的“制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养工程”,是
落实党中央人才强国战略,培养高技能人才的正确举措。针对国内数控技能人才
严重缺乏,阻碍了国家制造业实力的提高,数控技能人才的培养迫在眉睫的形势,
教育部颁布了《两年制高等职业教育数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养
指导方案》(以下简称《两年制指导方案》)。对高技能人才培养提出具体的方案,
必将对我国制造业的发展产生重要影响。在这样的背景下,华中科技大学出版社
策划、组织华中科技大学国家数控系统技术工程研究中心和一批承担数控技术应
用专业领域技能型人才培养培训任务的高等职业院校编写两年制“高等职业教育
数控技术应用专业系列教材”,为《两年制指导方案》的实施奠定基础,是非常及
时的。

与普通高等教育的教材相比,高等职业教育的教材有自己的特点,编写两年
制教材更是一种新的尝试,需要创新、改革,因此,希望这套教材能够做到以下
几方面。

体现培养高技能人才的理念。教育部部长周济院士指出:高等职业教育的主
要任务就是培养高技能人才。何谓“高技能人才”?这类人才既不是“白领”,也
不是“蓝领”,而是应用型“白领”,可称之为“银领”。这类人才既要能动脑,更
要能动手。动手能力强是高技能人才最突出的特点。本套系列教材将紧扣该方案
中提出的教学计划来编写,在使学生掌握“必需、够用”理论知识的同时,力争
在学生技能的培养上有所突破。

突出职业技能培养特色。“高职高专教育必须以就业为导向”，这一点已为人们所广泛共识。目前，能够对劳动者的技能水平或职业资格进行客观公正、科学规范评价和鉴定的，主要是国家职业资格证书考试。随着我国职业准入制度的完善和劳动就业市场的规范，职业资格证书将是用人单位招聘、录用劳动者必备的依据。以“就业为导向”，就是要使学校培养人才与企业需求融为一体，互相促进，能够使学生毕业时就具备就业的必备条件。这套系列教材的内容将涵盖一定等级职业考试大纲的要求，帮助学生在学完课程后就有能力获得一定等级的职业资格证书，以突出职业技能培养特色。

面向学生。使学生建立起能够满足工作需要的知识结构和能力结构，一方面，充分考虑高职高专学生的认知水平和已有知识、技能、经验，实事求是；另一方面，力求在学习内容、教学组织等方面给教师和学生提供选择和创新的空间。

两年制教材的编写是一个新生事物，需要不断地实践、总结、提高。欢迎师生对本系列教材提出宝贵意见。

高等职业教育数控技术应用专业系列教材编委会主任

国家数控系统技术工程研究中心主任 **陈吉红**

华中科技大学教授、博士生导师

2004年8月18日

前 言

本书是根据高等职业教育技能型人才培养方案中关于机械设计基础课程教学基本要求编写的,以培养技术应用型人才为目的,基础理论以“必需、够用”为度,突出了实用性较强的教学内容,主要适合作为机械类、近机类专业的教材,参考学时数为100~120。

本书除绪论和附录A外,共分4篇20章。第1篇主要介绍工程力学的基本知识,就工程实际中常见的物体受载情况重点讲授静力学,以及材料在拉、压、弯、扭、剪等典型变形下的力学性能及强度校核的基本知识;第2篇主要介绍常用平面机构的基本概念、组成、工作原理和常用的设计方法;第3篇主要介绍各种机械传动的基本知识和常用零件的设计计算方法;第4篇主要介绍液压传动的基本知识、常用元件和液压基本回路。

参加本书编写的有:安徽职业技术学院高寿兰(第1、2、3、4章)、陈传胜(第9、15、16、17章),安徽工业经济职业技术学院毛友新(绪论、第10、11、12、13、14章、附录A)、闻庆翌(第5、6、7、8章),芜湖职业技术学院鲍自林(第18、19、20章)。全书由毛友新任主编,鲍自林、陈传胜任副主编。

限于编者的水平和经验,书中难免有不妥和错误之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2006年6月

目 录

绪 论	(1)
0.1 机器的组成及其特征	(1)
0.2 本课程的内容、性质和任务	(3)
0.3 机械设计的基本要求和一般程序	(3)
0.4 机械零件设计的基本要求和一般步骤	(4)
0.5 本课程的学习方法	(5)
思考题与习题	(5)

第 1 篇 工程力学基础

第 1 章 物体的静力分析	(8)
1.1 静力学基础	(8)
1.2 约束力与约束反力	(14)
1.3 物体受力分析与受力图	(18)
1.4 平面力系	(22)
1.5 物体系统的平衡问题	(35)
1.6 考虑摩擦时物体的平衡问题	(38)
1.7 空间力系	(42)
思考题与习题	(49)
第 2 章 拉伸与压缩	(56)
2.1 杆件的轴向拉伸与压缩	(56)
2.2 材料拉伸与压缩时的力学性能	(60)
2.3 拉(压)杆件的强度计算	(65)
2.4 拉(压)杆件的变形	(68)
2.5 应力集中的概念	(71)
思考题与习题	(71)
第 3 章 直梁弯曲	(74)
3.1 平面弯曲概念及弯曲内力	(74)
3.2 梁的弯曲强度计算	(86)

3.3 拉伸(压缩)与弯曲组合变形的强度计算	(89)
3.4 梁的弯曲刚度简介	(92)
3.5 提高梁的抗弯强度和刚度的措施	(93)
思考题与习题	(96)
第4章 剪切、挤压与圆轴扭转	(102)
4.1 剪切与挤压	(102)
4.2 圆轴扭转的概念及其内力	(108)
4.3 圆轴扭转时的强度和刚度计算	(113)
4.4 弯曲与扭转组合变形的强度计算	(117)
思考题与习题	(121)

第2篇 常用平面机构

第5章 平面机构的组成	(126)
5.1 构件和运动副	(126)
5.2 机构运动简图	(127)
5.3 平面机构的自由度	(129)
思考题与习题	(133)
第6章 平面连杆机构及其设计	(135)
6.1 铰链四杆机构的基本形式及其演化	(135)
6.2 平面四杆机构的基本特性	(140)
6.3 平面四杆机构的设计	(145)
思考题与习题	(147)
第7章 凸轮机构及其设计	(150)
7.1 概述	(150)
7.2 常用的从动件运动规律	(153)
7.3 凸轮轮廓的设计	(156)
7.4 凸轮设计中应注意的几个问题	(159)
思考题与习题	(161)
第8章 间歇运动机构	(163)
8.1 棘轮机构	(163)
8.2 槽轮机构	(165)
思考题与习题	(168)

第3篇 机械传动与轴系零件

第9章 螺纹连接和螺旋传动	(170)
9.1 螺纹连接的基本知识	(170)
9.2 螺纹副的受力分析、效率和自锁	(173)
9.3 螺旋传动	(174)
9.4 螺纹连接的基本类型、预紧和防松	(176)
9.5 螺栓组连接的结构设计	(180)
9.6 单个螺栓连接的强度计算	(182)
思考题与习题	(188)
第10章 带传动和链传动	(190)
10.1 带传动概述	(190)
10.2 带传动的基本理论	(192)
10.3 V带及V带轮	(196)
10.4 普通V带传动的设计计算	(198)
10.5 同步带传动简介	(207)
10.6 链传动的基本知识	(207)
10.7 滚子链传动的设计	(213)
10.8 链传动的布置、张紧和润滑	(217)
思考题与习题	(220)
第11章 齿轮传动	(222)
11.1 齿轮传动概述	(222)
11.2 渐开线齿廓啮合的几个重要性质	(224)
11.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数和几何尺寸计算	(227)
11.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	(231)
11.5 渐开线直齿圆柱齿轮的加工方法及根切现象	(234)
11.6 齿轮传动的失效形式与常用材料	(238)
11.7 渐开线标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算	(241)
11.8 斜齿圆柱齿轮传动	(256)
11.9 斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	(261)
11.10 直齿锥齿轮传动简介	(266)
11.11 齿轮的结构设计和齿轮传动的润滑	(270)
思考题与习题	(274)
第12章 蜗杆传动	(277)

12.1	蜗杆传动的特点和类型	(277)
12.2	圆柱蜗杆传动的主要参数及几何尺寸	(278)
12.3	蜗杆传动的失效形式和材料选择	(283)
12.4	蜗杆传动的强度计算	(285)
12.5	蜗杆和蜗轮的结构	(288)
12.6	蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	(289)
	思考题与习题	(293)
第 13 章	轮系	(295)
13.1	轮系及其分类	(295)
13.2	定轴轮系传动比的计算	(296)
13.3	周转轮系传动比的计算	(297)
13.4	混合轮系及其传动比的计算	(300)
13.5	轮系的功用	(302)
	思考题与习题	(304)
第 14 章	轴及轴毂连接	(306)
14.1	概述	(306)
14.2	轴的结构设计	(309)
14.3	轴的强度计算	(314)
14.4	轴毂连接	(319)
	思考题与习题	(324)
第 15 章	轴承	(326)
15.1	摩擦与磨损	(326)
15.2	润滑和密封	(329)
15.3	滑动轴承的主要类型	(331)
15.4	滑动轴承轴瓦的结构和材料	(334)
15.5	不完全液体润滑轴承的设计计算	(336)
15.6	滚动轴承的构造、类型及特点	(338)
15.7	滚动轴承寿命的计算	(346)
15.8	滚动轴承的组合设计	(354)
	思考题与习题	(362)
第 16 章	其他常用零部件	(364)
16.1	联轴器	(364)
16.2	离合器	(369)
16.3	弹簧	(374)

思考题与习题	(378)
第 17 章 机械速度与平衡	(379)
17.1 机械速度的波动与调节	(379)
17.2 机械的平衡	(382)
思考题与习题	(385)

第 4 篇 液 压 传 动

第 18 章 液压传动概述	(388)
18.1 液压传动的工作原理	(388)
18.2 液压油	(389)
18.3 液压传动的流体力学基础	(392)
思考题与习题	(398)
第 19 章 液压元件及基本回路	(400)
19.1 液压泵与液压马达	(400)
19.2 液压缸	(405)
19.3 液压控制元件	(409)
19.4 液压辅助元件	(419)
19.5 液压基本回路	(421)
思考题与习题	(433)
第 20 章 典型液压传动系统	(435)
20.1 YT4543 型动力滑台的液压系统	(435)
20.2 YT32-315 型万能液压机的液压系统	(438)
20.3 XS-ZY-250A 型注塑机液压系统	(441)
思考题与习题	(445)
附录 A	(446)
参考文献	(448)

绪 论

机械是机器和机构的总称。机器是人类在生产中用以减轻或代替体力劳动和提高生产率的主要工具。随着科学技术的发展,使用机器进行生产的水平已经成为衡量一个国家技术水平和现代化程度的重要标志之一。对于工科高职院校机械类和近机类专业的学生,学习和掌握机械设计基础知识是十分必要的。

0.1 机器的组成及其特征

任何机器都是为实现某种功能而制造的。尽管机器的种类很多,其用途也各不相同,但仔细分析后可以发现它们都有共同的特征。如图 0-1 所示的内燃机,是由齿轮 1 与 18、汽缸体 11、连杆 3、曲轴 4、凸轮 7、顶杆 8 与 9、活塞 10 等组成的。通过燃气在汽缸内的进气—压缩—燃烧—排气过程,使燃气燃烧的热能转变为曲轴转动的机械能,从而推动活塞 10 作往复运动,并通过连杆 3 将运动传至曲轴 4,使曲轴 4 转动。为了保证曲轴 4 连续转动,要求定时将燃气送入汽缸和将废气排出。这是通过进气阀和排气阀完成的。而进气阀和排气阀的启闭,则是通过将齿轮、凸轮、顶杆、弹簧等实物组合成一体来协同完成的。

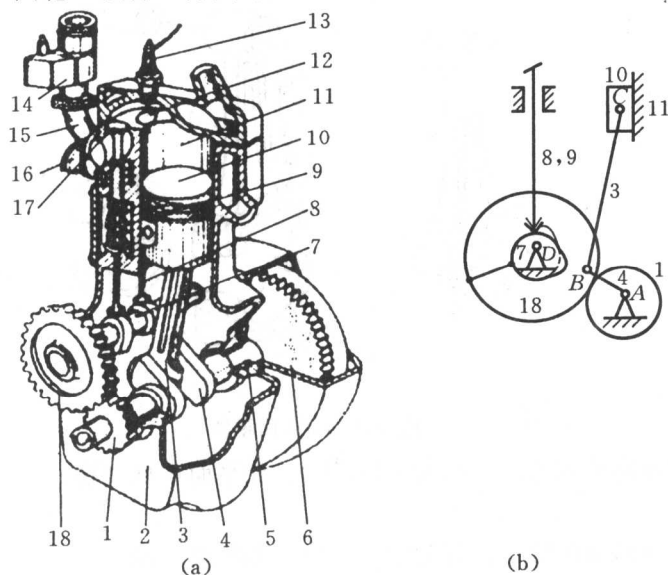


图 0-1 单缸内燃机

常用的机器还有搅拌机、推土机、数控机床、石油钻机等。它们尽管用途、工作原理各不相同，但一般都是由原动部分(提供动力来源)、工作部分(完成预定功能)、传动部分(将动力从原动机传递到工作部分)组成的。自动化程度比较高的机器(如数控机床)除上述三部分之外，还有第四部分，即完成各种功能的操纵控制系统和信息处理传递系统——自动控制部分。

由此可见，机器是用来转换和传递能量、物料和信息，执行机械运动的装置，具有如下三个特征：

- (1) 都是人为的各个实物的组合；
- (2) 各个实物之间具有确定的相对运动；
- (3) 能完成有用的机械功，代替或减轻人类的体力和脑力劳动。

机构具有机器的前两个特征，但不具有第三个特征。在不讨论做机械功或能量转换问题时，机器便可看成机构。所谓机构是一种人为的实物组合，能实现预期的机械运动。如内燃机中由连杆 3、曲轴 4、活塞 10、汽缸体 11 组成的连杆机构。由此可见，机器是由机构组成的。由于机器和机构在组成和运动方面是相同的，所以习惯上把机器和机构统称为“机械”。

组成机构的相互间作确定相对运动的各个实物称为构件。构件可以是单一的整体(如曲轴)，也可以是由几个实物组成的彼此间没有相对运动的整体(如图 0-2 中的连杆)；而组成构件的连杆体 1、连杆盖 2、螺栓 6 和螺母 7(见图 0-2)等，称为零件。由此可见，构件是机构中运动的单元，零件是机构中制造的单元。

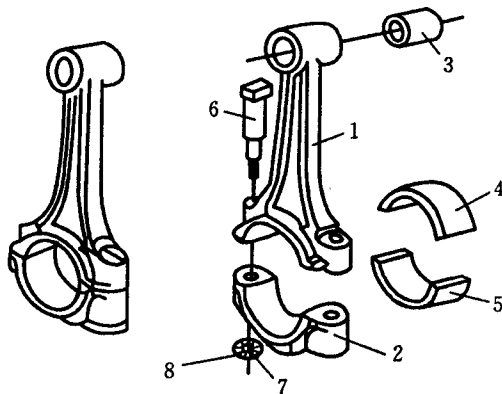


图 0-2 构件和零件

机械中普遍使用的机构称为常用机构，如平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构等。

机械中普遍使用的零件称为通用零件，如螺栓、键、轴、轴承、齿轮等。

本课程以机械中的常用机构和通用零部件为研究对象。

0.2 本课程的内容、性质和任务

1. 本课程的主要内容

第1篇是工程力学基础,主要介绍构件的受力分析、力系的简化和构件的平衡条件,以及构件在外力作用下的变形、受力和破坏规律,强度(抵抗破坏能力)和刚度(抵抗变形能力)的计算方法。

第2篇是常用平面机构,主要阐述一般机械中常用的平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构的工作原理、特点、应用及设计的基本知识。

第3篇是常用机械传动及轴系零件,主要阐述一般机械中常用的带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动及螺旋传动的工作原理、特点、应用,以及通用机械零件设计的基本方法。

第4篇是液压传动,主要介绍液压传动、常用液压元件、液压回路及系统的工作原理、特点、应用及设计的基本知识。

2. 本课程的性质和任务

本课程是工科高职院校机械类或近机类专业的一门重要技术基础课程。通过本课程的学习,学生应:

- (1) 初步掌握分析与解决工程实际中简单力学问题的方法;
- (2) 初步掌握对杆件进行强度和刚度计算的方法,并具有一定的实验能力;
- (3) 掌握常用机构和通用机械零件的基本知识,初步具有分析、选用和设计机械零件及简单机械传动装置的能力;
- (4) 初步掌握液压元件的基本知识,具有分析、解决液压传动系统实际问题的工作能力。

0.3 机械设计的基本要求和一般程序

1. 机械设计的基本要求

机械设计的目的是满足社会生产和生活的需求。机械设计的任务是应用新技术、新工艺、新方法开发适应社会需求的各种新的机械产品,以及对原有机械进行改造,从而改变或提高原有机械的性能。机械设计应满足以下几方面的要求。

(1) 完成预定功能。设计的机械必须具有预定的生产和生活上所要求的功能。这是机械设计的根本目的,也是选择、确定方案的依据。

(2) 经济性。机械的经济性是一个综合性指标,它体现为设计、制造的成本低,生产率、效率高,日常能耗、维护费用低。

(3) 安全性。安全性包括操作人员的安全和机械本身的安全。应采用各种安

全保障措施及故障前的报警装置。

(4) 可靠性。机械的可靠性用可靠度表示,是指在规定的使用时间内和规定的作用条件下机械能正常工作的概率。但应注意:追求 100%的可靠度是不经济的,也是不合理的。

(5) 其他要求。其他要求是指操作简单、维修方便、外形大方等。

上述要求之间,有的一致,如安全性与可靠性;有的矛盾,如可靠性与经济性。技术人员在设计时必须使机械的综合性能最佳。

2. 机械设计的一般程序

机械设计没有一成不变的程序,应视具体情况而定。下面介绍的是一般的机械设计程序。

(1) 提出和制定产品设计任务书。首先应根据用户的要求,确定所要设计机械的功能和有关指标,研究分析其实现的可能性,然后确定设计课题,制定产品设计任务书。

(2) 总体方案设计。根据设计任务书,进行调查研究,了解国内外有关的技术和经济信息,分析有关产品及相关资料,在此基础上确定实现预定功能的机械工作原理,拟定出总体设计方案,从工作原理上论证设计任务的可行性,必要时对某些技术经济指标进行修改,然后绘制机构运动简图。

(3) 技术设计。在总体方案的基础上,确定机械部分的结构和尺寸,绘制总装配图、部件装配图和零件图。

(4) 样机的试制和鉴定。判断设计的机械是否满足预定功能要求,需要进行样机的试制和鉴定。样机制成后,可通过试运行进行性能测试,然后组织鉴定,进行全面的技术经济评价。

(5) 产品的正式投产。在样机的试制与鉴定通过的基础上,方可进行产品的正式投产。在样机试制和鉴定通过后,可将机械的全套设计图纸和技术文件提交产品定型鉴定会评审。评审通过后,即可进行批量生产。

0.4 机械零件设计的基本要求和一般步骤

1. 机械零件设计应满足的基本要求

(1) 工作可靠。也称为“工作能力准则”,即有足够的强度、刚度、稳定性、耐磨性、热平衡性等。

(2) 成本低。尽量减少设计成本和制造成本。

(3) 结构合理。按照材料、加工精度、加工和装配工艺性设计结构。

(4) 方案优化。一般多设计几个方案进行比较,从中选出最优的方案。机械零件要符合标准化、系列化、通用化的要求。