



国家技能型紧缺人才培养项目

21世纪 高等职业教育通用教材

机械设计基础

(两年制)

JIXIE SHEJI JICHU

李正峰 主编
张福荣 主审



上海交通大学出版社

国家技能型紧缺人才培养项目
21世纪高等职业教育通用教材

机械设计基础

(两年制)

主 编 李正峰
副主编 刘志毅 曾庆健
主 审 张福荣

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本教材是根据教育部《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》的精神,规划编写的系列教材之一。

全书分为4篇,第1篇为工程力学基础,主要介绍工程静力分析和杆件的各种变形及强度、刚度条件。第2篇为常用平面机构,主要介绍平面连杆机构和凸轮机构的组成、类型、特性及设计。第3篇为常用机械传动,主要介绍齿轮传动、蜗杆传动、定轴齿轮系和行星齿轮系、带传动、链传动的设计准则、计算方法以及使用与维护等。第4篇为常用机械零部件,主要介绍螺纹连接、轴毂连接、轴的结构设计和强度计算;轴承、联轴器和离合器的类型、特点、选择和应用。

本书除作为两年制高等职业教育数控技术应用专业教材外,也可作为三年制机电类、近机类相关专业的教材,参考学时数为90~100学时。各专业可根据需要进行取舍。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础 / 李正峰主编. —上海: 上海交通大学出版社, 2005

21世纪高等职业教育通用教材. 两年制

ISBN 7-313-04028-8

I. 机... II. 李... III. 机械设计 - 高等学校: 技术学校 - 教材 IV. TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第065866号

机械设计基础

(两年制)

李正峰 主编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路877号 邮政编码: 200030)

电话: 64071208 出版人: 张天蔚

上海美术印刷厂印刷 全国新华书店经销

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 20.5 字数: 503千字

2005年8月第1版 2005年8月第1次印刷

印数: 1-3050

ISBN7-313-04028-8/TH·107 定价: 33.00元

版权所有 侵权必究

21 世纪高等职业教育通用教材

编 审 委 员 会

主 任 名 单

(以姓氏笔划为序)

编审委员会顾问

叶春生 詹平华

编审委员会名誉主任

李 进 李宗尧

编审委员会主任

闵光泰 潘立本

编审委员会常务副主任

东鲁红

编审委员会副主任

孔宪思	王俊堂	王继东	白玉江
冯拾松	匡亦珍	朱懿心	吴惠荣
李 光	陈 礼	赵祥大	洪申我
饶文涛	秦士嘉	黄 斌	董 刚
薛志信			

序

发展高等职业教育,是实施科教兴国战略、贯彻《高等教育法》与《职业教育法》、实现《中国教育改革与发展纲要》及其《实施意见》所确定的目标和任务的重要环节;也是建立健全职业教育体系、调整高等教育结构的重要举措。

近年来,年轻的高等职业教育以自己鲜明的特色,独树一帜,打破了高等教育传统大学一统天下的局面,在适应现代社会人才的多样化需求、实施高等教育大众化等方面,做出了重大贡献。从而在世界范围内日益受到重视,得到迅速发展。

我国改革开放不久,从1980年开始,在一些经济发展较快的中心城市就先后开办了一批职业大学。1985年,中共中央、国务院在关于教育体制改革的决定中提出,要建立从初级到高级的职业教育体系,并与普通教育相沟通。1996年《中华人民共和国职业教育法》的颁布,从法律上规定了高等职业教育的地位和作用。目前,我国高等职业教育的发展与改革正面临着很好的形势和机遇:职业大学、高等专科学校和成人高校正在积极发展专科层次的高等职业教育;部分民办高校也在试办高等职业教育;一些本科院校也建立了高等职业技术学院,为发展本科层次的高等职业教育进行探索。国家学位委员会1997年会议决定,设立工程硕士、医疗专业硕士、教育专业硕士等学位,并指出,上述学位与工程学硕士、医学科学硕士、教育学硕士等学位是不同类型的同一层次。这就为培养更高层次的一线岗位人才开了先河。

高等职业教育本身具有鲜明的职业特征,这就要求我们在改革课程体系的基础上,认真研究和改革课程教学内容及教学方法,努力加强教材建设。但迄今为止,符合职业特点和需求的教材却还不多。由泰州职业技术学院、上海第二工业大学、金陵职业大学、扬州职业大学、彭城职业大学、沙洲职业工学院、上海交通高等职业技术学院、上海交通大学技术学院、上海汽车工业总公司职工大学、立信会计高等专科学校、江阴职工大学、江南学院、常州技术师范学院、苏州职业大学、锡山职业教育中心、上海商业职业技术学院、潍坊学院、上海工程技术大学等百余所院校长期从事高等职业教育、有丰富教学经验的资深教师共同编写的《21世纪高等职业教育通用教材》,将由上海交通大学出版社等陆续向读者朋友推出,这是一件值得庆贺的大好事,在此,我们表示衷心的祝贺。并向参加编写的全体教师表

示敬意。

高职教育的教材面广量大,花色品种甚多,是一项浩繁而艰巨的工程,除了高职院校和出版社的继续努力外,还要靠国家教育部和省(市)教委加强领导,并设立高等职业教育教材基金,以资助教材编写工作,促进高职教育的发展和改革。高职教育以培养一线人才岗位与岗位群能力为中心,理论教学与实践训练并重,二者密切结合。我们在这方面的改革实践还不充分。在肯定现已编写的高职教材所取得的成绩的同时,有关学校和教师要结合各校的实际情况和实训计划,加以灵活运用,并随着教学改革的深入,进行必要的充实、修改,使之日臻完善。

阳春三月,莺歌燕舞,百花齐放,愿我国高等职业教育及其教材建设如春天里的花园,群芳争妍,为我国的经济建设和社会发展作出应有的贡献!

叶春生

前 言

本书是为了适应我国高职高专教育大力发展,快速培养实用型、技能型人才的需要,按照教育部《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“机械设计基础”的课程教学基本要求编写的。本书以实际应用为目的,以理论必须、够用为度,将工程力学、机械原理和机械零件等课程的内容进行了优化整合。

本书是由上海交通大学出版社组织编写的“高等职业教育数控技术应用专业系列教材”之一,与以往《机械设计基础》教材不同的是,把《工程力学》中的静力学和材料力学的基础知识也整合到本书中,使全书教材内容的连贯性、实用性增强。在机械原理和零件设计部分,重点介绍了常用机构、常用机械传动及零部件的类型、用途和设计计算方法。全书内容简洁、实用,知识面广,深度适宜,便于教师讲授和学生自学。另外编写了《机械设计基础实训教程》(两年制)作为本书的配套教材。

本书由部分高职院校具有丰富教学经验的教师编写。全书由李正峰任主编,刘志毅和曾庆健任副主编。编写分工如下:阳彦雄(第1,2章),付桂环(第3章),刘永强(第4,5,6章),李正峰(第9,15,16,19,20章),杨秀文、曾庆健(绪论,第7,8章),王荣(第10,12章),王亮申(第11章),刘志毅(第13,14,17,18章)。

因编者水平有限,错漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2005年5月

目 录

绪论	1
0.1 机械设计研究的对象	1
0.2 机械设计的基本要求和设计准则	2
0.3 机械设计方法的新发展	3
0.4 本课程的内容和任务	3
0.5 本课程的特点及学习方法	4

第 1 篇 工程力学基础

第 1 章 工程静力分析	7
1.1 力的基本性质	7
1.2 物体受力分析	9
1.3 力的投影	12
1.4 力矩与力偶	14
1.5 平面力系的简化与平衡	16
1.6 摩擦	20
1.7 物体系统的平衡问题	23
习题 1	24
第 2 章 拉压杆的强度	27
2.1 内力与截面法	27
2.2 拉伸(或压缩)时的应力分析	29
2.3 拉伸(或压缩)时的变形与虎克定律	29
2.4 材料拉伸和压缩时的力学性能	31
2.5 拉伸(或压缩)时的强度计算	34
2.6 剪切和挤压实用计算	36
习题 2	39
第 3 章 轴的扭转强度与刚度	41
3.1 扭矩的计算	41
3.2 扭转时的应力分析	44
3.3 扭转变形	47

3.4 扭转强度和刚度计算	47
习题 3	52
第 4 章 梁的弯曲强度与刚度	54
4.1 平面弯曲的概念	54
4.2 梁的内力——剪力和弯矩	55
4.3 剪力方程与弯矩方程 剪力图与弯矩图	57
4.4 弯曲应力分析	60
4.5 截面的惯性矩和抗弯截面模量	63
4.6 弯曲强度计算	63
4.7 梁弯曲时的剪应力	66
4.8 梁的弯曲变形和刚度计算	67
* 4.9 静不定梁	72
习题 4	74
第 5 章 组合变形	77
5.1 概述	77
5.2 拉伸(压缩)与弯曲组合	77
5.3 弯曲与扭转组合	80
习题 5	83
第 6 章 受压杆件的稳定性	85
6.1 压杆稳定的基本概念	85
6.2 细长杆的临界载荷——欧拉公式	86
6.3 柔度三类不同压杆的区分	87
6.4 压杆的稳定性计算	88
习题 6	89
附录 型钢规格表	91

第 2 篇 常用平面机构

第 7 章 平面机构的结构分析	97
7.1 机构结构分析的目的与内容	97
7.2 平面机构的组成与运动简图	97
7.3 平面机构的自由度	101
习题 7	105
第 8 章 平面连杆机构	107
8.1 平面连杆机构的基本形式及其演化	107

8.2 平面连杆机构的基本特性	110
8.3 平面连杆机构的运动设计	114
习题 8	118
第 9 章 凸轮机构	121
9.1 凸轮机构的特点和分类	121
9.2 常用的从动件运动规律	123
9.3 盘形凸轮轮廓的设计与加工方法	125
9.4 凸轮机构设计中的几个问题	127
习题 9	130

第 3 篇 常用机械传动

第 10 章 齿轮传动	135
10.1 齿轮传动的特点和类型	135
10.2 渐开线齿廓及其啮合特性	136
10.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的主要参数和几何尺寸	138
10.4 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	139
10.5 渐开线齿轮的根切现象和最小齿数的概念	141
10.6 变位齿轮和变位齿轮传动	143
10.7 齿轮的失效形式及常用材料	144
10.8 标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算	147
10.9 标准斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	156
10.10 齿轮的结构和齿轮传动润滑	162
习题 10	164
第 11 章 蜗杆传动	166
11.1 蜗杆传动的特点和类型	166
11.2 蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	167
11.3 蜗杆传动的失效形式和常用材料	171
11.4 蜗杆传动的受力分析	172
11.5 蜗杆传动的承载能力计算	173
11.6 蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	174
11.7 蜗杆和蜗轮的结构	178
习题 11	181
第 12 章 齿轮系	182
12.1 齿轮系及其分类	182

12.2	定轴齿轮系传动比的计算	183
12.3	行星齿轮系传动比的计算	184
12.4	组合行星齿轮系传动比的计算	185
12.5	齿轮系的应用	186
习题 12		188
第 13 章	带传动	190
13.1	带传动概述	190
13.2	V 带和带轮	192
13.3	带传动的工作情况分析	196
13.4	普通 V 带传动的设计计算	199
13.5	带传动的张紧与维护	207
习题 13		208
第 14 章	链传动	210
14.1	链传动概述	210
14.2	链传动的失效形式及主要参数的选择	215
14.3	链传动的布置、张紧及润滑	219
习题 14		222

第 4 篇 常用机械零部件

第 15 章	螺纹连接与螺旋传动	225
15.1	螺纹连接的主要类型和标准螺纹连接件	225
15.2	螺纹连接的预紧和防松	228
15.3	螺栓连接的强度计算	231
15.4	提高螺栓连接强度的措施	235
15.5	螺旋传动简介	238
习题 15		241
附表		242
第 16 章	轴毂连接	244
16.1	键连接	244
16.2	平键连接的强度校核	246
16.3	花键连接	247
16.4	销连接	248
习题 16		251

第 17 章 轴承	252
17.1 轴承的功用与类型	252
17.2 滚动轴承的组成、类型及代号	253
17.3 滚动轴承类型的选择	258
17.4 滚动轴承的工作情况分析 & 寿命计算	260
17.5 滚动轴承的尺寸选择	265
17.6 滚动轴承的组合设计	267
17.7 滑动轴承	272
习题 17	280
附表	282
第 18 章 轴	284
18.1 轴的类型及材料	284
18.2 轴的结构设计	286
18.3 轴的强度和刚度计算	289
习题 18	293
第 19 章 联轴器、离合器和弹簧	295
19.1 联轴器	295
19.2 离合器	300
19.3 弹簧	302
习题 19	305
第 20 章 回转构件的平衡	307
20.1 平衡的目的和平衡类型	307
20.2 静平衡	308
20.3 动平衡	310
习题 20	312
参考文献	314

绪 论

0.1 机械设计研究的对象

机械设计研究的对象是机械,这里的机械是机器和机构的总称。

人们在生产、生活中广泛使用着各类机器。如图 0-1 所示的单缸四冲程内燃机,它由曲轴 1、连杆 3、活塞 4、气缸体 5 和阀杆 9、凸轮 10、齿轮 12、齿轮 13,以及气阀 7、机座 14 等组成。燃气在缸内通过进气—压缩—爆发—排气的过程,使燃料燃烧产生的热能转变成曲轴转动的机械能。

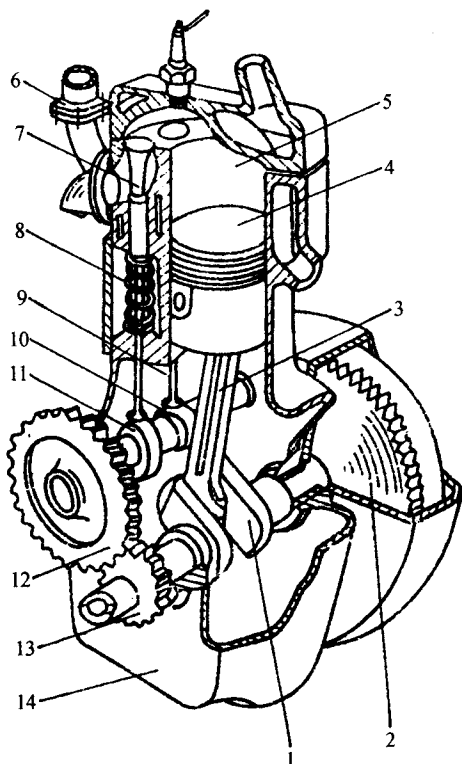


图 0-1 单缸四冲程内燃机

以上所述的单缸四冲程内燃机通常称为机器。实际上,机器的种类繁多,结构和用途也多种多样。但总的来讲,机器具有三个共同特征:(a)它们都是一种人为的实物的组合;(b)各部分之间具有确定的相对运动;(c)在工作过程中,能实现能量转换或完成有用的机械功。

机械中不可拆卸的基本单元称为零件,零件可分为两类:一类是通用零件,即在各种机器

中都经常使用的零件,如螺栓、齿轮等;另一类是专用零件,是仅在特定类型的机器中使用的零件,如活塞等。把由若干协同工作的构件所组成的独立制造或独立装配的组合物称为部件,如滚动轴承。

组成机械的运动单元称为构件,它可以是一个零件也可以是由几个零件联接在一起而成。如图 0-1 中的连杆 3。

由多个构件组成,能实现预期运动要求的组合物称为机构。在一般情况下,一部机器包含若干机构,例如单缸四冲程内燃机就包含有齿轮机构、连杆机构、凸轮机构等。

由此可见,机器是由机构组成的。但从运动和结构的观点来看,机构和机器之间是没有区别的。因此,工程上通常将机器和机构统称为机械。

尽管目前正在使用和不断发明创造的机器很多,但组成机器的机构和零部件却是有限的,因此以各种机械中的常用机构,如连杆机构、齿轮机构、凸轮机构等;以及通用零部件,如轴承、齿轮、带等,作为研究对象建立分析及设计的一般方法,可为各类机械的设计打下基础。

随着科技的进步,人类综合应用各方面的知识和技术,不断的创造出新型机器,因此机器的含义也在不断扩大。更广泛意义上的机器定义为:用来转换或传递能量、物料和信息的,能执行机械运动的装置。

0.2 机械设计的基本要求和设计准则

0.2.1 机械设计的基本要求

机械的种类很多,用途、结构、性能差别很大,但设计的基本要求大致相同。其基本要求如下:

① 实现预期功能和满足使用要求。设计的机械首先要能够实现预期的功能和满足使用要求,如运动的形式、速度、精度、功能、寿命等。

② 制造工艺和经济性要求。在满足使用要求的情况下,还要使其设计及制造成本低,能源和材料耗费少,维护及管理费用低,使产品质优价廉,具有市场竞争力。

③ 可靠性要求。可靠性指在规定的使用时间(寿命)内和规定的工作条件下,机械能够完成规定功能的能力。机器由许多零件及部件组成,其可靠性取决于零部件的可靠性。一般来讲,机器系统的零部件越多,其可靠性越差,因此在设计机器时应尽量减少零件数目。

④ 标准化要求。设计的机器及零部件要符合标准化、通用化、系列化的要求。现在我国已经加入 WTO,新产品和出口产品应首先采用国家标准或国际标准。

⑤ 其他特殊要求。对不同的用户,设计的机械产品还应满足一些特殊的要求。例如:对机床有长期保持精度的要求;对流动使用的机器(如钻探机械)有便于安装和拆卸的要求;对大型机器有便于运输的要求等;还有的要满足美学要求,即造型美观大方、简洁流畅等。

0.2.2 机械设计的基本准则

机械设计除基本要求以外,它还需要有设计的准则。在此,需要理解“失效”的概念。机械零件在规定的时间内及规定的工作条件下丧失工作能力或达不到工作能力时称为失效。失效并不单纯意味着完全损坏。常见的失效形式有:强度不足而断裂,刚度不够而产生过大的弹性

和塑性变形,磨损、打滑或过热使运动精度达不到要求,稳定性及可靠性差等。机械设计的准则,就是根据零件的失效形式做出原因分析,并根据失效的原因进行强度或刚度计算,以保证机械或零部件在使用期限内不失效。

0.3 机械设计方法的新发展

近几十年来,机械设计学科发生了很大的变化,设计方法更科学、计算精度更高、计算速度更快。主要有以下几个方面:

① 基础理论进一步深化和扩展。过去研究问题,比较偏向于宏观方面,现已向微观方面发展。例如:摩擦学研究摩擦表面间的物理和化学性质,进一步探索薄层摩擦副的机理和计算问题。

② 传统的机械设计偏重于零部件的静态设计,现正向多种零件的综合或整机系统为对象的动态设计方向发展。例如:研究机械系统的动力学问题对发展高速机械具有很重要的意义。

③ 新的设计方法不断出现,如优化设计、可靠性设计、模块化设计、机械系统设计、价值分析、专家系统、机械动态设计、并行设计等。

④ 计算机辅助设计的快速发展。它通过人和计算机的交互作用完成设计工作。显著提高设计效率,加快产品更新换代;能在较短时间内给出很多设计方案,并进行分析比较,以获得最佳设计方案;可与计算机辅助制造(CAM)、计算机管理自动化结合起来形成计算机集成制造系统(CIMS),从企业总效益最高出发,综合进行市场预测、产品设计、生产计划、制造和销售等一系列工作,以实现人力、物力和时间等各种资源的有效利用。

⑤ 传统的机械产品正在向机、电、液一体化方向发展。机械与电子、电气、液动、气动等多种技术的有机结合使机械产品性能更好,更新换代更快。

0.4 本课程的内容和任务

0.4.1 本课程的主要内容

第1篇是工程力学基础,主要介绍如何对构件进行受力分析、力系的简化和构件的平衡计算,以及构件在外力作用下的变形和破坏规律,强度(抵抗破坏能力)和刚度(抵抗变形能力)计算准则。

第2篇是常用平面机构,主要介绍平面机构的结构分析、平面连杆机构和凸轮机构等常用机构的工作原理、设计及应用等。

第3篇是常用机械传动,主要阐述了一般机械传动中常用的齿轮传动、蜗杆传动、带传动和链传动等。

第4篇是常用机械零部件,主要介绍了螺纹联接、轴毂联接、轴和轴承等机械零部件设计的基本方法。

0.4.2 本课程的任务

本课程是职业技术学院机械类或近机械类专业的一门重要技术基础课。通过本课程的学

习,应达到如下要求:

- ① 初步掌握分析解决实际工程中简单力学问题的方法。
- ② 初步掌握对构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。

0.5 本课程的特点及学习方法

本课程是从理论性、系统性很强的基础课向实践性较强的专业课过渡的一个重要转折点,因此在学习本课程时必须在学习方法上有所改变,应注意以下几个方面:

- ① 本课程与生产实际联系非常密切,主要用于解决实际问题。

在学习时,学生特别要注意理论联系实际,注意观察机械组成、结构特点和运动过程,还应注意要将先前学过的课程知识应用到本课程的学习中。

- ② 本课程在研究不同对象时所涉及的理论基础不同,且相互之间无多大联系。

由于涉及的理论基础不同,且相互之间无多大联系,学生在学习时可能会感到没有系统性,甚至会无所适从。因此在学习时应注意,本课程有其自身的系统,各部分内容一般都是按照工作原理、结构、设计计算、使用维护的顺序进行的。且最终研究目的只有一个,既设计出能满足使用要求的机械。

由于实际中发生的问题一般都很复杂,很难用纯理论的方法解决,因此在设计时常常抓住问题的主要方面,采用经验公式、简化计算的方法解决。

- ③ 设计计算中,计算步骤和计算结果往往不是唯一的。

在学习时还应注意,设计计算虽然重要,但不是唯一的,学生必须培养把理论计算、结构设计和工艺因素结合起来解决实际问题的能力。

第1篇 工程力学基础

工程力学是范围较大的一门学科,涉及静力学、材料力学、运动学、动力学等方面的知识,是诸多工程技术的研究基础,在工程实际应用中,起着重要的基础学科作用。本篇根据高职教育的特点,只对其部分基础知识作一简要介绍,为学习机械原理与机械零件、机械制造基础及相关专业技术奠定必需的基础。主要介绍工程静力分析和杆件的各种变形及强度、刚度条件的应用。