

普通高等教育“十三五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU "13·5" GUIHUA JIAOCAI

建筑力学

廖永宜 杨清荣 编著



冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn



普通高等教育“十三五”规划教材

建筑力学

廖永宜 杨清荣 编著

北京

冶金工业出版社

2018

内 容 提 要

本书为普通高等教育和高等职业教育“十三五”规划教材。内容共分三篇：理论力学、材料力学和结构力学。第1~3章为理论力学部分，包括静力学基础、平面问题和空间问题的受力分析和平衡计算；第4~8章为材料力学部分，包括拉伸（压缩）、剪切与挤压、扭转、弯曲和组合变形的内力分析、变形规律与强度计算；第9~13章为结构力学部分，包括平面体系的几何组成分析、静定结构的内力和位移计算、超静定结构的内力和位移计算（力法与位移法）。每章后有小结和习题，书末附有习题参考答案。

本书力求体现高等职业教育和成人高等教育教学改革的要求，突出实用性和应用性，具有精选内容、图文配合、叙述简练、紧密联系工程实际的特点。

本书可作为高等职业院校和成人高等教育土建类专业和其他工科类专业的建筑力学和工程力学等课程的教材，也可供自考和工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学/廖永宜, 杨清荣编著. —北京: 冶金工业出版社, 2018. 2

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5024-7714-1

I. ①建… II. ①廖… ②杨… III. ①建筑科学—力学—高等学校—教材 IV. ①TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 013232 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcbbs@cnmp.com.cn

责任编辑 夏小雪 美术编辑 彭子赫 版式设计 禹 蕊

责任校对 石 静 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-7714-1

冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销; 北京印刷一厂印刷

2018 年 2 月第 1 版, 2018 年 2 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 16.75 印张; 402 千字; 255 页

39.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题, 本社营销中心负责退换)

前 言

本书为普通高等教育和高等职业教育“十三五”规划教材，内容共分三篇：理论力学、材料力学和结构力学。本书是为适应高等职业教育和成人高等教育改革与发展需要，根据高等学校土建学科高等职业教育教学大纲的基本要求，吸取相关教材长处，结合作者长期从事教学和工程实际工作的经验编写的。本书可作为高等职业院校和成人高等教育土建类专业和其他工科类专业的教学用书。

本书在总体编排上考虑了课程体系的系统全面，而在知识点的介绍上兼顾了各篇内容的相对独立性和完整性，以适应不同课程设置的需要。在编写过程中，注重结合工程实际，根据知识点尽可能多地用工程实例进行分析计算，力求体现高等职业教育和成人高等教育教学改革的要求，突出针对性和实用性，以培养技术应用能力为目的，以够用为原则，具有精选内容、注重基本概念和基本方法、叙述简练、图文配合、简化理论推导、举例典型、紧密联系工程实际的特点。书中编入了适量结合工程应用的例题和习题供教学选用，书末附有习题答案供学生参考。

本书由昆明理工大学廖永宜（编写第2篇、第3篇和全书的习题及参考答案）、昆明冶金高等专科学校杨清荣（编写第1篇）编写，全书由廖永宜统稿。

限于编者水平，书中难免有错漏和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2017年10月

目 录

绪论	1
----------	---

第1篇 理论力学

1 静力学基础	4
1.1 力的概念和性质	4
1.1.1 力的概念	4
1.1.2 力的性质	5
1.2 力对点的矩	8
1.2.1 力矩的概念	8
1.2.2 合力矩定理	8
1.3 力偶及其运算	9
1.3.1 力偶的定义	9
1.3.2 力偶的三要素	10
1.3.3 力偶的性质	10
1.3.4 平面力偶系的合成	10
1.4 力的平移定理	11
1.5 约束与约束力	12
1.5.1 柔体约束	12
1.5.2 光滑面约束	12
1.5.3 铰链约束	13
1.5.4 固定端约束	15
1.6 物体的受力分析 (受力图)	16
小结	17
习题	18
2 平面问题的受力分析	21
2.1 平面力系的简化	21
2.1.1 平面力系的概念	21
2.1.2 平面任意力系的简化	21
2.1.3 简化结果的讨论	22

2.2 平面力系的平衡方程及其应用	23
2.2.1 平面任意力系的平衡方程	23
2.2.2 平面任意力系平衡方程的解题步骤	23
2.2.3 平面任意力系的特殊形式	25
2.3 静定与超静定问题及物体系统的平衡	27
2.3.1 静定与超静定问题的概念	27
2.3.2 物体系统的平衡	28
2.4 考虑摩擦时的平衡问题	30
2.4.1 滑动摩擦力	30
2.4.2 摩擦角和自锁现象	31
2.4.3 考虑摩擦时物体的平衡问题	33
小结	35
习题	35
3 空间问题的受力分析	39
3.1 力在空间直角坐标轴上的投影	39
3.1.1 直接投影法	39
3.1.2 二次投影法	39
3.2 力对轴之矩	40
3.3 空间力系的合成与平衡	41
3.3.1 空间任意力系的合成	41
3.3.2 空间一般力系的平衡	42
3.3.3 其他空间力系的平衡方程	43
小结	46
习题	46

第 2 篇 材料力学

4 拉伸 (压缩)、剪切与挤压	52
4.1 轴向拉伸与压缩的概念、截面法、轴力与轴力图	52
4.1.1 内力与用截面法求内力	52
4.1.2 轴力与轴力图	53
4.2 拉 (压) 杆横截面上的应力、应变及胡克定理	54
4.2.1 杆件在一般情况下应力的概念	54
4.2.2 拉压杆横截面上的正应力	55
4.2.3 斜截面上的应力	56
4.2.4 拉 (压) 杆的变形及胡克定理	57
4.3 材料在拉 (压) 时的力学性能	59

4.3.1 拉伸实验和应力-应变曲线	59
4.3.2 低碳钢拉伸时的力学性能	60
4.3.3 其他材料在拉伸时的力学性能	62
4.3.4 材料在压缩时的力学性能	63
4.4 拉(压)杆的强度计算与拉(压)超静定问题	64
4.4.1 极限应力、许用应力和安全因数	64
4.4.2 拉(压)杆的强度条件	64
4.4.3 拉压超静定问题简介	67
4.5 剪切与挤压	68
4.5.1 剪切的概念及剪切胡克定律	68
4.5.2 挤压的实用计算	70
小结	72
习题	73
5 轴的扭转	76
5.1 扭转的概念、扭矩与扭矩图	76
5.1.1 扭转的概念	76
5.1.2 扭矩与扭矩图	76
5.2 圆轴扭转时的应力与强度计算	78
5.2.1 圆轴扭转时的应力	78
5.2.2 极惯性矩 I_p 及抗扭截面系数 W_n	79
5.2.3 圆轴扭转强度计算	80
5.3 圆轴扭转时的变形与刚度计算	81
5.3.1 圆轴扭转时的变形计算	81
5.3.2 圆轴扭转时的刚度计算	82
小结	84
习题	85
6 平面图形的几何性质	87
6.1 重心和形心	87
6.1.1 重心的概念	87
6.1.2 物体重心的坐标公式	87
6.1.3 物体重心(形心)的计算	88
6.2 静矩(面积矩)	91
6.2.1 静矩的概念	91
6.2.2 静矩与形心的关系	91
6.2.3 组合图形的静矩计算	92
6.3 极惯性矩、惯性矩和惯性积	93
6.3.1 极惯性矩、惯性矩和惯性积的概念	93

6.3.2 简单图形的极惯性矩和惯性矩的计算	93
6.3.3 组合图形的惯性矩计算	95
6.3.4 惯性半径	97
6.3.5 形心主惯性轴和形心主惯性矩的概念	98
小结	98
习题	98
7 梁的弯曲	100
7.1 弯曲内力	100
7.1.1 梁的平面弯曲及其简化	100
7.1.2 梁的内力(剪力与弯矩)计算	101
7.1.3 弯矩、剪力与载荷集度间的关系	104
7.1.4 剪力图与弯矩图的绘制	105
7.2 梁的强度计算	108
7.2.1 实验观察与平面假设	108
7.2.2 弯曲正应力的计算	109
7.2.3 梁的强度计算	111
7.3 梁的刚度计算	113
7.3.1 梁的弯曲变形概述	113
7.3.2 叠加法求梁的变形	114
7.4 提高梁的强度和刚度的措施	118
小结	120
习题	121
8 组合变形	124
8.1 组合变形的概念	124
8.2 斜弯曲变形的应力和强度计算	124
8.3 偏心拉(压)杆的应力和强度计算	127
8.3.1 单向偏心拉(压)	127
8.3.2 双向偏心拉(压)	129
8.4 截面核心	130
8.5 弯曲与扭转组合的应力和强度计算	131
小结	133
习题	133

第3篇 结构力学

9 平面体系的几何组成分析	142
9.1 概述	142

9.1.1 基本概念	142
9.1.2 对体系进行几何组成分析的目的	142
9.2 平面体系的自由度	143
9.2.1 基本概念	143
9.2.2 平面体系的自由度计算	145
9.2.3 平面体系自由度计算结果的讨论	146
9.3 平面体系的几何组成分析	147
9.4 瞬变体系的概念	148
9.5 几何组成分析的步骤和举例	149
小结	151
习题	152
10 静定结构内力计算	154
10.1 概述	154
10.2 静定梁的计算	155
10.2.1 静定单跨梁	155
10.2.2 静定多跨梁	160
10.3 静定刚架的计算	162
10.4 三铰拱的计算	164
10.4.1 三铰拱的支座反力和内力计算	165
10.4.2 三铰拱的合理拱轴线	168
10.5 平面桁架的计算	169
10.5.1 桁架的计算简图	169
10.5.2 桁架的内力计算	169
10.5.3 桁架的外形对内力的影响	173
10.6 组合结构的计算	173
10.7 静定结构的特性	175
小结	177
习题	177
11 静定结构位移计算	179
11.1 概述	179
11.1.1 结构的位移	179
11.1.2 结构位移计算的目的	180
11.1.3 求解结构位移的方法	180
11.2 外力在弹性体位移上所做的功	181
11.2.1 外力的实功	181
11.2.2 外力的虚功	181
11.2.3 广义位移和广义力	182

VI	
11.3	内力功的概念 182
11.4	变形体的虚功原理 183
11.4.1	虚功原理 183
11.4.2	虚位移原理 184
11.4.3	虚力原理 184
11.5	荷载作用下的位移计算公式 185
11.6	图乘法 190
11.7	线弹性体的互等定理 194
小结	 195
习题	 196
12	力法 198
12.1	概述 198
12.2	超静定次数的确定 199
12.3	力法的基本原理及力法典型方程 201
12.3.1	力法的基本原理 201
12.3.2	力法典型方程 204
12.4	力法解题的步骤及算例 206
小结	 214
习题	 215
13	位移法 217
13.1	基本概念 217
13.1.1	位移法的提出 217
13.1.2	位移法思路 218
13.2	位移法基本未知量数目的确定 221
13.3	位移法的基本结构和典型方程 223
13.3.1	位移法的基本结构 223
13.3.2	位移法的基本方程 223
13.3.3	位移法典型方程 229
13.4	位移法计算步骤及算例 230
13.5	超静定结构的特性 236
小结	 236
习题	 236
习题参考答案	 238
附录	型钢表 247
参考文献	 255

绪 论

1. 建筑力学研究的内容

建筑力学是研究工程结构的力学计算理论和方法的学科，是一门应用广泛的基础课，它包括了传统学科中理论力学、材料力学和结构力学三门课程中的主要内容。

理论力学是研究物体机械运动一般规律的基础学科，讨论机构及其构件（质点和刚体）的受力分析及其运动情况。

材料力学和结构力学则是研究结构及其构件的强度、刚度、稳定性、承载能力和动力反应等问题。

由以上内容可见，建筑力学研究和分析作用在结构或构件上力的平衡规律，结构或构件内力、应力和变形的计算方法以及强度、刚度和稳定条件，为保证工程结构及其构件既安全可靠又经济合理提供计算理论和方法，是相关工程技术人员必须具备的理论基础。

2. 建筑力学学习方法

（1）联系实际

建筑力学来源于人类长期的生活实践、生产实践与科学实验，具有较强的理论性，和工程实际联系紧密。因此，理论联系实际是学习建筑力学的一个重要的学习方法。广泛联系与分析生活及工程中的各种力学现象，就会产生对建筑力学的学习兴趣，而兴趣是最好的老师。联系实际也是从获得理论知识到养成分析与解决问题能力之间的重要途径。

（2）总结交流

读书是一个由薄到厚，再由厚到薄的过程。通过对内容的理解、分析、概括和整理，结合教材中的例题，举一反三，融会贯通。理论要总结，解题的方法与技巧要总结。注重一题多解，也是培养归纳总结能力的重要方法。

相互交流是获取知识的一种重要手段，通过课堂教学、习题讨论、课件利用，不断得到提高。

3. 课程教学中的能力培养

（1）分析能力

1) 选择结构计算简图的能力。

2) 力系平衡分析和变形几何分析的能力，是结构分析的两个基本功，要在反复运用中加以融会贯通，逐步提高，力求达到正确、熟练、灵活运用水平。

3) 选择计算方法的能力，在众多方法中，要了解各种方法的特点和最适用的场合，具有根据具体问题选择恰当计算方法的能力。

(2) 计算能力

- 1) 对各种结构进行计算和确定计算步骤的能力。
- 2) 对计算体系进行定量校核或定性判断的能力。
- 3) 初步具有使用结构计算程序的能力。

(3) 应用能力

具有根据具体问题查阅参考书、资料、设计手册以补充、扩展知识的能力；在掌握理论和计算方法的基础上，具有解决工程实际问题的能力。

理论力学

理论力学是研究物体机械运动一般规律的一门科学。运动形式是多种多样的,从简单的位置变化,到各种物理现象和化学现象。物体**机械运动**是指物体在空间的位置随时间的变化,如日月的运行,车船的行驶,机器的运转,水的流动、机械结构和建筑结构的振动等,都是机械运动。**物体的平衡**是机械运动的特殊情况,所谓物体的平衡,一般是指物体相对于惯性参照系(如地面)处于静止或做匀速直线运动的状态。

机械运动现象十分普遍,不仅存在于我们的周围,存在于人类的一切劳动生产过程之中,也普遍存在于研究其他运动形式的各门学科之中。因此,学习理论力学,研究机械运动,是解决众多工程技术问题的重要理论基础,同时,理论力学也是工科院校中一系列后续技术基础课和专业课的基础,在工程技术领域中有着广泛应用。

理论力学是以牛顿力学为基础的,属于古典力学的范畴,通常包括以下三个部分:

(1) **静力学**:研究力系的简化与物体在力系作用下的平衡规律,是物体**受力分析**的基础。**力系**是指作用于同一物体上的一组力。物体处于平衡状态时,作用于该物体上的力系称为**平衡力系**。静力学建立力系平衡条件的主要方法是力系的简化,所谓力系的简化就是用简单的力系代替复杂的力系,这种代替必须在两力系对物体的作用效应完全相同的条件下进行。对同一物体作用效应相同的两力系,彼此称为**等效力系**。若一个力与一个力系等效,则此力称为该力系的**合力**。

(2) **运动学**:研究物体机械运动的几何特征(轨迹、位移、运动方程、速度、加速度等),从几何学的角度来研究物体在空间的位置随时间的变化规律,而不考虑产生运动的原因。

(3) **动力学**:结合静力学和运动学,研究作用于物体上的力与物体运动变化的关系。

理论力学的研究对象为**刚体**与**质点**。不考虑物体受力时的变形而获得刚体的概念,不计物体的尺寸而得到质点的概念,这些理想化的力学模型都是为了将问题简化,根据问题的性质,抓住主要的因素,而忽略次要的因素。例如,在研究人造卫星、飞机等的运行轨迹问题时,不考虑其大小和形状而将其抽象为一个质点;在研究机构的运动时,往往忽略其构件受力产生的变形,而将构件简化为刚体。理论力学的分析和研究方法在科学研究中有一定的典型性,通过对本课程的学习,有助于提高分析和解决实际问题的能力,为今后从事生产实践、科学研究打下良好的基础。

本篇为理论力学部分,是材料力学和结构力学的基础。主要介绍力的基本概念及其运算、静力学的一些基本概念和基本公理、工程中常见的约束类型和物体受力图的绘制;力系的简化;平面和空间力系平衡问题的求解方法。

1

静力学基础

1.1 力的概念和性质

1.1.1 力的概念

用手推车时,手与车之间有了相互作用,这种作用使车产生了运动;将毛坯置于模具中加压,模具和毛坯有了相互作用,这类作用使毛坯产生了变形。这类作用广泛存在于人与物及物与物之间,如奔腾的水流能推动水轮机旋转,锻锤的锻压会使工件变形等。可见,力是物体间相互的机械作用,力作用于物体将产生两种效果:一种是使物体机械运动状态发生变化,称为力的外效应;另一种是使物体产生变形,称为力的内效应。故力可定义为: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(外效应),或者使物体的形状发生改变(内效应)。

(1) 力的三要素

实践证明,力对物体的作用效应,是由力的大小、方向和作用点的位置所决定的,这三个因素称为力的三要素。如图 1-1 所示,用扳手旋螺母时,作用在扳手上的力,因大小不同,或方向不同,或作用点不同,它们产生的效果就不一样。

(2) 力的单位

在国际单位制中力的单位用 N (牛 [顿]) 或 kN (千牛 [顿]),在工程单位制中力的单位是 kg (千克) 或 t (吨)。

(3) 力的矢量表示与力的投影

力是矢量,如图 1-2 所示常用一个带箭头的线段来表示,线段的长度按一定比例代表力的大小,线段的方位和箭头表示力的方向,其起点或终点表示力的作用位置。该线段的延伸称为力的作用线。

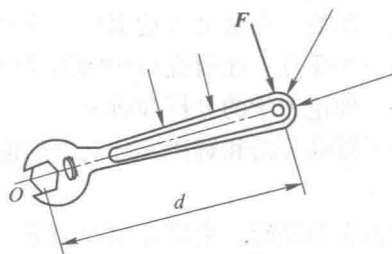


图 1-1

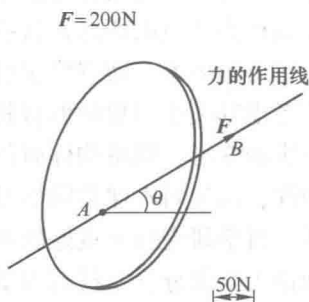


图 1-2

如图 1-3 所示, 力 F 在直角坐标轴上的投影定义为: 过 F 两端向坐标轴引垂线得垂足 A' 、 B' 和 A'' 、 B'' 。线段 $A'B'$ 、 $A''B''$ 分别为 F 在 x 和 y 轴上投影的大小。投影的正负号规定为: 如图 1-4 所示, 从 A' 到 B' (或从 A'' 到 B'') 的指向与坐标轴的正向相同为正, 相反为负。 F 在 x 、 y 轴上的投影分别记作 F_x 与 F_y 。

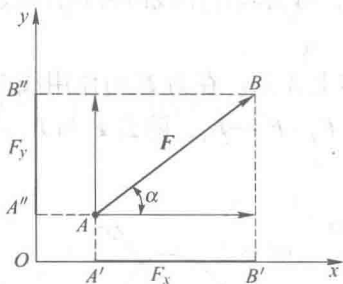


图 1-3

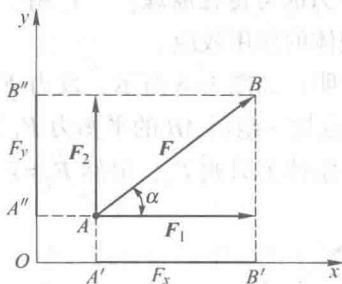


图 1-4

若已知 F 的大小及其与 x 轴所夹的锐角 α , 则有:

$$\begin{aligned} F_x &= \pm F \cos \alpha \\ F_y &= \pm F \sin \alpha \end{aligned} \quad (1-1)$$

力的矢量表达式即为:

$$\mathbf{F} = F_x \mathbf{i} + F_y \mathbf{j} \quad (1-2)$$

若已知 F_x 、 F_y , 则可求出 F 的大小及方向, 即:

$$\begin{aligned} F &= \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \\ \alpha &= \arctan \frac{|F_y|}{|F_x|} \end{aligned} \quad (1-3)$$

式中, 取 $0 \leq \alpha \leq \pi/2$, α 代表力 F 与 x 轴的夹角, 具体力的指向可通过投影的正负值来判定, 如图 1-5 所示。

1.1.2 力的性质

性质 1 (两力平衡公理) 作用于同一刚体上的两个力, 使刚体处于平衡状态的充分与必要条件是: 此两力必须等值、反向、共线, 如图 1-6 所示。

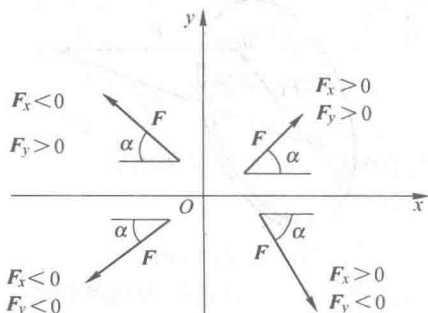


图 1-5

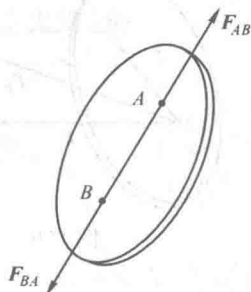


图 1-6

两力平衡公理是刚体受最简单的力系作用时的平衡条件, 如一物体仅受两力作用而平衡, 则两力的作用线必定沿此两力作用点的连线, 这类构件常被称为两力构件, 如图 1-7 所示。

性质 2 (加减平衡力系原理) 在已知力系上, 加上或减去任一的平衡力系, 不会改变原力系对刚体的作用效应。

推论 (力的可传性原理) 作用于刚体上的力, 可沿其作用线滑移到任何位置而不改变此力对刚体的作用效应。

推论证明: 如图 1-8 所示, 设力 F 作用于刚体上 A 点。在力 F 的作用线上任选一点 B , 并在 B 点加一组沿 AB 的平衡力 F_1 和 F_2 , 且使 $F_2 = F = -F_1$, 除去 F 与 F_1 所组成的一对平衡力, 刚体上只剩 F_2 , 显然 $F_2 = F$ 。

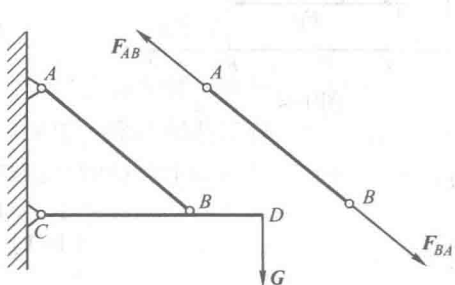


图 1-7

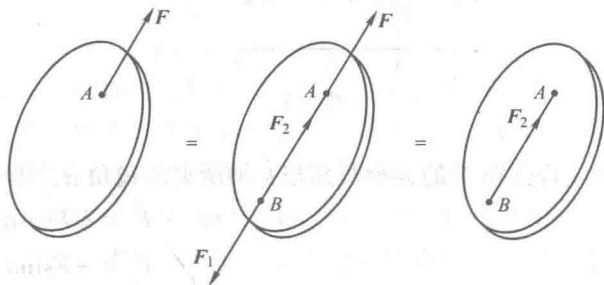


图 1-8

力的可传性原理说明, 力是滑移矢量, 它可以沿其作用线滑移, 但不能任意移至作用线以外的位置。

必须指出, 力的可传性原理不适用于研究物体的内效应。例如, 一根直杆受一对平衡力 F 、 F' 作用时, 杆件受压, 若将两力互沿作用线移动而易位, 则杆变为受拉, 但拉、压是两种不同的内效应。因此, 当研究物体的内效应时, 力应视为固定矢量。

性质 3 (力的平行四边形法则) 如图 1-9 所示, 作用于物体上某点两力的合力也作用于该点, 其大小和方向可用此两力为邻边所构成的平行四边形的对角线来表示。

有时为简便起见, 如图 1-10 所示, 作图时可省略 AC 与 DC , 直接将 F_2 连在 F_1 的末端, 通过 $\triangle ABD$ 即可求得合力 F_R 。此法就称为求两汇交力合力的三角形法则。按一定比例作图, 可直接量得合力 F_R 的近似值。

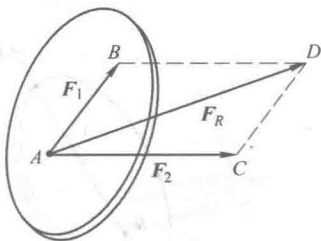


图 1-9

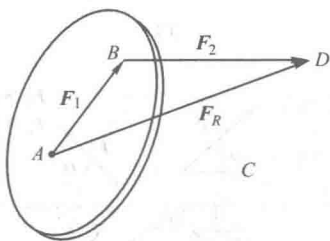


图 1-10

平行四边形法则说明, 力的运算可按矢量运算法则进行, 但因力为滑移矢量, 故合力作用线必须通过前两力之汇交点。其矢量式为:

$$\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 \quad (1-4)$$

式(1-4)的投影式为:

$$\begin{aligned} F_{Rx} &= F_{1x} + F_{2x} \\ F_{Ry} &= F_{1y} + F_{2y} \end{aligned} \quad (1-5)$$

若有多个力 $\mathbf{F}_1, \mathbf{F}_2, \dots, \mathbf{F}_n$ 汇交作用于物体 A 处, 显然其合力 $\mathbf{F}_R$ 的矢量式为:

$$\mathbf{F}_R = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2 + \dots + \mathbf{F}_n = \sum \mathbf{F} \quad (1-6)$$

式(1-6)的投影式为:

$$\begin{aligned} F_{Rx} &= F_{1x} + F_{2x} + \dots + F_{nx} = \sum F_x \\ F_{Ry} &= F_{1y} + F_{2y} + \dots + F_{ny} = \sum F_y \end{aligned} \quad (1-7)$$

式(1-7)即为合力投影定理: 力系的合力在某轴上的投影等于力系中各力在同轴上投影的代数和。

式(1-6)还可连续使用力的三角形法则来求解: 如图 1-11 所示, 为求合力 $\mathbf{F}_R$, 只需将各力 $\mathbf{F}_1, \mathbf{F}_2, \mathbf{F}_3, \mathbf{F}_4$ 首尾相接, 形成一条折线, 最后联结其封闭边, 从首力 $\mathbf{F}_1$ 的始端 O 指向末力 $\mathbf{F}_4$ 的终端所形成的矢量即为合力 $\mathbf{F}_R$ 的大小和方向, 如图 1-12 所示。此法称为力的多边形法则。上述为两个或多个汇交力合成的方法。

如图 1-13 所示, 一个力也可以分解为两个分力, 分解也按力的平行四边形法则来进行。显然, 由已知力对角线可作无穷多个平行四边形, 故必须附加一定条件, 才可能得到确切的结果。附加条件可以为:

- (1) 规定两个分力的方向;
- (2) 规定其中一个分力的大小和方向等。

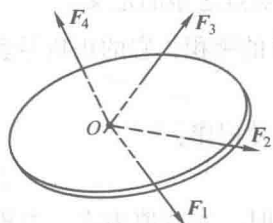


图 1-11

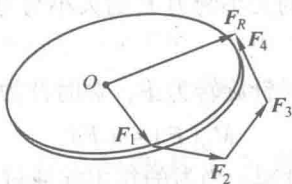


图 1-12

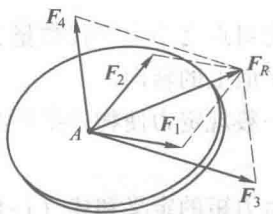


图 1-13

例如, 如图 1-14 所示, 在进行直齿圆柱齿轮的受力分析时, 常将齿面的法向正压力 $\mathbf{F}_n$, 分解为推动齿轮旋转的, 即沿齿轮分度圆圆周切线方向的分力——圆周力 $\mathbf{F}_t$ 与指向轴心的压力——径向力 $\mathbf{F}_r$ 。

若已知 $\mathbf{F}_n$ 与分度圆圆周切向所形成的压力角为 α , 则:

$$F_t = F_n \cos \alpha$$

$$F_r = F_n \sin \alpha$$

性质 4 (作用和反作用定律) 若将两物体相互作用之一称为作用力, 则另一个就称为反作用力。两物体间的作用力与反作用力必定等值、反向、共线, 但分别同时作用于两个相互作用的物体上。

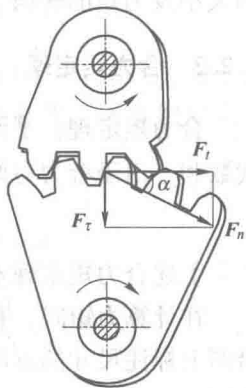


图 1-14