

高等学校教学参考书

机械原理教材 学习指南

西北工业大学机械原理及机械零件教研室

孙桓 李继庆 编

11

高等教育出版社

本书除有关对机械原理课程的一般说明外,主要是参照西北工业大学机械原理及机械零件教研室编,孙桓主编的《机械原理》教材编写的。内容包括:关于机械原理的说明、机械原理教学的基本要求、机械原理学习方法的一般指导、各章内容学习方法的具体指导及本课程的总复习等部分。

本书作为高等院校工科机械类专业学生学习机械原理课程的辅助教材,也可供非机械类专业的同学及自学者在学习机械原理教材时参考。

高等学校教学参考书

机械原理教材学习指南

西北工业大学机械原理及机械零件教研室

孙桓 李继庆 编

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

国防工业出版社印刷厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 4 字数 95,000

1987年2月第1版 1987年2月第1次印刷

印数 00,001—20,115

书号 15010·0842 定价 0.84 元

前 言

机械原理是高等工业学校机械类各专业普遍开设的一门技术基础课程。通过本课程的学习,不仅将为学习有关后继课程和掌握专业知识打好必要的基础,而且还将为更好地掌握新的科学技术成就为祖国“四化”建设服务创造条件。为了帮助大家学好本课程,我们特编写了本书。

本书除了对本课程的学习方法进行了一般性的指导之外,对各部分内容的学习要求、重点难点、学习方法和注意事项都作了简要的说明。此外,我们还结合各部分的主要内容选取了部分较为典型的例题进行了分析求解,并给出了一些供复习思考的题目。最后,对于学完本课程后如何进行全面复习,以及针对一些需要特别注意搞清楚的概念和问题,又作了较为系统和明确的交待和提示。

本书主要是参照我室所编《机械原理》教材的内容编写的。对于机械类各专业(不论是全日制学校,还是函授大学、电视大学或职工大学)的同学,本书可作为学习机械原理课程的辅导材料。同时,本书也可供非机械类各专业的同学及自学者在学习机械原理课程时参考。

本书由孙桓与李继庆两同志执笔编写,并承北京工业大学白师贤教授审阅。

西北工业大学机械原理及机械零件教研室

1985年10月

目 录

一、关于机械原理课程的说明	1
二、机械原理课程的教学基本要求	3
三、机械原理课程学习方法的一般指导	4
(一) 自学	4
(二) 听课	4
(三) 复习及答疑	5
(四) 习题课、实验课、课外作业及课程设计	6
四、各章内容学习方法的具体指导	8
(一) 绪论	8
(二) 平面机构的结构分析	10
(三) 平面机构的运动分析	19
(四) 平面机构的动态静力分析	35
(五) 机械中的摩擦和机械效率	45
(六) 机械的运转及其速度波动的调节	58
(七) 机械的平衡	65
(八) 平面连杆机构及其设计	69
(九) 凸轮机构及其设计	79
(十) 齿轮机构及其设计	86
(十一) 轮系	98
(十二) 其他常用机构	104
五、机械原理课程的总复习	108
(一) 本课程所学主要内容的回顾	108
(二) 一些需要特别注意的概念和方法	111
(三) 复习的顺序和要求	113
(四) 复习效果的自我检验	113

一、关于机械原理课程的说明

本课程是高等工业学校机械类专业普遍开设的一门技术基础课程，它研究的内容可以概括为两个方面：第一是介绍对已有机械进行结构分析、运动分析和动力分析的方法；第二是探索根据运动和动力性能方面的要求，设计新机械的途径和方法。不过此处应当指出，在本课程中对机械设计的研究，只限于根据运动和动力性能方面的要求，对机构各部分的尺度关系进行综合，而不涉及各个零件的强度计算、材料选择，以及其具体结构形状和工艺要求等问题，它完成的任务只是机械设计总过程的第一步——机构运动简图(传动方案)的设计。因此，在本课程中，我们又常用“综合”两字来代替“设计”。于是，本课程研究的内容可以概括为机构的分析和机构的综合两个方面。

开设本课程的目的在于使学习者学到有关机构的结构分析、运动分析和机器动力学方面的某些基本理论和基本知识，初步具有机构分析和综合的能力，并受到有关机械设计计算和实验研究等某些必要的基本技能的初步训练，为学习有关的后续课程和掌握专业知识及新的科学技术成就打下一定的基础。

在本课程的学习过程中，将要用到较多的物理、数学、理论力学等理论基础课程的知识，特别是理论力学的知识(如约束及约束反力、力的简化与平衡、摩擦、相对运动原理、哥氏加速度、速度瞬心、动能定理、惯性力、转动惯量、达朗伯尔原理、虚位移原理等)；也将用到机械制图、金属工艺学等课程的某些知识。

根据技术基础课的性质，本课程并不研究某种具体的机械，而是着重研究一般机械的共性问题，即机构的分析与综合的基本理

论和方法问题，然而这些基本理论和方法又必须是为工程实践服务的。所以在本课程的学习过程中，一方面要注意这些理论和方法在理论上的严密性和逻辑性，另一方面也要注意这些理论和方法在工程实践中适用的条件和范围，并把两者紧密地结合起来。此外，还应随时注意在日常生活和生产中所遇到的各种机械，根据所学的理论和方法进行观察和分析，做到理论联系实际，以加深对这些理论和方法的理解和掌握。

此外，根据本课程的性质及其研究的对象和内容，在本课程的学习过程中，将要接触到有关机械的许多名词、概念、标准、几何参数、运动参数和动力参数，以及有关机械研究的一些简化方法(如转化、当量、等效、代换、倒置等)和实用方法(如图解、作图、试凑、近似等)，这在过去理论基础课程的学习中是很少遇到的。为此在学习过程中，要注意本课程的这些新的特点，要有一定的工程观点，使自己的学习方法和习惯尽快适应这种新的情况。

二、机械原理课程的教学基本要求

根据教学大纲所提出的要求,学生在学完本课程之后,应达到下列基本要求:

1) 对一般由平面机构和简单的空间机构(包括蜗轮蜗杆、圆锥齿轮、万向联轴节等)所组成的机械系统能绘出其机构运动简图,计算其自由度,并判定其具有确定运动的条件。

2) 具有对一般平面机构进行运动分析和力分析的基本知识和技能。

3) 具有分析和计算一般机械的机械效率、判定某些机构的自锁条件等的某些基本知识。

4) 具有按已知的几何条件和运动条件对几种主要平面机构进行运动设计的某些基本知识和能力。

5) 具有按已知动力学条件分析和设计机械的某些基本知识。

6) 具有与本课程有关的解题、运算、制图和使用技术资料等方面的基本技能。

7) 了解一些与本课程有关的最基本的机械实验方法。

8) 了解各种常用机构的性能、特点及适用场合。

9) 对有关机械原理学科方面的工程常识、重要的新技术成就等应有一般性了解。

以上这些基本要求,要通过各个教学环节,经过本课程学习的全过程来达到。

三、机械原理课程学习方法的一般指导

本课程全部教学工作的完成，需要通过自学、讲课(面授)、习题课、实验课、课外习题及课程设计、复习及答疑、测验及考试等教学环节。要学好这门课程，对各个教学环节都必须给予充分的注意。下面结合各个主要教学环节，对本课程的学习提供一般性的指导。

(一) 自 学

自学是学好本课程的重要环节，也是培养独立思考和自学能力的重要环节，对于函授生和自修者更是如此。以往，我们比较习惯于教师讲学生听的教学方式。但是，如果一切内容都依赖于教师来讲授，显然对于培养自己的独立思考和独立工作能力是不利的。所以我们应该提倡开展自学，即使对于全日制学校也是如此。在开始自学时，最好先看一看本指导书的有关部分，对所学部分的主要内容、重点、难点有一个初步的印象，然后再开始阅读教材。阅读时第一遍可先作比较粗略地浏览，以求对教材有一个概括的了解，并记出某些难懂的地方和存疑的内容，作为精读的主攻方向，或听课时要特别注意解决的问题。

(二) 听 课

我们强调自学，但讲课仍然是教学的主要环节。一门课程的主要内容，特别是重点和难点内容，都是要通过讲课由教师系统地介绍的，所以提高听课效率是学好一门课程的重要一环。为此

1) 在每次听课前最好翻阅一下自学过的有关内容和上次讲

过的内容,为听好新课作好准备。

2) 听课时必须聚精会神,跟着教师讲课的思路积极进行思维活动。在教师讲授时不要翻阅参考书及笔记,以免分散注意力。

3) 通过思维用自己的话把教师讲授的主要内容记录下来,特别是对问题的分析、论证及总结,以及重要的概念及定义。没有听懂的地方应作出记号,以便复习和答疑时加以解决。记笔记不只是为了便于课后复习,而记笔记的过程本身就是对讲授内容的思维、理解和消化。所以,不论是否有教材或参考书,也不论教师如何讲授,记笔记都是必要的。

4) 本课程在讲课过程中,有较大量的作图的内容,学生必须跟随画图(应尽量练习徒手作图),因为作图的过程同样也是思维和理解的过程。

总之,听课时要作到眼到、耳到、心到、手到,要专心致志精力集中才能收到好的效果。

(三) 复习及答疑

听课以后必须及时复习。复习时可先不看书本和笔记,而对在课堂上所听的内容进行几分钟的回忆,想想课堂上讲授的中心内容是什么,哪些内容听懂了,哪些内容还不太懂,然后再以笔记为纲进行复习,并参阅教材和必要的参考书。

复习时应抓住中心内容反复钻研,对于在课堂上没有听懂的地方需更加注意。有些内容(如速度及加速度多边形、运动副中的作用力、齿轮的几何参数及啮合参数等)一定要动手画一画,以加深印象,掌握关键;有些内容(如轮系传动比的求法等)则需结合例题进行计算练习。复习时用到前面已学过的内容,应再温习一下,以起到联系巩固的作用。

复习后再看一看本指导书所给出的复习思考题,看是否能答

得出来,检查一下哪些概念还没有搞透彻。

每章学完后最好自己作一小结。小结力求简单扼要,把中心问题和学习心得写出来。

对于在复习过程中,经过自己反复思考仍未能解决的问题,可与同学进行讨论,或在答疑时向教师请教。

复习时得到的心得和答疑后解决的问题,应补记在笔记本上。

此外,本课程在讲解各种机构时,为了帮助理解,常常使用挂图、模型和实物等直观教具,有些内容还辅以电教片。同学在复习时,在可能条件下,也要争取多看一些模型和实物,把理性知识和感性知识结合起来。同时,如前所述,在日常生活和生产中也要随时注意各种机械,根据所学的理论和方法进行观察和分析,作到理论和实际的紧密结合,以加深对所学内容的理解和巩固。

(四) 习题课、实验课、课外作业及课程设计

习题课的主要任务是学习如何运用已学到的理论和方法去解决实际问题。在上习题课前,一定要把已学过的有关内容复习一遍。在上习题课时,教师一般都要对讲课的内容进行小结,并对如何运用所学的理论和方法进行解题加以提示。所以要特别注意教师的讲授及所举的例题,要注意教师对题目的分析,解题的思路、步骤和方法,遇有疑问要立即提出。同时对教师的提问和其他同学提出的问题也要注意思考,并拟出自己的答案,然后注意其正确与否。总之,在习题课上必须多动脑筋,多做以所学理论去解决所提问题的尝试。学生在习题课上自己作题的目的,也主要是为了深入理解和巩固所学的理论知识,所以解题必须首先把理论和方法搞懂,绝不能死套公式或比照例题照猫画虎。

本课程设置实验课的目的,主要在于验证、巩固和加深对课堂讲授内容的理解,了解有关的一些机械实验的方法,并使学生受到

某些实验技能和测试技术的初步训练。实验课前，也要先把有关的讲课内容复习一下，并认真学习实验指导书，搞清实验的目的、要求和注意事项，并大致了解所用设备的工作原理。在进行实验时要仔细认真，并注意把实验内容和所学的有关理论知识联系起来。实验后，应对实验结果进行分析，并及时完成实验报告。

本课程的课外作业一般是紧密结合课堂讲授内容留给学生的课外独立进行练习的题目，目的在于促进学生消化和巩固所学的理论知识，培养学生运用所学的知识独立分析和解决有关本课程各部分内容的实际问题的能力。学生应在充分复习的基础上及时完成课外作业。这样可以得到更好的巩固复习的效果。

课程设计的目的在于进一步巩固和加深所学的理论知识，使学生对于机械的分析与设计受到一次比较完整的锻炼。课程设计的题目一般都包括计算部分和制图部分。在进行设计前应对有关内容进行比较系统复习，认真学习课程设计指导书，搞清设计的题目和要求，并根据已知的条件和要求，仔细推敲设计的方案和步骤，然后再开始计算和制图。计算制图要求准确仔细，步骤清晰，书写端正，图面整洁，合乎规范并且要按时独立完成规定的图纸和计算说明书。

四、各章内容学习方法的具体指导

根据教学基本要求,和以往教学实践的经验,对于机械类各专业,本课程各章基本内容的讲课时数大致如下表所列。对于函授大学,由于大部分内容是通过学生自学掌握的,而面授讲课只着重讲解各章内容的重点和难点,所以讲课时数可大为减少。

章次	章名	全日制学校讲课时数	函授生面授讲课时数
1	绪论	1	0
2	平面机构的结构分析	3	2
3	平面机构的运动分析	7	3
4	平面机构的动态静力分析	3	2
5	机械中的摩擦和机械效率	6	4
6	机械的运转及其速度波动的调节	4	2
7	机械的平衡	2	1
8	平面连杆机构及其设计	8	4
9	凸轮机构及其设计	5	2
10	齿轮机构及其设计	16	8
11	轮系	3	2
12	其他常用机构	2	0
共计讲课时数		60	30

现将各章的学习要求、重点难点及学习方法等介绍如下:

(一) 绪 论

1. 学习要求

- 1) 对本课程研究的对象和内容有一概括的了解。即了解本

课程将学什么?

2) 明确学习本课程的目的。即明确为什么学习本课程?

3) 了解本课程的性质、特点及学习时应注意的事项,以便搞好本课程的学习。即了解如何学好本课程?

2. 学习重点及注意事项

本章讲授的重点是“本课程研究的对象和内容”。在这一节中,我们介绍了零件、构件、机器、机构、机械等名词和概念,介绍了机器和机构的特征和区别,目的只是为了便于介绍本课程研究的对象及内容。所以在本章的学习过程中,应始终把注意力集中在了解本课程研究的对象和内容上。以往有个别同学喜欢根据机器和机构的各自的特征,死抠两者的区别,这是没有什么意义的。因为机器和机构实际上并没有本质区别。我们有时把它们加以区分,只是为了说明研究的重点不同。对机器来说主要是研究其作功或能量转化以及其运转的过程;而对机构来说则主要是研究其运动及受力的情况,以及其某些个别的性能指标(如机械效率等)的确定,等等。所以说它们之间并没有不可逾越的界限。当我们利用某种机构来作功或转化能量时,它就成为了机器。当我们只从组成情况和运动学角度来研究某种机器的传动系统时,它就可以视为机构。

3. 复习思考题

1) 何谓构件?何谓零件?试分析图 1-1 所示内燃机是由几个构件组成的?

2) 本课程研究的内容主要包括哪几个方面的问题?

3) 何谓机构的分析及机构的综合?它们研究的大体内容各如何?

4) 为什么要学习本课程?通过对本课程的概括了解,为了学好本课程,你认为在学习过程中应注意哪些方面?

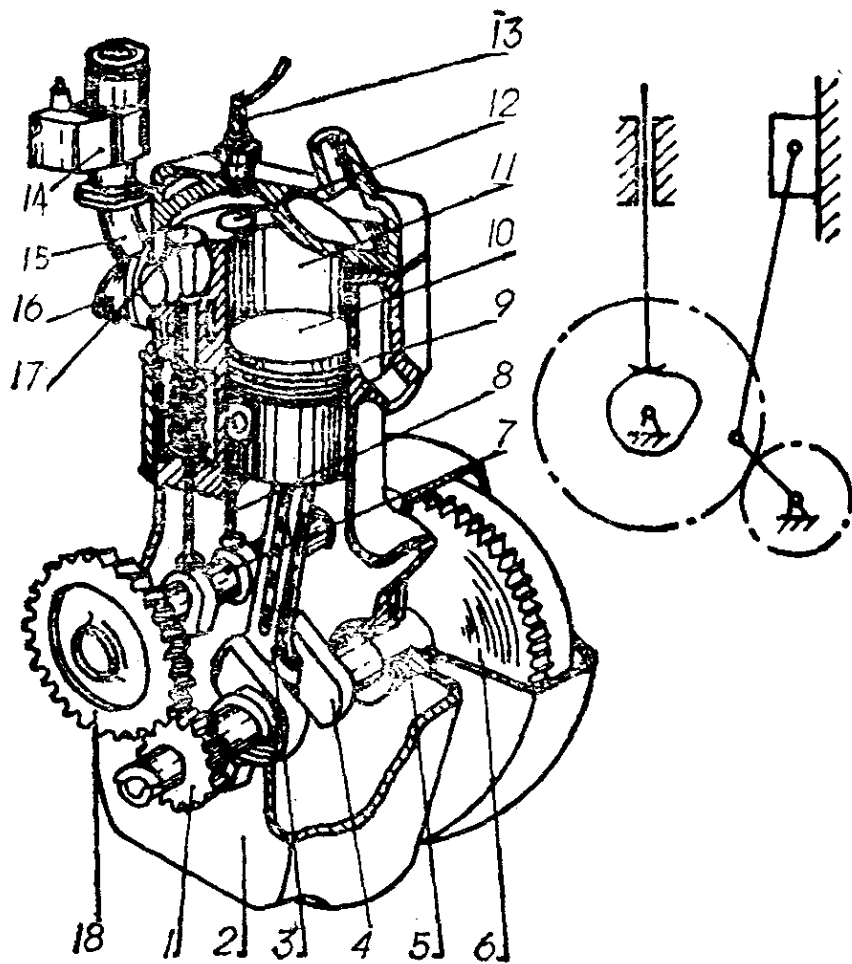


图 1-1

(二) 平面机构的结构分析

1. 学习要求

- 1) 搞清运动副、运动链、约束和自由度等重要概念。
- 2) 了解平面机构的自由度的计算方法及其具有确定运动的条件。
- 3) 对于一般由平面机构及简单的空间机构(包括蜗杆蜗轮、圆锥齿轮、万向联轴节等)所组成的机械系统,能正确地画出其机构运动简图并计算其自由度。

2. 本章的重点及难点

本章的重点是运动副和运动链的概念、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。本章的一个难点是关于机构中的虚约束的判定问题。至于低副代替高副和机构组成原理等内容,则是属于拓宽知识面性质的。

3. 学习方法指导

对于上述的本章重点,首先要把运动副、运动链、约束、自由度和机构具有确定运动的条件等概念搞清楚。其次,对于机构运动简图的绘制必须十分重视,并尽可能多作练习,以求具备绘制此种简图的能力。

至于本章的难点,即机构中的虚约束的判定问题,要首先把什么是机构中的虚约束这一概念搞清楚。我们知道,在机构中,当两构件构成运动副时就带入约束来限制两构件间的相对运动。但是,有的运动副所带入的某些约束,却可能是与机构所受的其他约束相重复的,即这些约束对机构运动的限制,实际上与另外的约束对机构运动的限制相重复了,因而对机构的运动实际上起不到约束作用,这样的约束就是“虚约束”。现在的问题是:在机构中,究竟哪些运动副带入的约束中有虚约束呢?或者说在什么情况下机构中会存在虚约束呢?这个判定机构中是否存在虚约束的问题,的确是一个比较困难的问题。根据有关资料介绍,在下列情况下将会有虚约束存在:

1) 如果两构件在几处接触而构成移动副,且在各接触处两构件相对运动的方向是一致的(图 2-1, a), 或者两构件在几处配合

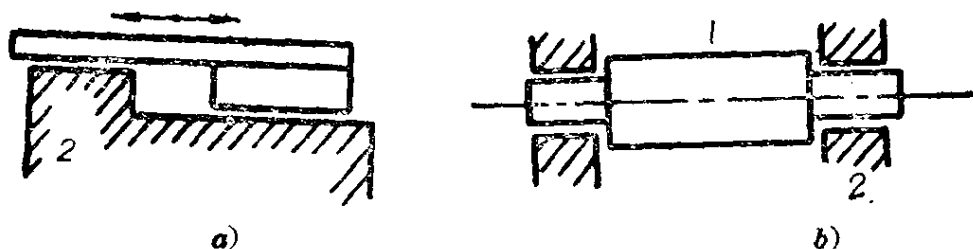


图 2-1

而构成转动副,且各配合处两构件相对转动的轴线是重合的(图2-

1, b), 则在此情况下, 应只考虑由一处接触所带入的约束, 而其余各接触处带入的约束为虚约束。

2) 如果机构中两构件上的点, 在机构的运动过程中, 其轨迹是完全重合的, 则当将两构件上的这类点以转动副相联时, 该转动副带入的约束必为虚约束。例如在图 2-2 所示的平行四边形机构 $ABCD$ 中, 构件 2 上的 E_2 点和构件 5 上的 E_5 点 (在图中 $BE_2 = AF, FE_5 = AB$) 的轨迹均为以 F 为圆心, 以 FE_5 为半径的圆, 故联接 E_2 、 E_5 两点的转动副 E 带入的约束便是虚约束。又如在图 2-3 所示的椭圆仪机构中, 构件 2 的中点 B_2 点和构件 1 上的 B_1 点的轨迹均为以 A 点为圆心, 以 AB_1 为半径的圆, 故联接 B_1 与 B_2 两点的转动副 B 带入的约束便必为虚约束。

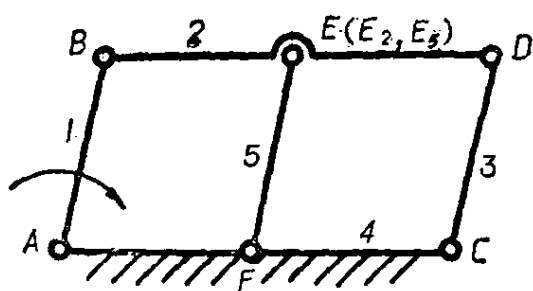


图 2-2

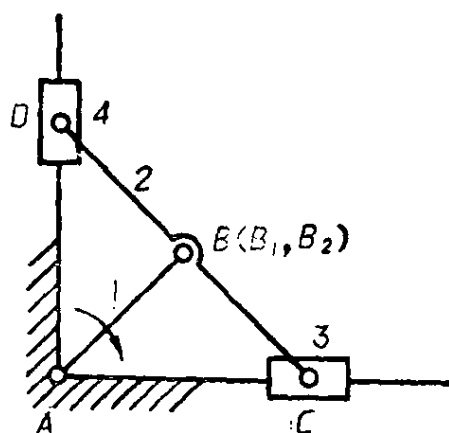


图 2-3

另外, 对于图 2-3 所示的椭圆仪机构, 根据上述的类似分析, 也可以将转动副 D 以外的运动副带入的约束视为有效约束, 而将转动副 D 带入的约束视为虚约束; 或者将转动副 C 以外的运动副带入的约束视为有效约束, 而将转动副 C 带入的约束视为虚约束。

3) 如果机构中两构件上的某两点之间的距离, 在机构运动的过程中, 始终保持不变, 则如在此两点之间以两转动副联一构件, 那末因此而带入的约束将为虚约束。例如在图 2-4 所示的剪床机构中, 由于 C 、 G 两点间的距离, 在机构运动的过程中, 始终保持不

