

WUTP

21世纪高等职业技术教育房屋建筑工程专业系列教材

Jianzhu Jiegou Kangzhen Gouzao Sheji

建筑结构抗震构造设计

主 编 李九宏

武汉理工大学出版社

21 世纪高等职业技术教育房屋建筑工程专业系列教材

建筑结构抗震构造设计

主 编 李九宏

武汉理工大学出版社

地址：武汉市武昌区

【内容简介】

本书是根据高职高专学校房屋建筑工程专业建筑抗震课程教学基本要求以及新修订的《建筑抗震设计规范》(GB50011—2001)和其他相关规范编写而成的。

内容包括:抗震设计基本原则,场地、地基与基础,地震作用和结构抗震验算,多层砌体房屋抗震设计,钢筋混凝土框架结构房屋抗震设计,底部框架-抗震墙砖房,多层内框架砖砌房屋,钢筋混凝土柱单层厂房抗震设计等。本书主要章节均附有学习目标、小结、思考题与习题,并配有设计实例。

本书除可作为高职高专及成人高等学校土建类专业的教材外,也可供建筑结构抗震设计和施工等技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构抗震构造设计/李九宏主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2004. 11
ISBN 7-5629-2171-7

I. 建…

II. 李…

III. 建筑结构-抗震设计-高等职业教育-教材

IV. TU352.104

中国版本图书馆(CIP)数据核字(2004)第 005327 号

出版发行:武汉理工大学出版社(武汉市武昌珞狮路 122 号 邮政编码:430070)

<http://www.techbook.com.cn>

E-mail:tiandq@mail.whut.edu.cn

印 刷:武汉理工大印刷厂

开 本:787×1092 1/16

印 张:12

字 数:296 千字

版 次:2004 年 11 月第 1 版

印 次:2004 年 11 月第 1 次印刷

印 数:1~3000 册

定 价:16.50 元

本社购书热线电话:(027)87394412 87397097

(本书如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。)

21 世纪高等职业技术教育房屋建筑工程专业系列教材

编审委员会名单

主任委员 张保善

副主任委员 吴大炜 蔡德民 苏 炜

编 委 (以姓氏笔画为序)

王付全 王雅红 代学灵 田道全

苏 炜 吴大炜 刘永坚 何世玲

汪 菁 李九宏 周建郑 张 玲

张兴昌 张保善 张建设 赵华玮

黄家骏 蔡德民

秘书长(总责任编辑) 田道全

前 言

本教材是根据高职高专学校房屋建筑工程专业建筑结构抗震课程教学基本要求以及新修订的《建筑抗震设计规范》(GB50011—2001)等其他相关新规范编写而成的。本书的主要内容包括:抗震设计的基本原则;场地、地基和基础;地震作用和结构抗震验算;多层砌体结构房屋、多层框架结构房屋、底部框架-抗震墙砖房、多层内框架砖砌房屋及钢筋混凝土柱单层厂房的抗震设计。

在编写过程中,本书力求内容详实、精练,概念清楚,文字叙述简明,注意由浅入深、循序渐进,注重理论联系实际。为了便于读者掌握重点内容,各章均附有学习目标、小结、思考题与习题,主要章节附有设计例题供读者参考。

本书由李九宏任主编。参加编写的有林伟民(第5章),崔文(第4章),赵丽君(第7章),李九宏(第1、2、3、6章)。

本书由郭乐工教授主审,特在此表示衷心感谢!

在本书的编写过程中引用和参考了一些公开出版和发表的文献,谨向这些作者表示感谢!

限于作者水平,书中难免错漏之处,恳请读者指正。

编 者

2004年7月

目 录

(25)		3.3.3 现代土力学	(1)
(27)		3.3.4 现代地基理论	(1)
(28)		3.3.5 地基处理技术	(2)
(30)		3.3.6 软弱粘性土地基	(4)
(30)		3.3.7 地基加固技术	(6)
1	抗震设计原则		(1)
(18)	1.1 地震基本知识		(1)
(31)	1.1.1 地震的类型和成因		(1)
(18)	1.1.2 震源、震中和地震波		(2)
(32)	1.1.3 地震震级、烈度		(4)
(22)	1.2 地震活动性及震害		(6)
(32)	1.2.1 地震的活动性		(6)
(32)	1.2.2 我国地震活动性		(7)
(32)	1.2.3 地震灾害		(7)
(37)	1.3 建筑抗震设防		(10)
(40)	1.3.1 建筑抗震设防依据		(10)
(40)	1.3.2 地震基本烈度		(10)
(41)	1.3.3 地震烈度区划图		(10)
(44)	1.3.4 地震动参数区划图及设计地震分组		(10)
(45)	1.3.5 建筑抗震设防分类		(12)
(48)	1.3.6 建筑抗震设防标准和目标		(12)
(49)	1.4 建筑抗震概念设计		(13)
(49)	1.4.1 场地、地基和基础的要求		(14)
(49)	1.4.2 选择对抗震有利的建筑平面、立面和竖向剖面		(14)
(49)	1.4.3 选择技术和经济合理的结构体系		(16)
(49)	1.4.4 非结构构件的要求		(17)
(49)	1.4.5 材料与施工		(17)
(49)	思考题与习题		(19)
2	场地、地基与基础		(20)
(25)	2.1 场地		(20)
(34)	2.1.1 建筑场地类别		(20)
(48)	2.1.2 主断裂带避让距离		(22)
(48)	2.1.3 场地土对地震波的作用、土的卓越周期		(22)
(48)	2.2 地基与基础的抗震验算		(22)
(48)	2.2.1 可不进行天然地基及基础抗震承载力验算的范围		(22)
(48)	2.2.2 天然地基抗震承载力验算		(23)
(48)	2.3 液化土和软土地基		(24)
(48)	2.3.1 地基土的液化		(24)
(48)	2.3.2 影响地基土液化的因素		(24)

2.3.3	液化土的判别	(25)
2.3.4	液化地基的评价	(27)
2.3.5	地基抗液化措施	(28)
2.3.6	软弱粘性土地基	(30)
	思考题与习题	(30)
3	地震作用和结构抗震验算	(31)
3.1	概述	(31)
3.2	单质点弹性体系的地震反应	(31)
3.2.1	计算简图	(31)
3.2.2	运动方程	(32)
3.2.3	运动方程的解答	(33)
3.3	单质点弹性体系水平地震作用计算	(35)
3.3.1	水平地震作用的基本公式	(35)
3.3.2	地震系数、动力系数、反应谱	(35)
3.3.3	地震影响系数	(37)
3.4	多质点弹性体系水平地震作用	(40)
3.4.1	计算简图	(40)
3.4.2	多质点弹性体系水平地震作用的计算	(41)
3.4.3	鞭端效应	(42)
3.4.4	楼层地震剪力的调整	(42)
3.4.5	结构基本自振周期的近似计算	(43)
3.5	竖向地震作用	(46)
3.5.1	高层建筑	(46)
3.5.2	平板型网架屋盖和跨度大于 24m 屋架的竖向地震作用标准值	(46)
3.5.3	长悬臂和其他大跨度结构	(46)
3.6	抗震验算原则	(47)
3.6.1	一般规定	(47)
3.6.2	截面抗震验算	(48)
3.6.3	抗震变形验算	(49)
	思考题与习题	(52)
4	多层砌体房屋	(54)
4.1	多层砌体房屋的震害及其分析	(54)
4.1.1	墙体的破坏	(54)
4.1.2	墙角的破坏	(54)
4.1.3	内外墙连接处的破坏	(54)
4.1.4	楼梯间墙体的破坏	(55)
4.1.5	楼板与屋盖的破坏	(55)
4.1.6	房屋附属物的破坏	(55)
4.2	抗震设计的一般要求	(55)

4.2.1	房屋高度的限值	(55)
4.2.2	房屋最大高宽比的限值	(56)
4.2.3	抗震横墙间距的限值	(56)
4.2.4	房屋局部尺寸的限值	(56)
4.2.5	多层砌体房屋的结构体系	(57)
4.3	多层砌体房屋抗震验算	(57)
4.3.1	水平地震作用的计算	(58)
4.3.2	楼层地震剪力在各抗侧力墙体间的分配	(59)
4.3.3	砌体结构抗震承载力验算	(64)
4.3.4	多层砌体房屋抗震验算实例	(65)
4.4	抗震构造措施	(71)
4.4.1	多层砖房抗震构造措施	(71)
4.4.2	多层砌块房屋构造措施	(76)
	思考题与习题	(78)
5	多层钢筋混凝土框架结构房屋	(80)
5.1	震害及其分析	(80)
5.1.1	框架梁、柱和节点的震害	(80)
5.1.2	填充墙的震害	(80)
5.1.3	地基和其他原因造成的震害	(81)
5.2	抗震设计的一般要求	(81)
5.2.1	结构抗震等级	(81)
5.2.2	房屋最大适用高度	(82)
5.2.3	结构选型和布置	(83)
5.2.4	规则结构与不规则结构	(85)
5.2.5	防震缝	(85)
5.3	框架结构水平地震作用的计算	(85)
5.4	框架结构的内力与位移计算	(86)
5.4.1	水平地震作用下框架内力计算	(86)
5.4.2	竖向荷载作用下框架内力计算	(91)
5.4.3	内力组合	(92)
5.4.4	位移计算	(93)
5.5	框架柱、梁、节点抗震设计	(94)
5.5.1	框架梁抗震设计	(94)
5.5.2	框架柱抗震设计	(96)
5.5.3	框架节点设计	(99)
5.6	抗震构造措施	(101)
5.6.1	梁、柱端部箍筋的配置	(101)
5.6.2	钢筋接头和锚固	(103)
5.7	框架结构抗震验算实例	(105)

(22) 思考题与习题	(117)
608 底部框架-抗震墙、多层内框架砖砌房屋	(118)
(82) 6.1 概述	(118)
(82) 6.2 震害及其分析	(118)
(72) 6.2.1 横墙的破坏	(119)
(72) 6.2.2 纵墙(壁柱)的破坏	(119)
(82) 6.2.3 钢筋混凝土内柱的破坏	(119)
(82) 6.2.4 梁的破坏	(119)
(10) 6.2.5 墙角的破坏	(119)
(20) 6.3 抗震设计一般规定	(120)
(17) 6.3.1 房屋总高度和层数的限制	(120)
(17) 6.3.2 房屋的结构布置	(120)
(27) 6.4 水平荷载作用下底部两层框架砖房、多层内框架砖房内力计算	(121)
(87) 6.4.1 地震作用及层间地震剪力的计算	(121)
(08) 6.4.2 底部框架-抗震墙结构剪力的调整	(121)
(08) 6.4.3 底部框架-抗震墙结构地震剪力的分配	(124)
(08) 6.4.4 底部框架-抗震墙结构地震倾覆力矩的分配	(125)
(08) 6.4.5 多层内框架砖房抗震承载力的验算	(128)
(18) 6.5 竖向荷载作用下底部两层框架内力计算	(135)
(18) 6.5.1 内力系数法	(135)
(18) 6.5.2 等效均布荷载法	(137)
(88) 6.6 构件抗震验算	(138)
(88) 6.7 抗震构造措施	(138)
(28) 6.7.1 底部框架-抗震墙房屋	(138)
(28) 6.7.2 多排柱内框架房屋抗震构造措施	(139)
(28) 思考题与习题	(140)
708 单层钢筋混凝土厂房	(141)
(38) 7.1 震害及其分析	(141)
(10) 7.1.1 概述	(141)
(20) 7.1.2 一般震害表现	(141)
(20) 7.1.3 主要震害及其分析	(141)
(40) 7.2 抗震设计的一般规定	(145)
(40) 7.2.1 厂房的布置	(145)
(20) 7.2.2 厂房天窗架的设置	(145)
(00) 7.2.3 厂房屋架的设置	(146)
(101) 7.2.4 厂房柱的设置	(146)
(101) 7.2.5 支撑的设置	(146)
(201) 7.2.6 围护结构	(147)
(201) 7.3 单层厂房的横向抗震验算	(147)

7.3.1	计算简图和重力荷载代表值的计算	(147)
7.3.2	横向自振周期计算	(149)
7.3.3	横向自振周期的调整	(150)
7.3.4	排架地震作用的计算	(150)
7.3.5	天窗架的横向水平地震作用	(151)
7.3.6	排架内力分析及组合	(152)
7.3.7	截面抗震验算	(154)
7.3.8	厂房横向抗震验算的其他问题	(154)
7.4	单层厂房的纵向抗震验算	(155)
7.4.1	纵向抗震计算方法的确定	(155)
7.4.2	纵向抗震计算的修正刚度法	(155)
7.4.3	突出屋面天窗架纵向抗震计算	(157)
7.4.4	截面抗震验算	(158)
7.5	抗震构造措施	(158)
7.5.1	屋盖系统的抗震构造	(159)
7.5.2	柱的抗震构造	(161)
7.5.3	柱间支撑的构造及其连接	(162)
7.5.4	厂房结构构件的连接节点构造	(163)
7.5.5	围维护墙	(163)
思考题与习题		(165)
附录 我国主要城镇抗震设防烈度设计和基本地震加速度的设计分组		(166)

地震烈度、基本烈度、抗震设防烈度、多遇地震烈度、罕遇地震烈度等基本概念；明确建筑抗震设防依据、目标及分类标准；理解抗震概念设计的基本内容和要求；增强防震减灾的意识。

1 抗震设计原则

学习目标

通过本章学习，了解地震的类型及其成因、地震的活动性及其震害；熟悉地震震级、地震烈度、基本烈度、抗震设防烈度、多遇地震烈度、罕遇地震烈度等基本概念；明确建筑抗震设防依据、目标及分类标准；理解抗震概念设计的基本内容和要求；增强防震减灾的意识。

地震是一种突发自然灾害。它主要是由于地下某处薄弱岩层突然断裂，在原有积累弹性应力作用下断层两侧发生回跳引起振动，或者地球板块相互挤压、顶撞致使板块边缘岩层脆性破裂引起振动，并以波的形式将岩层振动传至地表引起地面的剧烈颠簸和振晃，这种形成剧烈颠簸和振晃的地面运动就叫做地震。由于这种地震是地壳构造变动引起的，故又称构造地震。我国是世界上多地震国家之一，近几十年来我国河北邢台、云南通海、四川甘孜、辽宁海城和河北唐山地区所发生的几次地震都属于能造成严重破坏的强烈地震。这些地震给人民生命财产和国民经济造成了严重损失。为了最大限度地减轻或避免这种损失，就需要对地震有较深入的了解，研究如何防止或减少建筑物由于地震而造成的破坏，这就是新建工程的抗震设计问题。

1.1 地震基本知识

1.1.1 地震的类型和成因

地震按其成因可划分为四种：构造地震、火山地震、陷落地震和诱发地震。由于地壳深处岩层的构造变动引起的地震叫构造地震。构造地震分布最广，危害最大。由于火山爆发，岩浆猛烈冲出地面引起的地面震动叫火山地震。火山地震在我国很少见。由于地表或地下的岩层（如石灰岩地区较大的地下溶洞或古旧矿坑等）突然发生大规模的陷落和崩塌时引起小范围内的地面振动叫陷落地震。这种地震很少造成损失，其震级也很小。由于水库蓄水或深井注水等引起的地面振动叫诱发地震。由于构造地震破坏性大，影响面广，建筑抗震设计中，主要考虑的是构造地震。下面再简要介绍一下构造地震的发生与发展过程。

我们知道地壳是由各种岩层构成的。地壳在很长的地质年代中是连续地变动着的，在漫长的运动和发展过程中地壳内部积聚了大量的能量，地壳中的岩层在这些能量所产生的巨大力的作用下使原始水平状态的岩层（图 1.1(a)）发生变形，产生地应力。当作用力较小时，岩层尚未丧失其连续完整性，而仅发生走褶皱（图 1.1(b)）。当作用力不断加强，地壳岩层中的应力不断增加，地应力引起的应变超过某处岩层的极限应变时，则使岩层产生断裂和错动（图

1.1(c))。在断裂的过程中能量以弹性波的形式传至地面,地面随之产生强烈振动,这就是地震。即所谓按断层学说解释构造地震的成因。

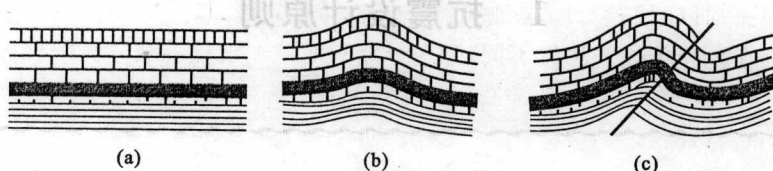


图 1.1 构造变动形成地震示意图

(a) 岩层原始状态;(b) 受力后发生变形;(c) 岩层断裂产生振动

按板块构造学说,地壳表面的最上层是由强度较大的岩石组成,叫做岩石层,厚度为 70~100km;岩石层的下面为强度较低并带有塑性的岩流层。一般认为,地球表面的岩石层是由美洲板块、非洲板块、欧亚板块、印澳板块、太平洋板块和南极洲板块等若干个大板块所组成。这些板块由于下面岩流层的对流运动而作刚体运动,从而引起板块之间互相的挤压和顶撞作用致使其边缘附近岩石层脆性破裂而产生地震。地球上两个主要地震带都处于这些大板块的交界区,板块学说的提出,有助于解释上述地震带的成因。

1.1.2 震源、震中和地震波

1.1.2.1 震源和震中

造成地震发生的地方叫震源。构造地震的震源是指地下岩层发生断裂、错动的部位。这个部位不是一个点,而是有一定深度和范围的区域。震源正上方的位置,或者说震源在地表的投影,叫震中。震中附近地面震动最厉害,也是破坏最严重的地区,叫震中区或极震区。地面某处至震中的距离叫震中距。把地面上破坏程度相近的点连成曲线叫做等震线。震源至地面的垂直距离叫震源深度(图 1.2)。

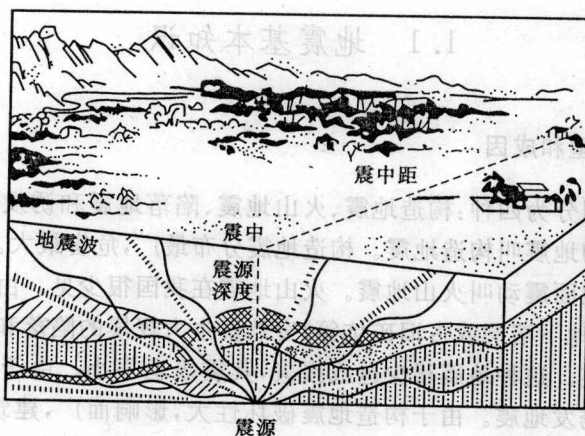


图 1.2 震源、地震波、震中、震中距的关系

通常把震源深度在 60km 以内的地震称为浅源地震; 60~300km 的称为中源地震; 大于 300km 的称为深源地震。我国发生的绝大部分地震都属于浅源地震,一般深度为 5~40km。我国深源地震分布十分有限,仅在个别地区发生过深源地震,其深度一般为 400~600km。由于深源地震所释放出的能量,在长距离传播中大部分被损失掉,所以对地面上的建筑物影响

很小。

1.1.2.2 地震波

地震引起的振动以波的形式从震源向各个方向传播,这种波称为地震波。

地震波按其在地壳传播的位置不同,分为体波和面波。地震波是一种弹性波。

(1) 体波

在地球内部传播的行波称为体波。体波分为纵波和横波两种。

纵波是由震源向外传播的疏密波,质点的振动方向与波的前进方向一致,使介质不断地压缩和疏松,所以纵波又称压缩波、疏密波。纵波的周期较短,振幅较小,波速快。在地壳内它的速度一般为 $200\sim 1400\text{m/s}$ 。

纵波引起地面垂直方向振动。

横波是由震源向外传播的剪切波,质点的振动方向与波的前进方向相垂直,也称剪切波。横波的周期较长,振幅较大,波速慢。在地壳内它的速度一般为 $100\sim 800\text{m/s}$ 。

横波引起地面水平方向振动。

在一般情况下,纵波的传播速度比剪切波的传播速度要快,故从震中传播出的地震波中,纵波先于剪切波到达地表。因此,通常又把纵波称为 P 波(即初波),把剪切波称 S 波(即次波),表 1.1 列出了剪切波在一些土层介质中的传播速度范围(适用于深度小于 10m 的情况)。

表 1.1 剪切波的传播速度

土层类别	$v_s(\text{m/s})$	土层类别	$v_s(\text{m/s})$
填土(包括杂填土)	90~270	砾石、卵石、碎石	200~500
粘性土(包括亚粘土等)	100~450	风化石	350~500
砂土(粉、中、粗)	150~500	岩石	>500

(2) 面波

在地球表面传播的行波称为面波,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。

面波包括瑞雷波和乐甫波两种。瑞雷波传播时,质点在波的传播方向与地面法向所组成的平面内作与波前进方向相反的椭圆运动(图 1.3),而与该平面垂直的水平方向没有振动,故瑞雷波在地面上呈滚动形式。乐甫波传播时质点在地平面内作与波前进方向相垂直的运动,即在地面上呈蛇形运动。面波的传播速度较慢,约为横波波速的

90%。面波振幅大、周期长,只在地表附近传播,比体波衰减慢,故能传播到很远的地方。

综上所述,地震波的传播以纵波最快,剪切波次之,面波最慢。所以在任意一地震记录图(图 1.4)上,纵波最先到达,剪切波次之,面波到达最晚,然而就振幅而言,后者最大。

地震现象表明,纵波使建筑物产生上下颠簸,剪切波使建筑物产生水平方向摇晃,而面波则使建筑物既产生上下颠簸又产生左右摇晃。一般是剪切波和面波都同时到达时质点最为强烈。由于面波的能量比体波要大,所以造成建筑物和地表的破坏是以面波为主。

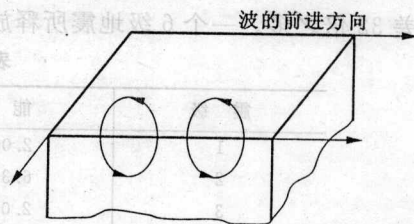


图 1.3 瑞雷波表面质点运动轨迹



图 1.4 地震波记录图

1.1.3 地震震级、烈度

1.1.3.1 震级

地震的震级是衡量一次地震释放能量大小的等级,用符号 M 表示。

目前国际上比较通用的是里氏震级。1935 年里希特(C. F. Richter)首先提出了震级的定义,即震级大小系利用标准地震仪(指周期为 0.8s,阻尼系数为 0.8,放大倍数为 2800 倍的地震仪)在距震中 100km 处记录的以微米($1\mu\text{m}=10^{-3}\text{mm}$)为单位的最大地面位移(振幅) A 的常用对数值:

$$M = \lg A \quad (1.1)$$

式中 M ——地震震级,一般称为里氏震级;

A ——由地震曲线上量得的最大振幅(μm)。

实际上,地震时距震中恰好 100km 处不一定设置了地震仪,且观测点也不一定采用上述标准地震仪。因此,对于距震中的距离不是 100km,且采用非标准地震仪所确定的震级,尚需进行适当修正才是所求的震级。

震级表示一次地震释放能量的多少,也是表示地震规模的指标,所以一次地震只有一个震级。各种不同的震级 M 与地震释放能量 $E(\text{erg})$ 之间有如下关系

$$\lg E = 11.8 + 1.5M \quad (1.2)$$

根据式(1.2),将各级地震所释放的能量列于表 1.2,从该表可见,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。

表 1.2 震级及其相应的能量

震 级	能 量(J)	震 级	能 量(J)
1	2.00×10^6	6	6.31×10^{13}
2	6.31×10^7	7	2.00×10^{15}
3	2.00×10^9	8	6.31×10^{17}
4	6.33×10^{10}	8.5	3.55×10^{24}
5	2.00×10^{12}	8.9	1.41×10^{25}

一般来说, $M < 2$ 的地震,人们感觉不到,称为微震; $M = 2 \sim 4$ 的地震称为有感地震; $M > 5$ 的地震,对建筑物就要引起不同程度的破坏,称为破坏性地震; $M > 7$ 的地震称为强烈地震或大地震; $M > 8$ 的地震称为特大地震。

1.1.3.2 地震烈度

地震烈度是地震时一定地点地面震动强弱程度的尺度。一个同样大小的地震,若震源深度、离震中的距离和土质条件等因素不同,则对地面和建筑物的破坏程度就有所不同。若仅用地震震级来标志地震强度,还不足以区别地面和建筑物破坏轻重的程度。所以,一次地震只能

有一个震级,但距震中不同的地点,却有不同的地震烈度。一般来说,离震中越近,地震影响越大,地震烈度越高;离震中越远,地震影响越小,地震烈度越低。表 1.3 是震源深度为 10~30km 时,震级 M 与震中烈度 I 的大致关系。

表 1.3 震级 M 与震中烈度 I 的关系

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

地震烈度表是评定烈度大小的标准尺度。它是根据地震宏观现象,如人的感觉、器物的反应、地表和建筑物的破损程度和自然现象等,总结出的宏观烈度表来评定地震烈度。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,强地震仪的问世,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。

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。新烈度表既有定性的宏观标志,又有定量的物理指标,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)》参见表 1.4。

表 1.4 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		平均加速度 (mm/s ²)	水平速度 (mm/s)
1	无感觉					
2	室内个别静止中的人感觉	门、窗轻微作响				
3	室内少数静止中的人感觉	门、窗作响		悬挂物微动		
4	室内多数人感觉,室外少数人感觉,少数人梦中惊醒			悬挂物明显摇动,器皿作响		
5	室内人普遍感觉,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,抹灰出现细微裂缝		不稳定器物翻倒	310 (220~440)	30 (20~40)
6	惊慌失措,仓皇逃出	破坏——个别砖瓦掉落,墙体细微裂缝	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	630 (450~890)	60 (50~90)
7	大多数人仓皇逃出	轻度破坏——局部破坏、开裂,细微裂缝	0.11 ~0.30	河岸出现塌方,饱和砂层常见喷砂冒水,松软土上地裂缝较多,大多数砖烟囱中等破坏	1250 (900~1770)	130 (100~180)
8	摇晃颠簸,行走困难	中度破坏——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	2500 (1780~3530)	250 (190~350)

续表 1.4

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		平均加速度 (mm/s ²)	水平速度 (mm/s)
9	坐立不稳,行走的人可能摔跤	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	5000 (3540 ~7070)	500 (300~710)
10	骑自行车的人会摔倒,处不稳定状态的人会摔出几尺远,有抛起感	倒塌——大部倒塌,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塌	10000 (7080 ~14140)	1000 (720~1400)
11		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		
12				地面剧烈变化,山河改观		

注:(1) 1~5度以地面上人的感觉为主;6~10度以房屋震害为主,人的感觉仅供参考;11、12度以地表现象为主,11、12度的评定,需要专门研究。

(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。对于质量特别差的或特别好的房屋,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。

(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1km²左右为宜。

(6) 烟囱指工业或取暖用的锅炉房烟囱。

(7) 表中数量词的说明:个别:10%以下;少数:10%~50%;多数:50%~70%;大多数:70%~90%;普遍:90%以上。

1.2 地震活动性及震害

1.2.1 地震的活动性

地震活动性是指地震的时间、空间、强度及频度的分布。

大量资料的统计研究表明,地震活动在时间上的分布是不均匀的,有一段时间发生地震较多,震级较大,称为地震活跃期(高潮);另一段时间发生地震较少,震级较小,称为地震活动平静期(低潮)。地震活动不仅在时间上的分布是不均匀的,而且在空间分布上也是不均匀的。从世界范围看,有些地区没有或很少有地震,有些地区则地震频繁而强烈。

据统计,全世界每年大约要发生500万次地震,但大多数是人们感觉不到的小地震。大地震相对较少。其中,6级以上强地震每年发生10~200次;7级以上大地震平均每年发生18次;8级以上的特大地震平均每年发生1~2次。

小地震几乎处处都有,但大地震仅局限于某些地区,其震中大部分密集于板块边缘。地震密集带称为地震带。

世界上地震主要集中分布在下列两个地震带(图1.5):

(1) 环太平洋带:这个地震带从南美洲西部海岸起,经北美洲西部海岸、阿拉斯加南岸、阿留申群岛,转向西南至日本列岛,再经我国台湾省,达菲律宾、新几内亚和新西兰。



图 1.5 环太平洋地震带和地中海-喜马拉雅地震带

这一地震带的地震活动性最强,在此发生的地震约占世界地震总数的 75% 左右。

(2) 中亚-地中海带:西起大西洋亚速岛,经地中海、希腊、土耳其、印度北部、我国西部和西南地区,过缅甸至印度尼西亚与环太平洋地震带相遇。

此外,在大西洋、太平洋、印度洋中也有呈条形分布的地震带。

1.2.2 我国地震活动性

我国位于世界两大地震带——环太平洋地震带与欧亚地震带之间,受太平洋板块、印度板块和菲律宾海板块的挤压,地震活动频度高、强度大、震源浅、分布广,是一个震灾严重的国家。我国的地震活动主要分布在五个地区的 23 条地震带上(图 1.6)。

这五个地区是:

(1) 台湾省及其附近海域,位于环太平洋地震带上。该区域地震活动性最强、频度最高,近年来尤为明显。如 1983 年、1990 年、1994 年台湾花莲 7.0 级地震,1994 年台湾海峡南部 7.3 级地震,1999 年台湾南投 7.6 级地震等。

(2) 西南地区,主要是西藏、四川西部和云南中西部,位于喜马拉雅-地中海地震带上。

(3) 西北地区,主要在甘肃河西走廊、青海、宁夏、天山南北麓。

(4) 华北地区,主要在太行山两侧、汾渭河谷、阴山-燕山一带、山东中部和渤海湾。据统计,该地区有据可查的 8.0 级地震曾发生过 5 次,7.0~7.9 级地震曾发生过 18 次。加之它位于我国人口稠密,大城市集中,政治、经济、文化和交通都很发达的地区,地震灾害的威胁极为严重。1679 年河北三河 8.0 级地震、1976 年唐山 7.8 级地震就发生在这个地区。

(5) 东南沿海的广东、福建等地。这里历史上曾发生过 1604 年福建泉州 8.0 级地震和 1605 年广东琼山 7.5 级地震。但从那时起到现在的 300 多年间,无显著破坏性地震发生。

1.2.3 地震灾害

震害是指由于地震产生的灾害。地震灾害分为:原生灾害,即由地震直接产生的灾害,它造成房屋、道路、桥梁破坏,人员伤亡;次生灾害,即由原生灾害导致的灾害,它引发火灾、水灾、爆炸、溢毒、细菌蔓延和海啸等。