

建筑结构知识丛书

钢筋混凝土结构 设计知识

蒋大驊 编写



中国工业出版社

建筑結構知識丛书

鋼筋混凝土結構設計知識

蔣大群 編写

中国工业出版社

本书系建筑结构知識丛书之一。这套丛书主要供建筑工人、农村建設人員和基建部門中一般干部閱讀。目的是使讀者对建筑结构有一些粗淺的理論知識。丛书中包括有地基基础、鋼筋混凝土结构、木结构、砖石结构、鋼结构、力学、建筑图七种基本知識小册子，以及叙述各类主要构件的构造及受力原理的專門小册子。

本书專門对鋼筋混凝土结构设计作一通俗介紹。书中先叙述鋼筋和混凝土的性能及房屋结构构件的受力情况，再讲述鋼筋混凝土结构的一般設計方法，然后通过梁和柱的具体計算，使讀者对鋼筋混凝土结构设计有一初步的概念。

为了使讀者无需具有力学知識即能看懂本书，书中对基本力学术语虽作了解释，但如能在閱讀本书之前先看一些力学基本知識，將能更容易理解本书的內容。

建筑结构知識丛书
鋼筋混凝土结构设计知識
蔣大綽 編写

建筑工程部图书編輯部編輯（北京西郊百万庄）

中国工业出版社出版（北京德勝門外西10号）

北京市书刊出版业營業許可証出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $1^{1/8}$ ·字数39,000

1959年9月原建筑工程出版社北京第一版

1965年7月北京新编版重排本·1965年7月北京第一次印刷

印数0001—26,120·定价(科二)0.18元

統一書号：15165·3250(建工-394)

目 录

第一讲	什么是钢筋混凝土 为什么混凝土中要放钢筋	1
第二讲	钢筋混凝土的应用范围	2
第三讲	钢筋混凝土的优缺点	2
第四讲	混凝土的性能	5
第五讲	钢筋的种类和它的性能	8
第六讲	钢筋与混凝土的粘結	10
第七讲	房屋是怎样构成的	11
第八讲	房屋结构中各种基本构件的受力情况	13
第九讲	板、梁和柱子中钢筋的布置方法	16
第十讲	设计钢筋混凝土结构的基本原理	22
第十一讲	受弯构件(梁)的计算方法	27
第十二讲	受压构件(柱)的计算方法	40
第十三讲	预应力混凝土结构的基本概念	43
第十四讲	钢筋混凝土结构的发展	47

第一讲 什么是钢筋混凝土 为什么 混凝土中要放钢筋

钢筋混凝土是土木建筑工程中的主要建筑材料之一。

大家知道，混凝土是用水泥、砂、石子及水四种原材料制成的。制造时先将这四种原材料拌和，浇灌在预先做好的模壳中，进行捣实，经过一定的时间，即凝结成坚硬的混凝土；在混凝土结硬的过程中，还必须浇水或通蒸汽加以养护，等到结硬后，拆去模壳，才能应用。

如果在模壳中事先放入一些钢筋，浇灌进去的混凝土就包围在钢筋四周，待结硬后，钢筋即留存在混凝土中，这就是钢筋混凝土。

为什么要在混凝土中放钢筋呢？我们知道，混凝土的性质好象石头一样，能够负担很大的压力而不致被压坏，所以有人称它为人造石。但是混凝土不能抵抗拉力，或者只能负担很小的拉力，当拉力稍为增加时，混凝土就被拉断，产生裂缝；因此纯混凝土不能很好地在建筑物中起栋梁的作用。相反的，钢材的能力很强，它能承担很大的拉力而不被拉断。如果我们在混凝土中将来要产生拉力的地方，布置一些钢筋，使它来负担拉力；这样，两种材料各尽所能，共同合作，成为一种非常优秀的建筑材料——钢筋混凝土。这一点在第九讲里还要详细讲到。

钢筋和混凝土所以能共同合作，是由于下列一些原因：钢筋和混凝土的粘聚力很好，能粘结在一起而不相互滑动；同时，两者的膨胀系数很接近，也就是当温度升高或降低时，钢筋和混凝土将同等地伸长或缩短，不致两者互相干扰；此外，钢筋藏在混凝土中，被混凝土保护，不致生锈。

第二讲 鋼筋混凝土的应用范围

今天鋼筋混凝土已非常广泛地应用在土建工程中，特别是由于預应力混凝土和装配式鋼筋混凝土结构的出現，它的应用范围更加扩大了。許多过去必須用鋼结构建造的建筑物，現在都能用鋼筋混凝土结构来代替。

鋼筋混凝土不仅能用来建造各种各样的工厂厂房、宿舍、礼堂、学校、医院、剧院等不同用途的房屋，还能用来建造水池、水塔、烟囱、煤仓、谷仓等特殊的结构物。在交通方面，許多公路和铁路桥梁、桥墩、隧道、涵洞、挡土墙等都能用鋼筋混凝土来建造。最近許多国家都已制成了預应力混凝土的铁路軌枕。在水利方面，水坝和水閘等也都采用鋼筋混凝土来建造。其他在市政建設的上下水道等工程中，如水管、煤气管、电綫杆等也常用鋼筋混凝土制造，象首都北京的无軌电車的架綫杆就都是用鋼筋混凝土来制造的。更使人們感觉兴趣的是可以用鋼筋混凝土建造船舶。

第三讲 鋼筋混凝土的优缺点

我們所以要大量应用鋼筋混凝土，是因为这种建筑材料具有下列許多优点：

鋼筋混凝土能承受很大的重量而不致毀坏。在工程術語上我們把能承受重量而不毀坏的能力称为**强度**，所以我們說鋼筋混凝土的强度很高，它除本身重量外，还能够負担人群、机器、物品、車輛、起重机、风、雪、水压力、土压力等各种靜止的和活

動的荷重。不僅如此，它的強度還是與日俱增的（在下面還要談到），只要設計和施工得正確，完全可以保證安全。

此外，由於用鋼筋混凝土建造的結構物是連成整體的，它還能抵抗地震的破壞。從過去發生的地震資料中可以看出，與其他材料的建築物相比較，鋼筋混凝土建築物抗地震的能力是最強的。

鋼筋混凝土能經久不壞，一般使用五十年至一百年是不成問題的。因為鋼筋被混凝土包着不易生鏽，而混凝土本身是不會腐爛的。

鋼筋混凝土比較耐火。在一些大火災中發現，經過合理設計和施工的鋼筋混凝土結構的建築物不會因火燒而倒塌。

我們知道，材料在外力的作用下，將要發生各種變形，例如拉長、縮短、彎曲等等。而鋼筋混凝土與其他材料相比較，在同樣的外力作用下，它的變形比較小，在工程上我們把這種抵抗變形的能力稱為**剛度**，所以我們說，鋼筋混凝土結構的剛度較大。我們常常可以看見，人站在一片木板上，木板就彎曲得很厲害，但如果將木板換成一塊鋼筋混凝土板，那末它總是很平直的。

製造鋼筋混凝土的石子、砂和水，到處都有，可以就地取材。水泥和鋼筋雖然必須在專門的工廠中生產，但它们在鋼筋混凝土中的用量很少，所占的重量和體積都不大，運輸也較方便。

此外，我們可以將鋼筋混凝土做成任意的形狀，要方就方，要圓就圓，只要預先把模殼做成所需要的形狀就可以。這對於滿足建築上和使用上的各種要求，都是有利的。

用鋼筋混凝土建造的建築物一經完工，幾乎不再需要保養或檢修，這就可以節省一大筆費用；而鋼結構及木結構等經過一定的時間，就要再次油漆或進行修繕。

最後，在鋼筋混凝土結構中，因沒有或極少形成凹凸、洞穴和孔隙等現象，而且鋼筋混凝土本身非常堅硬，不易給老鼠或其他蟲鳥構築巢穴，也不易聚集灰塵。這對於醫院、學校及宿舍等，提供了優越的條件。

钢筋混凝土虽然具备这么多的优点，但也并不是没有缺点的；当然这些缺点已在不同程度上被我們所克服或正在努力克服中。

建造混凝土结构，首先需要大量的模板和支撑，这就需要耗费许多木材；其次在施工时，除支模外，还要进行拌和材料、浇灌、养护等，工序比较复杂，特别是预应力钢筋混凝土结构，费工更多。但若采用装配式结构，利用标准模板或活动模板，并且使施工机械化等等，还是可以弥补一些这方面的缺点的。

钢筋混凝土结构与钢、木结构相比，它本身的重量很大，致使材料的一部分承载能力，要用来支持本身的重量，不能更充分地承担外部的荷载。不过，我們可以从下列各方面想办法来改善：采用轻的原材料，例如浮石、炉渣、矿渣、陶粒等，来代替石子(骨料)；应用新的结构型式，例如T形截面、工字形截面、桁架、拱、薄壳等；以及采用预应力混凝土结构等。

现场建造速度慢。因为在浇灌混凝土前要做模壳，扎钢筋；浇灌后又至少要经过28天才能拆模使用。但如果采用装配式结构，或利用早强水泥、速凝剂或真空作业法等，就可大大缩短工期。

在低温下施工困难，因为在严寒的气候中浇灌的混凝土混合物很快就会冻结，不利于混凝土的硬化。关于这一点，根据国外和我国北方在冬季施工中所取得的经验，已基本上得到解决。此外，采用装配式结构，在工厂内生产构件，现场只需用很少时间进行安装，这样也可消除混凝土在低温下冻结的弊病。

此外，在结硬后的混凝土中，不能检查钢筋；已建成的钢筋混凝土结构不容易加固或变更，也难以打洞、钉钉子或挂钩等，但这个缺点并不是很严重的。检查钢筋可用X光透视检查或用电波探测；至于对钢筋混凝土结构的加固或变更，也有办法解决，并不是完全无能为力的，同时，我们还应该从积极方面着想，争取在施工中不发生任何质量事故。

总起来说，象任何材料一样，钢筋混凝土有优点，也有缺

点。我們应經常設法利用并扩大它的优点，减少或消除它的缺点，使它能更出色地为祖国的社会主义建設事业服务。

第四讲 混凝土的性能

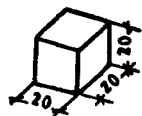
要正确地进行設計和施工，必須首先充分了解材料的性质。混凝土和鋼筋是鋼筋混凝土的主要組成部分，它們各具有本身所独有的特殊性能。

我們先来看混凝土。

混凝土有比較高的抗压能力。用不同配合成分及不同浇捣方法所制成的混凝土，具有不同的强度。为了区分起見，我們把它的抗压强度（即每1平方厘米上所能抵抗的压力）称为**混凝土的标号**，用符号R来表示。国家规定，混凝土的标号分为：35、50、75、100、150、200、300、400、500、600等10种。标号为200号的混凝土每一平方厘米（ cm^2 ）能負担200公斤（ kg ）的压力，如超过200 kg 即被压碎。

混凝土的抗压能力和它的年齡很有关系。年老的混凝土强度大，年輕的混凝土强度差。上述混凝土标号指的是浇灌后28天的抗压强度，因为28天前强度增长較快，28天后强度虽仍繼續增长，但增加得很少，而且混凝土在浇灌后28天即須拆模使用。国家规定一律采用28天的强度作为混凝土的标号，在实际工作中使用起来就很方便。

混凝土的抗压强度还与試块的形状和尺寸有关。用相同的配合成分、相同的拌和、浇捣和养护方法，做成不同形状或不同尺寸的試块，将得到不同的抗压强度。为了統一，以便正确地反映混凝土的性能起見，国家规定：測定混凝土抗压强度或标号的試块，应做成20 cm



单位：厘米

图1 混凝土立方体試块

长、20cm宽、20cm高的立方体①（图1）。

混凝土虽然具有相当高的抗压能力，但它的抗拉能力是非常小的。如果某一块混凝土在200kg的压力下被压碎，那末同样的这块混凝土，大约在20kg的拉力下就将被拉断。由此可见，混凝土的抗拉强度远远不如它的抗压强度，通常前后两者之比约为1比10。

我们知道，任何材料在外力作用下将发生变形。混凝土也是如此，受压时要缩短，受拉时要伸长。

构件的单位面积上所受的的压力或拉力，称为应力，常用符号 σ 来表示。例如某混凝土标准立方体，承受总压力60000kg，则它所受到的压应力为150kg/cm²。因为标准立方体的面积是20cm×20cm，所以

$$\sigma = \frac{60000\text{kg}}{20\text{cm} \times 20\text{cm}} = 150\text{kg/cm}^2.$$

构件单位长度中的变形值（缩短值或伸长值），称为应变，我们用符号 ϵ 来表示。例如混凝土立方体在压力的作用下，缩短了0.04cm，则它的压应变为0.002，即：

$$\epsilon = \frac{0.04\text{cm}}{20\text{cm}} = 0.002.$$

材料的应力与应变关系是一种很重要的物理力学性能，设计任何工程结构物，必须首先掌握它。

根据试验的结果，发现混凝土的应力和应变之间是有一定关系的。我们把它们的关系用图2的方式表示出来。图中说明，应力 σ 与应变 ϵ 之间并不成正比例，而成一条曲线关系。这表示，应变的增加比应力的增加要快；换句话说，如果压应力增加一倍，则压应变的增加将超过一倍。

应力与应变之间成正比例关系的材料，称为弹性材料；反之，

① 也允许做成15cm长、15cm宽、15cm高的立方体；但压力试验机上的读数在折成混凝土的抗压强度时，应乘以0.90。在正常条件下，最好做成20cm的立方体。

不成正比例的，則称为**彈塑性材料**。混凝土就是一种彈塑性材料。

由图2还可以看到，混凝土在压碎时的极限应变約在0.002~0.004左右。

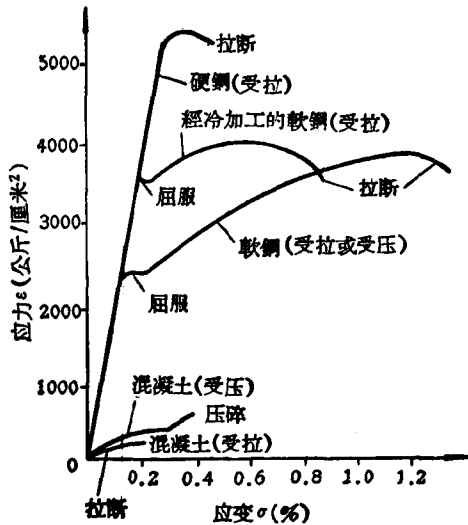


图 2 鋼筋和混凝土的应力与应变关系

現在再来談一談混凝土的另一种物理力学性能——**徐变**。当我們在混凝土构件上加荷重使它受压时，它将产生变形(縮短)。現在我們使压力維持不变，但过了一些时候，变形将有所增加，時間隔得愈长，則变形也愈大(当然也不是无限止地增长)。这种現象称作混凝土的徐变。徐变也就是混凝土的**塑性性能**在另一

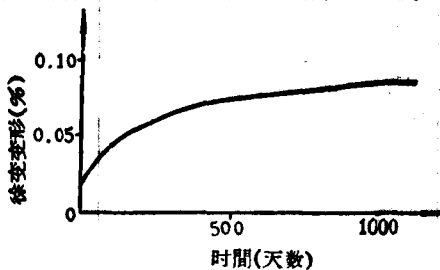


图 3 混凝土的徐变

种形式上的反映（图 3）。

此外，混凝土在空气中結硬，它的体积将要縮小；在水中結硬，則体积将要膨胀。这些都是混凝土的重要性能。收缩和徐变并不相同，前者是在沒有外力作用下的縮短或縮小，后者是在外力作用下因时间的增长而被压缩得更短，两者不可混淆。

第五讲 鋼筋的种类和它的性能

鋼筋混凝土結構中所采用的鋼筋，种类很多，主要有下列各种，

- (一) 热轧螺紋鋼筋 $\Phi 5$ (图 4 A)，直径 $10mm$ 至 $32mm$ ，
- (二) 热轧規律变形鋼筋 25 Γ 2C (图 4 B)，直径 $6mm$ 至 $40mm$ ，
- (三) 冷拔鋼絲 (图 4 C)，直径 $3mm$ 至 $10mm$ ，
- (四) 經過冷拉的热轧圓鋼筋 $\Phi 0$ 和 $\Phi 3$ ，直径 $6mm$ 至 $22mm$ ，
- (五) 冷轧变形鋼筋 (图 4 D)，直径 $6mm$ 至 $32mm$ (由 $\Phi 0$ 或 $\Phi 3$ 号鋼筋轧制而成)；

(A) 热轧螺紋鋼筋 $\Phi 5$



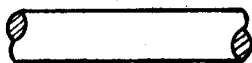
(D) 冷轧变形鋼筋



(B) 热轧規律变形鋼筋 25 Γ 2C



(E) 热轧圓鋼筋 $\Phi 0$ 或 $\Phi 3$



(C) 冷拔鋼絲



图 4 鋼筋型式

(六) 热轧圆钢筋 ± 0 和 ± 3 (图4E), 直径6 mm至32 mm。

从节省钢材及降低造价的观点出发, 在选用时, 应按上列次序顺序优先采用。

以上(一)(二)(六)三种都是软钢, 含碳量较少, 它的应力应变关系如图2所示。从图中可以看出, 在受力的开始阶段, 应力 σ 与应变 ϵ 之间成正比例的关系, 说明软钢是一种“弹性材料”。但是当应力 σ 增加到一定数值时, 则应力不增加而应变仍继续增加, 我们称这种现象为屈服。软钢屈服以后并不被拉断而能继续负担外力, 要到达更大的拉应力时, 始完全被拉断。但一般我们认为软钢到达“屈服点”, 即已破坏, 不能继续使用。软钢具有明显的屈服点。25T2C的屈服点强度最高, ± 5 次之, ± 3 和 ± 0 最小。

(三)(四)(五)项钢筋都是经过冷加工(冷拉、冷拔或冷轧)的软钢。冷加工能使钢筋硬化, 也就提高它的屈服点(图2)。

冷拉(有时也称为强力拉测)就是把钢筋用力拉一下, 使它超过了屈服点, 然后放松。这种经过冷拉的钢筋的屈服点比未冷拉前提高很多。

冷拔是先做一个比钢筋直径小的硬质合金钢模孔, 将钢筋通过(或穿过)这个模孔用机器冷拔, 使它比原来的钢筋细。这样就能把钢筋的强度提得很高。

冷轧就是将钢筋通过专门的机床, 在两个互相垂直的方向上轧出交替排列的齿印。经过冷轧的钢筋, 它的强度极限也比未经冷加工的要高得多。

冷加工的方法, 因能显著地提高钢筋的屈服点或强度极限, 大量节省钢材, 所以在建筑事业中已被广泛地采用。

直径较细的钢筋, 长度可达40m左右, 往往盘成盘条。直径较粗的钢筋(长度9~12m)是单根的。有时可将钢筋焊成焊网(图5A)或平面焊接骨架(图5B), 使用时很方便, 而且质

量高又能节省鋼材。

光 5 及 25Г2С 的表面都有凹凸紋路，但須注意前者成螺紋狀，后者則成人字形（图 4 A, B）。

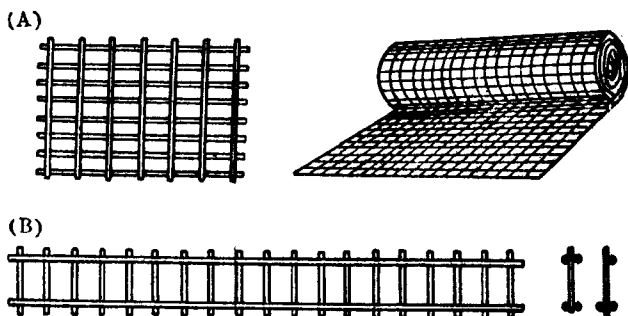


图 5 焊接鋼筋网及平面焊接骨架

第六讲 鋼筋与混凝土的粘結

前面已經讲过，鋼筋和混凝土能很好地粘結在一起，也就是說，它們之間的粘結力很好。但是，如果設計或施工得不好，构件也会因粘結力不足而破坏。

为了保証两者之間的粘結强度，应采取下列几种措施：提高混凝土的质量或标号；使鋼筋的表面粗糙些●；在鋼筋两端做弯鈎；鋼筋两端要有足够的埋入长度；采用直径較細的鋼筋；增加鋼筋外混凝土保护层的厚度；增加鋼筋彼此之間的間距等。

混凝土中有鋼筋存在时，对混凝土的收縮有很大的影响。因为鋼筋本身不会收縮，故它将阻止混凝土的收縮，就使混凝土中产生拉力，相对地讲，鋼筋本身受到压力。这种应力通常称为初应力或收縮应力。在鋼筋量多的时候，混凝土中产生的拉力就会

● 光 5 及 25Г2С 的表面紋路，主要就是为了提高粘結力。

很大，以致发生早期裂縫，这对于鋼筋混凝土显然是不利的。因此，我們應該多方設法减少混凝土的收縮量，例如少用水泥漿，降低水灰比，骨料的級配要做得好，搗实和养护工作要特別周到，还可以在建筑物中設置伸縮縫等等。

混凝土的徐变也将影响鋼筋的内力，設計时应加以考虑。

第七讲 房屋是怎样构成的

現在讓我們暂时不談鋼筋和混凝土，而来談一下房屋是怎样构成的。

普通一間房子，除了埋入地下的基础外，起碼应有四片牆和一块屋頂板（图 6 A），牆上可开不很大的門洞或窗孔。把牆拼在一起，屋頂板擱在牆上，就形成一幢最簡單的房屋（图 6 B）。若將屋頂板做成实心的一块板，需要很大的厚度，耗費材料，很不經濟。因此，一般在牆上先擱置几根梁，再在梁上鋪屋面板（图 6 C），就可以將屋面板做得薄一些；这样，虽將做梁的材料加在一起，往往也比做一大块实心的屋面板要經濟。有时更在梁（这时可称为大梁或主梁）上，擱置小梁（或称次梁），然后在次梁上鋪上更薄的板（图 6 D），这样就更經濟。如果有几間房間相毗連，只要多加几片牆，几根梁，几块屋頂板就可以了（图 7）。如果要造楼房，只要把牆加高，底层原来的屋頂变成二楼的楼面，再在二楼上面另行架梁鋪板做屋頂就成两层的楼房了，再多的层数可依此类推。

以上这种房屋結構的型式，由于屋面或楼面的重量以及它上面承担的人群、物件、积雪等荷載，都是通过牆传给地基的，所以称作**承重牆結構**。这些牆大都用砖砌造，屋面或楼面可用鋼筋混凝土来建造。

另一种結構型式是用柱子来代替牆。它是在每一根主梁（当

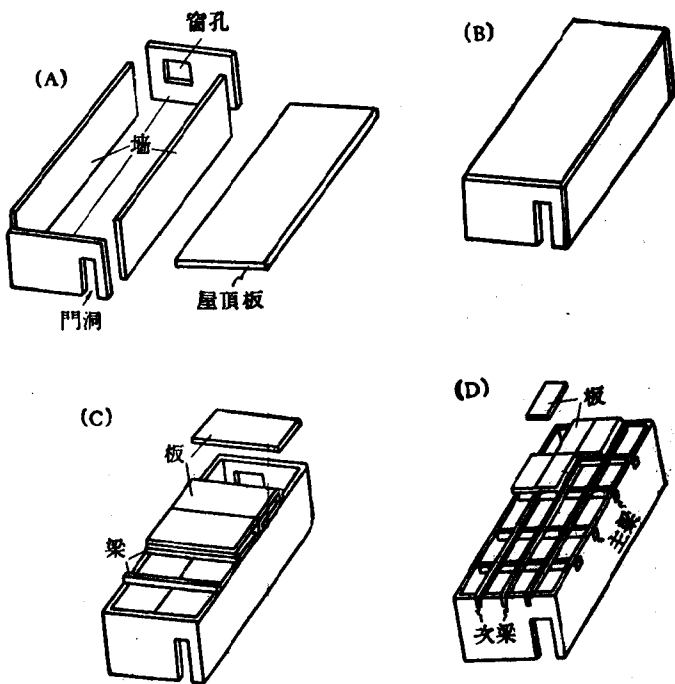


图 6 承重墙房屋结构的组成

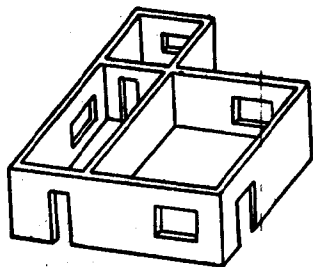


图 7 几间房间相毗连的情形

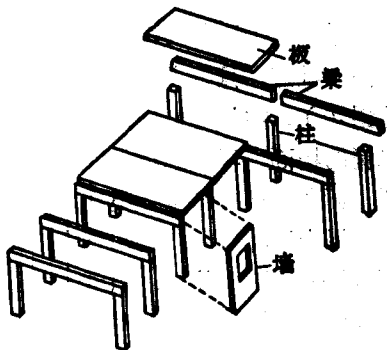


图 8 骨架式房屋结构的组成

沒有主梁時，則在次梁)的兩端設置柱子(圖8)，其餘次梁及板的鋪設，與“承重牆結構”並無區別。為了保暖或使用上的需要，可以在兩根柱子中間的空擋中砌牆，在這些牆上照樣也可以開門洞，開窗孔，但在柱子上絕不能開洞。

在這種房屋結構中，屋面及樓面的所有荷載，都通過主梁傳給支柱，主梁和支柱組成了許多架子，次梁(以及其上面的板)就擱在它們的上面，所以我們把它稱為**骨架式結構**。骨架式結構中仍有牆壁，但這些牆壁除承受本身重量外，並不負擔屋面或樓面的荷載，因此，即使完全把牆拆去，房屋並不會倒塌。

承重牆結構及骨架式結構是房屋結構的主要型式。此外也有些房屋，一部分用承重牆，另一部分是骨架式，例如外牆是承重牆，房屋內部用支柱承重(圖9)。

用鋼筋混凝土建造的普通大型及中型的單層工廠廠房，大都是骨架式結構。多層的工廠廠房也多半是骨架式結構，有時外牆採用承重牆。普通的少層(四、五層以下)民用房屋，象宿舍、學校、醫院、辦公室等，大多數是承重牆結構。較大的公共房屋，如劇院、體育館、百貨公司等，則採用骨架式結構的較多。

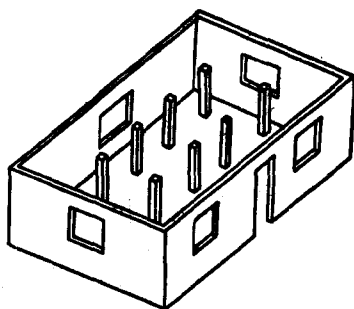


圖9 外牆是承重牆，內部用支柱承重的房屋結構

第八講 房屋結構中各種基本構件的受力情況

不論在承重牆結構或骨架式結構中，都有下列各種基本的構件，板、梁(次梁或主梁)及柱(或牆)。通常荷載是直接加在