



高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材

总主编 何若全

建筑结构抗震设计

JIANZHU JIEGOU
KANGZHEN SHEJI

主 编 桂国庆

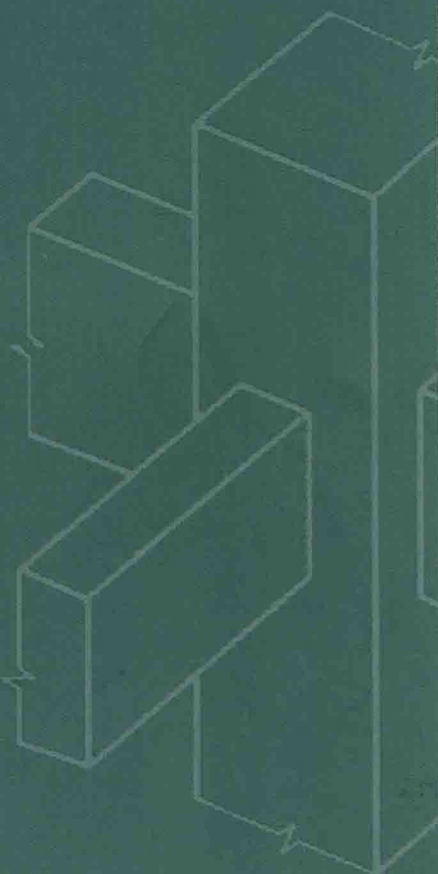
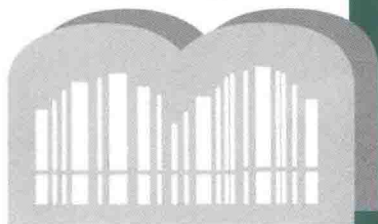
副主编 熊进刚 袁志军

主 审 李英民



重庆大学出版社

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





高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材

总主编 何若全

建筑结构抗震设计

JIANZHU JIEGOU
KANGZHEN SHEJI

主 编 桂国庆

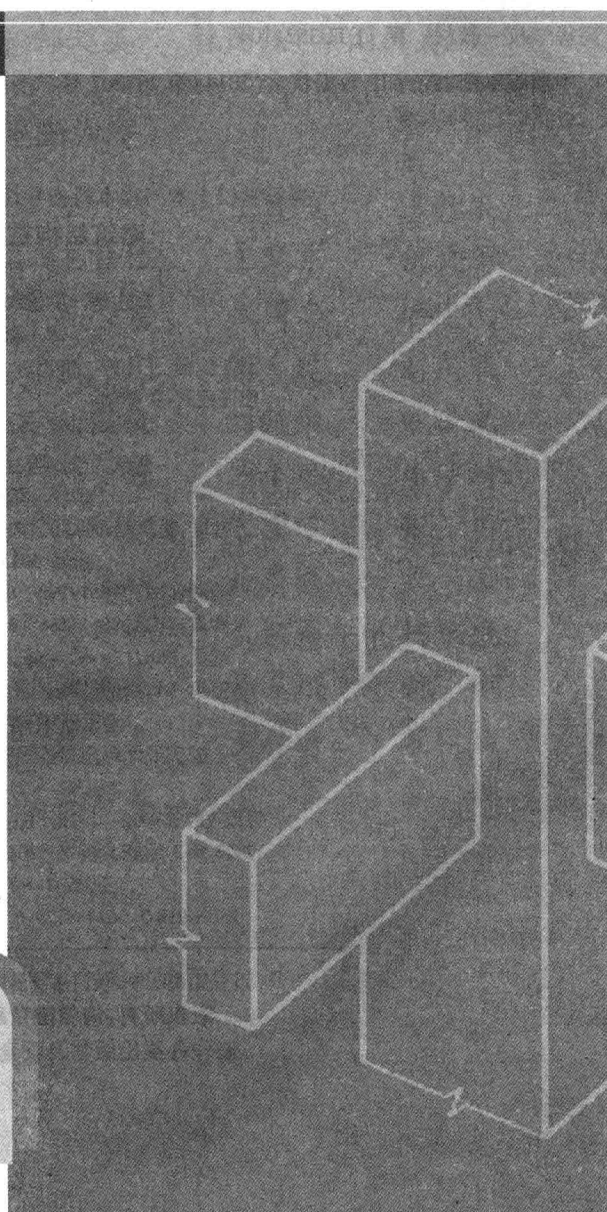
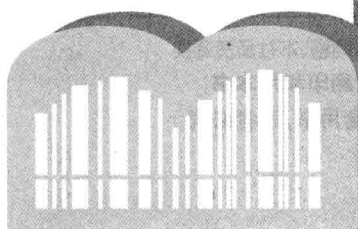
副主编 熊进刚 袁志军

参 编 高剑平 王展光

高金贺 梁海安

主 审 李英民

重庆大学出版社



内 容 提 要

本书按照《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)进行编写,系统地阐述了建筑抗震设计的基本知识、基本理论和基本方法,并给出了各类建筑结构抗震设计的实例,注重应用性。全书内容包括:抗震设计的基本知识、场地、地基和基础,地震作用和结构抗震验算,建筑抗震概念设计,以及多层和高层钢筋混凝土房屋、多层砌体房屋、多层和高层钢结构房屋、单层工业厂房、土木石结构房屋、隔震和消能减震房屋、地下建筑等各类建筑的抗震设计方法。本书内容简明扼要,重点突出,并附有大量的例题、思考题和习题,便于自学。

本书可作为高等学校土木工程专业的教学用书、继续教育的自学用书,也可作为从事工程设计、施工、监理的技术人员和科研人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构抗震设计/桂国庆主编. —重庆:重庆大学出版社,2015.3

高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材

ISBN 978-7-5624-8729-6

I. ①建… II. ①桂… III. ①建筑结构—防震设计—高等学校—教材 IV. ①TU352.104

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 287207 号

高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材

建筑结构抗震设计

主 编 桂国庆

副主编 熊进刚 袁志军

主 审 李英民

责任编辑:王 婷 钟祖才 版式设计:莫 西

责任校对:关德强 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023)88617190 88617185(中小学)

传真:(023)88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆现代彩色书报印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:19.5 字数:487 千

2015 年 3 月第 1 版 2015 年 3 月第 1 次印刷

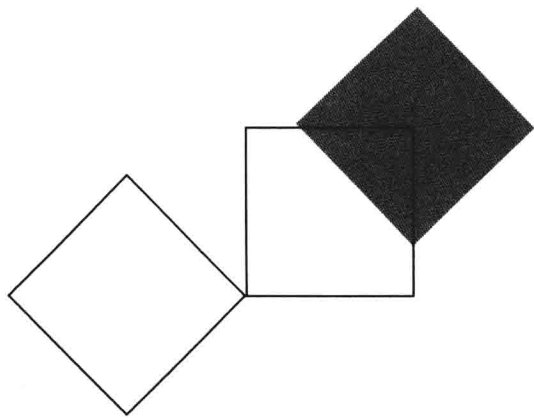
印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-8729-6 定价:37.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究



编委会名单

总 主 编：何若全

副总主编：杜彦良 邹超英 桂国庆 刘汉龙

编 委（按姓氏笔画为序）：

卜建清	王广俊	王连俊	王社良
王建廷	王雪松	王慧东	仇文革
文国治	龙天渝	代国忠	华建民
向中富	刘 凡	刘 建	刘东燕
刘尧军	刘俊卿	刘新荣	刘曙光
许金良	孙 俊	苏小卒	李宇峙
李建林	汪仁和	宋宗宇	张 川
张忠苗	范存新	易思蓉	罗 强
周志祥	郑廷银	孟丽军	柳炳康
段树金	施惠生	姜玉松	姚 刚
袁建新	高 亮	黄林青	崔艳梅
梁 波	梁兴文	董 军	覃 辉
樊 江	魏庆朝		

总 序

进入 21 世纪的第二个十年,土木工程专业教育的背景发生了很大的变化。“国家中长期教育改革和发展规划纲要”正式启动,中国工程院和国家教育部倡导的“卓越工程师教育培养计划”开始实施,这些都为高等工程教育的改革指明了方向。截至 2010 年底,我国已有 300 多所大学开设土木工程专业,在校生达 30 多万人,这无疑是世界上该专业在校大学生最多的国家。如何培养面向产业、面向世界、面向未来的合格工程师,是土木工程界一直在思考的问题。

由住房和城乡建设部土建学科教学指导委员会下达的重点课题“高等学校土木工程本科指导性专业规范”的研制,是落实国家工程教育改革战略的一次尝试。“专业规范”为土木工程本科教育提供了一个重要的指导性文件。

由“高等学校土木工程本科指导性专业规范”研制项目负责人何若全教授担任总主编,重庆大学出版社出版的《高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材》力求体现“专业规范”的原则和主要精神,按照土木工程专业本科期间有关知识、能力、素质的要求设计了各教材的内容,同时对大学生增强工程意识、提高实践能力和培养创新精神做了许多有意义的尝试。这套教材的主要特色体现在以下方面:

(1) 系列教材的内容覆盖了“专业规范”要求的所有核心知识点,并且教材之间尽量避免知识的重复;

(2) 系列教材更加贴近工程实际,满足培养应用型人才对知识和动手能力的要求,符合工程教育改革的方向;

(3) 教材主编们大多具有较为丰富的工程实践能力,他们力图通过教材这个重要手段实现“基于问题、基于项目、基于案例”的研究型学习方式。

据悉,本系列教材编委会的部分成员参加了“专业规范”的研究工作,而大部分成员曾为“专业规范”的研制提供了丰富的背景资料。我相信,这套教材的出版将为“专业规范”的推广实施,为土木工程教育事业的健康发展起到积极的作用!

中国工程院院士 哈尔滨工业大学教授

沈世钊

前 言

本书是高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材之一,较系统地介绍了建筑抗震设计的基本知识、基本理论、基本方法及在工程实际中的应用,主要内容包括:抗震设计的基本知识,场地、地基和基础,地震作用和结构抗震验算,建筑抗震概念设计,地下建筑抗震设计的基本方法,以及多层和高层钢筋混凝土房屋、多层砌体房屋、多层和高层钢结构房屋、单层工业厂房、土木石结构房屋、隔震和消能减震房屋等建筑结构抗震设计的方法和实例,等。

本书的目的是使学生通过本课程的学习,能够理解建筑抗震的概念设计,掌握抗震设计的基本理论和基本方法,掌握上述各类建筑结构的抗震设计方法,具备运用规范对一般房屋结构进行抗震设计的能力。

本书力求体现土木工程本科专业的培养目标:体现重视基础,培养能力,提高素质,加强应用的新教改精神;力求精炼理论,突出实用性,强调项目或案例教学;以具体应用现行技术规范和标准为主线,按照《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)、《中国地震烈度表》(GB/T 17742—1999)、《中国地震动参数区划图》(GB/T 18306—2001)、《建筑工程抗震设防分类标准》(GB 50223—2008)和《镇(乡)村建筑抗震技术规程》(JGJ 161—2008)等编写,其内容在符合高等院校土木工程本科专业教学要求的前提下,保证其先进性,反映了本课程的新现状、新动向、新趋势、新标准。

本书由井冈山大学桂国庆教授担任主编,南昌大学熊进刚教授和袁志军博士担任副主编,重庆大学李英民教授主审。

参加本书编写人员如下:第1、2章由桂国庆(井冈山大学)编写;第3、8章由高剑平(华东交通大学)编写;第4、6章由熊进刚(南昌大学)编写;第5、7章由袁志军(南昌大学)编写;第9章由王展光(凯里学院)编写;第10章由高金贺(东华理工大学)编写;第11章由梁海安(东华理工大学)编写;最后由桂国庆教授负责全书的统稿和定稿工作。

本书免费提供了配套的电子课件,包含各章的授课PPT课件、课后思考题与习题参考答案、期中及期末考试试题(含答案),放在重庆大学出版社教学资源网上供教师下载(网址:<http://www.cqup.net/edustrc>)。

限于编者水平和能力,书中难免有不妥和疏忽之处,恳请读者批评指正。

编 者

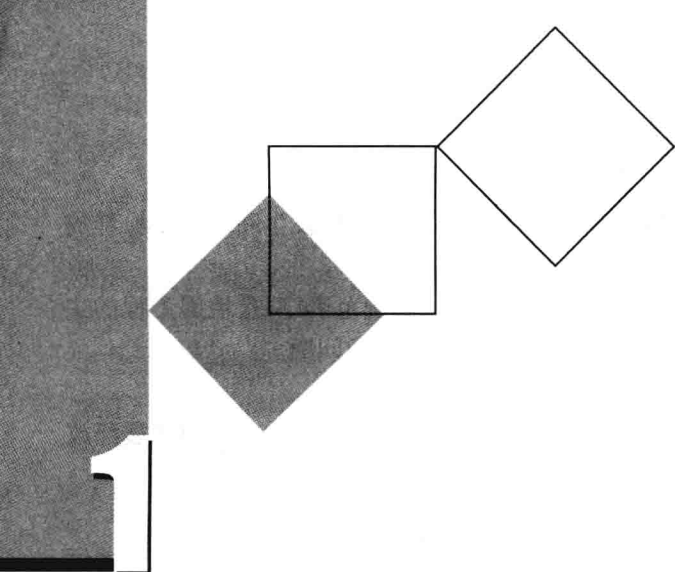
2014年11月

目 录

1 抗震设计的基本知识	1
1.1 地震与地震波	1
1.2 地震强度的衡量	5
1.3 地震活动性及地震灾害	10
1.4 建筑抗震设计的基本要求	14
本章小结	18
思考题与习题	18
2 场地、地基和基础	19
2.1 场 地	19
2.2 天然地基与基础的抗震验算	22
2.3 液化土与软土地基	24
2.4 桩基的抗震验算	32
本章小结	34
思考题与习题	34
3 结构地震反应与结构抗震验算	37
3.1 地震作用与地震反应	37
3.2 水平地震作用的计算	41
3.3 竖向地震作用的计算	47
3.4 结构抗震验算	49
本章小结	53
思考题与习题	54
4 建筑抗震概念设计	55
4.1 选择建筑场地	55
4.2 把握建筑形体和结构的规则性	58
4.3 选择合理的抗震结构体系	64

4.4	利用结构延性·····	68
4.5	重视非结构构件的抗震·····	70
	本章小结·····	72
	思考题与习题·····	72
5	多层和高层钢筋混凝土房屋抗震设计 ·····	73
5.1	多层和高层钢筋混凝土房屋的震害及其分析·····	74
5.2	多层和高层钢筋混凝土房屋抗震设计的一般规定·····	76
5.3	框架结构的抗震设计·····	81
5.4	抗震墙结构的抗震设计·····	99
5.5	框架-抗震墙结构的抗震设计·····	107
5.6	框架结构抗震设计实例·····	109
	本章小结·····	114
	思考题与习题·····	114
6	砌体房屋抗震设计 ·····	116
6.1	砌体房屋的震害及其分析·····	117
6.2	砌体房屋抗震设计的一般规定·····	120
6.3	多层砌体房屋的抗震验算·····	124
6.4	底部框架-抗震墙砌体房屋的抗震验算·····	131
6.5	砌体房屋的抗震构造要求·····	134
6.6	砌体房屋抗震设计实例·····	145
	本章小结·····	152
	思考题与习题·····	153
7	多层和高层钢结构房屋抗震设计 ·····	154
7.1	多层和高层钢结构房屋抗震特性及震害分析·····	154
7.2	多层和高层钢结构房屋抗震设计的一般规定·····	157
7.3	多层和高层钢结构房屋抗震计算·····	162
7.4	多层和高层钢结构房屋的抗震构造措施·····	167
7.5	多层钢结构房屋抗震设计实例·····	173
	本章小结·····	178
	思考题与习题·····	179
8	单层厂房抗震设计 ·····	180
8.1	单层钢筋混凝土柱厂房抗震设计·····	180
8.2	单层钢结构厂房抗震设计·····	203
8.3	单层厂房抗震设计实例·····	210
	本章小结·····	222

思考题与习题	222
9 土、木、石结构房屋抗震设计	223
9.1 概述	223
9.2 土、木、石结构房屋抗震基本要求	227
9.3 土、木、石结构房屋的地基和基础	229
9.4 生土房屋抗震设计	231
9.5 木结构房屋抗震设计	235
9.6 石结构房屋抗震设计	239
本章小结	242
思考题和习题	242
10 房屋隔震和消能减震设计	243
10.1 概 述	243
10.2 房屋隔震设计	245
10.3 房屋消能减震设计	255
10.4 隔震设计算例	261
本章小结	265
思考题与习题	265
11 地下建筑抗震设计	266
11.1 地下建筑的震害特点	267
11.2 地下建筑抗震设计的一般规定	268
11.3 地下建筑的抗震计算	270
11.4 地下建筑的抗震措施	274
本章小结	275
思考题与习题	276
附录	277
附录 A 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	277
附录 B D 值法计算用表	291
参考文献	298



抗震设计的基本知识

本章导读:

- **基本要求** 了解地震的基本知识;掌握地震波、地震震级和地震烈度的概念;了解地震活动性和地震破坏作用;熟悉我国《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)和《建筑工程抗震设防分类标准》(GB 50223—2008)中关于建筑抗震设防目标、抗震设防分类、抗震设防标准以及抗震设计方法等抗震设计的基本知识。
- **重点** 地震烈度、基本烈度和设防烈度的区别与联系;建筑抗震设防目标、抗震设防分类、抗震设防标准及抗震设计方法等抗震设计的基本知识。

1.1 地震与地震波

地震是一种突发式自然灾害,它是地球内某处薄弱岩层突然破裂,或因局部岩层塌陷、火山爆发等发生了振动,并以波的形式传达至地表引起地面的颠簸和摇晃,从而引起的地面运动。地震时强烈的地面运动会造成工程建筑物破坏、交通中断,并可能引发火灾、水灾、山崩、滑坡及海啸等一系列灾害,危及人民生命财产安全,并严重影响国民经济。

1.1.1 地震的分类

根据起因的不同,地震大致可分为自然地震和人为地震两大类。

1) 自然地震

自然地震包括构造地震、火山地震和塌陷地震。

(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。

构造地震分布广、发生次数多(约占地震发生总数的 90%)、影响范围广,是地震工程的主要研究对象。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。

(2) 火山地震

由于岩浆的挤压使岩层发生断裂,岩浆猛烈冲出地面导致火山地震的发生。火山地震释放的能量和影响都是有限的,一般不会造成较大的灾害。

(3) 塌陷地震

塌陷地震很少见,它是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)。塌陷地震的影响也很小,很少造成破坏。

2) 人为地震

人为地震包括自发(诱发)地震和非自发(感应)地震。

各种非自然因素引发的地震,如核爆炸或人工爆破、水库蓄水及其引发的水文条件变化、人类活动(土方工程、矿山开采、深井注水、溃堤垮坝等)所引起的地面塌陷都会导致强烈的人为地震。人为地震发生的原因都是一些特殊情况,其发生的几率很小,影响也较小。

1.1.2 震源、震中与震中距

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,震源正上方的地面位置称为震中,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,如图 1.1 所示。

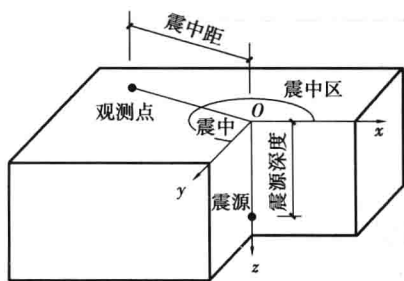


图 1.1 震源、震中、震中距与震中区

根据震源深度的不同,地震又可以分为:

①浅源地震:震源深度在 70 km 以内。1 年中全世界所有地震释放的能量约 85% 来自浅源地震。

②中源地震:震源深度为 70 ~ 300 km。1 年中全世界所有地震释放的能量约 12% 来自中源地震。

③深源地震:震源深度超过 300 km。1 年中全世界所有地震释放的能量约 3% 来自深源地震。

根据震中距的大小,地震还可分为地方震、近震和远震。震中距在 100 km 以内的地震称为地方震;

震中距为 100 ~ 1 000 km 的地震称为近震;震中距大于 1 000 km 的地震称为远震。

1.1.3 地震波

地震时,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。地震波是一种弹性波,它包含在地球内部传播的体波和只限于在地球表面传播的面波。

1) 体波

体波包含纵波和横波两种形式,如图 1.2 所示。纵波是由震源向四周传播的拉压波,其介质质点的振动方向与波的传播方向一致,使介质不断地压缩和疏松,故纵波又称为拉压波或疏密波。这种波的周期短、振幅小、波速快(在地壳内部的速度一般为 200 ~ 1 400 m/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,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,引起地面水平方向的振动。需要指出的是,纵波在固体和液体介质中都能传播,而横波只能在固体介质中传播。

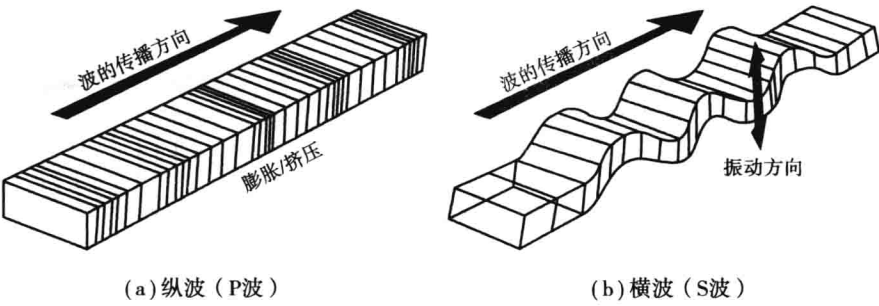


图 1.2 体波质点振动形式

根据弹性理论,纵波的传播速度 v_p 与横波的传播速度 v_s 可分别按下式计算:

$$v_p = \sqrt{\frac{E(1-\mu)}{\rho(1+\mu)(1-2\mu)}} \tag{1.1}$$

$$v_s = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\mu)}} = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \tag{1.2}$$

式中 E ——介质的弹性模量;
 G ——介质的剪切模量;
 μ ——介质的泊松比;
 ρ ——介质的密度。

在一般情况下,当 $\mu = 0.22$ 时,由式(1.1)和式(1.2)可得:

$$v_p = 1.67v_s \tag{1.3}$$

由此可见,纵波的传播速度比横波的传播速度要快,在仪器观测到的地震记录图上,纵波一般都先于横波到达。因此,通常也把纵波称为 P 波(即初波),把横波称为 S 波(即次波)。地基土中纵波和横波的波速参考值见表 1.1。

表 1.1 地基土纵波和横波的传播速度

地基土名称	纵波波速 v_p (m/s)	横波波速 v_s (m/s)
湿黏土	1 500	150
天然湿度黄土	800	260
密实砾石	480	250
细砂	300	110
中砂	550	160
粗砂	750	180

2) 面波

面波是在地表面传播的波,又称为 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。面波的大小随震源深度加深而逐渐减小。

面波主要有瑞雷波和乐浦波两种形式。瑞雷波传播时,介质质点在波的行进方向与地表法向组成的平面内作椭圆运动,像波浪效应,如图 1.3(a)所示。乐浦波传播时,介质质点在与波的行进方向垂直的水平方向作剪切型运动,在地面上表现为蛇形运动,如图 1.3(b)所示。乐浦波的一个重要特点是,介质质点在水平方向的振动与波行进方向耦合后会产生水平扭转分量。

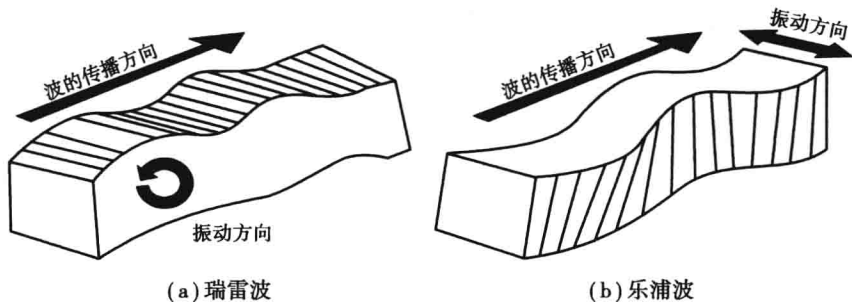


图 1.3 面波质点振动形式

由于上述 3 种波的传播速度不同,因此,在地震仪记录的地震曲线图上,首先到达的是纵波,其次是横波,最后到达的是面波(图 1.4)。通过分析地震曲线图上 P 波和 S 波的到达时间差,可以确定震源的距离(位置)。

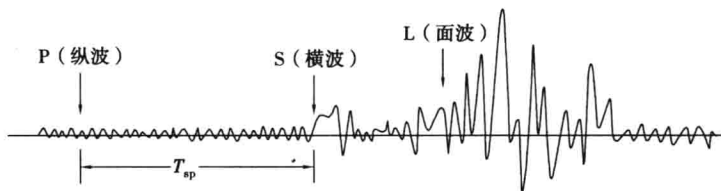


图 1.4 地震曲线图

根据地震波的特性,地震时纵波使建筑物产生上下颠簸,横波使建筑物产生水平方向摇晃,而面波则兼而有之。当横波和面波都到达时,振动最为激烈,产生的破坏作用也最大。面波的能量要比体波的大,所以造成建筑物和地表的破坏是以面波为主。在离震中较远的地方,由于地震波在传播过程中逐渐衰减,地面振动减弱,破坏作用也逐渐减轻。

1.1.4 地震动

由地震波传播所引发的地面振动,通常称为地震动。其中,在震中区附近的地震动称为近场地震动。人们一般通过记录地面运动的加速度来了解地震动的特征。对加速度记录进行积分,可以得到地面运动的速度和位移。一般来说,一点处的地震动在空间具有 6 个方向的分量(3 个平动分量和 3 个转动分量),目前一般只能获得平动分量的记录,对转动分量的记录很难获得。

从前面对地震波的介绍可知,地面上任一点的振动过程实际上包括各种类型地震波的综合作用,并且地震动是一种随机过程。因此,地震动记录的信号是极不规则的。然而,通过详细分析,可以采用几个特定的要素来反映不规则的地震波。例如,通过最大振幅,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;通过对强震持续时间的定义和测量,可以考察地震动循环作用的强弱。通常,地震动的峰值(最大振幅)、频谱和持续时间,称为地震动的三要素。地震对工程结构的破坏程度,与地震动的三要素密切相关。

1.2 地震强度的衡量

地震强度的大小有两类衡量体系:一是震级,震级反映地震释放的能量,与其带给建筑的破坏程度无关,如在深源地震的情况下,震级可能很大,但却几乎不会给建筑带来任何破坏;二是烈度,烈度反映地震带给某个特定地区的破坏程度(人类不用借助仪器就可以直接观察到的破坏,如建筑破坏、地面裂缝等)。

1.2.1 地震的能量——震级

地震震级是度量地震本身强度大小的指标,它是地震的基本参数之一,用符号 M 表示。目前,国际上比较通用的是里氏震级,其定义是 1935 年由美国地震学家里克特(C. F. Richter)提出的,即震级的大小是在距震中 100 km 处标准地震仪(指摆的自振周期为 0.8 s,阻尼系数为 0.8,放大系数为 2 800 倍的地震仪)记录下来的地震 S 波最大水平振幅 A (以 μm 计)的常用对数值:

$$M = \lg A \quad (1.4)$$

式中 M ——地震震级,通常称为里氏震级;

A ——由记录到的地震曲线图上得到的最大振幅。

实际上,地震时距震中恰好 100 km 处不一定设置了地震仪,且观测点也不一定采用上述的标准地震仪。因此,为了得到距震中 100 km 处的振幅当量,此时需对记录值进行适当的修正。

地震震级反映一次地震释放能量的多少,一次地震只有一个震级。震级直接与震源所释放能量的多少有关,对于浅源地震,常用如下经验公式来表示震级 M 与地震能量 E (单位为 erg, $1 \text{ erg} = 10^{-7} \text{ J}$)之间的关系:

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

由式(1.5)可以看出,随着震级的增大,地震释放的能量迅速增加。震级每增加一级,地震释放的能量约增加 32 倍。按照这个关系,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 8.9 级地震,其能量相当于 10 万多颗广岛原子弹爆炸所产生的能量;2008 年 5 月 12 日发生在中国汶川的 8.0 级大地震释放的能量相当于 5 600 颗广岛原子弹爆炸所产生的能量。

按照震级的大小,地震可以分为以下几种:

- 微震, $M < 2$, 人们无感觉,只有仪器才能记录下来;
- 有感地震, $2 \leq M \leq 4$, 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, $M > 8$ 。

1.2.2 地震的影响——烈度等级

对同样大小的地震,若震源深度、离震中的距离和土质条件等因素不同,则其带给地面和建筑物的破坏也不一样。若仅用震级来表示地震动的强弱,还不足以区别地面和建筑物破坏轻重程度。对于一次地震,表示地震大小的震级只有一个,而同一次地震中,不同地方的烈度是不同的。一般来说,地震烈度随着震中距的增大而减小,震中烈度通常是最大的。

通过对场地的调查研究和人群的问卷调查,可以确定一个地区的地震烈度。调查结果通常以等烈度线的形式反映在地震烈度图上(图 1.5)。对应于一次地震,在受到影响的区域内具有相同烈度的各个地点的外包线,称为等烈度线。等烈度线表明了地震破坏在地理上的分布情况,也指出了地形以及不同类型的土层在放大或减弱地震作用中所起的作用,通常松散土层比坚硬土层烈度要高。此外,等烈度线的形状有助于地下断层的定位,它们的间距则有助于确定地震能量以及震源深度。

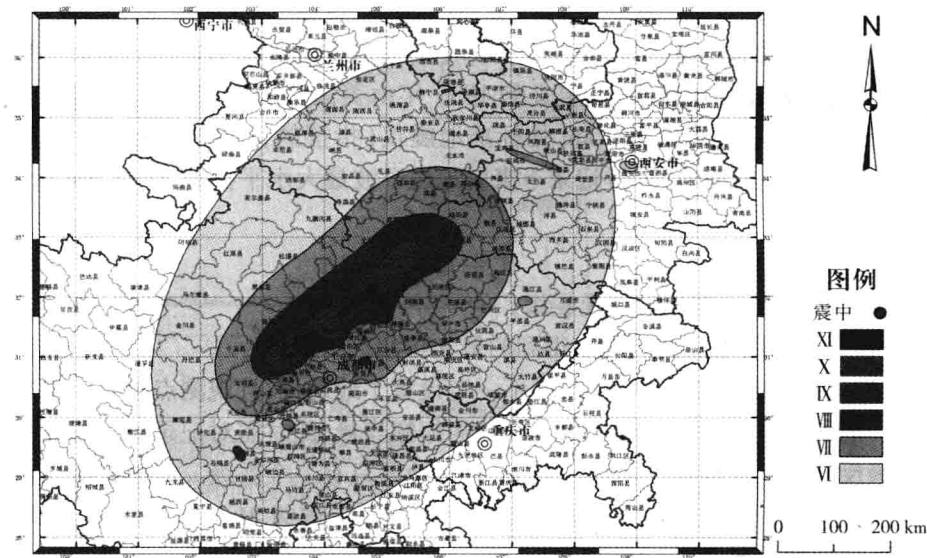


图 1.5 汶川地震等烈度线

震中区的烈度称为震中烈度。它一般可看作地震大小和震源深度两者的函数,但对人民生命财产影响最大且发生最多的地震,其震源深度大多都为 10 ~ 30 km。

表 1.2 给出了震源深度为 10 ~ 30 km 时,震级 M 与震中烈度 I_0 大致对应的关系。

表 1.2 震级 M 与震中烈度 I_0 的关系

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) 地震烈度表

既然地震烈度是表示地震影响程度的一个尺度,就需要建立一个评定烈度的标准,即地震烈度表。其内容包括宏观现象描述和定量指标,但以描述震害宏观现象为主,即根据人的感觉、器物的反应、建筑物的破坏程度和地貌变化特征等方面的宏观现象进行判定和区分。然而,由于对烈度影响轻重的分段不同,以及在宏观现象和定量指标确定方面的差异,加之各国建筑情况和地表条件的不同,各国所指定的地震烈度表也就不同。现在,世界上存在着 40 多个烈度等级系统,通常有 7~12 度,除了日本采用 8 等级(0~7 度)的烈度表、少数国家采用 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成 12 度的地震烈度表。

我国现行《中国地震烈度表》(GB/T 17742)采用 12 等级的地震烈度划分,见表 1.3。

表 1.3 中国地震烈度表

地震 烈度	人的感觉	房屋震害			其他震害现象	水平向地震动参数	
		类型	震害程度	平均震害指数		峰值加速度 (m/s^2)	峰值速度 (m/s)
I	无感	—	—	—	—	—	—
II	室内个别静止中的人有感觉	—	—	—	—	—	—
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	室内绝大多数、室外多数人有感觉,多数人梦中惊醒	—	门窗、屋顶、屋架颤动作响,灰土掉落,个别房屋墙体抹灰出现细微裂缝,个别屋顶烟囱掉砖	—	悬挂物大幅度晃动,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	A	少数中等破坏,多数轻微破坏和/或基本完好	0.00 ~ 0.11	家具和物品移动;河岸和松软土出现裂缝,饱和砂层出现喷砂冒水;个别独立砖烟囱轻度裂缝	0.63 (0.45 ~ 0.89)	0.06 (0.05 ~ 0.09)
		B	个别中等破坏,少数轻微破坏,多数基本完好				
		C	个别轻微破坏,大多数基本完好	0.00 ~ 0.08			

续表

地震 烈度	人的感觉	房屋震害			其他震害现象	水平向地震动参数	
		类型	震害程度	平均震害指数		峰值加速度 (m/s^2)	峰值速度 (m/s)
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	A	少数毁坏和/或严重破坏,多数中等和/或轻微破坏	0.09 ~ 0.31	物体从架子上掉落;河岸出现塌方,饱和砂层常见喷水冒砂,松软土地上地裂缝较多;大多数独立砖烟囱中等破坏	1.25 (0.90 ~ 1.77)	0.13 (0.10 ~ 0.18)
		B	少数中等破坏,多数轻微破坏和/或基本完好				
		C	少数中等和/或轻微破坏,多数基本完好	0.07 ~ 0.22			
Ⅷ	多数人摇晃颠簸,行走困难	A	少数毁坏,多数严重和/或中等破坏	0.29 ~ 0.51	干硬土上出现裂缝,饱和砂层绝大多数喷砂冒水;大多数独立砖烟囱严重破坏	2.50 (1.78 ~ 3.53)	0.25 (0.19 ~ 0.35)
		B	个别毁坏,少数严重破坏,多数中等和/或轻微破坏				
		C	少数严重和/或中等破坏,多数轻微破坏	0.20 ~ 0.40			
Ⅸ	行动的人摔倒	A	多数严重破坏和/或毁坏	0.49 ~ 0.71	干硬土上多处出现裂缝,可见基岩裂缝、错动,滑坡、塌方常见;独立砖烟囱多数倒塌	5.00 (3.54 ~ 7.07)	0.50 (0.36 ~ 0.71)
		B	少数毁坏,多数严重和/或中等破坏				
		C	少数毁坏和/或严重破坏,多数中等和/或轻微破坏	0.38 ~ 0.60			
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	A	绝大多数毁坏	0.69 ~ 0.91	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毁	10.00 (7.08 ~ 14.14)	1.00 (0.72 ~ 1.41)
		B	大多数毁坏				
		C	多数毁坏和/或严重破坏	0.58 ~ 0.80			
Ⅺ	—	A	绝大多数毁坏	0.89 ~ 1.00	地震断裂延续很大;大量山崩滑坡	—	—
		B					
		C		0.78 ~ 1.00			