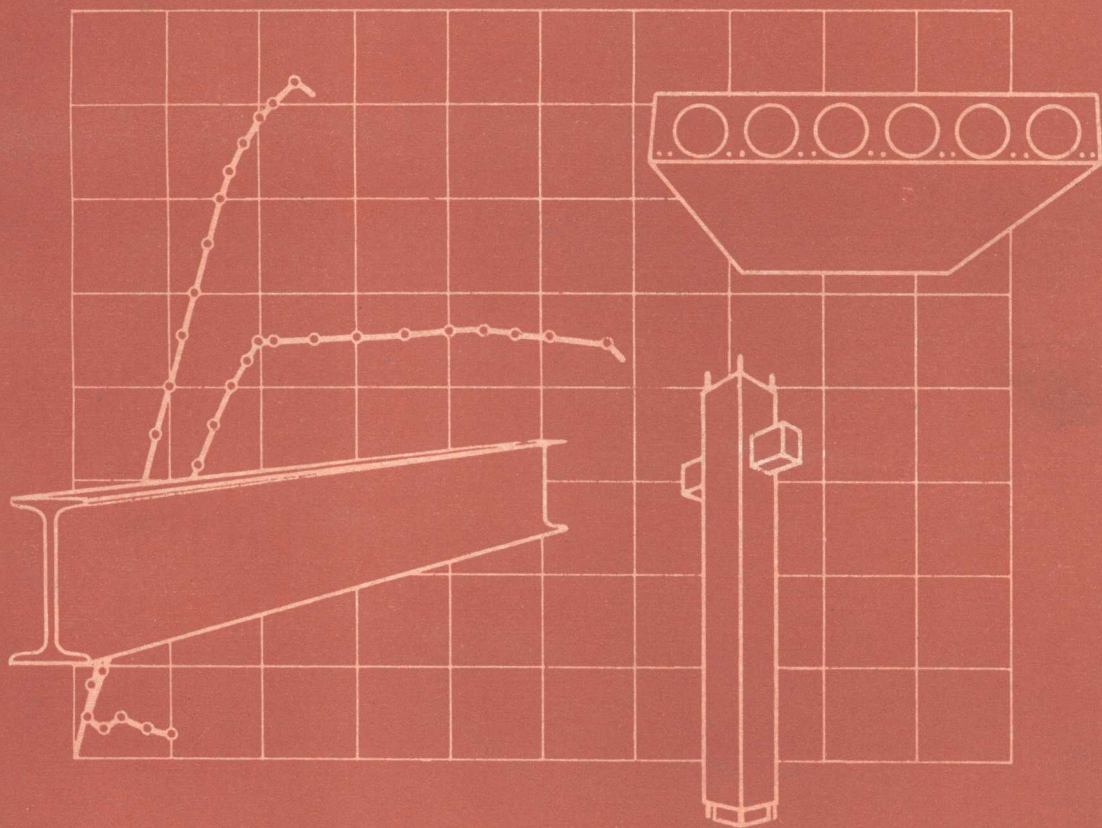


# 房屋结构基本构件

(上册)

同济大学 编



上海科学技术出版社

# 房屋结构基本构件

(上册)

同济大学 编

上海科学技术出版社

房屋结构基本构件

(上册)

同济大学编

(原上海人民版)

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 江西印刷公司印刷

开本  $787 \times 1092$  1/16 印张 16.75 字数 402,000

1981年2月新1版 1981年2月第1次印刷

印数 1—34,000

书号: 15119·2037 定价: (科三)1.35元

## 出版说明

本书分上、中、下三册，上册由原上海人民出版社出版，中下册均由我社出版。根据广大读者要求，仅作少数必要的修改后，三册同时重印，以应需要。今后重版时再作全面修订。

# 目 录

|                                                        |     |
|--------------------------------------------------------|-----|
| 绪 论 .....                                              | 1   |
| 第一章 力的基本知识及结构计算简图 .....                                | 8   |
| 第一节 力的基本知识 .....                                       | 8   |
| 第二节 结构计算简图 .....                                       | 30  |
| 第二章 构件的荷载及支座反力计算 .....                                 | 45  |
| 第一节 荷载计算 .....                                         | 45  |
| 第二节 静力平衡条件 .....                                       | 52  |
| 第三节 支座反力计算 .....                                       | 55  |
| 第三章 构件的内力计算 .....                                      | 83  |
| 第一节 内力的概念 .....                                        | 83  |
| 第二节 梁的内力计算 .....                                       | 88  |
| 第三节 柱的内力计算 .....                                       | 110 |
| 第四节 其他静定结构的内力计算 .....                                  | 113 |
| 第四章 钢筋混凝土预制构件的施工 .....                                 | 128 |
| 第一节 钢筋工程 .....                                         | 128 |
| 第二节 模板工程 .....                                         | 149 |
| 第三节 混凝土工程 .....                                        | 151 |
| 第五章 钢筋混凝土梁、板设计实例及构造 .....                              | 157 |
| 第一节 钢筋混凝土梁、板设计实例 .....                                 | 157 |
| 第二节 钢筋混凝土梁、板的构造要求 .....                                | 173 |
| 第六章 钢筋混凝土结构的材料性能及设计安全度 .....                           | 191 |
| 第一节 钢筋混凝土结构的材料及其性能 .....                               | 191 |
| 第二节 钢筋混凝土结构设计安全度 .....                                 | 217 |
| 附录一 常用材料和构件重量表 .....                                   | 228 |
| 附录二 均布活荷载 .....                                        | 230 |
| 附录三 静定梁的支座反力、内力和变形 .....                               | 232 |
| 附录四 钢筋混凝土及预应力混凝土结构构件的设计安全系数 .....                      | 240 |
| 附录五 钢筋混凝土及预应力混凝土受弯构件的允许挠度和钢筋混凝土结构构件最大<br>裂缝宽度允许值 ..... | 241 |

|      |                                                   |     |
|------|---------------------------------------------------|-----|
| 附录六  | 混凝土及钢筋的设计强度、弹性模量和标准强度                             | 241 |
| 附录七  | 钢筋混凝土受弯构件正截面强度计算用表                                | 242 |
| 附录八  | 钢筋面积表                                             | 252 |
| 附录九  | 钢筋混凝土受弯构件斜截面强度计算用表                                | 254 |
| 附录十  | 钢筋混凝土受弯构件不需作挠度验算的最大跨高比 $\left[\frac{l}{h}\right]$ | 256 |
| 附录十一 | 钢筋混凝土板不需作挠度验算的最小厚度 $[h]$                          | 259 |
| 附录十二 | 钢筋混凝土受弯构件不需作裂缝宽度验算的最大钢筋直径 $[d]$                   | 261 |

# 绪 论

## 一、房屋结构的组成

读者在学习本书之前,已经学习了房屋建筑工程的基本知识,结合工作实践,对房屋结构的各个组成部分也有了一定的了解。现在开始学习《房屋结构基本构件》的设计和施工方法。

什么是房屋结构的基本构件呢?

一幢房屋必须有它的骨架,骨架破坏,房屋就要倒塌。支撑房屋的骨架称为“房屋结构”,组成房屋结构的基本元件称为“基本构件”。

让我们通过几个不同类型房屋的剖析来进一步加以说明。

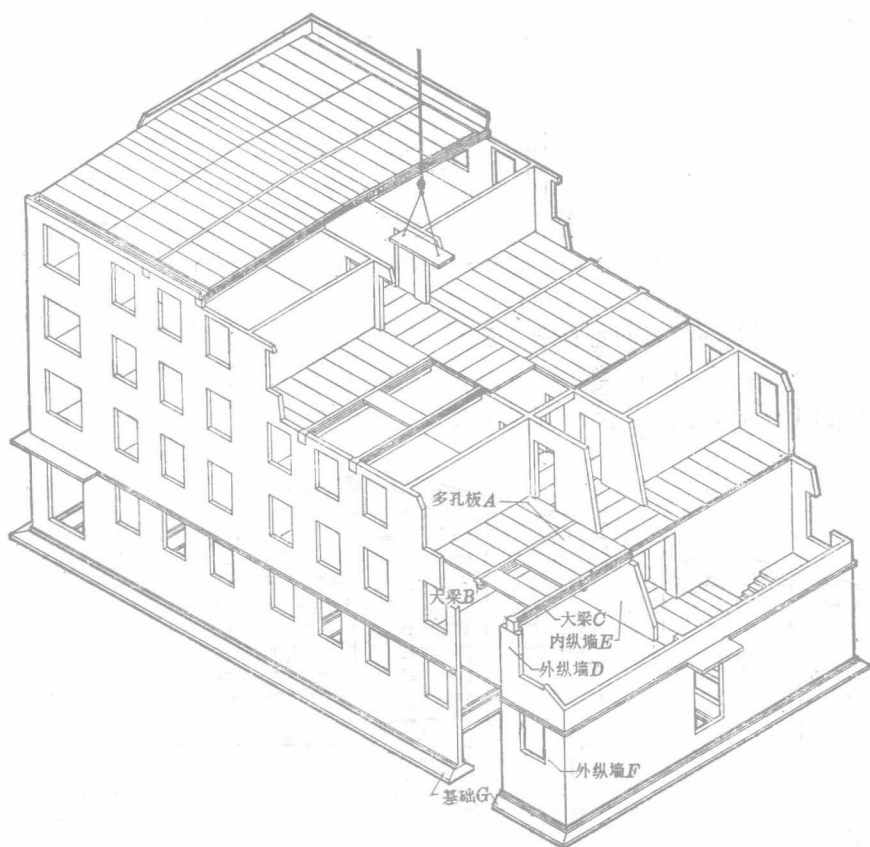


图 0-1 某小学教学楼示意图(多层混合结构)

图 0-1 是某小学的教学楼示意图,这是一幢采用钢筋混凝土楼面及砖墙的多层混合结构房屋。它的主要承重结构体系是:楼面由许多多孔板铺成,多孔板搁置在大梁上,大梁搁

置在墙上，上层墙支承在下层墙上，底层墙则支承在基础上。例如三层楼面的多孔板 *A* 搁置在大梁 *B* 和 *C* 上，大梁 *C* 搁置在外纵墙 *D* 和内纵墙 *E* 上，二层墙 *D* 支承在底层墙 *F* 上，底层墙 *F* 则支承在基础 *G* 上。

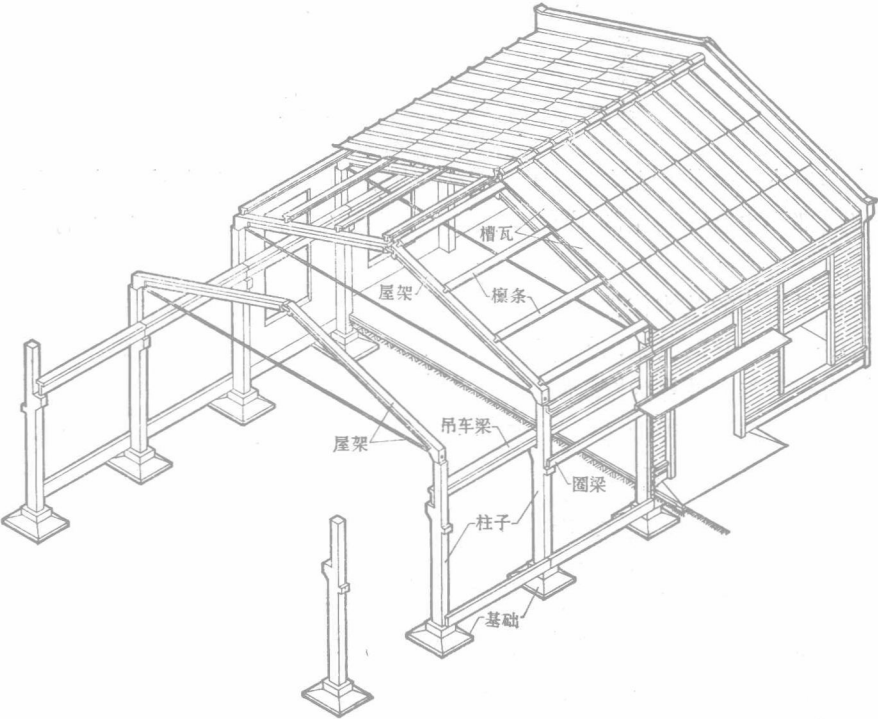


图 0-2 某厂油漆车间示意图(单层排架结构)

图 0-2 是某厂的油漆车间示意图，这是一个钢筋混凝土单层排架结构。它的主要承重结构体系是：屋面由许多槽瓦铺成，槽瓦搁置在檩条上，檩条搁置在屋架上，屋架搁置在柱子上；吊车梁和圈梁也搁置在柱子上，柱子则支承在基础上。

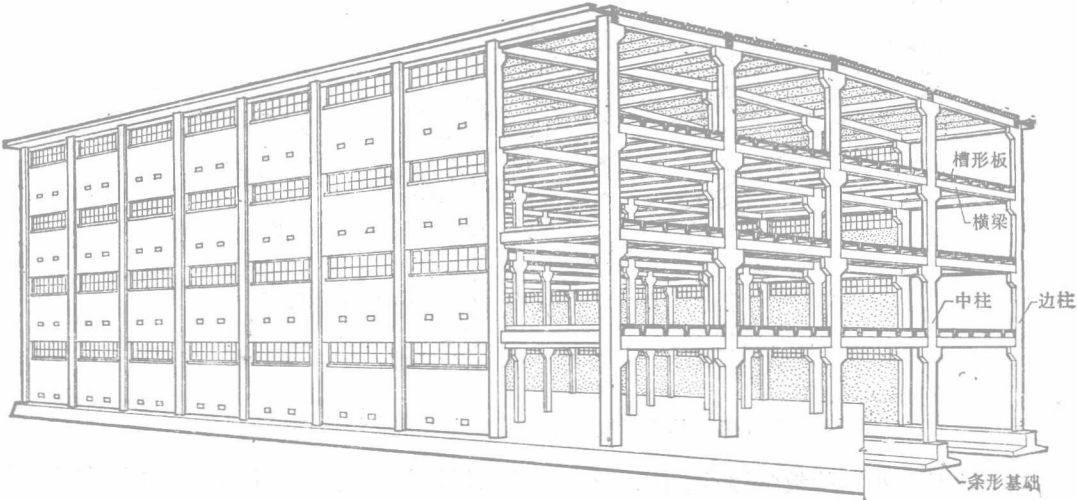


图 0-3 某厂仓库示意图(多层框架结构)



图 0-3 是某厂仓库示意图, 这是一个钢筋混凝土多层框架结构。它的主要承重结构体系是: 楼面由许多槽形板铺成, 槽形板搁置在横梁上, 横梁搁置在柱子上, 上层柱子支承在下层柱子上, 底层柱子则支承在条形基础上。

从上面三幢房屋的示意图中可以看出, 每一幢房屋的承重结构体系都是由若干个结构构件连接而成的; 这些结构构件的形式虽然多种多样, 但我们可以从中概括出几种典型的基本构件。

第一种基本构件是“梁”(图 0-4)。梁通常横放在支座上, 上面承受荷载。梁受力后要发生弯曲, 所以梁是一种“受弯构件”。一般梁在受弯的同时, 还要受剪, 有时也会受扭, 但主要是受弯。

第二种基本构件是“柱”(图 0-5a)。柱通常是直立的, 荷载自上向下作用, 使柱受压, 所以柱是一种“受压构件”, 或简称压杆。有时柱子也会受弯, 但主要是受压。

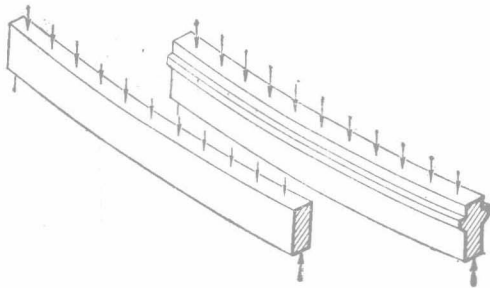
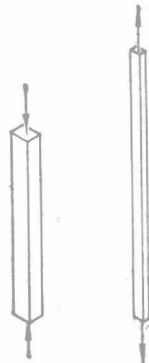


图 0-4 梁



a) 柱      b) 拉杆  
图 0-5 柱(压杆)与拉杆

柱与梁的受力特点有质的不同, 梁主要受弯, 柱主要受压。从荷载作用的方向看, 梁所受的荷载是横向作用的, 与构件(即梁)的纵轴线相垂直(图 0-6); 柱所受的荷载是纵向作用的, 与构件(即柱)的纵轴线相平行(图 0-7)。这些是梁与柱这两种基本构件的根本区别。至于梁横卧、柱竖立, 从结构的角度看, 倒并不是区别梁与柱的唯一标志, 因为有些梁(例如楼梯梁)是斜放的, 有些压杆也是倾斜的。

另一种基本构件是“拉杆”(图 0-5b)。拉杆与柱(即压杆)的主要区别在于前者受拉, 后者受压, 其余特点两者基本相同。

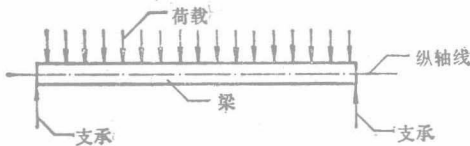


图 0-6 梁的受力特点



图 0-7 柱的受力特点

再一种基本构件是“板”。每一幢房屋都有屋面板, 多层房屋还有楼板。有些板, 例如实心板、多孔板(图 0-8)等, 它们的受力特点与梁基本相同, 只在一个方向发生弯曲, 称为单向板, 有时称为梁式板。梁式板与梁的区别在于它们的截面形式不同, 板的截面宽而薄(图

0-8), 梁的截面狭而高(图 0-4)。板也是受弯构件。有些板在两个方向都要发生弯曲(图 0-9), 称为双向板, 它的受力特点与梁就不完全相同了。

还有一种基本构件是“墙”(图 0-10)。墙与柱的区别犹如板与梁的区别, 前者的截面宽而薄, 后者则不然。一般的墙与柱一样, 都是受压构件。有时墙也受弯, 但主要是受压。

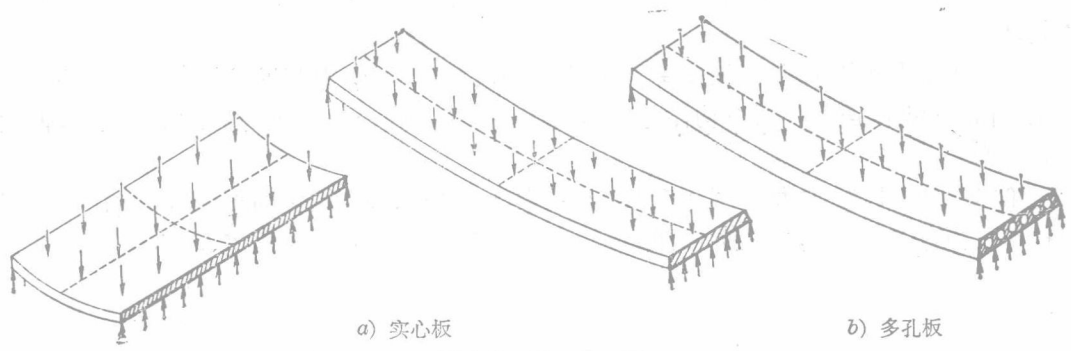


图 0-8 单向板

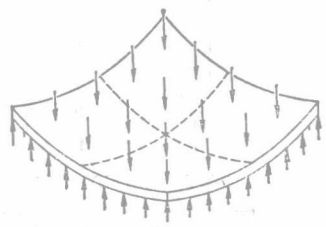


图 0-9 双向板

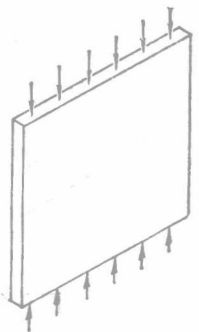


图 0-10 墙

在实际房屋结构中, 常看到由以上几种基本构件组合而成的特殊的结构构件, 主要有交叉梁、桁架及框架等。

图 0-11 表示由若干根梁交叉布置而成的“交叉梁”。所以交叉梁就是梁与梁的组合。如梁上还有板, 就形成现浇的钢筋混凝土交(叉)梁楼面。

图 0-12 的屋架称为“桁架”, 实际上它是由若干根压杆与拉杆连接而成的。

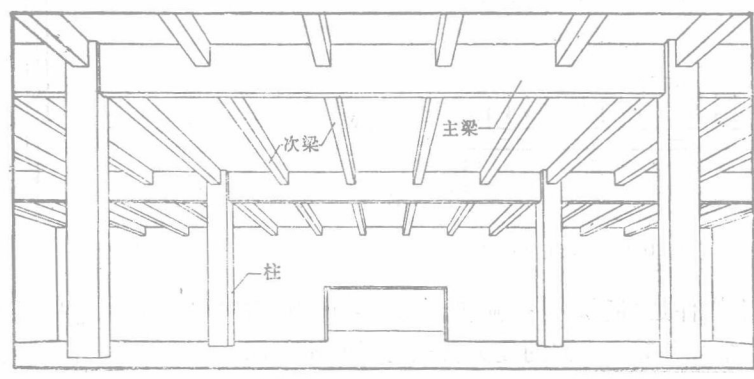


图 0-11 交叉梁

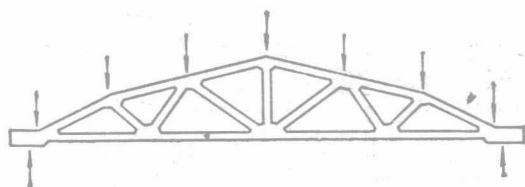


图 0-12 桁 架

“框架”在房屋结构中经常采用,实际上它是若干个梁与柱的组合(图 0-3 和图 0-13),或者是若干个桁架与柱的组合(图 0-2)。图 0-2 所示的单层预制框架,又称“排架”。

图 0-14 是采用大型板材结构的某多层职工住宅示意图,楼板和墙壁都由大型板材制成,实际上它是板与墙的组合。

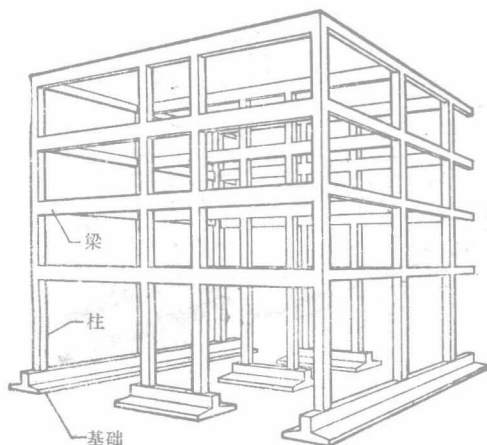


图 0-13 多层框架

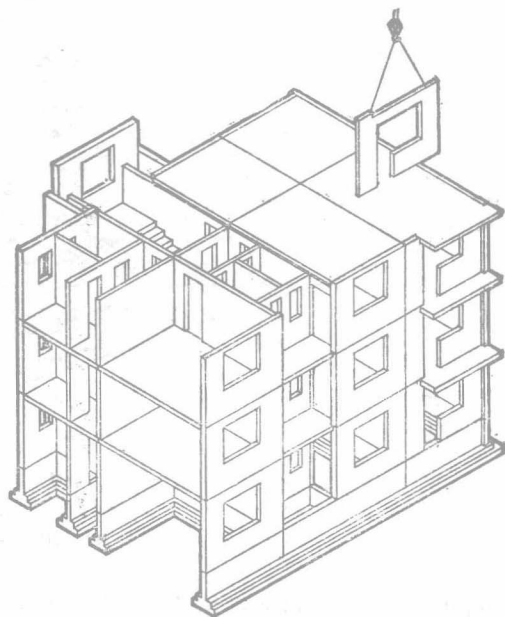
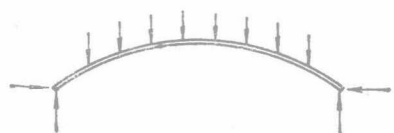


图 0-14 大型板材房屋示意图

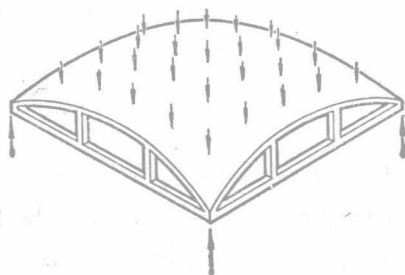
以上列举的构件都是直线形的,梁和柱都是一根一根的直杆,板和墙都是一片一片的平板;这些是在一般的房屋建筑中所大量采用的结构构件。有时也会遇到曲杆和曲板,这就是“拱”(图 0-15a)、“悬索”(图 0-15b)及“薄壳”(图 0-15c)。例如北京的工人体育馆及杭州的浙江人民体育馆(图 0-16)的屋盖都采用“悬索”作为主要承重结构。我们伟大祖国首都的火车站——北京站(图 0-17)的大厅和高架候车室的屋盖就是钢筋混凝土“薄壳”结构。



a) 拱



b) 悬索



c) 薄壳

图 0-15 拱、悬索和薄壳

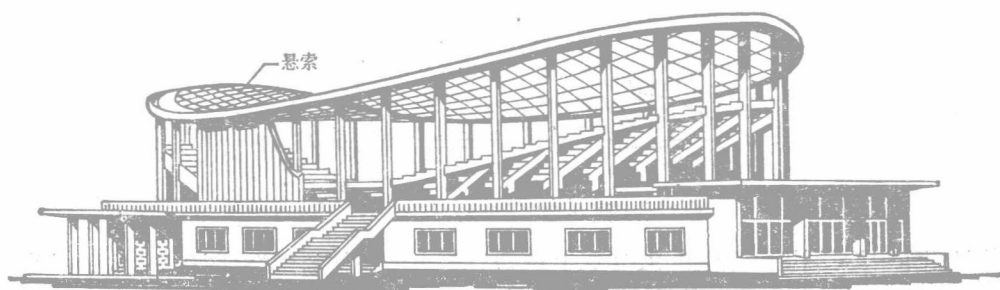


图 0-16 浙江人民体育馆

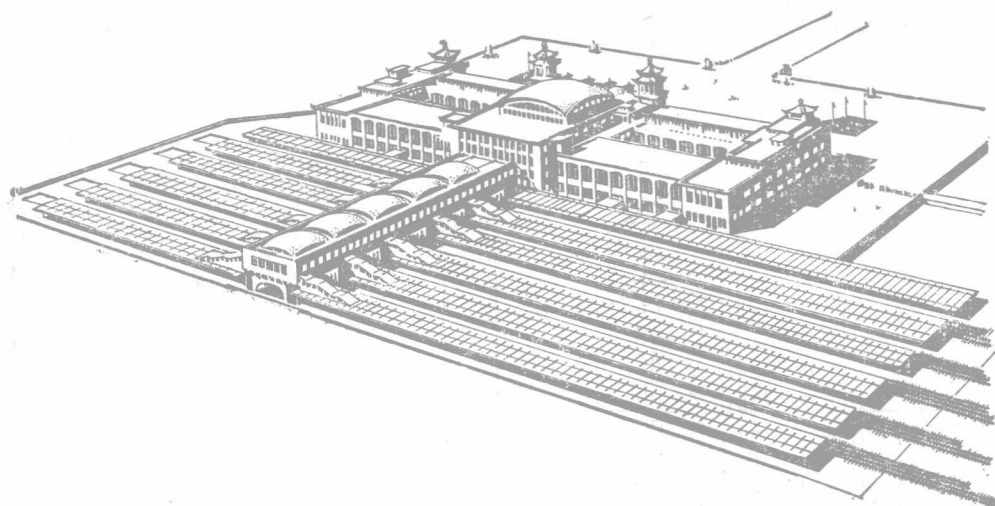
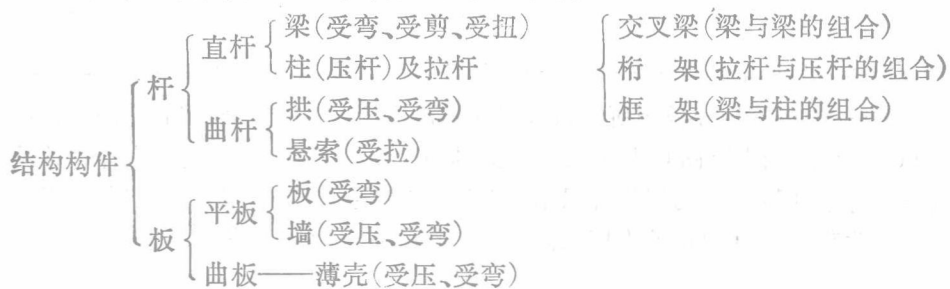


图 0-17 北京站

综上所述, 我们可将常用的结构构件汇总表示于下:



## 二、本课程的任务

如上所述, 房屋结构是由结构构件组合而成的, 而构件的类型则有许多种。本课程重点讨论其中的两种构件——梁及柱(包括拉杆)的设计和施工问题。在设计方面, 主要讨论钢筋混凝土梁(包括梁式板)、柱以及钢梁、柱的结构计算方法及构造要求; 在施工方面, 主要讨论混凝土制品厂以及现场预制的钢筋混凝土梁、板和柱(包括先张法的预应力混凝土梁和板)的加工制作过程。通过本课程的学习, 结合有关的实践环节, 要求能掌握一般的梁和柱

的设计和施工方法。梁和柱是两种最重要的基本构件，学好这两种基本构件是学习其他有关课程的重要前提。

结构构件在施工与使用过程中，都要受到外界物体对它的作用，如人体、设备、家具、其他构件与构件本身的重力、风力、水压力、土压力以及地震力等。这些外力的作用，会使结构构件发生变形、断裂、压坏以及倾覆屈折等各种形式的破坏现象。但是，在结构构件内部的分子组织之间，也会同时产生相应的内力来反抗这种破坏。在相同的外界作用下，由于结构构件本身的材料性能、形体尺寸、构造细节与支承情况不同，它们反抗外界破坏作用的能力就不相同，表现出来的破坏程度也不一样。讨论结构构件反抗材料断裂、破坏的能力大小问题，称为“强度问题”；讨论结构构件受力后的变形大小问题，称为“刚度问题”；此外，如果梁过窄过高、柱过细过长，就容易突然发生倾覆屈折，这类问题称为“稳定问题”。本课程的任务之一，就是研究在外力作用下结构构件的强度、刚度与稳定性的特点及其变化规律。

另外，为了保证安全使用，要使结构构件具有足够的强度、刚度与稳定性，可以把构件的材料质量用得好些、尺寸做得大些、施工精确度要求高些，但这样就要多花资金、材料、劳力和时间，从而产生了经济问题。所以，安全与经济在结构构件的设计和施工过程中，也是始终存在的一对矛盾。但是，我们应该而且能够正确处理这对矛盾，做到既安全又经济，使两者统一起来，这也是本课程的任务。

总之，对房屋结构基本构件来说，破坏与反破坏、安全与经济是两对基本矛盾。本教材力求以分析这两对矛盾的斗争、发展和转化为线索，解决房屋结构基本构件的设计和施工问题。

# 第一章 力的基本知识及 结构计算简图

本章首先讨论力的基本知识,其中包括许多重要的基本概念,学习时要注意联系实际,弄清含义,理解它们的基本性质,还要注意如何应用这些规律去分析和解决实际问题。

结构计算简图是结构设计的第一步,要掌握它的基本概念。正确确定结构计算简图,需要通过反复的实践和认识,除了本章初步进行学习外,还要在以后有关章节和《民用房屋设计与施工》、《单层厂房设计与施工》等课程中继续学习,并通过具体工程的设计与施工实践,不断提高认识,以培养分析问题和解决问题的能力。

## 第一节 力的基本知识

### 一、力的基本性质

房屋结构是由各种结构构件联结而成的。在整个结构与其他物体之间,在每一构件与其他构件之间,在构件内部各个部分之间,都有力的作用与影响。为什么有的房屋既省材料,又牢固、稳定;有的则既费材料,甚至还会发生倒塌、破坏等质量事故呢?原因之一在于能否掌握和善于应用力的基本性质和作用规律。此外,在施工过程中,无论使用工具、搬运材料、吊装构件等,也都需要用力。但是,究竟需用多大的力?如何才能省力?怎样使用机械以代替人力呢?

伟大领袖毛主席指出:“自然科学是人们争取自由的一种武装。”“人们为着要在自然界里得到自由,就要用自然科学来了解自然,克服自然和改造自然,从自然里得到自由。”

为了搞好房屋结构构件的设计与施工,必须掌握力的基本性质和作用规律,以及它的分析和计算方法。那么,什么是力?力有哪些基本性质呢?

#### (一)什么是力?

恩格斯在《自然辩证法》中指出:“力这个概念产生于人的机体对外界的作用”。人们推动车子、拿住一块砖不使它坠落、弯曲一根钢筋等等,总之,凡要促使或限制物体的运动状态发生改变与形状发生改变,都会感到肌肉筋骨紧张而用了“力”。

不仅人能对物体产生作用力,一物体对另一物体也能产生作用力。例如:地球对它周围的一切物体都有吸引的重力,使物体向下坠落(图 1-1a)与变形(图 1-1b);楼板对梁作用着向下的压力,促使梁向下坠落与弯曲;为了阻止梁的坠落,要由墙或柱对它用力支承;钉模板时,挥动的榔头对元钉用力,使元钉压缩并向模板中运动,等等。

总之,力是物体对物体的一种作用;力总要使物体产生运动状态改变和形状改变的两种

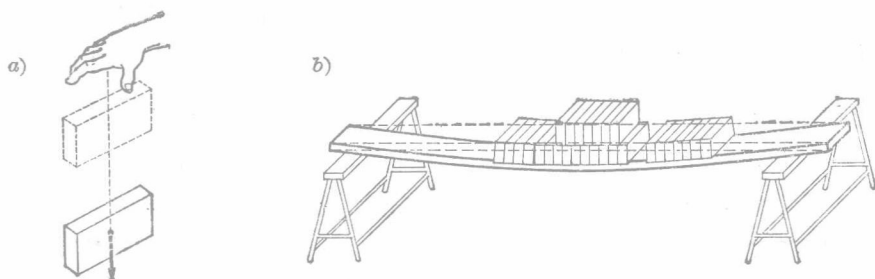


图 1-1 重力的作用效果

效果。

任何一个力都是在两个物体之间产生的, 每个力必须有它的受力物体和它的施力物体。如地球对楼板作用的重力, 受力物体为楼板, 施力物体为地球; 楼板对梁作用的压力, 受力物体为梁, 施力物体为楼板; 墙对梁作用的支承力, 受力物体为梁, 施力物体为墙; 榔头对元钉作用的锤击力, 受力物体为元钉, 施力物体为榔头。可见, 力不能脱离物体而单独存在。

“有比较才能鉴别。”自然界物体与物体之间相互作用、相互影响的形式是多种多样的。例如: 热的作用, 使物体温度改变, 使构件热胀或冷缩; 化学的作用, 使物体成分改变, 使钢筋生锈、构件腐蚀; 而力的作用, 则使物体的运动状态改变与形状改变, 促使或限制构件发生运动, 促使或限制构件发生变形与破坏。

## (二) 力的两种效果

如上所述, 力作用在物体之上, 总要同时产生两种效果。

(1) 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(图 1-2)。运动状态的变化, 具体包括: 动静的变化、快慢的变化、方向的变化等。房屋结构要求每个构件能够保持静止不动的状态, 因而它主要涉及力与物体的动静变化关系。

(2) 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形式, 即拉(伸)、压(缩)、剪(切)、弯(曲)、扭(转)(图 1-3)。复杂的变形可作为两种或多种基本变形形式的组合, 如压弯、拉弯、弯扭、剪弯扭等。

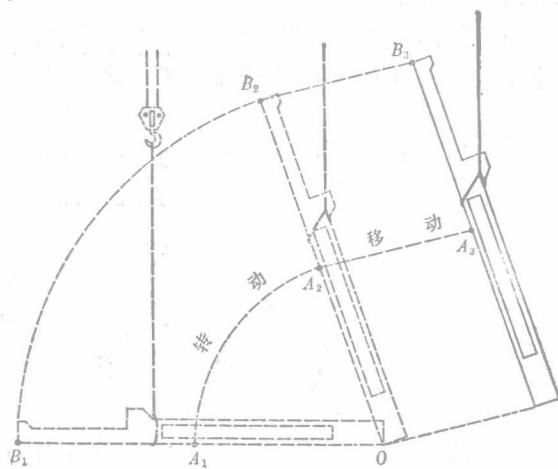


图 1-2 移动与转动

对于结构构件来说, 如果要问整根构件或构件的各个部分怎样才能保持静止不动? 这是研究力的运动效果的问题; 如果要问构件变形会不会过大? 会不会发生破坏? 则是研究力的变形效果的问题。

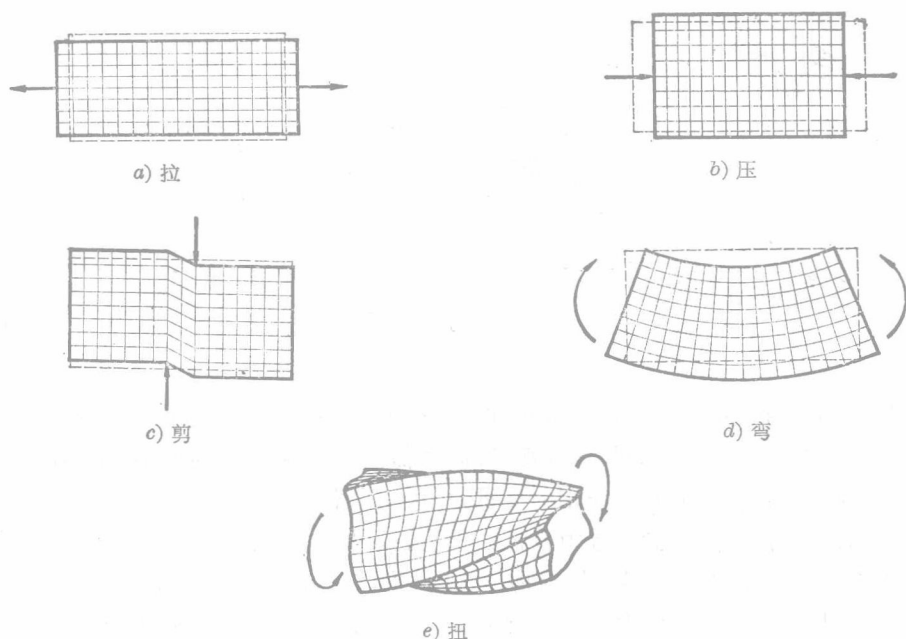


图 1-3 物体的基本变形形式

恩格斯说：“力以它的表现来量度，原因以结果来量度。”人们正是通过力的效果来对力进行观测、认识与应用的。例如，根据力使弹簧伸长或缩短的变形效果来测量力的大小。

### (三) 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。例如人挑担时，如果用力小了或用力方向斜了，担子就挑不起来；如果肩膀位置不对，担子就会发生转动。用撬棒撬动物体时，用力的方向是向上(图 1-4a)还是向下(图 1-4b)，引起撬棒转动的方向、撬棒的弯曲情况、撬动的难易程度都不一样；此外，施力  $P$  愈大、力的作用点愈靠近棒端，撬动效果也愈大。

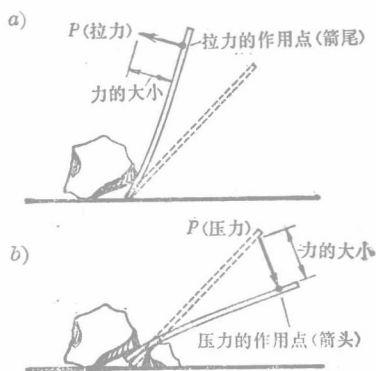


图 1-4 力的三要素

力的大小、方向与作用点，称为力的三要素。要表明一个力，必须指明它的三个要素。

为了明确而简便地把力的三个要素表示出来，通常采用力的图示法(图 1-4)，即用一根带箭头的直线段来表示物体对物体的作用力。箭头的指向，表示力的作用方向；压力的作用点用箭头表示，拉力的作用点用箭尾表示；在线段的端旁注明力的代号或大小。如果用图解法分析力的数量关系，则线段的长短必须按照一定的比例尺来绘，以便把力的大小表示出来。

要表明力的大小，应指明它的单位与数值。力的常用单位有：吨(t)、公斤(kg)、克(g)。

### (四) 作用力与反作用力

如图 1-5a，人推车前进，要向前对车施力  $P$ ，同时车也向后对人施力  $P'$ 。如图 1-5b，楼



板对梁施加向下的压力  $q$ , 梁对楼板则作用向上的支承力  $q'$ ; 梁对墙施加向下的压力  $R_A$  和  $R_B$ , 墙对梁也作用向上的支承力  $R'_A$  和  $R'_B$ 。如图 1-5c, 提升一根柱时, 吊钩对钢索施加向上的拉力  $N_C$ , 钢索对吊钩也施加向下的拉力  $N'_C$ 。总之, 当一物体对另一物体施加作用力时, 另一物体必定同时对此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。

无数事实可以证明: 作用力与反作用力始终保持大小相等、方向相反、作用在同一直线上。这一规律, 称为作用与反作用定律(过去一般称为牛顿第三定律), 它是力的作用的普遍规律, 是事物矛盾的法则在力的作用中的反映。

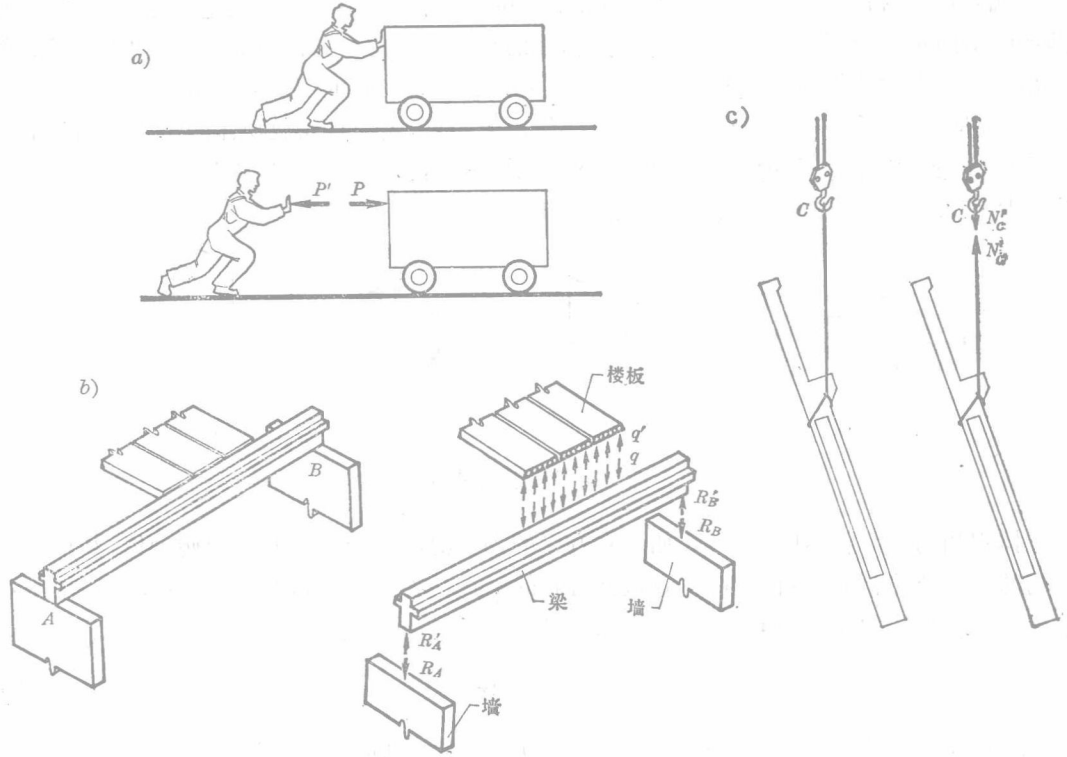


图 1-5 作用力与反作用力

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, 是一对矛盾的双方。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; 但应注意它们各自的施力物体与受力物体, 即“谁对谁”的作用问题。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。尽管如此, 作用力与反作用力这一对矛盾双方的地位, 并不完全等同。“无论什么矛盾, 矛盾的诸方面, 其发展是不平衡的。有时候似乎势均力敌, 然而这只是暂时的和相对的情形, 基本的形态则是不平衡。矛盾着的两方面中, 必有一方面是主要的, 他方面是次要的。其主要的方面, 即所谓矛盾起主导作用的方面。事物的性质, 主要地是由取得支配地位的矛盾的主要方面所规定的。”两个物体之间的相互作用力也是这样。如人在地面上使车运动, 人对车的力则是主要方面, 因为人与车之间的相互作用力是拉、是推、以及大小变化等, 都由人对车的作用力来决定。如楼板与梁之间的相互作用力, 随着楼板上面的荷载变化而改变, 决定其大小与变化的主要方面是