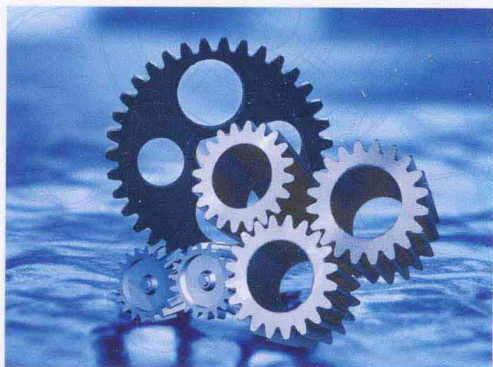




高等院校网络教育系列教材



机械原理

JIXIE YUANLI

高志 主编

殷勇辉 章兰珠 崔立 参编



华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS



高等院校网络教育系列教材

机械原理

主编 高志

参编 殷勇辉 章兰珠 崔立



华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

· 上海 ·

图书在版编目(CIP)数据

机械原理/高志主编. —上海:华东理工大学出版社, 2013. 8

高等院校网络教育系列教材

ISBN 978-7-5628-3589-9

I. ①机… II. ①高… III. ①机构学-高等学校-教材

IV. ①TH111

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 132628 号

内容提要

本书是机械原理精品课程建设的系列成果之一。全书以培养现代工程技术人才为目标,以提高机械系统方案创新设计能力为重点,将内容分为五篇。第一篇:总论;第二篇:机构的组成和分析;第三篇:常用机构及其设计;第四篇:机械系统的动力学;第五篇:机械运动系统的方案设计。

本书针对远程教育和继续教育的教学特点,将全书分为 63 个学习单元,各单元学习相对独立,便于学生利用业余和零散时间完成课程内容的学习。

本书可作为网络学院和继续教育学院机械类各专业的教学用书,也可作为本科各相关专业及工程技术人员学习的参考书。

高等院校网络教育系列教材

机械原理

主 编 / 高 志

责任编辑 / 徐知今

责任校对 / 李 晔

出版发行 / 华东理工大学出版社有限公司

地 址: 上海市梅陇路 130 号, 200237

电 话: (021)64250306(营销部)

(021)64252722(编辑室)

传 真: (021)64252707

网 址: press.ecust.edu.cn

印 刷 / 上海展强印刷有限公司

开 本 / 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 / 17.25

字 数 / 440 千字

版 次 / 2013 年 8 月第 1 版

印 次 / 2013 年 8 月第 1 次

书 号 / ISBN 978-7-5628-3589-9

定 价 / 42.00 元

联系我们: 电子邮箱 press@ecust.edu.cn

官方微博 e.weibo.com/ecustpress

淘宝官网 <http://shop61951206.taobao.com>



序

网络教育是依托现代信息技术进行教育资源传播、组织教学的一种崭新形式,它突破了传统教育传递媒介上的局限性,实现了时空有限分离条件下的教与学,拓展了教育活动发生的时空范围。从1998年9月教育部正式批准清华大学等4所高校为国家现代远程教育第一批试点学校以来,我国网络教育历经了若干年发展期,目前全国已有68所普通高等学校和中央广播电视大学开展现代远程教育。网络教育的实施大大加快了我国高等教育的大众化进程,使之成为高等教育的一个重要组成部分;随着它的不断发展,也必将对我国终身教育体系的形成和学习型社会的构建起到极其重要的作用。

华东理工大学是国家“211工程”重点建设高校,是教育部批准成立的现代远程教育试点院校之一。华东理工大学网络教育学院凭借其优质的教育教学资源、良好的师资条件和社会声望,自创建以来得到了迅速的发展。但网络教育作为一种不同于传统教育的新型教育组织形式,如何有效地实现教育资源的传递,进一步提高教育教学效果,认真探索其内在的规律,是摆在我们面前的一个新的、亟待解决的课题。为此,我们与华东理工大学出版社合作,组织了一批多年来从事网络教育课程教学的教师,结合网络教育学习方式,陆续编撰出版一批包括图书、课程光盘等在内的远程教育系列教材,以期逐步建立以学科为先导的、适合网络教育学生使用的教材结构体系。

掌握学科领域的基本知识和技能,把握学科的基本知识结构,培养学生实践中独立地发现问题和解决问题的能力是我们组织教材编写的一个主要目的。系列教材包括了计算机应用基础、大学英语等全国统考科目,也涉及了管理、法学、国际贸易、机械、化工等多学科领域。

根据网络教育学习方式的特点编写教材,既是网络教育得以持续健康发展的基础,也是一次全新的尝试。本套教材的编写凝聚了华东理工大学众多在学科研究和网络教育领域中有丰富实践经验的教师、教学策划人员的心血,希望它的出版能对广大网络教育学习者进一步提高学习效率予以帮助和启迪。

华东理工大学副校长 涂善东

前 言

机械原理是研究机械共性问题的课程,是培养机械类专业人才的重要专业基础课程,是联系基础课程与专业课程的桥梁,在机械学科体系中起着承上启下的作用。在培养具有创造性机械人才所需的知识结构中占有核心地位。

本教材是在“十五”国家重点图书《机械原理》的基础上,应华东理工大学网络教育学院的要求,为满足远程教育和继续教育的专业教学要求而编写的。

本教材的编写以现代工程技术人才为培养目标,以创新型应用型机械类人才为对象,内容力求简洁、新颖、实用。

本教材在重点阐述机械原理基本概念、基本原理和基本方法的同时,在选材上注重体现应用性和实践性。在注重理论推导过程的同时,加强了机构应用内容的介绍,在教学方法上,既采用了概念清晰、方法步骤明确的图解法,又注重了适应现代技术需求,易于采用计算机精确求解的解析法,提高了教学方法的选择性和学习的灵活性。

本教材共分为五篇 12 章,按内容分为 64 个学习单元,每单元内容相对独立,每个单元均设有单元导学、单元学习、单元知识点、单元自测题等栏目,便于学生利用零散的时间进行系统学习。

学生在使用本教材的过程中,建议按本教材的编写特点,分单元进行学习。每次完成一个学习单元,每单元为一个教学课时,在完成一个学习单元后,应认真思考、独立完成单元自测题,有问题及时与老师沟通。在完成一章学习后,应进行本章学习内容的回顾,以形成对本章内容的系统概念和知识体系。在学习过程中,应注意将所学知识与实际案例相联系,以对所学知识进行消化理解并尽量在实际工作中得到应用。

本教材由华东理工大学机械原理精品课程建设小组编写,全书由高志主编,殷勇辉、章兰珠、崔立参与了相关章节的编写工作,最后由高志、殷勇辉、章兰珠、崔立共同对全书进行了多次修改和审核。

由于编者水平有限,不当及欠妥之处在所难免,真诚希望同仁及广大读者批评指正。

编 者
2013 年 5 月

目 录

第一篇 总 论

1 绪论	1
1.1 机械的定义及相关概念	1
1.2 机械工业在国民经济中的作用	5
1.3 机械原理的学习内容	6
1.4 机械原理的学习目的	6
1.5 机械原理课程的学习方法	7

第二篇 机构的组成和分析

2 机构的组成和结构分析	8
2.1 机构的组成	8
2.2 机构运动简图	13
2.3 机构自由度的计算及机构具有确定运动的条件	17
2.4 计算机构自由度的注意事项	20
2.5 平面机构的组成原理与结构分析	23
3 平面机构的运动分析	29
3.1 机构运动分析的目的和方法	29
3.2 速度瞬心法在平面机构运动分析中的应用	30
3.3 整体运动分析法在平面机构运动分析中的应用	35
3.4 杆组法在平面机构运动分析中的应用	39
4 平面机构的力分析和机械效率	46
4.1 机构力分析的目的和方法及作用在机构上的力	46
4.2 杆组法在平面连杆机构动态静力分析中的应用	49
4.3 运动副中的摩擦和自锁	53
4.4 考虑摩擦时平面机构的动态静力分析	57
4.5 机械的效率	61
4.6 机械的自锁	65

第三篇 常用机构及其设计

5 平面连杆机构及其设计	69
5.1 连杆机构的传动特点及平面四杆机构的基本类型	69

5.2	平面四杆机构的演化	74
5.3	平面四杆机构的基本特性 1	81
5.4	平面四杆机构的基本特性 2	85
5.5	平面连杆机构的设计——图解法	89
5.6	平面连杆机构的设计——解析法	93
6	凸轮机构及其设计	96
6.1	凸轮机构的应用及分类	96
6.2	凸轮机构从动件的运动规律及其设计	100
6.3	凸轮轮廓曲线的设计	107
6.4	盘形凸轮机构基本尺寸的确定	114
7	齿轮机构及其设计	119
7.1	齿轮机构的应用、特点与分类	119
7.2	齿廓啮合基本定律与齿轮的共轭齿廓曲线	122
7.3	渐开线齿廓及其啮合特性	124
7.4	渐开线标准齿轮的基本参数和尺寸计算	128
7.5	渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	133
7.6	渐开线齿轮的连续传动	137
7.7	渐开线齿轮的加工	141
7.8	齿轮设计、检测和加工中的几个问题	144
7.9	斜齿圆柱齿轮的基本概念与几何尺寸计算	148
7.10	斜齿圆柱齿轮的啮合传动	152
7.11	交错轴斜齿圆柱齿轮传动	156
7.12	蜗轮蜗杆传动的基本概念	159
7.13	蜗杆传动的的基本参数与传动特点	162
7.14	直齿圆锥齿轮传动	165
8	齿轮系及其设计	170
8.1	齿轮系的概念、类型和应用	170
8.2	定轴轮系的传动比	173
8.3	周转轮系的传动比	178
8.4	复合轮系的传动比	182
8.5	轮系的设计及功用	185
9	其他常用机构	188
9.1	棘轮机构	188
9.2	槽轮机构	194
9.3	凸轮式间歇运动机构	199
9.4	螺旋机构	201

第四篇 机械系统的动力学

10 机构的运转及其速度波动的调节	205
10.1 概述	205
10.2 机械系统运动方程的建立	210
10.3 机械系统运动方程式的求解	215
10.4 机械速度波动及其调节方法	218
11 机构的平衡	224
11.1 机械平衡的目的、分类与方法	224
11.2 刚性转子的静平衡	226
11.3 刚性转子的动平衡	229
11.4 平面机构的平衡	233

第五篇 机械运动系统的方案设计

12 机械运动系统的方案设计	237
12.1 执行机构的功能原理设计	237
12.2 执行机构的运动方案设计	241
12.3 执行机构的型式设计	245
12.4 执行机构的运动协调设计及设计实例	251
12.5 原动机的选择	255
12.6 机械传动系统方案设计	258
12.7 机械系统运动方案的评价	266
参考文献	268

第一篇 总 论

篇导学

本篇是机械原理的入门篇,从基本概念入手,将学生引入“机械科学”的殿堂。作为机械类专业的核心课程,机械原理所涉及的基本理论和基本概念较多,理解和掌握有一定的难度,因此,在开始学习的时候,要首先把握基本思想,建立起初步的概念,以逐步形成“机械原理”的知识体系。

1 绪 论

章导学

在《机械原理》课程学习前,让我们先思考下面几个问题:

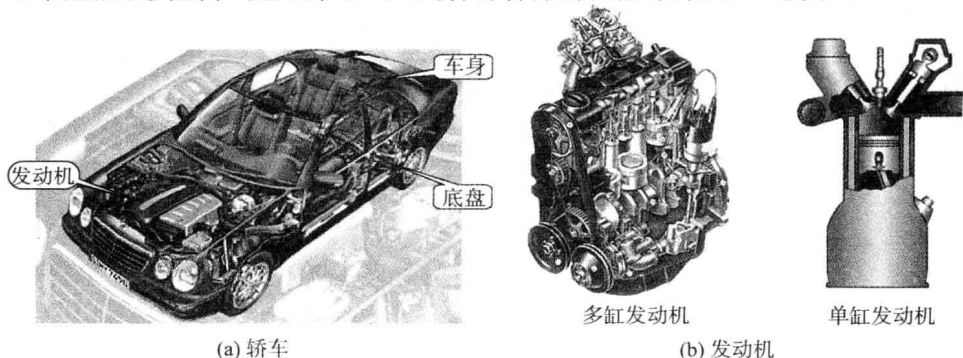
- (1) 什么是机械?
- (2) 机械工业在国民经济中的作用?
- (3) 机械原理课程的学习内容是什么?
- (4) 机械原理课程的学习目的是什么?

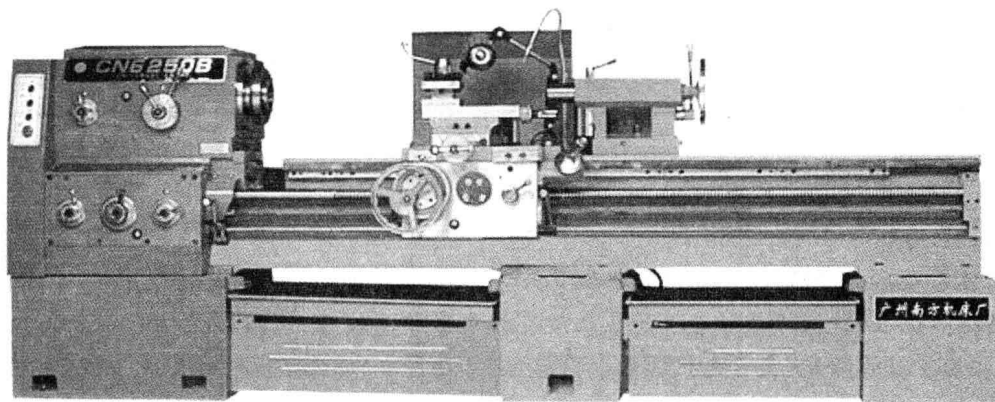
1.1 机械的定义及相关概念

机械是机器和机构的总称。各种机器的构造、用途和性能虽然各不相同,但从它们的组成、运动和功能等方面分析,可以对机器作如下定义:机器是一种人为的实物组合,是具有确定机械运动的装置,它可以用来完成有用功、转换能量或处理信息,以代替或减轻人类的劳动。

例如各种机床用来变换物料的状态,汽车、起重机等用来传递物料,发电机或电动机用来转换能量,计算机用来变换和处理各种信息等。

在日常生活和实践中,随处都可以见到各种各样的机器,如图 1-1 所示:

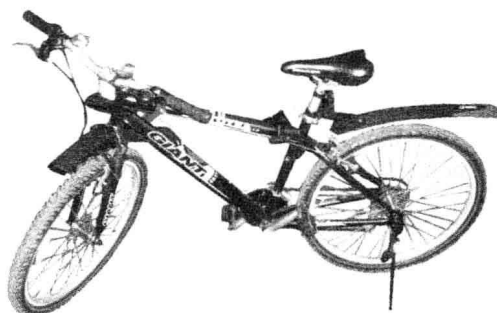




(c) 车床



(d) 洗衣机



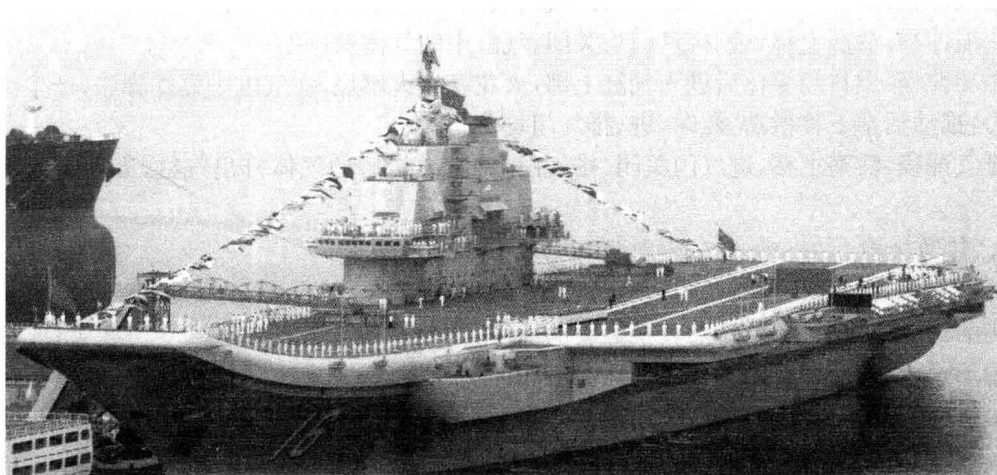
(e) 自行车



(f) 火炮



(g) 飞机



(h) 航空母舰

图 1-1 各种各样的机器

通常,一台完善的机器具有四个组成部分,即原动机、传动机构、执行机构和控制系统。

1. 原动机

原动机用于提供动力。常用的原动机主要有内燃机、电动机等,原动机通常是将其其他形式的能量转换为机械能,如内燃机是将燃料的化学能转换为机械能,电动机是将电能转换为机械能。

单缸四冲程内燃机如图 1-2 所示,它由汽缸体 1、活塞 2、进气阀 3、排气阀 4、连杆 5、曲轴 6、凸轮 7、顶杆 8、齿轮 9 和 10 等组成。

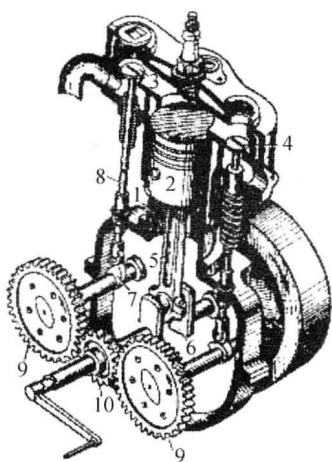
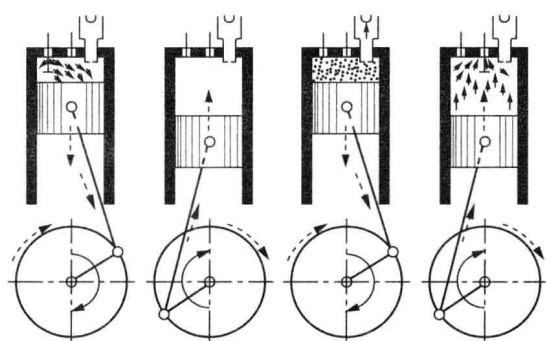


图 1-2 内燃机



(a) 进气冲程 (b) 压缩冲程 (c) 做功冲程 (d) 排气冲程

图 1-3 内燃机的四个冲程

燃气推动活塞往复移动,经连杆转变为曲轴的连续转动;凸轮和顶杆是用来启闭进气阀和排气阀的;为了保证曲轴每转两周进、排气阀各启闭一次,曲轴与凸轮轴之间安装了齿数比为 1:2 的齿轮;这样,当燃气推动活塞运动时,各构件协调动作,进、排气阀有规律地启闭,加上汽化、点火等装置的配合,就把热能转化为曲轴回转的机械能。

内燃机的四个冲程如图 1-3 所示。

进气冲程:活塞下移,进气门打开、排气门关闭、外界空气进入气缸;

压缩冲程:活塞上移,进、排气门均关闭、气缸中的气体被压缩;

做功冲程:燃料经雾化后进入气缸上部,火花塞点火燃烧,在气缸中爆炸膨胀,产生巨大的推动力,推动活塞下移做功,此时,进、排气门均关闭;

排气冲程:活塞上移,进气门关闭、排气门打开,燃烧后的气体排出气缸,准备进入下一个循环。

2. 传动机构

传动机构是按照执行机构作业的特定要求,将运动和动力从原动机传递给执行机构。传动机构的功能主要有两种,一是转换运动的速度,由此产生了各种减速和变速装置;二是转换运动的形式,如实现旋转运动与直线运动之间的转换等,由此产生的机构如丝杠螺母机构、曲柄滑块机构等。

3. 执行机构

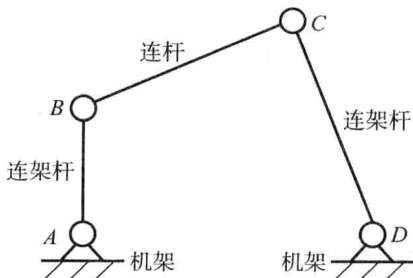
执行机构用于实现机器的功能,如机床的刀架、机器人的手爪等;它是一部机器中最接近作业工作段的机构,机器通过执行机构和被作业件相接触,以完成作业任务。如:起重机和挖掘机中的起重吊运和挖掘机构。

4. 控制系统

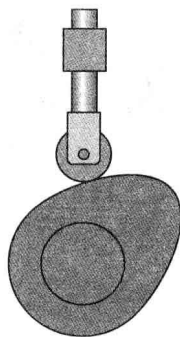
控制系统的功能是使机器实现预期的运动,保证机器各组成部分之间工作协调,以及与外部其他机器或原动机之间的工作关系协调。它通常由各种传感器、继电器、控制器和计算机等组成。

例如,用各种传感器收集机器内、外部的信息,输入计算机进行处理,并向机器各部分发出指令,使之协调地进行工作,达到提高工作质量和生产效率以及降低能耗的目的。正是由于机器具有上述组成部分,所以绝大部分机器都具有机械运动,以完成机械功、转换机械能或进行信息处理。

机器中的机械运动大多是通过各种“机构”来实现的,如图 1-4 所示。一部机器通常包含一个或若干个机构,因此,机构是机器的重要组成部分。机构的定义为:机构是一个具有相对机械运动的构件系统,或称它是用来传递与变换运动和动力的可动装置。例如常见的连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、槽轮机构、螺旋机构、带传动机构和链传动机构等,它们都是实现某种运动和动力传递的可动装置。



(a) 连杆机构



(b) 凸轮机构

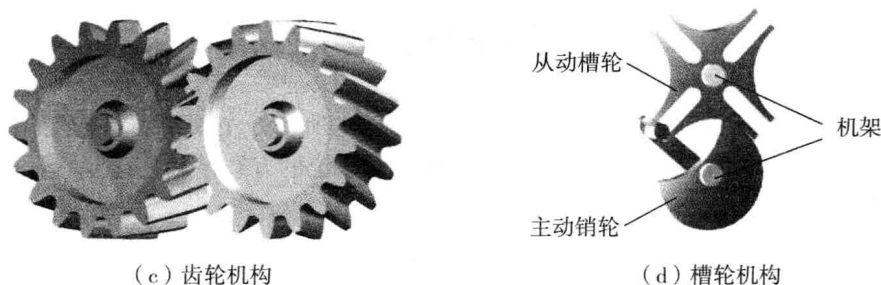


图 1-4 常用机构

1.2 机械工业在国民经济中的作用

工业是国民经济的主导。“没有工业,便没有巩固的国防,便没有人民的便利,便没有国家的富强”。

近代工业是从手工业发展起来的。18 世纪兴起的第一次产业革命,使机器和机器体系取代了手工劳动而成为近代大工业的技术基础。也只是到了这个时候,工业才最终成为一个独立的并在整个社会生产过程中发挥主导作用的社会物质生产部门。

机器的广泛使用,必然要求用机器生产机器。19 世纪初,建立了近代机器制造业,从而使机械化生产推广到了工业的各个部门,促进了能源产业、原料工业以及国民经济其他部门的发展,改变了工业和农业生产的面貌。

机械设备、生产工具作为社会生产力发展水平的物质标准,作为自然学科等知识形态的生产力转化为直接、现实的生产力载体,作为人类社会认识自然和改造自然的物质手段,是近代社会新的生产力的代表,是人类社会不断发展的技术基础。近代世界技术、经济的发展历史证明,每一次重大的技术、经济变革,无不是从新机器的发明开始的。而每一项重要新机器的发明,从蒸汽机、电动机到原子能设备、电子计算机,都把生产力向前推进了一大步,都把社会生产提高到了一个新水平。与此同时,机械工业本身也在两个多世纪的发展过程中,成长为现代化工业中一门众多领域的大工业部门,在国民经济中占有日益重要的地位和作用。

机械工业作为一个生产机器设备、生产工具的工业部门,在国民经济的发展中担负着十分重要的任务,起着非常重要的作用。首先机械工业是国民经济的装备部。无论农业、重工业、轻工业、交通运输业、邮电业、商业以及国防建设和科学文教卫生事业的发展,都需要机械工业提供多样的、符合需要的装备。其次,机械工业是国民经济的“改造部”。一个国家要使整个国民经济建立在现代化的基础上,都需要依靠技术进步,不断地对国民经济各个部门进行技术改造。这就要求机械工业不断向国民经济各个部门提供先进的现代化技术装备,以保证国民经济技术改造的需要。第三,机械工业是国民经济的服务部。它不仅要为重工业服务,而且要为现有企业的挖潜、革新、改造服务;不仅要为满足国内需要服务,而且要为扩大出口服务;不仅要为生产建设提供劳动手段,而且要为满足人民生活的需要向市场提供坚固耐用、物美价廉的消费品。

由机械工业的性质、任务决定,机械工业在国民经济的发展中占有很重要的地位。所以,机械制造在国民经济中有很大的作用。

1.3 机械原理的学习内容

机械原理的学习内容分为五篇、共 12 章,如表 1-1 所示。主要学习机构的组成和分析、常用机构及其设计、机构系统的动力学,以及机构运动系统的方案设计。这些内容构成了机械原理的知识体系。

表 1-1 机械原理知识体系

篇	章
第一篇 总论	第 1 章 绪论
第二篇 机构的组成和分析	第 2 章 机构的组成和结构分析
	第 3 章 平面机构的运动分析
	第 4 章 平面机构的力分析和机械效率
第三篇 常用机构及其设计	第 5 章 平面连杆机构及其设计
	第 6 章 凸轮机构及其设计
	第 7 章 齿轮机构及其设计
	第 8 章 轮系及其设计
	第 9 章 其他常用机构
第四篇 机构系统的动力学	第 10 章 机构的运转及其速度波动的调节
	第 11 章 机构的平衡
第五篇 机构运动系统的方案设计	第 12 章 机械运动系统的方案设计

1.4 机械原理的学习目的

学习机械原理课程的目的和作用,概括起来有以下几个方面。

1. 认识机械,了解机械

这是进入机械专业学习的第一步,从“外行”到“内行”的入门阶段。在机械原理课程中,通过对机械的组成原理、各种机械的工作原理、运动分析乃至设计理论和方法都作了基本的介绍,使学生们在日常认知的基础上,能够从专业的角度认识机械、了解机械。从而为使用机械提供帮助,而且这些有关机械的基本理论和知识将为学习下一阶段的专业课程打下基础。

2. 掌握方法,分析机械

机器或机构的一个突出的特点是做机械运动,而运动的相对性和运动几何学的基本概念贯穿于本课程的始终,如根据相对运动原理提出的“反转法”等一些基本方法,经常用于机构的分析和设计中,掌握和运用这些基本方法去分析现有的机构,从而使学生对机构的认识达到理性认识的高度,是本课程的另一个目的。

3. 开阔思路,设计和创新机械

机械原理课程所讲授的机构分析与设计的基本理论和基本方法,不仅用于解决本课程所学的机构设计,而且对以后的课程设计、毕业设计以及今后在工作中所遇到的技术问题的解决,都会提供必备的基础知识。如为了实现某种运动要求,在选择合适机构类型,构思并设计

基本机构和机械系统方面,机械原理所讲授的基本思想和方法,将起到十分重要的作用。分析比较各种机构的优缺点,权衡利弊,选择合适的机构,进而创造新机械等都必须具有上述知识。

4. 更新观念,发展机械学科

为了实现社会主义现代化的目标,就要在国民经济各部门逐步实现机械化和自动化,以不断提高劳动生产率,降低产品成本,提高产品质量。要实现机械化,就要创造出各种各样新的优质机器。在创新机器过程中,机构的正确运用,机械运动方案的合理选择,各种机构的设计和创新都需要机械原理的知识。尤其在计算机和计算技术快速发展的今天。需要把计算机的快速计算和图形功能引入机械设计之中,改进和革新机械分析与设计方法,把机械设计的方法与技术推向新阶段。这就要求我们在学习和研究机构分析与设计的基本理论的同时,注意更新观念,要把机、电、液、气、光的应用技术结合起来考虑问题,并积极应用计算机和计算技术。发展和创新机械,推动机械学科的发展。

1.5 机械原理课程的学习方法

作为一门现代远程教育课程,与常规的本科学习存在一定程度的不同,在教材编写上,尽量突出现代远程教育教学特点,以一学时为学习单元,使学生能够积累零散的时间,完成系统的学习。同时,学生应注意以下学习要求:

- (1) 坚持不懈是完成课程学习的基础:要求坚持按进度,按单元进行系统学习;
- (2) 认真思考是学习的前提:认真思考每个知识点,多问几个为什么;
- (3) 消化吸收是掌握知识的关键:仔细读懂例题的内容,结合单元内容,明确各例题阐述的概念和方法;
- (4) 学以致用是掌握知识的必要手段:认真完成单元自测题和每章习题,进一步理解单元中的知识点,通过习题进行复习和总结;
- (5) 对疑难问题,加强与指导老师的沟通,做好动态反馈。

单元知识点

机械,机器,机构,原动机,传动机构,执行机构,控制系统。

单元自测题

1. 试论述机器和机构的概念。
2. 机器主要由哪几部分组成? 各部分有什么功用?
3. 列举日常生活所用到的机械实例,分析其功用和结构组成。
4. 机械原理课程主要研究内容是什么?

第二篇 机构的组成和分析

篇导学

本篇由机构的组成和结构分析、平面机构的运动分析、平面机构的力分析和机械效率等 3 章组成,所讨论的是机械的共性问题和机械原理的核心问题,这部分内容所涉及的概念多,对知识的掌握程度要求高,需要在学习中不断地总结和消化。

2 机构的组成和结构分析

章导学

研究机构的组成和结构分析的目的:

(1) 研究组成机构的要素及机构具有确定运动的条件。

机构是各构件间具有相对运动的组合体,要研究机构,首先要了解机构是由哪些要素组成的,然后判断机构能否运动以及机构具有确定运动的条件。

(2) 研究机构的组成原理,并根据结构特点对机构进行分类。

机构虽然形式多样,但从结构上讲,它们的组成原理都是一样的。此外,根据结构特点,可对机构进行分类,并把机构分解成若干个基本杆组。同一类的基本杆组,可应用相同的办法对其进行运动分析和力分析。

(3) 研究机构运动简图的绘制,即研究如何用简单的图形表示机构的结构和运动状态。

(4) 研究机构的组成原理和结构分析方法。

2.1 机构的组成

单元导学

机构是机器的重要组成部分,机构又是由什么组成的呢? 本单元主要讲述机构的组成要素,由此引申出构件、运动副及其相关的基本概念。

单元学习

2.1.1 机构的组成要素

机构是具有相对运动的构件组合体,由各构件按一定方式连接而成。这种构件间的可动

连接称为运动副。因此,机构是由构件和运动副组成的。

2.1.2 构件

构件是运动的单元体,在分析和研究机构的运动时,是以构件作为研究对象的。构件可以由一个零件组成,也可以由多个零件刚性联结而成,这些零件之间没有相对运动。构件上的每一个零件都必须单独加工制作,因此从加工的观点来说,零件是制造的单元体。

2.1.3 运动副

在机构中,每个构件都要以一定方式与其他构件相互连接,这种连接是可动的,但其相对运动又受到一定的约束,以保证构件间具有确定的相对运动。两构件之间的这种直接接触而又能产生一定相对运动的活动连接称为运动副。

1. 运动副元素

两构件上参与接触而构成运动副的部分称为运动副元素。如图 2-1 所示,轴与轴承组成转动副,运动副元素分别为圆柱面和圆柱孔面;滑块与导轨组成移动副,运动副元素分别为棱柱面和棱柱孔面;一对齿轮啮合组成齿轮副,运动副元素为齿廓曲面。

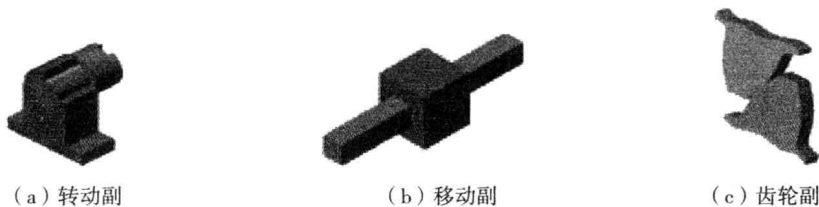


图 2-1 运动副元素

2. 高副和低副

两构件通过点或线接触而构成的运动副称为高副。齿轮副和凸轮副是机构中两种常见的高副。

两构件通过面接触而构成的运动副称为低副。转动副和移动副均属于低副。

2.1.4 自由度与约束

构件具有的独立运动的数目,称为构件的自由度。当物体在三维空间自由运动时,其自由度有 6 个,即分别沿 X 、 Y 、 Z 三个坐标轴的移动和绕它们的转动。当物体在平面内,如 XY 平面运动时,其自由度有 3 个,即分别沿 X 、 Y 两个坐标轴的移动和绕 Z 轴的转动。

两构件组成运动副后,相互间的运动会受到一定程度的限制,这种限制作用称为约束。如图 2-1(a)所示的轴和轴承组成转动副后,轴只能相对轴承绕一个坐标轴转动。这说明两构件以某种方式相连接而构成运动副后,其相对运动便受到约束,其自由度就相应减少,减少的数目等于该运动副所引入的约束数目。

2.1.5 运动副的分类

运动副有多种分类方法,常见的有以下几种:

(1) 根据运动副所引入的约束数分类。把引入一个约束的运动副称为 I 级副,引入两个约束的运动副称为 II 级副,依此类推,最末为 V 级副。