



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

(第二版)

建筑力学 (上册)

Jianzhu Lixue

罗奕 主编
赵凤婷 沈建康 副主编
苏铁坚 常伏德 主审



人民交通出版社
China Communications Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

建筑力学(上册)

(第二版)

罗 奕	主 编
赵凤婷	副主编
沈建康	
苏铁坚	主 审
常伏德	

人民交通出版社

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书共三篇,分上、下两册。

上册共两篇十六章。第一篇静力学,含静力学的基本概念和公理、物体的受力分析和受力图、平面汇交力系、力矩、平面力偶系、平面一般力系、空间力系及重心;第二篇材料力学,含材料力学的基本概念、轴向拉伸与压缩、扭转、平面图形的几何性质、弯曲内力、弯曲应力、应力状态、强度理论、弯曲变形、组合变形的强度计算、压杆稳定等。

本书为高职高专土建类专业使用教材,亦可供成人高校及工程技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学(上册)/罗奕主编. —2版. —北京:人民交通出版社,
2008.8

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-114-07233-8

I. 建… II. 罗… III. 建筑力学—高等学校:技术学校—
教材 IV. TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 090398 号

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

书 名: 建筑力学(上册)(第二版)

著 作 者: 罗 奕

责任编辑: 卢仲贤 王 霞

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757969

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京凯通印刷厂

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 17.75

字 数: 442 千

版 次: 2003 年 8 月 第 1 版

2008 年 8 月 第 2 版

印 次: 2008 年 8 月 第 2 版 第 1 次印刷 总第 5 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-07233-8

印 数: 11001~14000 册

总 定 价: 53.00 元(上、下共二册)

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

第二版前言

本教材第一版系根据教育部高教司高职高专处关于加强高职教学基本建设的指示精神和高等职业教育专门课教材建设开发指导委员会的要求编写而成,于2003年出版。

教育部2006年8月将本教材列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材。为此,我们对教材作了修订和部分改写,对一些章节作了调整,充分体现高等职业教育的教学要求,使教材更具有针对性和实用性,注重学生基本素质、基本能力的培养,力求在内容上、形式上更加贴近实际。

本次修订工作由吉林交通职业技术学院罗奕任主编,辽宁交通高等专科学校赵凤婷、徐州建筑职业技术学院沈建康任副主编,辽宁交通高等专科学校王颀、鲁东大学土木工程学院郭兰英参加编写。长春工程学院常伏德教授、吉林建筑工程学院苏铁坚教授主审。其中,第一章、第二章、第三章、第四章、第五章、第六章由赵凤婷编写;第七章、第八章、第九章、第十章、第十一章、第十二章、第十三章由罗奕编写;第十四章、第十五章、第十六章由王颀编写;第十七章、第十八章由郭兰英编写;第十九章、第二十章、第二十一章、第二十二章由沈建康编写。

限于编者水平,书中不妥之处,恳请批评指正。

编 者

2008年3月

第一版前言

本教材系根据教育部高教司高职高专处关于加强高职教学基本建设的指示精神和高等职业教育专门课教材建设开发指导委员会的要求编写而成。

本教材的编写力求突出高职高专特点,因此,在内容的选取和体系的安排上,特别注意体现高职教材“运用为主,够用为度”的编写原则,突出彰显了基础理论在应用方面的内容。教材一方面照顾到传统性,将全书分为三篇,上册为静力学、材料力学,下册为结构力学;另一方面又按照建筑力学的统一性,对内容作了调整与选择,在最大的可能上使教材符合工程建设实际的需。在教材内容的表述方面,力求做到清晰、简练、避免不必要的繁琐的论证和叙述,着重讲清基本概念和基本理论的内涵及各部分内容在应用上的特点和方法,提高解决常见工程中的基础性力学问题的能力。为便于学习、复习巩固、掌握要点,本教材在各章末均有小结,并选配有足够数量的例题和习题。

本教材由吉林交通职业技术学院罗奕主编,徐州建筑职业技术学院沈建康、成都航空职业技术学院冯光灿、内蒙古大学职业技术学院李万龙副主编,吉林建筑工程学院苏铁坚教授主审。其中,绪论、第一章、第二章、第三章、第四章、第五章、第六章由吉林交通职业技术学院罗奕编写;第七章、第八章、第九章、第十章、第十六章由内蒙古大学职业技术学院李万龙编写;第十一章、第十二章、第十三章、第十四章、第十五章、第十七章、第十八章由成都航空职业技术学院冯光灿编写;第十九章、第二十章、第二十一章、第二十二章、第二十三章由徐州建筑职业技术学院沈建康编写。

限于编者水平,书中不妥之处,恳请批评指正。

编 者

2002年6月

编写说明

《建筑力学》是提供建筑结构受力分析和计算理论依据的一门科学。在进入各种具体问题讨论之前,首先就建筑力学研究对象、基本任务及基本内容作一简介。

一、建筑力学的研究对象

作用在建筑物上的力和重力在工程上称为荷载,大的如整幢高楼、楼面上的人群、设备重量以及各部分构件自身的重力等等。建筑物中以承受和传递荷载而起骨架作用的部分称为建筑结构(简称结构)。组成结构的单个部分称为构件。对土建类专业来讲,建筑力学的主要研究对象就是组成结构的构件和构件体系。

二、建筑力学的主要内容和任务

承受和传递荷载的建筑结构构件,在荷载作用下,一方面会引起周围物体对它的反作用,例如一根受荷载作用的梁,搁在柱子上,梁对柱子有作用力,而柱对梁起支承力作用,因而,任何一个构件,在设计时首先需要弄清楚它们受到哪些荷载的作用以及周围物体对它们有什么反作用力;另一方面,当构件受到各种作用力的同时,构件本身发生变形,并且存在着破坏的可能,但结构构件本身是具有一定的抵抗变形和破坏能力的,即有一定的承载能力,这种承载能力的大小与构件的材料性质、截面几何形状及尺寸、受力性质、工作条件、构造情况等有关。在结构设计中,如果把构件截面设计得过小,构件承载能力小于所受的荷载而发生破坏,则结构不安全,或者因变形过大不能正常工作;如果把构件截面设计得过大,构件承受荷载的能力过分大于所受荷载,则用料过多,又会不经济。这样就需要对任何一个结构或构件的承载能力进行计算,以使所设计的结构既安全又经济。

建筑力学将以上这些内容分为静力学、材料力学、结构力学三部分来讨论。其中静力学,主要研究力之间的平衡关系并应用到结构的受力分析中;材料力学,主要研究构件受力后发生变形时的承载能力问题;结构力学,主要研究结构体系的变形和内力分析,为工程设计提供分析方法和计算公式。

在以上三部分内容中,静力学是建筑力学中有关力的基本规律,材料力学、结构力学则是各种构件及结构计算的基础理论。

综上,建筑力学的任务是:研究各种建筑结构或构件在荷载作用下的平衡条件以及承载能力。

建筑力学

(上册)

目 录

第一篇 静 力 学

引言	1
第一章 静力学基本知识	1
§ 1-1 刚体的概念	1
§ 1-2 力的概念	2
§ 1-3 静力学基本公理及推论	2
小结	6
第二章 物体的受力和受力图	6
§ 2-1 约束与约束反力	6
§ 2-2 物体的受力分析与受力图	10
小结	15
习题	15
第三章 平面汇交力系	17
§ 3-1 工程实际中的平面汇交力系问题	17
§ 3-2 平面汇交力系合成的几何法	18
§ 3-3 平面汇交力系平衡的几何条件	20
§ 3-4 平面汇交力系合成的解析法	22
§ 3-5 平面汇交力系平衡的解析条件	25
小结	28
习题	28
第四章 力矩、平面力偶系	31
§ 4-1 力对点之矩	31
§ 4-2 力偶、力偶的性质	34
§ 4-3 平面力偶系的合成和平衡	36
小结	38
习题	38
第五章 平面一般力系	40
§ 5-1 工程实际中的平面一般力系问题	40

§ 5-2 力的平移定理	41
§ 5-3 平面一般力系向作用面内任一点简化	43
§ 5-4 平面一般力系的平衡方程	47
§ 5-5 平面平行力系的平衡方程	54
§ 5-6 物体系统的平衡	56
* § 5-7 考虑摩擦时物体的平衡	63
小结	70
习题	71
第六章 空间力系 重心	77
§ 6-1 工程中的空间力系问题	77
§ 6-2 空间汇交力系	78
§ 6-3 空间一般力系	83
§ 6-4 重心	88
小结	94
习题	95

第二篇 材料力学

引言	99
第七章 材料力学的基本概念	100
§ 7-1 变形固体及基本假设	100
§ 7-2 杆件变形的基本形式	101
第八章 轴向拉伸与压缩	101
§ 8-1 轴向拉(压)的概念	101
§ 8-2 轴向拉(压)杆横截面上的内力	102
§ 8-3 轴向拉(压)时横截面上的应力	105
§ 8-4 直杆轴向拉压时斜截面的应力	107
§ 8-5 轴向拉(压)杆的变形·胡克定理	108
§ 8-6 材料在拉伸与压缩时的力学性能	111
§ 8-7 安全系数和容许应力	116
§ 8-8 拉(压)杆的强度条件和强度计算	117
§ 8-9 应力集中的概念	120
§ 8-10 剪切的概念	120
§ 8-11 剪切的实用计算	121
§ 8-12 挤压及其实用计算	122
小结	124
习题	125
第九章 扭转	127
§ 9-1 扭转的概念及工程实例	127
§ 9-2 扭矩·扭矩图	128
§ 9-3 圆轴扭转时的应力及强度条件	129

§ 9-4 圆轴扭转时的变形与刚度计算	132
§ 9-5 剪应变、剪应力互等定理	134
§ 9-6 矩形截面杆扭转简介	135
小结	136
习题	137
第十章 平面图形的几何性质	138
§ 10-1 静矩	138
§ 10-2 惯性矩和惯性积	140
§ 10-3 平行移轴公式	142
§ 10-4 形心主惯性轴和形心主惯性矩的概念	144
习题	144
第十一章 弯曲内力	145
§ 11-1 平面弯曲的概念	145
§ 11-2 梁的内力	147
§ 11-3 梁的内力图	154
§ 11-4 弯矩、剪力与分布荷载集度三者之间的微分关系	160
§ 11-5 叠加法画剪力图和弯矩图	166
小结	168
习题	169
第十二章 弯曲应力	171
§ 12-1 纯弯曲时梁横截面上的正应力	172
§ 12-2 梁的正应力强度计算	177
§ 12-3 提高梁抗弯强度的措施	182
§ 12-4 梁横截面上的剪应力及其强度计算	185
小结	191
习题	192
第十三章 弯曲变形	196
§ 13-1 弯曲变形的概念	196
§ 13-2 用积分法求梁的转角和挠度	198
§ 13-3 叠加法计算梁的转角和挠度	202
§ 13-4 梁的刚度校核及提高弯曲刚度的措施	204
小结	207
习题	207
第十四章 应力状态和强度理论	209
§ 14-1 应力状态分析	209
* § 14-2 强度理论	220
小结	221
习题	222
第十五章 组合变形的强度计算	223
§ 15-1 概述	223

§ 15-2 斜弯曲	224
§ 15-3 偏心压缩(拉伸)	227
小结	233
习题	234
第十六章 压杆稳定	236
§ 16-1 压杆稳定的概念	236
§ 16-2 细长压杆的临界力公式——欧拉公式	238
§ 16-3 中长杆的临界应力计算	241
§ 16-4 压杆的稳定计算——折减系数法	242
§ 16-5 提高压杆稳定性的措施	246
小结	247
习题	247
附录	249
附录 I 型钢表	249
附录 II 习题答案	262

第一篇 静力学

引言

静力学是研究物体在力系作用下处于平衡的规律。

什么是平衡呢？在一般工程问题中，物体相对于地球保持静止或作匀速直线运动，称为**平衡**。例如，房屋、水坝、桥梁相对于地球是保持静止的；在直线轨道上作匀速运动的火车，沿直线匀速起吊的构件，它们相对于地球作匀速直线运动，这些都是平衡的实例。它们的共同特点就是运动状态没有变化。

在一般情况下，一个物体总是同时受到若干个力的作用。我们把作用于物体上的一群力，称为**力系**。使物体保持平衡的力系，称为**平衡力系**。

在静力学中具体讨论两个问题：力系的简化和力系的平衡条件。

在一般情况下，物体受到力系的作用，会使运动状态发生变化，只有当力系满足某些条件时，才能使物体处于平衡状态。如起吊构件时，绳索的拉力大于或小于构件的重力时，构件就加速直线上升或减速直线上升；只有当拉力与重力相等时，构件才会匀速直线上升、匀速直线下降或静止，即构件处于平衡状态。讨论物体在力系作用下处于平衡时，力系所应该满足的条件，称为**力系的平衡条件**，这是静力学讨论的主要问题。在讨论力系的平衡条件中，往往需要把作用在物体上的复杂的力系，用一个与原力系作用效果相同的简单的力系来代替，使得讨论平衡条件时比较方便，这种对力系作用效果相同的代换，就称为**力系的简化**，或称为**力系的合成**。对物体作用效果相同的力系，称为**等效力系**。如果一个力与一个力系等效，则该力称为此力系的合力，而力系中的各个力称为这个力的分力。

建筑物中的构件在正常情况下都处于平衡状态，因此，建筑力学首先要研究物体的平衡问题。

第一章 静力学基本知识

§ 1-1 刚体的概念

刚体是指在任何外力作用下，其大小和形状始终保持不变的物体。实际上，自然界里并无

刚体存在,任何物体在力的作用下,都将发生变形。但是工程实际中的许多物体(例如建筑物中的梁、柱等)变形都非常小,对于物体平衡问题的研究影响很小,可以忽略不计,因而可将实际物体抽象为刚体,这样,将使静力学问题的研究大为简化。

然而,当讨论物体受到力的作用后会不会破坏时,变形就是一个主要的因素,这时就不能再把物体看作刚体,而应该看作变形体,这将在本书第二篇——材料力学中研究。但须指出,以刚体为对象得出的力系的平衡条件,一般也可以推广应用于变形很小的变形体的平衡情况。

§ 1-2 力的概念

一、力和力的两种作用效应

人们在长期的生产劳动和日常生活中逐渐形成并建立了力的概念。力是物体间的相互机械作用,这种作用使物体运动状态发生改变或使物体变形。力使物体运动状态发生改变,称为力的运动效应或外效应。例如:人推车时,车子由静止转为运动,运动由慢变快,行驶中的汽车刹车时,靠摩擦力能使它停下来等;力使物体变形,称为力的变形效应或内效应。例如:桥梁受到车辆的作用而产生弯曲变形,混凝土试块在试验机加压下可以被压碎等。

既然力是物体与物体之间的相互作用,因此,力不可能脱离物体而单独存在,有受力体时必定有施力体。

二、力的三要素

实践证明,力对物体的作用效果,取决于三个要素,通常称为力的三要素:

(1) 力的大小:力的大小表明物体间相互作用的强弱程度。为了度量力的大小,必须规定力的单位,在国际单位制中,力的单位为牛[顿](N)或千牛[顿](kN), $1 \text{ kN} = 1000 \text{ N}$ 。

(2) 力的方向:力的方向包含力的方位和指向。例如:重力的方向是铅垂向下,铅垂是重力的方位,向下是重力的指向。

(3) 力的作用点:力的作用点就是力对物体作用的位置,力的作用位置实际上有一定的范围,不过当作用范围与物体相比很小时,可近似地看作是一个点。作用于一点的力,称为集中力。

在力的三要素中,有任一要素改变时,都会对物体产生不同的效果。

三、力的表示方法

力是一个有大小和方向的量,所以力是矢量。

通常可以用一段带箭头的线段来表示力的三要素。线段的长度(按选定的比例)表示力的大小;线段与某定直线的夹角表示力的方位,箭头表示力的指向;带箭头线段的起点或终点表示力的作用点。如图 1-1 所示,按比例量出力 F 的大小是 20 kN ,力的方向与水平线成 45° 角,指向右上方,作用在物体的 A 点上。

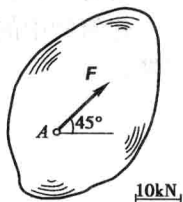


图 1-1

§ 1-3 静力学基本公理及推论

静力学公理是人们通过长期观察和实践总结出来的普遍规律,它阐述了力的一些基本性

质,是静力学部分的基础。

公理 1:二力平衡公理

作用在同一刚体上的两个力,使刚体平衡的必要和充分条件是:这两个力的大小相等,方向相反,并沿着同一条作用线(图 1-2)。

本公理总结了作用在刚体上的最简单的力系平衡时所必须满足的条件。对于刚体,这个条件是既必要又充分的;但是对于变形体,这一条件则是不充分的。例如,软绳受两个等值反向而且共线的两个拉力作用时,软绳可以平衡;但如果受到两个等值反向而且共线的压力作用时,软绳就不能平衡。

若一根直杆只在两点受力作用而处于平衡,则作用在此两点的二力的方向必在这两点的连线上。此直杆称为二力杆(图 1-3)。对于只在两点受力作用而处于平衡的一般物体,称为二力构件。

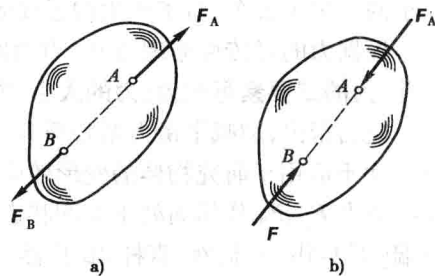


图 1-2



图 1-3

二力平衡公理是研究力系平衡条件的基础。

公理 2:加减平衡力系公理

在作用于刚体上的已知力系,加上或去掉任一平衡力系,并不改变原力系对刚体的作用效应。

因为平衡力系不会改变物体的运动状态,即平衡力系对物体的运动效果为零,所以在物体的原力系上加上或去掉一个平衡力系,是不会改变物体的运动效果的。

加减平衡力系公理是研究力系简化的基础。

推论:力的可传性原理

作用在刚体上的力可沿其作用线移到该刚体上任一点,而不改变该力对刚体的作用。

证明:

(1) 设力 F 作用在物体 A 点[图 1-4a)]。

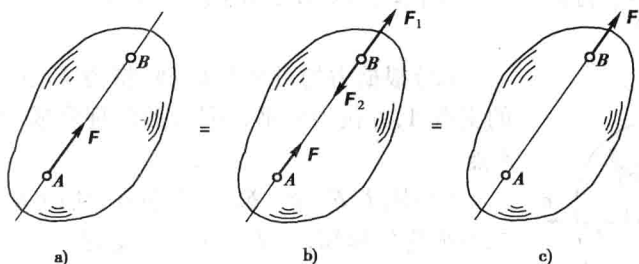


图 1-4

(2) 根据加减平衡力系公理,可在力的作用线上任取一点 B ,加上一个平衡力系 F_1 和 F_2 ,并使 $F_1 = -F_2 = F$ [图 1-4b)]。

(3) 由于力 F 和 F_2 是一个平衡力系, 可以去掉, 所以只剩下作用在 B 点的力 F_1 [如图 1-4c)]。

(4) 力 F_1 和原力 F 等效, 就相当于把作用在 A 点的力 F 沿其作用线移到 B 点。

力的可传性原理, 是我们日常生活中所常见的, 例如, 用绳拉车, 或者沿同一直线、以同样大小的力用手推车, 对车产生的运动效应相同。

根据力的可传性原理可知, 力对刚体的作用效应与力的作用点在作用线上的位置无关。因此, 力的三要素可改为: 力的大小、方向和作用线。

应当指出, 加减平衡力系公理和力的可传性原理都只适用于研究物体的运动效应(外效应), 而不适用于研究物体的变形效应(内效应)。例如, 直杆 AB 的两端受到等值、反向、共线的两个力 F_1 、 F_2 作用而处于平衡状态[图 1-5a)]; 如果将这两个力各沿其作用线移到杆的另一端[图 1-5b)], 显然, 直杆 AB 仍然处于平衡状态。但是直杆的变形不同了。图 1-5a) 的直杆的变形是缩短, 而图 1-5b) 的直杆的变形却是伸长, 这就说明当研究物体的变形效应时, 力的可传性原理就不适用了。

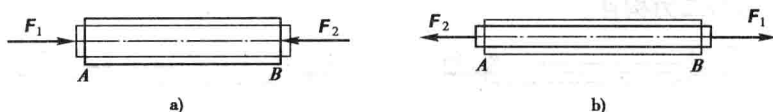


图 1-5

公理 3: 力的平行四边形法则

作用于物体上同一点的两个力可以合成为作用在该点的一个合力, 其大小和方向可由这两个力为边所构成的平行四边形的对角线来表示(图 1-6)。

力的平行四边形法则是力系合成与分解的基础。

这种求合力的方法, 称为矢量加法。其矢量式为

$$\mathbf{R} = \mathbf{F}_1 + \mathbf{F}_2$$

应该注意式中每一个矢量均具有大小和方向的意义。

推论: 三力平衡汇交定理

若一刚体受三个共面而互不平行的力作用处于平衡时, 则此三力必汇交一点。

证明:

(1) 设有共面不平行的三个力 F_1 、 F_2 、 F_3 分别作用在一刚体上的 A_1 、 A_2 、 A_3 三点而成平衡, 如图 1-7 所示。

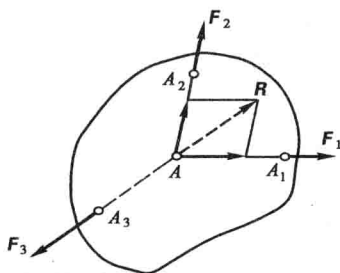


图 1-7

(2) 根据力的可传性原理, 将力 F_1 、 F_2 移到该两力作用线的交点 A , 并按力的平行四边形公理合成为合力 R , R 也作用在 A 点。

(3) 因为 F_1 、 F_2 、 F_3 三力平衡, 所以 R 应与力 F_3 平衡。由二力平衡公理知, 力 F_3 与 R 一定是大小相等、方向相反、且作用在同一直线上, 就是说, F_3 必通过力 F_1 和 F_2 的交点 A , 即三个力 F_1 、 F_2 、 F_3 的作用线必汇交于一点。

三力平衡汇交定理也可从实践中得到验证。例如, 小球搁置在光滑的斜面上, 并用绳子拉住, 这时小球受到重力 G 、绳子

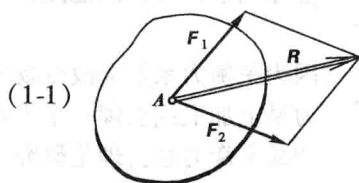


图 1-6

的拉力 T 和斜面的支承力 N 的作用。如果这三个力的作用线不汇交于一点(图 1-8), 则此小球不会平衡, 只有当小球滚动到如图 1-9 所示的三力汇交于一点的情况下, 小球才能处于平衡状态。

三力平衡汇交定理常常用来确定物体在共面不平行的三个力作用下平衡时其中未知力的方向。

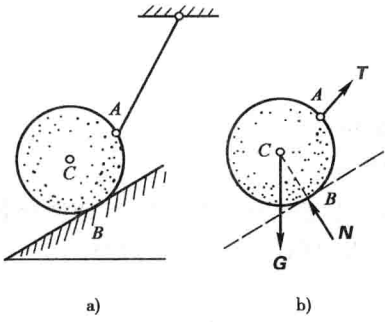


图 1-8

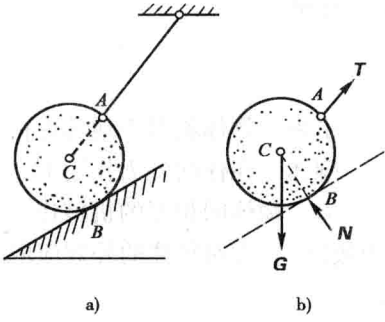


图 1-9

公理 4: 作用与反作用公理

两物体间的作用力和反作用力, 总是大小相等、方向相反, 作用线相同, 分别作用在这两个物体上。

这个公理概括了两个物体间相互作用力的关系。如物体 A 对物体 B 施作用力 F , 同时, 物体 A 也受到物体 B 对它的反作用力 F' , 且这两个力大小相等、方向相反、沿同一直线作用。如图 1-10 所示。

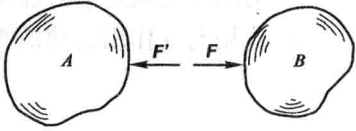


图 1-10

例 1-1 小球受重力 G 作用, 用绳索悬挂于天花板[图 1-11a)], 绳重不计。试分析各物体间相互的作用力和反作用力。

解 小球与地球之间有一对作用力 G 和反作用力 G' , 它们分别作用于小球中心和地球中心[图 1-11b)、c)], 且 $G' = G$, 其方向相反, 并沿同一直线。

小球与绳索之间有一对作用力 T_B 和反作用力 T'_B , 分别作用于绳索的 B 点和小球的 B 点[图 1-11b)、d)], 且 $T'_B = T_B$, 其方向相反, 并沿着绳的中心线。

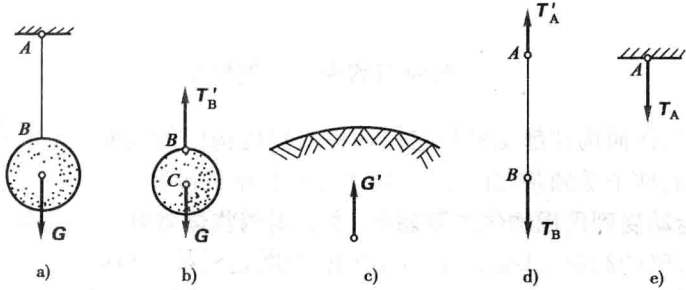


图 1-11

同样, 绳索对天花板施作用力 T_A , 作用在板的 A 点, 其反作用力 T'_A , 作用在绳的端点 A [图 1-11d)、e)]。

应该注意,不能把该定律和二力平衡条件混淆起来。由于作用力和反作用力是分别作用在两个相互作用的不同的物体上,因此它们并不是一对平衡力。

小 结

静力学主要研究力系的简化和平衡条件两个问题。本章讨论静力学的基本概念、静力学的基本公理。

一、静力学的基本概念

1. 平衡 物体相对于地球保持静止或作匀速直线运动的状态。
2. 刚体 在任何外力作用下,大小和形状保持不变的物体。
3. 力 物体间相互的机械作用,这种作用使物体的运动状态改变(外效应),或使物体变形(内效应)。力对物体的外效应取决于力的三要素:大小、方向和作用点(或作用线)。

二、静力学公理

静力学公理揭示了力的基本性质,是静力学的理论基础。

1. 二力平衡公理说明了作用在一个刚体上的两个力的平衡条件。
2. 加减平衡力系公理是力系等效替换的基础。
3. 力的平行四边形公理反映了两个力合成的规律。
4. 作用与反作用公理说明了物体间相互作用的关系。

第二章 物体的受力分析和受力图

§ 2-1 约束与约束反力

一、约束与约束反力的概念

在工程实际中,任何构件都受到与它相联系的其他构件的限制,而不能自由运动。例如,大梁受到柱子限制,柱子受到基础的限制,桥梁受到桥墩的限制,等等。

一个物体的运动受到周围物体的限制时,这些周围物体就称为该物体的约束。例如上面所提到的柱子是大梁的约束,基础是柱子的约束,桥墩是桥梁的约束。

物体受到的力一般可分为两类。一类是使物体运动或使物体有运动趋势的力,称为主动力,例如重力、水压力、土压力等。主动力在工程上称为荷载。另一类是约束对物体的运动起限制作用的力,称为约束反力,简称反力。物体受到主动力作用时,物体将沿着约束所能限制的方向有运动或运动趋势时,则约束对物体有作用力而限制物体的运动,

故这种作用力就称为约束反力。约束反力的方向总是和物体的运动方向相反。

通常主动力是已知的,约束反力的确定与约束类型及主动力有关,现从工程上常见的几种约束来讨论其约束反力的特征。

二、几种常见的约束及其反力

1. 柔体约束

例如柔绳、链条、胶带等用于限制物体的运动时,都是柔体约束。由于柔体约束只能限制物体沿着柔体约束的中心线离开柔体约束的运动,而不能限制物体沿其他方向的运动,所以柔体约束的约束反力通过接触点,其方向沿着柔体约束的中心线且为拉力。这种约束反力通常用 T 表示(图 2-1)。

2. 光滑接触面约束

物体与另一物体相互接触,当接触处的摩擦力很小,可以略去不计时,两物体彼此的约束就是光滑接触面约束。这种约束只能限制物体沿着接触面的公法线且指向接触面的运动而不能限制物体离开接触面的运动。所以,光滑接触面的约束反力通过接触点,其方向沿着接触面的公法线且为压力,如图 2-2 所示。这种约束反力通常用 N 表示。

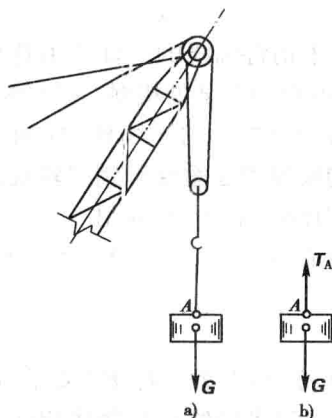


图 2-1

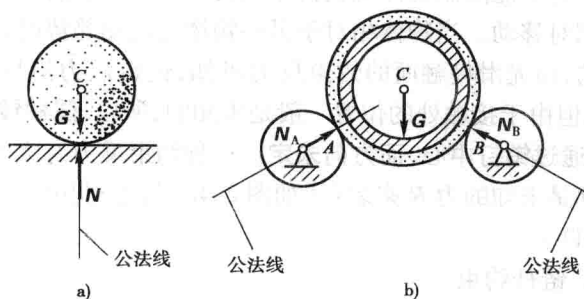


图 2-2

例 2-1 重为 G 的杆 AB 置于半圆槽中(图 2-3),画出杆 AB 所受到的约束反力。接触处摩擦不计。

解 杆 AB 在 A 、 B 处受到光滑接触面约束。其约束反力应沿着接触面的公法线,所以, A 处的约束反力 N_A 作用于 A 点,其方向沿着半径 AO 且为压力, B 处的约束反力 N_B 作用于 B 点,其方向垂直于杆 AB ,也是压力。

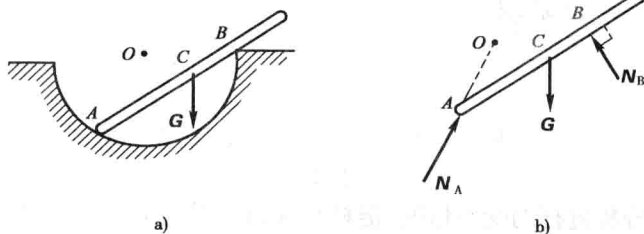


图 2-3