

# 综合电法在黄花国际机场后勤基地找水中的应用

杨 湘 生

(湖南省地质工程勘察院, 湖南 株洲 412003)

**摘要:**以湖南黄花国际机场找水工作为例,介绍了在长平红层盆地中,如何利用物探方法勘探地下水。使用联合剖面法推断了北东向及东西向断裂构造,并且北东向断裂构造错断了东西向断裂构造;通过 $\rho_v$ 变化率分析,推断出断裂构造的复合部位岩石破碎强烈,是地下水富集的理想地段;通过激发极化测深,推断了岩溶发育段的深度,并评价了富水性。在物探确定的异常点上,经钻探验证,涌水量达到2 000 m<sup>3</sup>/d以上。

**关键词:**电法勘探;水文物探;断裂构造;地下水

**中图分类号:** P631.3      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-8918(2009)04-0403-03

湖南黄花国际机场需要在后勤基地建出水量达1 500 m<sup>3</sup>/d的水井。该基地位于地下水贫乏的长(沙)平(江)红层盆地腹部,红层厚达几百米,方圆百公里范围内,出水量200 m<sup>3</sup>/d的水井极少,因此找到地下水充足的水源地难度较大。但通过水文地质调查及水文物探工作,在物探确定的孔位上,建成了日产水量2 000 m<sup>3</sup>以上的供水井和备用井各一口,不但圆满地解决了机场后勤基地的供水问题,而且对今后长平红层盆地找水建井具有指导价值。

## 1 水文地质条件

工作区地层岩性及含水性如下。

第四系冲积层:表层为耕植土,中部为含砾砂土,下部为砂、卵石层,厚约10 m,含水较丰富。

白垩系戴家坪组下段:巨厚层砾岩,夹砂、砾岩,砾石成分为石英、砂岩、板岩、白云质灰岩等,由钙泥质胶结,裂隙不发育,含弱孔隙裂隙水,下部为紫红色粉砂岩夹泥质岩,厚约150 m。

中上石炭系壶天群:灰白色、厚层状灰岩、白云质灰岩,工区地表没有出露。前人在机场后勤基地西南2.5 km外的永安镇施工的2个钻孔,分别在孔深250 m和300 m以下见到壶天群白云质灰岩,在基地东南3 km外施工的钻孔,在793 m以下见到壶天群白云质灰岩,但灰岩中岩溶都不发育。

工作区广为第四系覆盖,但区内NNE向压扭性断裂有所发育,延伸长度可达几十千米,NNW向张扭性断裂也有所发育,个别断裂在局部地段含裂隙水。

## 2 物探方法的选择

工作区内具有供水意义的含水岩组有2个:第四系砂砾石层、中上石炭系壶天群。虽然前人的钻探成果显示白垩系下的壶天群白云质灰岩中岩溶不甚发育,但受断裂构造控制,壶天群白云质灰岩中岩溶发育,有可能含较丰富的岩溶水。因此物探工作的主要目的是查明断裂构造,确定岩溶发育段的深度及评价岩溶发育段的富水性。

根据测井资料,紫红色粉砂岩的平均电阻率为50  $\Omega \cdot m$ ,灰岩的平均电阻率为2 500  $\Omega \cdot m$ ,含水裂隙、破碎带、溶洞的平均电阻率为350  $\Omega \cdot m$ ,由钙泥质胶结地层的电阻率值往往取决于钙泥质含量。由理论结合实际工作情况可知,在电性层分界面附近 $\rho_v$ 等值线较为密集;对应含水破碎段,激发极化测深 $\eta_v$ 曲线出现峰值异常,且 $\eta_v > 1\%$ ,而对应完整基岩, $\eta_v$ 曲线变化平缓,且 $\eta_v < 1\%$ 。由此可知该区开展综合电法具备了较为可靠的地球物理前提。

根据工作目的,选择使用联合剖面法、激发极化测深、自然电场法。物探工作分为3个阶段。第一阶段主要开展联合剖面法及自然电场法,确定隐伏断裂构造在平面上的分布特征及产状,装置为 $AO = OB = 170, 230 m, MN = \text{点距} = 20 m$ 。第二阶段主要开展激发极化测深,以确定岩溶发育段的埋深及评价富水性,以对称四极为主,最大极距600 m,采用等比装置, $MN/AB = 1/5$ 。第三阶段是确定孔位,主要根据平面图中的异常特征、断面图中的变化率、激发极化测深的极化率及水文地质条件来确定。

### 3 数据处理

$K_s$  由公式:  $K_s = d[\lg \rho_s] / d[\lg(AB/2)]$  求取。 $K_s$  变化率分析的内容主要是  $K_s$  断面图中等值线的异常特征。在电测深过程中,当供电电极距  $AB/2$  与岩溶段深度  $h$  满足  $h = K_s \times (AB/2)$  时,由于电测深曲线斜率变化大,  $K_s$  发生突变,变化率大。在断面图中,分析  $K_s$  变化率异常相当于对各点  $K_s$  变化率作一次相关分析,因此  $K_s$  变化率异常的连续性与规律性同岩溶发育不均匀性相关。

### 4 成果解释与验证

图1为工区测线布置及推断成果。图中可见,

16线、18线、31线、32线、34线联合剖面  $\rho_s^a$ 、 $\rho_s^b$  曲线出现正交点异常,正交点的连线方向为东西向,28线、30线联合剖面  $\rho_s^a$ 、 $\rho_s^b$  曲线也出现正交点异常,正交点的连线方向为北东向。由地质资料可知,在白垩系戴家坪组下段及中上石炭系壶天群地层中不存在构成低阻板状体的夹层,因此推断正交点异常为断裂构造的反映。因为断裂构造在平面上的展布方向为北东向及近东西向,而且北东向断裂构造错断了东西向断裂构造,依据大小极距联合剖面  $\rho_s^a$ 、 $\rho_s^b$  曲线正交点的位移,推断北东向断裂构造倾向东南,视倾角约为  $33^\circ$ ,近东西向断裂构造倾向南,视倾角约为  $42^\circ$ 。自然电场法  $\Delta V$  曲线在断裂构造地表投影带内形成明显的负值异常,因此又可推断北东向

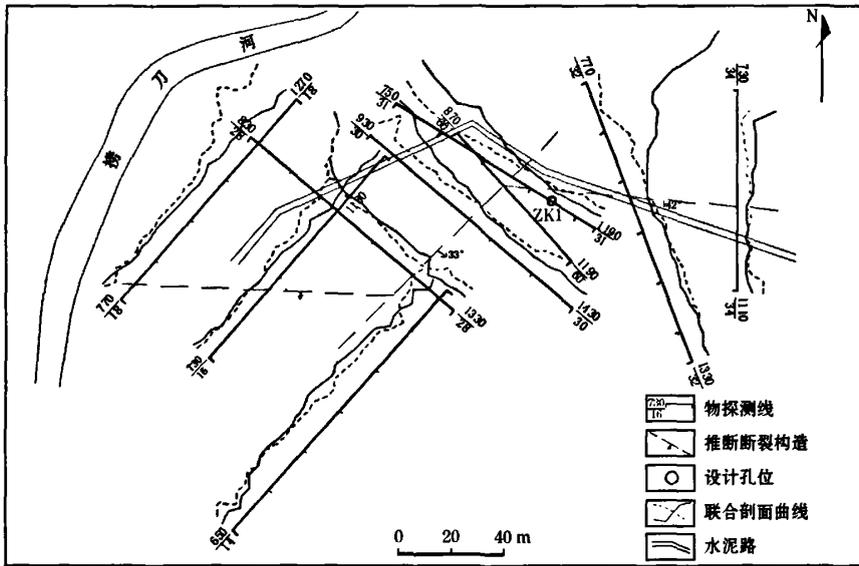


图1 黄花机场工区物探测线布置及推断成果平面

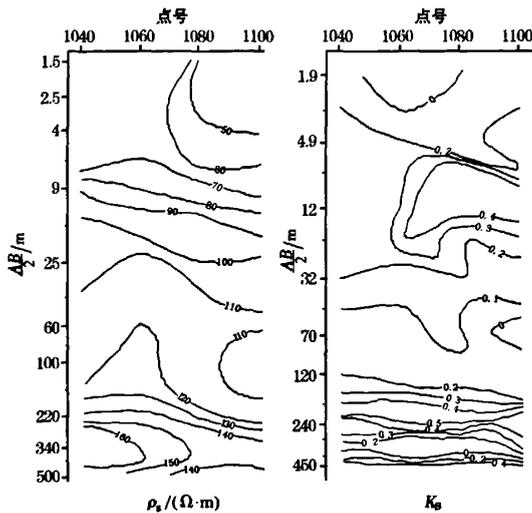


图2 31线电测深断面

及东西向断裂构造为张性断裂构造。由实地调查资料可知,北东向断裂构造多次穿越地表水溪及捞刀河,近东西向断裂构造在基地的西边也穿越捞刀河,补给水源充足。

由通过断裂复合处的31线电测深  $\rho_s$  及  $K_s$  断面图(图2)可以看出:  $AB/2$  在  $1.5 \sim 12$  m 时,  $\rho_s \leq 100 \Omega \cdot m$ ,且在  $AB/2 = 12$  m 附近处  $\rho_s$  等值线较为密集,推断为第四系冲积层粉质黏土的反映;  $AB/2$  在  $12 \sim 220$  m 时,  $\rho_s \leq 130 \Omega \cdot m$ ,且等值线稀疏,推断为白垩系戴家坪组下段砾岩及泥质粉砂岩的反映;  $AB/2 \geq 220$  m 时,  $\rho_s \geq 130 \Omega \cdot m$ ,且等值线密集,推断为中上石炭系壶天群灰岩反映;  $AB/2$  在  $270 \sim 340$  m 时,  $\rho_s$  等值线向右凸起,呈现出异常,同时,  $K_s$  断面图中在  $AB/2 = 300$  m 处的  $K_s$  为  $0 \sim 0.2$ ,等值线稀疏,也呈现出异常,推断为受断裂构造控制的岩

溶发育的反映。经解释,可进一步推断粉质黏土的埋深约为 11 m,砾岩及泥质粉砂岩的埋深约为 143 m,岩溶发育段的埋深约为 176 m。断裂构造带上的 1 090/31 号点及 1 040/32 号点激发极化测深曲线显示,在  $AB/2 \geq 220$  m 时,  $\rho_s$  曲线斜率较大,推断为灰岩的反映;  $AB/2$  为 270 ~ 340 m 时,  $\rho_s$  曲线斜率变小,同时  $\eta_s$  出现峰值异常,且  $\eta_s > 1\%$ ,推断此处受断裂构造的控制,岩溶发育而且富水。而在无断裂构造通过的地段——820/32 点,  $\eta_s$  曲线变化平缓,

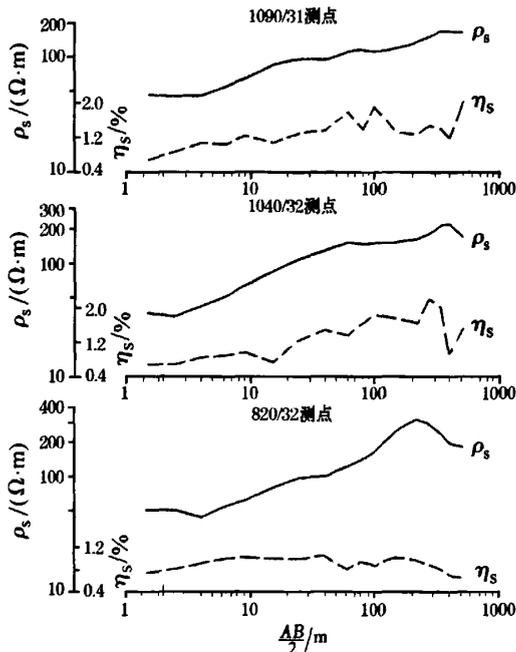


图3 无断裂构造地段的电测深曲线

且  $\eta_s < 1\%$ , 为无地下水富集的反映(图3)。

经钻孔验证:在 1090/31 点,0 ~ 11.63 m 为第四系冲积层粉质黏土;11.63 ~ 146.32 m 为白垩系戴家坪组下段砾岩及泥质粉砂岩;146.32 m 以下为石炭系壶天群灰岩,断层破碎带厚达 73 m,灰岩中裂隙发育,含丰富的岩溶水;180.53 ~ 181.08 m 为无充填的含水溶洞,水量丰富,经抽水试验,涌水量为 2 000 m<sup>3</sup>/d,水质类型为 HCO<sub>3</sub>-Ca 型低矿化淡水,采样分析的各项指标均符合“生活饮用水标准”。

## 5 结论

(1)物探找水时首先要根据水文地质条件确定含水层,再根据含水层的埋深及与围岩的物性差异选择物探方法及确定装置系数。本次物探工作用联合剖面法查明断裂构造,用激发极化电测深法查明岩溶段的埋深并评价其富水性,效果较为明显。

(2)成果解释时要充分结合地质条件进行分析。本次物探工作结合地质条件,综合分析平面、断面、测深曲线异常特征,推断了北东向及东西向断裂构造及含水岩溶段的埋深,在断裂构造的复合部位确定孔位,经钻孔验证,涌水量为 2 000 m<sup>3</sup>/d。

## 参考文献:

- [1] 傅良魁. 电法勘探教程[M]. 北京:地质出版社,1990.
- [2] 杨湘生. 湖南省黄花机场后勤基地水文物探报告[R]. 株洲:湖南省地质工程勘察院,2001.
- [3] 刘得福,吕旭红,任多魁. 综合电法在祁连山山前缺水寻找地下水的应用[J]. 物探与化探,2006,30(1).

## THE APPLICATION OF THE INTEGRATED ELECTRIC METHOD TO WATER PROSPECTING IN THE LOGISTICS BASE OF THE HUANGHUA INTERNATIONAL AIRPORT

YANG Xiang-sheng

(Hunan Academy of Geological Engineering Exploration, Zhuzhou 412003, China)

**Abstract:** With the combined profile method, the author inferred the existence of NE-trending and WE-trending fault structures in the logistics base of the Huanghua International Airport, with the former fault structure displacing the latter one. An analysis of  $\rho_s$  variability suggests that there exists strong shattering at the compounding place of the fault structures, which is thus the ideal position for underground water accumulation. IP sounding revealed the depth of the karst segment and the water accumulation degree. Drilling test at the anomaly point determined by geophysical exploration shows that the outflow of water has reached over 2 000 m<sup>3</sup>/d.

**Key words:** electric exploration; fault structure; underground water; geophysical water prospecting

作者简介: 杨湘生,男,高级工程师,现任湖南省地质工程勘察院物探处主任工程师。