

普通高等教育“十二五”土木工程系列规划教材

建筑 抗震设计

● 张延年 主编

EDUCATION



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十二五”土木工程系列规划教材

建筑抗震设计

主 编 张延年

副主编 吴 猷 崔熙光 董锦坤

参 编 刘 明 王 强 王广林

张景玮 孙巍巍

主 审 李宏男

机械工业出版社

本书按《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)编写,主要阐述建筑抗震设计理论与方法。全书共分九章,包括地震与抗震概论、建筑场地与地基基础、地震作用与结构抗震验算、结构弹塑性地震反应分析、混凝土结构房屋抗震设计、砌体结构房屋抗震设计、钢结构房屋抗震设计、单层厂房抗震设计和隔震与消能减震设计。为便于学习每章均给出学习要点和习题。

本书可作为高等院校土木工程专业的教材,也可作为从事工程结构设计与施工技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑抗震设计 / 张延年主编. —北京:机械工业出版社, 2011. 6

普通高等教育“十二五”土木工程系列规划教材

ISBN 978-7-111-33737-9

I. ①建… II. ①张… 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(2011)第041546号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:马军平 责任编辑:马军平 邓海平

版式设计:霍永明 责任校对:樊钟英

封面设计:张静 责任印制:乔宇

三河市国英印务有限公司印刷

2011年6月第1版第1次印刷

184mm×260mm·22印张·540千字

标准书号:ISBN 978-7-111-33737-9

定价:44.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

普通高等教育“十二五”土木工程系列规划教材 编委会

- 主任委员：姜忻良 天津大学 教授、博导
- 副主任委员：张向东 辽宁工程技术大学 教授、博导
- 李自林 天津城市建设学院 教授、博导
- 委 员：李 珠 太原理工大学 教授、博导
- 魏连雨 河北工业大学 教授、博导
- 王成华 天津大学 教授
- 李 斌 内蒙古科技大学 教授
- 赵根田 内蒙古科技大学 教授
- 胡启平 河北工程技术大学 教授
- 张瑞云 石家庄铁道学院 教授
- 段树金 石家庄铁道学院 教授
- 段敬民 天津城市建设学院 教授
- 张敏江 沈阳建筑大学 教授
- 徐世法 北京建筑工程学院 教授
- 曹启坤 辽宁工程技术大学 教授
- 张泽平 太原理工大学 教授

前 言

地震灾害具有突发性和毁灭性,严重威胁着人类生命和财产的安全。我国处于世界最活跃的两个地震带上,是遭受地震灾害最严重的国家之一,近100年来因地震死亡的人数超过全球的一半,经济损失也十分巨大。地震中建筑物的大量破坏与倒塌,是造成地震灾害的直接原因。因此,科学地建造房屋,提高其抗震能力是减轻震害的最有效措施。

5.12汶川地震以来,国家出台了一系列政策措施,对抗震减灾工作起到了指导性的作用。《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)从2010年12月1日起实施。主要修订内容有:调整了场地土液化判别的深度范围和判别公式,并增补了软弱黏性土层的震陷判别方法及相应的处理对策;改进了地震影响系数曲线(反应谱)的阻尼调整系数和形状参数,补充完善了竖向地震作用的计算方法,并补充了竖向地震影响系数取值的规定;修改了框架-抗震墙结构剪力调整系数以及与“强柱弱梁、强剪弱弯”原则有关的框架内力调整等相关规定,补充了框架结构楼梯间的设计要求;修改了多层砌体房屋层数和高度限值、抗震横墙间距、底部框架-抗震墙房屋的结构布置、墙体抗剪承载力验算、构造柱布置、圈梁设置、楼屋盖预制板的连接要求、楼梯间的构造要求等规定;修改了钢结构阻尼比取值、承载力抗震调整系数、地震作用下内力和变形分析等相关规定,增加了关于钢结构房屋抗震等级的规定,并补充了相应的抗震措施要求;调整了隔震和消能减震房屋的适用范围,修改了水平减震系数的定义及相应的计算和构造要求、以及消能部件性能检验要求等规定;增加了建筑抗震性能设计的原则规定、大跨屋盖结构、地下建筑结构等,同时,给出了钢支撑-混凝土框架和钢框架-钢筋混凝土核心筒结构房屋以及多层工业厂房的抗震设计要求;取消了内框架砖房。

为了配合新规范的颁布执行和适应建筑抗震设计思想与方法的不断发展,结合多年在地震工程及工程抗震方面教学与科研实践,并吸取了工程抗震方面的最新研究成果和汶川地震的经验教训,按新规范编写本教材。

本书以学科的基本理论、基本知识为核心内容,并反映了科研新成果和发展趋势,帮助学生和 design 人员获得最新知识,并能在实践中应用。全书共分9章,分别介绍了地震与抗震概论、建筑场地与地基基础、地震作用与结构抗震验算、结构弹塑性地震反应分析、混凝土结构房屋抗震设计、砌体结构房屋抗震设计、钢结构房屋抗震设计、单层厂房抗震设计和隔震与消能减震设计。为了便于读者理解和掌握实际技能,每章之首列出“学习要点”,并分为掌握、理解与了解三个层次。各章后设有习题,帮助读者复习该章内容,加深对所学知识的理解。本书注重知识与技能的结合,适应从知识型向能力型发展的需要,在内容上尽可能结合实际,突出规范的作用。

本书由张延年任主编,吴献、崔熙光、董锦坤任副主编。具体编写分工如下:第1章由张延年执笔,第2章由刘明执笔,第3章由王强、王广林、孙巍巍共同执笔,第4章由张延年执笔,第5章由吴献执笔,第6章由崔熙光执笔,第7章由董锦坤执笔,第8章由张景玮执笔,第9章由张延年执笔,全书由张延年统稿。大连理工大学李宏男教授审阅了书稿,并提

出了许多有建设性的意见和建议，在此深表感谢。另外，研究生刘宁、卢珍、马良、单春红、田芑和杨光帮助整理了书稿，对他们为本书所做的工作表示感谢。

由于作者水平有限，书中不当或错误之处，敬请读者批评指正（zyntiger@163.com）。

编者

目 录

前言

第 1 章 地震与抗震概论	1	第 4 章 结构弹塑性地震反应分析	97
1.1 地震	1	4.1 概述	97
1.2 地震灾害概况	8	4.2 恢复力模型	100
1.3 地震破坏作用	11	4.3 动力弹塑性分析	105
1.4 地震地面运动的一般特征	15	4.4 静力弹塑性分析	119
1.5 地震震级和地震烈度	17	习题	125
1.6 抗震设防	20	第 5 章 混凝土结构房屋抗震设计	126
1.7 抗震概念设计	24	5.1 震害及其分析	126
习题	36	5.2 一般要求	131
第 2 章 建筑场地与地基基础	40	5.3 框架结构房屋的抗震设计	137
2.1 概述	40	5.4 抗震墙结构房屋的抗震设计	162
2.2 工程地质条件对震害的影响	40	5.5 框架-抗震墙结构房屋的抗震设计	169
2.3 场地	42	习题	188
2.4 地基基础抗震验算	45	第 6 章 砌体结构房屋抗震设计	193
2.5 地基液化	47	6.1 震害及其分析	194
2.6 桩基抗震设计	53	6.2 一般要求	200
习题	55	6.3 砌体结构房屋的抗震设计	204
第 3 章 地震作用与结构抗震验算	58	6.4 砌体结构房屋抗震构造措施	212
3.1 概述	58	6.5 砌体结构房屋抗震计算实例	218
3.2 单自由度弹性体系的地震反应	59	习题	222
3.3 单自由度弹性体系的地震作用计算的反应谱法	62	第 7 章 钢结构房屋抗震设计	226
3.4 多自由度弹性体系的水平地震反应	69	7.1 震害及其分析	227
3.5 振型分解反应谱法	75	7.2 一般要求	233
3.6 底部剪力法	77	7.3 钢结构房屋抗震设计	235
3.7 结构基本周期的近似计算	79	7.4 钢结构抗震构造措施	245
3.8 平动扭转耦联振动时结构的抗震计算	83	习题	250
3.9 竖向地震作用计算	86	第 8 章 单层厂房抗震设计	252
3.10 结构抗震验算	88	8.1 震害分析	252
		8.2 一般要求	256

8.3 单层厂房抗震计算	259	9.4 消能减震设计	306
8.4 构造要求	270	习题	319
习题	275	附录	321
第9章 隔震与消能减震设计	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	321
9.1 土木工程结构振动控制概述	277	附录 B D 值法计算用表	335
9.2 一般要求	285	参考文献	340
9.3 隔震设计	287		

第 1 章 地震与抗震概论

学习要点：了解地震基本知识和震害，掌握地震波、震级和地震烈度等概念，掌握建筑抗震设防分类标准，领会建筑抗震概念设计思想，深刻理解三水准设防目标和两阶段设计方法。破坏性地震是一种自然灾害，目前，地震及工程结构所受到的地震作用还有许多规律未被认识。房屋建筑的抗震设计，只能以现有的科学水平和经济条件为前提，努力减轻地震造成的破坏，避免人员伤亡，减少经济损失。因此，合理地确定抗震设防目标、抗震设防依据和抗震设防标准，是由国家防震减灾的总政策所决定的。

1.1 地震

地震是地球内部介质局部发生急剧破裂，产生的震波，从而在一定范围内引起地面震动的现象。它就像海啸、龙卷风、冰冻灾害一样，是地球上经常发生的一种自然灾害。大地震动是地震最直观、最普遍的表现。地震是极其频繁的，全球每年发生地震约 550 万次，其中约 5 万次人们可以感觉到，可能造成破坏的约有 1000 次；7 级以上的大地震，平均每年有十几次。

1.1.1 地震成因

地震分为诱发地震和天然地震两大类。

在特定的地区因某种地壳外界因素诱发而引起的地震，称为诱发地震（Induced earthquake）。这些外界因素可以是地下核爆炸、陨石坠落、油井灌水等，其中最常见的是水库地震。水库蓄水后改变了地面的应力状态，且水渗透到已有的断层中，起到润滑和腐蚀作用，促使断层产生新的滑动。但是，并不是所有的水库蓄水后都会发生水库地震，只有当库区存在活动断裂、岩性刚硬等条件时，才有诱发的可能性。

水库蓄水，石油和天然气、盐卤、地下热（汽）储的开发，废液处理和油田开采中的深井注水，钻进过程中的井漏，矿山抽、排水，固体矿床的开采和地下核爆炸等工程活动都可能诱发地震。按诱发因素可分为水（或其他流体）引起的诱发地震和非水诱发地震两类。前者主要是由于水的参与，改变了应力条件和降低了岩体结构面的摩擦强度而发震。后者是由于工程活动改变了地壳表层的应力分布，在某些应力集中部位发生破坏而引起地震。在各种诱发地震中，水库诱发地震的震例最多，震害最重；其次是抽、注液诱发的地震和采矿诱发的地震。

水库诱发地震早在 20 世纪 30 年代就有发现。全世界已知有近百个水库蓄水后诱发了地震，其中我国有十几个。水库诱发地震在时空上与水库水位升降密切相关。一般蓄水后不久即开始出现微震。水库水位急剧上升至以前尚未达到过的新高程时，往往爆发地震。有时水位的骤然下降也会引发震群和较强地震。地震活动高潮或强烈的地震一般出现在水库达到最

高水位的最初一、二个蓄水周期的高水位季节。随着时间的推移,地震活动逐渐趋于衰减。有些水库地震可延续数十年。水库诱发地震仅局限于水库周围几公里范围内,震中常出现在水库的峡谷或基岩裸露地段,震源深度极浅,从几公里至近地表。水库诱发地震的原因和发震机制还在探讨中。最早认为,水库蓄水后,水体作为一种附加载荷或由于它引起的地壳变形,可能导致原来已处于不稳定临界状态的断裂重新活动而诱发地震。经过计算和实际观测,表明这种附加载荷和引起的变形量级太小。随着注水诱发地震的现场试验和室内岩石力学的研究,人们趋向于认为库水的渗漏和水力扩散(传递)也许是诱发地震的主要原因。由于这些作用,增高了结构面间的孔(裂)隙水压力,减小了有效应力;同时弱化了结构面间的物质,从而大大降低了结构面上的摩擦强度,使岩体失稳而产生地震。

据统计,已知的诱发地震最高震级:水库诱发地震为6.5级,1962年3月19日在广东河源新丰江水库坝区发生了迄今我国最大的水库诱发地震,震级为6.1级。抽、注液诱发地震为5.5级,采矿和地下核爆炸诱发的地震为5级左右。由于震源浅,地震的地面效应比较强烈。极小地震即可有感,并伴有地声。破坏性诱发地震的地面运动特点是振动周期短、振动垂直分量大而持续时间不长。

天然地震主要有构造地震、火山地震和陷落地震等。

构造地震是由地壳(或岩石圈)发生断层而引起,其成因是地震学科中的一个重大课题。现在比较流行的是大家普遍认同的板块构造学说。1965年加拿大著名地球物理学家威尔逊首先提出“板块”概念,1968年法国人把全球岩石圈划分成6大板块,即欧亚、太平洋、美洲、印度洋、非洲和南极洲板块(见图1-1)。随着研究的深入,全球板块的划分也在不断进行微调,从早期的6大板块,到后来的8大板块、14个小板块。板块有如一条传送带,在发生于地球内部的热对流的带动下运动。大洋中脊是软流层物质从下往上升的地方,板块在此处发生互相分开的运动;而在俯冲带,造成了一个板块冲到另一个板块底下去的一种运动(见图1-2)。板块与板块的交界处,是地壳活动比较活跃的地带,也是火山、地震较为集中的地带。地壳(或岩石圈)在构造运动中发生形变,当变形超出岩石的承受能力,岩石就发生断裂(见图1-3),在构造运动中长期积累的能量迅速释放,造成岩石振动,从而形成地震,波及范围大,破坏性很大。世界上90%以上的地震、几乎所有的破坏性地震属于构造地震。

火山地震是由火山活动引起的地震。火山在其活动过程中,岩浆冲破围岩引起震动。这类地震可产生在火山喷发的前夕,亦可在火山喷发的同时。火山地震为数不多,只占地震总数的7%。其特点是震源常限于火山活动地带,一般深度不超过10公里的浅源地震,震级较大,多属于没有主震的震群型,影响范围小。

陷落地震是由于岩层大规模崩塌或陷落而引起的地震。这种地震为数很少,只占地震总数的3%左右,一般震级较小,影响范围不大,地震能量主要来自重力作用。陷落地震主要发生在石灰岩或其他易溶岩石地区,由于地下溶洞不断扩大,洞顶崩塌,引起震动。矿洞塌陷或大规模山崩、滑坡等亦可导致这类地震发生。

各类型地震中,构造地震分布最广,危害最大,发生次数最多。其他地震发生的几率很少,且危害影响也较小。因此,在地震工程学中主要的研究对象是构造地震。在建筑抗震设防中所指的地震就是构造地震,通常简称为地震。

世界六大板块分布

1:250000000
0 2500 5000km

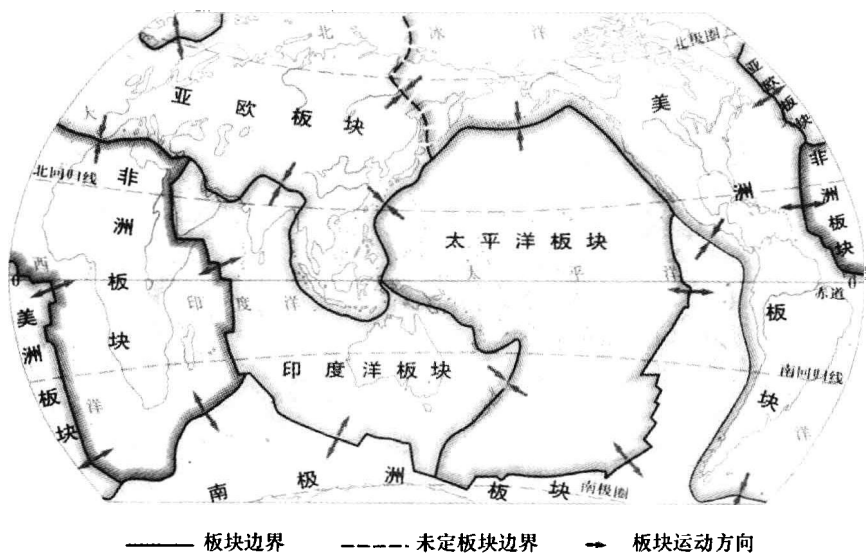


图 1-1 板块分布图

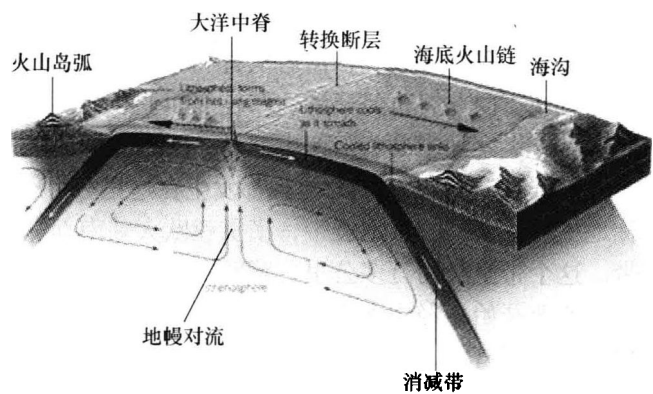


图 1-2 板块构造

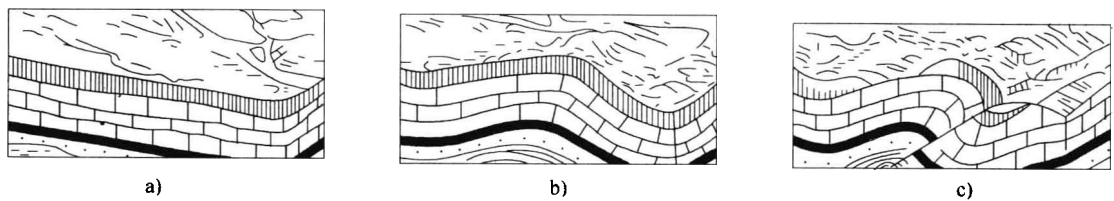


图 1-3 岩层的变形与断裂

a) 岩层的原始状态 b) 受力发生弯曲 c) 岩层破裂发生振动

1.1.2 地震分布

从世界范围看,地震主要集中于三大地震带(见图1-4):环太平洋地震带、欧亚地震带、洋中脊地震带。

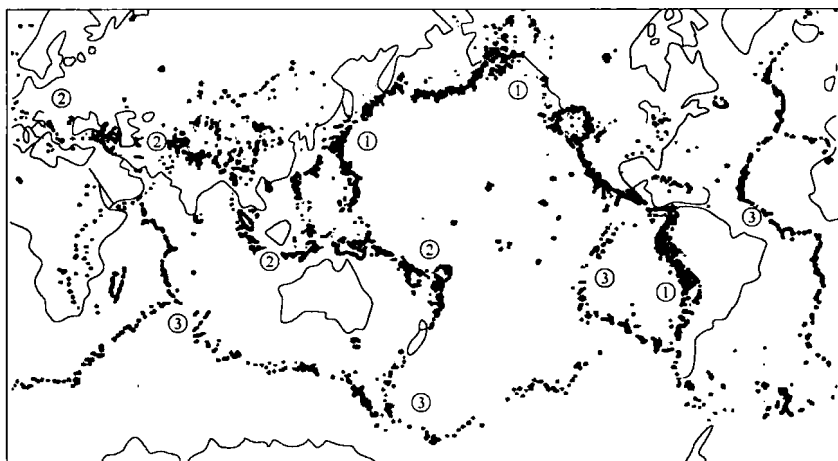


图 1-4 世界地震带分布图

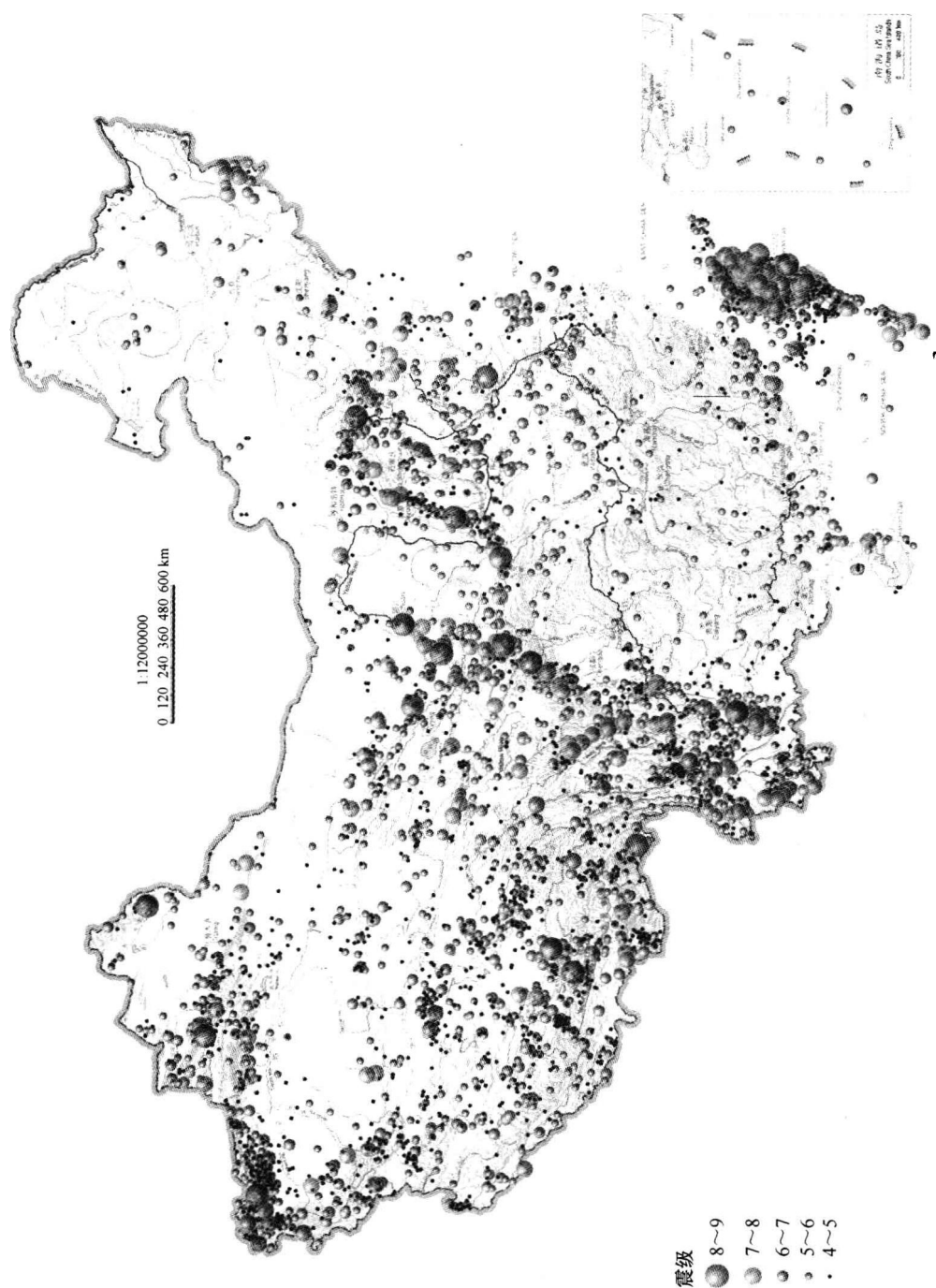
①—环太平洋地震带 ②—欧亚地震带 ③—洋中脊地震带

环太平洋地震带是地球上最主要的地震带,它像一个巨大的环,围绕着太平洋分布,沿北美洲太平洋东岸的美国阿拉斯加向南,经加拿大本部、美国加利福尼亚和墨西哥西部地区,到达南美洲的哥伦比亚、秘鲁和智利,然后从智利转向西,穿过太平洋抵达大洋洲东边界附近,在新西兰东部海域折向北,再经斐济、印度尼西亚、菲律宾、我国台湾省、琉球群岛、日本列岛、千岛群岛、堪察加半岛、阿留申群岛,回到美国的阿拉斯加,环绕太平洋一周,也把大陆和海洋分隔开来,约有 80% 的地震都发生在这里。

欧亚地震带又称地中海—喜马拉雅地震带,横贯亚欧大陆南部、非洲西北部地震带,它是全球第二大地震带。这个带全长两万多公里,跨欧、亚、非三大洲。欧亚地震带主要分布于欧亚大陆,从印度尼西亚开始,经中南半岛西部和我国的云、贵、川、青、藏地区,以及印度、巴基斯坦、尼泊尔、阿富汗、伊朗、土耳其到地中海北岸,一直还伸到大西洋的亚速尔群岛。横贯欧亚两洲及涉及非洲地区。其中一部分从堪察加开始,越过中亚,另一部分则从印度尼西亚开始,越过喜马拉雅山脉,它们在帕米尔会合,然后向西伸入伊朗、土耳其和地中海地区,再出亚速海。欧亚地震带所释放的地震能量约占全球地震总能量的 15%,主要是浅源地震和中源地震,缺乏深源地震。

洋中脊地震带是沿着洋中脊轴部分布的地震带。其宽度较窄而延伸很长,震源较浅,震级很少超过 6 级,具有火山地震性质。在大西洋中脊、印度洋中脊和东太平洋洋隆上都有浅源地震带分布。洋中脊地震带所释放的地震能量约占全球地震总能量的 5%。

我国位于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,地震断裂带十分发育。图 1-5 所示为我国地震震中分布图。我国地震活动呈现频度高、强度大、分布广、震源浅的特点,是世界上遭受地震灾害最严重的国家之一。首先,频



度高。近 100 年来,全国共发生 5 级以上地震 3000 余次,6 级以上地震 800 余次,其中 8 级和 8 级以上的地震 11 次。其次,强度大。自公元前 1831 年有记载以来,发生在我国大陆的 8 级以上地震达 19 次。21 世纪以来,全球发生 13 次 8 级以上特大地震,发生在我国大陆的有 2 次。分别为 2001 年昆仑山 8.1 级和 2008 年汶川 8 级地震。再次,分布广。我国所有的省份都发生过 5 级以上地震。其中 31 个省(市、区)发生过 6 级以上地震,19 个省(市、区)发生过 7 级以上地震。最后,震源浅。我国大陆地区 95% 的地震震源深度都在 40km 以内,尤其是东部地区,一般在 10~20km,震源越浅,造成地表的破坏越严重。

我国地震主要分布在五个区域:

- 1) 西南地震区,主要包括西藏、四川西部和云南中西部。
- 2) 华北地震区,主要包括太行山两侧、汾渭河谷、阴山—燕山一带、山东中部和渤海湾。
- 3) 西北地震区,主要包括甘肃河西走廊、青海、宁夏、天山南北麓。
- 4) 台湾地震区,主要包括台湾省及其附近海域。
- 5) 东南沿海地震区,主要包括广东、福建等地。

西南地震区是我国最大的一个地震区,也是地震活动最强烈、大地震频繁发生的地区。据统计,该地区 8 级以上地震发生过 9 次,7~7.9 级地震发生过 78 次,均居全国之首。华北地震区的地震强度和频度位居全国第二。据统计,该地区有据可查的 8 级地震曾发生过 5 次;7~7.9 级地震曾发生过 18 次。西北地震区和台湾地震区也都曾发生过 8 级以上地震。东南沿海地震区历史上曾发生过 1604 年福建泉州 8.0 级地震和 1605 年广东琼山 7.5 级地震。此后的 300 多年间,无显著破坏性地震发生。

1.1.3 地震基本知识

地震开始发生的地方叫**震源**(Earthquake focus)(见图 1-6),是指岩层断裂、错动的部位。震源正上方的地面位置称为**震中**(Epicenter),震中附近的地区称为**震中区**(Epicentral area)。震中至震源的垂直距离为**震源深度**(Focal depth)。地面某处到震中的距离称为**震中距**(Epicentral distance)。

地震引起的震动以波的形式从震源向各个方向传播,这就是**地震波**(Seismic wave)。在地球内部传播的波称为**体波**(Body wave),而沿地球表面传播的波叫做**面波**(Surface wave)。

体波中包括纵波和横波两种(见图 1-7)。**纵波**(Longitudinal wave)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。**横波**(Transverse wave)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,亦称**剪切波**。横波的周期较长,振幅较大。

由于地球的层状构造特点,体波通过分层介质时,将会在界面上反复发生反射和折射。当体波经过地层界面多次反射、折射后,投射到地面时,又激起两种仅沿地面传播的面波,它们是瑞雷波和洛夫波。**瑞雷波**(Rayleigh wave)传播时(见图 1-8a),质点在波的传播方向和地表面法向所组成的平面内作与波前进方向相反的椭圆运动,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。瑞雷波具有随着距地面深度增加而振幅急剧

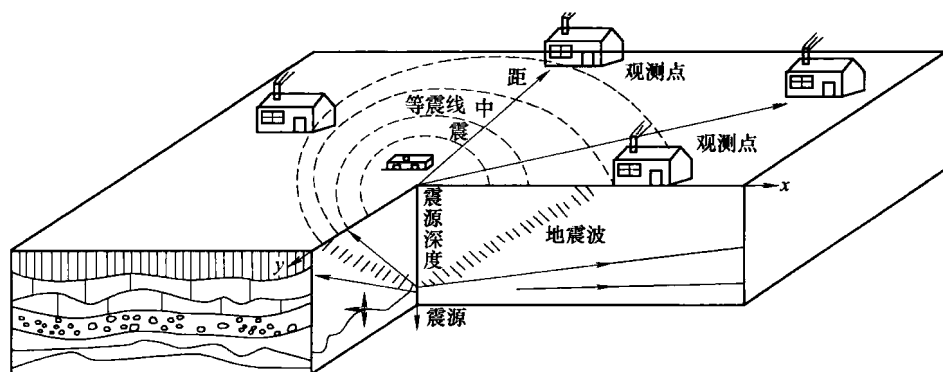


图 1-6 地震术语示意图

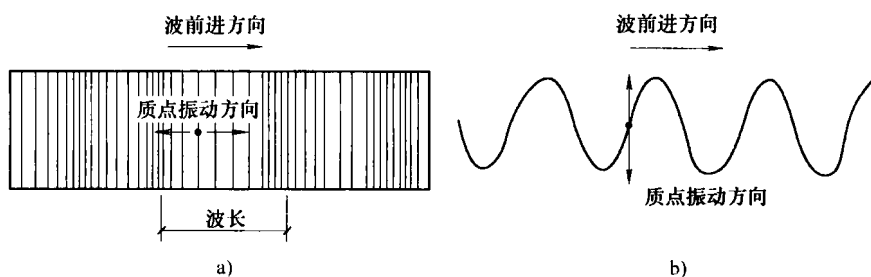


图 1-7 体波振动形式

a) 纵波 b) 横波

减小的特性,这可能就是在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 (Love wave) 传播时 (见图 1-8b), 质点在地平面内做与波前进方向相垂直的运动, 即在地面上呈现蛇形运动。洛夫波也随深度而衰减。面波的传播速度约为剪切波传播速度的 90%。面波振幅大而周期长, 只在地表附近传播, 比体波衰减慢, 故能传到很远的地方。

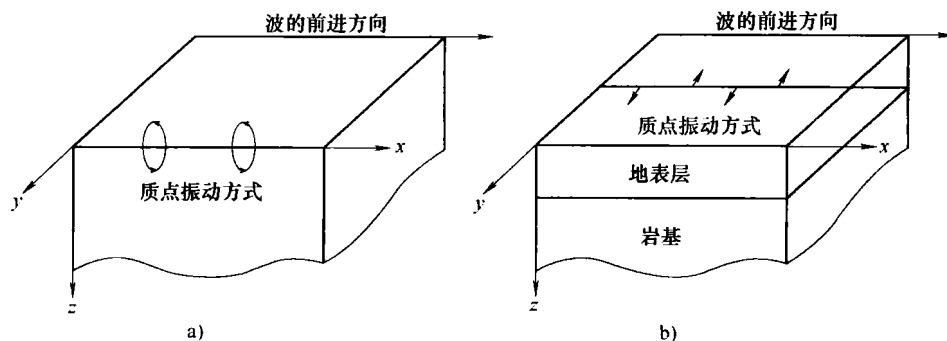


图 1-8 面波振动形式

a) 瑞雷波 b) 洛夫波

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。一般是在剪切波和面波都到达时震动最为激烈。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。

地震按震源的深浅,可分为**浅源地震** (Shallow - focus earthquake) (震源深度小于 60km)、**中源地震** (Intermediate - focus earthquake) (震源深度为 60 ~ 300km) 和**深源地震** (deep - focus earthquake) (震源深度大于 300km)。一般来说,浅源地震造成的危害最大,发生的数量也最多,约占世界地震总数的 85%。当震源深度超过 100km 时,地震释放的能量在传播到地面的过程中大部分被损失掉,故通常不会在地面上造成震害。目前有记录的最深震源达 720km。浅源地震波及范围小,但破坏力大;深源地震波及范围大,但破坏力小。2002 年 6 月 29 日发生于吉林的 7.2 级地震,震源深度为 540km,无破坏。1960 年 2 月 29 日发生于摩洛哥艾加迪尔城的 5.8 级地震,震源深度为 3km。震中破坏极为严重,但破坏仅局限在震中 8km 范围内。

一般把一次强震发生前后一定时间内 (几天、几个月或几年) 发生的大小地震按时间排列起来称为一个**地震序列** (Seismic sequence),并根据各个地震序列中大小地震比例关系、能量释放特征等,将地震序列划分为**主震型**、**震群型**和**孤立型** (单发型) 等三个类型。**主震型**的最大特点是主震震级突出,主震和最大前震、最大余震的震级相差显著。主震的震级高,主震释放的能量占全地震序列的 90% 以上。**震群型**最大特点是没有突出的主震,主要能量是通过多次震级相近的地震释放出来的;前震、余震和主震震级较接近,一般相差在 1 级以内。**孤立型**的主要特点前震和余震少而小,且与主震震级相差极大。

1.2 地震灾害概况

人类把地震灾害视为最可怕的自然灾害之一。地震的发生是不能预知的,它的突然袭击轻者影响人类的正常生产、生活,重者造成人类生命、财产的巨大损失。一次突发性的大地震往往在短短的几分钟乃至几秒钟可令一座繁荣、美丽的城市变成一片废墟,成片房屋倒塌,交通通信、供水供电等生命线中断,并可能引发火灾、疾病等次生灾害,城市瘫痪,社会长期动荡不安,并造成巨大的经济损失和人员伤亡。惨重的地震灾害,给人类带来了不幸,也为后人抵御地震、考察地震灾害提供了大量的资料。

1.2.1 我国地震灾害

据统计,20 世纪,我国死于地震的人数达 55 万之多,占全球地震死亡人数的 53%;因地震造成死亡的人数,占国内所有自然灾害包括洪水、山火、泥石流、滑坡等总人数的 54%;全球发生的两次导致 20 万人死亡的强烈地震也都发生在我国,一次是 1920 年宁夏海原地震,造成 23 万多人死亡;一次是 1976 年河北唐山地震,造成 24 万多人死亡。表 1-1 为近 100 年我国部分地震死亡人数。

表 1-1 近 100 年我国部分地震死亡人数

时间	地点	震级	死亡人数
1917 年 7 月 31 日	云南大关	6.5	1069
1920 年 12 月 16 日	宁夏海原	8.5	234117
1925 年 3 月 16 日	云南大理	7.0	3600
1927 年 5 月 23 日	甘肃古浪	8.0	41000

(续)

时间	地点	震级	死亡人数
1932年12月26日	甘肃昌马堡	7.6	70000
1933年8月25日	四川叠溪镇	7.5	20000
1935年4月21日	台湾新竹、台中	7.1	3185
1937年8月1日	山东菏泽	7.0	3350
1950年8月15日	西藏察隅	8.6	4000
1966年3月8日	河北隆尧	6.8	8064
1970年1月5日	云南通海	7.7	15621
1974年5月11日	云南大关	7.1	1423
1975年2月4日	辽宁海城	7.3	1328
1976年7月28日	河北唐山	7.8	24.2万
1999年9月21日	台湾集集	7.3	2378
2008年5月12日	四川汶川	8.0	87148
2010年4月14日	青海玉树	7.1	2968

1920年12月16日夜,宁夏海源地区发生8.5级地震,方圆300里的广大地区均遭波及。自泾州以西至会宁,海源以南至秦州,大半个我国都有震感,极震区的烈度为12度。世界上96个地震台都记录了这次地震,日本东京地震仪还记录了这次地震绕地球两圈的地震波,时称“环球大震”。海原地震不仅是我国、也是世界史上的大地震之一,堪称人类历史上的一次大劫难。天明时分,余震不断,北风呼号,灰尘弥漫,4座城市化为废墟,死亡人数达23.4万。余震一直持续到1923年,时间之长极为罕见。

1976年7月28日,河北唐山发生7.8级地震。地震的震中位置位于唐山市区。这是我国历史上一次罕见的城市地震灾害。顷刻之间,一个百万人口的城市化为一片瓦砾,人民生命及财产遭到惨重损失。地震破坏范围超过3万 km^2 ,有感范围广达14个省、市、自治区,相当于全国面积的1/3。地震发生在深夜,市区80%的人来不及反应,被埋在瓦砾之下。极震区包括京山铁路南北两侧的47 km^2 。区内所有的建筑物均几乎都荡然无存。一条长8 km 、宽30 m 的地裂缝带,横切围墙、房屋和道路、水渠。震区及其周围地区,出现大量的裂缝带、喷水冒沙、井喷、重力崩塌、滚石、边坡崩塌、地滑、地基沉陷、岩溶洞陷落以及采空区坍塌等。市区被埋压的60万人中有30万人自救脱险,地震共造成24.2万人死亡,16.4万人受重伤;毁坏公产房屋1479万 m^2 ,倒塌民房530万间。全市供水、供电、通信、交通等生命线工程全部破坏,所有工矿全部停产,所有医院和医疗设施全部破坏。地震时行驶的7列客货车和油罐车脱轨。蓟运河、滦河上的两座大型公路桥梁塌落,切断了唐山与天津和关外的公路交通。市区供水管网和水厂建筑物、构筑物、水源井破坏严重。三座大型水库和两座中型水库的大坝滑塌开裂,防浪墙倒塌。410座小型水库中的240座震坏。6万眼机井淤沙,井管错断,占总数的67%。沙压耕地达3.3万 hm^2 ,咸水淹地4.7万 hm^2 。毁坏农业机具5.5万余台(件)。砸死大牲畜3.6万头,猪44.2万头。唐山市及附近重灾区环境卫生急剧恶化,肠道传染病患病尤为突出。

2008年5月12日,在四川汶川发生8.0级地震。破坏地区超过10万 km^2 ,极震区烈度