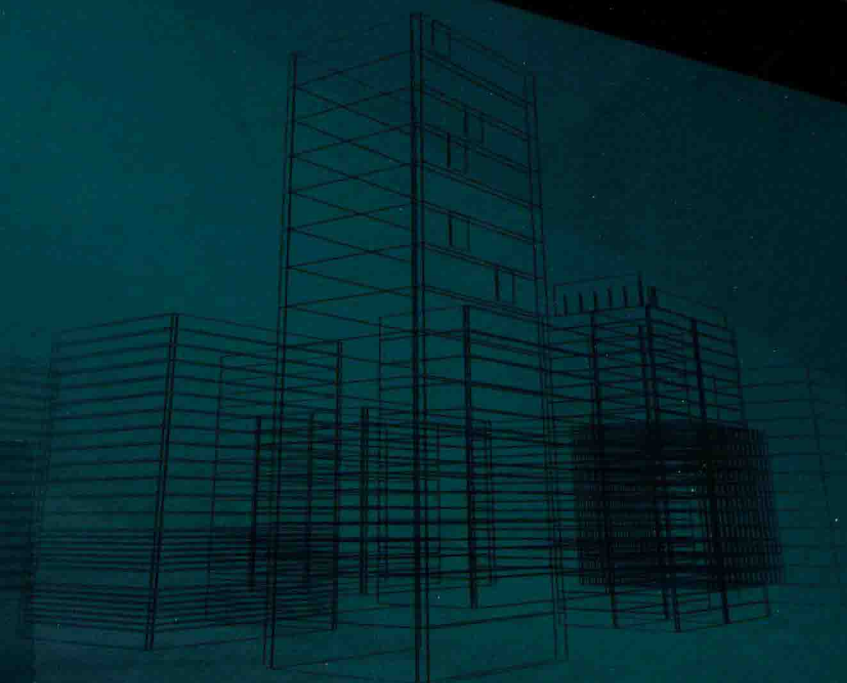


建筑结构 抗震设计

李志军 王海荣 ◎ 主编



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

建筑结构抗震设计

主 编 李志军 王海荣

参 编 周雪峰 王 斌 王亚楠

内 容 简 介

本书根据高等学校土木工程专业教学大纲的要求,结合《建筑抗震设计规范(2016版)》(GB 50011—2010)进行编写,主要介绍建筑结构抗震的基本理论和设计方法。全书共分8章,分别为绪论,建筑场地、地基与基础,结构地震作用计算和抗震验算,多层和高层钢筋混凝土房屋抗震设计,多层砌体结构房屋抗震设计,多层和高层钢结构房屋抗震设计,单层钢筋混凝土柱厂房抗震设计,隔震和消能减震。

本书可供普通高等院校土木工程专业学生及教师使用,也可供从事建筑结构抗震设计及相关行业的工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构抗震设计/李志军,王海荣主编. —北京:北京理工大学出版社,2018.8
ISBN 978-7-5682-6215-6

I. ①建… II. ①李… ②王… 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(2018)第193454号

出版发行/北京理工大学出版社有限责任公司

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010) 68914775(总编室)
(010) 82562903(教材售后服务热线)
(010) 68948351(其他图书服务热线)

网 址/http://www.bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/北京紫瑞利印刷有限公司

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/17

字 数/456千字

版 次/2018年8月第1版 2018年8月第1次印刷

定 价/65.00元

责任编辑/江 立

文案编辑/赵 轩

责任校对/周瑞红

责任印制/李志强

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

建筑结构抗震设计是高等学校土木工程专业的主要专业课。为了适应普通高等学校土木工程专业建筑结构抗震设计课程教学的需要,并反映近年来我国在结构抗震方面的研究成果,在西安工业大学教务处统一规划、西安工业大学建筑工程学院精心组织下,我们编写了本书。

本书按照高等学校土木工程专业教学大纲的要求编写,吸收了国内外工程结构抗震领域的最新研究和教改成果,以满足新形势下土木工程专业创新应用型人才培养的要求为出发点,突出了新体系、新内容和新规范三大特点;紧紧围绕我国最新颁布执行的《建筑抗震设计规范(2016年版)》(GB 50011—2010),侧重对规范内容的理解和应用,充分考虑了与其他课程内容的统一,以基本概念、基本原理和实用方法为重点,以少而精为编写原则叙述结构抗震的基本知识。本书内容新颖,并附有大量工程设计实例和习题等,能够激发学生的学习兴趣,有利于提高学生分析问题和解决问题的能力、培养学生的创新精神。

全书共分8章,分别为绪论,建筑场地、地基与基础,结构地震作用计算和抗震验算,多层和高层钢筋混凝土房屋抗震设计,多层砌体结构房屋抗震设计,多层和高层钢结构房屋抗震设计,单层钢筋混凝土柱厂房抗震设计,隔震和消能减震。

本书由李志军教授、王海荣副教授担任主编,并统一修改定稿。具体编写分工为:李志军(第5、6章)、王海荣(第4章)、周雪峰(第1章)、王斌(第2、7章)、王亚楠(第3、8章)。

由于编者能力有限,书中难免有不妥之处,敬请读者批评指正。

第 1 章 绪论	(1)
1.1 地震基本知识	(1)
1.1.1 地球的构造	(1)
1.1.2 地震的类型与成因	(2)
1.1.3 地震波及震级	(3)
1.1.4 地震烈度、基本烈度及抗震设防烈度	(5)
1.2 地震震害	(6)
1.2.1 世界地震活动	(6)
1.2.2 我国地震活动	(6)
1.2.3 近期世界地震活动	(7)
1.2.4 地震所造成的破坏	(7)
1.3 工程结构的抗震设防	(9)
1.3.1 建筑抗震设防分类和设防标准	(9)
1.3.2 抗震设防的目标	(10)
1.3.3 建筑结构抗震设计方法	(11)
1.4 建筑抗震概念设计	(11)
1.4.1 建筑场地、地基和基础设计	(11)
1.4.2 建筑结构体型设计	(12)
1.4.3 抗震结构体系	(15)
1.4.4 建筑结构分析	(16)
1.4.5 非结构构件	(16)
1.4.6 结构材料与施工质量	(16)
1.5 建筑抗震性能设计	(16)
1.5.1 建筑结构的预期性能与参考指标	(16)
1.5.2 抗震性能设计的内容和要求	(18)

1.5.3 抗震性能设计的抗震计算要求	(18)
第2章 建筑场地、地基与基础	(19)
2.1 建筑场地	(19)
2.1.1 场地土类型	(19)
2.1.2 场地土层和场地类别	(20)
2.1.3 发震断裂的影响	(21)
2.1.4 场地土的卓越周期	(22)
2.2 地基与基础的抗震验算	(22)
2.2.1 抗震验算的一般原则	(22)
2.2.2 天然地基基础抗震验算	(23)
2.3 地基土的液化	(24)
2.3.1 地基土液化概述	(24)
2.3.2 液化的判别	(24)
2.3.3 液化地基的评价	(26)
2.3.4 地基抗液化措施	(28)
第3章 结构地震作用计算和抗震验算	(30)
3.1 概述	(30)
3.1.1 地震作用	(30)
3.1.2 结构地震反应	(30)
3.1.3 结构计算简图和结构自由度	(30)
3.2 单自由度弹性体系的地震反应分析	(31)
3.2.1 计算简图	(31)
3.2.2 运动方程	(31)
3.2.3 运动方程的解	(32)
3.3 单自由度弹性体系的水平地震作用及其反应谱	(34)
3.3.1 单自由度体系水平地震作用	(34)
3.3.2 地震反应谱	(34)
3.3.3 设计反应谱	(35)
3.3.4 重力荷载代表值	(38)
3.4 多自由度弹性体系的地震反应分析	(39)
3.4.1 计算简图	(39)
3.4.2 运动方程	(40)
3.4.3 自由振动特性	(42)
3.4.4 振型分解法	(43)
3.5 多自由度弹性体系的水平地震作用	(47)
3.5.1 振型分解反应谱法	(47)

3.5.2 底部剪力法	(50)
3.6 结构基本周期的近似计算	(53)
3.6.1 能量法	(53)
3.6.2 顶点位移法	(54)
3.6.3 基本周期的修正	(54)
3.7 平动扭转耦联振动时结构的地震作用及其效应计算	(54)
3.7.1 刚心与质心	(55)
3.7.2 考虑平动扭转耦联时地震作用的计算	(56)
3.7.3 考虑平动扭转耦联时地震作用效应的计算	(56)
3.8 竖向地震作用的计算	(57)
3.8.1 高层建筑及高耸结构竖向地震作用的计算	(57)
3.8.2 大跨度结构竖向地震作用的计算	(58)
3.9 结构抗震验算	(59)
3.9.1 结构抗震验算的一般原则	(59)
3.9.2 截面抗震验算	(60)
3.9.3 抗震变形验算	(61)
3.10 结构非弹性地震反应分析	(63)
3.10.1 弹塑性时程分析法	(64)
3.10.2 静力弹塑性分析法	(66)
第4章 多层和高层钢筋混凝土房屋抗震设计	(70)
4.1 概述	(70)
4.1.1 多层和高层钢筋混凝土房屋的结构体系	(70)
4.1.2 多层和高层钢筋混凝土房屋的震害及分析	(70)
4.2 多层和高层混凝土结构房屋抗震概念设计	(74)
4.2.1 最大适用高度和高宽比	(74)
4.2.2 抗震等级的划分	(76)
4.2.3 结构布置	(77)
4.2.4 结构材料	(78)
4.3 钢筋混凝土框架结构房屋的抗震计算	(79)
4.3.1 水平地震作用计算及位移验算	(79)
4.3.2 水平地震作用下的框架内力计算	(80)
4.3.3 竖向荷载作用下的框架内力计算	(82)
4.3.4 内力组合	(82)
4.3.5 构件截面设计	(83)
4.3.6 框架结构薄弱层弹塑性变形验算	(89)
4.4 钢筋混凝土框架结构房屋的抗震构造措施	(89)
4.4.1 框架梁的构造措施	(89)

4.4.2	框架柱的构造措施	(90)
4.4.3	框架节点的构造措施	(93)
4.4.4	砌体填充墙的构造措施	(93)
4.5	抗震墙结构的抗震设计要点	(94)
4.5.1	抗震墙的分类	(94)
4.5.2	抗震墙结构的抗震概念设计	(96)
4.5.3	抗震墙结构的抗震计算方法	(96)
4.5.4	抗震墙结构的抗震构造措施	(98)
4.6	钢筋混凝土框架结构抗震设计实例	(100)
4.6.1	计算简图及对重力荷载代表值的计算	(101)
4.6.2	框架抗侧移刚度的计算	(102)
4.6.3	自振周期计算	(103)
4.6.4	水平地震作用计算及弹性位移验算	(104)
4.6.5	水平地震作用下框架的内力分析	(105)
4.6.6	框架重力荷载作用效应计算	(107)
4.6.7	内力组合与内力调整	(107)
4.6.8	截面设计	(109)
4.6.9	罕遇地震作用下变形验算	(112)

第5章 多层砌体结构房屋抗震设计 (114)

5.1	概述	(114)
5.2	结构方案与结构布置	(115)
5.2.1	设计基本要求及防震缝设置	(115)
5.2.2	房屋总高度和层数限制	(115)
5.2.3	房屋最大高宽比	(116)
5.2.4	房屋抗震横墙的间距	(116)
5.2.5	房屋局部尺寸限值	(116)
5.3	多层砌体房屋的抗震计算	(117)
5.3.1	计算简图	(117)
5.3.2	水平地震作用及地震剪力计算	(118)
5.3.3	楼层地震剪力在墙体中的分配	(118)
5.3.4	墙体抗震承载力验算	(123)
5.4	多层砌体结构房屋的抗震构造措施	(125)
5.4.1	多层砖房的抗震构造措施	(125)
5.4.2	多层砌块结构房屋的抗震构造措施	(129)
5.4.3	多层砌块结构房屋抗震设计实例	(130)
5.5	配筋混凝土小型空心砌块抗震墙房屋的抗震设计要点	(135)
5.5.1	结构方案与结构布置	(135)

5.5.2 配钢筋混凝土小型空心砌块抗震墙抗震计算	(136)
5.5.3 配钢筋混凝土小型空心砌块抗震墙房屋抗震构造措施	(138)
第6章 多层和高层钢结构房屋抗震设计	(142)
6.1 概述	(142)
6.1.1 多层和高层钢结构房屋的结构体系	(142)
6.1.2 多层和高层钢结构房屋的震害及分析	(144)
6.2 多层和高层钢结构房屋抗震概念设计	(144)
6.2.1 结构平面、立面布置	(144)
6.2.2 最大高度和最大高宽比	(144)
6.2.3 钢结构房屋的抗震等级	(145)
6.2.4 结构布置的其他要求	(145)
6.3 多层和高层钢结构房屋的抗震计算要点	(146)
6.3.1 地震作用计算	(146)
6.3.2 地震作用下内力与位移计算	(147)
6.3.3 钢构件的抗震设计和构造措施	(147)
6.3.4 钢结构节点连接的抗震设计和构造措施	(153)
第7章 单层钢筋混凝土柱厂房抗震设计	(160)
7.1 厂房的震害特征及其原因	(160)
7.1.1 横向地震作用下厂房主体结构的震害	(160)
7.1.2 纵向地震作用下厂房主体结构的震害	(161)
7.2 单层厂房抗震概念设计	(163)
7.2.1 厂房的结构布置	(163)
7.2.2 厂房天窗架的设置	(163)
7.2.3 厂房屋架的设置	(163)
7.2.4 厂房柱的设置	(164)
7.2.5 围护墙的布置	(164)
7.3 单层钢筋混凝土柱厂房的横向抗震计算	(164)
7.3.1 横向抗震计算方法	(164)
7.3.2 计算简图和质量集中	(165)
7.3.3 自振周期的计算	(167)
7.3.4 排架地震作用的计算	(168)
7.3.5 排架地震作用效应的计算及调整	(169)
7.3.6 排架内力组合和构件强度验算	(172)
7.3.7 突出屋面的天窗架的横向抗震计算	(173)
7.3.8 支撑低跨屋盖牛腿的水平受拉钢筋抗震验算	(173)
7.3.9 厂房其他部位的横向抗震验算	(174)

7.4 单层钢筋混凝土柱厂房的纵向抗震计算	(174)
7.4.1 计算方法的选择	(174)
7.4.2 空间分析法	(175)
7.4.3 修正刚度法	(180)
7.4.4 柱列法	(183)
7.4.5 柱间支撑的抗震验算及设计	(183)
7.4.6 突出屋面天窗架的纵向抗震计算	(185)
7.4.7 厂房设计实例	(185)
7.5 单层钢筋混凝土柱厂房的抗震构造措施	(192)
7.5.1 屋盖构件的连接及支撑布置	(192)
7.5.2 构件截面及配筋	(194)
7.5.3 柱间支撑的设置及构造	(196)
7.5.4 构件连接节点	(197)
7.5.5 围护墙体	(198)
7.5.6 其他构造要求	(198)
第8章 隔震和消能减震	(200)
8.1 工程结构减震控制概述	(200)
8.1.1 工程结构减震控制与传统抗震技术的比较	(200)
8.1.2 工程结构减震控制的优越性	(201)
8.1.3 工程结构减震控制的发展阶段	(201)
8.2 隔震结构	(201)
8.2.1 隔震技术的特点	(201)
8.2.2 隔震装置	(202)
8.2.3 隔震设计	(203)
8.2.4 隔震结构设计实例简介	(208)
8.3 消能减震结构	(218)
8.3.1 消能建筑技术特点	(218)
8.3.2 消能减震装置	(219)
8.3.3 消能减震结构设计	(221)
附录	(225)
附录 A 中国地震烈度表(2008)	(225)
附录 B 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	(227)
附录 C D 值法计算表格	(258)
参考文献	(262)

绪 论

1.1 地震基本知识

地震是一种突发性的自然现象，经常给人类带来巨大的生命和财产损失。据统计，全世界每年大约发生 500 万次地震，其中 5 级以上的破坏性地震有 1 000 多次，7 级以上的大地震平均每年大约发生 18 次。

据资料统计，在 1900—1980 年，全球因地震造成的死亡人数高达 105 万，平均每年死亡 1.3 万人。我国地处世界上两个最活跃的地震带中间，东部处于环太平洋地震带，西部和西南部处于欧亚地震带，是世界上多地震国家之一。因此，为了抗御和减轻地震灾害，进行建筑结构的抗震设计是非常必要的。

1.1.1 地球的构造

地球是一个平均半径约 6 400 km 的椭圆球体，由三个不同的层构成。最表面的一层是很薄的地壳，平均厚度为 30 ~ 40 km，中间很厚的一层是地幔，厚度约为 2 900 km，最里层是地核，其半径约为 3 500 km（见图 1-1）。

地壳由各种不均匀的岩石组成，除地面的沉积层外，陆地下面的地壳主要为：上部是花岗岩层，下部为玄武岩层；海洋下面的地壳一般只有玄武岩层。地壳各处厚薄不一，最厚处可达 70 km，最薄处约为 5 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，这种物质具有黏弹性。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几百千米的软流层。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均衡的，在地幔上部约为 900 MPa，地幔中间则达 370 000 MPa。地幔内部物质就是在这样的热状态和不均衡压力作用下缓

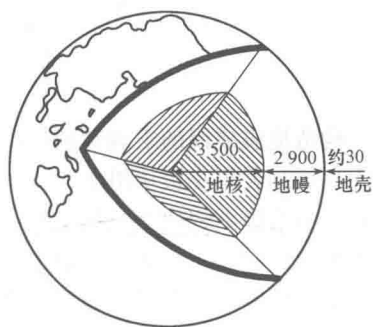


图 1-1 地球的构造（单位：km）

慢地运动着。这可能是地壳运动的根源。到目前为止，人们监测到的最深的地震发生在地下 720 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（厚约 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。

1.1.2 地震的类型与成因

1.1.2.1 地震按其成因分类

地震按其成因可分为火山地震、陷落地震和构造地震。

由于火山爆发而引起地震叫火山地震；由于地表或地下岩层突然大规模陷落和崩塌而造成地震叫陷落地震；由于地壳运动，推挤地壳岩层使其薄弱部位发生断裂错动而引起地震叫构造地震。前两种地震的影响范围和破坏程度相对较小，而后一种地震的破坏作用大，影响范围也广，在研究工程地震时，通常将其作为重点。

构造地震成因的局部机制可以用地壳构造运动来说明。地球内部在不停地运动着，而在它的运动过程中，始终存在巨大的能量，组成地壳的岩层在巨大的能量作用下，也不停地连续变动，不断地发生褶皱、断裂和错动（见图 1-2），这种地壳构造状态的变动，使岩层处于复杂的地应力作用之下。地壳运动使地壳某些部位的地应力不断加强，当弹性应力的积累超过岩石的强度极限时，岩层就会发生突然断裂和猛烈错动，从而引起振动。振动以波的形式传到地面，形成地震。由于岩层的破裂往往不是沿一个平面发展，而是形成由一系列裂缝组成的破碎地带，沿整个破碎地带的岩层不可能同时达到平衡，因此，在一次强烈地震（即主震）之后，岩层的变形还有不断的零星调整，从而形成一系列余震。

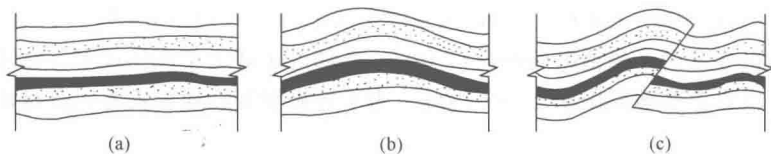


图 1-2 地壳构造变动与地震形成示意

(a) 岩层原始状态；(b) 受力后发生褶皱变形；(c) 岩层断裂，发生地震

构造地震成因的宏观背景可以借助板块构造学说来说明。板块构造学说认为，地球表层由六大板块和若干小板块组成，这六大板块即亚欧板块、美洲板块、非洲板块、太平洋板块、印度洋板块和南极洲板块（见图 1-3）。由于地幔的对流，这些板块在地幔软流层上异常缓慢而又持久地相互运动着。由于它们的边界是相互制约的，因而板块之间处于拉张、挤压和剪切状态，从而产生了地应力。地球上的主要地震带就处于这些大板块的交界地带。

1.1.2.2 地震按震源的深度分类

地层构造运动中，在断层形成的地方大量释放能量，产生剧烈振动，此处就叫作震源，震源正上方的地面位置叫震中。

按震源的深浅，地震又可分为：①浅源地震。震源深度在 70 km 以内，一年中全世界所有地震释放能量的约 85% 来自浅源地震；②中源地震。震源深度为 70 ~ 300 km，一年中全世界所有地震释放能量的约 12% 来自中源地震；③深源地震。震源深度超过 300 km，一年中全世界所有地震释放能量的约 3% 来自深源地震。

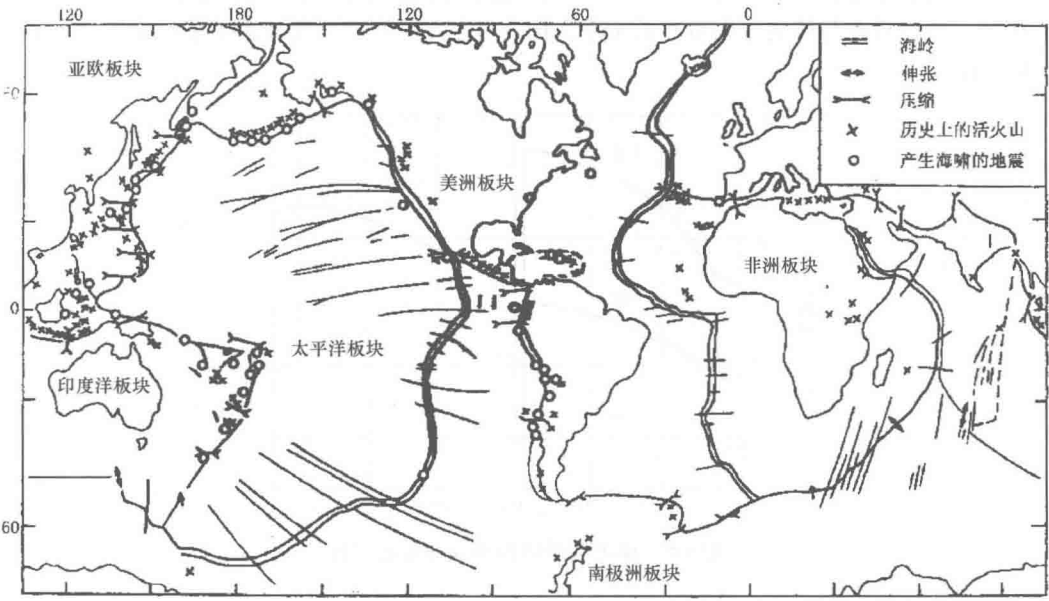


图 1-3 地球板块分布

1.1.3 地震波及震级

1.1.3.1 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沿地球表面传播的面波。

体波有纵波与横波两种形式。纵波在传播过程中，其介质质点的振动方向与波的前进方向一致，故又称为压缩波（P 波）。纵波的特点是周期短、振幅小，传播速度最快，能引起地面上下颠簸。横波在传播过程中，其介质质点的振动方向与波的前进方向垂直，故又称为剪切波（S 波）。横波的周期较长、振幅较大，传播速度次于纵波，能引起地面左右摇晃（见图 1-4）。

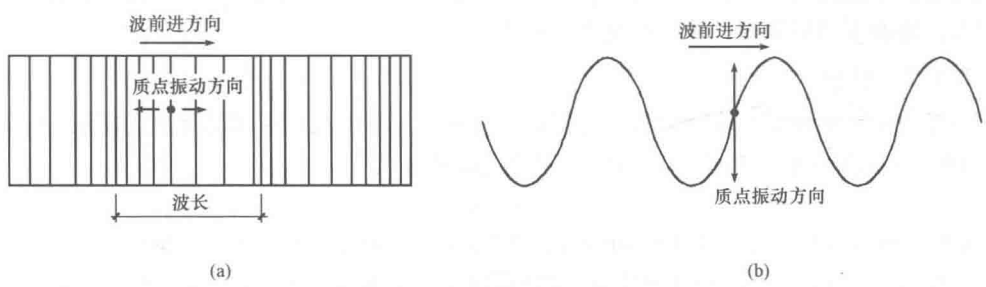


图 1-4 体波质点振动形式
(a) 压缩波；(b) 剪切波

体波在地球内部的传播速度随深度的增加而增大，如图 1-5 所示。

面波是体波经地层界面多次反射形成的次生波，有瑞利波（R 波）和洛夫波（L 波）两种。瑞利波传播时，质点在波的传播方向和地面法线组成的平面（xz 平面）内做椭圆运动，而在与

该平面垂直的水平方向 (y 方向) 没有振动, 质点在地面上呈滚动形式 [见图 1-6 (a)]。洛夫波传播时, 质点只在与传播方向垂直的水平方向 (y 方向) 运动, 在地面上呈蛇形运动形式 [见图 1-6 (b)]。

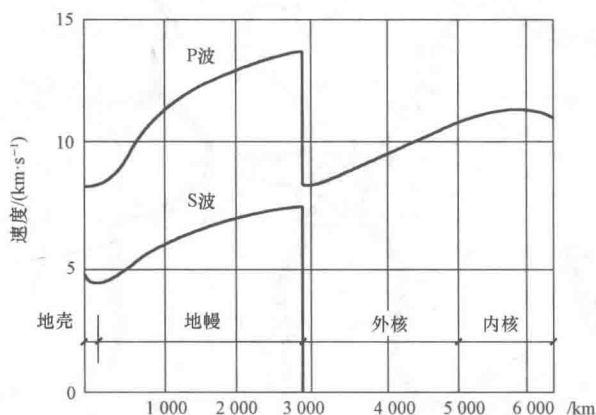


图 1-5 体波在地球内传播速度的变化

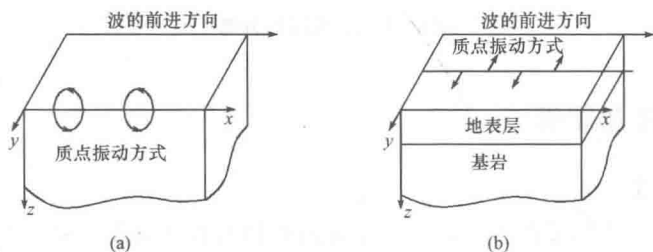


图 1-6 面波质点振动形式

(a) 瑞利波质点振动; (b) 洛夫波质点振动

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。

地震时, 纵波最先到, 继而是横波, 面波到达最晚。一般情况是, 当横波或面波到达时, 其振幅大, 地面振动最猛烈, 造成的危害也最大。

1.1.3.2 震级

震级是表示一次地震本身强弱程度的尺度。目前, 国际上比较通用的是里氏震级, 其原始定义是在 1935 年由里克特 (Richter) 给出, 即地震震级 M 为

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

式中, A 是标准地震仪在距震中 100 km 处记录的以微米 ($1\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$) 为单位的最大水平地动位移 (单振幅)。例如, 在距震中 100 km 处地震仪记录的振幅是 1 mm, 即 1000 μm , 其对数为 3, 根据定义, 这次地震就是 3 级。

震级与震源释放能量的大小有关, 震级每差一级, 地震释放的能量将差 32 倍。

一般认为, 小于 2 级的地震, 人们感觉不到, 只有仪器才能记录下来, 称为微震; 2~4 级的地震, 人就能感觉到了, 称为有感地震; 5 级以上的地震能引起不同程度的破坏, 称为破坏性地震; 7 级以上的地震, 称为强烈地震或大地震; 8 级以上的地震, 称为特大地震。

1.1.4 地震烈度、基本烈度及抗震设防烈度

1.1.4.1 地震烈度

地震烈度是指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。对于一次地震，表示地震大小的震级只有一个，但它对不同地点的影响是不一样的。一般来说，随距离震中的远近不同，烈度有差异，距震中越远，地震影响越小，烈度就越低；反之，距震中越近，烈度就越高。此外，地震烈度还与地震震级大小、震源深度、地震传播介质、表土性质、建筑物动力特性、施工质量等许多因素有关。

为评定地震烈度，就需要建立一个标准，这个标准称为地震烈度表。它是以描述震害宏观现象为主的，即根据建筑物的损坏程度、地貌变化特征、地震时人的感觉、家具动作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，加之各国建筑情况及地表条件不同，各国所制定的烈度表也就不同。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。我国2008年公布的地震烈度表见附录A。

震中烈度与震级的大致对应关系如表1-1所示。

表 1-1 震中烈度与震级的大致对应关系

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

1.1.4.2 基本烈度

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，按一定的超越概率（我国取10%）可能遇到的最大地震烈度。

我国在1990年颁布了《中国地震烈度区划图》，给出了全国不同地区的基本烈度。随着研究的深入，我国在2001年颁布了《中国地震动参数区划图》（GB 18306—2001），给出了全国各地区的地震动峰值加速度和地震动反应谱特征周期，2015年颁布了《中国地震动参数区划图》（GB 18306—2015），对2001年的区划图进行了修订。

1.1.4.3 抗震设防烈度

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，我国抗震设防烈度可采用《中国地震动参数区划图》（GB 18306—2015）中的基本烈度，对已编制抗震设防区划的城市，可按批准的抗震设防烈度或设计地震动参数进行抗震设防。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见附录B。

抗震设防烈度和设计基本地震加速度取值的对应关系如表1-2所示。

表 1-2 抗震设防烈度和设计基本地震加速度取值的对应关系

抗震设防烈度	6	7	8	9
设计基本地震加速度	0.05g	0.10 (0.15) g	0.20 (0.30) g	0.40g

注：g 为重力加速度

1.2 地震震害

1.2.1 世界地震活动

对世界各国强烈地震的记录统计分析表明,全球地震主要发生在以下两个地震带上(见图1-7)。

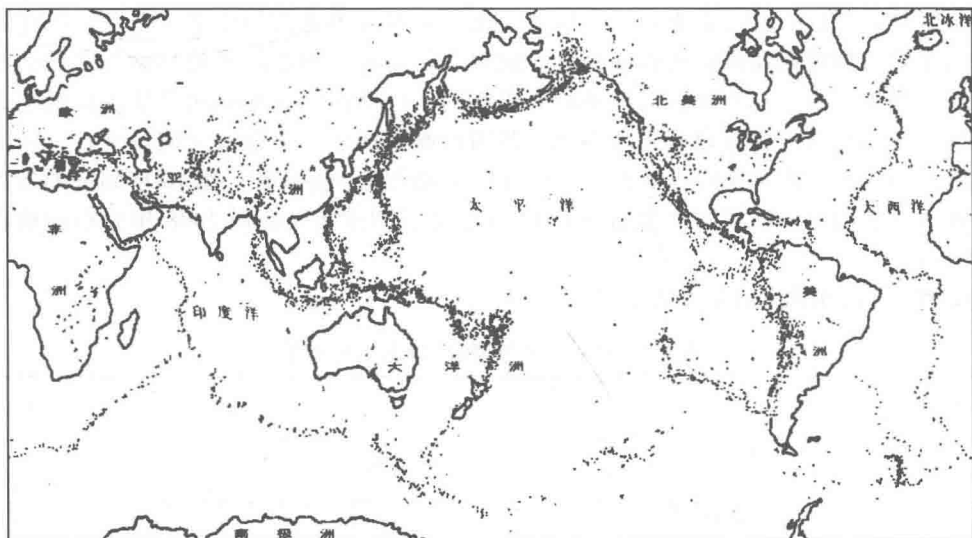


图 1-7 世界地震震中分布略图

(1) 环太平洋地震带:全球约80%的浅源地震和90%的中深源地震,以及几乎所有的深源地震都集中在这一地带。它沿南北美洲西海岸、阿留申群岛,转向西南到日本列岛,再经我国台湾地区,到达菲律宾、巴布亚新几内亚和新西兰。

(2) 欧亚地震带:除分布在环太平洋地震带的中深源地震以外,几乎所有其他中源地震和一些大的浅源地震都发生在这一活动带,这一活动带内的震中分布大致与山脉走向一致。它西起大西洋的亚速尔群岛,经意大利、土耳其、伊朗、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衔接。

除上述两条主要地震带以外,在大西洋、太平洋和印度洋中也有一些狭窄的浅震活动带,沿着海洋底部隆起的山脉延伸。这些地震带与人类活动关系不大,地震发生的次数在所有地震中占的比例亦不高。

1.2.2 我国地震活动

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。我国主要地震带有两条。

(1) 南北地震带。北起贺兰山,向南经六盘山、穿越秦岭沿川西至云南省东北,纵贯南北。地震带宽度各处不一,大致在数十千米至百余千米,分界线由一系列规模很大的断裂带及断陷盆地组成,构造相当复杂。

(2) 东西地震带。主要的东西地震带有两条,北面的一条沿陕西、山西、河北北部向东延

伸，直至辽宁北部的千山一带；南面的一条自帕米尔高原起经昆仑山、秦岭，直到大别山区。

据此，我国大致可划分成六个地震活动区：①台湾地区及其附近海域；②喜马拉雅山脉活动区；③南北地震带；④天山地震活动区；⑤华北地震活动区；⑥东南沿海地震活动区。

综上所述，我国所处的地理环境，使得地震情况比较复杂。从历史地震状况来看，全国除个别省份（如浙江、江西）外，绝大部分地区都发生过较强的破坏性地震，有不少地区现在地震活动还相当强烈，如我国台湾地区大地震最多，新疆、西藏次之，西南、西北、华北和东南沿海地区也是破坏性地震较多的地区。

1.2.3 近期世界地震活动

近年来国内外发生的著名大地震如表 1-3 所示。

表 1-3 近年来世界地震情况

时间	地点	震级	死亡人数/人
1976 年	中国唐山	7.8	240 000
1985 年	墨西哥城	8.1	12 000
1988 年	亚美尼亚	7.1	25 000
1990 年	伊朗德鲁巴尔	7.7	75 000
1990 年	菲律宾吕宋岛	7.1	75 000
1995 年	日本阪神	7.2	6 300
1999 年	中国台湾集集	7.8	2 500
2003 年	伊朗	6.3	30 000
2004 年	印度尼西亚苏门答腊岛	9.0	174 000
2005 年	巴基斯坦伊斯兰堡	7.8	86 000
2006 年	印度尼西亚	6.4	5 782
2008 年	中国四川汶川	8.0	69 227
2010 年	海地	7.0	222 500
2011 年	日本东海岸	9.0	14 704
2011 年	新西兰克赖斯特彻奇	6.3	125
2013 年	伊朗与巴基斯坦交界	7.8	41
2014 年	中国云南鲁甸	6.5	617
2015 年	尼泊尔	8.1	8 786

这些大地震不但造成了大量的人员伤亡，还使大量建筑遭到破坏，交通、生产中断，水、火、疾病等次生灾害发生，给人类带来了不可估量的损失。

1.2.4 地震所造成的破坏

1.2.4.1 地表破坏

地震造成的地表破坏有山石崩裂、滑坡、地裂缝、地陷及喷水冒砂等。

地震造成的山石崩裂的塌方量可达百万方，石块最大的能超过房屋体积，崩塌的石块可阻塞公路、中断交通，在陡坡附近还会发生滑坡。