



普通高等学校机械基础课程规划教材

机械原理

(第2版)

● 主 编 汪建晓 孙学强 靳 龙
● 主 审 高中庸



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

普通高

教材

机械原理

(第2版)

主 编	汪建晓	孙学强	靳 龙
副主编	孙传琼	任爱华	邓茂云
参 编	曲爱丽	王祖辰	陈 玲
主 审	高中庸		

华中科技大学出版社

中国·武汉

内 容 简 介

本书根据教育部高等学校机械基础课程教学指导分委员会机械原理课指组 2009 年 12 月发布的《机械原理课程教学基本要求》，由 6 所院校具有教学经验的任课教师联合编写而成。

全书共分 13 章，包括：绪论，平面机构的结构分析，平面机构的运动分析，连杆机构原理与设计，凸轮机构原理与设计，齿轮机构原理与设计，齿轮系原理与设计，其他常用机构，平面机构的力分析，机械中的摩擦与机械效率，机械的平衡，机械速度波动的调节，机械运动方案设计。除第 1 章绪论外，其余各章开头和结尾都分别给出了重点与难点，以及相应的小结、思考题和练习题。

为了方便教学，本书还配有免费电子教案，如有需要，可以和华中科技大学出版社联系（联系电话：027-81339688 转 587；电子邮箱：171447782@qq.com）。

本书可作为高等学校机械类本科专业学生的教材，也可供其他专业师生和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械原理/汪建晓,孙学强,靳龙主编.—2 版.—武汉:华中科技大学出版社,2017.2

普通高等学校机械基础课程规划教材

ISBN 978-7-5680-2609-3

I. ①机… II. ①汪… ②孙… ③靳… III. ①机械原理-高等学校-教材 IV. ①TH111

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 033148 号

机械原理(第 2 版)

汪建晓 孙学强 靳龙 主编

Jixie Yuanli(Di-er Ban)

责任编辑：吴 晗

封面设计：原色设计

责任校对：刘 竣

责任监印：朱 玢

出版发行：华中科技大学出版社(中国·武汉)

电话：(027)81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

邮编：430223

录 排：华中科技大学惠友文印中心

印 刷：武汉鑫昶文化有限公司

开 本：710mm×1000mm 1/16

印 张：21

字 数：448 千字

版 次：2017 年 2 月第 2 版第 1 次印刷

定 价：45.00 元



华中出版

本书若有印装质量问题，请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线：400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

第 2 版前言

本书是根据教育部 2009 年 12 月制定的《机械原理课程教学基本要求》和《教育部关于进一步深化本科教学改革 全面提高教学质量的若干意见》(教高〔2007〕5 号文)等有关文件精神,在总结第 1 版使用经验的基础上修订而成的。

本书第 1 版于 2011 年 3 月出版,考虑到国家对 21 世纪培养创新人才的需求,以及适应和实施国家制定的“十三五”规划、加强本科教育教学质量和教学改革、培养自主创新人才的需要,在总结使用该书第 1 版经验的基础上进行了如下修订工作。

(1) 精选教学内容,注重“少而精”的原则,尽量避免重复,力求内容清晰、表达完整。

(2) 统一了全书的名词术语以及大部分量的符号。

(3) 适当补充或调整了公式、图表、习题和参考文献,更新了设计标准和规范。

(4) 认真细致地对全书进行了勘误。

为了方便教学,本书还配有免费电子教案,如有需要,可以和华中科技大学出版社联系(联系电话:027-81339688 转 587;电子邮箱:171447782@qq.com)。

参加本次修订工作的有:佛山科学技术学院汪建晓(第 1、8、13 章),昆明学院孙学强(第 6、7 章),广西科技大学靳龙(第 12 章),湖北汽车工业学院孙传琼(第 2、3 章)和任爱华(第 9 章),西南石油大学邓茂云(第 4 章),宁夏大学曲爱丽(第 10 章),昆明学院王祖辰(第 5 章)和陈玲(第 6、11 章)。本书由汪建晓、孙学强和靳龙任主编,孙传琼、任爱华和邓茂云任副主编。汪建晓负责全书的统稿工作,广西科技大学高中庸任主审。

由于编者的水平和时间有限,书中难免存在疏漏之处,敬请同行专家及广大读者指正。

编 者

2016 年 8 月

第 1 版前言

2009 年 12 月,教育部高等学校机械基础课程教学指导分委员会发布了高等学校机械原理课程教学基本要求。在学习和理解新的教学基本要求并在不断教学实践的基础上,广西工学院、昆明学院、佛山科学技术学院、湖北汽车工业学院、西南石油大学和宁夏大学等 6 所院校的相关教师联合编写了这本《机械原理》教材。

进入 21 世纪后,我国的高等教育跨入了快速发展阶段,高等教育的办学规模在较短的时间内不断扩大,出现了多层次的办学模式和适应毕业生就业需求的多样化人才培养局面。本书的编写满足了这一形势的需要,主要面向教学型高等院校的机械类专业应用型本科学生,着眼于机械类高级工程技术人才的培养全局,力争为学生构建知识、能力和素质培养的完整课程体系。

当今,我国已融入国际经济竞争与发展的大环境,这就要求我国的机械工业界必须拥有一大批具有创造性的研究开发型工程师。这一目标的实现,有赖于高校教学计划中各门课程教师的共同努力和各个教学环节的协调配合。作为培养机械工程师设计能力主要课程之一的机械原理,也应该体现创新意识和创新设计能力的培养。为此,本教材在教学内容安排上,既充分体现机械基础课程教学指导分委员会提出的最低教学基本要求,又照顾了部分学校的较高需要;教学内容所涉及的能力训练方面,实行传统方法与先进方法并重,同时,提倡采用计算机辅助设计方法求解相关机构、运动学和各种力学问题;书中介绍的常用机构与机械运动方案设计的实例,对广大学生今后从事机械系统运动方案设计具有较好的启发与引导作用。

由于本书作者具有不同的行业背景,编写教材相关章节时必然会体现某些行业特色,这不仅不会破坏学科理论的完整性和学生能力培养的系统性,而且有利于广大学生开阔视野,培养和锻炼其综合素质与创新能力。

参加本书编写工作的有:广西工学院高中庸(第 1、12 章),佛山科学技术学院汪建晓(第 8、13 章),昆明学院孙学强(第 6、7 章),湖北汽车工业学院孙传琼(第 2、3 章)和任爱华(第 9 章),西南石油大学邓茂云(第 4 章),宁夏大学曲爱丽(第 10 章),昆明学院王祖辰(第 5 章)和陈玲(第 6、11 章)。本书由高中庸、汪建晓和孙学强任主编,孙传琼、任爱华和邓茂云任副主编。

根据多数参编教师所在学校的现行教学计划,本书原则上按 66 学时编写。使用者可以针对各自学校及相关专业特点,在 54~72 学时范围内适当调整教学内容。由于编者的水平所限,本书难免存在不当及错漏之处,特此敬请使用本书的广大师生和读者不吝赐教。

编 者

2010 年 8 月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 机械对人类社会发展贡献	(1)
1.2 机械原理课程的研究内容及其在教学中的地位	(2)
1.3 本课程的特点与学习方法	(6)
1.4 机械原理学科前沿简介	(8)
第 2 章 平面机构的结构分析	(9)
2.1 机构结构分析的内容与意义	(9)
2.2 机构的组成	(10)
2.3 机构运动简图	(15)
2.4 机构自由度的计算和机构具有确定运动的条件	(18)
2.5 平面机构的组成原理和结构分析	(26)
小结	(31)
思考题	(32)
练习题	(32)
第 3 章 平面机构的运动分析	(37)
3.1 机构运动分析的目的与方法	(37)
3.2 速度瞬心法在机构速度分析中的应用	(38)
3.3 平面机构运动分析的矢量方程图解法	(43)
3.4 平面机构运动分析的解析法	(49)
小结	(54)
思考题	(54)
练习题	(55)
第 4 章 连杆机构原理与设计	(58)
4.1 连杆机构的特点及其在工程中的应用	(58)
4.2 铰链四杆机构的基本类型及其演化	(62)
4.3 铰链四杆机构的基本知识	(67)
4.4 平面四杆机构的设计	(74)
小结	(81)
思考题	(82)
练习题	(83)

第5章 凸轮机构原理与设计	(89)
5.1 概述	(89)
5.2 从动件的常用运动规律	(92)
5.3 盘形凸轮轮廓的绘制原理与方法	(99)
5.4 凸轮机构基本尺寸的确定	(107)
小结	(111)
思考题	(112)
练习题	(112)
第6章 齿轮机构原理与设计	(115)
6.1 齿轮机构类型与应用	(115)
6.2 渐开线与渐开线齿廓	(118)
6.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的几何尺寸计算	(122)
6.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	(126)
6.5 渐开线齿廓的加工原理与变位齿轮	(135)
6.6 渐开线直齿圆柱齿轮的传动设计	(145)
6.7 斜齿圆柱齿轮机构	(150)
6.8 蜗杆机构	(160)
6.9 直齿锥齿轮机构	(163)
6.10 其他曲线齿廓的齿轮机构简介	(167)
小结	(169)
思考题	(170)
练习题	(170)
第7章 齿轮系原理与设计	(173)
7.1 齿轮系的类型	(173)
7.2 定轴轮系的传动比计算	(175)
7.3 周转轮系的传动比计算	(177)
7.4 复合轮系的传动比计算	(180)
7.5 轮系的功用	(183)
7.6 行星轮系设计	(186)
7.7 其他类型的行星传动简介	(191)
小结	(195)
思考题	(196)
练习题	(197)
第8章 其他常用机构	(200)
8.1 棘轮机构	(200)
8.2 槽轮机构	(205)

8.3 凸轮式间歇运动机构	(211)
8.4 不完全齿轮机构	(213)
8.5 非圆齿轮机构	(216)
8.6 螺旋机构	(219)
8.7 万向铰链机构	(220)
小结	(223)
思考题	(223)
练习题	(223)
第9章 平面机构的力分析	(225)
9.1 机构力分析的意义与方法	(225)
9.2 构件惯性力的分析与计算	(226)
9.3 机构动态静力图解分析法	(228)
9.4 机构动态静力解析分析法	(231)
小结	(235)
思考题	(236)
练习题	(236)
第10章 机械中的摩擦与机械效率	(238)
10.1 分析机械中摩擦的普遍意义	(238)
10.2 机构运动副中的摩擦	(239)
10.3 摩擦力参与下的机构力分析	(246)
10.4 机械效率分析与计算	(247)
10.5 机械自锁分析与应用	(251)
小结	(255)
思考题	(256)
练习题	(256)
第11章 机械的平衡	(260)
11.1 概述	(260)
11.2 刚性转子平衡原理	(261)
11.3 刚性转子平衡试验原理	(266)
11.4 平面机构的平衡	(269)
小结	(271)
思考题	(271)
练习题	(272)
第12章 机械速度波动的调节	(275)
12.1 概述	(275)
12.2 机械运动方程式及其求解	(278)

12.3	机械周期性速度波动与调节方法·····	(284)
12.4	机器非周期性速度波动与调节·····	(289)
	小结·····	(290)
	思考题·····	(290)
	练习题·····	(291)
第13章	机械运动方案设计 ·····	(295)
13.1	概述·····	(295)
13.2	执行构件的运动协调设计·····	(299)
13.3	原动机的选择与机构系统方案的拟定·····	(304)
13.4	机械运动方案的评价·····	(315)
13.5	机械运动方案设计示例·····	(319)
	小结·····	(324)
	思考题·····	(325)
	练习题·····	(325)
	参考文献 ·····	(327)

第 1 章 绪 论

1.1 机械对人类社会发展的贡献

机械为人类社会的发展和进步作出了巨大的贡献。在旧石器时代,原始人类只会制造简单粗糙的石器类工具,因此其生活极其简陋与艰难。进入新石器时代后,人类已经能够制作陶器,进行纺织,制作的石器种类也随之多样化,如形成了雕刻器、尖状器、刮削器、砍削器和石球等。考古发现的砍削器既有单面刃的,也有双面刃的。当时的人类已掌握了一定的生产技能,人类自身体力有了很大的提高,生存、生产及生活能力有了相当程度的提高。

石器时代人类利用各种石质、木质与皮质材料制成的简单粗糙工具,经过不断改进而逐步演化成杠杆、斜面与滑轮这三大简单机械,并成为后来出现的机械的先驱。例如,几千年前人类创制出用于谷物脱壳和粉碎的臼和磨,用来提水的桔槔和辘轳,装有轮子的车,航行于江河的船及桨、橹、舵等,几乎都是三大简单机械的进一步演化。这些机械所用的动力,从人自身的体力,发展到畜力、水力和风力。在新石器时代,人类用于制造陶器的陶车,已经成为包含动力、传动和执行三个部分的完整机械。

大约 4 000 年前,人类开始使用青铜和铁等金属材料制造各类工具,人类社会的生产力水平由此大幅度提高,生存条件得到了极大的改善。金属材料的出现源于火的使用,没有炉火,青铜与铁就无法冶炼。在中国,公元前 1 000—公元前 900 年就有了冶炼用的鼓风器,并逐渐从人力鼓风发展到畜力鼓风和水力鼓风。

人类社会的石器时代历时数百万年,而机械极大地促进了社会的发展,从简单机械到完整机械再到现代机械,仅仅经历了几千年。15—16 世纪以前,机械工程发展缓慢。17 世纪以后,资本主义在英、法等西欧诸国出现,商品生产开始成为社会的中心问题,因此刺激了机械工业的发展。特别是 18 世纪后期,蒸汽机的应用从采矿业推广到纺织、面粉加工、冶金等行业。制作机械的主要材料,逐渐从木材改用更为坚韧但难以用手工加工的金属。于是机械制造工业开始形成,并在几十年中成为一个重要产业。

蒸汽机的发明和发展,使矿业和工业生产、铁路和航运中的机械实现了动力化。蒸汽机几乎是 19 世纪唯一的动力源,但蒸汽机及其锅炉、冷凝器、冷却水系统等体积庞大,应用很不方便。

19 世纪末,电力供应系统和电动机开始发展和推广。20 世纪初,电动机已在工业生产中取代了蒸汽机,成为驱动各种工作机械的基本动力。生产的机械化已离不

开电气化,而电气化则通过机械化对社会生产直接发挥着巨大作用。

发电站初期以蒸汽机为原动力。20 世纪初期,出现了高效率、高转速、大功率的汽轮机,也出现了适应各种水利资源的水轮机,促进了电力供应系统的蓬勃发展。

19 世纪后期发明的活塞式内燃机,经过逐年改进,成为轻而小、效率高、易于操纵并可随时启动的原动机。它先被用以驱动没有电力供应的陆上工作机械,后来又用于汽车、移动机械和轮船,到 20 世纪中期开始用于铁路机车。活塞式发动机,特别是后来发明的燃气涡轮发动机为飞机和航天器的发展提供了动力。蒸汽机在汽轮机和内燃机的排挤下,现在已不再是重要的动力机械。

在现代人类社会,机械的地位举足轻重。在现代社会的五大构成要素中,机械虽然位于人、资金、材料与能源等四个要素之后,但材料与能源的生产都离不开机械的参与;而且,现代人要是离开了机械的帮助,其生存之艰难将难以想象;资金及其载体的生产、流通及存储无不依赖各种各样的机械设备或机械装置。

21 世纪的人类正在进入信息化时代。信息的形成、传输、转换、存储、处理与接收等都要依靠机械,一切信息产品也都是借助机械生产出来的。数控机床、工业机器人、打印机、复印机等机械都是利用现代信息技术制成的机电一体化产品。

在世界历史上,从来没有哪个时代像 20 世纪以来这样,进步这么大,变化这么快。毫无疑问,这应该归功于科学技术和机械工业日新月异的发展。没有机械,今天的人们将举步维艰;现代机械的发展与广泛应用使人们的生活更加富裕和丰富多彩,使人们的出行更加快捷、安全和舒适。可以说没有机械就没有当今世界。

1.2 机械原理课程的研究内容及其在教学中的地位

1.2.1 机械原理研究的对象

本课程名为“机械原理”,顾名思义,这是一门研究机械的基本理论的课程。因此,本课程的研究对象是机械,而“机械”是“机构”和“机器”的总称。

人们对“机构”与“机器”两个名词并不陌生。例如,各种建筑物内门扇与门框的组合物、各式家具中抽屉与框架的组合物,以及雨伞等都是机构的实例;在日常生活中,人们也大都不同程度地接触过缝纫机、自行车、洗衣机、升降机、汽车、火车和飞机等机器。人们见到的机构,无论是形式还是结构都存在很大的差异,但只要认真分析,总可以发现不同机构所具有的共同特征。同样,机器的外形、构造和用途千差万别,但我们还是能够找出它们之间的共同点。

那么,这些共同特征或共同点是什么呢?从各种形式的门、抽屉和雨伞可以看出,门是由门扇与门框组成的,门扇只能相对于门框作转动或移动;书桌中的抽屉也只能沿一个确定的方向相对于书桌架移动;雨伞特别是现今流行的折叠伞是由许多杆与套组成的,伞的打开与收拢动作却非常明确。由此我们可以得出结论,机构具有

如下两个共同的特征。

(1) 机构是由两个或两个以上的独立运动单元经人为组合而成的。

(2) 各独立运动单元之间具有确定的相对运动。

机构中这种独立运动的单元称为构件。门框与门扇、书桌架与抽屉、伞柄与伞骨等都是构件。在各种各样的构件中,某些构件如门框、书桌架及伞柄等相对固定不动并起支承其他构件的作用,人们便称其为机架。相对于机架可作确定运动的构件则为活动构件。

机器由一个或一个以上机构组成。如电动机就只有一个转动机构,而图 1-1 所示的内燃机就包括了曲柄滑块机构(由汽缸体即机架 9、活塞 8、连杆 3 和曲轴 4 组成)、齿轮机构(机架 9、齿轮 1 和 2)和凸轮机构(机架 9、凸轮轴 5、推杆 6 和 7)等多个机构。图 1-2(a)所示的牛头刨床则由电动机 3 驱动的减速传动机构(图中仅画出了由机架即床身 1、齿轮 4 和齿轮 5 组成的齿轮机构,带传动等未画出),以及由摇块 2、齿轮 5、滑块 6、导杆 7、床身 1 与刨头 8 组成的摆动导杆-滑块机构(执行机构)等组成。

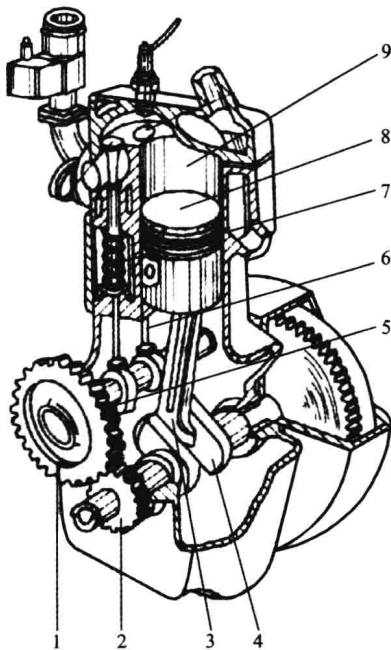


图 1-1 内燃机

图 1-1 所示内燃机,燃油燃烧所产生的热能推动活塞并由此带动曲轴转动形成机械能。图 1-2(a)所示牛头刨床则由电动机驱动,最终使刨刀做直线运动以刨削工件,实现电能向机械能的转换。由此可见,由机构组成的机器,除具有机构的两个特征外,又能使不同形式的能量相互转换,同时,还可以代替或减轻人的劳动去完成有用功。因此,机器具有如下三个特征。

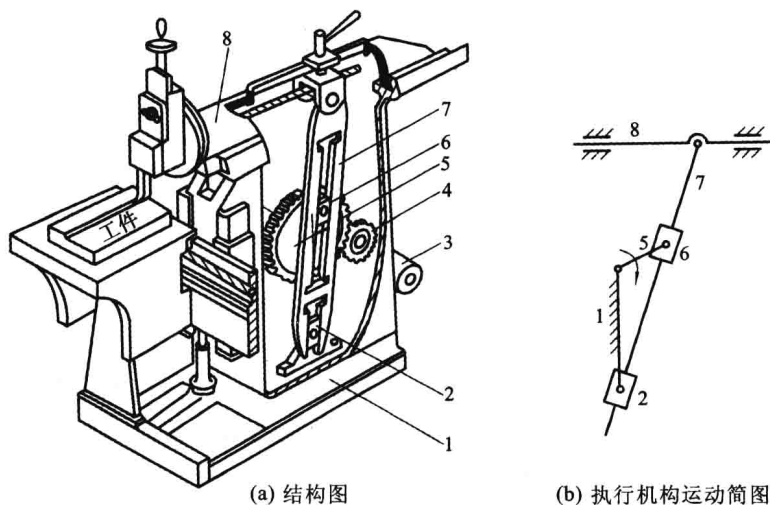


图 1-2 牛头刨床

- (1) 由两个或两个以上构件人为组合而成。
- (2) 各个构件之间具有确定的相对运动。
- (3) 能代替或减轻人的劳动去完成有用功,或者实现能量的转换。

现在广泛使用的电视机与收音机等光、电子类机器,其主要用途在于实现信息的传输与变换。虽然可将其划入广义机器的范围,但由于这类机器既没有构件间的相对运动,也没有力或功的传递与转换,因而不能称为由上述三个特征所定义的机器,也就不属于本课程的研究对象。

以内燃机和牛头刨床为代表的各种机器中的活动构件,在一个或几个构件的带动下,按人们预先确定的要求运动。最初受外力驱动的活动构件就是原动件(或主动件),其余活动件为从动件。机器中的构件,是一个独立的运动单元,但由于制造、安装与维护方面的需要,绝大多数构件都不能作为一个整体去制造与加工,而应当分解为多个单元(零件)以便于加工制造,然后再将这些零件组装成为一个刚性的整体。例如图 1-1 中的连杆 3 就是由连杆体、连杆盖、轴瓦、螺栓与螺母等零件刚性连接而成的。

1.2.2 机械原理课程的主要内容

本课程不研究某类具体机械的个性问题,而是研究各类机械的共性问题。例如:雨伞中应用了连杆机构,内燃机、轧钢机和许多包装机械中也采用了连杆机构;同样,机械手表、减速机、内燃机和多种机床都采用了齿轮机构。可见,连杆机构、齿轮机构及凸轮机构等在许多机械中都可能出现,这些常用的共性机构就是本课程的重要研究对象。

归纳起来,本课程的研究内容主要包含以下几个方面。

1. 机构的结构分析

机器种类繁多,但是组成机器的机构类型却相当有限。在研究本课程介绍的常用机构时,重点是要研究机构的结构类型、机构的组成原理与方法、机构的组成对其运动的影响,以及机构具有确定运动的条件等。为了便于系统地研究现有机构和更好地创造新机构,本课程将介绍应用简单的图形来描述机构的结构状况,即机构运动简图的绘制,以便对实际机构进行科学的抽象,并为对其进行分析奠定基础。

2. 机构的运动分析

机构的运动分析就是对机构某构件或构件上某点的位移、速度和加速度进行分析与计算。对机构进行运动分析,既是设计新机械必须遵循的步骤,也是合理有效地使用现有机械的重要依据,同时,还是研究机构受力状况及其动力学特性问题的基础与前提。本课程将介绍和讨论机构运动分析的原理与方法。

3. 机器的动力学分析

机器的动力学问题说到底就是机器的运动与机器受力的关系问题。尽管其涉及面广泛,但是概括起来只有两个方面的问题:一是机器运动状态下的受力情况;与之相反,二是机器在外力作用下的运动规律。

就第一个问题而言,本课程重点研究机器在做功与传递能量过程中,各构件所受力(包括摩擦力)的位置、大小和方向及其产生的影响,这种影响将直接决定构件的尺寸、形状和机器的效率。为了充分发挥已有机器的效能及使所设计的新机器具有更高的效率,机械设计人员掌握这方面的分析手段至关重要。

针对第二个问题,人们通常在机器原动件处于假定的等速运动状态的前提下,来研究机器有关从动件相对原动件位置的真实运动规律。在工程实际中,构件质量及其分布、转动惯量、构件所受作用力要素,以及能量输入与输出的某些关系等原因,不仅影响原动件的运动规律,而且影响从动件的惯性力大小和方向,从而导致机器速度的波动。为了改善机器的工作状态,提高其工作性能与效率,必须有针对性地对机器的速度波动进行调节;同时,应通过平衡来抵消有害惯性力的不利影响。

4. 基本机构的分析与设计

当今世界上的机器种类繁多,但如前面所述,组成这些机器的机构却相当有限。简单的机器由极少数的基本机构组成,而极复杂的机器只不过是有限的基本机构进行串联、并联或复合等组合的结果。为便于正确分析现有机器的结构组成和有效设计新的机械,通过本课程的知识体系来掌握基本机构的基本形式及其演化、运动特点、工作特性和设计方法是非常重要的。

5. 机构的选型与传动方案的设计

人们设计某个具体的机械时,都要根据设计任务书提出的设计要求,对设计对象进行功能分析与分解,以便选择执行机构来实现各个功能。合理选择执行机构的前提在于对常用基本机构类型与特点有较充分的认识与了解,当逐步培养和具备了基本机构进行变异与组合的一定能力时,就能较好地掌握机械传动系统的设计方法。

本课程将介绍与讨论机构的选型与机械运动方案的设计步骤与方法,以培养学生的初步设计能力和创新设计能力。

归纳后发现,这五个方面的研究内容可以概括为两个问题,即机构的分析与机构的综合。前者是对已有机械而言,即对已有机构进行结构组成、运动和动力方面的分析;后者则针对新设计的机械或机械的创新设计,主要是指在满足机械的运动与动力要求的前提下,综合确定机械各部分尺度之间的协调配合关系。至于机械中各个零件的强度计算、材料选择、结构形状与制造工艺性要求等问题,则属于后续课程的研究内容。

1.2.3 机械原理课程的性质及其在教学中的地位

机械原理是机械类各专业学生必修的一门十分重要的课程。如前所述,该课程不研究某类具体的机械,而是研究一切机械所具有的共性原理问题,该课程所涉及的基础知识,对于任何机械而言,都具有普遍意义。

学生在学习本课程之前,必须具备较为扎实的高等数学、机械制图、物理及理论力学的基本知识。而在学习后续的机械设计、机械制造技术基础及机械制造装备设计等课程之前,必须较好地掌握机械原理课程的基本概念和基本理论,具备一定的机构分析与机构综合的基本技能。因此,本课程是处在理论基础课与机械专业课之间的一门承上启下的技术基础课程。

机械原理是引领各类机械专业学生认识与了解机械的第一门课程。没有此课程良好的知识基础,机械专业的学生在今后的学习与工作中,就难以顺利地完成任务,也难以开展机械创新设计工作。可见,一切有志于为促进我国机械工业的发展、为国民经济迅速增长作出贡献的机械专业的学生,都应该特别重视本课程的学习,并且深入掌握本课程的基本概念、基本理论与基本技能。

1.3 本课程的特点与学习方法

1.3.1 机械原理课程的特点

作为机械类专业的一门技术基础课,机械原理具有较为系统的理论特征。该课程的知识最早源于前人对实际机械的长期分析与总结,随后上升到一定高度而成为理论体系,再反过来服务于机械设计的实际,因而又具有很强的实践性。较严密的理论性与很强的实践性相结合的特点往往使初学者感到困难。

课程理论体系让学生感到困难的原因在于其抽象性。在接受工程界语言——机械制图课程训练时,学生所接触到的轴测图或三视图明确表示了机械的实际形状与结构;但用机械原理的方法来分析机械的组成和运动学等参数时,所用的机构运动简图完全不同于实际机械的图样。同时,在利用机构运动简图进行运动学与动力学分

析时,需要综合运用数学、工程图学、物理、理论力学甚至计算机等方面的知识,某项知识的欠缺会给学习带来不便。

另一方面,机械原理所要解决的问题并不抽象,所有问题的解决对于实际机械都具有很强的针对性。但一般初学者普遍缺乏对现实机械的认识与了解,因而很难找到将机械原理知识应用于实际机械的切入点,以致难以激发浓厚的学习兴趣。

1.3.2 学习本课程的方法

首先,初学者要正确认识本课程的性质。机械原理教材中的一些重要章节将直接运用理论力学的知识,但研究对象不再是质点和刚体,而是工程实际中机构与机器中的构件。本课程与机械工程的专业课程也有差异。专业机械,如冶金机械、矿山机械、农业机械、纺织机械、工作母机等,其种类繁多。机械原理既不可能也无必要对各种各样的具体机械进行研究。它深入研究与探讨的是所有机械的共性问题及各种机械中常用的机构。掌握与理解了本课程的基本概念、基本理论以及相应的分析和综合的基本技能,就为今后承担某项具体机械设计任务准备了必不可少的知识基础。

其次,要注意锻炼空间想象力和抽象思维能力。机器总是三维实体,其构件有可能具有三维分布特点,并且受空间力系作用。因此,只有具备一定的空间想象力才能正确理解机器的空间结构特征。对机器进行结构组成、运动与动力分析时,总是依据机器的机构运动简图,这种简图与工程图样存在极大的区别,机构运动简图是科学抽象的结果,绘制简图除必须遵循特定的规律和原则外,还应当具备相当的抽象思维能力。凡事都可熟能生巧,因此,学习本课程时要充分利用实验室条件,并且在日常生活与生产实际中,多注意动手绘制所见机构的运动简图。

再次,要树立正确的工程观点。从表面上看,本课程介绍的几种基本机构互不相干,例如连杆机构、齿轮机构与凸轮机构不仅外形差异大,且结构组成与传动原理也明显不同。但具体论述时,其内容均集中在结构原理与特点、运动与动力性能分析,以及设计方法等方面。通过本课程的学习来掌握机械分析与设计的理论和方法的目的,在于培养学生初步具备解决实际机械问题的能力。因此,学习本课程时,无论是绘图设计还是计算分析,都应注意养成一丝不苟、认真负责的态度。

最后,要不断培养自己的创新意识与创新能力。随着社会进步与人们对生活质量要求的不断提高,机械产品的更新换代周期将会越来越短。这就迫使机械设计人员必须具备持续自我发展的创新能力。学习本课程时,不要把创新看得很神秘。在客观世界中,机器千差万别,但组成机器的机构数量十分有限,新出现的机器大多还是由常用机构组成的。例如,早先出现的雨伞中就用上了连杆机构,后来的内燃机或压缩机也应用了连杆机构,现代的飞机、人造卫星或各种太空飞行器也同样离不开连杆机构。这就说明,同样的机构用在不同的场合就会获得不同的效果与功能。将基本机构用于前人未曾应用过的场合是一种创新,对常用机构进行新的组合是另一种

创新;对某个机构进行变异或演化是创新,对现有机器中的机构进行增减,或者进行分解、调整与重组同样是创新。将自己的创新意识倾注于本课程的学习,就一定能够取得很好的学习成果。

1.4 机械原理学科前沿简介

机械原理学科是机械学学科的重要组成部分,是机械工业和现代科学技术发展的重要基础。当今世界,电子学、信息科学、计算机科学、生命科学等,以及学科间的相互渗透与相互结合,极大地促进了机械学科的发展。现代机械工业日益三极化或多极化的发展趋势就是多学科相互渗透与结合的充分体现。

“极大”、“极小”与“极精灵”可称为目前机械工业的所谓“三极”。“极大”者如大飞机、超级油轮、巨无霸式水压机与超大型空间站等;“极小”者如收集情报用的“蚊子机器人”、能自由进入人体血管爬行以清除堵塞物的微型装置等;“极精灵”者如具有极高命中率 of 的超远程巡航导弹等。一些庞然大物似的机器或机构的运动速度可数倍于音速,或者可以实现亚微米级甚至纳米级的微位移。机械工业发展的极端状态必定促进机械原理传统理论的演绎与发展。在这种情况下,新的研究课题层出不穷,新的研究方法日新月异。

为了适应激烈的市场竞争环境,开发出的商业软件可用于连杆机构、凸轮机构、齿轮机构和组合机构中复杂的运动规律、运动学与动力学参数的分析与设计。同时,计算机的广泛应用,使得人们在机构的结构理论研究中,将图论、网络分析、线性几何学、螺旋坐标等各种工程数学方法的应用成为可能。根据设计要求给出由设计变量、约束条件和目标函数所确定的最优化数学模型,优选设计变量,确定最优化设计方案的优化设计方法,已成为在较复杂机构综合中普遍适用的方法和主要发展方向。

目前,机械原理学科的前沿领域还包括以下几个方面:机电一体化与包括液压、气动、电磁、电子与光电等非机械传动元件的广义机械设计方法的研究;高速机械的运动弹性动力学研究;大型复杂机械设备的故障诊断、在线监测和振动的主动与被动控制研究;仿生机构学研究;机械产品设计方案智能化设计、智能化机构系统设计、机构创新设计,以及机械产品的创新设计方法的研究等。

机械原理学科研究领域十分广阔,内容极为丰富,发展非常迅猛。机械原理学科涌现的大量前沿研究课题,对国内大学从事机械工程学科的重要分支——机械设计及理论学科研究与教学的导师与研究生们具有巨大的吸引力。当然,机械原理课程只是一门技术基础课,学习本课程还不能获得解决本学科前沿课题的能力,但是可以由此掌握进一步研究机械原理新课题的知识基础。有志于深入探讨机械原理学科前沿课题的青年学子,在已有的机械原理知识基础上继续深造、不懈求索,就一定能够获得攻克前沿难题的可喜成果。