

房屋抗震设计

南京工学院土木系编

江苏省建委抗震办公室 联合印
南京工学院

1979.2

内 容 提 要

本书系根据国家基本建设委员会1978年批准颁布的《工业与民用建筑抗震设计规范(TJ11—78)》编写的。对规范中有关条文,尽可能交待制订的根据和作出必要的解释。书中首先介绍了地震的基本知识、地震震害以及中央关于地震工作的方针,并概括地介绍了地震的预测预报常识和房屋抗震设计的基本原则以及有关基土液化等问题。在简要阐明结构动力学的基础知识,地震荷载的计算以及荷载组合和强度验算原则的基础上,对砖结构房屋、单层钢筋混凝土厂房和多层钢筋混凝土框架房屋的抗震设计作了较全面的论述。全书引用了较多的建筑实例,力求结合工程实际进行理论讲解。对有关公式,大多作了必要的证明。同时书中附有适量的计算例题,以便读者自学。此外在附录内摘编了有关房屋的震前检查和震后修复的内容,供使用时参考。

与本书配套使用的有我院编写的《建筑力学》、《混合结构房屋(结构设计)》、《单层厂房结构设计》、《钢筋混凝土多层框架》等书。

目 录

第一章 地震和地震震害以及我们的防震抗震工作

1—1	地震概述	1
1—2	地震强度	4
1—3	地震的震害	8
1—4	伟大领袖毛主席和党中央对于灾区人民的亲切关怀和中央关于地震工作的方针	10
1—5	地震的预测预报	12
1—6	抗震设计	16
1—7	震后的修复和重建	25

第二章 有关结构动力学的基础知识

2—1	静力荷载与动力荷载	28
2—2	研究结构动力学的目的和主要内容	28
2—3	运动方程式的建立	28
2—4	质点的自由度	29
2—5	不考虑阻尼影响时单自由度体系的自由振动	29
2—6	考虑阻尼时单自由度体系的自由振动	31
2—7	考虑阻尼时的强迫振动	37
2—8	多自由度体系的自由振动	42
2—9	多自由度体系的自由振动的主振型及其正交特性	43

第三章 地震荷载的计算

3—1	概述	47
3—2	单自由度体系的地震荷载和地震反应谱	48
3—3	多自由度体系和无限自由度体系地震荷载的分析	50
3—4	确定地震荷载及内力的一般方法	55
3—5	结构底部剪力的计算	59
3—6	竖向地震荷载	61

第四章 荷载组合和强度验算原则

4—1	荷载组合	62
-----	------	----

4—2	强度安全系数.....	62
第五章 砖结构房屋的抗震设计		
5—1	砖结构房屋的震害概述.....	63
5—2	各类砖房屋的震害及抗震构造措施.....	67
5—3	砖房屋的抗震计算.....	86
第六章 单层钢筋混凝土厂房的抗震设计		
6—1	单层钢筋混凝土厂房的震害及抗震构造措施.....	100
6—2	单层钢筋混凝土厂房的抗震计算.....	110
第七章 多层钢筋混凝土框架房屋的抗震设计		
7—1	多层钢筋混凝土框架房屋的震害及抗震构造措施.....	133
7—2	多层钢筋混凝土框架房屋的抗震计算.....	143
附 录 房屋的震前检查和震后修复		

第一章 地震和地震震害以及我们的防震抗震工作

1 — 1 地 震 概 述

地震，和刮风下雨一样，都是一种自然现象。全世界每年大约发生500万次地震，人们能感觉到的约占1%，能造成严重破坏的大地震平均每年大约18次。

我国从公元前1189年即有关于地震的记载，是世界上记载地震最早的国家。据统计，从公元前12世纪至今，历史上共记载大小地震8000多次，其中破坏性地震亦有900多次。

地震一般有构造地震、火山地震和陷落地震。构造地震由地壳构造运动引起地层断裂而导致，即地层不断变化，某些地方变化过大，不断积蓄着很大能量，当破裂时传出弹性波，引起地面震动；这类地震占绝大多数（约占地震总数90%），震源可深可浅，它影响范围大，世界大地震都属于这一类型，研究主要系针对这类地震进行的。至于火山地震则系由火山爆发所引起，有时也很强烈，但影响范围不大，其分布与火山分布地带一致，约占总数7%。而陷落地震系由地层内石灰岩溶洞塌陷或矿道塌下所引起，为数最少，约占总数3%，其震源浅，一般不超过地下水活动范围；由于震源浅，传播不远，故影响不大。

所谓震源，系指被解放应力所集中的地方，实际是一个面，通常作为一个点看待。

震中为由震源以最短距离到达地面的一个点，常常也是一个面，这个面叫做震中区（极震区）。

地震波由震源向各个不同方向传达到地球表面上各点，包括体波与面波，体波又分纵波与横波。纵波的振动方向和震波前进方向一致，横波的振动方向则与其前进方向垂直，亦即纵波是岩石每一质点以其原位置为中心沿波的传播方向作前后来回的振动，横波则是岩石质点在波传播方向垂直平面内发生振动，大地震时地面产生波状起伏的变形则系由横波所导致。因纵波速度较快（约为横波速度的1.7倍），故地震仪首先记录到纵波，持续很短时间，即记录到速度稍慢的横波。纵波引起上下颠簸，横波引起摇晃。因地层构造非匀质的，因此，入射到各层境界内的地震波又重新产生折射波和反射波。地震波经过不同岩层时经历无数次的反射、折射、绕射、弥散和衰减与迭加以后，到达地面引起地面运动，显然这样的地面运动是极不规则的。面波分瑞雷波和乐甫波。瑞雷波传播时，质点在波的传播方向和地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，在地面上呈滚动形式。乐甫波只是在与波传播方向相垂直的水平方向运动，即地面水平运动，或者说在地面呈蛇形运动。面波由震中向外传播，速度最慢。一般当横波或面波到达时地面振动最猛烈，对地面的破坏亦最大。由于地基的弹性不完全和不连续且具有粘性，故地震波由于阻尼作用从震中向远处逐渐减弱，其中振动周期短的纵波最易衰减，故传播不远。

地震是成群发生的，其中最大的一个地震叫“主震”。主震前发生的地震叫“前震”，之后发生的地震叫“余震”。在一个地区，这种前前后后发生的一系列大大小小的地震，总称地震序列。例如1975年2月4日19时36分海城地震，主震7.3级。在此之前，发生了多次

小震，如2月3日18时40分发生2.4级，4日上午6时59分，10时36分分别发生了4.6级、4.2级前震，然后平静一段时间，即大震。这是在平静中蕴育着不平静（邢台地震也如此）。主震历时36秒。主震后余震频繁，至6月25日，已有一级以上余震6743次，其中5级以上余震7次，此后仍有继续。有的地震序列，主震突出，与最大的前震和余震的震级相差较大，叫“主震型”。有的地震序列主震不突出，有若干个震级相差不大的地震，叫“震群型”或“多震型”。如1966年邢台地震，就是多震序列，主震7.2级，前后还发生了多次破坏性地震，单是5级以上的破坏性地震就有21次，6级以上的有5次。有的地震序列，前震和余震很少，甚至没有（如1923年日本关东大地震就没有观测到任何明显的前震），只有一个孤立的主震，叫“孤立型”或“单发型”。世界上发生的地震，大多数为主震型。

在这三种地震序列中，“多震型”破坏力大，“孤立型”比较难预报；“主震型”又分有前震和无前震两种。

按震源分浅源、中源和深源。深度小于70公里的为浅源，大多数地震或成灾的地震都是这样。我国地震亦多为浅源，例如1975年海城地震的震源深度为16公里。中源深度为70~300公里。深度大于300公里的为深源。

关于地震成因，目前普遍认为“板块构造说”能较好地解释各类地震中出现的一些现象。原来地壳被许多深大断裂所切割，分成若干“板块”。全球共分六大板块，即欧亚板块、美洲板块、太平洋板块、澳洲板块和南极板块。除太平洋板块全属海底地壳外，其余板块都是由一部分海洋和一部分大陆地壳所组成。而大的板块还可划分为更多的小的板块。观察资料证明各板块间位置是在不断变化，也就是说大陆是在漂移的^①。因此，有些板块则彼此碰撞，这时一个板块就俯冲到另一个之下，后者就仰冲上来，形成高山；有些则彼此分离而漂移开去，如印度大陆原位于南半球与南极大陆相连，后来开始分离，大约在距今1~2千万年漂移到北半球，与亚洲大陆相碰撞并俯冲到后者之下，使形成雄伟的喜马拉雅山。

板块与板块分界处断层发育，纵横交错，十分复杂。当板块之间作相对运动时，断层即错动而引起地震。而在板块内部，相对来说，这种相互作用引起位置移动不显著，故地震也较少。因此地震常发生在板块之间的分界线上，呈带状分布。这就是为什么环太平洋地震带是沿太平洋周围的原因。另一个是地中海—亚洲横贯地震带。

除上述两个主要地震带外，还有一些较小的地震活动带，包括沿北冰洋、大西洋和印度洋中的主要山脉以及东非和夏威夷群岛等地震活动带。

如上所述，地震总是沿着板块之间的边界发生，而一次大地震发生之后，便会引起边界地带其余部分应力增加，致使大地震接连发生。属于两个大的刚性板块边界的地震带，地震

^①据目前所知，地球（平均半径约6370公里）为由平均厚度为33公里（我国西藏高原地壳最厚达60—80公里，而太平洋马里亚纳海沟最薄仅约6公里）的地壳和厚约2900公里的地幔及地核三大层所组成，地核又分外核和内核，外核由液态物质组成，在深约5000公里以内部分为内核。地幔位于地壳和地核之间，所以也叫中间层，由橄榄岩一类物质所组成。因为地幔上部物质（软流层）在不断流动，因而板块在地幔上不断漂移。高温的地幔物质源源不断地在海岭处从地下上升，到地表后逐渐冷却，变为海底地壳（板块），并在地幔流推动下，向外扩张、漂移，直到海沟，在那里沿大约30°~60°角的倾斜面下沉，回到地幔，又同化为地幔物质。因此海底地壳象“传送带”一样，是在不断地周转，一面生长，一面消亡，不断更新。它从海岭处生成，至再沉入地幔，历时需2~3亿年。而大陆则象“乘坐”在海底地壳“传送带”上，不断移运，当达海沟时，因较轻，浮在上面，停滞不前，而海洋地壳则转入地下。所以海洋地壳不是永久性的，而大陆则是长久性的。

活动表现出有周期性的变化，但是靠近三个刚性板块边界或比较复杂的板块边界的地震带，地震活动似没有上述明显的规律。

国外有在实验研究的基础上，提出了地震发生机制的物理模型：认为第一阶段地壳岩石由于应力的积累而产生弹性变形；第二阶段由于变形发展，使岩石中产生许多小裂缝，从而引起岩石体积的非弹性膨胀，即所谓“扩容现象”，扩容现象大约在应力达到岩石破裂强度的一半时出现，地震前兆主要是从这一阶段开始出现的，如因岩石体积变化，引起震前的地倾斜和地形变化；岩石中裂缝增加，使地震纵波速度下降，而对横波则影响很小；第三阶段有的认为地下水这时逐步渗入扩容区使其饱和，从而使地震纵波速度恢复正常，同时也提高了裂缝孔隙压力，降低岩石强度，由此引起小震数量增加，随后发生主震；有的则认为这阶段裂缝激剧发展，从而导致主断裂区的不稳定和剧烈变形，而周围某些部分则应力下降，部分小裂缝闭合；随着不稳定的继续发展，最后引起主断裂出现，于是主震发生。上述两种模型都是在大大简化的条件下进行实验的基础上提出的，实际地震过程要复杂得多。或许这两种模型各代表着不同类型的地震过程。

我国大陆可分为东部和西部两大地震区，南北地震带是它们的分界线。南北地震带北起贺兰山，向南经六盘山，沿天水——文县一线，穿越横亘东西的秦岭山脉，经龙门以西地区，趋川西、滇东地区，跨越宁夏、甘肃、四川、云南四省，绵延2000多公里。本地震带活动强烈，我国不少7级以上大地震都发生在这里。

地中海——南亚地震带则通过我国西部地震区。活动比东部地震区强烈，为强震分布区，频度也高。以昆仑山为界，以北为西北地震分区，以南则为西南地震分区。西北地震分区地质地形的特点是高山间夹着比较稳定的地块（盆地）。地震多发生在山脉与盆地接触的地带，呈一带状分布，因为这些地方是活动断裂所在地。西南地震分区的特点是最近地质时期以来，地壳发生强烈上升，形成海拔4500 m以上的青藏高原，大的活动断裂很多，地震分布比较均匀。

东部地震区活动性远较西部地震区低，频度亦低，分布稀疏，但活动有时也很强烈。如1556年陕西关中大地震和1668年山东郯城、莒县一带大地震。本区内部又可分为三个分区：即华北、华南和东北分区。频度依次降低（不包括东北的深震）。华北分区包括辽宁南部、河北、山西、陕西、山东及河南全部，以及江苏、安徽北部。在它以北地区属于东北分区，以南则属华南分区。

台湾地震带是我国地震最强烈的地区，因为它是环太平洋地震带的组成部分，地壳很不稳定。

我国科学工作者综合大量地震和地球物理资料，证明喜马拉雅山地区过去是一片汪洋大海，在距今1~2千万年内，向北漂移的印巴次大陆（印度板块）受到欧亚大陆的阻挡，一部分印巴次大陆岩层插到了欧亚大陆的地壳下面，而另一部分岩层则由于互相碰撞，使岩层褶皱、断裂和变质，并逐渐隆起，形成雄伟的喜马拉雅山。这个过程称为“喜马拉雅造山运动”。印巴次大陆今仍在继续北移，它已深深插到我国阿尔金山的地壳下面，因此喜马拉雅山今天还在继续上升，西部地区地壳很不稳定，地震活动频繁而强烈。

东部地区地壳较稳定，但在地质史上由于太平洋板块同欧亚大陆板块发生碰撞，形成一系列北东向的断裂带。今天东部地区的地震大多分布在这种断裂带上。现在太平洋板块仍在

推压欧亚板块，这是我国东部地区地震能量的主要来源。但由于太平洋板块对我国华北、华南和东北地震分区的推压力并不相同，对华北的推压力较大，加之华北地壳刚度也较大，所以多地震；对华南和东北的推压力较小，所以地震也较华北为少。

我国西部地区受印度板块的推压，东部地区受太平洋板块的推压，两者的作用力在南北地震带相碰，因此南北地震带的地壳很活动，断裂发育，故地震活动也较强烈。

1—2 地 震 强 度

地震强度用地震震级M来表示，它说明某一次地震的强弱，而以该次地震过程中释放出来的能量的总和来衡量，其具体数值是由地震仪器记录推算出来的。因此，一次地震只有一个震级，不因距离远近而改变。目前发生的最大地震为8.9级（1906年在厄瓜多尔和1933年在日本都曾发生过8.9级特大地震）。我国历史上和近期发生的最大地震为8.5级（1668年7月25日山东莒县、郯城发生的地震和1950年8月15日西藏自治区察隅附近发生的地震均为8.5级）。

震级M用下式确定：

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

式中A是标准地震仪（固有周期0.8秒，阻尼系数0.8，放大倍数2800倍的Wood—Anderson地震仪）在距离震中100公里处记录的，以微米 μ （ 10^{-4}cm ）为单位的最大单振幅。实际距震中100公里处不一定有地震仪，故需修正才能确定震级。

我国对近震（震中距小于1000公里）按仪器记录的水平最大地动位移，考虑距离的修正确定近震体波震级；对远震（震中距大于1000公里）测定震级则分体波法和面波法（参看《地震工程概论》P. 7）。

对地震波的能量E，我国地震工作者根据大量观察调查资料，得出下列经验公式：

$$\lg E = 9.5 + 1.6M \text{ (尔格)}, \quad (4 < M < 7.5) \quad (1-2)$$

根据古登堡—李希特经验公式，则有：

$$\lg E = 11.4 + 1.5M \text{ (尔格)} \quad (1-3)$$

江苏省地震办公室等编写的《地震及其预测预防》小册子中列出的能量换算表（表1）则系按

$$\lg E = 11.8 + 1.5M \text{ (尔格)}$$

不同地区得出的经验公式的系数往往是有差别的，这是由于区域地质构造特点，计算地震波能量的方法，资料的分散度以及测定误差引起的，但在震级的一定范围内还是接近的。

震级M和能量E的关系（按1—3式）以及相当TNT炸药的爆炸吨位，见表1—1。

地 震 波 的 能 量 表 1—1

震 级	5	6	7	8	8.5	8.9
E(尔格)	8.0×10^{18}	2.5×10^{20}	8.0×10^{21}	2.5×10^{23}	1.4×10^{24}	5.6×10^{24}
TNT(百万吨)	0.1	1.2	10	80	220	630

从上表可见,相差一级,能量相差约31~32倍,平均31.8倍,而5级时能量为 8.0×10^{18} 尔格,则0级时能量应为 $\frac{8 \times 10^{18}}{(31.8)^5} \approx 2.5 \times 10^{11}$ 尔格。当一次地震的地震波的能量小于 2.5×10^{11} 尔格时,则为负数级。所以地震是有负数级的,地震目录表中可看到负数级。

过去历史上大地震的震级是这样估算的,即根据各地方志记录的破坏情况确定烈度 I_0 (烈度见下述),绘等烈度线,量出其平均半径 r_1 (公里),先按下式确定震源深度(公里):

$$h = r_1 / \sqrt{\frac{I_0 - I_1}{3} - 1} \quad (1-4)$$

式中 I_0 ——震中烈度。

然后按下式估算其震级:

$$M = 0.68I_0 + 1.39 \log h - 1.4 \quad (1-5)$$

例如1556年1月23日陕西华阴、华县大地震(即关中大地震),震中烈度为11~12度,按11度计,其4度等震线平均半径为660公里,从式(1-4)求得震源深度为45公里,代入式(1-5)即得震级 $M = 8.3$ 级。

1、2级以下地震为无感地震;稍大的地震,人有不同感觉,为有感地震;5、6级地震造成建筑物不同程度的破坏,为“破坏性”地震,全世界每年发生约100多次;更大的地震为强烈地震或大地震,平均每年有18次左右。很多大地震发生在人烟稀少地区或辽阔的海洋。当强烈地震发生在人烟稠密地区时,将会造成不同程度的破坏,因此必须认真对待,采取积极的预防。

1960年5月21日至6月22日,南美智利南北1400公里沿海狭长地带连续发生了225次地震,其中3次超过8级,10次达7级。

我国处于世界两大地震带(环太平洋地震带和中亚——地中海地震带)之间,是一个多地震的国家。1900~1975年,共发生6级及以上的地震近500次,是处在世界上地震高潮活动期之列。

地震烈度为说明一次地震在某一地点影响强弱的程度。震中烈度与震级和震源深度有关。表1-2示震源深度为10~30公里时,震级 M 与震中烈度 I_0 的关系。

震级 M 与 震中烈度 I_0 的关系 表 1-2

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

震源愈浅,震中烈度愈大,但播及的范围则较小,例如7级地震,当震源深度为5公里时,震中烈度可达11度,而当震源深度为25公里时,震中烈度则仅约9度。

1960年2月29日,非洲摩洛哥阿迪尔发生5.8级地震,震源深度不到5公里,震中烈度异常高,灾情十分严重。

在同一次地震作用下,各地烈度不同,这与地震本身大小及与震中距离,土质条件,地质情况和震源机制等许多因素有关。例如1556年我国上述关中大地震时,高烈度的等震线东

西长南北短，因为极震区的南边就是秦岭，与华阴相距仅50多公里的洛南，只是山摇水动，房屋几无震倒，而相距70多公里的商县，只是有声如雷。但是北边相距360公里的临县，则墙和房子倒毁，人畜损伤甚众。一般说，山脉是有“根”的，同时山脉内部还有不同的界面，如断裂面，岩层面，不整合面和侵入体的接触面等，这些都能引起地震的反射、散射和能量的吸收，因而使传到秦岭南边诸县的地震波大大削弱。

为划分地震烈度的标准，各国均制定区分烈度标准的地震烈度表，以此为尺度来确定一次地震某地区的地震烈度。地震烈度表一般是根据建筑物的损坏程度，地貌变化特征和地震时人的感觉，家具的动作反应等区分标准而拟订的，称为宏观地震烈度表。现在除日本按0~7分成8等的烈度表外，我国和大多数国家都是分成12度的地震烈度表。

正确地鉴定各地区的地震烈度，以便进行合理的抗震设计，避免可能遭遇到的地震破坏，是国家大规模建设中迫切需要解决的任务之一。1957年中国科学院地球物理研究所曾根据国内近期一些地震调查资料和地震台站仪器资料以及我国历史上的地震资料，并参考国外地震调查报告和通用的各种地震烈度表，编制了适合我国情况的宏观地震烈度表。但是由于当时条件的限制，现在随着建设的发展和经验及资料的积累，自有待于进行修正和补充。现将表中7~9度部分（作了个别删改）列于表1—3，以供学习参考。表中的建筑物都是指没有采取抗震措施的。

地 震 烈 度 表 （ 部 分 ）

表 1—3

烈 度	房 屋	结 构 物	地 表 现 象	其 他 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（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，垛墙少数倒塌，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。 由于黄土滑坡，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砂的水。 个别情况下，陡坡滑坡和土石散落，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。	人从室内跑出。驾驶汽车的人也能感觉。 悬挂物强烈摇摆，有的损坏或坠落。 轻的家具移动。书籍器皿和用具坠落。

烈度	房 屋	结 构 物	地 表 现 象	其 他 现 象
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(可能有倾倒的)。	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、石堞墙少数倒塌。牌坊许多损坏。砖、石砌的塔和工厂烟囱遭受损坏,不很坚固的破坏,甚至崩塌。 不很坚固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。	地上裂缝宽达几厘米。土质疏松的山坡和潮湿的河滩上,裂缝宽度可达10厘米以上。在地下水位较高的地区里,常有夹泥砂的水从裂缝或喷口冒出。 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。有时井泉干涸或产生新泉。	人很难站住。家具移动,并有一部份翻倒。
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。	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厘米,绵延很多。 很多滑坡和土石散落。山崩。常有井干涸或新泉产生。	家具翻倒并损坏。

表中三类房屋的区分:

I类——简陋的棚舍,土坯或毛石等砌筑的拱窑,夯土墙或土坯、砖坯、毛石、卵石等砌筑墙,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,老旧的有木架的房屋。

III类——有木架的房屋(宫殿、庙宇、城楼、钟楼、鼓楼和质量较好的民房);新式砖石房屋。新式砖石房屋指解放后大规模建设中兴建的、高度在4层以下,用正规砌筑的砖石墙承重,钢筋混凝土或木楼(屋)盖。

建筑物破坏程度的区分:

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。砌体上有裂缝,不同的砌体之间(如砖墙与土坯墙间)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。木架拔榫,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。

当作一般性叙述或其情况与此处定义不符合的,则用损伤、毁坏、崩塌等词汇代替。

表中的数量为大致估计:大多数意味着有一半以上,许多指约有1/3,少数则指仅有1/10以下,但不应机械地计算百分率。

为了明确地说明地震强度,运用适当的物理量是必需的。国外曾有以地震时地面运动的最大加速度值为标准的所谓定量地震烈度表。但因为地震过程及其对建筑物的破坏作用是十分复杂的,很难用一个地面最大水平加速度来表示,故现在已经不用。苏联则用CBM型地震仪的球面弹性摆的最大相对位移值表示。对这问题,国内外亦尚在探索与研究中。

地震烈度又分基本烈度与设计烈度。基本烈度是用以估计地震的危险性,其初步定义为:“一个地区的基本烈度是指该地区今后一定期限内,一般场地条件下可能遭遇的最大地震烈度。”这个定义明确了在一定的时间内,即基本烈度的确定要以长期地震预报为基础,与时推移,并非永恒不变的量级。过去基本烈度是按历史上发生过的地震可能重复和相同地质构造的地区可能发生同等强度地震这两条原则确定的。

1957、1958年国家建委、国家计委曾颁发了297个城市、县镇的地震基本烈度。现国家地震局已编制出《全国地震烈度区划图》。

设计烈度又称设防烈度,指建筑物抗震设计时实际采用的地震烈度,是根据建筑物的重要性,在基本烈度的基础上进行调整确定的。

1—3 地震的震害

一次地震持续的时间一般均很短,但对地面的破坏却很大。地震常引起山石崩裂,陡坡

下滑,地裂、地陷及冒水喷砂(饱和砂土液化)等现象。

例如1975年2月辽南大地震中,地裂缝分布范围较广,按其性质可分为两类。一类是构造裂缝,它不受地形地貌的影响,系地震断裂在地表的反映,这次地震出现在孤山公社北的断裂带,即系一道新的构造裂缝,长约5.5公里,宽度30~40cm。另一类为非构造裂缝,受地形、地貌、土质条件的限制,多沿河岸边,陡坡边缘、沟坑四周和埋藏的古河道分布,宽度有达2~3m的,长度在200~300m之间,往往和冒水喷砂现象伴生,因而裂缝中是有水的。地裂缝通过建筑物造成开裂和破坏,如营口县医院主楼和住院部为两组地裂缝交切,破坏严重;田庄台造纸厂仓库,处于平行辽河岸边的非构造地裂缝通过地带,致使建筑物从基础到屋顶开裂并向河道方向倾斜。又海城县牛庄公社西关地裂缝,断开水渠反向错开达33cm。

地陷大多发生在岩溶洞和采空(采掘的地下坑道)地区,因受震造成塌陷,或在冒水喷砂附近,由于地层下被掏空而下陷。辽南地震时陷坑直径有达10m和深达15m的。

在地下有饱和粉砂层地区,震后由于砂基液化而产生冒水喷砂现象则较普遍。辽南地震中,最大喷砂量一孔有达300立方米者,复盖约一亩农田。喷出的水中氯盐含量有达20%,水温有高达40℃的。初步估计,砂基液化深度7度区可达8~10m,8度、9度区可达12~14m,而在河床和岸边部分,深度则大于上述数字。

地震时不仅使表层土产生严重变形,有的地区地表以下较深部位土层也产生变形,如辽南地震时某油井震后地下7~11m处套管产生“S”弯曲变形,最大角变位达3°30',这证明深部土层变形的存在。

1970年1月5日云南通海7.8级地震,曲江区发生山崩数十处,塌方量近百万方,石块最大的有超过房屋的体积,崩塌的石块堵塞了公路。辽南地震时,东部山区落英公社老刁山发生山崩,其中最大石块有达80余吨的,着地后又弹起飞出约30m,砸平看守果园的独立房屋。该公社下力村旁的山坡还曾发生小规模的山坡。

在山区,地震还会引起泥石流(也称山啸)。1970年5月31日秘鲁西侧太平洋海底发生一次7.8级地震,瓦斯卡芒山北峰,泥石流从三千多米高处崩落,推平了一些村镇。巨大的石块重达千吨,混同砂、石、冰水飞奔而下,造成意外的后果。

地震还会引起海啸。1960年5月22日上述智利的大地震,引起了巨大的海啸,浪高达20m,海水震荡传播到太平洋各地,5月24日海啸到达日本东海岸,海浪最高尚达6.5m,冲倒卷走房屋达三千多栋。

地震时还会引起次生灾害,如火灾。例如1833年9月6日云南嵩明8级地震,“官府起火”“烟焰直至三日未息”。1923年9月1日日本相模湾8.3级地震,横滨、东京火灾严重,房屋分别烧毁59.6%及85.2%,仅东京烧死人数约占全部死亡人数的40%。

在地震中建筑物由于受震而产生很大的惯性力导致砖墙裂缝、倾侧甚或倒塌。在砖房屋中当采用横墙承重时,这时隔墙多,刚度大,如果内外墙咬砌质量好时,即使在高烈度区,破坏也较轻,甚至有震后保持完好的,如辽南地震中9度区的海城镇医院的二层建筑(图1-1)。

在高烈度区,高耸的砖砌构筑物破坏较多,如未配筋的砖烟囱往往折断和错位(图1-2),砖砌水塔筒身有被震严重裂缝的(图1-3)甚至倒塌的,而钢筋混凝土烟囱和水塔则震害较轻,但钢筋混凝土烟囱也有个别折断的,如唐山陡河电站180m高烟囱,经9度地震后折断48m(图1-4)。

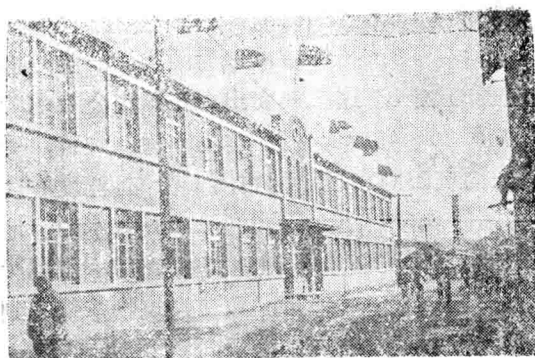


图 1—1

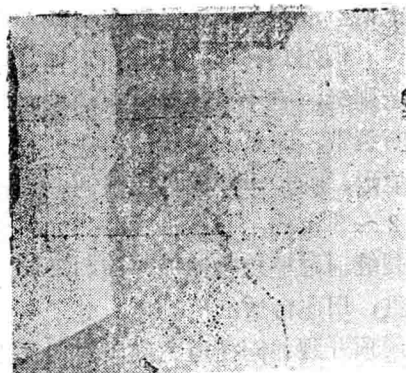


图 1—3

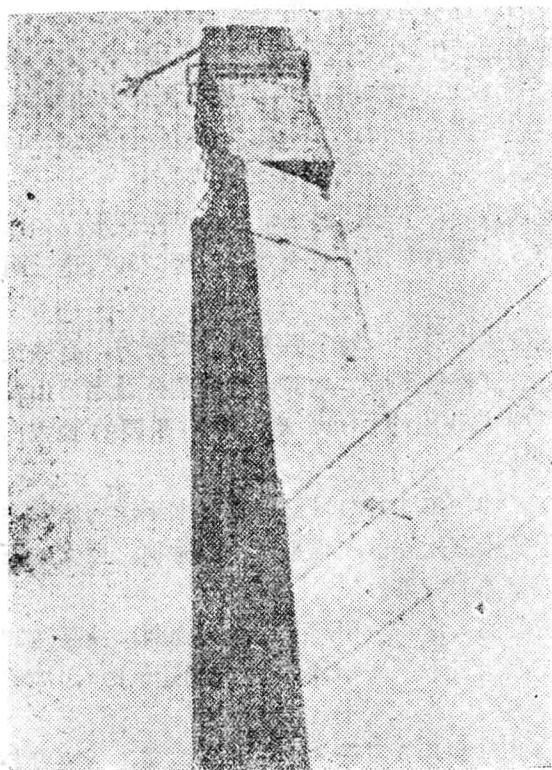


图 1—2

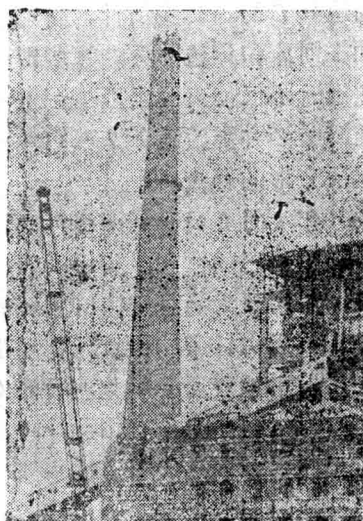


图 1—4

桥梁建筑也有破坏现象，这往往由于地基失效而引起。如辽南地震时，营口县滚子泡公社红光大桥，系预制混凝土拱桥，即因地基失效而产生严重破坏（图 1—5）。

1971年2月9日，美国洛杉矶发生6.6级地震，使该市最大水坝发生裂隙，迫使下游几百万居民迁避，损失极重。

钢筋混凝土柱有受震出现裂缝的，也有个别柱被震酥的，但总的说，即使未经抗震设计的钢筋混凝土结构，震害一般是较轻的，也有受强震后保持完好的。图 1—6 示海城大石桥镁砖厂成品库采用钢筋混凝土大型墙板围护结构，经9度地震后完好无损。

在烈度高于9度的地区，未设防的钢筋混凝土结构，破坏也有时很严重。

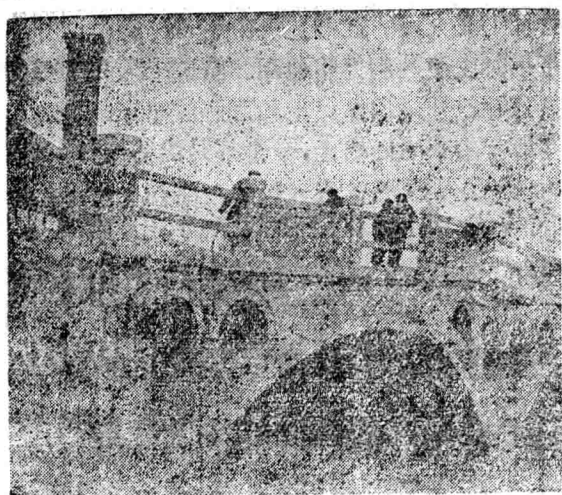


图 1—5

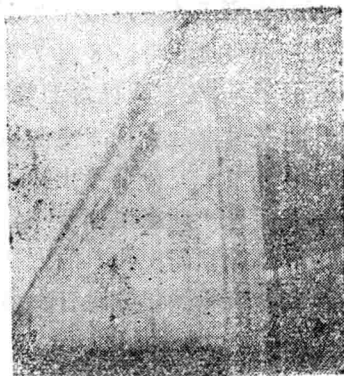


图 1—6

1—4 伟大领袖毛主席和党中央对于灾区人民的亲切关怀 和中央关于地震工作的方针

过去反动统治阶级对劳动人民生命财产漠不关心，震前既不组织预报，震后又不采取措施，使震区广大人民群众除在地震中遭受牺牲外，幸存者也因无家可归，饥寒交迫而相继丧失生命的又不知有多少！如1920年12月16日，甘肃、宁夏交界处的六盘山地区发生8.5级特大地震，波及160多个县，“全区因地震而死者不下二十万人”。大批灾民流离失所，无家可归。国民党反动派不顾广大灾民死活，震后，重伤者活活饿死或惨遭饿狼吞食，冻死、饿死者无法统计；又加第二年春季瘟疫蔓延，又造成大量死亡，灾情极为惨重。

解放后，党和政府对地震问题非常重视，成立了专业机构。解放后云南、新疆、河北、四川、广东、辽宁发生几次大地震，每次震后党和政府迅即组织慰问团和专业队伍到震区慰问和帮助救灾，并组织有关人员调查研究，积累资料，为抗震设计提供我国自己的数据，积极发展这一在旧社会为空白点的科学。1966年邢台地震，敬爱的周总理代表毛主席和党中央亲临震区视察和慰问，并对地震工作作了明确的指示，尤其是1974、1975年云南、四川和辽宁的大地震时，伟大领袖毛主席曾发电慰问，使震区人民得到巨大的鼓舞。1976年7月28日唐山地震，伟大领袖毛主席和党中央对灾区人民极为关怀，中共中央向灾区人民发了慰问电，以华国锋总理为总团长的中央慰问团前往慰问，转达毛主席、党中央对灾区人民的极大关怀和亲切慰问，鼓舞灾区人民奋发图强、自力更生、发展生产、重建家园的革命精神，给正在同严重自然灾害进行斗争的广大群众以极大的鼓舞。

1975年的辽南地震，由于预报及时，震后又采取了相应的紧急措施，使损失减少到最低限度。在抗震救灾中，每次都涌现出无数动人的事例。在毛主席和党中央的亲切关怀下，在全国各地人民和中国人民解放军大力支援下，英雄的灾区人民自力更生，奋发图强，发展生产，重建家园。辽南地震时，位于重灾区的海城县广大贫下中农在震后第二天即出工大搞农田基本建设，决心继续实现亩产800斤以上的高产指标，提出“天崩地裂无所惧，泰山压顶不弯腰，重灾面前不低头，强渡长江志更坚”的豪迈战斗口号。油田职工震后8小时即全

部修复了破裂油、汽管。铁路职工24小时即恢复了长大线的运行。唐山地震,震中区开滦煤矿井下万名夜班工人,冲破千难万险,在几个小时内便胜利返回地面。全矿工人和干部为迅速恢复生产而英勇战斗,8月7日马家沟矿三号井已开始出煤,十几万解放军在抗震救灾中作出巨大的贡献,灾区人民含泪赞扬:“毛主席教育出来的好战士,个个都是活雷锋”;二万多医务工作者及时奔赴现场,使伤员得到有效的治疗。大震后灾区人民的生产和生活迅速得到妥善安排和恢复,充分显示出我国社会主义制度的无比优越性。

根据中央关于“地震工作要在党的一元化领导下,以预防为主、专群结合、土洋结合,依靠群众,做好预测预防工作”的方针,我们一方面应专群结合,做好地震预报工作;另一方面应做好房屋和建筑物的抗震设计,使损失减低到最低限度。

1—5 地震的预测预报

为了测出地震,东汉时张衡总结劳动人民丰富的创造经验,早在公元132年即制作成候风地动仪(图1—7)。原仪器系青铜制密封的樽型,沿其上部周边有八个含珠的龙和其下



相应地设置八个张口的蟾蜍组成。仪器直径约1.9m。

该仪器的机械原理是利用地震时仪器内中立震摆(原名都柱)的倾斜作用,推开平行于地震波的一组杠杆,使仪外的龙头吐出铜丸,落入蟾蜍口中发出声响,记录地震方向,其灵敏度可以测定一、二级无感觉地震。当时地动仪安装在京都洛阳,公元138年3月1日,一龙吐珠,但人毫无受震感觉;几天后,消息传来,陇西(今甘肃临洮、兰州一带)果然发生地震。而古波斯直到11世纪才有类似的地震仪,欧洲则到18世纪才有用水银溢流这种极简陋的地震仪器。但是地动仪只能测出已发生地震而不能预报地震。

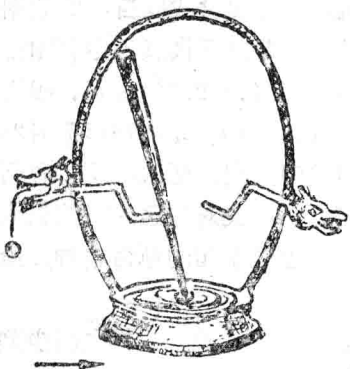


图 1—7

运动着的事物,总是由量变到质变的,地震也不例外,因此地震是有前兆的,是可以预测预报的。但是地球岩石圈的性质是不均匀的,从而使目前观测到的各种前兆不一定都具有普遍的意义,所以必须在广泛的范围内进行各种观测。在专业队伍和广大的业余测报人员的密切配合下,我国近几年来对5级以上破坏性地震曾作过多次有效的预报,采取了坚决有力的预防措施,减轻了损失。

地震预报就是预报未来地震的大小、发生的时间和发生的地方。地震预测预报大致分为长期、中期、短期和临震前等四个阶段。长期指在数年或数十年以上时间在一个省内可能发生的地震;中期指在1、2年内在数百公里范围内可能发生的地震;短期指大约在半年左右时间内在较小的范围内可能发生的地震;临震前指数天或更短时间内

在更小的范围内可能发生的地震。

我国劳动人民在同地震灾害的长期斗争中，对地震前的一些异常现象有过许多经验总结。例如“巢鸟惊散”、“天鸣星陨”、“笏（音勒，竹根）竹花实”、“自冬至春，桃李实，群花发”、“白昼群鼠与猫斗”等等。根据地震发生前动植物和自然现象一系列的异常反应，能预测预报地震。

下面简述一些地震前兆现象并介绍一些地震预报知识。

1. 动物异常反应

在震前常引起动物的惊慌和不安，如鸡犬和牲口不吃食，不进窝棚，老鼠成群结队“搬家”，冬眠蛇蛙出洞，鱼类飘浮水面等等。地震前，震源及其周围发生许多物理和化学变化，同时产生声（高频）、光、电、磁和热等现象。这些现象可能会刺激动物的有关器官而发生异常反应。

例如天津市动物园工人，从1968年参加预报地震工作，在1969年7月18日上午，发现多种动物反应异常（如天鹅两腿朝天不下水；东北虎精神不振，迟呆不动；西藏牦牛在地上打滚；大熊猫抱头怪叫等等），引起注意，经集体研究，认为可能是地震前兆，及时向市地震办公室作了报告。果然当天中午在渤海发生了7.4级大地震。

又如1970年5月24日，唐山地区某生产队饲养员发现牲畜不进棚吃草，当即向队长反映，可能要发生地震，果于25日凌晨当地发生4.9级地震。

地震能引起动物的异常反映，但是，动物的异常反映不都是地震引起的。因此，要注意出现异常的动物的种类、数量及其分布范围的大小，认真分析其原因，并结合其他地震前兆现象，加以综合分析，避免虚报和漏报。

2. 植物异常反应

有些大地震前，由于热异常可能导致果树等多年生植物出现提前发芽、开花、重花和重果等异常现象。但地震热异常来源于地下深层构造带的活动，异常区往往沿着地质构造带，异常时间往往集中在震前几天到几十天。因此地震前兆引起的植物异常开花应是沿着地质构造带呈条、带、片状分布，时间也较集中。有时植物出现异常，也可能是因旱、涝、病、虫、水土流失、气温反常、肥力不足和管理不善等因素引起的。1975年安徽部分地区出现了植物秋季开花现象，不仅淮南有，阜阳地区、巢湖地区、滁县地区乃至省外均有，而且在时间上是断断续续的，在分布上是星星点点的。从各个测点记录的地温数据，证明地温比较稳定，看不出这种异常与构造带有明显的联系。又1975年我国北方有些地区一些果木重花重果，据分析，这可能是气温偏高诱导的结果，并非地震的前兆。因此，发现植物异常，要深入调查研究，结合其他现象对之进行综合分析，才能断定是否属于地震前兆。

3. 热异常

历史上和近期震前很多反应出这种现象。例如1679年9月4日河北三河平谷8级地震，震前“特大炎热，热伤人畜甚重”。又如1920年12月16日宁夏海源8.5级地震，“未震前数日四面天边黄如火焰，晴空气燥，人均感觉焦灼干燥不安”。1966年3月8日邢台地震，震前数日，日平均气温从 -13°C 增加至 $+12^{\circ}\text{C}$ ，升高 25°C 。海城震前5、6天平均气温比常年高 $5\sim 6^{\circ}\text{C}$ ，愈接近发震时上升愈显著，震前约35~36小时，震区气温突升，两小时内海城增温达 12°C 。这种热异常可能与震区震前地下热能剧变有关，地下热能也许通过热传导过程散发出来的。

但对气温偏高也应具体分析，如1975年秋冬我国北部地区气温持续偏高的现象则是气象