

高等学校函授教材
(兼作高等教育自学用书)

机械设计基础

学习指导书

南京工学院机械原理及机械零件教研组
程光蕴 颜景平 朱刚恒 编

高等教育出版社

高等学校函授教材

(兼作高等教育自学用书)

机械设计基础 学习指导书

南京工学院机械原理及机械零件教研组

程光蕴 颜景平 朱刚恒 编

高等教育出版社

本书是与南京工学院等五院校编, 杨可桢、程光蕴主编《机械设计基础》(修订版)一书配套使用的学习指导书。

本书内容包括: 各章的基本内容及学习要求; 自学指导, 对教材中的难点及关键问题作了必要的解释, 或从不同角度、采用不同方法加以探讨, 以帮助学生理解教材中的主要问题; 复习思考题; 书末附有大型作业和课程设计。

本书可作为近机类各专业函授、自学的教材, 也可供在校师生及有关工程技术人员参考。

高等学校函授教材
(兼作高等教育自学用书)

机械设计基础 学习指导书

南京工学院机械原理及机械零件教研组
程光蕴 颜景平 朱刚恒 编

*

高等教育出版社出版
新华书店北京发行所发行
青浦任屯印刷厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 3.5 字数 80,000

1983 年 4 月第 1 版 1983 年 9 月第 1 次印刷

印数 00,001--28,500

书号 15010·0480 定价 0.43 元

序

1981年12月,教育部在石家庄召开高等工业学校函授教学工作会议,审订了函授教学大纲,并组织编写函授教材。会上决定,在新编函授教材出版之前,近机类专业机械原理及机械零件函授课程,推荐采用南京工学院等五校合编,杨可桢、程光蕴主编的《机械设计基础》(修订版)作为函授教材,并委托南京工学院按照这本教材编写一本学习指导书。本指导书所提“教材”均指这本教材。

本指导书是根据上述会议所审订的高等工业学校《机械原理及机械零件函授教学大纲(草案)》(近机类专业试用)编写的。

本指导书旨在帮助学生掌握教材基本内容,明确重点,指引思路,对教材中的难点及关键问题加以必要解释,或从不同角度、采用不同方法加以探讨,使学生能较全面深入地理解教材中的主要问题。指导书中还编有复习思考题和大型作业,以便帮助学生提高设计计算能力。学生如能独立完成这些思考题和作业,就能满足本课程的基本要求。

本指导书的章节顺序与教材完全相同,所用符号、术语也与教材一致,以方便读者对照学习。本指导书对插图使用两套标记:教材中的相应插图本指导书仍记为图1-1,而指导书中的插图则记为图1.1,请读者加以注意。

由于该教材并非专门为函授编写,故有些部分难免与上述函授教学大纲不尽相符。在函授教学中可以根据具体情况加以适当调整。教材小号字部分为论证及延伸内容,带星号部分为选学内容,函授生一般可以不看。

本课程的大型作业或课程设计通常都在教师指导下集中进

行。设计指示书附于本指导书之后以供参考。

参加本指导书编写的同志有：程光蕴(绪论、第一章至第八章)、颜景平(第九章至第十三章、附录1、附录3)、朱刚恒(第十四章至第十八章、附录2)。全稿经杨可桢同志校阅。

本指导书承东北工学院杨益治、王世钊两同志审阅并提出宝贵修改意见,特此致谢。

本指导书中的谬误不妥之处,欢迎广大读者批评指正。

编 者

1982年8月

目 录

序	1
绪论	1
第一章 平面机构的运动简图及自由度	4
第二章 平面连杆机构	8
第三章 凸轮机构	11
第四章 齿轮机构	15
第五章 轮系	21
第六章 间歇运动机构	24
第七章 机械速度波动的调节	25
第八章 回转件的平衡	27
第九章 机械零件设计概论	29
第十章 联接	32
第十一章 齿轮传动	39
第十二章 蜗杆传动	51
第十三章 带传动和链传动	56
第十四章 轴	65
第十五章 滑动轴承	72
第十六章 滚动轴承	76
第十七章 联轴器和离合器	80
第十八章 弹簧	84
附录 1 大型作业一——螺旋千斤顶	89
附录 2 大型作业二——轴系部件	93
附录 3 机械零件课程设计	95

绪 论

本章的学习目的在于使学生弄清机器和机构、构件和零件、通用零件和专用零件等概念;初步了解本课程研究的对象和内容,以及本课程的性质和任务。

一、本课程的内容

本课程包括两个基本部分:

1. 机械原理部分(第一章到第八章)

机械原理是研究机构的结构、运动学和机器动力学的科学。本课程机械原理部分只着重研究常用机构(如平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构等)的结构和运动特性,以及飞轮设计和回转件的平衡等。

机械原理的许多内容与理论力学有密切联系,学习中感到吃力的学生,最好在学习机械原理部分的同时,适当复习理论力学中的有关部分。除此之外,读者还应尽可能多观察各种机器实物和机构模型,以增强感性认识。

2. 机械零件部分(第九章到第十八章)

机械零件是研究机械零件设计的科学。本课程机械零件部分

只着重研究通用零件的工作原理、结构、基本设计理论和计算方法。它的学习方法将在本指导书第九章详细介绍。

二、本课程的教学环节

本课程的教学环节是：自学、平时作业、面授讲课、习题课、实验、课程设计(或课程作业)、测验作业和考试等。

自学是函授教学的主要环节，是学生掌握教材内容的基本方式。学生应根据函授学校发给的教学进度表，结合本人具体情况安排计划，认真地自学教材及自学指导书，力争按规定要求掌握课程内容。

作业是在自学教材及指导书的基础上进行的。目的在于巩固所学的知识，培养独立解决问题的能力 and 检查学习的质量。

本课程的实验主要是验证、巩固和加深理解所学的理论知识。

课程设计是培养学生设计能力和独立工作能力的重要教学环节。一般选择减速器作为设计题目。根据本书编者的经验，用螺旋千斤顶和轴系部件两个大型作业代替课程设计也可收到同样效果。具体安排应由函授学校确定。

此外，课外习题、测验作业等也均由函授学校布置。

三、教学环节及学时分配表

表中的总学时数与函授大纲所给的总学时数相等，但教材的章节划分与函授大纲略有差异，故本指导书所附的各章学时分配表与函授大纲的学时分配表略有不同。

教学环节及学时分配表

课程 内容	教学 环节	自学作业				平时面授			集中教学	
		自学 时数	平时 作业	测验 作业	小计	讲课	习题 课	小计	实验	其他
绪 论		1			1					
机 械 原 理	一、平面机构的运动简图及自由度	5	1		6				2	
	二、平面连杆机构	6	2	1	9	2		2		
	三、凸轮机构	5	3	2	10	2	2	4		
	四、齿轮机构	13	3	2	18	4		4	2	
	五、轮 系	5	2	1	8	2		2		
	六、间歇运动机构	3			3					
	七、机械速度波动的调节	3			3					
	八、回转件的平衡	4	1	1	6	1		1		
合 计		44	12	7	63	11	2	13	4	
机 械 零 件	九、机械零件设计概论	1	0		1		0			
	十、联 接	9	2	2	13	2	0	2		
	十一、齿轮传动	10	3	2	15	3	2	5		
	十二、蜗杆传动	6	2	0	8	0	0			
	十三、带传动和链传动	8	2	0	10	2		2		
	十四、轴	6	2	0	8	2	2	4		
	十五、滑动轴承	6	2	0	8	1	2	2		
	十六 滚动轴承	6	0	2	8	1		2		
	十七 联轴器和离合器	3	0		3	0				
	十八 弹 簧									
合 计		55	13	6	74	11	6	17		
机 动		10			10					
全 课 程 内 容 合 计		110	25	13	148	22	8	30	4	38
课 程 设 计					45					15
总 计					193			30		57

说明：1. 本课程总学时数为 280，其中自学作业时数为 193，平时面授时数为 30，集中教学时数为 57。

2. 集中教学包括：实验、现场教学、复习、答疑、考试、课程设计等，表中未列出时数的各项，可由各校根据具体情况安排。

3. 集中教学时数少于上述建议时数时，其中某些内容可分散在平时进行。

4. 课程设计总学时数为 60，其中 3/4 计入自学作业，1/4 计入集中教学。

第一章 平面机构的运动简图及自由度

一、基本内容及要求

本章学习的主要内容是：(1)平面运动副及其分类；(2)平面机构运动简图的绘制方法；(3)平面机构自由度的计算。

本章的学习要求：

1. 掌握各种平面运动副的一般表示方法。能较熟练看懂教材中的平面机构运动简图。通过实验初步掌握将实际机构绘制成机构运动简图的技能。

2. 能够识别平面机构运动简图中的复合铰链、局部自由度和最常见的消极约束。会运用公式(1-1)计算平面机构的自由度并判断其运动是否确定。

看懂和绘制平面机构运动简图是本章的重点。

消极约束的判断是个难点。只要求掌握教材中列举的几种实例，不宜在此花费过多时间。

二、自学指导

1. 为了反映机构的真实运动，绘制机构运动简图时，代表回转副的小圆，其圆心必须与相对回转中心重合；代表移动副的滑块，其导路方向必须与相对移动方向一致。

在绘制简图中，要注意可能组成一个回转副和一个移动副的构件的表示方法。在图 1-7, b 中，左图是这种构件的一般表示法。因移动副只要求导路方向与相对移动方向一致，而导路的位置是不受限制的，如令导路通过回转副中心，即得图 1-7, b 中的右图。

它是这类构件最常见的表示形式。学生应当学会分析由这类构件构成的复杂图形。例如图 1.1 所示压缩机机构在铰链 C 处各构件间的关系如下：构件 2-3、3-4 间组成回转副，构件 3-8、4-5 间组成移动副。

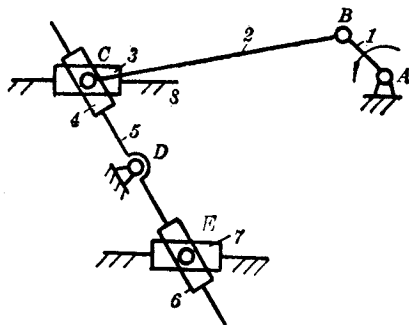


图 1.1

2. 例 1-1 和例 1-2 机构运动简图的绘制方法只要求粗读一遍，在“机构简图测绘”实验时再仔细阅读。

3. 对复合铰链，应注意：(1)复合铰链是指两个以上回转副中心重合为一，而不应仅仅根据若干构件汇交来判断。例如图 1.1 铰链 E 处虽有 5、6、7、8 四个构件汇交，但它构成两个移动副和一个回转副，故不存在复合铰链。(2)图 1.2 所示周转轮系机构中，1、2、3 是活动构件，4 是机架，构件 1、3 和 4 在 O 点形成复合铰链。由于齿轮、凸轮等构件习惯于用外形来表示，简图上看不出构件汇

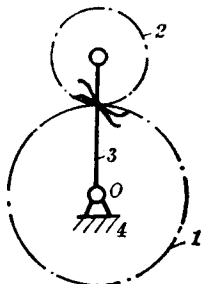


图 1.2

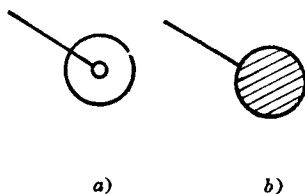


图 1.3

交,故这种复合铰链易被忽略。

4. 局部自由度在平面机构中主要出现在有滚子的场合。在计算自由度时,为了防止错算构件数和运动副数,建议将图 1.3, *a* 中的滚子及其安装件固联为一整体,如图 1.3, *b* 所示。

5. 消极约束比较复杂,不要求深入研究,只要求理解和熟悉以下几个实例:(1)由两构件组成多个导路平行的移动副而产生的消极约束(图 1-9, *b*);(2)轮系中的对称部分产生的消极约束(图 1-15);(3)在平行四边形机构中加入一个与某边平行且相等的构件(图 1-14, *b*)造成轨迹重迭而产生的消极约束(其他类型的轨迹重迭往往需要复杂的数学证明,可不深究);(4)“两构件间组成多个轴线重合的回转副”,这类消极约束通常出现在轮系的侧视图图中,如图 5-10 所示。在运动平面内绘制的机构运动简图不会出现这类消极约束。

三、补充例题

计算教材习题 1-5 筛料机构的自由度。

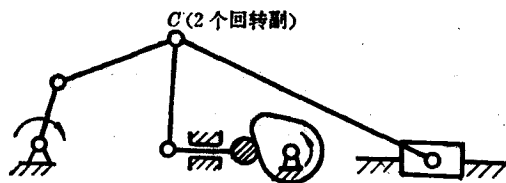


图 1.4

解 计算这类习题的步骤推荐如下:

1. 分析处理机构中的复合铰链、局部自由度和消极约束:(1)铰链 *C* 处是两个回转副构成的复合铰链,在旁标注清楚;(2)滚子具有局部自由度,将滚子与安装滚子的构件联成一体;(3)安装滚子的构件与机架组成两个移动副,其中一个为消极约束,应当去掉。处理后的机构简图如图 1.5 所示。

2. 分别计算活动构件数、回转副数、移动副数和高副数。由图 1.4 得活动构件数为 7, 回转副数为 7, 移动副数为 2, 高副数为 1。

3. 代入公式(1-1)计算自由度

$$F = 3 \times 7 - 2 \times (7 + 2) - 1 = 2$$

图中有两个原动件, 故该机构具有确定运动。

四、复习思考题

1. 何谓运动副? 何谓低副和高副? 平面机构中的低副和高副各引入几个约束?

2. 试写出计算平面机构自由度的公式, 并说明机构自由度数和原动件数之间应当保持的关系。

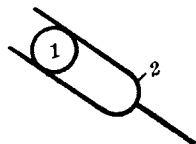


图 1.5

3. 为什么说图 1.5 中构件 1 和 2 组成的运动副只是一个高副, 而不能算作两个高副?

4. 对照图 2-2, a 和 b , 图 2-24, a 和 b , 图 2-32, a 和 b , 熟悉用简图表示实际机构的方法。将你家中的缝纫机与图 2-5, a 和 b 对照, 掌握缝纫机踏板机构的表示方法。

第二章 平面连杆机构

一、基本内容及要求

本章学习的主要内容是：(1)铰链四杆机构的基本型式和特性；(2)铰链四杆机构曲柄存在的条件；(3)铰链四杆机构的演化；(4)四杆机构设计简介。

本章的学习要求：

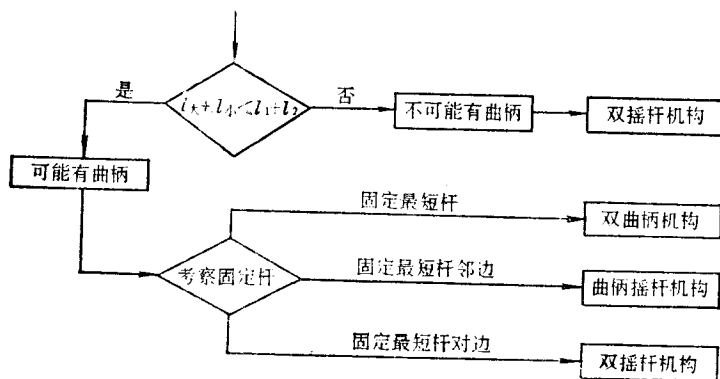
1. 掌握铰链四杆机构的基本型式、应用和演化。确立行程速比系数、传动角、压力角、死点等基本概念。
2. 了解铰链四杆机构曲柄存在的条件。
3. 了解§2-4平面四杆机构的设计第一、二两部分（即按照给定行程速比系数设计四杆机构和按照给定连杆位置设计四杆机构）。三、四两部分不必阅读。

二、自学指导

1. 在常见的机械和生活用品中、广泛地应用各种型式的四杆机构。例如钢窗上的导杆机构，打火机上的铰链四杆机构，缝纫机脚踏上的曲柄摇杆机构（摇杆为原动件），缝纫机头针杆上下的曲柄滑块机构，绘图桌上安装水平和铅垂直尺的平行四杆机构，雨伞上的摆杆滑块机构……。学生应当对这些随时可见的四杆机构细心观察，借以提高学习兴趣，巩固和扩大关于四杆机构应用的知识，并可进一步加深对机构运动简图的理解。

2. 压力角和传动角只须定性地了解。教材第16页倒数第10行以后关于最小传动角位置的讨论和公式(2-3)可以不看。

3. § 2-2 铰链四杆机构的曲柄存在条件是通过 对曲柄摇杆机构的分析, 推广得出适用于各种铰链四杆机构的普遍结论。判断机构类型时, 第一步要看是否满足“最短杆与最长杆长度之和小于或等于其余两杆长度之和”; 如果满足, 第二步再考察何杆为固定件。其判断思路可用框图示意如下:



学习本节切忌不顾具体条件死记“曲柄是最短杆”这个特殊结论 (此结论只适用于曲柄摇杆机构)。

4. 在学习 § 2-3 铰链四杆机构的演化时, 应当熟练掌握偏心轮机构的画法。它是绘制机构运动简图的一个难点。“机构简图绘制”实验最好紧接在 § 2-3 之后进行, 以便牢固地掌握回转副扩大的有关知识。

三、复习思考题

1. 什么是连杆机构? 连杆机构有哪些优缺点?
2. 何谓曲柄? 何谓摇杆? 铰链四杆机构的基本型式有几种? 试述铰链四杆机构曲柄存在的条件。
3. 何谓连杆机构的传动角和压力角? 压力角的大小对连杆机构的工作有何影响? 试画出图 2.1 所示连杆机构的压力角或传动

角(标注箭头的构件为原动件)。

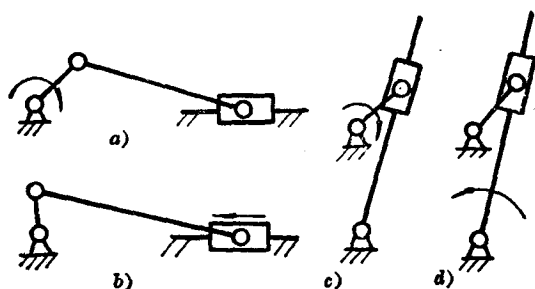


图 2.1

4. 何谓行程速比系数? 图 2-16, c 所示对心曲柄滑块机构的行程速比系数 K 等于多少? 你能不能画出 $K=1$ (即 $\theta=0$) 的铰链四杆机构?

5. 曲柄摇杆机构只有当____为原动件时, 才可能出现死点位置。

四、习题提示

习题 2-2 图中 C_1 和 C_2 为铰链 C 的两个极限位置 (AC_1 和 AC_2 的长度可从图上量得), 由图 2-4 可以看出,

$$l_{AC_1} = \text{连杆长} - \text{曲柄长}$$

$$l_{AC_2} = \text{连杆长} + \text{曲柄长}$$

联解以上二式可求出连杆和曲柄的长度 ($l_{BC} = 1115\text{mm}$, $l_{AB} = 78\text{mm}$)。

习题 2-6 这题是选作习题。选作前, 请参看图 2-28 所示实例及其作图步骤。

第三章 凸 轮 机 构

一、基本内容及要求

本章学习的主要内容是：(1)凸轮机构的类型和应用；(2)从动件常用运动规律；(3)按给定运动规律绘制盘形凸轮轮廓；(4)凸轮设计应注意的几个问题。

本章的学习要求：

1. 掌握等速运动、等加速等减速运动、简谐运动位移线图的绘制方法，能判断它们何时出现刚性或柔性冲击。

2. 熟练掌握按给定位移线图绘制滚子从动件盘形凸轮轮廓的反转法。这是本章的重点。

3. 定性地了解选择滚子半径的原则、压力角与自锁的关系以及基圆半径对压力角的影响。

§ 3-4 圆柱凸轮轮廓设计整节以及图 3-19 关于圆柱凸轮平均半径讨论部分不是必学内容。

简谐运动公式和基圆半径对凸轮机构的影响中的公式推导可不必深究，只须定性地了解其结论。图 3-11 平底从动件凸轮轮廓设计部分可以不看。

二、自学指导

1. 刚性冲击和柔性冲击可根据运动线图中的加速度线图来判断，即凡加速度线图不连续处(加速度值突然改变)必产生柔性冲击；凡加速度值达到无穷大处必产生刚性冲击。这一判断原则对其他运动规律也是适用的。