

KEXUEMUJIZHE

科学目击者

地震扫描

北京未来新世纪教育科学研究所 编



新疆青少年出版社
喀什维吾尔文出版社

科学目击者

地震扫描

北京未来新世纪教育科学研究所 编

新疆青少年出版社
喀什维吾尔文出版社

图书在版编目(CIP)数据

科学目击者/张兴主编. —喀什:喀什维吾尔文出版社;乌鲁木齐:新疆青少年出版社, 2005. 12

ISBN 7-5373-1406-3

I. 科... II. 张... III. 自然科学—普及读物 IV. N49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 160577 号

科学目击者

地震扫描

北京未来新世纪教育科学研究所 编

新疆青少年出版社 出版
喀什维吾尔文出版社

(乌鲁木齐市胜利路 100 号 邮编:830001)

北京市朝教印刷厂印刷

开本:787mm×1092mm 32 开

印张:600 字数:7200 千

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

印数:1—3000

ISBN 7-5373-1406-3 总定价:1680.00 元(共 200 册)

如有印装质量问题请直接同承印厂调换

前 言

同仁们常议当年读书之难，奔波四处，往往求一书而不得，遂以为今日之憾。忆苦之余，遂萌发组编一套丛书之念，望今日学生不复有我辈之憾。

现今科教发展迅速，自非我年少时所能比。即便是个小地方的书馆，也是书籍林总，琳琅满目，所包甚广，一套小小的丛书置身其中，无异于沧海一粟。所以我等不奢望以此套丛书贪雪中送炭之功，惟愿能成锦上添花之美，此为我们奋力编辑的目的所在。

有鉴于此，我们将《科学目击者》呈献给大家。它事例新颖，文字精彩，内容上囊括了宇宙、自然、地理、人体、科技、动物、植物等科学奥秘知识，涵盖面极广。对于致力于奥秘探索的朋友们来说，这是一个生机勃勃、变幻无穷、具有无限魅力的科学世界。它将以最生动的文字，最缜密的思维，最精彩的图片，与您一起畅游瑰丽多姿的奥秘世界，一起探索种种扑朔迷离的科学疑云。

《科学目击者》所涉知识繁杂,实非少数几人所能完成,所以我们在编稿之时,于众多专家学者的著作多有借鉴,在此深表谢意。由于时间仓促,纰漏在所难免如果给读者您的阅读带来不便,敬请批评指正。

编 者

目 录

一	地震的基本知识.....	1
	1. 地震的定义及种类.....	1
	2. 地震波.....	3
	3. 地震烈度图	13
	4. 如何描述地震	15
二	地震的基础	19
	1. 地壳的探索	20
	2. 大洋和大陆的差别	24
	3. 大陆漂移	27
	4. 板块构造原理	29
	5. 沿板块边缘的地震机制	36
	6. 构造板块和火山分布	38
	7. 板内地震	40
三	地震的机理	44
	1. 地质的断层	45
	2. 弹性能的缓慢积累	47

3. 弹性回跳原理	49
4. 地震矩	52
5. 断层破裂	53
6. 深源地震	55
7. 自然地震和非自然地震	59
四 地震的监测和预报	63
1. 张衡的候风地动仪	64
2. 现代地震仪的诞生	65
3. 地震观测台	68
4. 地震的全球分布	72
5. 地震定位	74
6. 确定地震的大小	76
7. 强震加速度	79
8. 地震的前兆证据	83
9. 地震发生的概率	86

一 地震的基本知识

1. 地震的定义及种类

地震的定义

大地震动称为地震,一般指地壳的天然震动,同台风、暴雨、洪水、雷电等一样,是一种自然现象。

地震的种类

地震一般可分为人工地震和天然地震两大类。由人类活动(如开山、开矿、爆破等)引起的叫人工地震,除此之外便统称为天然地震。天然地震按成因主要分为以下几种类型:

(1)构造地震。地球在不停地运动变化,从而内部产生巨大的力,这种作用力叫地应力。在地应力长期缓慢

的积累和作用下,地壳的岩层发生弯曲变形,当地应力超过岩石本身能承受的强度时,岩层产生断裂错动,其巨大的能量突然释放,迅速传到地面,这就是构造地震。世界上 90% 以上的地震,都属于构造地震。强烈的构造地震破坏力很大,是人类预防地震灾害的主要对象。

(2)火山地震。由于火山活动时岩浆喷发冲击或热力作用而引起的地震叫火山地震。这种地震一般较小,造成的破坏也极少,并且只占地震总数的 7% 左右。目前世界上大约有 500 座活火山,每年平均约有 50 起火山喷发。我国的火山主要分布在东北黑龙江、吉林省和西南的云南等省。近代活动喷发的有黑龙江省的五大连池、吉林省的长白山、云南省的腾冲及海南岛等地的火山。

火山和地震都是地壳运动的产物,往往互有关联。火山爆发有时会激发地震的发生,地震若发生在火山地区,也常会引起火山爆发。1960 年 5 月 22 日智利发生 8.5 级大地震,48 小时后就使沉睡了 55 年之久的普惠山火山复活喷发,火山云直冲 6000 米高空,蔚为壮观。1988 年我国在黑龙江省五大连池市建立了第一个地震火山监测站,开展火山及地震的观测研究。

(3)由于地下水溶解了可溶性岩石,使岩石中出现空洞并逐渐扩大,或由于地下开采形成了巨大的空洞,造成岩石顶部和土层崩塌陷落,引起地震,叫陷落地震。这类地震约占地震总数的3%左右,震级都很小。

(4)诱发地震。在特定的地区因某种地壳外界因素诱发引起的地震,叫诱发地震。如地下核爆炸、陨石坠落、油井灌水等也可诱发地震,其中最常见的是水库地震。水库地震是当前要严加注视的地震灾害之一。

2. 地震波

波的性质

敲击音叉产生的纯音调具有某种频率。那个频率表示声波在一秒钟内挤压和扩张的次数,或对水波和其他类型的震动,在一秒钟内起落的次数。频率单位以赫兹表示,写为 Hz,这一个度量单位是为纪念亨利·赫兹而命名的,他是德国物理学家,1887年首次发现电磁波。1赫兹等于每秒一个旋回的涨落。峰脊之间的时间是波动周期等于相应的波的频率的倒数。

人类可以察觉 20~10000 赫兹频率之间的声音。地震的 P 波可从岩石表面折射到大气中去,如果其频率是在听得见的频率之内,人耳就可能听到这个波运行时的轰鸣声。在波动频率低于 20 赫兹时,人们将感觉到地面振动而听不到地震波运行的声音。

最简单的波是简谐波,即具有单一频率和单一振幅的正弦波。实际地震记录波形包含着多种波长的波,短波长的波叠加在较长波长的波上。由法国物理学家傅里叶首次于 1822 年将复杂的波列定量表达为各种不同频率和振幅的简谐波的叠加。较高阶的谐波的频率是最低频的基波频率的整数倍。实际记录的地面运动可用傅里叶方法,即由计算机分别考察各谐波组分来进行分析波动可用一些特定的参量来描述。以实线画出的正弦波,它表示时刻 t 位于 x 处的质点波动位移为 y 。假设波的最大幅度为 A ,波长 λ 是两个相邻波峰之间的距离。

一完整的波(从一个波峰到下一个波峰)走过一个波长的时间称为周期 T 。这样,波速 v 是波长除以周期。

$$v = \lambda/T$$

波的频率 f ,是每秒钟走过的完整波的数目,所以

$$f = 1/T$$

一个波的确实位置取决于它相对于波起始的时间和与起始点的距离,细线描绘的波是第一个波向前面移动一个短距离,称之为由于这一移动而出现了相移。

波列也可在时间上向前或向后推移,这样峰值不再在原来的时间或地点发生。当这些移动的波叠加在一起时形成,复杂的波形,虽然其组合成分在幅度和频率上完全相同。这个移动的大小是以一个重要的叫“相位”的量来度量的,它是波相对其起始点的距离。我们将看到它在地震对大型建筑物结构的破坏上有很大影响。

地震纵波和横波

我们最熟悉的波动是观察到的水波。当向池塘里扔一块石头时水面被扰乱,以石头入水处为中心有波纹向外扩展。这个波列是水波附近的水的颗粒运动造成的。然而水并没有朝着水波传播的方向流;如果水面浮着一个软木塞,它将上下跳动,但并不会从原来位置移走。这个扰动由水粒的简单前后运动连续地传下去,从一个颗粒把运动传给更前面的颗粒。这样,水波携带石击打破的水面的能量向池边运移并在岸边激起浪花。地震运动与此相当类似。我们感受到的摇动就是由地震波的能量

产生的弹性岩石的震动。

假设一弹性体,如岩石受到打击,会产生两类弹性波从源向外传播。第一类波的物理特性恰如声波。声波,乃至超声波,都是在空气里由交替的挤压(推)和扩张(拉)而传递。因为液体、气体和固体岩石一样能够被压缩,同样类型的波能在水体如海洋和湖泊及固体地球中穿过。在地震时,这种类型的波从断裂处以同等速度向所有方向外传,交替地挤压和拉张它们穿过的岩石,其颗粒在这些波传播的方向上向前和向后运动,换句话说,这些颗粒的运动是垂直于波前的。向前和向后的位移量称为振幅。在地震学中,这种类型的波称为P波,即纵波,它是首先到达的波。

弹性岩石与空气有所不同,空气可受压缩但不能剪切,而弹性物质通过使物体剪切和扭动,可以允许第二类波传播。地震产生这种第二个到达的波称为S波,即横波。在S波通过时,岩石的表现与在P波传播过程中的表现相当不同。因为S波涉及剪切而不是挤压,使岩石颗粒的运动横过运移方向。这些岩石运动可在一垂直向或水平面里,它们与光波的横向运动相似。P波和S波同时存在使地震波列成为具有独特的性质组合,使之不

同于光波或声波的物理表现。因为液体或气体内不可能发生剪切运动，S波不能在它们中传播。P和S波这种截然不同的性质可被用来探测地球深部流体带的存在。

带偏光眼镜以减弱散射光的人可能熟悉光的偏振现象，只有S波具有偏振现象。只有那些在某个特定平面里横向振动(上下、水平等)的那些光波能穿过偏光透镜。传过的光波称之为平面偏振光。太阳光穿过大气是没有偏振的，即没有光波振动的优选的横方向。然而晶体的折射或通过特殊制造的塑料如偏光眼镜，可使非偏振光成为平面偏振光。

当S波穿过地球时，他们遇到构造不连续界面时会发生折射或反射，并使其振动方向发生偏振。当发生偏振的S波的岩石颗粒仅在水平面中运动时，称为SH波。当岩石颗粒在包含波传播方向的垂直平面里运动时，这种S波称为SV波。

大多数岩石，如果不强迫它以太大的幅度振动，具有线性弹性，即由于作用力而产生的变形随作用力线性变化。这种线性弹性表现称为服从虎克定律，是以与牛顿同时代的英国数学家罗伯特·虎克(1635—1703)而命名的。虎克定律存在一定的比例关系，即如果重物的质量

加倍,线性弹簧的伸展也加倍,如果重物回到原来大小,则弹簧回到原来位置。相似地,地震时岩石将对增大的力按比例地增加变形。在大多数情况下,变形将保持在线弹性范围,在摇动结束时岩石将回到原来位置。然而在地震事件中有时发生重要的例外表现,例如,当摇动发生于软土壤时,会残留永久的变形,波动变形后并不总能使土壤回到原位,在这种情况下,地震烈度较难预测。

弹簧的运动提供了极好的启示,说明当地震波通过岩石时能量是如何变化的。与弹簧压缩或伸张有关的能量为弹性势,与弹簧部件运动有关的能量是动能。任何时间的总能量都是弹性能量和运动能量二者之和。对于理想的弹性介质来说,总能量是一个常数。在最大波幅的位置,能量全部为弹性势能;当弹簧振荡到中间平衡位置时,能量全部为动能。我们曾假定没有摩擦或耗散力存在,所以一旦往复弹性振动开始,它将以同样幅度持续下去,这当然是一个理想的情况。在地震时,运动的岩石间的摩擦逐渐生热而耗散一些波动的能量,除非有新的能源加进来,像振动的弹簧一样,地球的震动将逐渐停息。对地震波能量耗散的测量提供了地球内部非弹性特性的重要信息,然而除摩擦耗散之外,地震震动随传播距

离增加而逐渐减弱现象的形成还有其他因素。

由于声波传播时其波前面为一扩张的球面,携带的声音随着距离增加而减弱。与池塘外扩的水波相似,我们观察到水波的高度或振幅,向外也逐渐减小。波幅减小是因为初始能量传播越来越广而产生衰减,这叫几何扩散。这种类型的扩散也使通过地球岩石的地震波减弱。除非有特殊情况,否则地震波从震源向外传播得越远,它们的能量就衰减得越多。

纵波和横波的速度

P波和S波的实际传播速度取决于岩石的密度和内在的弹性。对线弹性物质而言,当波与运行方向无关时,波速仅取决于两个弹性性质,称为弹性模量,即岩石的体积模量 k 和剪切模量 μ 。

当向岩石立方块表面施加一均匀压力时,其体积将减小,其单位体积的体积变化作为所需压力大小的度量,称为体积模量。当P波穿过地球内部传播时发生的就是这种类型的变形;因为它只引起体积变化,所以在流体中也可以发生,与在固体中一样。通常体积模量越大,P波的速度就越大。

在向岩石立方块体两相对的面上施加方向相反的切向力时,这体积方块将受剪切而变形,而没有体积变化。同样,圆柱状岩心两头受大小相等方向相反力扭曲时也发生这种变形。岩石对剪切或扭曲应力的抵抗越大,其刚性就越大。S波通过剪切岩石而传播,剪切模量给出其速度的量度。通常是剪切模量越大,S波速度就越大。

因为地球内部的强大压力,岩石的密度随深度增大。由于密度在P波和S波速度公式中的分母项上,表面看来,波速度应随其在地球的深度增加而减小。然而体积模量和剪切模量随深度而增加,而且比岩石密度增加得更快(但当岩石熔融时,其剪切模量下降至零)。这样,在我们的地球内部P和S地震波速一般是随深度而增加的。

虽然某一给定岩石弹性模量是常数,但在一些地质环境里岩石不同方向上的性质可以显著变化。这种情况叫各向异性,这时,P波和S波向不同方位传播时具有不同速度。通过这种各向异性性质的探测,可以提供有关地球内部地质状况的信息,这是当今广泛研究的问题。

地震面波——沿地面的地震波

当P波和S波到达地球的自由面或位于层状地质