

十五

普通高等教育“十一五”国家级规划教材



Fundamentals of

Engineering Mechanics (I)

Theoretical Mechanics

工程力学 基础 (I)

理论力学
第2版

蒋平 主编

蒋平 王维 编著



高等教育出版社
Higher Education Press

普通高等教育 **十一五** 国家级规划教材 主要内容

本教材是“十五”普通高等教育国家级规划教材“十一五”普通高等教育精品教材。本书是教育部“十五”普通高等教育国家级规划教材“十一五”普通高等教育精品教材。本书是教育部“十五”普通高等教育国家级规划教材“十一五”普通高等教育精品教材。

工程力学基础(I)

理论力学

第2版

蒋平 王维 主编
蒋平 王维 编著

ISBN 7-04-023927-0
CIP 数据核字(2008)第027889号
©理论力学(第2版)王维、蒋平主编。西南石油大学教学
改革处力学系力学教研室编。北京:石油工业出版社,2008.
I. ①理... II. ①维... ②蒋... III. ①理... IV. ①O3
ISBN 7-04-023927-0
CIP 数据核字(2008)第027889号
©理论力学(第2版)王维、蒋平主编。西南石油大学教学
改革处力学系力学教研室编。北京:石油工业出版社,2008.
I. ①理... II. ①维... ②蒋... III. ①理... IV. ①O3

高等教育出版社

250 000
29.75
387 × 260
2007 年 1 月
ISBN 7-04-023927-0

内容提要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。在本书第1版普通高等教育“十五”国家级规划教材的基础上,保持原有体系和特色,根据教学改革的需要和将要试行的基础力学课程新的教学基本要求的精神,以及几年来使用本书第1版的教师和学生的意见对本书进行了修订。从更有利于教学的角度出发,对全书的内容、例题、思考题和习题作了必要的增删、调整和修改,未单独成章节的拓宽和提高的内容改用小号字排印。同时,订正了第1版中的错误。

考虑到目前大多数院校基础力学课程仍按“理论力学”和“材料力学”两门课程进行教学,第2版将教材内容进行了重组,第I卷为理论力学部分,第II卷为材料力学部分,材料力学专题也单独成篇,但仍注意保持两部分内容的融会贯通和模块化的内容体系,便于按工程力学课程体系进行教学的专业使用。

本书可用作高等学校工科本科各专业工程力学、理论力学和材料力学等基础力学课程的教材,还可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程力学基础(I)理论力学/蒋平主编. —2版. —北京:高等教育出版社,2008.6

ISBN 978-7-04-023927-0

I. 工... II. 蒋... III. ①工程力学-高等学校-教材
②理论力学-高等学校-教材 IV. TB12

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第057889号

| | | | |
|------|--------------|------|---|
| 出版发行 | 高等教育出版社 | 购书热线 | 010-58581118 |
| 社 址 | 北京市西城区德外大街4号 | 免费咨询 | 800-810-0598 |
| 邮政编码 | 100011 | 网 址 | http://www.hep.edu.cn |
| 总 机 | 010-58581000 | | http://www.hep.com.cn |
| 经 销 | 蓝色畅想图书发行有限公司 | 网上订购 | http://www.landaco.com |
| 印 刷 | 北京明月印务有限责任公司 | | http://www.landaco.com.cn |
| | | 畅想教育 | http://www.widedu.com |
| 开 本 | 787×960 1/16 | 版 次 | 2003年2月第1版 |
| 印 张 | 29.75 | | 2008年6月第2版 |
| 字 数 | 550 000 | 印 次 | 2008年6月第1次印刷 |
| | | 定 价 | 36.80元 |

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 23927-00

第2版前言

本书第1版为普通高等教育“十五”国家级规划教材,第I卷和第II卷分别于2003年2月和2004年1月出版。根据教学改革的需要和将要试行的基础力学课程新的教学基本要求的精神,以及几年来使用本书第1版的教师和学生的意见对本书第1版进行修订。

在本版中,我们保持了第1版的基本体系和特色,从更有利于教学的角度出发,对全书的内容、例题、思考题和习题作了必要的增删、调整和修改,未单独成章节的拓宽和提高的内容改用小号字排印,力图做到主次分明,详略适当,概念准确,题目难易适中,使本书更有利于教师的讲授,也便于学生自学。同时,订正了本书第1版中的错误。

考虑到目前大多数院校基础力学课程仍按理论力学和材料力学两门课程进行教学,第2版将教材内容进行了重组,第I卷为理论力学部分,第II卷为材料力学部分,材料力学专题也单独成篇,但仍注意保持两部分内容的融会贯通和模块化的内容体系,便于按工程力学课程体系进行教学的专业使用。

参加本版修订工作的是蒋平和王维,由蒋平担任主编。西南石油大学教务处和力学教研室全体教师对本书的修订工作给予了大力支持。常学平老师、夏逢军老师和研究生杨建波担任了全书插图的绘制和修改。

本次修订由清华大学贾书惠教授和大连理工大学郑芳怀教授审阅,提出了极为详实的意见,对提高本教材的质量起到了积极的作用,在此深表谢意!

限于编者的水平,修订后的教材仍会有疏漏和欠妥之处,诚恳欢迎读者批评指正。我们衷心希望使用本教材的广大师生和读者对本书提出修改意见和建议,以利于今后再次修订,使之能不断地改进和完善。

编者

2008年1月

第 1 版前言

《《工程力学基础(I)》》

本书是工程力学课程体系及教学内容改革项目的研究成果之一。该项目原为教育部面向 21 世纪“石油工程专业人才培养方案及教学内容体系改革的研究与实践”项目的子课题。全书分为两卷:第 I 卷为《工程力学基础(I)》(工程静力学),第 II 卷为《工程力学基础(II)》(工程动力学),它覆盖了理论力学和材料力学的基本部分。本书特色如下:

1. 体系创新。本教材以固体力学的基本研究方法“力的分析、变形(运动)分析和力与变形(运动)关系研究”为主线,把教学内容重新组合,分为静力分析基础、变形固体力学引论和杆件的强度、刚度和稳定性分析,以及运动分析基础、动力分析基础和分析力学基础等六大部分。“静力分析基础”一开始就建立刚体和变形体两种模型,强调统一的研究方法,使理论力学和材料力学在静力分析方面得以融会贯通。以力系等效定理和质点系的平衡条件作为理论基础取代了静力学公理体系,将静力学和动力学建立在统一的基础上,并同时给出了刚体和变形体平衡的必要条件。杆件内力分析作为刚体系统静力分析的延伸,桁架分析则归入内力分析中的轴力部分。静力分析从物体受空间一般力系作用出发,从空间到平面,从一般到特殊,避免了与大学物理力学部分的重复,提高了起点,压缩了学时。但仍以平面问题为学习重点。“变形固体力学引论”在介绍了工程材料的力学性能和简单情形下(拉压杆)的强度及变形计算后接着介绍应力应变分析、应力-应变关系和失效判据,提高了起点。“杆件的强度、刚度和稳定性分析”从一般的失效判据出发建立梁和轴的强度条件,并将组合变形分别归入梁和轴的设计计算。这一安排提高了学生对构件强度问题的认识(如梁的三种危险点),加强了对应力分析和应用失效判据能力的训练。“运动分析基础”对点的运动学只作复习性讲述,重点介绍自然坐标法;简要介绍刚体的各种运动形式及其描述,刚体基本运动不再列为专章;先讲刚体平面运动,再讲运动刚体上动点的运动,即点的复合运动。“动力分析基础”对质点动力学也只作复习性讲述,重点介绍质点系动力学的基本概念和研究方法,再接动静法、动量法和能量法的顺序,着重介绍达朗贝尔原理及其应用,质点系的动量矩定理及动力学普遍定理的综合应用。减少了与物理的重复,并突出刚体和质点系是理论力学的主要研究对象,与物理以研究质点为主

有明显区别。

构件动应力分析放进动静法应用中,冲击应力放在机械能守恒定律之后,在虚位移原理中增加应用于弹性系统的内容,保守系统的平衡问题不仅讲刚体系统,也讲弹性系统,使理论力学和材料力学融会贯通。

2. 更新拓宽。经典内容推陈出新,引进固体力学高层次课程及反映本学科或跨学科的近现代进展的新概念、新理论和新方法,拓宽知识面,增大信息量,适应现代科技和生产迅速发展的形势,这是教改的一个重要方面。

在“静力分析基础”中强化了力系静力等效和主矢主矩的概念及计算,引入了可变形系统平衡的充分必要条件作为截面法和微元体法的理论基础,引进了介于铰链和固定端之间的“柔性铰”的概念。在“变形固体力学引论”中用现代关于材料屈服和断裂的失效准则取代了古典强度理论,引入了非线性弹性、材料的粘弹性、复合材料等内容及弹性力学的基本方程和求解方法简介、应力和应变的测量、有限元法简介。在“杆件强度、刚度和稳定性分析”中引入梁和圆轴的弹塑性分析和极限分析,压杆以外的其他弹性和非弹性失稳问题,后屈曲性质的讨论等。在“运动分析基础”中同时介绍了矢量力学和分析力学两种研究方法,及计算机技术对工程力学的影响,在“动力分析基础”中也简单介绍了分析动力学方法。这种安排使在学时少而无法讲授“分析力学基础”的情况下,也能让学生初步了解分析力学方法。在“分析力学基础”中增加了对第一类拉氏方程的介绍,以反映计算机技术对工程力学的影响。此外,在运动分析概论中简要介绍了刚体的定点运动和一般运动,在动力分析概论中介绍了质点相对运动的动力学基本方程。

3. 加强力学建模和力学的工程应用。对工科大学生的基本要求是能应用力学原理解决工程实际问题。计算机的广泛应用极大地提高了解算能力,而对工程技术人员力学建模能力和正确分析计算结果的能力的要求相应提高了。为此在绪论中介绍力学与工程的密切联系和力学建模的方法。在理论分析和例题讲解中着重介绍力学建模过程,并对不同模型得到的结果进行讨论和比较。大量选用实际工程问题的分析作为例题和习题,使学生了解力学在工程中的实际应用,培养学生的工程意识、力学建模能力和分析解决实际工程问题的能力。加强这一部分的内容是本书的一个重要特色。

本教材第 I 卷从 1997 年起在西南石油学院机械设计制造及自动化、石油工程、油气储运工程、自动化等专业进行了由点到面的多次教学实践。根据力学教研室、各专业教研室和一些兄弟院校同行的意见对教材进行了两次较大修改。西南石油学院力学教研室全体教师对教改的基本思路和方案以及教材的初稿和第二稿进行了多次讨论,提出了许多宝贵的意见和建议。肖芳淳教授仔细审阅了初稿和第二稿并提出了很好的意见。余碧君老师协助选编了部分习题。郑悦

明、陈波副教授和崔炯屏同志精心绘制了全部插图。在教改过程中西南石油学院及院教务处、机械工程系、石油工程系自始至终给予了关心和支持,历届试点班的同学积极参与教改并提出了许多有益的意见。在此向他们表示衷心的感谢。在教改和教材编写及修改过程中曾参考了许多兄弟院校的改革方案和大量国内外教材。在此向这些兄弟院校和教材的编著者们一并致谢。

本书承蒙中国矿业大学董正筑教授和浙江大学陈乃立教授详细审阅,他们提出了许多宝贵意见。编者谨致衷心的感谢。

限于编者水平,书中疏漏、欠妥之处在所难免,恳请广大教师和读者批评指正。

编者

2002年6月

第1版前言

(《工程力学基础(II)》)

本书是工程力学课程体系及教学内容改革项目的研究成果之一。该项目原为教育部面向21世纪“石油工程专业人才培养方案及教学内容体系改革的研究与实践”项目的子课题。全书分为两卷:第I卷为《工程力学基础(I)》(工程静力学);第II卷为《工程力学基础(II)》(工程动力学)。全书覆盖了理论力学和材料力学的基本部分。本书为第II卷。

本书保持了《工程力学基础(I)》的特色,仍以工程力学的基本研究方法——力的分析、运动(变形)分析和力与运动(变形)关系研究为主线,对理论力学的运动学和动力学及材料力学的动载荷部分的教学内容进行重组,整合成“运动分析基础”、“动力分析基础”和“分析力学基础”三篇共九章,构建了工程动力学的新体系。构件动应力分析列入动静法应用中,冲击应力列在机械能守恒定律之后,在虚位移原理中增加应用于可变形系统的内容,使理论力学和材料力学课程内容融会贯通。

本书明确了与物理课程力学部分的区别,减少重复,提高起点。“运动分析基础”对点的运动学只作复习性讲述,重点介绍自然坐标法。然后,简要介绍刚体的各种运动形式及其描述,刚体基本运动不再列为专章。接着先讲刚体平面运动,再讲点的复合运动,并改名为运动刚体上动点的运动分析。“动力分析基础”对质点动力学也只作复习性讲述,重点介绍质点相对运动的动力学基本方程。然后,介绍质点系动力学的基本概念和研究方法,再按动静法、动量法和能量法的顺序,重点介绍达朗贝尔原理及其应用,质点系的动量矩定理及动力学普遍定理的综合应用,守恒定律只作简要回顾。这种安排,突出了刚体和质点系是理论力学的研究对象,与物理课程力学部分以研究质点为主有明显区别。

本书力求反映工程动力学的新进展和计算机技术对工程力学的影响,对教学内容进行了更新拓宽(文中标有“*”的部分为选学内容)。在“绪论”中就同时介绍了矢量力学和分析力学两种研究方法。在点的运动分析中同时应用矢量力学和分析力学方法。在刚体平面运动中增加了用分析力学方法分析平面机构运动过程的例题。在“动力分析概论”中也简要介绍了分析力学方法。这种安排,使在因学时太少无法讲授“分析力学基础”的情况下也能让学生初步了解分析力学方法,以适应加强分析力学的需要。在“分析力学基础”中则增加了对第

一类拉格朗日方程的介绍,以反映计算机技术对分析动力学的影响。此外,在“运动分析概论”中简要介绍了刚体的定点运动和一般运动。在“动力分析基础”中介绍了质点相对运动的动力学基本方程和相对于质心的动量矩定理。由于学时的减少,上述内容在许多院校的教学已无法专章讲述,故采取拓宽的形式分散到有关章节。同时,增加了反映科技新成就的例题和习题。

加强力学建模和工程应用能力的培养是本教材体系的一个重要特色。对工科大学生的基本要求是能应用力学原理解决工程实际问题。计算机的广泛应用极大地提高了解算能力,而对工程技术人员力学建模能力和正确分析计算结果的能力的要求也相应地提高了。为此,本书加强了工程动力学应用的关键步骤——动力学建模。在“绪论”中就介绍了矢量力学和分析力学两种动力学建模方法。在例题的讲解中详细介绍了力学建模过程。在“分析力学基础”的最后对各种动力学建模方法进行了小结和评述。此外,在各章中增加了不少力学的工程应用内容,并大量选用实际工程问题的分析作为例题和习题。

本书从2001年起在西南石油学院机械设计及其自动化专业和土木工程专业进行了两轮试点教学。根据力学教研室、各专业教研室和兄弟院校同行的意见及试点教学情况对本教材进行了两次较大的修改。西南石油学院力学教研室全体教师对教改的基本思路、教改方案和本教材进行了多次讨论,提出了许多宝贵的意见和建议。黄云、林鸿志两位老师协助选编了部分思考题和习题。郑悦明副教授精心绘制了全部插图。教改得到学院领导、教务处、机械系和建工系的大力支持。试点班同学积极参与教改并提出了许多有益的意见。在此向他们表示衷心的感谢。在教材编写及修改过程中曾参考了许多兄弟院校的改革方案和大量国内外教材,在此向这些兄弟院校和教材的编著者们一并致谢。

本书承蒙中国矿业大学董正筑教授详细审阅,他的宝贵意见对提高本书的科学性、逻辑性和规范性大有帮助,编者谨致衷心的感谢。

限于编者水平,书中疏漏、欠妥之处在所难免,恳请广大教师和读者批评指正。

编者

2003年6月

作者简介

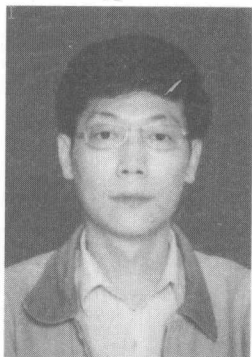
郑重声明



蒋平,男,1945年生,西南石油大学教授、博士生导师。1968年毕业于北京大学数学力学系力学专业6年制本科。1983年至1985年作为访问学者赴英国利物浦大学从事塑性动力学课题研究,1990年至1991年和2003年至2004年两度应邀赴英国利物浦大学冲击研究中心进行国际合作研究:“低碳钢的动断裂研究”和“结构非弹性响应的尺寸律”,2000年和2007年作为高级访问学者分别赴美国加州大学伯克利分校和德州大学从事动断裂研究和学术交流。

长期担任本科生和研究生的力学教学以及硕士生和机械工程博士生的指导工作,讲授理论力学、材料力学、工程力学、弹性力学、弹塑性力学、板壳理论和塑性动力学等课程。先后获全国优秀力学教师、四川省优秀教师和西南石油大学首届教学名师称号。主持完成的“工程力学”课程体系及教学内容改革获中国石油天然气集团公司优秀教学成果二等奖,负责建设的“工程力学”课程被评为四川省精品课程。

长期从事力学应用基础研究,研究领域为冲击动力学、断裂力学等。发表论文数十篇,出版译著《结构冲击》一部。在结构非弹性响应的尺寸律和韧性断裂传播阻力方面的研究成果受到国内外同行的关注。



王维,1959年生,西南石油大学副教授,1982年毕业于西南石油学院机械工程系。先后从事金属工艺和固体力学方面的教学工作,现主要讲授理论力学、材料力学、工程力学和结构力学等课程,并从事力学教学与应用研究,发表机械和力学应用与教学方面的论文三十多篇。

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010)58581897/58581896/58581879

传 真：(010)82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100120

购书请拨打电话：(010)58581118

| | |
|------|-----|
| 策划编辑 | 杨 倩 |
| 责任编辑 | 葛 心 |
| 封面设计 | 赵 阳 |
| 责任绘图 | 朱 静 |
| 版式设计 | 马敬茹 |
| 责任校对 | 金 辉 |
| 责任印制 | 朱学忠 |

目 录

| | |
|-------------------------------|-----|
| 第一章 绪论 | 1 |
| § 1-1 力学与工程 | 1 |
| § 1-2 理论力学的课程性质、任务和研究内容 | 3 |
| § 1-3 力学的基本研究方法 | 7 |
| 思考题 | 10 |
| 第一篇 静力分析基础 | |
| 第二章 静力学基本概念和受力分析 | 13 |
| § 2-1 静力学基本概念 | 13 |
| § 2-2 物体的受力分析 | 22 |
| § 2-3 物体系的受力分析 | 25 |
| 本章小结 | 30 |
| 思考题 | 30 |
| 习题 | 31 |
| 第三章 力系的静力等效和简化 | 37 |
| § 3-1 力矩和力偶的概念 | 37 |
| § 3-2 力系的静力等效 | 43 |
| § 3-3 力系的简化 | 48 |
| § 3-4 力系简化的应用 | 54 |
| § 3-5 平行力系的简化·重心、质心和形心 | 62 |
| 本章小结 | 70 |
| 思考题 | 71 |
| 习题 | 74 |
| 第四章 刚体和刚体系统的平衡 | 85 |
| § 4-1 质点系和刚体的平衡条件 | 85 |
| § 4-2 平面问题的平衡方程及其应用 | 87 |
| § 4-3 空间问题平衡方程的应用 | 93 |
| § 4-4 刚体系统的平衡问题 | 99 |
| § 4-5 考虑摩擦时物体的平衡问题 | 111 |
| § 4-6 滚动阻碍的概念 | 125 |
| 本章小结 | 129 |

| | |
|-----------|-----|
| 思考题 | 129 |
| 习题 | 133 |

第二篇 运动分析基础

| | |
|-----------------------------|-----|
| 第五章 运动分析概论 | 147 |
| § 5-1 点的一般运动及其描述方法 | 147 |
| § 5-2 刚体的运动及其描述方法 | 153 |
| 本章小结 | 160 |
| 思考题 | 161 |
| 习题 | 163 |
| 第六章 平面运动刚体上各点的运动分析 | 167 |
| § 6-1 平面运动刚体上各点的速度分析 | 167 |
| § 6-2 平面运动刚体上各点的加速度分析 | 177 |
| § 6-3 刚体绕两个平行轴转动的合成 | 181 |
| 本章小结 | 184 |
| 思考题 | 185 |
| 习题 | 189 |
| 第七章 运动刚体上动点的运动分析 | 196 |
| § 7-1 点的复合运动的基本概念 | 196 |
| § 7-2 运动刚体上动点的速度分析 | 199 |
| § 7-3 运动刚体上动点的加速度分析 | 205 |
| § 7-4 运动分析方法的综合应用 | 214 |
| 本章小结 | 220 |
| 思考题 | 221 |
| 习题 | 223 |

第三篇 动力分析基础

| | |
|-----------------------------|-----|
| 第八章 动力分析概论 | 235 |
| § 8-1 动力学基本定律和质点动力学问题 | 235 |
| § 8-2 质点系和刚体动力学问题 | 247 |
| 本章小结 | 259 |
| 思考题 | 260 |
| 习题 | 261 |
| 第九章 达朗贝尔原理 | 268 |
| § 9-1 达朗贝尔原理和动静法 | 268 |
| § 9-2 动静法应用于刚体动约束力分析 | 273 |
| 本章小结 | 283 |
| 思考题 | 284 |

| | |
|------------------------------------|-----|
| 习题 | 285 |
| 第十章 动量定理和动量矩定理 | 292 |
| § 10-1 质点系的动量定理和动量矩定理 | 292 |
| § 10-2 质心运动定理及其应用 | 303 |
| § 10-3 转动刚体动力学问题 | 308 |
| § 10-4 相对质心的动量矩定理·刚体平面运动微分方程 | 315 |
| § 10-5 碰撞 | 320 |
| 本章小结 | 326 |
| 习题 | 328 |
| 第十一章 动能定理 | 340 |
| § 11-1 关于力作功的进一步讨论 | 340 |
| § 11-2 质点系的动能定理及其应用 | 346 |
| § 11-3 机械能守恒定律 | 356 |
| § 11-4 动力学普遍定理的综合应用 | 358 |
| 本章小结 | 366 |
| 习题 | 367 |
| 第四篇 分析力学基础 | |
| 第十二章 虚位移原理 | 377 |
| § 12-1 分析力学的基本概念 | 377 |
| § 12-2 虚位移原理及其应用 | 387 |
| § 12-3 以广义坐标表示的质点系平衡条件 | 395 |
| 本章小结 | 403 |
| 思考题 | 404 |
| 习题 | 409 |
| 第十三章 动力学普遍方程和拉格朗日方程 | 414 |
| § 13-1 达朗贝尔-拉格朗日原理和第一类拉格朗日方程 | 414 |
| § 13-2 第二类拉格朗日方程及其首次积分 | 420 |
| 本章小结 | 429 |
| 习题 | 431 |
| 参考文献 | 434 |
| 习题答案 | 435 |
| 索引 | 446 |
| Synopsis | 453 |
| Contents | 455 |

第一章 绪 论

§ 1-1 力学与工程

一、力学与工程的关系

力学是研究物质宏观机械运动规律的科学。机械运动是物体之间或物体内部各部分之间在空间的相对位置随时间的变化,它是物质运动最基本的形式。力是物质间的一种相互作用,机械运动状态的变化是由这种相互作用引起的。力学,可以说是力与运动的科学。由于各类复杂运动中都包含机械运动这种最基本的运动形式,因此,不论在自然界,还是在人类的生产活动即各种工程中,力学问题都广泛存在。

力学的发展始终是和人类的生产活动紧密结合的。在中国,春秋战国时期(公元前 5 世纪)墨子的著作中就有简单的杠杆原理,东汉的郑玄(127—200)对《考工记》的注释中论述了力与变形成正比的关系,比英国胡克的发现早 1 500 年。在西方,古希腊的阿基米德对静力学就有了一些系统的论述。这些都与当时的生产力发展水平相适应。17 世纪初,在欧洲随着生产的发展,伽利略、开普勒等人开始对力学规律进行系统的观察和实验研究;牛顿继承和发扬了前人的成果,在 1687 年发表的《自然哲学的数学原理》一书中提出了物体运动三定律和万有引力定律,标志着力学成为一门精确的科学。其后,随着欧洲逐步工业化,力学得到了很大的发展,成为物理学中一个重要分支。到 19 世纪末,力学已发展到很高的水平。当时它主要以理想模型,如质点、质点系、刚体、理想弹性体、理想流体为对象,建立起相当完善的理论体系,同时也开始解决工程技术问题。蒸汽机、内燃机与机械工业,大型水利工程,大跨度的桥梁,铁路与机车,轮船,枪炮等,无一不是在力学知识积累的基础上产生和发展起来的。

在 20 世纪,由于工程技术发展的需要,应用力学得到空前的发展。它的研究对象已不再限于理想模型,而更多地以自然界和工程技术中遇到的复杂介质或系统为对象,建立各种力学模型,并在解决问题过程中形成了许多力学分支。在传统的理论力学、材料力学、流体力学等学科外形成了空气动力学、水动力学、

渗流力学、物理化学流体力学、弹塑性力学、断裂与损伤力学、岩土力学、振动力学、生物力学、结构力学、爆炸力学、等离子体动力学、物理力学、细观固体力学、流变学、化学动力学等分支。力学已成为独立的基础科学之一。与此同时,在力学理论的指导和支持下工程技术取得了巨大的成就。标志性成就如:以人类登月、建立空间站、航天飞机和卫星测控等为代表的航天技术;以速度超过 5 倍音速的军用飞机、起飞重量超过 300 t 的巨型民航机为代表的航空技术;以单机功率达百万千瓦的汽轮机组为代表的机械技术;以大跨度桥梁、高速公路和在地震多发区建造的高层建筑为代表的土木建筑技术;以巨型水利枢纽(如长江三峡工程)为代表的水利工程技术;以可以在大风浪下安全作业的单台价值超过 10 亿美元的海上采油平台、排水量达 50 万吨的超大型运输船和航速可达 30 多节(1 节 = 1.852 km/h)、深潜达几百米的潜艇为代表的造船技术;还有可以安全运行的核电站、时速达 500 km 的高速列车、转速达每秒几千转的计算机硬盘驱动器等。甚至原子弹、氢弹引爆的核心技术也有赖于有关力学问题的解决。

力学发展的历史充分说明:力学是随着人类认识自然现象和解决工程技术问题的需要而发展起来的,又对认识自然和解决工程技术问题起着极为重要,甚至是关键的作用。因此,力学既是一门基础科学,它所阐明的规律带有普遍性;它又是一门技术科学,是许多工程技术的理论基础,并在广泛的应用过程中不断得到发展。目前,环顾我们的自然界,还有许多关系到人类生存和生活质量的宏观现象远没有被认识清楚。如全球的气候问题、环境污染问题、海洋开发利用问题、能源危机、自然灾害(地震、台风等)、彗星或小行星撞击地球问题等等,将会不断地提出新的力学问题。21 世纪将出现新的、更复杂的工程技术问题也有赖于力学去解决。可以预期,力学除了将继续在航空、航天、机械、土木、水利、化工、石油、交通运输等传统领域发挥为之提供基础理论和工具的作用外,也将在生命、材料、信息、能源、环境等高科技领域发挥愈来愈大的作用。

二、工程力学及其研究对象

力的效应是改变物体的机械运动状态。机械运动可以是物体之间相对位置在空间的变化,简称为运动,也可以是物体内部各部分之间相对位置的变化,简称为变形。力的运动效应称为力的外效应,是一般力学或理论力学的研究内容;力的变形效应称为力的内效应,是材料力学的主要研究内容。理论力学和材料力学构成工程力学的基础。

工程力学是力学与现代科学技术交叉的一门力学分支,是各种工程科学的基础。与力学的其他分支学科相比,它更强调综合和力学的工程应用。作为高等工科院校的一门技术基础课程的“工程力学”只涉及其最基础的部分,主要应用固体力学中理论力学和材料力学的理论和方法研究工程构件、结构和机构。

工程中的物体系统分为结构和机构两类。结构是自由度为零的物体系统,机构则是具有一定自由度的物体系统。工程中利用结构承受各种载荷,如房屋、桥梁、各种机器的机架等;利用机构传递运动和力或改变运动的形式。以人们熟悉的内燃机的活塞-连杆-曲柄机构为例(图 1-1)。活塞 C 为原动件,作刚体平移运动;曲柄 AB 为从动件,作定轴转动。即该机构将输入运动——平移转化为输出运动——定轴转动。

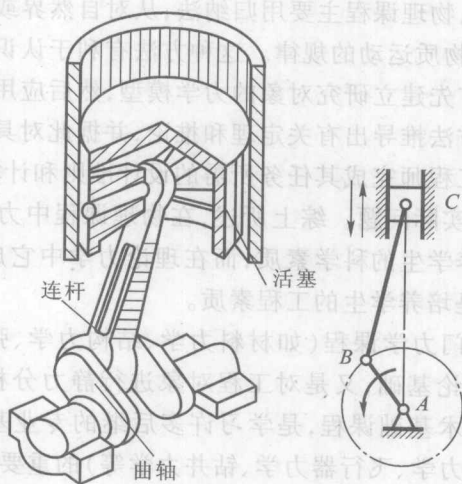


图 1-1 活塞-连杆-曲柄机构

§ 1-2 理论力学的课程性质、任务和研究内容

一、课程性质和任务

理论力学与物理课程中的力学部分都建立在共同的理论基础上,即由伽利略(Galileo)奠基、牛顿(I. Newton)集大成的经典力学,主要研究宏观物体远低于光速的运动。但二者在研究对象、研究内容和研究方法上又有很大的不同。

在物理课程的力学部分中主要介绍力学的物理基础,力学的基本概念和基本定律;研究对象以质点和单个刚体为主;所研究的具体问题一般比较简单,如简单力系(作用于质点上的共点力系),点的一些特殊运动(直线运动、匀速圆周运动和二维曲线运动)、刚体的基本运动(平移和转动)以及与上述运动形式相