



普通高等教育“十三五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU “13·5” GUIHUA JIAOCAI

工程结构抗震

主编 王社良



冶金工业出版社
www.cnmip.com.cn



普通高等教育“十三五”规划教材

工程结构抗震

主编 王社良

北 京

冶金工业出版社

2016

内 容 提 要

本书是依据土木工程专业本科教学大纲要求,结合《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)编写的工程结构抗震设计类教材。本书主要介绍了建筑结构抗震设计的基本理论,内容涵盖:地震、地震动及结构抗震的基本知识,场地、地基和基础抗震设计的基本概念,建筑结构抗震概念设计,单自由度体系结构的地震反应和反应谱,多自由度体系结构的地震反应和振型分解法,多层及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,多层及高层钢结构房屋抗震设计,钢筋混凝土柱单层厂房抗震设计,隔震与消能减震房屋设计等。全书在介绍基本概念与基本理论的同时,在各章附有相关计算例题、本章提要及小结、复习思考题等,便于读者深刻理解建筑结构抗震设计的基本概念和规范中所涉及的设计方法。

本书可供高等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、科研人员和施工技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程结构抗震/王社良主编. —北京:冶金工业出版社,
2016. 1

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5024-7078-4

I. ①工… II. ①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(2015)第 259842 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp. com. cn 电子信箱 yjcs@cnmp. com. cn

责任编辑 杨 敏 美术编辑 吕欣童 版式设计 孙跃红

责任校对 石 静 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-7078-4

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷
2016 年 1 月第 1 版,2016 年 1 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 20.75 印张; 498 千字; 317 页

45.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp. com. cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街46号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs. tmall. com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前 言

“工程结构抗震”是高等学校土木工程专业的重要课程之一，对学生抗震设计能力的培养起着重要作用。本书按照国家土木工程专业教学指导委员会的课程大纲精神和土木工程本科专业“工程结构抗震”课程的教学大纲要求编写，内容包括地震和地震动的基本知识，场地、地基和基础等工程结构抗震的基本概念，结构地震反应分析与抗震验算方法，结构抗震概念设计，多层及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，高层及多层钢结构房屋抗震设计，钢筋混凝土柱单层厂房抗震设计，隔震和消能减震房屋设计等。

本书以课程的基本理论和基本知识为核心内容，结合编者多年在工程结构抗震方面的教学、科研与工程实践等，依据《建筑抗震设计规范》（GB 50011—2010）和《混凝土结构设计规范》（GB 50010—2010）等国家规范编写，能够反映教学科研最新成果和发展趋势，帮助学生和设计人员获取最新知识，并应用于工程实践。为了便于读者学习和深入理解，本书内容力求基本、实用，既注重理论上的系统性，又注意叙述时简明扼要，并且每章都附有本章提要、小结、复习思考题等内容。

全书共9章，第1章由西京学院王社良编写，第2章由西安建筑科技大学赵祥编写，第3章由长安大学樊禹江编写，第4、5章由西安石油大学代建波编写，第6、7章由西安工业大学李志军编写，第8、9章由西安石油大学朱熹育编写，全书由王社良担任主编，并统一修改定稿。

限于编者水平，书中难免有误漏之处，恳请读者批评指正。

编 者
2015年8月

目 录

1 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、震级及地震烈度	3
1.1.4 常用术语	6
1.2 地震震害	7
1.2.1 世界的地震活动	7
1.2.2 我国的地震活动	8
1.2.3 近期世界地震活动	8
1.2.4 地震所造成的破坏	9
1.3 工程结构的抗震设防	11
1.3.1 抗震设防的目标	11
1.3.2 小震与大震	12
1.3.3 抗震设防依据及地震影响	12
1.3.4 建筑结构抗震设计方法	13
1.3.5 建筑抗震设防分类和设防标准	13
1.3.6 建筑结构抗震设计的基本要求	14
本章小结	16
复习思考题	16
2 场地、地基和基础	17
2.1 场地	17
2.1.1 场地土及场地覆盖层的厚度	17
2.1.2 场地类别	19
2.2 天然地基与基础的抗震验算	20
2.2.1 不进行天然地基及基础抗震验算的建筑	20
2.2.2 天然地基在地震作用下的抗震承载力验算	21
2.3 液化土与软土地基	22
2.3.1 地基土的液化	22
2.3.2 液化的判别	24
2.3.3 可液化地基的抗震措施	27

2.3.4 软土地基的抗震措施	28
2.4 桩基的抗震设计	29
2.4.1 可不进行桩基抗震验算的条件	29
2.4.2 桩基的抗震设计	29
本章小结	30
复习思考题	32
3 结构地震反应分析与抗震验算	33
3.1 概述	33
3.2 单自由度弹性体系的地震反应分析	34
3.2.1 计算简图	34
3.2.2 运动方程	34
3.2.3 自由振动	36
3.2.4 强迫振动	37
3.3 单自由度弹性体系的水平地震作用及其反应谱	39
3.3.1 水平地震作用的基本公式	39
3.3.2 地震反应谱	39
3.3.3 标准反应谱	40
3.3.4 设计反应谱	42
3.4 多自由度弹性体系地震反应分析的振型分解法	44
3.4.1 计算简图	44
3.4.2 运动方程	44
3.4.3 自由振动	46
3.4.4 振型分解法	59
3.5 多自由度体系的水平地震作用	62
3.5.1 振型分解反应谱法	63
3.5.2 底部剪力法	65
3.6 结构的地震扭转效应	69
3.6.1 刚心与质心	70
3.6.2 单层偏心结构的振动	70
3.6.3 多层偏心结构的振动	73
3.6.4 偏心结构的地震作用	75
3.7 地基与结构的相互作用	78
3.7.1 地基与结构的相互作用对结构地震反应的影响	78
3.7.2 考虑地基结构相互作用的抗震设计	79
3.8 竖向地震作用	79
3.8.1 高耸结构和高层建筑	80
3.8.2 屋盖结构	81
3.8.3 其他结构	81

3.9 结构地震反应的时程分析法	81
3.9.1 概述	81
3.9.2 恢复力特性曲线	82
3.9.3 结构的计算模型	84
3.9.4 地震波的选用	87
3.9.5 地震反应的数值分析法	89
3.10 建筑结构抗震验算	91
3.10.1 结构抗震承载力验算	91
3.10.2 结构的抗震变形验算	93
本章小结	97
复习思考题	98
4 建筑抗震概念设计	100
4.1 场地选择	100
4.1.1 避开抗震危险地段	101
4.1.2 选择有利于抗震的场地	101
4.2 建筑的平立面布置	102
4.2.1 建筑平面布置	103
4.2.2 建筑立面布置	104
4.2.3 房屋的高度	105
4.2.4 房屋的高宽比	106
4.2.5 防震缝的合理设置	106
4.3 结构选型与结构布置	107
4.3.1 结构选型	107
4.3.2 结构布置的一般原则	109
4.4 多道抗震防线	111
4.4.1 多道抗震防线的必要性	111
4.4.2 第一道防线的构件选择	112
4.4.3 利用赘余构件增多抗震防线	112
4.5 刚度、承载力和延性的匹配	113
4.5.1 刚度与承载力	113
4.5.2 刚度与延性	114
4.5.3 结构不同部位的延性要求	115
4.5.4 改善构件延性的途径	116
4.6 确保结构的整体性	117
4.6.1 结构应具有连续性	117
4.6.2 构件间的可靠连接	118
4.7 非结构部件处理	119
4.7.1 考虑填充墙的影响	119

4.7.2 外墙板的连接	120
4.7.3 附属构件或装饰物	120
本章小结	120
复习思考题	121
5 多层及高层钢筋混凝土房屋抗震设计	122
5.1 概述	122
5.1.1 共振效应引起的震害	123
5.1.2 结构平面或竖向布置不当引起的震害	123
5.1.3 框架柱、梁和节点的震害	123
5.1.4 框架砖填充墙的震害	124
5.1.5 抗震墙的震害	124
5.2 抗震设计的一般要求	124
5.2.1 结构体系选择	124
5.2.2 结构布置	125
5.2.3 抗震等级	129
5.3 框架内力与位移计算	130
5.3.1 水平地震作用计算	131
5.3.2 水平地震作用下框架内力的计算	132
5.3.3 竖向荷载作用下框架内力计算	138
5.3.4 内力组合	139
5.3.5 框架结构位移验算	140
5.4 钢筋混凝土框架结构设计	141
5.4.1 框架梁截面设计	141
5.4.2 框架柱截面设计	144
5.4.3 框架节点抗震设计	151
5.5 框架结构抗震计算例题	156
5.5.1 重力荷载计算	156
5.5.2 横向框架结构侧向刚度计算	157
5.5.3 横向框架侧向刚度比验算	159
5.5.4 自振周期计算	160
5.5.5 水平地震作用	161
5.5.6 水平地震作用下位移验算	162
5.5.7 水平地震作用下横向框架内力分析	163
本章小结	167
复习思考题	168
6 多层砌体结构房屋的抗震设计	169
6.1 概述	169

6.2 结构方案与结构布置	170
6.3 多层砌体房屋抗震计算	172
6.3.1 计算简图	172
6.3.2 地震作用	173
6.3.3 楼层地震剪力在墙体中的分配	174
6.3.4 墙体抗震承载力验算	179
6.4 多层砌体结构房屋的抗震构造措施	181
6.4.1 多层砖房构造措施	181
6.4.2 多层砌块结构房屋的抗震构造措施	185
6.4.3 多层砌块结构房屋抗震设计例题	186
6.5 底部框架-抗震墙房屋的抗震设计要点	191
6.5.1 结构方案与结构布置	191
6.5.2 底部框架-抗震墙房屋的抗震设计要点	192
6.5.3 底部框架-抗震墙房屋的抗震构造措施	194
6.6 配筋混凝土小型空心砌块抗震墙房屋的抗震设计要点	195
6.6.1 结构方案与结构布置	196
6.6.2 配筋混凝土小型空心砌块抗震墙抗震计算	197
6.6.3 配筋混凝土小型空心砌块抗震墙房屋抗震构造措施	199
本章小结	201
复习思考题	202
7 高层及多层钢结构房屋的抗震设计	203
7.1 概述	203
7.2 高层钢结构房屋抗震设计	204
7.2.1 高层钢结构的体系与布置	204
7.2.2 高层钢结构的抗震计算	210
7.2.3 钢构件的抗震设计和构造措施	212
7.2.4 钢结构节点的抗震设计和构造措施	219
7.3 多层钢结构厂房抗震设计	225
7.3.1 多层钢结构房屋的结构体系与布置	225
7.3.2 多层钢结构厂房的抗震设计	226
7.3.3 多层钢结构厂房的抗震构造措施	227
本章小结	228
复习思考题	229
8 钢筋混凝土柱单层厂房的抗震设计	230
8.1 概述	230
8.1.1 横向地震作用下厂房主体结构的震害	230
8.1.2 纵向地震作用下厂房主体结构的震害	232

VI	
8.2	结构布置的一般原则 233
8.2.1	体型与抗震缝 233
8.2.2	屋盖体系 234
8.2.3	天窗架 234
8.2.4	柱 235
8.2.5	支撑系统 235
8.2.6	围护墙体 235
8.3	单层厂房的横向抗震计算 236
8.3.1	计算简图和重力荷载代表值的计算 236
8.3.2	横向自振周期计算 238
8.3.3	横向自振周期的调整 240
8.3.4	排架地震作用的计算 240
8.3.5	天窗架的横向水平地震作用 242
8.3.6	排架内力分析及组合 242
8.3.7	截面抗震验算 246
8.3.8	厂房横向抗震验算的其他问题 246
8.4	单层厂房的纵向抗震计算 246
8.4.1	修正刚度法 247
8.4.2	拟能量法 251
8.4.3	纵向柱列的刚度 253
8.4.4	柱间支撑的抗震验算 257
8.4.5	厂房纵向抗震计算的其他问题 258
8.5	单层钢筋混凝土柱厂房构造措施 274
8.5.1	无檩屋盖构件的连接与支撑布置 274
8.5.2	有檩屋盖构件的连接与支撑布置 276
8.5.3	屋架 276
8.5.4	柱 277
8.5.5	柱间支撑 278
8.5.6	连接节点 279
8.5.7	围护墙体 280
	本章小结 281
	复习思考题 282
9	隔震与减震房屋设计 284
9.1	概述 284
9.2	隔震结构 286
9.2.1	结构隔震的原理与隔震结构的特点 286
9.2.2	隔震系统的组成与类型 287
9.2.3	隔震结构的设计要求 291

9.2.4 隔震结构的抗震计算	292
9.2.5 隔震结构的构造措施	296
9.3 消能减震结构	298
9.3.1 结构消能减震原理与消能减震结构特点	298
9.3.2 消能减震装置的类型与性能	299
9.3.3 消能减震结构的设计要求	306
9.3.4 消能减震结构体系的抗震计算分析	307
9.3.5 消能减震结构的连接与构造	310
9.4 吸振减震结构	311
9.4.1 结构吸振减震原理及吸振减震结构特点	311
9.4.2 吸振减震装置的类型与性能	312
本章小结	313
复习思考题	314
附 录	315
参考文献	317

1

绪 论

本章提要

本章主要讲述地震与地震动的基本知识,介绍地球的构造,地震的类型与成因,以及地震波、震级及地震烈度等,同时还综述了世界及我国的地震活动性以及近期地震的世界活动状况,介绍了地震所造成的地表破坏及其给工程结构所造成的破坏,介绍我国《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)中的抗震设防目标、抗震设防依据、工程结构抗震设计方法以及抗震设计的基本要求等。这些都是“工程结构抗震”课程的理论基础和基本概念,学习时应认真领会并深刻理解。

1.1 地震基本知识

地震是一种自然现象。全世界每年大约发生 500 万次地震,这些地震绝大多数很小,不用灵敏的仪器测量不到,这样的小地震约占一年中地震总数的 99%,剩下的 1%才是人们可以感觉到的,其中能造成严重破坏的大地震,平均每年大约发生 18 次。

地震给人类带来的灾难,给人类社会造成不同程度的伤亡事故及经济损失。如在 20 世纪,前 80 年(1900~1980)全球因地震造成的死亡人数高达 105 万人,平均每年死亡 1.3 万人。1990 年伊朗鲁德巴尔地震造成了 5 万多人丧生,1995 年日本阪神地震经济损失高达 960 亿美元就是例证。为了减轻地震灾害,就需要对它有较深入的了解。土建技术人员为防止、减少建筑物和构筑物由于地震而造成的破坏,就需要研究建筑物及构筑物的抗震问题。本节主要就地震的基本知识作一简单介绍。

1.1.1 地球的构造

地球是一个平均半径约 6400km 的椭圆球体,它由不同的三层物质构成。最表面的一层是很薄的地壳,平均厚度约为 30km,中间很厚的一层是地幔,厚度约为 2900km,最里面的叫地核,其半径约为 3500km (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,约为 5~40km。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 20km 到地下 700km,其温度由大约 600℃ 上升到 2000℃。在这一范围内的地幔中存在着一个厚约几百千米的软流

层。由于温度分布不均匀,就发生了地幔内部物质的对流。同时,地球内部的压力也是不平衡的,在地幔上部约为 900MPa,在地幔中间则达 370000MPa,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慢地运动着。这可能是地壳运动的根源。到目前为止,所观测到的最深的地震发生在地下 700km 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 2100km)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。

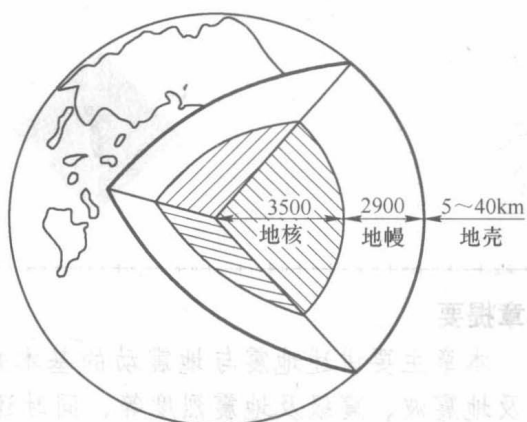


图 1-1 地球的构造

1.1.2 地震的类型与成因

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,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。

构造地震的成因是: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(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。

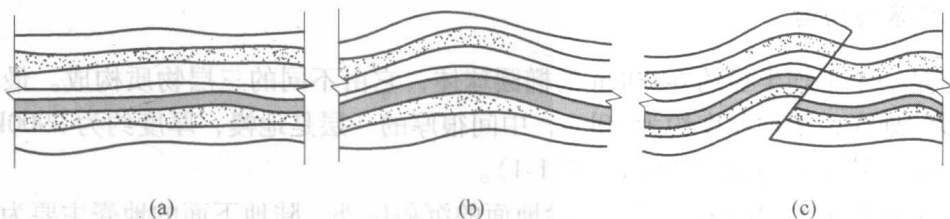


图 1-2 地壳构造变动与地震形成示意图

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

构造地震与地质构造密切相关,这种地震往往发生在地应力比较集中、构造比较脆弱的地段,即原有断层的端点或转折处、不同断层的交会处。

对于地应力的产生较为公认的是板块构造说，它的大意是：地球表面的岩石层不是一块整体，而是由六大板块和若干小板块组成，这六大板块即欧亚板块、美洲板块、非洲板块、太平洋板块、澳洲板块和南极板块（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在这些大板块的交界地区。

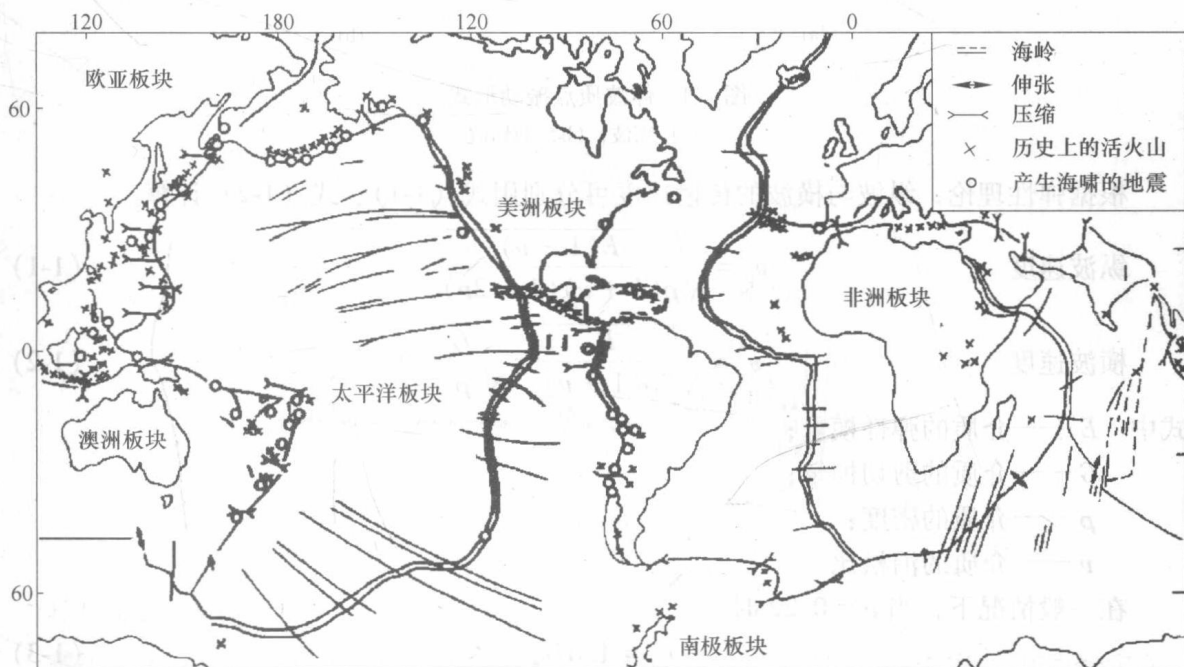


图 1-3 板块分布

地层构造运动时，在断层形成的地方大量释放能量，产生剧烈振动，此处就叫做震源，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 70km 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 70~300km，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 300km，一年中全世界所有地震释放能量的约 13% 来自深源地震。

1.1.3 地震波、震级及地震烈度

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只限于在地面附近传播的面波。

体波又包括两种形式的波，即纵波与横波（图 1-4）。

在纵波的传播过程中，其介质质点的振动方向与波的前进方向一致，故又称为压缩波或疏密波。如在空气里传播的声波就是一种纵波。纵波的特点是周期短、振幅小。

在横波的传播过程中，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。横波的周期较长、振幅较大。

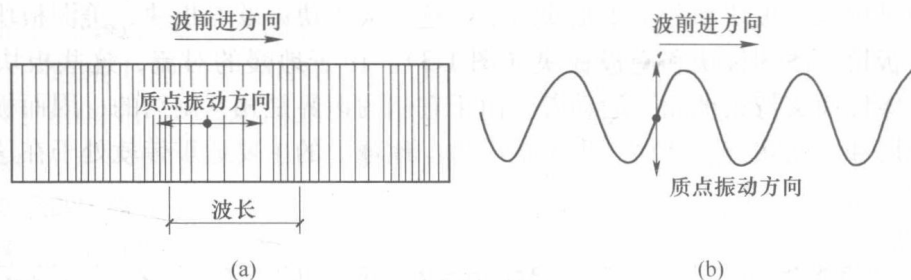


图 1-4 体波质点振动形式

(a) 压缩波; (b) 剪切波

根据弹性理论, 纵波与横波的传播速度可分别用式 (1-1)、式 (1-2) 计算:

$$\text{纵波速度} \quad v_p = \sqrt{\frac{E(1-\nu)}{\rho(1+\nu)(1-2\nu)}} \quad (1-1)$$

$$\text{横波速度} \quad v_s = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\nu)}} = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \quad (1-2)$$

式中 E ——介质的弹性模量;

G ——介质的剪切模量;

ρ ——介质的密度;

ν ——介质的泊松比。

在一般情况下, 当 $\nu = 0.22$ 时,

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

由此可知, 纵波比横波传播速度快。在仪器的观察记录纸上, 纵波先于横波到达, 故也可称纵波为“初波”(或称 P 波), 称横波为“次波”(或称 S 波)。

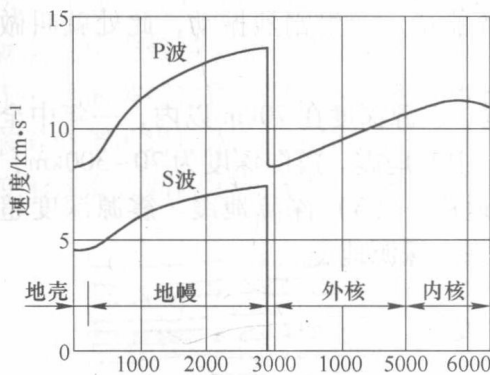


图 1-5 体波在地球内传播速度的变化

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, 它包括两种形式的波, 即瑞利波 (R 波) 和洛夫波 (L 波)。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内 (xz 平面) 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 [图 1-6 (a)]。洛夫波传播时, 质点只是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 [图 1-6 (b)]。

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。

图 1-7 为某次地震所记录到的地震波示意图。首先到达的是 P 波, 继而是 S 波, 面波到达得最晚。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。

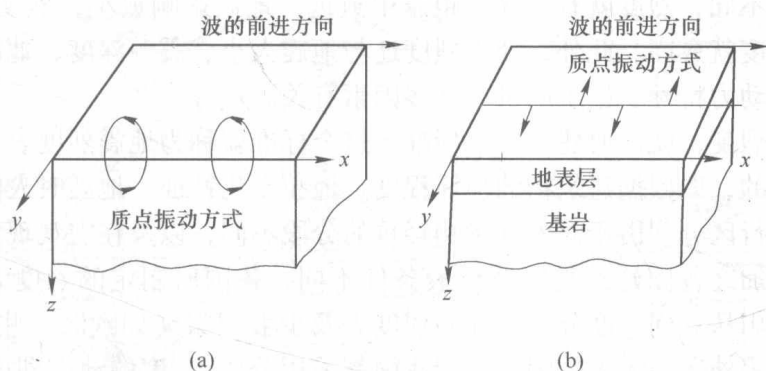


图 1-6 面波质点振动形式

(a) 瑞利波质点振动; (b) 洛夫波质点振动

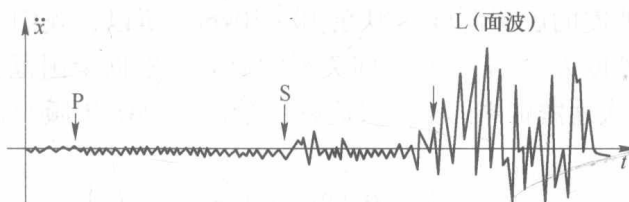


图 1-7 地震记录示意图

1.1.3.2 震级

震级是表示地震本身大小的尺度。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:

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

式中 A ——标准地震仪 (指周期 0.8s, 阻尼系数 0.8, 放大倍数 2800 倍的地震仪) 在距震中 100km 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 100km 处地震仪记录的振幅是 1mm, 即 $1000\mu\text{m}$, 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 1 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 级地震,人就能感觉到了,称为有感地震; 5 级以上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。据 1935 年后提出的震级测算方法计算,1960 年 5 月发生在智利的 9.5 级地震,是记录到的世界最大地震,它所释放出来的能量之大是空前的,海啸规模巨大,地面形态变化非常显著,其破坏性之大,在世界上是十分罕见的。

1.1.3.3 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。一般说,随

距离震中的远近不同,烈度就有差异,距震中愈远,地震影响愈小,烈度就愈低;反之,距震中愈近,烈度就愈高。此外,地震烈度还与地震大小、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,这个标准就称为地震烈度表。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到7度分成8等的烈度表及少数国家(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年颁布实施的《中国地震烈度表》(GB/T 17742—2008)详见附录。

1.1.3.4 震中烈度与震级的关系

一般说,震中烈度是地震大小和震源深度两者的函数。但是,对人民生命财产影响最大的、发生最多的地震的震源深度一般在10~30km,所以,我们可以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及由仪器测定震级的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:

$$M = 0.58I_0 + 1.5 \quad (1-5)$$

必要时可参考地震影响面积的大小作适当调整。其大致的对应关系如表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 常用术语

震源深度:震中到震源的垂直距离称为震源深度。

震中距:建筑物到震中之间的距离称为震中距。

震源距:建筑物到震源之间的距离称为震源距。

极震区:在震中附近,振动最剧烈、破坏最严重的地区称为极震区。

等震线:一次地震中,在其所波及的地区内,用烈度表可以对每一个地点评估出一个烈度,烈度相同点的外包连线称为等震线(图1-8)。

抗震设防烈度: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。

地震作用:由地震动引起的结构动态作用,包括水平地震作用和竖向地震作用。

设计地震动参数:抗震设计用的地震加速度(速度、位移)时程曲线、加速度反应谱和峰值加速度。

设计基本地震加速度:50年设计基准期超越概率10%的地震加速度的设计取值。

设计特征周期:抗震设计用的地震影响系数曲线中,反映地震震级、震中距和场地类别等因素的下降段起始点对应的周期值。