

山西地震与抗震

武烈



山西人民出版社

山西地震与抗震

武 烈

山西人民出版社

封面设计：战毓其

山西地震与抗震

武 烈

*

山西人民出版社出版 (太原并州路七号)

山西省新华书店发行 山西新华印刷厂印刷

*

开本：787×1092 1/32 印张：4 $\frac{1}{8}$ 字数：87千字

1978年12月第1版 1979年6月太原第1次印刷

印数：1—1,200册

*

书号：13088·24 定价：0.32元

目 录

前 言	(1)
第一章 地震的种类及成因	(7)
第二章 山西地震带历史地震特点	(13)
(一) 历史地震的区域分布特征	(19)
(二) 历史地震在时间上分期活动的特点	(21)
(三) 历史地震的类型特征	(25)
(四) 历史地震的发震构造特征	(29)
第三章 山西地震带地质构造背景	(33)
(一) 山西地震带的构造格架	(35)
(二) 山西地震带的地层概况	(39)
(三) 新构造运动的表现特征	(42)
(四) 地震活动与地质构造的关系	(47)
第四章 防震抗震	(51)
(一) 烈 度	(51)
(二) 地震波的能量	(62)
(三) 地基对建筑物破坏的影响	(66)
(四) 砂土液化	(78)
(五) 坑下震害和地下建筑物的抗震性能	(85)
(六) 建筑物的破坏与抗震构造措施	(88)
第五章 地震预报	(104)
编后语	(130)

前 言

地震，通俗的说法是地动。是在震源处激发出弹性波，这些波通过不同层位的介质，以直达波的形式和各种反射波的形式传到地表，引起地表地动位移。地表地动位移包含有上下的振动，左右前后的摆动，各个方向的扭动。这些地动位移为人所感觉或者是被仪器所记录。激发弹性波的方式有两种，一种是天然的，一种是人为的。所以地震的种类也就分成天然地震和人工地震两大类。人工地震，一般地说激发的弹性波能量较小，天然地震则能激发出能量很强的弹性波，在地表形成很大的地动位移，对建筑物造成很大的破坏（见图1—6）。所以地震学研究的对象主要是天然地震。本书所谈的地震也是指天然地震而言。

地震这种自然现象，由于它的发生，如一个强烈地震的发生，在几秒和几十秒内，会给人类带来很大的灾难，所以人们把地震造成的一切现象称为自然灾害。地震灾害所以严重，是因为地震发生的瞬间，它释放了巨大的应变能，而这些应变能在弹性区以弹性波的形式传到地表，使地面发生了振动，一切灾害现象就是从振动开始的。

地震时对建筑物的破坏，有三个途径：第一个是地面直接带动建筑物振动，振动使建筑物的连接部份脱开而倒塌；第二个是地面振动时，建筑物的地基失效或者产生裂缝，而

使建筑物倾倒或者张裂而遭到破坏。上述两个破坏的途径，有时只有一种情况，有时两种情况同时存在；第三个是次生灾害的发生，如火灾、水灾、海啸、易燃物的爆炸等，进一步加重灾害的发展。仔细分析地面的振动，它是和发震的力学性质分不开的，如挤压、张裂、平推等。另外也和地震波的类型分不开，如纵波、横波、面波等，而且这些波到达地面的时间是不同的。这些因素是复杂的，所以地震时在地面造成的振动也是有规律而又是复杂的。距震中不同的方位，不同的距离处，地面振动不但是强度的变化，而且振动的频谱也在变化。简单地说，距震中越远，振动的强度减弱而周期增大，这是因为高频成分衰减较快的原因。由于这些原因，地震发生时，人们总觉着有上下振动，左右或者前后的摆动，各个方面的扭动。经受过大震的人们都感到，地震时人在地上，如船在海浪中行驶，站立不稳，寸步难移。这样的叙述是真实的，也是符合地震时地面运动过程的。更奇怪的是，地面扭动时，有将地面上的东西向上抛扔的力存在。唐山地震时，有一个人，原在自己屋内，楼房倒塌后，却坐在塌倒了的屋顶之上。这是房顶张裂时，将人抛到上面，而后紧接着房顶落地，人也下落在自己房顶之上。

从建筑物的破坏痕迹看，有上下振动时的堆塌现象，也有向一个方向倾倒的现象，也有挤压的“X”裂缝现象，也有向两个方向对称张开的倒塌现象，也有多次水平扭动的切断现象。从地面变形的情况看，不但有上下的波浪起伏的变形，也有水平向的弯曲变形，也有扭动造成的各种地裂缝和挤压造成的喷砂冒水现象。

地震时造成的强大地面运动，它可以瞬时夷平地面建筑

物，断绝交通，堵塞河流，山崩地裂，水库决堤，良田被毁，次生灾害蔓延，给人民的生命和财产带来很大的伤亡和损失，所以说地震灾害是人类最凶恶的自然灾害之一。

我国劳动人民在长期与地震灾害的斗争中给我们留下了许多宝贵的资料和经验。世界上第一台地震仪就是我国东汉时张衡（生于公元78年）发明制造的。至于有关地震的记载时间就更早了，这是外国无法比拟的。在防震抗震方面，从我国古代的一些庙宇、木塔、石塔、石桥等大型建筑，在强烈地震的冲击下并未破坏，仍然巍然屹立，这也是我国劳动人民在防震抗震上具有高度智慧的历史见证。

我国的地震科学真正突飞猛进地发展是解放以后，在党和毛主席的正确领导下出现的。特别是1966年河北邢台地震后，我们敬爱的周总理为我国的地震工作指明了正确的方针，使我国的地震工作者更好地纳入为人民站好岗，放好哨，为社会主义革命和建设服务的轨道。我们坚信，由于我们有党的领导，有优越的社会主义制度，有地震工作者的顽强努力，有广大的工农兵参加，在不久的将来，我们一定能够对地震的发生作出准确的预报。

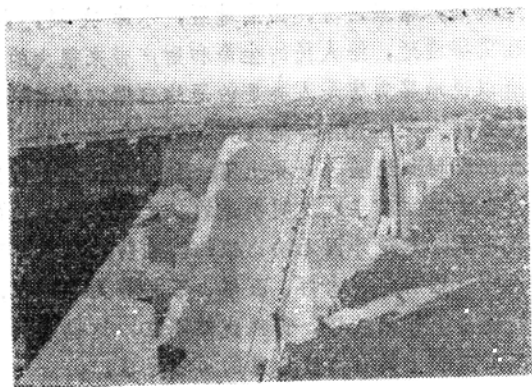


图1 强大的地震力使水泥大桥折断垮落

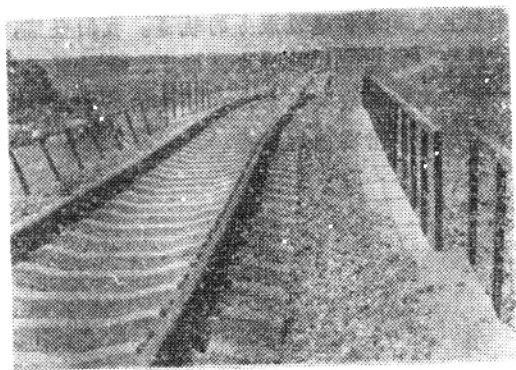


图2 地震造成地面变形，铁路路基及轨道如波浪起伏



图3 在地震力作用下，平整的沥青公路遭到破坏

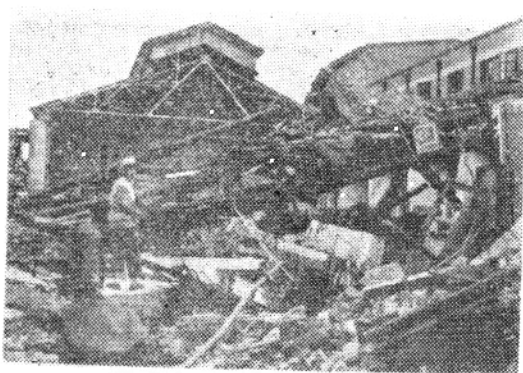


图4 强大的地震力，使厂房墙倒屋塌，设备毁坏

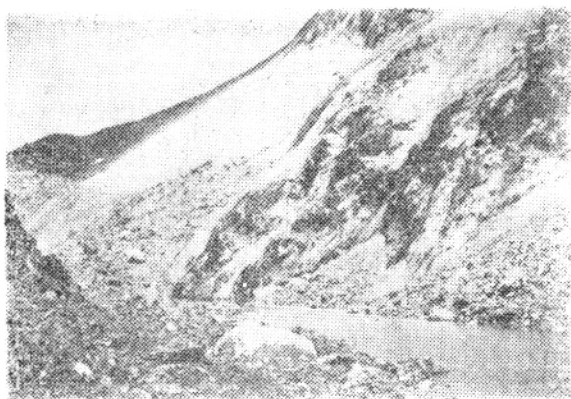


图5 地震造成山崩滑坡，堵塞了河道



图6 在地震力作用下，公路上出现大量地裂缝

第一章 地震的种类及成因

天然地震包括有构造地震、火山地震、塌陷地震、水库地震等。能造成严重灾害的，主要是构造地震。全球每年发生的数百万次大小地震，绝大多数是构造地震；5级以上的破坏性地震几乎都是构造地震。我省历史上有记载的破坏性地震均为构造地震。

构造地震

构造地震是指在地质构造运动的作用下发生的地震。关于构造地震的假说有多种，而被较多的人普遍接受的是断层说。断层说认为，地震发生的根本原因是断裂的活动和出现新的断裂。

地壳内某一岩层块体与相对断层的另一侧的岩层块体，在大地构造力的作用下作相对滑动。未断开的地方，在运动力的作用下由于受阻而产生应变，积累了应变能。运动力在继续不断的作用，应变不断加大，积累的应变能也不断增强。当应变一旦达到极限程度，应变能超过岩石的破裂强度时，岩层则破裂，在瞬时间内把积累的应变能释放出来。释放的能量，其中的一小部分以地震波的形式传播出去（见图7）。如果把上述过程简化一下，可写成这样的表达形式：

大的构造运动，这是动能 $\Rightarrow$ 岩石产生应变，积累了应变能，这是位能 $\Rightarrow$ 岩石破裂，释放了能量，以地震波形式传

出，这又是动能。

大的构造运动，它的力源又是如何产生的呢？按板块学说的观点讲，地球的地壳层，不是相连接的整体层位，而是分成好多大小不等的有限单元，这些有限单元称为板块。板块均在地幔层软流体上漂浮着，地幔层软流体的对流移动，必然会影响着上面漂浮的板块在运动。这些板块强度很大，所以它们之间的作用力也很强。太平洋板块从日本深海沟俯冲于欧亚板块之下，印度洋板块从喜马拉雅山脚斜插于欧亚板块之下，俯冲和斜插的速度大约是每年几厘米。这样，我国的大陆部分便处于东部和西南部两面受挤的状态；这个力又作用于我国的次一级的一些块体上，如华北块体等，产生运动。这些运动产生的作用力，在不同地区，方向是复杂的，强度是不均匀的。有的地段是压力，有的地段是张力，有的地段是剪切力。压力区可产生逆掩断裂，地震强度最大；张力区一般形成正断裂，地震强度较小；而剪切区则易产生平推断裂，地震强度介于上述二者之间。一个地区的应变能积累，积累的速度，决定于该区域的受力特征。积累多少后就要释放，这要取决于该区的构造特征和岩石性质。

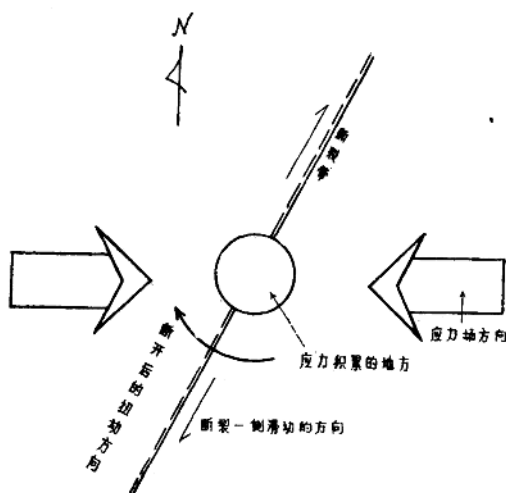


图 7 构造地震力学示意图

塌陷地震

塌陷地震是地下形成空洞后，空洞的顶板支承不住上面的岩层重量时，顶板折断塌陷，冲击空洞的底板，形成了地震。空洞的形成有两种原因，一种原因是自然形成，如石灰岩区的喀斯特溶洞；另一种原因是人工采掘形成，如采矿区采空后形成的空洞。坑下采掘矿，特别是煤矿，一般均用留煤柱采掘法，采空后，顶板上的重量由原来的均匀压在下面而变成两个方面：一方面是不均匀地压在所留的矿柱上；另一方面是顶板支承了本身的重量。随着采空区的扩大，顶板和矿柱所受的压力逐渐加大，当顶板上部的压力大于矿柱和顶板的承压能力时，则顶板折断，矿柱压断，顶板塌陷。

采矿区的顶板塌陷，是采掘工业中坑下灾害之一。它可以破坏坑下设备和工作面，造成坑下工作人员的伤亡，对地面建筑物也有一定的影响（见图8）。我省的大同煤矿区，由于顶板的岩石性质所决定，是塌陷地震较多的地区之一。塌陷地震的大小，决定于一次塌陷的重量和下落的高度，而下落的重量是主要的。一次下落的重量决定于顶板岩石的性质、构造特征和采掘的工艺过程，而岩石的性质和构造特征是主要的。如果顶板岩石的结构是薄层状，性质松软，节理构造发育，则塌陷容易发生，经常不断地会出现小型的塌陷情况。像我省的阳泉煤矿区，就是这种情况。如果顶板岩石的结构是厚层状，性质坚硬，节理构造不发育，则一般不易发生塌陷，但是一旦塌陷则规模较大。我省大同煤矿区则是这种情况。解放后大同煤矿区已发生过30多次较大的塌陷。塌陷强度最大的是1972年3月28日的一次，相当于ML3.4级地震。

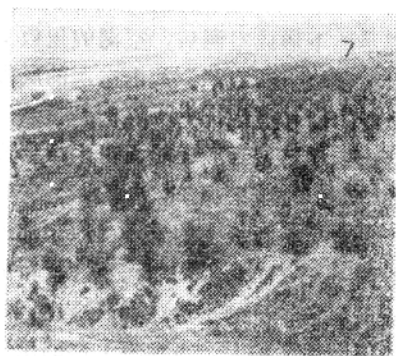


图8 煤矿顶板塌陷造成了地面陷落

水库地震

水库地震是建筑起水坝蓄水后，引起水库的底部及其周围地区地震活动增高，而且出现了较强的地震。这种例子国内外都有。

水库地震的原因，也就是它的发展机制问题，有两种解释。第一种解释是水库蓄水后，水的负荷量触发地震。水库位于地震活动区，原来岩石已积累了一定的应变能，但没有达到破裂点，水库蓄水后，水的负荷触发了岩石的破裂。第二种解释是渗透水润滑断层面触发地震。水库蓄水后增加的负荷是垂直向的，岩层附加这个负荷后，最大剪切应力反而会减小，这样岩石的稳定性增加。所以，关键的问题不在于水库蓄水的负荷，而在于水沿着裂隙渗透，使地下水达到饱和状态，改变了岩层内的应力状态，裂缝内的水压大大增加，沿裂缝的剪切应力也大大增加，结果加速了断层的活动。从另外一个角度讲，原来的干裂缝摩擦力较大，注水饱和后，干裂缝润滑，摩擦力降低，加速了断层两侧的相对滑动。事实上河流两岸在河水上涨后向河中心滑坡，大雨后山前陡坡的滑坡现象都是这个道理。此外，泽孔注水，深孔大量抽水，都可以改变深部岩层内的应力状态而触发一些小震的活动。

水库地震发震的原因，特别是一些强度大的水库地震的发震原因是复杂的。首先要有发震的地质构造背景，有些水库蓄水后，蓄水量虽然很大，但是地震活动并未增强，甚至连小地震也未发生，原因是地质结构比较稳定。所以水库地震，特别是强度较大的水库地震，只有在有构造背景的前提下，水库蓄水的触发作用才能反映出来。所以水库的选址工

作要特别注意这一点。对于较大水库建成后地震活动的监视是地震工作者的重要任务之一。

火山地震

地球是一个实心椭球体，平均半径是6371公里。地球本身在垂直方向上分成地壳、地幔、地核三大部分。地壳的厚度不等，一般厚度为30—40公里，最厚的地区约80公里，海洋区最薄约几公里。地壳的物质是由沉积岩层、花岗岩层、玄武岩层组成。地幔层的厚度约2800多公里，是由结构非常坚硬致密的橄榄岩类组成。地核是由高密度、高温、高压的液态性质的物质组成。

地球不停地在运动，地球内部的物质也在不停地运动。当地球内部的液态性质的岩浆沿着构造裂缝，即运动的通道，挤压到地表，喷到大气中，称为火山爆发。火山地震是由火山爆发时，岩浆的活动，冲击、喷出地表以及热效应等作用而发生的地震。火山地震与火山喷发过程是直接相关的。简单地讲，火山地震是火山喷发时的冲击型地震。火山地震的特点是强度小，震源浅，震群型。

第二章 山西地震带历史地震特点

从历史上地震的频度和强度分析，山西地震带是我国著名的地震带之一。

一个地震带的得名，有如下几个条件：第一是历史上曾发生过一系列的强震；第二是一系列的强震，其发震的地质背景，从区域构造上分析有着共同的控制性，即同属一个构造单位；第三是带上某一处发生的地震，是整个带地震活动的一部分，而且和整个地震带的地震活动有着密切的内在联系。山西地震带的主体地区是山西隆起区中部的北北东和北东向展布的一系列断陷式的构造盆地，东北部由广灵盆地出省到河北与东西向的阴山～燕山构造带相接，西南段由运城盆地出省到陕西与东西向秦岭～大别山构造带复合。整个地震带总体走向为北北东向，形状呈一个“S”形。

山西地震带的地震活动，从公元前 231 年起到现在，有记载的 M_s 5 级以上的破坏性地震，在山西省境内的共 63 次，其中 8 级地震 2 次，7～7.9 级地震 4 次，6～6.9 级地震 10 次，5～5.9 级地震 47 次。具体情况见表 1。