

机电工程系列教材



机械设计基础

● 黄平 朱文坚 主编

华南理工大学出版社

MECHANICAL DESIGN

机械设计基础学习指导书

伍丽娟 编

华南理工大学出版社

· 广州 ·

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础学习指导书/伍丽娟编. —广州: 华南理工大学出版社, 1998. 8

ISBN 7-5623-1291-5

I. 机…

II. 伍…

III. 机械设计-指导书-高等学校

IV. TH12

华南理工大学出版社出版发行

(广州五山 邮编 510641)

责任编辑 赖淑华

各地新华书店经销

华南理工大学印刷厂印装

*

1998年8月第1版 1998年8月第1次印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 3.125 插页 1 字数: 82千

印数: 1—2000册

定价: 6.00元

前 言

本书是根据《机械设计基础》课程教学基本要求编写的。随着科学技术的迅速发展，本课程教材内容不断更新，新教材逐渐采用了机械设计的新的国家标准、新材料及新方法。为更好地帮助学生学好本课程，特编写本指导书。本书根据编者多年从事本课程教学工作实践、体会和学生学习过程中出现的问题，对《机械设计基础》教材中各章的主要内容、基本要求、重点和难点进行了归纳，特别对一些较难理解的基本概念和问题作了比较详细的解释和说明，并对学习方法作了适当的提示，每章后面附有思考题，并附有一定数量的例题，为方便查阅有关技术资料，有些章节附有新的国家标准。

本指导书可作为高等工科院校近机类、非机类各专业学生学习《机械设计基础》课程的辅导材料，亦适用于成人高校、函授、电大学生自学使用。

本指导书承蒙袁佳裔教授审阅，并提出很多宝贵的改进意见，谨此致以衷心的感谢。

限于编者水平有限，加上时间仓促，书中错漏欠妥之处，诚恳欢迎广大读者批评指正。

编 者

1998年5月于广州

目 录

《机械设计基础》学习方法点滴	(1)
绪论	(4)
第一章 平面机构的运动简图及自由度	(7)
第二章 平面连杆机构	(13)
第三章 凸轮机构	(19)
第四章 齿轮机构	(22)
第五章 轮系	(29)
第六章 间歇运动机构	(32)
第七章 机械的调速与回转件的平衡	(33)
第八章 机械零件设计概论	(36)
第九章 螺纹联接和螺旋传动	(39)
第十章 键联接、花键联接和销联接	(44)
第十一章 齿轮传动	(46)
第十二章 蜗杆传动	(52)
第十三章 带传动和链传动	(57)
第十四章 轴	(64)
第十五章 滑动轴承	(69)
第十六章 滚动轴承	(72)
第十七章 联轴器和离合器	(87)
第十八章 弹簧	(90)

《机械设计基础》学习方法点滴

《机械设计基础》是高等工科学学校近机类和非机类各专业的一门技术基础课。目的是培养学生具有一定的机械设计能力，为后续专业课程的学习打下基础，所以本课程的学习是由基础课到专业课的过渡，起着承前启后的桥梁作用。本课程综合应用许多先修课程的基础理论和技术知识，如机械制图、工程力学、金属工艺学、公差与技术测量等。要求学生结合本课程的学习，综合运用所学过的基础理论和知识，并应联系生产实际进行通用零部件及简单机械的设计。

本课程内容包括机械原理及机械设计(机械零件)两大部分，两部分学习方法有较大的区别。

机械原理部分着重研究常用机构的结构和运动性能方面的要求，对机构各部分尺寸进行综合，而不需要确定零件的强度、刚度、材料、结构等问题，因此它只完成机械设计总过程的第一步——传动方案及运动简图的设计。这一部分应用理论力学的知识较多，特别是相对运动理论，在这一部分的整个学习过程中，都要用相对运动的概念对机构进行分析、综合。

机械零件部分主要研究通用机械零件的设计与应用，即从强度计算、结构及工艺等方面对零件进行设计。如果说机构研究的重点是结构、运动和力作用，则机器研究的重点是功能问题，即机械零部件的工作能力问题。

失效使零件失去正常的工作能力，而载荷是零件失效的外因，应力是零件失效的内因。所以失效分析是机械零件设计的依据，受

力分析是零件设计计算的基础。这一部分内容综合运用的基础理论与技术知识比较多，与实际联系也比较紧密。

本课程是设计性课程，学习方法与过去的理论基础课及技术基础课都有较大区别。学生学习时必须注意学习方法。以下谈几点意见。

(1) 大多数学生感到本课程内容繁杂、零碎，难以掌握重点。教材中各章内容一般都按以下顺序编写：类型、应用、工作原理、失效形式、受力分析、应力状态、设计准则、参数选择原则、强度计算及结构设计。学习每个零部件时都贯穿这一主线，则易于入门，易于掌握重点。机械零件是独立的，又是具体的，而每个零件在机器中的作用、职能都相互影响，相互配合，学习时应注意找出它们之间的内在联系，不应把各个零件孤立起来。

(2) 公式多、图表多是本课程的另一大特点。学习中对一些结论性公式应在理解的基础上掌握(如机构自由度计算公式 $F =$

$3n - 2P_L - P_H$ ，紧螺栓强度计算公式 $d_1 \geq \sqrt{\frac{1.3Q}{\frac{\pi}{4} [\sigma]}}$ 等)，对其余公

式一般只要求学会正确使用而不必硬记，不要过于强调公式的理论依据及推导方法，经验公式、经验数据及线图的来源等。

(3) 结构设计是机械设计的一个重要环节，亦是本课程与过去学过的基础课的最大区别之一，学习时必须引起足够的重视。影响零部件结构的因素很多，故结构设计没有固定的模式可循，必须要注意联系实际，具体问题具体分析。

(4) 设计中要注意零件的标准化、规范化，要学会查阅手册及技术资料。

(5) 本课程是一门设计性课程，实践性较强，学习过程中对各个实践性教学环节、实验课、大作业及课程设计等必须引起足够的重视。实践教学环节综合运用基础理论与本课程的知识，将会

使学生受到一次机械设计基本过程的训练。

(6) 随着计算机技术的发展,在掌握传统设计方法的基础上,要注意现代设计方法的学习,如优化设计、CAD等。

全面了解和掌握本课程的性质、特点,掌握本课程各部分内容之间、本课程与其他先修课之间的联系,采用有效的学习方法,定能取得事半功倍的效果。

绪 论

一、基本内容和要求

绪论主要介绍机器、机构、构件和零件的概念，以及本课程研究的主要内容、性质和任务。

通过对绪论的学习，要求掌握机器、机构、构件和零件的概念及功能，初步了解本课程研究的主要内容、性质和任务，设计的基本要求和一般过程。

二、本章的重点

本章的重点是“本课程研究的对象和内容”。

1. 机器、机构、构件、零件及机械的概念

机器和机构：

机器一般由原动部分、传动部分及工作部分三大基本部分组成。机器具有三大特征：

- (1) 是一种人为的实物组合体；
- (2) 各构件之间具有确定的相对运动；
- (3) 能代替人做有用的机械功或转换机械能。

机构具有机器的第(1)、(2)个特征。

机构的作用是传递运动和力或改变运动方式。

机器可以由单个或多个机构组成。如果从功能方面考虑，机器与机构的区别在于能否做功。如果从结构和运动观点来看，机器与机构并无区别，因此，习惯上把机器和机构统称为机械。

构件是最小的独立运动单元。构件可以是单一的零件，亦可以由多个没有相对运动的零件联接起来的独立运动单元。任何机构都是由若干个构件通过运动副联接而成的。

零件是制造单元。

2. 本课程的主要内容

本课程包括机械原理和机械设计两大部分。

(1) 机械原理部分(第一章至第七章)

机械原理是研究机构的结构、运动学和机器动力学的一门技术基础课。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、间歇运动机构等)的结构和运动特性以及机构动力学的一些基本知识(如回转件调速及平衡等)。这一部分运用理论力学的基础知识较多(如相对运动原理、力的平衡、速度瞬心等)。

(2) 机械设计部分(第八章至第十八章)

机械设计是机械设计系列课程中的最后一门技术基础课。这部分着重讨论普通工作条件下，一般尺寸和参数的通用零件的基本设计原理及方法。在各类机器中经常采用的零件称通用零件(如螺钉、螺母、齿轮、轴等)，另一类在特定类型的机器中才能用到的零件叫做专用零件(如内燃机中的曲轴、阀和活塞等)，由一组协同工作的零件所组成的独立制造或独立装配的组合体称部件(如减速器、螺纹联接、齿轮传动、带传动等)，习惯上我们把零件和部件统称为机械零件。本课程机械设计部分讲授的多数是一些部件。这部分用到的先修课程比较多，如机械制图、理论力学、材料力学、金属工艺学、金属学及热处理、公差与技术测量等，因此，要求学生在在学习过程中，能够综合运用所学的基础理论和技术知识，结合实际进行零件的设计，掌握单个零件的设计方法，并能设计简单的机械。

本课程是一门技术基础课，属设计性的课程，学习方法与一

般的理论基础课及技术基础课有较大的区别，至于学习方法在前面已讨论。

三、复习思考题

1. 机器具有哪些特征？通常机器由哪三大部分组成？各部分的作用是什么？
2. 机器与机构有哪些共同之处？它们的主要区别是什么？
3. 什么叫构件？什么叫零件？什么叫通用零件及专用零件？试举例说明。
4. 本课程研究的主要内容是什么？

第一章 平面机构的运动简图及自由度

一、基本内容及要求

本章主要内容是研究机构的组成、工作原理和运动性能所必须的基本知识，主要包括：

运动副及其分类；

平面机构运动简图的绘制；

平面机构自由度的计算及其具有确定运动的条件。

学习要求：

要求弄清平面运动副、约束、自由度等基本概念，通过实验，掌握运动副的常用符号及其表示方法，初步掌握平面机构运动简图测绘的方法及技能；熟练运用平面机构自由度计算公式，掌握机构具有确定运动的条件。

二、学习指导

平面机构运动简图的测绘和机构自由度计算是本章的重点，其中虚约束的判别较难掌握。

1. 运动副

两构件直接接触，而又保持一定的相对运动的联接称运动副。

两构件通过面接触而构成的运动副称低副，低副具有两个约束，即有一个自由度，如转动副、移动副。

转动副——具有一个独立相对转动的运动副，又称回转副或称铰链；

移动副——具有沿一个方向独立相对移动的运动副。

两构件通过点或线接触而构成的运动副称高副，高副具有一个约束，即具有两个自由度，如齿轮副、凸轮副。

2. 平面机构运动简图

平面机构运动简图就是用规定符号及简单线条准确地表达机构各构件间的相对运动关系及运动特征的简单图形。

绘制机构运动简图时应注意如下问题：

(1) 要正确使用规定符号，如转动副用小圆圈表示，其圆心必须与相对回转中心重合，表示移动副的滑块的导路必须与相对移动方向一致。

(2) 机构运动简图必须准确地反映原机构中各构件间的相对运动关系。

(3) 绘制机构运动简图时应注意，各构件间的相对运动与下列因素无关：

- ① 运动副的具体结构；
- ② 构件的外形形状或断面尺寸；
- ③ 组成构件的零件的数目及固联方式。

3. 平面机构及其自由度计算

机构是指由机架、原动件及从动件通过运动副联接起来的系统。

机构要能够运动，其自由度必须大于零，机构具有确定运动的条件是机构自由度等于原动件数。

计算机构自由度时要注意复合铰链、局部自由度及虚约束，否则，可能会出现按照机构自由度计算公式计算的结果与实际机构不相符的现象。

两个以上构件在同一处以转动副相联接构成复合铰链，由 m 个构件以复合铰链相联接，构成 $(m-1)$ 个转动副。

机构中不影响其他构件运动的自由度称局部自由度。在机构

自由度计算时应当除去局部自由度。滚子是平面机构中局部自由度最常见的型式。

对机构的运动不起独立的限制作用的约束称虚约束，计算机构自由度时应把产生虚约束的构件及运动副除去，而虚约束的判别较难掌握，是本章的难点，应认真领会教材中列举的可能会出现虚约束的几种情况。

虚约束虽不影响机构的运动，但却可以增加构件的刚性，改善其受力或保证运动的顺利。但要注意，虚约束要在特定的几何条件下才能构成，如果满足不了这些特定的几何条件（如加工构件长度不准确、移动副道路不平行等），虚约束就变为实际约束，从而使机构失去运动的可能性。

三、典型例题分析

【例 1-1】 试计算图 1-1 中所示缝纫机送布机构的自由度。

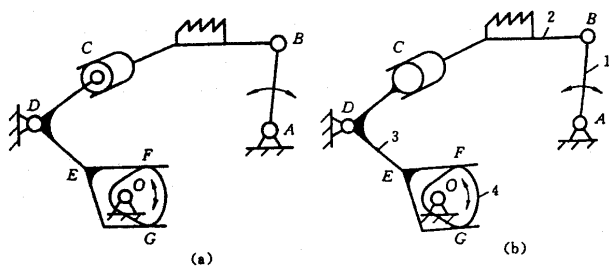


图 1-1

【分析】 计算机构自由度前，首先要检查机构运动简图中是否存在复合铰链、局部自由度及虚约束，若有，则应除去局部自由度和虚约束，复合铰链按规定进行计算，然后判断机架、原动

件、活动构件数、运动副类型及数目。

(1) 图中 C 处, 滚子与拨叉 CDE 在 C 处铰链连接, 产生局部自由度, 即滚子绕 C 点的转动不影响机构的运动规律, 计算机构自由度时, 应将其除去, 即可把滚子与拨叉 CDE 看成一个构件, 此构件与构件 BC 在 C 处形成高副。如图 b 所示。

(2) 凸轮与拨叉在 G (或 F) 处形成高副。

(3) 构件 1 及凸轮 4 为原动件。

【解】 根据以上分析, 此机构的活动构件数应为 4, 低副数 $P_L=4$, 高副数 $P_H=2$, 则机构自由度为:

$$F=3n-2P_L-P_H=3\times 4-2\times 4-2=2$$

机构自由度 F 与原动件数相等, 机构具有确定运动。

本题容易出现如下错误:

(1) 忽略了 D 处及 E 处用焊接符号表示 CDE 为同一构件;

(2) 忽略了由滚子所产生的局部自由度, 没有计算 C 处的高副。

【例 1-2】 计算图 1-2 所示冲压机构的自由度。

【分析】

(1) 滚子 4 与杆件 5 产生局部自由度, 即滚子 4 绕 C 点的转动不影响整个机构的运动规律, 计算机构自由度时, 应将此局部自由度除去, 即可把滚子 4 与构件 5 看成一个构件。

(2) I 处由构件 8、9、10 组成复合铰链, 即 I 处组成 $(3-1)=2$ 个转动副;

(3) K 和 L 处其中有一个是虚约束;

(4) 齿轮 2 及凸轮 3 联动, 为同一构件。

根据以上分析, 机构原动件数为 1, 滚子 4 与凸轮 3、齿轮 1 与 2 各组成高副, 则机构原动件数 $n=9$, 低副数 $P_L=12$, 高副数 $P_H=2$, 机构自由度 F 为

$$F=3n-2P_L-P_H=3\times 9-2\times 12-2=1$$

机构自由度 $F=1$ 与原动件数目相同，所以机构具有确定的运动。

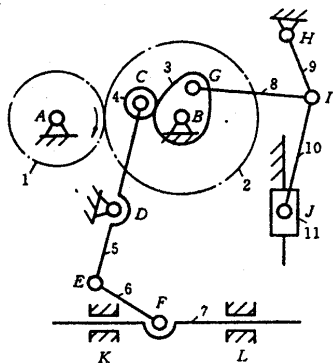


图 1-2

四、思考题及习题

1. 何谓运动副？何谓低副、高副？平面机构中的低副和高副各引入多少约束？
2. 何谓机构的自由度？机构具有确定运动的条件是什么？若不满足此条件将会产生什么后果？
3. 何谓机构运动简图？绘制平面机构运动简图时应注意什么问题？
4. 计算平面机构的自由度时，应注意哪些问题？
5. 计算图 1-3 所示机构的自由度。问：它们能否运动？为什么？若使它们有确定运动，在结构上需如何改进？试用简图表示。

6. 计算图 1-4 所示机构的自由度，若有复合铰链、局部自由度及虚约束，请指出。

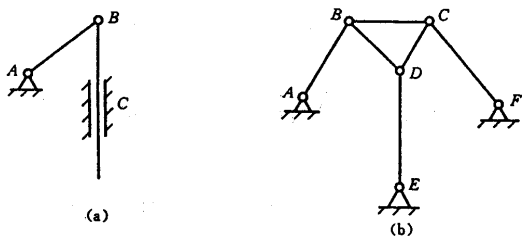


图 1-3

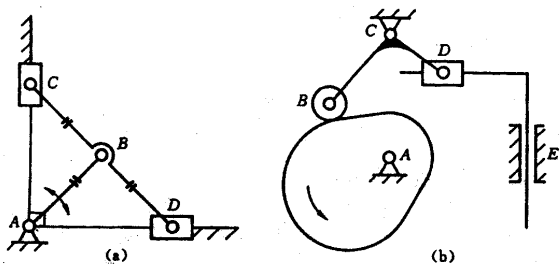


图 1-4