

第一章 建筑结构体系与选型

第一节 概 述

人类社会在初期就出现了建筑物。人类的祖先为了生存不得和自然界展开斗争，房屋建筑就是人类向自然界作斗争的产物。建筑结构（building structure）是房屋建筑的空间受力骨架体系，是建筑物得以存在的基础（见图 1.1）。

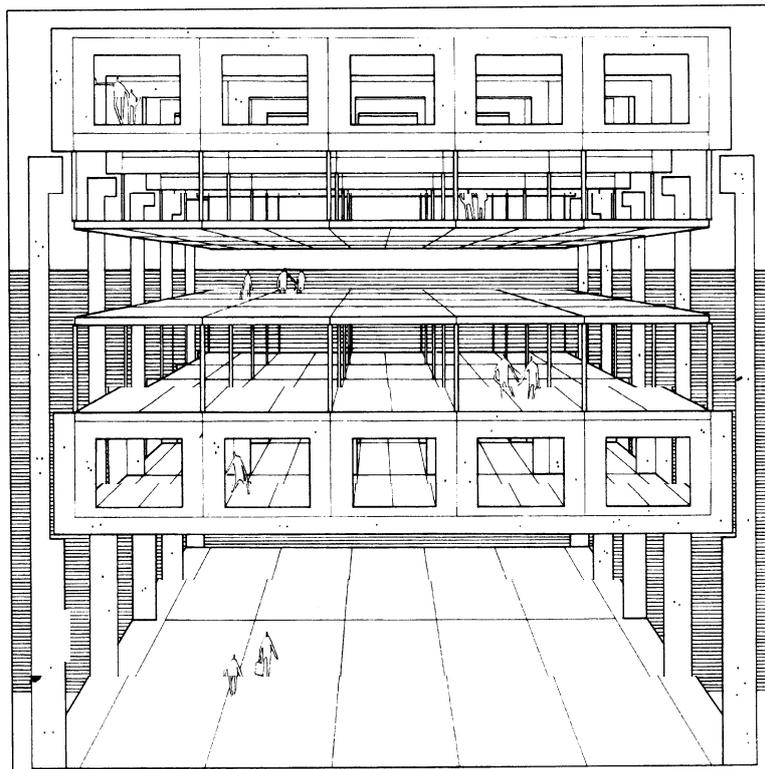


图 1.1

建筑结构的功​​能，首先是骨架所形成的空间能较好地为人​​类生活与生产服务，并满足人类对美观的需求，为此必须选择合理的结构形式；其次是合理选择结构的材料和受力体系，充分发挥所用材料的作用，使结构具有抵御自然界各种作用的能力，如结构自

重、使用荷载、风荷载和地震等（见图 1.2）。

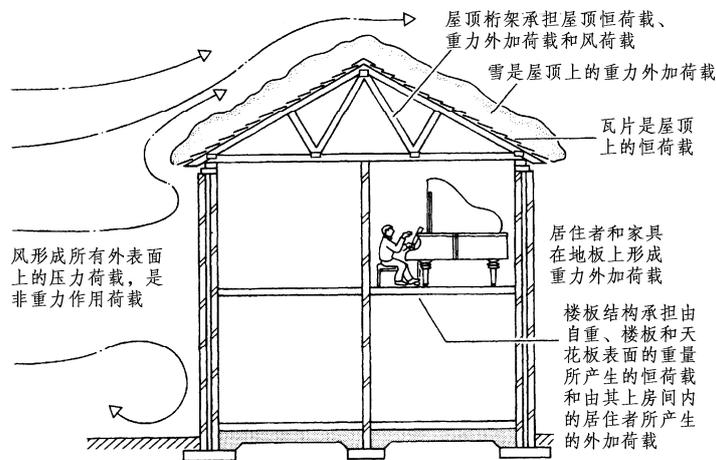


图 1.2

此外，建筑结构必须适应当时当地的环境，并与施工方法有机结合，因为任何建筑工程都受到当时当地政治、经济、社会、文化、科技、法规等因素的制约，任何建筑结构都是靠合理的施工技术来实现的。因此，优秀的建筑结构应具有以下特点：

- (1) 在应用上，要满足空间和功能的需求。
- (2) 在安全上，要符合承载和耐久的需要。
- (3) 在技术上，要体现科技和工程的新发展。
- (4) 在造型上，要与建筑艺术融为一体。
- (5) 在建造上，要合理用材并与施工实际相结合。

本章的目的是使读者了解各种房屋建筑结构体系的基本类型及其组成，了解和掌握建筑方案设计中空间形式对结构性能的影响，更深入地理解和体会一些重要的结构概念，学会用近似方法快速估算和比较各种设计方案，使得在房屋设计的最初阶段就能保证建筑设计与结构设计的基本协调。

一、结构体系的分类

建筑结构是由许多结构构件组成的一个系统，其中主要的受力系统称为结构总体系。结构总体系虽然千变万化，但总是由水平结构体系、竖向结构体系以及基础结构体系三部分组成（见图 1.3）。

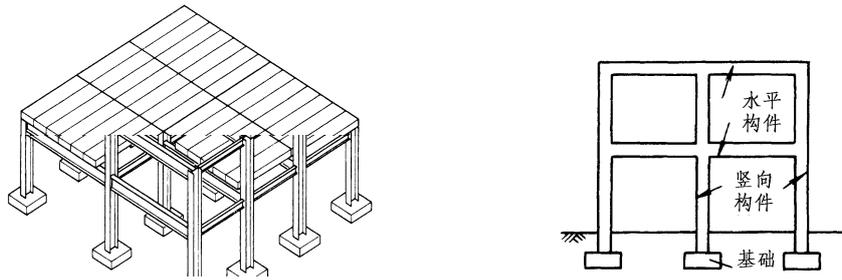


图 1.3

水平结构体系一般由板、梁、桁（网）架组成，如板-梁结构体系和桁（网）架体系。水平结构体系也称楼（屋）盖体系，其作用为：① 在竖直方向，它通过构件的弯曲变形承受楼面或屋面的竖向荷载，并把它传递给竖向承重体系；② 在水平方向，它起隔板作用，并保持竖向结构的稳定。

竖向结构体系一般由柱、墙、筒体组成，如框架体系、墙体系和井筒体系等。其作用为：① 在竖直方向，承受水平结构体系传来的全部荷载，并把它们传给基础体系；② 在水平方向，抵抗水平作用力，如风荷载、地震作用等，并把它们传给基础体系。

基础结构体系一般由独立基础、条形基础、交叉基础、片筏基础、箱形基础（一般为浅埋）以及桩、沉井（一般为深埋）组成。其作用为：① 把上述两类结构体系传来的重力荷载全部传给地基；② 承受地面以上的上部结构传来的水平作用力，并把它们传给地基；③ 限制整个结构的沉降，避免不允许的不均匀沉降和结构的滑移。

结构水平体系和竖向体系之间的基本矛盾是，竖向结构构件之间的距离愈大，水平结构构件所需要的材料用量愈多。好的结构概念设计应寻求到一个最开阔、最灵活的可利用空间，满足人们使用时的功能和美观需求，而为此所付出的材料和施工消耗最少，且能适合本地区的自然条件（气候、地质、水文、地形等）。

建筑结构的类型有：

1. 以组成建筑结构的主要建筑材料划分

有钢筋混凝土结构、钢结构、砌体（包括砖、砌块、石等）结构、木结构、塑料结构、薄膜充气结构等。

2. 以组成建筑结构的主体结构形式划分

有墙体结构、框架结构、深梁结构、筒体结构、拱结构、网架结构、空间薄壁（包括折板）结构、钢索结构、舱体结构等，如图 1.4 所示。

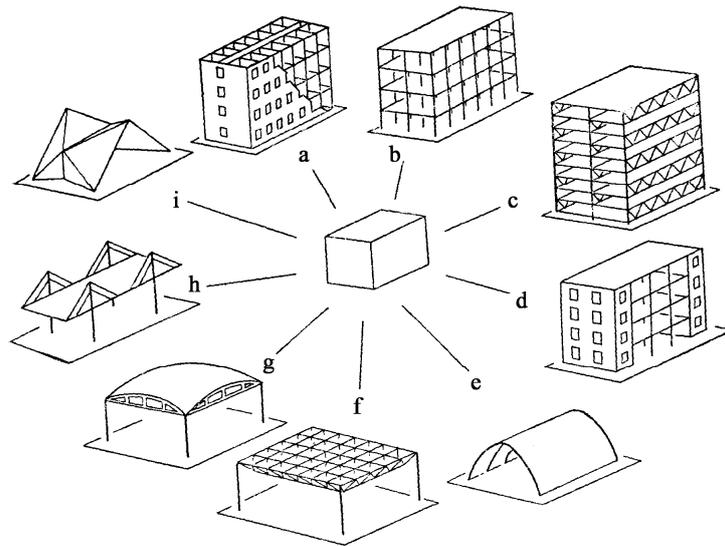


图 1.4 建筑结构的各种形式 [1]

a—墙体结构；b—框架结构；c—深梁结构；d—筒体结构；e—拱结构；
f—网架结构；g—空间薄壁结构；h—钢索结构；i—折板结构

3. 以组成建筑结构的体形划分

有单层结构（多用于单层工业厂房、食堂等）、多层结构（一般 2~9 层）、高层结构（一般 10 层以上）、大跨结构（跨度大约在 40~50 m）。

二、影响建筑结构选型的因素

结构选型是一个综合性的科学问题，不仅要考虑建筑上的使用功能，也要考虑结构上的安全合理，施工上的可能条件，还应注意结构效益和艺术上的造型美观。选择一个最佳的结构形式，往往需要进行多方面的调查研究，结合具体建设条件作出多种方案进行综合分析，再最终作出选定。

结构选型时应考虑以下因素：

（一）结合建筑物使用功能的要求做好结构选型

任何建筑物都具有对客观空间环境的要求，根据这些要求可以大体确定建筑物的尺度、

规模与相互关系。首先，结构选型时应注意尽可能降低结构构件的高度，选择与建筑物使用空间相适应的结构形式。例如，钢桁架构造高度约为跨度的 $1/12 \sim 1/8$ ，而平板网架结构的构造高度仅为跨度的 $1/20 \sim 1/25$ ，选择适当可使室内空间得到较充分的利用。其次，建筑物的使用要求应与结构的合理几何体形相结合。例如，某散装盐库在结构选型中比较了两种方案，方案I 为钢筋混凝土排架结构 [见图 1.5 (a)]，方案II 为拱结构 [见图 1.5 (b)]。方案I 的主要缺点是 $3/5$ 的建筑空间不能充分利用，而方案II 采用落地拱，由于选择了合适的矢高和外形，使建筑空间得到了比较充分的利用。

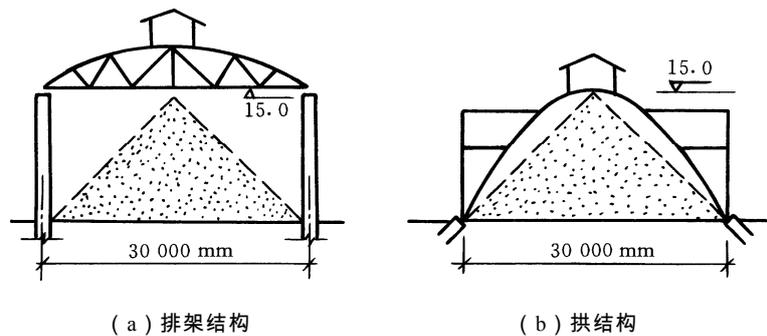


图 1.5 两种结构方案比较

(二) 建筑结构形式对建筑风格和建筑艺术的影响

建筑结构形式对建筑风格和建筑艺术的影响极为明显。图 1.6 为三幢使用功能相同的食堂建筑，它们都具有较大跨度的室内空间，但由于结构形式的不同，便产生了完全不同的建筑风格，并形成了完全不同的立面效果。

此外，结构选型时还应注意结构的几何体形对声学效果的影响、对采光照明的影响以及对屋面排水的影响。

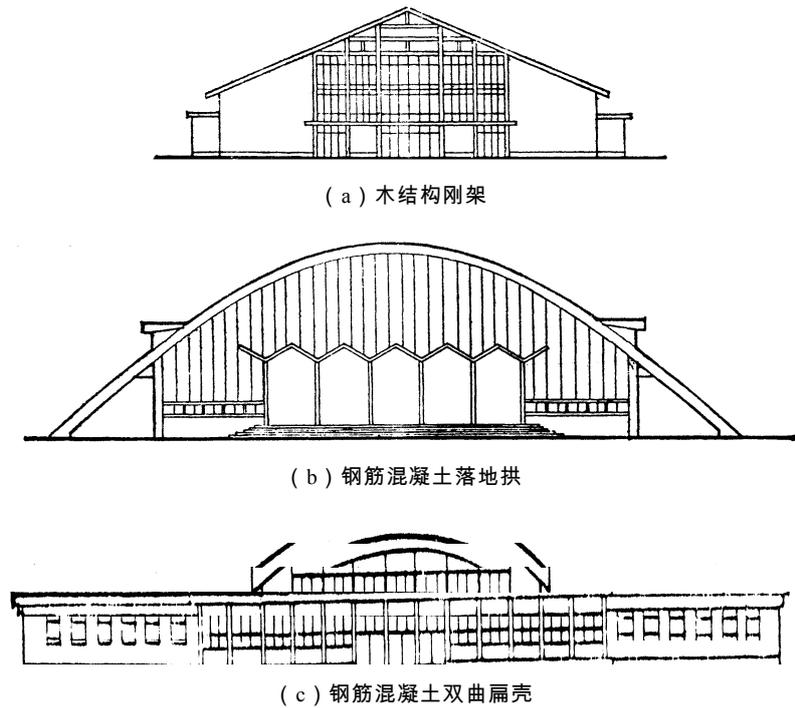


图 1.6 三幢食堂不同结构所产生的不同形式

(三) 建筑结构材料及其他因素对结构选型的影响

比较梁式结构和轴心受力结构的受力状态，不难看出，梁的截面应力分布极不均匀，除边缘纤维达到最大许用应力外，大部分材料的应力远远低于许用应力，即材料强度并未充分利用，而轴心受力状态因截面应力分布均匀更能充分利用材料强度。为节约材料可把梁截面中和轴附近的材料减少到最低程度，从而形成工字形截面构件，它比矩形截面构件有更大的抗弯惯性矩。再进一步把梁腹部的材料挖去，就由梁式结构转化为平面桁架结构。由于桁架的各杆件均为轴向受力，可以认为桁架结构比梁式结构更能充分利用材料强度。若将桁架的外形与简支梁的弯矩图图形相吻合，则桁架内各弦杆内力将保持一致而腹杆内力接近于零，这样可最大限度地节约材料。图 1.7 为结构形式由简支梁到桁架的变化过程。

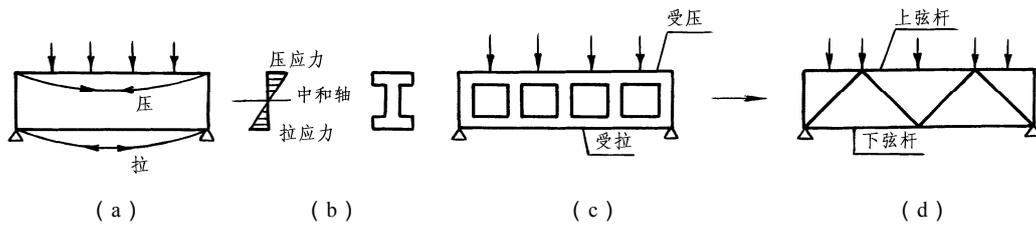


图 1.7 由简支梁发展成为桁架

影响建筑结构形式的因素还包括建筑施工的生产技术水平以及经济指标等。衡量结构方案经济性的手段是进行综合经济分析。所谓综合经济分析就是要从以下几个方面考虑问题：

- (1) 不但要考虑某个结构方案付诸实施时的一次投资费用，还要考虑其全寿命期的费用。
- (2) 除了以货币指标核算结构的建造成本外，还要以节省材料消耗和节约劳动力等各项指标来衡量。此外，从人类长远利益考虑，还要特别注意资源的节约。
- (3) 在结构方案比较时，还应综合考虑一次性初始投资和建设速度的关系，以便较快地回收投资资金，获得较好的经济效益。

第二节 混合结构体系

混合结构体系又称砖混结构，是指房屋的墙、柱和基础等竖向承重构件采用砌体结构，而屋盖、楼盖等水平承重构件则采用钢筋混凝土结构（或钢结构、木结构）所组成的房屋承重结构体系。墙体是混合结构房屋中的主要竖向承重结构，也是围护结构。混合结构广泛应用于层数不多的多层建筑。

一、混合结构的优点和应用范围

混合结构是我国有史以来使用时间最长、应用最普遍的结构体系。在多层建筑结构体系中，多层砖房约占 85%，它广泛应用于住宅、学校、办公楼、医院等建筑，究其原因主要是因为：

- (1) 主要承重结构（墙体）是用砖砌，取材方便。
- (2) 造价低廉、施工简单，有很好的经济指标。
- (3) 保温隔热效果较好。

但混合结构也有其不足之处。由于砖砌体强度较低，故利用砖墙承重时，房屋层数受到限制；同时，由于抗震性能较差，它在地震区使用限制更加严格。另外，混合结构墙体主要靠手工砌筑，工程进度慢；砖材料取土可能会破坏农田，且消耗大量能源。因此，砖混结构在未来发展中将会逐步受到限制。

二、混合结构房屋的墙体布置

应根据建筑功能要求选择合理的承重体系。按墙体承重体系，其布置大体可分为以下几种方案：

1. 横墙承重方案

由横墙直接承受屋盖、楼盖传来的竖向荷载的结构布置方案称为横墙承重方案，外纵墙主要起围护作用（见图 1.8）。

横墙承重方案的特点是：

- (1) 横墙是主要承重墙，纵墙主要起围护、隔断和将横墙连成整体的作用。

(2) 与纵墙承重方案相比，横墙承重方案房屋的横向刚度大、整体性好，对抵抗风荷载、地震作用和调整地基不均匀沉降更为有利。

横墙承重体系适用于房间开间尺寸较规则的住宅、宿舍、旅馆等。

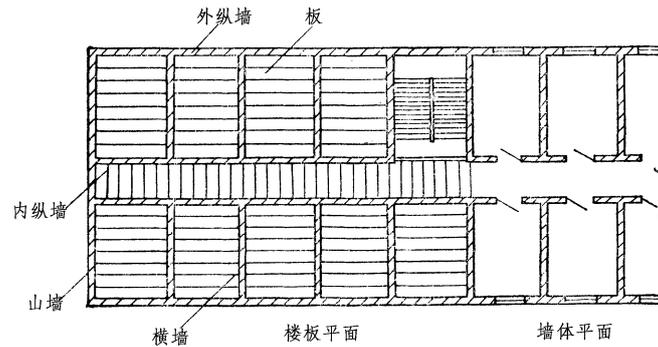


图 1.8 横墙承重方案

2. 纵墙承重方案

由纵墙直接承受屋盖和楼盖竖向荷载的结构布置方案称为纵墙承重方案（见图 1.9）。

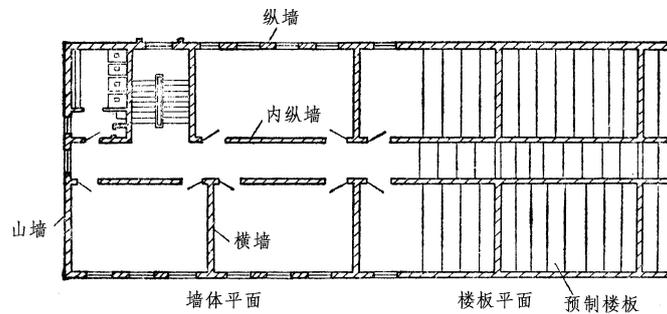


图 1.9 纵墙承重方案

纵墙承重方案楼面荷载（竖向）传递路线为

板 → 梁（或屋梁）→ 纵墙 → 基础 → 地基

纵墙承重方案的特点是：

(1) 纵墙是主要承重墙，横墙主要是为了满足房屋使用功能以及空间刚度和整体性要求而布置的，横墙的间距可以较大，以使室内形成较大空间，有利于使用上的灵活布置。

(2) 相对于横墙承重体系来说，纵向承重体系中屋盖、楼盖的用料较多，墙体用料较少，因横墙数量少，房屋的横向刚度较差。

纵墙承重体系适用于使用上要求有较大开间的房屋。

3. 纵横墙承重方案

根据房间的开间和进深要求，有时需要纵横墙同时承重，即为纵横墙承重方案。这种方案的横墙布置随房间的开间需要而定，横墙间距比纵墙承重方案的间距小，所以房屋的横向刚度比纵墙承重方案有所提高（见图 1.10）。

纵横墙承重方案楼面荷载（竖向）传递路线为



纵横墙承重方案的特点是：房屋的平面布置比横墙承重时灵活，房屋的整体性和空间刚度比纵墙承重时更好。

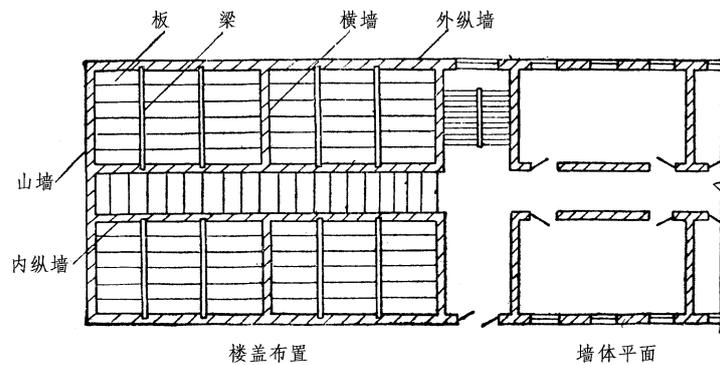


图 1.10 纵横墙承重方案

4. 内框架承重方案

内框架承重体系是在房屋内部设置钢筋混凝土柱，与楼面梁及承重墙（一般为房屋的外墙）组成（见图 1.11）。结构布置是楼板铺设在梁上，梁端支承在外墙，梁中间支承在柱上。

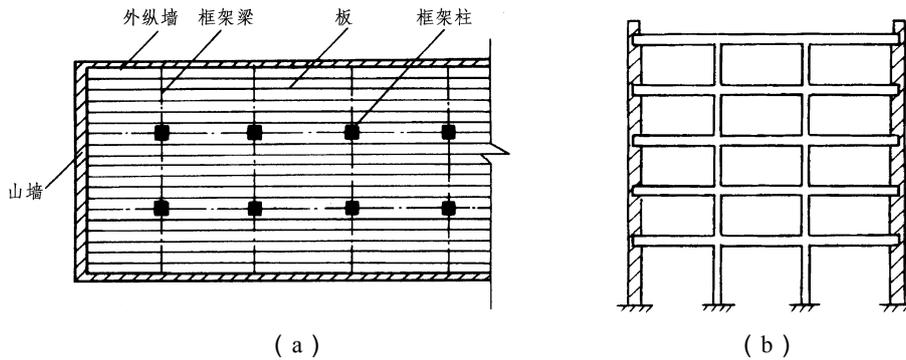
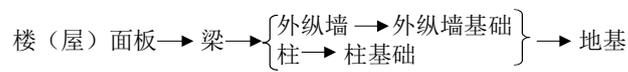


图 1.11

当承重梁沿房屋的横向布置时，其竖向荷载的传递路线为



内框架承重体系的特点是：

(1) 由于内墙由钢筋混凝土框架代替，仅设置横墙以保证建筑物的空间刚度；同时，由于增设柱后不增加梁的跨度，使得楼盖和屋盖的结构高度较小，因此在使用上可以取得较大的室内空间和净高，并且材料用量较少，结构也较经济。

(2) 由于竖向承重构件材料性质的不同，外墙和内柱容易产生不同的压缩变形，基础也容易产生不均匀沉降。因此，如果设计处理不当，墙、柱之间就容易产生不均匀的竖向变形，使构件（主要是梁和柱）产生较大的附加内力。另外，由于墙和柱采用的材料不同，也会对施工增加一定的复杂性。

(3) 由于横墙较少，房屋的空间刚度较小，使得建筑物的抗震能力较差。

内框架承重体系适用于旅馆、商店和多层工业建筑，在某些建筑物（如底层商店上面的住宅）的底层结构中也常采用。

5. 底部框架承重体系

房屋有时由于底部需设置大空间，在底部则可用钢筋混凝土框架结构同时取代内外承重

墙，成为底部框架承重方案，如图 1.12 所示。

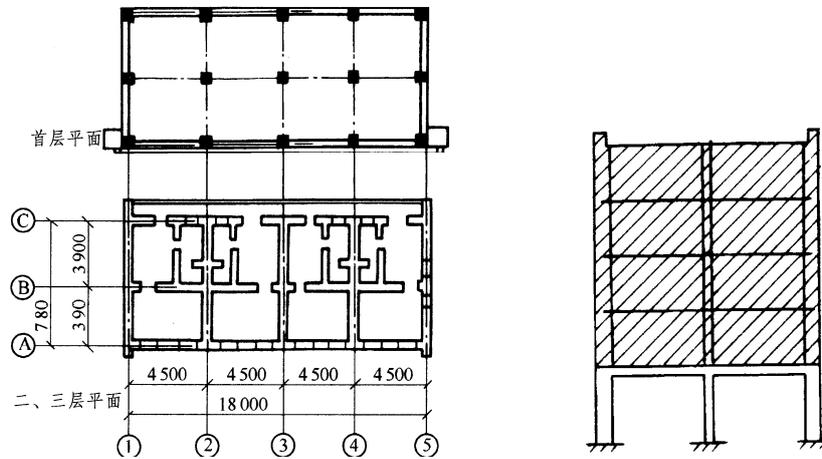


图 1.12 底部框架承重体系 (单位: mm)

框架与上部结构之间的楼层为结构转换层，其竖向荷载的传递路线为

上部几层梁板荷载 → 内外墙体 → 结构转化层钢筋混凝土梁 → 柱 → 基础 → 地基

底部框架体系的特点是：

(1) 墙和柱都是主要承重构件。以柱代替内外墙体，在使用上可以取得较大的使用空间。

(2) 由于底部结构形式的变化，房屋底层空旷。横墙间距较大，其抗侧刚度发生了明显的变化，成为上部刚度较大、底部刚度较小的上刚下柔多层房屋，房屋结构沿竖向抗侧刚度在底层和第二层之间发生突变，对抗震不利。因此，《建筑结构抗震规范》对房屋上下层抗侧移刚度的比值作了规定。

底部框架承重体系适用于底层为商店、展览厅、食堂，而上面各层为宿舍、办公室等的房屋。

混合结构不同的承重体系的房屋，墙体布置各有特点，材料用量和结构空间刚度也有较大差别。至于某个具体工程应当采用哪种体系，首先要满足建筑物的使用要求并考虑建筑设计特色，然后从地基、抗震、材料、施工和造价等因素上进行综合比较，力求做到结构安全

可靠、技术先进和经济合理。

第三节 单层刚架结构体系

凡是梁、柱之间为刚性连接的结构，统称为刚架。当梁与柱之间为铰接的单层结构，一般称为排架。多层多跨的刚架结构则常称为框架，单层刚架也称为门式刚架。门式刚架外形有水平横梁式和折线横梁式两种，它的选择主要服从建筑排水和建筑造型的考虑。单层刚架为梁柱合一的结构，其内力小于排架结构，梁柱截面高度小，造型轻巧，内部净空较大，故被广泛应用于中小型厂房、体育馆、礼堂、食堂等中小跨度的建筑中。

一、门式刚架的结构特点、种类及适用范围

刚架结构的受力优于排架结构，因刚架梁柱节点处为刚接，在竖向荷载作用下，由于柱对梁的约束作用而减小了梁跨中的弯矩和挠度。在水平荷载作用下，由于梁对柱的约束作用减少了柱内的弯矩和侧向变位，如图 1.13 所示。因此，刚架结构的承载力和刚度都大于排架结构，故门式刚架能够适用于较大的跨度。

门式刚架的结构计算简图，按构件的布置和支座约束条件可分成无铰刚架、两铰刚架、三铰刚架三种。

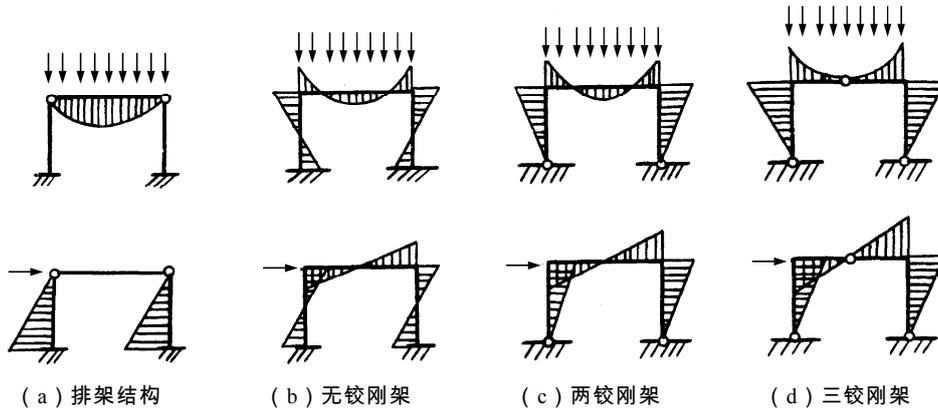


图 1.13 刚性连接与铰接的弯矩比较

1. 钢筋混凝土无铰刚架

无铰刚架和排架相比，当跨度和荷载相同，且跨度不大于 18 m 时，刚架比排架结构轻巧，可节省钢材约 10%，混凝土约 20%。

无铰刚架和两铰刚架、三铰刚架相比，前者基础承受弯矩较大，因此基础大、耗料多，不够经济。此外，由于这种刚架属于超静定结构，和三铰刚架相比，对地基的不均匀沉降和温度变化引起的内力变化较大。所以地基条件较差时，必须考虑其影响。

2. 钢筋混凝土两铰刚架

两铰刚架也是超静定结构，对地基不均匀沉降引起的结构内力也必须考虑，但两铰刚架基础材料用量较少，和三铰刚架相比，其结构刚度较大，所以适用于跨度较大的情况。

3. 钢筋混凝土三铰刚架

三铰刚架为静定结构。当基础有不均匀沉降时，对结构不引起附加内力。但是，当跨度较大时，半榀三铰刚架的悬臂太长，吊装内力较大，而且三铰刚架的刚度也较差，所以适用于跨度较小及地基较差的情况。

由于门式刚架的杆件较少，制作方便，而且结构内部空间较大，便于利用，所以它广泛用于工业厂房和体育馆、礼堂、食堂等建筑。钢筋混凝土门式刚架的跨度可达 40 m 左右，

最适宜的是 18 m 左右。由于门式刚架刚度较差，受荷后产生挠度，故用于工业厂房时，吊车起重量不宜超过 100 kN。

二、门式刚架的形式及截面尺寸

门式刚架从构件材料看，可分成钢结构、混凝土结构；从构件截面看，可分成实腹式刚架、空腹式刚架、格构式刚架、等截面与变截面刚架；从建筑形体看，有平顶、坡顶、拱顶、单跨与多跨（见图 1.14）；从施工技术看，有预应力刚架和非预应力刚架。

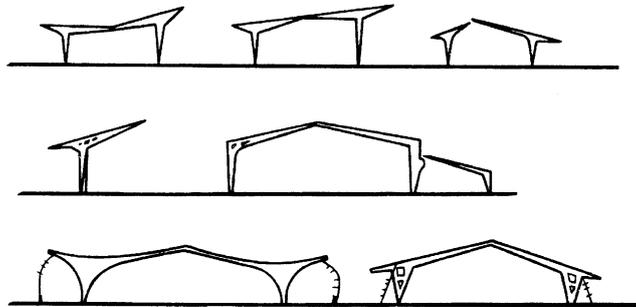


图 1.14 单层刚架的形式

1. 钢刚架结构

钢刚架结构可分为实腹式和格构式两种（见图 1.15）。实腹式刚架适用于跨度不是很大的结构，常做成两铰式结构。结构外露，外形可以做得比较美观，制造和安装也比较方便。实腹式刚架的横截面一般为焊接工字形。国外多采用热轧 H 形或其他截面形式的型钢，可减少焊接工作量，并能节约材料。当为两铰或三铰刚架时，构件应为变截面，一般是改变截面的高度使之适应弯矩图的变化。实腹式刚架的横梁高度一般可取跨度的 $1/20 \sim 1/12$ 。当跨度大时，可在支座水平面内设置拉杆，并施加预应力对刚架横梁产生卸荷力矩及反拱，如图 1.15 所示。这时横梁高度可取跨度的 $1/40 \sim 1/30$ ，并由拉杆承担刚架支座处的横向推力，对支座和基础都有利。

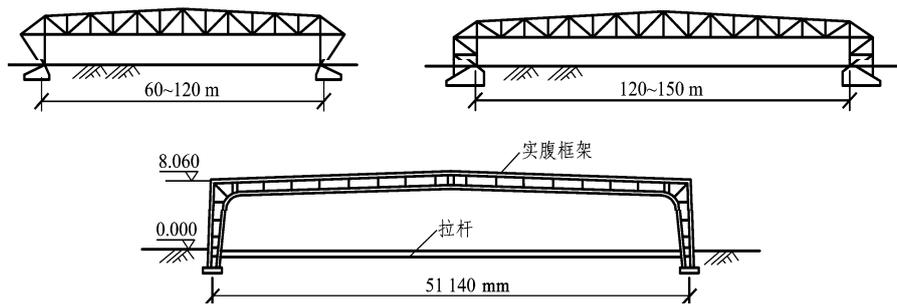


图 1.15 格构式刚架结构及实腹式双铰刚架

格构式刚架结构的适用范围较大，且具有刚度大、耗钢少等优点。当跨度较小时可采用三铰式结构，当跨度较大时可采用两铰式或无铰结构，如图 1.15 所示。格构式刚架的梁高可取跨度的 $1/15 \sim 1/20$ ，为了节省材料，增加刚度，减轻基础负担，也可施加预应力，以调整结构中的内力。预应力拉杆可布置在支座铰的平面内，也可布置在刚架横梁内，可仅对横梁施加预应力，也可对整个刚架结构施加预应力。

2. 钢筋混凝土刚架

钢筋混凝土刚架一般适用于跨度不超过 18 m、檐高不超过 10 m 的无吊车或吊车起重量不超过 100 kN 的建筑中。构件的截面形式一般为矩形，也可采用工字形截面。刚架构件的截面尺寸可根据结构在竖向荷载作用下的弯矩图的大小而改变，一般是截面宽度不变而高度呈线性变化。对于两铰或三铰刚架，立柱上大下小，为楔形构件，横梁为直线变截面，如图 1.16 所示。

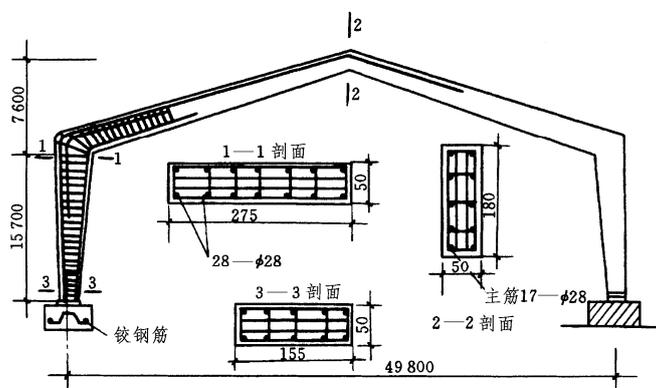


图 1.16 广州体育馆钢筋混凝土刚架结构 (单位: mm)

钢筋混凝土刚架的杆件一般采用矩形截面，也可采用 I 字形截面。其截面尺寸为：

- (1) 梁高可按连续梁确定，一般取 $h = (1/20 \sim 1/15)l$ ，但不宜小于 250 mm。
- (2) 柱底截面高度 h_1 ，一般不小于 300 mm；柱顶截面高度为 $(2 \sim 3)h_1$ 。
- (3) 梁柱截面宽度 b (钢架厚度)，应保证屋面构件的搁置长度，并应满足平面外刚度的要求，一般取 $b \geq H/30$ (H 为柱高)，且 $b \geq 200$ mm。
- (4) 横梁的加腋长度一般由柱边算起，为 $(0.15 \sim 0.25)l$ 。
- (5) 拱式门架的起拱高度 (矢高) f ，一般取为 $(1/9 \sim 1/7)l$ 。

三、刚架的结构布置和构造

(一) 结构布置

刚架结构为平面受力体系，当多榀刚架平行布置时，为保证结构的整体稳定性，应在纵向柱间布置连系梁及柱间支撑，同时在横梁的顶面设置上弦横向水平支撑。柱间支撑和横梁上弦横向水平支撑宜设置在同一开间内，如图 1.17 所示。

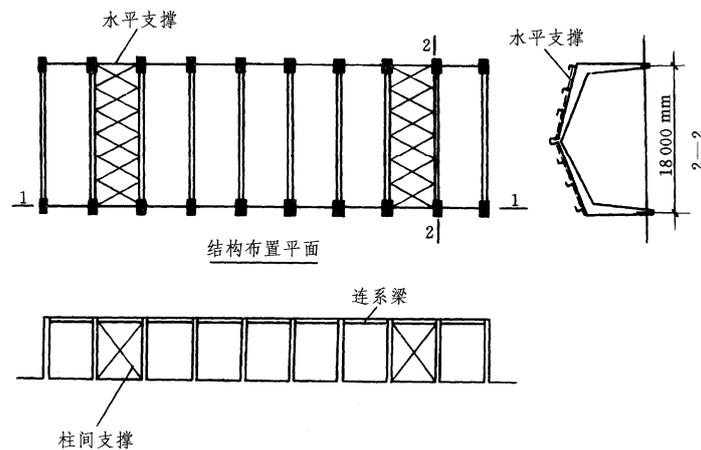


图 1.17 刚架结构的支撑

刚架的纵向柱距一般为 6 m，横向跨度以 m 为单位取整数，一般为 3 m 的整倍数，如 24 m、27 m、30 m，以至更大的跨度。其跨度由工艺条件确定，同时兼顾经济进行考虑。

1. 等间距、等跨度的结构布置方案

一般情况下，矩形平面建筑都采用等间距、等跨度的刚架布置方案。

2. 主次结构布置方案

奥地利维也纳市大会堂 (见图 1.18) 是供体育、集会、电影、戏剧、音乐、文艺演出、

展览等活动用的多功能大厅，其平面呈八角形，东西长 98 m，南北长 109 m，可容纳 15 400 人。屋盖的主要承重结构是中距为 30 m 的两榀东西向 93 m 跨的双铰门架，矢高为 7 m，门架顶高为 28 m，其上支承八榀全长为 105 m 的三跨连续桁架。

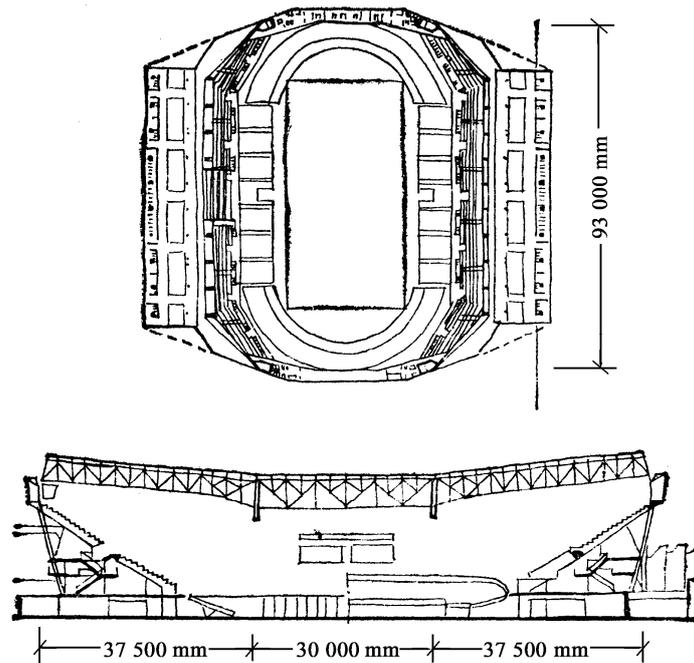


图 1.18 奥地利维也纳市大会堂

3. 门式刚架的高跨比

门式刚架的高度与跨度之比，决定了刚架的基本形式，也直接影响结构的受力状态。设想有一条悬索在竖向均布荷载作用下，在平衡状态将形成一条悬垂线，即所谓的索线，这时悬索内仅有拉力。将索上下倒置，即成为拱的作用，索内的拉力也变为拱的压力，这条倒置的索线即为推力线。图 1.19 给出了三铰刚架和两铰刚架的推力线及其在竖向均布荷载作用下的弯矩图。从结构上看，由于刚架高度的减小将使支座处水平推力增大；从推力线来看，对三铰门架来说，最好的形式是高度大于跨度，但对两铰门架来说，由于跨中弯矩的存在，跨

度稍大于高度就合理了。总的来说，高跨比 $h/l = 0.75$ 比较合理。

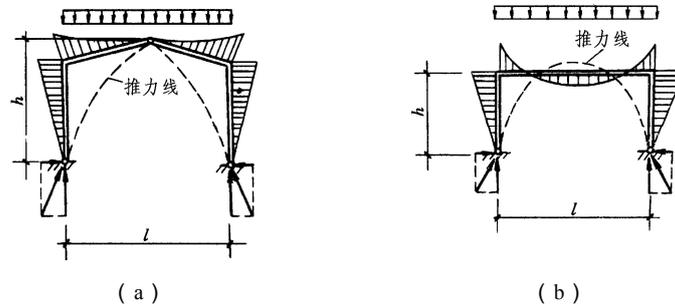


图 1.19 刚架的跨高比对内力的影响

(二) 刚架节点的连接构造

刚架结构的形式较多，其节点构造和连接形式也是多种多样的，但其设计要点基本相同。

设计时既要使节点构造与结构计算简图一致，又要使制造、运输、安装方便。

1. 钢刚架节点的连接构造

门式实腹式刚架，一般在梁柱交接处及跨中屋脊处设置安装拼接单元，用螺栓连接。拼接节点处，有加腋与不加腋两种。在加腋的形式中又有梯形加腋与曲线形加腋两种，通常多采用梯形加腋，如图 1.20 所示。加腋连接既可使截面的变化符合弯矩图形的要求，又便于连接螺栓的布置。

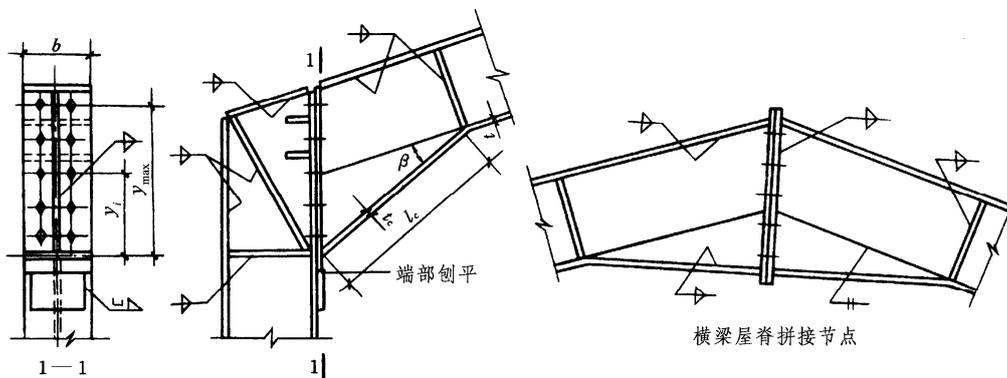


图 1.20 实腹式刚架的拼接节点

2. 钢筋混凝土刚架节点的连接构造

在实际工程中，大多采用预制装配式钢筋混凝土刚架。刚架拼装单元的划分一般根据内力分布决定，应考虑结构受力可靠，制造、运输、安装方便。一般可把接头位置设置在铰接节点或弯矩为零的部位，把整个刚架结构划分成Γ形、Y形拼装单元，如图 1.21 所示。单跨三铰刚架可分成两个“Γ”形拼装单元，铰接节点设在基础和顶部中间的拼接点部位。两铰刚架的拼接点一般设在横梁零弯矩截面附近，柱与基础连接处做成铰接节点；多跨刚架常采用“Γ”形和“Y”形拼装单元（见图 1.21）。

刚架承受的荷载一般有恒载和活载两种。在恒载作用下，弯矩零点的位置是固定的；在活载作用下，对于各种不同的情况，弯矩零点的位置是变化的。因此，在划分结构单元时，接头位置应根据刚架在主要荷载作用下的内力图确定。

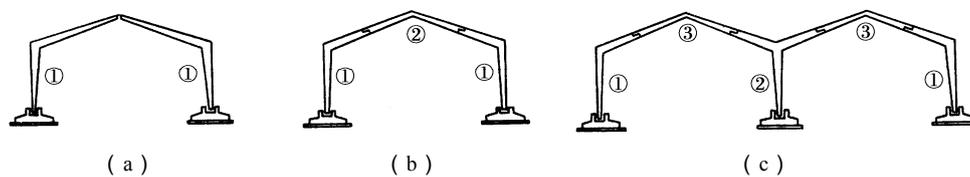


图 1.21 刚架拼装单元的划分

四、单层刚架结构设计实例

我国某地曾拟建中型民航客机的维修车间。修理“伊尔-24”和“安-24”型客机。机身长 24 m，翼宽 32 m，尾高 8.4 m，桨高 5.1 m，机翼距地 3 m。设计过程曾做三种结构方案比较，如图 1.22 所示。

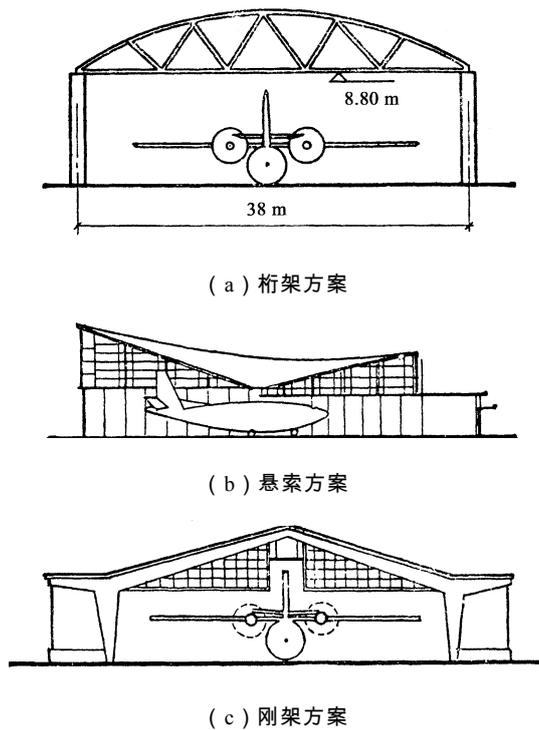


图 1.22 某民航客机维修车间的三种设计方案

1. 桁架方案

机尾高 8.4 m，屋架下弦不能低于 8.8 m。由于建筑形式与机身的形状尺寸不相适应，使得整个厂房普遍增高，室内空间不能充分利用，因此这个方案不经济。

2. 双曲抛物面悬索方案

这个方案的特点是：建筑形式符合机身的形状尺寸，建筑空间能够充分利用。但是跨度较小，采用悬索方案不经济，要求高强度的钢索，材料价格高，同时对施工条件和技术的要求较高，因此这个方案不宜采用。

3. 刚架结构方案

这个方案的特点是：不仅建筑形式符合机身的形状尺寸，尾部高，两翼低，建筑空间能够充分利用，而且对材料和施工都没有特别要求。根据本工程的具体条件，选用了刚架结构方案 [见图 1.22 (c)]。

