

地震中的物理知识

张 静



我们生活的地球表面，好像是静止不动的，实际上却远非如此。

地球表面无时无刻不在振动，就像人的脉搏一样，只要人还在活着，脉搏就永远跳动。地球也有像脉搏那样的连续不断的振动，科学家们把地球的这种振动叫做脉动。脉动的成因虽然不同，但都以周期相近，振幅变化不大的波动系列出现。然而有时地球表面突然山崩地裂，河川倒流，地面隆起和沉陷，房屋倒塌，这种突然快速的颤动就是地震。这是由于地球在不停地自转和公转，同时地壳内部也在不停地变化，由此而产生力的作用，使地壳岩层变形、断裂、错动，于是便发生地震。简言之，地震就是因地球内部缓慢积累的能量突然释放而引起的地球表层的振动，在古代称之为地动。它就像刮风、下雨、闪电、山崩、火山爆发一样，是地球上经常发生的一种自然现象。地震一般发生在地壳之中。大地振动是地震最直观、最普遍的表现。地球上每天都在发生地震，一年约有 500 万次。其中约 5 万次人们可以感觉到；能造成破坏的约有 1000 次；7 级以上的大地震平均一年有十几次。强烈的地震会给人类带来很大的灾难，这是因为大地震所释放的能量比人类威力最大的爆炸要大好多倍。例如 1976 年发生在我国唐山的大地震所释放的能量如果换算成电能，相当于 125000 千瓦双轮内冷发电机组连续运转 8 年的总电能；如果与 1945 年美国在日本广岛投下的威力巨大的原子弹相比，约等于 400 个这样的原子弹。因此大地震的破坏力是相当惊人的，在山区造成崩塌，在城市引起火灾，在海上激起海啸，以致远在离震源数千千米外的地方都可能受到影响。

1. 震中

地震波发源的地方，叫作震源。震源在地面上的垂直投影，即地面上离震源最近的一点称为震中。它是接受振动最早的部位。这次汶川地震的震中就在四川汶川县映秀镇。震中到震源的深度叫作震源深度。通常将震源深度小于 70 千米的叫浅源地震，

深度在 70~300 千米的叫中源地震，深度大于 300 千米的叫深源地震。对于同样大小的地震，由于震源深度不一样，对地面造成的破坏程度也不一样。震源越浅，破坏越大，但波及范围也越小；反之亦然。

破坏性地震一般是浅源地震。如 1976 年的唐山地震的震源深度为 12 千米。2008 年 5 月 12 日发生的汶川大地震也是浅源地震。汶川地震发生在地壳的脆-韧性转换带，震源深度为 10~20 千米，因此破坏性巨大。

破坏性地震的地面振动最烈处称为极震区，极震区往往也就是震中所在的地区。

2. 震级

地震的强弱程度用震级来量度，是以地震仪测定的每次地震活动释放的能量多少来确定的，通常用字母 M 表示。我国目前使用的震级标准，是国际上通用的里氏分级表，共分 9 个等级。震级每相差 1.0 级，能量相差大约 30 倍；每相差 2.0 级，能量相差约 900 倍！比如，一次 6 级地震释放的能量相当于美国投掷在日本广岛的原子弹所具有的能量；而一次 7 级地震则相当于百万吨级氢弹爆炸所释放的能量！

3. 地震波

地震所引起的地面振动是一种复杂的运动，它是由纵波和横波共同作用的结果。在震中区，纵波使地面上下颠动，横波使地面水平晃动。由于纵波传播速度较快，衰减也较快，横波传播速度较慢，衰减也较慢，因此离震中较远的地方，往往感觉不到上下跳动，但能感到水平晃动。

以我们最熟悉的波动——水波为例，当向平静的池塘里扔一块石头时，水面被扰动，以石头入水处为中心有波纹向外扩展。这个波列是石头附近的水的运动造成的，然而水并没有朝着水波传播的方向流动；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；这种波动属于横波。这个扰动由各部分水之间的相互作用连续地传递下去。地震运动与此相类似，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类似于声波。声波,乃至超声波,都是在空气中通过交替的挤压(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的地壳中穿过。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,交替地挤压和拉伸它们穿过的岩石,岩石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。向前和向后的最大位移量称为振幅。在地震学中,这种类型的波叫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发生剪切形变,而有些弹性物质通过剪切和扭动,可以允许第二类波传播。地震产生的这第二类波叫S波。在S波通过时,岩石的表现与在P波传播过程中的表现不同。因为S波涉及剪切而不是挤压,岩石颗粒的运动垂直于波动的传播方向,这与光波的横向运动相似。P波和S波同时存在,使得地震波列具有独特的性质组合,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形变,所以S波不能在它们中传播。P波和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。

S波具有偏振现象。例如在光波的传播过程中,只有那些在某个特定平面里横向振动的光波能穿过偏光透镜,即对于偏振片来说,存在一个光波振动的优选的横方向。穿过的光波称之为平面偏振光。自然光是非偏振的,然而当它穿过晶体或在非金属表面反射和折射时,会成为偏振光。同理,当S波穿过地球时,它们遇到构造不连续的界面时会发生折射或反射,这一过程会使其振动方向发生偏转,产生偏振现象。当偏振的S波的岩石颗粒仅在水平面中运动时,称为SH波。当岩石颗粒在含波传播方向的竖直平面里运动时,这种S波称为SV波。

大多数岩石,如果不强迫它以太大的振幅振动,则具有线性弹性,即在受到外力作用而产生的形变时,形变量随作用力呈线性变化。这种线性弹性规律称为虎克定律,是与牛顿同时代的英国数学家罗伯特·虎克(1635~1703年)而命名的。相似地,地震时随着受力的增加,岩石的形变程度也按比例地增大。在大多数情况下,形变将保持在弹性范围,在摇动结束时岩石将回到原来位置。然而在地震过程中,当强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。

我们以弹簧为例,讨论当地震波通过岩石时能量是如何变化的。对弹簧这一振动系统而言,与弹簧的形变量有关的能量为弹性势能,与弹簧各部分的质量和运动速度有关的能量是动能,任一时刻的总能量是弹性势能和动能之和。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,所以一旦这种弹性振动开始,它将以同样的幅度持续下去,这当然是一种理想的情况。在地震时,运动的岩石通过相互之间的摩擦,使得一部分能量转化为热能,产生耗散,此时除非有新的能源,否则地球的震动将逐渐平息。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。

以声波为例,由于声波是球面波,传播时其波前为一扩张的球面,携带的能量随着距离的增加而减弱。与池塘外扩的水波相似,我们观察到水波的高度或振幅,也是逐渐向外减小的。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。

4. 简述汶川地震成因

汶川地震是我国建国以来最为强烈的一次地震,直接严重受灾地区达10万平方千米。汶川地震发生在青藏高原的东南边缘、川西龙门山的中心,位于汶川-茂县大断裂带上。龙门山断裂带属地震多发区内的活动断层,来自青藏高原深部的物质向东流动到四川盆地受阻,向上运动,两者边界即为断层面。如果断裂每年增加数厘米,每隔50年至70年,积聚的应力和能量就能产生一次里氏7级以上的大地震。这次地震属于单向破裂地震,发震构造是龙门山构造带中央断裂带,在挤压应力的作用下,由西南向东北逆冲运动;由于震源较浅,加上震区土质松软,因此地震波向东能传播很长距离,使得远至上海和北京等城市普遍都有震感。挤压型逆冲断层地震在主震之后,应力传播和释放过程比较缓慢,因此导致余震强度较大,持续时间较长。

(合肥工业大学应用物理系 230009)