



高职高专“十一·五”规划教材

建筑力学与结构

JIANZHU LIXUE YU JIEGOU

游普元 主编



化学工业出版社



高职高专“十一五”规划教材

建筑力学与结构

JIANZHU LIXUE YU JIEGOU

游普元 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是根据高职高专职业教育的要求,满足工程造价、工程管理、项目管理等相关专业的培养目标及教学改革要求,将理论力学、材料力学、结构力学与建筑结构相结合,按“必需、够用”为度的原则编写而成,书中采用了最新的结构荷载规范和结构设计规范。

本书共分两篇12篇,主要内容有静力学的基本概念、平面力系、静定结构的基本知识、静定平面桁架、轴向拉伸和压缩、受弯构件、压杆稳定、钢筋混凝土结构的基本原理、钢筋混凝土受弯构件、钢筋混凝土受压构件、钢筋混凝土楼盖、砌体结构等。

本书可作为高职高专工程造价、工程管理、项目管理、建筑企业经济管理、建筑装饰工程技术等专业的教学用书,也可供现场技术人员参考之用。

图书在版编目(CIP)数据

建筑力学与结构/游普元主编. —北京:化学工业出版社,
2008.6

高职高专“十一五”规划教材

ISBN 978-7-122-03311-6

I. 建… II. 游… III. ①建筑力学-高等学校:技术学
校-教材②建筑结构-高等学校:技术学校-教材 IV. TU3

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第099726号

责任编辑:卓丽 王文峡

装帧设计:尹琳琳

责任校对:凌亚男

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:化学工业出版社印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张14½ 字数387千字 2008年9月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:26.00元

版权所有 违者必究

前 言

本教材是根据高职高专的培养目标、专业教学计划、建筑力学与结构课程教学标准进行编写的。全书共两篇十二章，主要内容包括静力学的基本原理、结构组成规律、杆件的内力和变形、压杆稳定、钢筋混凝土结构、砌体结构。整个教材的编写严格执行了我国新颁布的标准《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)、《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)、《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)、《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)、《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002)、《建筑结构设计术语和符号标准》(GB/T 50083—1997)，并结合专业特点，注重理论联系实际的原则，力求使工程造价专业学员在较少学时的情况下，尽可能全面地了解建筑力学与结构的基本知识，为学习专业课打下良好的基础；力求做到选材恰当，内容精炼，重点突出，图文并茂，文字通俗易懂。

为便于组织教学和学生自学，本书各章均附有学习目标、思考题及习题。书后还附有建筑力学与建筑结构中常用的一些附表和习题参考答案，以备需要时查用。在学习目标中所涉及的程度用语主要有“熟练”、“正确”、“基本”。“熟练”指能在所规定的较短时间内无错误的完成任务，“正确”指没有任何错误，“基本”指在没有时间要求的情况下，不经过旁人提示，能无错误的完成任务。

本书由游普元同志主编，邹绍明主审，张冬秀、郭晓凤参编。具体分工如下：游普元编写了第1~6章和第11、12章，同时完成了全部插图的绘制工作；张冬秀编写了第7~10章；郭晓凤编写了各章学习目标、学习重点、学习难点、习题参考答案。

本书在编写过程中，得到了建筑工程与艺术设计系建筑教研室全体同仁的大力支持，特别是徐安平、郭晓凤、王贵珍、余志刚等老师对本书的编写提出了不少宝贵的意见，在此一并表示感谢。

本教材可作为工程造价、工程管理、项目管理、建筑企业经济管理、建筑装饰工程技术等专业的教学用书，也可供现场技术人员参考之用。

由于本书编写时间仓促，加之编者水平有限，书中难免有欠妥之处，欢迎广大师生指正。

编者

2008年6月

目 录

0 绪论	1
0.1 本课程的研究对象及任务	1
0.2 建筑结构的类型	1
0.3 本课程的内容及学习要求	2
0.4 建筑力学与结构的学习方法	3

第一篇 建筑力学

1 静力学的基本概念	7
1.1 静力学的基本概念	7
1.2 静力学基本公理	8
1.3 荷载	11
1.4 约束与约束反力	12
1.5 物体的受力分析和受力图	15
思考题	18
习题	18
2 平面力系	20
2.1 平面汇交力系	20
2.2 力矩和力偶	27
2.3 平面一般力系	32
2.4 平面平行力系的平衡方程	35
思考题	37
习题	38
3 静定结构的基本知识	40
3.1 概述	40
3.2 平面体系的几何组成分析	41
3.3 静定结构和超静定结构	46
思考题	47
习题	47
4 静定平面桁架	49
4.1 桁架的概念及特点	49
4.2 结点法计算桁架杆件内力	50
4.3 截面法计算桁架杆件内力	53
思考题	55

习题	55
5 轴向拉伸和压缩	57
5.1 概述	57
5.2 轴向拉、压的内力和应力计算	58
5.3 轴向拉、压杆件的强度条件	62
5.4 轴向拉、压杆件的变形、虎克定律	65
5.5 材料拉(压)时的力学性质	67
思考题	70
习题	70
6 受弯构件	72
6.1 截面的几何性质	72
6.2 受弯构件的内力	76
6.3 受弯构件的应力及强度计算	91
6.4 梁的变形	102
思考题	105
习题	106
7 压杆稳定	108
7.1 压杆稳定的概念	108
7.2 临界力的计算	109
7.3 压杆稳定的实用计算	111
思考题	113
习题	113

第二篇 钢筋混凝土结构与砌体结构

8 钢筋混凝土结构的基本原理	117
8.1 钢筋混凝土材料的主要力学性能	117
8.2 结构的极限状态	123
思考题	126
9 钢筋混凝土受弯构件	127
9.1 梁、板的一般构造要求	127
9.2 受弯构件正截面破坏过程	131
9.3 单筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	134
9.4 受弯构件斜截面承载力计算及构造要求	141
9.5 钢筋混凝土受弯构件的变形和裂缝计算要点	147
9.6 预应力混凝土结构的基本知识	151
思考题	158
习题	158
10 钢筋混凝土受压构件	160
10.1 受压构件的分类	160

10.2 受压构件的构造	161
10.3 轴心受压构件承载力计算	163
思考题	166
习题	167
11 钢筋混凝土楼盖	168
11.1 装配式钢筋混凝土楼盖	168
11.2 现浇钢筋混凝土楼盖的结构型式	171
11.3 单向板肋梁楼盖	173
11.4 双向板的受力与构造特点	179
思考题	180
12 砌体结构	181
12.1 砌体材料与砌体的力学性能	181
12.2 砌体结构的承重体系与静力计算方案	187
12.3 墙、柱的高厚比验算和构造要求	190
12.4 无筋砌体构件的承载力计算	195
12.5 过梁与圈梁	203
思考题	205
习题	205
附录	207
附录 I 型钢表	207
附表 I-1 热轧等边角钢 (GB/T 9787—88)	207
附表 I-2 热轧不等边角钢 (GB/T 9788—88)	211
附表 I-3 热轧工字钢 (GB/T 706—88)	214
附表 I-4 热轧槽钢 (GB/T 707—88)	216
附录 II	217
附表 II-1 民用建筑楼面均布活荷载标准值及其组合值、准永久值系数	217
附表 II-2 屋面均布活荷载	217
附表 II-3 活荷载按楼层数折减系数	218
附表 II-4 建筑结构的安全等级及结构重要性系数 γ_0	218
附录 III	218
附表 III-1 钢筋的计算截面面积及理论重量	218
附表 III-2 钢绞线公称直径、公称截面面积及理论重量	218
附表 III-3 钢丝公称直径、公称截面面积及理论重量	219
附表 III-4 各种钢筋间距时每米板宽内的钢筋截面面积表	219
附表 III-5 钢筋组合截面面积表	220
附表 III-6 纵向受力钢筋的混凝土保护层最小厚度	221
附表 III-7 受弯构件的挠度限值	222
附表 III-8 冷拉控制应力及最大冷拉率	222
附表 III-9 测定冷拉率时钢筋冷拉应力	222
附表 III-10 结构构件的裂缝宽度控制等级及最大裂缝宽度限值	222
习题参考答案	223
参考文献	225



绪 论

学习目标:

1. 能熟练陈述建筑力学的研究对象和主要任务。
2. 能正确陈述本课程的性质和主要内容。
3. 能基本陈述本课程的学习方法。

0.1 本课程的研究对象及任务

建筑物是由屋盖、楼板、梁、墙（或柱）、门窗、楼梯、基础等构件组成，这些构件在房屋中互相支承，互相扶持，并通过正确的连接而组成能够承受和传递各种“作用”的平面或空间体系，统称为建筑结构。这里的“作用”是指施加在结构上的荷载（如恒载、活荷载等）或引起建筑结构外加变形或约束变形的原因（如地震、基础沉降、温度变化等）。前者称为直接作用，后者称为间接作用。

建筑结构是房屋的骨架，它对建筑物的安全和耐久性起决定作用。

建筑结构所要研究的是各种结构在正常施工和使用条件下的可靠度，具体来讲就是要保证房屋在可能出现的各种“作用”下具有足够的强度、耐久性和良好的工作性能，在偶然事件发生时及发生后，仍能保持必需的整体稳定性。

建筑质量的好坏，在很大程度上取决于施工质量的优劣，但结构的设计质量却是先决条件。房屋结构不合理、不牢固，房屋就会出问题，严重的还可能发生倒塌，但房屋结构过于结实、坚固，又势必增加房屋造价而造成不必要的浪费。因此，结构设计就是要在保证安全和耐久的前提下，尽可能取得最大限度的经济效果，这也正是建筑结构所要研究的课题。

建筑结构设计的成果是建筑结构施工图，它是建筑工程预算，建筑施工和经营管理的重要技术文件。

建筑力学是以建筑结构和构件为对象，是研究结构和构件的力学计算理论及方法的科学。它的主要任务是：应用力学的基本原理，分析研究结构和构件在各种条件下，维持平衡所需的条件、内力分布规律，变形以及构件的强度、刚度和稳定性等问题，为结构设计提供计算理论和方法，以正确解决安全适用与经济合理之间的矛盾。因此，建筑力学是学习研究建筑结构的基础。

建筑力学与结构的内容十分丰富，涉及面广。本书重点讨论杆件结构、钢筋混凝土结构、砌体结构等构件的基本计算方法与构造要求，并对楼（屋）盖结构的结构计算与构造作简要介绍。

0.2 建筑结构的类型

建筑结构常按所用的材料和承重结构的类型来分类。建筑结构按所用材料的不同，可分

为如下几种类型。

0.2.1 钢筋混凝土结构

钢筋混凝土是由钢筋和混凝土两种材料组合而成,它具有强度高、耐久性、可模性、耐火性及抗震性能好等优点,因此,它的应用非常广泛,几乎任何建筑工程都可采用。但钢筋混凝土结构也有自重大、抗裂能力差、费工、费模板等缺点,这在一定程度上限制了钢筋混凝土结构的使用范围。随着生产和科学技术的发展,钢筋混凝土结构的这些缺点正在逐步得到克服。如采用轻骨料混凝土,以减轻结构自重,采用预应力混凝土提高构件的抗裂性,而采用预制钢筋混凝土构件则可克服模板耗费多和工期长等缺点。

0.2.2 砌体结构

砌体是块材用砂浆砌筑而形成的整体,以砌体作为房屋的主要承重骨架的结构型式称为砌体结构。砌体结构所用材料可就地取材,造价低、耐久性好、施工工艺简单,因此,在建筑工程中应用较为广泛。但砌体结构也有施工进度缓慢、自重大、抗拉及抗震性能差等缺点。一般用于以受压为主的竖向承重结构。

0.2.3 钢结构

钢结构是由钢材制成的结构,其特点是强度高、自重轻、材质均匀、制作简单、施工及运输方便。但钢结构也有容易锈蚀、维修费用高、耐火性能差等缺点,目前主要用于大跨度及高层建筑中,也常用于一些简易或临时性建筑物。

0.2.4 木结构

木结构是指全部或大部分用木材作为房屋的承重骨架的结构。由于木结构具有就地取材、制作简单、便于施工等优点,所以在木材产地采用较多;但木材产量受自然条件限制,木材本身易燃、易腐,易虫蛀等,因此在重要建筑中采用较少。

0.3 本课程的内容及学习要求

0.3.1 静力学部分

介绍静力学的基本知识、力系的合成与分解以及力系的平衡条件,并能应用平衡条件求解构件。

0.3.2 结构组成分析

介绍平面体系几何不变的组成规律,应用体系的组成规律来判别结构是否几何不变;确定结构是静定结构还是超静定结构。

0.3.3 杆件的内力和变形

介绍杆件在各种受力状态下的内力与变形的计算,以及杆件的强度和刚度的计算。

0.3.4 压杆稳定

介绍杆件受压的稳定概念,以及稳定计算的基本原理。

0.3.5 钢筋混凝土结构

介绍材料的基本力学性质,钢筋混凝土构件的基本计算原理、计算方法与构造要求,钢筋混凝土楼盖的形式、计算要点与构造要求,预应力混凝土的基本知识。

0.3.6 砌体结构

介绍砌体结构材料的力学性质,砌体结构的承重方案及静力计算方案,砌体结构构件的强度和稳定性计算及构造要求。能熟练陈述砌体结构的一般构造,正确应用计算方法。

0.4 建筑力学与结构的学习方法

建筑力学与结构包括力学与结构两部分内容，是一门整合后的综合性教材。力学的基本规律，是人们通过观察生活和生产实践中的各种现象，进行多次科学实验，经过分析、综合和归纳而总结出来的，理论性较强，它与数学、物理学有着密切的关系。在学习这部分时应根据实际情况对上述课程进行必要的复习，注意掌握力学的基本概念、基本理论和必要的计算方法，注意多练、多思考、多总结。结构则实践性较强，它是以建筑力学为基础，与建筑工程有着紧密的联系，在学习时应识读一定数量的结构施工图，掌握结构构件的一般构造要求，注重理论联系实际，学会用力学的原理和计算方法，分析和计算结构的内力、位移，并应用有关的结构知识解决实际工程中的一些问题，做到学以致用。

建筑力学与结构是工程造价、工程管理、项目管理、建筑企业经济管理等专业的技术基础课，它是学好建筑施工技术、建筑工程定额与预算、建筑施工组织等课程的基础，如本课程学不好，将会给上述课程学习带来困难。

第一篇
建筑力学

1

静力学的基本概念

学习目标:

1. 能正确陈述力、刚体、平衡等基本概念。
2. 能熟练陈述静力学四个公理及其推论。
3. 能正确完成约束、约束反力的分析和受力图绘制。

学习重点:

1. 力、平衡、刚体等概念。
2. 静力学公理及其推论。
3. 静力学几个重要定理的应用。
4. 约束、约束反力的分析和受力图绘制。

学习难点:

1. 约束的概念, 尤其是光滑圆柱铰链约束的特征及其约束反力的确定。
2. 物体的受力分析及其受力图的绘制。

1.1 静力学的基本概念

静力学是研究力系的简化, 即物体在力作用下处于平衡状态的规律和物体的受力分析问题。

1.1.1 力的概念及要素

(1) 力的概念

力在人类的生产和生活实践中无处不在, 力的概念是人们从实践活动中产生的。当人们用手提、举或推某一物体时, 从肌肉的紧张收缩中就感觉到人对物体施加了力。例如人们用肩膀挑重物, 重物的重量通过扁担压在肩膀上, 就使人感觉到肩膀受到压力的作用。通过进一步地观察、实验和分析, 认识到给物体施加力, 可使物体运动状态发生改变或使物体产生变形。如力作用在车子上可以让车由静止到运动, 力作用在钢筋上可以使钢筋由直变弯。由此得到, 力的科学概念: 力是物体间相互的机械作用, 这种作用引起物体运动状态发生变化或使物体产生变形。

由于力是物体间相互的机械作用, 因此, 力不能脱离物体而单独存在, 某一物体受到力的作用, 一定有另一物体对它施加作用。在今后研究物体的受力问题时, 必须分清谁是施力物体, 谁是受力物体。

(2) 力的三要素

① 力的大小 指物体间相互作用的强弱程度。在国际单位中, 力的大小以牛顿 (N) 或千牛顿 (kN) 为单位。在工程单位制中, 以千克力 (kgf) 或吨力 (tf) 为力的单位。

牛顿与千克力的换算关系是:

$$1 \text{ 千克力 (kgf)} = 9.807 \text{ N} \approx 10 \text{ N}$$

② 力的方向 通常包括方位和指向两个含义。例如“铅直向下”, “铅直”是力的方位,

“向下”是力的指向。

③ 力的作用点 指力作用在物体上的位置。通常它是一块面积而不是一个点。仅当作用面积很小时可以近似看作一个点。

实践证明,改变力的三要素中的任意一个,都将改变力对物体的作用效果,也就是说,物体之间的这种相互机械作用的效果是由力的大小、方向和作用点来确定的。只有这三个要素唯一地确定下来,那么力对物体的作用效果才能唯一地确定。

在数学和力学中,有两种量:标量和矢量。只有大小而没有方向的量称为标量,如质量,温度、时间等;不仅有大小而且有方向的量称为矢量。因此,力是一个矢量,可以用一有向线段表示(图 1.1);线段的长度(按一定比例画)表示力的大小,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,力所顺沿的线段表示力的作用线。本书矢量用黑体字母表示(例如 $\boldsymbol{F}$)

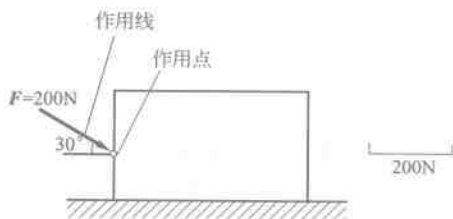


图 1.1

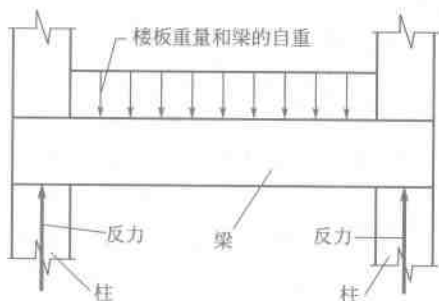


图 1.2

1.1.2 刚体和平衡

(1) 刚体的概念

在任何外力作用下,其形状、大小均保持不变的物体称为刚体。

刚体只是人们对物体的一种假想。事实上,在自然界中任何物体受外力作用都有不同程度的变形,只是有些物体受力后变形很微小,有些甚至要用专门的仪器才能测量出来。在研究静力学问题时,忽略变形对所研究的结果影响甚微,但却使研究的问题得到简化。

然而,当研究物体受力作用后的物体的内力和变形时,即使变形很微小也应考虑,不能忽略不计。从第五章的轴向拉伸和压缩起,就不再将物体视为刚体而必须视为可变形的固体。

(2) 平衡的概念

物体相对于地球处于静止或匀速直线运动的状态称为平衡。而作用于同一物体上使物体处于平衡状态的力系,称为平衡力系。例如梁在自重、楼板重量作用和柱子支撑的情况下(图 1.2)保持静止不动,则该梁处于平衡状态,而梁的自重、楼板的重量和柱子的支撑反力则是作用在梁上的平衡力系。

平衡是机械运动的一种特殊情况,即物体受力后的运动状态不发生变化。

1.2 静力学基本公理

静力学公理是人们在长期的生产实践中积累起丰富的经验又经过分析而得到的,它为人们研究静力学奠定了必要的基础。

1.2.1 静力学公理

(1) 二力平衡公理

作用在同一刚体上的两个力,使刚体处于平衡状态的必要与充分条件是:这两个力大小相等,方向相反,作用线在同一直线上(简称二力等值、反向、共线)。如图 1.3 所示的杆件 AB 受到一对拉力,当 $F_A = -F_B$ (负号表示 F_A 和 F_B 的方向相反)。则杆件 AB 平衡。



图 1.3



图 1.4

在两力作用下处于平衡的刚体称为二力体,如果刚体是一个杆件,则称为二力杆件。图 1.3 所示的杆件 AB,若不计自重,就是一个二力杆件。二力杆件上 F_A 和 F_B 两力的作用线必在两力的作用点连线上,且等值、反向。



在今后物体受力分析时要经常利用二力杆件这一受力特点确定二力构件所受力的作用线方位。

应该注意,只有当力作用在刚体上时二力平衡公理才能成立。对于变形体,二力平衡条件只是必要条件,并不是充分条件。例如满足上述条件的两个力作用在一根绳子上,当这两个力是张力(即使绳子受拉)时,绳子才能平衡(图 1.4)。如受等值、反向、共线的压力就不能平衡。

(2) 作用力与反作用力公理

若甲物体对乙物体有一个作用力,则同时乙物体对甲物体必有一个反作用力,这两个力大小相等、方向相反、并且沿着同一直线而相互作用。

在力的概念中已提到,力是物体间相互的机械作用,因而作用力与反作用力必然是同时出现,同时消失。



作用力和反作用力是分别作用在两个物体上的力,任何作用在同一个物体上的两个力都不是作用力和反作用力

如图 1.5 所示,在光滑的水平面上放置一重量为 G 的球体,球体在重力 G 作用下,给水平支承面一个铅垂向下的压力 N ,同时水平支承面给球体一个向上的支承力 N' ,力 N 和 N' 就是作用力与反作用力。另外球体的重力 G 与水平支承面给球体的向上支承力 N' ,尽管它们是大小相等、方向相反,沿着同一直线作用的两个力,但它们是作用在同一物体(球体)上的,所以它们不是一对作用力与反作用力,应该是一对平衡力。所以在分析作用力与反作用力时,不能同二力平衡公理混淆。

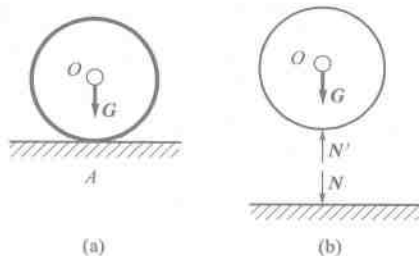


图 1.5

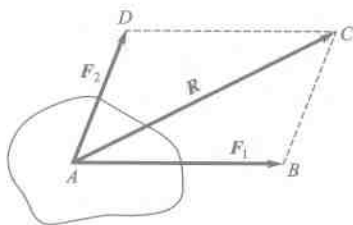


图 1.6

(3) 加减平衡力系公理

在作用着已知力系的刚体上, 加上或减去任意平衡力系, 原力系对刚体的作用效果不变。

这是因为平衡力系对刚体的运动状态没有影响, 所以增加或减少任意平衡力系均不会使刚体的运动效果发生改变。

(4) 力平行四边形公理

作用于刚体上同一点的两个力可以合成一个合力, 该合力的大小和方向由这两个力为邻边所组成的平行四边形并通过二力汇交点的对角线确定。合力的作用线仍通过二力的汇交点。

如图 1.6 所示, F_1 和 F_2 为作用于刚体上 A 点的两个力, 以这两个力为邻边作平行四边形 $ABCD$, 则 F_1 与 F_2 的合力 R 的大小、方向即以平行四边形的对角线 AC 表示, R 的作用线通过两力的作用点 A 。

求 F_1 和 F_2 两力的合力 R , 还可以用矢量表达式:

$$R = F_1 + F_2$$

1.2.2 两个推论

根据上述静力学公理, 可以得出以下两个重要推论。

(1) 力的可传性原理

作用于刚体上的力, 其作用点可以沿着作用线移动到该刚体上任意一点, 而不改变力对刚体的作用效果。

如图 1.7(a) 所示, 设在小车 A 点上作用一力 F 。在力 F 作用线上任取一点 B , 并沿力 F 作用线其 B 点加一对平衡力 (F_1 、 F_2), 使 $F_1 = F_2 = F$ [图 1.7(b)], 由加减平衡力系公理可知, 力系 F_1 、 F_2 、 F 对小车的的作用, 与力 F 单独作用的效果相同。然后再减去平衡力系 F 与 F_1 , 于是刚体上就只剩下作用于 B 点的力 F_2 ($F_2 = F$), 这就相当于将力 F 的作用点沿作用线由 A 点移到 B 点 [图 1.7(c)]。实践证明这两种情况的作用效果完全相同。

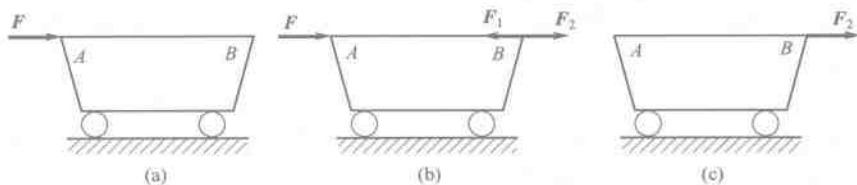


图 1.7



力的可传性原理只适用于刚体而不适用于变形体。

当研究物体的内力、变形时, 将力的作用点沿着作用线移动, 必然使该力对物体的内效应发生改变。如图 1.8(a) 所示杆件 AB , 在 A 、 B 两点分别作用有力 F_1 、 F_2 , F_1 与 F_2 大小相等、方向相反、作用在同一直线上, 在此两力作用下杆件 AB 处于平衡状态。现利用力的可传性原理, 把力 F_1 和 F_2 的作用点沿着作用线移动, 使其作用点对调 [图 1.8(b)], 杆件仍处于平衡状态, 即从杆件的运动状态来说, 没有发生变化; 但杆件的变形却发生了改变, 由原来的受拉变为受压。由此可见, 力的可传性只有力作用在刚体上才适用。

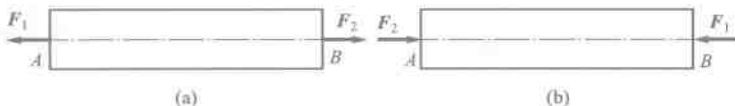


图 1.8