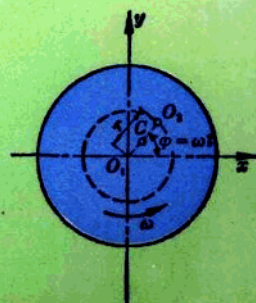
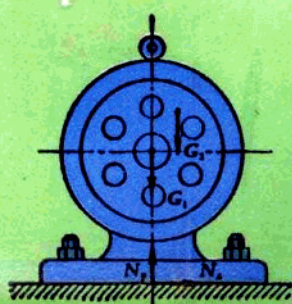


中等专业学校教学用书

理论力学

刘世稀 陈继刚 主编



lilun lixue

中国矿业大学出版社

中等专业学校教学用书

理论力学

刘世稀 陈继刚 主 编

中国矿业大学出版社

(江苏·徐州 221008)

(苏)新登字第 010 号

内 容 简 介

本书主要包括静力学(静力学基础、平面汇交力系、力矩和平面力偶系、平面任意力系、摩擦、空间力系和重心),运动学(点的运动、刚体的基本运动、点的复合运动、刚体的平面运动),动力学(质点动力学基本方程、刚体绕定轴转动的动力学基本方程、动能定理、动静法)共 3 篇 14 章。各章都有小结、思考题和习题,书末附有答案,便于教学和自学使用。本书是根据中等专业学校工科近机类专业所用的“理论力学教学大纲”编写的。教学时数为 80~90。可作为工科中等专业学校机电、矿机、露机、矿运、汽修等近机类各专业理论力学课程的教材,也可作为函授、成人、职工中专等的教材或其他有关人员参考。

中等专业学校教学用书

理 论 力 学

刘世稀 陈继刚 主 编

责任编辑 陈玉和

中国矿业大学出版社出版发行

新华书店经销 枣庄日报社印刷厂印装

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 10.75 字数 280 千字

1993 年 12 月第一版 1993 年 12 月第一次印刷

印数 1—10000 册

ISBN 7 - 81021 - 985 - 1

O · 63

定价:7.20 元

前 言

本书是在全国煤炭中专力学、零件教学研究会组织下,根据原中国统配煤矿总公司(现煤炭工业部)教育局 1989 年审订的煤炭中等专业学校机电专业《理论力学教学大纲》(90 学时),并参考国家教委 1987 年审订的中等专业学校工科机械类专业《理论力学教学大纲》(85 学时)编写的。作为煤炭中等专业学校理论力学课程的教学用书,亦可供其他行业的中等专业学校近机类专业选用以及有关工程技术人员参考。

在编写时,我们根据教学大纲及中专教学实际情况,遵循删繁就简、循序渐进及便于教学的原则,精选了教材内容。对于基本内容的叙述比较详尽,力求做到讲清楚基本概念、基本理论和基本方法;对于繁琐和不必要的公式推导进行了精简,突出了理论的应用;例题的选择做到尽可能联系生产实际,使学生在教师指导下将理论与实际紧密结合起来;对于习题和思考题,避开了学生中未曾见过的实际问题,结合了学生的实际;每章之后附有小结,便于教师和学生归纳本章的主要内容。

参加本书编写的有:徐州煤炭工业学校陈继刚(绪论,第 1,4,5 章);泰安煤炭工业学校戴葆青(第 2,3 章);安徽省煤炭工业学校程钢(第 6 章);贵阳煤炭工业学校黄先伍(第 7,9 章);湖南煤炭工业学校唐平(第 8,10 章);重庆煤炭工业学校刘世稀(第 11,12,

13,14 章)。由刘世稀、陈继刚担任主编。

本书由湖南煤炭工业学校邹励书、浙江嘉兴高等专科学校汪胡烈同志主审,特邀北京煤炭工业学校张浩同志参加了审稿会。他们对书稿提出了不少宝贵的修改意见,特此致谢。并衷心感谢各参编学校领导和研究会负责同志对我们编写工作的大力支持。

限于编者的水平,书中的缺点和不足在所难免,衷心希望使用本书的读者批评指正。

编 者

1993 年 5 月

目 录

绪 论	1
-----	---

第一篇 静 力 学

第 1 章 静力学基础	9
§ 1—1 静力学基本概念	9
§ 1—2 静力学公理	10
§ 1—3 约束和约束反力	13
§ 1—4 受力图	19
小 结	23
思考题	24
习 题	26
第 2 章 平面汇交力系	29
§ 2—1 平面汇交力系合成的几何法及平衡的几何条件	29
§ 2—2 平面汇交力系合成的解析法	34
§ 2—3 平面汇交力系的平衡方程及其应用	37
小 结	40
思考题	41
习 题	42
第 3 章 力矩和平面力偶系	45
§ 3—1 力对点之矩	45
§ 3—2 力偶与力偶矩	47
§ 3—3 平面力偶的性质及等效条件	48
§ 3—4 平面力偶系的合成与平衡	50
§ 3—5 力线平移定理	53
小 结	54
思考题	55
习 题	56
第 4 章 平面任意力系	59

§ 4—1 平面任意力系向平面内任一点简化	60
§ 4—2 简化结果讨论、合力矩定理	63
§ 4—3 平面任意力系的平衡方程及其应用	65
§ 4—4 平面平行力系的平衡方程	71
§ 4—5 静定和静不定问题的概念	74
§ 4—6 物系的平衡	75
小 结	80
思考题	81
习 题	83
第5章 摩 擦	90
§ 5—1 滑动摩擦	90
§ 5—2 摩擦角与自锁	94
§ 5—3 考虑摩擦的平衡问题	96
§ 5—4 滚动摩擦简介	102
小 结	104
思考题	105
习 题	107
第6章 空间力系和重心	111
§ 6—1 力在空间直角坐标轴上的投影及分解	111
§ 6—2 力对轴之矩	114
§ 6—3 空间力系的平衡方程	117
§ 6—4 空间力系平衡问题的平面解法	123
§ 6—5 物体的重心	126
§ 6—6 物体重心的求法	128
小 结	134
思考题	135
习 题	137

第二篇 运 动 学

第7章 点的运动	143
§ 7—1 自然法求点的速度和加速度	143

§ 7—2 点运动的特殊情况	151
§ 7—3 直角坐标法求点的速度和加速度	155
小 结	160
思考题	161
习 题	163
第 8 章 刚体的基本运动	166
§ 8—1 刚体的平行移动	166
§ 8—2 刚体绕定轴转动	168
§ 8—3 绕定轴转动刚体内各点的速度及加速度	173
小 结	178
思考题	179
习 题	180
第 9 章 点的合成运动	183
§ 9—1 点的合成运动概念	183
§ 9—2 速度合成定理	185
小 结	192
思考题	193
习 题	195
第 10 章 刚体的平面运动	199
§ 10—1 刚体平面运动的概念	199
§ 10—2 平面运动分解为平动与转动	200
§ 10—3 平面图形上各点的速度分析一——速度合成法	201
§ 10—4 平面图形上各点的速度分析二——速度投影法	205
§ 10—5 平面图形上各点的速度分析三——速度瞬心法	207
小 结	214
思考题	215
习 题	216

第三篇 动 力 学

第 11 章 质点动力学基本方程	223
§ 11—1 动力学基本定律	223

§ 11—2 质点运动微分方程	225
§ 11—3 质点动力学的两类问题	227
小 结	237
思考题	238
习 题	240
第 12 章 刚体绕定轴转动的动力学基本方程	243
§ 12—1 刚体绕定轴转动的动力学基本方程	243
§ 12—2 转动惯量	245
§ 12—3 刚体转动动力学基本方程的应用	250
小 结	256
思考题	257
习 题	259
第 13 章 动能定理	263
§ 13—1 力的功	263
§ 13—2 物体的动能	270
§ 13—3 动能定理	273
§ 13—4 功率与效率	283
小 结	288
思考题	289
习 题	291
第 14 章 动静法	295
§ 14—1 质点惯性力的概念	295
§ 14—2 动静法	297
§ 14—3 刚体惯性力系的简化	304
小 结	315
思考题	316
习 题	318
附录 习题答案	324
参考文献	332

绪 论

一 理论力学的研究对象与内容

理论力学是研究物体机械运动一般规律的科学。

所谓机械运动,是指物体在空间的位置随时间的变化。它是自然界和工程技术中最常见的一种运动。例如地球、日、月、星辰和人造天体的运行,车、船、飞机的行驶,机器的运转,建筑物的振动,水的流动等,都是机械运动。物体的平衡是机械运动的一种特殊情况,因此,理论力学也研究物体的平衡问题。

我们知道,物质的运动形式是多种多样的,除机械运动外,还有热、光、声、电、化学变化,生物的新陈代谢,以及人们的思维活动等,其中机械运动是最简单、最初级的一种。人们对于各种不同运动形式的研究,便形成了各门不同的科学。物质的各种运动形式在一定条件下可以相互转化,而且在高级和复杂的运动中,往往伴随着简单的机械运动。因此,研究理论力学,不仅能直接帮助我们认识周围发生的许多现象,运用力学规律为改造自然服务,而且也是进一步研究其它高级运动形式的基础。

理论力学以牛顿定律为基础,属于古典力学的范畴。近代科学实验发现,古典力学只适用于作低速运动的宏观物体。对于运动速度接近于光速的物体和基本粒子的运动,则必须用相对论力学和量子力学加以研究。但是,在一般工程(包括航天技术)问题中,物体的速度均远小于光速,而且都是宏观物体。因此,古典力学在现代工程技术中仍具有非常重要的作用。

为研究方便起见,习惯上将理论力学分为静力学、运动学和动力学三部分,其中:

静力学 研究物体在力作用下的平衡规律,同时也研究力系的简化;

运动学 只研究物体运动的几何规律,而不涉及物体上所受的力;

动力学 研究物体运动状态的变化与其受力之间的关系。

二 理论力学的研究方法

人类通过长期的生活实践、生产实践与科学实验,积累了大量有关机械运动的感性知识,经过抽象、综合、归纳和数学推演建立了有关力学的概念和理论体系,然后再回到实践中去检验并指导新的实践,进一步发展理论。所以说,实践是形成理论的源泉,是检验真理的标准,是发展理论的基础,而科学实验则是科学研究的重要手段。

抽象化是建立理论的重要方法。我们在研究复杂的自然现象时,需要分析影响它的各种因素,并抓住起决定作用的主要因素,略去次要因素。只有这样,才能把握现象的本质,弄清事物间的内在联系。例如,在研究机械运动时,略去物体受力后的变形得到刚体的概念,略去物体的几何尺寸得到质点的概念,略去摩擦得到理想约束的概念等。利用这种抽象化方法,不仅能使问题大为简化,而且能更深刻地揭示事物的本质。但是,任何抽象都必须是科学的,有条件的。当研究问题的条件改变了,原来的模型则不再适用,必须再考虑新的因素,建立新的模型。

数学演绎和逻辑推理是扩充与完善理论必不可少的方法。在建立了力学模型的基础上,以基本概念和公理、定律为依据,经过严密的数学演绎和逻辑推理得出某些定理和推论,从而使理论更加充实和完善。

在解决实际问题时,首先需要将工程实际物体抽象为力学模

型,根据力学理论建立方程并运用数学工具求解,然后再通过实践检验计算结果的正确性。

三 学习理论力学的目的

理论力学是一门理论性较强、应用很广的技术基础课。学习它一方面可以直接解决工程中的受力分析与动力计算问题,另一方面还可以为后续课程如材料力学、机械原理与机械零件及有关专业课提供必备的理论知识。特别,理论力学的研究方法,与其它学科的研究方法有不少相似之处。因此,掌握这一方法,不仅有助于对其它学科的学习,同时还将有助于培养我们的辩证唯物主义观点和分析问题与解决问题的能力,为今后解决工程实际问题奠定必要的基础。

四 力学发展简史

力学是最古老的学科之一,自有人类以来,力学就和人类结下了不解之缘。其发展大致分为三个阶段:

1. 从力学知识萌芽到静力学创立

早在远古时代,人们就学会使用石刀、石斧(尖劈)狩猎,后来学会使用弓箭(弹力),钻木取火(摩擦)。

原始社会后期,人们开始定居(公元前 3500~700),学会了搭棚子(最早的建筑活动)。

在奴隶社会和向封建社会过渡的时期,人们学会了使用杠杆、滑轮、斜面、辘轳,后来古希腊科学家亚里斯多德(公元前 384~322)提出了杠杆平衡问题,而阿基米德(公元前 287~212)总结出杠杆原理、浮力定理、物体平衡原理、物体重心的求法等静力学原理。但由于亚里斯多德错误的“地心说”符合基督教教义,而被当时的宗教所利用,使希腊乃至西欧文明的发展中止达 1600 年之久。这期间,我国的力学得到了迅速发展,如汉朝的张衡(78~139)发明了“浑天仪”、“地动仪”;三国时代的马钧(235~?)发明了“指南车”;隋朝的李春在公元 590~608 年期间设计建造了赵州桥——

拱高7.23m,跨长37.02m,西方世界在1200年之后才学会建造同类拱桥;又如山西应县的木塔建于1056年,塔高66m,全木构架,采用50多种斗拱,经历了近千年的狂风暴雨、严重地震的袭击,至今仍完好如初,实为世界建筑史上的一大奇迹;再如13世纪初我国劳动人民发明了火箭,并在作战中应用,13世纪后半叶忽必烈率军西征欧洲时将火箭作为秘密武器,所向披靡,但直到200年之后的15世纪,世界上才广泛知道火箭。

15世纪后,我国由于反动的封建统治,力学及其它科学停滞了,而西方经过中世纪的停顿之后,于15世纪后期进入文艺复兴时期,随着资本主义的兴起,力学和其它科学得到了迅速发展。经过达·芬奇(1452~1519)、斯蒂芬(1548~1620)、伐里农(1654~1722)、布安索(1777~1859)等人的努力,建立了力矩的概念、力的平行四边形法则、合力矩定理及力偶的有关理论,初步形成了静力学的基本体系。

2. 经典力学体系的确立

波兰天文学家哥白尼(1473~1543)以大无畏的革新精神和坚定的科学态度,经过30年的艰苦探索,创立了“日心说”,否定了基督教的教义——人是宇宙的中心,倡导了天文学革命。但哥白尼认为,行星绕太阳作匀速圆周运动,这一点不符合事实。德国天文学家开普勒(1571~1630)指出了哥白尼学说的错误,发现了行星运动三定律。尔后,意大利科学家伽利略(1564~1642)经过大量实验,确定了自由落体的规律、惯性定律、力与加速度关系定律、力的独立作用原理等。1610年,伽利略根据自己的观测宣布哥白尼的“日心说”是正确的,因而触怒了罗马教庭,被判处无期徒刑。在狱中,伽利略仍然坚持科学研究,写了诸如抛射体的轨迹是抛物线及材料的力学性质、第一强度理论等,托朋友拿到荷兰发表。荷兰科学家惠更斯(1629~1695)将变速运动由质点推广至质点系,由直线推广至曲线,提出了离心惯性力和转动惯量的概念。最后,英国

科学家牛顿(1642~1727),博采众长,在伽利略的基础上,以其丰富的想象力和严密的科学性,从理论上对力学中的一切问题进行了全面系统的总结,即牛顿三定律,从而确立了经典力学体系。

3. 牛顿以后经典力学的发展

18世纪中叶西方资本主义国家掀起的工业革命,极大地促进了力学的发展。先后由伯努利(1667~1748)、达朗伯(1717~1785)、拉格朗日(1736~1813)等奠定了分析力学的基础。进入20世纪以来,科学技术的发展更加迅猛,理论力学与其它科学相互渗透,出现了新的分支,如弹性力学、塑性力学、断裂力学、流体力学、生物力学、工程控制论等。

我国是世界上最早记载有关力学理论的国家,早在亚里斯多德之前,墨子(公元前468~376)所著的墨经中就有了关于力的概念和杠杆平衡原理的论述,直到15世纪以前的很长时期,我国在力学方面的应用与发展都遥遥领先于西方,后来由于长期的封建统治,特别是18世纪之后帝国主义列强的侵略,我国生产力发展迟缓,力学的发展逐渐落后于西方。新中国成立后,随着社会主义建设事业的蓬勃发展,力学的研究及其应用得到了迅速发展,如我国自行设计建造的新安江水电站,南京长江大桥、葛洲坝工程等都是举世瞩目的伟大工程;又如在航天技术方面,自1970年以来,我国已向太空发射了40多颗各种不同用途的卫星,如气象卫星、返回式侦察卫星、导航卫星、同步卫星等;1992年还用捆绑式火箭成功地为澳大利亚发射了两颗美国休斯公司生产的大吨位同步卫星,标志着我国的航天技术已进入世界先进行列。这些成就表明我国的力学已进入一个新的发展时期。

第一篇 静力学

静力学主要研究物体在力系作用下的平衡规律。

平衡是物体机械运动的一种特殊情况,在一般工程问题中,平衡是指物体相对于地面保持静止或作匀速直线运动。同时作用于物体上的一组力称为力系;能够使物体处于平衡状态的力系称为平衡力系;平衡力系所必须满足的条件称为平衡条件。静力学的主要任务是讨论各种力系的平衡条件,并用它来对物体进行受力分析与计算。

将复杂力系化简为简单力系,称为力系的简化,这种简化必须在对同一物体的作用效应完全相同的条件下进行。对同一物体产生相同效应的诸力系,彼此称为等效力系。若一力与一力系等效,则该力称为原力系的合力,而原力系中的诸力称为该力的分力。静力学就是通过对力系的等效简化,分析得出各种力系的平衡条件。

综上所述,静力学的基本问题是:

1. 各种力系的简化;
2. 各种力系的平衡条件及其应用。

静力学知识不仅是研究动力学及材料力学的基础,而且在工程技术中得到广泛应用。因此,学习静力学有着十分重要的意义。

