

高等学校土木建筑专业
|应用型本科系列规划教材|

(第2版)

建筑结构 抗震设计

龙帮云 刘殿华 ◎ 主编

JIANZHUJIEGOUKANGZHEN SHEJI



东南大学出版社

SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

高等学校土木建筑专业应用型本科系列规划教材

建筑结构抗震设计

(第2版)

主 编 龙帮云 刘殿华

副主编 刘美景 朱 炯

参 编 (以拼音为序)

常鸿飞 曹秀丽

王 仪

东南大学出版社

· 南京 ·

内 容 提 要

本书是结合我国最新《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)编写的抗震结构设计教材。内容包括:绪论,场地、地基和基础,结构的地震作用与抗震验算,结构抗震概念设计,多层及高层钢筋混凝土结构抗震设计,多层砌体房屋和底部框架砌体房屋的抗震设计,钢结构房屋的抗震设计,单层厂房抗震设计,结构控制及隔震、减震设计以及非结构构件抗震设计。书中对主要结构附有计算例题及思考题。

本书可供大专院校土木工程专业学生及教师使用,亦可供从事建筑结构抗震设计、科研和施工的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构抗震设计 / 龙帮云,刘殿华主编. —2 版
南京:东南大学出版社,2017. 7
ISBN 978-7-5641-7017-2
I. ①建… II. ①龙… ②刘… III. ①建筑结构—抗震设计 IV. ①TU352.104
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 008199 号

建筑结构抗震设计(第 2 版)

出版发行:东南大学出版社
社 址:南京市四牌楼 2 号 邮编:210096
出 版 人:江建中
责任编辑:史建农 戴坚敏
网 址:<http://www.seupress.com>
电子邮箱:press@seupress.com
经 销:全国各地新华书店
印 刷:常州市武进第三印刷有限公司
开 本:787mm×1092mm 1/16
印 张:17.75
字 数:454 千字
版 次:2017 年 7 月第 2 版 2017 年 7 月第 1 次印刷
印 数:1~3000
书 号:ISBN 978-7-5641-7017-2
定 价:45.00 元

本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系。电话(传真):025—83791830

高等学校土木建筑专业应用型本科系列 规划教材编审委员会

名誉主任 吕志涛 (院士)

主 任 蓝宗建

副 主 任 (以拼音为序)

陈 蓓	陈 斌	方达宪	汤 鸿
夏军武	肖 鹏	宗 兰	张三柱

秘 书 长 戴坚敏

委 员 (以拼音为序)

程 晔	戴望炎	董良峰	董 祥
郭贯成	胡伍生	黄春霞	贾仁甫
金 江	李 果	李宗琪	刘 桐
刘殿华	刘子彤	龙帮云	王丽艳
王照宇	徐德良	于习法	余丽武
喻 骁	张靖静	张伟郁	张友志
章丛俊	赵冰华	赵才其	赵 玲
赵庆华	周 佶	周桂云	

总前言

国家颁布的《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》指出,“要适应国家和区域经济社会发展需要,不断优化高等教育结构,重点扩大应用型、复合型、技能型人才培养规模”“学生适应社会和就业创业能力不强,创新型、实用型、复合型人才紧缺”。为了更好地适应我国高等教育的改革和发展,满足高等学校对应用型人才的培养模式、培养目标、教学内容和课程体系等的要求,东南大学出版社携手国内部分高等院校组建土木建筑专业应用型本科系列规划教材编审委员会。大家认为,目前适用于应用型人才培养的优秀教材还较少,大部分国家级教材对于培养应用型人才的院校来说起点偏高,难度偏大,内容偏多,且结合工程实践的内容往往偏少。因此,组织一批学术水平较高、实践能力较强、培养应用型人才的教学经验丰富的教师,编写出一套适用于应用型人才培养的教材是十分必要的,这将有力地促进应用型本科教学质量的提高。

经编审委员会商讨,对教材的编写达成如下共识:

一、体例要新颖活泼。学习和借鉴优秀教材特别是国外精品教材的写作思路、写作方法以及章节安排,摒弃传统工科教材知识点设置按部就班、理论讲解枯燥无味的弊端,以清新活泼的风格抓住学生的兴趣点,让教材为学生所用,使学生对教材不会产生畏难情绪。

二、人文知识与科技知识渗透。在教材编写中参考一些人文历史和科技知识,进行一些浅显易懂的类比,使教材更具可读性,改变工科教材艰深古板的面貌。

三、以学生为本。在教材编写过程中,“注重学思结合,注重知行统一,注重因材施教”,充分考虑大学生人才就业市场的发展变化,努力站在学生的角度思考问题,考虑学生对教材的感受,考虑学生的学习动力,力求做到教材贴合学生实际,受教师和学生欢迎。同时,考虑到学生考取相关资格证书的需要,教材中还结合各类职业资格考试编写了相关习题。

四、理论讲解要简明扼要,文例突出应用。在编写过程中,紧扣“应用”两字创特色,紧紧围绕着应用型人才培养的主题,避免一些高深的理论及公式的推导,大力提倡白话文教材,文字表述清晰明了、一目了然,便于学生理解、接受,能激起学生的学习兴趣,提高学习效率。

五、突出先进性、现实性、实用性、操作性。对于知识更新较快的学科,力求将最新最前沿的知识写进教材,并且对未来发展趋势用阅读材料的方式介绍给学生。同时,努力将教学改革最新成果体现在教材中,以学生就业所需的专业知识和操作技能为着眼点,在适度的基础知识与理论体系覆盖下,着重讲解应用型人才培养所需的知识点和关键点,突出实用性和可操作性。

六、强化案例式教学。在编写过程中,有机融入最新的实例资料以及操作性较强的案例素材,并对这些素材资料进行有效的案例分析,提高教材的可读性和实用性,为教师案例教学提供便利。

七、重视实践环节。编写中力求优化知识结构,丰富社会实践,强化能力培养,着力提高学生的学习能力、实践能力、创新能力,注重实践操作的训练,通过实际训练加深对理论知识的理解。在实用性和技巧性强的章节中,设计相关的实践操作案例和练习题。

在教材编写过程中,由于编写者的水平和知识局限,难免存在缺陷与不足,恳请各位读者给予批评斧正,以便教材编审委员会重新审定,再版时进一步提升教材的质量。本套教材以“应用型”定位为出发点,适用于高等院校土木建筑、工程管理等相关专业,高校独立学院、民办院校以及成人教育和网络教育均可使用,也可作为相关专业人士的参考资料。

高等学校土木建筑专业应用型
本科系列规划教材编审委员会

前 言

我国地处世界两大地震带的交会处,是地震多发国家。抗震设防的国土面积约占全国国土面积的 80%。历次大地震的震害表明,工程结构的破坏或倒塌是引起人员伤亡和财产损失的主要原因。因此,对工程结构进行抗震设防,进行减震隔震,提高结构抗震性能,是减轻地震灾害的有效途径。

作者把多年来的工程实践经验和教学经验相结合,同时吸收国内外工程抗震的研究成果,编写了本教材。

本书是面向高等学校土木工程专业的一本专业教材,依据《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)进行编写。书中内容注意深入浅出,力求理论联系实际,书中内容主要分为三大部分:第一部分是地震基本知识、地震作用计算和概念设计;第二部分是抗震设计,包括地基基础抗震设计,混凝土房屋抗震设计,砌体房屋抗震设计,钢结构房屋抗震设计,单层厂房抗震设计,非结构构件抗震设计;第三部分是减震隔震设计。为便于读者学习,主要章节后附有计算实例和思考题。

本书第 1、2 章由扬州大学刘殿华编写,第 3 章由东南大学刘美景编写,第 4、10 章由扬州大学王仪编写,第 5、9 章由中国矿业大学龙帮云编写,第 6 章由南京工程学院曹秀丽编写,第 7 章由中国矿业大学常鸿飞编写,第 8 章由徐州工程学院朱炯编写。全书由龙帮云、刘殿华主编。

由于编者水平有限,书中难免有误漏之处,恳请读者批评指正。

编 者
2011 年 7 月

第 2 版前言

我国地处世界两大地震带的交会处,是地震多发国家。抗震设防的国土面积约占全国国土面积的 80%。历次大地震的震害表明,工程结构的破坏或倒塌是引起人员伤亡和财产损失的主要原因。因此,对工程结构进行抗震设防,进行减震隔震,提高结构抗震性能,是减轻地震灾害的有效途径。

作者把多年来的工程实践经验和教学经验相结合,同时吸收国内外工程抗震的研究成果,编写了本教材。

本书是面向高等学校土木工程专业的一本专业教材,依据《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)进行编写。书中内容注意深入浅出,力求理论联系实际,书中内容主要分为三大部分,第一部分是地震基本知识、地震作用计算和概念设计;第二部分是抗震设计,包括地基基础抗震设计,混凝土房屋抗震设计,砌体房屋抗震设计,钢结构房屋抗震设计,单层厂房抗震设计,非结构构件抗震设计;第三部分是减震隔震设计。为便于读者学习,主要章节后附有计算实例和思考题。

本书是在第 1 版基础上并参照今年相继执行的《中国地震动参数区划图》(GB 18306—2015)和《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010 修订版)内容修订而成,修订过程中基本保留了第 1 版内容和特点,对一些文字上的差错和不妥之处进行了修正;同时根据读者建议增加了隔震实例和对混凝土结构抗震实例进行了扩展和优化。

本书第 2 版由龙帮云修订完成,张恒、谷文汉参与部分工作。

由于编著者水平有限,书中难免有误漏之处,恳请专家和读者继续提出批评和改进意见。

编 者

2017 年 6 月

目 录

1 绪论	1
1.1 地震与地震动	1
1.2 地震震级与地震烈度	4
1.3 地震的破坏作用	7
1.4 工程结构的抗震设防	14
2 场地、地基和基础	18
2.1 场地	18
2.2 天然地基和基础	21
2.3 地基土的液化及抗液化措施	23
2.4 桩基	29
3 结构的地震作用与抗震验算	31
3.1 概述	31
3.2 单自由度弹性体系的水平地震作用	31
3.3 多自由度弹性体系的水平地震作用	40
3.4 结构竖向地震作用计算	48
3.5 结构抗震验算	49
4 结构抗震概念设计	56
4.1 概述	56
4.2 场地的选择	56
4.3 建筑设计的规则性	60
4.4 结构设计的规则性	66
4.5 结构材料和体系的选择	70
4.6 提高结构抗震性能的措施	72
4.7 非结构构件的处理	78
4.8 结构材料与施工质量	79
5 多层及高层钢筋混凝土结构抗震设计	80
5.1 震害及其分析	80
5.2 抗震设计的一般要求	82
5.3 钢筋混凝土框架结构抗震设计	85
5.4 钢筋混凝土框架结构抗震设计实例	100
6 多层砌体房屋和底部框架砌体房屋的抗震设计	117
6.1 多层砌体房屋的震害	117

6.2	多层砌体房屋抗震设计一般规定	120
6.3	多层砌体房屋抗震计算	123
6.4	多层砌体房屋抗震构造措施	130
6.5	多层砌体房屋抗震设计实例	138
6.6	底部框架—抗震墙砌体房屋的抗震设计	142
6.7	底部框架—抗震墙砌体房屋抗震设计实例	151
7	钢结构房屋的抗震设计	156
7.1	钢结构的震害特点	156
7.2	多高层钢结构的抗震体系与布置	161
7.3	多高层钢结构的抗震计算	165
7.4	多高层钢结构的抗震设计	167
7.5	多高层钢结构的抗震构造	171
8	单层厂房抗震设计	177
8.1	震害分析	177
8.2	抗震设计的基本要求	181
8.3	抗震验算	187
8.4	抗震构造措施	202
9	结构控制及隔震、减震设计	207
9.1	概述	207
9.2	房屋隔震设计	208
9.3	房屋消能减震设计	215
9.4	隔震设计实例	219
10	非结构构件抗震设计	226
10.1	概述	226
10.2	抗震计算要求	229
10.3	建筑非结构构件的基本抗震措施	232
10.4	建筑附属机电设备支架的基本抗震措施	233
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	235
附录 B	中国地震烈度表	268
参考文献		271

1 绪论

1.1 地震与地震动

地震是一种自然现象。地震是地球内部能量的突然释放,是地球的快速震颤。据统计,地球每年平均发生 500 万次左右的地震,其中 7 级以上的地震全球平均每年 18~19 次,5~6 级地震每年数百次,仅中国平均每年发生的 5 级以上的地震就有 20~30 次,5 级以下的地震则数以千计,人类时刻在与地震相伴,受到震灾影响。如果强烈地震发生在人类聚居区,就可能造成地震灾害,给人类带来巨大的灾难,造成人类生命财产的巨大损失。为了抵御与减轻地震灾害,有必要进行工程结构的抗震分析与抗震设计。

1.1.1 地震类型与成因

地震可以划分为天然地震和诱发地震两大类。

天然地震包括构造地震和火山地震,前者由地壳构造运动所产生,后者则由火山爆发所引起。比较而言,构造地震发生数量大(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。

诱发地震主要由于人工爆破、矿山开采及重大工程活动(兴建水库)所引发的地震,诱发地震一般不太强烈,只有个别情况(如水库地震)会造成严重的地震灾害。

对于构造地震,其成因有多种学说,这里主要介绍断层说和板块构造说。

从宏观背景上考察,地球是一个平均半径约 6 400 km 的椭圆球体。由外到内可分为三层:最表面的一层是很薄的地壳,平均厚度约为 30 km;中间很厚的一层是地幔,厚度约为 2 900 km;最里面的为地核,其半径约为 3 500 km(图 1-1)。

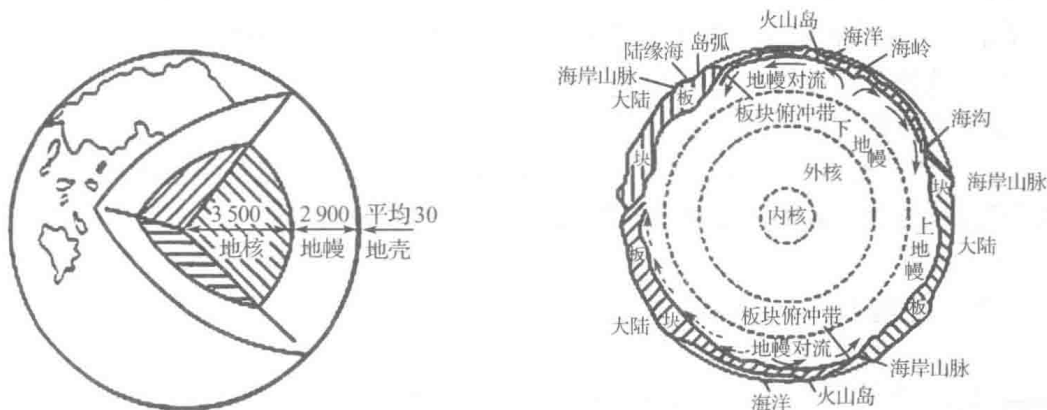


图 1-1 地球的构造(单位:km)

地壳由各种岩层组成。除地面的沉积层外,陆地下面的地壳通常由上部的花岗岩层和下部的玄武岩层构成;海洋下面的地壳一般只有玄武岩层。地壳各处厚薄不一,约为 5~40 km。世界上绝大部分地震都发生在这一薄薄的地壳内。

地幔主要由质地坚硬的橄榄岩组成。由于地球内部放射性物质不断释放热量,地球内部的温度也随深度的增加而升高。从地下 20 km 到地下 700 km,其温度由大约 600℃ 上升到 2 000℃。在这一范围内的地幔中存在着一个厚约几百公里的软流层。由于温度分布不均匀,就发生了地幔内部物质的对流。另外,地球内部的压力也是不平衡的,在地幔上部约为 900 MPa,地幔中间则达 37 万 MPa。地幔内部物质就是在这样的热状态下和不平衡压力作用下缓慢地运动着,这可能是地壳运动的根源。到目前为止,所观察到的最深的地震发生在地下 700 km 左右处,可见地震仅发生在地球的地壳和地幔上部。

地核是地球的核心部分,可分为外核(厚 2 100 km)和内核,其主要构成物质是镍和铁。据推测,外核可能处于液态,而内核可能是固态。

按断层说,地壳是由多种岩层构成的,并且不是静止不动的。在它的运动过程中,始终存在着巨大的能量,而组成地壳的岩层在巨大的能量作用下,也在不停地连续变动,产生变形的地应力。当作用力只能使岩层产生变形,但地应力仍然较小时,岩层尚未丧失其连续完整性,仅仅能够发生褶皱。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,则使该处的岩层产生断裂和错动(图 1-2),而承受应变的岩层在其自身的弹性应力作用下发生回跳,迅速弹回到新的平衡位置。一般情况下,断层两侧弹性回跳的方向是相反的,岩层中原先构造变动过程中积累起来的应变能,在回弹过程中得以释放,并以弹性波的形式传至地面,从而使地面亦随之产生强烈振动,这就是地震。这是按断层说解释构造地震的成因。

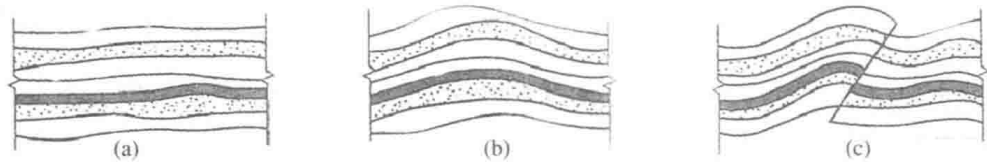


图 1-2 岩层断裂的产生

按板块构造学说,地球表面的最上层是由强度较高的岩石组成的,叫做岩石层,其厚度为 70~100 km;岩石层的下面为强度较低并带有塑性性质的岩流层。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。这些板块由于其下岩流层的对流运动而做刚体运动,从而使板块之间相互挤压和顶撞,致使其边缘附近岩石层发生变形,并使其应变不断增加。当应变达到极限值时,岩石层发生脆性破裂而引发地震。

本章后面所讲的地球上几个主要地震带都处于这些大板块的交界地区。因此,板块构造学说的提出,有助于解释上述地震带的成因。

1.1.2 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并释放能量,这就是地震波。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。地震波是一种弹性波。

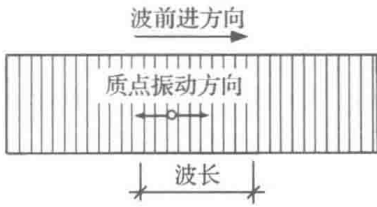
1) 体波

体波中包括纵波和横波两种。

纵波是由震源向外传播的疏密波,其介质质点的振动方向与波的前进方向一致,从而使介质不断地压缩和疏松,故也称为压缩波或疏密波。如在空气中传播的声波就是一种纵波。纵波的特点是周期较短,振幅较小。

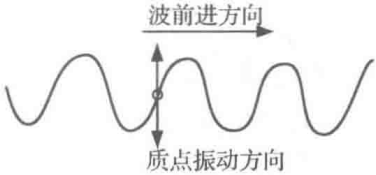
横波是由震源向外传播的剪切波,其介质质点的振动方向与波的前进方向相垂直,亦称为剪切波。横波的周期较长,振幅较大(图 1-3)。

还应指出,横波只能在固体内传播,而纵波在固体和液体内都能传播。



纵波的振动形式

(a) 压缩波



横波的振动形式

(b) 剪切波

图 1-3 体波质点振动形式

根据弹性理论,纵波传播速度 v_p 与横波的传播速度 v_s 可分别按式(1-1)和式(1-2)计算:

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

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

式中: E ——介质的弹性模量;

G ——介质的剪切模量;

ρ ——介质的密度;

μ ——介质的泊松比。

在一般情况下,当 $\mu=0.22$ 时,从式(1-1)和式(1-2)可得

$$v_p = 1.67 v_s \quad (1-3)$$

由此可见,纵波的传播速度要比横波的传播速度快,所以在仪器的观测记录纸上,纵波一般都先于横波到达。因此,通常又把纵波叫做 P 波(即初波),把横波叫做 S 波(即次波)。

2) 面波

面波是体波从基岩传播到上层土时,经分层地质界面的多次反射和折射,在地表面形成两种次生波,即瑞雷波(R 波)和洛夫波(L 波)。

瑞雷波传播时,质点在竖向平面内(xz 平面)做与波前进方向相反的椭圆形运动,而在与该平面垂直的水平方向(y 方向)没有振动,故瑞雷波在地面上呈滚动形式(图 1-4(a))。瑞雷波具有随着距地面深度增加其振幅急剧减小的特性,这可能是地震时地下建筑物比地上建筑物受害较轻的一个原因。

洛夫波传播时将使质点在地平面内做与波前进方向相垂直的水平方向(y 方向)的运动,即在地面上呈蛇形运动形式(图 1-4(b))。洛夫波也随深度而衰减。

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

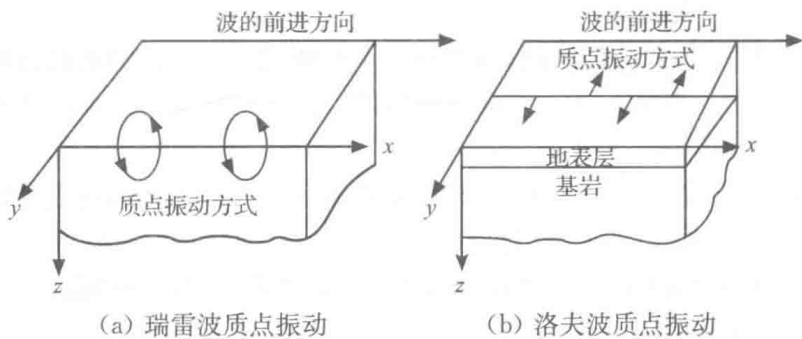


图 1-4 面波质点振动形式

综上所述,地震波的传播以纵波最快,横波次之,面波最慢。所以在任意一地震波的记录图上,纵波总是最先到达,横波次之,面波到达最晚。然而就振幅而言,后者却最大。从图 1-5 中还可看出,在上述 3 种波到达之间有一相对稳定区段,稳定区段的时间间隔则由观测点至震源之间距离的减小而缩短。在震中区,由于震源机制和地面扰动的复杂性,3 种波的波列几乎是难以区分的。

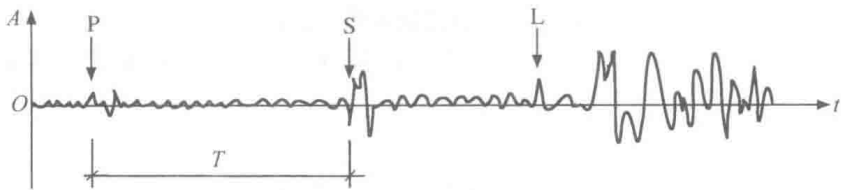


图 1-5 地震波记录图

地震现象表明,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,而面波则使建筑物既产生上下颠簸又产生左右摇晃,一般是在横波和面波都到达时振动最为激烈。由于面波的能量要比体波的能量大,所以造成建筑物和地表的破坏主要以面波为主。

1.2 地震震级与地震烈度

1.2.1 地震震级与烈度

1) 震级

衡量一次地震释放能量大小的尺度,称为震级。地震的震级一般采用里氏震级,用符号 M 表示,它是由里克特(C. F. Richter)在 1935 年首先提出的,即在离震中 100 km 处由 Wood-Anderson 式标准地震仪(摆的自振周期为 0.8 s,阻尼系数 0.8,放大倍数为 2 800)所记录到的最大水平位移 A(单振幅,单位为微米(1 mm=1 000 μm))的常用对数 M:

$$M=\lg A \tag{1-4}$$

当震中距不是 100 km 时,则需按修正公式进行计算:

$$M=\lg A-\lg A_0 \tag{1-5}$$

式中: A_0 ——被选为标准的某一特定地震的最大振幅。

地震震级与地震释放能量有如下经验关系:

$$\lg E=1.5M+11.8 \tag{1-6}$$

式中: E ——地震释放的能量,单位为 erg(尔格)。

由上述关系计算可知,当地震震级相差一级时,地面振动振幅相差约 10 倍,而能量相差近 31.6 倍。一次 6 级地震释放的能量相当于一个 2 万吨级的原子弹。

一般来说, $M<2$ 的地震,人们感觉不到,称为无感地震或微震; $M=2\sim4$ 的地震,称为有感地震; $M>5$ 的地震,对建筑物就会造成不同程度的破坏,统称为破坏性地震; $M>7$ 的地震称为强烈地震或大地震; $M>8$ 级的为特大地震。

到目前为止记录到的最大地震为 1960 年 5 月的智利大地震。这次地震发生在太平洋智利海沟、蒙特港附近海底,影响范围在南北 800 km 长的椭圆内,是世界地震史上一次震级最高、最强烈的地震,震级达 8.9 级(后修订为 9.5 级)。其引发的巨大的海啸,导致数万人死亡和失踪,沿岸的码头全部瘫痪,200 万人无家可归,是世界上影响范围最大,也是最严重的一次海底地震引发的海啸灾难。

2) 地震烈度

地震烈度是指地震时某一地区的地面和各类建筑物遭受到一次地震影响的强弱程度。一次同样大小的地震,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也不相同,故各地区所遭受到的地震影响程度也不同。即一次地震对于不同地区有多个地震烈度。

一般来说,离震中愈近,地震影响愈大,地震烈度愈高;离震中愈远,地震烈度就愈低。此外,震中烈度一般可看作是地震大小和震源深度两者的函数,但对人们生命财产影响最大且发生最多的地震,其震源深度大多在 10~30 km 范围内,因此可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,又有仪器测定的 35 次地震资料,《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:

$$M=0.58 I_0+1.5 \tag{1-7}$$

必要时可参考地震影响面积的大小作适当调整。表 1-1 给出了震源深度为 10~30 km 时,震级 M 与烈度 I_0 的大致对应关系。

表 1-1 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

为评定地震烈度,需要建立一个标准,这个标准就称为地震烈度表。它是以描述震害宏观想象为主的,即根据建筑物的破坏程度、地貌变化特征、地震时人的感觉、家具等物体的反应等方面进行区分。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有差异,加上各国建筑情况及地表条件的不同,各国所制定的烈度表也不同。现在,除了日

本采用从 0 度到 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成 12 度的地震烈度表。目前,我国采用的是 2008 年公布的 GB/T 17742—2008《中国地震烈度表》(见附录 B)。

- 3) 地震基本烈度
- (1) 我国 1990 年地震烈度区划图标明的是指该地区在 50 年期限内,一般场地条件下,可能遭遇超越概率为 10%的地震烈度。

(2) 与地震烈度相应的为《中国地震动参数区划图》(GB 18306—2015)提出的与地震动峰值加速度分区对应的烈度值。

1.2.2 地震烈度区划与地震影响

地震区划是指根据历史地震、地震地质构造和地震观测等资料,在地图上按地震情况的差异划出不同的区域。我国采用按地震动参数,即地震动峰值加速度和地震动反应谱特征周期编制了《中国地震动参数区划图》(GB 18306—2015),作为确定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的依据。

在抗震设计时,建筑所在地区遭受的地震影响,用相应于设防烈度的设计基本地震加速度和特征周期或《建筑抗震设计规范》规定的设计地震动参数来表征。

抗震设防烈度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,一般情况下取基本烈度。抗震设防烈度还需根据建筑物所在城市的大小,建筑物的类别、高度以及当地的抗震设防分区规划进行确定。

设计基本地震加速度为上述区划图中的地震动峰值加速度,相应于设防烈度的设计基本地震加速度见表 1-2。设计基本地震加速度为 0.15 g 和 0.30 g 地区内的建筑,除《建筑抗震设计规范》另有规定外,应分别按抗震设防烈度 7 度和 8 度的要求进行抗震设计。

表 1-2 抗震设防烈度和设计基本地震加速度值的对应关系

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:表中 g 为重力加速度,单位为 m/s²。

建筑的设计特征周期应根据其所在地的设计地震分组和场地类别确定。设计地震分组共分 3 组,用以体现震级和震中距的影响。我国部分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见附录 A。

1.2.3 地震的常用术语

地震的常用术语有以下几个方面(图 1-6):

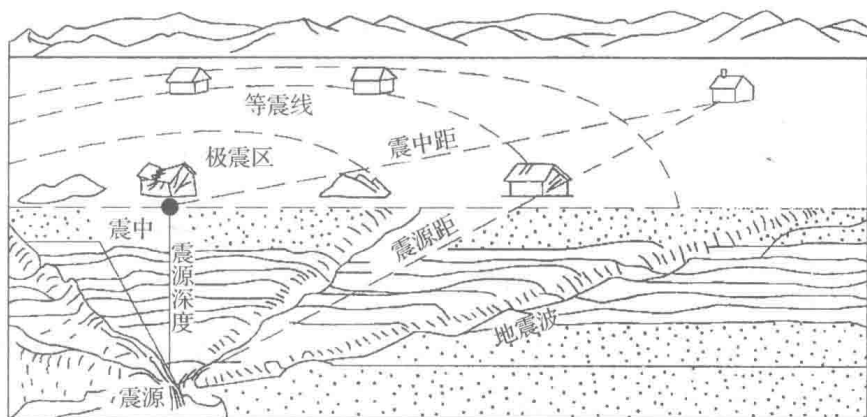


图 1-6 地震的常用术语

1) 描述地震空间位置的有关概念

震源:地球内部发生破裂引起震动的部位。

震源深度:将震源视为一点,此点到地面的垂直距离,称为震源深度。

震中:震源断错始发点或震源最大能量释放区在地表的垂直投影点。分为仪器震中和宏观震中。

极震区:地面上受破坏最严重的地区,称为宏观震中。

震中距:从震中到地面上任何一点,沿地球表面所量得的距离。

等震线:同一地震中,地震烈度等值线。

极震区:一次地震破坏或影响最重的区域。

2) 地震系列

任何一个大地震发生,通常都有一系列地震相伴随发生,即为地震系列。

主震:地震系列中最大的一次地震(一般释放的能量占全系列的 90% 以上)。

前震:主震前的一系列小地震。

余震:主震后的一系列地震。

主震型:有突出主震的地震序列。

震群型:没有突出的主震,主要能量通过多次震级相近的地震释放出来。

孤立型:只有极少前震或余震,地震能量基本上通过主震一次释放出来。

3) 描述地震的基本参数

描述地震的基本参数有发震时刻、震中位置、震级、震源深度,其中时间、地点、震级亦为表述一次地震的三要素。

1.3 地震的破坏作用

1.3.1 地震的分布

地震具有一定的时空分布规律。从时间上看,地震有活跃期和平静期交替出现的周期