



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
新世纪高校机电工程规划教材

机械原理

◎ 刘会英 张明勤 徐宁 编

第3版



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

TH111
56-3

013070893

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
新世纪高校机电工程规划教材

机械原理

第3版

刘会英 张明勤 徐 宁 编

张 策 翁海珊 主 审



北航

C1680090

机械工业出版社

TH111
56-3

013070803

本教材是根据教育部提出的“面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的基本思想,以满足新世纪教学改革和教材改革为指导思想进行编写的。全书以培养机械系统方案创新设计能力为目标,在内容编排上贯穿了以设计为主线的思想,将全书内容进行了有机的组合,共分为十章,主要内容包括:机构的结构分析,机构的性能分析,平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系及其设计,其他常用机构及其设计,机构系统动力学设计,机械系统的运动方案及机构的创新设计。为了方便读者掌握重点内容和拓宽知识面,每章后均有“知识要点与拓展”的内容。

本书在注重培养学生逻辑思维能力的同时,还配有多媒体教学课件,为开发学生的形象思维能力创造了条件。请需要多媒体教学课件的老师到机械工业出版社教育服务网(<http://www.cmpedu.com>)下载。

本书主要作为普通高等院校机械类专业的教学用书,也可作为非机械类专业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/刘会英,张明勤,徐宁编.—3 版.—北京:
机械工业出版社,2013.8
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 978-7-111-42892-3

I. ①机… II. ①刘…②张…③徐… 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 128709 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
策划编辑:刘小慧 责任编辑:刘小慧 韩冰 邓海平
版式设计:霍永明 责任校对:陈秀丽
封面设计:张静 责任印制:张楠
北京京丰印刷厂印刷
2013 年 9 月第 3 版·第 1 次印刷
184mm×260mm·16.25 印张·401 千字
标准书号:ISBN 978-7-111-42892-3
定价:31.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

新世纪高校机电工程规划教材编审委员会

顾问：艾 兴（院士）

领导小组：张 慧 高振东 梁景凯 高文龙

赵永瑞 赵玉刚

委员：张 慧 张进生 宋世军 沈敏德

赵永瑞 程居山 赵玉刚 齐明侠

高振东 王守城 姜培刚 梅 宁

吴向博 梁景凯 方世杰 高文龙

王世刚 尚书旗 姜军生 刘镇昌

第3版前言

《机械原理》(第2版)已经使用了五年,使用本教材的高校数量在逐年增加,一方面表明本教材的体系和内容得到了广大师生的认可,另一方面也说明教学改革的理念与兄弟院校达成了共识。为此,《机械原理》(第3版)依然遵循“高等学校本科教学质量与教学改革工程”的基本框架,基本保持了原体系结构,主要在以下几方面进行了补充与修改:

(1) 在内容阐述上,除了注重知识面的扩大和引导,还注重与工程实践相结合,培养学生的工程意识和实践能力。

(2) 在内容取舍上,更加注重了实用性和先进性的关系,既有利于学生了解最前沿的知识,又有利于学生掌握实际工程案例中的基本设计方法。

(3) 对多媒体教学课件内容进行了补充与完善,既方便教师根据授课需要进行选择,又有利于学生自学。

(4) 在例题选择上,更加注重学生掌握基本知识,有利于学生结合工程案例进行系统方案设计。

配套出版的立体化教材《机械基础综合课程设计》也进行了修订,在2011年出版了第2版,强调以系统设计分析和综合设计能力培养为主线,突出创新设计能力培养和总体方案的构思和设计。

本教材第3版的修订工作由哈尔滨工业大学(威海)刘会英、山东建筑大学张明勤、哈尔滨工业大学(威海)徐宁完成。其中刘会英、张明勤合编第1章,刘会英编写第6~8章,张明勤编写第2、9、10章,徐宁编写第3~5章。

本教材由天津大学张策教授和北京科技大学翁海珊教授精心审阅,并提出了许多宝贵意见,在此表示衷心感谢!

由于作者水平有限,误漏、欠妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

第2版前言

本书是在第1版的基础上,根据工科高等学校机械类专业机械原理课程教学基本要求和普通高等教育“十一五”国家级规划教材的编写出版要求,参考多年来的教学实践经验和读者意见,并考虑我国机械工业的发展需要修订而成。

鉴于广大读者对第1版教材内容体系结构的充分认可,在此次修订中基本保持了原体系结构。此次重点修订的内容主要有:(1)对前后章节的内容衔接作了适当调整,便于学生掌握系统知识,更有利于学生建立系统设计的概念。(2)在内容的阐述和例题、习题的选择上,更加注重与工程实际的结合,以期培养学生的工程意识。(3)对常用机构(第四、五、六章)中的图解法和解析法的应用作了系统调整,使其更符合现代创新设计的理念。(4)对其他常用机构一章进行了补充完善,增加了凸轮简谐运动机构,使学生对组合机构有了更充分的理解。(5)对机械系统的运动方案及机构的创新设计(第十章)进行了补充和完善,引导学生增强创新设计意识,掌握创新知识,培养运动方案设计和机构创新设计的基本技能与素质。(6)完善了书配盘多媒体教学课件,课件内容结构体系与教材相同,图、文、声、像并茂,内容丰富,信息量大,可真正成为教师使用的讲课平台,又是学生掌握、巩固、拓展知识和运用知识进行创新训练的良好途径。

按照立体化教材建设原则,我们还编写了《机械基础综合课程设计》教材,该教材将《机械原理课程设计》和《机械设计课程设计》有机融合,强调以系统分析和综合设计能力培养为主线,突出创新设计能力培养和总体方案的构思与设计。可以与本教材配套使用,也可以单独使用。

本书第2版由哈尔滨工业大学(威海)刘会英、青岛理工大学杨志强、山东建筑大学张明勤编写。其中刘会英、张明勤合编第一章,刘会英编写第六、七、八章,杨志强编写第三、四、五章,张明勤编写第二、九、十章。

本书承蒙天津大学张策教授和北京科技大学翁海珊教授精心审阅,并提出了许多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

由于水平所限,难免仍有漏误及不当之处,敬请各位同行教师及广大读者指正。

编者 刘会英 杨志强 张明勤

主编 刘会英 杨志强 张明勤

副主编 刘会英 杨志强 张明勤

参编 刘会英 杨志强 张明勤

审稿 刘会英 杨志强 张明勤

校对 刘会英 杨志强 张明勤

绘图 刘会英 杨志强 张明勤

排版 刘会英 杨志强 张明勤

印刷 刘会英 杨志强 张明勤

发行 刘会英 杨志强 张明勤

装订 刘会英 杨志强 张明勤

封面 刘会英 杨志强 张明勤

第1版前言

教育部提出的“面向21世纪教学内容和课程体系改革计划”的基本思想,体现在机械设计系列课程体系中改革的总体目标是培养学生的综合设计能力。而机械原理课程作为机械类专业的主干技术基础课,在培养学生的综合设计能力的全局中,承担着培养学生机械系统方案创新设计能力的任务,在机械设计系列课程体系中占有十分重要的地位。机械原理的具体任务是进行机械运动方案的构思、执行机构类型和尺度的综合等。这就需要教材增加机构创新设计的内容,以适应市场快速发展的需要。从机械原理课程在机械设计系列课程总体框架中所处的地位出发,以培养和提高学生机械系统方案创新设计的能力为目标,本着“以设计为主线,分析为设计服务”的思想,本教材在以下几方面进行了改进和提高:

1. 在章节编排上,将传统的运动分析、力分析、摩擦和效率有机地合并为机械的性能分析,与机构分析一起放在了教材的前面,集中体现了分析为设计服务的思想。将机械速度波动的调节与平衡合并为机械动力学设计,使整篇内容更具系统性和可读性。

2. 在内容阐述上,注重知识面的扩大和三基(基本理论、基本知识和基本技能)的掌握以及实际问题能力的培养,充实了广义机构的内容,加强了机构设计、机构系统设计和机构创新设计的内容,每章内容前有引言,后有知识要点,便于系统掌握各章内容和自学。

3. 在内容取舍上,注意了实用性和先进性的关系。舍弃了一些陈旧的传统内容,有选择地保留了实际工程中并不先进但实用性很强的内容;由于学时数的限制,对学科前沿的最新发展不可能做到详尽介绍,因此,在每章后附有“知识拓展”,在教材的最后附有“展望”,介绍本学科的最新发展动态,让读者有目的地了解到本学科最前沿的信息与成果。

4. 在教材模式上,注重了适应21世纪教育与教学模式的变化。本教材配有多媒体教学软件,充分利用计算机多媒体的各种功能,将图形、动画、音像、文字、声音有机地结合起来,展示各种机构在实际机械中的应用实例,并注意对每章提出的问题,做到前后呼应,注重启发式教学,为学生创造一种轻松、活泼、自主的学习环境,激发学生对机械原理课程的兴趣,培养学生的形象思维能力和创新意识,从而提高教学质量。

参加本书编写的有哈尔滨工业大学(威海)刘会英(第一、六、七章)、青岛建筑工程学院杨志强(第三、四章)、山东建筑工程学院张明勤(第一、二、十章)、烟台大学刘加光(第五章)、济南大学王砚军(第九章)、山东科技大学隋金玲(第八章)。全书由刘会英、杨志强担任主编。

本书由教育部机械基础课委员会副主任、天津大学机械工程学院院长张策教授审阅。哈尔滨工业大学王知行教授,为本书的编写提了许多好的建议;哈尔滨工业大学(威海)彭锡鸿教授审阅了部分书稿,并提出了宝贵意见;在此对他们的大力支持表示衷心感谢。

由于作者水平有限,不当及欠妥之处在所难免,真诚希望同行教师 and 广大读者批评指正。

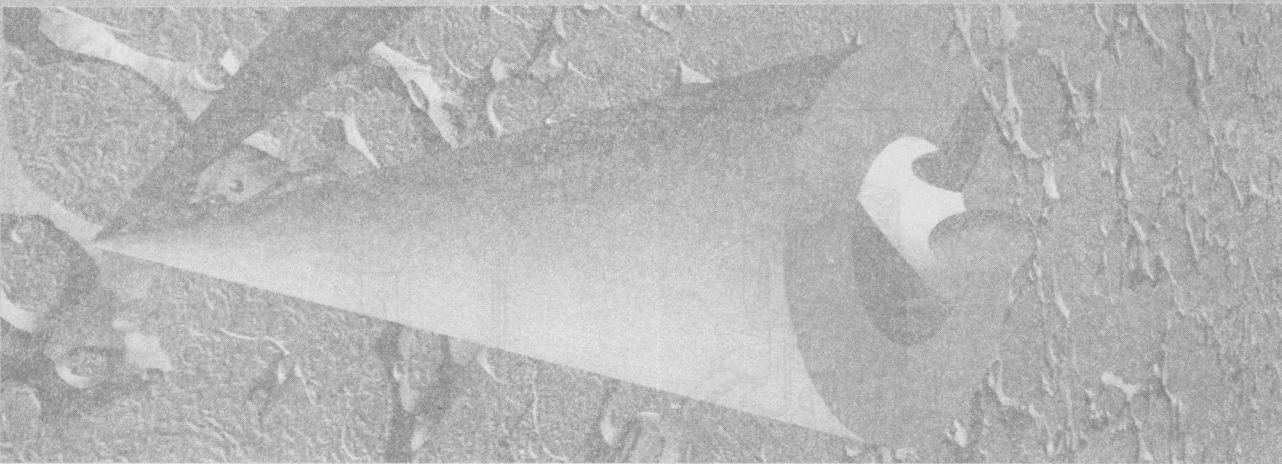
目 录

第3版前言	
第2版前言	
第1版前言	
第1章 绪论	1
1.1 机械的基本概念	1
1.1.1 机器	1
1.1.2 机构	3
1.2 机械设计的一般过程	3
1.3 机械原理的研究对象和内容	4
1.4 机械原理课程的地位和学习本课程的目的	5
1.5 如何进行本课程的学习	6
第2章 机构的组成和结构分析	7
2.1 机构的组成	7
2.1.1 构件及其分类	7
2.1.2 运动副及其分类	8
2.1.3 运动链与机构	9
2.2 机构运动简图及其绘制	10
2.2.1 机构运动简图	10
2.2.2 机构运动简图的绘制	10
2.3 平面机构自由度的计算	13
2.3.1 机构具有确定运动的条件	13
2.3.2 平面机构自由度与约束的关系及自由度计算公式	14
2.3.3 计算机构自由度时应注意的几个问题	15
2.4 平面机构的组成原理和结构分析	18
2.4.1 平面机构的组成原理	18
2.4.2 平面机构的结构分析	21
2.5 空间机构简介	22
2.5.1 空间机构自由度简介	22
2.5.2 空间机构的自由度计算	23
知识要点与拓展	24
思考题及习题	24
第3章 平面机构的性能分析	27
3.1 平面机构的运动分析	27
3.1.1 瞬心法及其应用	27
3.1.2 用矢量方程图解法作机构的速度及加速度分析	29
3.1.3 III级机构的运动分析	31
3.1.4 杆组法及其应用	32
3.2 平面机构的力分析	40
3.2.1 力分析的基本知识	40
3.2.2 用杆组法对平面机构进行动态静力分析	41
3.2.3 运动副中的摩擦及考虑摩擦时机构的受力分析	43
3.2.4 机械效率	48
3.2.5 机械的自锁	49
知识要点与拓展	50
思考题及习题	51
第4章 连杆机构及其设计	56
4.1 平面四杆机构的基本类型及其演化	57
4.1.1 铰链四杆机构中曲柄存在的条件	57
4.1.2 铰链四杆机构的基本类型及其演化	58
4.1.3 具有移动副的四杆机构及其演化	59
4.2 平面四杆机构的基本特性	62
4.2.1 急回特性及行程速比系数 K	62
4.2.2 压力角与传动角	63
4.2.3 机构的死点位置	63
4.2.4 连杆机构运动的连续性	64
4.3 平面连杆机构设计	64
4.3.1 平面连杆机构设计的基本问题	64
4.3.2 用图解法设计四杆机构	65
4.3.3 用解析法设计四杆机构	67
4.3.4 用实验法设计四杆机构	72
4.4 多杆机构	74
知识要点与拓展	75
思考题及习题	76
第5章 凸轮机构及其设计	79
5.1 凸轮机构的类型及应用	79

5.1.1 凸轮机构的组成及应用	79	6.5.3 一对渐开线齿轮连续传动 条件	110
5.1.2 凸轮机构的分类	80	6.5.4 标准中心距 a 与实际中 心距 a'	111
5.2 推杆的运动规律设计	81	6.6 渐开线齿廓的加工与变位	113
5.2.1 凸轮机构的运动循环和基本 概念	82	6.6.1 展成法加工齿轮	113
5.2.2 推杆常用的运动规律	82	6.6.2 用标准齿条形刀具切制齿轮	115
5.2.3 运动规律的组合及其选择	86	6.6.3 根切现象及其避免方法	116
5.3 平面凸轮的轮廓设计	86	6.6.4 变位齿轮传动	118
5.3.1 平面凸轮轮廓设计的基本原理	86	6.7 斜齿圆柱齿轮传动	122
5.3.2 用图解法设计凸轮廓线	87	6.7.1 斜齿轮齿廓曲面的形成及啮合 特点	122
5.3.3 用解析法设计凸轮廓线	90	6.7.2 斜齿轮的主要参数及几何 尺寸	123
5.4 凸轮机构基本尺寸设计	92	6.7.3 一对斜齿轮的啮合传动	125
5.4.1 凸轮机构的压力角及其许用值	93	6.7.4 斜齿轮的当量齿轮与当量 齿数	126
5.4.2 凸轮基圆半径的确定	94	6.7.5 斜齿轮传动的主要优缺点	128
5.4.3 滚子半径的选择	94	6.8 交错轴斜齿轮传动	128
5.4.4 平底宽度的确定	95	6.8.1 交错轴斜齿轮的几何关系	128
5.4.5 推杆偏置方向的选择	95	6.8.2 交错轴斜齿轮的正确啮合 条件	129
知识要点与拓展	96	6.8.3 传动比和从动轮转向	129
思考题及习题	97	6.8.4 交错轴斜齿轮传动的优缺点	129
第6章 齿轮机构及其设计	99	6.9 蜗杆传动	130
6.1 齿轮机构的特点及类型	99	6.9.1 蜗杆传动及其特点	130
6.1.1 平面齿轮机构	99	6.9.2 蜗杆传动的类型	130
6.1.2 空间齿轮机构	100	6.9.3 蜗杆传动的正确啮合条件	130
6.2 齿轮齿廓的设计	101	6.9.4 蜗杆传动的主要参数和几何 尺寸	132
6.2.1 齿廓啮合基本定律	101	6.10 锥齿轮传动	133
6.2.2 渐开线齿廓	102	6.10.1 锥齿轮传动概述	133
6.3 渐开线齿廓的啮合特性	104	6.10.2 直齿锥齿轮齿廓的形成	133
6.3.1 渐开线齿廓能满足定传动比 要求	104	6.10.3 背锥及当量齿数	134
6.3.2 啮合线为一条定直线	104	6.10.4 直齿锥齿轮传动的几何参数和 尺寸计算	135
6.3.3 渐开线齿轮传动具有中心距 可分性	105	6.11 非圆齿轮机构	136
6.4 渐开线标准齿轮的基本参数及几何 尺寸	105	6.12 其他齿轮机构简介	137
6.4.1 齿轮的各部分名称	105	6.12.1 圆弧齿廓齿轮	137
6.4.2 渐开线齿轮的基本参数	106	6.12.2 摆线齿轮机构	138
6.4.3 齿轮各部分的基本尺寸	107	6.12.3 抛物线齿轮	138
6.4.4 任意圆上的齿厚	108	知识要点与拓展	139
6.5 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合 传动	108	思考题及习题	139
6.5.1 一对渐开线齿轮的正确啮合 条件	108		
6.5.2 一对渐开线齿轮的啮合过程	109		

第7章 轮系及其设计	142
7.1 轮系及其分类	142
7.1.1 定轴轮系	142
7.1.2 周转轮系	142
7.1.3 复合轮系	143
7.2 定轴轮系的传动比	143
7.2.1 平面定轴轮系传动比的计算	144
7.2.2 空间定轴轮系	145
7.3 周转轮系的传动比	146
7.4 复合轮系的传动比	149
7.5 轮系的功用	151
7.6 行星轮系的效率计算	153
7.7 行星轮系的类型选择及设计	155
7.7.1 行星轮系的类型选择	155
7.7.2 行星轮系中各轮齿数的确定	156
7.7.3 行星轮系的均载装置	158
7.8 其他类型行星传动简介	158
7.8.1 渐开线少齿差行星轮系	158
7.8.2 摆线针轮传动	160
7.8.3 谐波齿轮传动	160
知识要点与拓展	162
思考题及习题	162
第8章 其他常用机构	166
8.1 棘轮机构	166
8.1.1 棘轮机构的组成及工作原理	166
8.1.2 棘轮机构的类型	166
8.1.3 棘轮机构的特点和应用	168
8.1.4 轮齿式棘轮机构的设计要点	169
8.2 槽轮机构	171
8.2.1 槽轮机构的组成及工作原理	171
8.2.2 槽轮机构的类型	171
8.2.3 槽轮机构的特点和应用	172
8.2.4 槽轮机构的设计要点	172
8.3 不完全齿轮机构	176
8.3.1 不完全齿轮机构的工作原理	176
8.3.2 不完全齿轮机构的类型	176
8.3.3 不完全齿轮机构的啮合过程	176
8.3.4 不完全齿轮机构的特点及 应用	177
8.3.5 不完全齿轮机构的设计要点	178
8.4 凸轮式间歇运动机构	179
8.4.1 凸轮式间歇运动机构的工作原理 及特点	179
8.4.2 凸轮式间歇运动机构的类型及 应用	179
8.5 万向联轴器	180
8.5.1 单万向联轴器	180
8.5.2 双万向联轴器	181
8.6 广义机构	182
8.6.1 液动机构	182
8.6.2 气动机构	183
8.6.3 光电机构	183
8.6.4 电磁机构	184
知识要点与拓展	185
思考题及习题	185
第9章 机械系统动力学设计	186
9.1 机械的质量平衡与功率平衡	186
9.1.1 机械的质量平衡	186
9.1.2 机械的功率平衡	187
9.2 基于质量平衡的动力学设计	188
9.2.1 刚性转子的静平衡设计	188
9.2.2 刚性转子的动平衡设计	189
9.2.3 刚性转子的平衡实验及平衡 精度	190
9.2.4 挠性转子的平衡概述	192
9.2.5 平面机构的平衡设计	193
9.3 基于功率平衡的动力学设计	197
9.3.1 系统的动力学模型	197
9.3.2 机械运动方程式的建立及 解法	200
9.3.3 机械速度波动的调节	202
知识要点与拓展	206
思考题及习题	207
第10章 机械系统的运动方案及机构 的创新设计	211
10.1 机械系统的设计过程	211
10.2 机械系统的总体方案设计	212
10.2.1 总体方案设计的目的和内容	212
10.2.2 总体方案设计的现代设计 思想与方法	213
10.2.3 系统总体方案设计准则	214
10.3 机械执行系统的运动方案设计	215
10.3.1 功能原理设计	215
10.3.2 运动规律设计及工艺参数的 确定	216

10.3.3 机构选型与构型设计	218	10.5.1 原动机的类型及应用	227
10.3.4 执行机构的运动协调设计与 运动循环图	220	10.5.2 原动机的选择	228
10.3.5 机械执行系统的方案设计 举例	221	10.6 机构的创新设计	229
10.3.6 运动方案的评价	224	10.6.1 创新设计的原理与方法	229
10.4 机械传动系统的方案设计	224	10.6.2 机构的创新设计方法	230
10.4.1 机械传动系统方案设计的 内容与步骤	224	知识要点与拓展	239
10.4.2 机械传动类型的选择	225	思考题及习题	240
10.4.3 传动链的方案设计	227	展望——机械原理学科的发展趋势	242
10.5 原动机及其选择	227	附录 《机械原理》常用名词术语 中英文对照表	244
		参考文献	247



第 1 章

绪 论

何为机械？何为机械原理？机械原理是一门什么性质的课程？为什么要学习机械原理？机械原理研究哪些内容？怎样学习机械原理这门课程？学习机械原理可以培养哪些方面的能力？

1.1 机械的基本概念

机械是机器和机构的总称。

1.1.1 机器

机器的概念人们已耳熟能详，如家庭用的缝纫机、洗衣机、电风扇，交通运输用的汽车、飞机、轮船，工程建设用的起重机、装载机、翻斗车，机械加工用的各种机床，提供动力用的内燃机、电动机、发电机，现代办公用的打字机、绘图机、传真机等，这些都是机器。机器的种类繁多，其用途和性能也各不相同，下面通过两个实例来分析其性能特征，从而给机器下一个定义。

内燃机是汽车、飞机、轮船、装载机等各种流动性机械最常用的动力装置。图 1-1 是一种最简单的单缸内燃机，通过气缸 1、活塞 2、连杆 3 和曲轴 4 组成的连杆机构，可以实现将活塞的直线运动变换成曲轴的回转运动；由齿轮 4' 和齿轮 5 及机体组成的齿轮机构将曲轴的回转运动传递到凸轮轴 5'；由凸轮轴 5' 和推杆 6 及机体组成的凸轮机构将凸轮的回转运动转换为推杆的直线运动。通过以上各种机构的协调配合动作，燃料燃烧时产生的热能，便可转变为曲轴转动的机械能。

装载机是一种常用的工程建设机械，图 1-2 即为某种装载机的实物图。工作时，内燃机带动高压泵输出高压油驱动液压缸活塞，再通过一系列杆件的运动传递与变换，实现铲斗的平面复杂运动，从而完成物料的铲、装、卸作业；通过驾驶整车行走，可以实现运载作业。

通过以上两例可以看出，虽然各种机器的构造、用途和性能各不相同，但从其力学特性及在生产中的地位来看，却存在以下共同特征：

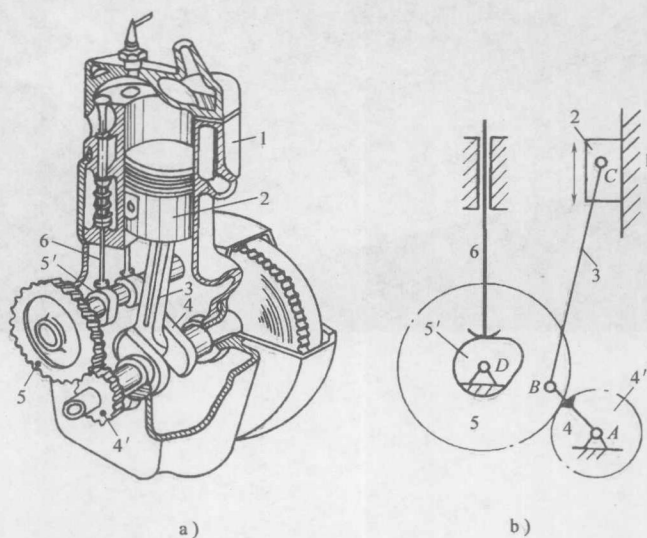


图 1-1 内燃机

1—气缸 2—活塞 3—连杆 4—曲轴 4'、5—齿轮
5'—凸轮轴 6—推杆



图 1-2 装载机

- 1) 它们是人造的实物组合体。
- 2) 组成它们的各部分之间具有确定的相对运动。
- 3) 能够用来变换或传递能量、物料与信息。

凡同时满足以上三个特征的实物组合体便可称为机器。根据工作类型的不同, 机器一般可以分为三类, 即动力机器、工作机器、信息机器。

动力机器的作用是将其他形式的能量变换为机械能, 或将机械能变换成其他形式的能量。例如, 内燃机、涡轮机、压气机、电动机等都属于动力机器。

工作机器的用途是完成有用的机械功或搬运物料。例如, 金属切削机床、起重机、缝纫

机、机车、汽车、包装机等都属于工作机器。

信息机器是用来完成信息的传递和变换的。例如，打印机、绘图机等都属于信息机器。

现代机器通常由动力部分、传动系统、执行机构以及信息检测、处理和控制系统等组成。其中信息处理和控制在由计算机系统来完成的，实现机电一体化，成为现代机械系统，如加工中心、机器人、全自动照相机等。但无论现代机器多么先进，机器与其他装置的主要不同点是产生确定的机械运动，并通过运动来实现能量、物料和信息的变换。

1.1.2 机构

通过以上两例还可以看出，机器是由机构组成的。正是由于这些机构的协调运动，机器才能够完成有用的机械功或进行能量转换。一部比较复杂的机器可能包含多种类型的机构，例如内燃机就是由连杆机构、齿轮机构和凸轮机构组成的，如图1-3所示。

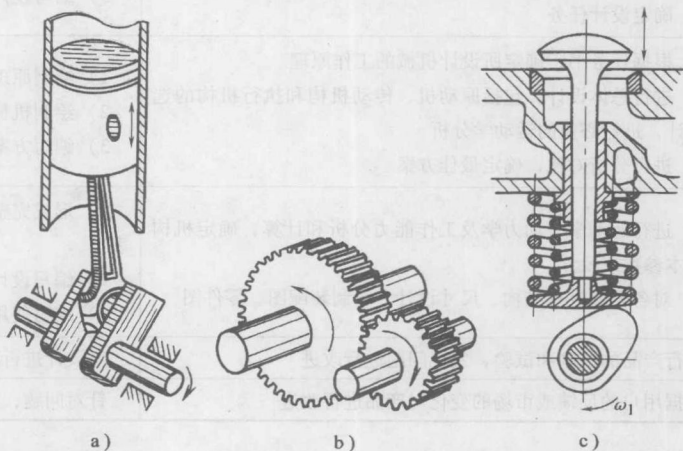


图1-3 组成内燃机的机构

a) 连杆机构 b) 齿轮机构 c) 凸轮机构

机器能够用来变换或传递能量、物料与信息，而机构在机器中可以认为仅仅起着传递运动和转换运动形式的作用，它具有以下两个特征：

- 1) 机构是人为的实物组合。
- 2) 组成机构的各实物之间具有确定的相对运动。

由于机构具有机器的前两个特征，所以从结构和运动的观点来看，两者之间并无区别。因此，人们常用机械一词作为它们的总称。

1.2 机械设计的一般过程

机械设计是指设计实现预期功能的新机械或改良原有机械的过程。根据设计的内容和特点，一般把机械设计分为以下三种类型：

(1) 开发性设计 在工作原理、结构等完全未知的情况下，针对新任务提出新方案，开发设计出以往没有过的新产品。

(2) 变型设计 在工作原理和功能结构不改变的情况下，对已有产品的结构、参数、尺寸等方面进行变异，设计出适用范围更广的系列化产品。

(3) 适应性设计（也称反求设计）针对已有的产品设计，在消化吸收的基础上，对产品作局部变更或设计一个新部件，使产品更加满足使用要求。

机械设计既是对已有经验的继承，也是一个创新的过程。开发性设计以开创、探索创新，变型设计通过变异创新，适应性设计在吸取中创新。创新是各种类型设计的共同点。

设计任务不同使得设计过程也不相同，但一般都要经过以下几个阶段，见表 1-1。

表 1-1 机械设计的一般过程

设计阶段	设计内容	完成工作
初期计划阶段	1) 选题：根据具体情况，如用户需求、市场需要或主管部门要求等，选定设计题目 2) 进行市场和技术调研，对设计的可行性进行论证 3) 确定设计任务	1) 提出预期设计题目 2) 论证报告 3) 编写设计任务书
方案设计阶段	1) 根据任务书，确定所设计机械的工作原理 2) 进行总体设计，包括原动机、传动机构和执行机构的选择设计，进行必要的运动学分析 3) 进行分析对比，确定最佳方案	1) 绘制原理图 2) 绘制机械运动简图 3) 编写方案设计计算说明书
技术设计阶段	1) 进行运动学、动力学及工作能力分析和计算，确定机构的基本参数或尺寸 2) 对各零件进行结构、尺寸设计，绘制装配图、零件图	1) 形成完整的图样及外购件明细表 2) 编写设计计算说明书 3) 编写使用维护说明书
产品试制阶段	进行产品的试制和试验，发现问题进行改进	对设计进行改进和完善
产品投产后	根据用户的反馈或市场的变化对产品进行改进	针对问题，改进设计

机械设计是一个细致复杂的过程，每一环节紧密相连，在设计时既要严格按流程进行设计，又要根据情况在各环节之间反复交叉修正，以获得最佳设计产品。在进行实际计算时，实现同一功能可以依据不同的工作原理，而工作原理不同，则机械的面貌完全不同，因此确定工作原理是机械设计的第一步。机械系统的方案设计是机械设计中至关重要的一步。从原动机到传动机构、再到执行机构的选择和布局，从根本上影响了所设计产品的结构及性能优劣和成本高低。结构设计中的运动学分析、动力学分析和工作能力分析与计算将直接影响产品的使用性能。这些知识都与本课程的内容密切相关，因此希望大家通过对本课程的学习，掌握机械设计的方法，为解决日后在工作中遇到的技术问题和进行创新设计打下坚实的基础。

1.3 机械原理的研究对象和内容

机械是机器和机构的总称，所以机械原理又称为机器与机构理论（Theory of machines and mechanisms），是机械工程学科的重要基础理论之一。

机器的种类是数不胜数的，但组成这些机器的基本机构的种类并不是很多，即使是最复杂的机器，也无非是由连杆机构、齿轮机构、凸轮机构、间歇运动机构等一些常用机构组合而成的；机器虽然不同，但组成它们的主要机构却可以是相同的，所以各种常用机构是机器的共性问题，也是本课程研究的主要对象。

本课程的内容可分为以下几个方面:

(1) 机构的结构分析 首先,我们研究机构是怎样组成的,如何用简单的图形把机构的结构状况表现出来,即绘制机构运动简图(图1-1b)的问题,这样便于对机构进行运动和力的分析,如机构的组成情况对其运动的影响,以及机构运动的可能性和具有确定运动的条件;其次,研究机构的组成原理及对机构的结构进行分类,便于系统地建立机构运动分析和力分析的方法。通过机构的类型综合,可以探索设计新机械的某些途径。

(2) 机构的性能分析 主要包括运动分析和力分析。运动分析是以几何的观点来研究在给定原动件运动的条件下,机构各点的轨迹、位移、速度和加速度等运动特性,是了解现有机械运动性能的必要手段,也是设计新机械的重要步骤。力分析主要是研究机构各运动副中的力以及平衡机构力的计算方法、摩擦和效率等问题。

(3) 常用机构的设计问题 既然种类繁多的机器是由一些常用机构组成的,那么本课程将讨论这些常用机构的基本设计理论和设计方法,为机械系统的方案设计奠定必要的运动学基础。

(4) 机器动力学问题 主要研究机械在外力作用下的真实运动规律,机械运转过程中速度波动的调节问题,机械运转时惯性力和惯性力矩的平衡问题,为机械系统方案设计奠定必要的动力学基础。

(5) 机械系统方案设计 主要介绍机械总体方案的设计步骤、功能分析、机构创新、执行机构的运动规律和机构系统运动协调设计的基本原则等,使学生初步具有拟定机械系统方案的能力。

1.4 机械原理课程的地位和学习本课程的目的

机械原理是一门培养学生具有机械基本设计能力的专业基础课。一方面,它比物理和工程力学等基础课更接近实际;另一方面,它又不同于汽车设计、机械制造设备等专业课。机械原理是研究各种机械所具有的共性问题,而专业课是研究某一类机械所具有的特殊性问题,因此,它比专业课具有更宽的研究面和更广的适应性。在教学中起着承上启下的作用,是高等院校中机械类各专业的一门重要的主干专业基础课,在机械设计系列课程体系中占有非常重要的地位。

对机械原理课程的学习,可为学习机械类有关专业课打下良好的基础,因为任何一部机器不仅要研究其特殊性,更需要研究其共性问题,机械原理正是为研究其共性问题而开设的,同时在研究问题的方法上也适合于专业课的研究。

机械设计与制造业是国民经济的支柱产业。作为机械类各专业的学生,在今后的学习和工作中总会遇到许多关于机械设计和使用方面的问题,而本课程所讲授的机构分析与设计的基本理论和方法,不仅用于解决本课程所学的机构设计,而且对今后的课程设计和毕业设计以及解决工作中遇到的技术问题,都会提供必要的基础知识,为机械产品的创新设计打下良好的基础。

对于现有机械,要想充分发挥其机械设备的潜力,必须掌握机构和机器的分析方法,才能了解机械的性能和更合理地使用机械;掌握机构和机器的设计方法,才能对现有机械的革新改造提出可行性方案。本课程将为现有机械的合理使用和技术革新打下基础。

在机器的创新设计过程中,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,都需要相关的机械原理知识。计算机和计算技术的快速发展需要把计算机快速计算和图形处理功能引入机械设计中,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,把机、电、液、气的技术结合起来解决问题,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 如何进行本课程的学习

由于本课程的性质不同于基础课,所以在学习方法上要作相应的调整,以便在有限的时间内学得更好,注意做到以下几点:

1) 机械原理是一门专业基础课,它的先修课程是高等数学、物理、理论力学及工程制图等。其中,本课程与理论力学的知识联系尤为紧密,它把理论力学的有关原理应用于实际机械,在学习的过程中,应注意灵活运用理论力学的有关知识。

2) 学习知识和培养能力两者是相辅相成的。在本课程的学习中,应把重点放在掌握研究问题的基本思路和方法上,着重于能力的培养。这样就可以利用自身能力去获取新的知识,这在知识更新速度加快的当今世界尤为重要。

3) 深入理解和全面掌握本课程的基本研究方法。这些基本研究方法包括:杆组法、转换机架法、等效法、机构演化法等。这些方法能使我们非常容易地对各种机构进行分析和设计,同时也是今后各专业课中经常使用的研究方法。

4) 本书把结构和性能分析集中讨论,放在了前面,为的是体现以设计为主、分析为设计服务的思想。注意在学习中进行前后联系,融会贯通,例如利用瞬心法对凸轮机构、齿轮机构进行分析等。

5) 学习内容的改变,引起研究方法的改变,同时学习方法也在发生改变。在学习本课程的过程中,要注意在发展逻辑思维的同时,重视形象思维能力的培养,这样更有利于解决实际问题 and 进行创造性的设计。

6) 机械原理课程与工程实际联系密切,在学习的过程中要特别注意理论联系实际。与本课程有关的教学环节有实验、课程设计、机械设计大奖赛及课外科技活动等,都是理论联系实际的良好途径,把现实中的各种不同机构融入到学习中,从中得到启示,有利于本课程的学习。

综上所述,机械原理是机械类各专业的一门重要的专业基础课程,它一方面介绍对已有机械进行结构分析、运动分析和动力分析的方法,另一方面探索根据运动和动力性能要求设计新机械的途径与方法。通过学习本课程,学生可以掌握有关机构学和机械动力学的基本理论、基本知识和基本技能,锻炼工程实践能力和开发创新能力。

创新是技术与经济发展的原动力,是国民经济发展的基础。我们不仅要善于学习,更要勇于创新。图 1-1 所示的内燃机自创始发明以来,经过历代革新,至今已有 140 余年的历史,目前仍在广泛应用,但这并不能说明它是尽善尽美的,通过分析,可知它存在机构组成复杂、振动冲击大、转速受限、效率低等许多缺点。在本课程的最后,针对这一实例还要进一步展开讨论,希望学生能够举一反三,从中得到启发,培养和锻炼创新的意识与能力。