

研究报导

用能谱法测量射线进行地震测报的探讨

1. 实测谱线与地震对应关系初试

1980年下半年开始用便携式能谱仪对兰州地区土壤中的 γ 射线进行定点测量。1981年5月以后,取得了几个月的连续观测资料。测试条件稳定后的数据是可靠的。平时的放射性涨落都在2%以下。图1为1981年5月9日至10月26日6个多月的一段曲线。在这段时间内,在距测点20公里的白银区南发生了一次3.5级地震。从观测结果的日变曲线(图1)中可以看出,这次地震时土氡有一定的反映。所测到的计数率很少出现低于4200脉冲/分的数值,但在这次地震前后(7月26日至8月1日)都连续出现较低的数值,形成了一个负异常。此负异常与用其他方法测的土氡异常是完全同步的。而在所测的能谱曲线上也同步地出现了负异常,总计数下降,低能区谱线减弱,而222道上的原始峰峰位没变,但幅值下降,变得稍微平缓,看来具有一定的对应关系。但是,地震过程是很复杂的,而且干扰也是多方面的,我们在测试的这段时间中只遇到这样一次地震,而在曲线上的其他上升或下降峰却没有对应地震,因此还需要在实践中进一步考验。但作为方法探讨,此例亦可证实能谱曲线的变化可以反映地震活动状况。

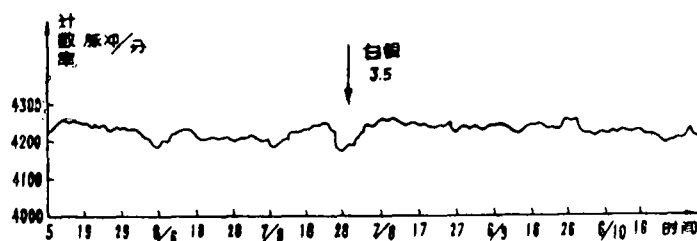


图 1

2. 野外能谱测量中引入较大误差的可能因素及排除方法

为判断在进行射线能谱测量时,会给测量造成的误差及可能的干扰因素,我们作了如下实验:

(1) 放大器的线性度对谱线测量的影响

图2是在放大倍数分别为50、100、200时对同一样品所测得的曲线。由图可见,尽管是同一放射源样品,测得的谱线大不相同,相应的总计数率 N 亦不相同。当 $\beta = 50$ 时,谱线大多集中在低能区(低道)射线强度为8500/10分钟; $\beta = 100$ 时,谱线分布趋于均匀,总强度为14861/10分钟; $\beta = 200$ 时,整个谱线变化缓慢,均匀分布,光电峰不明显,总强度增大为32406/10分钟。造成这一现象的原因主要是由于能谱仪道阈的限制,放大倍数 β 太低就会导致幅度小的信号漏记,只有幅度高于一定值的信号才能被记录,但整个谱线向低能区集中

(图2C);放大倍数增大得适当,应出现全能峰,光电峰也应更明显,它将全面反映出射线的能谱曲线。但 β 太大,以至于超出线性放大区就会出现图2a的曲线,使计数达到饱和。虽然计数增大,但破坏了谱线与能量的线性关系,测量失去意义;在线性放大区,虽然放大倍数不同,为但应保持良好的线性关系,否则,所记录的曲线将会严重失真,增大测量误差。

因此,为使测量能真实地反映射线的全能谱曲线,应使能谱仪的放大器具有良好的线性,而且应适当选择道阈、放大倍数和放大器工作点(以保证放大器工作在线性区)。

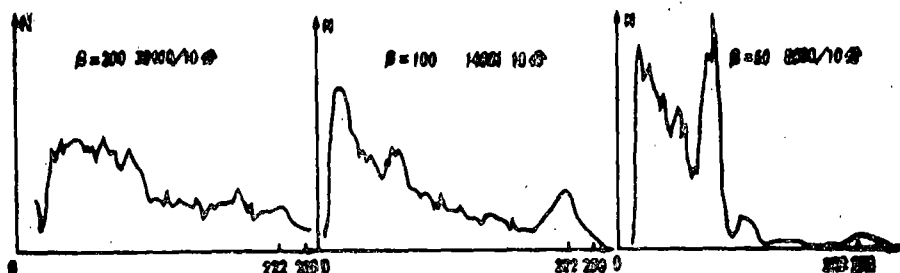


图 2

(2) 磁场对测试结果的影响

众所周知,就放射性物质本身来讲,在几千奥斯特强磁场中放射速率都不会受任何影响。这就使得在进行射线测量时不会因地磁场和磁性物质的存在而受影响。但实验中发现,在测量探头附近放一块恒弱磁铁,并改变二者之间的相对位置和距离时,所测谱线形状和总强度均有明显变化,如图3、图4所示。其中图3是当探头相对磁体旋转 360° 时所测谱线总强度和无磁体时的曲线(图中虚线)。图4是当探头相对磁体旋转 360° 时,用能谱仪测得的能谱谱线。它既反映了曲线形状随磁体位置的变化,也反映出了总强度的变化。

当改变磁体和探头的距离时(即改变施加于探头的磁场强度),计数随距离减小而下降。

由此可知,在作现场测量时,周围铁磁物质和地磁场的变化都会对所测曲线形状和射线总强度产生一定的影响。究其原因,乃是由于磁场的存在而改变了光电管光阴极和打拿极的效能所致。因此为了排除(减小)这种干扰,就必须对探头采取磁屏蔽措施。我们给探头(主要是光电管)加上玻莫合金屏蔽,并使其和光电管阴极具有相同电位,所得结果就很少受磁场影响。

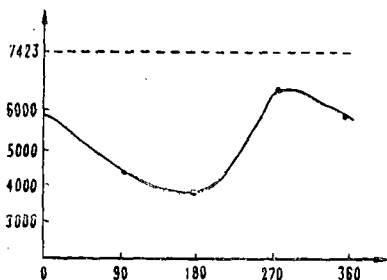


图 3

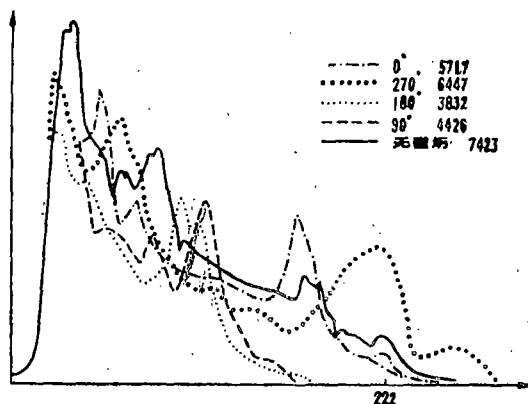


图 4

(3) 温度实验

为寻找温度对射线测量的影响, 单独把样品从 9°C 加热到 40°C , 其能谱曲线和总强度基本不变。证明在岩石所含放射性元素数量一定和其岩石结构不发生变化时, 放射性衰变不受温度影响, 是由固有规律所规定的。但当测试探头周围温度从 9°C 变到 38°C 时, 不仅曲线形状发生变化, 总计数也由 7423/10 分钟变到 7729/10 分钟。这主要是由于温度变化对电子线路、光电管性能及 NaI 晶体发光效率、发光时间和能量分辨率都有影响所致。

(4) 覆盖层对射线的影响

欲使用能谱法直接测量地下射线的能谱曲线, 就应考虑覆盖层厚度及其不同岩性对射线的吸收或散射造成的影响, 以寻求合理的测试条件。我们曾在放射源和探头之间分别加入不同厚度和不同性质的介质做了实验。实验虽然简单, 但可以说明问题。实验曲线见图 5。

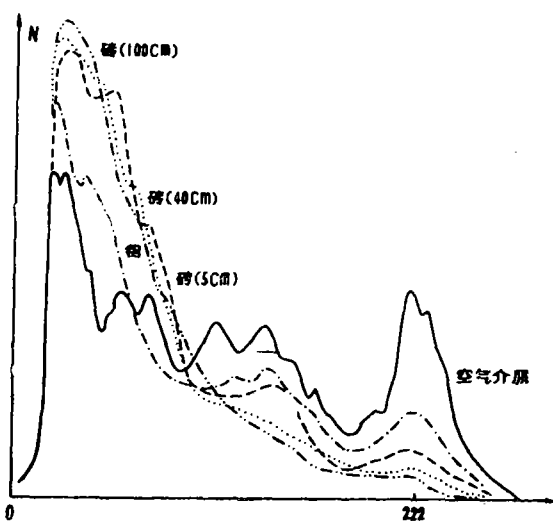


图 5

图中以空气为介质时测得的原始谱线总计数为 7663/10 分钟, 并在 222 道出现一个光电峰。以 5 毫米厚的铝板为介质时, 总计数为 7810/10 分钟, 在 222 道相应的光电峰峰位下降, 谱线变得较为平坦, 而低能区却有所加强。当换为砖土介质 (5 厘米厚) 时, 高能区向低能区移动, 低能区大大加强, 总计数也增加为 10211/10 分钟 (可能此介质中有微量放射性物质), 而 222 道上的光电峰更为平坦。继续增加砖的数量, 介质厚度达到 40 厘米和 100 厘米后, 能谱曲线均向低能方向聚集, 曲线形状基本一样, 各能区之间的相对组分也大致不变, 而 222 道上的原始峰已很小, 但仍有所显示。

实验结果表明, 由于介质 (铝板、砖) 的存在, 对射线的吸收和散射效应而产生的大量次级 γ 光子和原始谱线混合, 得到的是混合谱线。并由于 γ 光子能量经散射吸收作用后减小, 谱线向低能区移动, 但在高能区仍保留了原始光电峰的特征, 只是幅度大大下降。在低能区散射谱线大大超过了原生谱线, 致使原始 γ 特征峰畸变。而且当介质厚度超过 40 厘米后, 谱线形状已基本不再随厚度增加而变化, 即达到了谱平衡。这就可以测得经过较厚的覆盖层之下的射线谱线, 而从原始峰的变化来判断地壳活动状况。从低能区的谱线变化也同样可反映出地下射线的变化, 从而进行地震探测; 不同介质对 γ 光子的三种效应不一样, 一般原子序数小的物质使谱线向低能区移动更为厉害。据此, 可以在地质考察中利用射线经覆盖层之后的谱线的变化来研究覆盖物质的成份。在进行射线测井时, 更可根据这一性能, 分段探索, 可靠地描绘出地壳层间结构。

在测试工作中, 由于覆盖层的影响, 会减弱原生谱线, 但由于在 222 道高能区原始谱线的光电峰峰位不变 (尽管在覆盖层增厚后, 会出现谱平衡, 但原始峰仍有所显示), 就可用高灵敏度的能谱仪来分辨原生 γ 射线的变化来探索地壳深部的活动状况。

3. 测点的选择

在图 1 中, 曲线变化和 7 月 30 日白银区南 3.5 级地震有一定的对应关系, 但曲线在 6 月

8日和9月26日的变化却没有对应地震，我们认为主要原因是测点选择不合适。由于测点选在办公楼前，埋深仅2米。近地表放射性含量及宇宙射线、环境污染及降雨等干扰，使原生谱线的反映很弱而难以识别，也可以说由于信噪比太低，地震引起原生射线的变化反映不明显。为提高信噪比，应在测点选择上采取一些措施。我们认为如将测点置于铀矿区，则测试效果更好，理由是：

(1) 从水氡和土氡测量结果看，它们对地震反映的灵敏程度不仅取决于岩石受力状况，也取决于其中放射性元素富集程度。很明显，富集程度以放射性铀矿为最高，射线强度大，且不象水氡那样要受作为载体的地下水流程上的地质条件、水质变化、流速流量及水的循环状况的干扰，信噪比大得多。

(2) 从铀矿的生成及分布来看，铀矿是随着熔融的岩浆沿裂缝上升到地表，富集起来形成的。因此，必然和地壳深部有着密切联系。内生铀矿将优先随着地球内部的能量变化而发生变化。地震的发生常与断裂带上的一些特殊构造，如端点、拐点、交汇点及活动幅度最大的地段有关。实践也证明，较强地震带趋向于分布在已知的活动断裂带上，地震迁移走向也常与断裂带一致。而这些特殊构造部位又常是铀矿富集的场所。因此，探测铀矿区射线能谱对地震孕育发生过程的预测是很有利的。另外，放射性物质遵从 $\alpha = \lambda N$ 的蜕变规律，即射线强度 α 只与含量 N 有关（ λ 为常数），很少受外界干扰的影响。因此， α 与地壳裂缝的变化有很大联系，而后者却是随地壳活动状况而变的。因此，将测点选择在铀矿区将使探测具有更高的信噪比。

（兰州地震研究所 韩友珍 郭善义）（本文1983年10月6日收到）

A DISCUSSION ON EARTHQUAKE PREDICTION BY MEASURING RAYS IN THE SOIL BY THE ENERGY SPECTROMETER

Han Youzhen Guo shanyi

(Seismological Institute of Lanzhou, State Seismological Bureau,

Lanzhou, China)