

面向 21 世纪课程教材  
国家工科基础课程教学基地机械基础系列教材

# 机 械 原 理

黄茂林 秦 伟 主 编

机 械 工 业 出 版 社

本书是机械基础系列课程教学内容和课程体系改革的成果。全书根据 21 世纪机械专业人才培养方案及教学内容改革的总体构思和需要,以培养机构及机械系统运动方案的分析与设计能力为目标,安排的主要内容有:绪论,机构的结构设计,平面连杆机构及其分析设计,凸轮机构及其设计,轮系及其设计,机械系统动力学,机械系统运动方案设计等七章。

本书可作为高等学校机械类各专业的教学用书,也可作为非机械类学生及有关工程技术人员的参考书。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

机械原理/黄茂林,秦伟主编.—北京:机械工业出版社,2002.6

面向 21 世纪课程教材. 国家工科基础课程教学基地  
机械基础系列教材

ISBN 7-111-10009-3

.机... .黄... 秦... .机构学-高等学  
校-教材 .TH111

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 037906 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:王霄飞 版式设计:冉晓华 责任校对:程俊巧

封面设计:鞠 杨 责任印制:付方敏

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 8 月第 1 版·第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·14 印张·545 千字

0 001—4 000 册

定价:34.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

封面无防伪标均为盗版

# 国家工科基础课程教学基地机械基础系列 教材编审委员会

主任：唐一科

副主任：刘昌明 何玉林 黄茂林

顾问：杨叔子

主编人员：丁 一 祖业发 黄茂林 龙振宇 刘天模 袁绩乾  
赵月望 陈国聪 何玉林 吕仲文 杨学元 秦 伟  
李文贵

审稿人员：常 明 华中科技大学  
张 策 天津大学  
吴鹿鸣 西南交通大学  
杨治国 四川大学  
李建保 清华大学  
林萍华 东南大学  
张春林 北京理工大学  
何援军 上海交通大学  
谭建荣 浙江大学  
张济生 重庆大学

(排名不分先后)

策划单位：机械工业出版社 重庆大学

# 序

为了适应 21 世纪我国现代化建设的需要，培养高质量的工程科学技术人才，教育部从 1996 年开始实施了“面向 21 世纪高等工程教育教学内容和课程体系改革计划”，接着又决定建设国家工科基础课程教学基地，这些措施推动了教育改革的深入发展，形成了一批有特色的课程体系和系列教材。由重庆大学国家工科基础课程机械基础教学基地组织编写、机械工业出版社出版的“国家工科基础课程教学基地机械基础系列教材”就是其中之一。这套系列教材是国内众多资深教授的支持、指导和数十位长期从事教学和教学改革的教师辛勤劳动的结果，能够满足机械类专业人才培养的要求。

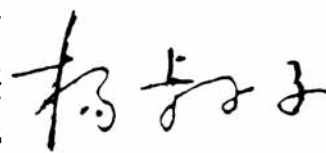
这套系列教材紧密结合“机械类专业人才培养方案及教学内容体系改革的研究与实践”、“工程制图与机械基础系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践”两个面向 21 世纪重大教学改革项目和国家工科基础课程机械基础教学基地建设，集中反映了重庆大学等高校围绕人才培养，在改革机械基础课程体系和教学内容方面所取得的成果。

这套系列教材的特色在于将机械基础系列课程分为设计基础和制造基础两类课群。以拓宽基础、培养学生综合应用机械基础理论与现代设计分析方法进行机械设计和创新为宗旨，遵循认知规律，明确课程定位，突破各课程自身的传统体系，基本上实现了系列课程的整体优化。通过《机械认识实践》的实践教学，帮助学生建立机械的感性认识。制造基础课群则对原机械制造的冷、热加工专业课程进行了整合和改造，建立了适合宽口径大机械专业的三个知识点——“机械制造技术基础”、“材料成形工艺基础”和“工程材料”。设计基础课群对传统的“机械设计”及“机械原理”进行了大胆的尝试性整合；展示了在“机械创新设计”思维的引导下，运用“计算机图形学”、“机械 CAD/CAE 技术基础”等现代设计方法和手段进行机械设计主线。

这套系列教材较好地体现了面向 21 世纪机械类专业人才培养模式改革的思路，对机械类专业机械基础系列课程体系及教学内容的改革进行了富有成效的探索与实践。机械工业出版社出版这套教材，实为一件很有意义的事，其将为全国机械基础课程体系的教改与教学提供又一套很有特色的教材。

当然，这套系列教材还需要在教学改革和教学实践中经受检验、不断完善；以结出我国教育改革的硕果。是为序。

中国科学院院士  
重庆大学机械传动国家重点实验室学术委员会主任  
华中科技大学教授



2001年6月16日

# 前 言

为了适应新世纪培养高素质、创造型机械科技人才的需要，重庆大学国家工科基础课程机械基础教学基地组织编写了机械基础系列教材。这套教材编写的整个过程就是我们完成教育部面向 21 世纪高等教育教学内容和课程体系改革计划中“机械类专业人才培养方案及教学内容体系改革的研究与实践”、“工程制图与机械基础系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践”两个项目的过程。我们按照新世纪机械专业人才应该具备的能力、素质和知识结构，研究制定了机械类专业人才培养方案及教学内容体系和与之相适应的机械基础系列课程体系及教学内容，并在 97、98、99 级本科教学中经过实践，所以这套教材反映了我们进行教学改革的成果。

这套系列教材的特色在于将机械基础系列课程分为设计基础和制造基础两类课群。对原机械制造工艺、金属切削机床、金属切削刀具、夹具、铸造、锻压等专业课程进行了整合和改造，编写了适合宽口径机械专业的《机械制造技术基础》、《材料成形工艺基础》和《工程材料》；增设了以参观和实践为主的《机械认识实践》课程；《现代机械制图》把投影制图和计算机绘图作为重点，并将其贯穿于全书；以设计为主线，重新规划了机械设计基础的体系结构，把齿轮机构的原理与设计有机融合，放在《机械设计》教材中，将《机械原理》的重点定位于机构的运动学、动力学和机械系统运动方案的分析与设计，并将《机械设计》安排在《机械原理》之前开出。增加了《计算机图形学》、《机械 CAD/CAE 技术基础》等计算机应用技术基础教材，反映了现代科学技术的新发展，引导学生应用现代设计方法和手段进行机械设计；增加了《机械创新设计》，介绍创新方法，启发创新思维。

《机械原理》课程，是机械基础系列课程中设计基础系列课程之一。机械原理课程，定位于机构及机械系统的运动方案设计，特别是机构的运动学结构和尺寸设计及机械系统（特别是执行系统）的运动方案设计。就机械设计的总体而言，这部分内容具有很强的综合性和突出的创新性。对培养学生的综合设计能力及创新意识与能力，以及理论联系工程实际的能力等方面起着重要的作用。为适应 21 世纪培养高素质创新型人才的需要，机械原理课程在系列课程进行总体优化与整合的前提下，根据其定位与任务，面向培养学生综合设计能力的总体目标，对课程体系和内容进行了较大幅度的改革与精选整合。主要体现在以下几个方面：

## 1. 突出以设计为主线，强调分析与设计的有机统一

根据本课程在系列课程中的定位与任务，以及系列课程以设计为主线的原则，机械原理的整个内容也体现了以“设计”为主，将分析与设计有机地紧密结合的编写原则。设计，就是综合应用基本理论与专业知识进行创造性实践的过程，突出设计主线，即是突出综合与创新能力的培养。全书除常用机构一章外，其余各章均切切实实地突出了设计。例如将原结构分析一章改为结构设计，加强了运动链及机构的结构综合，将自由度与约束分析计算改为设计，把虚约束、局部自由度从结构设计的特殊功能需要提出……等。又例如在凸轮机构设计一章中，首先明确地提出了凸轮机构的基本运动学参数及主要结构参数，全章均围绕如何确定和设计这些参数展开。这不仅为了突出设计这一主线，更主要的目的是为使她能更好地理解、掌握与应用所学内容。

机构及机构系统的方案设计，其首要的任务是选型和对常用机构的正确应用。而正确的选型与应用，依赖于对机构性能与特点的认识与掌握，需要对机构性能（运动、传动及动力性能）进行分析。设计结果是否满足预期的要求及方案的比较与优选，都离不开分析这一最基本最重要的过程和手段。因此，分析与设计是密不可分的。为此，本书将分析的内容都有机融入相应的机构设计的章节中，不再单独设章。

## 2. 强调联系机械系统及工程实际

机构是机械系统中的一个组成部分。认识与了解机构的结构与应用特点，以及对机构设计提出要求，都必须从它们在机械系统中的任务和所要实现的功能出发，才能使学生较好地、本质地去认识机构，正确地设计机构。因此，在各种典型机构的设计中，都强调从它们在机械中的实际应用和作用提出其结构和运动学特征，尽可能由某一机器的实际工作要求，提出设计要求并讨论如何去合理地确定设计参数。

为了分析与设计的方便，运动链、机构及机械系统，在机械原理课程中均以较抽象的简图形式来描述，而且在论述上也常强调其运动学、动力学的原理和概念。为了学生能实际应用，能较深刻地理解和掌握，我们在编写中强调了紧密联系工程实际。例如对运动副及构件以至机构都尽可能配有必要的结构图，并讲清在工程中应用的优缺点和选用的原则；强调如何根据工程实际对象，应用基本理论建立模型的思路与策略，并能使之具有更好的适应性、通用性，同时明确指出其应用条件和应注意的问题。题例及习题的选用也强调其内容的工程性与综合性，以有利于培养学生的工程意识与分析应用能力。把机械设计课程安排在机械原理课程之前学习，其中一个主要的出发点也就是为了使学生在学习本课程时能具有较好的工程实际及结构方面的基础。

### 3. 加强与拓宽基础, 提高内容的现代化水平, 注意培养学生的创新意识与能力

加强基础是学生能力培养的根本, 也是对今后工作适应能力的根本。机械原理课程的理论基础主要是前继课程、特别是力学提供的。因此在本教材中, 主要强调运动学、力学在机构及机械系统中的综合应用; 加强机构学本身的结构学基础。并根据发展的需要, 适当加强与拓宽动力学及现代分析设计方法的基础。适当增加了空间、开链机构和自调、自适应机构的基本知识; 增加了功率流、非回转质量的平衡及弹性动力学概念等内容。全书均以采用计算机技术为基础的现代分析与设计方法为主等。

为了启迪学生的创新兴趣与欲望, 培养学生的创新意识, 在教材中加强了机构的构形设计及机械系统运动方案设计中的创新思维与方法的介绍, 特别是功能原理的构思及多方案的设计、评价与优选; 强调各种模型建立的思路与基本出发点的介绍; 加强典型案例的分析和发展方向的介绍与思考等。

本书编写的另一原则是; 既注意精选内容, 突出重点, 又注意了扩大知识面和便于学生自学, 并使之能具有较强的参考实用价值。因此, 在内容的叙述上尽可能深入浅出; 注意系统性、完整性和尽可能多举一些有启发性的实例。书中还包含了一些带\*号的内容使用者可根据教学基本要求及学时的多少有选择地进行讲授和指定学生自学, 也可为因材施教提供较大的知识空间。

全书共分七章, 其中绪论、第一章由黄茂林编写; 第二章、第四章、第六章由吕仲文编写; 第三章由秦伟编写; 第五章由杜静编写, 第七章由马正纲(昆明理工大学)与黄茂林共同编写。全书由黄茂林统稿和主编, 秦伟为副主编。

本书由全国机械基础教学指导委员会主任、天津大学张策教授担任主审, 张策教授对书稿进行了认真细致的审阅, 并提出了极为宝贵的修改意见, 对提高本书的水平和编写质量给予重要的帮助, 在此致以衷心的感谢!

本书经过了近三年的编写历程, 参考了其他面向 21 世纪的教材, 经过了两届试点班的实践和反复修改。尽管如此, 由于按照新的体系和整合的内容进行编写, 以及本课安排在机械设计课程之后进行等, 均尚属首次尝试, 加之编者水平有限, 误漏在所难免。希望广大读者和同行专家不吝赐教, 并在此一并表示感谢!

编者

2002 年 1 月

# 绪 论

## 第一节 机器的功能结构及机构

机器是人类通过长期生活及实践创造出来的技术装置，用以代替或减轻人的体力与脑力劳动，完成某种特定的功能，实现某种工艺（工作）过程的机械化、自动化与智能化，有效地提高工作效率、工作精确性与可靠性，是人类改造自然强有力的工具，是社会生产力的重要组成部分。

机器的功能就是实现物料、能量、信息的传递与交换。根据所实现的功能，机器可分以下三大类：

1) 工作（或工艺）机器。实现对物料的某种工作或工艺过程，作出机械功。如改变物料的形状、尺寸及某些物理性质；改变物料的位置与姿态等，例如金属切削机床、轧钢机、压力加工机械、轻纺、食品机械以及各种起重、运输机等。

2) 力能机器。实现其他种类的能量与机械能之间的转换。如各种动力机器：内燃机、汽轮机、电动机、发电机等。

3) 信息机器。主要实现其他形式的信息（如电磁、热、压力、变形等）与机械运动信息间的传递与转换，如各种计量、检测机；机械运算与逻辑处理机，绘图、打印、复印机以及各种操作机等。

机器的结构虽是千差万别的，但就其功能结构而言，现代机器一般都由动力子系统、传动子系统、执行子系统及测控子系统组成。就其功能实现而言，机器的最根本共性特征是通过“机械运动”来实现上述各物理量的传递和变换。因而机器的最基本功能结构是能实现运动的传递与变换的系统——机构。一般将机器与机构统称为“机械”。

《机械原理》就是研究机器与机构，特别是机构的结构、运动及动力学原理及其设计理论与方法的一门基本课程，是机械设计及理论的重要组成部分。

通过前面各门课程，特别是“机械设计”课程的学习与实践，对机器的功用、结构及其零、部件的设计与制造有了较系统、深入的认识。而本课程将从运动学、动力学等更加综合、系统的角度来认识、分析与设计机器的共性基本功能组成——机构及其组合系统。

图 0-1 所示的单缸四冲程内燃机，它属于动力机器，其工作循环（四个冲程）

如图 0-2 所示。其基本功能是将燃气的热能转换为机械能，输出机械功。其主要功能子系统是由气缸 2、活塞 3、连杆 6 及曲轴 9 所组成的可动联接系统。当可燃混合气经压缩后，其压力可达  $600 \sim 1600 \text{ MPa}$ ，温度为  $600 \sim 700 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ，这时活塞处于如图 0-2c 所示的上止点，火花塞点火使混合燃气迅速燃烧时，温度可达  $2000 \sim 2700 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ，压力猛增可达  $2940 \sim 4900 \text{ MPa}$ 。该压力作用于活塞顶部，而活塞与气缸体以圆柱表面相互接触配合，形成可动联接，于是活塞在燃气压力作用下往下移动，并通过活塞销 5 与连杆孔所形成的可动联接，将力和运动传至连杆 6，连杆又将力与运动传至曲轴 9 的曲柄销 A 上。而曲轴与连杆及缸体之间均以圆柱表面相接触，形成可相对转动的联接，于是曲轴在偏心力的作用下（见图 0-1b），形成对轴线 O-O 的力矩使之转动，对外输出机械功，从而完成了能量的转换。

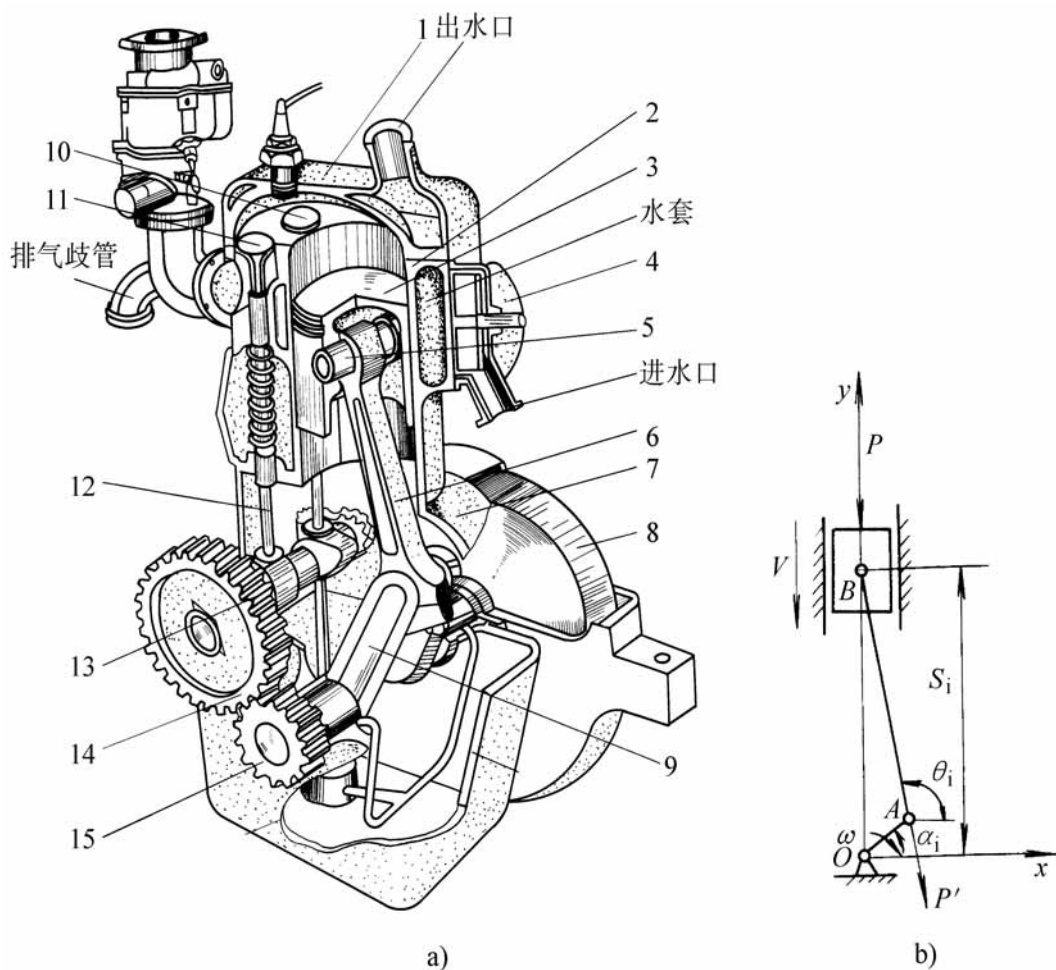


图 0-1 单缸四冲程内燃机构造示意图

a) 结构图 b) 简图

- 1—气缸盖 2—气缸 3—活塞 4—水泵 5—活塞销 6—连杆  
7—曲轴箱 8—飞轮 9—曲轴 10—进气阀 11—排气阀  
12—气门挺杆 13—凸轮轴 14—大齿轮 15—小齿轮

该系统的工作过程可简化为图 0-1b 所示的简图。由于缸体-活塞-连杆曲轴-缸体之间由内外圆柱表面相互接触，形成一种可动联接，在  $P$  力作用下，从而使活塞沿  $y$  方向移动，经连杆传递到曲轴并转换成曲轴绕  $O$  轴的转动输出，而且其转

动的角位移 角速度 与活塞的直线位移  $s$ 、线速度  $v$  之间具有确定的转换关系。这可由图中  $s_i$  一旦确定后,  $i$ 、 $i$  即随之确定的几何关系进行分析。这样的结构形式, 实现了能量形式的传递和变换, 而其功能的实现, 最本质的根据是运动的传递和变换, 是由于该系统是一个由若干实体用可动联接构成的多体系统。否则, 如果是一个桁架, 虽也可以传递力, 但却不能传递运动和做功, 而成为一个力平衡系统。这种各实体之间, 以一定的几何形状表面相互接触形成可动联接, 且各实体间具有确定相对运动规律的多体系统称为“机构”。

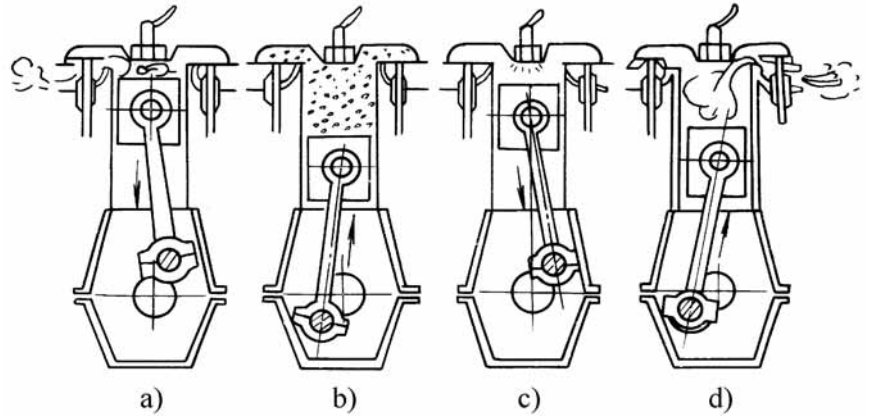


图 0-2 单缸四冲程内燃机工作循环图

a) 进气 b) 压缩 c) 作功 d) 排气

而将组成机构, 在运动时作为一个整体的结构实体称为“构件”。如上述内燃机中的缸体(视为固定不动的称为机架), 活塞、连杆、曲轴都是一个构件。一个构件, 还可能由若干个彼此没有相对运动的实体联接而成, 如图 0-3 所示的连杆就是由连杆体、连杆盖、轴瓦、螺栓等多个实体相互固联而成。这些作为构造或制造的最小实体, 称为“零件”。当然也有的构件可能就是一个零件。总之, 将机器中运动的最小单元称为“构件”。

机构, 是两个以上的构件相互可动联接的构件系统。各构件间具有确定的相对运动, 可按预期的规律实现运动(包括力)的传递和变换, 能将一个或几个构件的已知运动(这些构件称为原动件或输入构件), 转变成其他构件(这些构件称为从动件、输出构件或执行构件)所需的某一确定运动规律。机器或机构中的构件大多数是刚性体, 但某些构件也可以是挠性或弹性体(为链、带、弹簧等), 或是液体、气体、电磁体。但所有作为构件的实体, 其共性特征是必能传递运动和动力。

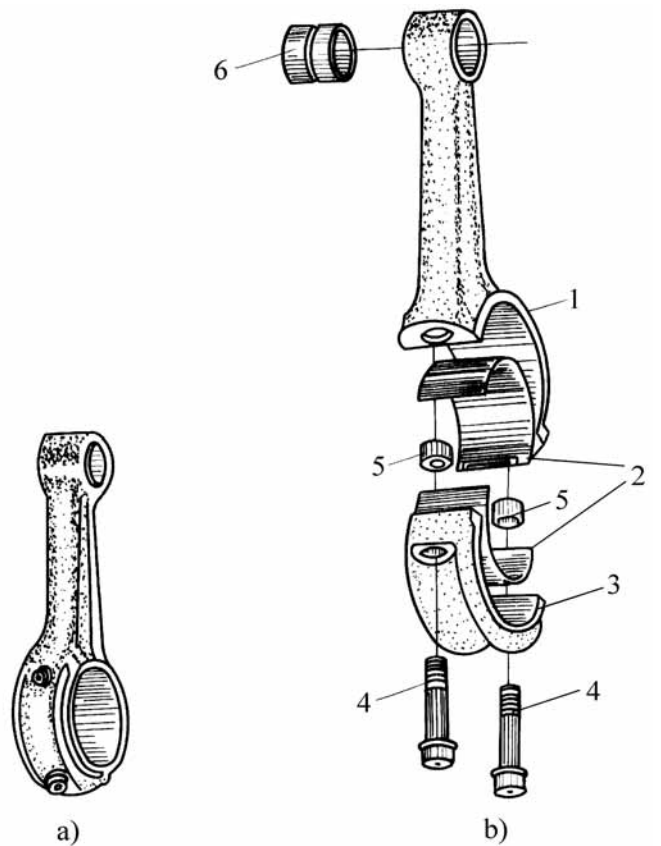


图 0-3 连杆及其组成零件

a) 连杆(构件) b) 连杆的组成

1—连杆体 2—轴瓦 3—连杆盖 4—螺钉  
5—定位套 6—连杆衬套

一个机器根据它的功能要求, 可能

是由一种机构组成，也可能是由若干种机构组成，它们按一定的规律相互协调配合，通过有序的运动和动力的传递与变换来完成预期的功能。如内燃机的工作，必须连续地实现图 0-2 所表示的工作循环，前述的主要工作机构——一般称为曲柄—滑块机构，它可以实现移动与转动之间的变换，完成做功、吸气、压缩、排气所需的运动，但在这些冲程中，何时吸气、排气及压缩等，以及进排气阀门何时开、闭，火花塞何时点火等动作还必须由其他机构来完成，并按一定的时间（或曲柄转角）顺序实现相互协调。如图 0-1 所示，进、排气阀门 10、11 的开、闭是由缸体 2、凸轮轴 13、气门挺杆 12 等三个构件所构成的直动从动杆凸轮机构来实现的。凸轮轴连续转动，轴上的凸轮是具有一定形状的曲面回转体，与挺杆顶面形成线接触，并使它按一定的规律实现升（开）、降（闭）和停止等间隙运动。为了保证阀门在四个冲程曲轴转  $720^\circ$  的时间内仅开闭一次，且开闭时间与冲程相协调，把曲轴的转动与凸轮转动按一定的比例关系联系起来，则是通过气缸体 2 和一对齿轮 14、15 所构成的齿轮机构来实现的（二齿轮间按  $1:2$  规律转动，并转向相反，这对齿轮称为正时齿轮）。

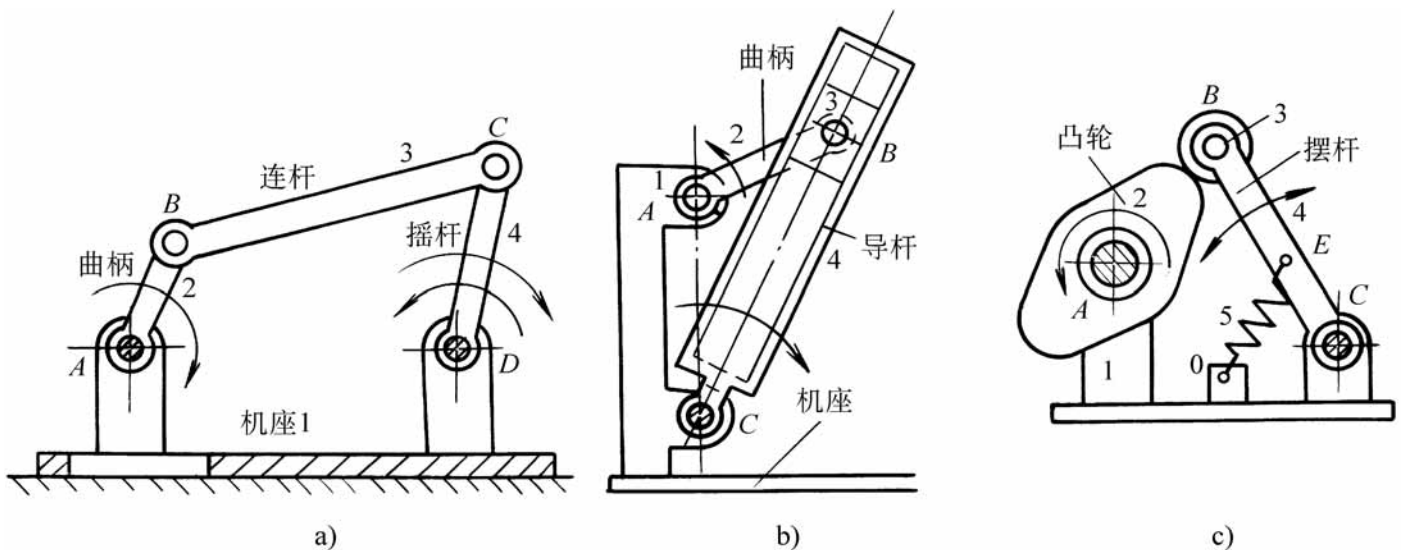


图 0-4 转动-摆动变换机构

a) 曲柄摇杆机构 b) 曲柄导杆机构 c) 摆动从动杆凸轮机构

从运动（力）的传递与变换的功能观点分析，机器是由一种或若干种机构所组成的。而机构的种类是根据其运动传递与变换的特征来区分的。例如上述的内燃机中的三种机构为：曲柄滑块机构可实现连续转动与连续往复移动间的运动变换；凸轮机构，可实现连续转动与间隙往复移动间的运动变换；而齿轮机构则实现连续转动与连续转动间转速的大小、转向的变换。由于平面运动不外有：定轴转动、直线移动、平面平行运动、一般平面运动等运动类型，以及连续单向运动、间隙单向运动、连续往复运动及间隙往复运动等方式，因此实现这些运动传递与

变换的机构也是有限的。常见的除上述三种外，还有如图 0-4 所示的将转动变换为往复摆动的：a) 曲柄摇杆机构，b) 曲柄导杆机构，c) 摆动从动杆凸轮机构等。图 0-5 为其他常见的传递与变换连续转动的机构：a) 带传动，b) 链传动，c) 摩擦轮机构，d) 双曲柄机构等。图 0-6 所示，为可将连续转动和往复摆动变换为间隙运动的 a) 槽轮机构和 b) 棘轮机构。以上列举的机构的结构，是通过各构件间一定接触形式的可动联接，构成一个封闭的环路，且只要有一个构件的运动规律确定后，其他各构件的运动即随之确定的单自由度系统。此外还有在现代机器人中采用的开环、多自由度机构（见图 0-7）。图 0-8 所示则是由液体作为传递运动和力的介质的液动机构。

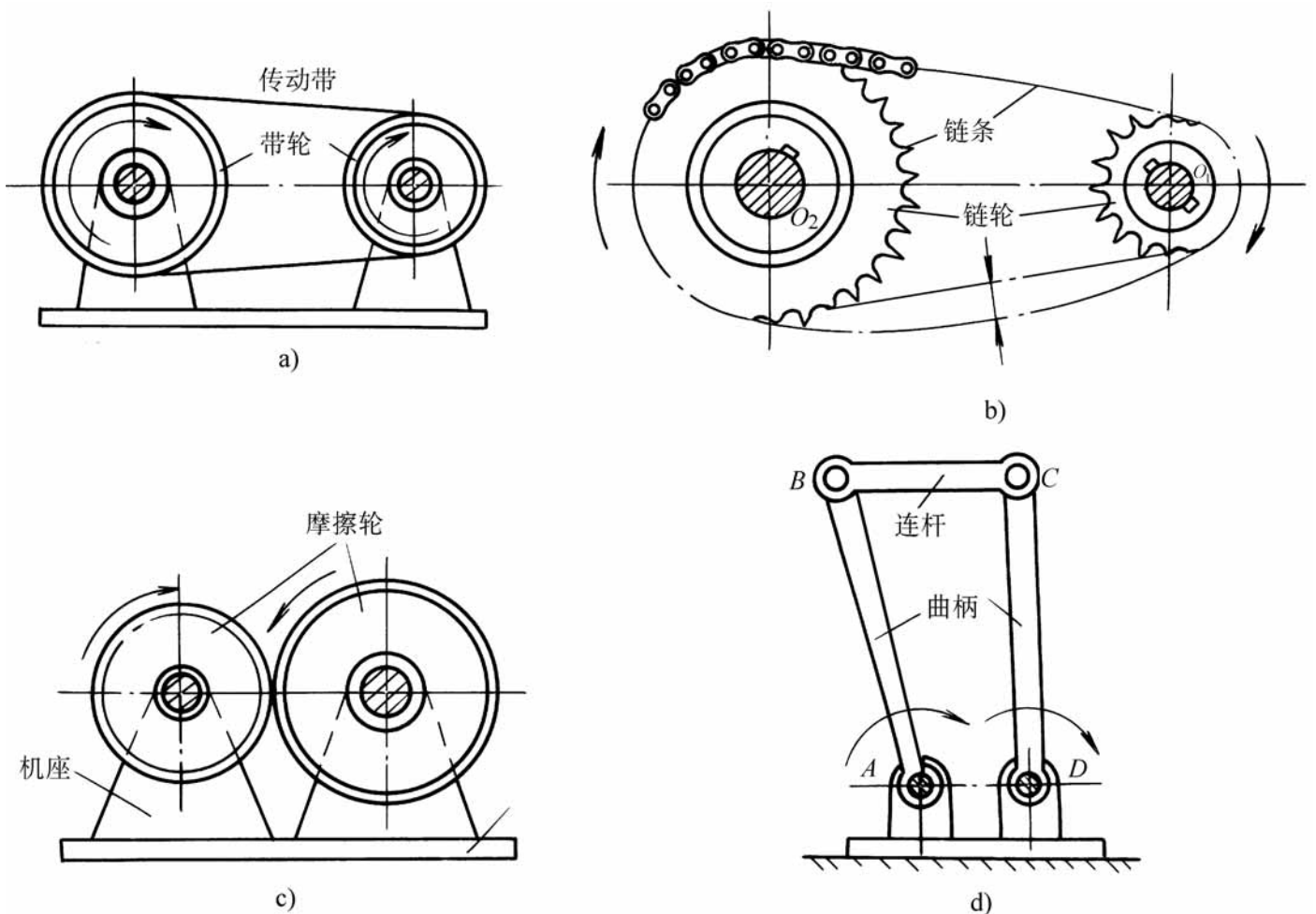


图 0-5 转动-转动变换机构

a) 带传动 b) 链传动 c) 摩擦轮机构 d) 双曲柄机构

机构是所有机器的共性功能组成部分。凡需要实现某种运动传递与变换的地方，都可以采用对应的某种机构，如曲柄滑块机构可用于内燃机、压缩机、冲压机、剪切机、锯床、输送机等。它们都需要转动与往复直线移动的运动变换实现工作要求。同一种机构通过各构件的尺寸、形状等参数的变化就可以获得同种输

出运动的不同范围、方向及速度、加速度等运动参数。通过这些典型机构的不同组合及不同的机构几何参数，就可以实现各种各样的运动及动力要求，完成各种工作过程，创造出千差万别、各种功能的机器。

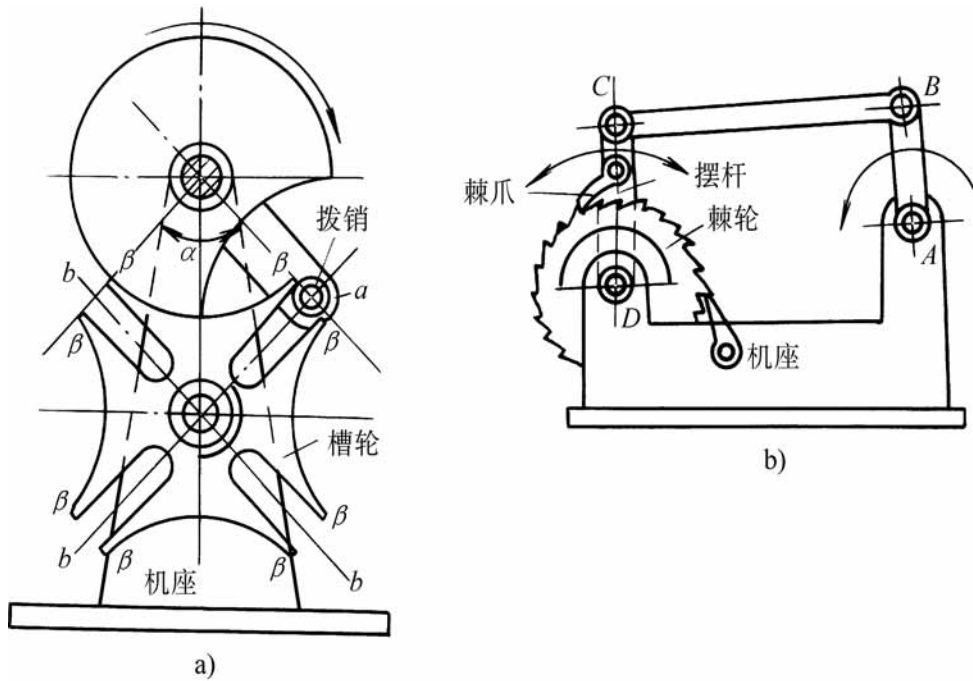


图 0-6 转动-单向间隙转动变换机构

a) 槽轮机构 b) 棘轮机构

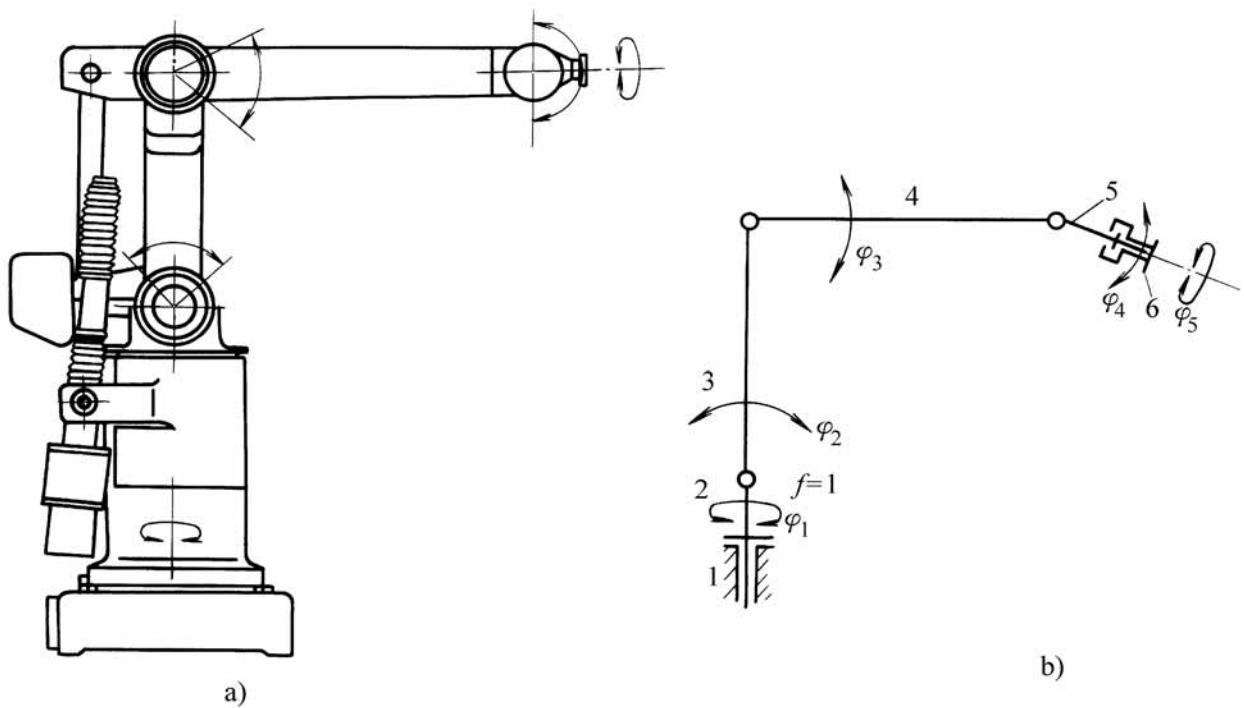


图 0-7 开链多自由度机械手

a) 结构示意图 b) 运动简图

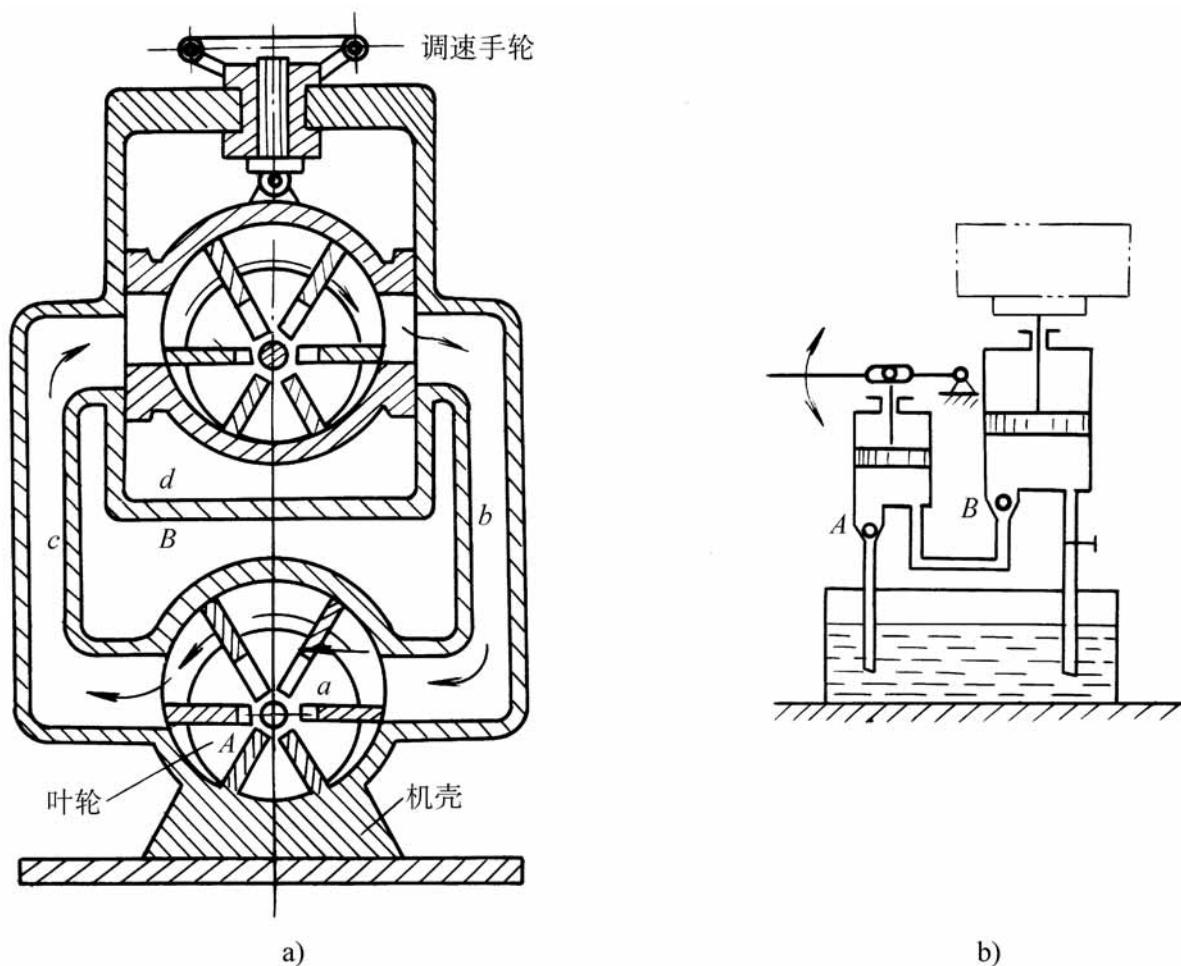


图 0-8 液动机构

a) 传递旋转运动的液动机构 b) 传递移动的液动机构

## 第二节 机械总体方案设计的内容及 机械原理课程的定位与任务

机械产品设计的内容和一般进程，在《机械设计》课程中已作了介绍。一般分为产品规划阶段（或概念设计阶段）、方案设计阶段、详细设计阶段及改进设计阶段。机械设计课程重点学习了详细设计阶段的有关内容。在此，通过简要介绍机械方案设计的内容来了解机械原理课程的定位和任务。

1. 机械产品的总体方案设计 方案设计是在概念设计阶段通过需求分析、市场预测、可行性分析提出了产品的设计要求（包括产品要实现工艺过程要求及设计技术参数要求）及制约条件后，具体实现产品功能要求、品质要求及成本等要求的极其重要的、关键性的设计。方案设计主要包括三方面内容：一是功能原理方案设计。主要是根据产品的工作要求，进行产品的功能原理构思，探寻能实现产品功能的物理或化学和生物学原理；进行功能分析，确定功能组成；进行功能原理方案的求解，最后得出产品的功能原理方案。二是机械系统运动方案设计，即设计出能实现功能原理方案所需“动作”的机械系统结构及运动简图方案。第三，

由于实现同一工作要求可以有不同的功能原理，而实现同一功能原理动作又可以有不同机械结构方案，所以方案设计是最具创造性的。方案是多解的，需要进行方案的评价和优选。方案设计是产品设计的关键，它决定着产品性能和水平的先进性，决定产品的经济性和能否满足环保等要求，也关系产品的市场竞争能力。

2. 机械运动方案设计的主要内容及机械原理的定位与任务 机械运动方案是机械产品方案设计的最终体现，是机械产品设计的关键阶段中的关键。机械运动方案设计的最最终体现是机械系统运动简图。所以也可以称为机械系统运动简图设计。所谓机械运动简图设计，就是根据机械产品功能原理方案所确定的工作过程和动作的运动学、动力学要求，设计出由若干机构彼此有机、协调组成的机构系统运动学结构简图。其设计内容主要包括以下两方面：

(1) 机构及机械系统的选型与综合。根据工艺过程所需动作的要求确定机械产品输出运动（或执行动作）的形式和数量，确定输入运动的形式和数量，从而确定了机械产品运动传递与变换的类型和数量。据此，选择或创新出能实现所需运动传递与变换类型要求的机构（包括传动机构和执行机构）结构型式。根据从原动机到各执行构件的运动传递与变换的要求和协调配合关系，并考虑动力学要求（如效率、稳定性、可靠性等）及工艺性等，将这些机构组合成一机械系统。这可称为机械系统的构型设计或选型综合。

(2) 机械系统运动学及动力学综合及分析。根据从原动机到执行构件的运动传递与转换的具体参数及规律，考虑各执行运动间的协调配合关系，进行各机构的运动学尺度设计及动力学初步设计；并根据综合的结果进行运动及动力性能的分析，对方案进行评价、优选，最后得到一个最佳方案，作为下一阶段详细设计的依据并为详细设计提供运动、受力及动力学方面的具体参数。

机械运动方案设计这两方面的内容，实际上都是并行、交叉进行的，要完成一个好的设计往往需要反复进行分析、比较。这是综合应用多门学科的知识、理论与方法，综合应用各种先进技术进行设计分析的过程，是进行创造性构思和创新设计的过程。是机械产品创新设计中极其重要的内容，是决定产品性能、质量水平和经济效益等根本品质的关键性内容。

《机械原理》是研究机器的共性原理（特别是机器的运动学原理）和组成的课程。其研究的内容，本质上就是机械运动方案设计的基本内容。因此，《机械原理》是面向机械方案设计的一门技术基础课。在整个机械设计的内容与进程中，本课程是定位于：学习解决机械系统运动方案设计的基本理论与方法。而重点又是解决机器的四个功能子系统执行机构及其系统的运动方案设计。传动子系统的方案及结构设计则已在机械设计课程中解决。

根据《机械原理》的定位可知，本课程的任务就是为机械系统的运动方案设计奠定坚实的理论、方法与技能的基础。掌握机构及机械系统的运动学、动力学

分析与设计的基本理论、基本知识和基本技能（包括各种现代分析与设计方法及机械 CAD 的应用开发）。培养学生综合应用已学过的基础理论和知识以及工程实践知识进行基本机构的分析与设计的能力，和初步具有拟定机械系统运动方案的能力。培养学生进行机械产品功能原理和结构方案创新的认识与能力。本课程在培养高级机械工程技术人才的全局中，为学生今后从事机械设计、研究和开发创新奠定必要的基础，并具有增强学生对机械技术工作适应能力的作用。在培养学生的机械综合设计能力和创新能力所需的知识、能力和素质的结构中，占有十分重要的地位。

由于机械系统运动方案设计具有较强的综合性、系统性和创新性，需要多方面知识的积累，需要较强的分析、综合能力的基础。因此，本课程的学习安排在机械设计课程之后。也是机械基础系列课程的最后一门主干技术基础课。

### 第三节 机械原理课程的主要内容、基本要求与学习方法

如前所述，机械原理课程是研究机构及机械系统运动简图设计，是面向机械系统运动方案设计的学科，是设计性的课程。因此，本课程的内容是以“设计”为主线。分析与设计有机结合，分析是设计的基本内容和必不可少的手段，但它是服务于设计，是为了了解机构的运动与传力特性等，以能正确地选用机构和校核所设计的机构，为了评价与优选机械系统运动方案。而在分析与设计的数学模型建立上，两者是一致的（特别是机构的优化设计），仅是已知与待求的参数不同而已。

本课程属于机类专业的技术基础课，在内容上突出加强与拓宽基础为基本点。特别强调注意掌握各部分的基本概念、基本理论、基本方法和基本技能。本课程的基本内容及其基本要求如下：

#### 一、机构的结构设计

研究机构的基本结构组成；运动链与机构的约束与自由度，运动链及机构的构型设计（型数综合）；机构的结构分析与分类。要求掌握机构的组成要素，机构运动简图的绘制。能正确计算运动链及机构（包括平面及简单空间运动链）的自由度。了解机构中的约束（包括虚约束、过约束）性质与结构。掌握基本杆组的概念，了解按杆组的机构创新综合，能对平面机构按杆组进行分类。

#### 二、常用机构的设计

1. 平面连杆机构及设计 研究平面连杆机构的基本结构与应用；平面连杆机构的运动特性分析及选用；平面连杆机构的力学分析与传力特性；平面连杆机构的运动学尺度综合。

2. 凸轮机构及设计 凸轮机构的结构类型与应用；凸轮机构的运动学及动力  
此为试读，需要完整PDF请访问：[www.ertongbook.com](http://www.ertongbook.com)