

中等专业学校教学参考书

12.321/48

理论力学

吴凤才 张明忠 王宗五 合编



中国建筑工业出版社

中等专业学校教学参考书

理 论 力 学

吴凤才 张明忠 王宗五 合编

中国建筑工业出版社

本书是根据原高等教育出版社出版的中等专业学校教材《理论力学》一书纸型重印的。全书根据原中华人民共和国建筑工程部教育局1962年7月颁布试行的土建类中等专业学校通用的“理论力学教学大纲(草案)”编写。内容分静力学、运动学和动力学三部分。静力学包括静力学的基本概念及公理, 平面汇交力系, 平面平行力系, 平面力偶系, 平面一般力系, 图解静力学基础, 摩擦, 空间力系及重心。运动学包括点的直线运动, 点的平面曲线运动, 刚体运动的基本形式, 点的复合运动及刚体平面平行运动。动力学包括质点动力学基本概念及定律, 质点运动微分方程式动静法, 刚体绕定轴转动时的基本方程式, 动量定律及动能定理。可作为土建类中等专业学校教学参考书。

中等专业学校教学参考书

理论力学

吴凤才 张明忠 王宗五 合编

(根据原高等教育出版社纸型重印)

*

中国建筑工业出版社出版 (北京西便门内大街)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷

*

开本: 850×1168毫米1/32 印张: 8 1/2 字数: 230 千字

1978年12月新一版 1978年12月第一次印刷

印数: 1—120,180册 定价: 0.75元

统一书号: 15040·3539

序 言

本书是以北京建筑工程学校1959年编写的理论力学讲义为基础，经过逐章整理改写而成，并在苏州建筑工程学校力学教研组教师中进行了讨论，最后由西安建筑工程学校陈怀德同志对全书进行了审阅。

在编写过程中，一方面考虑了土建类专业的特点，同时也照顾了本门课程系统的完整性。教师在讲授过程中可以根据不同专业的具体要求，酌情取舍。此外各章配备了较多的习题，教师在布置作业时，可适当选择，要避免使学生负担过重。

由于我们政治水平和业务水平不高，缺乏编写经验，错误之处，在所难免，诚恳地希望读者们对本书提出宝贵的意见，以便进行修改。

编 者

1963年4月

目 录

序言	vii
绪论	1

静 力 学

第一章 静力学的基本概念及公理	6
§ 1-1. 静力学的基本概念	6
§ 1-2. 静力学公理	8
§ 1-3 约束及其分类·示力图	11
复习题	17
习 题	17
第二章 平面汇交力系	21
I. 平面汇交力系的图解法	22
§ 2-1. 平面汇交力系的合成与分解	22
§ 2-2. 平面汇交力系平衡的图解条件	25
§ 2-3. 三力平衡定理	27
II. 平面汇交力系的数解法	29
§ 2-4. 力在坐标轴上的投影	29
§ 2-5. 数解法求平面汇交力系的合力	30
§ 2-6. 平面汇交力系平衡的解析条件	33
III. 平面汇交力系平衡条件的应用	37
§ 2-7. 桁架的一般概念	37
§ 2-8. 节点法求桁架各杆内力	38
复习题	40
习 题	41
第三章 平面平行力系	45
§ 3-1. 两个同向及反向平行力的合成	45
§ 3-2. 将一个力分解为与之平行的两个分力	49
§ 3-3. 力矩的概念	50
§ 3-4. 平面力系力矩定理	51
§ 3-5. 用力矩定理求平面平行力系的合力	55

复习题	56
习 题	56
第四章 平面力偶系	58
§ 4-1. 力偶的概念·力偶矩	58
§ 4-2. 平面力偶的互等定理	60
§ 4-3. 平面力偶系的合成和平衡条件	62
复习题	66
习 题	66
第五章 平面一般力系	68
I. 平面一般力系的简化	69
§ 5-1. 力向已知点的平行移动	69
§ 5-2. 平面力系向已知点简化	70
§ 5-3. 平面一般力系合成结果的讨论	73
II. 平面一般力系的平衡条件·约束反力的计算	74
§ 5-4. 平面一般力系的平衡方程式	74
§ 5-5. 平面平行力系的平衡方程式	81
§ 5-6. 超静定问题的概念	82
§ 5-7. 刚体系的平衡问题	83
III. 平面一般力系平衡条件的应用	86
§ 5-8. 截面法求桁架杆件的内力	86
复习题	90
习 题	90
第六章 图解静力学基础	96
I. 平面一般力系的合成	96
§ 6-1. 图解法求平面一般力系的合力	96
§ 6-2. 力系合成为力偶的情况	100
II. 平面一般力系的平衡条件·约束反力的求法	101
§ 6-3. 力系的平衡条件	101
§ 6-4. 用图解法求约束反力	102
III. 图解平衡条件的应用	105
§ 6-5. 桁架内力图解法	105
复习题	108
习 题	108

第七章 摩擦	111
§7-1. 摩擦的一般概念	111
§7-2. 滑动摩擦的试验及定律	112
§7-3. 摩擦系数和摩擦角	113
§7-4. 考虑摩擦力时物体的平衡问题	115
* §7-5. 滚动摩擦	119
复习题	121
习 题	121
第八章 空间力系	124
§8-1. 力在空间坐标轴上的投影	125
§8-2. 空间汇交力系的合成	126
§8-3. 空间汇交力系的平衡条件	127
* §8-4. 空间力偶系	130
§8-5. 力对点之矩和力对轴之矩	134
* §8-6. 空间一般力系的合成	137
* §8-7. 空间一般力系的平衡条件	140
复习题	143
习 题	143
第九章 重心	148
§9-1. 平行力系中心	148
§9-2. 重心概念及其计算公式	150
§9-3. 均质薄板的重心·静力矩的概念	151
§9-4. 简单物体重心	152
§9-5. 组合图形重心的求法	154
§9-6. 型钢组合截面重心的求法	157
复习题	159
习 题	160
运 动 学	
第十章 点的直线运动	165
§10-1. 点的直线运动·运动方程式	165
§10-2. 直线运动的速度和加速度	166
§10-3. 动点的匀速运动和匀变速运动	170
复习题	173
习 题	173

第十一章 点的平面曲线运动	175
§ 11-1. 点的运动方程式	175
§ 11-2. 平面曲线运动的速度	177
§ 11-3. 平面曲线运动的加速度	180
复习题	187
习 题	188
第十二章 刚体运动的基本形式	190
§ 12-1. 刚体的平行移动	190
§ 12-2. 刚体绕固定轴转动	192
§ 12-3. 转动刚体上各点的速度、加速度	196
复习题	200
习 题	200
第十三章 点的复合运动	202
§ 13-1. 点的绝对运动、相对运动和牵连运动的概念	202
§ 13-2. 点的相对、牵连和绝对速度、速度合成定理	203
复习题	207
习 题	207
第十四章 刚体平面平行运动	209
§ 14-1. 刚体平面平行运动时的运动方程式	209
§ 14-2. 平面图形运动时各点速度的分析	211
§ 14-3. 瞬时速度中心法	213
复习题	216
习 题	216

动 力 学

第十五章 质点动力学基本概念及定律	220
§ 15-1. 动力学的基本定律	220
§ 15-2. 工程单位制	223
复习题	224
第十六章 质点运动微分方程式	225
§ 16-1. 质点运动微分方程式	225
§ 16-2. 质点动力学两类问题的解法	226
复习题	231
习 题	231

第十七章 动静法	233
§ 17-1. 惯性力的概念	233
§ 17-2. 动静法(达伦贝尔原理)	234
复习题	236
习 题	236
*第十八章 刚体绕定轴转动时的基本方程式	238
§ 18-1. 刚体绕定轴转动的动力学基本方程式	238
§ 18-2. 刚体转动惯量的计算	239
复习题	244
习 题	244
第十九章 动力学基本定理——动量定理	245
§ 19-1. 质点的动量定理	245
* § 19-2. 质点系的动量定理	249
复习题	251
习 题	252
第二十章 动能定理	253
§ 20-1. 功的概念与计算	253
§ 20-2. 功率	256
§ 20-3. 质点的动能定理	257
* § 20-4. 质点系的动能定理	259
复习题	262
习 题	262

绪 论

一、理论力学的任务和内容

理论力学是研究物体机械运动一般规律的科学。

物体在空间的位置随时间的变化（包括一物体对于其他物体的相对平衡）都称为机械运动。如机器的运转、星球的运行以及房屋、桥梁等相对于地球的静止，都是机械运动的例子。

我们知道，宇宙中的一切物质都是处在不断的运动中，物质运动的形式是多种多样的，除机械运动外，还有物理变化，化学变化，以至于人们的思维活动等。机械运动是物质运动中的一种最简单的形式。

理论力学一般包括静力学、运动学和动力学三部分。静力学是研究物体平衡时作用力之间的关系的；运动学只研究物体运动的几何性质，不牵涉到力的作用；动力学则研究普遍的情况，研究物体的运动和作用力之间的关系。

二、学习理论力学的目的

学习理论力学的主要目的是：

1. 在工程技术的许多领域中，普遍存在着机械运动的各种问题。学习理论力学后，便于我们利用理论力学的基本原理和方法，解决工农业生产和日常生活中的简单力学问题。

2. 理论力学阐述了力学中最基本的知识，因而学习它可以为以后学习材料力学、结构力学和建筑结构等课程打下必要的力学基础。

3. 通过理论力学的学习，有助于培养辩证唯物主义的世界观，领会本门科学的研究方法，可以提高对问题的分析能力。

此外，通过理论力学的学习，还可以锻炼运算的技巧。

三、理论力学发展史概述

力学是一门古老的科学。力学的产生、成长和发展，是与社会生产力的发展分不开的。生产的需要推动了力学的发展，同时力学的理论又反过来指导和促进生产。力学的理论是劳动人民长期生产实践的总结。在历史发展的过程中涌现出了许多科学家，他们集中了劳动人民的智慧，总结了前人的经验，对力学发展作出了卓越的贡献。社会制度与科学的发展是相互影响的。我国解放后的成就充分说明了社会主义制度对促进科学发展的无比优越性。

勤劳智慧的祖国人民，在很早的年代里对力学理论就有了很好的认识，并应用在实际工程中。在力学理论方面，战国时代墨翟（公元前468—376年）在他的著作《墨经》中，讨论了力和杠杆平衡等内容，是世界上最早的有关力学理论的著作。在水利工程方面，战国秦昭王（公元前300年）时代伟大的水利学家李冰父子修建的都江堰，距今虽已有两千多年的历史，但仍然在农业上发挥很大的作用。在机械工程方面，如指南车、记里鼓车、杠杆、水磨、滑车及轮轴等很早就广泛地被人们应用。在建筑工程方面，有伟大的万里长城、无数雄伟壮丽的宫殿和桥梁建筑等。以上事实可以充分地说明我国人民具有高度的智慧和丰富的发明创造能力，只是由于受到长期的封建社会制度的束缚，使劳动人民在生产实践中所取得的辉煌成就未能总结成系统的理论。

从十五世纪末叶起，欧洲商业资本开始发达。由于生产力急剧地向前发展，力学亦相应地获得了发展，不仅静力学日趋完善，而且动力学也开始形成。如意大利科学家伽利略（公元1564—1642年），从观察落体运动而提出了加速度的概念，并在研究物体沿斜面的运动中建立了惯性定律。英国科学家牛顿（公元1643—1727年），全面总结了前人的研究成果，建立了动力学基本定律，从而奠定了动力学的基础。

十八世纪，为了适应机械工业发展的需要，力学沿着新的方向发

展。1743年达伦贝尔提出的动静法和1788年拉格朗日发表的分析力学等都达到了很高的水平。

在十九世纪，由于工业建设与现代航空技术的发达，使力学开始向专门化方向发展，如弹性力学、液体力学和气体动力学等各方面都有了很大的进步。

我国解放后，在中国共产党的领导下，科学技术获得了很大的成就，力学也有了很大的发展。力学工作者的队伍正在不断成长和壮大。我国已建成的武汉长江大桥、佛子岭等大中型水库和人民大会堂等宏伟建筑，都标志着我国在力学方面的成就。今后随着工农业生产的继续发展，将会出现更新的力学课题，从而必将促使力学的不断发展。可以断言，在中国共产党的领导下，在社会主义建设总路线、大跃进、人民公社三面红旗的光辉照耀下，在马克思列宁主义、毛泽东思想的指导下，我国在力学科学上将获得愈来愈多的成就。

静 力 学

静力学是研究作用于刚体上的力系的合成和分解以及力系的平衡条件的科学。为此在静力学各章中主要研究下列两个问题：

1. 力系的合成和分解：研究如何将作用于刚体上的力系，用一个与原力系作用效果相同而便于分析的力系来代替。

2. 力系的平衡条件：研究受力作用下的刚体平衡时各力之间应该满足的条件。

研究力系的合成和分解既可以推导出力系的平衡条件，又为以后研究动力学奠定了基础。

通过静力学的学习，将为建筑结构和机械零件等课程中进行受力的分析和计算奠定了必要的基础。

第一章 静力学的基本概念及公理

为了系统地研究静力学，首先要建立有关静力学的一些基本概念，本章主要研究以下三个问题：

1. 静力学的基本概念：这些概念是人类经过长期反复实践，对一些问题由感性上升为理性阶段的总结，它反映了事物的一些最基本的客观规律。

2. 静力学公理：这些公理说明了作用在刚体上的力的一些基本性质。

3. 约束、约束反力和示力图：它们能提供对刚体进行受力分析的基本方法。

以上三个问题对学习静力学十分重要，必须很好地掌握。

§ 1-1. 静力学的基本概念

平衡：平衡是指物体相对于周围物体处于静止或匀速直线运动的状态。如桥梁和房屋等等，都是处于相对静止的状态。

静力学中所指的平衡，如果没有特别注明相对于哪个物体时，都是指相对于地球而言。

刚体：刚体是指在任何外力作用下忽略其几何形状改变的物体。

人们都可以感觉到，自然界中受力的物体都有或大或小的变形，那么为什么在理论力学中忽略其变形而假设为刚体呢？这是首先因为我们研究问题时必须分清问题的主要方面和次要方面，要抓住其主要的因素，而把对我们所研究的问题影响不大的次要因素暂时忽略掉。目前对机械运动的研究是主要因素，而变形是次要因素，因此可把物体假设为刚体。其次也因为工程中的物体在外力作用下确实变形很小（如一

般的钢筋混凝土梁中部最大垂度也仅相当于梁的长度的 $\frac{1}{250} \sim \frac{1}{300}$ 。因此在理论力学中把物体按刚体处理所得出的结果与实际出入不大，这样就便于对问题的讨论。至于变形体的问题，有待材料力学等课程去解决。

力：力是物体间相互的机械作用，这种作用引起物体机械运动状态的变化或者使物体发生变形。

在自然界中物体间的相互作用是多种多样的，如两物体的碰撞作用，光和热的照射，辐射作用，电磁的感应作用等等。在这些作用中有这样一种作用，它的结果使物体的机械运动状态或运动趋势发生改变，只有这种作用才能用力来描写。例如地球对每个物体的作用，其结果就使物体产生加速度下落，这种作用就叫重力作用。再如机器刹车时由于摩擦力的作用使速度逐渐减小。

从经验可知，机械运动的改变有大小和方向两个方面，因此描写一个力应具有下面三个因素：1. 力的大小；2. 力的方向；3. 力的作用点。这三个因素通称为力的三要素。

为了表示力的大小，我们必须规定力的单位。在工程中常采用公斤作为力的基本单位。力常用弹簧秤来测量(图 1-1)。

力是具有大小和方向的量，我们用一个带有箭头的线段来描写它。

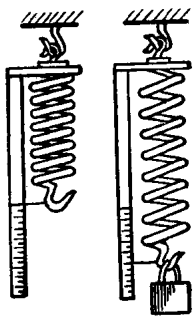


图 1-1

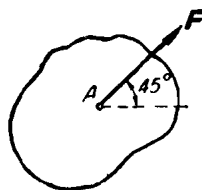


图 1-2

力的大小(或称模)由线段的长度来表示,方向由线段的方位和指向来表示,力的作用点由线段的起点或终点来确定。如图 1-2 表示了一个力 F 。

在自然科学中常遇到的量有有向量与无向量的区别,例如力、速度等有一定的方向,我们称之为有向量;另一些量如距离、面积、温度等只用大小来说明,我们称之为无向量。

在力学中的力,可以分为外力和内力,外力是指其他物体对所研究的物体的作用力。内力是指在物体系内各物体间相互作用的力。外力



图 1-3

和内力的区分并非绝对的,将由研究对象的不同而异。如将图 1-3 中所示的粉笔盒和桌子同时看作研究对象,那么粉笔盒与桌子间的作用力就是内力。如单独研究

桌子,那么粉笔盒对桌子的作用就是外力。

§ 1-2. 静力学公理

为了便于以后的研究,首先明确静力学中的几个基本定义。

力系: 同时作用在一个刚体上的一群力,称为力系。

等效力系: 两个力系对同一个刚体分别作用后,其效果相同时,这两个力系互称为等效力系。

如果力系与一个力等效,这个力就称为此力系的合力。力系中其他各力称为这个合力的分力。

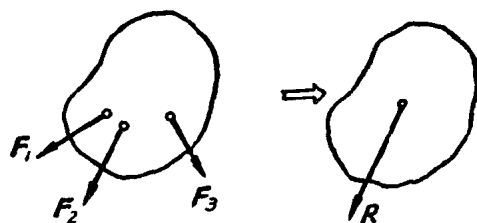


图 1-4

如图 1-4 所示,力系 $(F_1, F_2, \dots, F_n)$ 与 R 等效, R 称为力系的合力。

平衡力系: 如物体在已知力系作用下,处于平衡状