

# 建筑结构 抗震设计

刘伯权 刘 鸣 叶燎原 编

JIANZHU JIEGOU KANGZHEN  
SHUJI

中国建材工业出版社

建筑结构抗震设计

中国建材

F0352.104

社

70314.104

L.63

# 建筑结构抗震设计

刘伯权 刘鸣 叶燎原 编

中国建材工业出版社

(京)新登字 177 号

本书根据高等工业学校建筑工程专业“建筑结构抗震设计”教学大纲编写。内容包括：地震基本知识，场地地基和基础，地震作用和结构抗震验算以及砌体结构、钢筋混凝土框架结构、框架-抗震墙结构、内框架及底框结构及单层工业厂房的抗震设计。

本书可作为土建类各专业教材，亦可供从事工程设计、施工、科研的技术人员参考。

11266/32  
**图书在版编目(CIP)数据**

建筑结构抗震设计/刘伯权编. —北京：中国建材工业出版社，1996.4

ISBN 7-80090-497-0

I. 建… II. 刘… III. 建筑工程：抗震结构-结构-设计  
IV. TU352.1

中国版本图书馆CIP数据核字(96)第08752号

**建筑结构抗震设计**

\*

中国建材工业出版社出版

(北京市百万庄 邮编：100831)

新华书店科技发行所发行 各地新华书店销售

北京天河照排中心排版

北京通县滨河印刷厂印刷

开本：787×1092 1/16 印张：13 字数：316千字

1996年10月第一版 1996年10月第一次印刷

印数：5000册 定价：16.25元

ISBN 7-80090-497-0/TU·115

# 前 言

中国是世界上遭受地震灾害最严重的国家之一。1976年唐山大地震造成了人民生命财产的重大损失。从那时起,我国对工程结构的抗震问题得到普遍重视,有关科学研究取得了很大成绩。

本书内容结合我国现行抗震设计规范编写,反映了近年来我国在建筑结构抗震方面的研究成果。初稿在1987年底完成并曾在几所院校试用。

参加本书编写工作的有刘伯权(第二、四、七章),刘鸣(第一、三、六章)和叶燎原(第五章)。刘伯权任主编。本书由西安建筑科技大学童岳生教授审阅,在审阅中提出了许多宝贵意见,在此表示深深的感谢。

地震工程研究发展的速度很快,我们从事抗震教学与科研工作时间尚短,业务水平有限,书中难免有不少误漏之处,敬请同行专家及读者批评指正

编 者

# 目 录

<b>第一章 地震与抗震概论</b> .....	(1)
§ 1-1 地震的初步知识 .....	(1)
§ 1-2 地震波、震级和烈度 .....	(2)
§ 1-3 地震分布 .....	(5)
§ 1-4 地震灾害 .....	(7)
§ 1-5 建筑结构的抗震设防 .....	(8)
§ 1-6 建筑结构抗震设计的一般要求 .....	(11)
<b>第二章 场地、地基和基础</b> .....	(14)
§ 2-1 工程地质条件对地震破坏的影响 .....	(14)
§ 2-2 场地 .....	(15)
§ 2-3 地基基础的抗震验算 .....	(17)
§ 2-4 地基土的液化 .....	(19)
§ 2-5 软弱粘性土地基和不均匀地基的处理 .....	(24)
<b>第三章 地震作用和结构抗震验算</b> .....	(25)
§ 3-1 概述 .....	(25)
§ 3-2 单质点弹性体系的地震反应 .....	(25)
§ 3-3 单质点弹性体系的水平地震作用 .....	(29)
§ 3-4 多质点弹性体系的地震反应 .....	(33)
§ 3-5 多自由度体系的水平地震作用 .....	(45)
§ 3-6 结构的地震扭转效应 .....	(52)
§ 3-7 地基与结构的相互作用 .....	(58)
§ 3-8 竖向地震作用 .....	(59)
§ 3-9 结构地震反应分析的时程分析法 .....	(61)
§ 3-10 建筑结构抗震验算 .....	(68)
<b>第四章 多层砌体房屋的抗震设计</b> .....	(73)
§ 4-1 震害及其分析 .....	(73)
§ 4-2 结构布置和选型 .....	(74)
§ 4-3 多层砌体房屋的抗震验算 .....	(77)
§ 4-4 多层砌体房屋的抗震构造措施 .....	(84)
<b>第五章 钢筋混凝土框架及框架—抗震墙结构房屋的抗震设计</b> .....	(95)
§ 5-1 震害及其分析 .....	(95)
§ 5-2 结构选型与结构布置 .....	(98)
§ 5-3 水平地震作用的计算 .....	(102)
§ 5-4 框架结构的内力和侧移计算 .....	(103)

§ 5-5	框架-抗震墙结构的内力和侧移计算 .....	(111)
§ 5-6	框架结构抗震设计及构造措施 .....	(122)
§ 5-7	抗震墙截面抗震设计及构造措施 .....	(128)
<b>第六章</b>	<b>底层框架及内框架砖房的抗震设计</b> .....	<b>(141)</b>
§ 6-1	概述 .....	(141)
§ 6-2	抗震设计的一般规定 .....	(142)
§ 6-3	底层框架及内框架房屋的抗震验算 .....	(143)
§ 6-4	抗震构造措施 .....	(149)
<b>第七章</b>	<b>单层钢筋混凝土厂房的抗震设计</b> .....	<b>(158)</b>
§ 7-1	震害及分析 .....	(158)
§ 7-2	厂房结构的抗震措施 .....	(159)
§ 7-3	单层厂房横向抗震计算 .....	(165)
§ 7-4	单层厂房纵向抗震计算 .....	(174)
<b>附录</b>	.....	<b>(198)</b>
<b>参考文献</b>	.....	<b>(200)</b>

# 第一章 地震与抗震概论

地震是一种危害性极大的自然灾害。地震造成的惨重的人员伤亡和巨大的财产损失，主要是由建筑物的破坏所引起。抗震就是和地震这种自然灾害进行斗争。为了更有效地进行斗争，建筑工程技术人员就有必要对地震有一定的了解。为此，在学习建筑物本身的动力性能和抗震设计之前，先扼要地了解一点关于地震的基本知识是很必要的。

## § 1-1 地震的初步知识

地震和刮风、下雨一样是一种自然现象。它是地壳运动的一种表现，与地质构造有密切的关系。据统计，全世界每年要发生数百万次地震，但绝大多数是小地震，不为人们所感觉，至于能造成破坏性灾害的地震则为数很少，平均每年只有十多次。

### 一、地球的构造

为了初步了解地震的发生和地震发展的规律，就要对地球的构造有个了解。

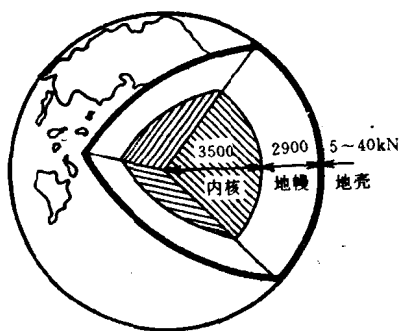


图 1-1 地球构造示意图

地球是一个很大的实心扁球体，它的平均半径约为 6400km。地球内部如图 1-1 所示，大致可分为三个同心圆层。地壳是地球最表面的一层，平均厚度为 30km。地壳下面约 2900km 厚的一层叫做地幔；最里面的那部分叫做地核，其半径约为 3470km。

地壳由各种不均匀的岩石组成，它的厚度也不是均匀的，高山或高原处厚度可达 60km，而在深海底只有 5~8km，世界上绝大多数地震都发生在地壳这一层内。

地幔主要由质地非常坚硬、比重较大的黑色橄榄岩组成，由于这一部分压力大（地幔上部的压力约为 90 个大气压），温度高（按照地热增温率计算，地面以下 30km 处就可达 1000℃），因此一般推测地幔的物质可能具有粘弹性。

地壳与地幔的分界面称之为莫霍诺维奇间断面（简称莫霍面），它是个地震波传播速度急剧变化的不连续面。

据推测，地核主要由铁、镍等物质组成，那里的压力大于 300 万个大气压力，温度高达 4000~5000℃。根据地震波传播的分析，在 2900km 以下，物质的物理性质发生了变化，由刚性变为塑性，由固体变为液体。

### 二、地震成因和类型

地震按其产生的原因，主要可分为三种基本类型，即构造地震、火山地震和坍塌地震。除此以外还有水库地震、注水地震、抽水地震、爆炸激发的地震和山崩引起的地震等。

构造地震影响面广,破坏性大,发生频率高,约占破坏性地震总量的 90%。在建筑抗震设计中,仅限于考虑构造地震作用下结构的设防问题。

构造地震的成因是:地球内部是不停运动着的。在它的运动过程中,始终存在巨大的能量,而组成地壳的岩层在巨大的能量作用下,也不停地连续变动,不断地由于形变而发生褶皱、断裂和错动。这种地壳的构造状态变动,使岩层处于复杂的地应力作用状态之下。地壳运动使地应力不断加强。当弹性应力的积聚超过岩石的强度极限时,岩层就会发生突然断裂和猛烈错动,从而引起振动,并以波的形式传到地面,形成地震。

构造地震与地质构造密切相关。这种地震往往发生在地应力比较集中、构造比较脆弱的地段,即原有断层的端点或转折处、不同断层的交会处。

地震又可按震源的深浅分类:浅源地震(震源深度小于 60km,简称浅震);中源地震(震源深度大于 60km,小于 300km);深源地震(震源深度大于 300km)。我国发生的地震,绝大多数是浅源地震,震源深度在 10~20km 左右。中源地震主要分布在台湾省东部沿海、西藏雅鲁藏布江以南地区和新疆帕米尔附近,其震源深度在 100~200km 之间。深源地震集中分布在黑龙江、吉林两省交界处的牡丹江——延吉一线以东地区,震源深度在 400~600km 之间。目前世界上观测到的地震中,其最大震源深度是 720km。

### 三、常用的几个术语

图 1-2 为几个常用地震术语的示意图。

在地层构造运动中,由于发生比较剧烈的破坏性变动,并从这里释放出大量的能量,从而引起地震的这个区域叫做震源。

震源在地面上的投影就是震中。震中与震源之间的距离叫做震源深度。建筑物与震中的距离叫做震中距。建筑物与震源的距离叫做震源距。震中附近最剧烈的,一般也就是破坏最严重的地区,叫做极震区。

在地面上,把地震烈度相同的地区以线连起来,这条线就叫做等震线。

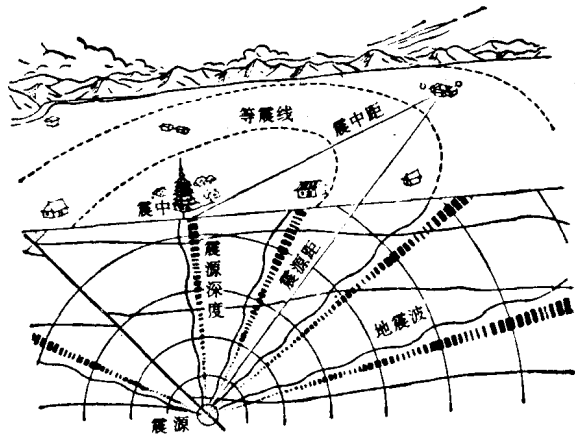


图 1-2 几个常用地震术语示意图

## § 1-2 地震波、震级和烈度

### 一、地震波

当震源岩层发生断裂、错动时,岩层所积蓄的变形能突然释放,它以波的形式从震源向四周传播,这种波就称为地震波。

地震波按其在地壳传播的位置不同,分为体波和面波。



### (一)体波

在地球内部传播的波称为体波。体波又分为纵波和横波。

纵波是由震源向四周传播的压缩波,又称  $P$  波。介质的质点的振动方向与波的传播方向一致。这种波的周期,振幅小,波速快,在地壳内它的速度一般为  $200\sim 1400\text{m/s}$ 。纵波的波速可按式(1-1)计算:

$$v_p = \sqrt{\frac{E(1-\mu)}{\rho(1+\mu)(1-2\mu)}} \quad (1-1)$$

式中  $E$ ——介质的弹性模量;

$\mu$ ——介质的泊松比;

$\rho$ ——介质密度。

纵波引起地面垂直方向振动。

横波是由震源向四周传播的剪切波,又称  $S$  波。介质的质点的振动方向与波的传播方向垂直。这种波的周期长,振幅大,波速慢,在地壳内它的波速一般为  $100\sim 800\text{m/s}$ 。横波的波速可按式(1-2)计算:

$$v_s = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\mu)}} = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \quad (1-2)$$

式中  $G$ ——介质的剪切模量。

其余符号意义与前相同。

横波引起地面水平方向振动。

当取  $\mu=1/4$  时,由式(1-1)和式(1-2)可得:

$$v_p = \sqrt{3} v_s \quad (1-3)$$

由此可见, $P$  波比  $S$  波传播速度快。

### (二)面波

在地球表面传播的波称为面波,又称  $L$  波。它是体波经地层界面多次反射、折射形成的次生波。其波速较慢,约为横波波速的  $0.9$ 。所以,它在体波之后到达地面。这种波的介质质点振动方向复杂,振幅比体波大,对建筑物的影响也比较大。

图 1-3 为某次地震由地震仪记录下来的地震曲线图。由图中可见,纵波( $P$  波)首先到达,横波( $S$  波)次之,面波( $L$  波)最后到达。分析地震曲线图上  $P$  波和  $S$  波的到达的时间差,可确定震源的距离。

## 二、震级

地震的震级是衡量一次地震大小的等级,用符号  $M$  表示。

震级的原始定义是:在离震中  $100\text{km}$  处由伍德—安德生(Wood—Anderson)式标准地震仪(摆的自振周期为  $0.8\text{sec}$ ,阻尼为  $0.8$ ,放大倍数为  $2800$  倍)所记录到的最大水平

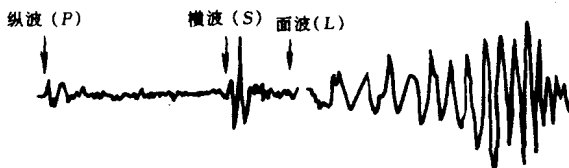


图 1-3 地震曲线图

位移(单振幅,单位为微米,即  $10^{-3}\text{mm}$ )的常用对数值。

震级  $M$  可用公式表达如下:

$$M = \log A \quad (1-4)$$

式中  $A$  即是上述标准地震仪在距震中  $100\text{km}$  处记录到的最大振幅。例如,在距震中  $100\text{km}$  处标准地震仪记录到的最大震幅  $A = 100\text{mm} = 100000\mu\text{m}$ , 则  $M = \log A = \log 10^5 = 5$ , 即这次地震为 5 级。因为这个震级的定义是 1935 年里希特(C. F. Richter)所给出的, 故称为里氏震级。

由于地震发生时不可能正好在  $100\text{km}$  处记录, 以及所使用的仪器不尽相同, 需要根据震中距和使用的仪器对实测的震级进行适当的修正。

震级的大小直接与震源释放的能量大小有关。震级  $M$  与地震释放能量  $E$  之间有如下关系

$$\log E = 11.8 + 1.5M \quad (1-5)$$

根据式(1-5), 将各级地震所释放的能量列出, 如表 1-1, 从表中可见震级差一级, 能量就要差 32 倍之多。一个 6 级地震所释放的能量, 相当于一个 2 万吨级的原子弹。

震级及其相应的能量

表 1-1

震 级	能 量 (erg)	震 级	能 量 (erg)
1	$2.00 \times 10^{13}$	6	$6.31 \times 10^{20}$
2	$6.31 \times 10^{14}$	7	$2.00 \times 10^{22}$
3	$2.00 \times 10^{16}$	8	$6.31 \times 10^{23}$
4	$6.31 \times 10^{17}$	8.5	$3.55 \times 10^{24}$
5	$3.00 \times 10^{19}$	8.9	$1.41 \times 10^{25}$

根据震级可将地震划分为: 微震(2 级以下, 人一般感觉不到, 只有仪器才能记录到), 有感地震(2~4 级), 破坏地震(5 级以上), 强烈地震(7 级以上)。我国 1976 年 7 月 28 日发生的唐山地震, 震级为 7.8 级, 就是强烈地震。

### 三、地震烈度

地震烈度是指地震时一定地点振动的强烈程度。对于一次地震, 表示地震大小的震级只有一个, 但它对不同地点的影响程度是不一样的。一般说, 随距离震中的远近不同, 烈度就有差异。距震中愈远, 地震影响愈小, 烈度就愈低; 反之, 距震中愈近, 烈度就愈高。此外, 地震烈度还与地震大小、震源深度、地震传播介质、表土性质、建筑物动力特性、施工质量等许多因素有关。为评定地震烈度, 就需要建立一个标准, 这个标准就称为地震烈度表。早期由于没有仪器观测或观测资料甚少, 只能由地震宏观现象, 如人的感觉、器物的反应、地表和建筑物的影响和破坏程度等, 总结出的宏观烈度表来评定地震烈度。我国早期的《新中国地震烈度表》(1957) 就属于这种宏观烈度表。由于宏观烈度表未能提供定量的数据, 因此不能直接用于工程抗震设计。随着科学技术的发展, 强震仪的问世, 使人们有可能用记录到的地面运动参数, 如地面运动加速度峰值、速度峰值来定义烈度, 从而出现了含有物理指标的定量烈度表。由于地震不可能随处取得仪器记录, 因此用定量烈度表评定地震现场烈度还有一定的困难。最好的方法是将两种烈度表结合起来, 使之兼有两者的功能,

以便工程应用。

1980年由国家地震局颁布实施的《中国地震烈度表(1980)》，就属于将宏观烈度与地面运动参数建立起联系的地震烈度表。所以，新烈度表即有定性的宏观标志，又有定量的物理标志，兼有宏观烈度表和定量烈度表两者的功能。《中国地震烈度表(1980)》参见附录。

#### 四、震中烈度与震级的关系

一般说，震中烈度是地震大小和震源深度两者的函数，但是，对人民生命财产影响最大的、发生最多的地震的震源深度一般在10~30km，所以，我们可以近似认为震源深度不变，来进行震中烈度 $I_0$ 与震级 $M$ 之间关系的研究。根据全国范围内既有宏观资料，又有仪器测定震级的35次地震的资料，《中国地震目录》(1983年版)给出了根据宏观资料估定震级的经验公式：

$$M=0.58I_0+1.5 \quad (1-6)$$

必要时可参考地震影响面积的大小作适当调整。其大致的对应关系如表1-2。

震中烈度与震级的大致对应关系

表 1-2

震级 $M$	2	3	4	5	6	7	8	8以上
震中烈度 $I_0$	1~2	3	4~5	6~7	7~8	9~10	11	12

### § 1-3 地震分布

据统计，地球上平均每年发生震级为8级以上、震中烈度11度以上的毁灭性地震2次，震级为7级以上、震中烈度在9度以上的大地震不到20次，震级在2.5级以上的有感地震在15万次以上，通常由仪器能够记录到的至少在100万次以上，用高灵敏度地震仪才能记录下来的微弱地震更是数不胜数。

对地震进行历史性的研究，可看出地震发生的位置是有一定的规律的。图1-4是根据历史记载地震发生的情况而描绘出来的世界地震分布图。从图中可以看出，世界地震主要集中分布在下列两个主要地带和其他几个次要的地带。

世界上的两个主要地震带是：

#### 一、太平洋地震带

它从南美洲西部海岸起，经北美洲两部海岸—阿拉斯加—千岛群岛—日本列岛—我国的台湾省—菲律宾—印尼伊里安岛直到新西兰。全球约有80%的浅源地震和90%的深源地震以及绝大部分中源地震都集中发生在这一带。

#### 二、欧亚地震带

西起伊比利亚半岛—意大利—巴尔干半岛—土耳其中央亚细亚—伊朗—喜马拉雅山脉—缅甸—苏门答腊—爪哇与太平洋地震带相连结。

除这两条主要地震带以外，在大西洋、太平洋、印度洋中也有引人注目的条形地震带。

我国地处太平洋地震带和欧亚地震带之间，根据历史记载，我国是一个多地震国家。我国地震活动带的分布见图1-5。

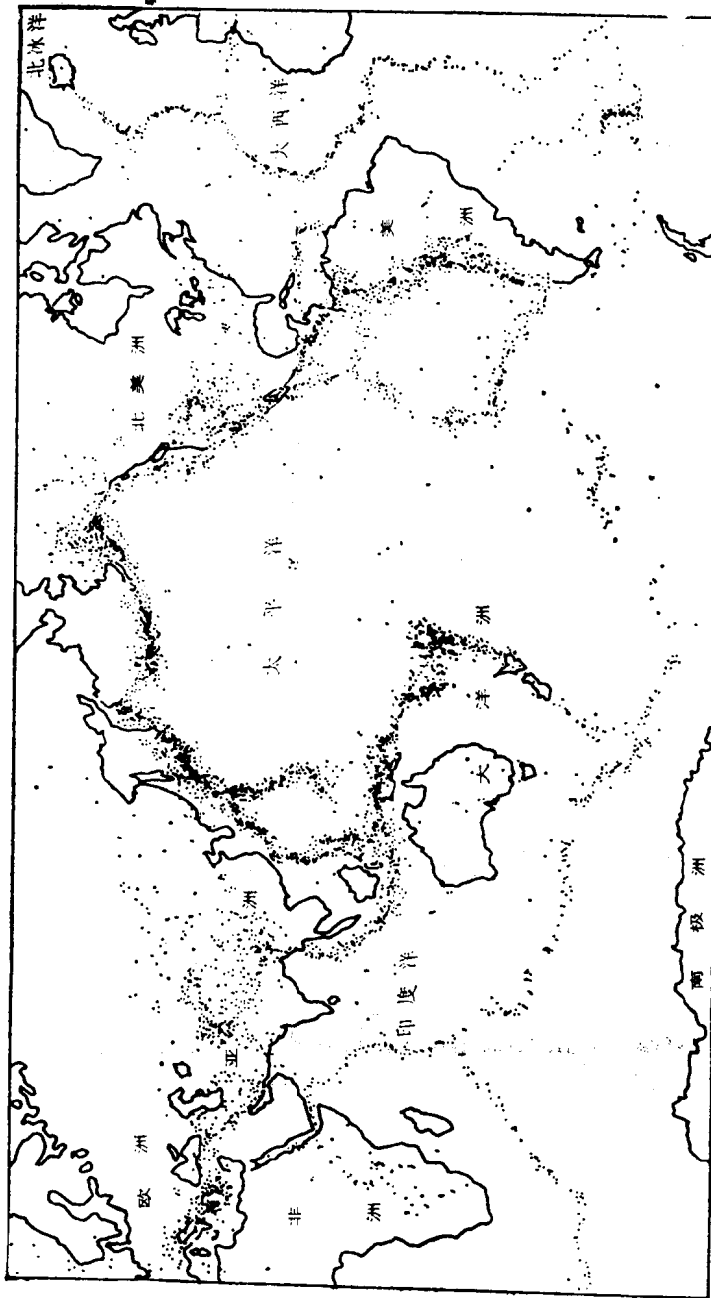


图 1-4 世界地震震中分布略图

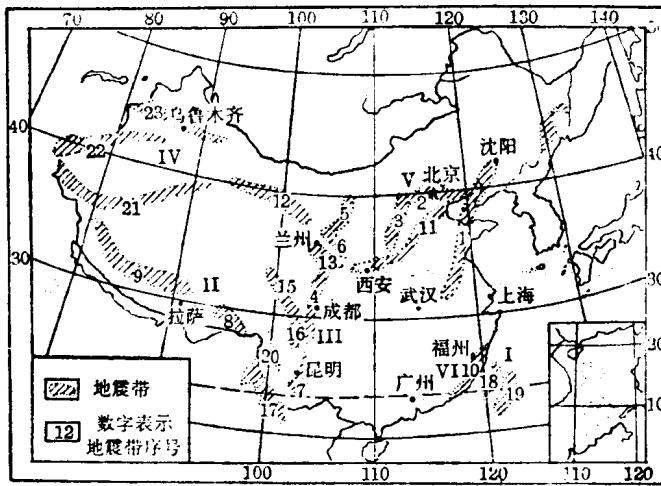


图 1-5 我国地震活动带分布示意图

我国大致可以划分成六个地震活动区：(I)台湾及其附近海域；(II)喜马拉雅山脉地震活动区；(III)南北地震带；(IV)天山地震活动区；(V)华北地震活动区；(VI)东南沿海地震活动区。这些地震活动区，从地质构造的角度来看，都是断裂带剧烈活动的地区，也就是说，地震活动带的分布是和剧烈活动着的断裂带走向一致的。

综上所述，由于我国所处的地理环境，使得地震情况比较复杂。从历史地震灾

况来看，全国除个别省份外(例如浙江、江西)，绝大部分地区都发生过较强的破坏性地震，有不少地区现代地震活动还相当强烈，如我国台湾省大地震最多，新疆、西藏次之，西南、西北、华北和东南沿海地区也是破坏性地震较多的地区。

## § 1-4 地震灾害

地震灾害具有突发性和毁灭性。全世界每年平均发生破坏性地震近千次，其中震级达 7 级或 7 级以上的大地震约十几次。

地震灾害主要表现在三个方面：地表破坏、结构物破坏和次生灾害。

### 一、地表破坏

强烈地震时，往往产生地形地貌的变化(如地裂、上下和水平向的错动、滑坡等)和砂土液化，从而使建造在其上面的建筑物、构筑物受到破坏。

另外，在大地震中，当覆盖层较薄(约为 8~15m)且下部是饱和的细砂或粉砂时，常会出现砂土液化的现象。这种由于砂土液化而造成地面建筑物破坏的情况，1964 年日本的新泻地震( $M=7.5$ )最有代表性。我国海城地震和唐山地震中砂土液化造成灾害的例子也有不少。对于这种破坏，在地震区进行建设时，应予以注意。

### 二、结构物直接受震破坏

地震时，由于地面运动而使建筑物承受地震作用。在地震作用下，建筑物某一部分产生的内力或变形超过建筑物或构筑物所能承受的限度时，就出现轻重不同的损坏和破坏(局部压碎、挠曲、裂缝、错位及扭转)，直到倒塌。

后面有关章节将对不同结构的震害进行描述与分析。

### 三、次生灾害

地震次生灾害的主要形式有爆炸、水灾、火灾、瘟疫、毒气污染、滑坡、泥石流、海啸等。

1906年旧金山地震后的大火使全城夷为一片废墟,火灾蔓延521个街区,其中508个街区被烧毁,毁坏建筑物达28000余幢,地震损失与火灾损失之比为1:4。1960年智利沿海发生地震后22小时,海啸袭击了17000km以外的日本本州和北海道的太平洋沿岸地区,浪高近4m,冲毁了海港、码头和沿岸建筑物;1970年秘鲁大地震,瓦斯卡兰山北峰泥石流从3750m高度泻下,流速达320km/h,摧毁、淹没了村镇、建筑,使地形改观,死亡达25000人。

## § 1-5 建筑结构的抗震设防

### 一、基本烈度

一个地区的基本烈度是指该地区今后一定时期内(一般指100年),在一般场地条件下可能遭遇到的最大烈度。这里的场地条件是指地区内普遍分布的地基土质条件及一般地形、地貌、地质构造条件。我国各地的地震基本烈度规定可见图1-6。

### 二、近震与远震

理论分析和震害表明,不同大小的地震对某一地区所引起的相同烈度,对不同特性的结构的破坏作用是不同的。一般来讲,震级较大、震中距较远的地震对长周期的高柔结构的破坏,比同样烈度的震级较小震中距较近的地震造成的破坏要重。对周期较短的刚性结构则有相反的趋势。

在同样烈度下,震级、震中距不同的地震,对不同周期的结构所造成的破坏的差异的主要原因是地震波频谱特性不同所致。地震观测表明,地震波中的高频分量随传播距离的衰减比低频分量要快,即震级大、震中距长的地震波主要为低频分量,所以,对长周期的高柔结构的地震影响就大。而震级较小、震中距较小的地震波,高频分量没有衰减或衰减较少,所以,对短周期的刚性结构的地震影响就要大些。

为了区别同样烈度下不同震级和震中距的地震对不同动力特性的建筑物的破坏作用,我国《建筑抗震设计规范(GBJ11-89)》(以下简称《抗震规范》)将烈度为7度和8度区的地震影响划分为近震和远震两种情况。烈度为9度区和10度时,一般震中距不会太大,故都属于近震。近震和远震定义为:

近震:当某地区所遭受的烈度比震中烈度低一度或相等时的地震;

远震:当某地区所遭受的烈度比震中烈度低二度或二度以上时的地震。

根据我国有关部门所提供的资料表明,我国现行烈度区划图上所标注的基本烈度区,绝大部分地区只需考虑近震影响,需考虑远震影响的城镇大致有如下一些:

8度:独山子、泸定、石棉

7度:侯马、连云港、徐州、淮阴、蚌埠、德州、枣庄、渡口、乌鲁木齐、喀什、伊宁、拉萨、五原、南投、高雄

6度:赤峰、济宁、青岛、济南、潍坊、阳泉、安丘、本溪、商丘、盐城、定西、承德、哈密、库尔勒、永昌、武威、托克逊、吐鲁番、滁县、蒲田、景洪、景谷、雅安、株州、湘潭、益阳、盐津、招远、泰安。

### 三、建筑物的分类及其抗震设防标准

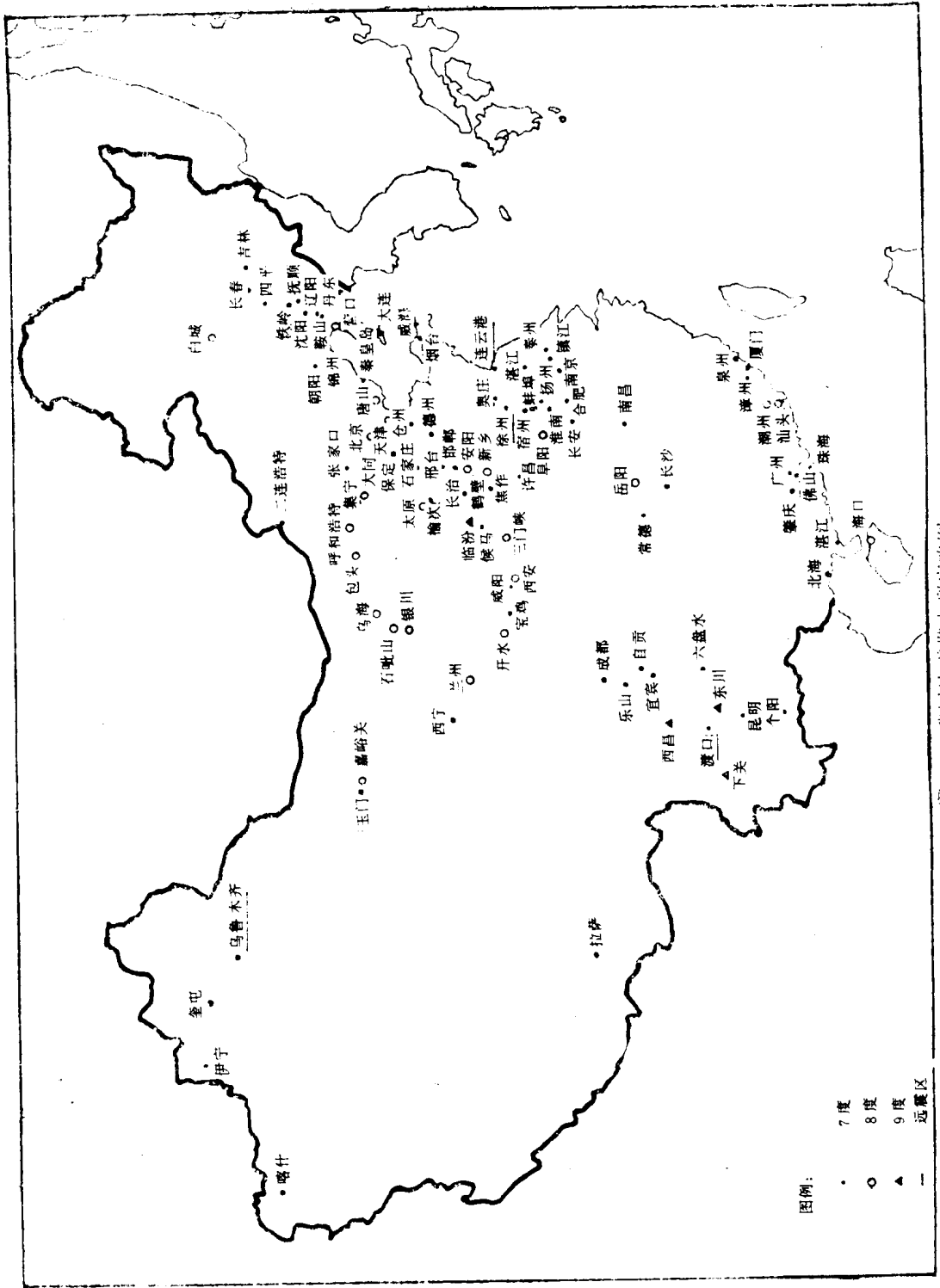


图 1-6 我国地震震带本烈度略图

### (一)建筑物重要性分类

在进行建筑设计时,应根据建筑的重要性不同,采取不同的抗震设防标准。《抗震规范》将建筑物按其重要程度不同,分为四类:

甲类建筑——特殊要求的建筑,如遇地震破坏会导致严重后果(如放射性物质的污染、剧毒气体的扩散和爆炸等)和经济上重大损失的建筑;政治上有特殊要求的建筑或其它特别重要的建筑等。

乙类建筑——国家重点抗震城市的生命线工程的建筑(如消防、急救、供水、供电等)或其它重要建筑。

丙类建筑——甲、乙、丁类以外的建筑。如一般工业与民用建筑(公共建筑、住宅、旅馆、厂房等)。

丁类建筑——次要建筑,如遇地震破坏不易造成人员伤亡和较大经济损失的建筑(如一般仓库、人员较少的辅助性建筑)。

甲类建筑应按国家规定的批准权限批准执行;乙类建筑应按城市抗灾救灾规划或有关部门批准执行。

### (二)抗震设防标准

抗震设防是指对建筑物进行抗震设计,包括地震作用、抗震承载力计算和采取抗震措施,以达到抗震的效果。

抗震设防标准的依据是设防烈度。在一般情况下采用基本烈度。

各类建筑抗震设计,应符合下列要求:

(1)甲类建筑的地震作用,应按专门研究的地震动参数计算;其它各类建筑的地震作用,应按本地区的设防烈度计算,但设防烈度为6度时,除《抗震规范》有具体规定外,可不进行抗震作用计算。

(2)甲类建筑应采取特殊的抗震措施;乙类建筑除《抗震规范》有具体规定外,可按本地区设防烈度提高一度采取抗震措施,但设防烈度为9度时可适当提高;丙类建筑应按本地区设防烈度采取抗震措施;丁类建筑可按本地区设防烈度低一度采取抗震措施,但设防烈度为6度时可不降低。

## 四、抗震设防目标

### (一)抗震设防目标

国际上抗震设计思想总的趋势是:在建筑物使用寿命期间,对不同频度和强度的地震,建筑物应具有不同的抵抗能力。即对一般较小的地震,由于其发生的可能性较大,因此要求防止结构损坏,这在技术上、经济上是可以做到的;强烈地震发生的可能性较小,而且如果遭遇到强烈地震,要求做到结构不损坏,在经济上不合理,因此允许结构破坏,但在任何情况下,不应导致建筑物倒塌。基于上述趋势,《抗震规范》结合我国目前的经济能力,提出了“三水准”的抗震设防目标:

第一水准:当遭受到多遇的低于本地区设防烈度的地震(简称“小震”)影响时,建筑一般应不受损坏或不需修理仍能继续使用。

第二水准:当遭受到高于本地区设防烈度的罕遇地震(简称“大震”)时,建筑不致倒塌或发生危及生命的严重破坏。



在进行建筑结构抗震设计时,原则上应满足三水准抗震设防目标的要求;在具体做法上,为简化计算,《抗震规范》采用二阶段设计法,即:

第一阶段设计:按小震作用效应和其它荷载效应的一定组合验算结构构件的承载能力以及构件的弹性变形,以满足第一水准抗震设防目标的要求。

第二阶段设计:在大震作用下验算结构薄弱层(部位)的弹塑性变形,以满足第三水准的抗震设防目标的要求。

《抗震规范》以一定的抗震构造措施保证结构满足第二水准抗震设防目标的要求。

上述“三水准,二阶段”的抗震设防目标可概括为“小震不坏,大震不倒”。

## (二)小震和大震

从概率统计意义上说,小震应是发生机会较多的地震,因此,可将小震定义为烈度概率密度曲线上的峰值所对应的烈度,即众值烈度或称多遇烈度时的地震,如图 1-7 所示。根据大量数据分析,确认我国地震烈度的概率分布符合极值 III 型,当基准设计期为 50 年时,则 50 年内众值烈度的超越概率为 63.2%,这就是第一水准的烈度。各地的基本烈度,即第二水准的烈度,也就是全国地震烈度区划图所规定的烈度,它在 50 年内的超越概率大体为 10%。大震是罕遇的地震,它所对应的烈度在 50 年内的超越概率约为 2%~3%,这个烈度又可称为罕遇烈度,做为第三水准的烈度。由烈度概率分布分析可知,基本烈度与众值烈度相差约为 1.55 度,而基本烈度与罕遇烈度相差大致为 1 度。例如,当基本烈度为 8 度时,其众值烈度(多遇烈度)为 6.45 度,罕遇烈度为 9 度(图 1-7)。

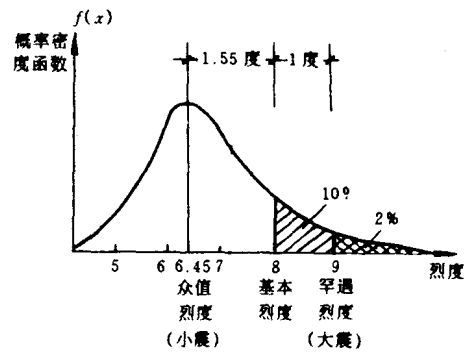


图 1-7 三种烈度关系示意图

## § 1-6 建筑结构抗震设计的一般要求

地震作用是一种不规则的循环往复荷载,且具有很强的随机性,建筑物的地震破坏机理十分复杂。目前对于地震动和结构地震破坏的认识尚不充分。因此,要进行精确的抗震设计是困难的。七十年代以来,人们在总结地震灾害经验中提出了“概念设计”的思想,并认为它比“数值设计”更为重要。

概念设计是指正确地解决总体方案、材料使用和细部构造,以达到合理抗震设计的目的。

我们掌握概念设计,将有助于明确抗震设计思想,灵活、恰当地运用抗震设计原则,使我们不致陷于盲目的计算工作,从而做到比较合理地进行抗震设计。

应当指出,强调概念设计重要,并非不重视数值设计。这正是为了给抗震计算创造有利条件,使计算分析结果更能反映地震时结构反应的实际情况。