

力学与结构

下册

慎铁刚 编

天津大学出版社

本书采用的单位及其换算

单 位

物 理 量	单 位	代 号	
		中 文	国 际
力	牛顿	牛	N
应力或强度	帕斯卡	帕	Pa
均布荷载	牛顿每米	牛/米	N/m
力矩或力偶矩	牛顿米	牛·米	N·m
长度	米	米	m

单位倍率关系词

词 名	代 号		举 例		
	中 文	国 际	书 写	读 法	含 义
吉	吉	G	GN	吉牛	1 牛顿的 10^9 倍
兆	兆	M	MPa	兆帕	1 帕斯卡的 10^6 倍
千	千	k	kN	千牛	1 牛顿的 10^3 倍
厘	厘	c	cm	厘米	1 米的 10^{-2} (即百分之一)
毫	毫	m	mm	毫米	1 米的 10^{-3} (即千分之一)

单 位 换 算

物 理 量	公制表示	国际制表示	工程上可以近似地 表示为	换算关系(近似)
				公制：国际
力	1 kg	9.8 N	近似为10 N	1：10
	1 t	9.8 kN	近似为10 kN	1：10
应力或 强 度	1 kg/cm ²	0.098 MPa	近似为0.1 MPa	10：1
	1 t/cm ²	98 MPa	近似为100 MPa	1：100
均 布 荷 载	1 kg/m	9.8 N/m	近似为10 N/m	1：10
	1 t/m	9.8 kN/m	近似为10 kN/m	1：10
力 矩 或 力偶矩	1 kg·m	9.8 N·m	近似为10 N·m	1：10
	1 t·m	9.8 kN·m	近似为10 kN·m	1：10

内 容 提 要

《力学与结构》分上、下两册，全书将建筑学专业原教学计划中有关力学和结构等六门课程的内容合并为一门课“力学与结构”，总学时仅需130左右。文字上力求简明和便于自学；内容上不是以上有关课程的简单压缩，而是加以综合，精练而成，力求实用。至今已有四届学生的教学实践。本书是其中的下册。

本书可作为大专院校建筑学专业等非结构专业学习力学、结构的教材，亦可供城乡建设部门技术人员自学参考。

力学与结构

下册

慎铁刚 编

天津大学出版社出版

(天津大学内)

河北省昌黎县印刷厂印刷

新华书店天津发行所发行

开本：787×1092毫米¹/₁₆ 印张：15³/₄ 字数：393千

1989年10月第一版 1995年11月第2次印刷

印数：2201—6000

ISBN 7-5618-0147-5

TU·20 定价：14.30元

目 录

第十章 结构构件的强度计算	(1)
第一节 将结构分解为基本构件	(1)
第二节 构件之间的相互作用	(7)
第三节 内力与截面的对应	(8)
第四节 截面强度设计方程的数学实质	(9)
第五节 建筑结构构件设计准则概述	(10)
第六节 小结	(14)
第十一章 钢筋混凝土受弯构件的强度计算	(15)
第一节 钢筋混凝土构件强度计算中的几个常用表格	(15)
第二节 单筋矩形梁正截面强度计算及例题	(18)
一、平衡图示及平衡方程	(18)
二、平衡方程的条件限制	(20)
三、计算方法及例题	(20)
第三节 双筋矩形梁正截面强度计算及例题	(24)
一、概述	(24)
二、平衡图示及平衡方程	(25)
三、计算方法及例题	(26)
第四节 单筋T形梁正截面强度计算及例题	(29)
一、概述	(29)
二、试验研究结果	(30)
三、平衡图示和平衡方程	(31)
四、计算方法及例题	(32)
第五节 正截面强度计算小结	(35)
第六节 钢筋混凝土梁斜截面强度计算及例题	(39)
一、计算方法的导出	(39)
二、计算公式的适用范围——上、下限值	(41)
三、计算方法和例题	(42)
第七节 钢筋混凝土梁斜截面抗剪强度计算小结	(45)
习 题	(46)
第十二章 钢筋混凝土梁、板的构造措施	(51)
第一节 一般构造要求	(51)
一、混凝土强度等级及钢筋类别的选择	(51)
二、混凝土保护层	(51)
第二节 板的构造要求	(52)
第三节 梁的构造要求	(56)

一、	截面选用	(56)
二、	纵向受力钢筋	(59)
三、	箍筋	(59)
四、	纵向构造钢筋	(60)
第十三章	钢筋混凝土柱的强度计算及构造措施	(61)
第一节	钢筋混凝土轴心受压柱的强度计算	(61)
一、	轴心受压柱的强度计算	(61)
二、	轴心受压柱的构造要求	(64)
三、	计算例题	(65)
第二节	钢筋混凝土偏心受压柱的强度计算及 例题	(66)
一、	概述	(66)
二、	矩形截面大偏心受压短柱的平衡方程	(67)
三、	矩形截面小偏心受压短柱的平衡方程	(69)
四、	偏心（包括大、小偏心）受压长柱偏心距增大因素 的计算	(69)
五、	矩形截面对称配筋柱的强度计算	(70)
第三节	矩形截面对称配筋偏心受压柱的强度计算 步骤和例题	(73)
一、	强度计算步骤的流程图	(74)
二、	例题	(74)
第四节	钢筋混凝土柱的构造经验	(78)
一、	截面尺寸参考表	(78)
二、	截面尺寸的公式估计	(78)
三、	柱内箍筋的形式	(79)
四、	纵向钢筋	(80)
五、	箍筋	(81)
第五节	钢筋混凝土结构的伸缩缝	(81)
习 题		(81)
第十四章	钢筋混凝土平面楼盖	(83)
第一节	现浇单向板交梁楼盖	(83)
一、	概述	(83)
二、	计算简图	(85)
三、	连续梁的内力计算方法索引	(86)
第二节	现浇双向板交梁楼盖	(86)
一、	双向板的受力特点	(86)
二、	双向板楼盖中梁的荷载	(87)
第三节	楼盖荷载的因素	(88)
第四节	双重井式楼盖的特点及计算表格	(89)
一、	特点	(89)
二、	井式楼盖梁的最大弯矩及剪力系数	(90)

第五节	现浇无梁楼盖的受力与构造特点	(92)
第六节	装配铺板式楼盖	(94)
一、	预制板的型式	(95)
二、	预制楼盖大梁的型式	(96)
三、	铺板式楼盖结构的布置方案	(96)
四、	铺板布置中的几个问题	(97)
第七节	现浇交梁楼盖的设计及举例	(99)
一、	等跨连续板、等跨连续梁在均布荷载作用下的内力调整	(99)
二、	截面计算的一些有关因素	(100)
三、	举例	(101)
第八节	小结	(111)
第十五章	楼梯、过梁及雨蓬	(113)
第一节	楼梯	(113)
一、	型式	(113)
二、	计算方法	(114)
三、	装配式钢筋混凝土楼梯	(116)
四、	楼梯的内力计算	(116)
五、	举例	(118)
第二节	过梁	(123)
第三节	雨蓬	(124)
一、	雨蓬板的受力特点	(124)
二、	雨蓬梁的受力特点	(125)
三、	雨蓬梁的受扭问题	(125)
四、	雨蓬的倾覆计算	(126)
第四节	过梁和雨蓬设计参考表	(127)
第十六章	砌体房屋设计问题	(129)
第一节	墙、柱高厚比的验算	(129)
一、	墙、柱高厚比的定义	(129)
二、	规范规定的墙、柱允许高厚比 $[\beta]$	(129)
三、	墙、柱的计算高度	(130)
四、	墙、柱的高厚比验算	(131)
第二节	墙、柱等砌体构件的强度计算	(134)
一、	强度计算公式及举例	(134)
二、	强度计算过程中的危险截面分析	(142)
三、	砌体局部受压强度计算	(144)
第三节	构造措施和常用经验	(145)
一、	平面和剖面的结构方案	(145)
二、	钢筋混凝土构造柱问题	(147)
三、	圈梁	(149)
四、	减少建筑物不均匀沉降的一些措施	(151)
五、	温度变形缝(或称伸缩缝)	(153)

六、 防震缝	(154)
第十七章 钢屋盖	(155)
第一节 概述	(155)
一、 钢结构的特点及其在屋盖结构中的应用	(155)
二、 由平面屋架组成的钢屋盖	(155)
三、 钢屋架的几何参考尺寸	(157)
第二节 钢屋架的设计	(157)
一、 屋架杆件内力计算	(157)
二、 屋架杆件设计	(158)
三、 屋架的节点	(162)
第三节 轻型钢屋架概述	(162)
第十八章 木屋架	(164)
第一节 概述	(164)
一、 木结构的特点及其适用范围	(164)
二、 木屋盖的组成	(164)
三、 木屋架的形式	(165)
第二节 设计概况	(166)
第三节 木屋盖的选用	(167)
第十九章 高层房屋结构	(173)
第一节 结构方案的布置与选用原则	(173)
一、 建筑师在高层房屋结构设计中的作用	(173)
二、 多层与高层房屋的结构材料选择	(174)
三、 作用在高层房屋上的风荷载	(174)
四、 作用在高层房屋上的地震作用力	(176)
第二节 高层房屋结构总体布置	(178)
一、 结构布置原则	(178)
二、 减小侧移的措施	(178)
三、 结构平、立面设计中的一些参考数据	(180)
第三节 高层房屋的结构方案	(183)
一、 框架结构	(184)
二、 框架-抗震墙结构	(185)
三、 抗震墙结构	(188)
四、 筒式结构	(190)
五、 高层房屋结构形式小结	(191)
第四节 高层或多层框架的近似计算方法	(193)
一、 框架结构的计算简图	(193)
二、 框架结构的受力分析及近似计算方法	(194)
三、 举例及例题小结	(198)
第二十章 基础	(205)
第一节 地基土的承载能力	(205)
第二节 基础的类型	(206)

一、按材料来分	(206)
二、按构造类型来分	(208)
第三节 基础底面尺寸的确定	(211)
一、墙下条形基础	(211)
二、柱下单独基础	(212)
第四节 多层与高层房屋的基础	(113)
一、多层与高层房屋的地下室的设置	(213)
二、多层与高层房屋的基础类型	(214)
第二十一章 钢筋混凝土单层厂房结构	(217)
第一节 概述	(217)
第二节 单层厂房的结构组成	(217)
第三节 单层厂房平、剖面尺寸的确定	(218)
一、厂房的柱网	(219)
二、温度伸缩缝的设置	(219)
三、墙、柱和定位轴线的关系	(220)
四、厂房的标高	(222)
附录一 钢筋和混凝土的种类和力学性能介绍	(223)
附录二 块材、砂浆和砌体的种类及力学性能介绍	(228)
附录三 型钢规格表	(232)
附录四 组合截面的回转半径r近似值	(241)
参考书目	(242)

第十章 结构构件的强度计算

在本书第二章已经研究了静定结构的内力分析，第八章和第九章研究了常用的几种超静定结构的内力分析方法。因此，对于由杆系所组成的建筑结构，运用第六章有关结构计算简图的方法将实际的结构简化为适当的结构计算简图后，就可以求出建筑结构的内力来。

求出结构的内力并不是结构设计的最终目的。还要根据这些内力，结合构件的材料组成和构造方法等，对每一个结构的构件进行强度、刚度和稳定性分析。

所谓强度分析就是应力比较。构件在外力作用下的截面应力值不超过构件材料能允许的应力值，不致发生破坏而安全工作，这当然是最基本的要求。所谓刚度分析就是变形比较。构件在外力作用下发生的变形不超过规定的构件允许变形。理论分析和实践经验都表明，如果对构件的构造措施（相对于理论计算而言）上能够给予一定的保证，比如将梁的跨度和梁截面高度的比例限制在某一个范围内，就能保证梁的弯曲变形不致超过规定的某一范围，从而满足了刚度要求。至于稳定性是对压杆而言，人们都有这样的经验，等截面的长压杆比短压杆容易破坏，但是如果从强度（即应力比较）来看，截面应力值 $\left(\frac{N}{A}\right)$ 则是一样的！所以压杆的稳定性就是研究长度对受压构件的影响。

以上关于强度、刚度和稳定性的问题，本书上册第三、第四和第五章分别作了一般性的研究，但是由于各种构件的材料和组成方式不尽相同，因此，对构件的强度、刚度和稳定性也就呈现出了不完全相同的形式。

因此，本章以后的各有关章节将分别对不同材料的构件按钢筋混凝土结构构件，砖石结构构件和钢、木结构构件等的强度进行专门研究，刚度则通过介绍构造措施解决，稳定性问题不单独进行，而是融合到强度计算之中，其原则可参见本书第四章。

本章对新规范《建筑结构设计统一标准》中的有关内容也作一简单的介绍。

第一节 将结构分解为基本构件

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”。

图10-1表示一栋预制构件组成的房屋骨架分解为基本构件的情况。

图10-2表示的是一栋钢架式骨架分解为基本构件的情况

图10-3表示一个现浇梁板式楼板分解为基本构件的情况。

图10-4表示几栋高层建筑的骨架，显然它们分别都是由各种梁、柱或桁架组成的。

从上面几个例子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10-5。梁通常横放在支座上，上面承受荷载。梁受力后要发

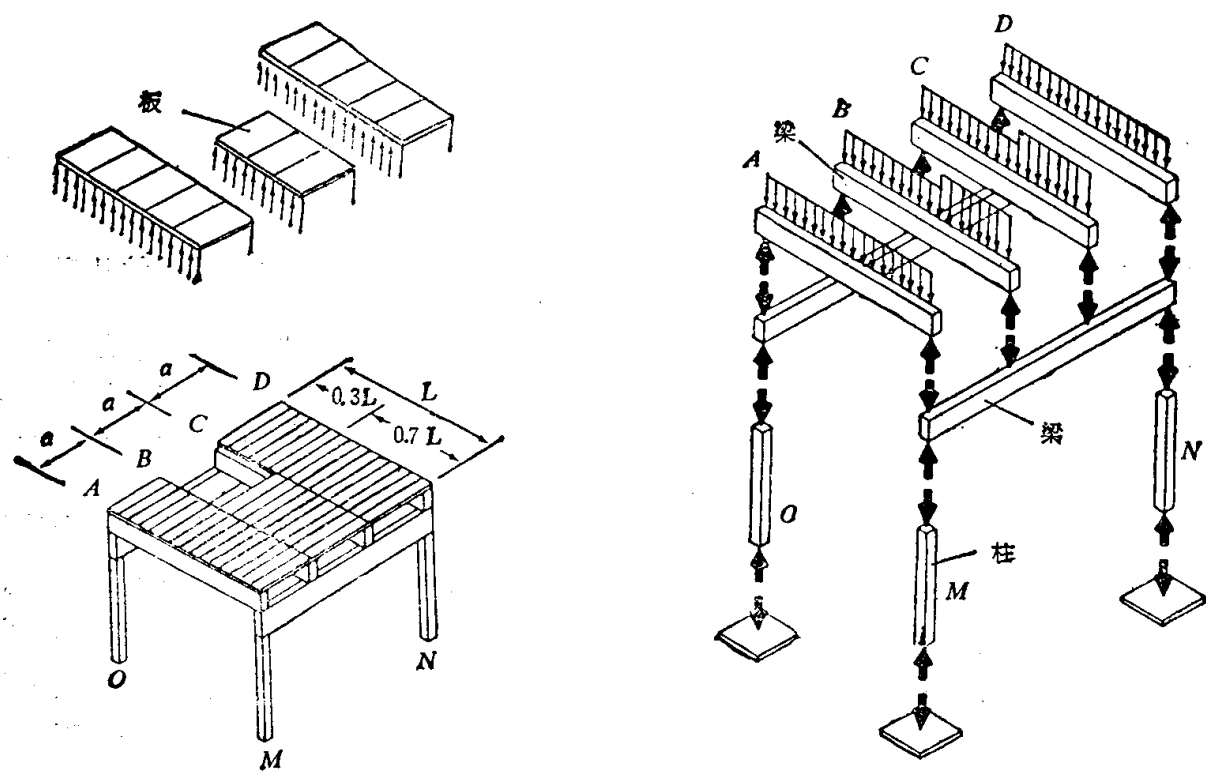


图10-1 由预制构件组成的房屋分解为基本构件

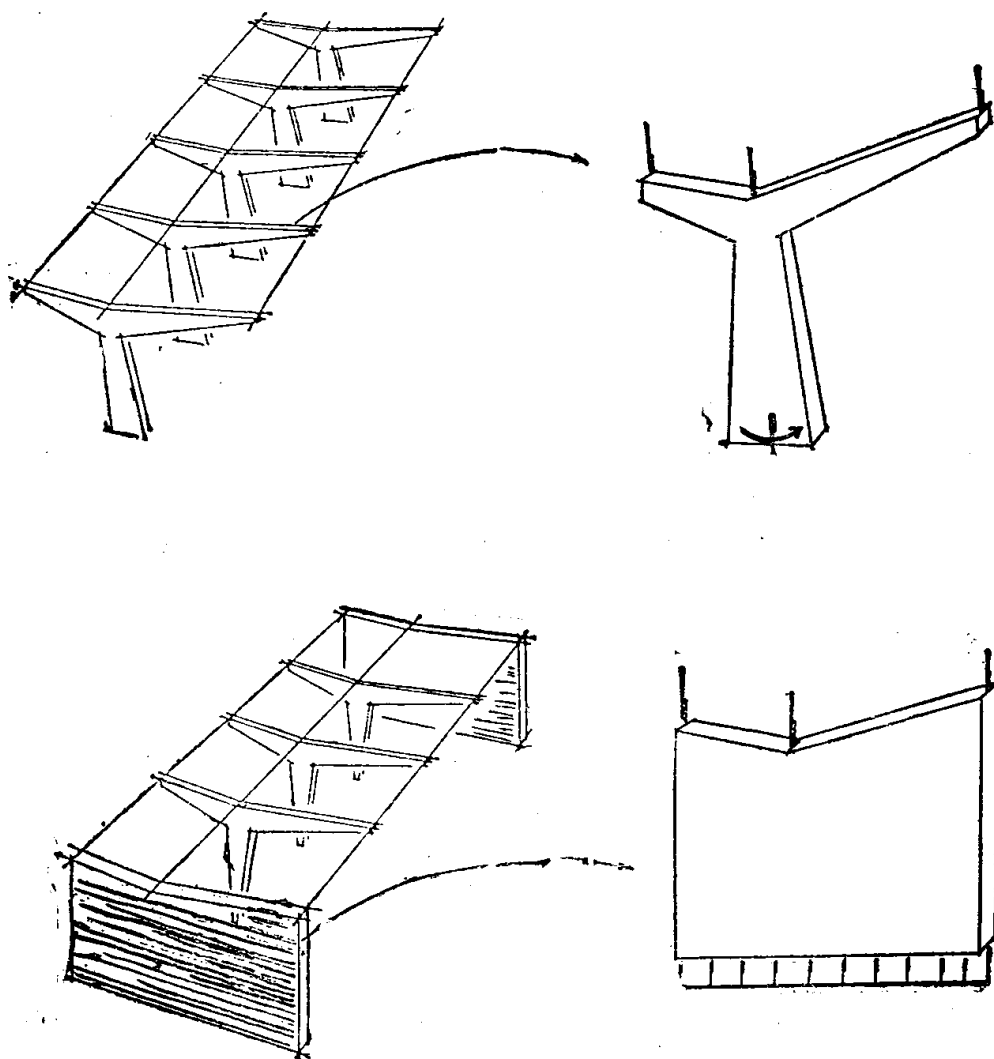


图10-2 结构的分解

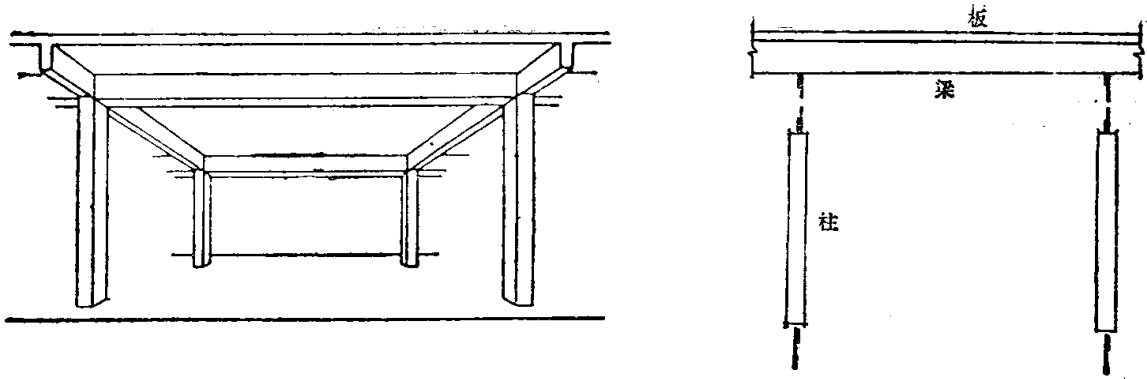


图10-3 现浇梁板式楼盖和柱的分解

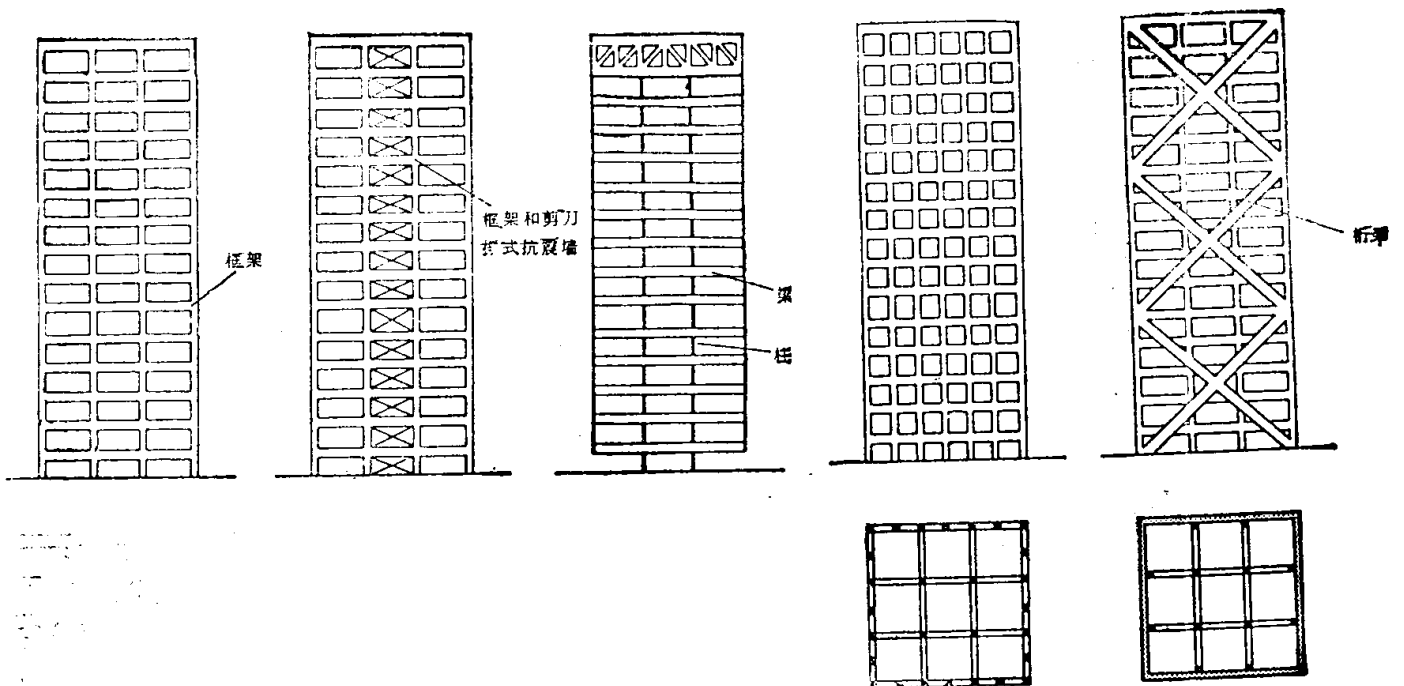


图10-4 几种类型的高层建筑骨架

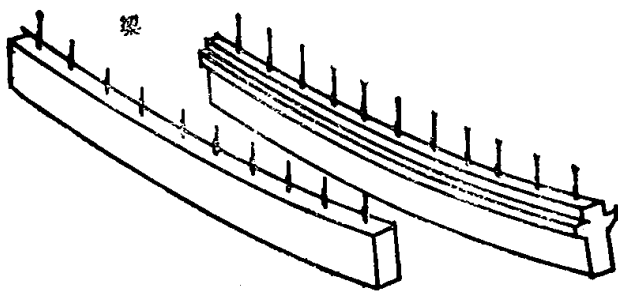


图10-5 梁



图10-6 柱

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10-6。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。

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10-7；柱所受的荷载是纵向作

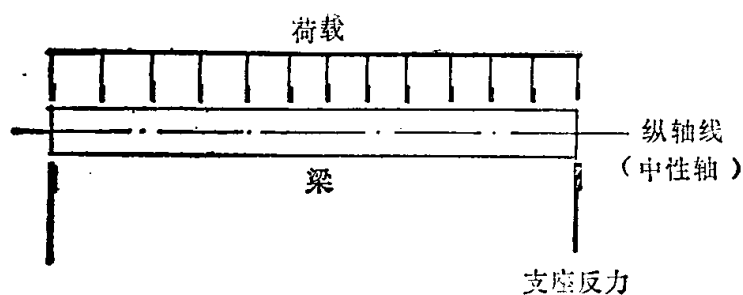


图10-7 梁的受力特点—主要受弯

用，与构件（即柱）的纵轴相平行，图10-8。这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。

关于梁、柱的荷载情况，一般说来柱的自重有一个从上至下的积累过程，图10-8(b)，而梁的自重没有这种特点。

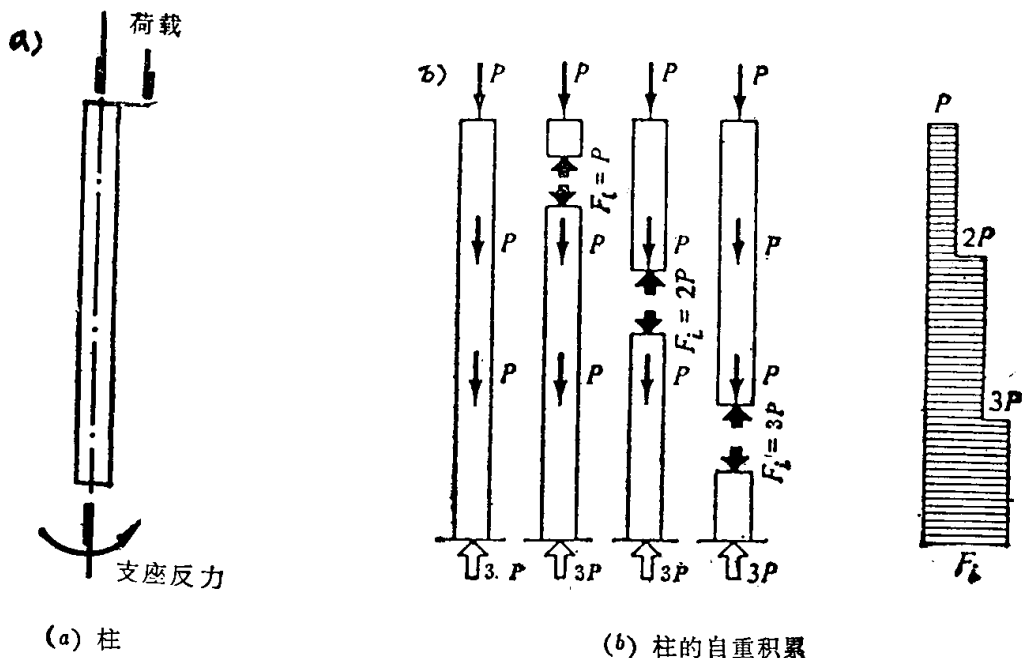


图10-8 柱的受力特点—主要受压

与此类似墙的重量也有一个积累问题。

另一种构件是“拉杆”，见图10-9。拉杆与柱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。

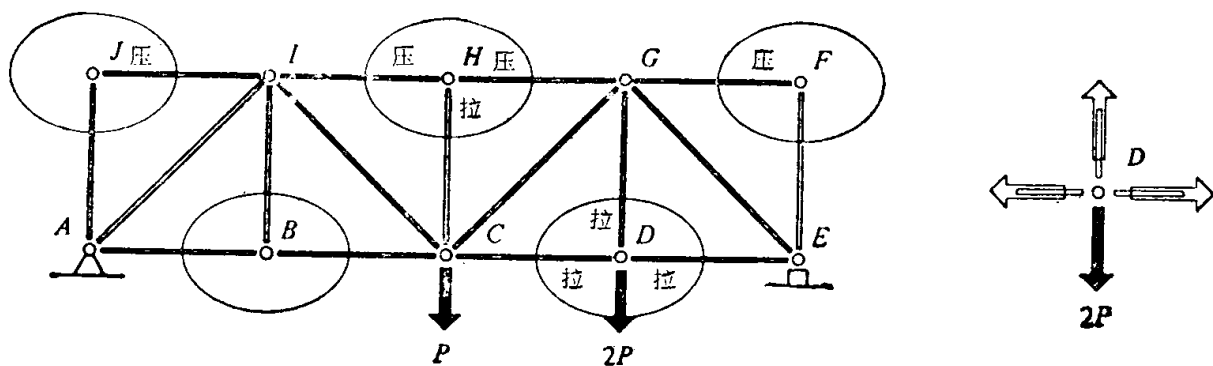


图10-9 拉杆——主要受轴向拉力

再一种基本构件是“板”。每一幢房屋都有楼板和屋面板。有些板，例如实心板、多孔板等，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，图10-10。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10-10，梁

的截面狭而高，图10-5。板也是受弯构件。有些板在两个方向都要发生弯曲，图10-11，称为双向板，它的特点与梁就不完全相同了。

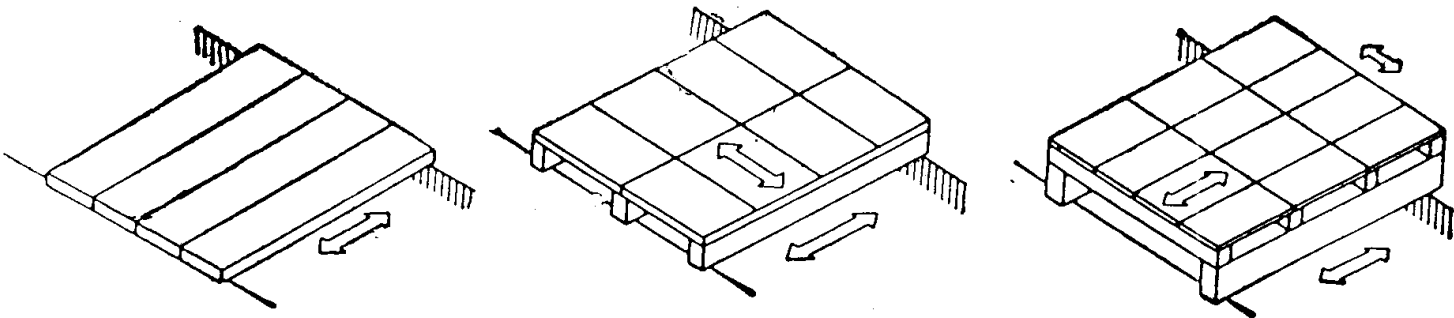


图10-10 单向板

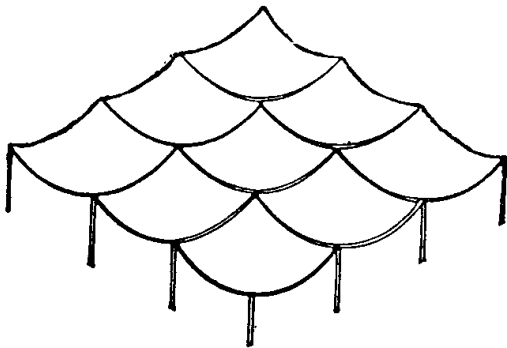


图10-11 双向板

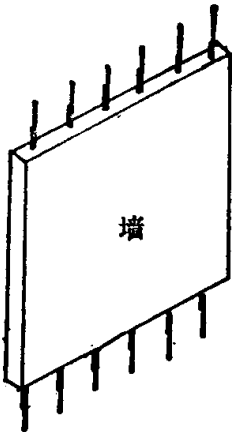


图10-12 墙

还有一种基本构件是“墙”，图10-12。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。

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

图10-13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，就形成钢筋混凝土交（叉）梁楼面。还有图10-14所示的等截面的交叉梁系。

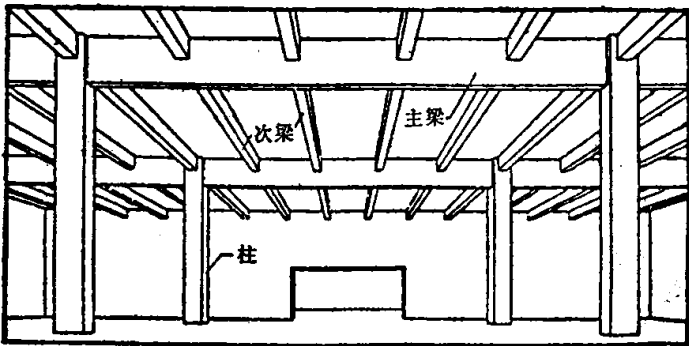


图10-13 交叉梁之一——主、次梁体系

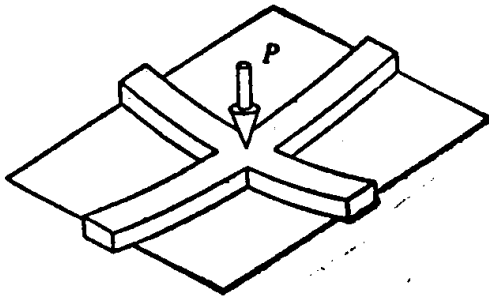


图10-14 交叉梁之二——不分主次梁

图10-15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。

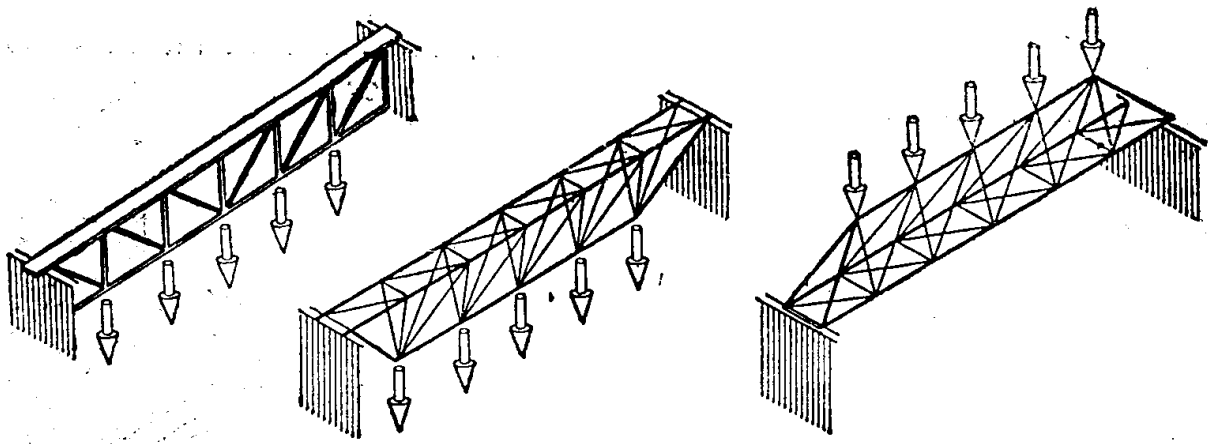


图10-15 桁架

“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10-16，或者是若干个桁架与柱的组合。

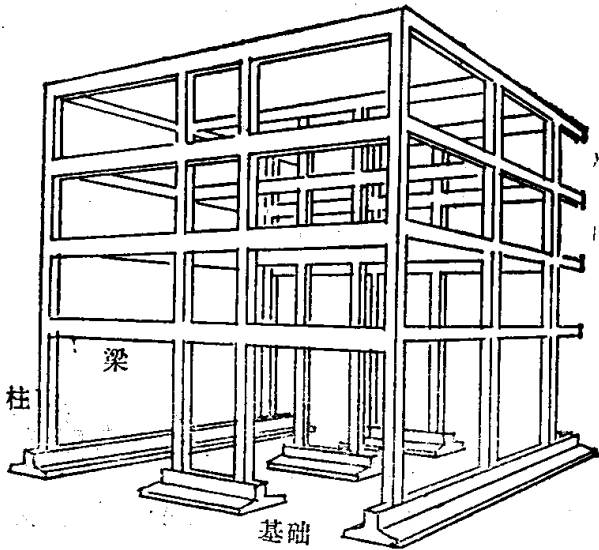


图10-16 框架

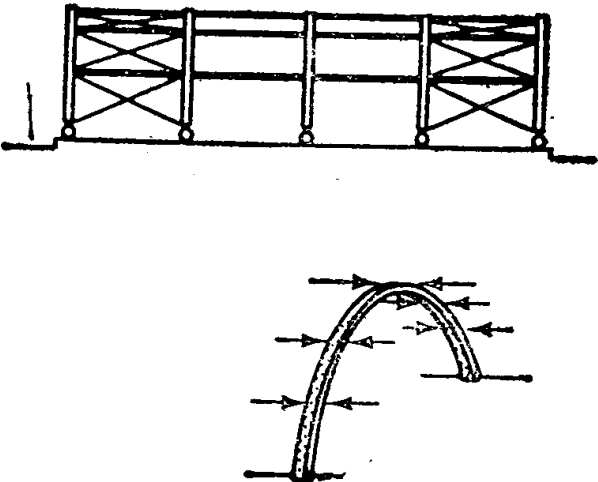


图10-17 拱

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10-17；“悬索”，图10-18；及“薄壳”，图10-19。

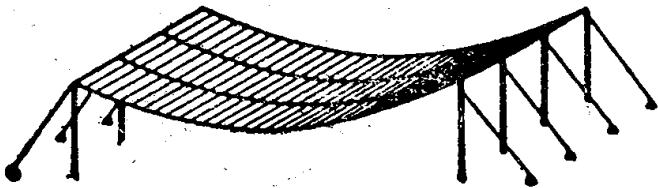


图10-18 悬索

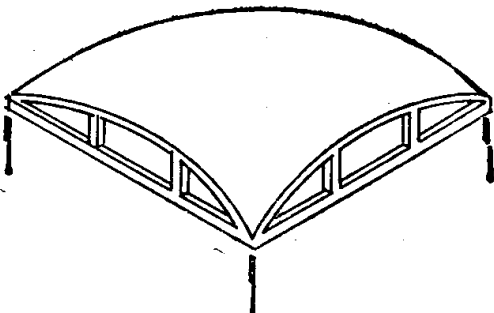
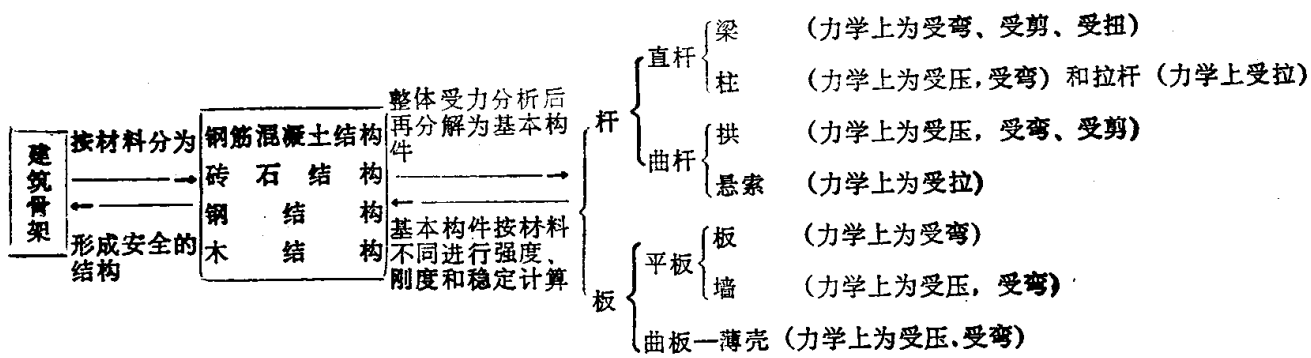


图10-19 薄壳

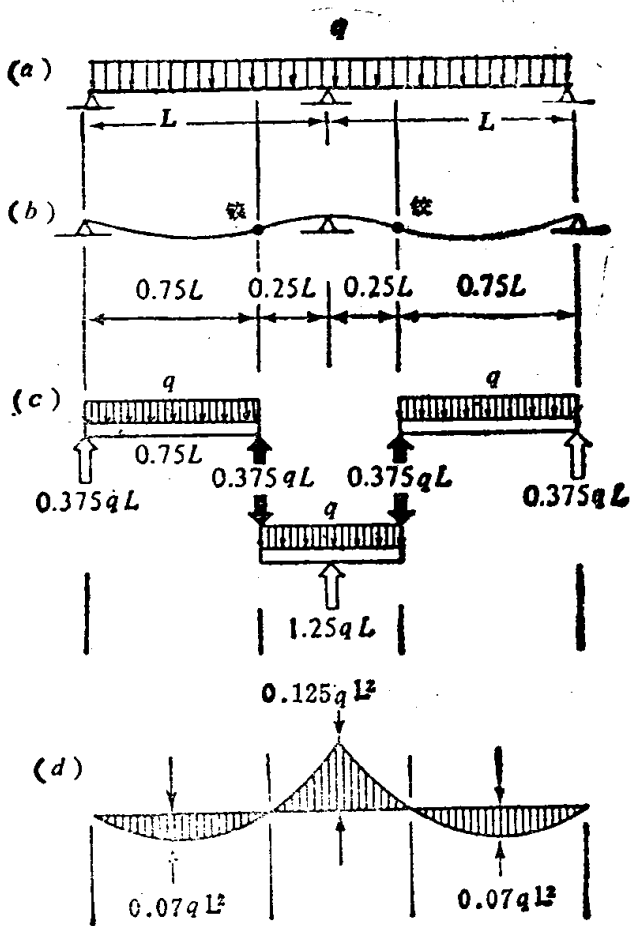
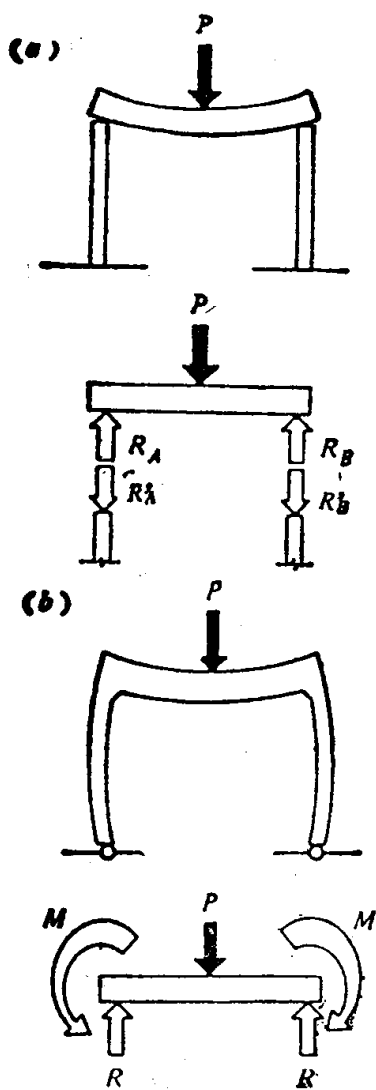
建筑结构设计的基本过程



可以用上面的过程图来作为本节内容的小结。该过程图可以从下面两方面来理解：

1. 建筑骨架可由不同的材料做成，比如钢筋混凝土、钢、木或砖石等。每一个整体的骨架都可分解为若干构件，这些构件的种类虽多，但从力学上看，可以归结为一些力学性能相同或相似的基本构件。图中用右向箭头表示这一过程。
2. 对各种不同材料和不同力学性能的基本构件分别进行强度设计，刚度的构造处理等阶段以后就可以构成安全的房屋骨架。图中用左向箭头表示这一过程。

第二节 构件之间的相互作用



在第二章，已经指出，构件之间的作用是“互为支座”式的作用。这一道理可以从牛顿第三定律得到证明。

图10-20(a)为一根梁简支在两根柱上，当梁受到荷载 P 作用后，柱对梁产生一个支座反力 R_A 和 R_B ，从而维持了梁的平衡。与此同时，梁就以一个大小相等，方向相反于 R_A 和 R_B 的力 R'_A 和 R'_B 作用于柱顶。

图10-20(b)为一个梁与柱刚性联接的刚架，注意到柱给梁的支座反力画在梁上了，而梁对柱也就分别会产生一组大小相等、方向相反的力作用于柱顶，图中没有画出。

图10-21是一根两跨连续梁的近似计算简图，注意到图10-21(c)中的两组黑箭头，分别代表了梁的部分与部分之间的作用与反作用力。在计算中切勿遗漏。

图10-22是一个更为完整的构件之间相互作用图，在把结构分解为单个构件的时候，务必不要把构件的内力遗漏。

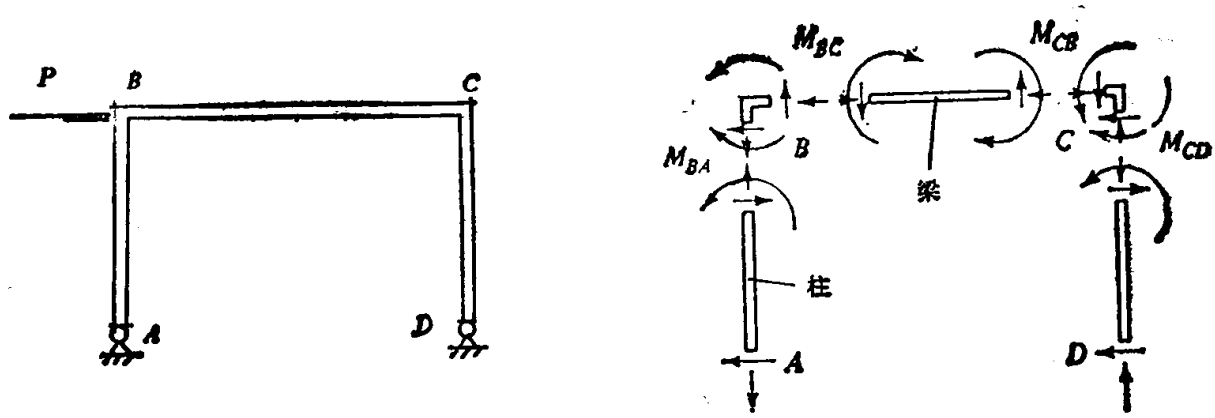


图10-22

本节的目的在于阐明将结构分解为基本构件进行强度设计时，应把所有基本构件上所受力都考虑进去，这样才能设计出安全的基本构件。

第三节 内力与截面的对应

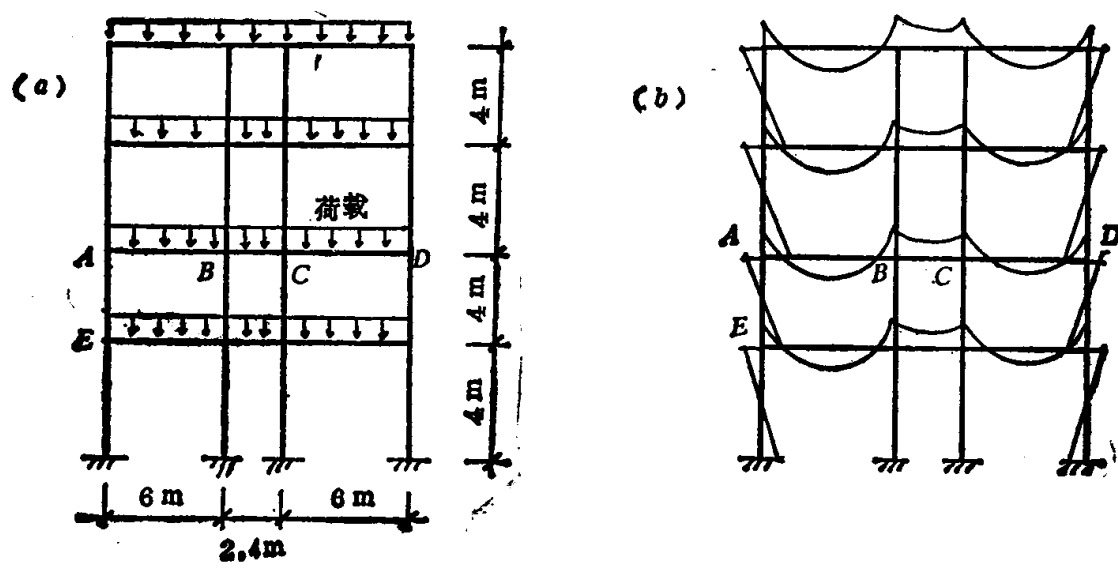


图10-23

在第二、八和九章已经研究了求建筑骨架各个部件在任一指定截面的内力(即 M 、 V 、 N)。注意到构件的内力 (M 、 V 、 N) 一定是相应于某一指定截面而言的。比如图10-23 (a)的多层框架,我们已经用分层法近似地求出了它在垂直荷载下的弯矩图,图10-23(b)。

以梁 $ABCD$ 为例,将它放大如图10-24,那么当横座标 x 为某一数值,比如 $x = 3\text{m}$ 时,此处的弯矩值 $M = -2.5\text{kN}\cdot\text{m}$, 仅仅是说,在 $ABCD$ 这根梁上,截面 I—I 上的弯矩是 $-2.5\text{kN}\cdot\text{m}$, 其中负号代表梁在此处向下弯。又以柱 AE 为例,将它放大如图10-25,那

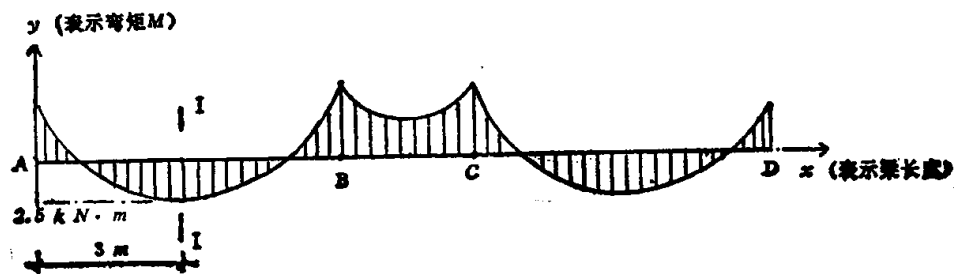


图10-24

么当 x 座标即柱高为 1.5m 处,此处的弯矩值 $M = -1.0\text{kN}\cdot\text{m}$, 仅仅是说,在截面 II—II 上的弯矩是 $-1.0\text{kN}\cdot\text{m}$, 其中负号代表柱的内侧受拉。

设想如果 I—I, II—II 截面的材料强度分别能抵抗 $2.5\text{kN}\cdot\text{m}$ 和 $1.0\text{kN}\cdot\text{m}$ 以上的弯矩,那么显然截面 I—I, II—II 将是安全的。以此类推,如果在根构件的某一适当部位选定一个最不利的内力,以此内力作为构件在某一段长度范围内的“内力代表”,并按照此“内力代表”来满足构件的强度要求,那么确定出的构件将是安全的。这样就形成进行构件强度设计的基本原则,即内力与截面对应。

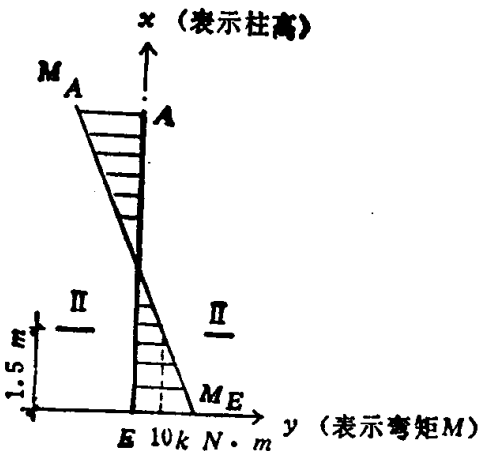


图10-25

第四节 截面强度设计方程的数学实质

在进行基本构件的截面强度设计时,数学上往往可以归结为解如下的方程。

第一种: $A \cdot x + B = 0$ (10-1)

第二种 $A_1 \cdot x + B_1 \cdot y = C_1$ (10-2)

第三种 $A_2 \cdot x^2 + B_2 \cdot x + C_2 = 0$ (10-3)

式中 A 、 B 、 A_1 、 B_1 、 C_1 、和 A_2 、 B_2 、 C_2 代表某一个已知数,可由具体的问题给定的已知条件代入后加以演算、合并后形成。 x 和 y 代表所求的未知数。比如可能是指一根钢筋混凝土梁的受拉钢筋的截面积,或是指一根工字钢梁的截面模量 W 等。

砖石结构,钢结构和木结构构件的强度计算,一般归结为式 (10-1)

钢筋混凝土结构构件一般可归结为式 (10-1) 与 (10-2) 或 (10-1) 与 (10-3)