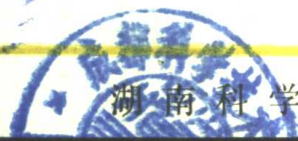


767770  
● 沈蒲生 王兰生 陈增林编译

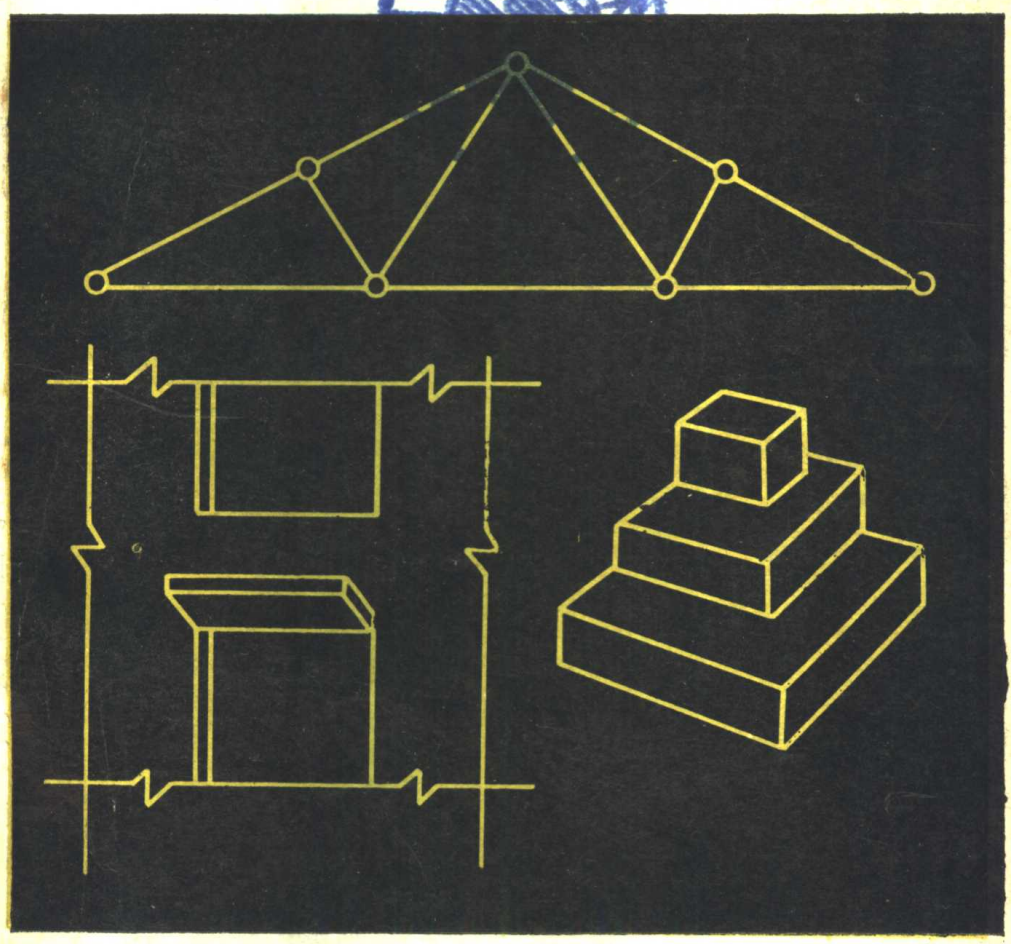
551  
3442

# 结构基础理论与 与例解

湖南科学技术大学图书馆  
藏书



湖南科学技术出版社



551  
3442

551  
3442

# 结构基础理论与例解

沈蒲生 王兰生 陈增林编译

湖南科学技术出版社

## 结构基础理论与例解

沈蒲生 王兰生 陈增林编译

\*

湖南科学技术出版社出版

(长沙市展览馆路14号)

湖南省新华书店发行 湖南省新华印刷二厂印刷

\*

1985年9月第1版第1次印刷

开本：850×1168毫米 1/32 印张：12.5 字数：326,000

印数：1—12,300

统一书号：15204·151 定价：2.40元

# 序 言

本书系根据K·F·Logie的Structures, Basic Theory with Worked Examples (《结构的基础理论与例解》)一书编译而成。书中专门阐述有关结构的一系列基础理论,这些理论是建筑设计的基本依据。全书从结构的定义、分类、研究对象、计算简图、几何构造分析、静力平衡条件等基本知识讲起;进而介绍静定结构的一般概念和解题步骤;然后分章叙述静定梁、静定桁架、静定刚架、静定拱的力学知识和解题方法;再进而叙述桁架与梁的位移计算、共轭梁定理、克拉克·马克斯韦互等定理、超静定结构以及力法、位移法、力矩分配法、最小应变能法、两铰拱、穆勒——布鲁劳定理等多项法则和定理。这样由浅入深,循序渐进,有利于初学者理解和接受。同时,它还具有下列特点:(1)理论阐述上比较简单明瞭;(2)有较多的例题和习题;(3)关于变形的计算以及应变能理论的讨论较详细;(4)在最后一章中,通过一个装配式钢筋混凝土楼盖设计计算实例,说明了基本理论和基本方法在实际工程中是如何应用的。

本书可供具有高中文化水平的读者自学,也可作为土建专业短训班教材以及土建类中等专科学校和大专院校学生的课外参考书。

由于我们水平所限,书中错误之处在所难免,欢迎读者批评指正。

编译者

1985年3月

3030169

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	( 1 )
§ 1—1 结构的定义.....	( 1 )
§ 1—2 结构的分类.....	( 3 )
§ 1—3 结构理论的研究对象.....	( 5 )
§ 1—4 结构的计算简图.....	( 11 )
§ 1—5 结构的几何构造分析.....	( 18 )
§ 1—6 静力平衡与静力平衡条件.....	( 21 )
§ 1—7 静定结构与静不定结构的概念.....	( 25 )
<b>第二章 静定结构的一般概念</b> .....	( 26 )
§ 2—1 静定结构的几何构造特点.....	( 26 )
§ 2—2 静定结构的解题步骤.....	( 27 )
§ 2—3 静定结构的静力特性.....	( 31 )
<b>第三章 静定梁</b> .....	( 33 )
§ 3—1 概述.....	( 33 )
§ 3—2 简支梁.....	( 33 )
§ 3—3 悬臂梁.....	( 45 )
§ 3—4 伸臂梁.....	( 48 )
§ 3—5 多跨静定梁.....	( 56 )
§ 3—6 例题.....	( 61 )
§ 3—7 习题.....	( 69 )
<b>第四章 静定桁架</b> .....	( 71 )
§ 4—1 概述.....	( 71 )
§ 4—2 用结点法求杆件内力.....	( 73 )
§ 4—3 用截面法求杆件内力.....	( 80 )
§ 4—4 几种形式桁架受力情况的分析.....	( 83 )

§ 4—5	例题	( 84 )
§ 4—6	习题	( 90 )
<b>第五章</b>	<b>静定刚架和静定拱</b>	( 92 )
§ 5—1	刚架的形式及特点	( 92 )
§ 5—2	刚架计算例题	( 93 )
§ 5—3	拱的形式及特点	(105)
§ 5—4	静定拱的计算方法	(106)
§ 5—5	三铰拱计算例题	(111)
§ 5—6	习题	(117)
<b>第六章</b>	<b>桁架和梁的位移计算</b>	(119)
§ 6—1	位移的重要性	(119)
§ 6—2	应变能	(119)
§ 6—3	卡斯提里阿诺第一定理	(120)
§ 6—4	卡斯提里阿诺第一定理的修正——单位 荷载法或虚拟荷载法	(121)
§ 6—5	桁架的位移计算例题与习题	(122)
§ 6—6	弯曲的应变能	(131)
§ 6—7	图形相乘法	(134)
§ 6—8	梁的挠曲线微分方程式	(137)
§ 6—9	单跨静定梁的挠度和转角计算的例题与 习题	(141)
<b>第七章</b>	<b>共轭梁定理</b>	(146)
§ 7—1	概述	(146)
§ 7—2	共轭梁的支承	(151)
§ 7—3	例题	(155)
§ 7—4	单位的说明	(158)
<b>第八章</b>	<b>克拉克·马克斯韦互等定理</b>	(160)
§ 8—1	概述	(160)
§ 8—2	挠度互等定理	(160)

§ 8—3	转角互等定理	(163)
§ 8—4	线位移与角位移互等定理	(166)
§ 8—5	例题	(168)
§ 8—6	习题	(176)
<b>第九章</b>	<b>超静定结构的一般概念</b>	<b>(178)</b>
§ 9—1	概述	(178)
§ 9—2	超静定结构的优缺点	(178)
§ 9—3	结构内部超静定次数的确定	(179)
§ 9—4	结构外部超静定次数的确定	(180)
§ 9—5	超静定结构的计算方法	(182)
<b>第十章</b>	<b>力法</b>	<b>(184)</b>
§ 10—1	力法的基本概念	(184)
§ 10—2	力法的基本结构	(184)
§ 10—3	力法的典型方程式	(186)
§ 10—4	用力法解题的步骤	(188)
§ 10—5	例题	(189)
§ 10—6	温度改变和支座位移对超静定结构的 影响	(200)
§ 10—7	超静定结构的位移计算	(204)
§ 10—8	习题	(205)
<b>第十一章</b>	<b>位移法</b>	<b>(208)</b>
§ 11—1	单跨超静定梁的转角位移方程式	(208)
§ 11—2	位移法的基本未知数	(214)
§ 11—3	位移法的基本结构	(214)
§ 11—4	位移法的典型方程式	(215)
§ 11—5	位移法的解题步骤	(218)
§ 11—6	例题	(219)
§ 11—7	习题	(225)
<b>第十二章</b>	<b>力矩分配法</b>	<b>(227)</b>

§ 12—1	简介	(227)
§ 12—2	力矩分配法的优点	(227)
§ 12—3	力矩分配法的直观概念	(227)
§ 12—4	使用的术语	(229)
§ 12—5	塑胶板条的应用	(241)
§ 12—6	分配系数	(245)
§ 12—7	分析步骤与平衡过程	(248)
§ 12—8	例——一端有悬臂的连续梁	(251)
§ 12—9	画弯矩图	(254)
§ 12—10	画剪力图	(256)
§ 12—11	例——有支座沉陷的连续梁	(258)
§ 12—12	一种简捷方法 (用于对称状态)	(260)
§ 12—13	例题	(262)
§ 12—14	门式刚架	(263)
§ 12—15	例题	(266)
§ 12—16	弹性支座上的连续梁	(273)
§ 12—17	例题	(276)
§ 12—18	矩形刚架或涵洞	(279)
§ 12—19	力矩分配法例题	(283)
§ 12—20	力矩分配法习题	(296)
<b>第十三章</b>	<b>最小应变能法</b>	<b>(302)</b>
§ 13—1	卡斯提里阿诺第二定理	(302)
§ 13—2	例题	(303)
§ 13—3	杆件制作误差的影响	(305)
§ 13—4	正应力与弯曲应力	(306)
§ 13—5	例题	(309)
§ 13—6	超静定结构的习题	(326)
<b>第十四章</b>	<b>两铰拱</b>	<b>(331)</b>
§ 14—1	用应变能法分析两铰拱	(331)
§ 14—2	两铰抛物线拱: 确定水平推力	(338)



§ 14—3	两铰拱实例	(342)
§ 14—4	拱的习题	(354)
<b>第十五章</b>	<b>穆勒——布鲁劳定理</b>	<b>(357)</b>
§ 15—1	穆勒——布鲁劳定理	(357)
§ 15—2	挠度影响线	(357)
§ 15—3	反力影响线	(360)
§ 15—4	例题	(361)
§ 15—5	连续梁固定端的力矩影响线	(365)
§ 15—6	连续梁固定端的力矩影响线例题	(365)
§ 15—7	连续梁中间支承点的力矩影响线	(369)
§ 15—8	连续梁中间支承点的力矩影响线 例题	(369)
§ 15—9	穆勒——布鲁劳定理的习题	(372)
<b>第十六章</b>	<b>楼盖实例分析</b>	<b>(376)</b>

# 第一章 绪 论

在开始学习结构的基础理论时，先要熟悉一些基本名词，建立一些基本概念，例如，什么叫做结构？结构可以分成哪些类型？结构计算的任务是什么？在进行结构计算时，为什么要对结构进行简化？怎样对结构进行简化？在着手进行结构分析之前，为什么要对结构的几何构造进行分析？怎样对结构的几何构造进行分析？什么是静力平衡条件？什么是静定结构？什么是静不定结构？为什么要将结构区分为静定的与静不定的？诸如此类的问题，将在本章中进行讨论。

## § 1—1 结构的定义

在日常生活中，读者或许听到过“结构”这个词，例如“文章结构”、“人口结构”、“工程结构”等等。结构这个词，在不同的场合下，含义不完全相同。那么，什么是工程结构（即本书所讨论的对象，以下简称为结构）呢？为了说明这个问题，让我们先来看一个实例。

图1.1所示为某住宅的剖面图。它的屋盖是由红平瓦和倒T形板所组成，楼盖是由小梁和小板所组成。红平瓦将自己的重量以及屋面上雨雪等重量传递给倒T形板，由倒T形板传递给砖墙，由砖墙传递给基础，再由基础传递到地基上。此外楼盖上的小板将楼面上人群和家具等重量传递给小梁，由小梁将重量传递给砖墙和砖柱，由砖墙和砖柱将重量传递给基础，再由基础传递到地基上。图1.1中的倒T形板、小板、小梁、砖墙、砖柱、天沟等，统称为房屋的构件。它们是组成一幢房屋的基本单元体，相当于组成一部机器的各种机械零件。

按照受力的观点，房屋中的构件可以分为两种类型：一类构件是，它不但承受自身的重量，而且直接或间接地承受其它构

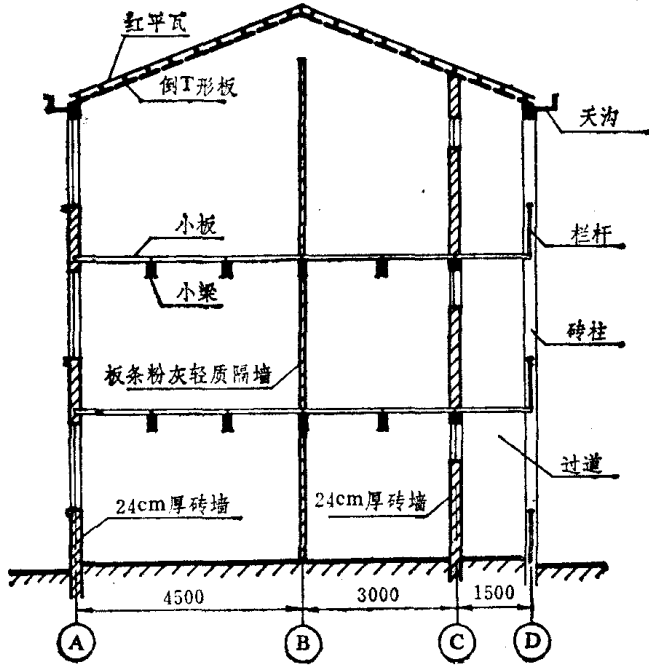


图1.1 某住宅剖面图

件或其它物体的重量。图1.1中的小梁、小板、倒T形板、天沟、A、C轴线上的砖墙以及D轴上的砖柱等便属于这一类构件。不能随意地将这一类构件拆除，它们的存在与否，关系到房屋的安全。另一类构件是，它除了承受自身的重量以外，不再直接或间接地承受其它的重。图1.1中B轴线上板条粉灰的轻质隔墙便属于这一类构件。它只承受自身的重量，它的重量由它底部的小梁传递到砖墙上。可以将这一类构件随意地拆除，它们的存在与否，不会危及到房屋的安全。习惯上将前一类构件称为承重构件，将后一类构件称之为非承重或自承重构件。结构是由各种承重构件所组成的承重骨架，那些自承重构件不属结构的部分。

## § 1—2 结构的分类

结构按其外形尺寸和受力特征可以分成下面四种类型：

### 一、杆件结构

由杆件组成的结构称为杆件结构。杆件的特征是，沿长度方向的尺寸远大于沿宽度和高度方向的尺寸（图1.2）。杆件的截面可以是方形、矩形、圆形或者其它形状，截面尺寸可以沿杆件长度方向相同，也可以沿杆件长度方向变化，前者称为等截面杆件，后者称为变截面杆件。

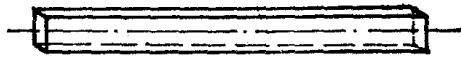


图1.2

最常见的杆件结构类型有梁、桁架、框架、排架等。它们的代表形式分别绘在图1.3中。杆件结构是实际工程中数量最大、使用面最广的结构，也是本书主要要讨论的对象。

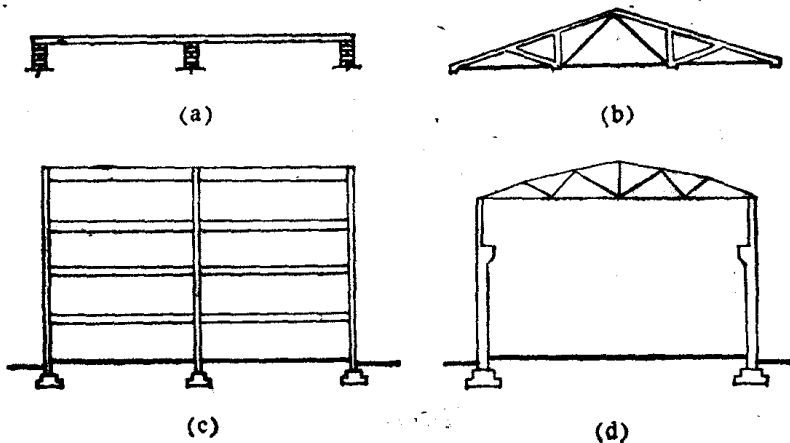


图1.3

### 二、板壳结构

由板或壳组成的结构称为板壳结构。板和壳的共同特点是，它们的厚度远比其长度和宽度来得小。其中，平者为板，曲者为

壳。板的代表形式如图1.4a，壳的代表形式如图1.4b。

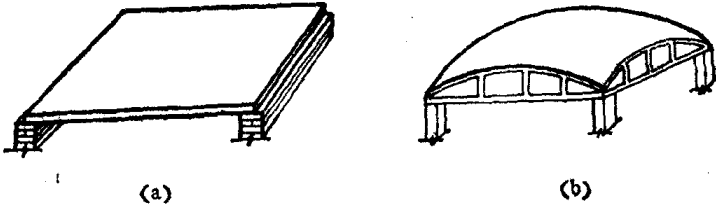


图1.4

### 三、块体结构

块体结构是指长度、宽度和高度三个方向的尺寸相差不大的结构，如挡土墙、柱下基础和各种设备基础等。图1.5中所示为挡土墙以及柱下基础的示意图。

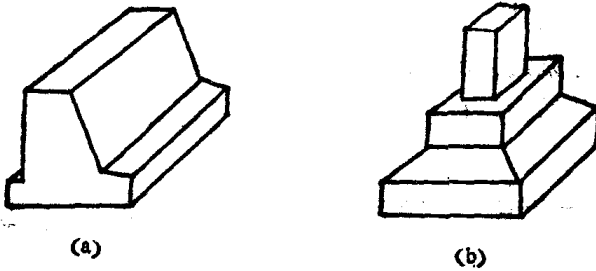


图1.5

### 四、悬索结构

由柔性缆索及其支承构件所组成的结构称为悬索结构（图1.6）。在悬索结构中，柔性的缆索只能承受拉力。

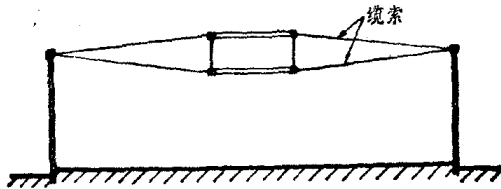


图1.6

结构还可以按制作的材料性质分为钢结构、木结构、砖石结

构和钢筋混凝土结构等四种基本结构，以及由这四种基本结构组成的各种混合结构。房屋结构用料的选择，取决于房屋的用途、受力的大小以及当地材料的供应条件等。例如，冶金高温车间的厂房常采用钢屋架、钢柱做成的钢结构。机械类厂房及多层和高层房屋常采用钢筋混凝土结构。一般的办公楼和住宅常采用钢筋混凝土梁板做楼盖和屋盖，用砖做墙柱的钢筋混凝土——砖石混合结构。有些食堂和小型礼堂等则采用木屋盖及砖墙柱做成的砖木混合结构。

此外，还可以将结构分为平面结构和空间结构。当结构上的所有构件的轴线以及作用在结构上的所有外力都位于一个平面内时，这样的结构为平面结构；否则便称为空间结构。

### § 1—3 结构理论的研究对象

在讨论结构理论的研究对象之前，先来建立力和位移的概念。

#### 一、力的概念及分类

读者从中学的物理学课程中已经了解到：力是物体与物体间的相互作用，这种作用使物体的运动状态发生改变。例如，人用手将一只小箱从地面提起时，人对此小箱要施加一个力，由于这个力的作用，小箱将发生向上运动（图1.7a）。

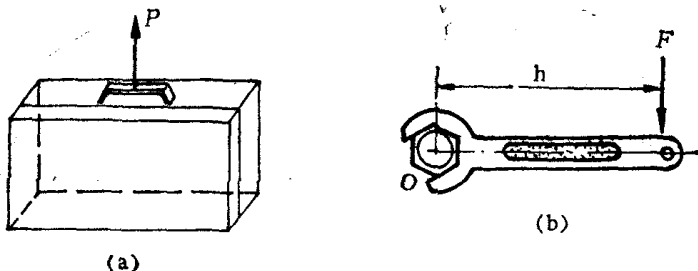


图1.7

力除了可以使物体沿某一方向发生移动以外，还可以使物体绕某一点发生转动。例如，用扳手拧紧螺钉时（图1.7b），力 $F$ 将

使扳手和螺钉一起绕螺钉的轴 $O$ 转动。力 $F$ 对某一点的转动效应，称为力对该点（或称矩心）之矩，简称为力矩。力矩的大小可以用下面的式子来计算：

力矩 = 力的大小  $\times$  力作用线到矩心的距离

在力到矩心的距离（简称为力臂）不变的情况下，力愈大，力矩愈大。同样，在力的大小保持不变的情况下，力臂愈大，力矩也愈大。因此，用柄长的扳手拧螺钉，比用柄短的扳手拧相同的螺钉要省力些。

因为力矩的大小等于力的大小乘力臂，因此，当力的作用线通过矩心，即力臂为零时，力矩等于零。

力矩是有方向的量。它可以绕矩心顺时针转动，也可以绕矩心逆时针转动。

当力的单位采用牛顿（ $N$ ）或千牛顿（ $KN$ ）\*，力臂的单位采用米（ $m$ ）时，则力矩的单位为牛顿米或千牛顿米。

力是一个矢量，即是具有大小、方向和作用点的量。它可以用带有箭头的线段表示。用线段的长度表示力的大小或在力的符号旁边加上一个数字说明其大小，或用一字母说明其名称；箭头表示力的方向；线段所在的位置表示力的作用点。图 1.7 中便是用这种方法表示力的。

力可以被分解。例如，可以将一个平面上的力沿两个任意方向进行分解。将一个平面上的力沿两个任意方向分解的方法是按照平行四边形的法则，即是被分解的力为平行四边形的对角线，沿两个方向的分力是平行四边形的对应边长。例如，已知图 1.8 所示平面上的力 $P$ ，要求将它沿 $x$ 轴和 $y$ 轴分解时，可以象图 1.8 一样作一个平行四边形，其中， $P_x$ 是力 $P$ 在 $x$ 轴上的分量， $P_y$ 是力 $P$ 在 $y$ 轴上的分量。

如果要求将力 $P$ 沿不在一个平面内的三个方向 $x$ 、 $y$ 和 $z$ 轴上分解，则须采用平行六面体法则，力 $P$ 为该平行六面体的对角线，

---

\* 1千牛顿 = 101.972公斤

$P_x$ 为力 $P$ 在 $x$ 轴上的分量,  $P_y$ 为力 $P$ 在 $y$ 轴上的分量,  $P_z$ 为力 $P$ 在 $z$ 轴上的分量 (图1.9)。

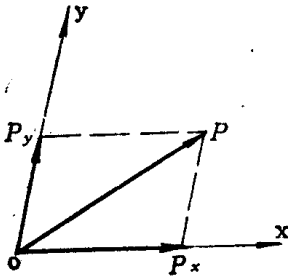


图1.8

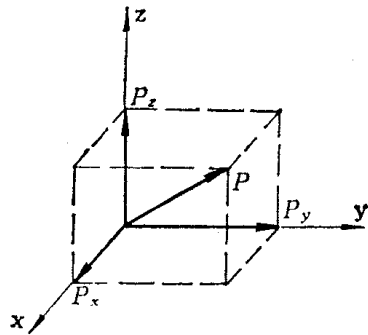


图1.9

与力的分解相反, 两个或两个以上的力也可以合成为一个力。如果各力位于同一平面上, 可以采用平行四边形法则将力两两依次合成, 合力为平行四边形的对角线。如果各力不在同一平面上, 可以采用平行六面体法则。在特殊情况下, 如果各力位于同一坐标轴上, 它们的合力大小等于各力的代数和, 如果合力为正值, 它的方向与轴的正方向一致, 否则便与轴的正方向相反。

在结构分析中, 将力分为:

#### (一) 荷载

主动作用在结构或构件上的力称为荷载。例如, 将家具放在楼板上, 家具的重量是一种楼面荷载。风对墙体的压力, 称为风荷载。

作用在结构上的荷载可以分为恒荷载与活荷载两种类型。恒荷载是指在结构整个使用过程中都作用在结构上的不变荷载, 例如结构本身的重量、土壤的重量等。活荷载是指作用在结构上的可变荷载, 例如多层房屋中, 楼面的人群荷载、屋面上的雨雪荷载以及墙面上的风荷载等, 它们有时候出现, 有时候不出现, 荷载的数值有时候大, 有时候小。

为了使得结构设计人员对荷载的取值有一个统一的标准, 国家建筑科学研究院等单位在进行了大量的调查统计之后, 制订了



《工业与民用建筑结构荷载规范》，对各种荷载的取值作了明确的规定，供设计人员查阅。

### (二)反力

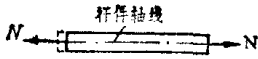
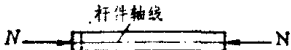

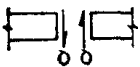
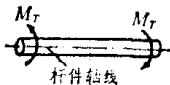
结构（或构件）不可能悬浮在空中，它们需要支承在地面或者其它物体之上。结构与支承物之间的连接物称为支座。

由于支座阻止结构发生运动，结构上的荷载借助支座传递给支承物。支座在传递结构上的荷载的过程中，会有力出现，这种力称为支座反力，或简称为反力。

### (三)内力

在荷载的作用下，不但支座处会出现反力，结构内部各截面上也将会有力发生，这种出现在结构内部的力，称为内力。

表1.1 内力的五种基本形式

序号	内力名称	内力形式	内力特征
1	轴向拉力		力作用线与杆件轴线重合，力的方向背离杆件，使杆件发生伸长的力，称为轴向拉力。
2	轴向压力		作用线与杆件轴线重合，力的方向指向杆件，使杆件发生压缩的力，称为轴向压力。
3	弯矩或力矩		使截面绕其上某一轴线转动的力，称为弯矩或力矩。该轴线上的纤维不伸长也不缩短，该轴称为中和轴。位于中和轴一侧的纤维受拉，另一侧的纤维受压。
4	剪力		作用线与截面重合的力，称为该截面的剪力。在剪力的作用下，相邻两个截面将发生相互错动。
5	扭矩		使截面绕杆件轴线发生相对转动，但截面间的距离保持不变的力称为扭矩。