

941979

031
2662
1

高等学校教材

理论力学

上册

中国地质大学(武汉) 长春地质学院 成都地质学院 合编

白景岭 张建民 主编



中国地质大学出版社

941979

031
2662
1

31
2662

理论力学

上册

中国地质大学(武汉) 长春地质学院 成都地质学院 合编
白景岭 张建民 主编

中国地质大学出版社

理论力学

上册

中国地质大学(武汉) 长春地质学院 成都地质学院 合编

白景岭 张建民 主编

责任编辑 程祖依 方菊

责任校对 熊华珍

中国地质大学出版社出版

(武汉市 喻家山)

709所印刷厂印刷 湖北省新华书店经销

开本 787×1092 1/32 印张 9.125 字数 202千字

1990年12月第1版 1990年12月第1次印刷

印数 1—3000册

ISBN 7-5625-0469-5/O·24

定价: 1.70元

内 容 简 介

本书是根据《高等工业学校理论力学课程教学基本要求》在原讲义试用的基础上修改编写而成的中学时教材。

全书分上、下册，上册为静力学和运动学，下册为动力学，各章后配有适量习题，上、下册均有附录，介绍电子计算机技术在理论力学中的应用。

本书在编写上，遵循深入浅出、循序渐进的原则，使之通俗易懂；在教材的深度和广度上，既满足中学时教学基本要求，又略高于基本要求；例题和习题的选择上配合得当；贯彻加强基础理论，坚持理论联系实际原则，并将最新科学技术应用于理论力学。

本书可作为高等工业学校采矿工程、矿业、机械、电机、动力等专业的教材，也可作为职大、夜大、函大的教材，并可供有关科技人员参考。

序 言

本书是根据《高等工业学校理论力学课程教学基本要求》(适合中学时使用)编写的。在编写中,贯彻加强基础理论,理论联系实际的原则,尽量注意用典型例题来说明各原理的应用;文字力求简明、通俗、易懂,便于自学。同时,还编入了电子计算机应用于理论力学的内容。

本书上册为静力学和运动学,下册为动力学。其中带有“*”号的为加深拓宽的内容;上册和下册的附录为电子计算机在理论力学中的应用。这两部分内容各专业可根据需要选用。

本书由中国地质大学(武汉)、长春地质学院、成都地质学院合编。上册由白景岭、张建民主编,白景岭统稿;下册由张建民、白景岭主编,张建民统稿。参加编写工作的有:王士升(第一—六章),陈津民(第七—十章),张建民(第十一—十四章及上、下册附录),白景岭(绪论、第十五—十八章)。姜鹏同志参加上、下册附录中的计算机源程序的编制和调试工作。

本书是根据1988年自编油印讲义,经中国地质大学(武汉)和长春地质学院等院校试用、校订、修改而成。并承黄择言教授审阅。本书在编写过程中得到地质矿产部力学课程教学研究委员会主任黄作宾教授的热心指导。对此,我们表示衷心的感谢。

由于我们的水平有限,书中内容可能存在不足之处,诚恳希望广大教师和读者批评指正。

编 者

1989年10月

目 录

绪论	(1)
----------	-------

第一篇 静 力 学

引言	(3)
----------	-------

第一章 基本概念与公理

§ 1-1 力的概念	(5)
§ 1-2 静力学公理	(7)
§ 1-3 约束与约束反力	(10)
§ 1-4 物体受力分析·受力图	(17)
习题	(21)

第二章 平面汇交力系

引言	(26)
§ 2-1 用几何法研究平面汇交力系的合成与 平衡	(27)
§ 2-2 用解析法研究平面汇交力系的合成与 平衡	(32)
习题	(40)

第三章 力矩与平面力偶理论

§ 3-1 力对点之矩	(46)
§ 3-2 两个平行力的合成	(49)
§ 3-3 平面力偶理论	(52)
§ 3-4 平面力偶系的合成与平衡条件	(55)
习题	(60)

第四章 平面一般力系

§ 4-1 平面一般力系向一点简化	(65)
§ 4-2 平面一般力系的平衡条件·平衡方程	(75)
§ 4-3 平面一般力系平衡问题的解法	(79)
§ 4-4 静定与超静定问题·物体系统的平衡	(86)
§ 4-5 简单静定桁架的内力分析	(94)
习题	(100)

第五章 摩擦

§ 5-1 滑动摩擦	(111)
§ 5-2 摩擦角和自锁现象	(114)
§ 5-3 考虑摩擦时物体的平衡	(117)
§ 5-4 滚动摩擦阻的概念	(123)
习题	(125)

第六章 空间力系

§ 6-1 空间汇交力系的合成和平衡	(133)
§ 6-2 空间力偶理论	(138)
§ 6-3 力对轴之矩与力对点之矩	(141)
§ 6-4 空间一般力系的简化	(144)
§ 6-5 空间一般力系的平衡方程及其应用	(150)
§ 6-6 重心	(160)
习题	(173)

第二篇 运 动 学

引言	(181)
----------	-------

第七章 点的运动学

§ 7-1 用矢径法表示的点的运动方程、速度、 加速度	(183)
--------------------------------------	-------

§ 7-2	用直角坐标法表示的点的运动方程、 速度、加速度	(185)
§ 7-3	用自然法表示的点的运动方程、速度、 加速度	(194)
	习题	(202)
第八章 刚体的基本运动		
§ 8-1	刚体的平行移动	(205)
§ 8-2	刚体的定轴转动	(208)
§ 8-3	转动刚体内各点的速度和加速度	(211)
§ 8-4	定轴轮系的传动比	(215)
	习题	(217)
第九章 点的合成运动		
§ 9-1	点的合成运动的概念	(220)
§ 9-2	速度合成定理	(223)
§ 9-3	牵连运动为平动时点的加速度合成 定理	(229)
§ 9-4	牵连运动为转动时点的加速度合成 定理	(234)
	习题	(247)
第十章 刚体的平面运动		
§ 10-1	概述	(251)
§ 10-2	平面图形内各点的速度分析—— 基点法	(252)
§ 10-3	平面图形内各点的速度分析—— 瞬心法	(257)

§ 10-4 平面图形内各点的加速度分析——	
基点法	(264)
§ 10-5 刚体绕平行轴转动的合成	(268)
习题	(270)
附录	(273)

绪 论

一、理论力学的研究对象

理论力学是研究物体机械运动一般规律的科学。

机械运动是指物体在空间的位置随时间的变化。物质的运动是各种各样的，它表现为位置的变动、发热、发光、发生电磁现象、化学过程，以至于人们头脑中的思维活动等不同形式的运行。机械运动是最简单、最初级的一种物质运动形式，人们在生产和生活中经常会遇到。如各种交通工具的运行、机器的运转、人造卫星和宇宙飞船的运行及结构的振动等等，都是机械运动。

本书的内容属于经典力学范畴，也就是说，本书中所研究的物体运动其速度远小于光速，物体的尺寸远大于基本粒子，即在低速、宏观的范围内来研究物体的机械运动。19世纪后半期，由于近代物理的发展，产生了研究高速物质运动规律的相对论力学和研究微观粒子运动规律的量子力学。在这些新的研究领域内，以伽利略和牛顿所建立的基本定律为基础的经典力学内容已不再适用。但是，在一般工程问题中，物体的速度都远小于光速，而且都是宏观的物体。所以，即使是现代，一般工程中的问题仍可用经典力学的理论加以解决，而且其精确性已被实践所证实。同时正在迅速发展着的各个新的力学分支是在经典力学基础上诞生的，因此，学习经典力学有着极其重要的实际意义。

二、理论力学课程的内容

本课程的内容包括以下三部分：

静力学 研究物体在力系作用下的平衡规律和力的一般性质及其简化的规律的科学。

运动学 从几何学的观点研究物体的运动规律，而不涉及引起运动的物理原因。

动力学 研究物体运动的变化与它所受力之间的关系。

三、学习理论力学的目的

理论力学是一门理论性较强的技术基础课，又是学生接触工程实际的第一门课程，因此，学习这门课程要达到以下几个目的。

(1) 为学习一系列后继课程，如：材料力学、结构力学、弹性力学、流体力学、机械原理、振动理论及机械设计等课程打下必要的基础，也为进一步探索新的科学技术领域创造一定的条件；

(2) 初步学会处理工程实际问题的方法；

(3) 培养学生分析问题和解决问题的能力，特别是逻辑思维能力、抽象化能力、自学能力、表达能力以及数学计算能力。

第一篇 静力学

引言

静力学是研究在力系作用下的物体平衡规律的科学。

一、平衡的概念

静力学中的所谓平衡，是指物体相对于惯性参考系处于静止或作匀速直线运动。在普通工程问题中，通常将与地球相固结的参考系当作惯性参考系。例如采矿的井架、桥梁、房屋、机床的机座、作匀速直线飞行的飞机等都是处于平衡状态。平衡是物体机械运动的一种特殊状态。

二、刚体的概念

在任何力的作用下保持形状和大小都不变的物体称为刚体。

而任何物体受到力的作用后，都将发生不同程度的变形。在一般情况下，工程中的结构或零部件在力作用下的变形是很微小的，对于研究这些物体的平衡问题而言，影响甚小，可近似地认为物体是不变形的。因此，静力学中所采用的力学模型是刚体。

刚体是理论力学中对物体进行抽象简化后，提出的一种理想模型。这种简化处理是必要的，也是实际工程中所允许

的。但是，当变形因素在所探讨的问题中居于主要地位时（例如：在材料力学、弹性力学中），就不能再将物体视为刚体了。

三、静力学的任务

刚体静力学中主要研究力系的简化及平衡条件。

1. 力系的简化

作用在物体上的一群力，称为力系。如果作用在物体上的某力系可用另一个力系来代替，而物体的运动状态保持不变，则称这两个力系是互为等效力系。所谓力系的简化，就是把作用在物体上较复杂的力系，用另一较简单的等效力系来代替。

2. 力系的平衡条件

物体处于平衡状态时，作用在物体上的力系应满足的条件，称为力系的平衡条件。

作用在物体上的力系，若使物体处于平衡状态，则该力系称为平衡力系。

静力学在工程技术中有着广泛的应用。例如：钻探施工中钻塔的受力是复杂的，起下钻时，钻塔承受着钻具的重力，钻具与孔壁的摩擦阻力以及绞车钢绳的拉力等，此外，钻塔还承受着对其工作影响很大的风负荷作用，因此，设计钻塔时，首先，必须分析钻塔的负荷性质并确定其大小，才能使设计建立在可靠的基础上。各种工程结构和机器的设计，都要应用静力学理论分析其构件或零部件的受力情况，求出其中的未知力，以便对它们进行强度、刚度、稳定性的计算。此外，力系的简化理论和物体受力分析的方法也是研究动力学的基础。

第一章 基本概念与公理

§ 1-1 力的概念

一、力的定义

力的概念是力学基本概念之一。它是人们在长期的生活和生产实践中观察总结出来的。如，通过人的推、拉、举、掷等活动，使物体的运动状态发生改变（包括物体的变形），而人的肌肉有紧张收缩的感觉。这就是人们对物体施加了力。在生产过程中，人们又逐步利用了畜力、风力、水力、蒸汽压力、电力等等。通过反复的观察、实践和分析，对力的感性知识不断积累，逐渐认识到，无论在自然界和工程实际中，物体机械运动状态的改变或变形，都是物体间相互机械作用的结果。例如，汽车在刹车后，速度很快减小，最后静止下来；在单杠上进行表演的运动员使单杠发生弯曲等。人们通过科学的抽象，形成了力的概念。**力是物体间相互的机械作用，其结果使物体发生运动状态的变化，或使物体发生变形。**

物体间机械作用形式大致可分为两类：一类是通过场（物质的一种形式）而起作用的，如重力、万有引力、电磁力等；另一类是由两个物体接触而发生的，如钻头作用在岩石上，机车牵引车厢，刀具作用在工件上等。在力学中，我们不研究力的物理本质，而只研究力对物体的效应。这种效应一般可分为两个方面：一是力的外效应（运动效应），它使物体的机械运动状态发生改变；另一是力的内效应（变形效

应) 它使物体的形状发生改变。在理论力学中只研究力对物体的外效应, 而力对物体的内效应将在材料力学中研究。

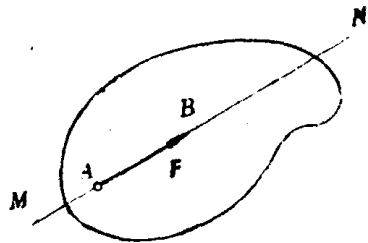
二、力的三要素

实践表明: 力的大小、方向和作用点的位置是决定力对物体作用效果的三个要素。其中任一要素发生变化, 力的作用效果也随之变化。

1. 力的大小 力的大小表示物体间机械作用的强弱程度。度量力的大小的单位是牛顿 (N)。

2. 力的作用点 力的作用点是力作用位置的抽象。实际上, 当两个物体相互接触时, 力往往是分布地作用在一定的面积上。如果力的作用范围在一定条件下可简化为一个点, 这种力就称为集中力。如果力的作用面积较大, 这种力称为分布力, 例如, 作用在钻塔或高层建筑物上的风压力。有的力是分布地作用于物体的每一点上, 这种力称为体积力, 例如, 地球作用物体上的重力。

3. 力的方向 物体间的机械作用具有方向性, 它包含方位和指向两层涵义。如重力的方向是竖直向下, 竖直是指重力作用线在空间的方位, 向下是指重力沿作用线的指向。



力是矢量, 在力的图示法中, 可用一带箭头的线段将力的三要素表示出来, 如图 1-1 所示,

图 1-1

线段的长度 AB 按一定比例尺表示力的大小, 线段的始端 A

(或末端 B) 表示力的作用点, 以箭头表明力的方向。通过力的作用点并沿着力的方位的直线, 称为力的作用线。例如图 1-1 中的线段 MN 。

§ 1-2 静力学公理

静力学的理论基础是下述五个公理。这些公理, 是人们在长期生产实践中, 对于力的基本性质的认识的高度概括, 是力的客观规律。

公理一 (二力平衡公理)

作用于同一刚体上的两个力, 使刚体处于平衡状态的必要与充分条件是: 这两个力等值、反向、共线。

该公理阐述了静力学最简单力系的平衡条件, 它是刚体平衡的最基本规律, 是推证力系平衡条件的基础。应当指出, 这个公理只适用于刚体, 而对非刚体而言, 公理一给出的平衡条件是不充分的。例如: 软绳受两个等值、反向的拉力可以平衡, 而受两个等值、反向的压力就不能平衡。

公理二 (加减平衡力系公理)

在已知力系上, 加上或减去任意一个平衡力系, 并不改变原力系对刚体的作用。

本公理只适用于刚体, 它是力系简化的重要理论依据。

推论 (力的可传性原理)

作用在刚体上的力, 可沿其作用线任意移动, 而不改变它对刚体的作用。

证明: 设力 F 作用于刚体上的 A 点, 如图 1-2 (a) 所示。在力 F 作用线上任取一点 B , 根据公理二可在 B 点加上一对

平衡力 F_1 和 F_2 , 使 $F = F_1 = -F_2$, 如图 1-2 (b) 所示。由于 F 和 F_2 也是一个平衡力系, 由公理二可将其减去, 这样只剩下一个作用于 B 点的力 F_1 。于是, 原来作用于 A 点的力 F 与力系 (F, F_1, F_2) 等效, 而且与力 F_1 等效。 F_1 就是原来力 F , 只是作用点已移到了 B 点。

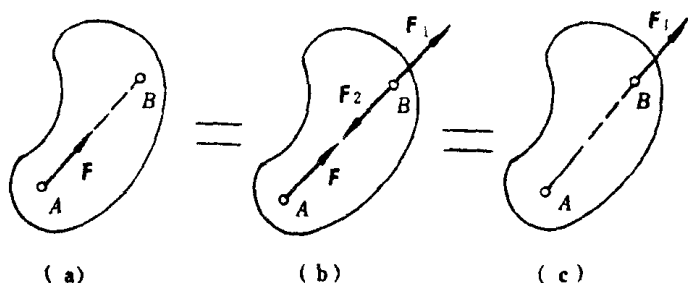


图 1-2

由此可见, 对刚体而言, 力的作用点已不是决定力的作用效果的要素, 它已为作用线所代替。故作用于刚体上的力的三要素是: 力的大小、方向和作用线。作用在刚体上的力, 是滑动矢量

应当指出, 加减平衡力系公理只适用于外力分析, 在进一步分析物体的变形和内力时并不适用, 因为加上或减去平衡力系后, 物体的变形和内力都将发生变化。

公理三 (力的平行四边形公理)

作用于物体上某点的两个力的合力也作用于该点上, 合力的大小与方向可由这两个力所组成的平行四边形的对角线来表示。

设在物体上 A 点作用两个力 F_1 和 F_2 , 如图 1-3 所示。若