

高等学校教学参考书

# 建筑結構基本原理

西安建筑科技大学

宋 占 海 编著

中国建筑工业出版社

(京)新登字 035 号

本书内容主要包括建筑结构所用材料与地基土(岩)的物理力学性能、建筑结构的基本计算原则、各种结构基本构件与地基的设计原理、计算方法及一般构造要求,并附有计算例题和习题。

本书与《建筑结构设计》一书,系专门为高等学校建筑学专业编写的建筑结构课程教材,两书配套使用。两书经建设部教育司审批作为高等学校建筑学专业建筑结构教学参考书。两书亦可作为城市规划、建筑装饰和工业与民用建筑(大、中专)等专业的教学用书和有关建筑工程设计人员与自学者的参考书。

高等学校教学参考书

**建筑结构基本原理**

西安建筑科技大学

宋 占 海 编著

\*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京市顺义县燕华印刷厂印刷

\*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 19<sup>3</sup>/<sub>4</sub> 字数: 479千字

1994年11月第一版 1994年11月第一次印刷

印数: 1—7,400册 定价: 11.20元

ISBN 7—112—02333—5/TU·1800

(7361)

## 前 言

长期以来,建筑学专业的建筑结构课程,一直沿用工业与民用建筑专业的四大结构教学体系,教材合并,分别讲授。地基及基础则摘取统编教材的部分内容,单独设课;结构选型、多层与高层建筑结构、建筑抗震设计等作为选修课,时有时无。这种教学方式,暴露出不少缺点和弊病。

编者通过多年来的教学改革与教学实践,将钢结构、木结构、钢筋混凝土结构、砌体结构,地基及基础、多层与高层建筑结构、结构型式选择、以及建筑抗震设计等多门学科,有机地编写成《建筑结构基本原理》和《建筑结构设计》两册教材,从而形成一整套结合建筑学专业特点的、系统的、完整的教学体系。

《建筑结构基本原理》一书,主要内容包括建筑结构的特点及应用;建筑结构的组成;建筑结构所用材料及地基土的物理力学性能;建筑结构的基本计算原则;四种结构基本构件与建筑地基的设计原理和设计方法,并附有计算例题和习题。其基本目的在于,使学生学习后能掌握一般建筑结构的基本原理和主要基本构件的设计方法,为创作结构合理、造型独特的建筑设计,并为从事一般性房屋的结构设计,奠定必要的理论基础。

《建筑结构设计》一书,主要内容包括建筑结构设计的一般知识;砖混结构房屋、单层厂房、多层与高层建筑、中跨与大跨建筑结构方案的确定;刚性方案砖混结构房屋、钢筋混凝土平面楼盖、单层厂房、框架结构房屋(高度小于40m)的结构设计方法及其建筑结构抗震构造措施;并介绍一些较为成功的国内外建筑工程实例,以及结构设计实例和习题。其基本目的在于,使学生学习后能在建筑设计中增强建筑中结构的合理性与可行性,以求得建筑艺术与建筑技术的完美结合;同时,加深了解一般性的房屋结构设计方法,拓宽结构专业的知识面,充分发挥建筑师的创造能力。

《建筑结构基本原理》和《建筑结构设计》两书,虽系为建筑学专业本科的建筑结构课编写的教材,但亦可作为建筑工程相关专业(如城乡建设、城市规划等)的本科、专科和成人高校的教学参考书,还可作为建筑工程技术人员和自学者的参考书。

这套教材的主要特点有:

1. 将多门学科有机地结合起来,务求形成适合于建筑学专业应用的、完整的教学体系。
2. 除重点阐述建筑结构基本原理外,始终着眼于如何更好地结合建筑设计和一般房屋结构设计,重在实际应用。
3. 尽量采用易于接受的表达方式,力求作到论据充分可靠,原理和设计方法简单明确,语言通俗易懂,便于自学和理解。
4. 教材全部按我国近期正式批准施行的新规范编写,努力反映我国现阶段在结构方面的新成果。

这套教材,涉及的范围较广,内容较多,教学中可针对各自的需要和学时的多少,酌情取舍。

# 第一章 绪 论

**提要：**本章重点论述学习建筑结构的重要性与学习方法，建筑结构的特点及其应用，建筑结构的组成与基本构件，并对地基及基础作概要介绍。

## 第一节 建筑结构与建筑的关系

一个好的建筑，不论其大小，除应满足建筑功能与艺术要求外，必须坚固和耐久、施工可行。同时，还应以最少的代价获得最大的经济效益。

建筑结构不仅直接关系建筑的坚固耐久，同时，也关系到是否施工先进可行、是否经济、是否满足功能要求。而且，若不遵从最简洁最有效的结构型式以及在细部上不考虑建筑材料的特点，想要得到良好的艺术效果也会困难重重。建筑艺术与其它艺术的区别之一，就在于建筑艺术在很大程度上是由与设计者的个性无关的客观法则所决定。近代著名建筑工程大师P. L. 奈维 (Pier Luigi Nervi) 从多年的实践与研究中得出结论认为：“一个技术上完善的作品，有可能在艺术上效果甚差，但是，无论是古代还是现代，却没有一个从美学观点上公认的杰作而在技术上却不是一个优秀的作品的”。看来，良好的技术对于良好的建筑来说，虽不是充分的，但却是一个必要的条件。

建筑设计不同于任何其它艺术作品，它不可避免地要考虑到功能的、力学的、结构的、施工的、经济的诸多因素，以构成既满足建筑功能要求，又符合建筑结构、施工技术、建筑艺术乃至建筑经济各方面要求的相互协调的统一体。建筑师应是协调各专业共同建成现代化建筑的统领。学习建筑结构，除为设计合理的房屋结构所必需外，也是了解其它建筑有关专业需要具备的基础，因为建筑结构学科本身是力学原理在建筑设计中的具体应用。作为一个建筑师，不懂或缺乏建筑结构知识，就很难作出受力合理、性能可靠、具有创造性的建筑设计。所以，建筑结构知识应该是建筑师必须具备的知识之一。

作为一名建筑师，懂得建筑结构知识，还可以从材料性能和结构的造型能力中得到启迪进行构思，创造出新型的壮观的建筑设计。从古至今，这类成功的例证不胜枚举。我国唐代长安大雁塔用砖砌筑的近乎方筒的结构体系，可以说是建筑艺术与建筑结构的奇妙结合，也说明结构的造型能力在建筑设计中的重要作用。相反，如果不具备建筑结构知识，就不可能以建筑结构为主体通过造型艺术进行创作，而只能把精力注重在外表的装饰，无休止地增加造价；或只停留在图面的“理想方案”上。

此外，根据我国现状和建筑业发展的趋势来看，除大城市外，大量的中、小城市和其余广大地区，对建筑师的紧迫需求已经提到日程上来，并且，他们更需要能够同时从事建筑和结构设计的建筑工程师。通过学习建筑结构知识，掌握一般结构房屋（如砖混结构房屋、单层厂房、框架结构房屋等）的结构设计方法，将使建筑师在房屋建筑中更能充分发挥作用。

## 第二节 建筑结构课程的任务和学习方法

学习建筑结构课程的任务，就是使建筑学专业学生掌握一般建筑结构的基本原理，具备能进行一般房屋的结构设计能力；在一般建筑设计中能在所学总体结构知识的基础上选择合适的结构体系、结构布置方案及结构形式；对于功能复杂、技术先进的大型建筑设计也略具初步的结构知识。

建筑结构课程涉及多门学科，理论性和实践性都很强，在学习过程中，建议应注意以下几个问题。

### 1. 要突出重点，主次分明，详略得当

由于本门课程涉及的范围较广，内容较多，在学习过程中如果不抓住重点，必然会造成杂乱无章，主次不分的恶果。本门课程学习内容的重点只有两个：第一是基本构件，第二是结构选型。对于基本构件，不能只学一般概念，或者只满足于学会计算。只有真正熟悉基本构件的受力状态和受力性能，才能理解计算方法与相应采取的构造措施，在具体设计中才能灵活运用。在基本构件中，钢结构的轴心受力构件、钢筋混凝土结构的受弯构件和砌体结构的受压构件，又是重点的重点。只要把这几个基本构件学深学透、学懂会用，其余基本构件以至整个结构体系就容易接受，所用学时也会相应减少。对于结构选型，则应在已学过建筑力学与建筑结构基本原理的基础上，加强对房屋整体结构和结构体系的受力分析和结构布置方案的学习。才能在未来的建筑设计中得到充分应用。对于非重点内容，例如结构设计方法，在教材中力求详尽、程序齐全并结合工程实际；学习时则可根据实际需要取舍，且应以自学、运用为主。

### 2. 在学习过程中应防止面面俱到和大删大减

本课程已建立的建筑学专业适用的、统一的、完整的建筑结构教学体系，绝不是将几门分科“拼盘”式的合成一门课程。所以，不能过分强调以往每门课程的系统性与完整性，要集中学习各种结构的共性，避免重复。另一方面，也要防止大删大减，否则势必造成基础理论的削弱，总体结构知识的短缺，对学生独立分析和解决实际工程问题能力的培养十分不利。

### 3. 学习要紧密联系实际，力争通过设计实践加以应用

建筑结构课的本身是一门解决实际建筑工程问题的专业技术课，只有联系实际才能学懂会用。联系实际的途径可以有三条：一是在学习过程中联系实际。例如，一个具有大学（或中等）文化基础和具备一定生活实践经验的本科生（或专科生），可以面对用砂、石、水泥、水和钢筋浇注在一起的钢筋混凝土大梁，思考它正处在怎样的受力状态，此时截面内的混凝土和钢筋应力如何分布，进而思考和学习当大梁达到破坏阶段将会发生怎样的变化（宏观的和微观的），在此基础上再来学习试验结果与设计方法（如何确定截面尺寸，如何计算配筋，如何满足构造要求等），这样，使学生有如“身临其境”，可提高学习兴趣，并对钢筋混凝土受弯构件有较深入地理解。二是要联系建筑设计实际。即逐步对正在进行的设计方案或已经完成的建筑设计，从结构、施工与经济等方面予以评价，把建筑技术的优劣作为建筑设计的评定标准之一。这既是实际设计之必需，反过来，对建筑结构的学习也是个促进。三是结合工程实际。学生可以利用课余时间（例如假期）承接较简单的实际

工程设计任务,在教师或工程师指导下同时完成建筑设计和结构设计,这对毕业后参加实际工作会有很大好处。

#### 4. 要结合本专业特点,不断增强学习建筑结构的信心

建筑学专业学生,由于数学、力学学时较少,在学习建筑结构课之前,往往产生“数学、力学难学、结构更难学”的恐惧感。其实,本门课固然应以数学、力学为基础,但并未涉及到数学、力学的高深领域。只要充分利用丰富的形象思维这一有利条件,从事物的客观规律中寻求基本原理和计算方法的实质,变“高难”为浅易;再结合实际结构或构件,学一点,掌握一点,便可不断增强学习建筑结构的信心。这样,不仅在建筑设计中可以作出良好的结构方案,就是学会一般结构设计也是完全可能的。

### 第三节 建筑结构的特点与应用

#### 一、钢结构

##### (一) 钢结构的发展概况

早在公元前200多年的秦始皇时代,我国已经用铸铁建造桥墩。公元200年前的汉朝,已经开始建造铁链悬索桥。据记载,公元50~70年建造的兰津铁链悬索桥是世界上各国公认的最古老的铁桥(它比美洲1801年建造的第一座23m长的铁索桥早一千七百多年)。建于1705年的泸定大渡河桥,全桥共有13根铁链,桥面用条石砌成,大桥净长100m,宽2.8m,铁链两端系在直径200mm,长4m铁铸的锚桩上。

钢结构大量用于房屋建筑,是在十九世纪末,二十世纪初。由于炼钢和轧钢技术的改进,铆钉和焊接连接的相继出现,特别是近些年来高强度螺栓的应用,使钢结构的适用范围产生巨大的突破,并以其日益创新的建筑功能与建筑造型,为现代化建筑结构开创了更加宏伟的前景。

我国自解放后,钢铁工业生产虽有惊人的发展,但还远远不能满足各方面对钢材的需求。因此,目前在建筑结构中还不能大量地使用钢材,在结构造型时还应注意节省钢材,非用不可的也应尽量合理节约,在很多地方还应尽量采用钢筋混凝土或预应力混凝土结构。

##### (二) 钢结构的特点

钢结构和其它结构相比,有如下一些特点:

1. 材料强度高,塑性与韧性好。钢材和其它建筑材料相比,强度要高得多,而且塑性、韧性也好。强度高,可以减小构件截面,减轻结构自重(当屋架的跨度和承受荷载相同时,钢屋架的重量最多不过是钢筋混凝土屋架的 $1/3 \sim 1/4$ ),也有利于运输吊装和抗震;塑性好,结构在一般条件下不会因超载而突然断裂;韧性好,结构则对动荷载的适应性强。

2. 材质均匀,各向同性。钢材的内部组织比较接近于匀质和各向同性体,当应力小于比例极限时,几乎是完全弹性的,和力学计算的假定比较符合。这对计算准确和保证质量提供了可靠的条件。

3. 钢结构的可焊性好,制造简便,并能用机械操作,精确度较高。构件常在金属结构厂制作,在工地拼装,可以缩短工期。

4. 钢材耐腐蚀性差,必须对钢结构注意防护。这使维护费用比钢筋混凝土结构高。不过在没有侵蚀性介质的一般厂房中,构件经过彻底除锈并涂上合格的油漆,锈蚀问题并不

严重。

5. 钢材耐热但不耐火。钢材长期经受 $100^{\circ}\text{C}$ 辐射热时，强度没有多大变化，因此具有一定的耐热性能；但强度达 $150^{\circ}\text{C}$ 以上时，就必须用隔热层加以保护；当温度超过 $500\sim 700^{\circ}\text{C}$ 时，钢材就会变软，从而丧失承载能力。钢材不耐火，重要的结构必须注意采取防火措施。

### （三）钢结构的应用

钢结构的合理应用范围不仅取决于钢结构本身的特性，还受到国民经济具体发展情况的制约。当前钢结构的适用范围，就民用和工业建筑来说，大致如下：

#### 1. 大跨度结构

结构跨度越大，自重在全荷载中所占比重也就越大，减轻自重可以获得明显的经济效果。钢结构强度高而重量轻的优点对于大跨度结构就特别突出，所以，常用于飞机库、体育馆、大型展览馆、会堂等。例如陕西秦始皇兵马俑陈列馆的三铰拱架总跨度为 $72\text{m}$ ，有的体育馆跨度已达 $110\text{m}$ ，飞机装配车间跨度一般在 $60\text{m}$ 以上。

#### 2. 重型厂房结构

钢铁联合企业和重型机械制造业有许多车间属于重型厂房。所谓“重”，主要指吊车吨位较大（常在 $100\text{t}$ 以上，有的达 $440\text{t}$ ）和使用频繁（如每天 $24$ 小时运行）。

#### 3. 受动态荷载影响的结构

由于钢材具有良好的韧性，设有较大锻锤与产生动力作用的其它设备的厂房或铁轨、桥梁等，即使跨度不很大，也往往采用钢结构。对于抗震性能要求高的结构，也适宜采用钢结构。

#### 4. 可拆卸的结构

钢结构不仅重量轻，还可以用螺栓或其他便于拆装的手段来连接。需要搬迁的结构，如建筑工地生产和生活用房的骨架，临时性展览馆等，最适宜采用钢结构。钢筋混凝土结构施工用的模板支架，现在也趋向于用工具式的钢桁架。

#### 5. 高耸结构和高层建筑

高耸结构包括塔架和桅杆结构，如高压输电线的塔架、广播和电视发射用的塔架和桅杆等。广州和上海的电视塔高度分别为 $200\text{m}$ 和 $205\text{m}$ 。1977年建成的北京环境气象塔，塔高 $325\text{m}$ ，是五层拉线的桅杆结构。超高层建筑的结构骨架，也是钢结构应用范围的一个重要方面，目前在国内应用还不多。

#### 6. 轻型钢结构

钢结构重量轻不仅对大跨度结构有利，对使用荷载不大的小跨结构也有优越性。因为当使用荷载特别轻时，小跨结构的自重也成为一个重要因素。冷弯薄壁型钢屋架在一定条件下的用钢量可以不超过钢筋混凝土屋架的用钢量。

#### 7. 容器和其它构筑物

在冶金、石油、化工企业中，大量采用钢板做成容器结构，有如油罐、煤气罐、高炉、热风炉等。此外，经常使用的还有皮带通廊栈桥、管道支架、钻井和采油塔架，以及海上采油平台及其它钢构筑物。

## 二、木结构

### （一）木结构的发展概况

新石器时代，我国黄河中游的民族部落，在利用黄土层为壁体的土穴上，用人字木架

和草泥建造简单的浅穴居，首创了木结构房屋，进而发展到在地面上用木材盖房。我国不仅是世界上最早采用木结构的国家之一，而且木结构在很长的历史时期都是我国建筑的主要结构型式。其中，叠梁式木构造和穿斗式木构架（如图1-3-1和图1-3-2）可以说是现代框架结构的雏型。这种结构受力合理，稳定性好，空间工作性能强，而且建筑平面和空间布置灵活，建筑造型雄伟壮观，曾被广泛采用。木结构从矩形建筑平面进一步发展，用

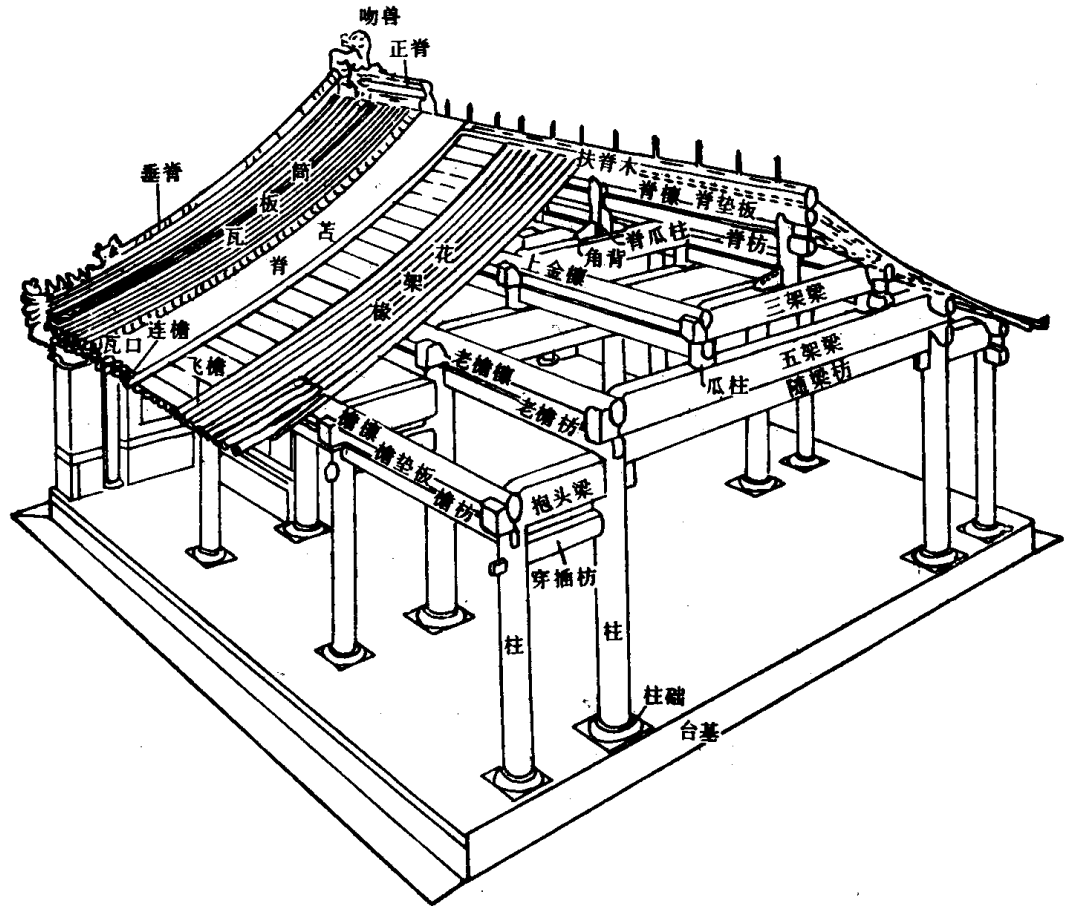


图 1-3-1 叠梁式木构架

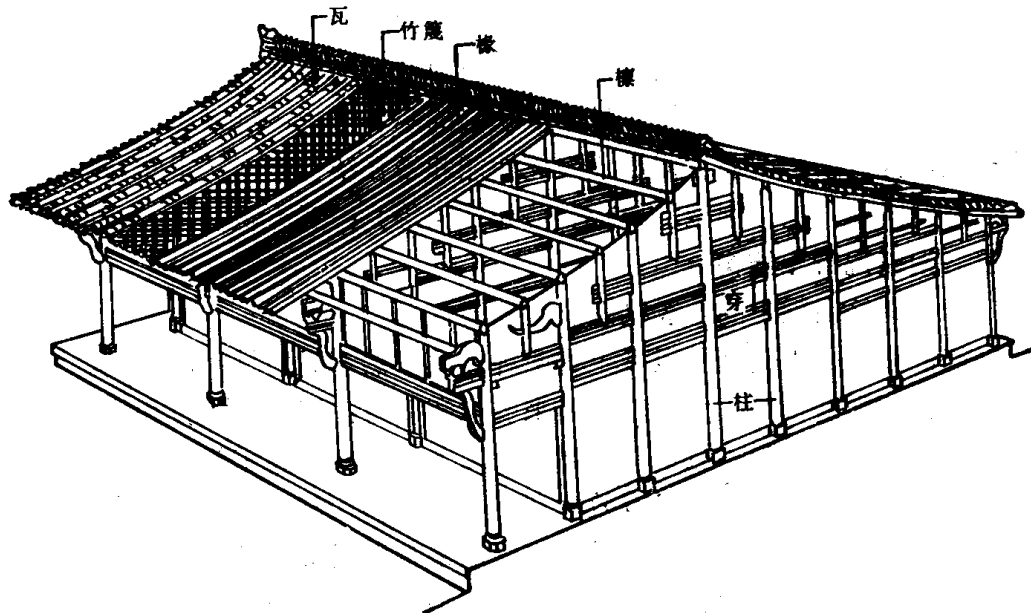


图 1-3-2 穿斗式木构架

来建造三角形、正方形、五角形、六角形、八角形、圆形、扇形等特殊平面建筑，以及多层楼阁与塔寺等。例如山西省应县佛宫寺木塔建于1056年，塔高67m（九层），底径3m，平面为八角形，造型优美。内部采用双层套筒式柱网和完整的梁柱斗拱木构架体系，大大增强了塔的结构刚度，迄今900多年来，虽经多次地震，依然完整屹立。

木结构虽是我国传统的结构型式，然而木材是自然生长的材料，随着工农业生产的发展，木材资源远远不能满足人们的需要，加之木材本身的缺点，所以木结构在建筑上渐渐被其它结构所代替。

## （二）木结构的特点及应用

由于树木分布普遍，易于取材，采伐加工方便，同时木材材质轻且强度较大，所以很早就已经被广泛地用来建造房屋和桥梁。

木材是天然生成的建筑材料，它有下列一些缺点：各向异性、天然缺陷（木节、裂缝、斜纹等）、天然尺寸受限制、易腐、易蛀、易燃、易裂和易翘曲。这给设计、制造和使用木结构带来一些问题。但只要应用范围得当，采用合理的结构型式和节点连接方式，施工时严格保证质量，采取合理的构造措施，必要时用药剂处理，并在使用中经常注意维护，就可以保证具有较高的可靠性和耐久性。

在考虑是否宜于采用木结构时，应注意木材易于腐朽、焚烧和变形这三个特点。过湿的场所易使木材腐朽以至完全丧失承载能力；过热则易发生火灾，而且，木材在温度较高的环境中将降低其强度和弹性模量；此外，由于木材弹性模量较小，木结构连接的松弛性大，因而木结构刚度较弱。所以，对于温湿度较大、结构跨度较大和具有较大振动荷载的场所都不宜采用木结构。木结构适宜的应用范围是：

（1）跨度一般不超过21m的工业与民用建筑；

（2）室内空气相对湿度不大于70%；

（3）室内温度不大于50℃；

（4）吊车起重量不大的车间，桥式吊车使用频繁者以不超过5t为宜，使用次数不多者可达10t，悬挂吊车不超过1t。

我国林产资源缺乏，大力节约木材意义极大。节约的途径有三：一为正确设计与施工，或应用得当，以保证结构的耐久性；二为合理使用与合理级配，以节约木材（例如积极采用胶合板结构可以摒除或减轻木材天然缺陷的不利影响，可以短材长用，小材大用；采取有效措施，提高结构耐腐、耐燃、耐蛀性能和增强结构刚度；丰富和变化结构的造型，如制成大跨度圆顶、拱、刚架、折板和薄壳结构等）；三为积极扩大利用树种。

## 三、钢筋混凝土结构

### （一）钢筋混凝土的一般概念及其发展概况

钢筋混凝土是由钢筋和混凝土这两种性质截然不同的材料所组成。混凝土的抗压强度较高，而抗拉强度很低，尤其不宜用来受拉和受弯；钢筋的抗拉和抗压强度都很高，但单独用来受压时容易失稳，且钢材易腐蚀。二者结合在一起工作，混凝土主要承受压力，钢筋主要承受拉力，这样就可以有效地利用各自材料性能的长处，更合理地满足工程结构的要求。在钢筋混凝土结构中，有时也用钢筋来帮助混凝土承受压力，这在一定程度上可以起到提高构件的承载能力、适当减小截面、增强延性以及减少变形等作用。

钢筋和混凝土之所以能够共同工作，是由于混凝土硬结后与钢筋之间形成很强的粘结

力，在外荷载作用下，能够保证共同变形，不产生或很少产生相对滑移。这种粘结力又由于钢筋和混凝土的热线膨胀系数十分接近（钢筋的线膨胀系数为 $1.2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ ；混凝土的线膨胀系数为 $1 \times 10^{-5} \sim 1.5 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ ），而不会遭到破坏。

此外，混凝土作为钢筋的保护层，可使钢筋在长期使用过程中不致锈蚀。

钢筋混凝土结构是十九世纪后期出现的。作为后起的钢筋混凝土结构，由于它具有良好的工作性能，特别是其中大部分材料可以就地取材，不仅直接造价低，保养维修费用也较少。随着预应力混凝土的运用，较成功地解决了混凝土抗裂性能差的缺点，从而在二十世纪，钢筋混凝土结构迅速地各个生产领域中得到广泛应用。近些年来，采用型钢和混凝土浇注而成的型钢混凝土结构，不仅在国外已有较多应用，在我国也已逐渐取用。它吸收了钢结构和钢筋混凝土结构的长处，还可以利用型钢骨架承受施工荷载。在用于超高层建筑结构中，既省钢、省模板，又具有相当大的抗侧刚度和延性。

## （二）钢筋混凝土结构的特点

钢筋混凝土结构除了能够合理地利用钢筋和混凝土两种材料的性能外，还有以下的优点：

1. 耐久性好。混凝土本身的特性之一是其强度不随时间增长而降低，且略有提高，钢筋因得到混凝土的保护而不降低承载力，所以钢筋混凝土结构的耐久性很好。
2. 耐火性好。混凝土本身的耐高温性能好，且可保护钢筋不至在高温下发生软化，所以耐火性优于钢、木结构。
3. 整体性好。钢筋混凝土构件多由整体浇筑而成，特别是整体式钢筋混凝土结构，节点的连接强度也较高，这对提高整个结构的刚度和稳定性十分有利。
4. 可模性好。可以根据设计要求，制成所需的模板，浇筑成任意形状的结构形式。
5. 就地取材。这里主要是指混凝土中的粗、细骨料，产地比较普遍，可以降低结构的造价。
6. 节约钢材。在很大程度上可以用钢筋混凝土结构代替钢结构，从而达到节约钢材的目的。

钢筋混凝土结构和其它结构相比有如下的缺点，可以采取相应的措施加以改进：

1. 自重。一般混凝土自重为 $22\text{kN}/\text{m}^3 \sim 24\text{kN}/\text{m}^3$ ，重混凝土达 $25\text{kN}/\text{m}^3$ 以上，钢筋混凝土为 $25\text{kN}/\text{m}^3$ 。这对抗震不利，也使钢筋混凝土在大跨度结构和高层结构中的应用受到限制。为减轻自重，材料本身应向轻质高强方向发展。目前我国《混凝土结构设计规范》（GBJ 10—89）仅给出混凝土最高强度等级为C60（相当于620号），国际上已开始采用800～1000号混凝土，最高已达1500号。轻混凝土自重可降低到 $14\text{kN}/\text{m}^3$ 以下。
2. 抗裂性能差。往往由于裂缝宽度的限制妨碍高强钢筋的应用。为增强混凝土的抗裂性能常采用预应力混凝土结构。即在构件使用之前，通过预先张拉钢筋，靠钢筋回弹使受拉区混凝土预先受到压应力。到使用阶段，在外荷载作用下，受拉区混凝土产生的拉应力若小于预压应力，或最终的拉应力很小，就能达到不开裂或开裂很小的目的。
3. 费工费模板。为此应多采用装配预制构件和采用可以多次重复使用的钢模板来代替木模板，以及采用滑模、顶升等新的施工工艺或机械化施工方法。
4. 隔音隔热性能差。可在构件内部填充保温隔热或隔音材料加以解决。

## （三）钢筋混凝土结构的应用

钢筋混凝土结构在基本建设中的应用极为广泛。

在一般性民用建筑中，利用砖墙承重，预制或现浇钢筋混凝土梁板作楼盖和屋盖的砖混结构房屋，已经得到普遍应用。

在工业厂房中，大量采用钢筋混凝土结构，而且，在很大程度上可以利用钢筋混凝土结构代替钢柱、钢屋架和钢吊车梁。

在多层与高层建筑中，多采用钢筋混凝土框架结构、框架-剪力墙结构、剪力墙结构和筒体结构，在高200m以内的绝大部分房屋可采用混凝土结构代替钢框架，目前最高的钢筋混凝土结构房屋已建到76层，高262m。

在大跨度结构中，采用预应力混凝土桁架和钢筋混凝土壳体结构，可以部分或大部分代替钢桁架和钢薄壳。

此外，在水利工程(水闸、水电站……)、港口工程(船坞、码头……)、桥隧工程(桥梁、隧道、枕木……)、地下工程(矿井、巷道、地铁……)、大型容器(水池、料仓、贮罐、……)、其它结构(烟囱、水塔、搅拌楼、电视塔……)、以及许多设备基础中，均已大量地采用钢筋混凝土结构。

钢筋混凝土结构，由于自重大、强度较低、抗裂性能差，以及工期长和劳动量大等原因，仍然在一定程度上限制着它向更高、更大跨度发展。

#### 四、砌体结构

##### (一) 砌体结构的一般概念及其发展概况

砌体主要指用砖(石)和砂浆砌筑而成的砖(石)砌体，以及用中、小型砌块和砂浆砌筑而成的砌块砌体，并统称为无筋砌体。这些砌体除强度有所不同外，其主要计算原则和计算方法基本相同。无筋砌体抗压强度较高，抗拉、抗剪、抗弯强度很低，故多用于受压构件，少数用于受拉、受剪或受弯构件。因为砌体是由砌块和砂浆砌筑而成，所以无筋砌体的强度要比砖、石、砌块本身的强度低得多。

当构件截面受到限制或偏心较大时，亦可采用配筋砌体或组合砌体。

无筋砌体、配筋砌体与组合砌体组成的结构，统称为砌体结构。本书主要讲述无筋砌体。

砖石结构的应用，历史悠久。约在8000年以前，人类已开始用晒干的砖坯和木材共同建造房屋。我国在西周以前就出现了瓦，战国时期生产了精制砖，进而用砖结构代替木材作承重构件。砖石结构在我国更有其独特的创造发明与成功的经验，为当今世人所仰慕。如万里长城距今已有两千多年的历史，公元523年建造的河南省登封县嵩山寺塔是我国现存的年代最久的密檐式砖塔，塔高39.5m；公元652年兴建的西安大雁塔，塔高66m。到了宋朝所建的砖塔多用双层套筒式结构体系，具有很大的结构刚度以抵抗风力和地震作用。河北省定县宋开元寺塔就采用这种结构型式，塔身为八角形、共11层，高达70m，虽经多次地震也未损坏。更值得称颂的是随朝公元605~617年建造的河北省赵县安济桥(赵州桥)，该桥为单孔并列弧券式石拱桥，净跨37.37m，高7.23m，两肩各有两个小石券，造型优美、轻巧。该桥是世界上最早的空腹式石拱桥，它无论在结构型式、使用材料、艺术造型和经济效果等方面都达到了很高的水平，对现代建筑也有着深远的影响。当代南京长江大桥的公路引桥所采用的结构型式就运用了它的结构原理。

砌体结构，由于自重大、抗拉强度低等原因，很少单独用来作为整体承重结构。除拱

式结构，贮池等外，现今最常用的是由砖墙和钢筋混凝土屋（楼）盖组成的砖混结构。这种结构房屋，由于耐火性和保温隔热性能好，居住舒适，而且施工方便，造价低，所以在民用建筑中至今仍然是主要的结构型式。随着硅酸盐砌块、工业废料（炉渣、矿渣、粉煤灰等）砌块、轻质混凝土砌块，以及配筋砌体、组合砌体的发展与应用，使之砌体结构进一步展示其广阔的发展前途和不断创新的光明前景。

## （二）砌体结构的特点

其主要优点是：

1. 较易就地取材，天然石材、粘土、砂等，来源广泛而经济；
2. 有很好的耐火性、化学稳定性和大气稳定性；
3. 可节省水泥、钢材和木材，不需模板；
4. 施工技术与施工设备简单；
5. 保温隔热性能好，居住舒适；

其主要缺点有：

1. 自重大。因砌体的强度低，构件的截面和体积相应增大，因而加大自重。在一般混合结构住宅建筑中，砖墙自重约占建筑物总重的一半，随之材料用量增多，运输量加大，因而主要应向轻质高强方向发展。

2. 砌筑工作繁重。在一般混合结构住宅建筑中，砌砖用工量占1/4以上，而且目前基本上还是用手工方式操作，故此应充分利用各种机具搬运提升，以减轻劳动量，同时应尽量采用空心砖和砌块等砌体，以及优先采用工业化施工方法。

3. 砌块和砂浆间的粘结力较弱。砌体的抗拉、抗弯、抗剪强度低，抗震性能差。在6度以上的地震区，需要采用必要的设防措施。

4. 普通粘土砖砌体的粘土用量大，往往占用农田过多，影响农业生产。所以应加强利用工业废料和地方性材料代替粘土砖的研究工作与推广应用。

## （三）砌体结构的应用

砌体结构的应用也颇为广泛，而且经久不衰。一般五、六层以下的民用房屋大多采用砖墙承重和围护。国内在非地震区砖混房屋已建到九层以上，国外有建成二十层以上的砖墙承重房屋。用毛石砌体承重建造房屋，在国内目前已有高达五层的。中、小型工业厂房也可用砖石砌体作为承重结构。起重量不超过3t时，亦可考虑采用砖拱吊车梁。在大型工业厂房中，常用砌体作围护结构。

此外，民用与工业企业中的烟囱、料仓、地沟、管道支架、以及对防水要求不高的水池；交通工程中的桥梁、隧道、渠道、涵洞与挡土墙；水利工程中的水坝、堰和渡槽等，亦常用砌体建造。

## 第四节 建筑结构的组成

建筑结构，主要指的是建筑物的承重骨架。其作用就是保证建筑物在使用期限内把作用在建筑物上的各种荷载或作用可靠地承担起来，并在保证建筑物的强度、刚度和耐久性的同时，把所有的作用力可靠地传到地基中去。

建筑结构，由于建筑功能要求的不同，其组成形式也有多种多样。这里仅就砖混房屋、

单层厂房、多层与高层房屋和中跨与大跨房屋的结构组成及其特点，予以概要分析。

一、砖混房屋

常见的砖混房屋结构，有单层和多层砖房（图1-4-1a）、上柔下刚的多层房屋（图1-4-1b）、上刚下柔的多层房屋（图1-4-1c）和多层内框架房屋（图1-4-1d、e）等几种结构类型。

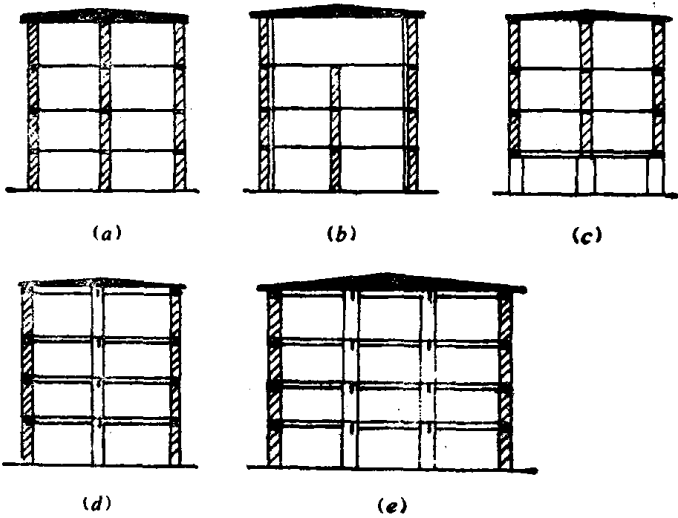


图 1-4-1 几种砖混房屋结构类型

现以单层和多层砖房为例，说明其结构组成及特点。

单层砖房，多以竖向荷载作用为主，水平荷载（如风力、吊车制动力等）一般属于次要荷载，地震作用对结构也多不起控制作用。在竖向荷载作用下，墙、柱可视为上端为不动铰支承于屋盖，下端嵌固于基础的竖向构件。多层砖房，在竖向荷载作用下，墙、柱在每层高度范围内，可近似地视作两端铰支的竖向构件；在水平荷载作用下，墙、柱可视为竖向连续梁。

单层和多层砖房的屋盖和楼盖（通称楼盖），也是砖混结构的重要组成部分。一般按其刚度大小分为以下三类：

- 1. 整体式、装配整体式和装配式无檩体系钢筋混凝土楼盖；
- 2. 装配式有檩体系钢筋混凝土屋盖、轻钢屋盖和有密铺望板的木屋盖或木楼盖；
- 3. 冷摊瓦木屋盖和石棉水泥瓦轻钢屋盖。

在第1类楼盖中，装配式楼盖的梁、板，通常在预制构件厂生产，在现场拼装或连接，施工速度快，但结构的整体性和刚度远不如现浇整体式楼盖好，所以不宜用于较多层的房屋。现浇整体式楼盖，其房屋整体性好，刚度大，缺点是费模板、施工速度慢。随着施工机械化

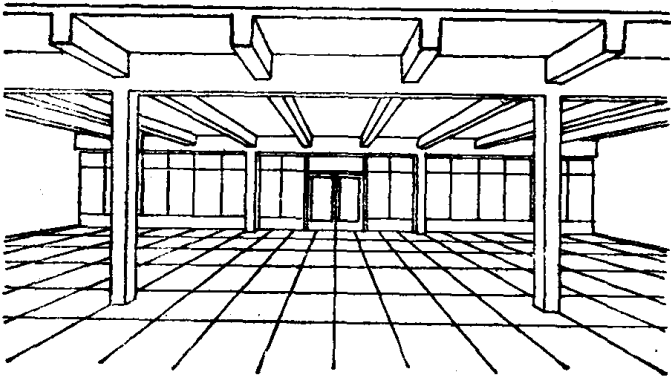


图 1-4-2 单向板肋梁楼盖

的发展和大型工具式钢模板的应用，这一缺点已不十分突出，故多为高层建筑的主要楼盖形式。

目前应用较多的整体式钢筋混凝土平面楼盖，主要有单向板肋梁楼盖（板的长边与短边之比大于2）、双向板肋梁楼盖和无梁楼盖等，分别参见图1-4-2、图1-4-3和图1-4-4。

钢筋混凝土肋梁楼盖由板、次梁和主梁组成。楼面荷载首先通过板传给次梁，次梁传给主梁，主梁传给柱，最后传至基础。它可以用作各种房屋的楼盖或屋盖，是应用最广泛的一种现浇楼盖形式。当两个方向梁的跨度与截面高度相等或接近相等时，又称为井字楼盖，其楼面荷载通过板传给井字梁，然后沿两个方向传给柱和基础，它的工作状态很象有规律地挖掉一块块下部混凝土，并将钢筋集中于梁内的大平板。无梁楼盖中不设梁，楼板直接或通过柱帽支撑在柱上。其受力特点有如由板带和柱组成的框架结构。

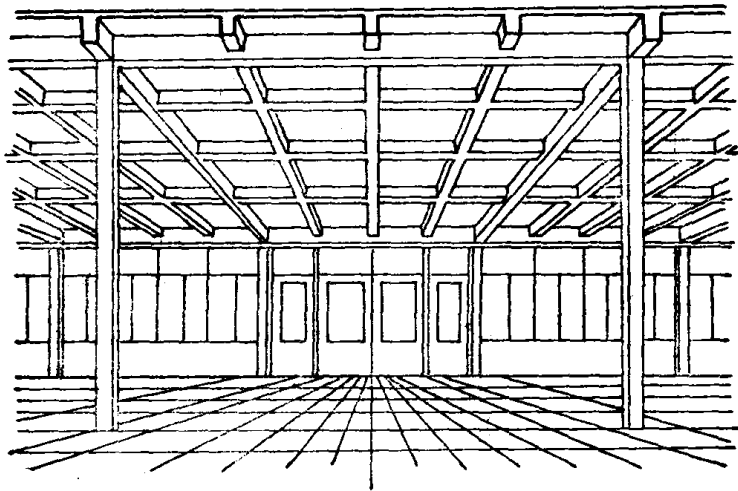


图 1-4-3 双向板肋梁楼盖

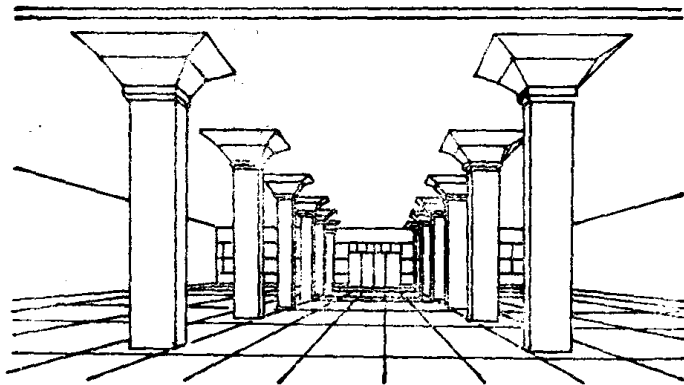


图 1-4-4 无梁楼盖

## 二、单层厂房

单层厂房，可以是砖混结构，更多的是钢筋混凝土结构和钢结构。其受力特点一般属于平面铰接排架和平面刚架结构。排架结构的柱与基础做成刚接，柱与屋架（或屋面梁）做成铰接；刚架结构的柱与屋架和基础均做成刚接。参见图1-4-5~图1-4-8。

### （一）平面排架结构

#### 1. 钢筋混凝土平面排架结构（图1-4-5）

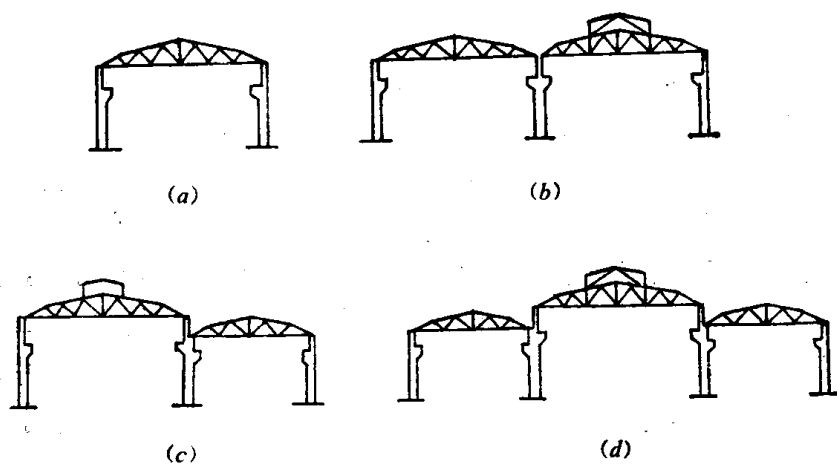


图 1-4-5 钢筋混凝土排架结构

这种结构的主要构件均采用钢筋混凝土或预应力混凝土构件。根据厂房生产和使用要求的不同，它又可分为单跨（图1-4-5a）、两跨或多跨等高（图1-4-5b）和两跨或多跨不等高（图1-4-5c、d）等形式。

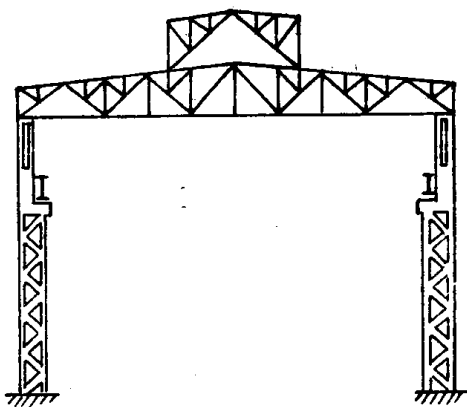


图 1-4-6 钢屋架与钢筋混凝土柱组成的排架结构

这种结构的刚度较大，耐久性和防火性较好，施工也较方便，是目前大多数厂房通常采用的结构型式。它的适应跨度可达三十多米，高度可达二十多米，吊车吨位可达一、二百吨。

## 2. 钢屋架与钢筋混凝土柱组成的排架结构（图1-4-6）

当钢屋架与钢筋混凝土柱做成铰接时，则为排架结构。吊车梁可用钢筋混凝土吊车梁或钢吊车梁。其它构件与钢筋混凝土排架结构相同。这种排架结构适用于跨度和吊车吨位更大一些的厂房。

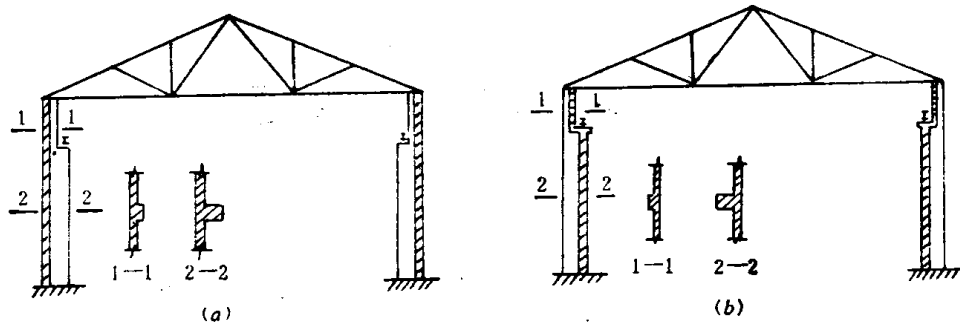


图 1-4-7 砖排架结构

## 3. 砖排架结构（图1-4-7）

这种结构与钢筋混凝土铰接排架的不同处是用砖墙或砖壁柱来代替钢筋混凝土柱。屋

架可用钢筋混凝土屋架、木屋架或轻钢屋架。它的特点是造价低，可节省钢材、水泥，施工简便，但承载力较小，刚度较差。它一般用于无吊车或吊车吨位不超过5t、屋架跨度不大于18m、檐高在8m以下的轻型厂房。

图1-4-7所示为设有吊车的两种砖排架型式。图1-4-7a是砖壁柱向内，吊车梁支撑于壁柱上，壁柱受力很大，往往需要相当大的截面，当荷载较大或墙柱较高时，需做成配置钢筋网的配筋砌体，或做成砖与钢筋混凝土组成的组合砌体，但这样做，施工复杂，应用很少。图1-4-7b是砖壁柱向外，不设吊车梁，直接将吊车轨道铺于砖墙上，为了保证吊车的行驶，吊车轨道以上的砖墙需向外突出，用墙梁承担，这种结构造价低，施工简便。

(二) 平面刚架结构

1. 钢筋混凝土门式刚架 (图1-4-8)

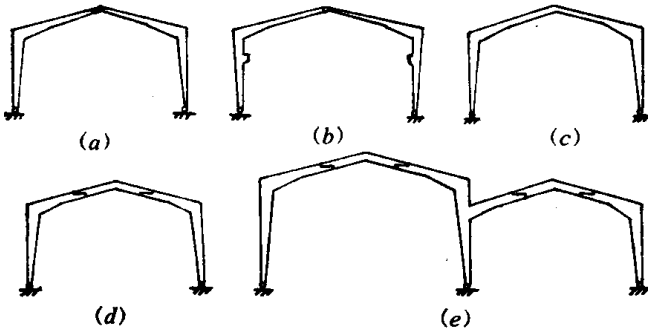


图 1-4-8 钢筋混凝土门式刚架

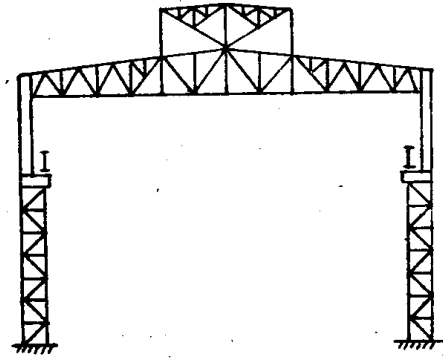


图 1-4-9 钢刚架结构

刚架结构的主要特点是梁与柱合为一个构件，转角处为刚接。根据受力特点一般作成变截面形式。柱与基础一般做成铰接，使基础只承受轴力，不承受弯矩，可以减少基础用料，同时也减少基础变形对上部结构的影响。

图1-4-8a、b为三铰刚架，即刚架的顶节点做成铰接。三铰刚架为静定结构，适应地基不均匀沉降的能力较强，但刚度较差，一般适用跨度较小。

图1-4-8c、d为两铰刚架，即刚架的顶节点做成刚接。两铰刚架为超静定结构，当地基有明显不均匀沉降时会产生次应力，但刚度较大，一般适用跨度较大的厂房，也可用于多跨的情况 (图1-4-8e)。当跨度较大时，为便于安装，常分段预制，在梁截面的反弯点处设置接头 (图1-4-8d、e)，接头采用螺栓或焊接连接。

当厂房跨度、高度不大，且无吊车或吊车吨位较小时，门式刚架一般比钢筋混凝土排架结构内力小、材料省、构件少、施工方便、造价低。

门式刚架的适用范围是：跨度一般不超过18m (最大可达40m)，高度不超过10m，无吊车或吊车吨位在10t以下。它多用于车间或仓库，也可用于某些公共建筑，如食堂、礼堂、体育练习馆等。

2. 钢刚架结构 (图1-4-9)

这种结构的主要构件 (屋架、柱、吊车梁) 一般均采用钢结构。钢柱的上柱一直升高至屋架上弦，屋架的上弦和下弦同时与上柱相连接，故使屋架与柱形成刚接，以提高厂房的横向刚度。这种结构的承载力大、刚度大、抗振动和耐高温性能好，但耗钢量大。它一般用于跨度较大 (例如36m以上)、内部有重型吊车 (例如150t以上) 的大型或重型厂房

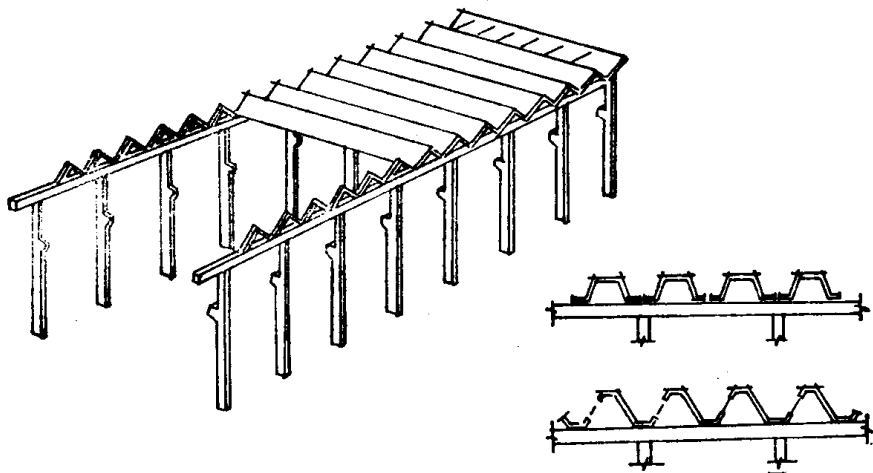


图 1-4-10 钢筋混凝土折板屋盖结构

以及高温、或有较大振动设备的车间。如大型的炼钢、铸钢、混铁炉、水压机车间、有重型锻锤的锻工车间等。

为了节约钢材，有些厂房，将这种结构的下柱改用钢筋混凝土柱。

近年来折板结构和T板结构在国外得到迅速发展，国内也已开始应用（见图1-4-10和图1-4-11）。这两种结构的特点是屋面板与屋架合为一体，兼有承重与维护两种功能，受力合理，施工方便，经济效果较好。此外，如折板拱屋盖（图1-4-12）、壳体屋盖等受力

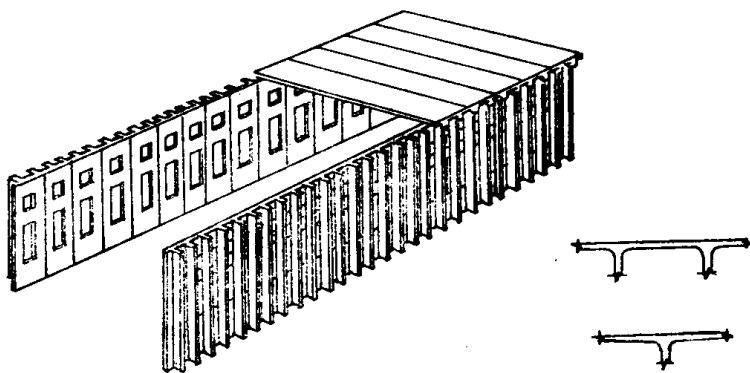


图 1-4-11 钢筋混凝土T板结构

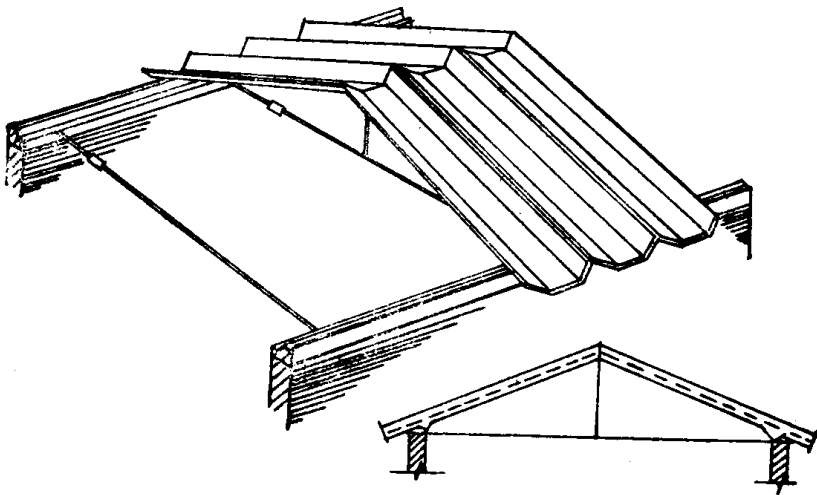


图 1-4-12 钢筋混凝土折板拱屋盖