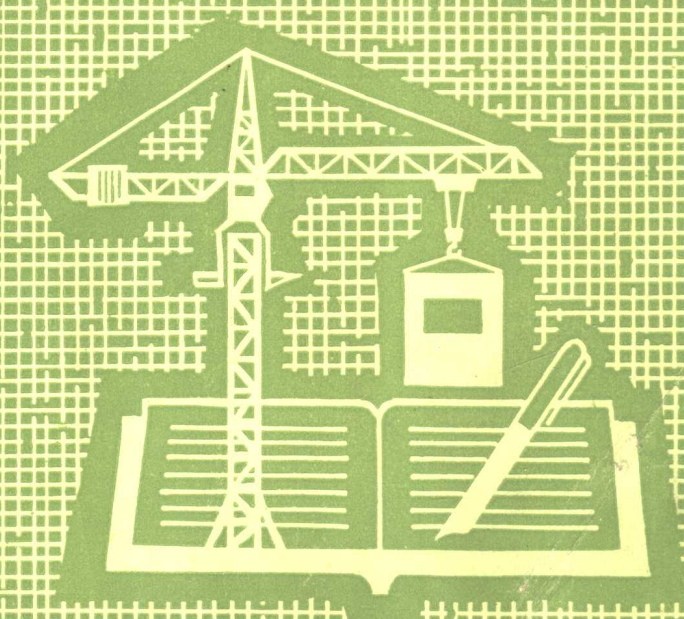


建筑安装技工学校教材

# 建筑力学

土建教材编写组



上海科学技术出版社

建筑安装技工学校教材

# 建 筑 力 学

土建教材编写组 编

上海科学技术出版社

## 内 容 提 要

本书共分十四章,第一章至第七章是静力学部分,包括静力学的基本概念和公理、平面汇交力系、力矩与力偶、平面一般力系、桁架内力计算、空间力系和物体的重心、惯矩等。第八章至第十四章是材料力学部分,主要介绍建筑结构构件的强度、变形和稳定的基本概念和计算方法;并分别叙述直杆受拉伸、压缩、剪切、扭转和弯曲时的应力和应变,梁的内力和强度、刚度计算;最后简要介绍组合变形和压杆稳定等问题。

本书力求适应技工学校教学和技工培训特点,简明扼要、通俗易懂,便于学生学习。每章后面附有思考题和习题。

本书是供全国土建专业技工学校和土建各工种技工培训的统编教材,也可供自学建筑结构知识者参考。

## 建 筑 力 学

土建教材编写组 编

上海科学技术出版社出版

上海瑞金二路(450号)

新华书店上海发行所发行 上海商务印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 12.75 字数 300,000

1983年6月第1版 1983年6月第1次印刷

印数: 1—50,300

统一书号: 15119·2273 定价: (科三) 1.05 元

## 出 版 说 明

为了适应建筑安装技工学校教学工作的需要，从一九八〇年起，原国家建筑工程总局委托上海市建筑工程局等单位共同组织编写了一套土建工程专业课和技术基础课教材，计有《建筑木工工艺学》、《砖瓦抹灰工工艺学》、《建筑力学》、《建筑施工测量》、《建筑电工》、《建筑机械》、《建筑制图与识图》、《建筑施工管理》和《建筑材料》等九种。其中《建筑木工工艺学》和《砖瓦抹灰工工艺学》已由中国建筑工业出版社出版，《建筑力学》等七种由上海科学技术出版社出版。

城乡建设环境保护部劳动工资局

一九八三年二月

## 前 言

本教材是建筑安装技工学校土建工种技术基础课教材中的一种，是根据技工学校教学计划、教学大纲由原国家建工总局劳动工资局委托上海市建工局组织编写的。

本教材以土木建筑工人所需掌握的力学基本知识、基础理论为主要内容。在编写过程中考虑了实际施工需要，贯彻了《土木建筑工人技术等级标准》的四级工“应知”要求，文字力求通俗易懂，便于教学和自学。它既是技工学校的统编教材，也是青壮年职工技术补课和中级工人技术培训的主要参考用书。

本教材由上海市第三建筑工程公司技工学校杨明中同志、上海市第五建筑工程公司技工学校蔡希陶同志和上海市第一建筑工程公司技工学校张建国同志共同编写，主编杨明中。参加审稿的有连云港市建筑技工学校、中国建筑第一工程局，连云港市建筑技工学校万明星同志主审，并帮助作了绘图工作。

编写和审稿过程中，得到许多省、市建工局的大力支持和帮助，谨在此表示感谢。

土建教材编写组  
一九八二年十二月

# 目 录

绪 论 .....	1
第一章 静力学的基本概念和公理 .....	3
第一节 力、合力和平衡 .....	3
第二节 荷载 .....	4
第三节 刚体概念 .....	6
第四节 基本公理 .....	6
第五节 支座和支座反力 .....	8
第六节 示力图 .....	11
思考题 .....	14
习 题 .....	15
第二章 平面汇交力系 .....	17
第一节 平面汇交力系的图解法 .....	17
第二节 平面汇交力系平衡的图解条件 .....	21
第三节 三力平衡定理 .....	22
第四节 合力投影定理 .....	24
第五节 平面汇交力系的数解法 .....	27
第六节 平面汇交力系平衡的数解条件 .....	29
思考题 .....	32
习 题 .....	32
第三章 力矩和力偶 .....	36
第一节 力矩、力矩定理 .....	36
第二节 力偶、力偶互等定理 .....	39
第三节 力偶对轴的投影、力偶对点的矩 .....	40
第四节 平面力偶系的合成和平衡 .....	42
思考题 .....	45
习 题 .....	45
第四章 平面一般力系 .....	49
第一节 力线平移定理 .....	50
第二节 平面一般力系的合成 .....	52
第三节 平面一般力系的平衡条件 .....	54
第四节 静力平衡方程的其他形式 .....	57
第五节 平面平行力系的平衡条件 .....	60
第六节 超静定概念 .....	62
第七节 刚体系的平衡 .....	63
思考题 .....	65
习 题 .....	66

<b>第五章 桁架内力计算</b> .....	<b>71</b>
第一节 结构的几何组成 .....	71
第二节 桁架 .....	73
第三节 节点法求桁架杆件的内力 .....	73
第四节 截面法求桁架杆件的内力 .....	75
第五节 零杆的判别法 .....	78
第六节 桁架杆件的内力系数 .....	79
思考题 .....	81
习 题 .....	81
<b>第六章 空间力系</b> .....	<b>84</b>
第一节 什么叫空间力系 .....	84
第二节 空间汇交力系的平衡方程式 .....	84
第三节 空间一般力系的平衡方程式 .....	88
思考题 .....	92
习 题 .....	92
<b>第七章 重心、静矩和惯矩</b> .....	<b>95</b>
第一节 重心的概念 .....	95
第二节 重心坐标公式、静矩.....	96
第三节 物体重心的求法 .....	97
第四节 惯矩和惯性半径.....	100
思考题 .....	103
习 题 .....	103
<b>第八章 轴向拉伸和压缩</b> .....	<b>105</b>
第一节 工程中的拉伸和压缩杆件.....	105
第二节 轴向拉伸或压缩时的内力和应力.....	106
第三节 拉伸和压缩时的变形.....	108
第四节 材料的力学性质.....	111
第五节 容许应力和安全系数.....	113
第六节 拉伸和压缩时的强度计算.....	114
思考题 .....	116
习 题 .....	116
<b>第九章 剪切和挤压</b> .....	<b>118</b>
第一节 剪切和挤压概念.....	118
第二节 剪切的应力-应变关系 .....	118
第三节 铆接计算.....	120
第四节 焊接计算.....	122
第五节 榫接计算.....	124
思考题 .....	126
习 题 .....	126
<b>第十章 梁的内力</b> .....	<b>128</b>
第一节 直梁平面弯曲的概念.....	128
第二节 梁截面的内力.....	129

第三节	静力法绘剪力图和弯矩图	133
第四节	绘制和校核剪力图、弯矩图的法则	136
第五节	简捷法绘制剪力图和弯矩图	138
第六节	迭加法绘制剪力图和弯矩图	141
思考题		142
习题		143
<b>第十一章</b>	<b>梁的强度和刚度</b>	<b>147</b>
第一节	纯弯曲时的正应力	147
第二节	按正应力计算梁的强度	150
第三节	按剪应力计算梁的强度	152
第四节	梁截面的合理形状	155
第五节	梁的刚度计算	157
思考题		161
习题		161
<b>第十二章</b>	<b>扭转</b>	<b>164</b>
第一节	扭转概念	164
第二节	扭转时的应力和变形	164
第三节	圆杆扭转时的强度和刚度计算	167
思考题		168
习题		168
<b>第十三章</b>	<b>直杆的组合强度</b>	<b>169</b>
第一节	斜弯曲	169
第二节	弯曲与拉伸(或压缩)的组合	171
第三节	偏心拉伸或压缩	174
思考题		177
习题		177
<b>第十四章</b>	<b>压杆稳定</b>	<b>179</b>
第一节	压杆稳定的概念	179
第二节	欧拉公式	180
第三节	压杆稳定的实用计算	183
思考题		186
习题		186
<b>附录 I</b>	<b>型钢钢材规格</b>	<b>188</b>
<b>附录 II</b>	<b>习题答案</b>	<b>193</b>



# 绪 论

## 一、建筑力学的任务和内容

建筑力学是土建专业的一门技术基础课。具体地讲,它是分析建筑结构构件的受力情况、材料的力学性能和变形特点,研究结构构件的强度、刚度和稳定等问题的。通过学习使读者初步掌握建筑力学的基础理论和简单计算,进而为学习其他专业技术知识打好一定的基础。

房屋建筑的主要承重部分是屋架、楼板、梁、柱、墙和基础等基本构件。由这些基本构件组成的体系在房屋建筑中起骨架作用,称为房屋结构。房屋结构在施工和使用过程中要承受各种力的作用,在工程中称这些力为荷载。一个好的建筑结构必须能够安全地承受荷载,并且最经济合理地使用材料。所以说,建筑力学是围绕荷载与结构构件的承载能力这对基本矛盾进行讨论的。

为了解决荷载与结构构件的承载能力这一对基本矛盾,首先应研究结构的受力问题和结构的平衡问题。因此,本书第一章至第七章主要介绍了静力计算问题,其内容包括:力、荷载、基本公理、支座和支座反力、力矩与力偶、各种力系的平衡条件及其应用等。从第八章至第十四章主要研究构件的基本受力情况与变形形式。杆件的受力情况是多种多样的,但按它的变形特点可以归纳为五种基本形式即拉伸、压缩、剪切、扭转和弯曲。书中将针对五种基本受力与变形形式的特点,分别解决荷载与构件承载能力这对基本矛盾。基本矛盾有三种表现形式:

(1) 构件在过大的荷载作用下可能破坏。例如,当吊车起重量超过一定限度时,吊杆可能断裂。因此,设计时要保证构件有足够的强度。这时,基本矛盾表现为“强度问题”。

(2) 在荷载作用下,构件虽有足够的强度,但变形过大,将影响正常使用。例如,吊车梁的变形过大,吊车就不能正常行驶。因此,设计时必须保证构件有足够刚度,使变形量不超过规范允许的范围。这时,基本矛盾表现为“刚度问题”。

(3) 象柱子这类受压构件,如果比较细长,当压力超过一定限度时,原来柱子的直线平衡状态会突然弯曲,以致结构物倒塌,这种现象称为“失稳”。这时,基本矛盾表现为“稳定问题”。

概括起来说,为了保证结构的安全和正常使用,构件必须有足够的强度、刚度和稳定性。也就是说,构件的承载能力是由强度、刚度和稳定性来决定的。

## 二、力学发展史概述

力学是最古老的科学之一。它的发展过程是人类对于物体机械运动的认识过程,而这种认识是通过生产实践来实现的。古代由于农业上的需要,人们使用了水车等灌溉设备;由于建筑上搬运重物的需要,使用了杠杆、滑轮和斜面;由于长距离运输的需要而制造了简单的车子;由于航运的需要而制造了船只。这些生产工具的制造和使用,使人类对物体的机械运动有了初步的认识。但是,在相当长的一段时期里,人类只是积累了一些经验,而没有建

立一套力学的基本概念和理论。直到公元前几百年内,经过一系列试验与研究,才初步奠定了力学理论的一些基础。据史载我国战国时代的墨子(公元前468~382),在他著的《墨经》里已对力和运动下了适当的定义,对于力和运动的关系有了初步的认识,而且对杠杆的平衡问题有了理论性的叙述。与墨子同时代的工匠鲁班在机械制造和建筑结构上的伟大成就,更是大家所熟悉的。之后希腊哲学家亚里士多德(公元前384~322)也提出了杠杆的平衡问题,但是直到阿基米德(公元前287~212)才明确地用普遍的形式加以解决。此外,阿基米德还解决了力学中许多其他问题,奠定了静力学的基础。

由于封建制度的桎梏,在中世纪力学也象其他自然科学一样得不到发展。十五世纪的文艺复兴时期,商业资本开始发达,由于商业与技术的空前繁荣,向科学界提出了许多急待解决的问题。因此,力学也和其他科学一样有了较大的发展。在这个时期里,意大利艺术家、物理学家兼工程师达·芬奇(1452~1519)经过了一系列的实验研究之后,提出了力矩的概念。荷兰物理学家斯蒂芬(1548~1620)由斜面问题的研究得出了力的合成与分解定理,即平行四边形法则。法国科学家伐里农(1654~1722)提出了力矩定理,布安索提出了力偶的概念及有关理论,使静力学的理论得到了进一步的发展。

虽然墨子在《墨经》上已经对力与运动的关系有一些叙述,但没有得到发展。直到天文学家哥白尼(1473~1543)创立了太阳中心说,才真正开始了动力学的研究。当时,刻卜勒(1571~1630)根据哥白尼的学说以及其他天文学家观察得到的资料,得出了有名的行星运动三大定律,也是牛顿万有引力定律的基础。

运动学在十九世纪以前还是合并在动力学内的,后来由于技术的进步,研究机器和机构运动的需要日益增加,运动学才从动力学中分出来成为一个独立部分。

十七世纪前半期,由于封建社会的解体,商业资本开始发达,国际间航海贸易渐盛,采矿冶金工业也在萌芽,新的经济情况提出了一系列新的技术问题,由于对这些问题的研究,材料力学应运而生了。意大利科学家伽利略(1564~1642)首先对建筑材料的力学性质和梁的强度作了初步研究,并于1638年发表了《两种新科学》。奠定这门科学的还有:英国的虎克(1635~1703),他根据弹簧实验的结果,提出了杆件应力与应变成正比的虎克定律;荷兰科学家雅尔普·伯努利(1654~1705)在研究梁的变形时,提出了平面截面的假设;法国科学家库伦(1736~1806)运用了静力方程来分析梁截面上的内力,并提出了有关圆杆扭转的理论;瑞士科学家欧拉(1707~1783)在1744年首先解决了有关压杆稳定的问题。他们的辛勤劳动为世界科学园地创造了宝贵的财富。

随着现代科学技术的飞速发展,力学也同其他学科一样,将会出现更多更新的课题有待我们去努力解决,有待我们去不断完善,运用力学为人类创造更多的宝贵财富。

# 第一章 静力学的基本概念和公理

为了系统地学习建筑力学,我们必须弄清楚有关静力学的一些基本概念和公理。

本章主要阐述力的概念、力的基本公理、支座、支座反力和示力图。这些内容揭示了力作用在刚体上的实质,介绍了刚体受力分析的基本方法。

## 第一节 力、合力和平衡

### 一、力的概念

力这个概念,是人们在长期的生活和生产实践中,通过观察和分析物体的运动而逐渐形成的。人们由从事推车、提重物、抛掷物体、打铁等活动时所感到肌肉紧张,从而对力产生了感性认识。例如小车由静止而运动,是由于小车受到力作用的缘故;物体自高空落下产生加速度,是由于物体受了地心引力的作用。人们从各种简单的生活实例中,由感性到理性,逐步建立起力的概念。认识到力是物体间相互的机械作用,这种作用引起物体机械运动状态的变化或者使物体发生变形。

既然力是一物体对另一物体的机械作用,因此,力不能脱离具体物体而单独存在。在研究某一物体受力时,必须弄清哪一个是受力物体,哪一个是施力物体。现在主要研究由于力的作用,使受力物体的运动状态发生改变的效果。

从经验得知,力对物体的作用取决于三个要素:(1)力的大小、(2)力的作用点、(3)力的方向。为了表示力的大小,工程上常用的单位是公斤(kg)或吨(t)。力的作用点是物体上被力直接作用的部位,我们将它看作一点。力作用于物体时所顺沿的直线称为力的作用线。力的方向包括力的方位和指向,方位由力的作用线表示,而力的指向则决定该力沿其作用线朝向哪一面。

力学中常遇到的量有两种:一种是有向量,例如力、速度等除了考虑它们的大小之外还要指出方向,我们称为矢量。另一种是无向量,如温度、距离、体积等只需用大小就可以表示出来,我们称它为标量。

力是矢量,因此力可用一有向线段表示(图 1-1),由线段的长度来表示力的大小,线段

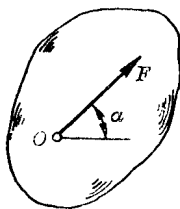


图 1-1

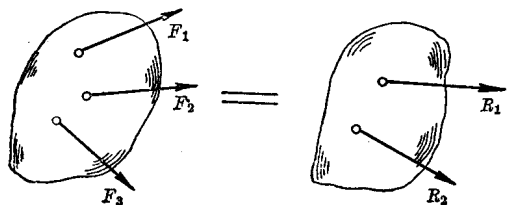


图 1-2

末端的箭头表示力的指向,力的方向由线段的方位和指向表示,力的作用点由线段的起点或终点来确定。

## 二、合力和平衡

为了便于说明问题,首先要介绍几个力学中的基本定义。

力系: 一群力同时作用在一物体上,这一群力就称为力系。

等效力系: 如果有一力系可以代替另一力系作用在物体上而产生同样的机械运动效果,则两力系互相等效,可称为等效力系(图 1-2)。

如用一个力来代替一力系作用在物体上而产生同样效果,则这个力即为该力系的合力(图 1-3)。物体沿着合力的指向作机械运动。所以有合力作用在物体上,该物体一定是运动的。如果要物体保持静止(或作等速直线运动),则合力应该等于零,换言之,要使物体处于平衡状态,则作用在物体上的力系应是一组平衡力系。

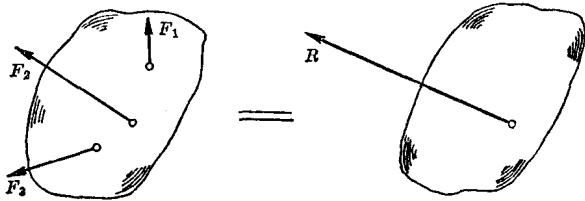


图 1-3

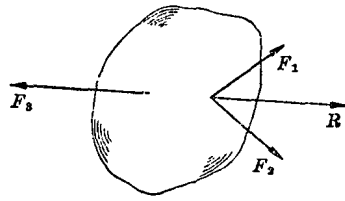


图 1-4

必须指出: 以上所讲的静止是相对地球而言的。如房屋、桥梁、电杆等对地球来讲是静止的,对太阳来讲是随着地球而运动的。在静力学中所讲的运动和静止都是相对于地球而言的。

在一组平衡力系中,每一个力都是另外几个力的平衡力。图 1-4 中  $F_1$ 、 $F_2$  和  $F_3$  组成一组平衡力系,  $F_1$  是  $F_2$  和  $F_3$  的平衡力,同样  $F_2$ ( $F_3$ )也是  $F_1$  和  $F_3$ ( $F_1$  和  $F_2$ )的平衡力。

平衡力系中的某一平衡力  $F_3$ , 如果大小、作用线都不变,而指向相反,即为这组力系中  $F_1$  和  $F_2$  的合力  $R$ 。

## 第二节 荷 载

作用在物体上的力或力系我们统称为外力。作用在建筑结构上的外力称为荷载。如图 1-5 所示混凝土预制板上所受的外力称为荷载。

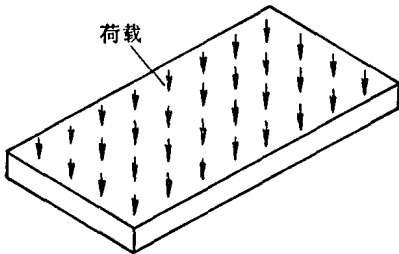


图 1-5

荷载按作用的性质可分为两类:

1. 静荷载(恒载): 长期作用不变的荷载,如构件本身的重量、屋面油毛毡和粉刷层等。

2. 活荷载: 有变动的荷载,例如楼面上人和用具等重量、雪荷载、风荷载、吊车荷载等。

荷载按分布形式可分为三类:

1. 均布荷载: 在荷载的作用面上,每单位面积上的作用力都相等,则叫均布面荷载,用字母  $p$  代表均布面荷载。其单位是公斤/米<sup>2</sup>( $\text{kg}/\text{m}^2$ )或吨/米<sup>2</sup>( $\text{t}/\text{m}^2$ )。在实际计算中经常是把均布面荷载化成每米长度内的均布线荷载,用字母  $q$  代表均布线荷载,其计量单位是

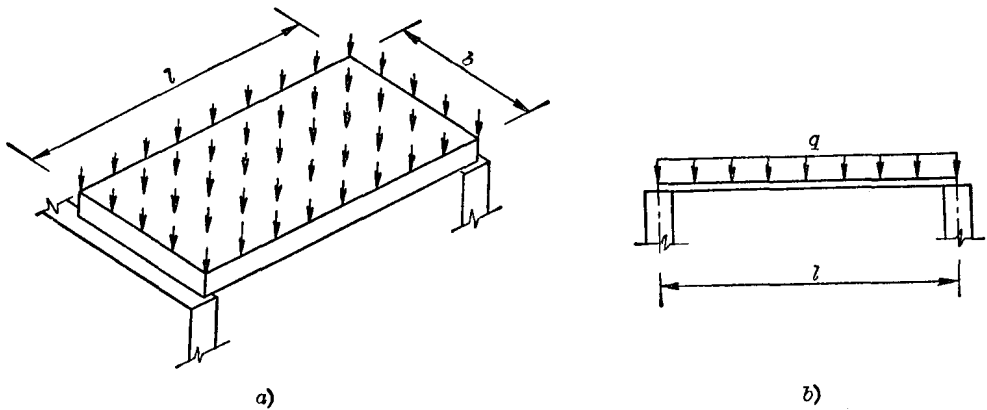


图 1-6

公斤/米(kg/m)或吨/米(t/m)。

图 1-6a)是预制混凝土板,板的平面尺寸 $l \times b$ ,每块板自重为 $W$ ,计算其均布面荷载和沿板的长度方向的均布线荷载。

板的面积  $S = lb$

每平方米上重量,即均布面荷载

$$p = \frac{\text{每块板自重}}{\text{板的面积}} = \frac{W}{lb} = \frac{W}{S} \quad (1)$$

沿板长度方向每米上的重量,即均布线荷载:

$$q = \frac{\text{每块板自重}}{\text{板的长度}} = \frac{W}{l} \quad (2)$$

由(1)得

$$W = pS = plb \quad (3)$$

以(3)代入(2)

$$q = \frac{W}{l} = \frac{plb}{l} = pb \quad (1-1)$$

由以上公式可知,欲将均布面荷载化为均布线荷载,只需将均布面荷载乘以板的宽度即可。

【例 1-1】如图 1-6 所示。预应力钢筋混凝土多孔板 $l=2.68\text{ m}$ , $b=0.79\text{ m}$ ,每块板自重 $W=314\text{ kg}$ ,试计算其均布面荷载和均布线荷载。

【解】板面积为:

$$S = lb = 2.68 \times 0.79 = 2.12\text{ m}^2$$

均布面荷载:

$$p = \frac{W}{S} = \frac{314}{2.12} = 148\text{ kg/m}^2$$

均布线荷载:

$$q = pb = 148 \times 0.79 = 117\text{ kg/m}$$

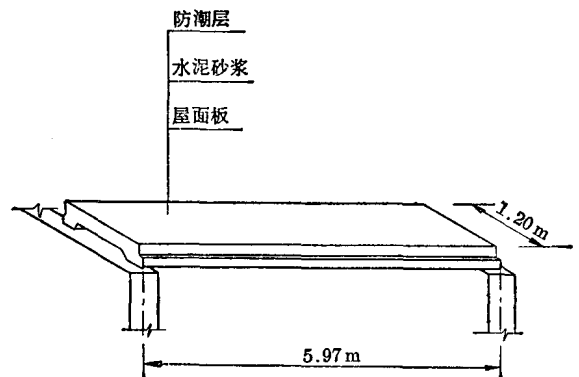


图 1-7

【例 1-2】图 1-7 为预应力混凝土屋面板,屋面板的尺寸 $l=5.97\text{ m}$ , $b=1.20\text{ m}$ ,每块

板自重  $960 \text{ kg}$ ，板的两端搁置在砖墙上，屋面板上的二毡三油一砂防潮层重  $35 \text{ kg/m}^2$ ，再加水泥砂浆找平层  $20 \text{ mm}$  厚，砂浆容重为  $\gamma = 2000 \text{ kg/m}^3$ 。试求每块屋面板的均布线荷载。

【解】 屋面板每单位面积上所受的荷载：

1. 防潮层:	$35 \text{ kg/m}^2$
2. 水泥砂浆找平层 $0.02 \times 2000$	$= 40 \text{ kg/m}^2$
3. 板自重 $\frac{960}{5.97 \times 1.2}$	$= 134 \text{ kg/m}^2$
	$p = 209 \text{ kg/m}^2$

屋面板沿长度方向每米所受的荷载即均布线荷载：

$$q = pb = 209 \times 1.2 = 250.8 \text{ kg/m}$$

2. 非均布荷载：在荷载的作用面上，每单位面积上都有荷载作用，但不是平均分布而是按一定规律变化的。例如挡土墙、水池壁都是承受这类荷载(图 1-8)。

3. 集中荷载：荷载集中作用在一块很小的面积上，为了计算简便起见，可假定为集中作用在一点上。这种荷载称为集中荷载，它的单位是公斤(kg)或吨(t)，通常用字母  $P$ 、 $F$  等表示。

集中荷载在日常生活和生产实践中是经常遇到的。例如人站在脚手板上，人的重量即为集中荷载；工地上起吊构件时，构件的重量通过吊钩和钢丝绳作用于起吊机具上的荷载就是集中荷载；吊车轮子传给吊车梁的轮压也是集中荷载。

本章后面附有民用建筑均布活荷载(表 1-1)和部分材料及构件重量表(表 1-2)，以备查用。

本章后面附有民用建筑均布活荷载(表 1-1)和部分材料及构件重量表(表 1-2)，以备查用。

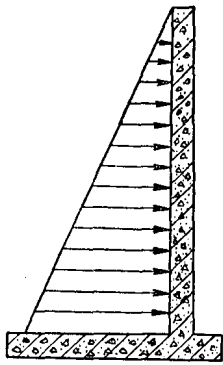


图 1-8

### 第三节 刚体概念

任何物体受外力作用后都有程度不同的变形，一般建筑结构在外力作用下的变形都比较微小，如一般的钢筋混凝土梁的最大挠度不允许超过梁长度的  $\frac{1}{250} \sim \frac{1}{300}$ ，因此在静力计算中通常可以忽略梁的变形，把梁看作非变形体，我们把在外力作用下忽略其几何状态改变的物体假设为刚体。之所以假设为刚体是因为我们在静力计算中主要研究物体在外力作用下的平衡问题，变形问题是次要方面，抓住主要问题略去次要问题，能使计算大为简化。

### 第四节 基本公理

力学公理是人类在长期的生产实践中积累的丰富经验经过分析后得到的力的一些基本规律，这些规律为我们研究力学奠定了必要的基础。

公理一(两力平衡公理)：

一刚体上同时作用着两个力，若使刚体平衡，其必要和充分条件是：两力大小相等，方向

相反,作用在同一直线上。

图 1-9a) 所示刚体受两个力作用,这两个力使刚体保持平衡的必要和充分条件是:  $F_1 = F_2$ , 且两力均沿  $AB$  线作用而方向相反。

应该注意,只有当力作用于刚体时,公理一才能成立。对于变形体,上述条件就不适用了。例如若满足以上条件的两个力作用在一根绳子上,则只有当这两力是张力(其作用是使受力的绳子被拉长)时,绳子才能平衡。(图 1-9b))。

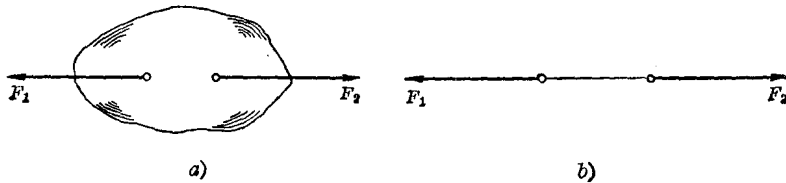


图 1-9

公理二(加减平衡力系公理):

任何一个力系对刚体作用的效果,不因为加入或取消一个平衡力系而改变。

平衡力系作用在刚体上,对刚体的运动状态没有影响,所以加入(或取消)一个平衡力系,刚体运动的效果是不会改变的。

根据公理二,我们可以得出一个重要推论:

作用在刚体上的力沿其作用线移至任何点均不改变此力对刚体的作用效果。

如图 1-10 所示,设有一力  $F$  作用于刚体上的  $A$  点。 $B$  为力  $F$  的作用线上的任一点,在  $B$  点添加方向相反而大小等于  $F$  的两力  $F_1$ 、 $F_2$ 。根据公理一,  $F_1$  和  $F_2$  组成一平衡力系,所以根据公理二知  $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F$  三力的作用效果与  $F$  一力的作用效果相同,同时  $F$  与  $F_2$  也组成一平衡力系。因为除去平衡力系不影响原力系的效果。因此除去  $F$  与  $F_2$ ,只剩下  $F_1$  一个力。 $F_1$  与  $F$  的大小、方向、作用线都相同,只是作用点从  $A$  点移至  $B$  点,作用效果不变。力可沿其作用线移动的性质叫做力的可传性。

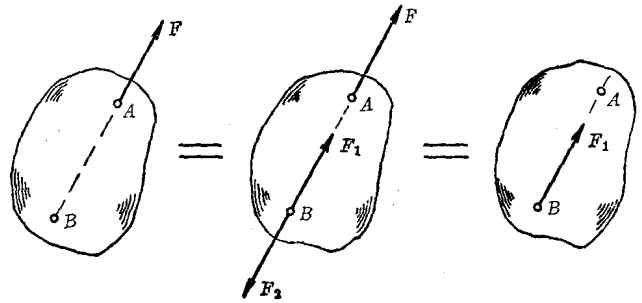


图 1-10

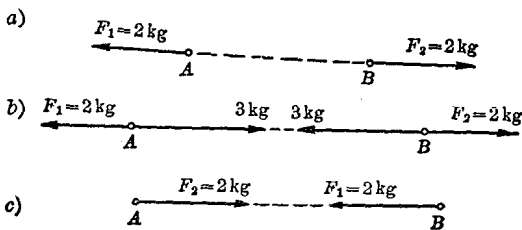


图 1-11

(图 1-11c)), 则绳子亦不能维持平衡。由此可见公理二及推论只当力作用在刚体上才适用。

公理三(平行四边形公理):

作用于刚体上一点的两个力的合力亦作用于同一点，且合力可用这两力为边的平行四边形的对角线来表示。

如图 1-12 所示， $F_1$  和  $F_2$  作用于刚体上的  $O$  点。以这两力为边作平行四边形  $OACB$ ，则合力  $R$  的大小及方向即以这平行四边形的对角线  $OB$  表示， $R$  作用在两已知力的作用点  $O$ ，其关系可用下式表示：

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

用黑体字表示几何加法。

公理四(作用反作用公理)：

作用力与反作用力总是同时存在，且大小相等、方向相反、沿一直线作用，但作用在两个相互作用的物体上。讲具体些就是：如甲物体有一力作用在乙物体上，则乙物体同时对甲物体有一反作用力，且这两个力的大小相等、方向相反、沿同一直线相互作用。

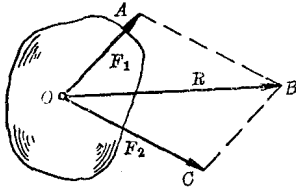


图 1-12

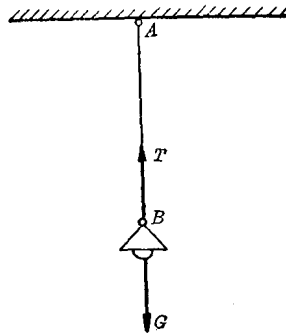


图 1-13

如图 1-13 所示， $AB$  绳的  $A$  端固定于平顶上， $B$  端系一电灯。分析一下这里有哪些力构成作用力和反作用力的关系：(1) 在  $A$  点绳子拉平顶的力(向下)与平顶吊住绳子的力(向上)；(2) 在  $B$  点绳子吊住电灯的力  $T$ (向上)与电灯拉紧绳子的力(向下)。

从上例可知，虽然作用力与反作用力大小相等、方向相反、沿同一直线作用，但它们不是平衡力系，因为它们不是作用在同一物体上的两个力，而是作用在两个物体上，所以不能同两力平衡公理混为一谈。

### 第五节 支座和支座反力

在空间能自由地作任意方向运动的物体称为自由体。物体在某方向的运动受到限制，这种物体称为非自由体。图 1-13 中，重物被绳子吊在平顶下，这物体就受到绳子的限制，使重物向下运动成为不可能，这重物就是一个非自由体。工程中的结构物都是非自由体，如梁搁置在墙垛上，屋架搁置在柱子或墙墩上等等。

使非自由体在某一方向不能自由运动的阻止称为约束，由于约束引起的沿约束方向阻止物体运动的力称为约束反作用力，简称为约束反力。图 1-13 中绳子拉住电灯以限制其向下落的张力  $T$  就是约束反力。约束反力的方向与被约束物的运动方向相反，这是决定各种类型的约束反力方向的一个重要原则。

使物体运动或有运动趋势的力称为主动力。如物体的重力就是主动力。如果没有主动



力或物体没有运动的趋势,约束反力就不会产生,所以约束反力产生的前提是物体有运动的趋势和约束性能。如图 1-14a) 及图 1-15a) 中 A 点虽有约束,但在约束方向上并没有运动的趋势,所以并不产生约束反力。而图 1-14b) 及图 1-15b) 中 A 点都有约束反力。要分析约束反力,首先要考虑在沿约束反力的方向上,物体是否有运动的趋势,其次分析约束的可能,最后决定是否产生约束反力。

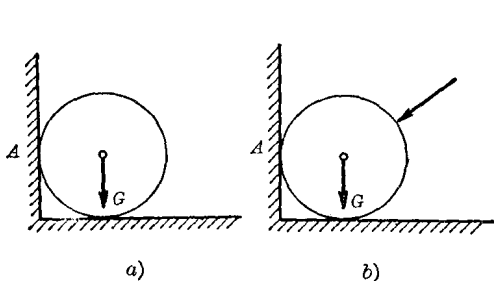


图 1-14

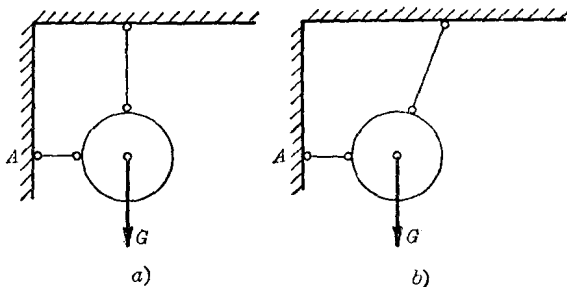


图 1-15

现在来讨论几种常见的约束类型及其约束反力方向的确定:

### 一、柔体约束(如绳索或链条等)

由于绳索只能阻止物体沿着绳索伸长的方向运动,所以绳索的约束反力沿着绳索背向物体,如图 1-16 所示的  $T$  和图 1-17 所示的  $T_1$  和  $T_2$ 。

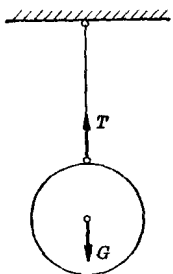


图 1-16

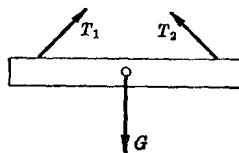


图 1-17

### 二、光滑接触表面约束

因为接触表面是光滑的,沿接触表面的切线方向摩擦力非常小,可不考虑接触表面的摩擦力,这样光滑表面只能阻挡物体垂直于接触面运动,所以约束反力的方向是沿接触面的法线方向,作用点为接触点,如图 1-18 和图 1-19 所示的  $N_1$  和  $N_2$ 。

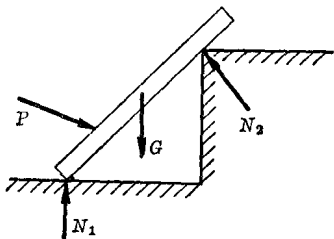


图 1-18

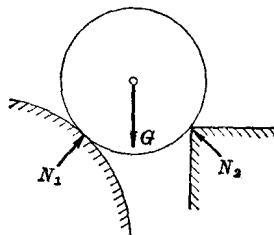


图 1-19

### 三、固定铰链支座

这种支座是将一固定的圆柱形铰链(或称销钉)套入被约束物体上事先钻好的圆孔内,