

# 建筑抗震设计简明教程

主 编 熊丹安

副主编 杨志毅 肖贵泽

华南理工大学出版社

·广州·

## 内 容 简 介

本书以现行国家标准 GB 50011—2001《建筑抗震设计规范》及相关现行规范为依据编写,介绍了构造地震的一般知识、抗震设防目标和设计方法。对场地类别的划分、地基和基础的抗震验算、单质点体系和多质点体系的地震作用计算及结构抗震验算等抗震设计的基本问题作了较为简明的阐述;对常见结构的抗震设计内容作了详细论述。各章前有内容提要,相应章节有例题,章末有小结、思考题和习题,便于学习和复习。

本书可作为土木工程专业各专业方向的本科教材,也适合二级学院的实用型高级专门人才的培养。本书还可供土建设计、施工和管理人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

建筑抗震设计简明教程/熊丹安主编,杨志毅、肖贵泽副主编. —广州:华南理工大学出版社,2006.7

ISBN 7-5623-2374-7

I . 建… II . ①熊… ②杨… ③肖… III . 建筑结构-抗震设计-教材  
IV . TU352.104

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 044911 号

总 发 行:华南理工大学出版社(广州五山华南理工大学 17 号楼,邮编 510640)

发行部电话:020-87113487 87110964 87111048(传真)

E-mail:scutc13@scut.edu.cn

http://www.scutpress.com.cn

责任编辑:赖淑华 林炳清

印 刷 者:佛山市浩文彩色印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16 印张:13.5 字数:329 千

版 次:2006 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:22.00

版权所有 盗版必究

# 目 录

1 地震和抗震的一般知识 .....	1
1.1 地震的一般知识 .....	1
1.1.1 地震的成因 .....	1
1.1.2 震源和震中 .....	1
1.1.3 地震波 .....	2
1.1.4 震级和烈度 .....	3
1.1.5 抗震设防烈度和设计地震分组 .....	5
1.2 地震活动地带和地震的破坏作用 .....	7
1.2.1 环太平洋地震带 .....	7
1.2.2 地中海-南亚地震带 .....	7
1.2.3 我国的主要地震活动区 .....	7
1.2.4 地震的破坏作用 .....	8
1.3 抗震设防 .....	8
1.3.1 抗震设防类别 .....	8
1.3.2 抗震设防标准 .....	9
1.3.3 抗震设防目标和设计方法 .....	9
1.4 抗震的概念设计 .....	10
1.4.1 场地和地基选择 .....	10
1.4.2 建筑设计和建筑结构的规则性 .....	10
1.4.3 结构体系的选择 .....	12
1.4.4 对结构构件的规定 .....	13
1.4.5 对非结构构件的要求 .....	13
1.4.6 结构材料和施工 .....	14
小结、思考题、选择题 .....	14
2 场地、地基和基础 .....	16
2.1 场地 .....	16
2.1.1 场地的类别划分 .....	16
* 2.1.2 场地内的发震断裂评价和避让 .....	18
2.1.3 场地岩土的工程勘察 .....	19
2.2 天然地基和基础的抗震验算 .....	19
2.2.1 可不进行天然地基及基础验算的建筑 .....	19
2.2.2 天然地基基础的抗震验算 .....	19

2.3	地基的液化判别和抗液化措施	20
2.3.1	液化的概念	20
2.3.2	影响液化的因素	20
2.3.3	土层液化的判别法	21
* 2.3.4	液化指数和液化等级	22
2.3.5	地基抗液化的措施	25
* 2.4	软土地基的抗震措施	26
* 2.5	桩基	27
* 2.5.1	低承台桩基的抗震验算	27
* 2.5.2	液化土中桩的配筋	28
	小结、思考题、习题	28
<b>3</b>	<b>地震作用计算和结构抗震验算</b>	<b>30</b>
3.1	单质点弹性体系的地震反应	30
3.1.1	简谐振动	31
3.1.2	单质点运动方程	32
3.1.3	运动方程的解	32
3.2	反应谱法计算单质点弹性体系的水平地震作用	34
3.2.1	水平地震作用的表达式	34
3.2.2	水平地震作用的最大绝对值	34
3.2.3	计算例题	37
3.3	多质点弹性体系的地震反应	39
3.3.1	两个质点体系的自由振动	39
3.3.2	多质点弹性体系的自由振动	43
3.3.3	多质点弹性体系的地震反应	44
3.4	多质点弹性体系的水平地震作用计算	46
3.4.1	振型分解反应谱法计算多质点体系的水平地震作用	46
* 3.4.2	自振频率和振型的实用计算方法	46
3.4.3	计算例题	50
3.5	底部剪力法计算水平地震作用	52
3.5.1	计算公式推导	53
3.5.2	公式的误差修正	54
3.5.3	鞭端效应	54
3.5.4	基本自振周期的计算	55
* 3.6	时程分析法的概念	57
* 3.7	水平地震作用的扭转影响	58
3.8	竖向地震作用的计算	58
* 3.8.1	竖向反应谱法	58
3.8.2	静力法计算大跨度、长悬臂结构	60

3.9 截面抗震验算和抗震变形验算	60
3.9.1 截面抗震验算	61
3.9.2 抗震变形验算	63
小结、思考题、习题	65
<b>4 多层和高层钢筋混凝土房屋的抗震设计</b>	<b>68</b>
4.1 概述	68
4.1.1 抗震的结构简介	68
4.1.2 结构体系选择	70
4.1.3 建筑结构的平面布置	71
4.1.4 结构的竖向布置	73
4.2 抗震等级	73
4.2.1 丙类建筑的抗震等级	73
4.2.2 其他类别建筑的抗震等级	75
4.3 框架结构的抗震设计	75
4.3.1 框架结构布置的一般规定	75
4.3.2 框架梁柱截面尺寸的确定	76
4.3.3 框架柱的计算长度和梁截面抗弯刚度	76
4.3.4 框架结构的内力计算	77
4.3.5 框架的侧移验算	83
4.3.6 框架结构的截面抗震验算	84
4.3.7 框架结构的抗震构造	88
4.3.8 框架抗震设计例题	94
* 4.4 剪力墙(抗震墙)结构	110
4.4.1 剪力墙的分类	110
4.4.2 剪力墙的截面抗震验算	111
4.4.3 剪力墙结构的抗震构造措施	114
* 4.5 框架—剪力墙(抗震墙)结构	117
4.5.1 框架—剪力墙结构的受力特点	117
4.5.2 框架—剪力墙结构的抗震构造措施	118
小结、思考题、习题	118
<b>5 多层砌体房屋的抗震设计</b>	<b>120</b>
5.1 砌体结构的震害及分析	120
5.2 抗震设计的一般规定	121
5.2.1 多层房屋的层数和高度限值	121
5.2.2 房屋最大高宽比限制	122
5.2.3 横墙间距和墙体局部尺寸要求	122
5.2.4 对结构体系的要求	123

5.3	抗震计算要点	123
5.3.1	水平地震作用的计算	123
5.3.2	楼层地震剪力的分配	124
5.3.3	砌体截面的抗震受剪承载力验算	128
5.4	多层粘土砖房的抗震构造	130
5.4.1	现浇钢筋混凝土构造柱的设置	130
5.4.2	现浇钢筋混凝土圈梁的设置	132
5.4.3	对楼、屋盖的要求	132
5.4.4	墙体的拉结钢筋	133
5.4.5	楼梯间的构造要求	133
5.4.6	其他构造要求	134
* 5.5	底部框架—抗震墙房屋	135
5.5.1	结构布置和抗震等级	135
5.5.2	构造柱的设置	135
5.5.3	对楼盖的要求	135
5.5.4	钢筋混凝土托梁	136
5.5.5	底层抗震墙	136
* 5.6	多排柱内框架房屋的抗震构造	136
5.6.1	结构布置要点及抗震等级	136
5.6.2	构造柱设置	137
5.6.3	对楼、屋盖的要求	137
5.6.4	内框架梁的支承	137
* 5.7	多层砌块房屋的抗震构造	137
5.7.1	芯柱的设置	137
5.7.2	钢筋混凝土构造柱的设置	138
5.7.3	现浇钢筋混凝土圈梁的设置	138
5.7.4	其他构造要求	139
5.8	多层砖房的设计例题	139
5.8.1	设计条件	139
5.8.2	结构设计方案的确定	142
5.8.3	内力计算和构件设计	143
5.8.4	抗震设计	151
5.8.5	基础设计	160
	小结、思考题、习题	160
6	单层钢筋混凝土柱厂房的抗震设计	162
6.1	主要震害现象及原因	162
6.1.1	屋盖系统的震害	162
6.1.2	钢筋混凝土柱的震害	162

6.1.3 墙体和支撑的震害	162
6.2 结构布置的一般规定	163
6.2.1 一般要求	163
6.2.2 厂房天窗架的设置	164
6.2.3 厂房屋架的设置	164
6.2.4 厂房柱的设置	164
* 6.3 抗震计算要点	164
6.4 抗震构造措施	165
6.4.1 屋盖构件的连接及支撑布置	165
6.4.2 厂房柱和山墙抗风柱	167
6.4.3 厂房柱间支撑的设置和构造	168
6.4.4 连接节点	169
* 6.4.5 混凝土屋架的截面和配筋	169
6.4.6 围护墙体	170
小结、思考题	170
* 7 隔震和消能减震设计知识	171
7.1 建筑结构的隔震设计	171
7.1.1 隔震设计原理	171
7.1.2 隔震设计的适用范围和要求	172
7.1.3 隔震结构的构造措施	172
7.2 房屋的消能减震设计	173
7.2.1 结构的消能减震设计原理	173
7.2.2 消能减震装置的类型	174
7.2.3 消能部件的设置	175
小结、思考题	175
8 非结构构件的抗震设计	177
8.1 一般规定和基本计算要求	177
8.1.1 一般规定	177
* 8.1.2 基本计算要求	178
8.2 建筑非结构构件的基本抗震措施	179
8.2.1 非承重墙体的材料、选型和布置	179
8.2.2 对砌体墙的构造要求	180
8.2.3 其他抗震措施	181
* 8.3 建筑附属机电设备支架的基本抗震措施	181
小结、思考题	182
附 录	183
附录 1 我国主要城镇抗震设防烈度、设计基本地震加速度和设计地震分组	183

附录 2	水平作用下的框架柱反弯点高度修正系数 .....	196
附录 3	钢筋和混凝土的强度值及弹性模量 .....	201
附录 4	混凝土结构的环境类别和混凝土耐久性基本要求 .....	202
附录 5	钢筋的受拉锚固长度 .....	203
参考文献	.....	204

# 1 地震和抗震的一般知识

## 本章提要

本章介绍构造地震的一般知识,震级和地震烈度的概念;介绍 GB50011—2001《建筑抗震设计规范》中关于抗震设防类别、设防标准、抗震设防目标 and 设计方法,抗震概念设计的基本内容等地震和抗震的一般知识。这是学习本课程的基础,需要很好地理解和领会。

地震是一种自然现象。大地震不仅造成建筑物的损坏,生产和交通的中断,还会造成大量的人员伤亡。现在虽然还不能防止地震的发生,但对地震进行预报,采取各种有效措施减轻地震的破坏,避免人员伤亡,减少经济损失,已逐渐成为可能。

## 1.1 地震的一般知识

### 1.1.1 地震的成因

地震实际上就是地面振动。由于引起地面振动的原因不同,地震可以分为构造地震、火山地震、陷落地震和诱发地震等四种。

#### 1. 构造地震

构造地震是由于地壳运动导致岩层局部应力集中,最终在其薄弱部位发生断裂、错动,释放出大量能量而引起的地面振动。

#### 2. 火山地震

由于火山爆发、岩浆冲出地面而引起的地面振动。

#### 3. 陷落地震

由于地表或地下岩层的突然塌陷所引起的地面振动(如石灰岩地区的溶洞陷落或古旧矿井的塌陷等)。

#### 4. 诱发地震

由于大型水库的蓄水或深井注水所引起的地面振动。

上述四种地震,构造地震的影响范围广,造成的破坏大,发生的频率高,约占破坏性地震总量的 90%以上。在抗震设计中,仅讨论在构造地震作用下的建筑抗震设防问题。

### 1.1.2 震源和震中

地壳深处发生岩层断裂、错动而释放能量的地方称为震源,震源至地面的距离称为震源深度。根据震源深度的不同,把地震分为浅源地震(震源深度小于 60km)、中源地震(震源深度 60~300km)和深源地震(震源深度大于 300km)。

震源正上方的地面称为震中,地面上某点至震中的距离称为震中距。临近震中的地区称为震中区(图 1-1)。

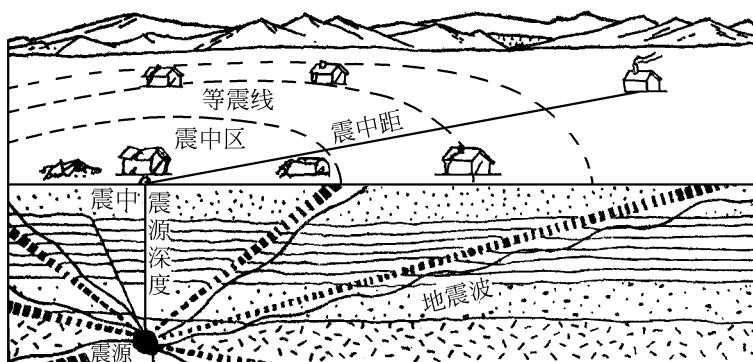


图 1-1 震源、震中、震中距、震中区

### 1.1.3 地震波

震源处岩层断裂、错动所释放的能量,主要以波的形式向外传播。这种波就是地震波。

#### 1.1.3.1 体波

在地球内部传播的地震波称为体波,体波又分为纵波和横波(图 1-2)。

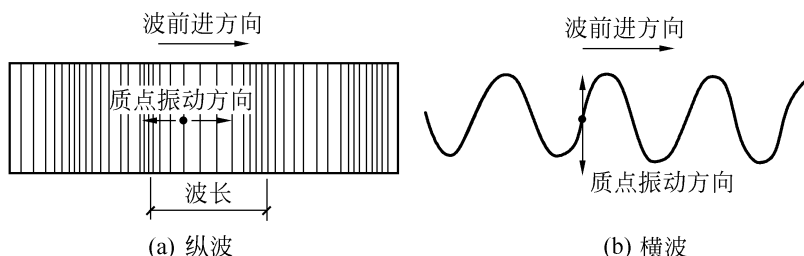


图 1-2 体波质点的振动形式

纵波是由震源向四周传播的压缩波,也称为 P 波。其介质质点振动的方向与波的传播方向一致,从而使介质不断地压缩、疏松,故纵波又称为疏密波。这种波的周期短、振幅小、波速快(在地壳内部的速度可达 1400m/s)。引起地面竖直方向的振动。

横波是由震源向四周传播的剪切波,也称为 S 波。其介质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(其波速大致为纵波波速的  $1/\sqrt{3}$ ),引起地面水平方向的振动。

#### 1.1.3.2 面波

在地球表面传播的地震波称为面波,也称为 L 波。它是由体波经地层界面多次反射、折射形成的次生波。面波的振幅大、周期长、波速较慢(约为横波波速的 0.9 倍)。面波比体波衰减慢,因此能传到很远的地方。

由于上述三种波的传播速度不同,因此在地震仪上记录的地震曲线上,首先到达的是纵

波,其次是横波,最后到达的是面波(图 1-3)。分析地震曲线上 P 波和 S 波的到达时间差,可以确定震源的距离(位置)。

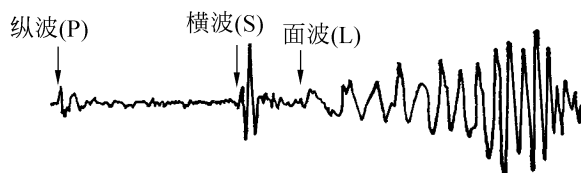


图 1-3 地震曲线图

当剪切波和面波都到达时,振动最为激烈。而面波的能量要比体波的大,所以造成建筑物和地表的破坏主要是面波所为。

### 1.1.4 震级和烈度

#### 1.1.4.1 地震震级

地震震级是衡量一次地震大小的等级,反映一次地震释放能量的大小。国际上比较通用的是里氏震级,用符号 M 带阿拉伯数字表示,如 M2, M5, M7.9, …里氏震级的原始定义是在 1935 年由 C. F. Richter 提出的,即震级的大小是利用标准地震仪(指摆的自振周期为 0.8s、阻尼系数为 0.8、放大系数为 2800 倍的地震仪)在距震中 100km 处记录的以微米( $1\mu\text{m}=10^{-6}\text{m}$ )为单位的最大水平位移(振幅) A 的常用对数值:

$$M = \lg A \quad (1-1)$$

例如,在距震中 100km 处,用标准地震仪记录到的地震曲线图的最大振幅  $A=10\text{mm}$ (即  $10^4\mu\text{m}$ ),则该次地震震级为(里氏)4 级。显然,震级相差一级,地面振幅相差 10 倍。

实际上,地震时距震中的 100km 处,不一定正好有地震仪,而且地震仪也不一定是上述的标准地震仪,这就需要进行适当的修正才能求得所对应的震级。

震级 M 与地震释放的能量  $E(10^{-7}\text{J})$  有如下关系:

$$\lg E = 11.8 + 1.5M \quad (1-2)$$

按式(1-2)可算得震级与能量的一一对应关系(表 1-1)。震级相差一级,能量相差 32 倍之多。

表 1-1 震级及其相应的能量

震 级	能量/J	震 级	能量/J
1	$2.00 \times 10^6$	6	$6.31 \times 10^{13}$
2	$6.31 \times 10^7$	7	$2.00 \times 10^{15}$
3	$2.00 \times 10^9$	8	$6.31 \times 10^{16}$
4	$6.31 \times 10^{10}$	8.5	$3.55 \times 10^{17}$
5	$2.00 \times 10^{12}$		

下述例子可以形象地说明地震产生的能量之巨大:一次 6 级地震释放的能量,相当于一个 2 万吨级的原子弹;1960 年 5 月 22 日在智利发生的 8.7 级地震,其能量相当于一个百万千瓦电厂在十多年间发出的总电量。

按照地震震级的大小,可以分为:微震( $M < 2$ ),人们无感觉,只有仪器才能记录下来;有

感地震( $M=2\sim 4$ ),人有感觉,但无破坏发生;破坏性地震( $M>5$ );强烈地震或大震( $M>7$ );特大地震( $M>8$ )。

#### 1.1.4.2 地震烈度

地震烈度是指地震时在一定地点震动的强烈程度,它表示地面和建筑物受破坏的程度。相对于震源而言,地震烈度可以理解为地震场的强度。

虽然一次地震只有一个震级,但离开震中的不同地点,地震的影响是不同的,即有不同的烈度。

衡量地震烈度的标准是什么呢?在没有仪器观测的年代,是由地震的宏观现象,如人的感觉、器物的反应、对地表和建筑物的影响和破坏程度来评定的,评定的标准表格称为宏观烈度表。我国早期的“新中国地震烈度表”(1957)就属于宏观烈度表。由于宏观烈度表不能提供定量的数据,故难于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,则可以通过记录地面运动加速度峰值、速度峰值等地面运动参数来定义地震烈度,从而得出有具体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,若将上述两种烈度表结合起来,则可供工程应用。“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联系的地震烈度表(表 1-2),并将地震烈度分为 12 度。

表 1-2 中国地震烈度表(1980)

烈度	人的感觉	一般房屋		其他现象	参考物理指标	
		大多数房屋 震害程度	平均震 害指数		加速度 ( $\text{cm/s}^2$ ) (水平向)	速度 ( $\text{cm/s}$ ) (水平向)
I	无感					
II	室内个别静止 中的人感觉					
III	室内少数静止 中的人感觉	门、窗轻微作响		悬挂物微动		
IV	室内多数人感 觉,室外少数人感 觉,少数人梦中惊 醒	门、窗作响		悬挂物明显摇动,器 皿作响		
V	室内普遍感觉, 室外多数人感觉, 多数人梦中惊醒	门窗、屋顶、屋 架颤动作响,灰土 掉落,抹灰出现微 细裂缝		不稳定器物翻倒	31 (22~44)	3 (2~4)
VI	惊慌失措,仓皇 逃出	损坏——个别 砖瓦掉落、墙体微 细裂缝	0~0.1	河岸和松软土上 出现裂缝,饱和砂层 出现喷砂冒水,地面 上有的砖烟囱轻度 裂缝、掉头	63 (45~89)	6 (5~9)

续表 1-2

烈度	人的感觉	一般房屋		其他现象	参考物理指标	
		大多数房屋 震害程度	平均震 害指微		加速度 ( $\text{cm/s}^2$ ) (水平向)	速度 ( $\text{cm/s}$ ) (水平向)
VII	大多数人仓 皇逃出	轻度破坏—— 局部破坏、开裂, 但不妨碍使用	0.11~0.30	河岸出现塌方,饱 和砂层常见喷砂冒 水,松软土地裂缝 较多,大多数砖烟囱 中等破坏	125 (90~177)	13 (10~18)
VIII	摇晃颠簸,行 走困难	中等破坏—— 结构受损,需要修 理	0.31~0.50	干硬土上亦有裂 缝,大多数砖烟囱严 重破坏	250 (178~353)	25 (19~35)
IX	坐立不稳,行 动的人可能摔 跤	严重破坏—— 墙体龟裂,局部倒 塌,修复困难	0.51~0.70	干硬土上有许多 地方出现裂缝,基岩 上可能出现裂缝,滑 坡、塌方常见,砖烟 囱出现倒塌	500 (354~707)	50 (36~71)
X	骑自行车的 人会摔倒,处不 稳状态的人会 摔出几尺远,有 抛起感	倒塌——大部 分倒塌,不堪修复	0.71~0.90	山崩和地震断裂 出现,基岩上的拱桥 破坏,大多数砖烟囱 从根部破坏或倒毁	1000 (708~1414)	100 (72~141)
XI		毁灭	0.91~1.00	地震断裂延续很 长,山崩常见,基岩 上拱桥毁坏		
XII				地面剧烈变化,山河 改观		

注:① I~V度以地面上人的感觉为主;VI~X度以房屋震害为主,人的感觉仅供参考;XI、XII度以地面现象为主。XI、XII的评定,需要专门的研究。

②一般房屋包括用木构架和土、石、砖墙构造的旧式房屋和单层或数层的、未经抗震设计的新式砖房。对于质量特别差或特别好的房屋,可根据具体情况,对表列各烈度的震害程度和震害指数予以提高或降低。

③震害指数以房屋“完好”为0,“毁灭”为1,中间按表列震害程度分级。平均震害指数指所有房屋的震害指数的总平均值而言,可以用普查或抽查方法确定之。

④使用本表时,可根据地区具体情况,作出临时的补充规定。

⑤在农村可以自然村为单位,在城镇可以分区进行烈度的评定,但面积以1平方公里左右为宜。

⑥烟囱指工业或取暖用的锅炉房烟囱。

⑦表中数量词说明,个别:10%以下;少数:10%~50%;多数:50%~70%;大多数:70%~90%;普遍:90%以上。

### 1.1.5 抗震设防烈度和设计地震分组

#### 1.1.5.1 地震烈度的统计分布

根据统计分析,一般认为我国地震烈度的概率密度(可以理解为统计时段内发生某一烈度的可能性大小)函数符合极值III型分布(图1-4)。

在图1-4中,有几个烈度值具有特别意义:①众值烈度  $I_m$ :是曲线峰值点所对应的烈

度,即发生机会最多的地震烈度,称为多遇烈度,其 50 年内的超越概率为 63.2%;②基本烈度  $I_0$ :其 50 年内的超越概率为 10%,该烈度是抗震设防烈度的依据;③罕遇烈度  $I_s$ :超越概率为 2%~3%,即发生这种烈度的地震的可能性很小,是一种小概率事件。

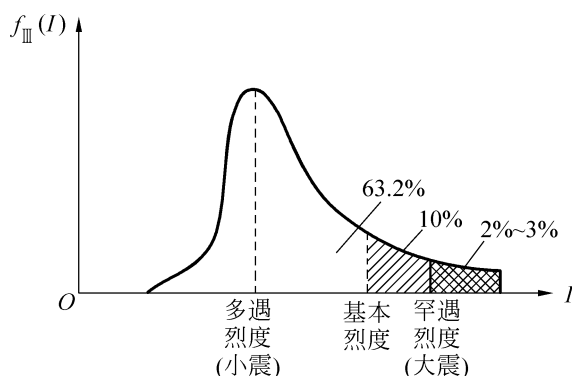


图 1-4 地震烈度概率密度分布函数

众值烈度比基本烈度低 1.55 度;罕遇烈度比基本烈度高 1 度左右。

#### 1.1.5.2 抗震设防烈度

抗震设防烈度(seismic fortification intensity)是按国家规定的权限批准作为一个地区抗震设防依据的地震烈度。一般情况下,它与地震基本烈度相同;但两者不尽一致,必须按国家规定的权限审批、颁发的文件(图件)确定。《建筑抗震设计规范》中的“烈度”都是指抗震设防烈度。

建筑所在地区遭受的地震影响,应采用相应于抗震设防烈度的设计基本地震加速度和设计特征周期来表征。抗震设防烈度和设计基本地震加速度的取值对应关系见表 1-3。

表 1-3 抗震设防烈度和设计基本地震加速度的对应关系

抗震设防烈度	6	7	8	9
设计基本地震加速度值	0.05 g	0.10(0.15) g	0.20(0.30) g	0.40 g

注:  $g$  为重力加速度。

#### 1.1.5.3 设计地震分组

建筑的设计特征周期(简称为特征周期)应根据其所在地的设计地震分组和场地类别(见本书第 2 章)确定。设计地震分为三组,用以考虑不同震源的影响。

当某一地区遭遇不同震级、不同的震中距(即不同的震源)的地震而烈度相同时,对该地区不同场地类别和不同动力特性的建筑物的震害并不相同。一般而言,震级较大、震中距较远的地震,对自振周期长的高柔结构的破坏比同样烈度但震级较小、震中区较近的破坏要严重;而对自振周期较短的刚性结构,则有相反的趋势。考虑到这些差别,故在确定地震影响参数的特征周期时,将设计地震分组,以体现震级和震中距的影响。

我国部分主要城镇的抗震设防烈度、设计基本地震加速度和设计地震分组见本书附录 1。

## 1.2 地震活动地带和地震的破坏作用

地震的发生与地质构造密切相关。世界地震的主要活动地带有关太平洋地震带和地中海—南亚地震带(也称欧亚地震带),见图 1-5。

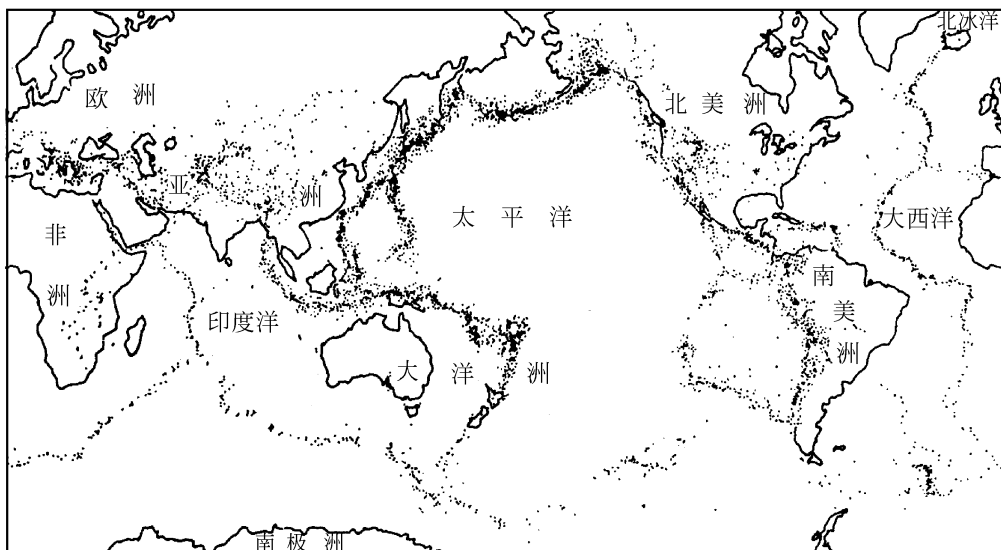


图 1-5 世界地震震中分布略图

### 1.2.1 环太平洋地震带

环太平洋地震带从南美洲西部海岸起,经北美洲西海岸、阿拉斯加南岸、阿留申群岛,转向西南至日本列岛,然后分为两支:一支向南经马里亚纳群岛至伊里安岛,另一支向西南经琉球群岛、我国台湾、菲律宾、印度尼西亚到伊里安岛会合,再经所罗门群岛、汤加至新西兰。这条地震带上所发生的地震最多:全球约 80% 的浅源地震、90% 的中源地震和几乎所有的深源地震都集中在这一地带。

### 1.2.2 地中海—南亚地震带

这条地震带西起大西洋的亚速尔群岛,经地中海、希腊、土耳其、伊朗、印度北部、我国西部和西南地区,再经缅甸至印度尼西亚的苏门答腊和爪哇与环太平洋地震带相遇。这条地震带的走向大体与山脉的走向相一致。

### 1.2.3 我国的主要地震活动区

我国东邻环太平洋地震带,南接地中海—南亚地震带,地震的分布相当广泛,是个多地震国家。其主要地震带有南北地震带和东西地震带。

#### 1. 南北地震带

北起贺兰山,向南经六盘山,穿越秦岭沿川西至云南省东北,纵贯南北。地震带宽度各

处不一,大致在数十至百余千米,分界线是由一系列规模很大的断裂带和断陷盆地组成,构造相当复杂。

## 2. 东西地震带

主要的东西地震带有两条,北面的一条沿陕西、山西、河北北部向东延伸,直至辽宁北部的千山一带;南面的一条自帕米尔起,经昆仑山、秦岭,直到大别山区。

### 1.2.4 地震的破坏作用

地震会造成地表的破坏和建筑物的破坏,同时还可能引发次生灾害。

#### 1.2.4.1 地表破坏

在强烈地震作用下,往往在地表出现裂缝。裂缝可分为重力地裂缝和构造地裂缝。前者是由于在强烈地震作用下引起的地面激烈震动的惯性力超过了土的抗剪强度所致,这种裂缝长度可由几米到几十米,其断续总长可达几公里,但深度较小,多为1~2m;后者是地壳深部断层错动延伸至地面的裂缝,如美国旧金山大地震时圣安德烈斯断层的巨大水平位移,就是断层形成的构造地裂缝。

此外,喷砂冒水、地面下沉、滑坡、山石崩裂、塌方等等,都属于地表破坏现象。

#### 1.2.4.2 建筑物的破坏

地面运动的加速度使建筑物产生的惯性力可能导致结构丧失整体性,承重结构因承载力或变形能力不足引起破坏,还可能导致含水饱和的砂层、粉土层的地基液化,降低甚至丧失地基承载力,使地基失效。

#### 1.2.4.3 次生灾害

地震除直接造成建筑物的破坏、导致财产损失和人员伤亡外,还可能引发火灾、水灾、海啸、污染等次生灾害。例如,1906年美国旧金山大地震,在震后的三天火灾中,共烧毁521个街区的28000幢建筑物,使已被震坏但仍未倒塌的房屋又被大火夷为一片废墟。1923年日本关东大地震,据统计,震倒房屋13万栋。由于地震时正值中午做饭时间,故许多地方同时起火。由于自来水管普遍遭到破坏,而道路又被堵塞,致使大火蔓延,烧毁房屋达45万栋之多。1960年发生在海底的智利大地震,引起海啸灾害,除吞噬了智利中、南部沿海房屋外,海浪还从智利沿大海以每小时640km的速度横扫太平洋。22小时之后,高达4m的海浪又袭击了距智利17000km远的日本,在本州和北海道,使海港和码头建筑遭到严重的破坏,甚至连巨轮也被抛上陆地。2005年的印度尼西亚亚齐附近海域发生的地震引发了巨大海啸,造成多个国家的人员和财产损害。

## 1.3 抗震设防

对建筑物进行抗震设计并采取相应的抗震构造措施,这就是抗震设防。抗震设防的依据已于前述,即抗震设防烈度。

★ 抗震设防烈度为6度及以上地区的建筑,必须进行抗震设计。

### 1.3.1 抗震设防类别

★ 建筑应根据其使用功能的重要性分为甲类、乙类、丙类、丁类四个抗震设防类别。

甲类建筑——应属于重大建筑工程和地震时可能发生严重次生灾害的建筑；

乙类建筑——应属于地震时使用功能不能中断或需尽快恢复的建筑；

丙类建筑——应属于除甲、乙、丁类以外的一般建筑；

丁类建筑——应属于抗震次要建筑。

### 1.3.2 抗震设防标准

各抗震设防类别建筑的抗震设防标准(seismic fortification criterion),应符合下列要求:

#### 1. 甲类建筑

地震作用(earthquake action)应高于本地区抗震设防烈度的要求,其值应按批准的地震安全性评价结果确定;

抗震措施(seismic fortification measures),当抗震设防烈度为6~8度时,应符合本地区抗震设防烈度提高一度的要求,当为9度时,应符合比9度抗震设防更高的要求。

#### 2. 乙类建筑

地震作用应符合本地区抗震设防烈度的要求。

抗震措施,一般情况下,当抗震设防烈度为6~8度时,应符合本地区抗震设防烈度提高一度的要求;当为9度时,应符合比9度抗震设防更高的要求;地基基础的抗震措施,应符合有关规定。

对较小的乙类建筑,当其结构改用抗震性能较好的结构类型时,应允许仍按本地区抗震设防烈度的要求采取抗震措施。

#### 3. 丙类建筑

地震作用和抗震措施均应符合本地区抗震设防烈度的要求。

#### 4. 丁类建筑

一般情况下,地震作用仍应符合本地区抗震设防烈度的要求。抗震措施应允许比本地区抗震设防烈度的要求适当降低,但抗震设防烈度为6度时不应降低。

★ 抗震设防烈度为6度时,除建造于Ⅳ类场地上较高的高层建筑外,对乙、丙、丁类建筑可不进行地震作用计算。

### 1.3.3 抗震设防目标和设计方法

进行抗震设计的建筑,其抗震设防目标是:

小震不坏。当遭受低于本地区抗震设防烈度的多遇地震影响时,一般不受损坏或不需修理仍可继续使用。

中震可修。当遭遇相当于本地区抗震设防烈度的地震影响时,可能损坏,但经一般修理或不需修理仍可继续使用。

大震不倒。当遭受高于本地区抗震设防烈度预估的罕遇地震影响时,不致倒塌或发生危及生命的严重破坏。

上述设防目标,简称为“三水准”的设防目标。满足该目标的具体设计方法是“二阶段设计”。

第一阶段设计,是对建筑结构进行多遇地震作用下的内力和变形分析(此时可假定结构与构件处于弹性工作状态),考虑地震作用下的荷载效应组合,验算结构构件的抗震承载力