

电极电位对土地电的影响

徐世浙 叶礼萍

(中国科技大学)

摘 要

土地电曲线变化的主要原因是电极电位。本文根据实验结果得出, 电极成分, 溶液成分, 土壤湿度, 土壤温度等因素对电极电位影响的数量级为 $10^1 - 10^2$ 毫伏。

土地电是将两个电极埋在地下观测电场变化以监视地震的一种测报手段。在实践中, 发现影响土地电曲线变化的因素较多, 如大地电场、过滤电场、工业游散电场、矿体氧化还原电场以及电极电位等。工业游散电场和矿体氧化还原电场的影响, 通过选择合适的土地电观测点就可能避免。

大地电场由地壳中流动的电流产生, 大地电流场的变化被认为是地磁场变化在导电岩石中感应产生的。根据大地电磁理论⁽¹⁾, 对于半无限导电介质, 其感应的大地电场为:

$$E = \sqrt{\frac{5\rho}{T}} H \quad (1)$$

式中 T 是变化电磁场的周期, 单位: 秒; H 是变化地磁场的振幅, 单位: 伽码; ρ 是介电阻率, 单位: 欧姆米; E 的单位为毫伏/公里。取 $T = 1$ 小时 = 3600秒, $\rho = 1000$ 欧姆米, $H = 10$ 伽码(这些都是上限数值), 由式(1)得 $E = 12$ 毫伏/公里。通常土地电的电极距在米以内, 所以大地电场变化的量级为 10^0 毫伏。下面将会看到, 这与电极电位相比是个较百小的量, 所以大地电场在土地电观测中不起重要作用。

过滤电场是水在岩石中流动产生的。在适当条件下, 地表径流, 降雨等能产生明显的过滤电场。如果地震前有剧烈的地下水运动, 也可能引起明显的过滤电场。本文不拟讨论过滤电场。

值得特别注意的是电极电位。与上述几种电场比较, 电极电位对土地电的影响最大, 达几十——一百多毫伏, 而且影响电极电位的因素又多, 所以土地电曲线变化的主要原因是电极电位⁽²⁾。

当电极与溶液接触时, 由于电化学反应, 电极与溶液之间形成偶电层, 从而形成电极与溶液之间的电位差, 称为电极电位。它只存在于电极的表面, 只与电极的性质以及与电极很近的溶液的性质有关, 具有明显的地点上的局部性。在土地电观测中, 我们常常发现

两组相距很近的土地电曲线具有完全不同的曲线变化特征,这正是电极电位局部性的表现。

影响电极电位的因素很多,如电极成分、溶液成分、土壤湿度、土壤温度等。下面我们分别用实验说明这些因素对电极电位的影响程度。

1. 电极成分

在普通自来水中,若以铅的电极电位为零,用电位差计测得炭的电极电位为570毫伏。若将铅—铅或炭—炭电极埋在土壤中,其电极电位差理论上为零,但由于两个电极表面成分不完全一致,所以有几毫伏至几十毫伏的电极电位差。如果将炭—铅电极组置于土壤中,约有500毫伏的电极电位差,这是相当大的一个量。

在土地电观测过程中,电极的成分不能保持稳定。这是因为:1)电极长期埋在地下,电极表面将发生化学变化,如Pb变成 PbO_2 ;2)土地电工作时,电路接通,电路处于放电状态,负电极上常常有带正电的金属离子或氢离子还原成金属或氢,附在电极表面上。电极成分的变化将导致电极电位的明显变化,这可从下列充电实验证实。

将炭—炭电极埋入土中,测量两电极间的电位差为 V_1 ,然后向两电极充电 t 秒,断电后,经过 n 分钟,再测量两电极的电位差为 V_2 ,发现 V_2 与 V_1 有很大变化。这种变化是充电过程中,电极表面化学成分发生变化的结果。图1是 $I = 20$ 微安、 $n = 4$ 分钟的 $V_2 - V_1$ 与 t 的实验结果。由图可见,微小的电流,不长的充电时间,将引起几十毫伏的电位变化。由此可知,在电路放电过程中,电极表面成分的变化,也将引起电极电位明显的变化。

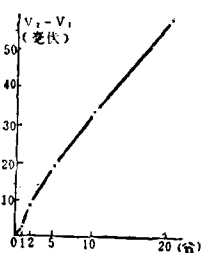


图1 充电时间与电极电位的关系

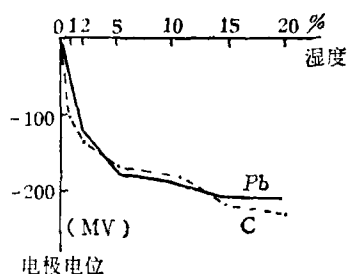


图2 铅、炭电极电位随湿度的变化

2. 土壤湿度

土壤湿度对电极电位有很大影响。将两个电极埋在土中,改变另一个电极周围的土壤湿度,观测电位的变化。图2是铅、炭电极的实验结果。从图可见,湿度愈大,电极电位愈负。对于较干的样品(湿度 $< 5\%$),湿度稍有改变,电极电位变化很大。例如,湿度从1%变到5%,电极电位降低100毫伏左右,这也是一个很可观的量。有些土地电压力实验中,曾观测到加压过程中电位(或电流)的变化,这很可能是由于样品含有水分,加压时电极周围湿度改变引起电极电位的变化,因为对于干燥的样品,加压直至破碎,都没有观测到电位变化^[3]。

3. 溶液成分

溶液的PH值（氢离子浓度）对电极电位有很大影响。根据能斯特方程，可推出水中氧化还原电对电极电位与PH值的关系⁽⁴⁾：

$$V = V_0 - 59.2 \text{PH} \quad (\text{毫伏}) \quad (2)$$

式中 V_0 是PH为0时的电极电位。由上式可知PH愈小，电极电位愈大。PH减少一单位，电极电位增加60毫伏左右。图3是炭电极与溶液PH值的实验结果。实验中用醋酸和氨水调节溶液的PH值，以25型PH计测定之。从图3可见，PH值变化一个单位，炭电极电位变化20—40毫伏，约为理论值的一半。由于加醋酸和氨水过程中，不仅改变了 H^+ 浓度，而且也加入了其它离子成分，所以实验结果与式(2)有差别，但总的趋势是PH减小，电位增加。

土壤的PH值与土壤的干燥程度、土壤中可溶性电解质含量、 CO_2 压力等因素有关。例如，在 CO_2 压力相当于空气中一般压力时，石灰性土壤的PH值约为8.5；当 CO_2 压力增至0.002大气压时，PH降至8； CO_2 压力为0.02大气压时，PH降为7.5。二氧化碳压力超过上述数值在土壤中常见，可见土壤的PH值经常有一个单位以上的变化⁽⁵⁾，这自然给土地电观测带来很大影响。

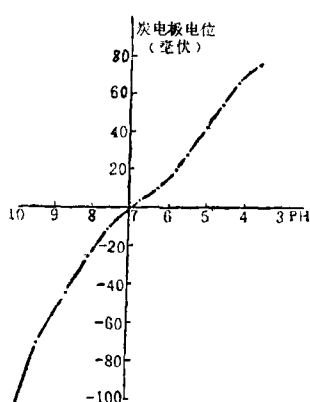


图3 炭电极电位与PH值关系

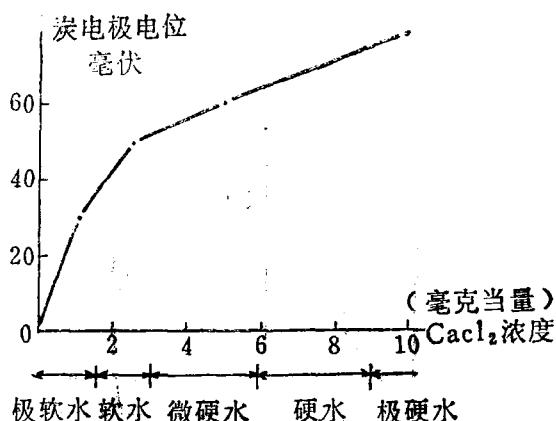


图4 炭电极电位与 CaCl_2 浓度的关系

土壤溶液中其它离子成分对电极电位也有很大影响。图4是炭电极电位与 CaCl_2 浓度关系的实验结果。当 CaCl_2 浓度从2毫克当量(相当于软水)变到8毫克当量(相当于硬水)时，炭电极电位变化30毫伏左右。

4. 温度

温度对电极电位有一定影响。图5是炭电极的实验结果。从图看出，温度升高1度，电极电位大约升高0.6毫伏左右。电极电位随温度的变化可能是水的PH值随温度改变所致。例如，16℃时中性水的PH值为7.1，32℃时PH为6.83⁽⁵⁾，减少0.27。根据式(2)，电极电位增大 $0.27 \times 59.2 = 16$ 毫伏，即1毫伏/1℃，与实验结果同一数量级。如果土地电的两个电极的埋设条件不同，而且离地表较浅，每天地温变化十几度，也会引起十毫伏左右的土地电变化。

根据以上讨论可以看到,电极表面成分、溶液的酸度和成分、湿度、温度等都给电极电位很大影响。在土地电观测过程中,在自然条件下,电极的极化、地下水的循环、季节性气候变化、降雨、日照等必然导致上述因素经常的明显的改变,所以土地电曲线也表现出经常的明显的变化,不能将这些变化都与地震孕育联系起来。只有在孕震过程中,地下水的升降或成份改变,引起电极电位的明显改变,而且这种变化又能与其它干扰因素区别时,土地电才能用于地震预报。

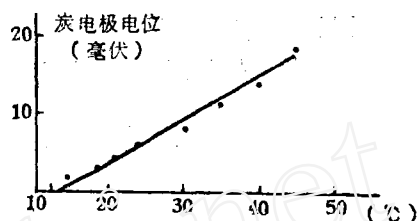


图 5 炭电极电位与温度的关系

参 考 文 献

- (1) G. 波斯坦道弗, 大地电磁勘探原理, 地质出版社, 1980.
- (2) 徐世浙, 席道瑛, 土地电与电极电位、接地电阻的关系——土地电机制初探, 地震研究, 2, 1, 1979.
- (3) 北京大学地球物理系地震专业、兰州地震大队, 岩石压力实验中自然电场的变化, 地震战线, 1976, 2.
- (4) 浙江大学普通化学教研组, 普通化学, 人民教育出版社, 1981.
- (5) F. E. 贝尔等, 土壤化学, 科学出版社, 1959.

(上接34页)

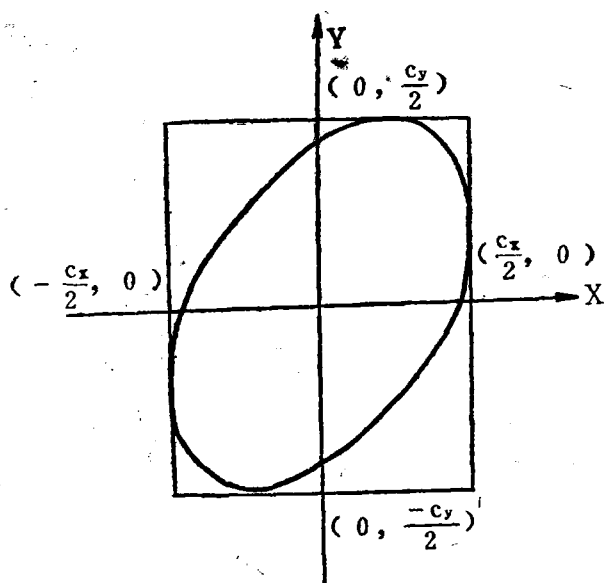


图 6

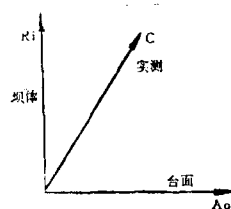


图 7

参 考 文 献

- (1) 胡聿贤、周锡元, 地震力统计理论的评介, 地震工程研究报告集, 第一集, 1962
- (2) N. Bycroft, Analogue Computer techniques in aseismic design. *Proc. 2nd. world on earthquake eng. TOKYO. 1963.*