

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

(第二版)

东南大学机械原理及机械零件教研组

程光蕴 杨可桢 朱刚恒 编

11
=2

高等教育出版社

内 容 提 要

本书是与杨可桢、程光蕴主编《机械设计基础》(第三版)一书配套使用的学习指导书。内容包括:各章的主要内容及学习要求;自学指导;复习思考题;补充例题或公式推导等;书末附有设计作业和课程设计指导。自学指导部分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,或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。

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

(第二版)

东南大学机械原理及机械零件教研组

程光蕴 杨可桢 朱刚恒 编

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

上海市中华印刷厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 4.8 字数 107,000

1983年4月第1版

1990年4月第2版 1990年4月第1次印刷

印数 0001—7490

ISBN 7-04-002771-2/TH·218

定价 1.15元

第二版序

本指导书是杨可桢、程光蕴主编的高等学校教材《机械设计基础》(第三版)的配套用书。本书所提“教材”均指这本教材。

本指导书是在第一版的基础上,根据教材第三版的增补和更新情况,进行修订编写的。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,或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。为了帮助学生提高设计计算能力,在这次修订中还增补和更新了一些复习思考题、补充习题和设计作业题。

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,请读者注意区分。教材中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、自学生和学时偏少的学生可以不看。附录中的设计作业题目较多,可根据专业需要及学时多少选作其中的一部分。

本指导书第一版是程光蕴、颜景平、朱刚恒和杨可桢编写和校阅的。并承杨益治、王世钊审阅。参加这次修订编写的有程光蕴(绪论、第一章至第八章、附录一之1、2)、杨可桢(第九章至第十三章、附录一之3、附录二)、朱刚恒(第十四章至第十八章、附录一之4、5、6),并由杨可桢校阅全稿。

本指导书中的谬误不妥之处,欢迎广大读者批评指正。

编者

1989年7月

目 录

第二版序

绪论	1
第一章 平面机构的自由度和速度分析	5
第二章 平面连杆机构	11
第三章 凸轮机构	15
第四章 齿轮机构	20
第五章 轮系	27
第六章 其他常用机构	31
第七章 机械速度波动的调节	33
第八章 回转件的平衡	36
第九章 机械零件设计概论	39
第十章 联接	45
第十一章 齿轮传动	54
第十二章 蜗杆传动	67
第十三章 带传动和链传动	73
第十四章 轴	81
第十五章 滑动轴承	87
第十六章 滚动轴承	94
第十七章 联轴器、离合器和制动器	98
第十八章 弹簧	103
附录一 设计作业	107
1. 用作图法设计凸轮轮廓	107
2. 凸轮轮廓的计算机辅助设计	109

3. 设计螺旋起重器·····	114
4. 设计齿轮减速器的轴系部件·····	118
5. 设计蜗杆传动的轴系部件·····	120
6. 设计电视机升降装置·····	122
附录二 课程设计·····	124



绪 论

学习绪论的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。此外,学生开始学习本课程时,还应对机械设计的基本要求和一般过程有所了解。这里虽然讲的是机械工程设计,但对其他工程设计也具有普遍意义。

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,飞轮的设计和回转件的平衡。

机械原理的许多内容与理论力学有密切联系,学习感到吃力的学生最好在学习本课程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,读者还应尽可能多地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讨论通用零件的工作原理、结构、基本设计理论和计算方法,但它对专用零件的设计也具有一定的指导意义。机械零件部分的特点和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、习题、设计作业、讲课或习题课、实验、课程设计、测验作业和考试等。

自学是函授生和高等教育自学考试者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。

习题是在自学教材及指导书的基础上进行的。目的在于消化和巩固所学的知识，培养独立解决问题的能力并检查学习的质量。在用图解法解题时，必须用绘图仪器按比例正规作图，为了减小作图误差，应尽可能把图画得大一些。

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。如果有条件，最好在有关章节学完后及时安排实验；如果及时安排有困难，也可在全部课程结束后，集中安排若干次实验。

设计作业可以将设计计算和结构设计密切结合起来，它是本课程的一个重要教学环节。在讲课或自学过程中，学生应完成 1~2 个设计作业。

课程设计的目的在于培养学生综合运用所学各种知识的能力，它是提高学生设计能力和独立工作能力的重要环节。使用本教材的班级都应安排 80 学时进行课程设计。

本指导书附录一、二中分别列举了一些设计作业和课程设计题目，供教师选题时参考。

三、各教学环节学时分配

本教材适用于对机械设计有一定要求、课内学时(不包括课程设计)为 80~100 学时的各专业。下面给出的学时分配表是按照讲授教材全部内容的学时高限(100 学时)安排的。使用本教材的专业类型很多、要求不一，学时多少也各不相同。凡课内不足 100 学

教学环节及学时分配表

课 程 内 容		教 学 环 节			
		课堂讲授	现场教学	实 验	课程设计
绪 论		1			
机 械 原 理	一、平面机构自由度和速度分析	5		2	
	二、平面连杆机构	5			
	三、凸轮机构	5			
	四、齿轮机构	9			
	五、轮 系	4			
	六、其他常用机构	3			
	七、机械速度波动的调节	3	(2)		
	八、回转件的平衡	2		2	
小 计		36			
机 械 零 件	九、机械零件设计概论	3			
	十、联 接	8			
	十一、齿轮传动	8			
	十二、蜗杆传动	5			
	十三、带传动和链传动	6			
	十四、轴	4			
	十五、滑动轴承	6		2	
	十六、滚动轴承	6			
	十七、联轴器、离合器、制动器	3	(2)		
	十八、弹 簧	3			
小 计		52			
合 计		89	(4)	6	
机 动		5			
总 计		100			80

时的专业,可根据专业需要对教材内容进行取舍,并相应调整表中的学时数。函授专业可参考此分配表制订面授计划。

学时分配表的几点说明:

1. 课内学时与课外学时(包括复习、习题和设计作业)之比为1:(1.5~2)。由教师讲授的全日制学校取低限;主要依靠自学的函授专业或高教自学人员取高限。

2. 第六章“其他常用机构”和第十七章“联轴器、离合器和制动器”可各以2学时安排现场教学(面对模型实物参观讲解)或放映电视教学片代替课堂讲授,增加感性知识,以收事半功倍之效。

3. 课程设计80学时,可以在全部课程结束和考试完毕后集中安排;也可以把设计计算阶段分散安排,而将绘图阶段集中安排。

4. 实验项目可根据各校实验设备状况及授课内容加以调整。例如,可以用“机械传动效率测定”、“渐开线齿廓范成和齿轮参数测定”、“减速箱装拆和结构分析”取代学时分配表推荐的实验项目中的一项或几项。

5. 机动时间可用于安排设计作业和增开实验,还可用于补偿节假日所减少的课内学时。

第一章 平面机构的自由度和速度分析

一、主要内容及学习要求

本章学习的主要内容是：(1) 平面机构运动简图的绘制方法；(2) 平面机构自由度的计算；(3) 速度瞬心法在平面机构中的应用。

本章学习要求：

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虚约束。会运用式(1-1)计算平面机构的自由度并判断其运动是否确定。

3. 掌握简单平面机构(三构件高副机构和四杆低副机构)全部速度瞬心的求法,并能运用速度瞬心求任意二构件的角速比。

看懂和绘制平面机构运动简图是本章的重点。要想掌握绘制机构运动简图的技巧,必须对照实物反复练习,因此,学习本章时应当安排“机构运动简图测绘”实验。

二、自学指导

1. 由实际机构绘制机构运动简图时,关键的一步是确定构件之间的联接状况。这里介绍一种辅助图表,帮助初学者在绘制简图前理解构件间的关系。以教材中图 1-9 活塞泵为例,首先转动轮 1,观察各构件间的相对运动,从而确定该机构的构件数等于 5,

件号	1	2	3	4	5
1	—	○			○
2	○	—	○		
3		○	—	×	○
4			×	—	□
5	○		○	□	—

图 1.1

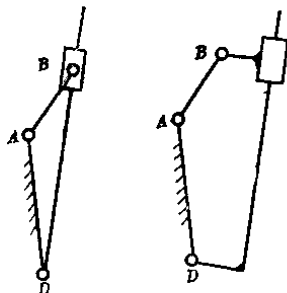


图 1.2

并对各构件标注件号；其次，观察各构件之间的联接状况，逐一用符号记入图 1.1 之中（例如 1-2 之间的回转副用小圆表示；4-5 之间的移动副用长方形表示，3-4 间的高副用 X 表示）；最后，根据图表将二副杆 1、2、4 各用一条直线表示，构件 3 按三副杆表示，机架 5 画上斜线，便可得出图 1-9b 所示简图。对于构件数较多的复杂机构，运用上述辅助图表绘制简图可以避免差错。

2. 移动副的表示方法因人而异，同一机构可以有不同的简图，读者应从本质上了解它们属于同一机构。例如简图中只要求移动副的导路方向与相对移动方向一致，而导路的具体位置则不受限制。图 1-7b 所示为可能组成一个回转副和一个移动副的二副构件的表示方法。右图滑块的导路远离回转副中心，而左图滑块导路通过回转副中心，由于二者导路方向相同，因此，只要回转副中心的位置不变，二图表示的运动关系完全相同。同理，图 1.2a 和 b 表示相同机构。

3. 对于复合铰链，有两种情况应当注意：(1) 复合铰链是指两个以上回转副的回转中心重合为一，而不应仅仅根据若干构件汇

交来判断。例如图 1.3 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，故该处不存在复合铰链。同理，铰链 C 处有五个构件汇交，该处只存在由 2-3、3-4 组成的两个回转副，而不是 $K-1=4$ 个回转副；(2)图 1.4 所示周转轮系机构中，1、2、3 是活动构件，4 是机架，构件 1-4 和 3-4 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交，故这类复合铰链易被忽略。

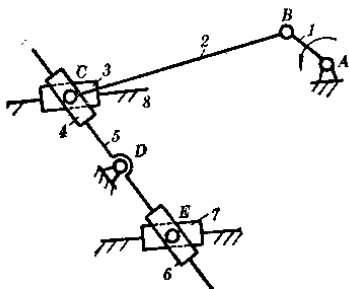


图 1.3

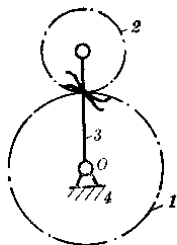


图 1.4

4. 局部自由度在平面机构中主要以滚子的形式出现。为了防止在计算自由度时错算构件数和运动副数，建议先将图 1.5 a 所示滚子及其安装件固联成一体（如图 1.5 b 所示），而后计算机构自由度。

5. 虚约束的类型很多，有些需要通过复杂的数学证明才能判



图 1.5

断。读者不宜在虚约束方面花费过多精力，只要求理解和熟悉教材上介绍的三种特例：(1)两构件间组成多个导路平行的移动副。这类虚约束请参看图 1-17 a 和题 1-10。(2)两构件间组成多个轴线重合的回转副。这类虚约束只出现在平面机构的侧视图中，如图 5-10、题 5-7 和题 5-9 所示。在运动平面内绘制的机构运动简图不会出现这类虚约束。(3)不起传递运动独立作用的对称部分。这类虚约束还可参看图 5-5 a、图 5-15 和图 2-8。

6. 用三心定理求速度瞬心的难点在如何确定构成移动副的两构件的瞬心位置及如何作这种瞬心的连线。我们可以设想，垂

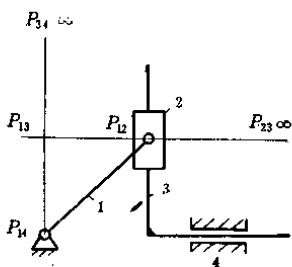


图 1.6

直于导路的两条平行线的交点就是这种瞬心，因此，每条垂直于导路的直线都与该瞬心相连。按照这一规律便不难寻求简单机构的全部瞬心。以图 1.6 所示正弦机构为例，过 P_{12} 作构件 2-3 相对移动方向(导路)的垂线，该直线就是 $P_{12}P_{23}$ 连线。同样，过 P_{11} 作构件 3-4 相对移动方向(导路)的垂线，即为连线 $P_{14}P_{34}$ 。该二线的交点便是 P_{13} 。另一瞬心 P_{24} 应在瞬心 P_{23} 和 P_{34} 的连线上，今 P_{23} 和 P_{34} 都在无穷远处，所以 P_{24} 也在无穷远处(构件 2 相对机架平动，所以 P_{24} 在无穷远处的结论是正确的)。

三、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, 说明机构具有确定运动时机构自由度数和原动件数之间应当保持的关系。

3. 两平面运动构件之间能否构成只约束平面内的转动, 但保留两个相对独立移动的运动副?

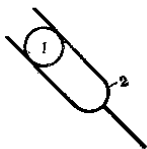


图 1.7

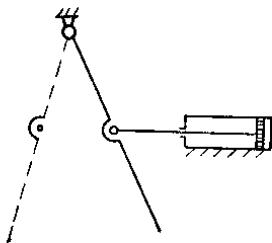


图 1.8

4. 为什么说图 1.7 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?

5. 图 1.8 是流水线上用于阻挡工件前进的挡箱机构的设计方案。要求活塞右侧充气时, 摆杆在虚线位置挡住工件; 活塞左侧充气时, 摆杆在实线位置让工件通过。问该设计方案能否实现上述要求? 如不能实现上述要求应当如何改进?

6. 对照图 2-2 a 和 b, 图 2-8 a 和 b, 图 2-22 a 和 b, 图 2-24 a 和 b, 图 2-25 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。

7. 画出下列常见机构的平面机构运动简图: (1)家用缝纫机下针机构; (2)自行车后轮刹车机构; (3)公共汽车开门机构; (4)公共汽车雨刷机构。

第二章 平面连杆机构

一、主要内容及学习要求

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。

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. 掌握按行程速比系数和按给定连杆位置设计四杆机构的作图法；掌握按给定连架杆对应位置设计四杆机构的解析法；一般了解按给定连架杆对应位置设计的实验法和实现轨迹的图谱法。

二、自学指导

1. 在常见的机械和生活用品中，广泛地应用各种形式的四杆机构。例如开关钢窗的导杆机构，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……。应引导学生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. 压力角和传动角只需定性地了解。式(2-3)前后关于最小传动角位置的讨论不必深究。

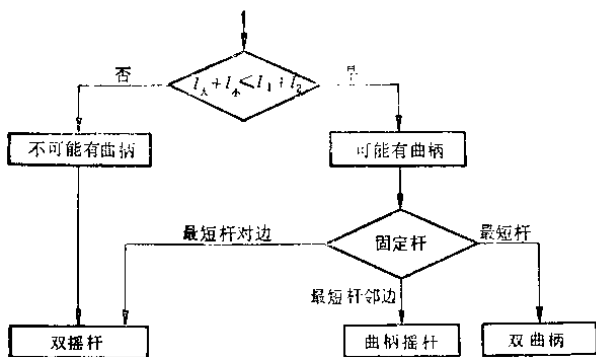


图 2.1

3. § 2-2 铰链四杆机构曲柄存在条件是通过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性结论。判断机构类型时，第一步要看是否满足“最短杆与最长杆之和小于或等于其余两杆长度之和”，从而判断曲柄存在的可能性。如果存在可能性，第二步再考察哪个是固定杆，从而确定曲柄存在的现实性。其判断思路可用框图示意，如图 2.1 所示。

学习本节切忌不顾具体条件，把“曲柄是最短杆”作为曲柄存在条件(此结论只适用于曲柄摇杆机构)。

4. 在学习铰链四杆机构的演化时，应当熟练掌握偏心轮的表示方法。它是绘制机构运动简图的难点。“机构简图测绘”实验最好紧接在 § 2-3 之后进行，以便牢固掌握回转副扩大的有关知识。

三、复习思考题

1. 何谓连杆机构？连杆机构有哪些优缺点？