

中等专业学校试用教材



The diagram illustrates a beam supported by two walls. A truck is positioned on the beam. A vertical line with an upward arrow extends from the truck's center to the top of the title '理论力学'. A dashed curved line with arrows at both ends passes through the bottom of the title, connecting to a rectangular block with force vectors. The block has a horizontal arrow pointing right, a vertical arrow pointing down, and a vertical arrow pointing up. The entire scene is set against a dark green background with white lines and text.

理论力学

福建建筑工程学校 陈大堃 编

高等教育出版社

中等专业学校试用教材

理 论 力 学

福建建筑工程学校 陈大堃

高等教育出版社

本书是根据教育部一九八二年二月颁发的中等专业学校《理论力学教学大纲》(试行草案)(工科土建类专业通用)编写的,可作为中等专业学校土建类各专业(100学时)理论力学课程的试用教材,也可供有关工程技术人员参考。

全书包括静力学、运动学和动力学,共十八章。书中带“*”号或小字排印的部分系选学内容,可根据不同专业、不同学制的需要决定取舍。每章后附有小结、思考题和习题,书末附有习题答案。

本书采用国际单位制

中等专业学校试用教材

理论力学

福建建筑工程学校 陈大堃 编

*

高等教育出版社出版

新华书店上海发行所发行

上海中华印刷厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 14.125 字数 339,000

1983年10月第1版 1988年2月第5次印刷

印数 138,001—168,000

ISBN7-04-001885-3/TB·100

定价 2.05 元

前 言

本书是根据教育部一九八二年二月颁发的中等专业学校《理论力学教学大纲》(试行草案)(工科土建类专业通用)编写的,可作为中等专业学校工科土建类专业(100学时)理论力学课程的试用教材,也可供有关工程技术人员参考。

在编写过程中,注意贯彻理论联系实际、循序渐进和“少而精”的原则。各章问题尽量从工程实际引出,并在例题、习题中适当联系工程实际;内容叙述由浅入深,在阐明物理概念的同时,略去某些次要内容的证明。同时,注意了力学的分析方法,强调了物体的受力分析和运动分析。

书中带“*”号或用小字排印的部分系选学内容,可根据不同专业、不同学制的需要决定取舍。每章后附有小结、思考题和习题,书末附有习题答案。

本书采用国际单位制。

本书由黑龙江省建筑工程学校段明章、朱聘珊同志主审。参加审稿的还有齐齐哈尔铁路工程学校张岳立、黑龙江交通学校洪廷顾、长春冶金建筑学校靳宇、扬州水利学校孙淮、淮南化工学校袁革、山西省建筑工程学校程上直、四川省建筑工程学校范莫生、浙江省建筑工程学校沈伦序、上海建筑工程学校葛曙光、安徽省建筑工程学校袁之韬和上海城市建设工程学校黄阳春等同志。许多兄弟学校力学教研组的同志也对本书提出了不少宝贵的书面意见。在此一并表示衷心的感谢。

书中插图由张成烈同志绘制,林志明同志作习题解答。

限于编者水平,书中定有不少缺点和错误,恳切希望读者批评

指正。

编 者
一九八三年六月

目 录

绪 论	1
-----------	---

静 力 学

引 言	4
第 一 章 静力学的基本概念和公理	5
§1-1 基本概念	5
§1-2 静力学公理	7
§1-3 约束与约束反力	11
§1-4 分离体与受力图	18
小 结	21
思考题	22
习 题	23
第 二 章 平面汇交力系	27
§2-1 平面汇交力系合成的几何法	28
§2-2 平面汇交力系平衡的几何条件	30
§2-3 三力平衡汇交定理	33
§2-4 平面汇交力系合成的解析法	35
§2-5 平面汇交力系平衡的解析条件	40
小 结	45
思考题	46
习 题	47
第 三 章 力矩和平面力偶系	51
§3-1 力对点的矩	51
§3-2 合力矩定理	53
§3-3 两个平行力的合成	55
§3-4 力偶及其基本性质	57

§3-5 平面力偶系的合成和平衡	61
小 结	64
思考题	65
习 题	66
第 四 章 平面一般力系	71
§4-1 力的平移定理	72
§4-2 平面一般力系向作用面内任一点的简化	74
§4-3 平面一般力系简化结果的讨论	76
§4-4 荷载简介	80
§4-5 平面一般力系的平衡条件及平衡方程	82
§4-6 平面平行力系的平衡方程	90
§4-7 物体系统的平衡·静定和超静定问题的概念	93
§4-8 平面静定桁架的内力计算	101
小 结	106
思考题	109
习 题	111
*第 五 章 图解静力学基础	122
§5-1 平面一般力系合成为一个力的情况	122
§5-2 平面一般力系合成为一个力偶的情况	126
§5-3 平面一般力系平衡的图解条件	128
小 结	131
思考题	132
习 题	132
第 六 章 摩擦	135
§6-1 滑动摩擦	136
§6-2 考虑摩擦时物体的平衡问题	139
§6-3 滚动摩擦阻力的概念	144
小 结	148
思考题	149
习 题	150
第 七 章 空间力系	155
§7-1 力在空间直角坐标轴上的投影	156

§7-2 力沿空间直角坐标轴的分解	158
§7-3 空间汇交力系的合成与平衡条件	159
*§7-4 空间力偶的等效·力偶矩用矢量表示	164
*§7-5 空间力偶系的合成与平衡条件	165
§7-6 力对点的矩用矢量表示	166
§7-7 力对轴的矩	167
§7-8 力对点的矩和力对通过该点的轴的矩之间的关系	171
§7-9 空间力系向任一点的简化	171
*§7-10 简化结果的讨论·合力矩定理	175
§7-11 空间力系的平衡方程	176
小 结	182
思考题	184
习 题	185
第八章 重心	192
§8-1 平行力系中心	192
§8-2 重心和形心	195
§8-3 匀质物体重心位置的求法	197
小 结	206
思考题	206
习 题	207

运 动 学

引 言	211
第九章 点的运动	213
§9-1 点的直线运动	213
§9-2 用自然法研究点的曲线运动	221
§9-3 用直角坐标法研究点的曲线运动	231
小 结	238
思考题	240
习 题	241
第十章 刚体的基本运动	246
§10-1 刚体的平行移动	246

§10-2 刚体的定轴转动	248
§10-3 转动刚体内各点的速度和加速度	254
小 结	260
思考题	261
习 题	262
第十一章 点的合成运动	265
§11-1 点的绝对运动和相对运动、牵连运动	265
§11-2 点的速度合成定理	268
小 结	274
思考题	275
习 题	276
第十二章 刚体的平面运动	280
§12-1 刚体平面运动的概念	280
§12-2 刚体平面运动方程·平面运动分解为平动和转动	281
§12-3 平面图形上各点的速度	284
§12-4 瞬时速度中心	288
小 结	295
思考题	297
习 题	299

动 力 学

引 言	303
第十三章 动力学基本定律·质点运动微分方程	305
§13-1 动力学基本定律	305
§13-2 质量和重量的关系·质量中心	307
§13-3 力学单位制	308
§13-4 质点的运动微分方程	310
§13-5 质点动力学的两类问题	311
小 结	320
思考题	321
习 题	322

第十四章 动静法	325
§14-1 惯性力	325
§14-2 动静法	327
小 结	331
思考题	332
习 题	332
第十五章 刚体基本运动的动力学基本方程	334
§15-1 作用于质点系的力的分类	334
§15-2 刚体平动的动力学基本方程	335
§15-3 刚体绕定轴转动的动力学基本方程	338
§15-4 转动惯量	340
§15-5 刚体绕定轴转动的动力学基本方程的应用	345
小 结	352
思考题	353
习 题	353
第十六章 动量定理	357
§16-1 质点的动量定理	357
§16-2 质点系的动量定理	362
*§16-3 质心运动定理	368
小 结	371
思考题	372
习 题	373
第十七章 动能定理	376
§17-1 力的功	376
§17-2 功率	384
§17-3 质点的动能定理	386
§17-4 质点系的动能定理	390
§17-5 势能·机械能守恒定律	399
小 结	404
思考题	406
习 题	407

*第十八章 虚位移原理	413
§18-1 虚位移	414
§18-2 理想约束	416
§18-3 虚位移原理	416
小 结	422
思考题	423
习 题	424
附 录 国际单位制(SI)与工程单位制	426
习题答案	427

绪 论

一、理论力学的研究对象与内容

宇宙中的一切物质都是处在不断的运动之中，物质运动的形式是多种多样的，其中最简单、最基本的形式是机械运动。所谓机械运动是指物体在空间的位置随时间的变化。例如，星球的运行，机器的运转，建筑物的振动等，都是机械运动。平衡是机械运动的特殊形式。

理论力学是研究物体机械运动一般规律的学科。

物质运动的形式除机械运动外，还有物理变化、化学变化、生物的新陈代谢，以至于人们的思维活动等。任何较高级、较复杂的物质运动形式，总是伴有位置的改变，即与机械运动总是有一定的联系。但是，它们与机械运动又有本质的不同。

理论力学所研究的内容是以伽利略和牛顿所总结的基本定律为基础的，属于古典力学的范畴。由于近代物理学的重大发展，产生了研究高速物质运动的相对论力学和研究微观粒子运动规律的量子力学。在这些新的领域内，古典力学已不再适用。但是，在广泛的工程问题中，所考察的物体都是宏观物体，运动速度也都远小于光速，所以，一般工程中的力学问题仍可用古典力学来解决，不仅方便，而且能够保证足够的精确性。所以古典力学至今仍有很大实用意义，而且，古典力学还在不断地发展着。

理论力学的内容通常分为静力学、运动学和动力学三个部分。

静力学是研究物体在力作用下的平衡规律。

运动学是从几何学的角度来研究物体运动的规律，而不考虑作用于物体上的力。

动力学是研究物体的运动与其所受力之间的关系。

二、学习理论力学的目的

由于机械运动是工程技术中经常接触到的问题，所以理论力学是解决工程实际问题的重要基础。它的定律和结论被广泛地应用于各种工程技术中，例如，结构物和机械的设计，火箭技术、宇宙飞行的研究等。因此，作为一个工程技术人员必须掌握一定的理论力学知识。

学习本课程的任务在于掌握物体机械运动的基本规律及其研究方法，初步学会运用这些规律和方法去分析、解决工程实际中简单的力学问题。同时，也为学习工科土建类各专业的后继课程，例如材料力学、结构力学以及与力学有关的专业课程等，提供重要的基础。此外，理论力学的研究方法在科学研究中有一定的典型性，有助于培养辩证唯物主义观点以及分析问题、解决问题的能力。因此，理论力学在工科土建类各专业教学计划中，是一门重要的技术基础课。

三、理论力学的研究方法

任何一门科学的研究方法，都要符合辩证唯物主义的认识论。理论力学也必须遵循这个正确的认识规律进行研究。

理论力学的研究方法，简要地说，就是从实践(观察、实验)出发，经过抽象化和归纳，建立概念和公理，用数学演绎的方法推导出定理和结论，再回到实践中去，解决实际问题并验证理论。

观察和实验是理论发展的基础。从观察和实验中获得的材料，必须经过加工才能上升到理论。因为我们所观察到的材料是复杂多样的，不易从中抓住事物的本质，所以必须从许多复杂的表面现象中，抓住起决定性作用的主要因素，撇开次要因素，深入现象的

本质,明确事物间的内在联系,这就是抽象化的方法。例如,在研究物体的机械运动时,略去物体的变形,就得到刚体的理想模型;略去物体的几何尺寸,就得到质点的概念,等等。

通过抽象化,将长期以来从生产活动中直接观察、实验所积累的经验加以分析、综合和归纳,建立起最基本的公理或定律作为本课程的理论基础;再根据这些公理,借助数学工具进行演绎推理,从而得出各种形式的定理和结论。

从实践到理论,再从理论回到实践,通过实践进一步补充和发展理论,再回到实践,如此不断地循环往复,每一循环都比原来的提高一步,这就是理论力学也是其它学科的共同发展道路。

经常地应用本门学科的理论去解决工程实际问题,才能使所学的知识不断深化和提高,这也是学好本门课程的一个重要步骤和方法。

静力学

引言

静力学是研究物体在力作用下的平衡规律。

在一般工程问题中，所谓平衡是指物体相对于地球保持静止或作匀速直线运动的状态。房屋、水坝、桥梁等建筑物，以及在直线轨道上作匀速运动的火车等，都是平衡的实例。实际上，一切物体无时无刻不在运动着，物体的平衡都是相对的、暂时的。

在一般情况下，一个物体总是受到许多力的作用。我们把作用于一物体上的一群力，称为力系。

在静力学中主要研究两个问题：

(1) 力系的简化。就是将作用在物体上的较复杂的力系，用一个效应相同的简单力系来代替。

(2) 力系的平衡条件。就是研究物体在力系作用下处于平衡时，该力系所应满足的条件。

满足平衡条件的力系称为平衡力系。

平衡问题的研究在土建工程中有着广泛的应用，一切结构物的设计，都需要这方面的知识。例如，设计一个建筑物的梁、柱等构件时，首先就要分析这些构件受到哪些力的作用，哪些力已知，哪些力未知，由于这些构件是处于平衡的，应用力系的平衡条件，就可求出未知力；然后再进一步确定它们的截面尺寸。研究力系的简化是为了导出力系的平衡条件，同时为学习动力学打下基础；而研究力系的平衡条件是静力学的主要问题。

第一章 静力学的基本概念和公理

§1-1 基本概念

一、刚体的概念

在自然界中,任何物体在力的作用下,都将发生变形,但是,在正常情况下,工程实际中许多物体(例如建筑物中的梁、柱或机器零件等)的变形都非常微小,对于物体平衡问题的研究影响不大,可以忽略不计,因而可将物体看成是不变形的。在任何外力作用下,大小和形状始终保持不变的物体,称为刚体。当然,刚体实际上是不存在的,它只是由实际物体抽象化得到的一种理想模型。这样的抽象化,将使问题的研究,大为简化。

然而,在所研究的问题中,当变形居于主要地位时,就不能再把物体视为刚体,而应视为变形体。但是变形体平衡问题的研究,也是以刚体静力学作为基础的。至于研究物体在受力时所发生的变形,将是材料力学的任务。

二、力的概念

长期以来,人们在生产劳动和日常生活中,用手推、拉、掷、举物体时,由于肌肉紧张,感到人对物体施加了力,而使物体的运动状态发生变化。例如,人推车时,可使车的运动状态发生变化。后来人们进一步又观察到物体与物体间的相互作用,也会使物体产生运动状态的改变与变形。例如,自高空落下的物体由于受到地球引力的作用而改变着运动的速度;桥梁受到车辆的作用而产生弯曲变形,等等。上述物体运动状态的改变或变形,是由于物体间的相互作用,这种作用称为机械作用,以区别于其他的作用(如热的、电磁的、化学的作用)。这样,就可以把力的概念概括为: 力

是物体间相互的机械作用，这种作用使物体的运动状态发生改变，或使物体发生变形。既然力是物体之间的相互作用，所以力不能脱离物体而单独存在。

物体受力后将产生两种效应，一种是运动状态的改变；另一种是变形。前者是力对物体的外效应，而后者则是力对物体的内效应。在理论力学中，由于把物体抽象为刚体，所以只研究力对物体的外效应。

由实践可知，不同大小、或不同方向、或施加于物体不同位置的力，将使物体产生不同的效应。因此，力对物体的效应取决于三个要素：(1) 力的大小；(2) 力的方向；(3) 力的作用点。这三个要素通常称为力的三要素。

为了表示力的大小，我们必须规定力的单位。本书采用国际单位制，力的单位用牛顿(牛，N)或千牛顿(千牛，kN)。目前工程上还采用工程单位制，以公斤力(kgf)或吨力(tf)作为力的单位。

力的方向通常包含方位和指向两个涵义。例如说重力的方向，是“竖直向下”。

力的作用点就是力对物体作用的位置。力的作用位置，一般来说，并不是一个点而是有一定的范围，不过当作用范围相对于物体很小时，可近似地看作一个点。

由于力是一个有大小和方向的量，所以力是矢量。我们可以用

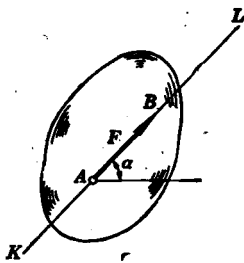


图 1-1

一带箭头的线段来表示力的三要素。如图 1-1 所示，线段的长度按一定的比例尺表示力的大小，线段的方位(与水平线夹 α 角)和箭头的指向表示力的方向，线段的起点或终点表示力的作用点。通过力的作用点沿力的方向画出的直线，如图 1-1 中的 KL ，称为力的作用线。本书