



高等院校“十二五”精品课程建设成果



机械结构分析与设计 实践教程

JIXIE JIEGOU FENXI YU SHEJI
SHIJIAN JIAOCHENG

■ 主编 韦 林 林 泉
■ 主审 林若森

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

机械结构分析与设计实践教程

主 编 韦 林 林 泉
副主编 陆莲仕 刘光浩
主 审 林若森

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本书主要内容包括4部分:第一部分机械结构分析基础实验,包括机构及机械零件认知、平面机构运动简图的绘制、产品的机械结构分析、渐开线圆柱齿轮参数的测定、减速器拆装、机械设计创意及综合设计等实验;第二部分为机械设计实践指导,包括机械设计概述、机械传动装置的总体设计、常用减速器的类型、特点和结构、减速器内外传动件的设计要点、减速器的润滑和密封、减速器装配图和零部件结构设计、设计计算说明书的编写和答辩准备等内容;第三部分为常用设计资料,包括常用设计数据和一般设计标准、金属材料、公差配合、电动机、联轴器和离合器、连接件和紧固件、滚动轴承等;第四部分为减速器典型零件建模及应力分析,包括轴、齿轮的三维建模及轴、齿轮的有限元应力分析。

本书可与“机械结构分析与设计”教材配套使用,也可作为高等教育机械类、近机类专业“机械设计基础”课程实践教学环节的教材和设计指导书,还可供从事机械设计和机械结构分析的相关人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机械结构分析与设计实践教程/韦林,林泉主编. —北京:北京理工大学出版社, 2012. 4

ISBN 978 - 7 - 5640 - 5761 - 9

I. ①机… II. ①韦…②林… III. ①机械设计:结构设计-高等学校-教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 063620 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京国马印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 13.75

字 数 / 317 千字

责任编辑 / 胡 静

版 次 / 2012 年 4 月第 1 版 2012 年 4 月第 1 次印刷

王玲玲

印 数 / 1 ~ 1500 册

责任校对 / 周瑞红

定 价 / 37.00 元

责任印制 / 吴皓云

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

随着高等教育教学改革的不深入，办学理念和教学目标的逐渐明晰，目前机械设计基础课程的教学已经从“理论 + 实践（课程设计）”的简单叠加模式转变为“情境化”和“任务驱动”模式，在内容上从单一的机构、机械零件的讲授转变为从机械系统出发来认识机构和机械零件，在机械零件设计贯穿力学分析和强度计算理论知识。因此，原来所使用的课程设计指导书已不能很好的指导教师及学生进行课程的学习，必须根据新的教学目标和模式重新编写。

本书共分为 4 部分：第一部分为机械结构分析实验指导，包括机构及机械零件认知、平面机构运动简图的绘制、产品的机械结构分析、渐开线圆柱齿轮参数的测定、减速器拆装、机械设计创意及综合设计等实验；第二部分为机械设计实践指导，包括机械设计概述、机械传动装置的总体设计、常用减速器的类型、特点和结构、减速器内外传动件的设计要点、减速器的润滑和密封、减速器装配图和零部件结构设计、设计计算说明书的编写和答辩准备等内容；第三部分为常用设计资料，包括常用设计数据和一般设计标准、金属材料、公差配合、电动机、联轴器和离合器、连接件和紧固件、滚动轴承等；第四部分为减速器典型零件建模及应力分析，包括轴、齿轮的三维建模及轴、齿轮的有限元应力分析。

本书可与“机械结构分析与设计”教材配套使用，也可作为机械类、近机类专业“机械设计基础”课程实践教学环节的教材和设计指导书，还可供从事机械设计和机械结构分析的相关人员参考。

参加本书编写工作的有韦林、林泉、陆莲仕、刘光浩、苏磊、邓海英、欧艳华、赵云俊、陈新，由韦林、林泉担任主编，陆莲仕、刘光浩担任副主编。本书由林若森教授审稿。

由于高等教育教学改革还将不断地深化进行，加之我们的水平所限，疏漏之处在所难免，教材的完善尚需一个较长的过程，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一部分 机械结构分析实验指导

1 绪论	3
1.1 课程实验目的	3
1.2 课程实验内容	3
1.3 课程实验步骤和要求	3
2 实验指导	5
2.1 机构及机械零件认知	5
2.1.1 实验目的	5
2.1.2 实验方法	5
2.1.3 实验设备	5
2.1.4 实验内容	5
2.1.5 实验步骤	5
2.1.6 实验报告及思考题	6
2.2 平面机构运动简图的绘制	7
2.2.1 实验目的	7
2.2.2 实验仪器及设备	7
2.2.3 实验原理	7
2.2.4 实验步骤	7
2.2.5 实验内容和要求	8
2.2.6 实验报告及思考题	8
2.3 产品的机械结构分析	8
2.3.1 实验目的	8
2.3.2 任务要求	9
2.3.3 实施步骤	9
2.3.4 选题参考	9
2.3.5 实验报告	10
2.4 渐开线圆柱齿轮参数的测定	10
2.4.1 实验目的	10
2.4.2 实验仪器及设备	11
2.4.3 实验原理	11
2.4.4 实验步骤	12

2.4.5	实验内容和要求	13
2.4.6	实验报告及思考题	13
2.5	用展成原理加工渐开线齿廓	14
2.5.1	实验目的	14
2.5.2	实验仪器及设备	14
2.5.3	实验原理	14
2.5.4	实验步骤	15
2.5.5	实验内容和要求	16
2.5.6	实验报告及思考题	16
2.6	减速器拆装	17
2.6.1	实验目的	17
2.6.2	实验仪器及设备	17
2.6.3	实验步骤	17
2.6.4	实验内容和要求	18
2.6.5	实验报告及思考题	18
2.7	车床主轴箱传动系统分析	19
2.7.1	实验目的	19
2.7.2	实验仪器及设备	19
2.7.3	实验内容和步骤	19
2.7.4	注意事项	19
2.7.5	实验报告及思考题	20
2.8	机械设计创意及综合设计	20
2.8.1	实验目的	20
2.8.2	实验仪器及设备	21
2.8.3	实验原理	21
2.8.4	实验内容和要求	22
2.8.5	实验步骤	23
2.8.6	实验报告及思考题	23

第二部分 机械设计实践指导

3	机械设计概述	27
3.1	机械设计的目的	27
3.2	机械设计的内容	28
3.3	机械设计的一般过程	28
4	机械传动装置的总体设计	30
4.1	传动方案的确定	30
4.2	电动机的选择	31
4.2.1	电动机类型的选择	31
4.2.2	电动机功率的选择	31

4.2.3 电动机转速的选择	33
4.2.4 电动机型号的选择	33
4.3 传动装置总传动比的计算及其分配	33
4.4 传动装置运动参数和动力参数的计算	35
5 常用减速器的类型、特点和结构	36
5.1 常用减速器的类型和特点	36
5.2 常用减速器的结构	39
6 减速器内外传动件的设计要点	44
6.1 减速器外部传动件的设计要点	44
6.2 减速器内部传动件的设计要点	45
7 减速器的润滑和密封	46
7.1 减速器的润滑	46
7.2 减速器的密封	48
8 减速器装配草图和零部件结构设计	50
8.1 装配草图设计准备	50
8.2 初绘装配草图	51
8.3 轴系结构设计	52
8.3.1 初选轴径和联轴器	53
8.3.2 选择滚动轴承	54
8.3.3 轴的结构设计	54
8.4 轴系零件的设计计算	57
8.5 减速器箱体的结构设计	61
8.6 减速器附件的结构设计	65
8.7 装配草图的检查与修改完善	71
9 减速器装配工作图设计	72
9.1 装配图样的设计要求	72
9.2 装配图的绘制	72
9.3 装配图的尺寸标注	73
9.4 标题栏和明细表	74
9.5 装配图中的技术特性和技术要求	75
10 零件图样设计	77
10.1 零件图样的设计要求	77
10.1.1 零件图的设计要求	77
10.1.2 零件图的设计要点	77
10.2 轴类零件图样	79
10.2.1 视图选择	79
10.2.2 尺寸标注	79
10.2.3 技术要求	82
10.2.4 轴类零件工作图示例	82

10.3 齿轮类零件图样	83
10.3.1 视图选择	83
10.3.2 尺寸标注	83
10.3.3 啮合特性表	84
10.3.4 技术要求	84
10.3.5 齿轮类零件工作图示例	84
10.4 箱体类零件图样	85
10.4.1 视图选择	85
10.4.2 尺寸标注	85
10.4.3 技术要求	86
10.4.4 箱体类零件工作图示例	87
11 设计说明书的编写和答辩准备	90
11.1 设计说明书的编写	90
11.1.1 说明书的编写要求	90
11.1.2 说明书包括的主要内容	91
11.1.3 说明书书写格式示例	91
11.2 答辩准备	92
11.2.1 设计资料整理	92
11.2.2 答辩准备	92
11.2.3 答辩复习题	93

第三部分 常用设计资料

12 一般标准	97
13 金属材料	102
14 公差配合与表面粗糙度	112
14.1 公差与配合	112
14.2 形状与位置公差	117
14.3 表面粗糙度	119
15 联轴器和离合器	121
15.1 联轴器	121
15.1.1 联轴器轴孔和键槽形式	121
15.1.2 联轴器	123
15.2 离合器	128
16 螺纹和螺纹连接	130
16.1 普通螺纹	130
16.2 梯形螺纹	133
16.3 管螺纹	134
16.4 螺栓	135
16.5 螺柱	136

16.6 螺钉	137
16.7 螺母	141
16.8 垫片、垫圈	142
17 键连接和销连接	144
17.1 键连接	144
17.2 销连接	147
18 滚动轴承	149
18.1 常用滚动轴承	149
18.2 滚动轴承的配合	156
19 电动机	157
19.1 常用电动机的技术参数	157
19.2 常用电动机特点、用途及安装形式	159
20 润滑与密封	163
20.1 润滑	163
20.2 密封	168
21 减速器装配图参考图例	171
21.1 一级圆柱齿轮减速器	171
21.2 二级圆柱齿轮减速器	172
21.3 其他形式减速器	173

第四部分 减速器主要零件建模及应力分析

22 减速器主要零件的参数化建模	177
22.1 减速器低速轴的参数化建模	177
22.2 渐开线直齿轮的参数化建模	182
22.2.1 UG 环境下渐开线直齿圆柱齿轮的三维造型原理	182
22.2.2 渐开线直齿圆柱齿轮的三维造型	183
23 减速器主要零件的应力分析	188
23.1 轴的应力分析	188
23.2 渐开线直齿轮应力分析	195

附录 机械设计实践选题

1 带式运输机传动装置设计	200
1.1 设计题目	200
1.2 工作条件	200
1.3 原始技术数据	200
1.4 设计任务	201
2 卷扬机传动装置设计	202
2.1 设计题目	202
2.2 工作条件	202

2.3	原始技术数据	202
2.4	设计任务	202
3	简易卧式铣床传动装置设计	203
3.1	设计题目	203
3.2	工作条件	203
3.3	原始技术数据	203
3.4	设计任务	203
4	高架灯提升传动装置设计	204
4.1	设计题目	204
4.2	工作条件及设计要求	204
4.3	原始技术数据	204
4.4	设计任务	204
5	搅拌机传动装置的设计	205
5.1	设计题目	205
5.2	工作条件	205
5.3	原始技术数据	205
5.4	设计任务	205
6	简易拉床传动装置的设计	206
6.1	设计题目	206
6.2	工作条件	206
6.3	原始技术数据	206
6.4	设计任务	206
7	加热炉装料机的设计	207
7.1	设计题目	207
7.2	工作条件	207
7.3	原始技术数据	207
7.4	设计任务	207
8	爬式加料机传动装置的设计	208
8.1	设计题目	208
8.2	工作条件	208
8.3	原始技术数据	208
8.4	设计任务	208
参考文献		209

第一部分

机械结构分析实验指导

1 绪 论

1.1 课程实验目的

机械结构分析与设计课程是一门实践性、设计性很强的技术基础课，重在培养机类、近机类相关专业学生的机械结构分析与设计能力。实验教学是完成该课程教学重要的实践教学环节。其目的在于验证、巩固和加深课堂讲授的理论，使学生了解简单机械的机构组成和工作原理，掌握工作与性能参数的测量原理和方法，了解常用实验装置和仪器的使用方法、实验测试步骤、数据采集、误差分析及处理方法，并培养学生的实践能力、分析解决问题的能力 and 创新意识，培养学生实事求是的科学态度和严谨务实的工作作风。

1.2 课程实验内容

机械结构分析与设计实验在精选传统理论验证性实验的基础上，大力开发培养学生创新能力的设计型、综合性实验，突出创新思维能力的培养，并将先进的测试手段引入实验，使学生了解现代测试技术，开阔视野。

实验内容分为 3 部分。

- (1) 基础性实验：主要对客观事实和理论进行验证，了解仪器设备的原理和使用方法。
- (2) 综合性实验：主要将不同的知识点在实验中综合应用，以提高学生综合实验能力。
- (3) 设计、创新性实验：主要提供实验用的多种模块，学生自行设计实验方案，并完成装配和测试，提高学生工程实践能力和创新意识。

1.3 课程实验步骤和要求

学生是完成各项实验的实施者，在充分理解实验要求和原理的基础上，采用各种测试手段取得各种实验数据，并对数据进行处理和分析。

实验基本步骤为：

- (1) 预习实验内容，明确实验目的。

- (2) 复习相关知识, 掌握基本原理。
- (3) 实验方案设计, 选择实验设备。
- (4) 进行实验, 获取实验数据。
- (5) 数据处理, 分析实验结果。
- (6) 进行总结, 撰写实验报告。

在实验过程中, 不仅要按照实验步骤完成实验, 同时还应思考为什么要采用这样的实验装置和实验方法, 是否有比这更好的实验方法, 实验装置是否可以设计得更合理些等问题, 特别是当实验中出现的一些现象或数据与理论有差异时, 应大胆地提出自己的观点与指导老师探讨。另外, 在实验中要爱护仪器设备, 注意实验过程中的人身安全, 培养良好的科学实验态度。

实验是学生在课程学习中理论联系实际、培养动手能力和工程实践能力的一个重要的实践环节。因此, 要求学生在实验过程中做到:

- (1) 了解科学实验的意义和作用。
- (2) 认真做好实验前的准备, 如在实验中所需的绘图工具等。
- (3) 会使用实验常用的量具、工具和仪器设备。
- (4) 通过实验掌握实验原理、实验方法、数据的采集和处理方法。
- (5) 积极思考, 努力创新, 设计更好的实验方案。

2 实验指导

2.1 机构及机械零件认知

2.1.1 实验目的

- (1) 初步了解机械结构分析与设计课程所研究的各种常用零件的结构、类型、特点及应用实例。
- (2) 了解各种标准零件的结构形式及相关的国家标准。
- (3) 了解各种传动的特点及应用。
- (4) 增强学生对各种机构及机器的感性认识。

2.1.2 实验方法

陈列室展示各种通用零件及常用机构的模型，通过模型的动态展示，理论联系实际，增强学生对机构与机器的感性认识，同时通过展示机械设备、机器模型等，使学生对常用机构的结构、运动及运动特性、特点有一定的了解，增强对学习该课程的兴趣。

2.1.3 实验设备

机构及机械零件教学陈列柜、机器模型、小型机械设备。

2.1.4 实验内容

- (1) 机器和机构的认识。
- (2) 通用零件的认知。
- (3) 机械传动认知。
- (4) 轴系零部件认知。
- (5) 润滑及密封件认知。

2.1.5 实验步骤

- (1) 按照陈列柜所展示机构与机器的顺序，由浅入深、由简单到复杂进行参观认知，指导教师做简要讲解。
- (2) 在听取指导教师讲解的基础上，分组（每2人1组）仔细观察和讨论各种机构和机器的结构、类型、运动特点以及应用范围，并了解其应用实例。

2.1.6 实验报告及思考题

1. 实验报告

机构与机械零件认知实验报告

姓名：_____ 班级：_____ 学号：_____ 成绩：_____

同组成员姓名：_____ 日期：_____

实验目的	
实验内容	
回答问题	
列举 3 种以上传动机构的名称及应用实例	
列举 3 种以上常用的连接件名称	
列举 3 种以上常用连接方式	
列举 3 种以上润滑和密封方式	
分析一种机器（或模型）的结构组成	1. 机器（或模型）名称： 2. 机器功能： 3. 机器结构组成：

2. 思考题

- (1) 机器是由什么组成的？内燃机由哪些机构组成？
- (2) 平面连杆机构的基本形式有哪些？平面连杆机构中应用最广泛的是什么机构？试举例说明。
- (3) 凸轮机构有什么用途？试举例说明凸轮机构的应用。
- (4) 常用的螺纹连接有几种类型？各应用于何种场合？
- (5) 键的类型有哪几种？普通平键和导向平键各用于何种场合？

2.2 平面机构运动简图的绘制

2.2.1 实验目的

- (1) 了解常用平面机构的组成原理。
- (2) 初步掌握绘制平面机构运动简图的方法和技能。
- (3) 进一步加深理解机构自由度的含义,掌握机构自由度的计算方法及其具有确定运动的条件。
- (4) 分析机构运动的确定性。

2.2.2 实验仪器及设备

- (1) 各种机器、机构实物或模型。
- (2) 测量工具:钢尺、内外卡规等测量工具。
- (3) 绘图工具(学生自备):三角板、直尺、圆规、铅笔、橡皮擦、草稿纸(供测绘、画草图用)。

2.2.3 实验原理

由于机构的运动仅与机械中所有的构件数和构件所组成的运动副的数目、种类、相对位置有关。因此,在绘制机构运动简图时可以撇开构件的复杂外形和运动副的具体构造,而用简略的符号来代表构件和运动副,并按一定的比例尺绘出各运动副的相对位置和机构结构,以此表明实际机构的运动特性,从而便于进行机构的运动分析和动力分析。

2.2.4 实验步骤

- (1) 构件特征和构件数。通过动力输入构件或转动手柄,使被测机构运动,由主动件开始,循着运动传递路线观察机构中有哪些从动件、哪些固定构件,同时确定构件的数目。
- (2) 运动副的类型。根据相连两构件的接触情况和运动特点,判断各运动副的类别,从中确定哪些是高副,哪些是低副,低副中哪些是转动副,哪些是移动副。
- (3) 平面机构简图。选择恰当的视图,并在草稿纸上徒手按规定的符号及构件的连接次序逐步画出机构运动简图的草图,用数字 1, 2, 3……分别标出各构件,用字母 A、B、C……分别标出各运动副,然后用箭头标出原动件。
- (4) 平面机构运动简图。测量机构中与机构运动有关的尺寸,如构件长度、导路位置或角度等,按一定比例尺将草图绘成正式的机构运动简图。其中,比例尺 $= \frac{\text{实际尺寸 (m)}}{\text{图示尺寸 (mm)}}$ 。
- (5) 计算机构的自由度并以此检查所绘机构运动简图是否正确。应当注意,在计算自由度时应除去局部自由度及虚约束。

计算平面机构自由度公式 $F = 3n - 2P_L - P_H$

式中 n ——活动构件数目;