

# 钢筋混凝土框架结构 抗震设计

郭继武 编  
倪吉昌

中国建筑工业出版社

本书主要介绍钢筋混凝土框架及框架-剪力墙结构抗震设计。内容包括：框架及框-剪结构布置、地震荷载、框架及框-剪结构内力和侧移的计算、框架梁柱及剪力墙强度设计和计算，以及有关框架的抗震构造措施等。每章附有必要的例题和计算图表，最后附有完整的工程实例。

本书可供一般土建工程技术人员自学和设计参考。

## 钢筋混凝土框架结构 抗震设计

郭继武 编  
倪吉昌

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)  
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售  
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

开本：850×1168毫米 1/32 印张：6<sup>5</sup>/<sub>8</sub>。字数：176千字

1986年5月第一版 1986年5月第一次印刷

印数：1—41,200册 定价：1.35元

统一书号：15040·4904

# 目 录

<b>第 1 章 框架结构方案设计</b> .....	1
1-1 框架结构的布置 .....	1
1-2 框架的类型 .....	4
1-3 保证楼面整体性的措施 .....	6
1-4 变形缝 .....	8
1-5 电梯 .....	10
<b>第 2 章 地震荷载</b> .....	13
2-1 概述 .....	13
2-2 单质点弹性体系的地震反应 .....	14
2-3 单质点弹性体系水平地震荷载 .....	19
2-4 水平地震荷载的修正 .....	25
2-5 多质点弹性体系的地震反应 .....	30
2-6 多质点体系的水平地震荷载和地震内力 .....	42
2-7 多质点体系水平地震荷载近似算法 .....	46
2-8 结构自振周期的计算 .....	49
<b>第 3 章 框架的内力分析</b> .....	52
3-1 在水平地震荷载下框架内力和位移的计算 .....	52
3-2 竖向荷载作用下框架内力的计算 .....	75
3-3 内力组合 .....	79
<b>第 4 章 框架-剪力墙结构内力和位移的计算</b> .....	84
4-1 概述 .....	84
4-2 框架-剪力墙结构内力和位移的分析.....	87
4-3 用图表计算结构的内力和位移 .....	95
4-4 剪力墙及框架中地震内力的分配.....	100

4-5	计算例题	101
<b>第5章</b>	<b>框架与剪力墙截面的强度计算</b>	<b>108</b>
5-1	梁的截面设计与计算	108
5-2	柱的截面设计与计算	125
5-3	剪力墙截面设计与计算	140
5-4	框架和剪力墙抗震构造要求	146
<b>第6章</b>	<b>框架节点抗震设计</b>	<b>151</b>
6-1	框架节点的类型及应用范围	151
6-2	整体装配式节点设计	153
6-3	节点核心区抗剪强度验算	159
6-4	按“强柱弱梁”的原则验算柱的强度	161
<b>第7章</b>	<b>计算实例</b>	<b>163</b>
附录		202
附表 1	框架结构实测周期	202
2	框架-剪力墙结构实测周期	203
3	本书应用计量单位与法定计量单位换算关系表	204
参考文献		205

# 第 1 章 框架结构方案设计

框架结构是多层和高层房屋中常用的结构体系。这种体系主要由梁和柱组成，墙不承重，平面布置灵活，易于满足建筑物设置大房间的要求，在工业与民用建筑中广泛应用。

框架在震区常用于十层以下的房屋。个别也有超过十层的，如北京长城饭店采用的框架结构，共十八层（图1-1）。



图 1-1 北京长城饭店（照片）

## 1-1 框架结构的布置

在框架结构中，柱网根据使用要求常为方格形（图1-2a）。其尺寸多选用经济指标较好的： $(6+6)\times 6\text{m}$ 、 $(6+6+6)\times 6\text{m}$ 、 $(7.5+7.5)\times 6\text{m}$ 、 $(7+6+7)\times 6\text{m}$ 等。这类柱网较适用于机器

制造和加工产品规格较大的车间、商场、展览厅、仓库等，或使用平面无需分割的房屋。

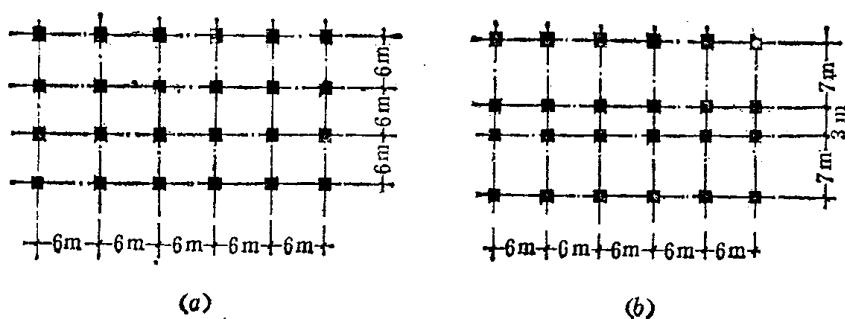


图 1-2

对于要求带有中间过道的房屋，如办公楼、教学楼、医院、实验楼等，多采用内廊式柱网（图 1-2b）。这种柱网多为  $(6+2.4+6) \times 6\text{m}$ 、 $(7+3+7) \times 6\text{m}$ 。

以上所介绍的柱网尺寸是经常采用的。有时为了使用需要，也采用 6 m 之外的其它尺寸，诸如 3.3m、3.6m、3.9m、4.5 m、5.1m、5.4m、5.7m 等（图 1-3）。

除按模数确定柱网外，还可以利用预制楼板的构造尺寸和横梁挑檐相结合，定出非模数柱网尺寸。如一般预应力长向空心板（YB）的构造尺寸较其设计尺寸短 100mm（图 1-4）。这样，

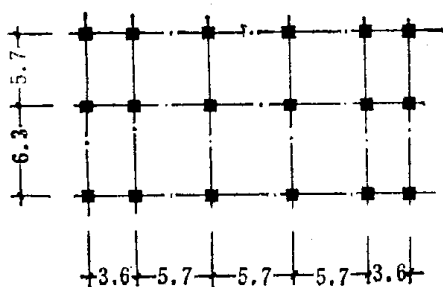


图 1-3

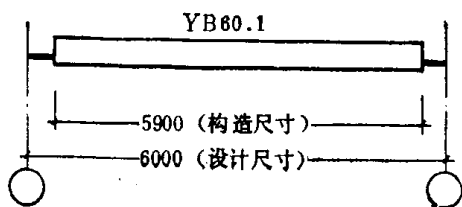


图 1-4

就可能定出诸如5850mm、6200mm等柱网尺寸(图1-5)。

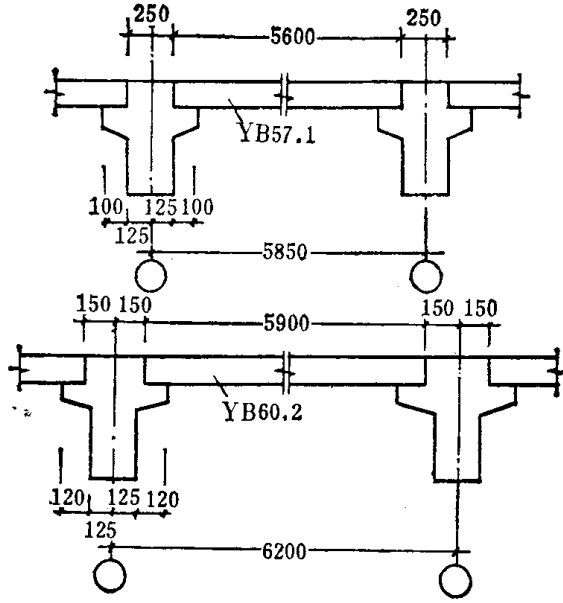


图 1-5

框架柱网应尽量做成方格形,以减少构件规格。但框架结构在平面上并非一定要做成方正形状的;许多平面复杂的建筑物,同样可以采用框架结构设计(图1-6)。

框架结构的层高主要应满足使用和生产要求,同时要满足采

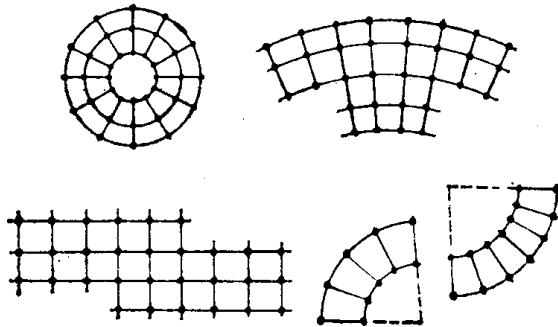


图 1-6

光和通风的需要。框架结构多层厂房常采用的层高有3.9m、4.2m、4.5m、4.8m、5.1m等。生产厂房中，如有较高大或沉重的设备时，应尽量把它布置在首层（此时可将首层层高适当提高）。多层民用房屋对层高的要求，一般较工业厂房为小，常用尺寸有：2.7m、3.0m、3.3m、3.6m、3.9m、4.2m等。

## 1-2 框架的类型

多层钢筋混凝土框架有各种各样的结构型式。

### 1. 按框架组成形式区分

根据楼盖结构的不同，有梁板式结构和无梁结构。梁板式结构由梁、板、柱三种构件组成。荷载由板传给梁，再由梁经柱传给基础，这种结构应用较为普遍（图1-7a）。无梁结构是由板、柱帽、柱组成，荷载由楼板直接传给柱。这种结构可保证室内有较大的净空，从而可减少楼层高度，多用于仓库、冷库、书库等多层框架结构。近年来，配合升板法施工，一些商店和办公楼亦常采用无梁结构（图1-7b）。

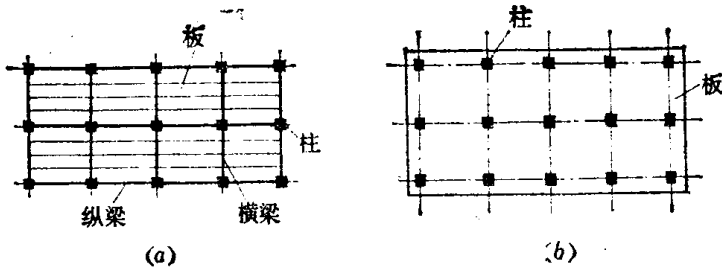


图 1-7

a) 梁板式结构；b) 无梁结构

### 2. 按施工方法区分

常用的有装配式框架、整体式框架、装配整体式框架三种。装配式框架的构件多由预制厂预制，现场只进行装配，可以节约木材，加快施工速度，提高机械化程度，改善劳动条件，但其用



钢量较多，造价偏高，抗震性能不好。整体式框架是全部在现场浇筑的，它的抗震能力较好。这是它的突出优点。但是，现浇施工费时、费事，并需采用大量模板，因而限制了它的推广使用。在地震区，特别是高烈度区（ $\geq 9$ 度），应以现浇框架为主。装配整体式框架是由工厂预制成个体构件，然后在施工现场连接成整体的，它兼有装配式和整体式两者的优点，在地震区，五、六层以下的框架结构采用较多。

### 3. 按承重框架的布置区分

根据承重框架布置方向的不同，框架结构可分为横向框架结构、纵向框架结构、纵横向框架结构三种（图1-8）。

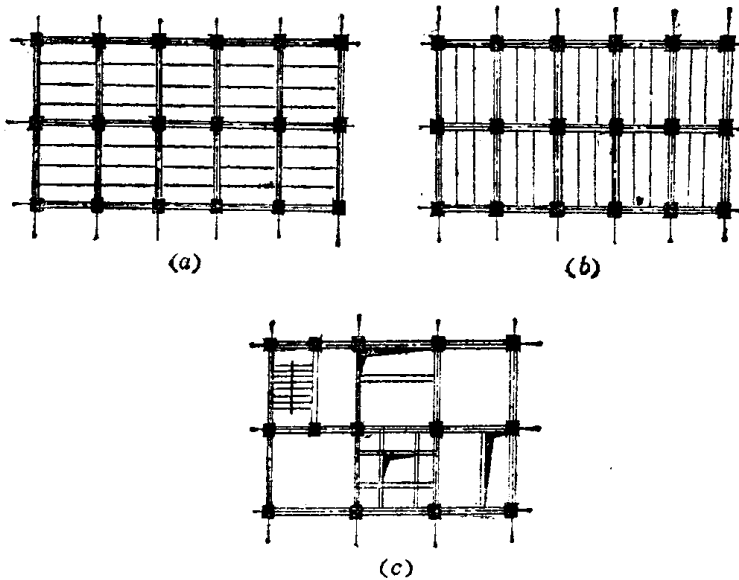


图 1-8

(a) 横向框架承重；(b) 纵向框架承重；(c) 纵横向混合承重

横向框架结构的主梁，沿房屋平面较短方向布置，横向刚度好，于抗震有利，采用较多。

纵向框架承重的主梁沿房屋纵向布置，横向梁截面较小，抗震能力较差。但这样布置有利于楼层净高的有效利用，便于架空管道通过。

纵横向框架混合承重的布置，主要适用于一些工艺复杂、设备较重、开洞较多的多层工业厂房（如电力、化工、采矿）；有时甚至一些料斗、煤斗直接与楼板或四周框架梁相连，因而要求两个方向的框架都承重。纵横框架同时承重时，多采用现浇混凝土楼盖，再加以纵横梁都承重，所以抗震的整体刚度较好。

### 1-3 保证楼面整体性的措施

楼面整体性的好坏，对整个建筑物的抗震能力，或对各抗侧力的柱、墙的地震力分配都有十分重要的影响。特别在采用预制空心板楼面时，采取必需的加强整体性的措施就显得十分必要。目前，一般采取加强整体性措施的主要方法如下：

#### 1. 叠合梁

为了加强预制空心板和横梁之间的连接，若楼板下部分的横梁为预制的，施工时在吊装梁板后，将梁顶空心板端头留空处进

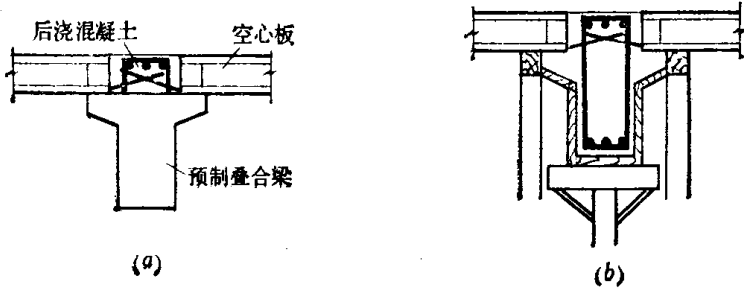


图 1-9

行现浇，使板与板以及板与梁之间形成整体，如图 1-9 a 所示。

当梁为现浇时，亦可采用硬架支模的方法，如图 1-9 b 所示。

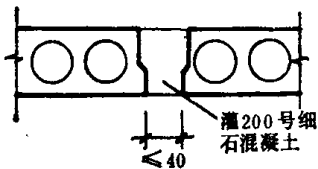


图 1-10

#### 2. 板缝加筋

一般预制楼板的板缝应用 200 号细石混凝土灌严。为保证板缝间形成能够抵抗剪力的销键，并易于施工，板缝宽以不小于 40mm

16

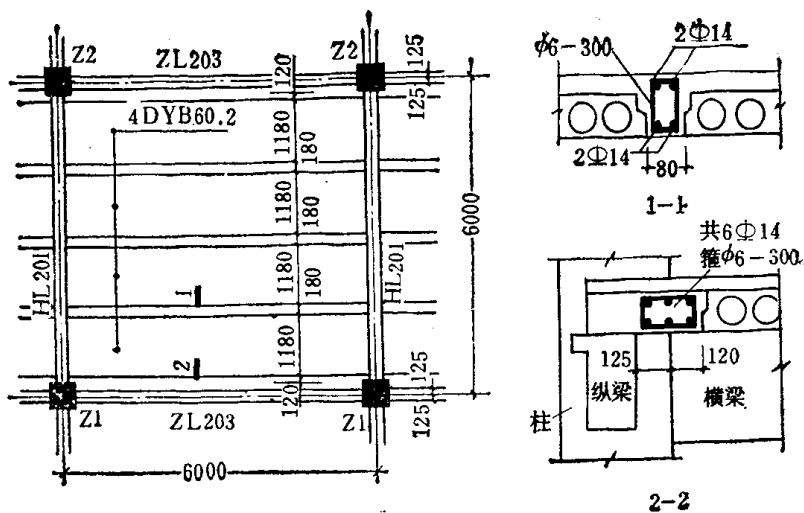


图 1-11

为宜(图1-10)。

若对楼板刚度要求较高,或空心板承载能力不足时,应将楼板的板缝拉宽为150~200mm,并在板缝中配置钢筋(图1-11)。

一般柱网尺寸减去柱边长所余的净宽尺寸,往往不合空心楼板尺寸的整倍数,即使采用宽窄板搭配也不易凑整。这时,若利用板缝来调剂余差,可收一举两得之效。单就加强楼板刚度的意义来说,板与板之间挤得毫无空隙是不可取的。

### 3. 做现浇层

在空心板上结合楼面需要做现浇钢筋混凝土层,使之通过粘结力与空心楼板、板缝、梁共同工作。这对加强楼面的整体性作用极大。

考虑到在现浇层内铺钢筋和埋设电线管的需要,现浇层的厚度宜不小于70mm,混凝土不低于200号,并配双向的 $\phi 6 \sim 200$

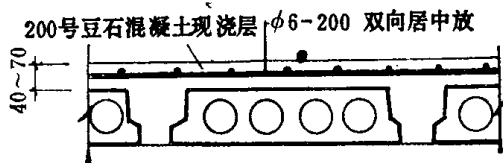


图 1-12

或 $\phi 6\sim 250$ 构造钢筋(图1-12)。

楼面现浇层的钢筋应与板缝梁及周边的纵、横梁间有可靠的锚固措施,以保证楼板有效地传递水平荷载。这对结构刚度分布不均匀的框架尤为重要。

## 1-4 变形缝

当框架结构的体形较大、平面变化复杂,或地基很不均匀时,常利用变形缝将其分割,以使受力合理。变形缝一般包括:

### 1. 温度缝(又称伸缩缝)

温度缝的作用是避免由于温度变化引起缩胀使结构遭受破坏。对于房屋建筑框架及剪力墙应按表1-1设置温度缝。

框架及剪力墙结构伸缩缝最大间距(m) 表 1-1

结 构	类 别	室内或土中	露 天
框架结构	装 配 式	75	50
	现 浇 式	55	35
剪力墙结构	装 配 式	65	45
	现 浇 式	45	30

对于屋面板上部无保温的框架结构,其伸缩缝间距可按表中露天情况采用。位于气候干燥地区,夏季炎热但暴雨频繁地区,或经常处于高温作用下的框架结构,可按使用经验适当减小伸缩缝间距。

伸缩缝的宽度一般可采用30~60mm。

伸缩缝主要设置在室外地平以上。对具有独立基础的框架结构设置伸缩缝时,其双柱基础可不断开(图1-13)。

### 2. 沉降缝

为防止因地基土压缩性在平面上变化较大,致使基础沉降不均匀使房屋破坏,应设置沉降缝,将房屋的上部结构和基础分开(图1-14)。

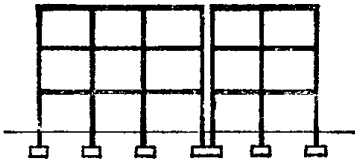


图 1-13

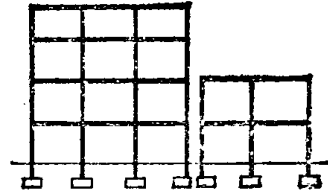


图 1-14

沉降缝一般设置在以下位置：地基土质压缩性有显著差别、建筑高度或荷载差异较大、上层结构或基础的类型改变、分期建造房屋的交界等处。

沉降缝的宽度一般取60~120mm。

### 3. 防震缝

防震缝的作用是防止地震时房屋因各部分的振动不协调，而发生破坏。当建筑平面复杂（如L形、T形、U形）、各部分的体形变化较大、房屋有错层，以及结构刚度或荷载变化较大等，均应在其变化处设防震缝。为避免防震缝两侧房屋因地震摆动而互相碰撞，多层钢筋混凝土框架房屋防震缝的宽度 $t$ ，可按下述取用。

房屋高度 $H \leq 15\text{m}$ 时， $t = 7\text{cm}$

房屋高度 $H > 15\text{m}$ 时：

$$\text{设计烈度为7度时， } t = 7 + \left( \frac{H - 15}{4} \right)^2$$

$$\text{设计烈度为8度时， } t = 7 + \left( \frac{H - 15}{3} \right)^2$$

$$\text{设计烈度为9度时， } t = 7 + \left( \frac{H - 15}{2} \right)^2$$

式中  $H$ ——防震缝两侧较低的房屋高度（从室外地坪至屋面的高度）。

除上述外，《钢筋混凝土高层建筑结构设计与施工规定》（JZ102—79）中，对防震缝亦有如下规定：

防震缝宽度

表 1-2

结构类型	设计烈度		
	7	8	9
框架结构	$H/200$	$H/120$	—
框架-剪力墙结构	$H/250$	$H/150$	$H/100$

## 1-5 电梯

电梯是多层和高层建筑中的主要交通工具，除平时输送客货外，并兼有消防功能。结构设计中，往往利用电梯井道作为抗震墙，以承受大部分水平地震力。

从建筑上来说，电梯的位置应设置在最容易看到的地方，并应距建筑的主要出入口较近。从结构上考虑，电梯井因刚度较大，宜在平面中对称布置或居中布置，以免地震时产生扭转现象（图1-15）。

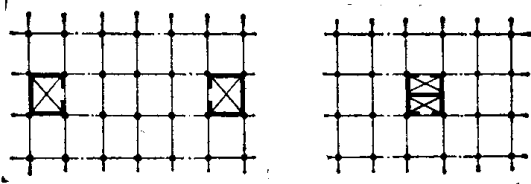


图 1-15

电梯由轿厢、井道和机房组成（图1-16）。轿厢的规格及井道尺寸根据建筑需要按有关产品样本确定。井道如作为抗震墙，应采用钢筋混凝土结构；如不用抵抗侧力，则可由砖砌筑。砖砌井道的厚度为240~360mm。为增加井道的稳定性，钢筋混凝土井道应与柱相联。砖砌井道的转角处应设构造柱，并应于每层楼板高度附近设圈梁一道（图1-17）。

为安装轿厢缓冲器及其它装置，井道下部应设底坑，坑深

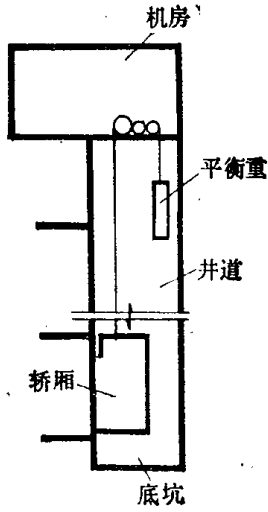


图 1-16

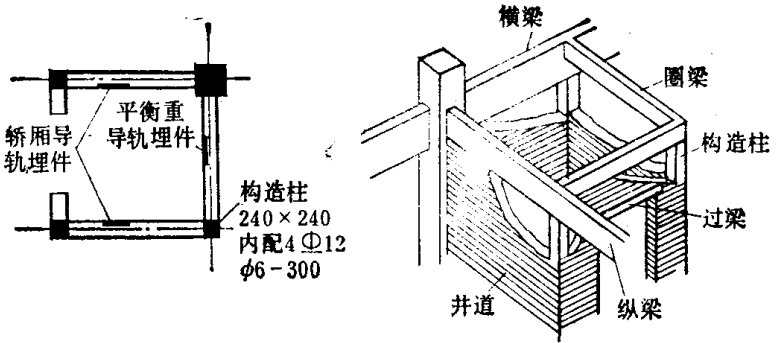


图 1-17

从底层地面算起，应为1.5~2.0m。坑的底板应为混凝土或钢筋混凝土，并进行防水处理。

在井壁应设平衡重导轨埋件和轿厢导轨埋件（图1-18），

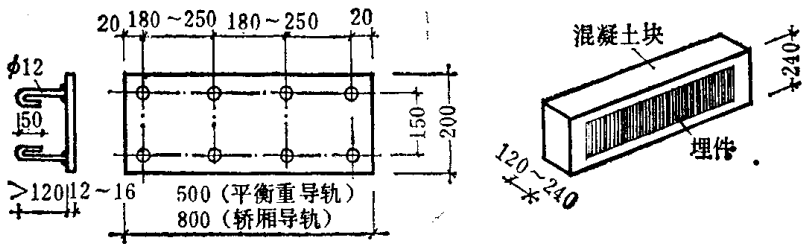


图 1-18

埋件须牢固埋入钢筋混凝土井道墙内，在砖墙中埋件附近应浇筑混凝土，或将带埋件的混凝土块直接砌入砖墙中。

为使轿厢在顶层有一缓冲高度，井道内顶层楼板（即机房地板）的高度应较房间楼板高些（图1-19）。

机房因安装设备需要，平面较井道为大（图1-20）。因此，要注意机房墙下梁的布置问题。

机房内因有较重的机器设备，要求楼板能承受  $600\text{kgf/m}^2$  的荷载，且这里的楼板开洞较多，宜采用现浇。

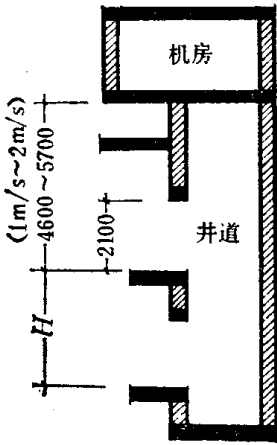


图 1-19

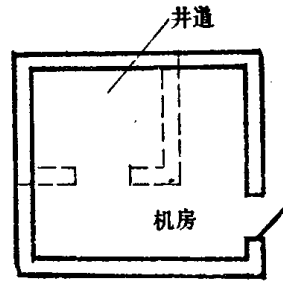


图 1-20



## 第2章 地震荷载

### 2-1 概述

地震释放的能量，是以地震波的形式向四周扩散的；地震波到达地面后引起地面运动，使地面上原来处于静止的建筑物受到动力作用而产生强迫振动。在振动过程中，作用在结构上的惯性力就是地震荷载。这样，地震荷载可以理解成一种能反映地震影响的等效荷载。在地震荷载和一般荷载共同作用下，当结构的内力或变形超过容许数值时，建筑物就遭到破坏，乃至倒塌。因此，在结构抗震计算中，确定地震荷载是一个十分重要的问题。

地震荷载与一般荷载不同，它不仅取决于地震烈度的大小，而且与建筑物的动力特性（结构的自振周期、阻尼）有密切关系。一般荷载则与结构的动力特性无关，可以独立确定。

目前，在我国和其它许多国家的抗震设计规范中，都采用反应谱理论来确定地震荷载。这种计算理论的依据，是对地震时地面运动的实测纪录进行计算分析绘出的加速度（在计算中通常采用加速度相对值）反应谱曲线。所谓加速度反应谱曲线，就是单质点弹性体系在一定地震作用下，最大反应加速度与体系自振周期的函数曲线。如果已知体系的自振周期，利用加速度反应谱曲线或相应公式就可以很方便地确定体系的反应加速度，进而求出地震荷载。

应用反应谱理论不仅可以解决单质点体系的地震反应计算问题，而且在一定假设条件下，通过振型组合的方法，还可计算多质点体系的地震反应。