



建筑工人中级技术培训教材

建筑力学

山东省建筑工程总公司 编

山东科学技术出版社

建筑工人中级技术培训教材

建 筑 力 学

山东省建筑工程总公司 编

山东科学技术出版社

建筑工人中级技术培训教材

建筑力学

山东省建筑工程总公司 编

●

山东科学技术出版社出版

(济南市玉函路)

山东省新华书店发行 山东新华印刷厂临沂厂印刷

●

787×1092毫米16开本 9.75印张 210千字

1990年2月第1版 1990年2月第1次印刷

印数: 1—10000

ISBN 7—5331—0635—0/TU·44

定价 3.15元

《建筑工人中级技术培训教材》编委会

主 任 韩 栋

顾 问 蔡振东 谭殿章

委 员 （以姓氏笔画为序）

王桂合 石玉平 刘守铸 刘经亚

孙文达 孙云青 李旭东 陈挺生

陈曾镛 罗文彬 张可军 赵 邨

赵俊卓 郭振铎 顾 瑾 崔先刚

窦学金 譙凤海

出版说明

为了贯彻落实国务院《关于加强职工教育工作的决定》，适应建筑安装企业的发展和满足建筑工人中级技术培训的需要，我们根据原城乡建设环境保护部颁发的《建筑安装工人中级技术理论教学计划和教育大纲》和现行的《建筑安装工人技术等级标准》，结合近年来我省建筑施工实践情况，组织编写了这套《建筑工人中级技术培训教材》。

这套教材共有《建筑识图与制图》、《建筑测量》、《建筑力学》、《建筑机械基础》、《建筑电工》等五门基础课程，以及《木工工艺学》、《砖瓦工工艺学》、《抹灰工工艺学》、《钢筋工工艺学》、《混凝土工工艺学》、《起重架子工工艺学》、《油漆油毡工工艺学》、《电气焊工工艺学》、《中小型建筑机械》、《内燃机构造与修理》等十门专业课程。基础课适用于各有关工种。

这套教材力求使学员掌握本工种的施工技术、工艺、方法的基本理论知识，了解本工种有关的新技术、新材料、新工艺及其发展状况，内容丰富、深度适宜、简明扼要、通俗易懂。这套教材已定为山东省建工系统建筑安装企业的工人中级技术统一培训教材，也可作为技工学校、工人自学和工程技术人员的参考用书。

这套教材在编审过程中，承山东建工学院、山东省建筑安装技工学校、济南市建筑管理局、青岛市建筑安装总公司、烟台市建委、泰安市建委、烟台市建筑公司、淄博市建筑公司、潍坊市第一建筑公司、泰安市第一建筑安装公司、山东省工业设备安装公司等单位大力支持和帮助，特此表示感谢。

山东省建筑工程总公司
《建筑工人中级技术培训教材》编委会
一九八九年七月一日

前 言

本教材是建筑工人中级技术培训教材的基础课程之一，内容包括理论力学的静力学基本知识及材料力学的基本知识，重点讲述了力的基本概念和它的基本规律、平面力系的平衡条件、桁架内力的简单计算、材料的力学性质及变形特点，阐述了材料的组合变形与横截面上应力分布规律，介绍了基本构件的强度、刚度及稳定的简单计算方法。书中所有计量，均采用法定计量单位。全书内容由浅入深，文字力求通俗易懂，并例举许多实例，读者可结合实例学习和掌握理论知识；在各章节末还附有思考题、习题，以促进思考，提高学习效果，也便于教学和自学。

本书由田家香、王鹏同志编写，经刁汉杰同志审核。由于编写时间仓促，书中难免有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

一九八九年三月

目 录

绪论	(1)
第一章 力学基本知识	(4)
第一节 力的基本性质	(4)
第二节 力矩和力偶	(13)
第二章 静力平衡条件及支座反力计算	(22)
第一节 静力平衡条件	(22)
第二节 支座反力计算	(26)
第三章 构件的内力计算	(47)
第一节 内力的基本概念	(47)
第二节 桁架的内力计算	(50)
第三节 梁的内力计算	(58)
第四节 柱的内力计算	(76)
第四章 轴向拉伸和压缩	(81)
第一节 拉杆和压杆的内力和应力	(81)
第二节 拉伸和压缩时的变形	(83)
第三节 材料在拉伸和压缩时的力学性质	(85)
第四节 拉(压)杆件的强度计算	(88)
第五章 剪切和挤压	(93)
第一节 剪切和挤压的概念	(93)
第二节 剪切的应力、应变关系	(94)
第三节 铆接连接计算	(95)
第四节 焊接连接计算	(99)
第五节 榫接连接计算	(100)
第六章 梁的强度和刚度	(105)
第一节 重心、静矩和惯性矩	(105)
第二节 梁的正应力强度计算	(115)
第三节 按剪应力计算梁的强度	(120)
第四节 梁截面的合理形状	(123)
第五节 梁的变形及刚度校核	(125)
第七章 直杆的组合强度计算	(130)
第一节 斜弯曲	(130)
第二节 弯拉(压)的组合	(133)

第三节 偏心拉伸(压缩)	(134)
第八章 压杆稳定	(139)
第一节 压杆稳定的概念	(139)
第二节 欧拉公式	(140)
第三节 压杆的稳定计算	(142)

绪 论

一、建筑力学的任务

建筑力学是土建专业的一门技术基础课，是分析建筑结构构件的受力情况、材料的力学性质和变形特点，研究构件的强度、刚度和稳定等问题的一门科学。在荷载的作用下，构件本身将产生内力和变形，并存在破坏构件的可能性。构件具有一定承载能力（抵抗变形和破坏的能力），其大小决定于构件材料性质、截面的几何形状和尺寸、受力性质、构造情况及工作条件。当荷载超过构件的承载能力时，构件或因强度不足而破坏，或因变形过大而影响正常工作。当构件具有过大的截面尺寸，其承载能力过多的大于构件所受的荷载时，则要多用材料，造成浪费。建筑力学的任务就是在结构设计中，正确地解决和处理荷载和承载能力、可靠度和经济这两对矛盾。具体来说，在实践和科学实验的基础上，将复杂的力学现象进行合理的简化，得到实用的分析方法和计算方法，去指导结构设计工作，使建筑结构在满足可靠度要求的条件下，达到节约材料和降低造价的目的。

二、建筑力学的主要内容

建筑力学的主要内容就是根据实用需要，在建筑力学中运用理论力学和材料力学的理论知识，研究梁、板、柱等基本构件在荷载作用下的受力情况，以及构件在受力情况下的强度、刚度、稳定等问题。

三、房屋结构的作用及组成

1. 房屋结构的作用

一栋房屋必须有骨架支撑，才能形成一个空间，骨架破坏，房屋就要倒塌。支撑房屋的骨架，称为房屋结构，有时也称房屋承重结构。房屋结构在使用和施工过程中，承受着各种力的作用，如房屋本身的自重和作用在房屋上的风、雪、地震以及人群、设备等。这些力在工程上称为荷载。房屋结构承受这些荷载的作用，并将各种荷载的作用通过基础传到地基上去。

2. 房屋结构的组成

房屋结构的组成是根据房屋的不同用途决定的。例如，一般住宅楼的房屋结构是混凝土楼板和砖墙，所以又称砖混结构；单层工业厂房，有单跨或多跨的排架结构，它的主要承重结构为放置在屋架或屋面梁上的大型屋面板，屋架或屋面梁放置在柱子上，基础则支撑着柱子；高层建筑多为框架结构、框剪结构或框筒结构，由多层柱梁组成的框架和连续到顶的剪力墙组成。

房屋的承重结构由各种不同的受力构件组成，构件的形式虽然多种多样，归纳起来有以下三种典型的基本构件：

第一种是梁和板。梁和板均是横向放置，承受着与其轴线垂直的荷载。受力后发生

弯曲，所以称为受弯构件。但是梁在受弯时，伴有受剪，有时还会受扭；而板只有在单向或双向发生弯曲，当单向受弯时称单向板，有时称梁式板，它和梁的受力特点基本相同，和梁不同的是断面形式，板的断面宽而薄，梁的断面高而窄，如图0—1及图0—2所示。双向板是在两个方向发生弯曲，它的受力特点与梁截然不同。

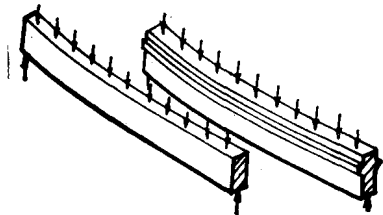


图0—1 梁

第二种是柱和墙。柱和墙是竖向构件，它所承受的荷载是自上而下的，且与构件直线平行，当荷载作

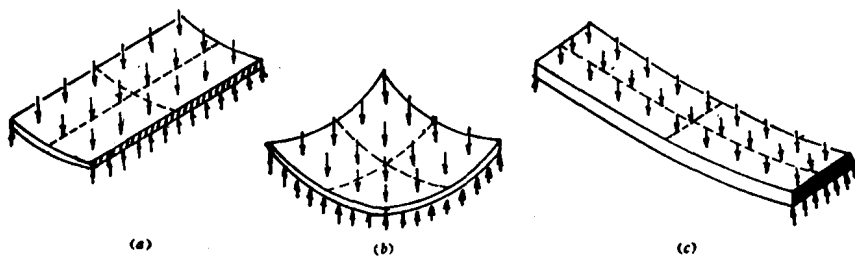


图0—2 板

(a) 单向板 (b) 双向板 (c) 多孔板

用线与构件中心轴重合时，属中心受压构件，当荷载作用线偏离构件中心轴时，构件受压也受弯，称压弯构件，如图0—3(a)、(b)所示。

第三种是拉、压杆件。这种构件多出现在屋架中，其受力特点是荷载作用线平行于杆轴，且与杆轴重合，使杆件伸长或缩短，如图0—3(c)所示。

在实际房屋结构中，除以上三种基本构件外，还常看到由基本构件组合而成的组合结构构件。如桁架、交叉梁系和框架等。基本构件和组合构件均属直线形，是房屋建筑

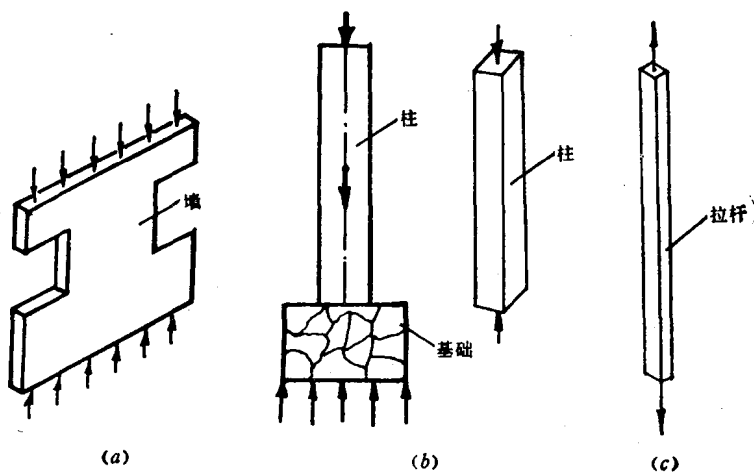


图0—3

中用量最多的结构构件，但是，根据房屋的使用功能和结构上的要求，有时采用曲杆或曲板构件，如壳体结构、悬索结构和拱，如图0—4所示。

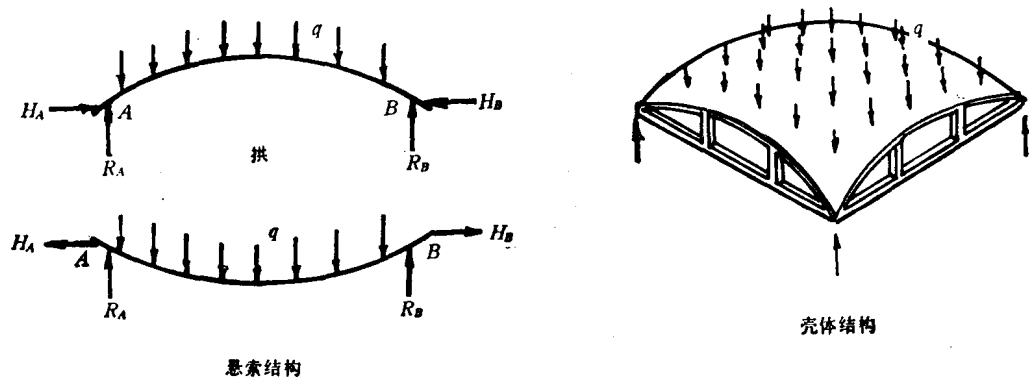
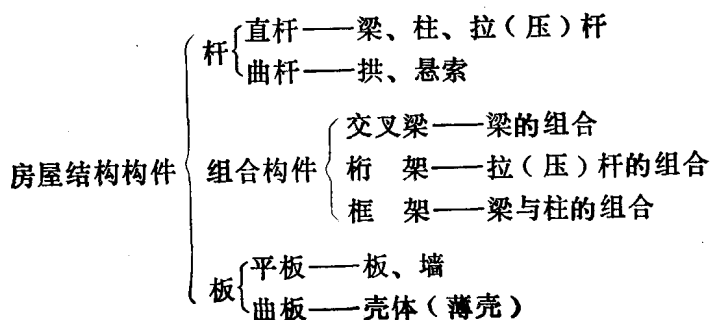


图0—4

综上所述，将房屋结构构件归纳如下：



第一章 力学基本知识

本章主要阐述力的基本概念和它的一些最基本的规律（力、力矩、力偶和作用力与反作用力定律、力的平行四边形法则、合力矩定律、力的平移法则），即静力学的基本内容。

通过本章的学习，要弄清力的基本概念，理解力的基本性质，学会运用这些规律去分析和解决实际工程中的问题，并为求解各种力系的平衡条件打下基础。

第一节 力的基本性质

一、力的定义、效果和三要素

1. 力

在日常生活和生产实践中，处处都存在力，如人推车子、手握砖块、起重机吊装构件、弯曲钢筋等等。概括来说，凡是要促使或限制物体的运动状态和形状发生改变都是力的作用。

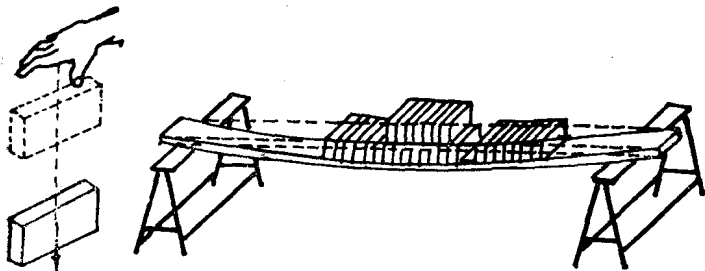


图1—1 重力的作用

人推车子，是力作用到车子上，使车子由静止到运动；弯曲一根钢筋，是力作用到钢筋上，使直钢筋变成弯曲的；手握砖块和脚手板上堆放砖，是由于重力的作用使砖块有坠落的趋势和脚手板发生弯曲，如图1—1所示。

力是物体对物体的一种作用，这种作用使物体的运动状态或物体的形状发生变化。

任何一个力都是在两个物体之间产生的，一个是受力物体，另一个则是施力物体。例如，重力对物体的作用，受力物体为砖和脚手板，施力物体为产生重力的地球；人推车子前进，受力物体为车子，施力物体为人。可见，力不能脱离物体而单独存在。

2. 力的效果

（1）力的运动效果：促使或限制物体运动状态发生变化，称为力的运动效果。所谓物体的运动，包括移动与转动。运动状态的变化包括动静の変化、快慢的变化、方向的变化等。房屋结构要求每个构件处于静止不动的状态，因而它主要涉及力与物体（构件）动静变化的关系。

(2) 力的变形效果：促使或限制物体发生变形与破坏，称为力的变形效果。结构构件与各种物体的实际变形情况是复杂多样的，但通常可归纳为比较简单的五种基本变形，即拉（伸）、压（缩）、剪（切）、弯（曲）、扭（转）。在实际工程上往往出现的都是两种以上的变形组合，如有吊车的工业厂房的柱子在荷载作用下发生压弯变形，屋架的下弦有时发生拉弯变形。

整根构件怎样才能保持静止不动，就是力的运动效果问题，构件的变形大小、能否破坏就是力的变形效果问题。

3. 力的三要素

力对物体作用的效果，取决于力的大小、方向和作用点的位置。例如，用撬棍撬动物体时，施力的方向向下，而力的大小和作用点的远近直接影响撬动的效果，如图 1—2 所示。由此可见，力的作用效果是由它的大小、方向和作用点来确定的。力的大小、方向和作用点，称为力的三要素。这三个要素中任一要素改变，力的作用效果都将改变。要表明一个力，必须指明它的三个要素。

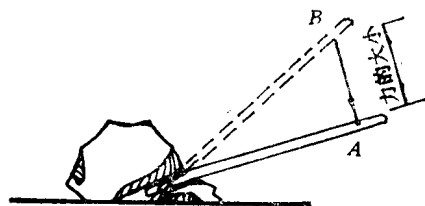
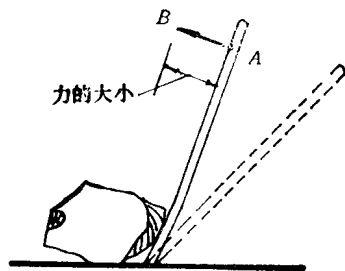


图 1—2 力的三要素

在数学上，一个既有大小又有方向的量，称为矢量（或者称为向量）。力这个物理量就是矢量。有些物理量只有数值而没有方向，称为标量，如面积、时间、长度等都是标量。矢量可以用带箭头的线段来表示，线段的长度（按所选的比例尺）表示矢量的大小，箭头的位置表示力的作用点，箭头的指向则表示矢量的方向。这种表示力的方法，称为图示法。在作力的分析研究时，通常都用这种方法。在图 1—2 中，选用 1 厘米表示 100 牛顿的力，则 AB 长 1.1 厘米时，力为 110 牛顿， AB 长 0.7 厘米时，力就是 70 牛顿，力的作用点为 A 。

在我国的法定计量单位中，力的单位为“牛顿”或“千牛顿”，单位的符号为“N”或“kN”。新旧计量单位的换算见表 1—1。

二、作用力与反作用力

人走路的时候，脚作用于路面一个蹬的力 P ，而路面产生一个相反的作用力 P' ，这样人才得以前进，如图 1—3 (a) 所示。人推车前进的时候，车受作用力 P 而向前移动，同时车必给人手施加力 P' 使手有受压的感觉，如图 1—3 (b) 所示。楼板对梁施加向下的压力 g ，梁对楼板则必有向上的支承力 g' ；梁对墙施加向下的压力 R_A 和 R_B ，墙对梁也必有向上的支承力 R'_A 和 R'_B ，如图 1—3 (c) 所示。总结上述现象可以看出，当一个物体对另一个物体施加作用力时，另一物体必定同时对该物体也施加相应的反作用力。任意两物体之间的作用力，都是相互的、成对出现的，单方面的作用力是不存在的。

表1-1

习用非法定计量单位与法定计量单位的换算关系表

量的名称	非法定计量单位		法定计量单位			换算关系
	名称	符号	名称	符号	号	
力 线分布力 面分布力(压强) 体分布力、重力密度	千克	kgf	牛	N	N	1kgf = 9.806 65N
	吨	tf	千牛	kN	kN	1tf = 9.806 65kN
	千克/米	kgf/m	牛/米	N/m	N/m	1kgf/m = 9.806 65N/m
	吨/米	tf/m	千牛/米	kN/m	kN/m	1tf/m = 9.806 65kN/m
	千克/平方米	kgf/m ²	牛/平方米	N/m ²	N/m ²	1kgf/m ² = 9.806 65N/m ²
	吨/平方米	tf/m ²	千牛/平方米	kN/m ²	kN/m ²	1tf/m ² = 9.806 65N/m ²
力矩、弯矩、扭矩 双弯矩	千克/立方米	kgf/m ³	牛/立方米	N/m ³	N/m ³	1kgf/m ³ = 9.806 65N/m ³
	吨/立方米	tf/m ³	千牛/立方米	kN/m ³	kN/m ³	1tf/m ³ = 9.806 65kN/m ³
	千克·米	kgf·m	牛·米	N·m	N·m	1kgf·m = 9.806 65N·m
	吨·米	tf·m	千牛·米	kN·m	kN·m	1tf·m = 9.806 65kN·m
	千克·二次方米	kgf·m ²	牛·二次方米	N·m ²	N·m ²	1kgf·m ² = 9.806 65N·m ²
	吨·二次方米	tf·m ²	千牛·二次方米	kN·m ²	kN·m ²	1tf·m ² = 9.806 65kN·m ²
应力、材料强度	千克/平方毫米	kgf/mm ²	兆帕	MPa	MPa	1kgf/mm ² = 9.806 65MPa
	千克/平方厘米	kgf/cm ²	兆帕	MPa	MPa	1kgf/cm ² = 0.098 066 5 MPa
	吨/平方厘米	tf/cm ²	千帕	kPa	kPa	1tf/cm ² = 9.806 65kPa
弹性模量 剪切模量	千克/平方厘米	kgf/cm ²	兆帕	MPa	MPa	1kgf/cm ² = 0.098 066 5 MPa
能、功	千克·米	kgf·m	焦	J	J	1kgf·m = 9.806 65J
	吨·米	tf·m	千焦	kJ	kJ	1tf·m = 9.806 65kJ

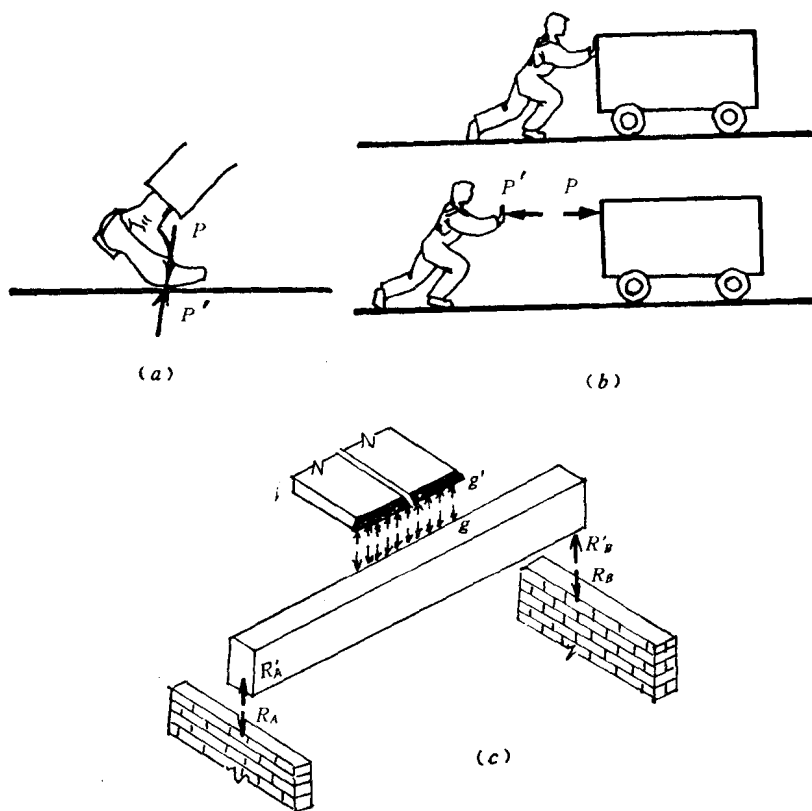


图1—3 作用力与反作用力

无数事实证明：作用力与反作用力必定大小相等、方向相反、沿同一直线分别作用在两个物体上。这一规律称为作用与反作用定律（即牛顿第三定律）。

应当注意，作用力与反作用力是两个物体之间相互作用、相互影响的一对力，它们分别作用在两个不同的物体上，每个力都对各自的受力物体产生相应的运动效果和变形效果。作用力与反作用力互相对立而又互为依存，同时发生、同时变化、同时消失。但必须与大小相等、方向相反、沿同一直线作用在一个物体上的情况相区别。后者不可能对受力物体产生运动效果，而只能使受力物体保持原来的平衡状态（这种情况称为两力平衡）。

三、重力

重力就是地球对物体作用的吸引力。地球周围的一切物体，不论是否同地球接触，都要受到地球吸引的重力作用。在图1—3(c)中，楼板对梁的压力 g 就是重力作用的结果。重力的大小就是物体的重量；重力的方向，总是竖直向下，向着地心；重力的作用点分布在物体的各个部分。在讨论运动效果时，可以认为重力集中作用在物体的重心。对于形状规则，材料分布均匀的物体，它的重心也就是它的形心，如图1—4所示。

体积相同，而材料不同的物体，如1立方米的混凝土与1立方米的木材，其重量显

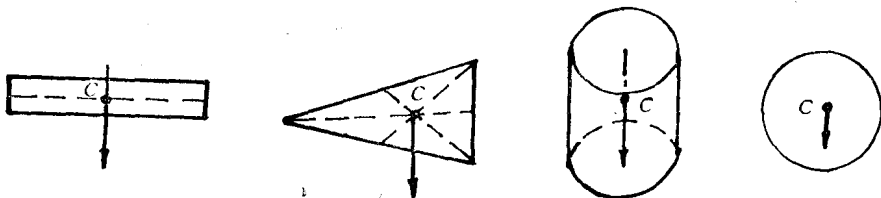


图1—4 重力与重心

然是不同的。单位体积的材料重量，称为容重。容重是材料的重要属性，一般用符号 γ 表示。若物体的体积为 V ，重量为 G ，其组成材料的容重为 γ ，则

$$\gamma = \frac{G}{V} \text{ 或 } G = \gamma V \quad (1-1)$$

容重的常用单位为公斤/立方米。

必须指出，在这里，材料的重量是指材料的质量的多少。

四、作用在物体上的力组

在生活和生产实践中，作用在物体上的力，往往不是一个单独的力，而是由几个力共同作用的一组力。这一组力称为力组（或力系）。根据力组中各力作用的不同特点，可以把力组分为几种类型：

1. 共线力组

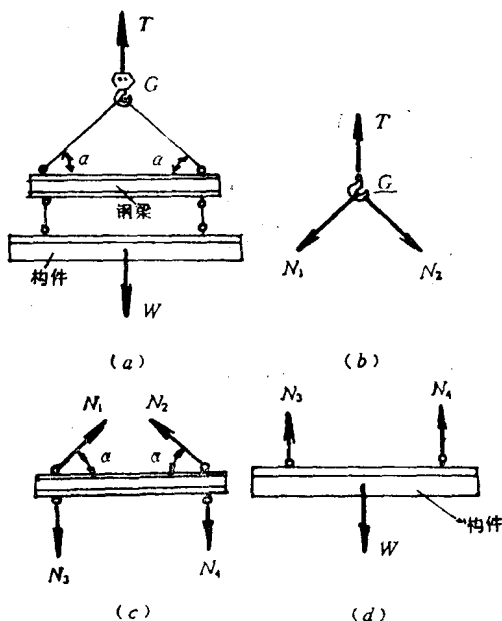


图1—5 平面力组

- (a) 共线力组 (b) 平面汇交力组
(c) 平面一般力组 (d) 平面平行力组

图1—5 (a) 中 T 与 W 为共线力组，其特点是各力的作用线都在同一直线上。拔河比赛时作用在绳子上的力组，就是共线力组。

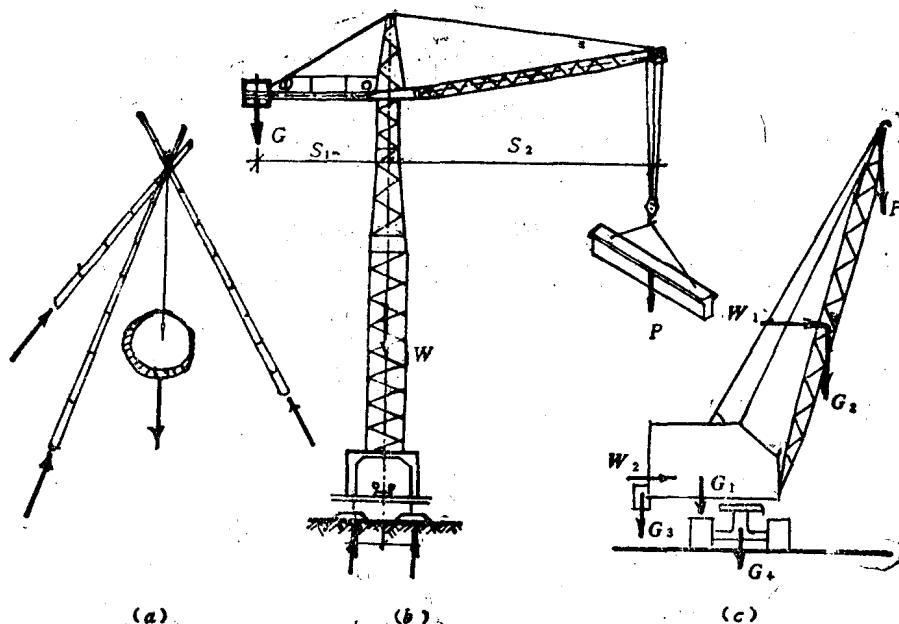
2. 共面力组

共面力组中各力的作用线不是在同一直线上，但都在同一平面内。平面力组又可分为三种：平面力组中各力的作用线全都汇交于一点，叫做平面汇交力组，如图1—5 (b) 所示；平面力组中各力的作用线既不全都平行，也不全都汇交于一点，叫做平面一般力组，如图1—5 (c) 所示；平面力组中各力的作用线全都相互平行，叫做平面平行力组，如图1—5 (d) 所示。

3. 空间力组

空间力组中各力的作用线不在同一平面内。空间力组也可分为空间汇交力组、空间平行力组和空间一般力组，如

图 1—6 所示。建筑工地上的许多起重机具（如倒链、扒杆、井架、塔吊等）及大型空



(a)

(b)

(c)

图1—6 空间力组

(a) 空间汇交力组

(b) 空间平行力组

(c) 空间一般力组

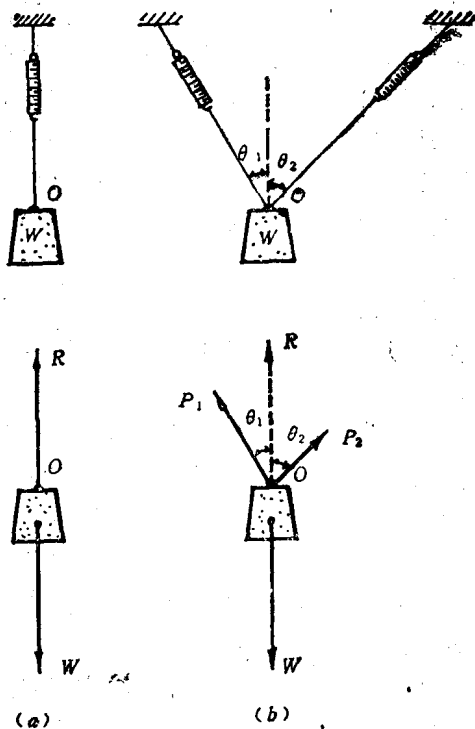
间屋盖结构所受到的力组都属空间力组。

五、力的合成与分解

1. 合力与分力

为了使重物在空中保持静止不动，可以用一根绳施加向上的拉力 R 来与重力 W 相平衡，如图 1—7 (a) 所示；也可用两根绳同时对它施加力 P_1 与 P_2 来和重力 W 相平衡，如图 1—7 (b) 所示。可见，一个力 R 对物体的作用和两个力 P_1 与 P_2 对物体的共同作用，是等效的，是可以互相代替的。

一般说来，如果一个力对物体的作用效果和几个力对物体共同作用的效果完全相同时，则这一个力就叫这几个力的合力，而这几个力则称为这一个力的分力。图 1—7 中的 R 即为 P_1 与 P_2 的合力， P_1 与 P_2 即为 R 的分力。由分力求合力称为力的合成；由合力求分力，称为力的分解。在房屋结构构件受力分析中，常常需要把合力分解成分力或者用



(a)

(b)

图1—7 力的合成与分解