

高等学校教材

机械设计基础 学习指导书

(第三版)

东南大学机械学学科组
程光蕴 杨可桢 朱刚恒 编

高等教育出版社



高等学校教材

机械设计基础 学习指导书

(第三版)

东南大学机械学学科组
程光蕴 杨可桢 朱刚恒 编

高等教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础学习指导书/程光蕴等编. —三版. —北京:
高等教育出版社, 1999(2004 重印)

ISBN 7-04-007278-5

I. 机… II. 程… III. 机械设计-高等学校-学习参考资料
IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 30967 号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010 - 64054588
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800 - 810 - 0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010 - 82028899		http://www.hep.com.cn
经 销	新华书店北京发行所		
印 刷	国防工业出版社印刷厂	版 次	1983 年 9 月第 1 版
开 本	850×1168 1/32		1999 年 6 月第 3 版
印 张	4.125	印 次	2004 年 5 月第 5 次印刷
字 数	100 000	定 价	5.80 元

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等
质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

内 容 提 要

本书是与杨可桢、程光蕴主编《机械设计基础》(第四版)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;学习指导;复习思考题;公式推导和补充例题等。书末附有设计作业和课程设计指导。

本书可作为高等工业学校机械设计基础课程的辅助教材,也可为学习机械设计基础课程的函授生、自学生提供自学指导。

第三版序

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》(第四版)的配套用书。本书所提“教材”均指这本教材。

本指导书是在第二版的基础上,根据教材第四版的增补和更新情况,进行修订的。目的在于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,例如图 1-1 在本指导书中仍记为图 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。使用本教材的近机类专业,在完成理论教学之后,一般应集中安排一次课程设计。如果课程设计学时太少或分散,也可用若干个设计作业替代。本书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用其中一部分。

本指导书第二版由程光蕴(绪论、第 1 章至第 8 章、附录一之 1、2)、杨可桢(第 9 章至第 13 章、附录一之 3、附录二)、朱刚恒(第 14 章至第 18 章、附录一之 4、5、6)编写。本指导书第三版由程光蕴修订。

本指导书中的谬误不妥之处,欢迎广大读者批评指正。

编者

1998 年 5 月于东南大学

目 录

第三版序

绪论	1
第 1 章 平面机构的自由度和速度分析	6
第 2 章 平面连杆机构	12
第 3 章 凸轮机构	16
第 4 章 齿轮机构	21
第 5 章 轮系	29
第 6 章 间歇运动机构	34
第 7 章 机械运转速度波动的调节	36
第 8 章 回转件的平衡	39
第 9 章 机械零件设计概论	41
第 10 章 联接	46
第 11 章 齿轮传动	52
第 12 章 蜗杆传动	62
第 13 章 带传动和链传动	66
第 14 章 轴	73
第 15 章 滑动轴承	78
第 16 章 滚动轴承	84
第 17 章 联轴器、离合器和制动器	88
第 18 章 弹簧	93
附录一 设计作业	96
1 用作图法设计凸轮轮廓	96
2 凸轮轮廓的计算机辅助设计	98
3 设计螺旋起重器	101
4 设计齿轮减速器的轴系部件	105

5 设计蜗杆传动的轴系部件.....	107
6 设计电视机升降装置.....	109
附录二 课程设计	111

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。

一、“机器”和“机构”概念的演变

随着近代科学技术的发展,机器和机构的概念也有了相应的发展和变化。对于曾经使用本教材一、二、三版的教师和阅读参考书的学生,很有必要了解机器和机构概念的发展和变化。

本教材一、二、三版论述,机器具有下列特征:1)是人为的实物组合;2)各部分之间具有确定的相对运动;3)用来完成有用的机械功或转换机械能。仅具备前二特征者则称为机构。

根据近代科学技术发展情况和国际通行概念,我国在1989年发布了国家标准《机器理论与机构学术语》(GB 10853—89)。它定义:机器是执行机械运动的装置,用来变换或传递能量、物料、信息。机构是用来传递运动和力的、有一个构件为机架的、用构件间能够相对运动的连接方式组成的构件系统。

将变化前后的机器概念加以对照,可以看出,二者的主要区别在:

1) 旧的概念把“作机械功或转换机械能”作为机器的必要条件。钟表、打字机、发报机都不满足这一条件,因而只能视为机构,不能称为机器;而按照现代机器概念,钟表、打字机、发报机用于传递信息,都属于机器。

2) 旧的概念把“确定的相对运动”作为机器的必要条件,而现代机器概念只要求实现预期功能,不强调确定的相对运动。虽然

绝大多数机器要求构件间具有确定的相对运动,但也有少数机器期望产生随机运动,例如球磨机的铁球,摇奖机的号珠就应当实现随机运动,它们都属于机器。

还应当说明,日常生活中称呼的收音机、电视机,虽然都有一个“机”字,但并不能算作机器,只是一个电气装置,因为它们不是“执行机械运动的装置”。

二、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1章到第8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(平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、间歇运动机构)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9章到第18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9章详细介绍。

三、本课程的教学环节

本课程的教学环节是:讲课、习题、实验、设计作业、课程设计和考试等。

讲课是教学的主要环节。一门课程的主要内容,特别是重点和难点,都要通过讲课由教师系统地加以介绍。听课必须聚精会

神,并扼要地作出笔记,对疑难及需要进一步思考的问题作出记号,以便课后复习和消化。为了增强感性认识和发挥动态效果,某些结构、类型、概况介绍可以用模型实物演示或电视教学片代替教师课堂讲授。

习题是在听课和复习的基础上进行的。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,为了减少作图误差,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。设计作业是一种小型设计训练,只要求表示主要零件的结构。为了节省时间,对设计作业的图面质量、视图完整性和次要零件均不宜提出过高要求。在本课程教学过程中,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。使用本教材的班级应安排65~80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。

四、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65~90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(90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90学时的专业,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6章“间歇运动机构”和第17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65~80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。

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	1. 平面机构的自由度和速度分析	5		2	
	2. 平面连杆机构	5			
	3. 凸轮机构	5			
	4. 齿轮机构	9			
	5. 轮 系	4			
	6. 间歇运动机构	2	(2)		
	7. 机械运转速度波动的调节	2			
	8. 回转件的平衡	2		1	
	小 计	34			

续表

课程内 容		教 学 环 节			
		课堂讲授	现场教学	实 验	课程设计
机 械 零 件	9. 机械零件设计概论	3			
	10. 联 接	8			
	11. 齿轮传动	8			
	12. 蜗杆传动	5			
	13. 带传动和链传动	6		1	
	14. 轴	4			
	15. 滑动轴承	3			
	16. 滚动轴承	6			
	17. 联轴器、离合器和制动器	3	(2)		
	18. 弹 簧	3			
	小 计	49			
合 计		84	(4)	4	
机 动		2			
总 计		90			65~80

第 1 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速度分析中的应用。

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,学习本章时应当尽可能安排“机构运动简图测绘”实验。

二、学习指导

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,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 之间的转动副用小圆表示;4-

5 之间的移动副用长方形表示,3-4 间的高副用 \times 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。

件号	1	2	3	4	5
1	—	○			○
2	○	—	○		
3		○	—	\times	○
4			\times	—	□
5	○		○	□	—

图 1.1

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转动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转动副中心,而左图滑块导路通过转动副中心,由于二者导路方向相同,因此,只要转动副中心的位置不变,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转动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转动副,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

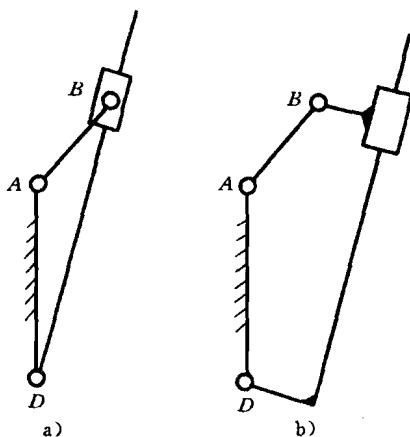


图 1.2

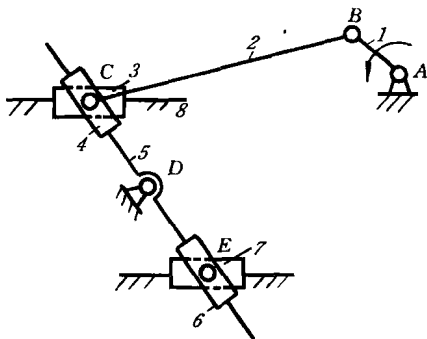


图 1.3

两个转动副,而不是 $K - 1 = 4$ 个转动副;(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。

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 1.5a 所示滚子及其安装件固联成一整体(如图 1.5b 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 1-17a、题 1-10 和题 1-12。(2)两构件间组成多个轴线重合的转动副。这类虚约束只出现在平面机构的侧视图中,如图 5-9 中间轴与机架、下轴与机架之间的联接,题 5-5 链轮与壳体之间的联接。在运动平面内绘制的平面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。这类虚约束可参看图 5-4a、图 5-14 和图 2-8a。

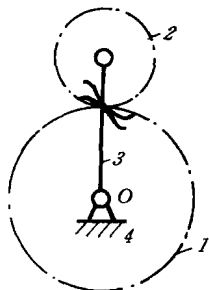


图 1.4

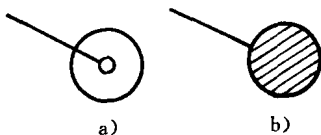


图 1.5

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,垂直于导路的两条平行线的交点(在无穷远处)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_{14} 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)。读者只要

认真吃透曲柄滑块机构(例 1-9)和正弦机构(图 1.6)速度瞬心的求法,就能够举一反三求出各种平面四杆机构的速度瞬心。

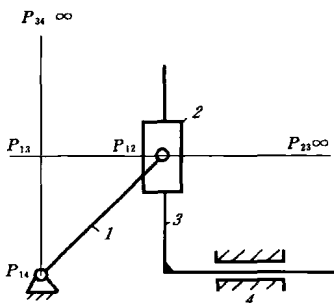


图 1.6

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和原构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?

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?

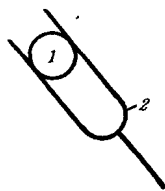


图 1.7

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 2-2a 和 b,图 2-8a 和 b,图 2-21a 和 b,图 2-23a