

山东科学实验成果资料

编号：71—044

# 平原地区地下水电法勘探

山东省水利科学研究所

(内 部)

山东省革命委员会生产指挥部科技办公室情报组

一九七一年十二月

## 毛主席语录

我们不能走世界各国技术发展的老路，跟在别人后面一步一步地爬行。我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代工业化的强国。

任何新生事物的成长都是要经过艰难曲折的。在社会主义事业中，要想不经过艰难曲折，不付出极大努力，总是一帆风顺，容易得到成功，这种想法，只是幻想。

抓革命，促生产，促工作，促战备。

## 前 言

电法勘探（即地面电测）是一种较新的物理勘探方法，在矿产地质勘探中已广泛的应用。但在过去，由于受叛徒、内奸、工贼刘少奇“洋奴哲学”、“爬行主义”等反革命修正主义路线的束缚，这种方法很少应用于地下水勘探。现有的一些关于地下水电法勘探的分析方法也不成熟。怎样正确的使用电测方法，更好地为社会主义农业生产服务，成了一个急待解决的问题。

经过无产阶级文化大革命的战斗洗礼，广大革命科技人员彻底批判了刘少奇的反革命修正主义路线。为了更好地贯彻毛主席“备战、备荒、为人民”的伟大战略方针，两年多来，我们遵照伟大领袖的教导，走与工农兵相结合的道路，投入到三大革命运动第一线，在改造客观世界的同时改造主观世界，开展电测工作，为贫下中农选井、找水，并结合生产进行科学实验，我们在生产实践中，在向各地学习的过程中，积累了一些电法勘探的经验，现初步加以总结，以供参考。

本文着重总结了平原地区（主要是黄河冲积平原），勘探深度为一百米以内的地面电测的野外工作方法和曲线分析方法，初步解决了电测选井、预测水质、预测砂层、确定适宜打井深度以及天然水矿化度的野外测定方法等问题。为便于更好地掌握电测技术，本文介绍了一些常用的电测理论知识。并提出了我们的一些认识。由于各地的地电条件变化复杂，这里介绍的一些具体方法对山区及山麓平原可能不适用，即使对黄河冲积平原（鲁西北，鲁西南），也应结合本地的地质条件参照使用，“不同质的矛盾，只有用不同质的方法才能解决”。决不可生搬硬套。

# 目 录

## 前 言

|                                            |      |
|--------------------------------------------|------|
| 一、基本理论知识                                   | (1)  |
| 电法勘探的基本原理                                  | (1)  |
| 电性层与含砂层的概念                                 | (3)  |
| 几种电阻率及其影响因素                                | (3)  |
| 等值原理及其作用                                   | (6)  |
| 电法勘探的有利与不利条件                               | (7)  |
| 二、野外工作方法                                   | (8)  |
| 保证测量精度的几个主要问题                              | (8)  |
| 电测深极距的选择                                   | (9)  |
| 增大被测电位差的方法                                 | (10) |
| 选点的工作方法—电测剖面                               | (11) |
| 天然水矿化度的野外测定方法                              | (12) |
| 三、电测深曲线的分析                                 | (13) |
| 曲线类型的划分                                    | (14) |
| 含砂层的辨认                                     | (16) |
| 含砂层电阻率的解释                                  | (17) |
| 水质的分析方法                                    | (19) |
| 砂层的分析方法                                    | (20) |
| 确定打井深度的方法                                  | (22) |
| 附表：地下水电法勘探主要设备用具一览表                        | (24) |
| 附图：一、电阻率与矿化度关系曲线                           | (25) |
| 二、电阻率温度校正曲线及 $h/H \sim \rho_D/\rho_S$ 相关曲线 | (26) |
| 三、二层量板                                     | (27) |
| 四、 $\alpha-\mu$ 关系曲线                       | (28) |

# 平原地区地下水电法勘探

## 一、基本理论知识

毛主席教导我们：“不论做什么事，不懂得那件事的情形，它的性质，它和它以外的事情的关联，就不知道那件事的规律，就不知道如何去做，就不能做好那件事。”

### 1. 电法勘探的基本原理

在地下水电法勘探中经常使用的是电阻率法，是利用直流电建立一个人工电场，在地表面测量出某一深度或不同深度的电阻率，根据电阻率的大小及变化规律，从而间接地推断地质情况。

所谓电阻率就是单位长度、单位截面积的物体的电阻，在电工学上也叫电阻系数，其单位为欧姆·米（ $\Omega \cdot M$ ）。电阻率只与物体的性质有关，而与其尺寸无关，所以它能代表该物质的导电性能。

怎样测定地层的电阻率呢？首先用均匀地层来说明这个问题。

假定在地表面插入地下两个电极，叫做A、B电极，A、B的中点为O点（即测点），在A、B之间再插入两个电极，叫做M、N电极，并保持  $OM = ON$ ，将A、B电极与电源串联起来（见图一）。当电源通电时，便在地下形成一个电场，其电流线如图一中的实线所示，等电位线如虚线所示。通过A、B电极向地下供给一定的电流，便在MN之间产生一定的电位差。如果用仪器测出从A、B电极供入地下的电流强度  $I$  及在MN之间产生的电位差  $\Delta U$ ，则可按下式算出地下物质的电阻率  $\rho$

$$\rho = K \frac{\Delta U}{I}$$

式中  $K$  是一个与供电电极A、B及测量电极MN的相互位置有关的系数，称为装置系数。对于图一这样的常用方法：

$$K = \pi \frac{\overline{AM} \cdot \overline{AN}}{\overline{MN}} \quad \text{或} \quad K = \pi \frac{\left(\frac{\overline{AB}}{2}\right)^2 - \left(\frac{\overline{MN}}{2}\right)^2}{\overline{MN}}$$

公式中 $\overline{AM}$ 为A、M电极之间的直线距离（其他符号也如此）

K值的简化公式见 2—3 节

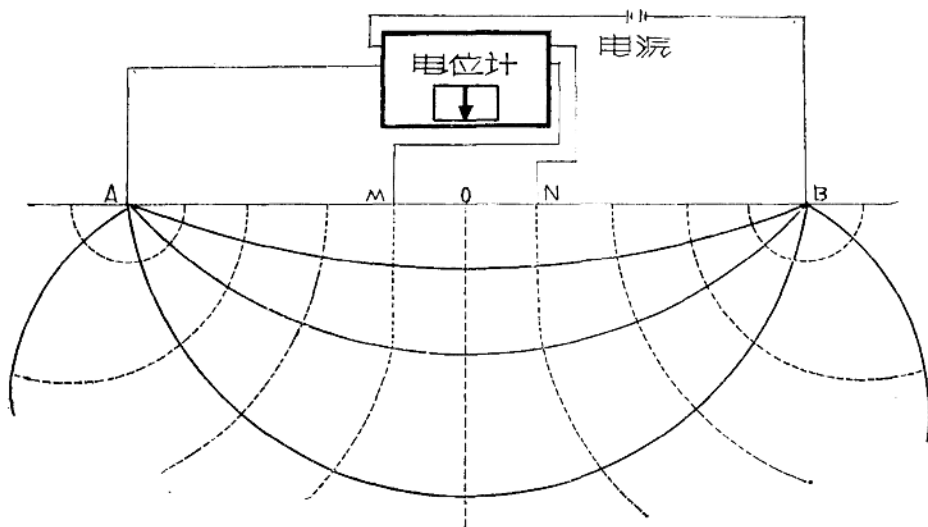


图 一

在电场中电流的分布有以下几个规律：

①在均匀地层中电流线有尽可能走最短路程的特性。所以靠近地面电流密度最大，越往深处电流密度相对地有规律地减小。

②各电流线之间存在着互相排斥的作用。所以部分电流线能够进入地下，尽管电极只打在地表面，电流却不是只沿着地表面流动。一般认为，当深度 $h$ 为 $\overline{AB}$ 的三倍时，电流密度才等于0；在 $h = 0.71\overline{AB}$ 的深度处电流密度为地表电流密度的17%；在 $h = 0.5\overline{AB}$ 的深度处电流密度为地表电流密度的30%。

③从A极流入地下的电流线全部回到B极，它在中途既不会增加也不会减少。

④在非均匀地层中除上述三个规律外，电流线还有尽量地通过电阻率小的岩层的特性。

在电阻率法中常用的测量方法有两种，即电测深法和电测剖面法。

如果保持中心点O的位置不变，不断增大A、B电极距离，则电流线进入地下的深度也不断增大。测量出不同A、B极距的电阻率，便可推算出不同深度的地质情况，查明从浅到深沿垂直方向地层的变化。这种方法叫做电测深法。

如果保持A、B及MN为某一个（或几个）固定极距不变，将整个装置在测线上不断

移动，逐点测量。根据测出的在该极距下视电阻率沿水平方向的变化，便可查明某一深度处岩层沿水平方向的变化，这种方法叫做电测剖面法。

在电法勘探中测量电位差及电流强度常用的仪器是直流电位差计，它是按补偿法原理制造的。在测量电位差时，用仪器内部的补偿电位差来抵消外线路的被测电位差，当调整到二者大小相等方向相反时，检流计指针相对稳定，从仪器上读出的补偿电位差即等于被测电位差。供电电流强度（ $I$ ）也是用同样的方法，测出固定在仪器内的标准电阻（ $R_0$ ）两端的电位差（ $\Delta U_r$ ）按下式计算出来：

$$I = \frac{\Delta U_r}{R_0}$$

## 2、电性层与含砂层的概念

电法勘探是根据地层电阻率的差异（即电性差异）间接地来推断地质构造的。可以认为，与顶底板电阻率有明显差异的在电测深曲线上有所显示的每一岩层（或岩层组合）都是一个电性层。电性层和地层的概念是不同的。同一地层如果不同深度处的电阻率不一样，可以表现为几个电性层；几个相邻地层如果电阻率相近，也可以表现为一个电性层。某一个较厚的岩层，如果其电阻率与顶底板不同，可以成为一个独立的电性层；某一个较薄的岩层，尽管其电性与顶底板差异较大，也不一定能成为一个独立的电性层，即测不出来。由于电性层和地层不一定一致，所以电性层和地层的分界面不一定一致。

在电测深曲线上，相对上层或下层而言，电阻率较高的电性层叫做相对高阻层，电阻率较低的叫做相对低阻层。在这里，高阻层、低阻层只是相对的，它不是，也不可能是按电阻率的绝对大小来区分。

根据一般规律，水质越好电阻率越高。砂层越厚，颗粒越粗越纯电阻也越高。因此在相对高阻层中有可能包含较好的含淡水的砂层，只有较差的砂层才有可能包含在相对低阻层中。地下水电法勘探主要研究的目的层就是那些具有一定埋藏深度、一定电阻率数值、可能有含水砂层的相对高阻层，我们把它叫做含砂层。

含砂层必须是相对高阻层。相对上层为高阻层可以成为含砂层，相对下层为高阻层（相对上层为低阻层）也可以成为含砂层。但相对高阻层不都是含砂层。

含砂层必须具备一定的埋藏深度。埋藏深度较小的电性层（如小于10米或15米）影响因素较多，除水质、岩性的影响外还有土的含水量、土的含盐量、地温的变化等，即使是相对高阻层也很少是砂层的反映。个别的有点砂层由于埋藏深度小，厚度一般较薄，也不能成为机井的主要含水层。

含砂层必须具有一定的电阻率数值，否则水质不好或者砂层不多。关于含砂层的具体辨认方法参见第3——2节。

在电法勘探中，电性层的电学性质（如电阻率）及其所代表的地质条件的总合称为地电条件。电性层及其所代表的地质条件在垂直方向上的结构称为地电断面。

## 3、几种电阻率及其影响因素

### ①土石的电阻率

在前面介绍的只与物体性质有关的，代表物体导电性能的电阻率在电法勘探中称为

真电阻率，简称电阻率。土石的电阻率就是指某一种土、砂或岩石的真电阻率。在分析电测深曲线之前必须预先知道那些主要地层的土石的电阻率。其确定的方法很多，在黄河冲积平原我们主要是根据电阻率与矿化度关系曲线来确定饱水细砂的电阻率（见附图一中的曲线1）。从电测深曲线上解释出来的电阻率是电性层的电阻率，它不能代替土石的电阻率。

影响土石电阻率的主要因素有：

1) 岩性：砂的电阻率比粘性土大，砂粒越粗越纯电阻率越大。含姜石的土比不含姜石的土电阻率大。在黄河冲积平原，砂的粗细相差不多，其颗粒的大小对电阻率影响较小，例如极细砂的电阻率比相同水质的细砂的电阻率只减少15%左右，粉砂的电阻率比细砂的电阻率减小30%左右。所以在这些地区砂的粗细往往不容易从电测深曲线上分析出来。

2) 水质：在水位以下砂和土都是饱和水的。如果岩性相同，所含的水的水质越好电阻率越大。以饱水细砂为例，水的矿化度与同种水饱和的细砂的电阻率如表一。从表一中可以看出，水质对电阻率的影响比砂的粗细对电阻率的影响大得多。

表一、水的矿化度 (C) 与饱水细砂的电阻率 ( $\rho_s$ ) 关系

| C (克/升) | $\rho_s$ ( $\Omega \cdot M$ ) |
|---------|-------------------------------|
| 0.6     | 57                            |
| 0.8     | 45.5                          |
| 1       | 38                            |
| 2       | 21.2                          |
| 3       | 15.1                          |
| 4       | 12                            |
| 5       | 10                            |
| 7       | 7.6                           |
| 10      | 5.6                           |

3) 湿度：土越干电阻率越大。在地下水位以上土的湿度对电阻率的影响是很显著的，特别是在含水量从0~10%的范围内变化时影响更大。同一地点  $\frac{AB}{2}$  为十几米以前的视电阻率在降雨之后比降雨之前显著降低就是由于湿度的变化引起的。但这种变化对于十几米以后的电阻率的影响是微不足道的。在地下水位以下土和砂都是饱和的，就无所谓湿度的影响了。有人提出，砂层出水比土层多，是否砂层的电阻率应该比土层小呢？不对。砂层出水多是因为它的透水性比土层好，其饱和含水量并不比土的大，加上粘土矿物的导电性比砂粒的导电性好，所以砂层的电阻率比土层大。

4) 温度：温度越高电阻率越小。深度在十几米以下的地温受气温影响很小，地温在时间上可以认为是稳定的。但深度不同地温则有所差异，特别在一、二百米以下由于受地心热力的影响，深度越大温度越高。所以同一种物质埋藏深度越大，电阻率越小。

用百米以内的分析水质的方法去分析深层水，分析出的矿化度往往偏大，这也是一个原因。

#### 5) 土层结构及矿物成份：

同一类土石致密的比疏松的电阻率大，垂直岩石层理比平行于岩石层理电阻率大，所含良导电矿物（如金属矿物）越多者电阻率越小。

#### ②、电性层的电阻率

电性层是由一层或几层岩性不同的土石构成的。电性层的电阻率实际上就是组成它的各层土石的电阻率的平均值（不是算术平均）。在理论上它的准确数值应该根据各层土石的电阻率及厚度计算得出，但在实际上这是办不到的。从电测深曲线上解释出来的只是它的近似值。在不利地电条件下这个近似值与实际差别较大，但在多数情况下这个近似值是有实用价值的。

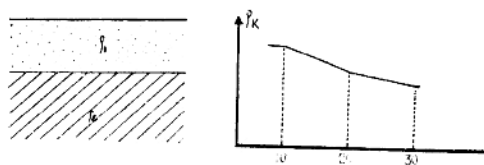
含砂层是电性层的一种，含砂层的电阻率（以 $\rho_D$ 表示）也是一种电性层的电阻率。其影响因素主要有两个：第一是组成含砂层的各种土石的电阻率，所有影响土石电阻率的因素都是 $\rho_D$ 的影响因素。第二是组成含砂层的各种土石的厚度比例。当含砂层全部由砂层组成时， $\rho_D$ 等于该种砂的电阻率。当含砂层由砂层和土层组成时， $\rho_D$ 小于砂的电阻率。含砂层中的砂层越少，土层越多，则 $\rho_D$ 越小。一般，含砂层的电阻率 $\rho_D$ 小于或等于砂的电阻率。

#### ③视电阻率

当在均匀地层中测量时，不论用任何大小的极距所测出的电阻率值都是一样的，这个值就是电性层的电阻率。但在非均匀地层中测量时，用不同电极距测出的电阻率是不一样的，它不能代替电性层的电阻率，通常称之为视电阻率，以符号 $\rho_K$ 表示。其影响因素主要有：

1) 电性层的电阻率。 $\rho_D$ 越大， $\rho_K$ 也越大，但二者没有一定的比例关系。影响 $\rho_D$ 的因素对 $\rho_K$ 都起作用。

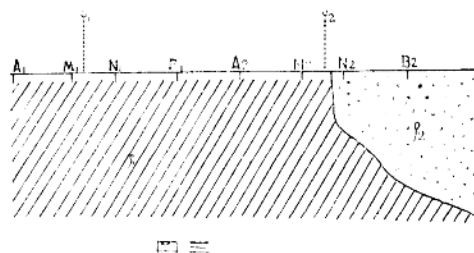
2) 极距的大小。极距不同 $\rho_K$ 也不同，例如图二为一个二层断面，0—10米为一个电性层，其电阻率为 $\rho_1$ ，10米以下为一个电性层，其电阻率为 $\rho_2$ ，当 $AB/2$ 为20米及30米时，虽电流都进入了第二层，但测出的 $\rho_K$ 并不相同，也不等于 $\rho_2$ 。



图二

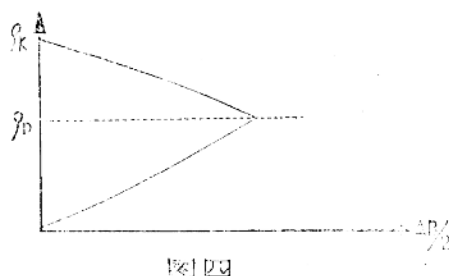
3) 电极与不均匀地质体的相对位置。例如图三，左侧为电阻率 $\rho_1$ 的均匀地层，右

测为电阻率 $\rho_2$ 的均匀地层。测点 $O_1$ 、 $O_2$ 都在左侧，使用的极距也相同，但两点受 $\rho_2$ 的影响不同，所以在 $O_1$ 、 $O_2$ 点测出的 $\rho_K$ 也不完全相同。由于这个原因，当电极排列方向改变时，有时测出的 $\rho_K$ 也有变化。



4) 电性层厚度。在电测深曲线上表现为上升的电性层，其厚度越大，视电阻率的最大值越大。表现为下降的电性层，其厚度越大，视电阻率的最小值就越小。

5) 地电类型。假定某电性层的电阻率为 $\rho_D$ ，当其上层的电阻率大于 $\rho_D$ 时，测出的 $\rho_K$ 也大于 $\rho_D$ ；当其上层的电阻率小于 $\rho_D$ 时，测出的 $\rho_K$ 则小于 $\rho_D$ （见图四）。



通过上述分析可以看出，视电阻率既受地电条件的影响，又受测量条件的影响，其数值大小不能正确地反映地层的导电性能，因此，直接用它来分析水质和砂层是不可靠的。

#### 4. 等值原理及其作用

大家知道在数学上的曲线方程，例如 $XY = 1$ ，有一个 $X$ 值便相应地得到一个 $Y$ 值， $X$ 不同， $Y$ 也就不同。

在电法勘探中也有类似的情形。假设有一个中间层电阻率高的三层地电断面（即 $K$ 型），其中间层的厚度为 $h_2$ ，电阻率为 $\rho_2$ ，由于电测深曲线固定了，所以 $h_2\rho_2 = \text{常数}$ 。有一个 $\rho_2$ 值便相应地得到一个 $h_2$ 值， $\rho_2$ 不同 $h_2$ 也就不同。这就是说，在一定的条件下，不同的地电断面可以具有相同的电测深曲线，这就是所谓的等值原理。

由于等值原理的存在,在分析电测深曲线时,要想知道某一层的厚度必须预先知道它的电阻率,才能得出固定的结果,否则只能计算出厚度和电阻率的乘积,而算不出它的厚度(用辅助量板法等解释出来的厚度没有考虑等值原理,是不可靠的)。

根据等值原理我们可以理解,电测深曲线上的某一个含砂层,其水质越好,砂层就越少,水质越差砂层就越多。

如果水质一定,砂层颗粒越粗越纯,厚度就越小,反之就越大。由此可见要想计算砂层厚度必须预先知道砂的电阻率。

## 5. 电法勘探的有利与不利条件

一切事物都是一分为二的,任何方法的应用都是有条件性的。电法勘探虽有广泛的用途,但也有其条件性和局限性。不能认为不管什么地电条件,不论什么问题,电法勘探都能解决。

在平原地区影响电法勘探效果的主要地电条件有:

①含砂层与非含砂层电阻率的差异。这个差异越明显,含砂层表现的就越清楚,如果没有差异或差异很小就失去了电测的应用前提。例如细砂与流砂或与含大量姜石的粘土,因其电阻率差异很小,就很难用电测把它们区分开来。当含砂层只与顶板有明显的电阻率差异时,只能测出见砂深度。当含砂层只与底板有明显的电阻率差异时,只能测出断砂深度。有时含淡水的土层和含咸水的砂层电阻率也差异甚小。但这两种可能性有一个共同的结论,就是不适合打机井,所以从生产角度考虑也就没有必要进一步去区分它们了。

②含砂层的厚度。含砂层必须具有足够的厚度才能用电测法寻找出来。电测需要的最小厚度究竟多大呢?这不是一个固定数,它与以下几个条件有关:

1) 含砂层的埋藏深度越大,需要的最小厚度越大。例如厚度为5米的含淡水的细砂,在100米以内多数可以反映出来,而在100米以下就很难反映出来。

2) 含砂层与顶底板的电阻率差异越小,需要的厚度越大。例如水质越差需要含砂层厚度越大,砂粒越细需要的厚度越大。

3) 含砂层顶板的电阻率越高,需要的厚度越大。例如,当顶板的电阻率低于含砂层电阻率时,较薄的砂层容易反映出来;当顶板电阻率高于含砂层电阻率时,较薄的砂层就不易反映出来;当顶板电阻率比含砂层电阻率高很多时,曲线急剧下降,较厚的砂层也不易反映出来。

4) 是否有屏蔽层存在。屏蔽层是指位于含砂层上方,分布很广,电阻率极高或极低的电性层,它能严重地阻碍电流向下穿透。在实际工作中典型的屏蔽层是罕见的,但经常遇到一些含砂层上方电阻率较高或较低的电性层,对电法勘探也是不利的。当含砂层上方存在电阻率较大的高阻层时,含砂层往往被曲线的急剧下降所掩盖而反映不明显。当含砂层上方存在电阻率较小的低阻层时,有时砂层很少或没有,曲线也会急剧上升,造成假象,容易把砂层算多了。

5) 各电性层,特别是含砂层的厚度及电阻率在水平方向的稳定性。当其在水平方

向变化较大时会增加定量分析的误差。

6) 地电断面的复杂程度。电性层数越多, 分析的误差越大。

除上述地电条件外, 还有一些人为的条件也直接影响着电测的效果。例如观测技术是否熟练, 极距选择是否合理, 分析判断能力等此外对当地的水文地质条件的了解程度也是很重要的, 因为遵循从已知到未知是合理使用电法勘探的一个基本原则, 如果当地从来没有打过井或钻孔, 对水文地质条件缺乏了解, 就很难对电测曲线做出正确的合理的分析。

毛主席教导我们: “矛盾着的双方, 依据一定的条件, 各向着其相反的方面转化”。只要我们善于做调查研究, 善于用唯物辩证法不断总结经验, 暂时的不利条件是可以转化为有利条件的, 一切利弊条件都不是绝对的、不变的。

## 二、野外工作方法

毛主席教导我们: “要过细地做工作。要过细, 粗枝大叶不行, 粗枝大叶往往搞错。”

### 1. 保证测量精度的几个主要问题

保证足够的测量精度是正确地进行分析判断的前题, 是关系到电测结果是否可靠的重要环节。下面主要谈一下与测量精度有关的几个主要问题。

①对仪器的要求: 一切开关及内用电池的接触点接触良好。指针摆动灵活、均匀、无停滞和严重的上下抖动现象。伙器平衡良好, 机械零点稳定。电压灵敏度不小于12格/毫伏。仪器干燥, 封闭良好。用同一或不同测程对任何一个固定电位差进行多次重复测量, 其相对误差不得超过1%。

②对电源的要求: 应尽量使用电压较稳定的电源。如果电源使用时间较长或保存不好, 其瞬间电压和稳定电压相差较大, 测量电位差时就会出现通电时间越长读数越小的现象, 严重影响测量精度。一般当实际电压比电池的额定电压降低15%左右即开始出现这个现象, 应予以更换。有的规定, 电流强度在一次观测过程中改变超过3%时更换电池。同时使用的几块电池电压不宜相差过大, 当只用其中的一块时应轮换使用。电池要防潮、防晒、防冻。

③对线路的要求: 导线绝缘良好, 不漏电, 接线接触牢固。导线上的距离标记要经常丈量。放线时电极距离要准确无误,  $\frac{AB}{2}$  及  $\frac{MN}{2}$  的误差不得超过1%。遇有障碍物时, 电极位置应垂直于电极排列方向挪动, 挪动的距离不应大于  $\frac{AB}{2}$  (或  $\frac{MN}{2}$ ) 的  $\frac{1}{20}$ 。当只能沿电极排列方向挪动时, 挪动距离不应大于1%。

④在测量电位差时应使极化电位差尽量稳定。为此两个测量电极应使用同种材料, 测点应尽可能地远离正在打着的井孔, MN 电极打入地下的时间应尽可能的长一些, 可采用两对测量电极交替使用, 在使用第一对测量  $M_1N_1$  的同时, 把第二对打入  $M_2N_2$ ,

让其极化电位差逐渐稳定,然后使用第二对测量 $M_2N_2$ 的同时,把第一对打入 $M_1N_1$ ,依次类推。

⑤当极化电位差不稳定时电位差的测量方法。一切事物都是运动的,稳定是相对的,不稳定是绝对的。使用了上述方法,极化电位差的稳定性虽然有所改善,但在多数情况下,指针仍然或快或慢地向一边跑。在这种情况下如果仍以指针稳定在零点不动为补偿平衡的标准,会造成较大的测量误差,最好根据供电前后指针的运动方向和速度相同作为补偿平衡的标准,即补偿到按下同步开关时指针的运动方向和速度都与不按同步开关时完全相同进行读数(指针不一定在零点)。如果指针跑的太快,可转动极化补偿器,使指针速度暂时放慢进行观测(仍然看速度)。

⑥对仪器观测的要求:应尽可能使用电位计的小测程观测。当电阻读数小于50时必须用内插法估读出一位小数,大于50时可以估读也可以不估读。当使用0.2, 1.5测程时,电阻读数不得小于15当使用0.05测程时,电阻读数应尽可能大于50,当电阻读数在20—50之间时要特别细心观测,小于20时很难满足精度要求。不论测电位、电流,在决定取数前均应增减1欧姆电阻,检查取数是否正确。

⑦关于重复观测:当电测深曲线上出现突变点时(例如在下降曲线上只有一个极距变平或上升,在上升曲线上只有一个极距变平或下降)应该对突变点及前一个相邻的点进行重复观测。查明是测量误差还是地质上的原因。在曲线上关系到确定井深的关键点也应进行复测。 $AB/2$ 大于150米的每个极距最好都做两次观测。复测时应改变某些工作条件,如增减电压或改变接地条件(即改变 $AB$ 电极的入土深度)等。复测结果与原测结果之差与二者的平均值之比不应大于5%,误差过大时应查明原因。

## 2. 电测深极距的选择

①最小 $AB/2$ 的选择。一般要求最小 $AB/2$ 能测出曲线前段的渐近线,以便可靠地反映出第一层的电阻率 $\rho_1$ ,但在平原地区第一层往往是变阻层,没有一个真正的 $\rho_1$ ,不管 $AB/2$ 多小,多数曲线都不存在曲线前段的渐近线。因此在一般情况下,最小 $AB/2$ 可以选择10米左右。必要时再把10米以前的点补上。在测量深层淡水时,可从咸淡水分界面向上推2—3个极距作为最小 $AB/2$ 。

②最大 $AB/2$ 的选择。一般要求最大 $AB/2$ 能测出曲线尾段的渐近线,以便可靠地反映出最下部岩层的电阻率。但在平原地区,类似渐近线的那些水平段往往是含砂层,上述要求是不合理的。根据我们的经验,最大 $AB/2$ 可选为开采深度(即最大可能打井深度)的1—2倍。例如开采深度为100米,最大 $AB/2$ 应为100—200米。在开采深度以内的含砂层应力求全部完整地测出来,并在最末一个含砂层之后的下降段上再测3个极距结束,以便于对曲线进行分析计算。

③ $AB/2$ 极间距的选择。一般要求各 $AB/2$ 在双对数坐标纸上相邻两点的水平距离(即极间距)为0.5—2厘米。当极间距过大时不利于反映较薄的含砂层,对层面深度的分析误差较大。但如果极间距过小,会使测量误差明显地在曲线上显示出来,造成曲线不应有的起伏,给分析带来困难。一般可取0.5—0.8厘米为宜。每个极距应尽可能选在

正数上, 极间距尽量相等。根据平原地区的特点, 我们推荐下列 $AB/2$ , 以供参考:

6, 9, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 60, 74, 90, 110, 135, 170, 210, 260, 320, 400, 500。

④ $MN/2$ 的选择。为增大被测电位差并便于联结曲线, 减少曲线分析的困难, 最好采用 $MN$ 与 $AB$ 始终保持一定的比例, 在测量过程中 $MN$ 不断随 $AB$ 改变的工作方法。一般要求 $\frac{AB}{30} \leq MN \leq \frac{AB}{3}$ 。当地下地质体比较稳定而地表不均匀体较多时,  $MN$ 与 $AB$ 的比值应取大些。当地下地质体不稳定而地表不均匀体较少时, 这个比值应取小些。在平原地区后一种情况是较多的, 所以在满足测量精度以及不过多增加电池的前提下, 应尽量采用较小的比值。根据实践经验可取用 $MN = \left(\frac{1}{3} \sim \frac{1}{8}\right)AB$ 、具体选择见下节。

### 3. 增大被测电位差的方法

当被测电位差很小不易保证测量精度时, 可用下述方法将其增大:

①增加电源电压或电流。在接地电阻不变的条件下, 被测电位差与电源电压成正比。但为安全起见电压也不可过大。在无通讯及安全设备的情况下, 电压不宜超过180伏(见表二)。电源的电压不变, 只增加其电流强度, 也能增大被测电位差。

②增加 $AB$ 电极的入土深度。入土深度越大, 接地电阻越小, 被测电位差就越大(增加 $MN$ 极的入土深度不起作用)。

③增加 $AB$ 电极的数目, 即用电极组。电极组的排列方向应与测线方向垂直, 一般可由2—3个组成, 用导线将各电极串联起来。相邻电极间的距离应不小于电极入土深度。

④在 $AB$ 电极周围浇水。当土壤过干时可用此法减小接地电阻增大电位差。一般要求浇水30分钟以后进行测量。

⑤增大 $MN$ 与 $AB$ 的比值。水质越差, 测量深度越大,  $MN$ 与 $AB$ 的比值应越大(见表二)。

当 $MN$ 与 $AB$ 的比值一定时, 可将 $K$ 值的计算公式简化如下:

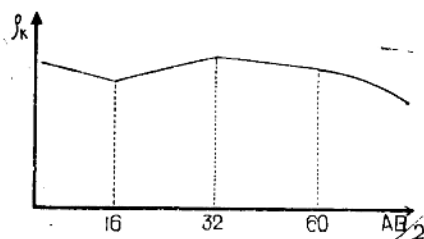
表 二

| $MN = \frac{1}{8} AB$ $K = 12.36 \times \frac{AB}{2}$ | 最大 $\frac{AB}{2}$<br>(米) | 淡 水 区                          |        | 咸 水 区                          |        |
|-------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------|--------------------------------|--------|
|                                                       |                          | $MN/AB$                        | 电压(伏)  | $MN/AB$                        | 电压(伏)  |
| $MN = \frac{1}{5} AB$ $K = 7.54 \times \frac{AB}{2}$  | $<100$                   | $\frac{1}{8}$                  | 45~90  | $\frac{1}{8} \sim \frac{1}{5}$ | 90     |
| $MN = \frac{1}{3} AB$ $K = 4.19 \times \frac{AB}{2}$  | 100~200                  | $\frac{1}{8}$                  | 90     | $\frac{1}{5} \sim \frac{1}{3}$ | 90~180 |
|                                                       | $\geq 200$               | $\frac{1}{8} \sim \frac{1}{5}$ | 90~180 | $\frac{1}{3}$                  | 180    |

#### 4. 选点的工作方法——电测剖面

用电测剖面法选点能以最少的工作量选出最好的井，是一符种合多快好省的方法。这里介绍的电测剖面法实质上就是简易电测深，其步骤如下：

(1) 选择合理的电测剖面极距。合理的电测剖面极距应根据电测深曲线选择。首先做一个井旁测深，如果没有已成井可以在群众最需要打井的地点做一个普通电测深。根据测深曲线选择出 2—3 个能够将曲线上的主要含砂层控制住的  $\frac{AB}{2}$  极距，做为电测剖面极距，相应的  $MN/2$  极距与电测深相同。电测剖面的极间距应比电测深大 1—2 倍，即间隔 1—2 个测深极距，极间距应尽可能相等。例如在图五中选取  $\frac{AB}{2}$  为 16, 32, 60 米做为电剖面极距便可将曲线上的两个主要含砂层控制住。



图五

电测剖面极距不宜太多，否则就失去了电测剖面的意义，但也不能只用一个极距，因为某个极距视电阻率高有两种可能，一个是含砂层的影响，另一个是上伏高阻层的影响，只用一个极距无法搞清视电阻率高的原因。我们常用的电测剖面极距有以下几种：

- ① 16, 32      适用于 30 米左右以下为咸水的地区
- ② 16, 25, 40      适用于 40 米左右以下为咸水的地区
- ③ 16, 32, 60      适用于主要含砂层较浅的地区
- ④ 20, 40, 74      适用于主要含砂层较深的地区
- ⑤ 40, 60, 90      适用于主要含砂层更深的地区

(2) 用电测剖面选点。测点不一定按勘探线，勘探网布置，可根据群众的需要和随测随掌握的地质条件的变化规律灵活掌握。为选出最好的井测点可尽量多些。

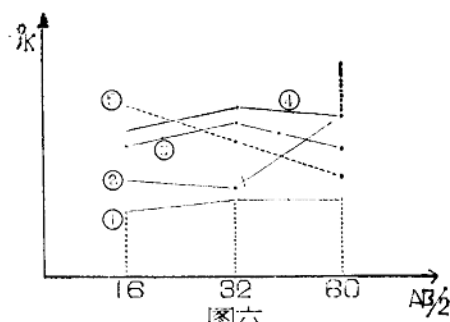
(3) 在选出的一个或几个最好的测点上做电测深。电测剖面点的好坏可以根据“一个标准两种表现”来进行对比分析。

一个标准是：含砂层的真电阻率 ( $\rho_D$ ) 越高其水质越好。在水质一定的前提下，含砂层的真电阻率越高砂层越好。

真电阻率高的两种表现是：第一，视电阻率大；第二，两个极距间的视电阻率值下

降慢或上升快。这两个方面应综合考虑，缺一不可。例如在图六中测点①及⑤为最差，测点②的上层较差下层较好，测点④比③好，可选④点和②点做电测深。

需要特别注意的是，各测点只有在地电条件相同时（主要是水质相同）用剖面法选出的好点才是可靠的。只有做了电测深之后才能知道这些好点是否真好。所以不能只根据电测剖面定井，必须做了电测深，进行了曲线分析之后才能最后确定。



图六

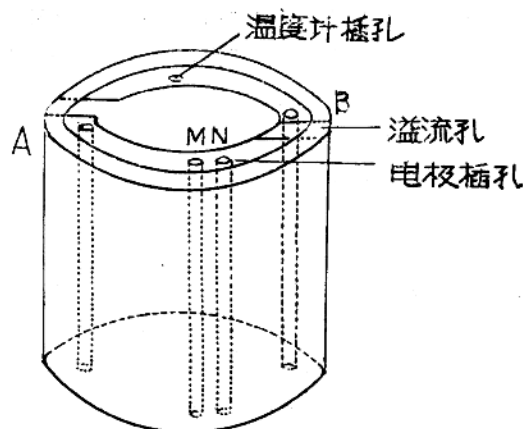
## 5. 天然水矿化度的野外测定方法

实测水的矿化度（即总含盐量）可以间接地推求砂的电阻率，为计算砂层厚度提供依据；可以检验对水质预测的结果是否正确，通过反复实践反复认识不断提高分析能力，并能直接为农田灌溉服务。矿化度的野外测定可用UJ—18电位差计和测水杯进行。

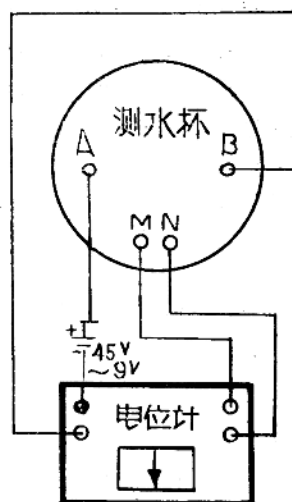
我们制做的测水杯是一种陶瓷制的圆形杯子（见图七）。电极按四极对称排列。A、B电极的材料以磁棒（即半导体收音机用的磁棒）为最好，其优点是通电前后的极化电位最稳定，因而测出的电流强度及电位差也最稳定。M、N电极的材料以碳棒（即一号电池的碳棒）为最好，其优点是灵敏度高，与水中的离子不发生反应。M、N极用的碳棒最好用电表选出两个极化电位差最小者使用，极性为正的用于M极，极性为负的用于N极。各电极均应固定于相应的插孔上。

测定矿化度的线路连接如图八。电源为9—45伏，电源正极固定地与杯子的A极连接，以保持AB电极的极化电位相对稳定，其他接头任意连结。

电流强度的测量方法与野外相同（标准电阻用1欧姆）。测量电位差的读数方法与野外略有不同，其补偿平衡的标准是：按下同步开关后指针先向左方偏转，待指针刚刚稳住，在它即不向前走又未向后退的一瞬间，估读出指针偏转的格数，同时松开同步开关，让指针自由向回摆动，再估读出指针从零点向相反方向摆动的格数，当其向左、向右偏转的格数相等时即可读数。



图七



图八

测水杯的 $K$ 值受杯体的容积、形状、溢流孔高度、电极距离和尺寸、电极排列方式等影响。一般为 $0.30-0.33$ ，具体可根据已知电阻率的水来测定（按 $K = \rho \frac{I}{\Delta U}$ 计算）。水的电阻率可以用电导仪测定，即电阻率 $\rho = 0.0155 \times$ 电导仪的电阻读数。没有具体测定者 $K$ 值可采用 $0.315$ 。

计算水的矿化度的步骤如下

- ①按公式  $\rho = K \frac{V}{I}$  算出在实测温度下的水的电阻率，同时量出水样的温度 $T$ 。
- ②根据实测水温 $T$ 与 $15^\circ$ 的差值从电阻率温度校正曲线（附图二）上查出温度校正系数 $W$ 。

③将实测电阻率 $\rho$ 换算成 $15^\circ\text{C}$ 的电阻率 $\rho_{15}$ 当 $T > 15^\circ\text{C}$ 时 $\rho_{15} = \rho \times W$ 当 $T < 15^\circ\text{C}$ 时，  

$$\rho_{15} = \frac{\rho}{W}$$

- ④根据 $\rho_{15}$ 从附图一中的曲线Ⅳ上查出水的矿化度（克/升）

### 三、电测深曲线的分析

毛主席教导我们：“分析的方法就是辩证的方法。所谓分析，就是分析事物的矛盾。”

“对情况和问题一定要注意到它们的数量方面，要有基本的数量的分析。任何质量都表现为一定的数量，没有数量也就没有质量。”