

高等学校教材

机械原理 学习指南

(第二版)

西北工业大学机械学教研室

孙 桓 李继庆 编

高等教育出版社

TH 111
S93
(2)

高等学校教材

机械原理学习指南

(第二版)

西北工业大学机械学教研室

孙 桓 李继庆 编

高等教育出版社

(京)112号

1253/07
内 容 提 要

本书是在1987年版《机械原理教材学习指南》的基础上修订而成的,它是西北工业大学机械原理及机械零件教研室孙恒、傅则绍主编的《机械原理》(第四版)教材的配套用书。内容包括:关于机械原理课程的说明、机械原理课程的教学基本要求、机械原理课程学习方法的一般指导、各章内容学习的具体指导(学习要求、重点难点、学习方法指导、典型例题分析、复习思考题)及本课程的总复习等部分。

本书可作为高等院校(普通高校、函授大学、电视大学、普通大专校、职工大学等)工科机械类专业学生学习机械原理课程的辅助教材,也可供近机类、非机类专业学生及自学者在学习机械原理课程时参考。

高等学校教材

机械原理学习指南

(第二版)

西北工业大学机械学教研室

孙 恒 李继庆 编

高等教育出版社出版

新华书店总店北京科技发行所发行

三河科教印刷厂印装

开本 850×1168 1/32 印张 4.125 字数 100 000

1987年2月第1版 1992年5月第2版 1992年5月第1次印刷

印数0 001—4 786

ISBN7-04-003623-1/TH·289

定价1.60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。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，我们曾编写了《机械原理教材学习指南》一书（1987年第一版），现又根据我室孙桓、傅则绍主编的《机械原理》（第四版）教材进行了修订。

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。

对于机械类专业（不论是普通高校，还是函授大学、电视大学、普通大专校或职工大学）的学生，本书可作为学习机械原理课程的辅导教材。同时，本书也可供近机类、非机类各专业的学生及自学者在学习机械原理课程时参考。

本书由孙桓、李继庆同志编写。

编 者

1991年2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	5
(一) 自学	5
(二) 听课	5
(三) 复习及答疑	6
(四) 习题课、实验课、课外习题及课程设计	7
四、各章内容学习的具体指导	9
(一) 绪论	9
(二) 平面机构的结构分析	10
(三) 各种常用机构的主要类型、特点和应用	18
(四) 平面机构的运动分析	19
(五) 平面机构的力分析	35
(六) 机械中的摩擦和机械效率	46
(七) 齿轮机构及其设计	58
(八) 轮系及其设计	70
(九) 凸轮机构及其设计	79
(十) 平面连杆机构及其设计	87
(十一) 其他常用传动机构及其设计	98
(十二) 机械的运转及其速度波动的调节	101
(十三) 机械的平衡	109
(十四) 机构的选型及机械传动系统的设计	113
五、机械原理课程的总复习	115
(一) 本课程所学主要内容的回顾	115
(二) 一些需要特别注意的概念和方法	118
(三) 复习的顺序和要求	120
(四) 复习效果的自我检验	121

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。

开设本课程目的在于使学习者掌握机构学和机械动力学的基本理论、基本知识和基本技能，并初步具有确定机械运动方案、分析和设计机构的能力。它在培养机械类高级工程技术人才的全局中，具有增强学生对机械技术工作的适应性，培养其开发创新能力的作用。

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情况。

二、机械原理课程的教学基本要求

根据国家教育委员会1987年颁发的“机械原理课程教学基本要求”，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空间机构(包括蜗轮蜗杆机构、圆锥齿轮机构、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。并对平面机构组成的基本原理有所了解。

2) 具有用瞬心法对高、低副机构进行速度分析，和用图解法或解析法对II级机构进行运动分析的基本技能。

3) 掌握运动副中摩擦力的计算，以及确定机械效率和机械自锁条件的方法，并能用图解法或解析法对II级机构进行力分析。

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

5) 初步具有确定简单机械运动方案的能力。

6) 具有按已知动力学条件分析和设计机械的某些基本知识。

7) 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。

8) 了解一些与本课程有关的最基本的机械实验方法和运用实验方法研究机械的技术。

9) 了解各种常用机构的性能、特点及适用场合。

10) 对有关机械原理学科方面的工程常识、重要新技术成就及学科的新的发展趋势有所了解。

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，最好先看一看本指南的有关部分，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。要特别注意教师是怎样提出问题的，如何进行分析的以及最后得出什么结论。在听教师讲课时，最好不要翻阅参考书及笔记，以免分散注意力，影响听课效果。

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，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应更加注意。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南所给出的复习思考题，看是否能够解答，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，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、课外习题及课程设计

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和运用实验方法研究机械的技术，并使學生受到某些实验技术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，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，注意把实验的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。

本课程的课外习题一般是紧密结合课堂讲授内容留给学生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和方法，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习题。这样可以更好地巩固复习的效果。

课程设计的目的在于使学生进一步巩固和加深所学的理论知识，并受到确定机械运动方案的初步训练。在进行设计前，应对有关内容进行比较系统的复习，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。计算和制图要求准确仔细，步骤清晰，书写端正，图面整洁，符合规范，并且要按时完成规定的图纸和计算说明书。

四、各章内容学习的具体指导

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 ~ 4	2
3	各种常用机构的主要类型、特点和应用	0 ~ 2	0
4	平面机构的运动分析	6	3
5	平面机构的力分析	4	2
6	机械中的摩擦和机械效率	6	3
7	齿轮机构及其设计	16	8
8	轮系及其设计	6	4
9	凸轮机构及其设计	6	3
10	平面连杆机构及其设计	6	3
11	其他常用传动机构及其设计	4	2
12	机械的运动及其速度波动的调节	5 ~ 6	3
13	机械的平衡	2	2
14	机构的选型及机械传动系统的设计	2 ~ 3	0
共 计 讲 课 学 时		67~72	35

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) 明确本课程研究的对象、内容以及在培养机械类高级技

术人才全局中的地位、作用和任务。

2) 对机械原理的新发展有所了解。

2. 学习的重点及注意事项

本章讲授的重点是“本课程研究的对象及内容”。在本章的开始，我们介绍了机器、机构、机械等名词和概念，介绍了机器和机构的用途及区别，并通过实例说明各种机器的主要部分一般都是由各种机构组成的；目的只是为了便于介绍本课程研究的对象及内容。在本章的学习中，应始终把注意力集中在了解本课程研究的对象及内容上。当然，由于还没有具体学习这些内容，所以也只能是有一个概括的了解。

此外，对本课程的性质和特点也应有所了解，以便采取合适的学习方法把本课程学好。

3. 复习思考题

- 1) 何谓机构？何谓机器？何谓机械？
- 2) 本课程研究的内容主要包括哪几个方面的问题？
- 3) 何谓机构分析及机构的综合？它们研究哪些主要内容？
- 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问题？

(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) 能计算平面机构的自由度并判定其具有确定运动的条件。

3) 对于一般由平面机构及简单空间机构（包括蜗轮蜗杆机构、圆锥齿轮机构、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。

- 4) 对平面机构组成的基本原理有所了解。

2. 学习的重点及难点

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应将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，可能与机构所受的其他约束相重复，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。根据教材介绍，在下列情况下将会有虚约束存在：

1) 在机构中，如果有两构件相铰接，而当将该铰链拆开后，两构件上该联接点的轨迹是重合的，则该铰链将带入一个虚约束。

2) 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；或者两构件在几处配合而构成转动副，且各配合处两构件相对转动的轴线是重合的，则在此情况下，应只考虑一处所带入的约束，而其余各处所带入的约束为虚约束。

3) 如果在机构的运动过程中, 某两构件上的两点之间的距离始终保持不变, 那末, 如在此两点之间以两个转动副联上一个构件, 则因此而带入的一个约束也必为虚约束。除教材中举的例子外, 例如在图2-1所示的剪床机构中, 由于 C 、 G 两点间的距离, 在机构运动过程中, 始终保持不变, 所以, 如果在 C 、 G 两点间用两个转动副联入一构件7, 则因此而带入的一个约束, 便是虚约束。

除此之外, 在下述的两种情况下, 也将存在虚约束

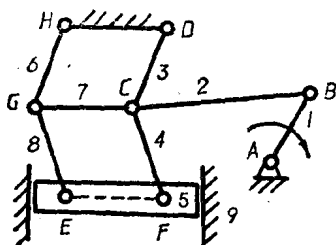


图 2-1

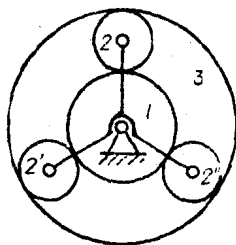


图 2-2

4) 如果在机构中存在着结构上完全相同的部分, 那末那些与机构运动的传递并无影响的相同部分带入的约束将为虚约束。例如在图2-2所示的齿轮传动机构中, 在齿轮1和内齿轮3之间同时装入了尺寸完全相同的三个齿轮2、2'及2'', 显然, 从传动的观点来看, 在这三个尺寸完全相同的齿轮中, 只要有一个 (例如齿轮2) 就够了, 而再装入的两个齿轮 (2'及2'') 并不影响机构的运动传递。所以, 从运动的观点来看多装入的这两个齿轮所带入的约束将为虚约束。

5) 若在机构的两构件之间, 联以若干个长度相等且互相平行的构件 (如图2-3所示的情况), 构成 m 个平行四边形, 则将存在 $(m-1)$ 个虚约束。这实际上是情况1的推广, 所以是不难理解