



普通高等教育机电类规划教材

理论力学

第2版

朱炳麒 主 编
赵 晴 王振波 副主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育机电类规划教材

理 论 力 学

第2版

主 编	朱炳麒		
副主编	赵 晴	王振波	
参 编	顾 乡	余 斌	张迅炜
	陈家骏	陈启东	诸伟新
	黄海燕		
主 审	董正筑		



机械工业出版社

本书是为适应 21 世纪普通工科院校机电类专业理论力学（50 ~ 76 学时）的教学需要而编写的教材。

全书除绪论外分为两部分内容，共 15 章。第一部分为基本部分，其中第一篇为静力学，内容包括静力学基本概念和物体的受力分析、平面力系、空间力系；第二篇为运动学，内容包括点的运动学、刚体的基本运动、点的合成运动、刚体的平面运动；第三篇为动力学，内容包括质点动力学、动量定理、动量矩定理、动能定理、达朗贝尔原理、虚位移原理。第二部分为专题部分，内容包括拉格朗日方程及机械振动基础。

本书可作为工科院校机电类各专业的理论力学课程教材，也可作为近机类专业和非机电类专业（如航空航天、材料、土木、水利、能源动力等）的教材，同时可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

理论力学/朱炳麒主编. —2 版. —北京：机械工业出版社，2014.3
普通高等教育机电类规划教材
ISBN 978-7-111-45628-5

I. ①理… II. ①朱… III. ①理论力学—高等学校—教材 IV. ①031

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 018074 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：姜 凤 责任编辑：姜 凤 李 乐

版式设计：常天培 责任校对：张晓蓉 肖 琳

封面设计：张 静 责任印制：乔 宇

北京机工印刷厂印刷（三河市南杨庄国丰装订厂装订）

2014 年 8 月第 2 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 21 印张 · 422 千字

标准书号：ISBN 978-7-111-45628-5

定价：38.00 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

普通高等教育机电类规划教材编审委员会

主任委员：邱坤荣

副主任委员：黄鹤汀

左健民 高文龙

王晓天 蔡慧官

秘 书：周骥平

委 员：（排名不分先后）

沈世德 周骥平

徐文宽 唐国兴

韩雪清 戴国洪

李纪明 吴建华

鲁屏宇 王 钧

赵连生

第2版序

20 世纪末、21 世纪初，在社会主义经济建设、社会进步和科技飞速发展的推动下，在经济全球化、科技创新国际化、人才争夺白炽化的挑战下，我国高等教育迅猛发展，胜利跨入了高等教育大众化阶段，使高等教育理念、定位、目标和思路等发生了革命性变化，正在逐步形成以科学发展观和终身教育思想为指导的新的高等教育体系和人才培养工作体系。在这个过程中，一大批应用型本科院校和高等职业技术学院异军突起，超常发展，1999 年已见端倪。当时我们敏锐地感到，这批应用型本科院校的崛起，必须有相应的应用型本科教材来满足她的教学需求，否则就有可能使她回到老本科院校所走过的学术型办学路子。2000 年下半年，我们就和机械工业出版社、扬州大学工学院、南京工程学院、河海大学常州校区、淮海工学院、南通工学院、盐城工学院、淮阴工学院、常州工学院、江南大学等 12 所高校在南京工程学院开会，讨论策划编写出版机电类应用型本科系列教材问题，规划出版 38 种，并进行了分工，提出了明确的规范要求，得到江苏省各方面的支持和配合。2001 年 5 月开始出书，到 2004 年 7 月已出齐 38 种，还增加了 3 种急需的教材，总册数已达 45 万册。每种至少有 2 次以上印刷，最多的印刷了 5 次、发行量达 2.5 万册。据调查，用户反映良好，并反映这个系列教材基本上体现了我在序言中提出的四个特点，符合地方应用型工科本科院校的教学实际，较好地满足了一般应用型工科本科院校的教学需要。用户的评价使我们很高兴，但更是对我们的鞭策和鼓励，实际上这一轮机电类教材存在的问题还不少，需要改进的地方还很多。我们应当为过去取得的进步和成绩而高兴，同样，我们更应当为今后这些进步和成绩的进一步发展而正视自己，我们并不需要刻意去忧患，但确实存在值得忧患的现实而不去忧患，就很难有更美好的明天。今后怎么办？这是大家最关注的问题，也是我们亟待研讨和解决的问题。我们应该以对国家对人民对社会对受教育者高度负责的精神重新审视这一问题，以寻求更好的解决方案。我们认为，必须在总结前一阶段经验教训的新起点上，坚持以国家新时期教育方针和科学发展观为指导，坚持高标准、严要求，坚持“质量第一、多样发展、打造精品、服务教学”的方针，坚

持高标准、严要求,把下一轮机电类教材修订、编写、出版工作做大、做优、做精、做强,为建设有中国特色的高水平的地方工科应用型本科院校做出新的更大贡献。

一、坚持用科学发展观指导教材修订、编写和出版工作

应用型本科院校是我国高等教育在推进大众化过程中崛起的一种新的办学类型,它除应恪守大学教育的一般办学基准外,还应有自己的个性和特色,就是要在培养具有创新精神、创业意识和创造能力的工程、生产、管理、服务一线需要的高级技术应用型人才方面办出自己的特色和水平。应用型本科人才的培养既不能简单“克隆”现有的本科院校,也不能是原有专科培养体系的相似放大。应用型人才的培养,重点仍要思考如何与社会需求的对接。既要从学生的角度考虑,以人为本,以素质教育的思想贯穿教育教学的每一个环节,实现人的全面发展;又要从经济建设的实际需求考虑,多类型、多样化地培养人才,但最根本的一条还是坚持面向工程实际,面向岗位实务,按照“本科学历+岗位技术”的双重标准,有针对性地进行人才培养。根据这样的要求,“强化理论基础,提升实践能力,突出创新精神,优化综合素质”应当是工作在一线的本科应用人才的基本特征,也是本科应用型人才的总体质量要求。

培养应用型人才的关键在于建立应用型人才的培养模式。而培养模式的核心是课程体系与教学内容。应用型人才必须依靠应用型的课程和内容,用学科型的教材难以保证培养目标的实现。课程体系与教学内容要与应用型人才的知识、能力、素质结构相适应。在知识结构上,科学文化基础知识、专业基础知识、专业知识、相关学科知识等四类知识在纵向上应向应用前沿拓展,在横向上应注重知识的交叉、联系和衔接。在能力结构上,要强化学生运用专业理论解决实际问题的实践能力、组织管理能力和社会活动能力,还要注重思维能力和创造能力的培养,使学生思路清晰、条理分明,有条不紊地处理头绪纷繁的各项工作,创造性地工作。能力培养要贯彻到教学的整个过程之中。如何引导学生去发现问题、分析问题和解决问题应成为我们应用型本科教学的根本。

探讨课程体系、教学内容和培养方法,还必须服从和服务于大学生全面素质的培养。要通过形成新的知识体系和能力延伸以促进学生思想道德素质、文化素质、专业素质和身体心理素质的全面提高。因此,要在素质教育的思想指导下,对原有的教学计划和课程设置进行新的调整 and 组合,使学生能够适应社会主义现代化建设的需要。我们强调培养“三创”人才,就应当用“三创教育”、人文教育与科学教育的融合等适应时代的教育理念,选择一些新的课程内容和新的教学形式来实现。

研究课程体系,必须看到经济全球化与我国加入世界贸易组织以及高等教育的

国际化对人才培养的影响。如果我们的课程内容缺乏国际性,那么我们所培养的人才就不可能具备参与国际事务、国际交流和国际竞争的能力。应当研究课程的国际性问题,增设具有国际意义的课程,加快与国外同类院校的课程接轨。要努力借鉴国外同类应用型本科院校的办学理念和培养模式、做法来优化我们的教学。

在教材编、修、审全过程中,必须始终坚持以人的全面发展为本,紧紧围绕培养目标 and 基本规格进行活生生的“人”的教育。一所大学使得师生获得自由的范围和程度,往往是这所大学成功和水平的标志。同样,我们修订和编写教材,提供教学用书,最终是为了把知识转化为能力和智慧,使学生获得谋生的手段和发展的能力。因此,在修订、编写教材过程中,必须始终把师生的需要和追求放在首位,努力提供教的方便和学的便捷,努力为教师和学生留下充分展示自己教和学的风格和特色的发展空间,使他们游刃有余,得心应手,还能激发他们的科学精神和创造热情,为教和学的持续发展服务。教师是课堂教学的组织者、合作者、引导者、参与者,而不应是教学的权威。教学过程是教师引导学生,和学生共同学习、共同发展的双向互促过程。因此,修订、编写教材对于主编和参加编写的教师来说,也是一个重新学习和思想水平、学术水平不断提高的过程,决不能丢失自我,决不能将“枷锁”移嫁别人,这里“关键在自己战胜自己”,关键在自己的理念、学识、经验和水平。

二、坚持质量第一,努力打造精品教材

教材是教学之本。大学教材不同于学术专著,它既是学术专著,又是教学经验之理性总结,必须经得起实践和时间的考验。学术专著的错误充其量只会贻笑大方,而教材之错误则会遗害一代青年学子。有人说:“时间是真理之母”。时间是对我们所编写教材的最严厉的考官。目前,我们的教材才使用了几年,还很难说就是好教材,因为前一阶段主要是解决有无问题,用户还没有来得及去总结和反思,所以有的问题可能还没有来得及暴露。我们必须清醒地看到这一点。今后,更要坚持高标准、严要求,用航天人员“一丝不苟”、“一秒不差”的精神严格要求自己,确保教材质量和特色。为此,必须采取以下措施:第一、高等教育的核心资源是一支优秀的教师队伍,必须重新明确主编和参加编写教师的标准和要求,实行主编招标和负责制,把好质量第一关;第二、教材要从一般工科本科应用型院校实际出发,强调实际、实用、实践,加强技能培养,突出工程实践,内容适度简练,跟踪科技前沿,合理反映时代要求,这就要求我们必须严格把好教材编写或修订计划的评审关,择优而用;第三、加强教材编写或修订的规范管理,确保参编、主编、主审以及交付出版社等各个环节的质量和要求,实行环节负责制和责任追究制;第四、确保出版质量;第五、建立教材评价制度,奖优罚劣。对经过实践使

用，用户反映好的教材要进行修订再版，切实培育一批名师编写的精品教材。出版的精品教材必须和多媒体课件配套，并逐步建立在线学习网站。

三、坚持“立足江苏、面向全国、服务教学”的原则，努力扩大教材使用范围，不断提高社会效益

下一轮教材编写和修订工作，必须加快吸收有条件有积极性的外省市同类院校、民办本科院校、独立学院和有关企业参加，以集中更多的力量，建设好应用型本科教材。同时，要相应调整编审委员会的人员组成，特别要注意充实省内外的优秀的“双师型”教师和有关企业专家。

四、建立健全用户评价制度

要在使用这套教材的省市有关高校建立教材使用质量跟踪调查，并建立网站，以便快速、便捷、实时地听取各方面的意见，不断修改、充实和完善我们的教材编写和出版工作，实实在在地为教师和学生提供精品服务，实实在在地为培养高质量的应用型本科人才服务。同时也努力为造就一批工科应用型本科院校高素质高水平的教师提供优良服务。

本套教材的编审和出版一直得到机械工业出版社、江苏省教育厅和各主编、主审和参加编写高校的大力支持和配合，在此，一并表示衷心感谢。今后，我们应一如既往地更加紧密地合作，共同为工科应用型本科院校教材建设作出新的贡献，为培养高质量的应用型本科人才作出新的贡献，为建设有中国特色社会主义的应用型本科教育作出新的努力。

普通高等教育机械工程及自动化专业

机电类规划教材编审委员会

主任 教授 邱坤荣

第2版前言

本书为普通高等教育机电类规划教材,是为适应21世纪普通高等工科院校培养应用型人才的需要,按工科机电类专业理论力学(50~76学时)的教学要求而编写的教材。

本书除绪论外分为两部分内容。第一部分为基本部分,其中第一篇为静力学,主要研究物体的平衡规律,同时也研究力的一般性质及其合成法则,内容包括静力学基本概念和物体的受力分析、平面力系、空间力系;第二篇为运动学,研究物体运动的几何性质,而不考虑物体运动的原因,内容包括点的运动学、刚体的基本运动、点的合成运动、刚体的平面运动;第三篇为动力学,研究物体的运动变化与它所受的力之间的关系,内容包括质点动力学、动量定理、动量矩定理、动能定理、达朗贝尔原理、虚位移原理。第二部分为专题部分,内容包括拉格朗日方程及机械振动基础。

本书在编排上将约束与约束方程、广义坐标与自由度等内容作为运动学的基本概念,有利于在运动学和动力学中应用这些概念说明问题。根据教育部力学基础课程教学指导分委员会最新制定的《理论力学课程基本要求》,为兼顾不同专业的需要,将虚位移原理安排在第十三章,A类专业作为基本部分,B类专业可作为专题部分,有利于教学计划的安排。

编者根据多年来在理论力学教学实践中积累的基本经验,注重内容的取材与合理组织、基本理论的阐述,突出了“浅、宽、精、新、用”的特色。在基本概念和基本理论的阐述上,力求既严谨、透彻,又简明、扼要;在内容的选定上,紧密结合工程实践,便于培养学生的工程概念,使读者通过本书的学习能解决一些工程实际中的力学问题,并为学习其他相关课程打下基础。

本书中的例题绝大多数为精选的典型题目,有较广泛的代表性,有些例题还给出了多种解法,以利于读者开阔思路、融会贯通所学的内容;有些例题让读者自行分析另外的解题方法,以留有思考的余地。每章后均附有思考题和习题,对于深入领会与理解基本概念、基本理论,更好地掌握解题方法和技巧,提高分析问题和解决问题的能力有所帮助。

本书采用国际单位制(SI),有关量、符号和单位均执行国家技术监督局发布的国家标准《量和单位》(GB3100~3102—1993)中的规定。

本书也可供近机类专业和非机电类专业（如航空航天、材料、土木、水利、能源动力等）使用。由于各专业的要求和学时数相差较大，故在使用本书时，教师可根据实际情况对书中内容进行必要的取舍。

参加本书编写工作的有朱炳麒、赵晴、王振波、顾乡、余斌、张迅炜、陈家骏、陈启东、诸伟新、黄海燕。全部习题由张迅炜、朱炳麒验算核对。全书由朱炳麒担任主编，赵晴、王振波任副主编，并由朱炳麒负责统稿。

承蒙中国矿业大学董正筑教授担任本书的主审，董教授认真、细致地审阅了全书，并在本书编写的整个过程中，提出了许多宝贵的意见和建议，在此表示衷心的感谢。

本书得到了江苏省教育厅、机械工业出版社的大力支持，在编写过程中，还得到了周建方教授、黄鹤汀教授和其他教师的热情帮助，在此一并致谢。

由于编者水平有限，书中缺点和不妥之处在所难免，敬请广大教师和读者批评指正。

编 者

2014年3月

目 录

第2版序

第2版前言

绪论	1
----------	---

I 基本部分

第一篇 静 力 学

第一章 静力学基本概念和物体的

受力分析	6
------------	---

第一节 静力学基本概念	6
-------------------	---

第二节 静力学基本公理	7
-------------------	---

第三节 约束与约束力	10
------------------	----

第四节 物体的受力分析	13
-------------------	----

思考题	17
-----------	----

习题	18
----------	----

第二章 平面力系

第一节 力在轴上的投影与力的分解 ..	20
---------------------	----

第二节 力对点之矩	21
-----------------	----

第三节 力偶	24
--------------	----

第四节 平面力系的简化	27
-------------------	----

第五节 平面力系的平衡	32
-------------------	----

第六节 物体系统的平衡	39
-------------------	----

第七节 有摩擦的平衡问题	45
--------------------	----

思考题	53
-----------	----

习题	55
----------	----

第三章 空间力系

第一节 空间力的分解与投影	64
---------------------	----

第二节 力对点之矩与力对轴之矩	66
-----------------------	----

第三节 力偶矩矢	70
----------------	----

第四节 空间力系的简化	71
-------------------	----

第五节 空间力系的平衡	75
-------------------	----

第六节 重心	80
--------------	----

思考题	86
-----------	----

习题	86
----------	----

第二篇 运 动 学

第四章 点的运动学

第一节 运动学的基本概念	93
--------------------	----

第二节 点的运动方程	95
------------------	----

第三节 点的速度和加速度	97
--------------------	----

第四节 点的运动学问题举例	100
---------------------	-----

思考题	103
-----------	-----

习题	103
----------	-----

第五章 刚体的基本运动

第一节 刚体的平动	106
-----------------	-----

第二节 刚体的定轴转动	108
-------------------	-----

第三节 轮系的传动比	114
------------------	-----

思考题	115
-----------	-----

习题	116
----------	-----

第六章 点的合成运动

第一节 相对运动、绝对运动和牵连	
------------------	--

运动	119
----------	-----

第二节 点的速度合成定理	122
--------------------	-----

第三节 牵连运动为平动时点的	
----------------	--

加速度合成定理	126
---------------	-----

第四节 牵连运动为转动时点的	
----------------	--

加速度合成定理	129
---------------	-----

思考题	137
-----------	-----

习题	138
----------	-----

第七章 刚体的平面运动

第一节 平面运动的概述和分解	144
----------------------	-----

第二节 平面图形上各点的速度	146
----------------------	-----

第三节 平面图形上各点加速度分析	
------------------	--

的基点法	155
------------	-----

第四节 运动学综合问题举例	159
---------------------	-----

思考题	166
-----------	-----

习题	168
----------	-----

第三篇 动 力 学

第八章 质点动力学	175
第一节 动力学基本定律	175
第二节 质点运动微分方程	176
思考题	182
习题	183
第九章 动量定理	185
第一节 动量与冲量的概念	185
第二节 动量定理与动量守恒定律	187
第三节 质心运动定理	190
思考题	192
习题	192
第十章 动量矩定理	195
第一节 动量矩的概念	195
第二节 转动惯量	196
第三节 动量矩定理与动量矩守恒定律	202
第四节 刚体定轴转动微分方程	206
第五节 质点系相对于质心的动量矩定理	209
第六节 刚体平面运动微分方程	211
思考题	213
习题	214
第十一章 动能定理	219
第一节 动能的概念和计算	219
第二节 功的概念和计算	221
第三节 动能定理与理想约束	225
第四节 功率、功率方程和机械效率	230
第五节 势力场、势能和机械能守恒定律	232
第六节 动力学普遍定理的综合应用	235

思考题	239
习题	239
第十二章 达朗伯原理	246
第一节 质点与质点系的达朗伯原理	246
第二节 刚体惯性力系的简化	249
第三节 达朗伯原理的应用	251
第四节 定轴转动刚体的轴承动约束力	253
思考题	257
习题	257
第十三章 虚位移原理	262
第一节 虚位移与虚功的概念	262
第二节 虚位移原理及其应用	265
第三节 广义力	268
思考题	271
习题	272
II 专题部分	
第十四章 拉格朗日方程	276
第一节 动力学普遍方程	276
第二节 拉格朗日方程及其应用	279
思考题	284
习题	284
第十五章 机械振动基础	288
第一节 概述	288
第二节 单自由度系统的振动	289
第三节 转子的临界转速	299
第四节 减振与隔振	301
思考题	305
习题	306
习题答案	309
参考文献	324

绪 论

一、理论力学的研究内容

理论力学是研究物体机械运动一般规律的科学。

在客观世界中，存在着各种各样的物质运动，例如发声、发光等物理现象，化合和分解等化学变化，以及动、植物的生长和人的思维活动等。**物体在空间的位置随时间的改变，称为机械运动。**在所有的运动形式中，机械运动是最简单的一种。例如，车辆的行驶、机器的运转、水的流动、建筑物的振动及人造卫星的运行等，都是机械运动。平衡是机械运动的特例，例如物体相对于地球处于静止的状态。物质的各种运动形式在一定的条件下可以互相转化，而且在高级和复杂的运动中，往往存在着简单的机械运动。

理论力学研究的内容是速度远小于光速的宏观物体的机械运动，它以伽利略和牛顿总结的基本定律为基础，属于经典力学的范畴。至于速度接近于光速的物体的运动，必须用相对论的理论进行研究；而基本粒子的运动，则用量子力学的观点才能予以完善的描述。宏观物体远小于光速的运动是日常生活及一般工程中最常见的，因此说，在现代科学技术中，经典力学仍然起着重大作用。

理论力学通常分为静力学、运动学、动力学三部分。

静力学 研究物体的平衡规律，同时也研究力的一般性质及其合成法则。

运动学 研究物体运动的几何性质，而不考虑物体运动的原因。

动力学 研究物体的运动变化与其所受的力之间的关系。

在理论力学中，力是一个很重要的概念。**力是物体间的相互作用，这种作用使物体的机械运动状态或形状发生改变。**力使物体机械运动状态发生变化的效应称为**力的运动效应**（也称外效应）；力使物体发生变形的效应称为**力的变形效应**（也称内效应）。在理论力学中只讨论力的运动效应。**力是矢量。**一般情况下，它有大小、方向、作用点三个要素。

二、理论力学的研究方法

实践，认识，再实践，再认识，这是任何科学技术发展的正确途径。理论力学的发展也遵循这一规律。具体地说，是从实际出发，经过抽象化、综合、归纳，建立公理，再应用数学演绎和逻辑推理而得到定理和结论，形成理论体系，然后再通过实践来验证理论的正确性。

理论力学普遍采用抽象化和数学演绎的方法来研究物体的机械运动。

抽象化的方法是根据所研究的问题的性质，抓住主要的、起决定作用的因素，撇开次要的、偶然的因素，深入事物的本质，了解其内部联系。理论力学中，在研

究物体的机械运动规律时,抓住影响物体运动的主要因素,忽略影响较小的次要因素,可把实际物体抽象为力学模型作为研究对象。理论力学中的力学模型有质点、质点系和刚体。

质点 只有质量而无大小的几何点。如果物体的尺寸和形状与所研究的问题关系不大时,就可以把此物体抽象为质点。

质点系 由有限个或无限个质点组成的系统。质点系是最一般的力学模型。

刚体 在力的作用下,其内部任意两点之间的距离始终保持不变的物体,即刚体在力的作用下不发生变形。刚体是质点系的一个特例,是对一般固体的理想化。当物体大小、形状的改变很小,对问题的研究影响不大时,可视其为刚体。

要强调的是,抽象应当以所研究的问题为前提条件。例如,对同一个物体,研究其机械运动规律时可视其为刚体,若研究其材料的内力分布与所受外力的关系等问题,必须视其为可变形固体。

数学演绎是建立理论力学体系的重要方法。经过抽象化,将长期实践和实验所积累的感性材料加以分析、综合、归纳,得到一些基本的概念、定律和原理之后,再以此为基础,经过严密的数学推演,得到一些定理和公式,构成了系统的理论力学理论。这些理论揭示了力学中一些物理量之间的内在联系,并经实践证明是正确的。在学习理论力学的过程中,注意到这门学科理论的系统性、严密性,对于理解、掌握这门课程很有帮助。

近代计算机的发展和普及,为解决复杂的力学问题提供了数值计算的方法。计算机已成为学习理论力学知识的有效工具,并在逻辑推演、公式推导、力学理论的发展中发挥重大作用。

三、学习理论力学的目的

理论力学研究的是力学中最一般、最基本的规律,它是机械、土木类专业的技术基础课。许多后继课程,例如材料力学、机械原理、机械设计、结构力学、振动理论等,都要以理论力学的理论为基础。理论力学分析问题、解决问题的思路和方法,对学好后继课程也很有帮助。

一些日常生活中的现象和工程技术问题,可直接运用理论力学的基本理论去分析研究。比较复杂的问题,则需要用理论力学知识结合其他专业知识进行研究。所以,学习理论力学知识,可为解决工程实际问题打下一定基础。

理论力学的理论既抽象而又紧密结合实际,研究的问题涉及面广,而且系统性和逻辑性很强。理论力学问题既灵活又有一定的规律可循。这些特点,对于培养辩证唯物主义世界观,培养逻辑思维和分析问题的能力,也起着重要作用。

随着科学技术的日益发展和我国现代化进程的加快,会不断提出新的力学问题。在机械行业,机械结构小型化、轻量化设计,复合材料的研制,机器人、机械手的研究和应用等,给力学知识的发展和应用提供了新的机遇和天地。学好理论力学知识,将有利于我们去解决和理论力学有关的新问题,从而促进科学技术的进

步, 同时也会推动理论力学向前发展。

四、力学的发展简史

力学本身的发展有着悠久的历史。它的发展是分析和综合相结合的过程, 也是人类认识由简单到复杂逐步深化的过程。

牛顿运动定律的建立是力学发展史上的一个里程碑。牛顿定律建立以前, 力学研究的历史大致可分为两个时期: 古代, 从远古到公元 5 世纪, 对平衡和运动有了初步的了解; 中世纪, 从 6 世纪到 16 世纪, 这个时期对力、运动的认识已有进展, 为牛顿定律的建立做了准备。牛顿定律的建立和从此以后力学研究的历史大致可分为四个时期: 从 17 世纪初到 18 世纪末, 经典力学的建立和完善化; 19 世纪, 力学各主要分支的建立; 从 1900 年到 1960 年, 近代力学, 它和工程技术特别是航空、航天技术密切联系; 1960 年以后, 现代力学, 力学同计算技术和自然科学的其他学科广泛结合。

理论力学属于经典力学的范畴, 于 1835 年正式分为静力学、运动学、动力学三个部分。

静力学 静力学发端于远古时期, 人类在生产劳动和对自然现象观察的基础上积累了力学知识, 逐渐形成一些概念, 然后对一些现象的规律进行描述。这种描述先是定性的, 而后是定量的。阿基米德 (约公元前 287—前 212) 是几何静力学 (简称为静力学) 的奠基人。阿基米德在研究杠杆平衡、平面图形的重心位置时, 先建立一些公设, 而后用数学论证的方法导出一些定理。阿基米德和力学有关的著作有《平面图形的平衡或其重心》、《力学 (机械学) 方法论》。伐里农 (1654—1722) 发展了古希腊静力学的几何学观点, 提出了力矩的概念和计算方法, 并用以研究刚体平衡问题。潘索 (1777—1859) 首次提出了力偶的概念, 还提出了任意力系的简化和平衡理论, 约束的定义以及解除约束原理。他的《静力学原理》一书建立了静力学的体系。亚里士多德 (公元前 384—前 322) 是静力平衡条件的运动学方法的创始人。经过一千多年的发展, 斯蒂文 (1548—1620) 在前人用运动学观点解释平衡条件的基础上, 得出了虚位移原理的初步形式, 为分析静力学提供了依据。

运动学 伽利略 (1564—1642) 对速度、加速度作了详尽研究并给出了严格的数学表达式。在此基础上, 惠更斯 (1629—1695) 考虑了点在曲线运动中的加速度。刚体运动学的研究成果属于欧拉 (1707—1783) 和潘索。夏莱 (1793—1880) 给出了刚体一般运动可分解为平移和转动这一定理。科里奥利 (1792—1843) 指出了旋转坐标系中存在附加加速度。物理学家安培提出了“运动学”一词, 并于 1834 年建议把运动学作为力学的独立部分。

动力学 伽利略采用科学试验和理论分析相结合的方法, 指出了传统的亚里士多德的运动观点的错误, 研究了地面上自由落体、斜面运动、抛射体等运动, 建立了加速度的概念并发现了匀加速运动的规律。他在 1638 年出版的《关于两门新科

学的谈话和数学证明》是动力学的第一本著作。惠更斯在动力学研究中提出了离心力、向心力、转动惯量、复摆的摆动中心等重要概念。开普勒（1571—1630）根据第谷的30年天文观察资料总结出行星运动的三定律。牛顿继承和发展了这些成果，提出了物体运动定律和万有引力定律。在《自然哲学的数学原理》一书中，他给出了牛顿运动三定律。牛顿运动定律是就单个自由质点而言的，达朗伯（1717—1785）把它推广到受约束质点系的运动，并提出了著名的达朗伯原理。欧拉于1758年建立了刚体的动力学运动方程。至此，以质点系和刚体的运动规律为主要研究对象的经典力学臻于完善。

由上述可见，理论力学学科建立时间早，理论性强，系统严密，是一门较为成熟的学科。

五、我国在力学方面的研究和成就

我国是世界上最古老的文明国家之一，生产和科学技术都发展得比较早。远在新石器时代，木架建筑已初具规模。中国西安半坡村遗址出土的汲水壶采取尖底的形式，利用重心，空壶在水面上会倾倒，壶满时会自动恢复竖直位置。世界上第一辆车子出现于我国的夏代。春秋战国时期，在墨翟及其弟子的著作《墨经》中，有涉及力的概念、杠杆平衡、重心、浮力、强度、刚度的叙述。春秋末期成书的《考工记》中有不少与力学有关的技术问题的记述。《庄子·逍遥游》中把风的举力和水的浮力作了类比。王充在《论衡·变虚》中描述了水波振荡随距离的衰减。

我国在力学方面也有很多发明创造。例如：西汉时期的指南车和记道车、东汉张衡制造的“地动仪”以及隋朝李春主持建造的赵州桥等。

力学学科在中国的发展经历了一个特殊的过程，与古希腊几乎同时，中国古代对平衡和简单的运动形式就已具有相当水平的力学知识，所不同的是未建立起阿基米德那样的理论系统。在文艺复兴前的约一千年时间内，整个欧洲的科学技术进展缓慢，而中国科学技术的综合性成果堪称卓著，其中有些在当时居于世界领先地位。这些成果反映出丰富的力学知识，但终未形成系统的力学理论。到明末清初，中国科学技术已显著落后于欧洲。经过曲折的进程，到19世纪中叶，牛顿力学才由欧洲传入中国，此后，中国力学的发展便随同世界潮流前进，新中国成立后，尤其是改革开放以来，我国的科学技术和力学研究已发展到一个新的水平。^①

① 摘自《中国大百科全书：力学》第307~308页。——编者注

I 基本部分