

1

- 新专业规范

- 新基本要求

- 新课程体系

- 新教学内容



21世纪机械类课程系列教材

机械原理

□ 张春林 主编



高等教育出版社
Higher Education Press

21 世纪机械类课程系列教材

机械原理

张春林 主编

高等教育出版社

内容摘要

本书是按照“加强基础、拓宽专业”的原则编写的机械基础课程系列教材之一。全书分为绪论篇、机构的组成与分析篇、基本机构及其设计篇、机构组合系统及其设计篇和机械系统动力学篇。绪论中主要讲述机械、机器、机构的基本概念以及机械原理课程的研究对象和研究内容；机构的组成与分析篇主要讲述机构的结构分析、机构的运动分析和受力分析；基本机构及其设计篇主要讲述连杆机构、凸轮机构、齿轮机构和其他常用机构的设计；机构组合系统及其设计篇主要讲述轮系及其设计、机构的组合设计和机械系统运动方案的设计；机械系统动力学篇主要讲述机械平衡设计和飞轮设计。

本书可作为高等学校机械类专业的教材，也可作为机械类专业远程教育用书，还可以作为机械设计领域工程技术人员参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械原理/张春林主编. —北京：高等教育出版社，

2006.1

ISBN 7-04-017683-1

I. 机... II. 张... III. 机构学-高等学校-教材
IV. TH111

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 124147 号

策划编辑 龙琳琳 责任编辑 贺玲 封面设计 王凌波 责任绘图 尹文军
版式设计 王莹 责任校对 张颖 责任印制 宋克学

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市西城区德外大街 4 号

邮政编码 100011

总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司

印 刷 北京地质印刷厂

开 本 787×1092 1/16

印 张 24.25

字 数 590 000

购书热线 010-58581118

免费咨询 800-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.landaco.com>

<http://www.landaco.com.cn>

畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2006 年 1 月第 1 版

印 次 2006 年 1 月第 1 次印刷

定 价 32.80 元 (含光盘)

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 17683-00

前 言

随着科学技术的飞速发展和教学改革的不深入,加强基础、拓宽专业,培养适合 21 世纪科学技术发展的高级工程技术人才,是高等学校建设的重要任务。因此,既具有基础课性质,又具有工程技术性质的机械原理课程教材的建设在机械工程专业中就显得非常重要。

目前,很多学校都根据教学改革和机械基础系列课程的建设需要,组织编写并出版了机械原理课程教材,并在机械类专业的人才培养过程中发挥了重要作用。随着教学内容与教学方法的不断改革、多媒体教学手段的采用、教学计划的调整和与国外同类课程教学计划的比较,机械原理课程的学时数不断减少。由 20 世纪 60 年代的 120 学时减少到 80 年代的 84 学时,又减少到 90 年代初的 72 学时,到 20 世纪 90 年代末期,基本上减少到 64 学时。进入 21 世纪后,机械原理的教学学时基本稳定在 56 学时左右。学时数减少了,传统经典的机械原理课程内容变化不大,但增加了反映最新科学技术发展或加强创新能力培养的内容,诸如机构运动分析与机构设计的解析法、机器人机构、机构组合及其机构系统运动方案的设计内容在教学中已有所反映,这就必然涉及机械原理课程内容与教学方法的进一步变革。本教材就是在总结近几年教学改革经验的基础上,根据学时减少、内容增加和教学手段与教学方法改革的要求组织编写的。同时,参照教育部最新制订的机械原理课程教学基本要求,重新编排了本教材的内容。既可供研究型大学使用,又可供普通大学使用。

本教材的指导思想是在加强基本理论、基本方法和基本技能培养的基础上,以设计为主线,注重创新意识和机构创新设计能力的培养,并按教学特点把机械原理的课程内容进行了重新规划整合。全部课程内容划分为机构的组成与分析篇、基本机构及其设计篇、机构组合系统及其设计篇以及机械系统动力学篇。从机构组成与分析入手,建立机构的基本概念后,讲述机构的设计理念与方法,再讲述基本机构如何组合成机构系统及其机构系统中的机构运动协调设计,最后讲述考虑到动力学因素的机械系统的平衡设计与调速设计,形成了完整的机构及其系统的教学新体系。

为突出设计主线,在传统的机构组成与结构分析内容中,增加了利用机构组合原理进行机构创新设计的内容,并纳入机构创新设计方法的内容中。在机构力分析内容中增加了利用摩擦特性设计自锁机构;在连杆机构设计内容中增加了连杆机构的变异设计;增加了机构的组合设计等内容;机械平衡改为机械平衡设计;机械运转过程中的速度波动的调节强调了飞轮设计;从体系和内容上贯穿了本教材的“设计”主线。

根据学生在课程设计等后续课程学习中的表现和毕业生的调查分析结果,目前理论力学中的类似内容不能完全代替机械原理课程中的内容,本书又强调了机构运动分析和力分析的传统内容,但在内容的编排上体现了由理论力学到机械原理的过渡,更加容易理解。

为便于教学,本书把机构分为基本机构和机构组合系统。根据机构组合系统的概念,把轮系及其设计划分到机构组合系统的内容中。

在分析与设计方法的处理上,本书保留了机构运动分析、力分析和连杆机构设计的图解法,

删减了凸轮机构设计、平衡设计和飞轮设计的图解法。而解析方法则贯穿全书,突出了先进计算技术在机械设计中的应用。

为配合教学工作,本书还配备了供教师课堂教学使用的教学资源库和 CAI 教学课件模版,教师可按任课专业的需要修改或完善适合自身教学特点的 CAI 课件。课件中包括三维动画、二维动画以及符合教学认知规律的动、静相结合的动画与图形。该课件也可供学生复习之用。

为帮助学生掌握机构分析与设计中的数学模型,本书在附录中提供了坐标变换与矩阵运算的数学过程;为配合学生阅读英文专业资料,本书按章节顺序编排了中英文名词对照。

参加本书编写的有:张春林(第一章、第九章、第十二章),张同庄(第二章),何放(第三章、第四章),丁洪生(第五章),付铁(第六章),荣辉(第七章),王晓力(第八章、第十章),李扶(第十一章),万小利(第十三章),殷耀华(第十四章),苏伟(第十五章),附录由付铁编写,中英文名词对照由北京工业大学张颖编写。全书由张春林负责统稿并担任主编。

北京科技大学的韩建友教授对全书进行了认真的审阅,并提出了许多宝贵的修改意见,在此表示衷心的感谢。

高等教育出版社为本书的出版给予了极大的支持,北京理工大学机械设计教研室的全体教师为本书的编写付出了极大的努力,在此一并表示感谢。

张春林

2005 年于北京

目 录

第一章 绪论	1	地位	5
第一节 机械原理的研究对象	1	第四节 机械原理课程的发展简介	7
第二节 机械原理课程的内容	4	第五节 机械原理课程的学习方法	8
第三节 机械原理课程在人才培养中的		习题	9

第一篇 机构的组成与分析篇

第二章 平面机构的结构分析	12	分析	36
第一节 基本概念	12	第三节 用相对运动图解法对机构进行	
第二节 机构运动简图	18	运动分析	41
第三节 机构具有确定运动的条件	21	第四节 用解析法对机构进行运动分析	48
第四节 平面机构自由度的计算	21	习题	54
第五节 平面机构的组成原理与结构		第四章 平面机构的力分析	57
分析	27	第一节 平面机构的力分析概述	57
习题	31	第二节 机构的动态静力分析	59
第三章 平面机构的运动分析	35	第三节 考虑摩擦的机构力分析	63
第一节 平面机构的运动分析概述	35	第四节 自锁机构的分析与设计	71
第二节 用速度瞬心法对机构进行速度		习题	73

第二篇 基本机构及其设计篇

第五章 平面连杆机构及其设计	78	第一节 齿轮机构的分类及应用	149
第一节 平面连杆机构的特点与基本		第二节 齿廓啮合的基本定律	151
型式	78	第三节 渐开线齿廓及其啮合特性	153
第二节 平面连杆机构的基本性质	87	第四节 渐开线标准直齿圆柱齿轮基本	
第三节 平面连杆机构的设计	92	参数和几何尺寸的计算	155
习题	108	第五节 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合	
第六章 凸轮机构及其设计	114	传动	161
第一节 概述	114	第六节 渐开线齿轮的加工及根切	
第二节 从动件的运动规律	120	现象	168
第三节 凸轮轮廓曲线的设计	127	第七节 变位齿轮的概念	172
第四节 凸轮机构基本尺寸的设计	135	第八节 变位齿轮传动的设计	174
第五节 凸轮机构的受力分析	143	第九节 平行轴斜齿圆柱齿轮机构	179
习题	147	第十节 交错轴斜齿圆柱齿轮机构	185
第七章 齿轮机构及其设计	149	第十一节 圆锥齿轮机构	187

第十二节 蜗杆传动机构	191	第二节 空间连杆机构自由度的计算 ...	216
习题	196	第三节 机器人机构概述	220
第八章 间歇运动机构及其设计	199	习题	225
第一节 棘轮机构	199	第十章 实现其他功用的机构简介	228
第二节 槽轮机构	204	第一节 螺旋传动机构	228
第三节 凸轮式间歇运动机构	208	第二节 摩擦传动机构	230
第四节 不完全齿轮机构	209	第三节 万向机构	231
习题	212	第四节 液压与气动机构	234
第九章 空间连杆机构及机器人机构 ...	213	习题	235
第一节 空间连杆机构概述	213		

第三篇 机构组合系统及其设计篇

第十一章 轮系及其设计	238	第五节 机构的并联组合与创新设计 ...	281
第一节 轮系及其分类	238	第六节 机构的叠加组合与创新设计 ...	283
第二节 定轴轮系传动比的计算	240	第七节 机构的封闭组合与创新设计 ...	286
第三节 周转轮系传动比的计算	243	第八节 其他类型机构的组合与创新设计	289
第四节 混合轮系传动比的计算	246	习题	290
第五节 轮系的功能及其应用	248	第十三章 机械系统运动方案的设计 ...	291
第六节 轮系的效率	250	第一节 机械系统运动方案设计的基本知识	291
第七节 行星轮系的设计	254	第二节 机械系统运动方案设计的构思	295
第八节 其他类型的行星轮系简介	258	第三节 机构系统的运动协调设计	299
习题	261	第四节 机械系统运动方案设计的过程与评估	303
第十二章 机构组合与创新设计	265	习题	306
第一节 基本机构及其运动特性	265		
第二节 基本机构及其组合的概念	272		
第三节 机构组成原理与机构创新设计	274		
第四节 机构的串联组合与创新设计 ...	279		

第四篇 机械系统动力学篇

第十四章 机械系统动力学	308	习题	332
第一节 作用在机械上的力及机械的运转过程	308	第十五章 机械的平衡设计与实验	335
第二节 机械系统的等效动力学模型 ...	312	第一节 概述	335
第三节 机械系统的运动方程及其求解	316	第二节 刚性转子的平衡设计	337
第四节 周期性速度波动及其调节	321	第三节 刚性转子的平衡实验	343
第五节 非周期性速度波动及其调节 ...	331	第四节 平面机构的平衡	347
		习题	353

附录 坐标变换	357
中英文名词对照	360
参考文献	376
作者简介	377

第一章 绪 论

介绍机械、机器、机构的基本概念,说明机械原理课程的研究对象、研究内容以及本课程在人才培养中的地位,建立机械原理课程是高等工科学校机械类专业中的重要技术基础课的概念。

第一节 机械原理的研究对象

一、机械的概念

机械是伴随人类社会的不断进步逐渐发展与完善的。从原始社会早期人类使用的诸如石斧、石刀等最简单的石制工具,到杠杆、辘轳、人力脚踏水车、兽力汲水车等简单木制工具,发展到较复杂的水力驱动和风力驱动的水碾和风车等都是机械。18世纪英国的工业革命以后,蒸汽机、内燃机、电动机的问世,促进了机械制造业、交通运输业的快速发展,人类开始进入机械文明社会。20世纪电子计算机的发明、自动控制技术、信息技术、传感技术的有机结合,使机械进入完全现代化阶段。机器人、数控机床、高速运载工具,重型机械、微型机械等大量先进机械设备加速了人类社会的繁荣和进步,人类可以遨游太空、登陆月球,可以探索辽阔的大海深处,可以在地面以下居住和通行,所有这一切都离不开机械,机械的发展已进入智能化阶段。机械已经成为现代社会生产和服务的五大要素(人、资金、能量、材料、机械)之一。

不同的历史时期,人们对机械的定义也有所不同。从广义角度讲,凡是能完成一定机械运动的装置都是机械。如螺丝刀、锤子、钳子、剪子等简单工具是机械,汽车、坦克、飞机、舰船、各类加工机床、机械手、机器人、复印机、打印机等高级复杂装备也是机械。无论其结构和材料如何,只要是能实现一定的机械运动的装置,就称之为机械。但是,在现代社会中,人们常把最为简单的、没有动力源的机械称为工具或器械,如杠杆、钳子、剪子、手推车等。工具是最简单的机械。而本书所讨论的是至少要含有一个以上动力源的复杂机械。

工程中,常把每一个具体的机械称为机器。就像日常生活中的“桌子”,是一个集合名词,是各种各样具体的桌子的统称。办公桌、饭桌、课桌、写字台、计算机桌等各种各样的桌子才是具体的桌子。也就是说,谈到具体的机械时,常使用机器这个名词,泛指时则用机械来统称。

现代机器的真正含义是:机器是执行机械运动的装置,用来变换或传递能量、物料与信息。机器的重要特征是执行机械运动,同时完成能量的转换、物料或信息的传递。坦克、导弹、汽车、飞机、轮船、车床、起重机、织布机、印刷机、包装机等大量具有不同外形、不同性能和用途的设备都是具体的机器,电视机不是机器,因其不是靠机械运动工作的。录像机是机器,其录、放像的功能是通过机械装置的运动和信息(视频信号与音频信号)的传递来实现的。

由于机器的重要特征是执行机械运动,工程中把机器中执行机械运动的装置称为机构。为研究方便,常用简单的符号和线条表示机构的组成情况和运动情况,并称之为机构简图。

如图1-1a所示为一四冲程的内燃机,是一个把热能转换为机械能的具体的机器。

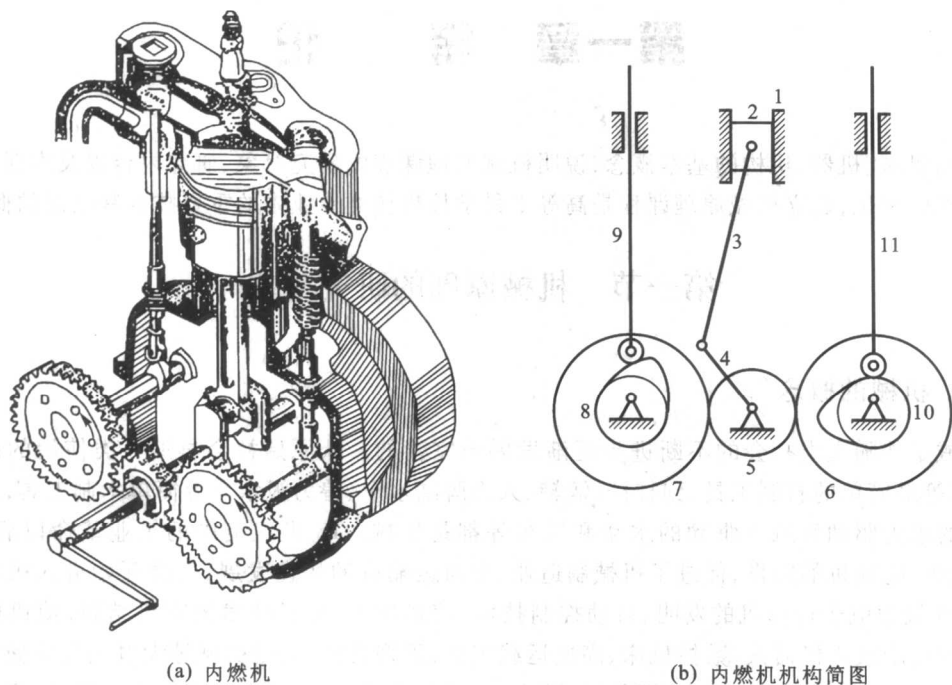


图 1-1 内燃机及其简图

图 1-1b 为内燃机的机构简图。在内燃机中,活塞 2 的往复移动通过连杆 3 推动曲轴 4 连续旋转,这种把活塞移动转化为曲轴连续转动的装置称为连杆机构。为保证缸体 1 按顺序吸进燃气和排出废气,凸轮机构(把控制进、排气阀运动的装置称为凸轮机构)完成凸轮 8 的转动到推杆 9 移动的运动变换。由于四冲程的内燃机中,活塞往复移动四次,曲轴转动两周,进气阀和排气阀各启闭一次,所以凸轮的转数要比曲轴的转数低一倍。也就是说,在曲轴和凸轮轴之间要设置减速齿轮 5、6、7,称为正时齿轮机构。正时齿轮机构实现了从匀速转动到减速转动的运动变换。使用机构简图对内燃机进行分析和设计时,大大简化了设计工作。由于缸体中进气、压缩、燃烧、排气的交替进行,导致曲轴运动速度不均匀,所以在曲轴的另一端还要安装调速飞轮。上述各机构协调动作,才能实现内燃机的工作要求。

综上所述,机构是组成机器的主体。为表明机器的组成和运动情况,常用机构运动简图来表示。

机构与机器的共同点都是实现机械运动的装置,所以从运动学的观点看,二者是一样的。不同点是机构没有能量的转换和信息的传递。所以,从机械运动的观点看问题,机构与机器没有本质区别,工程中常将机构与机器统称为机械。

二、机器的组成

根据机器的定义,机器中要有动力源,并称之为原动机;机器中还要有机械运动的传递装置

或机械运动形态的变换装置,常将它们称为机械传动系统和工作执行系统,统称机械运动系统;现代机器还必须有控制系统。图 1-2 所示为机器的组成示意框图。

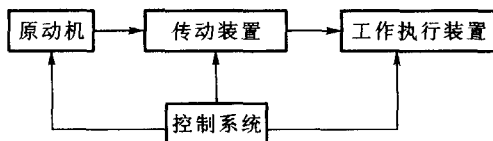


图 1-2 机器组成示意图

图 1-3 为电动大门机构示意图。动力源为三相交流异步电动机, CD 为大门, 固定铰链安装在门柱 D 处。原动机的转数很高, 大门的开启速度较低, 所以要经过齿轮传动机构把电动机的转数降下来, 图示的减速器就是速度变换机构。连杆机构 $ABCD$ 为大门启闭机构, 或称为工作执行机构。

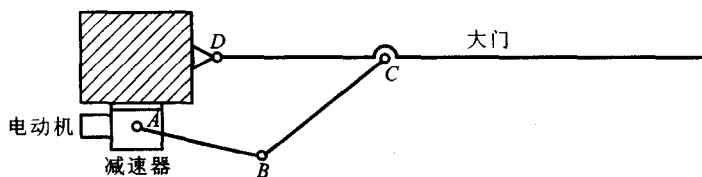


图 1-3 电动大门示意图

工程中应用的机器运动系统中,大都具有减速机构。但也有一些现代机器没有减速机构,直接用可控电动机驱动工作执行机构。

三、机械原理的研究对象

机械原理是研究有关“机械”基本理论的一门课程,其研究对象为机械。而机械又是机器和机构的总称,所以也可以说机械原理是研究机器和机构基本理论的科学。从前面内燃机的组成分析看,机构是机器中执行机械运动的主体,或者说机构是组成机器的要素。因此,机械原理的主要研究对象是机构,即研究机构的种类、机构的组成、机构的分析、机构的运动、机构的受力、机构的设计以及机构系统的设计等内容。国外一些同类教材中,把机械原理称为机构学,也说明了机械原理的研究对象主要是机构的理论问题。

从机器的组成情况看,原动机是把其他形式的能量转化为机械能的机器,为机器的运转提供动力。机械原理的研究对象不涉及原动机的选择,也不涉及机器的控制系统。机器的传动机构和工作执行机构才是机械原理的研究重点。

机构是若干构件以某种形式连接组成的,构件是组成机器的最小运动单元。如图 1-1 所示内燃机中的活塞作往复直线运动,连杆作平面运动,齿轮、凸轮作定轴转动,它们都是运动单元,都是构件。构件的运动轨迹和运动规律也是机械原理研究的对象。组成构件的最小单元称为机械零件。图 1-4 所示的连杆是由连杆体、连杆头、大端与小端的滑动轴承、连接螺栓、螺母、垫圈

等多个零件刚性连接而成的组成体,各零件之间没有相对运动。零件是制造后没有经过组装的物体,因而是组成机器的最小的制造单元。构件可以是若干零件的刚性组合体,也可以是单个零件。如一个齿轮可能是一个零件,也可能是一个构件。机械零件的设计问题将在后续课程中进行讲述。

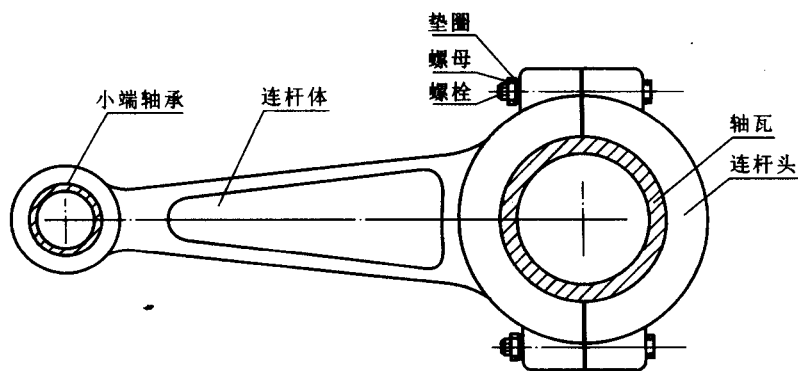


图 1-4 连杆的组成

随着科学技术的飞速发展和各学科之间的融合与渗透,机械的内容不断丰富,微小机械、微型机械、仿生机械、生物机械的出现,使机械原理研究对象的含义不断拓展。

第二节 机械原理课程的内容

机械是机器和机构的总称,所以机械原理是一门研究机器和机构基本理论的学科。机器的种类虽然很多,但组成机器的机构种类却有限,因此学习和掌握机构的结构、机构运动分析、机构动力分析和机构的设计方法是机械原理课程的主要内容。或者说,机械原理的课程内容是研究机械分析与设计理论中的共性问题。

从教学观点出发,一般把机械原理的课程内容分成四部分。

1. 机构的组成与分析

研究构件数目、构件之间的连接与机构的组成原理,研究机构具有确定运动的条件,研究机构运动简图的表示方法,探讨机构组成原理与机构创新设计的关系;研究机构的运动状态,也就是研究机构中待求构件的位移、速度和加速度,求解出其位移、速度、加速度的变化规律,为改进机构的性能、对已存在的机构和新设计的机构进行分析是必要的。研究机构的受力状态,也就是研究作用在机构中的驱动力、生产阻力、惯性力、构件连接处的约束反力、摩擦力之间的关系,为后续机械设计中的结构设计和强度设计提供必要基础。

2. 基本机构的设计

任何复杂的机器都是由基本机构组成的。

这里的基本机构是指结构最简单、且不能再进行分割的机构,也称为机构的基本型。如连杆机构、齿轮机构、凸轮机构、螺旋机构、间歇运动机构等。

研究按给定工作要求设计基本机构是机械原理课程的核心内容。本书将对连杆机构、齿轮机构和凸轮机构的工作原理与设计方法作重点介绍,同时也对其他常用的机构作简单介绍。

3. 机构组合系统的设计

工程中,由若干基本机构组合而成的机构系统应用很多。也就是说,机器中包括若干个基本机构,这些基本机构可能以特定的方式连接起来,也可能独立工作,但它们之间的运动关系必须协调。研究基本机构的连接方法、基本机构之间的运动协调设计以及常用机构组合系统(如齿轮机构系统)的分析与设计方法也是机械原理课程的基本内容。这部分内容也是机械创新设计的主要内容。

4. 机械系统的动力学

现代机械在向高速化发展。在运转过程中,由于作用在机械上的外载荷变化而引起的机械运转不均匀现象会降低机械的工作性能,研究机械运转过程中速度波动的调节方法是动力学的重点内容;作用在机械中的惯性力的大小或方向的变化会导致机械的振动和噪音,甚至引起机械的损坏,因此研究如何减小或消除机械运转过程中产生的惯性力的平衡方法也是机械动力学的重要内容。

从机械工程的观点出发,常把机械原理的内容划分为三大领域。

机构的结构学:主要研究机构的组成,研究一定数量的构件通过不同的连接方式可以组成多少种不同类型的机构,研究构件数目、连接的数目和类型与机构的可动性之间的关系。机构的结构学是创造新机构的重要途径。

机构的运动学:主要包括机构的运动分析和机构的尺度设计理论与方法。

机构的动力学:主要包括机构的动力分析,研究机构的真实运动规律、研究构件的弹性变形、惯性力对机构运动精度的影响以及解决方法等。

本书将按教学体系编排机械原理的课程内容。

第三节 机械原理课程在人才培养中的地位

一、机械原理课程的定位

“机械原理”是机械工程类专业中的一门重要的技术基础课程,在人才培养过程中有两个作用。其一是为后续机械设计课程和其他专业课程提供必要的基本知识、基本理论、基本设计方法,为后续课程的学习奠定基础;其二是在机械设计的过程中也有独特的应用。也就是说,在机械类专业人才培养的全局中,机械原理课程不仅起承上启下的作用,在机械设计中也有直接的应用。因此,教育部颁布的“高等工业学校机械原理课程教学基本要求”中明确指出:机械原理是机械类专业中研究机械共性问题的—门主干技术基础课。

二、机械设计的一般过程

为说明机械原理课程内容在机械工程中的应用,首先讨论机械设计的一般过程。

机械设计的过程没有固定的模式,一般情况下,机械设计要经历以下过程。

1. 根据社会的需求,确定待研制开发的产品对象

这一步骤实际上是产品的规划阶段。不仅包括急需开发的产品,也包括开发下一代产品的规划。正确的决策是这一步骤的重要保证。

2. 市场调查与研究

了解国内外同类产品的现状、开发前景、开发的可能性、市场占有率及其占有市场的时间是必要的。这一过程是产品开发的论证阶段,由决策部门与设计部门共同论证完成。

3. 确定产品的具体功能目标

当决定开发某一具体产品时,必须初步确定该产品的功能。

4. 拟订待设计产品的机械系统运动方案

实现产品相同功能目标的运动方案多种多样,找出满足产品功能目标的最简单的方案,能够降低成本,提高产品的社会竞争力。例如,经过市场调查研究后,确定的设计产品是洗衣机,其功能目标是洗净衣物,满足洗净衣物的方案很多。采用超声波的高频振动分离污渍分子的方法导致了干洗机的发明;采用旋转水流冲击的方法导致了涡轮式洗衣机和滚筒式洗衣机;采用仿人动作则导致了洗衣机器人的发明。可见,机械运动方案的拟定是机械设计中最为关键的过程,这一过程也是机械设计中最富有创造性的过程。随着教学改革的深入发展,这一设计过程已纳入机械原理的课程内容。

5. 机构及其机构系统的设计

确定的机械系统运动方案主要由各类机构或机构系统组成,对方案中的机构进行尺度设计、运动分析和受力分析以及机构之间的运动协调设计是这一过程的主要内容。这一过程是具体的技术设计内容,也是机械原理课程的基本内容和传统内容。

6. 机械结构与强度设计

根据构件上作用力、构件材料、加工方法、安装要求等具体情况,对上述的机构或机构系统进行结构设计、强度设计或刚度设计,并把设计结果用装配图和零件图的形式表达出来是这一过程的主要内容。在后续的机械设计课程中,主要讲述这一过程的相关理论与方法。随着科学技术的飞速发展,数字化设计与数字化制造技术正在改变这一传统的过程。

7. 制造样机与调试

制造样机并对样机进行测试与分析,不断改进设计过程,直到满足预定的设计功能目标后,才能安排正式的投产。

8. 安排投产

这一过程主要包括投产的准备、生产过程、生产管理、产品销售、售后服务等。

在上述机械设计的全过程中,其中的第4、第5步,是机械原理课程内容的直接应用,该过程也是机械设计中最关键的内容,是决定产品种类、成本、综合性能及市场前景的重要技术过程。

三、机械原理课程在人才培养中的地位

当前,我国的机械工业发展很快,特别是先进制造技术、机器人技术、机电一体化技术、兵器装备技术的发展更快。为适应机械工业的快速发展,适应21世纪的人才培养模式,各高等工科大学对机械类专业进行了整合,加强了基础,拓宽了专业,强调了创新设计能力的培养。而机械原理课程不仅介绍机器的组成原理、机构的分析与设计方法,也体现了创造性思维和创新设计的培养,因此更加突出了机械原理课程的重要性。

在培养机械工程技术领域高级人才的过程中,机械原理课程内容不仅为后续课程服务,在机械设计的过程中也有直接运用,而且本课程的内容为机械的创新设计提供了基本理论与基本方法。机械原理课程比理论力学课程的内容更工程化、实用化,且突出设计的特色;而专业课的设置随不同专业差别很大,如车辆工程、动力工程、机械制造、精密机械等专业的专业课所研究的内容都涉及不同的机械,差别很大。而机械原理课程研究的内容则是涉及不同专业机械的共性问题,因而机械原理课程内容有很强的适用性和通用性。所以,机械原理课程在机械工程领域的人才培养全局中既能满足承上启下,成为联系基础课和专业课的桥梁,又能直接服务于机械设计。机械原理课程在人才培养的过程中具有其他课程所不能替代的、独特的重要地位,是机械工程专业中的必修课程。

第四节 机械原理课程的发展简介

一、机械原理与机械设计及理论学科的关系

机械设计及理论学科是机械工程一级学科下属的二级学科。机械设计及理论是研究机械科学中具有共性的基础理论和设计方法的学科,原名为机械学学科。随着科学技术的不断发展,动态设计、优化设计、可靠性设计、有限元设计、智能设计、虚拟设计、计算机辅助设计、创新设计等现代化设计方法完善和发展了传统的设计理论与设计方法。机械学科与仿生学、电子学、控制理论、信息学、生物学、材料科学等许多种学科相互交叉、渗透,形成了多种与机械学科密切相关的边缘学科。与其他学科的相互交叉、渗透、融合,也促进了机械设计及理论学科的新发展。

机械原理课程内容是机械设计及理论学科的重要组成部分。

通过前面的说明已经知道,机器种类繁多,但组成机器的机构种类是有限的,因为任何机器都是由机构组成的。所以,研究机构的组成与分析、研究机构的运动设计和机构的动力设计就是研究了机械中的共性问题。

机械原理课程主要是机械设计及理论学科中的研究机械科学中具有共性的基础理论和设计方法的内容。

二、机械原理发展过程简介

机械的使用减轻或代替了人类的劳动,改善了人类的生活条件,促进了人类社会的进步与发展。在古代,人们只是凭匠人的言教身传来制造机械,因而古代机械的发展是比较缓慢的。

17世纪的欧洲文艺复兴运动和18世纪初期的工业革命,导致了机械工业的空前发展。这时迫切需要用有关机器的理论来指导生产的发展,就是在这种形势下,德国人勒洛(Reuleaux)于1875年出版了《机械运动学》,奠定了机械原理的基础。限于当时的条件,分析和设计的方法采用了作图的方法。在同期,俄国人契比切夫应用代数法解决了机构的近似设计问题,机械原理逐渐形成了一门独立的技术基础学科,并为指导机械产品的设计提供了理论与方法,促进了机械工业的大发展。

20世纪30年代,各国开始对机器和机构的理论进行比较深入的研究。以德国为代表的机构学专家以几何学为基础,对各类机构的分析与设计方法进行了系统的研究,取得了很大的成

就。直到现在,很多教科书中仍然采用几何法进行机构的分析与设计。苏联的机构学专家运用代数法对机构分析与设计方法进行了深入研究,在机构精确度、包络理论、空间机构、机构动力学等领域作出了很大贡献。

第二次世界大战以后,随着电子计算机的发明与普及,机器与机构的理论研究取得了飞速发展。数学与计算机语言的结合,使得过去不能解决的问题变得容易了。以数学为基础,以计算机为工具的机构分析与设计方法正在冲击传统的几何方法;优化设计、创新设计、仿生设计、机电一体化正在丰富机械原理课程的内容。

进入 21 世纪以来,我国机械原理的课程体系也发生了很大的变化。由机构分析与机构设计并重的课程体系发展到以设计为主线的课程体系,突出了设计内容,特别是突出了创新设计的内容,为培养自主型设计人员提供了思想基础和技术基础。

1969 年,在波兰成立了国际机器与机构理论联合会(The International Federation for Theory of Machine and Mechanisms,简称 IFTOMM),每四年举办一次国际会议,定期出版刊物《Mechanism and Machine Theory》。我国的机械传动学会于 1983 年正式参加了 IFTOMM 国际学术组织后,扩大了与世界各国在机械原理领域的交流,加速了与国际同类学科的课程内容的接轨,同时也保留了自己的特色。机械原理课程内容与体系的建设已达到世界先进水平。

第五节 机械原理课程的学习方法

机械科学技术的发展和教学改革不断深入,导致了反映机械科学技术发展的新内容不断充实到机械原理课程中,如机械系统运动方案的设计、机构创新设计、机器人机构、解析法在机构分析与设计中的应用等,导致了机械原理课程内容的膨胀,而传统的机械原理内容减少不多,但教学时数却减少了。因此,本课程的教学方法和学习方法要作适当调整,转变教学观念和学习观念。

机械原理课程既然是一门技术基础课程,在和基础课程内容密切相关的基础上,又必然贴近工程设计。根据本课程的性质和在教学中的地位,在学习本课程时要注意以下问题。

(1) 充分运用前面已经学过的相关课程的基本知识、基本理论和基本方法。

机械原理课程内容与理论力学课程内容密切相关。理论力学中静力学中的力系平衡条件、约束、摩擦、运动学中的相对运动、平面运动原理和动力学的动量矩定理、达朗伯原理等基本原理论是学习机械原理课程的理论基础。

机械原理课程内容与高等数学课程内容密切相关。高等数学中的矢量运算、数值计算、坐标变换、矩阵运算、微分方程与求导数运算等内容是机械原理课程中进行分析与设计的主要数学工具。

另外,机械原理课程还需要机械制图、机械制造基础等课程的相关知识,在学习机械原理的过程中,要注意相关课程知识的复习与运用。

总之,在学习本课程时,要注意对相关课程内容的复习与运用,否则很难学好机械原理课程。

(2) 机械原理课程是学生第一次接触到的具体的机械设计过程,要完成从纯基础理论课到专业课学习方法的转变。

机械原理课程由课堂教学、实验教学和实践教学组成,实践教学以课程设计的形式完成。课

程设计是机械原理课程的延续和补充。教师主要讲述重点与难点以及解决问题的方法,听课时要求掌握基本理论与方法以及解决问题的基本思路;作业是检查所学知识的掌握程度,认真思考、动手去做与善于思考是学好机械原理的必要途径;机械原理课程的实验较多,分析型、验证型及其创新设计型的实验是巩固所学知识、提高分析问题和解决问题能力的基本训练,实验中要注意培养自己的动手能力、工程实践能力和创新能力;课程设计是学习结果的全面检验和首次进行工程设计的尝试,要求完成从机械系统运动方案的设计到机构系统设计的全过程,最后结合机械设计课程完成机械结构和强度设计,并绘制机械装配图。

(3) 本教材配有电子课件,可供教师讲课参考,也可供学生复习。结合课件可反复学习课堂教学中没有听懂的内容,不但可以逐渐适应大信息量的教学,而且还可以扩大知识面。

(4) 机械原理课程是理论性和设计性很强的课程,其分析与设计方法不是唯一的,有时设计计算结果具有多值性。因而在学习本课程时,要把逻辑思维和形象思维相结合,想像力与工程实际相结合,才能提高创新设计的能力。

(5) 本课程的学习要求可分为掌握、理解和了解性的内容。在学习过程中,教师可根据教学基本要求自行确定,学生可据此有针对性地学习。

总而言之,复习相关课程的知识,认真听课,独立完成作业,勤于思考,参加实验,理论与实践相结合,是学好本课程的关键。

习 题

- 1-1 说明机构和机器的相同点和不同点。
- 1-2 电子手表和石英手表的差别在何处,哪种属于机械范畴?
- 1-3 机械式手表属于机构还是机器,为什么?
- 1-4 脚踏自行车和电动自行车相比,哪种属于机器范畴,它们都是机械吗?
- 1-5 脚踏缝纫机和电动缝纫机相比,哪种属于机器范畴,它们都是机械吗?
- 1-6 构件和零件的相同点和不同点是什么?
- 1-7 机械原理研究的对象是什么?