

新时代高等教育立体化精品教材

机械原理



主编 郭玲 杨云

课程思政 融合课程思政理念，提升学生综合素质

互联网+ 采用多媒体手段，连接纸质教材与数字资源

配套资源 PPT+电子教案+课后习题答案，配套丰富教学资源



北京出版集团
北京教育出版社

新时代高等教育立体化精品教材

机械原理



JIXIE YUANLI

主 编 郭 玲 杨 云

副主编 龚 雪

参 编 牛海山 浦艳敏

李晓红 赵 赫



北京出版集团
北京教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械原理/郭玲, 杨云主编. --北京: 北京教育出版社, 2023. 5

ISBN 978-7-5704-5153-1

I. ①机… II. ①郭… ②杨… III. ①机械原理
IV. ①TH111

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2023)第 003333 号

机械原理

郭玲 杨云 主编

*

北京出版集团 出版
北京教育出版社
(北京北三环中路 6 号)

邮政编码: 100120

网址: www.bph.com.cn

京版北教文化传媒股份有限公司总发行

全国各地书店经销

北京盛通印刷股份有限公司印刷

*

787 mm×1 092 mm 16 开本 17.5 印张 415 千字

2023 年 5 月第 1 版 2023 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5704-5153-1

定价: 52.00 元

版权所有 翻印必究

质量监督电话: (010)58572525 58572393 购书电话: (010)59812309

前言

党的二十大报告指出：“必须坚持科技是第一生产力、人才是第一资源、创新是第一动力，深入实施科教兴国战略、人才强国战略、创新驱动发展战略，开辟发展新领域新赛道，不断塑造发展新动能新优势。”高等教育是教育、科技、人才的枢纽，是实施科教兴国战略、人才强国战略、创新驱动发展战略的汇聚性载体。这就要求高等院校必须全面贯彻新时代党的教育方针，坚持“为党育人、为国育才”和“四个服务”方向，切实落实立德树人根本任务，培养德智体美劳全面发展的社会主义建设者和接班人，培养堪当民族复兴重任的时代新人。

“机械原理”是高等院校机械类专业的主要技术基础课程之一，也是机构学学科知识和思维方法在机械类人才培养过程中的入门性课程，其主要内容是机构的组成原理，机器中常用机构的类型、运动特点、功能和设计方法，机械运转过程中的若干动力学问题，以及通过合理设计来改善机械动力性能的途径。该课程的教学目标是通过本书的学习，学生能够初步具备拟定机械运动方案以及分析和设计机构的能力。

本书是根据机械原理课程教学基本要求以及目前教学改革的实际需求而编写的，在编写的过程中力求体现以下几个特点。

1. 为更好地推进党的二十大精神进教材、进课堂、进头脑，本书融合课程思政理念，设计了“育人目标”“思政元素”“思政园地”等模块，践行“三全育人”理念，提升学生综合素质。

2. 全书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，利于教学。

3. 本书在编写过程中，秉着精选教学内容，注重应用性，强调基本知识和基本技能以及有关设计实践内容的原则，增加了与工程实际紧密联系的应用实例，以培养学生工程实践设计能力；同时，在论述过程中，力求做到深入浅出、细致严谨、简明易懂和具有启发性。

4. 本书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，既采用概念清晰、方法步骤明确的图解法，又注重适应现代技术需求、易于采用计算机精确求解的解析法，以提高教学方法的选择性和学习的灵活性。

5. 本书以培养学生的机械系统方案创新设计能力为目标，始终贯穿以设计为主线的

设计思想，并融入了现代机构学学科前沿知识。

6. 为贯彻实施国家教育数字化发展战略，本书配备了丰富的教学资源，读者扫描书中二维码即可观看相关知识点的微课视频和演示动画。这些教学资源辅助学生自主学习，全面培养学生的专业素养。

全书共分为十二章，包括绪论、机构的结构分析、平面机构的运动分析、平面机构的力分析、机械的效率和自锁、平面连杆机构及其设计、凸轮机构及其设计、齿轮机构及其设计、轮系及其设计、其他常用机构、机械的平衡、机械系统的方案设计。章后辅以思考与练习，便于学生掌握重点内容。

本书可作为高等院校机械类专业的基础课教材，也可作为非机械类专业学生或相关工程技术人员的参考用书。

对于全书所参考并引用的图表和相关文献的作者，编者在此表示由衷的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，欢迎广大读者批评指正。

编者

目 录

第一章 绪论	1	分析	50
第一节 机械原理课程的研究对象 和研究内容	1	第四节 考虑摩擦的机构动态静力 分析	52
第二节 机械原理课程的地位和作用	3	思考与练习	58
第三节 机械原理课程的学习目的和 学习方法	4	第五章 机械的效率和自锁	60
思考与练习	5	第一节 机械的效率	60
第二章 机构的结构分析	7	第二节 机械的自锁	64
第一节 机构的组成及运动简图	7	思考与练习	70
第二节 机构的自由度计算及机构运 动确定条件	14	第六章 平面连杆机构及其设计 ...	73
第三节 平面机构的组成原理和结构 分析	17	第一节 连杆机构的类型及传动特点	73
思考与练习	20	第二节 平面四杆机构的类型及应用	74
第三章 平面机构的运动分析	23	第三节 铰链四杆机构的演化	80
第一节 用速度瞬心法进行平面机构 的速度分析	24	第四节 平面四杆机构的工作特性	86
第二节 用矢量方程图解法进行平面 机构的运动分析	28	第五节 平面四杆机构的设计	91
第三节 用解析法进行平面机构的运 动分析	37	第六节 多杆机构	99
思考与练习	41	思考与练习	106
第四章 平面机构的力分析	46	第七章 凸轮机构及其设计	110
第一节 概述	46	第一节 凸轮机构的应用和分类 ...	110
第二节 构件惯性力的确定	48	第二节 从动件的运动规律	114
第三节 不考虑摩擦的机构动态静力 分析	50	第三节 凸轮轮廓曲线的设计	118
		第四节 凸轮机构的基本尺寸的 确定	126
		思考与练习	131

第八章 齿轮机构及其设计	136	第二节 槽轮机构	211
第一节 齿轮机构的特点和类型 ..	136	第三节 凸轮式间歇运动机构	213
第二节 齿廓啮合基本定律与渐 开线齿廓	138	第四节 不完全齿轮机构	216
第三节 渐开线标准直齿圆柱齿轮的 基本参数和尺寸计算	145	第五节 螺旋机构	220
第四节 渐开线直齿圆柱齿轮的 啮合传动	149	第六节 组合机构	223
第五节 渐开线齿廓的切制原理 与根切现象	156	思考与练习	226
第六节 渐开线变位齿轮传动	159	第十一章 机械的平衡	229
第七节 斜齿圆柱齿轮传动	166	第一节 机械平衡的目的、分类和 方法	229
第八节 直齿圆锥齿轮传动	171	第二节 刚性转子的平衡设计	231
第九节 蜗杆蜗轮传动	175	第三节 刚性转子的平衡试验	234
思考与练习	179	第四节 平面机构的平衡	237
第九章 轮系及其设计	183	思考与练习	241
第一节 轮系的分类	183	第十二章 机械系统的方案设计	243
第二节 定轴轮系传动比计算	185	第一节 机械系统的方案设计概述	243
第三节 周转轮系传动比计算	188	第二节 机械执行系统的方案设计	244
第四节 复合轮系传动比计算	192	第三节 机械传动系统的方案设计	258
第五节 轮系的功用	193	第四节 原动机的选择	267
第六节 轮系的设计	196	第五节 机械系统方案的评价	270
第七节 几种特殊的行星传动	200	思考与练习	271
思考与练习	202	参考文献	273
第十章 其他常用机构	206		
第一节 棘轮机构	206		

第一章

绪论



育人目标

1. 了解机械的组成，以科学的态度对待科学。
2. 了解在国内机械行业发展过程中做出巨大贡献的榜样人物，培养奉献精神和创造精神。



学习目标

1. 了解机械原理课程的研究对象和研究内容。
2. 了解机械原理课程的学习目的和学习方法。

★ 微课



认识机械

第一节 机械原理课程的研究对象和研究内容

一、机械原理课程的研究对象

机械原理课程的研究对象是机械，机械是机器和机构的总称。机械原理研究的是与机器和机构相关的基本理论。

机器或机构中独立的运动单元称为构件。机器或机构中独立的制造单元称为零件，零件组成构件。机构是指由多个构件组成的用来传递与变换运动和力的可动装置。工程中常见的机构有平面连杆机构、带传动机构、链传动机构、齿轮机构、凸轮机构、螺旋机构等。机构具有两个特征：机构是人为的实物(构件)组合体；各实体之间具有确定的相对运动。

机器是由各种机构组成的，可以完成能量的转换或做有用的机械功，如发电机、电动机、内燃机、机床、汽车、起重机、计算机等。不同的机器具有不同的形式、构造和用途。例如，发电机或电动机用于能量变换；汽车用于运送物料；计算机用于变换信息。机器具有三个特征：机器都由一系列运动单元体组成；组成机器的各部分之间都具有确定的相对运动；机器用于完成有用功、转换能量或处理信息。

机构和机器的区别如下：机构是实现预期的机械运动的实物(构件)组合体，机器则是由各种机构所组成的能实现预期机械运动并完成有用机械功或转换机械能的机构系统。

如图 1-1(a)所示的内燃机，其机构运动简图如图 1-1(b)所示。内燃机主要包括曲柄滑块机构、凸轮机构和齿轮机构。

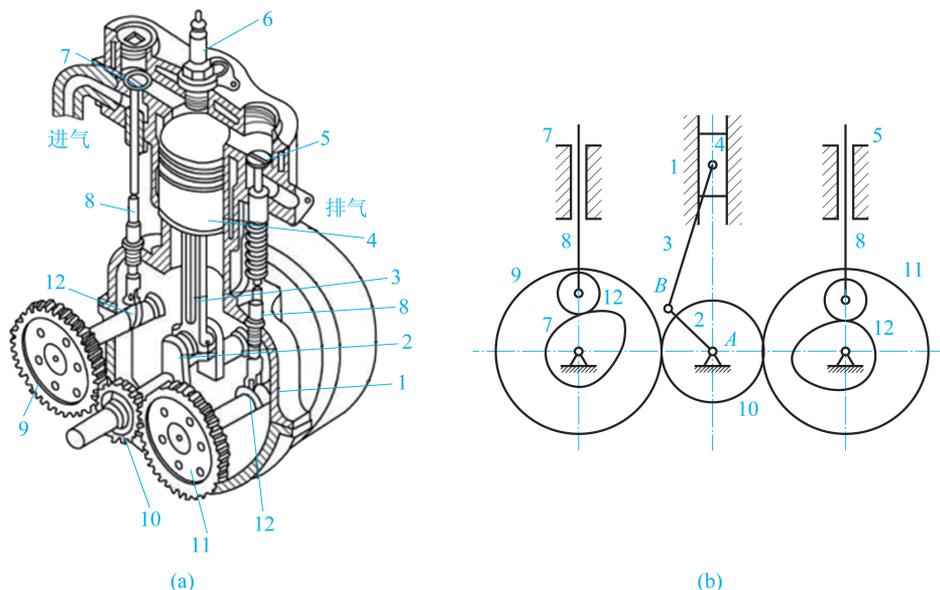


图 1-1 内燃机

1—气缸体；2—曲轴；3—连杆；4—活塞；5—排气阀；6—火花塞；
7—进气阀；8—顶杆；9、10、11—齿轮；12—凸轮

曲柄滑块机构由曲轴(曲柄)、连杆、活塞(滑块)和气缸体(机架)组成，以活塞为主动件，曲轴为从动件。其功用为将活塞的往复运动转变为曲轴的旋转运动，实现移动与转动之间的运动变换，完成吸气、压缩、做功、排气等工作过程所需的运动。

凸轮机构由凸轮、顶杆和气缸体(机架)组成，两套凸轮机构相差一定的相位，分别控制进、排气阀的动作。

齿轮机构由小齿轮和大齿轮组成，用于保证进气阀、排气阀和活塞之间形成一定的运动规律。

一台完整的机器通常由原动部分、执行部分、传动部分和控制部分四部分组成。

原动部分是机器的动力源，也称原动机，如电动机、内燃机、液压缸及气动缸等。

执行部分是机器工作任务的直接工作部分，如汽车车轮，车床的刀架、车刀、卡盘等。

传动部分介于原动部分和执行部分之间，用于把原动部分的运动和动力传递到执行部分，如汽车中发动机到车轮之间的变速器、差速器，牛头刨床中电动机到刨刀之间的带传动机构、齿轮机构、连杆机构等部分。

控制部分包括操纵、监测、调节和控制部分，主要用来控制机械的其他部分，使操纵者能随时实现或者终止各种预定的功能，如汽车的方向盘、机床的操纵手等。

机构只是一个构件系统，而机器除构件系统外，还包含电气系统、液压系统等其他系统。机构只用来传递运动和力，而机器除传递运动和力外，还具有变换能量、传递物料和信息的功能。机器的典型实例是内燃机，可通过内燃机具体分析机器、机构的组成和工作原理。

二、机械原理课程的研究内容

机械原理课程研究各种机器和常用机构的共同性的基本理论，其主要内容如下。

①机构的分析：包括机构的结构分析(机构的组成、组成原理、结构分类)、运动分析(含运动确定条件)和受力分析等。

②机器动力学：主要研究机器运转过程中各个构件的受力状态、力的做功情况，在已知力的作用下机械的真实运动规律，以及机器运转过程中速度波动的调节。

③常用机构的设计分析：主要研究常用机构的运动与工作特性，为满足一定的运动和工作要求，如何设计常用机构及如何组成机械传动系统。

④机械系统的方案设计：在进行具体机械设计时机构的选型、组合、变异及机械系统的方案设计等。

按解决问题的性质，本课程研究内容又可分为以下两大类。

①机构分析：对已有机构的研究(包括结构、运动和力的分析)。

②机构综合：设计新的机构(包括型综合、尺度综合、运动和动力综合)。

第二节 机械原理课程的地位和作用

机械原理课程是机械类专业的一门主干技术基础课程，是研究机构和机械运动理论的一门学科。机械原理以高等数学、机械制图及理论力学等课程为基础，为日后学习机械设计和有关专业课程以及掌握新的科学技术打好工程技术的理论基础。其任务是使学生掌握机构学和机器动力学的基本理论、基本知识和基本技能，学会各种常用基本机构的分析和综合方法，并具有按照机械的使用要求进行机械传动系统方案设计的初步能力，培养机械系统运动方案设计能力、创新设计能力和工程实践能力。本课程在培养高级技术人才的全局中，具有增强学生对机械技术工作的适应能力和开发创新能力的作用，在创新设计机械所需的知识结构中也占有核心地位。掌握了机械原理，有利于发挥机器的工作性能，维护保养好机器。设计和制造一种工作性能优良的新机器，需要掌握机器的工作原理、设计和制造原理，需要综合应用多门学科的知识，而机械原理正是其中一门重要的学科。

★ 微课



中国机械

第三节 机械原理课程的学习目的和学习方法

一、机械原理课程的学习目的

机械类专业的同学在日后的学习和工作中,应能够就机械的设计、使用方法、运动原理等工程问题与业界同行及社会公众进行有效沟通和交流。深入了解机械原理,掌握部分设计理论和方法,对工科各专业的学生在认知实习、生产实习中认识机械、了解机械和使用机械都会很有帮助,而且这些有关机械的基本理论和知识将为学习专业课程打下基础。



思政元素

晋人孙康,家贫而酷爱读书,夜晚虽有时间却买不起灯油,只好默默地回忆、消化白天学过的知识。有年冬天,他半夜醒来,感到屋内并非漆黑无光,还能隐隐约约看到一些东西。原来是皑皑白雪反光所致,这给了他启发:何不借雪光来看书呢?于是雪夜,特别是月光映照下的雪夜,就成了孙康苦读的时候。由于勤奋好学,他终于成为一位有名的学者。

二、机械原理课程的学习方法

在学习本课程的过程中,最好把所学理论知识与工程实践相结合,从对现有机械的分析与观察中体会本课程介绍的基本理论与方法,从本课程知识体系的学习中领悟现有机械的长处、发现现有机械的不足,这样既可以提高本课程的学习效率,又可巩固和加深本课程所学的知识。

①熟悉和掌握各种常用机构的结构和运动特点,留意日常生活和生产中遇到的各种机械,以丰富自己的感性认识;并用所学到的理论和方法认识分析这些机械,以加深理解,使理论和实践相互促进。

②熟悉和掌握机械运动简图的画法,习惯采用运动简图来描述机构和机器,分析机构和机器的运动情况。

③深入理解和全面掌握本课程用到的许多与工程有关的名词、符号、公式、标准及参数和对机械研究的一些常用的简化方法,如倒置、反转、转化、当量、等效、代换等。这些方法便于我们对各种机构进行分析和设计。

④注意运用理论力学的有关知识。理论力学是与机械原理课程关系最为密切的先修课程。机械原理是将理论力学的有关原理应用于实际机械,它具有自己的特点。应注意把理论力学中的有关知识运用到本课程的学习中。

⑤学习中联系实际、融会贯通,做习题前应先重点复习有关例题,归纳总结解题思路,以达到举一反三的效果。

⑥加强实验实践环节管理。本课程是一门与工程实际密切相关的课程，因此学习时要注意理论联系实际。与本课程密切相关的实验、课程设计、机械设计大赛及课外科技活动等将为同学们提供理论联系实际和学以致用机会。此外，在现实生活中，要注意观察、分析和比较，积累各种各样的巧妙构思。要大胆运用所学知识，尝试设计新颖的机构。

思考与练习

1. 简述机械原理课程的研究对象和研究内容。
2. 机械原理课程的学习方法有哪些？

★ 思政园地

大国工匠 桃李天下——沈国治

沈国治的父亲沈彦行，年少时不远万里，在第一次世界大战时去法国做技术华工，回国后在桃坞路西公园附近创办全昌机器厂，延续了南通的机械工业，是南通机械行业发展初期的领军人物。沈国治子承父业，同样杰出，为中华人民共和国成立后的南通建设培养了大批人才，还发明了很多新机械。

年轻时的沈国治吃苦耐劳，热衷钻研设计，扎实的钳工基础让他在中华人民共和国成立前就多次参与了南通城里抢修消防水泵、设计生产模具等工作，拥有良好的口碑。中华人民共和国成立后，南通城里涌现大量失业人员。1951年至1953年，当时的市劳动局组织开办南通市失业工人转业训练班，沈国治被聘请担任其中机械班的教师。

沈国治曾经利用各种废旧铜材，制作了一个约30 cm长的蒸汽动力火车头，可以在自制的小铁轨上行驶。当时，南通市劳动人民文化宫由老百姓捐资建成，底楼的展览大厅展出沈国治制作的火车头，给转训班的学员们观摩，激励他们学习一门手艺。

沈国治的师弟范本达写的回忆录中说：“这些学员的自觉要求学习的积极性是至高无上的，他们谁都不想到训练班来糊日子，在学期中都不愿想回家看看或遇到学习上的困难就做逃兵。”在沈国治的鼓励和教导下，他和范本达培训的120名钳工和车工，结业后到南京、崇明和南通的各个机修车间工作，生活都有了着落。1956年，当时的南通市副市长王敏之倡议南通培训一批工业技术人员，在端平桥南边的巷子里开办了首届南通技工培训班，沈国治再次挑起重担。

巷子不仅是学习技术、操作演练的地方，还是人们的生活区域。沈国治负责机械、钳工的教学工作，他还参与编写教材、上课、演示以及最后的考核。学员在毕业的时候，已经能够生产出很多适应社会需要的零部件，包括台虎钳、冲钻等。

同样在1956年，省里向南通下达研制2 000台棉花播种机的任务，一份沈国治口述、他的徒弟记录的汇报表示，从来没有制作过这类机械的沈国治，短短三个月时间，在上海、南京、扬州、南通等地反复奔波，设计绘图、考察材料、咨询价格，终于按时完成了任务。

在中华人民共和国成立之初的几年里，沈国治还研制了切草机、齿轮车床等各式各样



的农业、工业设备。随着时代的发展，为南通培训了大批技术人才、研制了很多设备的沈国治，还为南通的一项重大项目建设解决了难题。

(资料来源：南通广播电视台，有删改)

讨论：

1. 从以上事例中，你学到了什么？
2. 沈国治先生秉持着什么样的精神，坚持钻研，攻克重大建设项目难关？

