

冻土带上半衰时找水初探

1. 余友 2. 王俊武

(1. 中南大学资环建院, 湖南 长沙 410083; 2. 黑龙江有色金属地质勘查七〇三队, 黑龙江 阿城市 150300)

摘要: 在黑龙江省北部岛状冻土带上, 使用 WDJD-1 多功能数字直流激电仪试验性找水, 利用观测参数半衰时 t_h 、极化率 η_s 、衰减度 D 、视电阻率 ρ_s 等来推断含水层位、设计井深、估算涌水量、优选井位, 研究结果表明该方法有一定的实用性。

关键词: 矿水勘探; 岛状冻土带; 半衰时 t_h ; 找水

黑龙江省的北部嫩江、北安、黑河一带属寒温带大陆性季风气候, 冬季漫长而寒冷。据有关资料记载, 该区平均气温为 -0.4°C ; 月平均气温夏季最高 21.4°C ; 冬季最低气温为 -28.2°C ; 极端最高气温 33.7°C ; 最低气温为 -44.1°C ; 季节性冻土最深达 3m。在 1:500 万的中国水文地质图上, 嫩江、五大连池、逊克的南部有一条明显的界线, 地质学家称它为“岛状冻土线南界”。

长期以来, 大家普遍认为: 冻土层上视电阻率发生了变化(升高), 不能开展物探(主要是指电阻率法)找水工作, 我省的物探工作者基本遵循这个说法, 每年都是等到五月中下旬冻土层融化差不多时, 方能进行物探电法找水工作。去年四月初, 该区还是冰天雪地的时候, 应黑龙江省有色金属工程勘查二处之邀, 跨进物探找水“禁区”, 在“岛状冻土线南界”以北, 进行了试验性的物探找水工作, 且获得了较好找水效果。

1 水文地质概况

被地质学家称为“天然火山地质博物馆”的五大连池火山群, 由 14 座火山锥组成, 这 14 座火山锥有规律地展布在方圆近 700km^2 的地域内, 构成了天然火山公园。其中最北面的一座火山叫尾山, 在尾山山脚下 36km 处, 有一个以尾山山名命名的国营农场尾山农场, 是这次找水的实验区。

1.1 地层

区内出露的地层主要为中生界侏罗系、白垩系和新生界第四系。

上侏罗统龙江组(J_3l): 出露在尾山农场场部周围, 主要岩性为辉石安山岩、角闪安山岩、英安岩、流纹岩、松脂岩和珍珠岩等。

下白垩统嫩江组(K_{1n}): 分布在工作区的东北部和西南部, 主要岩性为褐—绿色泥岩、含粉砂质泥岩、泥质页岩、砂质泥岩、泥岩夹砂岩互层、砂岩、砂砾岩等。

上更新统笔架山玄武岩组(βQ_3^1b): 分布在尾山周围, 于测区东南一带, 主要岩性为紫色气孔状玄武岩、辉杆歪长玄武岩、白石榴石玄武岩等, 构成了熔岩台地。

上更新统哈尔滨组(Q_3^2hr): 分布在尾山农场的南部, 主要岩性为黑色淤泥质亚粘土、黄褐色亚粘土, 局部亚粘土夹砂砾岩。

全新统老黑山玄武岩组(βQ_4^2l): 分布在测区西南部老黑山一带, 主要岩性为

火烧山碱性玄武岩、玻辉杆岩、玄武玻璃、浮岩、火山砾、火山弹集块岩等。

1.2 构造

该区位于小兴安岭西北隆起的南侧，以断裂构造为主，主要为 NE、NW 向两组。五大连池火山群大多展布在 NE、NW 两组构造的交汇处，与构造关系密切。

2 地球物理特征

该区位于“岛状冻土线南界”以北，4 月上旬，由于天寒地冻，地表融化深度为 10cm 左右，时而还下着小雪，地表亚粘土的电性特征发生了变化，电阻率 (ρ_s) 由原来的 $35 \Omega \cdot m \sim 55 \Omega \cdot m$ 变化到 $120 \Omega \cdot m \sim 300 \Omega \cdot m$ 。区内的各类岩石电阻率多数为低阻，大致规律如下：

冻土层 > 粗砂岩 > 砂岩 > 细砂岩 > 含砂质页岩 > 泥质页岩 > 泥岩。

3 试验结果

电法找水试验工作是在冻深 1.8m~2.2m、地表融化深度为 20cm 的哈尔滨组冻土层上进行的。

3.1 电阻率联合剖面法

选用 WJD—1 多功能数字直流激电仪为试验测量仪器，AO=150m，MN=20m，CO=800m。当 ΔV 大于 10mv 时，从仪器面板上直读的视电阻率值稳定，多次读数，整数部分不变。第四系哈尔滨组的视电阻率 ρ_s^A 、 ρ_s^B 值一般在 $10 \Omega \cdot m \sim 50 \Omega \cdot m$ 之间变化，与非冻土层上观测的经验数字相比，基本上一致。

3.2 半衰时垂向测深

半衰时垂向测深，其 $AB/2$ 为 2.5m~220m， $MN/2$ 为 0.5m~12m。把测深点布置在已知的第四系哈尔滨组地层上进行观测， $AB/2$ 为 2m~4m 时，受冻土层的影响最大，视电阻率最大，是原来的 5~8 倍；当 $AB/2$ 为 6m 时，视电阻率开始下降；当 $AB/2$ 为 9m 时，视电阻率下降很快，是经验值的 2~3 倍；当 $AB/2$ 为 15m 时。实测值略大于经验值，两值接近；当 $AB/2$ 大于 25m 时，视电阻率趋近经验值，冻土层影响较小。

在试验中，半衰时 t_h 、激化率 η_s 、衰减度 D 没发现有较大的变化，实测值接近经验值。

4 异常的推断解释

4.1 尾山农场第一亚麻厂异常的推断解释

尾山农场第一亚麻厂位于尾山农场场部东 5km 处。建厂工作已全面展开。生活用水和建厂初期用水急待解决。

厂区内出露的地层为下白垩统嫩江组(K_{1n})，主要岩性为泥岩、泥岩夹粉砂岩互层、粉砂页岩、砂岩等。

在厂部许可的范围内，布置长剖面进行联合剖面法测量，测量结果见图 1。

从图 1 可以看出， ρ_s^A 、 ρ_s^B 曲线在 $10 \Omega \cdot m \sim 40 \Omega \cdot m$ 之间变化，在 1.2.8 号点

发现电阻率“正交点”，交点处的视电阻率为 $16 \Omega \cdot m$ ，交点视电阻率值较低。根据异常特征推断，可能为破碎带引起。

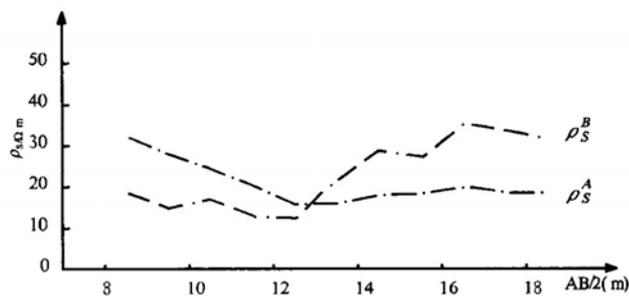


图 1 尾山农场第一亚麻厂联剖曲线图
Fig. 1 Graph of united section of the first flax factory in Weishan farm

为了进一步了解推断破碎带的含水性，在视电阻率“正交点”上布置半衰时垂向测深，仪器面板直读观测参数为半衰时 t_h 、极化率 η_s 、衰减度 D 、视电阻率 ρ_s ，测量结果见图 2。从图 2 可以看出，视电阻率测深曲线为 H 型，曲线的首支 $AB/2$ 为 $2.5m \sim 6m$ 时，视电阻值 ρ_s 值为 $190 \Omega \cdot m \sim 260 \Omega \cdot m$ ，明显受冻土层的影响，随着 $AB/2$ 极距的增大，冻土层的影响变小。当 $AB/2$ 为 $9m$ 时，视电阻率队曲线急剧下降； $AB/2$ 为 $15m$ 时，观测值与经验值相差很小；当 $AB/2$ 为 $40m$ 时，视电阻率达到极小值，为 $18 \Omega \cdot m$ ，推断为泥岩、泥岩夹粉砂岩的反映；当 $AB/2$ 为 $100m$ 时，视电阻率 ρ_s ，开始上升，为 $32 \Omega \cdot m$ ，推测为砂岩的反映。

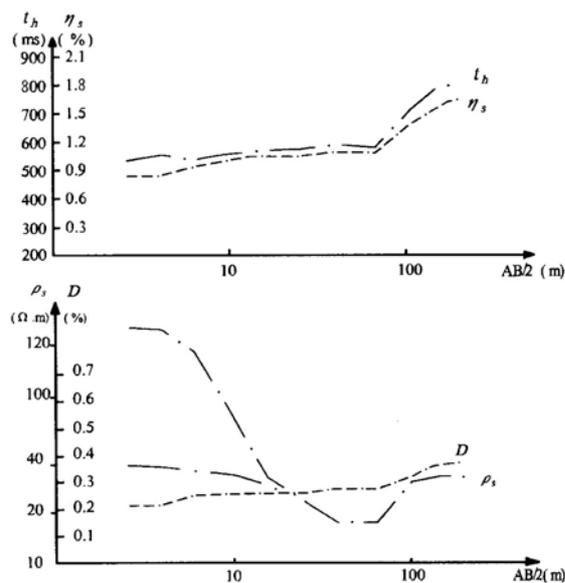


图 2 尾山农场第一亚麻厂测深曲线图
Fig. 2 Graph of polarize-sound of the first flax factory in Weishan farm

从图 2 还可以看出, 在半衰时测深曲线的首支和中部。当 $AB/2$ 为 $2.5\text{m}\sim 65\text{m}$ 时, 半衰时 t_h 曲线在 $500\text{ms}\sim 600\text{ms}$ 之间变化; 极化率 η_s 值在 $0.85\%\sim 1.0\%$ 之间变化; 衰减度 D 在 $0.2\%\sim 0.3\%$ 之间变化。三条曲线近水平, 主要反映含水参数 t_h 值低, 推断为泥岩、泥岩夹粉砂岩引起。该层含水量少, 没有发现明显的含水层。 $AB/2$ 为 100m 时, t_h 、 η_s 、 D 值同步上升。当 $AB/2$ 为 150m 时, 出现峰值, t_h 值为 820ms , η_s 值为 1.65% , D 值为 0.38% 。据此推测($AB/2=150\times 0.8=120\text{m}$)地下 $80\text{m}\sim 120\text{m}$ 有含水层位存在。

15 天后, 水井施工竣工, 实际进尺为 120m , 涌水量为 $18\text{t}/\text{h}$, 达到厂方 $8\text{t}/\text{h}\sim 10\text{t}/\text{h}$ 的要求, 解决了该厂的生活用水和建厂初期生产用水。

4.2 尾山农场第二亚麻厂异常的推断解释

尾山农场第二亚麻厂位于尾山农场场部南 2km 处。工作区内出露的地层为第四系哈尔滨组(Q_3^{hr}), 主要岩性为黑色淤泥质亚粘土、褐色亚粘土。下伏白垩系 (K_{1n})。

电阻率联合剖面测量结果见图 3, 在 20.5 号点发现视电阻率“正交点”, 交点处视电阻率 ρ_s 值为 $14\Omega\cdot\text{m}$, 而且交点两侧的低阻带较宽, 据异常特征分析, 推测该交点由破碎带引起, 且破碎带较宽。

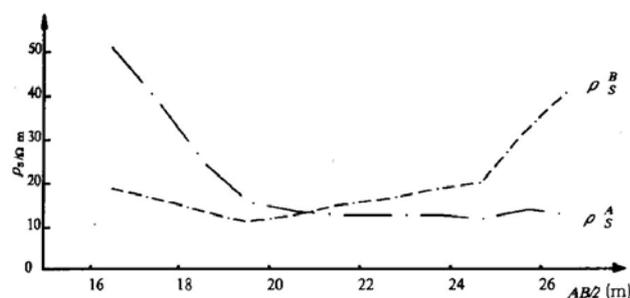


图 3 尾山农场第二亚麻厂联剖曲线图

Fig. 3 Graph of unite section of the second flax factory of Weishan farm

在 21 号点上布置半衰时垂向测深。测深成果见图 4, 从图中可以看出, 视电阻率测深曲线与第一亚麻厂的视电阻率测深曲线相比, 虽地质条件差不多, 由于时间晚了半个月, 冻土层冻的程度不一样。视电阻率曲线有所下降, 首支 ρ_s 为 $155\Omega\cdot\text{m}$, 当 $AB/2$ 为 9m 时, ρ_s 值为 $58\Omega\cdot\text{m}$, 当 $AB/2$ 为 15m 时, A 值为 $23\Omega\cdot\text{m}$, 曲线的中部为 $18\Omega\cdot\text{m}$, 推断为泥岩的反映, 曲线的尾支, 稍有上升, 推测为砂岩的反映。

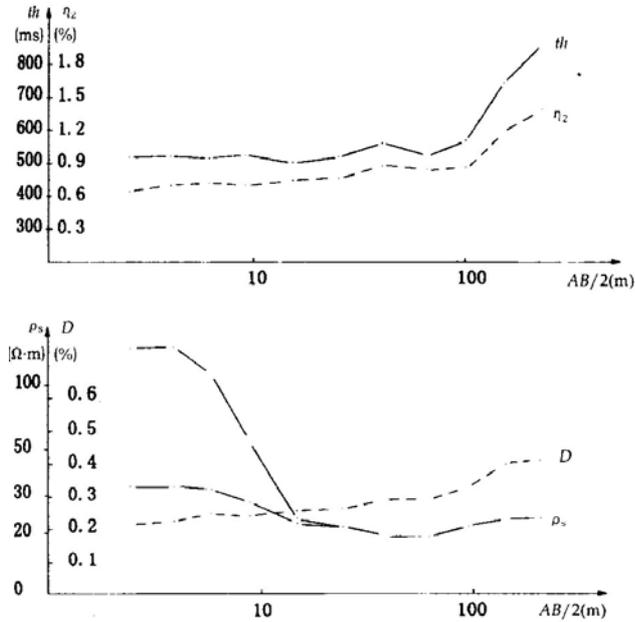


图4 尾山农场第二亚麻厂测深曲线图
Fig. 4 Graph of polarize—sound of the second flax factory in Weishan farm

半衰时 t_h 、 η_s 、 D 曲线在 $AB/2$ 为 $2.5m \sim 100m$ 范围内，变化很小，接近水平，没有异常反映；只有在 $AB/2$ 为 $40m$ 时， t_h 有小峰值，推断为黑色淤泥质亚粘土、泥岩夹少量粉砂岩互层所致；当 $AB/2$ 为 $100m$ ， t_h 、 η_s 、 D 曲线同步开始上升；当 $AB/2$ 为 $220m$ 时，出现极大值， t_h 值为 $860ms$ ， η_s 值为 1.35% ， D 值为 0.39% 。推断为砂岩破碎带引起， $85m$ 以上为弱含水层； $90m \sim 150m$ 为主要含水层。钻机施工时，进尺 $92m$ 以上没有发现主要含水层，岩性均为泥岩、页岩夹粉砂岩互层；当进尺到 $92m$ 时，井内突然漏水，发现第一层含水层；进尺到 $120m$ 时，发现第二层含水层。成井后抽水试验，涌水量大于 $20t/h$ 。

5 几点认识

(1) 在“岛状冻土层”上进行电阻率测深，由于冻土层的存在，使视电阻率值升高，其值是原来的 $5 \sim 8$ 倍，测深点处第四系亚粘土结构致密，视电阻率变化较大。亚粘土层结构松散，视电阻率变化相对较小。

(2) 通过实地试验，“岛状冻土层”的影响范围主要在 $AB/2$ 为 $2.5m \sim 9m$ 之间， $AB/2$ 为 $15m$ 时，影响减少。当 $AB/2$ 为 $25m$ 时，基本上没有影响。

(3) 了解“岛状冻土层”上视电阻率变化的规律，为在冻土层上进行测深推断解释时，做到胸中有“数”，把“干扰”部分用经验数值代替。电阻率测深找水研究的部位主要是 $50m$ 以下，对上部的“干扰”影响很小。

(4) 在野外生产中，发现“岛状冻土层”不象我们想像的一样，是硬硬的“铁板一块”，住地下打供电电极时发现，天气寒冷时，地表结冻，冻时收缩，就有许许多多松散的缝隙，供电电流可能是通过坚硬的冻土块之间的“松散缝隙”

流入地下。

(5) 传统的物探电法找水，视电阻率是主参数，也是唯一的参数。新技术、新仪器的使用，测量参数的增多，视电阻率参数作为主参数被半衰时 t_h 代替，而冻土层对 t_h 值影响很小，在冻土层上开展半衰时找水方法是可行的。