

三导丛书

机械原理
导教·导学·导考
(第六版)

陆品 秦彦斌 主编
闫文辉 屈文涛 编

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书是高等学校机械原理课程的教学辅导书。全书由重点内容提要、知识结构图、考点及常见题型精解、考研点津、课后习题详解、学习效果测试及答案和附录(模拟试题)等部分组成,旨在帮助读者掌握课程内容重点,学会分析方法,提高解题能力,检查学习效果。本书可供使用孙桓、陈作模主编的《机械原理》教材(第六版)的学生和青年教师参考,也可作为其他版本同课程教材的学习者使用。

图书在版编目(CIP)数据

机械原理 导教·导学·导考/陆品,秦彦斌主编.—西安:西北工业大学出版社,2004.6

(三导丛书)

ISBN 7-5612-1789-7

. 机... . 陆... 秦... . 机构学—高等学校—教学参考资料 . TH111

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 052186 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072 电话:(029)88493844

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西友盛印务有限责任公司

开 本:850 mm×1 168 mm 1/32

印 张:14.25

字 数:507 千字

版 次:2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~6 000 册

定 价:20.00 元

前 言

为了适应当前教育事业改革与发展的趋势，满足广大学习机械原理课程的读者的需求，我们编写了此书，供学习机械原理课程的读者和从事机械原理教学的教师参考。

本书是以孙桓、陈作模主编的普通高等教育“机械原理”国家级重点教材《机械原理》（第六版）为参考，总结我们从事教学工作的经验和体会编写而成。对于使用该《机械原理》教材的读者不失为一本良好的辅助读物，可以帮助读者了解课程知识结构，掌握课程内容重点，提高分析问题和解决问题的能力，检查学习效果。本书对教材中若干重点问题，除了强调理论部分外，还针对考点列举了各类例题，且重在例题的分析、讲解，以使用有限的篇幅达到举一反三的作用，以供学生和教师参考。为方便读者使用，书中章节次序和习题编号均与原教材保持一致，“*”部分为原教材选学的内容。

参加本书编写工作的有陆品（第1，2，3，4，5，6章），秦彦斌（第7，9，14章），闫文辉（第10，11，13章），屈文涛（第8，12章），由陆品、

秦彦斌统稿并担任主编。

鉴于编者水平有限，对孙桓、陈作模先生主编的教材的理解尚有不到之处，书中难免有错误或疏漏，敬请广大读者批评指正。

编者

2004年2月于西安

目 录

第 1 章	绪论.....	1
1.1	重点内容提要	1
1.1.1	教学基本要求	1
1.1.2	本课程研究的对象及内容	1
1.1.3	学习本课程的目的	2
1.1.4	学习本课程的注意事项	2
1.2	学习效果测试	3
第 2 章	机构的结构分析.....	4
2.1	重点内容提要	4
2.1.1	教学基本要求	4
2.1.2	机构的组成	4
2.1.3	机构运动简图	5
2.1.4	机构具有确定运动的条件	5
2.1.5	机构自由度的计算	6
2.1.6	计算平面机构自由度时应注意 的事项	6
2.1.7	虚约束对机构工作性能的影响 及机构结构的合理设计	7
2.1.8	平面机构的组成原理、结构分类 及结构分析	8

* 2.1.9 平面机构中的高副低代	8
2.2 重点知识结构图	9
2.3 考点及常见题型精解.....	10
2.3.1 本章考点.....	10
2.3.2 常见题型精解.....	10
2.4 考研点津.....	14
2.5 课后习题详解.....	17
2.6 学习效果测试及答案.....	28
2.6.1 学习效果测试.....	28
2.6.2 参考答案.....	30
第3章 机构的运动分析	31
3.1 重点内容提要.....	31
3.1.1 教学基本要求.....	31
3.1.2 用速度瞬心法作机构的速度分析.....	31
3.1.3 用矢量方程图解法作机构的速度及 加速度分析.....	32
3.1.4 用综合法对复杂机构进行速度分析.....	34
3.1.5 用解析法作机构的运动分析.....	34
3.2 重点知识结构图.....	35
3.3 考点及常见题型精解.....	36
3.3.1 本章考点.....	36
3.3.2 常见题型精解.....	36
3.4 考研点津.....	43
3.5 课后习题详解.....	47
3.6 学习效果测试及答案.....	71
3.6.1 学习效果测试.....	71
3.6.2 参考答案.....	73
第4章 平面机构的力分析	75
4.1 重点内容提要.....	75

4.1.1	教学基本要求.....	75
4.1.2	机械力分析的方法.....	75
4.1.3	构件惯性力的确定.....	76
4.1.4	运动副中摩擦力的确定.....	78
4.1.5	不考虑摩擦时机构的力分析.....	81
4.2	重点知识结构图.....	82
4.3	考点及常见题型精解.....	83
4.3.1	本章考点.....	83
4.3.2	常见题型精解.....	83
4.4	考研点津.....	88
4.5	课后习题详解.....	92
4.6	学习效果测试及答案	104
4.6.1	学习效果测试	104
4.6.2	参考答案	106
第5章	机械的效率和自锁.....	108
5.1	重点内容提要	108
5.1.1	教学基本要求	108
5.1.2	机械的效率	108
5.1.3	机械的自锁	109
5.2	考点及常见题型精解	109
5.2.1	本章考点	109
5.2.2	常见题型精解	110
5.3	考研点津	113
5.4	课后习题详解	117
5.5	学习效果测试及答案	126
5.5.1	学习效果测试	126
5.5.2	参考答案	128
第6章	机械的平衡.....	130
6.1	重点内容提要	130

6.1.1	教学基本要求	130
6.1.2	刚性转子的平衡计算	130
6.1.3	刚性转子的平衡实验	131
6.1.4	刚性转子的许用不平衡量	131
6.1.5	平面机构的平衡	132
6.2	重点知识结构图	133
6.3	考点及常见题型精解	133
6.3.1	本章考点	133
6.3.2	常见题型精解	133
6.4	考研点津	136
6.5	课后习题详解	140
6.6	学习效果测试及答案	147
6.6.1	学习效果测试	147
6.6.2	参考答案	148
第7章	机械的运转及其速度波动的调节	150
7.1	重点内容提要	150
7.1.1	教学基本要求	150
7.1.2	机械运转的三个阶段	150
7.1.3	机械的运动方程式及其求解	151
7.1.4	稳定运转状态下机械的周期性速度波动及其 调节	154
7.1.5	机械的非周期性速度波动及其调节	155
7.2	重点知识结构图	156
7.3	考点及常见题型精解	157
7.3.1	本章考点	157
7.3.2	常见题型精解	157
7.4	考研点津	166
7.5	课后习题详解	171
7.6	学习效果测试及答案	180

7.6.1	学习效果测试	180
7.6.2	参考答案	183
第 8 章	平面连杆机构及其设计	184
8.1	重点内容提要	184
8.1.1	教学基本要求	184
8.1.2	平面四杆机构的基本形式及其演化	184
8.1.3	平面四杆机构的基本知识	186
8.1.4	平面四杆机构的设计	188
8.2	重点知识结构图	195
8.3	考点及常见题型精解	195
8.3.1	本章考点	195
8.3.2	常见题型精解	196
8.4	考研点津	204
8.5	课后习题详解	210
8.6	学习效果测试及答案	229
8.6.1	学习效果测试	229
8.6.2	参考答案	232
第 9 章	凸轮机构及其设计	236
9.1	重点内容提要	236
9.1.1	教学基本要求	236
9.1.2	凸轮机构的应用和分类	236
9.1.3	推杆的运动规律	237
9.1.4	凸轮轮廓曲线的设计	239
9.1.5	凸轮机构基本尺寸的确定	241
9.2	重点知识结构图	244
9.3	考点及常见题型精解	245
9.3.1	本章考点	245
9.3.2	常见题型精解	245
9.4	考研点津	252

9.5	课后习题详解	258
9.6	学习效果测试及答案	274
9.6.1	学习效果测试	274
9.6.2	参考答案	276
第10章	齿轮机构及其设计	278
10.1	重点内容提要	278
10.1.1	教学基本要求	278
10.1.2	齿廓啮合基本定律	278
10.1.3	渐开线	279
10.1.4	渐开线齿廓的啮合特性	279
10.1.5	渐开线标准齿轮的基本参数及几何尺寸 计算	280
10.1.6	渐开线齿廓的切制	282
10.1.7	根切与最少齿数	283
10.1.8	变位齿轮	284
10.1.9	当量齿轮	285
10.1.10	一对渐开线齿轮的啮合传动	285
10.1.11	渐开线齿轮的正确啮合条件	287
10.1.12	齿轮传动的中心距及啮合角	288
10.1.13	齿轮连续传动的条件与重合度	289
10.2	重点知识结构图	291
10.3	考点及常见题型精解	292
10.3.1	本章考点	292
10.3.2	常见题型精解	292
10.4	考研点津	301
10.5	课后习题详解	304
10.6	学习效果测试及答案	323
10.6.1	学习效果测试	323
10.6.2	参考答案	324

第 11 章 齿轮系及其设计	326
11.1 重点内容提要.....	326
11.1.1 教学基本要求.....	326
11.1.2 轮系的分类.....	326
11.1.3 轮系传动比的计算.....	327
11.1.4 行星轮系各轮齿数的确定.....	329
11.2 重点知识结构图.....	331
11.3 考点及常见题型精解.....	332
11.3.1 本章考点.....	332
11.3.2 常见题型精解.....	332
11.4 考研点津.....	338
11.5 课后习题详解.....	342
11.6 学习效果测试及答案.....	357
11.6.1 学习效果测试.....	357
11.6.2 参考答案.....	359
第 12 章 其他常用机构	360
12.1 重点内容提要.....	360
12.1.1 教学基本要求.....	360
12.1.2 棘轮机构.....	360
12.1.3 槽轮机构.....	362
12.1.4 螺旋机构.....	363
12.1.5 万向铰链机构.....	363
12.1.6 凸轮式间歇运动机构.....	364
12.1.7 不完全齿轮机构.....	364
12.1.8 擒纵轮机构.....	364
12.1.9 组合机构.....	364
12.2 重点知识结构图.....	365
12.3 考点及常见题型精解.....	366
12.3.1 本章考点.....	366

12 3 2 常见题型精解.....	366
12 4 考研点津.....	370
12 5 课后习题详解.....	373
12 6 学习效果测试及答案.....	379
12 6 1 学习效果测试.....	379
12 6 2 参考答案.....	381
* 第 13 章 工业机器人机构及其设计	383
13 1 重点内容提要.....	383
13 1 1 教学基本要求.....	383
13 1 2 机器人概述.....	383
13 1 3 机器人的运动分析.....	384
13 1 4 机器人操作机的静力和动力.....	385
13 1 5 机器人操作机结构的设计.....	385
13 2 重点知识结构图.....	386
13 3 课后习题详解.....	386
第 14 章 机械传动系统的方案设计	399
14 1 重点内容提要.....	399
14 1 1 教学基本要求.....	399
14 1 2 机械工作原理的拟定.....	399
14 1 3 执行构件的运动设计和原动机的选择.....	400
14 1 4 机构的选型和变异.....	402
14 1 5 机构的组合.....	403
14 1 6 机械传动系统方案的设计概述.....	404
14 2 重点知识结构图.....	407
14 3 考点及常见题型精解.....	408
14 3 1 本章考点.....	408
14 3 2 常见题型精解.....	408
14 4 课后习题详解.....	414
14 5 学习效果测试及答案.....	415

14 5 1	学习效果测试.....	415
14 5 2	参考答案.....	416
附录 A	模拟试题.....	417
A .1	模拟试题	417
A .2	模拟试题	420
A .3	模拟试题	423
A .4	模拟试题	425
附录 B	模拟试题答案	429
B .1	模拟试题 参考答案	429
B .2	模拟试题 参考答案	431
B .3	模拟试题 参考答案	434
B .4	模拟试题 参考答案	435
参考文献	439

1.1 重点内容提要

1.1.1 教学基本要求

(1) 明确本课程的研究对象和内容,及其在培养机械类高级工程技术人才中的地位、任务和作用。

(2) 了解本课程的性质和特点,以便采取适当的方法把本课程学好。

(3) 对机械原理学科的发展现状有所了解。

1.1.2 本课程研究对象和内容

1. 基本概念

机构:机构是指具有确定相对运动的构件组合体。机构的功用在于传递运动和改变运动的形式。

机器:机器是由机构组成的,用来完成有用的机械功或用来转变能量。

机械:通常将机构与机器统称为机械。

2. 研究对象

机械原理是机构与机器原理的简称,它的研究对象是机构和机器。

3. 研究内容

(1) 机构结构分析的基本知识。首先研究机构是怎样组成的,机构的组成情况对其运动的影响,以及机构具有确定运动的条件;其次要研究机构的组成原理及机构的结构分类;最后还要研究如何用简单的图形把机构的结构状况表示出来(即如何绘制机构运动简图的问题),以便据此对机构进行运动及动力分析。

(2) 机构的运动分析。对机构进行运动分析,是了解现有机械运动性能的必要手段,也是设计新机械的重要步骤。本课程将介绍对机构进行运动分析的基本原理和方法。

(3) 机器动力学。机器动力学研究的内容主要是两类基本问题:其一是分析机器在运转过程中其各构件的受力情况,以及这些力的做功情况;其二是研究机器在已知外力作用下的运动,主要包括机器真实运动方程的建立与求解,机器速度波动的调节和不平衡惯性力的平衡问题。

(4) 常用机构的分析与设计。各种机器即便是非常复杂的机器,其机械部分也无非是由齿轮、凸轮、连杆等一些常用的机构组合而成的。所以,对这些常用机构的运动及工作特性进行分析并探索其设计方法,是十分必要的。另外由于机器人在现代工业中的应用日益广泛,故对机器人机构也做了必要的介绍。

(5) 机械传动系统运动方案的设计。本课程将讨论在进行具体机械设计时机构的选型、组合、变异及机械传动系统运动方案的设计等问题,以便对这方面的问题有一个概略的了解,并初步具有拟定机械传动系统方案的能力。

1.1.3 学习本课程的目的

机械原理作为一门课程来说,属于技术基础课,在教学计划中起着承上启下的作用,在培养机械类高级技术人才中担负着重要的任务。

从研究内容来看,学生通过这一门课程学习之后应该具备两方面的能力:一是具备对已有的机械进行结构、运动和动力分析的能力;二是具备能根据运动和动力性能的要求初步设计新机械的能力。作为一个工程技术人员,在实际的工作中总难免碰到使用机械、设计新机械以及技术改造和技术革新等问题,所以具备这两方面的能力,对于一个工程技术人员来说是非常必要的。

1.1.4 学习本课程的注意事项

1. 把握本课程的性质和特点

首先,应当注意机械原理课程是一门技术基础课程。它一方面较物理、理论力学等理论课程更加结合工程实际;而另一方面,它又与专业机械的课程有所不同。由于专业机械的种类繁多,机械原理课程不可能,而且也不必要对各种各样的具体机械进行研究。它只是对各种机械的一些共性问题 and 各种机器中常用的一些机构进行较为深入的探讨。为了学好本课程,在学习过程中,同学们就要

着重注意弄清基本概念,理解基本原理,掌握机构分析和综合的基本方法。

其次,本课程中对于机械的研究,是通过以下两大内容来进行的:

(1) 研究各种机构和机器所具有的一般共性问题,如机构的组成理论、机构运动学、机器动力学等。

(2) 研究各种机器中常用的一些机构(如连杆机构、凸轮机构、齿轮机构等)的运动和动力性能,以及它们的设计方法。这两部分内容虽然自成系统,然而却又是互相密切联系的。

在学习过程中,应注意把一般的原理和方法与研究实际机构和机器时的具体运用密切联系起来。并应随时注意在日常生活和生产中所遇到的各种机构和机器,根据所学的原理和方法进行观察和分析,做到理论和实际的紧密结合。

第三,在本课程的学习过程中,要注意培养自己运用所学的基本理论和方法去分析和解决工程实际问题的能力,特别注意培养对事物分析、判断、决策的能力,这是一个工程技术人员所必须具备的基本能力。

最后,工程问题都是涉及多方面因素的综合问题,故要养成综合分析、全面考虑问题的习惯。另外,工程问题都要经过实践的严格考验,不允许有半点疏忽大意,故在学习中就要坚持科学严谨、一丝不苟的工作作风,认真负责的工作态度,讲求实效的工程观点。

2. 了解机械原理学科发展现状和趋势

要学好本课程也应对机械原理学科发展现状和趋势有所了解,这既有助于对机械原理课程的深入学习,也有助于让我们坚信用所学的知识能够推动机械工业日新月异地发展。

1.2 学习效果测试

1-1 何谓机构?何谓机器?何谓机械?

1-2 本程研究的内容主要包括哪几个方面的问题?

1-3 何谓机构分析与机构综合?它们研究哪些主要内容?

1-4 为什么要学习本课程?通过对本课程的概略了解,为了学好本课程,你认为在学习过程中应注意哪些问题?

1-5 设想一下机械工业将会发展成为什么样子?

第 2 章 机构的结构分析

2.1 重点内容提要

2.1.1 教学基本要求

- (1) 搞清构件、运动副、约束、自由度及运动链等重要概念。
- (2) 能绘制比较简单的机械的机构运动简图。
- (3) 能正确计算平面机构的自由度并能判断其是否具有确定的运动;对空间机构自由度的计算有所了解。
- (4) 了解虚约束对机构工作性能的影响及机构结构合理设计问题的重要性。
- (5) 了解平面机构的组成原理。

2.1.2 机构的组成

- (1) 零件 任何机器都是由零件组成的,零件是制造的最小单元体。
- (2) 构件 构件是组成机构的基本要素,是由刚性地联接在一起的零件共同组成的,独立运动的最小单元体。
- (3) 运动副及分类 运动副是两个构件组成的可动联接,是组成机构的又一基本要素。两构件上能够参加接触而构成运动副的表面称为运动副元素。运动副是约束运动的,因而一个运动副至少引入一个约束,也至少保留一个自由度。至于两构件组成运动副后还能产生哪些相对运动,则与运动副的类型有关。运动副按其接触方式分为高副(点线接触)和低副(面接触),也可按相对运动形式分为转动副、移动副、螺旋副和球面副等,根据运动副所引入约束的数目由 1 到 5 可分为 级副、 级副、 级副、 级副和 级副。