

话说地震

高蕊蕊

2010年5月12日是个特殊的日子，既是汶川大地震两周年，又迎来了全国第二个“防灾减灾日”。进入2010年以来，截至5月17日，全球共发生了7级（含7级）*以上地震12次（据中国地震局官方网站资料）。一系列的地震灾害给人们带来了挥之不去的肉体和心灵创伤，广泛开展防灾减灾宣传，进一步增强全民防灾减灾意识，提高社会防灾减灾能力，无疑是十分必要的。2010年，海地、智利、中国青海玉树，地球被三次大地震震动了。对比这三次地震，我们有一个重要的发现：良好的防震意识、正确的措施是将地震灾害的损失降到最小的关键。2008年“5·12”汶川特大地震发生后，国家确立每年的5月12日为防灾减灾日，将防灾减灾工作落到实处，这些法规和举措就是要将防灾减灾纳入法制化轨道，大力普及防灾减灾知识，提高公众自救互救能力，从而实现全民防灾减灾的总动员。

一、科学认识地震

地震，广义上是指地球表层的震动；狭义而言，人们平时所说的地震是指能够形成灾害的天然地震。地震俗称地动，是地壳某个部分的岩石在内、外应力作用下突发剧烈运动而引起的一定范围内的地面振动的现象。

地震震中集中分布的地带是地震带，一般是活动性很强的地质构造带。根据板块构造学说，全球大部分地震都发生在大板块的边界上，一部分发生在板块内部的活动断裂上。全球主要有环太平洋地震带、喜马拉雅-地中海地震带和海岭地震带三个地震活动带。环太平洋带是最主要的地震带，属于俯冲的板块边界，有强烈的地震和火山喷发，它是世界上地震活动最频繁的地区之一，地球上约有80%的地震都发生在这里。大洋中的海岭也是经常发生地震的地带，海岭地震带是沿着洋中脊轴部分布的地震带，其宽度较窄而延伸很长，震源较浅，震级很少超过6级，所以海岭上发生地震的强度较前两个地震带弱。

*本文图片参见中心彩色插页。凡文中不特别注明的，震级均视为里氏震级。

我国是一个多地震的国家，加之我国地质构造复杂，断裂带十分发育，地震活动的范围广、强度大、频率高。据史料记载，早在公元前780年（周幽王二年），就有了关于丰邑（今陕西户县）地震的记录。我国地处环太平洋地震带和喜马拉雅-地中海地震带的交汇部位，由于不同学者对中国地质构造认识不完全一致，对中国地震带的划分也有所不同，比如中科院地球物理研究所划分为23个地震带，中国地质科学院地质力学研究所根据中国活动构造体系特征划分了20个地震带，但是目前影响相对较广的是前者。近千年来，渭河平原带和华北平原带相对比较活跃。1303年（元大德七年）发生在山西洪桐、赵城地震是经中国地震学界科学论证和确认最早的8级地震，它就发生在渭河平原带汾渭地堑强震带。1556年1月23日，83万余人遇难的陕西华县地震，是我国乃至世界死亡人数最多的地震，它也发生在渭河平原带汾渭地堑强震带。新中国建国后死亡人数最多的唐山大地震则发生在华北平原带的唐山断裂上。

地震按照不同的分类方法，可以分为很多类型，大致的分类方式有八种（表1）。当然，一次地震发生后，可能其中的几种分类方式相互交叉。比如，5.12汶川特大地震是龙门山断裂引发的，属构造地震；同时震源深度10~20千米，属浅源地震，破坏性大；根据它地震序列的特点，属主震型地震；震级达到8级，属特大地震；震中区烈度达到XI度，属有感地震；震中位于四川山区，属大陆地震，不会发生地震海啸，但要特别注意防御崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害的发生；地震发生在板块内部，属板内地震。所以一次地震可以从不同的角度来讨论它是属于哪种类型的地震，为进一步判断地震严重后果，提前采取防治措施做准备。需要说明的是，在这八种分类方式中，按成因分类是最常用的，其中构造地震的发生比例最大，约占全世界地震的90%以上，且强震几乎都是构造地震，破坏性大。

地震发生时，地下岩层断裂错位释放出巨大的能量，激发出的一种向四周传播的弹性波叫地震波，地震的巨大能量就是通过地震波传播至地表的。地

表 1 地震类型说明表

分类方式	地震类型	定义
按成因	构造地震	地壳的构造运动所引起的地震
	火山地震	火山活动引发的地震
	塌陷地震	由于地层塌陷引起的地震
	诱发地震	①人类活动引发的地震；②一个地震的发生引起余震区以外发生另一个地震
	人工地震	人类为了某种目的而制造的地震
按震源深度	浅源地震	震源深度 < 60 千米的地震
	中源地震	震源深度在 60~300 千米的地震
	深源地震	震源深度 > 300 千米的地震
按地震序列特点	主震型地震	主震震级突出又有很多余震的地震序列
	震群型地震	由多次震级相近的地震组成的地震序列
	孤立型地震	前震、余震都很稀少且与主震震级相差非常大的地震序列
按里氏震级的大小	极微震	震级 < 1, 人们不能感觉, 只有用仪器才能测出
	微震	1 ≤ 震级 < 3, 人们不能感觉, 只有用仪器才能测出
	小震 (弱震)	3 ≤ 震级 < 5, 人们可以感觉, 但一般不会造成破坏, 如 2010 年 3 月 6 日唐山 4.2 级地震
	中震 (强震)	5 ≤ 震级 < 7, 可造成不同程度的破坏, 如 2010 年 3 月 4 日台湾高雄 6.7 级强震
	大地震	震级 ≥ 7, 可造成巨大破坏, 如 1976 年 7 月 28 日唐山 7.8 级大地震
	特大地震	震级 ≥ 8, 可造成巨大破坏, 如 2008 年 5 月 12 日汶川 8.0 级特大地震
按震中附近人们的感受	有感地震	震中附近的人能感觉到的地震 (一般烈度 IV 度的地震能被室内多数人感觉到)
	无感地震	震中附近的人不能感觉到的地震, 只能被地震仪器记录下来
按震中发生位置	海洋地震	震中位于海洋的地震
	大陆地震	震中位于大陆的地震
按发生地处 在板块的位置	板间地震	发生在现代岩石圈板块之间的构造地震
	板内地震	发生在现代岩石圈板块内部中的构造地震
按观测点与震中距离	地方震	观测点与震中之间的距离 ≤ 100 千米
	近震	100 千米 ≤ 观测点与震中之间的距离 ≤ 1000 千米
	远震	观测点与震中之间的距离 > 1000 千米

震波分为纵波 (P 波)、横波 (S 波) 和表面波 (L 波), 在地球内部以弹性波的形式传播, 其破坏性依次升高, 地震波引起的地面振动是几种波共同作用的结果。在没有边界的均匀无限介质中, 只有纵波和横波存在, 它们可以在三维空间中向任何方向传播, 所以叫体波。但地球是有边界的, 体波衍生出另一种形式的波, 称为面波。

在强烈地震的震中区附近, 最先到达地表的是纵波, 其传播速度较快 (一般为 5.5~7.0 千米/秒), 引起地面上下跳动, 人们也随之感受到颤动。数秒钟后传播速度较慢 (一般为 3.2~4.0 千米/秒) 的横波到达, 并引起地面水平晃动, 人们也就左右摇摆、站立不稳。当从震源发出纵波和横波在地表相遇后, 会激发形成表面波。

地震波除了能“携带”大量能量摧毁物体外, 它也有好的一面。其实, 人类认识地球的内部结构就是从地震波开始的。1906 年, 英国地球物理学家奥尔德姆首先试图从地震波穿过地球的时间来推断整个地球的内部构造。1909 年, 前南斯拉夫地球物

理学家莫霍洛维奇根据地震波的走时, 推算出地下 56 千米处存在一个间断面, 后来称之为莫霍面, 它也是地壳和地幔的分界面。1914 年, 地震学家古登堡根据地震体波确认了地核的存在, 并测定地幔和地核的间断面, 其深度为 2900 千米, 这个数值相当准确, 直至现在也改进不多。

在地震中, 地震波可以用来确定地震震中的位置, 为下一步采取措施做准备。地震时纵波先到达地表, 然后横波随之而来, 两者之间有一个时间间隔。人们根据感觉到的时间间隔的长短就能判断震中的远近, 间隔越短, 说明震中越近。换句话说, 纵波与横波到达同一地震台有一个时间差, 与震中离地震台的距离成正比, 即可求出震中距。根据三个不在一条直线上的地震台所得到的震中距, 用三点交绘法即可大致算出地震震中的位置, 为进一步了解地震、抗震救灾做准备。

利用地震波的另一个重要方面就是进行地震勘探。地震勘探的历史可以追溯到 19 世纪。由于地震勘探具有其他地球物理勘探方法所不具备的精度,

现代物理知识

所以在石油和其他矿产资源的勘探中，用地震波进行勘探是最有效的方法。

地震发生时，震源区在地震发生时的力学过程叫做震源机制。利用地震波纵波的初动方向的分布状况来推断震源机制，对于由前震报主震，或由主震资料预报强余震的发生和分布，以及由地震资料研究构造带的应力分布状况，都是非常有意义的。地震矩是一个描述地震大小的绝对力学量，单位为牛·米，是断层面积、断层面的平均位错量和剪切模量的乘积定义。震源机制中有几个常用的参数，如断层走向、倾角、滑动角等。断层走向是指两个断层面滑动的方向，正北为 0° ，正东为 90° 。倾角是指断层面和水平方向的夹角。当断层面在水平方向上滑动时，滑动角为 0° ，当它与水平方向呈一个夹角时，这个角就是滑动角。以2010年发生的海地大地震为例，据中国地震信息网张晁军等认为，海地7.3级地震的地震矩为 7.1×10^{19} 牛·米，断层走向为 254° ，也就是说断层面面向南西向滑动，倾角为 68° ，滑动角为 11° ，属左旋走滑型。海地位于南美板块和北美板块之间，由于两大板块的水平运动速率和位移量不同，导致加勒比海地区形成一个弧形的走滑-俯冲体系，并形成很多大型走滑-俯冲断裂系统，就是这些断裂系统的活动引发了地震。

一处地震的发生不是孤立的，总是成系列的，即地震时间序列，包括主震型、震群型和孤立型等地震。主震型地震(Main Shock Type)是指主震震级突出又有很多余震的地震序列，是一种最常见的地震序列类型，其中最大的地震所释放的能量占全序列的90%以上，这个最大的地震叫主震，其他较小的发生在主震后的叫余震。据美国地质调查局的资料显示，最强余震通常比主震约小一个震级，可能在主震发生后1~2个星期到来。例如，2008年汶川特大地震属于主震型地震，震后余震频发。据中国地震台网测定，截至2009年4月17日12时，汶川地区共发生Ms4.0级以上余震297次，其中Ms4.0~4.9级254次，Ms5.0~5.9级35次，Ms6.0级以上的8次，最大余震震级为Ms6.4级。

我们如果回顾地震史，会发现地球的南、北极地区从未发生过地震，对于这个问题有几方面的原因。首先，南极大陆被大洋中脊环绕，没有活动的板块边界，不具备发生大地震的先决条件，因而在南极冰层下也有火山活动，但是没有引发大地震；

而北极被大陆环绕，中央有无震海岭，因此也没有大地震。这是最主要的原因。其次，巨大的冰层也是造成南北极地区从未发生地震的因素。南北极地区的冰层达到了这些地区总面积的80%~90%，且厚度大，这对于岩层底部产生了很大的压力，与地层构造的挤压力基本达到平衡，无形中分散和减弱了地壳的形变。基于以上原因，地球的南、北极从未发生过地震。

地震总是突如其来，人们最关心的就是地震到底能不能像天气一样准确预报？俗话说：上天容易入地难。地震预报是观测地下，目前人类打的最深的井，和地震的震源深度相比，仅仅是浅源地震的范畴，地震预报还有一段艰难的路要走。

但地震还是能够预报的。自1966年邢台地震后，我国人民走了40年地震预报的道路，现在已经能够对临震和某种类型的地震在一定程度上做出预报。临震预报是指对10天内将发生地震的时间、地点、震级做出预报，通过对多学科、多种观测方法的运用，对异常现象进行综合判断，然后做出临震预测。1975年海城7.3级地震，也许有人会说只是巧合，但毕竟因为在震前做了准确预报，大大减小了损失，使海城地震的人员伤亡降到最少。

二、用地震要素描述地震

对地震的位置、大小、时间以及对地面的影响和造成的破坏程度可用震源、震中、震中距、震源深度、震级、烈度等地震要素来描述。

震源是地球内部发生地震时振动的发源地，即岩层开始破裂并激发地震波向四外传播的“源”，是地震发生时，地下岩石最先开始破裂的部位。和地震类型相对应的是，由于人为因素引起的震源地称为人工震源，如地下爆炸的场所，地震勘探的炮点等。地震发生时，在同一个地震序列中，震源是不会移动的，主震及其余震都会有不同位置的震源，这些震源位置叠加在一起就可以看出震源的分布范围，这个范围就是震源区，它们的分布受地下发生地震的地质构造控制，如唐山大地震及其余震震源密集分布在一条狭长的地带，与地下的活动断裂带一致。

震中是震源在地面上的投影点或震源在地面上所对应的位置。地震过后，通常用震中所在的地名表示震中位置。但科学的方法是以地球的经度和纬度的数字表示震中位置，是重要的地震参数之一。

确定震中位置有两种方法，一种是按地震破坏程度确定震中位置，是把破坏最厉害的极震区定位震中，称为宏观震中；另一种方法是用仪器测量的震源在地面上的垂直投影，称为微观震中，又称仪器震中。由于震源区的物理状态和地震区的地质条件等因素的影响，地面上破坏最大的地点不一定正好位于震源的正上方，因而宏观震中不一定与微观震中重合。

某一指定点到地震震中的地面距离叫震中距。有时以长度来表示，比如千米，有时用它对应的地心张角（圆心角）的度数来表示，圆心角 1 度等于 111 千米。根据震中距的大小，可将地震分为地方震、近震和远震。

震源深度是震源垂直投影到地表的距离，通常用千米表示。按震源深度可分为浅源、中源和深源地震，其中浅源地震（<60 千米）占全球地震的 90% 以上，发震频率最多，对人类影响也最大。迄今为止测到的最深的震源深度达 720 千米。

衡量一次地震的大小、强弱主要有两把“标尺”，它们是震级和烈度。震级是衡量地震大小的相对量度。地震能绝大部分以机械能（岩石破裂和位移）和转换为热能的形式存在于震源区，少部分以地震波的形式向四外传播。一般来说，不同震级地震通过地震波释放出的能量大致有一个规律，就是震级每差 0.1 级，能量的大小约差 1.414 倍；差 0.2 级，能量差 $(1.414)^2 \approx 2$ 倍，以此类推，震级差 1.0 级时，能量约差 $(1.414)^{10}$ ，即 31.62 倍（表 2）。所以，智利特大地震所释放的能量大概是海地地震的 178 倍。

表 2 震级和相应能量对比表

震级	能量/J	震级	能量/J
1	2×10^6	6	6.3×10^{13}
2	6.3×10^7	7	2×10^{15}
3	2×10^9	7.3	5.6×10^{15}
4	6.3×10^{10}	8	6.3×10^{16}
5	2×10^{12}	8.8	1.0×10^{18}

需要注意的是，我们平常所指的震级是一个笼统的概念。震级的标度最初是由美国地震学家里克特（C.F.Richter）于 1935 年研究加利福尼亚地方性地震时首先提出的，规定以震中距 100 千米处“标准地震仪”（周期 0.8 秒，放大倍数 2800，阻尼系数 0.8）所记录的水平向最大振幅的常用对数为该地震的震级。例如，水平向最大振幅为 10 毫米，其常用对数为 4，此地震的震级即为 4 级。由于里氏震级使用起

来十分方便，现在已成为人们普遍使用的震级概念。

里氏震级首先应用在美国加州的南部，当里克特将自己的成果应用到世界各地时，发现自己的计算方法有一定的局限，不能准确地反映地震的大小。于是他又在原来的基础上发展了两种震级，一种是用地震体波计算震级，以测量地壳深处的地震（体波震级 M_B ）；另一种用地震的表面波计算震级，来测量更遥远且更强烈的地震（面波震级 M_s ）。我国以面波震级为标准，欧美则多使用体波震级，所以同一次地震不同的国家报道的震级可能会有差异。如 2010 年海地大地震，我国地震台网发布为 7.3 级，美、英地调局则发布为 7.0 级。

然而，到二十世纪六七十年代科学家发现，当震级超过 8.6 级以后，尽管显示出更大的规模，但测定的值却很难增高了，这就是震级饱和问题。于是，转而采用一种物理含义更为丰富，更能直接反映地震过程物理实质的表示方法，它就是矩震级（ M_W ）。

在力学里，矩的概念是用来讨论物体转动问题的。例如，用双手放在桌子的两边，在水平方向上一只手向前推，另一只手向后拉，桌子就可能转动。桌子是否转得动以及转动量的大小不仅与这对力的大小，而且与这对力的距离有关。这对大小相等，方向相反的力，叫做力偶。衡量这对力偶对于转动作用大小的是力偶矩，其量值等于其中一个力的值与它们之间的距离之乘积。

一次地震发生后，震级可能会做多次修正。如 1604 年福建泉州地震震级由 8 级修订为 7.5 级，2008 年汶川特大地震原来公布震级为 7.8 级，后来修订为 8.0 级。这是因为各地震台站使用的地震仪器并不相同，计算公式也不一致，导致震级测定的差异。另外，地球是个不均匀物体，沿不同路径传播的地震波能量衰减不同，不同机构所测定的震级也可能不完全相同。最后，地震发生后很短时间内，由于资料少，快速测定的震级误差较大。此后随着资料、数据越来越详实，可能对震级进行不止一次的修正，最终得到更为可靠的结果。

烈度是衡量地震强弱的另一把“尺子”，它是指地面及房屋建筑遭受地震影响和破坏的程度。烈度与震级不同，震级反映地震本身的大小，只与释放的能量有关；而烈度反映地震破坏程度，地震震级、震源深度、震中距及地质条件等因素均可影响烈度的大小。因此一个地震只有一个震级，而不同地区

烈度不同,距离震源越近,破坏就越大,烈度越高。打一个比方,地震震级好比日光灯的功率,一个灯泡只有一个瓦数,而且瓦数越大,电灯越亮。而对于同一盏日光灯来说,屋子各处由于受各种因素的影响,比如距离光源的远近等,各处的明暗程度也不一样,和不同地区烈度不同是一个道理。在其他条件相同的情况下,震级越高烈度越大,多数浅源地震震中烈度与震级成正比(表3)。

把人对地震的感觉、地面及建筑物遭受地震影响破坏的各种现象,按不同程度划分等级,依次排列成表就是地震烈度表。目前世界上的地震烈度表种类很多。我国现在通用的地震烈度表是1957年谢毓寿以西伯格烈度表为蓝本,结合我国建筑物特点编成的(表4)。

三、地震的成因

地震俗称地动。古时候,由于科学不发达,人们对地球知之甚少,对地震发生的原因,常常借助于神灵的力量来解释。我国民间有这样一种传说,他们认为是地底下的大鳌鱼翻身造成了可怕的地震。西方也有类似的传说,古希腊神话中的海神波赛冬(poseidon)就是掌管地震的神。如今,随着科学的进步,现在谁也不会相信这类迷信了,因为我们知道,地震其实和下雨、刮风、闪电一样,是一种正常的自然现象。

自古以来,人们总是期望能更好地了解地震的本质,对地震的起因就有多种假说,其中在近代具有深刻影响的是弹性回跳说,它是由美国学者里德在解释1906年美国旧金山地震,圣安德烈斯断层发生水平移动时首次提出的。1906年4月18日(国际时间)在美国旧金山发生7.8级地震(据美国地质调查局),沿圣安德烈斯断层破裂长达400千米,在旧金山北部的马林县,地表水平位移6米,垂直位移近1米。假说认为地震的发生是由于地壳中发生了断裂错动,而岩石本身具有弹性,在断裂发生时已经发生弹性变形的岩石,在力消失后便向相反的方向整体回跳,恢复到未变形前的状态。这种弹跳可以产生惊人的速度和力量,把长期积蓄的大量能量刹那间释放出来,从而引发地震。

关于地震成因的另一种假说是岩浆冲击说。该假说认为由于岩浆向地壳中的薄弱部位冲击,使地壳破裂和发生运动,从而产生了地震。大多数学者认为,这只是一小部分地震的形成原因。相变说是又一种关于地震成因的假说。它认为由于岩石在一定的温度和压力下发生了体积和密度的快速变化,对周围的岩石产生了快速的压力或张力,因而产生了地震。

然而,我们今天认识到,地球是一个平均半径约为6370千米的球体,最外层的地壳很薄,平均厚

表3 浅源地震的震中烈度与震级关系表

震级/级	2	3	4	5	6	7	8	8~8.9
震中烈度/度	I~II	III	IV~V	VI~VII	VII~VIII	IX~X	XI	XII

表4 中国地震烈度表

烈度	地震现象
I度	人无感觉,仪器能记录到
II度	个别完全静止中的人能感觉到
III度	室内少数人在完全静止中能感觉到
IV度	室内大多数人和室外少数人能感觉到;悬挂物振动,门窗有轻微响声
V度	室内外多数人有感觉,梦中惊醒,家畜不宁,悬挂物明显摆动,少数液体从装满的容器中溢出,门窗作响,尘土落下
VI度	很多人从室内跑出,行动不稳,器皿中液体剧烈动荡以致溅出,架上书籍器皿翻倒坠落,房屋有轻微损坏以致部分损坏
VII度	人从室内匆忙跑出,许多房屋损坏以致少数破坏,表土中产生裂缝
VIII度	人很难站住,房屋损坏或破坏,工厂烟囱损坏,地面裂缝,喷出夹泥沙的水,常有滑坡、山崩
IX度	许多房屋破坏,少数倾倒,工厂烟囱破坏,地裂缝多,绵延很长,很多滑坡、山崩,常有井泉干涸或新泉产生
X度	许多房屋倾倒,工厂烟囱大都倒塌,地裂缝宽几十厘米,裂缝带可绵延数千米,个别情况下岩石中有裂缝,道路变形
XI度	房屋普遍破坏,路基大段破坏,大量铁轨弯曲,地下管道完全不能使用,地面除许多裂缝外,大规模滑坡、山崩,地表产生相当大的垂直和水平断裂
XII度	房屋及其他建筑物普遍破坏,山崩地裂,地形改观,由于滑坡山崩等影响,动植物遭受毁灭

度约为 33 千米,它与地幔的最上层共同形成了厚约 100 千米的岩石圈。地球的岩石圈并非一整块,而是被一些断裂构造带分隔成六个板块。这些板块在地幔软流层上漂浮移动。全球大约 85% 的地震发生在板块边界,15% 的地震发生在板块内部。

无论是板块边缘的碰撞,还是板块内部断裂带的运动,它们都会在岩层中产生应力,使地球内部的能量缓慢积累。地壳中存在三种不同的应力:剪应力、张应力和压应力。同时作用于一块岩石方向相反的应力叫剪应力;将岩石拉伸的应力叫张应力;挤压岩石使之发生形变或断裂的应力是压应力。当应力积累到一定程度时,岩石就会破裂形成断层。一般情况下,走滑断层是由剪应力作用产生的;正断层是在张应力作用下形成的;逆断层是在压应力作用下形成的。每当断层两边的岩石突然断裂并彼此错开的时候,就会发生地震。

地震的强度和持续时间取决于很多因素,如断层错动时岩石承受的应力大小及岩石的种类等。比如 2008 汶川特大地震和 2010 年智利特大地震都是逆断层引起的;沿海岭发生的浅源地震都是正断层引发的;2010 年海地大地震就是走滑断层触发的。当应力积累超过岩层极限时,岩石发生突然破裂、错动,瞬间将长期积累下来的能量大量释放,并以地震波的形式由该处向四面八方传播,直到地球表面,引起地表的震动,地震就发生了。

除了这些假说和目前传播最广的地震成因外,有的科学家还注意到,地震的发生与月球或许有关。2010 年 2 月 27 日智利 8.8 级地震,发生在中国农历正月十四;巧合的是,2004 年 12 月 26 日印尼地震,这一天恰好是农历十一月十五日望月;全球最大的地震 1960 年 5 月 22 日智利 9.5 级地震,也恰逢农历五月初一朔月。这是怎么回事呢?

众所周知,月球的引力可引起海洋潮汐现象。同样,固体地壳也会发生固体潮汐,用精密仪器测得振幅为 0.5 米左右,我们一般很难发现。在朔望前后,月球的引力潮汐会达到较大值。虽然地震是地球内部运动的反映,但当它蓄势待发而未发之时,月球引力所产生的固体潮汐便起了一触即发的作用,使积蓄已久的地震能量一下子迸发出来。

四、地震引发的严重次生地质灾害

地震可以引发很多地质灾害,比如崩塌、滑坡、泥石流、地震堰塞湖、地面塌陷、地裂缝和海啸等,

这些地质灾害相互关联形成灾害链,对人类的生命财产安全构成极大危害。

汶川特大地震引发的次生地质灾害就造成严重的人员伤亡与财产损失。汶川特大地震发生在龙门山断裂带,这些地区山高、谷深,是我国滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害高发区。地震发生后,许多地质灾害已使许多建筑物包括校舍和民房倒塌,公路、铁路、桥梁和通讯等大量基础设施摧毁,从而造成了灾区巨大的损失。

地震是滑坡的重要诱因,斜坡上的土体或岩体,受地震的影响,在重力作用下,沿软弱面整体或分散顺坡向下滑动。地震引发的大规模的滑坡能够在顷刻间掩埋居民点,阻断铁路、公路交通,摧毁矿山工厂,破坏农田和林地,十分可怕。

地震也是导致崩塌的重要因素之一。崩塌是指陡坡($60^{\circ}\sim 70^{\circ}$)上被陡立裂缝分割的岩土体,因其根部空虚,断裂或局部滑移,在重力作用下,失去稳定,突然脱离母体向下倾倒、翻滚,堆积在坡脚(或沟谷)的地质现象,又称崩落、垮塌或塌方。地震往往导致坡体松动,破坏坡体平衡,震中区(山区)就会诱发大量坡体崩塌。

地震造成的岩土体松动和崩塌,又为泥石流提供了物源条件。地震发生后,造成的山崩、滑坡或泥石流,大量堵塞物截断河谷或河床贮水形成地震堰塞湖。地震堰塞湖多见于峡谷区,但它的堵塞物非常不稳定,随着蓄水量的不断增加,坝体承受的水压越来越大,一旦溃坝决口,湖水便倾泻而下,形成洪灾,就会威胁下游居民的生命安全。

此外,地震会对震区的地层和岩石产生巨大的作用力,岩石和土层就会发生变形,当力的作用与积累超过岩土层内部的结合力时,岩土层发生破裂,其连续性遭到破坏,就会造成地面塌陷和地裂缝。地面塌陷和地裂缝会造成很大危害,破坏建筑物和居民区;使路面塌陷或裂开,中断交通;毁坏水力、电力设施;对林区及耕地影响巨大。

地震本身带给我们巨大的肉体 and 心灵的创伤,还会诱发大量的地质灾害,确实是破坏力巨大的自然灾害。人们对 2004 年印度洋地震海啸仍记忆犹新,中国人民刚刚才经历了 2008 年 5.12 地震的伤痛,2010 年海地、智利、中国青海玉树又发生了地震,人们不禁会问,新千年是否进入了地球板块活动的活跃期?的确,大量资料统计,地震活动的时

间分布是不均匀的,有一定周期性:一段时间地震较多,另一段时间较少。前者称为地震活跃期,后者叫做地震活动平静期。近50年来,全球7.0级以上地震共计约215次(据美国地质调查局)。进入21世纪,全球7.3级以上的地震共发生25次。从2010年1月1日开始,截至2010年5月17日,全球共发生了7级(含7级)以上地震12次(据中国

地震局),略高于平均数,但仍在正常范围内。只是近几年一些强震造成了巨大的社会影响,引人关注,加之人类记录研究地震的历史与整个地球演化相比实在太短,因此并不能就认为全球进入地壳运动的活跃期。不过,智利特大地震再次说明,人类对地球了解甚少,减轻自然灾害仍然是全人类面临的长期的严峻挑战(表5)!

表5 21世纪全球7.3级以上地震一览表

时间	地点	里氏震级	死亡人数	备注
2001.11.14	青海与新疆交界昆仑山	8.1级	没有造成人员伤亡	震中位于无人区
2004.12.26	印尼北部苏门答腊岛海域	9.1级	28万余人死亡	强震引发海啸
2005.03.28	印尼苏门答腊岛附近海域	8.7级	1300余人死亡	
2005.05.03	汤加	8.1级		无地震损害的报道
2006.04.21	俄罗斯远东堪察加半岛	8.0级		已有人员受伤的报告
2006.07.17	印尼爪哇岛南部海域	7.7级	至少造成668人死亡	地震5分钟后引发海啸
2007.01.13	日本千岛群岛	8.2级		
2007.08.15	秘鲁	8.0级	至少造成510人死亡	紧接着还有2次7.5级地震
2007.08.09	印尼西爪哇岛	7.4级	无人员伤亡报告	
2007.09.12	印尼海域	7.9级	至少造成10人死亡	数百人受伤
2007.10.22	莫桑比克	7.5级		
2007.11.14	智利	7.7级	至少造成2人死亡	140人受伤
2007.11.15	千岛群岛附近	8.1级		震源深度约为30千米
2008.02.20	印尼西部	7.6级	3人死亡	至少25人受重伤
2008.03.21	新疆于田	7.3级	没有造成人员伤亡	造成直接经济损失近2亿
2008.05.12	四川汶川映秀镇附近	8.0级	69227人死亡	地震导致17923人失踪
2008.10.08	瓦努阿图附近海域	7.7级	无人员伤亡报告	3次7.0级以上的地震
2008.09.11	印尼附近海域	7.6级	无人员伤亡报告	
2009.02.12	印尼	7.5级		至少49人受伤
2009.03.20	汤加地区海域	7.9级	无人员伤亡报告	
2009.09.30	美属萨摩亚群岛	8.0级	28人死亡	地震引发海啸,数十人失踪
2010.01.12	海地太子港附近	7.3级	27万人死亡	370余万人受灾
2010.02.27	智利康塞普西翁附近	8.8级	截至3月3日,802人死亡	
2010.04.14	中国青海玉树	7.1级	截至4月25日,2220人死亡	
2010.04.07	苏门答腊北部	7.8级		
2010.05.09	苏门答腊北部	7.4级		

备注:2010年4月14日发生在中国青海玉树的 earthquake 虽然震级是里氏7.1级,但损失惨重,故归入此表。此栏数据系根据中国地震信息网资料综合整理而成。

从新千年的大地震中,我们得到一个重要的启示:如何有效地预防地灾,减轻灾难带来的生命财产损失,是摆在我们面前的重要课题。所谓“有备才能无患,防灾胜于救灾”。走近灾害,是为了探究机制;普及知识,是为了避免悲剧;你我携手,是为了保卫我们赖以生存的家园,实现人与自然的和谐共存。以科学的态度正确认识,以正确的方法防

范灾害,以有效的手段自救互救,尽可能使生命和财产损失降到最低,科学分析,正确认识,积极应对,未雨绸缪,使地震科学知识为民众造福,使防灾减灾意识深入人心。我们不能指望灾难来临时上天会对我们有特殊的眷顾,登上生命的“诺亚方舟”就靠我们自己。

(中国地质博物馆 100034)