



教育部高职高专规划教材

建筑力学(第二版)

(建筑工程类专业适用)

JIANZHULIXUE

(JIANZHU GONGCHENGLEI ZHUANYE SHIYONG)

中国建设教育协会组织编写 张曦 主编



中国建筑工业出版社

教育部高职高专规划教材

建筑力学 (第二版)

(建筑工程类专业适用)

中国建设教育协会组织编写

张 曦	主编
姚谨英	主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑力学/张曦主编. —2 版. —北京: 中国建筑工业出版社, 2008
教育部高职高专规划教材. 建筑工程类专业适用
ISBN 978-7-112-10509-0

I. 建… II. 张… 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 177242 号

编者根据多年的教学实践经验, 按“够用为度”的原则, 在保证基本概念、基本理论及基本方法够用的基础上, 注重实际应用及实际计算。

本书内容紧凑、深入浅出, 理论叙述清楚、概念明确、计算简捷直观, 可作为高等职业教育建筑施工、建筑工程管理、道路与桥梁、市政工程建设等专业的建筑力学教材, 也可作为土建工程类工程技术人员的参考用书。

责任编辑: 朱首明 李 明

责任设计: 董建平

责任校对: 安 东 陈晶晶

教育部高职高专规划教材
建 筑 力 学 (第二版)
(建筑工程类专业适用)

中国建设教育协会组织编写

张 曦 主 编

姚谨英 主 审

*

中国建筑工业出版社 出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京嘉泰利德公司制版

北京市书林印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 22 字数: 550 千字

2009 年 3 月第二版 2009 年 3 月第十八次印刷

定价: 35.00 元

ISBN 978-7-112-10509-0
(17434)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

修订版前言

本书再版修订是按照全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会土建施工类专业指导分委员会组织编制的“高等职业教育建筑工程技术专业教育标准和培养方案及教学大纲”进行的。

修订过程中,编者根据多年的教学实践经验和本书使用者所提出的意见和建议,结合建筑力学课程特点及在土建类专业中的地位与作用,以“够用为度”的原则;课程内容上在保持原有体系的基础上更加注重工程实际应用与实用计算能力的培养,以满足后续专业课程所必需的力学知识。在修订编写后,力求计算演示简捷直观,便于理解和接受;做到全书内容紧凑、由浅入深,理论叙述清楚,概念明确,并按现行规范统一了相关名词术语,完善了例题和习题;全书各章均附有思考题、习题与参考答案。

本书可作为高等教育建筑工程类专业《建筑力学》课程教材,也可作为土建、市政、道路与桥梁工程技术人员的参考用书。

本书由四川建筑职业技术学院张曦主编,张勇、李春雷、池斌、姜耀、董强为参编。绪论及第十、十一、十二、十三、十四章由张曦编写,第一、二、三、四章由四川建筑职业技术学院张勇编写,第五、六、七章由董强编写,第八、九章由池斌编写,第十五、十七章由姜耀编写,第十六、十八、十九章由四川建筑职业技术学院李春雷编写。

姚谨英副教授担任本书的主审,他对本书作了认真细致的审阅,对保证本书的编写质量提出了建设性意见,在此,编者表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中难免尚有不足之处,恳请批评指正。

编 者

2008年8月

前 言

本书是根据建设部和中国建设教育协会成人高等教育委员会 1999 年 7 月审订的高等职业技术教育“建筑施工”专业《建筑力学》教学大纲编写的。本书可作为高等职业技术教育建筑施工；建筑工程管理；道路与桥梁；市政工程建设等专业的建筑力学教材，也可作为土建类工程技术人员的参考用书。

在本书的编写过程中，编者根据多年的教学实践经验，按“够用为度”的原则，在保证基本概念、基本理论及基本方法够用的基础上，更注重实际应用及实用计算。在内容确定上，以满足后续专业课所需的力学基本概念、基本计算方法为主。同时也注意了建筑力学本身的系统性及直接应用于实际工程的问题。因此，力求做到内容紧凑、由浅入深，理论叙述清楚，概念明确，文字通顺，计算演示简捷直观，以便于理解和接受。全书各章均附有思考题和习题。

全书由四川省建筑职工大学张曦主编，山东建筑工程学院王新平、广西建筑职工大学葛若东、哈尔滨市建设职工大学李锦华、南京市建筑职工大学朱春梯、江苏省建筑职工大学吴国平参编，其中绪论及第一、二、三、七、二十章由张曦编写；第四、五、六章由葛若东编写；第八、九章由朱春梯编写；第十、十一、十二、十三、十四章由吴国平编写；第十五、十六章由王新平编写；第十七、十八、十九章由李锦华编写。

本书由西北建筑工程学院翟振东教授主审。

限于编者水平和编写时间仓促，书中难免存在错误和不足，恳请批评指正。

编 者

目 录

绪论	1
第一章 静力学的基本概念	4
第一节 力的概念	4
第二节 静力学公理	5
第三节 荷载	8
第四节 约束与约束反力	10
第五节 受力图	14
思考题	16
习 题	17
第二章 平面汇交力系	19
第一节 平面汇交力系合成的几何法	19
第二节 平面汇交力系平衡的几何条件	21
第三节 力在坐标轴上的投影、合力投影定理	21
第四节 平面汇交力系合成与平衡的解析法	23
思考题	27
习 题	27
第三章 力矩与平面力偶系	30
第一节 力对点的矩	30
第二节 合力矩定理	31
第三节 力偶及其基本性质	32
第四节 平面力偶系的合成与平衡	34
思考题	35
习 题	36
第四章 平面一般力系	39
第一节 平面一般力系向作用面内任一点简化	39
第二节 平面一般力系平衡条件及其应用	43
思考题	57
习 题	57
第五章 材料力学的基本概念	65
第一节 变形固体及其基本假设	65
第二节 杆件变形的基本形式	66

第六章 轴向拉伸和压缩	68
第一节 轴向拉伸和压缩的内力与应力	68
第二节 轴向拉(压)杆的变形·虎克定律	75
第三节 材料在拉伸和压缩时的力学性能	78
第四节 轴向拉(压)杆的强度条件及其应用	84
第五节 应力集中的概念	87
思考题	88
习 题	89
第七章 剪切与扭转	94
第一节 剪切与挤压的概念	94
第二节 剪切和挤压的实用计算	95
第三节 扭转的概念	98
第四节 圆轴扭转时的内力与应力	99
第五节 圆轴扭转时的强度计算	101
第六节 非圆截面构件的扭转问题	104
思考题	105
习 题	106
第八章 平面图形的几何性质	108
第一节 重心和形心	108
第二节 静矩	110
第三节 惯性矩与惯性积	111
思考题	113
习 题	113
第九章 梁的弯曲	115
第一节 弯曲变形的概念	115
第二节 梁的内力与内力图	116
第三节 荷载集度、剪力、弯矩之间的微分关系	123
第四节 叠加法绘制弯矩图	127
第五节 梁弯曲时的应力计算及强度条件	129
第六节 梁的变形	134
思考题	139
习 题	139
第十章 应力状态	143
第一节 一点处的应力状态的概念	143
第二节 平面应力分析	143
第三节 梁的主应力和主应力迹线的概念	148
习 题	150

第十一章 组合变形	152
第一节 组合变形的概念	152
第二节 斜弯曲变形的应力和强度计算	152
第三节 偏心压缩(拉伸)杆件应力和强度计算	156
第四节 截面核心的概念	161
习 题	163
第十二章 压杆稳定	166
第一节 压杆的概念	166
第二节 临界力与欧拉公式	166
第三节 欧拉公式的适用范围——经验公式	169
第四节 压杆的稳定计算	173
第五节 提高压杆稳定性的措施	177
习 题	178
第十三章 平面体系的几何组成分析	182
第一节 结构的计算简图及分类	182
第二节 几何组成分析的目的	184
第三节 自由度和约束的概念	186
第四节 平面体系几何组成的基本规律	188
第五节 体系几何组成分析举例	190
第六节 静定结构与超静定结构	191
思考题	192
习 题	193
第十四章 静定结构的内力计算	194
第一节 单跨静定梁	194
第二节 多跨静定梁	200
第三节 静定平面刚架	202
第四节 静定拱	206
第五节 静定平面桁架	212
第六节 静定组合结构	217
第七节 静定结构内力计算小结	218
思考题	221
习 题	221
第十五章 静定结构的位移计算	226
第一节 位移计算的目的	226
第二节 变形体的虚功原理	227
第三节 结构位移计算的一般公式	228
第四节 静定结构在荷载作用下的位移计算	230
第五节 图乘法	233

第六节 静定结构在支座移动时的位移计算	238
第七节 互等定理	239
思考题	242
习 题	242
第十六章 力法	245
第一节 超静定结构的概念	245
第二节 力法概念和力法典型方程	248
第三节 荷载作用下超静定结构的计算	252
第四节 用力法解铰接排架	260
第五节 结构对称性的利用	262
第六节 支座移动时超静定结构的计算	268
第七节 超静定结构位移的计算	271
第八节 超静定结构的性质	272
思考题	273
习 题	273
第十七章 位移法	278
第一节 位移法的基本概念	278
第二节 单跨超静定梁的杆端力	281
第三节 位移法基本结构、基本未知量的确定	284
第四节 位移法典型方程及计算例题	286
第五节 结构对称性的利用、联合法	298
思考题	300
习 题	301
第十八章 力矩分配法	304
第一节 力矩分配法的概念	304
第二节 力矩分配法计算连续梁及无侧移刚架	312
思考题	319
习 题	320
第十九章 影响线	322
第一节 影响线的一般概念	322
第二节 静力法作简支梁的影响线	322
第三节 影响线的应用	326
思考题	330
习 题	330
附录 I 常用截面的几何性质	332
附录 II 型钢表	334

绪 论

学习要点：了解建筑力学课程的任务；了解建筑力学课程的研究对象、学习内容，了解课程的特点、地位及学习要求。

一、建筑力学的任务

任何建筑物在施工过程中和建成后的使用过程中都要承受各种各样的力。如风力、人和设备的重力、建筑物各构件自重等。这些力，在工程上习惯称为**荷载**。

一栋建筑物是由各种构（配）件组成。各部分有着不同的作用。有的只是起维护和分隔空间的作用，如房间的隔断墙、门、窗等；有的主要起支承荷载和传递荷载的作用，如屋架、楼板、梁、柱、基础等。建筑物中承受和传递荷载的部分称**结构**，组成结构的各个部件称**构件**。图 0-1 是一个常见厂房的结构及构件的示意图。

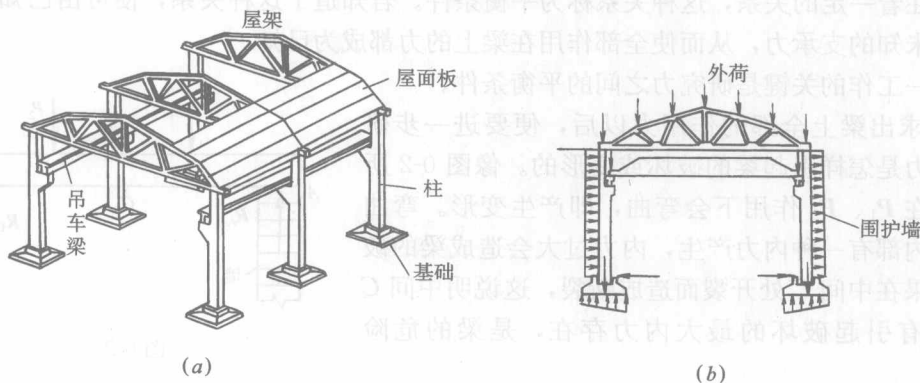


图 0-1

无论是工业厂房或民用建筑、公共建筑，它们的结构及组成结构的各构件都相对地面保持着静止的状态，这种状态工程上称为**平衡状态**。平衡状态下各构件在承受荷载和传递荷载时需要满足以下两方面的基本要求：

1. 结构或构件在荷载作用下，不能破坏，也不能发生过大的变形。构件或结构能达到这种要求，工程上称为具有**承载能力**。具有承载能力的结构及构件才能使用，这是从安全方面提出的基本要求。

2. 结构和构件的材料用量最小，价格低廉，并以最合理的办法制造出来。这便是从经济方面提出的基本要求。

显然，结构和构件的安全性和经济性是矛盾的，前者要求用好的材料、大的截面尺寸，后者要求用低廉材料、最经济的截面尺寸。如何才能使两者能完美的统一起来呢？这就需要依靠科学理论及实验来提供材料的受力性能、确定构件受力的计算方法，并掌握材料性质和截面尺寸对受力的影响，使设计出的结构和构件既安全可靠又经济合理。

研究上述问题的理论基础便是建筑力学。所以,建筑力学的任务是研究作用在结构(或构件)上力的平衡关系,构件的承载能力及材料的力学性能,为保证结构(或构件)安全可靠及经济合理提供理论基础和计算方法。

二、建筑力学的研究对象

工程中结构与构件的形状是多种多样的。为了研究方便,将长度方向的尺寸比截面尺寸大得多的构件统称为杆件,如梁、柱等。并将杆件组成的结构称为杆件结构,它是应用最广的一种结构。常见的房屋结构很多是属于杆件结构。

本教材所研究的主要对象便是这种杆件和杆件组成的杆件结构。

三、建筑力学内容简介

为使读者对建筑力学内容有一个总体概念,下面以图 0-2 所示的梁为例说明。

1. 首先,确定梁上受到哪些力,分清已知力和未知力,并计算未知力的大小。梁 AB 搁在墙上,梁受到已知荷载 P_1 、 P_2 作用后,由于墙的支承才不下落而维持平衡状态;在梁与墙相支承处,墙对梁有支承力 R_A 和 R_B 作用产生。荷载 P_1 和 P_2 与支承力 R_A 和 R_B 之间存在着一定的关系,这种关系称为平衡条件。若知道了这种关系,便可由已知的荷载去算出未知的支承力,从而使全部作用在梁上的力都成为已知。

这一工作的关键是研究力之间的平衡条件。

2. 求出梁上全部的作用力以后,便要进一步研究这些力是怎样引起梁的破坏或变形的。像图 0-2 所示梁,在 P_1 、 P_2 作用下会弯曲,即产生变形。弯曲时梁的内部有一种内力产生,内力过大会造成梁的破坏。如果在中间 C 处开裂而造成断裂,这说明中间 C 截面处有引起破坏的最大内力存在,是梁的危险截面。

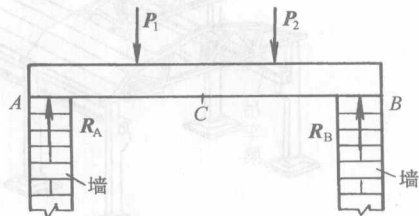


图 0-2

这样就要研究梁上的荷载与梁的内力之间的关系,是分析承载能力的关键。

3. 上述工作相当于找出梁的破坏因素。为了保证梁不发生破坏,就需要再进一步研究梁本身的材料性能和尺寸能够抵抗破坏的能力,找出引起梁的破坏因素和梁抵抗破坏的能力间的关系,便可选择梁的截面尺寸和合适的材料,使梁具有足够承受荷载的能力而又使材料用量最小。

各种不同的受力方式会产生不同的内力,因而有不同的承载能力的计算方法。这些方法的研究构成了建筑力学的内容。

四、学习建筑力学的意义

我们知道,建筑施工的主要任务是将设计图变成实际建筑物。作为一个施工技术组织者,应该懂得所施工结构中各种构件的作用;知道它们会受到哪些力的作用,各种力的传递途径,以及构件在这些力的作用下会发生怎样的破坏等等。这样,在施工中才能理解设计图纸的意图与要求,保证工程质量,避免发生工程事故。另一方面,懂得这些力学知识,就更容易采取便于施工而又保证构件受力要求的改进措施。

在施工现场中,有许多临时设施和机具。修建这些临时设施,要进行结构设计,设计者便是现场施工技术人员。这时,懂得力学知识,就可以合理地、经济地完成设计任务,否则不但不经济合理,有时还会酿成事故;至于机具和设备的使用也需要具有力学知识,才能使用得合理。

我们知道,在建筑施工中,工程事故时有发生。其中很多事故是由于施工者缺少或不懂得受力知识造成的。例如,由于不懂得力矩的平衡要求,造成阳台的倾覆;不懂梁的内力分布,将钢筋错误配置而引起楼梯折断;不懂结构的几何组成规则,少加必要的支撑,而至结构发生“几何可变”,甚至倒塌等。

房屋建筑工程是一门严谨科学。所以,建筑力学知识在建筑工程中是设计人员和施工技术人员必不可少的基础知识。学好建筑力学知识,对工作大有益处,也是现代施工技术所必需的。

第一章 静力学的基本概念

学习要点: 掌握平衡、刚体及力的概念; 理解静力学公理; 了解荷载的分类, 掌握荷载的简化方法; 掌握常见约束的简图及约束反力; 掌握脱离体和受力图的画法; 了解一般工程结构构件力学模型的画法; 能从简单的物体系统中选取脱离体并画出受力图。

第一节 力的概念

力的概念是人们长期生产劳动和生活实践中逐渐形成的。在建筑工地劳动, 我们拉车、弯钢筋、拧螺丝帽时, 由于肌肉紧张, 我们感到用了力。同样, 起重机吊起构件, 牵引车拉大平板车, 打夯机夯实地面等等也都是力的作用。

力作用在车子上可以使车由静到动, 或使车的运行速度变快, 与此同时也感觉到车在推人; 力作用在钢筋上可以使直的钢筋弯曲或弯曲的钢筋变直, 同时钢筋有力作用在施力物体上。无数事例说明: 力是物体间的一种相互机械作用, 这种相互作用的效果使物体的运动状态发生变化, 或使物体产生变形。这里所说的运动状态的改变, 是指物体运动快慢或运动方向的改变; 所说的变形, 是指物体的大小或形状发生变化。力的作用方式是多种多样的。物体间互相接触时, 可以产生相互的推、拉、挤压等作用力; 物体间不接触时, 也能产生相互间的吸引力或排斥力。例如, 地球对悬挂的小球有吸引力, 作用于小球的重心, 即我们常说的重力, 而小球对地球的吸引力作用于地球的中心。总而言之, 力是物体之间的相互作用。因此, 力不可能脱离物体而单独存在, 存在受力物体必然存在施力物体。

在自然界中, 任何物体在力的作用下, 都将发生变形。但是, 工程实际中许多物体(例如建筑结构中的梁、柱、受压的桥梁等)的变形相对于物体本身尺寸而言常常非常微小, 在研究物体的平衡问题时, 这些微小变形的影响不大, 可以忽略不计, 因而可以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, 我们称它为刚体。刚体是真实物体的抽象化模型, 一般说来在研究平衡问题时, 可把研究的物体视为刚体。但当进一步研究物体在力作用下变形和强度问题时, 变形将成为主要因素而不能忽略, 也就不能再把物体当作刚体, 而要视为变形体。

在大量的实践中证明, 力对物体的作用效果取决于力的三要素:

(1) 力的大小

力是有大小的。力的大小表明物体间相互作用的强弱程度。

其度量单位是牛顿 N, 或千牛顿 kN。

(2) 力的方向

力不但有大小, 而且还有方向。力的作用效果与力的方向有关。以撬杠起道钉为例, 如图 1-1 所示, 如果力 F 不是向下压的而是向上抬, 无论力 F 如何增加, 道钉也起不出。

(3) 力的作用点

力对物体的作用效果还与力的作用点有关。在图 1-1 中如果 F 离支点 O 距离很近, 则道钉也不容易起出。力的作用点表示物体相互作用的位置。

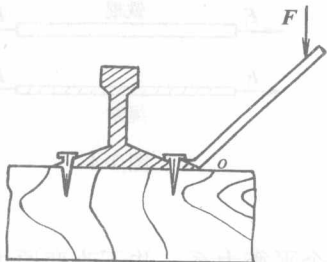


图 1-1

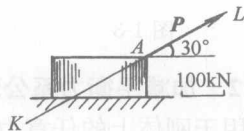


图 1-2

由力的三要素可知, 力是矢量, 可以用一带箭头的线段来表示, 称为力的图示法。如图 1-2 所示, 线段的长度按一定的比例表示的大小; 线段的方位 (与水平线所夹的角) 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 1-2 中的 KL , 称为力的作用线。图 1-2 中选定 1 单位长度表示 100kN, 按比例量出 P 的大小是 200kN, 力的方向与水平线成 30° 角, 指向右上方, 作用在物体的 A 点上。

用字母符号表示矢量时, 常用黑体字 F 、 P 表示, 而 F 、 P 只表示该矢量的大小。

为了便于研究, 给出以下定义:

- (1) 作用在物体上的一群力或一组力称为力系。
- (2) 物体相对于地球处于静止或作匀速直线运动状态时, 称物体处于平衡状态。
- (3) 如果物体在某一力系作用下保持平衡状态, 则该力系称为平衡力系。
- (4) 作用在物体上的一个力系, 如果可用另一个力系来代替, 而不改变力系对物体的作用效果, 则这两个力系称为等效力系。

第二节 静力学公理

人们在长期的生产生活实践中, 经过反复观察和实验总结了关于静力学的最基本的客观规律, 这些客观规律被称为静力学公理, 并经过实践的检验证明它们是符合客观实际的普遍规律, 它们是研究力系简化和静力学问题的基础。

公理 1 二力平衡条件

作用在同一刚体上的两个力, 使刚体平衡充分和必要的条件是, 这两个力大小相等, 方向相反, 作用在同一条直线上, 如图 1-3 所示。

上述的二力平衡条件对于刚体是充分的也是必要的, 而对于变形体只是必要的, 不是充分的。如图 1-4 所示的绳索的两端若受到一对大小相等、方向相反的拉力可以平衡, 但若是压力就不能平衡。

二力平衡表明了作用于物体上的最简单的平衡力系, 它为以后研究一般力系的平衡条件提供了基础。

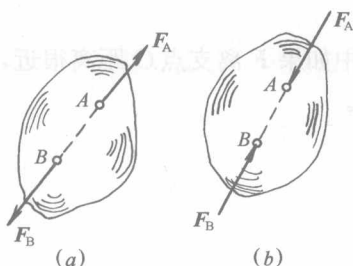


图 1-3

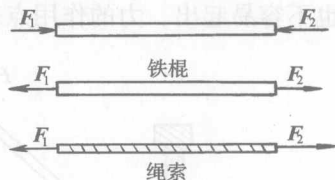


图 1-4

公理 2 加减平衡力系公理

在作用于刚体上的任意力系中，加上或去掉任何一个平衡力系，并不改变原力系对刚体的作用效果。也就是说相差一个平衡力系的两个力系作用效果相同，可以互换。

这个公理是容易理解的：因为平衡力系不会改变刚体原来的运动状态（静止或做匀速直线运动），也就是说，平衡力系对刚体的运动效果为零。所以在刚体上加上或去掉一个平衡力系，是不会改变刚体原来的运动状态的。

推论 力的可传性原理

作用于刚体上的力可沿其作用线移动到刚体内任意一点，而不会改变该力对刚体的作用。

力的可传性原理很容易为实践所验证。例如，用绳拉车，或者沿绳子同一方向，以同样大小的力用手推车，对车产生的运动效果相同。如图 1-5 所示。

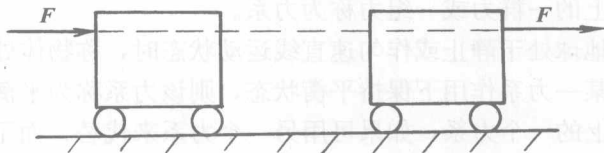


图 1-5

力的可传性原理告诉我们，力对刚体的作用效果与力的作用点在作用线上的位置无关。换句话说，力在同一刚体上可沿其作用线任意移动。这样，对于刚体来说，力的作用点在作用线上的位置已不是决定其作用效果的要素，力的三要素可表示为：力的大小、方向和作用线。

在应用中应当注意，力的可传性只适用于同一个刚体，不适用于两个刚体（不能将作用于一个刚体上的力随意沿作用线移至另一个刚体上）。如图 1-6 (a) 所示，两平衡力 F_1 、 F_2 分别作用在两物体 A、B 上，能使物体保持平衡（此时物体之间有压力），但是，如果将 F_1 、 F_2 各沿其作用线移动成为图 1-6 (b) 所示的情况，则两物体各受一个拉力而将被拆散失去平衡。力的可传性也不适用于变形体。如一个变形体受 F_1 与 F_2 的拉力作用将产生伸长变形，如图 1-7 (a) 所示；若将 F_1 与 F_2 沿其作用线移到另一端，如图 1-7 (b) 所示，物体将产生压缩变形，变形形式发生变化，即作用效果发生改变。

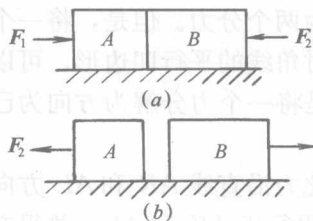


图 1-6

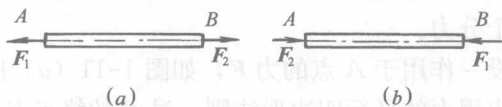


图 1-7

公理 3 力的平行四边形法则

如图 1-8 中, 重量为 G 的小球, 用一根绳悬挂, 小球处于平衡状态。如用两根绳悬挂, 两根绳的角度各有不同, 也可以达到使小球平衡的同样效果。也就是说, 两个力 F_1 、 F_2 对小球的作用效果, 与一个力 R 对小球的作用效果完全相同。按等效力系定义, 称 R 是 F_1 、 F_2 的合力, F_1 、 F_2 是 R 的两个分力。

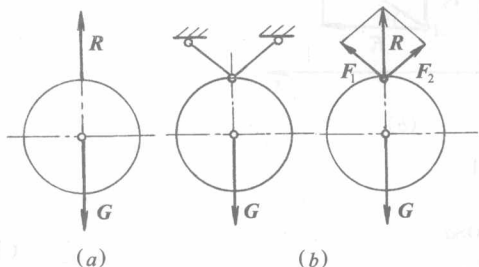


图 1-8

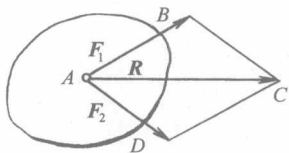


图 1-9

作用于物体上的两个力若作用线交于一点, 则可合成为一个合力, 合力也作用于该点上, 其大小和方向由这两个力为邻边所构成的平行四边形的对角线来确定, 如图 1-9 所示。这一法则称为力的平行四边形法则, 表示为 $R = F_1 + F_2$ (关系式)。

根据这个法则作出的平行四边形, 叫力的平行四边形。

力的平行四边形法则是力系合成或简化的基础。

【例 1-1】 图 1-10 (a) 所示的柱子, 柱顶受有屋架传来的压力 $N=3000\text{N}$, 还有水平力 $H=1000\text{N}$ 。试求这两个力对柱子的组合作用, 即求 N 和 H 的合力。

【解】 N 和 H 的合力可利用力的平行四边形法则, 按以下步骤得出:

(1) 选定比例尺, 如图 1-10 (b)。

$$1\text{cm}=1000\text{N}$$

(2) 用力的图示法: 在垂直方向作 N , 画出线段 $AB=3\text{cm}$, 在水平方向作 H , 画出线段 $AC=1\text{cm}$ 。

(3) 过 B 点做 AC 的平行线 BD , 过 C 点做 AB 的平行线 CD 必相交于 D , 得到平行四边形 (此题为一矩形) $ACDB$ 。

(4) 对角线 AD 即代表合力 R 的大小和方向。量得 $AD=3.2\text{cm}$, 即 $R=3.2 \times 1000=3200\text{N}$, 同时量得合力方向与水平方向成 $\angle\alpha=71^\circ 30'$ 。

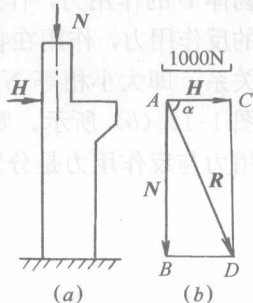


图 1-10

有合必有分, 利用平行四边形法则将一个已知力可分解为两个分力。但是, 将一个已知力分解为两个力可得无数的解答。其原因是以一个矢量为对角线的平行四边形, 可以做无数个。要得到唯一的解答, 必须给以附加的条件。方便的是将一个力分解为方向为已知的两个分力。

设一作用于 A 点的力 F , 如图 1-11 (a) 所示。今欲将此力沿直线 AK 和 AL 方向分解。应用力的平行四边形法则, 过 F 的终点 B 作两直线分别平行于 AK 和 AL , 并得交点 C 和 D , 则 F_1 和 F_2 即为所求分力, 它们的作用点仍是原力 F 的作用点。

为了计算方便, 在工程实际中通常将一个力 F 沿直角坐标轴 x 、 y 分解, 得出互相垂直的两个分力 F_x 和 F_y , 如图 1-11 (b) 所示。这样可以用简单的三角函数关系求得每个分力的大小。

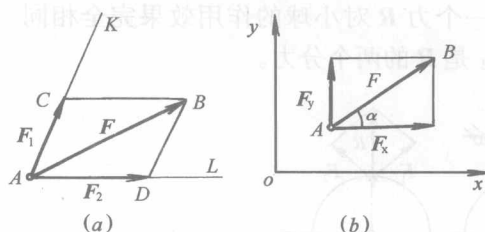


图 1-11

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

式中 α 为 F 和 x 轴之间的夹角。

公理 4 作用与反作用定律

作用力与反作用力大小相等, 方向相反, 沿同一直线且分别作用在两个相互作用的物体上。

这个定律说明了两物体间相互作用力的关系。力总是成对出现的, 有作用力必有一反作用力, 且总是同时产生又同时消失的。根据这个定律我们知道物体 A 对物体 B 作用力的大小和方向时, 就可以知道物体 B 对物体 A 的反作用力。例如, 图 1-12 (a) 中物体 A 放置在物体 B 上, N 是物体 A 对物体 B 的作用力, 作用在物体 B 上; N' 是物体 B 对物体 A 的反作用力, 作用在物体 A 上。 N 和 N' 的作用和反作用力关系, 即大小相等 $N=N'$, 方向相反, 沿同一直线 KL 如图 1-12 (b) 所示。要特别注意, 不能把作用与反作用定律与二力平衡条件混淆起来。作用力与反作用力是分别作用在相互作用的两个物体上的。所以, 它们不能互相平衡。

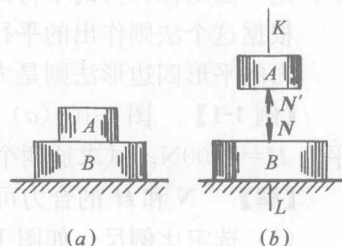


图 1-12

第三节 荷 载

工程上将作用在结构或构件上的主动力称为荷载。