

关于土地电的几个问题

项 东

(山东省苍山一中地震测报小组)

“土地电”，是群众测报地震的重要手段之一。其基本做法是：在地面两点埋入电极，用导线连接，并且串联一微安表。而电极，大多采用“异性极”——铅板和碳棒。据有关资料介绍，这个装置可以观测“两点间大地的自然电流的变化，用以测报地震。”^[1,2]但我们认为，这种异性电极土地电能否测量大地自然电流，颇有可以商榷之处。因此，提出以下看法向同志们请教，以便弄清土地电的工作原理，做好地震测报工作，为工农兵站好岗，放好哨。

一、关于“土地电”所观测的电流

按照物理学中伽伐尼电池的理论，当两种不同的第一类导体(金属、碳或其他金属的化合物等)浸在第二类导体(酸、碱、盐的溶液等)里，就构成一个化学电源。因此，当我们把铅板和碳棒插入地下时，由于铅板和碳棒是两种不同的第一类导体，而土壤中有水分，并溶有一些酸、碱、盐类，这就构成了一个“电池”，其正极为碳棒，负极为铅板，其内电路为大地，当用微安表把这一“电池”的外电路接通后，便有电流产生。因此，用异性极(铅、碳极)土地电测得的电流为大地自然电流与铅碳“电池”产生电流的合电流(图1)。

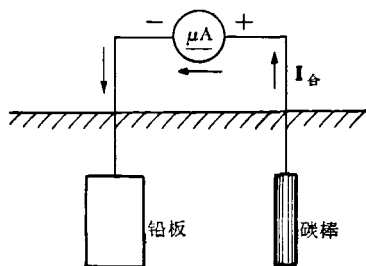


图1 土地电装置示意图

$$\text{即 } I_{\text{合}} = I_{\text{电池}} + I_{\text{自然}} \quad (1)$$

所以，为了避免产生铅碳电池电流而测得大地自然电流，只能采用同性极板土地电。我们用两块铅板，其尺寸为150mm×100mm×5mm，埋入地下，深度为2米，极距20米。同时，为了比较铅碳“电池”电流与大地自然电流的大小，在同一实验条件下(即相同地点、相同埋深)安装铅碳异性极土地电一套。经过近六

个月的观测，其结果为：

异性极土地电电流变化范围：150μA~365μA，同性极土地电电流变化范围：3~20μA。

毛主席教导我们：“在复杂的事物发展过程中，有许多的矛盾存在，其中必有一种是主要的矛盾，由于它的存在和发展，规定或影响着其他矛盾的存在和发展。”^[3]上述数据告诉我们，异性极土地电测得的电流 $I_{\text{合}}$ 中， $|I_{\text{电池}}| \gg |I_{\text{自然}}|$ ，即铅碳电池电流远大于自然电流。而且，大地自然电流(即同性极板土地电测得电流)半年变化幅度仅为： $20\mu\text{A} - 3\mu\text{A} = 17\mu\text{A}$ ，因此在异性极土地电电流变化幅度 $\Delta I_{\text{合}}$ 中，($\Delta I_{\text{合}} = 365\mu\text{A} - 150\mu\text{A} = 215\mu\text{A}$)绝大部分由铅碳电池电流的变化所引起。这就清楚地表明，“电池”电流在测得电流中是主要矛盾，而大地自然电流则居于次要地位。

因此，异性极土地电测得的主要成分不是大地自然电流，而是铅碳“电池”电流。要测大地自然电流，则应采用同性电极。这里假定同性电极的极化电流为零。实际上并不等于零。在这次实验中还没有考虑这一因素。

二、异性极土地电从哪个方面反映地震?

如上述，异性极土地电不能测量大地自然电流及其变化，但是实践却表明它在测报地震方面有着一定的作用。这又如何解释?我们的看法是：地震前，大地电阻率和地下应力状态将发生变化，异性极土地电就是从这方面反映地震。以下试图从几个方面说明这一观点。

1. 显然，图1装置的电路原理可用图2电路表示。如果用 \mathcal{E} 表示铅碳电池电动势， $R_{\text{地}}$ 为两极间大地电阻， $R_{\text{内}}$ 表示微安表头内电阻，则按照全电路欧姆定律，

$$I_{\text{电池}} = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{地}} + R_{\text{内}}} \quad (2)$$

在一般情况下， \mathcal{E} 与 $R_{\text{内}}$ 均不会有什么变化。因此，

1) 毛泽东，《矛盾论》，《毛泽东选集》1至4卷本，人民出版社，(1969)，295。

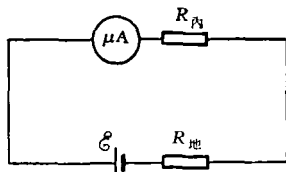


图2 电路原理

铅碳电池电流 $I_{\text{电池}}$ 的变化, 主要由 $R_{\text{地}}$ 所引起。

2. 计算两极间大地电阻 $R_{\text{地}}$:

为使计算简化, 先假定大地的电阻率是均匀的, 并且研究一个半径为 a 的半球形电极埋入地下的情形 (见图3)。

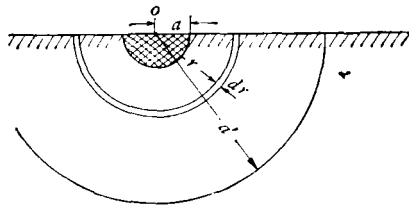


图3 半球形电极附近电阻变化

按照电阻定律, 导体的电阻 $R = \rho \cdot \frac{L}{S}$ 。

其中, ρ ——导体电阻率, 此处为地电阻率,
 L ——导体长度,
 S ——导体的横截面积。

则距离 O 点为 r 处, 厚度为 dr 的半球壳体的电阻为:

$$dR = \frac{\rho}{2\pi r^2} dr$$

假定无限远处有一无穷大的半球状电极, 则这两极间的电阻为:

$$R_{a-\infty} = \int_a^{\infty} \frac{\rho}{2\pi r^2} dr = -\frac{\rho}{2\pi r} \Big|_a^{\infty} = \frac{\rho}{2\pi a} \quad (3)$$

在实际情况下, 另一电极既不在无限远处, 其尺寸也不无穷大。但我们能够证明, 这时两极间电阻 (另一极为有限远 a' 处的半径为 a' 的半球壳) 与 $\frac{\rho}{2\pi a}$ 相差无几。

为此, 设积分限不是从 $a-\infty$, 而是从 $a-a$,

$$\therefore R_{a-a'} = \int_a^{a'} \frac{\rho}{2\pi r^2} dr = \frac{\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{a'} \right)$$

\therefore 由 a' 至无穷远处大地所贡献的电阻 $R_{a'-\infty}$ 为:

$$R_{a'-\infty} = R_{a-\infty} - R_{a-a'} = \frac{\rho}{2\pi a} - \frac{\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{a'} \right) = \frac{\rho}{2\pi a'}$$

\therefore 由 a' 到无穷远贡献的电阻与从 a 到 a' 这一

段贡献的电阻相比为:

$$\frac{R_{a'-\infty}}{R_{a-a'}} = \frac{\frac{\rho}{2\pi a'}}{\frac{\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{a'} \right)} = \frac{a}{a' - a} \quad (4)$$

若 $a' \gg a$, 则(4)式中 $\frac{a}{a' - a}$ 非常小。

例如, 设极板半径为20cm, 另一极板在20米处, 即 $a \approx 20\text{cm}, a' = 20\text{m}$ 。

$$\text{则 } \frac{R_{a'-\infty}}{R_{a-a'}} = \frac{a}{a' - a} = \frac{20\text{cm}}{20\text{m} - 20\text{cm}} \approx \frac{1}{100}$$

所以, 20米外至无穷远处大地电阻为从极板到20米处大地电阻的1/100, 这就证明了, 离电极远的地对此电阻影响很小, 一个电极至无穷远处的大地电阻主要地由电极附近的大地的电阻所决定。

3. 如果大地电阻率并不均匀, 对上述结果也不会有大的影响。为说明这一点, 假定从 a 至 a' 处大地的电阻率为 ρ , 而从 a' 至无限远处的电阻率为 ρ' 。这时,

$$R_{a-\infty} = \int_a^{a'} \frac{\rho}{2\pi r^2} dr + \int_{a'}^{\infty} \frac{\rho'}{2\pi r^2} dr = \frac{\rho}{2\pi a} + \frac{\rho' - \rho}{2\pi a'}$$

$\therefore a' \gg a$, 而大地电阻率在几十米的范围内不会有突然变化, 即 $\rho' - \rho$ 很小, 则第二项与第一项相比可以略去。即 $R_{a-\infty} \approx \frac{\rho}{2\pi a}$, 与(3)式结果大致相同。

这说明, 决定电阻 $R_{\text{地}}$ 的是电极附近的电阻率, 而与远处大地的电阻率关系不大。

4. 综合上述结果, 可以对两极间电阻做出估算。

假定, 在有限距离内埋设两个半球状的电极: 铅极和碳极。根据前边已经证明过的结果, 可以知道碳极附近大地的电阻与 $\frac{\rho_c}{2\pi a_c}$ 相差不大, 而铅极附近的大地

电阻与 $\frac{\rho_{pb}}{2\pi a_{pb}}$ 相差无几。

其中, ρ_c 与 ρ_{pb} 分别为碳极与铅极附近的大地的电阻率, 而 a_c 与 a_{pb} 分别为碳、铅极的半径。

对于两极间的大地电阻, 则应看作上述两极附近电阻串联的结果。即:

$$R_{\text{地}} = \frac{\rho_c}{2\pi a_c} + \frac{\rho_{pb}}{2\pi a_{pb}} \quad (5)$$

电极的形状与大小一般是不会变化的。所以, 根据(5)式, $R_{\text{地}}$ 的变化只能由 ρ_c 与 ρ_{pb} 的变化所引起。即, $R_{\text{地}}$ 的变化是由铅极与碳极附近的大地电阻率的变化所引起的。

尽管我们使用的电极并非半球形, 我们用的是铅板与碳棒, 但上述分析和结果原则上适用其他几何形状电极, 即两极间电阻的变化取决于两极附近大地电阻率的变化。
 (下转 330 页)