

按最新规范编写

建筑 防灾与减灾

杨金铎 编著



中国建材工业出版社

按最新规范编写

建筑防灾与减灾

杨金铎 编著



中国建材工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑防灾与减灾/杨金铎编著. -北京:中国建材工业出版社, 2002. 6

ISBN 7-80159-275-1

I. 建… II. 杨… III. 建筑物-防灾 IV. TU89

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 032445 号

内 容 提 要

房屋作为人类栖息的场所和进行各类活动的物质条件,安全是第一位的。直接影响安全的因素,除房屋结构外,当属各类灾害(自然灾害、人为灾害)对其的破坏。在各类灾害中发生频率最多的要算火灾,破坏最大的应该是地震,此外还有风灾、水灾、雷击、爆炸等诸多方面。

建筑设计必须“以人为本”,除应满足房屋的自身安全外,还应侧重于对各类多发性灾害的预防。我国政府先后颁布了《消防法》、《地震减灾法》等多项法律、法规,并强制执行,体现了党和国家对人民的关怀和减少灾害造成物质损失的决心。

本书曾作为建筑类高等院校建筑学专业的教材,设课的目的是提高学生的防灾、减灾意识,能灵活运用有关规范,并指导工程设计。近年来,涉及建筑防灾方面的国家规范、法规,作了重大的修改和补充。为适应当前形势,赶上时代的步伐,作者将原教材按新规范作了较大的改编与调整,并以基本规定、构造措施为主,增加了大量的内容。本书除可继续作为建筑学专业的防灾教材外,更可以作为建筑设计专业人员的参考书籍。

建 筑 防 灾 与 减 灾

杨金铎 编著

*

中国建材工业出版社出版

(北京海淀区三里河路 11 号 100831)

<http://www.chbmp.com>

电话:010-88385207(编辑部) 010-68345931(发行部)

新华书店北京发行所发行 全国各地新华书店经销

北京丽源印刷厂印刷

*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:17.5 字数:433 千字

2002 年 6 月第 1 版 2002 年 6 月第 1 次印刷

印数:1~5000 册 定价:25.80 元

ISBN 7-80159-275-1/TU·137

目 录

第一章 绪论	(1)
第二章 建筑与地震	(5)
第一节 概述	(5)
第二节 抗震设防	(17)
第三章 多层砌体房屋和底部框架、内框架房屋的抗震设计	(39)
第一节 震害概况	(39)
第二节 影响震害的因素	(42)
第三节 抗震构造设计	(45)
第四节 抗震构造措施	(47)
第四章 单层空旷房屋和单层厂房的抗震设计	(54)
第一节 概述	(54)
第二节 震害概况	(54)
第三节 抗震构造设计	(60)
第五章 多层和高层钢筋混凝土房屋的抗震设计	(70)
第六章 生土建筑、木结构、石结构房屋的抗震措施	(81)
第七章 非结构构件的抗震设计	(84)
第八章 建筑和火灾	(87)
第一节 起火的原因和燃烧条件	(87)
第二节 火灾的发展和蔓延	(89)
第三节 建筑材料在高温下的状态	(91)
第四节 建筑构件的耐火极限	(93)
第九章 多层民用建筑的防火设计	(108)
第一节 多层民用建筑的耐火等级	(108)
第二节 多层民用建筑的防火间距	(111)
第三节 多层民用建筑的安全疏散	(112)
第四节 多层民用建筑的防火构造	(118)
第五节 多层民用建筑的消防车道	(125)
第六节 多层民用建筑的消防给水和自动报警	(126)
第十章 工业建筑的防火设计	(134)
第一节 生产的火灾危险性分类	(134)
第二节 储存物品的火灾危险性分类	(136)
第三节 厂房的防火设计	(137)
第四节 库房的防火设计	(141)
第十一章 高层民用建筑的防火设计	(149)
第一节 高层民用建筑的分类及火灾特点	(149)

第二节	高层民用建筑的技术名词和耐火等级·····	(151)
第三节	高层民用建筑的总平面布局和平面布置·····	(155)
第四节	高层民用建筑的防火分区和防烟分区·····	(163)
第五节	高层民用建筑的防火构造·····	(167)
第六节	高层民用建筑的安全疏散·····	(170)
第七节	高层民用建筑的疏散楼梯间和楼梯·····	(179)
第八节	高层民用建筑的消防电梯·····	(185)
第九节	高层民用建筑的消防给水和灭火设备·····	(187)
第十节	高层民用建筑的防烟、排烟、通风和空气调节·····	(194)
第十一节	高层民用建筑的有关电气问题·····	(203)
第十二章	汽车库、修车库、停车场的防火设计·····	(207)
第十三章	地下室及人民防空工程的防火设计·····	(215)
第一节	概述·····	(215)
第二节	地下室的防火设计·····	(216)
第三节	人民防空工程的防火设计·····	(218)
第十四章	建筑内部装修的防火设计·····	(229)
第一节	建筑装修等级及用料标准·····	(229)
第二节	装修材料的分类和分级·····	(231)
第三节	民用建筑内部装修的有关规定·····	(233)
第四节	工业建筑内部装修的有关规定·····	(237)
第十五章	建筑与爆炸·····	(238)
第十六章	建筑物的防爆设计与构造·····	(246)
第十七章	建筑防雷设计概述·····	(263)
主要参考文献·····		(272)

第一章 绪 论

自然界的一切物质都处在运动和变化之中。物质的运动和变化,有时要释放出巨大的能量,这种能量能够造福于人类,为人类带来欢乐和幸福。然而,当这种能量超过了环境的承受能力,则将走向反面,危及人们的生命和财产,成为一种灾害。

在全球范围内每年要产生各种各样的灾害。我国是世界上灾害较多,损失也较为严重的国家之一。据不完全统计,气象、洪水、海洋、地质、地震、农业、林业七大类自然灾害造成的直接经济损失约占国家财政收入的 1/6 到 1/4,因灾死亡人数年均 1~2 万。

对于形形色色的灾害,通常有以下三种分类方法。

第一种分法:

1. 天然灾害:这种灾害概括起来有 10 多种,它们分别是风灾、旱灾、涝灾、洪灾、冰冻、雪灾、雹灾、雷击、地震、风暴潮、滑坡、泥石流、火山喷火等。

2. 人为灾害:由于生活和生产中的不慎,缺乏经验、战争破坏、毒气污染、故意破坏、爆炸等,其中火灾多数属于这类灾害。

第二种分法:

1. 自然性灾害:由自然界物质的内部运动而造成的灾害,如地震等。

2. 条件性灾害:物质在运动中必须具备某种条件,才能发生性质的变化而产生灾害。如爆炸,必须是容易爆炸燃烧的固体、液体挥发达到闪点,可燃气体挥发达到爆炸下限时,遇明火才可能发生;又如火灾,必须具有可燃物质、有助燃的氧气、有燃烧的火源,火灾才会产生。只要设法消除这些条件,就可以避免这些灾害的发生。

3. 行为性灾害:人们的行为有意或无意造成的灾害。

第三种分法:(据世界范围灾害统计数字)

1. 内乱:在 1960 年至 1989 年间共发生 137 次,约占各种灾害总数的 5.8%,死亡人数为 290 万人,约占死亡人数总数的 62.2%。

2. 干旱和饥荒:在 1960 年至 1989 年间共发生 308 次,约占各种灾害总数的 13.1%,死亡人数为 64 万人,约占总死亡人数的 13.6%。

3. 地球物理灾害:(通常指地震和火山喷火)在 1960 年至 1989 年间共发生 315 次,约占各种灾害总数的 13.4%,死亡人数约 50 万人,占总死亡人数的 10.6%。

4. 水文气象灾害:(通常指风暴潮、洪水等)在 1960 年至 1989 年间共发生 1109 次,约占各种灾害总数的 47.1%,死亡人数约为 54 万人,占总死亡人数的 11.5%。

5. 火灾及传染病:在 1960 年至 1989 年间共发生 488 次,约占各种灾害总数的 20.6%,死亡人数约 10 万人,占总死亡人数的 2.1%。

上述统计数字表明,水文气象灾害发生次数最为频繁,内乱造成人员死亡最为严重。

这些灾害,其产生原因是多方面的,又各具特点,如:

1. 台风风暴潮:它是指在灾害性台风天气影响下,沿海地区海水急剧升高,并与天文大潮相遇,引起海水暴涨,越过海堤,流入内陆,淹没城镇村庄,形成灾害。如 1970 年 11 月 13 日,一场震惊世界的特大风暴潮,在孟加拉湾沿岸登陆,夺走了近 30 万条生命(据非官方人士统计为

50 万人死亡),溺死牲畜有 50 多万头,造成 100 多万人无家可归。

2. 龙卷风:又称龙卷,它是一种从积雨云的底部下垂的漏斗状云和其所伴随的强烈旋风。漏斗云内气压很低,具有较强的吸力,可以把地上的许多东西(包括人和牲畜)吸入空中后,又随风和雨降落到另一个地方。如 1974 年 4 月 3 日至 4 日,美国芝加哥的西南方出现了 48 个龙卷,波及了美国 13 个州,造成 315 人死亡,经济损失达 315 亿美元。

3. 冰雹:它是降雨中产生的冰粒,是以砸伤为主的气象灾害。中国、美国和前苏联的一些地区,同为世界上雹灾损失最严重的国家,如 1968 年 8 月 29 日,北京地区先后降雹 10~30 分钟,市区内雹粒盖地,交通中断,许多建筑物上的玻璃被打破,电线杆被刮倒。长安街上的路灯 65%以上被损坏,郊区数万亩农作物被毁,人畜受伤严重。其中一粒冰雹直径为 167mm,重量达 2.8kg。

4. 地震:地震是地球内部缓慢积累的能量,突然释放或人为因素引起的地球表层的振动。据统计,全球每年要发生地震 500 万次,其中 5 万次人们可以感觉到,能造成破坏的约计有 1000 次,7 级以上大地震平均一年只有 10 多次。有史以来,地震震级最大的是 1960 年 5 月 22 日南美洲智利的莱布地震,震级为 8.9 级;地震伤亡最大的是 1556 年发生在我国陕西华县的地震,震级为 8 级,死亡人数为 83 万人;物质损失最大的地震为 1923 年 9 月 1 日发生在日本的关东大地震。震级为 8.2 级,损失了 57.5 万间房屋,沉船 8400 艘,死亡人数为 14.2 万人,直接经济损失为 28 亿美元,还造成了大面积的火灾。

5. 泥石流:它是由水流和大量泥砂、石块、巨砾混合而成的特殊洪流。以北京为例,建国以来,北京郊区共发生较大的泥石流 25 次。灾害严重的有 10 次,除冲毁大量的房屋、耕地、树木和山区建设设施外,还致使 500 余人死亡。仅 1991 年 6 月 10 日爆发的泥石流,就造成 28 人死亡,直接经济损失 2.6 亿元。

6. 滑坡:它是斜坡上的岩体或土体在重力作用下,沿坡内软弱带发生的下滑现象。滑坡的种类很多,按照滑坡的物质组成为土层滑坡和岩层滑坡;土层滑坡又进一步分为黄土滑坡、黏土滑坡、堆积层滑坡。根据滑坡体厚度或滑坡床的埋藏深度分为浅层滑坡(小于 6m)、中层滑坡(6~20m)、深层滑坡(20~50m)、极深层滑坡(大于 50m)。根据滑坡体体积分为小型滑坡(小于 3 万 m³)、中型滑坡(3 万~50 万 m³)、大型滑坡(50 万~300 万 m³)、超大型滑坡(大于 300 万 m³)。根据滑坡活动阶段分为幼年期滑坡、青年期滑坡、壮年期滑坡、老年期滑坡。

20 世纪 60 年代至 90 年代我国几次强烈地震情况和世界主要自然灾害的伤亡情况详见表 1-1、表 1-2。

表 1-1 我国历史上几次强烈地震情况

发生年代	震 级	灾 害 地 点	伤亡人数(略数)
1556		黄河中游	830000
1654		陕 西	10000
1879		成都文县	20000
1739		银川平罗	50000
1920		海 源	100000
1927		甘肃古浪	数万人
1976	7.8	唐 山	400000

表 1-2 1963 年至 1990 年世界主要自然灾害的伤亡情况

发生年代	灾害种类	灾 害 地 点	死亡人数(略数)
1962	滑 坡	秘鲁法斯加拉山	4000
1962	地 震	伊朗西北部	12000
1963	旋 风	孟加拉	22000
1963	火山喷火	印度尼西亚巴里岛	1200
1963	滑 坡	意大利	2000
1965	旋 风	孟加拉	57000
1968	地 震	伊朗西北部	12000
1970	地 震	秘鲁北部	70000
1970	旋 风	孟加拉	500000
1971	旋 风	印度阿里萨	10000
1972	地 震	伊朗基尔	5000
1976	地 震	中国天津—唐山	250000
1976	地 震	危地马拉	24000
1977	旋 风	印度安度拉山	20000
1978	地 震	伊朗东北部	25000
1982	火山喷火	墨西哥爱鲁其翹山	500
1985	旋 风	孟加拉	10000
1985	地 震	墨西哥	8000
1985	火山喷火	哥伦比亚尼巴度戴鲁鲁伊斯山	25000
1987	地 震	厄瓜多尔东北部	4000
1988	旋 风	孟加拉	1500
1988	地 震	亚美尼亚	25000
1989	地 震	美国旧金山	270
1990	地 震	伊朗	500000

火灾是发生次数较多的条件性灾害,据有关资料统计,1994 年我国发生火灾 4 万起,死亡 2600 多人,伤 4000 多人,直接经济损失 12 亿元。被称为“黑色的冬日”的 1994 年最后两个月,先后发生了三起特大火灾,对人员和财产造成了巨大的损失。

其一,11 月 15 日,吉林银都夜总会特大纵火案,死二人,殃及博物馆馆藏文物 7000 余件及黑龙江省在该馆巡展的一具恐龙化石。

其二,11 月 27 日,辽宁阜新艺苑歌舞厅特大火灾,烧死 233 人。

其三,12 月 8 日,新疆克拉玛依友谊宫特大火灾,死亡 325 人,其中中小學生 288 人,伤 130 人。

据公安部消防局统计,我国 2000 年共发生火灾 15 万次,财产损失达 18 亿元人民币。

在《火灾统计管理规定》中,将死亡 10 人以上,重伤 200 人以上,受灾户 50 户以上,直接财产损失 100 万元以上的火灾视为特大火灾;将死亡 3 人以上,重伤 10 人以上,受灾户 30 户以上,直接财产损失 30 万元以上的火灾视为重大火灾。

各类自然灾害和人为灾害对人类的威胁是均等的。1987 年底,在摩洛哥和日本的倡议下,几十个国家联名向第 42 届联合国大会提出减灾议案,同年 12 月 11 日大会正式通过了该提案,并形成了 169 号决议,将 1990~2000 年确定为“国际减轻自然灾害十年”。第二年,联合国成立了“国际减轻自然灾害十年”指导委员会,并于 1989 年底,在联大第 44 届大会上,通过了

“国际减轻自然灾害十年”决议案。决议宣布,国际减灾活动从1990年1月1日开始,并确定每年10月的第二个星期三为“国际减轻自然灾害日”,还通过了《国际减轻自然灾害十年国际行为纲领》,为在全世界范围内的一致减灾活动铺平了道路。

我国政府于1989年4月正式成立了中国国际减灾十年委员会,并制定了一系列的方针政策,在这十年间,要更好地评估由于风暴、洪水、干旱、地震等灾害引起的危险,通过国际合作改进各国的警报系统,并根据警报及时有效地进行防灾救灾。同时,所有地区应以建筑法规和城市规划法律的形式,采取长期的防灾措施,以减少灾害的影响。

为使减灾的目标能顺利实现,在对人类造成极大损失的自然灾害和人为灾害方面,均制定了相应的对策。

对于地震,我国确定的十年防震减灾目标是大中城市应具备抵御六级地震的能力。历史上,全国几乎所有的省份都发生过六级地震,(如1998年1月10日11时50分发生在河北尚义—张北地区的破坏性地震为6.2级),据统计,发生在我国的六级地震约占89%左右。1978年,由原国家城乡建设环境保护部会同有关部门制定了《建筑抗震设计规范》,后经修订,作为国家标准(GBJ11-89)自1990年1月1日起施行。2001年7月20日由中华人民共和国建设部、国家质量监督检验检疫总局联合发布第三版《建筑抗震设计规范》GB50011-2001,并规定自2002年1月1日起执行。地震工作必须以预防为主方针,减轻地震造成的破坏,避免人员伤亡,减少经济损失。当前北京地区房屋设计中制定的八度设防就是依据上述规范的有关规定进行的。由“防、抗、救、减”四字组成的“抗震减灾”方针,对于建筑物应作到“小震不坏,中震可修,大震不倒”的预防对策。近期,我国人大常委会审议了“地震防御减灾法”,以法律的形式,提出了减灾目标,将使防灾、减灾日益深入人心。

对于火灾,我国先后制定了《建筑设计防火规范》(GBJ16-87)、《高层民用建筑设计防火规范》(GB50045-95)等一系列规范。其核心是预防为主,防消结合。建筑设计必须进行防火设计,并须经消防部门的审批,才能付诸实施。《消防法》颁布以后,使火灾预防与扑救工作,更加规范化和具体化。江泽民同志曾提出“隐患险于明火,防范胜于救灾,责任重于泰山”,为防火减灾,指出了明确的方向。

对于风灾(尤其是高楼风),应加强规划和合理设计,杜绝产生“高楼风”的条件,减少风压对建筑物的影响,并用正确的构造做法来减少风灾的危害。

首都北京已从1991年开始建立城市总体防灾系统,并就此进行了详细的规划,采取了许多措施。如:

(1)为疏散我市旧城区的过密人口,而留出足够的绿地、广场和疏散通道,并充分利用地下空间防灾避灾。

(2)加强对易燃、易爆和剧毒化学品的生产、储存和输送设施的管理,以防止出现由于一种灾害引发的多种次生灾害。

(3)交通和市政公用设施在建设时都要作到地上与地下结合,环状连通,多路输送,增加灾害发生时的应变能力。

(4)建立了城市灾害预测和应急报警系统。健全城市防灾组织机构。

(5)对军事设施和城市要害部位尤其应加强保护。

第二章 建筑与地震

第一节 概 述

一、地震的成因与分布

(一)地球的构造

地球是一个平均半径为 6400km 的椭圆球体,至今已有 45 亿年的历史。研究表明,地球是由性质不同的三个层构成:最外面是一层很薄的地壳,中间很厚的一层是地幔,最里面叫地核(图 2-1)。

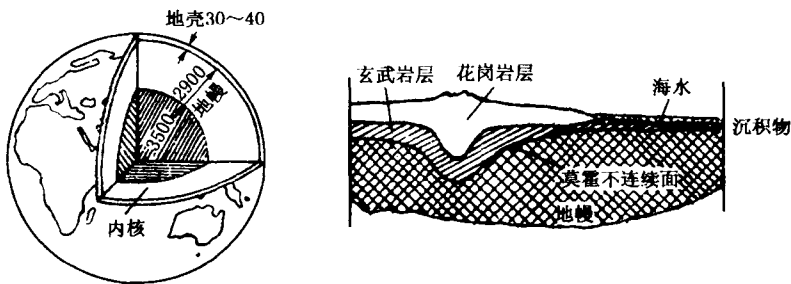


图 2-1 地球断面与地壳剖面(单位:km)

1. 地壳

地壳是由各种不均匀的岩石组成的。除表面的沉积层外,陆地和海洋下面的岩层组成和岩石厚度见表 2-1。

世界上绝大部分地震都发生在地壳内。

2. 地幔

地壳以下的地幔,厚约 2900km,它几乎占地球全部体积的 5/6。本层除顶部外,由质地坚硬、结构比较均匀的橄榄岩组成,并且由上往下铁镍成分逐渐增加,比重为 3.9~5.1。根据地震波速在地幔中的变化,推测地幔顶部物质呈熔融状态,一般认为,这可能是岩浆的发源地,称它为软流层;并认为地幔物质在热作用下的对流,可能是地壳运动的根源。

到现在为止,所观测到最深的地震是 700 多 km,这仅约为地球半径的 1/10。可见,地震仅发生于地球的表面部分——地壳中和地幔上部。

3. 地核

地核是地球的核心部分,球体半径为 3500km。对地核的成分和状态,目前认识尚不十分清楚,因其不传播剪切波,推测其表层可能为液体,而内核可能是铁、镍组成的固体。

地球内部的温度随深度增加而升高,从地表每深 1km 约升高 30℃,但增长率随深度增加而减小。经推算,地下 20km(多数地震发生在这个深度)深处温度约 600℃,地幔上部(地下

表 2-1 地壳的岩层和厚度

区 域	大 陆	海 洋
岩层组成	上部花岗岩 下部玄武岩	玄武岩
岩层厚度	约 30km	小于 10km

700km 左右)温度约 2000℃,地球内的高温主要是内部放射性物质不断释放热量的缘故,并因其分布的不均匀性,导致了地幔内发生物质的对流。

(二)地震的成因

地震通常按照其成因可划分为三种主要类型:构造地震、火山地震和陷落地震。

地震的类型、成因和影响见表 2-2。

表 2-2 地震类型、成因和影响

类 型	成 因	影 响
构造地震	地球在运动和发展过程中,内部的能量(例如地幔对流、转速的变化等)使地壳和地幔上部的岩层产生很大应力,日积月累,当地应力超过某处岩层强度极限时,岩层破坏,断裂错动,引起地面振动(图 2-2)。如美国旧金山圣安德烈斯断层上 1906 年突然发生错动,在 435km 长的一段上水平错距最大达 6.4m	破坏性大,影响面广
火山地震	火山爆发引起地面振动	影响和破坏性均较小
陷落地震	地表或地下岩层突然大规模陷落和崩塌,如石灰岩地区地下大溶洞的塌陷或古矿坑的塌陷等引起的地面振动	影响和破坏性均较小

建筑工程的抗震主要考虑构造地震,世界上已经发生的地震 90%以上属构造地震。

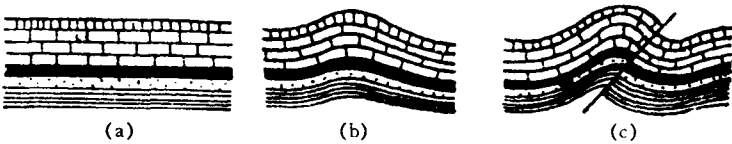


图 2-2 构造变动与地震形成示意

(a)岩层原始状态;(b)受力后发生褶皱变形;(c)引起岩层断裂产生振动

(三)构造地震

断层开始破坏而断裂错动的地方叫震源,震源正上方的地面位置叫震中。构造地震按震源深度的分类见表 2-3。

我国境内发生的地震,绝大部分属于浅源地震,一般震源深度为 10~40km。深震分布非常局限,仅出现于东北的吉林和黑龙江省的个别地区,深度一般为 400~600km。

表 2-3 构造地震分类

类 型	震源深度(km)
浅源地震	<60
中源地震	60~300
深源地震	>300

(四)地震序列

一定时间内相继发生在相近地区的一系列大小地震称为地震序列。某一序列中最强烈的那一次叫做主震。大地震有些是突然发生的,但有些大地震前数日就有一些较小的地震,叫做前震,前震是地震预报的途径之一。在一次大地震发生后,陆续发生一系列较小的地震,称为余震。主震刚发生后余震非常多,但急剧地减少,过了一定时期恢复到平静状态。

根据地震能量释放和活动的特点,地震序列有三种基本类型,见表 2-4。

(五)地震的分布

据统计,地球上平均每年发生可以记录到的大小地震达 500 万次以上,其中有感地震(震级在 2.5 级以上)在 15 万次以上,而造成严重破坏的地震则不到 20 次,震级 8 级以上,震中烈

度 11 度以上的毁灭性地震仅约 2 次。在上述这些地震中,小地震几乎到处都有,而大地震只发生在某些地区。

表 2-4 地震序列的基本类型

类 型	主震和能量释放
主震型	主震突出,释放能量占绝大部分,是常见地震类型
震群型	没有突出主震,能量由多次震级相近的地震所释放
孤立型	或称单发性地震,前震和余震很少,能量由主震释放

1. 世界的地震活动概况

从 1961 年初到 1967 年末为止,根据世界各大洲 7 年内所发生的近 30 万次 4 级以上地震所编绘的“世界地震分布图”(图 2-3),可以明显地看出地球上有一组主要的地震活动带,详见表 2-5。

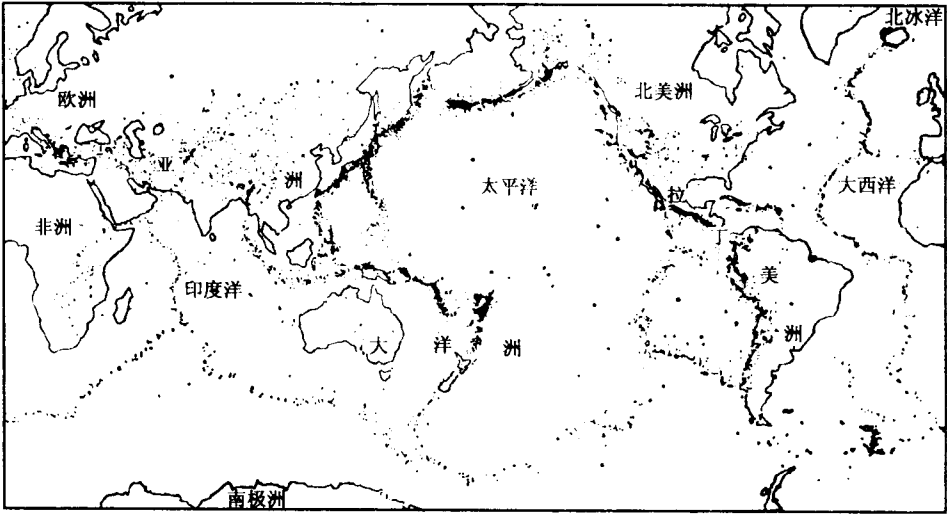


图 2-3 世界浅源地震震中分布图

表 2-5 地球上的主要地震活动带

名 称	经 过 地 区	地震活动情况
环太平洋地震带	沿南北美洲西海岸、阿留申群岛转向西南至日本列岛,再经我国台湾省而达菲律宾、新几内亚和新西兰	地震活动性强,全球约 80%~90% 的地震集中在这个带
地中海南亚地震带	西起大西洋的亚速尔,经意大利、土耳其、伊朗、印度北部、我国西部和西南地区,经缅甸至印度尼西亚与环太平洋地震带相衔接	地震活动较多

2. 我国地震活动概况

我国地处两大地震带的中间,是多地震的国家。历史上自公元前 1831 年开始有地震记录至今,近四千年的记录表明,我国的地震分布相当广泛。从历史地震状况看,全国除极个别的省份外(例如浙江、江西),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,详见表 2-6。

我国西部地区地壳活动性大,新构造运动现象非常明显,因此我国西部地震活动较东部为强。东部地震主要发生在强烈凹陷下沉的平原或断陷盆地,以及近期活动的大断裂带附近,如

汾渭地堑、河北平原、郯城——庐江大断裂带等,这也是东部华北地震区比其他两个地震区活动强烈的原因。

表 2-6 我国的主要地震活动带

名 称	经 过 地 区
南北地震带	北起贺兰山,向南经六盘山,穿越秦岭,沿川西直至云南省东部,纵贯南北,长达 2000 多 km,宽度为数十至百余 km
东西地震带	主要的东西向构造有: 1. 北面的一个沿陕西、山西、河北北部的狼山、阴山、燕山向东延伸直到辽宁北部的千山一带 2. 南面的一个自帕米尔起,经昆仑山、秦岭,直至大别山地区

二、地震波、震级和地震烈度

(一)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,这就是地震波。地震波是一种弹性波,它包含可以通过地球本体的两种“体波”和只限于在地面附近传播的两种“面波”。

1. 体波

体波包含“纵波”与“横波”两种。

纵波是由震源向外传递的压缩波,质点的振动方向与波的前进方向一致。在空气里纵波就是声波,一般周期短、振幅小;横波是由震源向外传递的剪切波,质点的振动方向与波的前进方向相垂直,一般周期较长、振幅较大,见图 2-4。

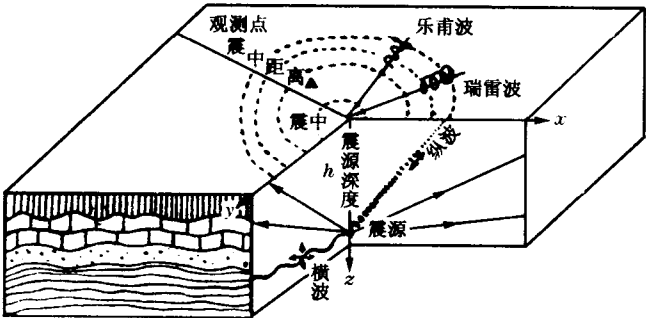


图 2-4 地震波传播与运动形式示意

2. 面波

面波只限于沿着地球表面传播,一般认为是体波经地层界面多次反射形成的次生波,它包含瑞雷波和乐甫波两种类型。

瑞雷波传播时,质点在波的传播方向和地表面法向组成的平面内作椭圆运动,而与该平面垂直的水平方向没有振动,如在地面上呈滚动形式(图 2-5)。

乐甫波只是在与传播方向相垂直的水平方向运动,即地面水平运动或者说在地面上呈蛇形运动形式(图 2-5)。

综上所述,地震波的传播以纵波最快,横波次之,面波最慢。所以在地震记录图上,纵波最先到达,横波到达较迟,面波在体波之后到达(图 2-6)。一般当横波或面波到达时地面振动最猛烈。

(二)震级

地震震级 M 是表示地震所释放量大小的尺度,其数值是根据地震仪记录的地震波图来确

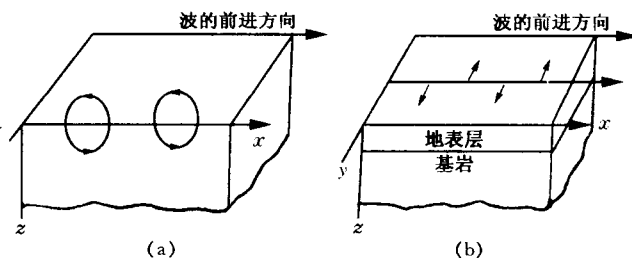


图 2-5 面波质点振动
(a)瑞雷波质点运动 (b)乐甫波质点运动

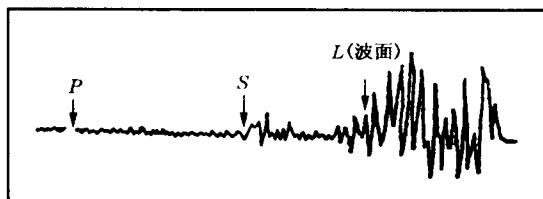


图 2-6 地震波记录图

定。

震级的原始定义为 1935 年里希特(Richter)给出：

$$M = \log A$$

A 是标准地震仪(指周期为 0.8 秒,阻尼系数 0.8,放大倍数为 2800 倍的地震仪)在距震中 100km 处记录的以 μm (10^{-4}cm) 为单位的最大水平地动位移(单振幅)。例如,在震中距 100km 处的地震仪记录的振幅是 10cm,即 100000 μm ,取其对数等于 5,根据定义这次地震就是 5 级。实际上距震中 100km 处不一定有地震仪;现在也不都用上述的标准地震仪。因此,对于地震台距震中距离 Δ 不是 100km 时确定的震级 M_{Δ} 要做修正。

根据我国现用仪器,计算近震(指震中距小于 100km)震级 M_L 的公式为

$$M_L = \log A_{\mu} + R(\Delta)$$

式中 M_L ——近震体波震级;

A_{μ} ——记录的水平最大地动位移(单振幅中的 μm);

$R(\Delta)$ ——起算函数,随震中距 Δ 而变。

震级直接与震源释放能量的大小有关。震级 M 与地震释放能量 E (尔格)之间的关系为:

$$\log E = 11.8 + 1.5M$$

震级每增加一级,能量增大 30 倍左右。一个七级的破坏性地震就相当于近 30 万个 2 万吨 TNT 的原子弹所具有的能量。

小于 2 级的地震,一般人们感觉不到,只有仪器才能记录下来,称作微震;2~4 级为有感地震;5 级以上就会引起不同程度的破坏,称为破坏性地震;7 级以上则为强烈地震。震级的分类见表 2-7。

表 2-7 震级的分类

震 级	<2	2~4	>5	≥7	>8
分 类	微 震	有感地震	破坏性地震	强烈地震或大地震	特大地震

三、地震烈度

地震烈度是指某一地区,地面及房屋建筑等遭受到一次地震影响的强弱程度。一次地震的震级只有一个,而各地区由于距震中远近不同、地质情况和建筑情况亦不同,地震的影响也不一样,因而烈度不同,一般震中区烈度最大,离震中愈远烈度愈小。震中区的烈度称为“震中烈度”。对于浅源地震,震级与震中烈度的关系如下列公式和表 2-8 所示。

$$M=0.58I+1.5$$

表 2-8 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 I	1~2	3	4~5	6~7	7~8	9~10	11	12

(一)地震烈度表

既然地震烈度是根据人的感觉,家具和物品的振动情况、房屋建筑和土木工程等遭受地震破坏的衡量尺度,就需要有一个评定烈度的标准,这称为烈度表。目前国际上普遍采用的是划分为 12 度的烈度表,也有一些国家沿用划分为 10 度的(如欧洲一些国家)和 8 度的(如日本)烈度表。

中国地震烈度表是中国科学院地球物理研究所根据我国地震调查经验、建筑特点和历史资料并参照国外的烈度表编制的,目前在地震调查中可参照使用(表 2-9)。

表 2-9 中国地震烈度表

烈 度	房 屋	结 构 物	地 表 现 象	其 他 现 象
1	无损坏	无损坏	无	无感觉。仅仪器才能记录到
2	无损坏	无损坏	无	个别非常敏感的、且在完全静止中的人感觉到
3	无损坏	无损坏	无	室内少数完全静止的人感觉到振动,如同载重车辆很快地从旁驰过。细心的观察者注意到悬挂物轻微摆动
4	门、窗和纸糊的顶棚有时轻微作响	无损坏	无	室内大多数人感觉,室外少数人感觉,少数人梦中惊醒。悬挂物摇动,器皿中的液体轻微振荡,紧靠在一起、不稳定的器皿作响
5	门、窗、地板、天花板和屋架木料轻微作响。开着的门窗摇动。尘土落下。粉饰的灰粉散落。抹灰层上可能有细小裂缝	无损坏	不流通的水池里起不大的波浪	室内差不多所有人和室外大多数人感觉,大多数人都从梦中惊醒,家畜不宁。悬挂物明显的摇摆。挂钟停摆,少量液体从装满的器皿中溢出,架上放置不稳的器物翻倒或落下
6	I 类房屋许多损坏,少数破坏(非常坏的房、棚可能倾倒)。II、III 两类房屋许多轻微损坏, I 类房屋少数损坏	牌坊、砖、石砌的塔和院墙轻微损坏。个别情况下,道路上湿土中或新填土中有细小裂缝	特殊情况下,潮湿、疏松的土里有细小裂缝。个别情况下,山区中偶有不大的滑坡、土石散落和陷穴	很多人从室内跑出,行动不稳,家畜从厩中跑出。器皿中的液体剧烈的动荡,时有溅出。架上的书籍和器皿等时有翻倒或坠落。轻的家具可能移动

续表

烈 度	房 屋	结 构 物	地 表 现 象	其 它 现 象
7	I 类房屋大多数损坏,许多破坏,少数倾倒。II 类房屋大多数损坏,少数破坏。III 类房屋大多数轻微损坏,许多损坏(可能有破坏的)	不很坚固的院墙少数破坏,可能有些倒塌。较坚固的院墙损坏。不很坚固的城墙很多地方损坏,有些地方破坏,堞墙少数倒塌。较坚固的城墙有些地方损坏。牌坊、砖、石砌的塔和工厂烟囱可能损坏。碑石和纪念物很多轻微损坏。由于黄土崩滑,土窑洞的洞口遭受破坏。个别情况下,道路上有小裂缝。路基陡坡和新筑道路、土堤的斜坡上偶有塌方	干土中有时产生细小裂缝。潮湿或疏松的土中裂缝较多、较大;少数情况下冒出夹泥沙的水。个别情况下,陡坎滑坡。山区中有不大的滑坡和土石散落。土质松散的地区,可能发生崩滑。水泉的流量和地下水位可能发生变化	人从室内仓惶逃出,驾驶汽车的人也能感觉。悬挂物强烈摇摆,有时损坏或坠落。轻的家具移动。书籍、器皿和用具坠落
8	I 类房屋大多数破坏,许多倾倒。II 类房屋许多破坏,少数倾倒。III 类房屋大多数损坏,少数破坏(可能倾倒)	不很坚固的院墙破坏,并有局部倒塌。较坚固的院墙局部破坏。不很坚固的城墙很多地方破坏,有些地方崩塌,堞墙许多倒塌。较坚固的城墙有些地方破坏,砖、石砌墙少数倒塌。牌坊许多损坏。砖、石砌的塔和工厂烟囱遭受损坏,甚至崩塌。不很稳定的碑石和纪念物移动或翻倒。较稳定的碑石和纪念物很多损坏,有些翻倒。路堤和路堑的陡坡上有不大的塌方。个别情况下,地下管道的接头处遭受破坏	地下裂缝宽达几 cm。土质疏松的山坡和潮湿的河滩上,裂缝宽度可达 10cm 以上。在地下水位较高的地区里,常有夹泥沙的水从裂缝或喷出。在岩石破碎、土质疏松的地区里,常发生相当大的土石散落、滑坡和山崩。有时河流受阻,形成新的水塘。有时井水干涸或产生新泉	人很难站得住。由于房屋破坏,人畜有伤亡。家具移动,并有一部分翻倒
9	I 类房屋大多数倾倒。II 类房屋许多倾倒。III 类房屋许多破坏,少数倾倒	不很坚固的院墙大部分倒塌。较坚固的院墙大部分破坏,局部倒塌。较坚固的城墙很多地方破坏,堞墙许多倒塌。牌坊可能破坏。砖、石砌的塔和工厂烟囱很多破坏,甚至倾倒。较稳定的碑石和纪念物很多翻倒。道路上有裂缝,有时路基毁坏。个别情况下铁轨局部弯曲。有些地方地下管道破裂或损伤	地上裂缝很多,宽达 10cm。斜坡上或河岸边疏松的堆积层中,有时裂缝纵横,宽度可达几十 cm,绵延很长。很多滑坡和土石散落。山崩。常有井泉干涸或新泉产生	家具翻倒并损坏
10	III 类房屋许多倾倒	牌坊许多破坏。砖、石砌的塔和工厂烟囱大都倒塌。较稳定的碑石和纪念物大都翻倒。路基和土堤毁坏,道路变形,并有很多裂缝。铁轨局部弯曲。地下管道破裂	地上裂缝宽几十 cm,个别情况下,达 1m 以上。堆积层中的裂缝有时组成宽大的裂缝带。继续绵延可达几 km 以上,个别情况下,岩石中有裂缝。山区和岸边悬崖崩塌。疏松的土大量崩滑形成相当规模的新湖泊。河、池中发生击岸的大浪	家具和室内用品大量损坏

续表

烈 度	房 屋	结 构 物	地 表 现 象	其 它 现 象
11	房屋普遍毁坏	路基和土堤等大段毁坏。大段铁轨弯曲。地下管道完全不能使用	地面形成许多宽大裂缝。有时从裂缝冒出大量疏松的、浸透水的沉积物。大规模的滑坡、崩滑和山崩。地表产生相当大的垂直和水平断裂。地表水情况和地下水位剧烈变化	由于房屋倒塌,压死大量人畜,埋没许多财物
12	广大地区房屋普遍毁坏	建筑物普遍毁坏	广大地区内,地形有剧烈的变化。广大地区内,地表水和地下水情况剧烈变化	由于浪潮及山区内崩塌和土石散落的影响,动植物遭到毁灭

烈度表说明:

为了使各烈度间对应明确,论述简单,便于使用,除去在数量上作了大致划分(大多数,许多,少数)外,对房屋类型和建筑物的破坏程度也作了如下区分:

房屋类型:

I类:1. 简陋的棚舍;

2. 土坯或毛石等砌筑的拱窑;

3. 夯土墙或土坯、碎砖、毛石、卵石等砌墙,用树枝、草泥做顶,施工粗糙的房屋。

II类:夯土墙或用低级灰浆砌筑的土坯、碎砖、毛石、卵石等墙,不用木柱的或虽有细小木柱但无正规木架的房屋。

III类:1. 有木架的房屋(宫殿,庙宇,城楼,钟楼,鼓楼和质量较好的民房);

2. 竹笆或灰板条外墙,有木架的房屋;

3. 新式砖石房屋。

建筑物的破坏程度:

轻微损坏——粉饰的灰粉散落。抹灰层上有细小裂缝或小块剥落。偶有砖、瓦、土坯或灰浆碎块等坠落。不稳固的饰物滑动或损伤。

损坏——抹灰层上有裂缝,泥块脱落,砌体上有小裂缝,不同的砌体之间产生裂缝,个别砌体局部崩塌,木架偶有轻微拔榫。砌体的突出部分和民房烟囱的顶部扭转或损伤。

破坏——抹灰层大片崩落。砌体裂开大缝或破裂,并有个别部分倒塌。木架玻璃。柱脚移动,部分屋顶破坏,民房烟囱倒下。

倾倒——建筑物的全部或相当大部分的墙壁、楼板和屋顶倒塌,有时屋顶移动,砌体严重变形或倒塌,木架显著倾斜,构件折断。

(二)裂度的定量标准

上述烈度表中,烈度标准主要是以宏观描述为主,还缺少定量的指标,只能反应地震的后果而未反应地震的破坏作用,以这种标准去评定烈度,有时出入较大。在工程上,地震烈度是抗震设防的标准,要求在烈度标准中能包括抗震设计所需要的工程数据,即定量的指标。各国地震工作者已进行了不少的研究工作,试图把烈度的宏观标志和地面运动的物理量对应起来,给烈度以定量的概念,主要从三个方面进行研究。

1. 以地面最大加速度为标准

在工程方面比较普遍认为地震对结构的影响主要决定于地面的最大加速度,并且由于地震荷载是一种惯性力,采用加速度更便于与荷载的计算联系起来,为简便起见,烈度指标用地震烈度系数

$$K = \frac{a}{g}$$

式中 K ——地震烈度系数;