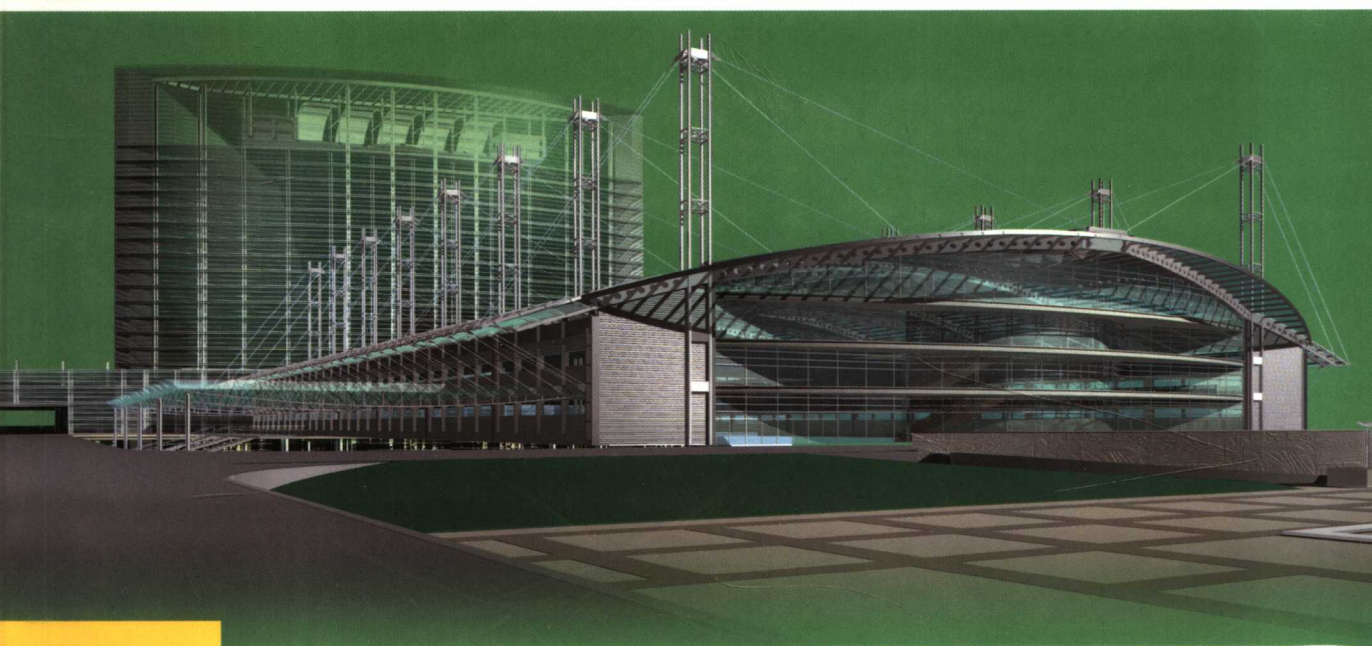


交通版

高等学校土木工程专业规划教材

JIAOTONGBAN GAODENG XUEXIAO TUMU GONGCHENG ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI



工程结构 抗震

丁海平 李亚娥 韩 森 主编
周 坚 主审



人民交通出版社

China Communications Press



交通版 高等学校土木工程专业规划教材
JIAOTONGBAN GAODENG XUEXIAO TUMU GONGCHENG ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI

本书是根据教育部颁布的《普通高等学校本科专业目录》和《普通高等学校本科专业设置与人才培养指导性意见》的要求，在广泛调查、研究、征求意见的基础上，参考国外先进教材，结合我国土木工程专业教学的实际，精心编写而成的。本书可作为高等学校土木工程专业及相关专业的教材，也可供从事土木工程的工程技术人员参考。

工程结构抗震

Gongcheng Jiegou Kangzhen

丁海平 李亚娥 韩 森 主编
周 坚 主审



人民交通出版社

China Communications Press

本书是根据教育部颁布的《普通高等学校本科专业目录》和《普通高等学校本科专业设置与人才培养指导性意见》的要求，在广泛调查、研究、征求意见的基础上，参考国外先进教材，结合我国土木工程专业教学的实际，精心编写而成的。本书可作为高等学校土木工程专业及相关专业的教材，也可供从事土木工程的工程技术人员参考。

责任编辑：王 芳
封面设计：李 芳
版式设计：李 芳
印刷：北京人民交通出版社印刷厂
装订：北京人民交通出版社印刷厂
书号：ISBN 7-114-03912-4
定价：24.00元

(本书责任编辑：王 芳)

内 容 提 要

本书是交通版普通高等院校土木工程类系列教材之一,是根据我国新版《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)及大学本科土木工程专业教育大纲的要求编写的。本书共分八章:绪论,场地、地基和基础,结构地震反应分析与抗震验算,多层砌体结构的抗震设计,单层钢筋混凝土厂房的抗震设计,多、高层钢筋混凝土结构抗震设计,钢结构抗震设计,以及隔震与减震结构设计。各章还附有相应的例题、思考题和习题。

本书可作为土木工程专业以及相关专业的工程结构抗震课程教材,也可供从事土木工程结构与施工的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程结构抗震/丁海平,李亚娥,韩森主编. —北京:
人民交通出版社, 2006.7
ISBN 7-114-05912-4

I.工… II.①丁…②李…③韩… III.建筑结构—
抗震设计—高等学校—教材 IV.TU352.104

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 061002 号

书 名: 工程结构抗震
著 作 者: 丁海平 李亚娥 韩 森
责任编辑: 张征宇 赵瑞琴
出版发行: 人民交通出版社
地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号
网 址: <http://www.ccpres.com.cn>
销售电话: (010) 85285838, 85285995
总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司
经 销: 各地新华书店
印 刷: 北京宝莲鸿图科技有限公司
开 本: 787×1092 1/16
印 张: 12.5
字 数: 299 千
版 次: 2006 年 7 月 第 1 版
印 次: 2006 年 7 月 第 1 次印刷
书 号: ISBN7-114-05912-4
印 数: 0001—3000 册
定 价: 24.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

交 通 版

高等学校土木工程专业规划教材

编 委 会

主任委员: 阎兴华

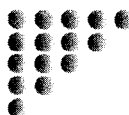
副主任委员: 张向东 李帼昌 魏连雨 赵 尘

宗 兰 马芹永 段敬民 黄炳生

委 员: 彭大文 林继德 张俊平 刘春原

党星海 刘正保 刘华新 丁海平

秘 书 长: 张征宇



随着科学技术的迅猛发展、全球经济一体化趋势的进一步加强以及国力竞争的日趋激烈,作为实施“科教兴国”战略重要战线的高等学校,面临着新的机遇与挑战。高等教育战线按照“巩固、深化、提高、发展”的方针,着力提高高等教育的水平 and 质量,取得了举世瞩目的成就,实现了改革和发展的历史性跨越。

在这个前所未有的发展时期,高等学校的土木类教材建设也取得了很大成绩,出版了许多优秀教材,但在满足不同层次的院校和不同层次的学生需求方面,还存在较大的差距,部分教材尚未能反映最新颁布的规范内容。为了配合高等学校的教学改革和教材建设,体现高等学校在教材建设上的特色和优势,满足高校及社会对土木类专业教材的多层次要求,适应我国国民经济建设的最新形势,人民交通出版社组织了全国二十余所高等学校编写“交通版高等学校土木工程专业规划教材”,并于2004年9月在重庆召开了第一次编写工作会议,确定了教材编写的总体思路,于2004年11月在北京召开了第二次编写工作会议,全面审定了各门教材的编写大纲。在编者和出版社的共同努力下,目前这套规划教材已陆续出版。

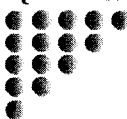
这套教材包括“土木工程概论”、“建筑工程施工”等31门课程,涵盖了土木工程专业专业的专业基础课和专业课的主要系列课程。这套教材的编写原则是“厚基础、重能力、求创新,以培养应用型人才为主”,强调结合新规范、增大例题、图解等内容的比例并适当反映本学科领域的新发展,力求通俗易懂、图文并茂;其中对专业基础课要求理论体系完整、严密、适度,兼顾各专业方向,应达到教育部和专业教学指导委员会的规定要求;对专业课要体现出“重应用”及“加强创新能力和工程素质培养”的特色,保证知识体系的完整性、准确性、正确性和适应性,专业课教材原则上按课群组划分不同专业方向分别考虑,不在一本教材中体现多专业内容。

反映土木工程领域的最新技术发展、符合我国国情、与现有教材相比具有明显特色是这套教材所力求达到的,在各相关院校及所有编审人员的共同努力下,交通版高等学校土木工程专业规划教材必将对我国高等学校土木工程专业建设起到重要的促进作用。

交通版高等学校土木工程专业规划教材编审委员会

人民交通出版社

2005年8月



国内介绍结构抗震设计的教材很多,其中不乏优秀之作。但由于我国不同层次高等院校的土木工程专业教育水平存在较大的差异,除非追求大而全,否则很难编写出一本难易程度适合于各个水平层次需要的教材。

根据人民交通出版社提出的“厚基础,重能力,求创新,以培养应用型人才为主”的思想,并参照我国最新版《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)及大学本科土木工程专业教育大纲的要求,编写了《工程结构抗震》这本教材书。本教材尽量采用了最新资料,且内容丰富,通俗易懂。主要用于大学本科土木工程专业,特别适用于那些定位于“培养应用型人才”为主要目标的学校。除可作为土木工程专业的教材外,也可作为其他相关专业的教材,及相关工程技术人员、科研人员的参考用书。

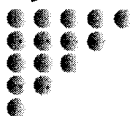
本教材由苏州科技学院、兰州理工大学和北京建筑工程学院联合编写,参加本书编写工作的有:丁海平(第一、三章),韩淼(第二、七、八章),李亚娥(第四、五章),刘栋栋(第六章)。全书由丁海平统稿,由周坚主审。

限于编者水平,书中难免有不当或错误之处,敬请专家同行和读者批评指正。

编者

2006年6月

目录 MULU

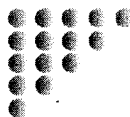


第一章 绪论	1
第一节 地震基本知识	1
第二节 地震灾害	7
第三节 工程结构的抗震设防	11
思考题	15
第二章 场地、地基和基础	16
第一节 概述	16
第二节 场地	17
第三节 地基基础抗震验算	21
第四节 地基土的液化及处理	22
思考题	27
习题	27
第三章 结构地震反应分析与抗震验算	29
第一节 概述	29
第二节 单自由度弹性体系的地震反应分析	29
第三节 单自由度弹性体系的水平地震作用及其反应谱	32
第四节 多自由度弹性体系的地震反应分析	36
第五节 多自由度体系的水平地震作用	42
第六节 竖向地震作用	47
第七节 地基与结构的相互作用	48
第八节 地震作用计算的一般规定	49
第九节 建筑结构抗震验算	50
思考题	53
习题	53
第四章 多层砌体结构的抗震设计	54
第一节 震害分析	54
第二节 结构的布置	56
第三节 多层砌体结构的抗震计算	58
第四节 多层砌体结构的抗震构造措施	71

思考题	75
习题	75
第五章 单层钢筋混凝土厂房的抗震设计	77
第一节 震害分析	77
第二节 单层厂房的结构布置及抗震构造措施	79
第三节 单层厂房的横向抗震计算	87
第四节 单层厂房的纵向抗震设计	100
思考题	110
习题	111
第六章 多、高层钢筋混凝土结构抗震设计	112
第一节 震害现象及其分析	112
第二节 多、高层建筑结构抗震的一般要求	115
第三节 框架结构的抗震计算	121
第四节 框架-剪力墙结构内力与位移计算	124
第五节 框架结构的抗震设计	127
思考题	132
习题	132
第七章 钢结构抗震设计	134
第一节 震害现象及其分析	134
第二节 钢结构的抗震概念设计	136
第三节 多层和高层钢结构抗震计算	141
第四节 多层与单层钢结构厂房的抗震设计	153
思考题	159
第八章 隔震与减震结构设计	160
第一节 概述	160
第二节 结构基础隔震设计	162
第三节 消能减震设计	169
思考题	173
附录 排架计算公式	175
附录 1 单柱位移计算公式	175
附录 2 铰接排架计算公式	177
附录 3 铰接排架位移计算公式	181
附录 4 不动铰单柱柱顶反力计算公式	183
参考文献	186

第一章 绪 论

DIYIZHANG



第一节 地震基本知识

地震是发生在地球内部的一种自然现象。地球上每天都在发生地震,全世界每年大约发生 500 万次地震,绝大多数地震因震级小,人感觉不到。其中有感地震约 5 万多次,造成破坏的地震近千次,7 级以上造成巨大破坏的大约十几次,大多发生在人烟稀少地区。

当强烈地震发生在人类聚居区时,就会造成地震灾害,但不同地区的灾害程度不一样。如 2003 年 12 月 26 日在伊朗巴姆古城附近发生的里氏 6.5 级地震,震源深度 7km,在这场灾难中,死亡人数超过 43000 人,受伤人数逾 30000 人,整个巴姆古城变成废墟。2004 年 10 月 23 日发生在日本新泻县的 6.8 级地震,震源深度 10km,在这次地震中,只有 37 人死亡,受伤人数接近 2900 人,房屋的破坏只是星星点点,主要破坏是由于地基失稳而出现在新干线等基础实施和生命线工程中。比较这两次地震,震级相当,但造成的破坏程度差异极大。究其原因,一方是经济欠发达地区,建筑物抗震性能差,破坏主要以房屋建筑物的倒塌为主,因此造成大量的人员伤亡;另一方是经济高度发达的地区,由于建筑物抗震性能良好,破坏较少,造成的人员伤亡少。

因此,为了达到减轻地震灾害的目的,有必要对建筑工程结构进行抗震分析与抗震设计,使结构物有抵御地震作用的能力。

一、地球的构造

人类在地球上已经生活了二三百万年,它的内部到底是个什么样子呢?有人会问,如果我们向地心挖洞,把地球对直挖通,不就可以到达地球的另一端了吗?但这是不可能的。地球是一个平均半径约 6400km 的椭圆球体,目前世界上最深的钻孔也仅为地球半径的 1/500(目前世界上最深的科学钻孔是位于贝加尔湖的“科拉”超深钻,孔深达 12262m),所以人类对地球内部的认识还很不准确。随着科学的发展,人们逐渐从火山喷发出来的物质中了解到地球的内部物理性质和化学组成,同时利用地震波揭示了地球内部的许多秘密。

地球分为地壳、地幔和地核三个圈层(图 1-1)。

地壳是地球最外面的一层,各处厚薄不一,约为 5~40km。地壳分为上、下两层,上部地壳

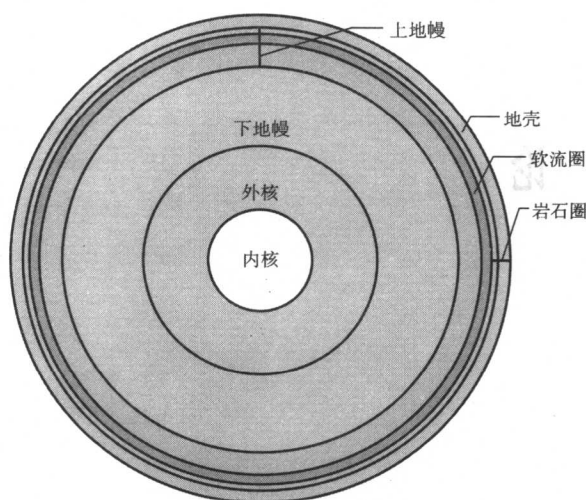


图 1-1 地球构造

主要为花岗岩层,下部地壳主要为玄武岩层。上部地壳只有大陆有,海洋基本缺失。

介于地壳和地核之间的部分是地幔,平均厚度为 2900km 左右。地幔也分为上、下两层,分界面约在 1000km 左右。上地幔主要由超基性岩组成,下地幔主要由超高压矿物组成的超基性岩构成。在上地幔分布着一个呈部分熔融状态的软流圈,其深度在 60~400km 之间,是液态岩浆的发源地。

地球的中心部分为地核,半径为 3500km 左右。地核又可分为外核和内核。根据对地震波传播速度的测定,外核可能是液态物质,内核则是固体物质。地核的物质成分同铁陨古相似,所以有时又叫“铁镍核心”。

二、地震类型与成因

地震分为天然地震和人工地震两大类。

天然地震主要有火山地震、陷落地震和构造地震。由于火山爆发而引起的地震叫火山地震,由于地表或地下岩层突然大规模陷落和崩塌而造成的地震叫陷落地震,由于地壳构造运动产生地下深处岩石破裂、错动而引起的地震叫构造地震。

人工地震是由人为活动引起的地震。如工业爆破、地下核爆炸造成的震动;在深井中进行高压注水以及大水库蓄水后增加了地壳的压力,有时也会诱发地震。

构造地震约占地震总数的 90% 以上,影响范围广,是地震工程的主要研究对象。

对于构造地震,可以从宏观背景和局部机制两个层次上解释其具体成因。通常认为地球最外层是由欧亚板块、太平洋板块、美洲板块、非洲板块、印澳板块和南极板块(图 1-2)六大板块组成。各大板块之间还可以划分为较小的板块。板块向下延伸的深度大约为 70~100km。由于地幔物质的对流,这些板块一直在缓慢地相互运动着。地球板块在运动过程中,板块之间的相互作用力会使地壳中的岩层发生变形。当这种变形积聚到超过岩石所能承受的程度时,该处掩体就会发生突然断裂或错动(图 1-3),从而引起地震。

地球内部断层错动并引起周围介质振动的部位称为震源,震源正上方的地面位置叫震中,地面某处(场点)至震中的水平距离叫做震中距,至震源的距离叫做震源距,这些地震术语的关系见图 1-4。

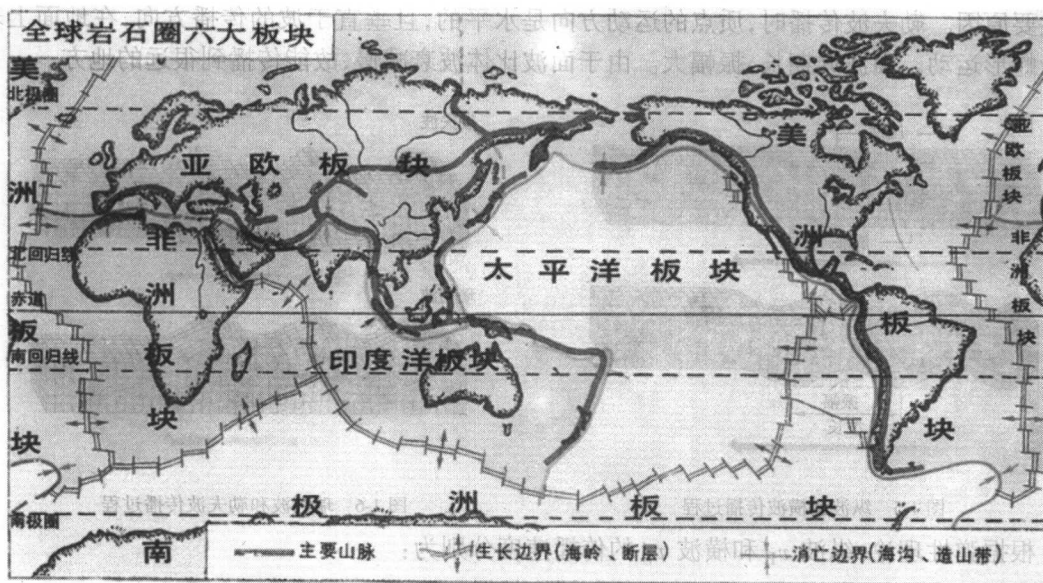


图 1-2 板块分布



图 1-3 岩层的变形与断裂

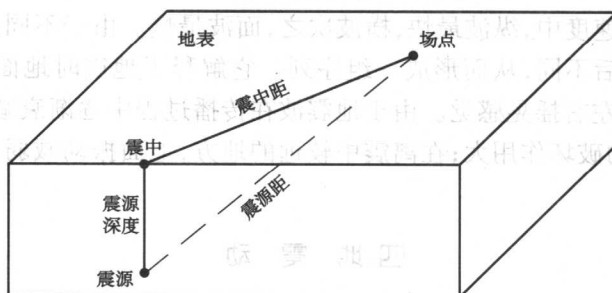


图 1-4 地震术语示意图

三、地 震 波

地震时,地下岩体断裂、错动产生振动,并以波的形式从震源向外传播,这就是地震波。其中,在地球内部传播的波称为体波。当体波到达地球的自由面或位于层状地质构造的界面时,在一定条件下会产生其他类型地震波,即面波。

体波(图 1-5)有纵波(或 P 波)和横波(或 S 波)两种形式。纵波是由地震震源向外传递的压缩波,其介质质点的运动方向与波的前进方向一致。纵波一般周期较短、振幅较小,在地面引起上下颠簸运动。横波是由震源向外传递的剪切波,其质点的运动方向与波的前进方向垂直。横波一般周期较长,振幅较大,引起地面水平方向的运动。

面波(图 1-6)主要有瑞利(Rayleigh)波、勒夫(Love)波两种形式。瑞利波传播时,质点在波前进方向与地表法向组成的平面内做逆进的椭圆运动,这种运动方式被认为是形成地面晃动

的主要原因。勒夫波传播时,质点的运动方向是水平的,且垂直于波的传播方向,在地面上表现为蛇形运动。面波周期长,振幅大。由于面波比体波衰减慢,故能传播到很远的地方。

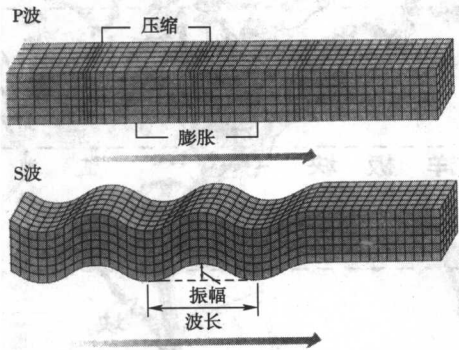


图 1-5 纵波和横波传播过程

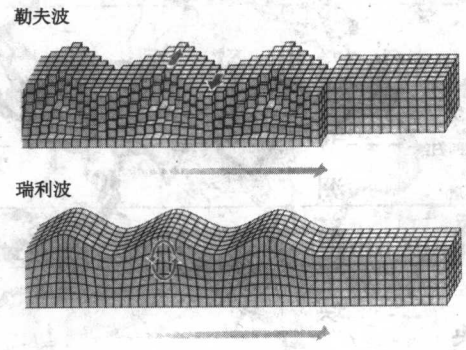


图 1-6 瑞利波和勒夫波传播过程

根据弹性理论,纵波 v_P 和横波 v_S 的传播速度分别为:

$$v_P = \sqrt{(\lambda + 2\mu)/\rho} \tag{1-1}$$

$$v_S = \sqrt{\mu/\rho} \tag{1-2}$$

式中: μ ——介质的剪切模量;
 λ ——拉梅常数;
 ρ ——介质的密度。

当介质泊松比 $\nu = 0.25$ 时, $v_P = \sqrt{3}v_S$, 称为泊松体。

在地震波的传播速度中,纵波最快,横波次之,面波最慢。由于不同地震波的速度不同,它们到达时间也就先后不同,从而形成一组序列。它解释了地震时地面开始摇晃后我们经历的:先上下颠簸,后左右摇晃感觉。由于地震波在传播过程中逐渐衰减,一般来说,在离震中较近的地方,产生的破坏作用大;在离震中较远的地方,地面振动减弱,破坏作用也逐渐减轻。

四、地震动

地震动,有时称为地面运动,是由震源释放出来的地震波引起的地面振动,可以通过仪器记录得到。它是引起震害的外因,其作用相当于结构分析中的荷载,差别在于结构工程中的荷载常以力的方式出现,而地震动是以运动的方式出现;常用的荷载一般为短期内大小不变的静力,而地震动是迅速变化的振动;常用的荷载大多是竖向作用的,而地震动则是水平、竖向甚至扭转同时作用的。

地震动是一个复杂的现象,这是因为我们对许多重要因素尚难精确估计,如震源与传播介质中千差万别的动力过程与裂隙构造,从而产生许多不确定性的变化。综合几十年来人们根据地震宏观震害经验和仪器测量数据的分析和总结,一般认为,对工程抗震而言,地震动的特性可以通过三要素来描述,即地震动的峰值(最大振幅)、频谱和持续时间。其中,峰值可以定量反映地震动的强度特性;通过对地震记录的频谱分析,可以揭示地震动的周期分布特征;而强震持续时间长短则反映了地震动循环作用程度的强弱。地震动是地震与结构抗震之间的桥梁,工程结构的地震破坏与地震动三要素密切相关。

五、地震震级与地震烈度

1. 地震震级

地震震级是衡量一次地震释放能量大小的一种度量。震级的表示方法有很多,如面波震级、体波震级、矩震级等,目前国际上常用里氏震级表示。它是由里克特(C. F. Richter)在 1935 年首先提出的,即在震中 100km 处由伍德-安德森(Wood-Anderson)式标准地震仪(摆的自振周期为 0.8s,阻尼系数为 0.8,放大倍数为 2800 倍的地震仪)所记录到的最大水平位移 A (单振幅,单位为 μm) 的常用对数 M ,即:

$$M = \lg A \quad (1-3)$$

式中: M ——里氏震级。

实际上,地震时距震中 100km 处不一定恰好有地震观测台站,当震中距不是 100km 时,震级 M 需按修正公式进行计算:

$$M = \lg A + \lg A_0 \quad (1-4)$$

式中: A_0 ——被选为标准的某一特定地震的最大振幅。

地震是由于岩体破裂释放能量引起的,震级 M 与地震释放能量 E (单位为 erg, $1 \text{ erg} = 10^{-7} \text{ J}$) 之间的经验关系如下:

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

这表明,震级每增加一级地震所释放出的能量约增加 32 倍。一般认为,2~4 级的地震,人就有感觉,叫做有感地震;5 级以上的地震会造成不同程度的破坏,叫做破坏性地震;7 级以上的地震,称为强烈地震或大震;8 级以上的地震,称为特大地震。自 1935 年提出震级测算方法以来,世界上已记录到的最大地震的震级为 1960 年 5 月发生在智利的 8.9 级地震。

2. 地震烈度

地震烈度是指某一区域的地表和各类建筑物遭受某一次地震影响的平均强弱程度。一次地震,表示地震大小的震级只有一个,然而,由于同一次地震对不同地点的影响不一样,随着距离震中的远近会出现多种不同的烈度。一般来说,距离震中越近,烈度就越高;距离震中越远,烈度也越低。为评定地震烈度而建立起来的标准叫地震烈度表,它是以描述宏观现象为主的。不同国家目前划分烈度的标准并不一致,但除了日本采用从 0 到 7 度分成 8 等的烈度表、少数国家(如欧洲一些国家)用 10 度划分的地震烈度表外,绝大多数国家包括我国都采用分为 12 度的地震烈度表。我国 1999 年最新颁布了“中国地震烈度表”,见表 1-1。

地震烈度是地震的扰动引起地面多种震害现象的综合量度,所以影响地震烈度的因素除结构本身外,还受震源、传播途径和场地条件的影响。对应于一次地震,在受到影响的区域内,可以按照地震烈度表中的标准对一些有代表性的地点评定出烈度。具有相同烈度的各个地点的外包线,称为等烈度线。利用不同地区历史地震的等烈度线资料,可以针对不同地区建立宏观的烈度衰减关系式。

地震烈度衰减规律描述了震中烈度(震中区的烈度)随震级和距离而变化的关系:

$$M = 1 + \frac{2}{3} I_0 \quad (1-6)$$

式中: I_0 ——震中烈度。

中国地震烈度表(1999)

表 1-1

烈度	在地面上人的感觉	房屋震害程度		其他震害现象	水平向地面运动	
		震害现象	平均震害指数		峰值加速度 (m/s^2)	峰值速度 (m/s)
I	无感					
II	室内个别处于静止状态中的人有感觉					
III	室内少数静止中的人有感觉	门、窗轻微作响		悬挂物微动		
IV	室内多数人、室外少数人有感觉,少数人梦中惊醒	门、窗作响		悬挂物明显摆动,器皿作响		
V	室内普遍、室外多数人有感觉,多数入梦中惊醒	门窗、屋顶、屋架颤动作响,灰土掉落,抹灰出现微细裂缝,有檐瓦掉落,个别屋顶烟囱掉砖		不稳定器物摇动或翻倒	0.31 (0.22~0.44)	0.03 (0.02~0.04)
VI	多数人站立不稳,少数人惊逃户外	损坏——墙体出现裂缝,檐瓦掉落,少数屋顶烟囱裂缝、掉落	0~0.10	河岸和松软土出现裂缝,饱和砂层出现喷砂冒水;有的独立砖烟囱轻度裂缝	0.63 (0.45~0.89)	0.06 (0.05~0.09)
VII	大多数人惊逃户外,骑自行车的人有感觉,行驶中的汽车驾乘人员有感觉	轻度破坏——局部破坏,开裂,小修或不需要修理可继续使用	0.11~0.30	河岸出现坍方;饱和砂层常见喷砂冒水,松软土地上的裂缝较多;大多数独立砖烟囱中等破坏	1.25 (0.90~1.77)	0.13 (0.10~0.18)
VIII	多数人摇晃颠簸,行走困难	中等破坏——结构破坏,需要修复才能使用	0.31~0.50	干硬土上亦出现裂缝,大多数独立砖烟囱严重破坏,树梢折断,房屋破坏导致人畜伤亡	2.50 (1.78~3.53)	0.25 (0.19~0.35)
IX	行动的人摔倒	严重破坏——结构严重破坏,局部倒塌,修复困难	0.51~0.70	干硬土上许多地方出现裂缝,基岩可能出现裂缝、错动,滑坡、坍方常见,独立砖烟囱倒塌	5.00 (3.54~7.07)	0.50 (0.36~0.71)
X	骑自行车的人会摔倒,处不稳状态的人会摔离原地,有抛起感	大多数倒塌	0.71~0.90	山崩和地震断裂出现,基岩上拱桥破坏,大多数独立砖烟囱从根部破坏或倒塌	10.00 (7.08~14.14)	1.00 (0.72~1.41)

续上表

烈度	在地面上人的感觉	房屋震害程度		其他震害现象	水平向地面运动	
		震害现象	平均震害指数		峰值加速度 (m/s^2)	峰值速度 (m/s)
XI		普遍倒塌	0.91 ~ 1.00	地震断裂延续很长,大量山崩滑坡		
XII				地面剧烈变化,山河改观		

注:①I~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度以地表表象为主;XI、XII度的评定,需要专门研究。

②一般房屋包括木构架和土、石、砖墙构造的旧式房屋和单层的或数层的、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中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,可以用普查或抽查方法确定。

④使用本表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主,在城镇可以分区进行烈度的评定,但面积以 1km^2 左右为宜。

⑥烟囱指工业或取暖用的锅炉房烟囱。

⑦表中的数量词,“个别”指10%以下;“少数”指10%~50%;“多数”指50%~70%;“大多数”指70%~90%;“普遍”指90%以上。

3. 基本烈度、地震区划与地震小区划

基本烈度是指一个地区在一定时期(我国取50年)内在一般场地条件下按一定的概率(我国取10%)可能遭遇到的最大地震烈度,它是一个地区进行抗震设防的依据。

依据地质构造资料、历史地震规律、强震观测资料,采用地震危险性分析的方法,可以计算出每一地区在未来一定时限内关于某一烈度(或地震动加速度值)的超越概率,从而可以将国土划分为不同基本烈度所覆盖的区域,这一工作称为地震区划。我国目前给出的地震区划结果是地震动参数(包括地震动峰值和场地特征周期)区划图。

地震动参数区划图适用于一般工业和民用新建或扩建工程的抗震设防,但对于一些特殊地区,如地震重点监视防御区内的大中城市和地震重点监视防御城市,位于地震动参数 $0.15g$ 以上(含 $0.15g$)的大中城市,位于复杂工程地质条件区域内的大中城市、大型厂矿企业、长距离生命线工程和新开发区,应当根据需求和可能开展地震小区划工作。地震小区划是对小范围局部区域的地震动、地震破坏效应及其相关的差别进行划分,将其划分结果标在该区域的地图上。

第二节 地震灾害

一、世界地震活动

地震发生在地壳和地幔上部,大多数发生于地壳之中。大约有72%的地震震源深度小于33km,称浅源地震;大约24%的地震震源深度在33~300km之间,称中源地震;有大约4%的地震震源深度大于300km,称深源地震。

地震在全球的分布也是有规律的。按地质构造、地震活动性、地貌特征来划分,世界地震的分布主要有四个地震活动带(图 1-7)。

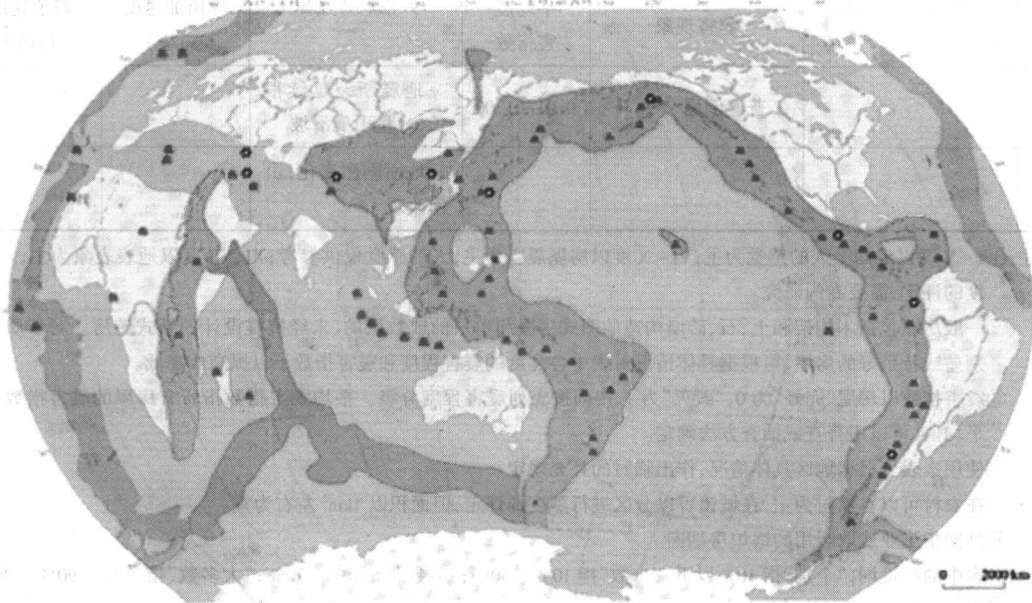


图 1-7 世界主要地震带示意图

(1)环太平洋地震活动带

太平洋东、西两岸及北部边界地震活动极为强烈,是主要的地震带。全世界 80%的浅源地震、90%的中源地震和几乎全部的深源地震都集中在这一地震带中。这个地震活动带占世界地震活动带面积大约一半,但是释放的能量却占全球地震释放能量的 80%,而南太平洋地震活动明显变弱。

(2)地中海-喜马拉雅地震活动带

这一地震带也称欧亚地震带,由于它大部分分布于大陆上,所以造成的危害很大。除环太平洋地震带外,余下的中源地震和大的浅源地震都发生在此带。释放的地震能量占全球的 15%。我国大部分地区处于此地震带内。

(3)大洋中脊地震活动带

太平洋、印度洋、大西洋及北冰洋都存在着沿海盆中轴线的大洋中脊系统。中脊一般由两列互相平行的脊峰和中间的大峡谷构成,峡谷一般比脊峰深 2000m 左右,宽约十几到二十公里,长数百公里。大洋底沿中脊在不断地扩张,在这一地震带中经常发生一些较弱的地震,释放的能量不大。

(4)大陆裂谷系地震活动带

裂谷系多由一些区域性的大断裂形成,在地貌上表现为深水湖,如东非地堑、红海地堑、亚丁湾、死海、贝加尔湖等。这些地带的地震都是浅源地震,多与地壳的扩张有关。

二、中国地震活动

我国东临环太平洋地震带,南接欧亚地震带,地震区分布很广,主要的地震活动带可分为 6 个。

- (1)天山地震带:主要指南、北天山,阿尔泰山一带山区。
- (2)南北地震带:由滇南的元江往北经过西昌、松潘、海原、银川直到内蒙古磴口。
- (3)华北地震带:指阴山、燕山一带,营口—郯城断裂带,汾渭河谷等地区。
- (4)华南地震带:主要指东南沿海及海南岛北部等地区。
- (5)西藏察隅带:沿青藏高原周围及边境一带。
- (6)台湾地震带:包括台湾及其东部海域。

我国历史上就是地震多发的国家之一。据统计,公元前 1177 年至 1976 年,我国共发生 4.7 级以上强震 3100 余次。1900~1980 年间,我国发生 6 级以上强震 606 次,8 级以上地震 8 次,地震中共死亡约 146.8 万人,约占全球地震死亡人数的一半。

三、地震的破坏作用

强烈的地震是一种危害极大的突发性自然灾害,在目前科学技术还不能控制地震发生的现实下,调查研究历史地震灾害的状况、分析地震的破坏规律是抗震设防的有效途径。地震的灾害一般分为直接灾害和次生灾害,直接灾害又可分为地表破坏和建筑物的破坏。

1. 地表破坏

地表破坏(图 1-8~图 1-12)表现为地面裂缝、地面沉降、隆起和变形、喷水、冒砂和滑坡等形式。地裂缝分为构造性地裂缝和重力式地裂缝两类,前者是地震断层错动后在地表形成的痕迹,裂缝带长可延伸几公里到几十公里,带宽达数十厘米到数米;后者是由于地表土质不均匀及受地貌影响所形成,其规模较前者为小。当地裂缝穿过建筑物时,会造成结构开裂直至倒塌。



图 1-8 地面裂缝图



图 1-9 地面隆起图

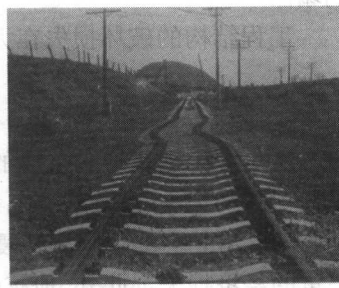


图 1-10 地面变形造成了铁轨的弯曲



图 1-11 砂土液化



图 1-12 砂土液化使公寓楼整体倾斜