

岩石声发射的测量可以作为一种短临手段

吴 富 春

(陕西省地震局)

利用测量地下或水中声波的变化特征来预报地震的方法,在国内外已有广泛的研究,而这方法的主要原理是建立在岩石大破裂(地震)之前会出现声发射的基础之上的。

众所周知,地震的发生可有二种机理,即完整岩石的受压破裂和原有断层受压后的重新滑动。研究的结果表明,不管由那一种机理来解释地震,它们都不可避免地要产生声发射。

在地壳里构造应力积累的过程中,岩体的脆弱部位或缺陷部位会产生应力集中,使这些部位的能量高于其他部位,而物质的特征又有使自己从较高能级的非稳定状态降到较低能级的稳定状态的趋势。因此,当这种应力增加(能量积累)到一定数值的时候,就会出现一种突变,也即使岩石有缺陷的部位产生突发性的微破裂,使积累的一部分能量释放出来,缺陷部位的物质也就由高能级的不稳定状态转入低能级的稳定状态。这种突发性的能量释放是从缺陷尖端以弹性脉冲波的形式向外传播的。这就是岩石的声发射。所以,声发射的同时,岩体内要出现微破裂。当外界应力进一步增强,又会使已形成的裂缝尖端出现高能状态,当其大到一定程度时又会出现声发射,并使原有裂缝进一步扩展。而微裂缝的不断扩大,就会导致巨大岩体的宏观破裂,从而发生地震,其时,声发射的量值也最大。

同样,已经愈合的断层的重新滑动,也会产生地震,同时伴随着出现声发射。

一些人的研究结果表明,声发射的频次 N 正比于裂纹端部的塑性体积 S (即 $N \propto S$),也与岩石的应力强度因子 K 的 m 次方成正比(即 $N \propto K^m$), N 还与声发射的振幅峰 A 成如下关系: $N \propto A^{-(b+1)}$, b 是由岩性所决定的常数。而声发射的频带较宽,可以从几周到几十千周,而地壳中,频率在 10^{-3} 到 10^3 赫兹的弹性波的能量以 $e^{-kD} = \exp(-0.017f^{1.42}D)$ 的速率衰减的,此处, f 为频率, D 为波的传播距离(以公里计),故在较远的地方,高频的声发射难以收到;声发射的频率还与岩石破裂的线度成反比,较长的裂缝产生较低频率的声发射,所以,随着岩石的大破裂,裂缝线度不断加大,因而,地声的频率也逐渐移向低端。

一些人的实验结果也说明了以上的结论,肖尔茨的围压实验说明,当应力差达到破裂强度的一半时,样品的声发射明显增加,当达到破裂强度的百分之九十五时,声发射率急剧增加直至破裂;布雷斯在围压下的摩擦滑动试验也说明,当应力达到某一数值时,岩石作相对滑动,外力有一突然下降,试件伴随有一突发性的声发射,之后,试件

重新啮合，滑动也就停止，应力重新积累。

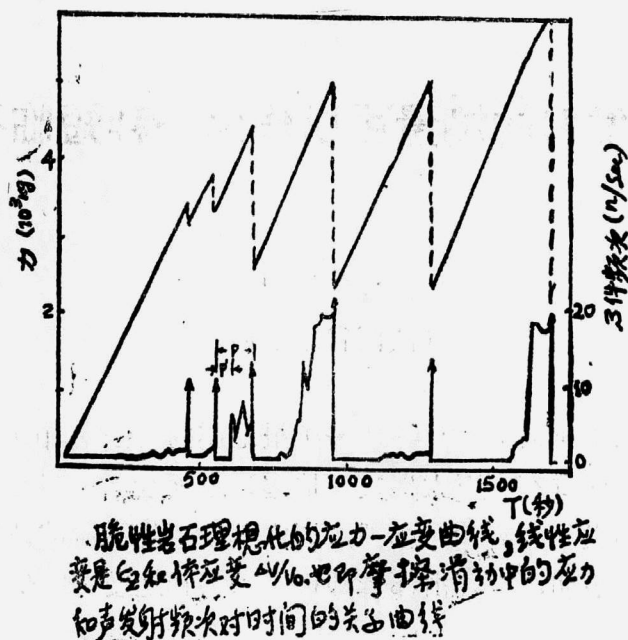


图11

国内的一些现场测试结果也表明，地震前有明显的声发射现象，声发射的频次与幅度或其二者的组合（记录电平）在震前会出现明显的变化。例如，大连化物所和鞍钢大石桥镁矿在大石桥镁矿地震站记到了唐山、海城一些余震前声发射频次的明显变化，西北工业大学等单位还记到了唐山和盐源一些地震前声发射频次及脉冲不断增高，记录电平阶梯上升并伴有突跳等多种现象，作者在一九七九年四川西昌试验中也记到类似结果，而且，这些变化在震前数天至数分钟内表现最为突出。

综上所述，岩石受压后所产生的声发射，是岩石破裂的伴生现象，也是地震的孕育和发生的伴生现象，声发射与地震是同源同质的物理现象，或是同一物理过程的不同表现形式。所以，用测量岩石声发射的方法来预报地震是有明确的物理意义的。而且，它反映的是地震的短临前兆。

现在流行的使用声纳探头（水听器）测量岩石声发射的方法，有其独到的优点，因为声纳探头是一种电容式换能器，它有比动圈式换能器更高的灵敏度（如 $100\mu\text{v}/\mu\text{b}$ ）和较宽的工作频带（高端可达 100kc 或更高且很平坦），它的体积较小，平衡式水听器还可放入很深的井中，对地表的脉动有较强的抗干扰能力，易于真正测得声发射的信息。

所以，用水听器测量震前岩石的声发射，是一种很好的短临手段，应予研究和展。

但是，使用这种方法，仍有许多问题急待解决，例如记录器的带宽和走速问题，各种可见记录的最高频率仅为几十赫兹，用振子作光记录，其最高频率为 $5-6$ 千赫兹，磁带记录可达 1 万赫兹，但光记录使用不方便，磁带记录损耗又大，而且它们的走速又都不够快，即使以上问题都解决了，从频带较宽的探头中所获得的信息仍有大部分不能记录下来，这些问题，都有待于进一步研究解决。