

中等职业教育规划教材
全国建设行业中等职业教育推荐教材

主 编 李永富

建筑力学

工业与民用建筑专业

中国建筑工业出版社



中等职业教育规划教材
全国建设行业中等职业教育推荐教材

建筑力学

(工业与民用建筑专业)

主 编 李永富
主 审 金忠盛

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑力学/主编李永富. —北京: 中国建筑工业出版社, 2005

中等职业教育规划教材. 全国建设行业中等职业教育
推荐教材. 工业与民用建筑专业
ISBN 7-112-07588-2

I. 建... II. 李... III. 建筑力学-专业学校-教材 IV. TU311

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 151140 号

中等职业教育规划教材
全国建设行业中等职业教育推荐教材

建筑力学

(工业与民用建筑专业)

主 编 李永富

主 审 金忠盛

*

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

霸州市顺浩图文科技发展有限公司

北京市密东印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 16 字数: 386 千字

2006 年 1 月第一版 2006 年 1 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 22.00 元

ISBN 7-112-07588-2

(13542)

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)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

本书是根据教育部 2001 年颁发的《中等职业学校工业与民用建筑专业教学指导方案》中主干课程“建筑力学”教学基本内容、基本要求编写的中等职业教育教材。

全书共分十五章，主要内容有平面汇交力系合成与平衡的条件，平面力偶系合成和平衡条件，平面一般力系，轴向拉伸和压缩，梁的内力和内力图，梁的强度条件，压杆稳定，平面体系的几何组成分析，静定结构的内力分析、位移计算，力法和力矩分配法的基本原理等。

本书可作为中等职业学校工业与民用建筑专业教材，也可作为相关行业岗位培训教材及从事建筑工程施工的初中级技术人员参考用书和中等专业学校建筑施工专业领域技能型紧缺人才培养培训教材。

* * *

责任编辑：朱首明 刘平平

责任设计：赵 力

责任校对：李志瑛 王金珠

前 言

本书是根据教育部 2001 年颁发的《中等职业学校工业与民用建筑专业教学指导方案》中主干课程建筑力学教学基本内容和基本要求所制定的《建筑力学教学基本要求》编写的。

教材在内容选编上,从我国中等职业教育的实际出发,考虑到招生对象、入学标准、教学模式、培养目标等方面的巨大变化,突出职业教育特点,以能力培养为本位,注重学生个性发展,精简内容,降低难度,理论内容够用为度,突出针对性和实用性。为后续课程的学习打下良好的基础。

本书的力学名词单位和符号均采用现行国家标准。在教学中应尽量采用现代化教学手段,如计算机教学课件和软件,以便提高学生的学习兴趣和教学效率。

本书由天津市建筑工程学校李永富主编,并编写绪论、第五章、第六章、第七章。广州市土地房产管理学校吕宗樱子编写第一~四章,上海市建筑工程学校周学军编写八~九章,抚顺市建筑工业学校万静编写第十~十二章,云南建设学校杨立斌编写第十三~十五章。

本书由上海市建筑工程学校金忠盛担任主审。

由于编者水平有限,编写时间仓促,书中不足之处在所难免,恳请专家、教师和读者批评指正,使之不断完善和提高。

编者

2005 年 3 月

目 录

绪论	1
复习思考题与习题	4
第一章 静力学的基本概念	5
第一节 刚体的概念	5
第二节 力的概念	6
第三节 静力学公理	7
第四节 约束与约束反力	12
第五节 受力图	16
复习思考题与习题	19
第二章 平面汇交力系	23
第一节 平面汇交力系合成与平衡的几何条件	23
第二节 平面汇交力系合成与平衡的解析条件	27
复习思考题与习题	33
第三章 力矩和平面力偶系	37
第一节 力对点的矩·合力矩定理	37
第二节 力偶·力偶的性质	39
第三节 平面力偶系的合成和平衡条件	42
复习思考题与习题	44
第四章 平面一般力系	48
第一节 力的平移定理	49
第二节 平面一般力系的合成	50
第三节 平面一般力系的平衡条件	57
第四节 平面平行力系的平衡方程	63
第五节 物体系统的平衡简介	66
复习思考题与习题	71
第五章 材料力学的基本概念	77
第一节 变形固体的基本假定	77
第二节 杆件变形的基本形式	78
第三节 内力、截面法、应力	79
复习思考题与习题	81
第六章 轴向拉伸和压缩	82
第一节 轴向拉伸和压缩时的内力	82
第二节 轴向拉、压杆横截面上的正应力	85

第三节 轴向拉、压杆的变形·虎克定律	88
第四节 材料在轴向拉伸和压缩时的力学性能	93
第五节 拉、压杆的强度计算	101
复习思考题与习题	108
第七章 扭转	113
第一节 圆轴扭转的内力—扭矩	114
第二节 圆轴扭转时的应力及强度条件	116
复习思考题与习题	119
第八章 梁的弯曲	121
第一节 平面弯曲和梁的类型	121
第二节 梁的内力	122
第三节 梁的内力图	125
第四节 平面图形的几何性质	130
第五节 梁的正应力及强度计算	135
第六节 梁的剪应力及强度计算	145
第七节 梁的变形	149
复习思考题与习题	153
第九章 压杆稳定	157
第一节 压杆稳定的概念	157
第二节 临界力公式——欧拉公式	158
第三节 压杆的稳定校核	160
复习思考题与习题	164
第十章 结构的计算简图	165
第一节 结构计算简图及其分类	165
第二节 荷载及其分类	169
复习思考题与习题	170
第十一章 平面体系的几何组成分析	171
第一节 分析几何组成的目的	171
第二节 平面体系的自由度及约束	171
第三节 几何不变体系的组成规则	173
第四节 静定结构与超静定结构的概念	176
复习思考题与习题	177
第十二章 静定结构的内力分析	179
第一节 静定梁的计算	179
第二节 静定平面刚架	183
第三节 静定平面桁架	189
复习思考题与习题	197
第十三章 静定结构的位移计算	200
第一节 结构位移计算的目的	200

第二节 静定结构在荷载作用下的位移计算.....	201
第三节 图乘法.....	209
复习思考题与习题.....	214
第十四章 力法	217
第一节 力法的基本原理.....	217
第二节 力法的典型方程.....	221
第三节 力法的应用举例.....	222
第四节 超静定结构的特性.....	230
复习思考题与习题.....	231
第十五章 力矩分配法	234
第一节 力矩分配法的基本原理.....	234
第二节 力矩分配法计算多跨连续梁举例.....	240
复习思考题与习题.....	245
参考文献	247

绪 论

在世界各地,凡是有人类生活的地方,就可以见到各种各样的建筑物。这些建筑物是人类生产、生活、学习和娱乐的必需场所。随着人类社会的发展和科学技术的进步以及人民生活水平的不断提高,人们对建筑的功能、结构及智能化水平的要求将越来越高。

我们的祖先早在一千多年以前,就开始加工砖石来建造建筑物,如雄伟的万里长城(图 0-1),隋朝李春所造的河北赵县安济桥(图 0-2),河南封登县嵩山嵩岳寺塔等。

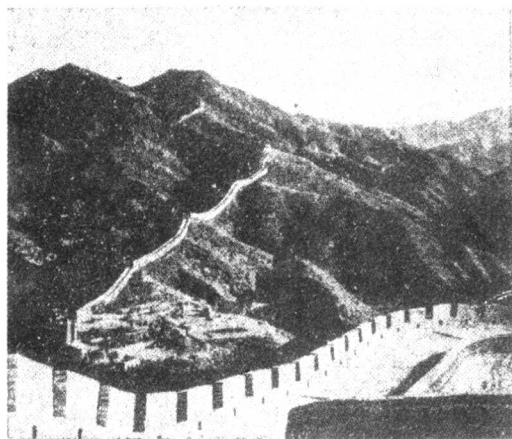


图 0-1

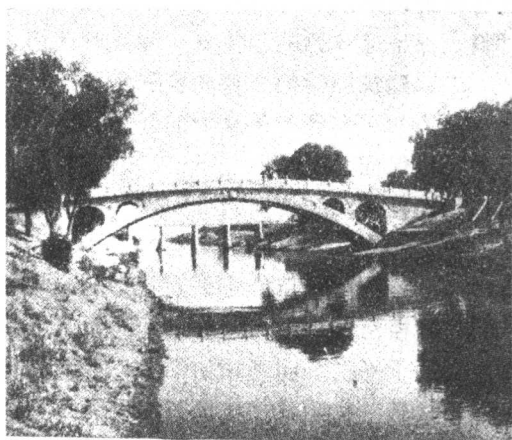


图 0-2

在人类社会高度文明的今天,由于计算机辅助设计的出现和新技术、新材料、新工艺的使用,新结构型式层出不穷。如今,在我国城乡地区高耸入云的摩天大厦拔地而起,现代化的建筑比比皆是。如上海浦东金茂大厦,天津国贸大厦,奥运主会场——国家体育场等。这些建筑物都是由许许多多的构件连接组合起来的,起着承受各种力的骨架作用。建筑物在建造前,设计人员将对所有构件都一一进行受力分析,把作用在构件上的力都计算出来,从而确定构件所用材料及尺寸大小等。这样才能保证建筑物的安全可靠,使建筑物的施工得以顺利进行。而这些建筑工程的设计计算,都离不开建筑力学的基本知识。

建筑力学是建筑结构受力分析和计算理论依据的一门科学。为结构受力分析和计算提供了方法和手段,本教材将为读者提供这些理论中最基本的内容,讨论和研究用途广泛的结构受力分析问题。

在进入各种具体问题讨论研究之前,我们先就建筑力学的研究对象、基本任务以及基本内容作一简介,以使读者有总体的了解。

一、建筑力学的研究对象

对土建类专业而言,建筑力学主要研究对象是建筑结构和组成结构的构件体系。

如前所述,所谓建筑结构,就是由若干个构件连接而成,能够承受和传递各种力作用的体系或骨架。组成结构的常见构件有:梁、板、墙、柱等,如图 0-3 所示。

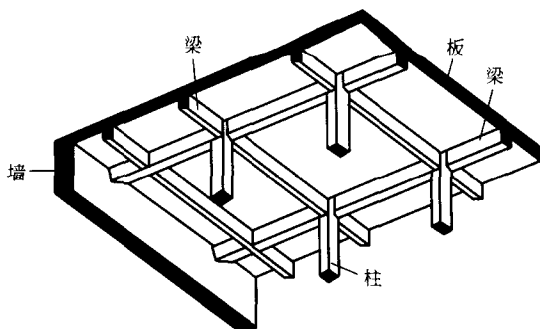


图 0-3

建筑物从开始建造一直到整个使用过程中，要承受各种力的作用，如结构自身的重量、工人和施工机械设备的重量、外墙面上的风压力或吸力、屋顶上的积雪重、积灰重、楼面上的人群、设备重量，基础则承受上部墙体、柱等传来的压力。这些直接作用在建筑物上的主动力（集中力或分布力），在工程上称为荷载。在建筑物进行结构设计时，首先要弄清作用在建筑物上有哪些荷载

及这些荷载的大小，再对建筑结构或构件进行受力分析，从而确定构件的尺寸大小和所需材料。保证建筑物的整体安全和正常使用。

二、建筑力学的主要内容和任务

从力学观点看，建筑物的基本功能是承受和传递各种荷载，并使这种状态稳定地保持下去，以保证建筑物的安全性、适用性和耐久性。

为保证建筑结构安全可靠，一般应满足下列要求：

(1) 在正常情况下，房屋建筑相对于地球是静止的，工程上称为平衡状态。根据牛顿力学原理，物体维持静止平衡状态是有条件的，它是以力系的平衡为基础的。如图 0-4 所示，一幢楼房置于地面，如果地面承受不了楼房总重传来的压力，房屋就会倒塌，也就是房屋失去了平衡。同理，如图 0-5 所示，墙体只有完全承受大梁传来的压力，大梁才能处于平衡状态，使梁及物体保持相对静止不动。

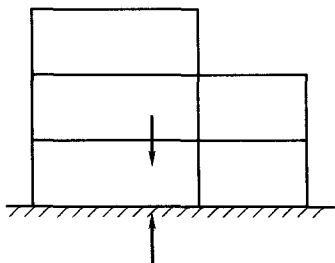


图 0-4

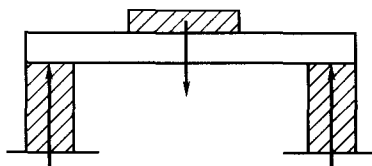


图 0-5

(2) 图 0-6 为简易脚手架示意图。图 0-6 (a) 设有斜撑杆，在外力作用下，整个结构体系保持为稳定的几何不变图形；图 0-6 (b) 没有设斜撑杆，在外力作用下，它将发生如图虚线所示的几何图形变化，即杆件的空间位置发生了变化。作为结构，这是绝对不允许的。因此，用构件连接组成的结构体系必须是几何不变体系，保持稳定的几何形状，以保证所设计的结构能承受荷载。

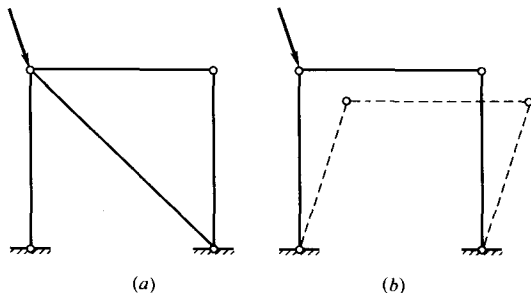


图 0-6

(3) 结构材料具有承受各种荷载的

能力，而不发生断裂破坏。即保证有足够的强度。

(4) 工程上把结构构件受力后具有保持稳定平衡状态的能力称为稳定性。如受压的细长直杆，当压力达到一定数值时，若受到微小的侧向干扰或由于杆件内部缺陷，便会突然变弯而丧失工作能力，不再恢复直线平衡状态，称为丧失稳定，简称失稳，如图 0-7 所示。工程上构件失稳会产生重大的工程事故。因此必须保证结构构件有足够的稳定性。

(5) 结构构件受力后除应保证有足够的承载力、稳定性外，尚应满足刚度要求。所谓刚度是指结构构件受力后抵抗变形的能力。

在工程上任何结构构件在荷载作用下都会产生变形。在同样荷载作用下，刚度愈小的构件，变形就愈大；刚度愈大的构件，变形就愈小。如果构件的变形过大，将会影响结构的正常使用。因此，工程上对不同用途的结构或构件的变形给予一定的限制，使其变形值控制在允许的范围内。

建筑力学的任务是：用力学基本原理研究建筑结构或构件在各种荷载作用下的平衡条件，刚度、稳定性和强度问题，为结构设计和施工提供计算理论和计算方法，满足结构构件的安全性、适用性和耐久性的要求，正确解决安全性与经济之间的矛盾。

本书工程中应用最广泛的杆件结构有关计算理论及计算方法的基本内容，将分静力学、材料力学、结构力学三个部分来讨论。

三、建筑力学的学习方法

建筑力学是土建类专业的一门重要的专业基础课程，掌握了建筑力学的原理和解决问题的方法，对于从事建筑设计和施工的工程技术人员，不仅可以分析和解决结构计算中的内力和位移等有关问题，而且还可以正确解决建筑施工过程中遇到的受力问题，从而确保工程质量，避免工程事故的发生。同时为专业课程的学习做好准备。

学习时应注意以下几点：

1. 注意分析问题方法和解题思路

力学的核心是分析，是由外向内，由面到点，由整体划分成局部，再由局部合并成整体。

学习时要注意理解它的基本原理，掌握它的分析问题的方法和解题思路，特别是在学习各种具体的计算方法中，善于总结，找出一一般规律性的东西，提高分析问题和解决问题的能力，既能作定量分析，也会作定性分析。

2. 注意理论联系实际

建筑力学的发展离不开生产实践，而建筑力学的基本理论又对生产实践起着重要的指导作用，建筑力学在研究力的问题时，是在理想化和具体化条件下进行的，而实际的研究对象往往是相当复杂的，学习时应理论联系实际，学会用基本理论和方法解决工程中的实际问题。例如在工程中利用力矩平衡理论来防止阳台，雨篷等悬挑物件倾覆，利用结构的几何组成规律，防止脚手架搭设不合理而导致脚手架倒塌，利用梁截面的应力分布规律，避免错误地配置钢筋而引起梁、板的断裂破坏，造成重大工程质量事故，给人民生命财产带来不必要的损失。

3. 注意和其他课程的关系

在建筑力学学习过程中，经常会遇到数学、物理学等学科的相关知识，因此，在学习



图 0-7

中应根据需要对相关课程进行必要的复习，并在运用中得到巩固和提高。同时，建筑力学也是学好后续专业课程的基础。如混凝土结构、钢结构、砌体结构、地基基础和施工技术课程的学习，是和建筑力学的基本理论密切相联的。因此，如果建筑力学学习基础打不好，将会给后续专业课程的学习带来不便和困难。

4. 注意力学实验和理论的关系

实验是建筑力学的一个重要组成部分，实验的直观性和可操作性，不仅有助于基本理论的理解和掌握，也是对理论的验证，而且更是对动手能力与严谨认真、一丝不苟的科学态度的培养。要重视实验的作用，积极动手，认真观察和记录每一个实验环节，通过实验加深对基本概念的认识。

5. 注意学练结合

建筑力学是一门理论性和实践性都较强的课程，切忌死记硬背，多做练习多思考，是学好建筑力学的重要环节。不做一定数量的习题是很难掌握建筑力学的概念、原理和分析问题方法的。另外，要避免做题的盲目性，为了做题而做题，做题应是在复习和弄清概念后进行的。在做题的过程中要进行分析、归纳、总结，发现规律，掌握解题技巧，从而提高解题的速度和学习效率。同时，在做题中学会校核，对解题中出现的错误应认真分析，找出原因，及时纠正，从中吸取教训，避免再出现类似的错误。

复习思考题与习题

1. 什么是建筑力学？它分为哪几部分？
2. 建筑力学研究的对象、主要内容和任务是什么？
3. 简述学习建筑力学的方法。

第一章 静力学的基本概念

静力学是研究物体在力作用下的平衡规律的科学。

什么是平衡呢？在一般的工程问题中，所谓平衡是指物体相对于地球处于静止或匀速直线运动的状态。例如，房屋、水坝、桥梁相对于地球是静止不动的；而火车在直线轨道上匀速行驶，物体被起重机沿直线匀速起吊等，它们都是相对于地球作匀速直线运动，这些都是平衡的实例。平衡是物体机械运动的一种特殊形式，它的特点是物体的运动状态不发生变化。

通常，一个物体总是同时受到若干个力的作用。我们把作用于一物体上的一群力，称为力系。如果物体在力系作用下处于平衡状态，则该力系称为平衡力系。当物体平衡时，作用于物体上的力系所满足的条件，称为力系的平衡条件。

作用于物体上的力系如果可以用另一个力系来代替而作用效应相同，那么这两个力系互称为等效力系。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其合力的分力。

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，作用于物体上的力系较为复杂，在建立力系的平衡条件时，为了便于分析，往往需要把作用于物体上较复杂的力系，用与其作用效应相同的简单力系来代替，这种对力系作效应相同的代换，称为力系的简化，或称为力系的合成。将一个复杂力系简化后，就比较容易了解它对物体的总的作用效应，进而可以导出力系的平衡条件。

在土建工程中有着大量的静力学问题。例如，在设计屋架时，必须将其所受的重力、风雪压力等加以简化，再根据平衡条件求出各杆件所受的力，作为确定各杆件截面尺寸的依据；桥梁、水坝、工业烟囱等建筑物，在设计时都须进行受力分析，以便得到既安全又经济的设计方案，而静力学理论则是进行受力分析的基础。由此可见，静力学理论在工程实际中有着非常广泛的应用。

第一节 刚体的概念

任何物体在力的作用下，都将引起大小和形状的改变，即发生变形。但在正常情况下，工程上的结构或构件受力后所产生的变形都很微小，例如，建筑物中的梁，它在中央处最大的下垂一般只有梁长度的 $1/300 \sim 1/250$ 。这样微小的变形，只有用专门的仪器才能测量出来，所以它对研究物体的平衡问题影响很少，可以忽略不计，这样就可以把物体看作是不变形的，从而使问题的研究得到了简化。这种处理问题的方法，是科学抽象所必须的，也是实际所许可的。

在任何外力作用下，大小和形状保持不变的物体，称为刚体。在静力学部分，我们把所讨论的物体都看作是刚体。

第二节 力的概念

一、力的定义

力的概念是人们在长期的生产劳动和日常生活中逐步建立起来的。例如，人推小车时，由于肌肉紧张，人就会感到自己对小车施加了力，并使小车由静到动，或使小车的运动速度发生了变化，同时也会感到小车也在推人（图 1-1a）；用手拉弹簧，使弹簧发生伸长变形，同时感到弹簧也在拉手（图 1-1b）。这种力的作用，不仅存在于人与物体之间，在物体与物体之间也会发生。例如，自空中落下的物体由于受到地球的吸引作用而使运动速度逐渐加快（图 1-1c）；在平地上滑动的物体，由于空气和地面的阻力作用而使运动速度逐渐减慢；桥梁在车辆的作用下会产生弯曲变形等等。于是人们综合无数事例，对力作出了如下定义：**力是物体之间的相互机械作用，这种作用的效果会使物体的运动状态发生变化（称为外效应），或者使物体发生变形（称为内效应）。**

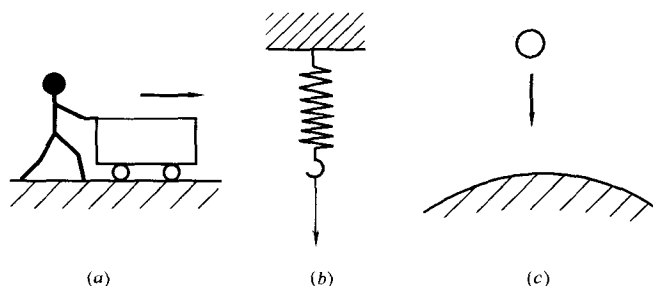


图 1-1

既然力是物体与物体之间的相互作用，所以，力不能脱离物体而单独存在。某一物体受到力的作用时，一定有另一物体对它施加这种作用。因此，在分析物体受力情况时，必须分清哪个是受力物体，哪个是施力物体。

在建筑力学中，力的作用方式一般有两种情况，一种是两物体相互接触时，它们之间相互产生的拉力或压力；另一种是物体与地球之间产生的吸引力，对物体来说，这种吸引力就是重力。

二、力的三要素

自然界中有各种各样的力。例如，重力、风阻力、水压力、土压力、地震力、摩擦力、万有引力等等，它们的物理本质各不相同。但在建筑力学中，将不探究力的物理本质，而只研究它对物体产生的效应。

实践证明，力对物体的作用效应决定于三个要素：①力的大小；②力的方向；③力的作用点。这三个要素称为力的三要素。

力的大小是指物体间相互作用的强烈程度。为了度量力的大小，我们必须规定力的单位。在国际单位制中，力的单位为牛顿（牛，N）或千牛顿（千牛，kN）。

$$1 \text{ 千牛 (kN)} = 1000 \text{ 牛 (N)}$$

采用工程单位制时，力的单位用千克力（kgf）或吨力（tf）。牛顿和千克力的换算关系为

$$1\text{千克力}(\text{kgf})=9.807\text{牛}(\text{N})$$

在本书中采用国际单位制。

力的方向包含方位和指向两个涵义。例如，重力的方向是“铅垂向下”的。

力的作用点是指力对物体作用的位置。力的作用位置，一般并不是一个点，而往往有一定的范围。但是，当力的作用范围与物体相比很小时，就可以近似地看作一个点，而认为力集中作用在这个点上。例如，当人用手推小车时，手的推力作用在手与小车相接触的小块面积上，如不计手的大小，就可以认为接触的地方是一个点，而推力则集中地作用于该点处。我们把作用于一点的力，称为**集中力**。

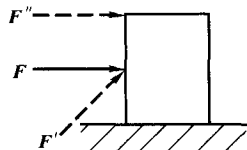


图 1-2

在力的三要素中，当其中任一要素发生改变时，都会对物体产生不同的效果。例如，沿水平地面推动一个木箱（图 1-2），作用在木箱上的力，如果改变其大小或改变其方向（如 F 与 F' ）或改变其作用点（如 F 与 F'' ），它对木箱产生的效果就会不一样。因此，在描述一个力时，必须全面表明力的三要素。

三、力的图示法

力是一个具有大小和方向的量，所以力是**矢量**。图示时，通常可以用一段带箭头的有向线段来表示。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；线段的起点或终点表示力的作用点。如图 1-3 所示，线段 AB 表示的是一作用在小车上的力 F ，这个力的大小（按图中比例尺）为 20kN ，它的方向是与水平线成 45° 角，指向右上方，作用在小车的 A 点上。

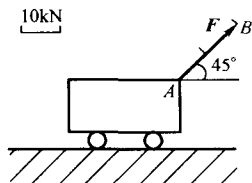


图 1-3

在本书中，用字母符号表示力矢量时，常用黑体字，如 F 、 P 等，或用加一横线的细体字，如 $\bar{F}$ 、 $\bar{P}$ 等。如果该字母既没有用黑体字，也没有在上面加一横线，如 F 、 P 等，则只表示力矢量的大小。

第三节 静力学公理

静力学公理是人类在长期的生产和生活实践当中，经过反复地观察和实验总结出来的普遍规律。它阐述了力的一些基本性质，是静力学的基础。

静力学公理共有四个，现叙述如下：

一、作用与反作用公理

两个物体之间的作用力和反作用力，总是大小相等，方向相反，沿同一直线，并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，表明了作用力和反作用力总是成对出现的。例如，图 1-4 所示，如物体 A 对物体 B 施加作用力 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、

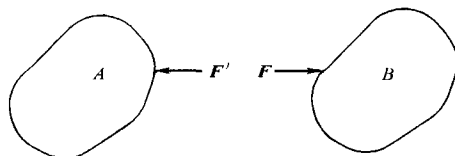


图 1-4

方向相反、沿同一直线作用。今后作用力和反作用力用同一字母表示，但其中之一，要在字母的右上方加一撇。

【例 1-1】 木箱受重力 G 作用，用绳索悬挂于顶棚上（图 1-5a），绳重不计。试分析各物体间相互的作用力和反作用力。

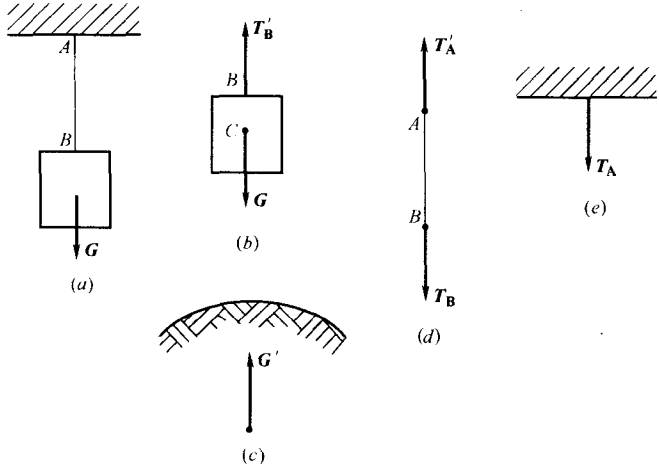


图 1-5

【解】 木箱与地球之间有一对作用力 G 和反作用力 G' ，它们分别作用于木箱中心和地球中心（图 1-5b、c），且 $G=G'$ ，其方向相反，并沿同一条直线。

木箱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 点和木箱的 B 点（图 1-5b、d），且 $T_B=T'_B$ ，其方向相反，并沿着绳的中心线。

同样，绳索对顶棚施作用力 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 1-5d、e）。

二、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：这两个力大小相等，方向相反，且作用在同一直线上（简称这两个力等值、反向、共线），如图 1-6a、b 所示。

二力平衡公理给出了由两个力所组成的最简单的力系的平衡条件。一个物体只受两个力作用而平衡时，这两个力一定要满足二力平衡公理。例如把雨伞挂在桌边（图 1-7），雨伞摆动到其重心和挂点在同一铅垂线上时，雨伞才能平衡。因为这时雨伞的向下重力和桌面的向上支承力在同一直线上。

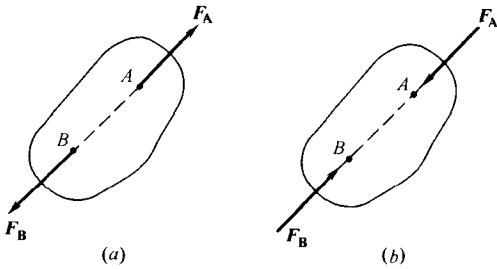


图 1-6

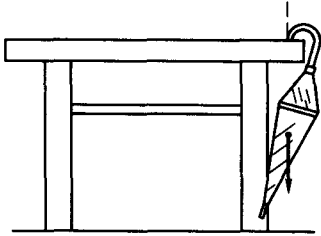


图 1-7

必须注意，不能把二力平衡公理和作用与反作用公理混淆起来。前者是叙述了作用在同一物体上两个力的平衡条件；后者是描述了两物体之间的两个力的相互作用关系，虽然它们也是大小相等、方向相反、作用在同一条直线上，但不能认为是二力平衡。

在两个力作用下并处于平衡状态的物体称为二力体，如果该物体是个杆件，也可称二力杆（图 1-8a、b）。二力体（杆）上的两个力的作用线必为这两个力作用点的连线。例如，图 1-9 所示的杆件 AB，在 A、B 两点分别受到力 F_A 和 F_B 的作用而处于平衡，这两个力的作用线必在 A、B 两点的连线上。

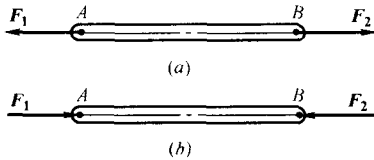


图 1-8

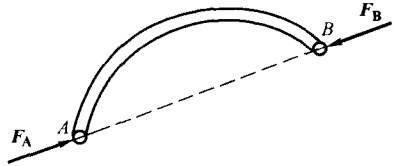


图 1-9

三、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，并不会改变原力系对刚体的作用效应。

因为平衡力系作用在刚体上，不会改变刚体的运动状态，即平衡力系对物体的运动效果为零，所以在刚体的原力系上加上或去掉一个平衡力系，并不改变原力系对刚体的作用效应。

推论：力的可传性原理

作用在刚体上的力可沿其作用线移动到刚体内任一点，而不改变该力对刚体的作用效应。

证明：

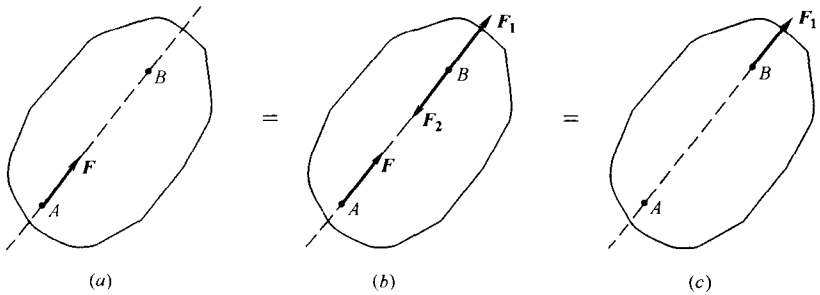


图 1-10

(1) 设力 F 作用在刚体的 A 点（图 1-10a）。

(2) 根据加减平衡力系公理，可在力 F 的作用线上任取一点 B，并在 B 点加上一个平衡力系 F_1 和 F_2 ，并使 $F_1 = -F_2 = F$ 。（图 1-10b）。

(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 （图 1-10c）。

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

所以，推论得证。