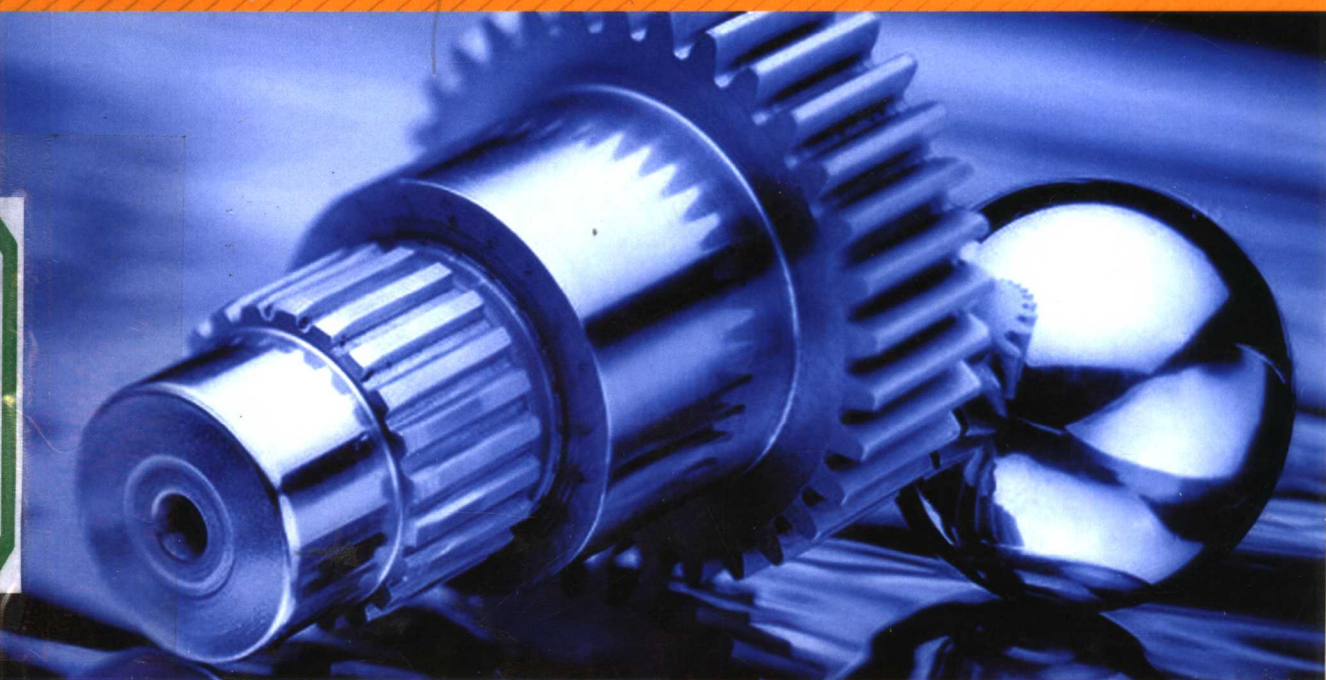




21 世纪高等院校应用型规划教材

机械设计基础 学习指导与习题

京玉海 董懿琼 黄兴元 编著



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

21 世纪高等院校应用型规划教材

TH122/707C

2007

机械设计基础 学习指导与习题

京玉海 董懿琼 黄兴元 编著

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

内 容 简 介

本书是高等院校机械设计基础课程的教学辅导书,内容包括本课程各章的学习目的和要求、重点及难点、内容提要、典型例题精解、自测题及答案等,旨在帮助读者掌握本课程内容重点,学会分析问题的方法,提高解题能力,检查学习效果。本书信息量大,题目类型多,包括选择题、判断题、填空题、简答题、分析计算题等。

本书可作为高等院校机械类及近机类专业学生学习机械设计基础课程的参考教材。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础学习指导与习题/京玉海,董懿琼,黄兴元编著. —北京:北京理工大学出版社,2007.8(2007.9重印)

ISBN 978-7-5640-1279-3

I. 机… II. ①京…②董…③黄… III. 机械设计-高等学校-教学参考资料 IV. TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第124983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×960毫米 1/16

印 张/11.75

字 数/234千字

版 次/2007年8月第1版 2007年9月第2次印刷

印 数/7001~9000册

定 价/22.00元

责任校对/陈玉梅

责任印制/吴皓云

图书出现印装质量问题,本社负责调换

21 世纪高等院校应用型规划教材编委会

(机电类专业)

主 审 郭纪林 林知秋 张岐生

主 任 陈智刚 京玉海

副 主 任 方晓勤 熊 坚 朱江峰

委 员 余 萍 陈根琴 高保真 肖文福 李俊彬
 李 奇 杨 安 陈小云 魏春雷 徐慧民
 赵广平 唐 刚 涂序斌 袁建新 敖春根
 夏永英 余 林 张克义 宋志良 黄国兵
 郑和安 刘 勇 王训杰 陈华庚 刘耀元
 魏斯亮

(排名不分先后)

执行委员 钟志刚 廖宏欢

前 言

本书是作者在总结了多年教学经验和体会并广泛参考其他同类参考书的基础上编写而成。本辅导书旨在帮助学生更好地掌握机械设计基础课程的基本内容和基本要求，明确重点，使学生能较全面深入地理解教材中的主要问题。

本书的内容包括机械设计基础课程各章的学习目的和要求、重点及难点、内容提要、典型例题精解、自测题及答案等。本书的主要特点是：

(1) 内容提要部分对《机械设计基础》教材中各章的核心内容尽量进行了表格化，使同学们在复习时能一目了然。对各章的基本概念、基本理论进行了系统、简要的归纳总结，以便学生更好地掌握所学的知识。

(2) 在各章比较容易出题的考点有针对性地举例进行讲解，帮助读者在复习及应考时抓住重点、有的放矢。

(3) 题目信息量大，类型多，包括选择题、判断题、填空题、简答题、分析计算题、改错题等。这些题目既有助于对基本理论的学习与掌握，又充分重视对实际问题的了解与分析，以逐步培养学生分析问题和解决问题的能力。

(4) 本书编写时力求重点突出，通俗易懂。教材已讲过的内容和插图，本书尽量不再重复，以便压缩篇幅，减轻学生负担。

(5) 各章的后面有部分习题的参考答案，供读者参考。

本书由南昌大学京玉海、董懿琼、黄兴元编写。京玉海负责编写第 6 章、第 7 章、第 11 章、第 12 章、第 13 章；董懿琼负责编写第 1 章、第 2 章、第 3 章、第 4 章、第 5 章、第 10 章、第 15 章；黄兴元负责编写第 8 章、第 9 章、第 14 章。全书由京玉海负责统稿。

由于编者水平有限，书中难免存在不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 机械设计基础概论 1	
1.1 学习目的和要求..... 1	
1.2 重点及难点..... 1	
1.3 内容提要..... 1	
1.3.1 本课程的内容、性质和任务..... 1	
1.3.2 机械零件的工作能力 计算准则和一般设计思路..... 2	
1.4 自测题及答案..... 3	
1.4.1 自测题..... 3	
1.4.2 部分习题参考答案..... 3	
第 2 章 平面机构运动简图及自由度 4	
2.1 学习目的和要求..... 4	
2.2 重点及难点..... 4	
2.3 内容提要..... 4	
2.3.1 运动副..... 4	
2.3.2 平面机构运动简图..... 5	
2.3.3 机构中构件的自由度与约束..... 6	
2.3.4 平面机构的自由度..... 6	
2.4 典型例题精解..... 7	
2.5 自测题及答案..... 9	
2.5.1 自测题..... 9	
2.5.2 部分习题参考答案..... 13	
第 3 章 平面连杆机构 14	
3.1 学习目的和要求..... 14	
3.2 重点及难点..... 14	
3.3 内容提要..... 14	
3.3.1 平面四杆机构的基本形式..... 14	
3.3.2 平面连杆机构的基本特性..... 15	
3.3.3 铰链四杆机构的演化..... 17	
3.3.4 平面连杆机构的设计..... 18	
3.4 典型例题精解..... 19	
3.5 自测题及答案..... 21	
3.5.1 自测题..... 21	
3.5.2 部分习题参考答案..... 28	
第 4 章 凸轮机构 30	
4.1 学习目的和要求..... 30	
4.2 重点及难点..... 30	
4.3 内容提要..... 30	
4.3.1 凸轮机构及其分类..... 30	
4.3.2 从动件的常用运动规律..... 31	
4.3.3 凸轮轮廓曲线的设计—— 反转法..... 33	
4.3.4 凸轮设计中应注意的问题..... 34	
4.4 典型例题精解..... 35	
4.5 自测题及答案..... 38	
4.5.1 自测题..... 38	
4.5.2 部分习题参考答案..... 43	
第 5 章 间歇运动机构 44	
5.1 学习目的和要求..... 44	
5.2 重点及难点..... 44	
5.3 内容提要..... 44	
5.3.1 棘轮机构..... 44	
5.3.2 槽轮机构..... 45	
5.4 自测题及答案..... 46	

5.4.1 自测题	46	8.2 重点及难点	79
5.4.2 部分习题参考答案	47	8.3 内容提要	80
第 6 章 连接	48	8.3.1 齿轮的类型	80
6.1 学习目的和要求	48	8.3.2 渐开线及渐开线齿轮	80
6.2 重点及难点	48	8.3.3 渐开线齿轮参数计算	81
6.3 内容提要	48	8.3.4 渐开线齿轮传动特点	84
6.3.1 键连接	48	8.3.5 渐开线齿轮的加工	85
6.3.2 花键连接	50	8.3.6 齿轮传动的失效形式 和设计准则	85
6.3.3 销连接	50	8.3.7 齿轮传动的受力分析	87
6.3.4 螺纹连接	51	8.3.8 齿轮传动的强度计算	88
6.4 典型例题精解	54	8.3.9 齿轮的结构选择和齿轮 传动的润滑	89
6.5 自测题及答案	55	8.4 典型例题精解	90
6.5.1 自测题	55	8.5 自测题及答案	93
6.5.2 部分习题参考答案	62	8.5.1 自测题	93
第 7 章 挠性件传动	64	8.5.2 部分习题参考答案	100
7.1 学习目的和要求	64	第 9 章 蜗杆传动	102
7.2 重点及难点	64	9.1 学习目的和要求	102
7.3 内容提要	64	9.2 重点及难点	102
7.3.1 带传动的类型、特点 和应用	65	9.3 内容提要	102
7.3.2 带传动的受力分析、 应力分析	66	9.3.1 蜗杆传动的组成、特点、 类型和应用	102
7.3.3 V 带传动的设计计算	68	9.3.2 蜗杆传动的主要参数计算 和正确啮合的条件	103
7.3.4 V 带轮和 V 带传动的张紧	70	9.3.3 蜗杆传动的失效形式、设计 准则、蜗轮蜗杆材料选择	104
7.3.5 链传动	70	9.3.4 蜗杆传动的受力分析和 强度计算	105
7.4 典型例题精解	72	9.3.5 蜗杆传动的效率、润滑和 热平衡计算	106
7.5 自测题及答案	73	9.3.6 蜗杆和蜗轮的结构	107
7.5.1 自测题	73		
7.5.2 部分习题参考答案	78		
第 8 章 齿轮传动	79		
8.1 学习目的和要求	79		

9.4 典型例题精解	107	12.5 自测题及答案.....	140
9.5 自测题及答案	109	12.5.1 自测题	140
9.5.1 自测题	109	12.5.2 部分习题参考答案	145
9.5.2 部分习题参考答案	113	第13章 滑动轴承	147
第10章 轮系	114	13.1 学习目的和要求.....	147
10.1 学习目的和要求	114	13.2 重点及难点.....	147
10.2 重点及难点	114	13.3 内容提要.....	147
10.3 内容提要	114	13.3.1 滑动轴承的类型、特点 和应用.....	148
10.3.1 轮系的分类.....	115	13.3.2 径向滑动轴承的结构 和材料.....	149
10.3.2 轮系的传动比的计算.....	115	13.3.3 不完全液体润滑径向 滑动轴承的设计计算.....	150
10.4 典型例题精解	116	13.3.4 滑动轴承的润滑.....	150
10.5 自测题及答案	118	13.3.5 液体动力润滑滑动 轴承.....	151
10.5.1 自测题.....	118	13.4 自测题及答案.....	152
10.5.2 部分习题参考答案.....	122	13.4.1 自测题	152
第11章 联轴器和离合器	124	13.4.2 部分习题参考答案	154
11.1 学习目的和要求	124	第14章 滚动轴承	155
11.2 重点及难点	124	14.1 学习目的和要求.....	155
11.3 内容提要	124	14.2 重点及难点.....	155
11.3.1 联轴器.....	124	14.3 内容提要.....	155
11.3.2 离合器.....	126	14.3.1 滚动轴承的特点、分类、 代号和选择.....	155
11.4 自测题及答案	127	14.3.2 滚动轴承的选择计算.....	156
11.4.1 自测题.....	127	14.3.3 滚动轴承的组合设计.....	158
11.4.2 部分习题参考答案.....	130	14.4 典型例题精解.....	160
第12章 轴	131	14.5 自测题及答案.....	161
12.1 学习目的和要求	131	14.5.1 自测题.....	161
12.2 重点及难点	131	14.5.2 部分习题参考答案.....	166
12.3 内容提要	131		
12.3.1 轴的类型和材料	131		
12.3.2 轴的计算	132		
12.3.3 轴的结构设计	134		
12.4 典型例题精解	138		

第 15 章 机械的调速和平衡	168	15.3.2 刚性回转件的平衡	169
15.1 学习目的和要求	168	15.4 典型例题精解	171
15.2 重点及难点	168	15.5 自测题及答案	173
15.3 重点内容提要	168	15.5.1 自测题	173
15.3.1 机械运转速度波动 的调节	168	15.5.2 部分自测题答案	176
		参考文献	177

第 1 章 机械设计基础概论

1.1 学习目的和要求

- ① 明确本课程研究的对象和内容，理解其性质和特点；
- ② 了解学习本课程的必要性和意义；
- ③ 了解机械、机器、机构、构件和零件等概念。

1.2 重点及难点

1. 重点

- 本课程的研究对象；
- 机器的组成；
- 机械设计的基本要求；
- 机械零件的设计计算准则。

2. 难点

- 机器和机构的相同之处和根本区别；
- 机构、构件和机械零件的区别和关系。

1.3 内容提要

1.3.1 本课程的内容、性质和任务

1. 名词解释

- 机械：机器和机构的总称。
- 机器：由若干个构件组成的具有确定相对运动的人为组合体，可用来变换或传递能量，代替人完成有用的机械功。

- 机构：由若干个构件组成的具有确定相对运动的人为组合体，在机器中起着改变运动速度、运动方向和运动形式的作用。
- 构件：机器中的运动单元体。
- 零件：机器中的制造单元体。

2. 本课程的内容、性质和任务

① 内容：研究常用机构传动和常用机构以及通用机械零部件的工作原理、特点、设计方法。

② 性质：培养学生具有一定机械设计能力的技术基础课。

③ 任务：

- 掌握机构的结构、运动特性和机械动力学的基本知识；
- 掌握通用零件的工作原理、设计理论和计算方法；
- 具有运用标准、规范、手册、图册等有关技术资料的能力。

1.3.2 机械零件的工作能力计算准则和一般设计思路

1. 计算准则

- 失效：机械零件由于某种原因而丧失了工作能力。常见的失效形式有断裂、变形、磨损、打滑、过热、强烈振动等。
- 工作能力：零件所能安全工作的限度。
- 计算准则：针对各种不同的失效形式而确定的判定条件，主要有强度计算准则、刚度计算准则、耐磨计算准则和振动稳定性计算准则。

2. 设计的一般思路

- 根据使用要求，选择零件的结构类型；
- 根据工作要求，对零件进行受力分析；
- 根据受力情况，对零件进行应力（应变）分析；
- 根据工作条件及特殊要求，选择材料；
- 根据零件所受载荷，进行失效形式分析；
- 根据可能的失效形式，确定计算准则；
- 根据计算准则和设计方法，选用计算公式；
- 根据计算数据，确定零件的主要尺寸；
- 绘制零件工作图。

1.4 自测题及答案

1.4.1 自测题

一、填空题

1. 具有_____、_____、_____三个特征的构件组合体称为机器。
2. 就功能而言，一般机器包含四个基本组成部分：_____部分、_____部分、_____部分、控制部分。
3. 按机器的构成分析，机器是由一个或若干个_____和动力源组成的。
4. 零件是_____单元，构件是_____单元。
5. 机构中的构件是由一个或多个零件所组成的，这些零件间_____产生任何相对运动。

二、简答题

1. 简述机器、机构和机械的概念。
2. 机器和机构有哪些相同和不同之处？
3. 机构、构件和零件有何区别？
4. 简述构件与零件的关系并举例说明。
5. 机器与机构的关系如何？试举例说明。
6. 何谓机械零件的失效？常见的零件失效形式有哪些？
7. 何谓机械零件的工作能力计算准则？常用的计算准则有哪些？
8. 机械设计时应满足哪些基本要求？

1.4.2 部分习题参考答案

填空：

1. 若干个构件的人为组合体；各构件间具有确定的相对运动；完成有用功或实现能量转换
2. 动力；传动；工作

3. 构件
4. 制造；运动
5. 不可以

第2章 平面机构运动简图及自由度

2.1 学习目的和要求

- ① 了解运动副及其分类;
- ② 理解常用平面机构运动简图的绘制方法;
- ③ 掌握平面机构自由度的计算及机构具有确定运动的条件。

2.2 重点及难点

1. 重点

- 构件、运动副等概念;
- 机构运动简图的绘制;
- 机构具有确定运动的条件及机构自由度的计算。

2. 难点

本章的难点是机构自由度计算中有关虚约束的识别和处理。

2.3 内容提要

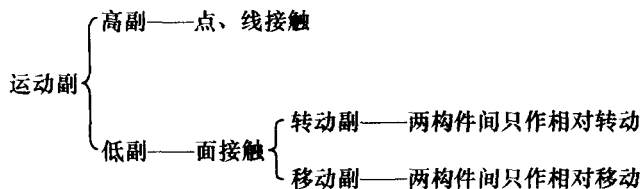
2.3.1 运动副

1. 定义

机构是由许多构件组合而成的,使两构件直接接触而又能产生一定相对运动的联接称为运动副。

运动副的三要素 { 两构件组成
直接接触
有相对运动

2. 分类



2.3.2 平面机构运动简图

1. 定义

用简单的线条和符号代表构件和运动副，并按比例定出各运动副位置，表示机构的组成和传动情况。这样绘制出的简明图形就称为机构运动简图。

2. 机构运动简图的绘制

绘制步骤如图 2-1 所示。

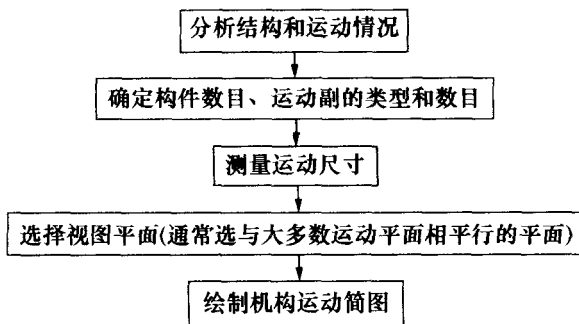


图 2-1 绘制步骤示意图

在绘制和使用机构运动简图时，应注意以下几点：

- 熟识常用运动副的符号和表示；
- 在机构运动简图中，应标出各运动副的位置及与运动有关的尺寸；
- 正确地选择和使用比例尺。

2.3.3 机构中构件的自由度与约束

1. 自由度

一个自由构件在未与其他构件组成运动副前，在平面中有 3 个自由度（如图 2-2 所示）：

- 沿 x 轴的移动；
- 沿 y 轴的移动；
- 绕垂直于 Oxy 平面的 z 轴转动。

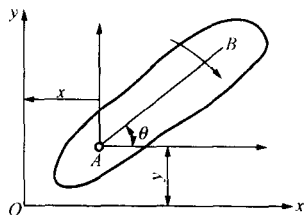


图 2-2 自由度示意图

2. 约束

作平面运动的自由构件有 3 个自由度。当它与另一构件组成运动副后，构件间的直接接触使某些独立运动受到限制，自由度便减少。这种对独立运动所加的限制称为约束。

- 低副：两个约束，一个自由度。
- 高副：一个约束，两个自由度。

2.3.4 平面机构的自由度

1. 定义

机构的自由度是机构所具有的独立运动的数目。

2. 公式

$$F = 3n - 2P_L - P_H$$

式中 n ——机构中活动构件数；

P_L ——低副数；

P_H ——高副数。

3. 复合铰链、局部自由度和虚约束

(1) 复合铰链

- 定义：两个以上机构在同一处以转动副相连接构成的运动副称为复合铰链。
- 处理方法：由 K 个构件汇成的复合铰链应包含 $(K-1)$ 个转动副。

(2) 局部自由度

- 定义：若机构中某些构件所具有的自由度仅与其自身的局部运动有关，并不影响其

$$n = 9, \quad P_L = 13, \quad P_H = 0$$

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 9 - 2 \times 13 = 1$$

例 2 试计算图 2-4 所示机构的自由度。(若有复合铰链、局部自由度或虚约束, 必须明确指出。)

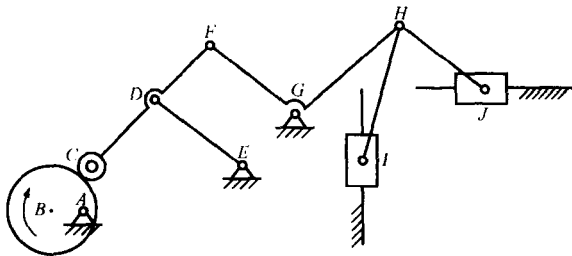


图 2-4 例 2 图

解 C 处为局部自由度, H 处为复合铰链。则

$$n=8, \quad P_L=11, \quad P_H=1$$

$$F = 3n - 2P_v - P_H = 3 \times 8 - 2 \times 11 - 1 = 1$$

例 3 试计算图 2-5 所示机构的自由度。(若有复合铰链、局部自由度或虚约束, 必须明确指出。)

解 B 处为复合铰链, D 处为局部自由度, G (或 H) 处为虚约束。则

$$n = 6, \quad P_L = 8, \quad P_H = 1$$

$$F = 3n - 2P_L - P_H = 3 \times 6 - 2 \times 8 - 1 = 1$$

【评注】本题是平面机构自由度计算的典型题型。首先找出复合铰链、局部自由度和虚约束，分清活动构件数及转动副的类型和数量，再代入公式计算。

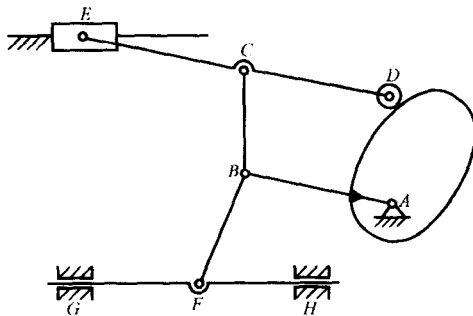


图 2-5 例 3 图