

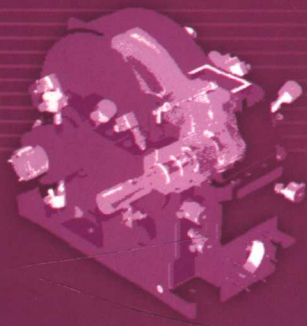


北京市高等教育精品教材立项项目

机械设计基础

上册(第2版)

吴瑞祥 刘静华 主编
王之栋 郭卫东



JIXIE
SHEJIJICHU

 北京航空航天大学出版社



北京市高等教育精品教材立项项目

机械设计基础

上册

(第2版)

吴瑞祥 刘静华 主编
王之栋 郭卫东

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书根据教育部提出的“面向二十一世纪高等教育改革”教改项目——“机械基础系列课的教改研究与实践”课题的改革成果编写而成。分上、下两册。上册主要内容包括：空间形体、几何元素的投影、投影变换、平面立体、相交、三维图形表达、组合体、零件的构形设计与表达以及装配图与结构设计。

本书可作为高等工科院校机械类、近机类专业本科学生的技术基础课教材，也可作为工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础. 上册/吴瑞祥等编著. —2版. —北京:北京航空航天大学出版社, 2004. 9

ISBN 7-81077-515-4

I. 机… II. 吴… III. 机械设计—高等学校—教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 086631 号

机械设计基础 上册(第2版)

吴瑞祥 刘静华 王之标 郭卫东 主编
责任编辑 王 实

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

http://www.buaapress.com.cn E-mail: bhpress@263.net

北京松源印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本: 787×960 1/16 印张: 34.25 字数: 762 千字

2004 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月第 2 版 2005 年 9 月第 2 次印刷 印数: 4 000 册

ISBN 7-81077-515-4 定价: 45.00 元

前言

20世纪90年代以来,围绕高等工程教育如何进行改革,国内外展开了一系列讨论。1996年,教育部提出了“面向二十一世纪高等教育改革”教改项目,开始了全国范围内的教改大行动。我们有幸参加了“机械基础系列课的教改研究与实践”课题,针对画法几何、机械制图、机械原理、机械设计等课程进行改革,历经7年时间,取得了一系列成果,荣获国家教学成果二等奖和北京市教学成果一等奖。本系列课已成为北京市精品课程,而《机械设计基础》教材已被评为北京市重点精品教材。

机械基础系列课的改革从何入手,我们根据“高等工程教育应回归工程”的精神,选择设计作为切入点。设计是工业的灵魂,是创新的温床。机械基础系列课以设计来整合课程,能够很好地重建体系,重新组织教学内容,突出工程思维,有利于提高学生的能力和素质,满足培养目标的要求。

为了突出设计,我们提出了以培养学生的综合设计能力为主线的思想,并以此改革课程体系和教学内容。从体系上讲,我们打破原有课程的界限,将以上四门课合成一门课,从整体优化的角度安排教学内容,以机械设计为主干,按机械设计的一般规则和程序建立新的体系,体现从总体设计到功能设计、从全局设计到局部设计,以及先设计后计算、再画图的一般流程。同时,让学生建立起什么是设计,什么是机械设计,以及设计的原则、程序、方法和设计与环境的关系等基本概念。在新体系中,画法几何和机械制图作为机械设计的表达手段,机械原理作为运动设计构成机械设计的一部分,而机械设计则作为新体系的核心与画法几何、机械制图及机械原理的内容融合起来。

在图形的表达部分,我们将画法几何和机械制图融合在一起,打破原来以投影几何为中心的体系,改为以三维造型为核心,突出了形体分析—构型分析—造型分析的规律和现代工程图学的理论基础。在运动设计和结构设计部分,我们强调从整体出发,使学生对机器或机构建立一个整体的概念,然后介绍具体的零件和机构,最后归结到整体。在教学内容的安排上,我们将标准零件的画法及其结构、强度计算放在一起讲,将传统的传动、支承和联结的内容改为强度和刚度设计、摩擦学设计及标准件选择设计,以达到整体优化的效果,同时也体现了我们的改革思想。

本课程强调对学生综合设计能力的培养。这种能力应包含三个层次:第一层是培养学生表达设计对象的能力,第二层是培养学生运用传统和现代的手段进行设计综合和设计分析的能力,第三层是培养学生创造性构思的设计能力和总体上把握设计方案的能力。而具体的能

力培养包括几何抽象能力、投影作图能力、构型表达能力、形体设计能力、运动分析能力、机构综合能力、结构设计能力及计算分析能力等。

为了突出设计,图形的表达围绕设计来进行,运动设计将以分析为主变为以设计为主,结构设计部分将设计问题贯穿于始终。此外,为了使学生受到完整的设计训练,本课程还将原有的机械原理课程设计与机械设计课程设计合并,以使学生从原理方案设计到结构设计一气呵成。

为了适应课程改革,本课程将运用 CAI 教学,并最大限度地将计算机渗透到课堂教学、课下作业和课程设计中。

总之,本课程是一门面向 21 世纪、改革力度较大的新课程,其出发点和归宿都围绕设计而展开。在课程的开头强调整体设计的概念,在内容的安排上打破了原有的体系,服从于设计的进程,舍弃了原来与设计关系不大的内容,使每一部分都体现了以设计为中心的思想。希望学生通过本课程的学习,在综合设计能力方面切实得到提高,为今后学习专业课程打下一个良好的基础。

本书分上、下两册,共八篇 34 章。讲授 187 学时,另有 10 学时实验、48 学时上机和 160 学时的课程设计。

本书由吴瑞祥负责课题研究、组织编写并拟定大纲;吴瑞祥、王之栋、刘静华和郭卫东主编。参加本书上册编写工作的有刘静华、王之栋、潘柏楷、王运巧、杨光、马金盛、王玉慧、肖立峰、宋志敏和汤志东,参加绘图工作的有浦立、唐科、王凤彬、王增强和李瀛博,参与工作的还有鲁君尚、陈路、王晚霞、曹伟、郭皓明、陈学文和李江涛。由吴瑞祥、刘静华统稿。

《机械设计基础(上册)》出版后,教师和数千学生经过一年的使用,对其提出了宝贵的意见。经部分编著者对其进行精心修改、更正并扩展了部分内容,形成了此第 2 版。但由于改革力度较大,而我们缺乏经验且水平有限,故错误之处恳请广大读者批评指正。

吴瑞祥

2005 年 8 月 15 日

目 录

绪 论

0.1	机械设计理论与方法概论	1
0.2	机械设计的基本原则	3
0.3	设计方法学	6
0.4	总体设计	12
0.5	机械产品的详细设计	13
0.6	机械工程实验与设计实践	15

第一篇 机械制图基础知识

第 1 章 现代制图基础知识

1.1	制图基础知识	19
1.1.1	机械制图国家标准	19
1.1.2	手工绘图基础	23
1.1.3	尺寸注法	24
1.2	平面图形的构形与尺寸标注	29
1.2.1	由内部结构决定的平面图形	29
1.2.2	带有圆角轮廓的图形	34
1.2.3	对称图形的尺寸	35
1.2.4	歪斜图形的尺寸标注	36
1.2.5	圆弧连接图形	37
1.3	当今使用的绘图软件概述	41
1.3.1	AutoCAD 2004	41
1.3.2	CAXA	43
1.3.3	MDT 三维机械设计软件	44
1.3.4	Unigraphics	45
1.3.5	Solid Edge	47
1.3.6	CATIA	48

1.3.7 Pro/E	49
1.4 AutoCAD 2004 绘图初步	51
1.4.1 初步认识 AutoCAD	51
1.4.2 常用绘图命令	58
1.4.3 常用编辑命令	68
1.4.4 绘图环境设置	75
1.4.5 绘图实例	79
1.5 AutoCAD 绘制平面图形	86
1.5.1 图 层	87
1.5.2 编辑命令	88
1.5.3 绘制图形	92
1.5.4 尺寸标注	99

第2章 空间形体

2.1 形体及其生成与分解	102
2.1.1 形体的分类	102
2.1.2 形体的生成与分解	104
2.2 空间形体的三维与二维描述方法	107
2.2.1 空间形体的三维描述方法	107
2.2.2 空间形体的二维描述方法	109

第3章 几何元素的投影

3.1 点在两投影面体系中的投影	113
3.1.1 两投影面体系	113
3.1.2 点的投影	114
3.1.3 投影面上的点	115
3.2 点在三投影面体系中的投影	115
3.2.1 三投影面体系	115
3.2.2 点在三面体系中的投影	116
3.2.3 点的投影与坐标的关系	116
3.2.4 点的三面投影作图举例	117
3.3 直线的投影	119
3.4 直线与投影面的相对位置	120
3.4.1 一般位置的直线	120

3.4.2 特殊位置的直线	121
3.5 二直线的相对位置	124
3.5.1 平行二直线	124
3.5.2 相交二直线	125
3.5.3 交叉二直线	125
3.5.4 应用举例	126
3.6 一般位置直线段的实长与倾角的解法	126
3.7 直线上的点	128
3.7.1 投影特性	128
3.7.2 作图举例	129
3.8 直角投影定理	130
3.8.1 定 理	130
3.8.2 逆定理	130
3.8.3 应用举例	131
3.9 平 面	132
3.9.1 平面的确定及其投影作图	132
3.9.2 平面与投影面的相对位置	134
3.9.3 平面上的点和直线	136
3.9.4 平面上的特殊直线	139

第 4 章 几何元素的相对位置

4.1 平行问题	143
4.1.1 直线与平面平行	143
4.1.2 平面与平面平行	144
4.2 相交问题	146
4.2.1 平面与平面相交	146
4.2.2 直线与平面相交	148
4.2.3 可见性问题	150
4.2.4 利用穿点法求两平面的交线	150
4.3 垂直问题	152
4.3.1 直线与平面垂直	152
4.3.2 平面与平面垂直	154
4.3.3 直线与直线垂直	155
4.4 综合问题	157

第5章 投影变换

5.1 换面法的基本原理	161
5.2 点的换面	161
5.3 直线的换面	163
5.4 平面的换面	165

第二篇 立体的投影与表达

第6章 平面立体

6.1 平面基本几何体	171
6.2 切割型平面立体	172
6.3 相贯型平面立体	174
6.3.1 几何分析	175
6.3.2 投影分析	175

第7章 基本旋转体

7.1 基本旋转体的形成	178
7.2 基本旋转体的投影	178
7.2.1 圆柱体	178
7.2.2 圆锥体	180
7.2.3 圆球体	181
7.2.4 圆环体	182
7.3 旋转面上点的投影	184
7.3.1 圆柱面上点的投影	184
7.3.2 圆锥面上点的投影	185
7.3.3 圆球面上点的投影	185
7.4 简单组合体	186
7.5 表示物体内部形状的方法——剖视	187

第8章 平面与曲面相交

8.1 截交线的基本概念	189
8.2 截交线的投影作图	190
8.2.1 平面与圆柱相交	190

8.2.2 平面与圆锥相交	193
8.2.3 平面与球相交	197
8.2.4 平面与圆环相交	198
8.3 组合体的截交线	199
第 9 章 曲面与曲面相交	
9.1 相贯线的基本概念	203
9.2 用积聚性法求相贯线	204
9.3 用辅助平面法求相贯线	206
9.4 用辅助球面法求相贯线	208
9.5 相贯线的形式及影响因素	210
9.5.1 关于二次曲面的相贯线	210
9.5.2 尺寸大小的变化对相贯线的影响	211
9.5.3 相对位置的变化对相贯线的影响	212
9.6 复合相贯	212
第 10 章 用 CSG 体素构造法分析空间形体	
10.1 体素构造 CSG 的原理和方法	217
10.2 空间形体的正则集合运算	218
10.3 建立实体模型的一般过程	219
10.4 空间形体的 CSG 树表示	220
10.5 空间形体的体素和构造形式实例分析	222
第 11 章 三维图形表达	
11.1 三维绘图初步	228
11.1.1 三维显示功能	228
11.1.2 基本体素的生成	231
11.1.3 常用命令	233
11.1.4 三维形体的生成及其二维投影显示实例	236
11.2 AutoCAD 三维实体造型实例	241
11.3 轴测投影图	255
11.3.1 轴测投影	255
11.3.2 徒手绘制轴测草图	268
11.3.3 计算机绘制三维图形	270

第 12 章 组合体的构形与表达

12.1 组合体的构形	274
12.2 组合体的投影作图	275
12.3 组合体的尺寸标注	282
12.3.1 几何体的尺寸	282
12.3.2 组合体的尺寸	284
12.3.3 尺寸标注的安排	288

第三篇 零件的构形设计与表达

第 13 章 机件常用的表示方法

13.1 视图	291
13.1.1 基本视图	291
13.1.2 向视图	292
13.1.3 局部视图	292
13.1.4 斜视图	293
13.2 剖视图和断面图	294
13.2.1 剖视图	294
13.2.2 断面图	300
13.3 AutoCAD 绘制剖视图与断面图	301

第 14 章 零件的构形与表达方法

14.1 零件图的要求	304
14.2 零件的合理构形	305
14.2.1 零件的构形原则	305
14.2.2 零件的功能构形	305
14.3 零件的局部构形	308
14.4 零件图的图形表达	315
14.4.1 选择主视图的原则	315
14.4.2 其他视图的选择	317
14.4.3 惟一确定	320
14.5 零件的技术要求	322
14.5.1 表面粗糙度	322

14.5.2	极限与配合	328
14.6	零件图的尺寸标注	336
14.6.1	零件图尺寸标注的要求	336
14.6.2	尺寸与结构设计	338
14.6.3	尺寸与加工工艺	342
14.7	计算机绘制零件图实例	357
14.7.1	绘制二维零件图	357
14.7.2	绘制三维零件实体模型	367
14.8	零件测绘	387
14.8.1	零件测绘的方法与步骤	387
14.8.2	徒手绘制草图的方法	387
14.8.3	零件尺寸的测量	390
14.8.4	典型零件草图测绘图例	391
14.8.5	轴测草图	394
14.9	简化尺寸表示法	396

第四篇 常用部件的设计与表达

第15章 标准件和常用件

15.1	螺纹及螺纹紧固件	403
15.1.1	螺纹的形成、结构和要素	403
15.1.2	螺纹的种类	406
15.1.3	螺纹的规定画法	407
15.1.4	螺纹的标注	410
15.1.5	常用螺纹紧固件的画法和标记	413
15.1.6	螺纹紧固件的装配图画法	415
15.1.7	简化画法	419
15.1.8	防松装置及其画法	420
15.2	键、花键和销	422
15.2.1	键	422
15.2.2	花键	423
15.2.3	销	425
15.3	齿 轮	426
15.3.1	圆柱齿轮	427

15.3.2	锥齿轮	431
15.3.3	蜗轮、蜗杆	435
15.4	弹 簧	441
15.4.1	圆柱螺旋压缩弹簧的各部分名称和尺寸关系	441
15.4.2	螺旋压缩弹簧的规定画法	442
15.4.3	圆柱螺旋压缩弹簧的画图步骤	443
15.4.4	圆柱螺旋压缩弹簧的标记	443
15.4.5	零件图示例	444
15.5	滚动轴承	445
15.5.1	滚动轴承的种类	445
15.5.2	滚动轴承的代号	446
15.5.3	滚动轴承的画法	449

第 16 章 装配图与结构设计基础

16.1	装配图的内容与要求	454
16.1.1	装配图的作用	454
16.1.2	装配图的内容	454
16.2	机械设计中常见的装配关系	455
16.3	机械设计中装配结构的表达	464
16.3.1	一般表达方法	464
16.3.2	装配图的特殊表达方法	465
16.4	绘制机械设计图的方法与步骤	467
16.4.1	装配基准面	467
16.4.2	装配图的画图步骤	470
16.4.3	装配图中的零件序号、标题栏和明细表	472
16.5	计算机生成二维装配图	474
16.5.1	绘制二维零件图	474
16.5.2	绘制二维装配图	477
16.6	计算机生成三维装配图	480
16.7	设计过程与装配图的读图	483
16.7.1	读装配图的要求	483
16.7.2	装配图读图的一般方法与步骤	485
16.8	根据装配图拆画零件图	487
16.8.1	拆画主体零件图	487

16.8.2	在计算机上由装配图拆画主体零件的二维图·····	498
16.8.3	根据装配图生成主体零件的三维图·····	500
附录 A	螺 纹·····	502
附录 B	螺纹紧固件·····	506
附录 C	键、销·····	516
附录 D	滚动轴承·····	520
附录 E	公差与配合·····	524
参考文献	·····	532

绪 论

0.1 机械设计理论与方法概论

1. 机械设计基础课程的任务

机械设计基础课程是一门培养工科学生机械工程设计能力的系列课程。其主要内容包括:机械工程涉及的图学基础;工程图样的认识、绘制、表达和设计;通用的及与航空航天工程相关的机器、机构、机械零部件的运动、动力、强度、摩擦学和结构等的分析和设计原理、方法及实例。

本课程的主要任务是:通过机械工程设计基本知识和相关设计方法的教学过程,使学生了解和掌握通用机械工程中常用机械装置的设计方法,并使之具备扎实的机械设计基本知识、技能及一定的创新设计能力。

本课程与以往机械设计课程的不同之处在于将画法几何、机械制图、机械原理与机械设计等相关课程有机地融为一体,以设计为主线,组成新的体系。

2. 机械设计

(1) 机 械

机械是机构和机器的总称,是人类生产、生活的工具。机械的生产和使用水平是公认的工业技术水平及其现代化程度的衡量标志之一。先进的生产机械常具有机-电一体化特征。

(2) 设 计

设计是人们为达到某种目的所做的创造性工作的描述。广义上是指对发展过程的安排,目的是加速或减缓自然过程;狭义上是指为满足某些特定需要而进行的工作计划的具体描述,是将构思物体转变成实际物体这一过程的一系列作业。英文“设计”(design)一词来自拉丁语“记下”(DESIGNARE=DE)和“符号、图形”(singare)两词。设计是对人们创新思维的客观描述,具体讲就是提出满足人们需要的方案。

经济学角度上,设计是把各种先进技术转化为生产力的手段之一,是生产力的反映,是先进生产力的代表。

社会人文学上,设计是为满足某种需求进行的创造性思维活动及实践。

思维方式上,设计是一个具有抽象思维、形象思维和创造性思维综合特征的思维过程,是一个从发散到收敛,既有逻辑推理,又有分析、判断综合的综合过程。

(3) 机械设计

机械设计是指机械装置和机械系统的设计,是根据使用要求对机械工作原理、结构及运动方式、力和能量的传递方式,各个零件及其材料、形状、尺寸和润滑方法等进行构思分析和计算,并将其转化为具体的描述以及作为制造依据的工作过程。机械设计是一种创造性行为,对机械产品的品质和价值起着决定性作用。没有高质量的设计,就不可能有高质量的产品。设计决定了产品的结构、功能、成本、外型、表面特点、内在质量及其相互联系,确定了产品生产过程和消费过程的满意度。

机械设计的发展,经历了直觉设计为主、经验设计为主、半经验半理论设计以及现代设计等阶段。随着科学技术的发展,机械设计的效率和质量大大提高,盲目性减少。设计工作的完善,使工业节奏加快,更新周期缩短,生产力迅速发展,社会需求增加,进而使得社会生产发展速度加快。随着工业科技发展水平的不断提高,先进的设计发明,可以迅速得到应用。表 0-1 是几项代表性工业设计从发明到实用所经历的时间表。

表 0-1 设计项目从发明到实用的时间表

设计发明	从发明到实用所经历的时间
蒸汽机	100 年
电动机	57 年
汽车	27 年
电视	12 年
激光器	1 年

工业科技水平的提高为设计发明的实现提供了催化剂,加速了其市场实现的速度,也对设计本身提出了更高的要求。

现代机械设计,首先应是创新的设计,是理论经验与直觉的结合。现代设计的综合性内涵已越来越突出地显现于产品设计本身。

设计的核心是创造。其过程是针对目标任务寻求最佳结果的优化过程。现代机械设计的特点常表现为系统产品设计、多领域跨学科交

叉共同设计以及多目标、短周期、多品种的设计,如飞行器、机器人系统、汽车、家电产品和计算机等。

3. 机械设计基础课程的学习准备和要求

学习本课程前,应对投影理论和机械学常识有所了解,掌握材料学、理论力学、金属工艺学及金属加工工艺学的基本理论和技能。本课程拟用 170 课内学时,课内外学时比为 1:2 的教学时间,完成投影理论、机械设计理论与方法、机械工程图样表达等内容的基本学习与训练。

机械设计基础课程的后续课程“机械设计课程设计”将为学生提供应用所学知识,从工程实际出发,设计简单或中等复杂程度机械装置的教学环节。该教学环节的设置将注重针对实际工程问题设计能力的培养。

任何先进的装备和机器,无一不涉及机械设计,如在机器人设计、航天器设计等工程中,机械设计的内容不胜枚举;而所有的设计都要求设计者将设计内容明确无误地表达为图纸或软件形式,经过加工、装配方能成为产品。图样表达、机构设计、强度和刚度设计及摩擦学设计是在一般设计中必备的知识。本课程所讨论的投影理论、图样表达以及机械设计理论和方法都

是工程技术及研究人员必备的知识。课程的讨论将注重设计能力的培养,加强实践环节的训练,强调认识、分析和解决问题的基本方法的掌握,以完成机械综合设计能力培养的任务。

4. 机械设计基础课程的特点和改革之处

机械设计基础是由传统教学计划中画法几何、机械制图、机械原理、机械设计等课程系统改革整合而成。与以往单独开设的课程不同,本课程强调以培养学生的综合设计能力为主线安排课程内容,着重培养学生的几何抽象能力、投影作图能力、形体设计能力、运动设计能力、结构设计能力及综合创新设计能力。在课程体系上按照先总体设计、后零部件设计,先概要设计、后详细设计的要求,对原有教学体系作了较大调整。在结构设计部分,不再按传统的联结、支承和传动三大部分安排教学,而改为按强度和刚度设计、结构设计及摩擦学设计等内容组织教学。在后续的实践环节——课程设计中,将原来机械原理课程设计与机械设计课程设计整合为一体,使学生得到更进一步的综合训练。另外,在每一个教学环节中都渗透了计算机的应用,以提高学生运用现代设计手段的能力。

0.2 机械设计的基本原则

机械设计是完成机械系统产品化的重要组成部分,产品的成本、研制周期、产品化周期、产品质量、技术经济价值及工作可靠性指标等,都受到其设计的制约。统计表明,50%的质量事故是设计失误造成的,60%~70%的产品成本取决于设计本身。机械设计在产品的形成过程中起着十分重要的作用。

1. 机械设计的基本原则

(1) 创新原则

设计过程本身就是以创新为其重要特征的。工程实践中的机械设计工作,首先应该追求的是创新思维方式下的新颖的设计结果。对于初学者来说,注意了解、继承前人的经验,学习优秀的设计作品,发挥主观能动性,勇于创新,是做好设计工作的前提;符合时代精神的、有特色的创新设计最具生命力,是社会和工业发展的要求和需要,是设计者追求的目标,也是评价一个设计结果成功与否的重要原则。

(2) 安全原则

产品能安全可靠地工作是对设计的基本要求。在机械设计中,为了保证机械设备的安全运行,必须在结构设计、材料性能、零部件强度和刚度,以及摩擦学性能、运动和动态稳定性等方面依照一定的设计理论和设计标准来完成设计。产品的安全性是相对的,在规定条件和时间内完成规定功能的能力,称为可靠性。可靠度作为衡量系统可靠性的指标之一,可以用来描述系统安全运行的随机性,可靠度越大,产品维持功能的能力越强,系统越可靠;反之,产品越不可靠。产品的安全性通常是指在某种工作条件下及可靠度水平上的安全性,是设计中必须