



应用型本科院校“十三五”规划教材/力学类

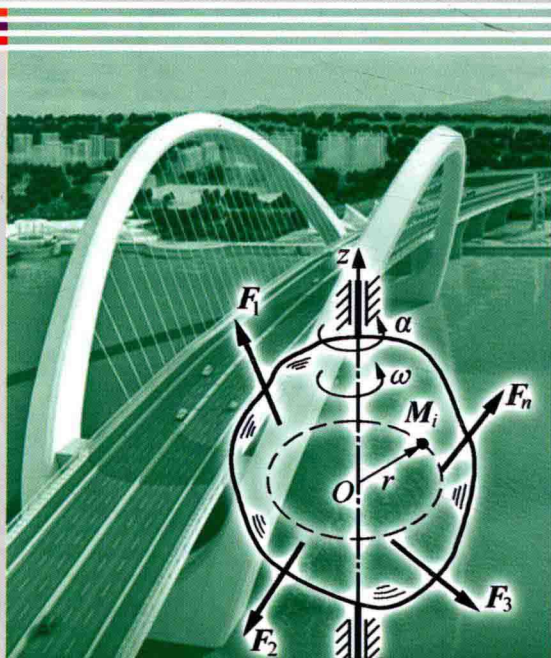
程燕平 编

理论力学

(第2版)

Theoretical Mechanics

- 适用面广
- 应用性强
- 促进教学
- 面向就业



哈尔滨工业大学出版社



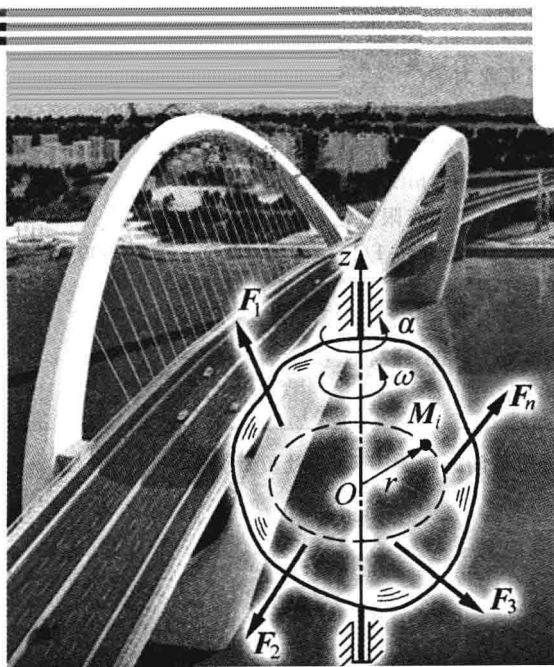
应用型本科院校“十三五”规划教材/力学类

程燕平 编

理论力学

(第2版)

Theoretical Mechanics



哈尔滨工业大学出版社

内 容 简 介

本教材重点面向培养应用型人才的高等院校,涵盖了教育部非力学专业课程指导委员会制定的“工科多学时理论力学课程基本要求”的内容。

本书分静力学、运动学、动力学 3 个部分,主要内容有:静力学公理和物体的受力分析、汇交力系、力矩和力偶、平面任意力系、空间任意力系、摩擦、点的运动学、刚体的简单运动、点的合成运动、刚体平面运动、质点动力学基本方程、动量定理、动量矩定理、动能定理、动静法(达朗贝尔原理)、虚位移原理、机械振动基础。

本教材可作为培养应用型人才的高等院校机械、土建、交通、动力、水利、化工等专业的理论力学教材,同时也可作为高职高专、成人教育、夜大、函授大学、职工大学相应专业的理论力学教材,还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/程燕平编. —2 版. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2016.8

应用型本科院校“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5603-5974-8

I. ①理… II. ①程… III. ①理论力学—高等学校—教材
IV. ①O31

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 084683 号

策划编辑 杜 燕
责任编辑 张 瑞
出版发行 哈尔滨工业大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006
传 真 0451-86414749
网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>
印 刷 黑龙江艺德印刷有限责任公司
开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 20.25 字数 500 千字
版 次 2008 年 7 月第 1 版 2016 年 8 月第 2 版
2016 年 8 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5603-5974-8
定 价 38.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

《应用型本科院校“十三五”规划教材》编委会

主 任 修朋月 竺培国

副主任 张金学 吕其诚 线恒录 李敬来 王玉文

委 员 (按姓氏笔画排序)

丁福庆 于长福 马志民 王庄严 王建华

王德章 刘金祺 刘宝华 刘通学 刘福荣

关晓冬 李云波 杨玉顺 吴知丰 张幸刚

陈江波 林 艳 林文华 周方圆 姜思政

度 莉 韩毓洁 蔡柏岩 臧玉英 霍 琳

序

哈尔滨工业大学出版社策划的《应用型本科院校“十三五”规划教材》即将付梓,诚可贺也。

该系列教材卷帙浩繁,凡百余种,涉及众多学科门类,定位准确,内容新颖,体系完整,实用性强,突出实践能力培养。不仅便于教师教学和学生学学习,而且满足就业市场对应用型人才的迫切需求。

应用型本科院校的人才培养目标是面对现代社会生产、建设、管理、服务等一线岗位,培养能直接从事实际工作、解决具体问题、维持工作有效运行的高等应用型人才。应用型本科与研究型本科和高职高专院校在人才培养上有着明显的区别,其培养的人才特征是:①就业导向与社会需求高度吻合;②扎实的理论基础和过硬的实践能力紧密结合;③具备良好的人文素质和科学技术素质;④富于面对职业应用的创新精神。因此,应用型本科院校只有着力培养“进入角色快、业务水平高、动手能力强、综合素质好”的人才,才能在激烈的就业市场竞争中站稳脚跟。

目前国内应用型本科院校所采用的教材往往只是对理论性较强的本科院校教材的简单删减,针对性、应用性不够突出,因材施教的目的难以达到。因此亟须既有一定的理论深度又注重实践能力培养的系列教材,以满足应用型本科院校教学目标、培养方向和办学特色的需要。

哈尔滨工业大学出版社出版的《应用型本科院校“十三五”规划教材》,在选题设计思路认真贯彻教育部关于培养适应地方、区域经济和社会发展需要的“本科应用型高级专门人才”精神,根据前黑龙江省委书记吉炳轩同志提出的关于加强应用型本科院校建设的意见,在应用型本科试点院校成功经验总结的基础上,特邀请黑龙江省9所知名的应用型本科院校的专家、学者联合编写。

本系列教材突出与办学定位、教学目标的一致性和适应性,既严格遵照学科体系的知识构成和教材编写的一般规律,又针对应用型本科人才培养目标及与之相适应的教学特点,精心设计写作体例,科学安排知识内容,围绕应用讲授理论,做到“基础知识够用、实践技能实用、专业理论管用”。同时注意适当融入

新理论、新技术、新工艺、新成果,并且制作了与本书配套的PPT多媒体教学课件,形成立体化教材,供教师参考使用。

《应用型本科院校“十三五”规划教材》的编辑出版,是适应“科教兴国”战略对复合型、应用型人才的需求,是推动相对滞后的应用型本科院校教材建设的一种有益尝试,在应用型创新人才培养方面是一件具有开创意义的工作,为应用型人才的培养提供了及时、可靠、坚实的保证。

希望本系列教材在使用过程中,通过编者、作者和读者的共同努力,厚积薄发、推陈出新、细上加细、精益求精,不断丰富、不断完善、不断创新,力争成为同类教材中的精品。

张永利

第1版前言

理论力学是高等工科院校普遍开设的一门重要的技术基础课(许多高等院校将其列为硕士研究生入学考试科目),主要研究物体机械运动的一般规律与其在工程中的应用。理论力学知识的学习对后续课程的学习影响重大,是贯彻全面素质教育内涵的重要组成部分。

随着近几年大学扩招、社会对应用型人才需求增加等因素的影响,国内许多高等院校的教育模式从精英化教育向大众化教育转变,对高等教育提出了许多新的要求。为适应形势的这种转变,教材的重要性毋庸置疑。因此,在哈尔滨工业大学出版社的热心倡议和积极支持下,根据编者多年来以培养应用型人才为主所讲授的“理论力学”教学内容、课程体系等方面的改革实践和体会,编写了本书。

和大多数理论力学教材一样,本书仍分为静力学、运动学和动力学3部分,静力学主要内容有:静力学公理和物体的受力分析、汇交力系、力矩和力偶、平面任意力系、空间任意力系、摩擦;运动学主要内容有:点的运动学、刚体的简单运动、点的合成运动、刚体平面运动;动力学主要内容有:质点动力学基本方程、动量定理、动量矩定理、动能定理、动静法(达朗贝尔原理)、虚位移原理、机械振动基础。

本教材重点面向一般高等院校和近几年由大专升格为本科的培养应用型人才的高等院校。在编写中,综合考虑到一般院校学生的数学和物理基础、目前理论力学课程讲授学时的普遍减少、应用型人才的培养目标等因素,在满足工科院校多学时理论力学课程基本要求的框架下,在尽量减小内容难度,尽量具体、通俗、易理解地阐述问题等方面做了一些尝试和努力。全书尽量通过对正文由浅入深的讲解,通过对各种类型适量例题的分析、提示、讨论、解题技巧说明与求解,通过对各种类型适量习题的精心选编,使读者更容易掌握理论力学的基本概念、基本理论、基本方法与重点、难点。

本教材的编写宗旨、特点与一些具体做法,在后记中详细说明。

本教材在编写过程中,参考了许多优秀的教材(见参考文献),吸取了这些教材的许多长处,在此向这些教材的编者表示感谢。

由于编者水平有限,教材中的疏漏和不足之处在所难免,衷心希望读者批评指正。

编者

2008年5月于哈尔滨

第2版前言

2008年7月由本作者所写,哈尔滨工业大学出版社出版的《理论力学》,至今已使用了8个年头,印刷6次,受到使用者的厚爱。

该教材第1版出版以来,作者一直工作在培养应用型人才的教學第一线,对教學情况有第一手的了解。同时,在教學中,不断听取教师 and 学生的意见与反馈。考虑到培养应用型人才的特点,目前的教學形势与教學走势,学生的入学水平与实际学习状态,决定出版本教材的第2版。

在第2版中,对全书内容和文句做了更细致的推敲,同时订正了第1版中的印刷错误。

在第2版中,最主要的是对一些内容做了必要的增删和修改。做增删和修改的出发点是:

1. 考虑到培养应用型人才的特点,对许多院校的学生来说,许多知识和结论会用即可。

2. 多数院校理论力学学时压缩较多,且此走势看起来不会改变。原来必须讲的理论推导现在讲授起来,学时已非常紧张;可讲可不讲的内容已基本没有学时讲授。所以,必须要抓“干货”,抓主要内容。

基于以上考虑,对一些内容做了必要的增删和修改。具体的增删和修改,有以下几点:

增加了“实际力学问题与力学模型”一节内容。(以小5号字印出)

在其他各类力学教材中,给出的基本上都是称之为力学模型的计算模型。从实际力学问题到力学模型,工程中非常重要,且很少有教材涉及这方面的问题,本教材加上一节这方面的内容。

删去了“质点相对运动动力学基本方程”一节。

质点相对运动动力学基本方程,也可以称之为“非惯性参考系下的牛顿第二定律”,现在哈尔滨工业大学已没有学时讲授这一节的内容,其他院校也基本没有时间讲授这一节的内容,所以删去了这一节。

主要修改的内容有:

在静力学中,能熟练应用基本式平衡方程解决问题是静力学中最主要的內容。所以,对平面、空间任意力系,主要推出简化中间结果,得出平衡方程。对力系简化结果分析,对二矩式、三矩式、四矩式等形式的平衡方程的来龙去脉与限制条件等,本人认为是次要的内容,以小五号字印出。

在运动学中点的合成运动一章,点的加速度合成定理的推导是运动学中最复杂的一个推导,对应用型人才来说,能熟练利用公式与概念求解速度与加速

度是本章最主要的内容,所以,对加速度合成定理,主要给出结论,推导过程用小五号字印出。

在动力学中,有同样的考虑与做法。

对小五号字印出的内容,教师可根据学时多少与学生水平的高低,决定讲授与否。对于学生,如果学有余力,这些内容教材里仍然有,系统仍然完整,如果想掌握仍然可以掌握。

由于编者水平所限,虽然做了很大努力,但教材中的不妥与瑕疵等,在所难免,衷心希望读者批评指正。

编者

2016年5月于哈尔滨

目 录

绪论	1
----	---

静 力 学

引言	3
第 1 章 静力学公理和物体的受力分析	4
1.1 静力学公理	4
1.2 约束和约束力	7
1.3 物体的受力分析和受力图	11
1.4* 实际力学问题与力学模型	14
习题	17
第 2 章 汇交力系	19
2.1 汇交力系合成与平衡的几何法(图解法)	19
2.2 汇交力系合成与平衡的解析法(坐标法)	22
习题	27
第 3 章 力矩和力偶	30
3.1 力对点的矩和力对轴的矩	30
3.2 力偶 力偶矩 力偶的性质	35
3.3 力偶系的合成与平衡	39
习题	41
第 4 章 平面任意力系	45
4.1 平面任意力系向作用面内任意一点简化	45
4.2 平面任意力系的平衡条件和平衡方程	48
4.3 物体系的平衡 静定和超静定问题	51
习题	56
第 5 章 空间任意力系	63
5.1 空间任意力系向任意一点简化	63
5.2 空间任意力系的平衡条件和平衡方程	66
5.3 物体的重心	71
习题	75
第 6 章 摩擦	79
6.1 滑动摩擦	79
6.2 摩擦角和自锁现象	81
6.3 考虑滑动摩擦时物体的平衡问题	83
6.4 滚动摩阻	87
习题	90

运 动 学

引言	93
第 7 章 点的运动学	94
7.1 矢量(径)法	94
7.2 直角坐标法	95
7.3 弧坐标(自然)法	98
习题	103
第 8 章 刚体的简单运动	106
8.1 刚体平行移动	106
8.2 刚体定轴转动	108
8.3 定轴转动刚体内各点的速度和加速度	109
8.4 定轴轮系传动比	111
8.5* 以矢量表示角速度和角加速度 以矢积表示点的速度和加速度	113
习题	114
第 9 章 点的合成运动	117
9.1 绝对运动 相对运动 牵连运动	117
9.2 点的速度合成定理	119
9.3 点的加速度合成定理	122
习题	130
第 10 章 刚体平面运动	135
10.1 刚体平面运动的概述和运动分解	135
10.2 求平面图形内各点速度的基点法	138
10.3 求平面图形内各点速度的瞬心法	141
10.4 求平面图形内各点加速度的基点法	148
10.5 运动学综合应用	151
习题	157
运动学综合应用习题	160

动 力 学

引言	163
第 11 章 质点动力学基本方程	165
11.1 动力学基本定律(公理)	165
11.2 质点运动微分方程	166
习题	170
第 12 章 动量定理	172
12.1 动量与冲量	172
12.2 动量定理	174
12.3 质心运动定理	178
习题	180

第 13 章 动量矩定理	184
13.1 质点和质点系的动量矩	184
13.2 动量矩定理	185
13.3 刚体绕定轴转动微分方程	188
13.4 刚体对轴的转动惯量	189
13.5* 质点系相对质心的动量矩定理	195
13.6* 刚体平面运动微分方程	196
习题	198
第 14 章 动能定理	203
14.1 质点和质点系的动能	203
14.2 力的功	205
14.3 动能定理	207
14.4* 功率 功率方程 机械效率	213
14.5 普遍定理综合应用	214
习题	219
动力学综合应用习题	222
第 15 章 动静法(达朗贝尔原理)	225
15.1 质点和质点系的动静法	225
15.2 刚体惯性力系的简化	228
15.3 绕定轴转动刚体的轴承附加动约束力	233
习题	235
第 16 章 虚位移原理	238
16.1 约束 虚位移 虚功	238
16.2 虚位移原理	240
习题	247
第 17 章 机械振动基础	250
17.1 单自由度系统的无阻尼自由振动	250
17.2 单自由度系统的有阻尼自由振动	256
17.3 单自由度系统的无阻尼受迫振动	259
17.4 单自由度系统的有阻尼受迫振动	262
17.5 减振和隔振的概念	265
17.6 转子临界转速的概念	268
习题	269
习题答案与提示	274
主要参考文献	305
后记	308

绪 论

1. 理论力学课程的任务

理论力学课程的任务是什么？用一句话可以概括，理论力学是研究物体机械运动一般规律的科学。

世界是由物质组成的，物体是由物质组成的肉眼可见的宏观实体，理论力学的研究对象是物体。世界处于永恒的运动中，哲学家一般把所有的运动分为五种形式：机械运动、物理运动、化学运动、生物运动和社会运动，前四种运动属于自然科学范畴，后一种运动属于社会科学范畴。理论力学研究的是物体的机械运动。何谓物体的机械运动？物体在空间的位置随时间的改变，称这种运动为物体的机械运动。那么，物体相对地面（或其他物体）静止，是不是物体的机械运动？这也是物体的机械运动，是物体机械运动的一种特殊形式。物体的机械运动是如此的普遍，以致哲学家把这种运动排在第一位，这也是人们最早认识和研究的运动。物体的机械运动具有很多的规律，由于课程学时和内容的限制，理论力学只研究物体机械运动的一般规律，对一些特殊的规律，如物体的机械振动、陀螺仪理论等，要做到相当透彻的了解，则应由相应的课程来研究。

从实际应用和研究问题方便的角度考虑，理论力学的内容一般分为三部分：静力学、运动学和动力学。

静力学——研究物体受力分析、力系等效替换、建立各种力系平衡条件的科学。

运动学——研究物体机械运动几何性质（位移、轨迹、速度、加速度等）的科学。

动力学——研究物体机械运动几何性质与作用力之间关系的科学。

2. 理论力学的研究方法

任何一门科学由于研究对象的不同而有不同的方法，但其有一些共性。通过实践而发现真理，又通过实践而证实真理和发展真理，这是任何科学研究的必用方法，是科学发展的正确途径。理论力学也是这样，具体地说，就是从实践出发，对实际现象进行研究，经过抽象、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，然后再通过实践来证实理论的正确性。

科学研究离不开抽象这种方法，理论力学也是这样。从实际观察到的情况和现象，往往是复杂多样的，在各种现象和情况中抓主要矛盾，抓起决定性作用的因素，抛开次要的、局部的、带偶然性的因素，这样才能从现象中抓住事物的本质，从而解决问题。例如，在研究物体的机械运动时，忽略物体的尺寸就得到点和质点的概念，忽略物体的变形就得到刚体的概念，忽略摩擦的作用就得到理想约束的概念，等等。点、质点、刚体、理想约束等都是抽象后的力学模型。再有，现在几乎所有理论力学教材里讲到的例题和习题，都是简化好和抽象好的力学模型。这些例题与习题，大部分都是从实际中来的，但这些例题和习题，与实际问题的多少还是有些区别的。当然，也并不是所有例题与习题都是从实际中来的，有一部分是从做练习、验证理论的角度出发而编造出来的。

3. 学习理论力学的目的和重要性

理论力学是研究物体机械运动一般规律的科学,哲学家把物体的机械运动排在世界(宇宙)所有运动的第一位,这本身就说明了理论力学课程的重要性。在实际工作中,在现实生活中,无论是从事机械工程的机械工程师、从事建筑工程的建筑工程师,还是从事航天航空工程的工程师,等等,都要和物体的机械运动打交道,都要用物体机械运动的规律来搞设计,解决物体机械运动方面的问题。所以,学习理论力学的目的和重要性不言而喻。

再有,在大学里要学习多门课程,因为在实际中,单靠一门课程不可能解决所有问题。就力学方面而言,理论力学是许多力学课程和其他课程的基础,如材料力学、机械原理、机械设计、结构力学、弹塑性力学、流体力学、飞行力学、振动理论、断裂力学、细观力学、复合材料力学等许多课程,都要以理论力学课程为基础,理论力学课程学不好,其他后续课程肯定学不好,这又说明了学习理论力学的目的和重要性。

还有,随着现代科学技术的发展,力学的研究内容已渗透到其他科学领域,例如固体力学和流体力学的理论被用来研究人体骨骼的强度、血液流动的规律以及植物中营养的输送问题等,在生物力学中有重要用途。另外,还有新兴的爆炸力学、物理力学、电磁流体力学等都是力学和其他学科结合而形成的边缘性科学,都有很重要的应用和发展前景。这些学科的建立和发展,都必须有很好的理论力学知识为基础。

4. 理论力学课程的特点

理论力学课程的特点,理论力学的老师们都知道,学过理论力学课程的学生一般也都知道,但这个特点一般没有写进正式出版的教材里,不见经传。现在把这个特点直接写出来,写进理论力学开篇(绪论)里。理论力学课程的特点是:“理论易懂掌握难”(七个字),说得更直白一点,就是“理论易懂做题难”。初学理论力学、初接触理论力学的人,往往因为理论力学里许多名词和概念,在中学和大学物理里都已经熟悉而感觉理论容易理解、容易掌握,从而认为这门课程好学,但实际并不是如此。在中学物理和大学物理里已学过的力学知识的基础上,理论力学里的许多名词和概念确实和物理里的一样,所以理论易懂。但由于理论力学的研究对象和物理里的不一样且相差较大(理论力学面对的对象基本是工程实际问题),所以解决问题的方法不完全一样,而初接触理论力学课程的人对此还没有掌握,实际做起来感觉很难。因此,初学理论力学的读者一定要注意到理论力学课程的这个特点,不要轻视这门课程,不要满足理论上觉得懂了,就认为掌握这门课程了,实际上远不是如此。理论上懂了,真正会做题了,这门课程才算是基本掌握了。所以,忠告各位学习理论力学课程的读者,除掌握、熟悉理论力学的理论外,一定要做题,并且在可能的情况下多做题,只有会做一定量的习题了,这门课程才可能掌握好。

静 力 学

引 言

静力学是研究物体受力分析、力系等效替换(或简化)、建立各种力系平衡条件的科学。当然,所做这些的主要目的都是为了解决工程问题和为后继课程打基础的。

此处所说的物体一般是指刚体,所谓刚体就是绝对不变形的物体,或者说,物体内任意两点间的距离不会改变的物体,是物体在力的作用下变形可以忽略不计而抽象出的理想化的力学模型。和刚体对应的一般是指变形体,物体在力的作用下变形不能忽略不计时,称这样的物体为变形体。

物体的受力分析 工程中存在着各种各样的结构和机构,它们的受力状况如何,是人们关心的问题之一。静力学首先要对物体进行受力分析,画出物体的受力图,然后才能给以定量求解。物体的受力分析是静力学主要研究的问题之一。

力系的等效替换(或简化) 实际中存在各种各样的力系,分布比较复杂,如何用一个简单的力系等效代替一个复杂的力系,进而确定复杂力系对物体的总效应,并为建立各种力系的平衡条件打基础,是静力学主要研究的问题之二。

建立各种力系的平衡条件 实际中存在各种各样的力系,其平衡时均应满足什么样的条件?研究与建立各种力系的平衡条件,并应用这些条件去解决工程问题,是静力学主要研究的问题之三。

力的概念 力是物体间的相互作用,其作用效果使物体的运动状态发生改变或者使物体产生变形。力对物体的作用效果由三个要素——力的大小、方向、作用点来确定,称为力的三要素。因为力不但有大小,而且有方向,所以力是矢量,用矢量来表示。

力系 称作用于物体上的一群力为力系。按力的作用线分布情况来分,可分为平面共点、汇交、平行、任意力系,空间共点、汇交、平行、任意力系,此外还有平面力偶系、空间力偶系。静力学的主要任务之一就是要建立这些力系的平衡条件并用于解决实际问题。

平衡 物体相对于惯性参考系(一般取固连于地面的参考系为惯性参考系)保持静止或做匀速直线运动,则称此物体处于平衡。

物体的受力分析、力系的平衡条件在解决工程问题中有着非常重要的意义,是设计各种结构与机构静力计算的基础,静力学的概念和知识在工程中有着广泛的应用。

第 1 章 静力学公理和 物体的受力分析

只要具有中学物理力学的基本概念与知识,即可学习本章。

本章介绍与阐述静力学 5 条公理,得出两条推论,介绍与解释工程中常见的几种约束类型,并对其约束力进行分析,最后引进物体受力图的概念并对画物体的受力图进行练习。

1.1 静力学公理

公理是人们在生活和生产实践中长期积累的经验总结,又经过实践反复检验,被确认是符合客观实际的最普遍、最一般的规律,是人们公认的道理。在中学物理已有的力学概念与知识的基础上,本节介绍与阐述静力学五条公理,并得出两条推论。

公理 1 二力平衡公理

作用在刚体上的两个力使刚体平衡的充分必要条件是:这两个力大小相等,方向相反,作用在同一条直线上。简言之,这两个力等值、反向、共线,作用在同一个刚体上。这是一个最简单的平衡力系(不受力除外)。

工程中常有只受两个力作用(已知其作用点)而平衡的构件或杆件,称其为二力构件或二力杆,其判别依据就是二力平衡公理。这条公理在理论力学作业中常用。

公理 2 加减平衡力系公理

和零力系等效的力系称为平衡力系,显然,零力系不会改变刚体的运动状态,也就是说,平衡力系对刚体的作用效果为零,因而有,在任一原有力系上,加上或减去任意的平衡力系而形成的新力系,原有力系和新力系两力系对刚体的作用效果相同。

这条公理在做作业中不常用,但其是研究力系等效替换的重要依据和主要手段。

依据公理 1 与公理 2,可得推论 1。

推论 1 力的可传性

作用于刚体上某点的力,可以沿着其作用线移到刚体内此作用线上任意一点,不改变该力对刚体的作用。

举一例,如图 1.1(a)所示小车,把小车作为刚体,在后面点 A 用力 F 推小车,和用同样的力 F 在前面点 B 拉小车,其作用效果相同。实际上,在力 F 的作用线上任意一点 C 用同样的力拉小车,其作用效果均相同,这就是力的可传性一实例。但要注意,此物体必须是刚体。图 1.1(b)所示两小车完全相同,中间用弹簧相连,力 F 由点 A 移到点 B,其作用效果就不同,因此时系统不是刚体。

力的可传性可以证明,下面证明之。

证明:在刚体上的点 A 作用一力 F ,如图 1.2(a)所示。根据加减平衡力系公理,在力的作用线上任取一点 B,并加上两个相互平衡的力 F' 和 F'' ,三个力大小相等,方向如图 1.2(b)

所示,则图 1.2(a)和 1.2(b)所示力系等效。由于力 F 和 F'' 也是一个平衡力系,故可除去。这样只剩下一个力 F' ,如图 1.2(c)所示,即原来的力 F 沿其作用线等效移到了点 B 。

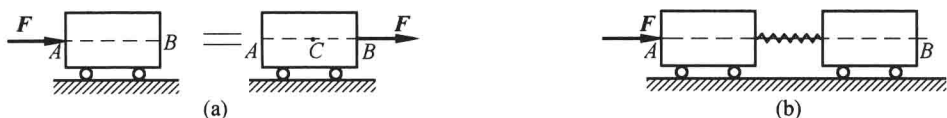


图 1.1

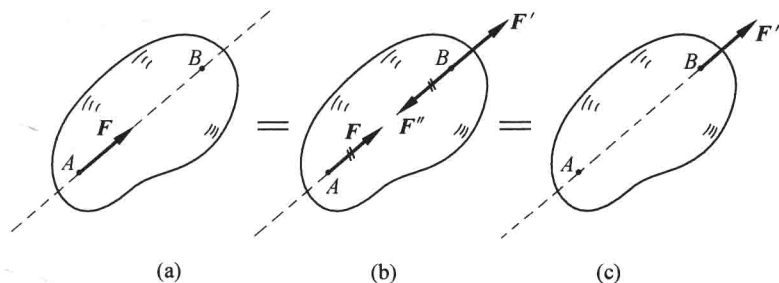


图 1.2

由此可见,对于刚体来说,力的三要素已变为:力的大小、方向和作用线。作用于刚体上的力可以沿着作用线移动的矢量被称为滑动(移)矢量。对变形体来说,力的三要素为大小、方向、作用点,这种只能固定在某一点的矢量被称为定位矢量。

公理 2 与推论 1 只适用于刚体而不适用于变形体,例如,如图 1.3 所示,图 1.3(a)中直杆受平衡力 F_1 和 F_2 作用,产生拉伸变形,如果将此二力移到图 1.3(b)所示位置,直杆将产生压缩变形。如果从杆上减去平衡力系(F_1, F_2),杆的变形将消失,如图 1.3(c)所示。因此,在研究物体的变形时,不能应用公理 2 和推论 1。

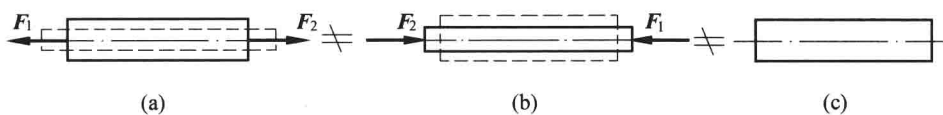


图 1.3

公理 3 力的平行四边形公理(法则)

这条公理就是中学物理里讲到的力的平行四边形法则,如图 1.4 所示,因为其基础性同时也就具有重要性,所以,此处作为公理提出,叙述如下:

作用于物体上同一点的两个力,可以合成为一个力,称为合力。合力的作用点也在该点,合力的大小和方向,由这两个力为邻边构成的平行四边形的对角线确定。或者说,合力矢等于这两个力的矢量和。以数学公式表示,为

$$\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$$

这条公理虽然简单,但此公理表明了两个交于一点的最简

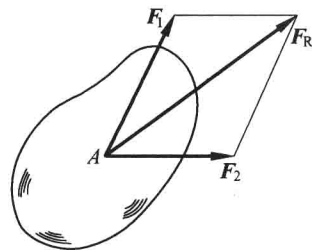


图 1.4