

五年制高等职业教育
教材

机械设计基础

学习与实验指导书

凤凰出版传媒集团
江苏科学技术出版社

五年制高等职业教育教材

机械设计基础

学习与实验指导书

主 编 曾宗福
主 审 王贤民

凤凰出版传媒集团
江苏科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础学习与实验指导书 / 曾宗福主编. —南京: 江苏科学技术出版社, 2006. 2

五年制高等职业教育教材

ISBN 7-5345-4853-5

I. 机... II. 曾... III. 机械设计—高等学校: 技术学校—教学参考资料 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 007914 号

五年制高等职业教育教材

机械设计基础学习与实验指导书

主 编 曾宗福

责任编辑 谷建亚

责任校对 苏 科

责任监制 曹叶平

出版发行 江苏科学技术出版社(南京市湖南路 47 号, 邮编: 210009)

网 址 <http://www.jsjpub.com>

集团地址 凤凰出版传媒集团(南京市中央路 165 号, 邮编: 210009)

集团网址 凤凰出版传媒网 <http://www.ppm.cn>

经 销 江苏省新华发行集团有限公司

照 排 南京紫藤制版印务中心

印 刷 南京通达彩印有限公司

开 本 718 mm×1 000 mm 1/16

印 张 8.75

字 数 152 000

版 次 2006 年 2 月第 1 版

印 次 2006 年 2 月第 1 次印刷

标准书号 ISBN 7-5345-4853-5/G·1226

定 价 14.00 元

图书如有印装质量问题, 可随时向我社出版科调换。

前 言

为了更好地满足广播电视大学系统五年制高等职业技术教育教学的需要,使同学们更好地学习《机械设计基础》课程,我们编写了这本与《机械设计基础》教材配套使用的教材《机械设计基础学习与实验指导书》。

该书的编写,紧扣《机械设计基础》,本着理论上以应用为目的,以“必须、够用”为度;力求体现高等职业技术教育的特色,注意理论联系生产实际;同时又适当扩大学生的知识面,注意与人文素质教育相结合,并为学生的继续教育和终身教育打下一定的基础。各章编写内容包括:本章学习内容和要求、考核要求、学习难点、典型例题(根据需要)、本章小结、思考题和习题等部分。其中,带*的内容为选学内容,可根据专业需要和课时情况选择。本书中所述及的公式序号和表序号,均系教材中的公式序号和表序号。

参加“学习”部分编写工作的人员及分工如下:绪论、第3、4、5、6、7、9、10、11、13章以及其余各章的学习内容和要求、考核要求、学习难点由曾宗福副教授、高级工程师编写;其余各章的典型例题、本章小结、思考题和习题分别由陆文灿副教授(第1、2章)、李建新讲师(第8章)、孙成通副教授(第12、16、18章)和张建梅讲师(第15、17章)编写。

参加“实验指导”部分编写工作的人员及分工如下:绪论、实验一、实验三、实验四、实验六由曾宗福副教授、高级工程师编写;实验二、实验五由陆文灿副教授编写。各学校可根据本校的实际条件和各专业的需要以及课时情况,选做其中的实验,但一般不得少于三个。

全书由曾宗福副教授担任主编并统稿。王贤民教授担任主审,他认真、仔细地审阅了全部书稿,并提出了许多宝贵的意见和好的建议,在此表示衷心感谢。

由于编者水平所限,书中有不妥之处,诚恳希望专家、同仁和广大读者批评指正。

编 者

2005年10月于南京

目 录

第一篇 学习指导与练习

绪 论	1
第一章 机械设计概论	4
第二章 平面机构的结构分析	7
第三章 平面四连杆机构	13
第四章 凸轮机构	19
第五章 间歇运动机构	24
第六章 齿轮机构	26
第七章 齿轮系	31
*第八章 机械的调速与平衡	37
第九章 键联接和销联接	40
第十章 螺纹联接	43
第十一章 带传动	48
第十二章 链传动	55
第十三章 齿轮传动	57
第十四章 蜗杆蜗轮传动	70
第十五章 轴	80
第十六章 滑动轴承	85
第十七章 滚动轴承	87
第十八章 联轴器和离合器	90

第二篇 实验指导

绪 论	93
实验一 平面机构运动简图的绘制和分析	96
实验二 渐开线齿廓范成原理	100
实验三 渐开线直齿圆柱齿轮基本参数的测定	106
实验四 带传动的滑动率和效率的测定	113
实验五 减速器的装拆和结构分析	120
实验六 刚性回转件的静平衡和动平衡	125
参考文献	132

第一篇 学习指导与练习

绪 论

一、学习内容和要求

“机械设计基础”课程是机械类专业非常重要的专业基础课。绪论学习的主要内容是：(1) 机械、机器和机构的概念及机械和机械制造在社会主义现代化建设中的作用；(2) “机械设计基础”课程学习的内容、目的和要求，以及课程的特点和学习方法；(3) 机械科学的发展概况(供学生课外阅读)。

通过绪论的学习，了解机械类专业开设“机械设计基础”课程的必要性；明确机械、机器和机构、构件和零件、通用零件和专用零件等基本概念；初步了解本课程研究的对象与内容、学习要求，以及本课程的性质、任务、特点和学习方法；对机械科学的发展概况，特别是我国古代对机械科学的贡献，有所了解。

二、考核要求

(一) 熟练掌握内容

- (1) 机械、机器、机构，机器的组成。
- (2) 构件和零件、通用零件和专用零件等基本概念。
- (3) “机械设计基础”课程学习的内容、目的和要求。
- (4) “机械设计基础”课程的性质、任务、特点和学习的方法。

(二) 理解内容

- (1) 机械和机械制造在社会主义现代化建设中的作用。
- (2) 机械科学的起源与我国古代科学家的贡献。
- (3) 机械科学的发展时期与我国近代的机械制造技术发展概况。

三、学习难点

由于没有实践经验的学生刚开始接触到机械学科方面的概念，特别是金

工实习条件不太理想的学校的学生,对机械方面的概念感到抽象,故对下列名词的理解有困难。不过,对这些名词术语的理解,将在今后的学习过程中逐渐加深。

- (1) 机械、机器、机构,机器的组成。
- (2) 构件和零件、通用零件和专用零件等基本概念。

四、绪论小结

机械的产生和发展与人类社会发展进步紧密相联,它是人类改造自然的主要工具。

1. 机器在结构上有三个共同特征:(1) 机器是人们根据某种使用要求而人为创造出来的若干实物的组合。(2) 机器的各部分之间具有确定的相对运动。(3) 机器能完成有用的机械功或实现机械能的转换。

2. 机构只具备机器的前两个特征。机器与机构的区别仅在于能否完成有用的机械功或进行机械能的转换。从运动的观点来看,两者没有差别,工程上把机器和机构统称为“机械”。

3. 组成机械的各个相对运动的部分(即运动单元)称为构件,机械中不可拆分的制造单元体称为零件。构件可以由单一零件组成,也可以是多个零件的刚性组合。零件又分为通用零件和专用零件,前者在各种机器中都广泛使用,后者只在某种特定类型的机器中才使用。

4. 机器在功能上由五个部分组成:动力系统、工作系统、执行系统、操纵系统和控制系统、辅助系统。

5. “机械设计基础”是机械类专业的一门重要的专业基础课,研究内容包括机械原理和机械零件两个部分,机械原理是以常用机构作为研究对象,机械零件是以通用零件作为研究对象。

6. 学习“机械设计基础”课程的目的,一是为学习后续课程和专业课奠定基础,为从事专业工作创造必要的条件。二是提高学生分析问题和解决问题的能力,也就是提高学生的综合素质。通过本课程的学习,应达到四个方面的基本要求:(1) 熟悉常用机构的组成、工作原理、特点、应用,以及运动特性和设计的基本知识。(2) 熟悉通用零件的工作原理、特点、结构(标准零件的标准),掌握通用零件设计(或选用)的基本方法。(3) 学会使用设计资料进行简单机械传动装置的设计。(4) 能对一般机构的特性和一般使用条件下的通用零件常见失效原因进行分析,解决生产实际中有关机械零部件结构方面的问题。在学习过程中,要重视实践性教学环节(如机械设计基础实验和相关内容的实训),要注意运

用辩证唯物主义的观点和方法,认真做好课程的复习,要善于做好学习内容的阶段总结。

五、思考题

- 0-1 什么是机械? 什么是机器? 什么是机构? 机器与机构有何联系和区别?
- 0-2 什么是构件? 什么是零件? 构件与零件有何联系和区别?
- 0-3 从功能系统的角度来看,机器是由哪些部分组成的? 各部分的作用是什么?
- 0-4 以自行车为例,列举两个构件,说明其主要由哪几个零件组成?

六、习题

- 0-1 试分析家用缝纫机、洗衣机、机械式钟表是机器还是机构? 为什么?

第一章 机械设计概论

一、学习内容和要求

本章是在学习“机械设计基础”的具体机构和具体零件之前,对机械设计的有关知识所做的简要介绍。学习的主要内容是:(1)工程上对机械设计的基本要求、机械设计的类型和机械设计的一般过程;(2)机械零件失效的一般形式、设计计算准则和设计计算;(3)机械零件设计的结构工艺性和标准化。

通过本章学习,了解机械设计的基本要求和一般过程;初步了解机械零件的失效形式和工作能力计算准则,以及机械零件设计的结构工艺性和标准化问题。

二、考核要求

(一) 熟练掌握内容

- (1) 工程上对机械设计的基本要求。
- (2) 机械零件的工作能力计算准则。
- (3) 机械零件的失效形式。

(二) 理解内容

- (1) 机械设计的一般过程。
- (2) 机械零件设计的结构工艺性。
- (3) 机械零件设计标准化问题。

三、学习难点

由于学生没有实践经验,对机械设计方面的问题感到陌生,无法理解,这是很正常的。不过,这里只是一般性了解,不要求掌握,这些问题只有在今后通过具体零件的结构设计,以及课程设计、毕业设计,特别是工作实践,才能真正掌握,不要产生紧张心理。

- (1) 机械设计一般过程。

(2) 机械零件设计的结构工艺性。

四、本章小结

本章所述内容是机械设计的一般概念,其目的是让读者对机械设计所涉及的问题有大致地了解。这些问题,将在以后各章中逐步具体介绍,读者也将逐渐加深对问题的理解。

1. 机械产品设计应满足的基本要求是:功能要求、可靠性要求、经济性要求,并兼顾操作方便的要求、安全性要求、环保要求和外观要求等。机械产品设计的类型有三种:创造实现预期功能的新机械的创新性设计;在原有机械的基础上做局部改进或增加附加功能的改进性设计;以及改变主要参数或结构的系列化设计。

2. 不同类型的机械产品、不同类型的设计,其设计过程不尽相同,产品的开发性设计过程大致分为规划设计(包括市场调查、可行性分析、编制设计任务书)、方案设计、技术设计、施工设计及改进设计等五个阶段。

3. 机械零件丧失预定的工作能力或预定的功能指标降低到许用值以下的现象,称为机械零件的失效。但是,失效并非意味着破坏。机械零件由于各种原因而导致失效的形式很多,主要有断裂、过量变形、表面失效、破坏正常工作条件引起的失效。各种疲劳破坏、腐蚀、磨损是引起机械零件失效的主要原因。

4. 为了保证机械零件能正常工作,在设计零件时应首先根据机械零件失效分析的结果,制定机械零件的设计准则。在机械零件设计中常用到的准则有:强度计算准则、刚度计算准则、振动稳定性计算准则、耐热性计算准则和耐磨性计算准则。而在设计中的计算,又分为设计计算和校核计算。

5. 所设计的机械零件的结构工艺性,是指在满足使用要求的前提下,能够以低廉的成本很方便地制造出来,这是零件的制造可行性和加工经济性的有效综合,也就是用最低的费用将零件制造出来,并且装拆和维护方便。对机械零件的结构工艺性要求主要包括:合理选择毛坯;结构形状合理便于机械加工;规定合理的制造精度和表面粗糙度;考虑装拆工艺性等方面。

6. 机械产品标准化的内容包括零件的标准化、零部件的通用化与产品的系列化等三个方面,简称机械产品的“三化”,这是工程技术人员必须遵循的国家制定的技术政策。其目的是为了提高产品的质量,降低设计和制造成本,也便于维修。

五、思考题

- 1-1-1 工程上对机械产品设计的基本要求有哪些?
- 1-1-2 什么是机械零件的失效? 一般机械零件失效的主要原因常见的有哪些?
- 1-1-3 为了保证机械零件的正常工作,在机械零件设计中常用到的设计准则有哪些? 哪些准则是在“材料力学”课程中学习过的?

六、习题

- 1-1-1 试举例说明机械设计的过程及各阶段的主要任务。
- 1-1-2 试举例说明机械零件设计的结构工艺性。
- 1-1-3 根据现有知识(包括感性的和理论的),以自行车为例,试写一篇小论文,阐述国家对机械产品标准化的意义,不少于 600 字。

第二章 平面机构的结构分析

一、学习内容和要求

平面机构的结构分析是“机械设计基础”课程的重要内容之一。本章学习的主要内容是：(1) 平面机构的组成；(2) 平面机构运动简图的绘制方法；(3) 平面机构自由度的计算。

通过本章学习,要达到以下要求：

(1) 掌握各种平面运动副的特征和一般表示方法。能较熟练地读懂教材中的平面机构运动简图(或示意图)。

(2) 初步掌握将实际机构绘制成机构运动简图(或示意图)的方法,并能绘制简单的由四个构件组成的平面机构运动简图(或示意图)。

(3) 能够判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。会正确运用平面机构自由度计算公式(2-2)计算平面机构的自由度。运用机构具有确定的相对运动的条件判断机构的运动是否确定。

二、考核要求

(一) 熟练掌握内容

- (1) 运动副的定义及其分类和特点。
- (2) 平面机构运动简图(或示意图)的绘制方法。
- (3) 平面机构运动简图中的运动副和构件的表示符号。
- (4) 平面机构自由度的计算公式和计算方法(包括三个注意事项)。
- (5) 机构具有确定的相对运动的条件。

(二) 理解内容

- (1) 平面机构运动简图的作用。
- (2) 平面机构运动简图中的比例尺。

三、学习难点

平面机构自由度的计算公式本身虽很简单,但由于机构的组成形式千

变万化,所以应用公式进行计算时感到困难重重。其难点所在,是正确判断复合铰链、局部自由度,特别是判断虚约束的难度更大些。虚约束相对比较复杂,不要求深入研究,只要求比较熟练地掌握教材中所讲述的五种情况。能否正确判断虚约束问题的根本解决方法,只有靠多看平面机构运动简图并多做计算。

在综合应用时,首先就要正确判断和处理好上述“三个注意事项”,才能正确进行平面机构自由度的计算,最后判断机构是否具有确定的相对运动。

四、本章小结

研究本章的主要目的是建立机构具有确定的相对运动的条件:机构的自由度必须大于0,并且机构的主动构件数与机构的自由度数相等。

本章的重点内容为平面机构自由度的计算,本章的基本要求就是会计算简单的平面机构的自由度。首先要熟练掌握平面机构自由度计算的基本公式 $F=3n-(2P_L+P_H)$,了解各参数的意义和确定方法,数目不能数错。此外,还应掌握在计算机构自由度时需要注意的三个事项——复合铰链、局部自由度和虚约束的概念及其处理方法。

为此,还必须了解构件、运动副的概念及其表示;平面低副(转动副和移动副)具有1个自由度和2个约束,平面高副具有2个自由度和1个约束;平面机构运动简图的概念及其画法(主要是要求能看懂),平面机构运动简图具有相应的比例尺,而平面机构示意图则不要求按比例尺绘制。这些都是计算平面机构自由度的基础,必须很好地掌握。

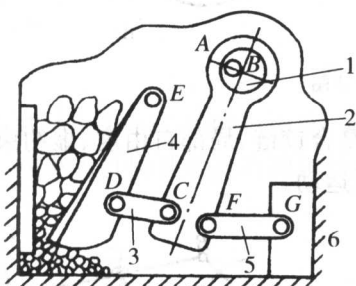
五、思考题

- 1-2-1 什么是平面机构? 什么叫运动副? 高副和低副有何特点?
- 1-2-2 什么是构件的自由度? 什么是约束? 两者之间有什么具体关系?
- 1-2-3 什么是机构运动简图? 它和机构示意图有什么区别? 如何绘制机构运动简图?
- 1-2-4 什么是机构的自由度? 平面机构的自由度如何计算?
- 1-2-5 机构具有确定的相对运动的条件是什么? 不符合这个条件将会出现什么情况?
- 1-2-6 什么叫复合铰链? 什么叫局部自由度? 什么叫虚约束? 常见的虚约束有哪几种? 在计算机构自由度时应怎样处理复合铰链、局部自由度和

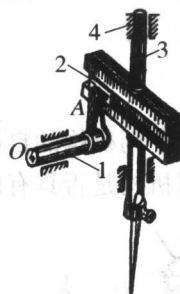
虚约束?

六、习 题

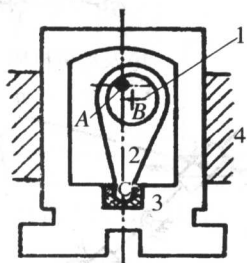
1-2-1 试绘制下列机构的运动简图。



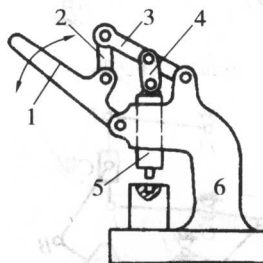
a) 颚式破碎机机构



b) 缝纫机机针机构



c) 冲压机构

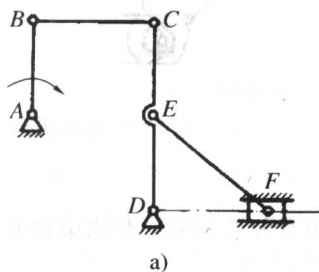


d) 手动冲床机构

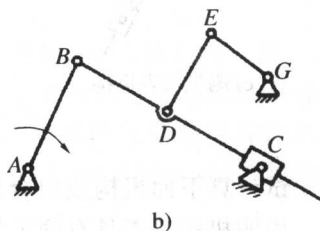
题 1-2-1 图

1-2-2 试计算题 1-2-1 中各机构的自由度。

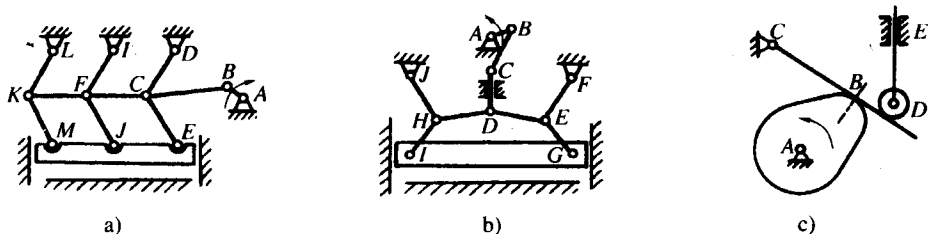
1-2-3 试计算下列机构的自由度,如有复合铰链、局部自由度、虚约束请指出,并说明机构是否具有确定的相对运动。



a)

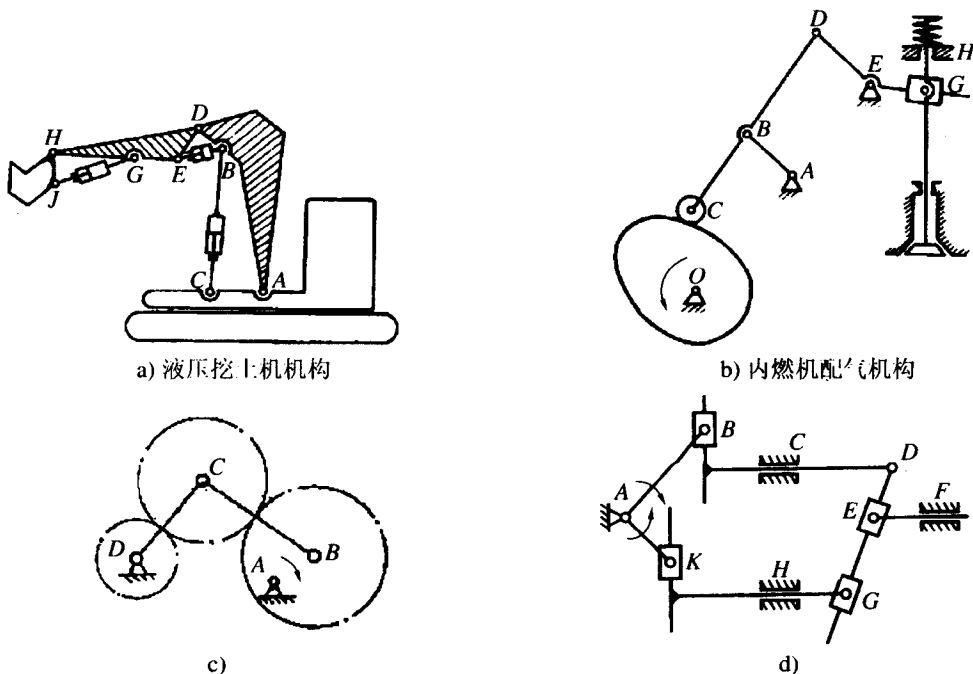


b)



题 1-2-5 图

1-2-6 试计算下列机构的自由度,如有复合铰链、局部自由度、虚约束请指出,并说明机构是否具有确定的相对运动。



题 1-2-6 图

1-2-7 有一简易冲床如图所示。设计者的思路是:动力由齿轮 1 输入,使轴 A 连续等速回转,而固装在轴 A 上的凸轮 2 与杠杆 3 组成的凸轮机构将使冲头 4 上下运动,以达到冲压的目的。试绘出该简易冲床的机构运动简图,计算其自由度后分析其运动情况,如不能运动,请提出修改意见并绘出修改后的机构运动简图。