

doi: 10.11720/wtyht.2018.1544

张振杰,胡潇,谢慧.直流电测深法优化组合在河西走廊山前戈壁区的找水效果[J].物探与化探,2018,42(6):1186-1193.http://doi.org/10.11720/wtyht.2018.1544

Zhang Z J, Hu X, Xie H. The effect of the application of optimal combination of direct electric sounding method to water exploration in pediment gobi area of the Hexi Corridor[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2018, 42(6): 1186-1193. http://doi.org/10.11720/wtyht.2018.1544

直流电测深法优化组合在河西走廊 山前戈壁区的找水效果

张振杰¹, 胡潇², 谢慧¹

(1. 甘肃省地矿局水文地质工程地质勘察院, 甘肃 张掖 734000; 2. 甘肃省地质调查院, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 不同水文地质条件下地下水的分布规律对各种物探勘查方法可能存在不同的地球物理响应。经对水文物探方法的试验研究, 在山前戈壁不均匀含水区寻找可采第四系地下水, 采用井旁测深试验、垂向电阻率测深扫面、激电测深详查和水文电测井等方法的直流电测深法优化组合勘查, 取得了找水效果新的突破。研究结果表明: 电阻率测深参数视电阻率(ρ_s)、激电测深参数极化率(η_s)、衰减时(S_t)、综合参数(Z)等的变化, 与地层岩性结构、地下水矿化度高低及含水地质构造的分布相关; 激电测深参数与地下水富水程度关系更为密切。

关键词: 电阻率测深; 激电测深; 组合勘查; 找水效果; 山前地区; 地下水

中图分类号: P631 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2018)06-1186-08

0 引言

甘肃省山丹县循环经济产业园区地处河西走廊大黄山北缘山前倾斜平原, 属于旱戈壁荒漠地带, 在倾斜平原区南北两侧地下隐伏断层分布广泛, 地质构造较为复杂, 物探勘查寻找可采地下水难度较大。众所周知, 对于水文地质条件相对简单的区域, 采用传统垂向测深法基本可查明第四系厚度、地层岩性结构、基底起伏形态、隐伏断裂展布方向及地下水水位埋深, 解决有关水文地质问题^[1]。但在地质构造较为复杂的不均匀区, 单一传统的水文物探勘查方法因受多种影响因素的制约, 在查明区内地下水分布规律方面存在一定的局限性。为在构造复杂的不均匀含水区找到可开采地下水资源, 笔者选用井旁测深试验、电阻率测深扫面、激电测深详查和验证孔水文电测井, 作为直流电测深优化组合方法进行勘查, 优势互补, 相互验证, 获取了不同含水介质中地下水的分布规律, 成功地在山丹县花草滩循环经济

产业园区西南 6 km² 范围内的贫水区找到了水质优良、水量丰富的地下水资源, 满足了园区日供水量 7 000 m³ 的需求。

1 工区概况

1.1 水文地质概况

工业园区地处封闭型花草滩盆地(图 1), 地下水接受周围少量洪水的补给及基岩裂隙水的侧向补给, 主要在深部运移。经勘查, 该盆地第四系松散层厚度薄, 基本不含水。由此, 勘查找水重点放在南部的丰城堡盆地。

丰城堡盆地属断陷盆地, 地貌上为向北倾斜的洪积平原。山前隐伏断裂对地下水的形成、聚集和运移起控制作用, 第四系松散堆积物广泛分布于盆地, 是地下水的赋存场所。盆地北部及山体之间的隐伏隆起带起到了一定程度的阻水作用, 加之第四系下伏基底为新近系隔水层, 因此该区域具备第四系承压水条件。

收稿日期: 2017-12-05; 修回日期: 2018-06-25

作者简介: 张振杰(1986-), 男, 工程师, 2009年毕业于中国海洋大学地球信息科学与技术专业, 学士学位, 长期从事地球物理勘查工作。

Email: 515075208@qq.com

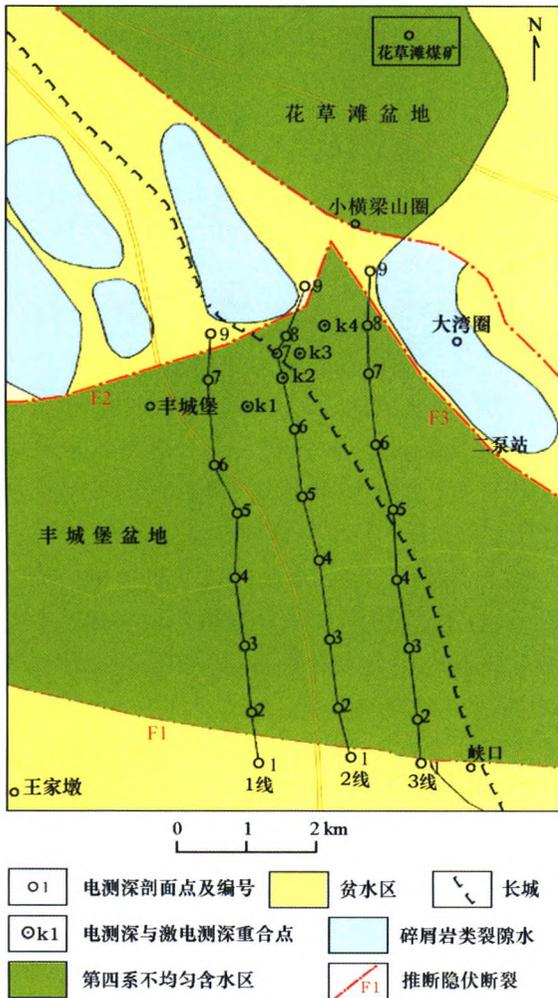


图1 工作区区域水文地质略图

1.2 区域构造

受祁吕贺兰山字弧构造体系影响,区内的构造运动错综复杂。加里东期强烈的构造运动使大黄山褶皱发育,甘泉南向斜、大黄山背斜的发育为地下水储存提供了条件,下、中更新世的新构造运动使区内断裂发育,勘查区及外围多为隐伏断裂。大黄山北麓的逆断层,使山地不断上升,盆地逐渐下降,加剧了新构造的升降运动。高角度的逆断层不仅阻

断了山区径流补给盆地的途径,而且影响盆地地下水的形成和运移。丰城堡盆地北部的隐伏断裂,造成地下水流向由南至北转向西,同时抬高了地下水位埋深。

2 地球物理特征及井旁综合电法实验

2.1 地球物理特征

丰城堡盆地发育地层浅部为第四系,深部为新近系,新近系地层构成第四系下伏基底。方法试验表明,不同时代地层岩性的电阻率与极化率有一定的变化范围。第四系岩性主要为亚砂土、中粗砂、砂砾石、砂砾卵石,电阻率值一般在 20~800 Ω·m 之间变化,为高阻电性标志层(目的层);新近系地层岩性主要为泥岩、砂岩,电阻率变化范围在 10~40 Ω·m,为低阻电性标志层。含水层极化率大于 1%,非含水区一般小于 0.6%。由此可见,目的层与下伏基底不论电阻率还是极化率均存在电性差异,具备了较好的地球物理勘查找水条件。不同时代地层岩性对应的电性参数值见表 1。

表1 测区地层岩性及其物性统计

地层	岩性	$\rho_s / (\Omega \cdot m)$	$\eta_s / \%$
Q	表层亚砂土、亚黏土	20~190	0.3~0.5
	含泥砂砾卵石(干燥)	300~800	0.5~0.7
	含泥砂砾卵石(含水)	120~360	1.4~1.8
	泥质砂砾石(干燥)	200~400	0.4~0.6
	泥质砂砾石、砂(含水)	80~220	1.2~1.6
N	泥岩	10~25	0.3~0.5
	砂岩	20~45	0.4~0.6

2.2 井旁综合电法实验结果

为获取不同单井涌水量供水井井旁的物性参数,选择合适的物探方法及其工作参数,在满足相同成井深度的条件下,选取勘查区及其外围单井涌水量分别为 30 m³/h、70 m³/h 的供水井开展了综合电法井旁实验,测量结果见图 2。

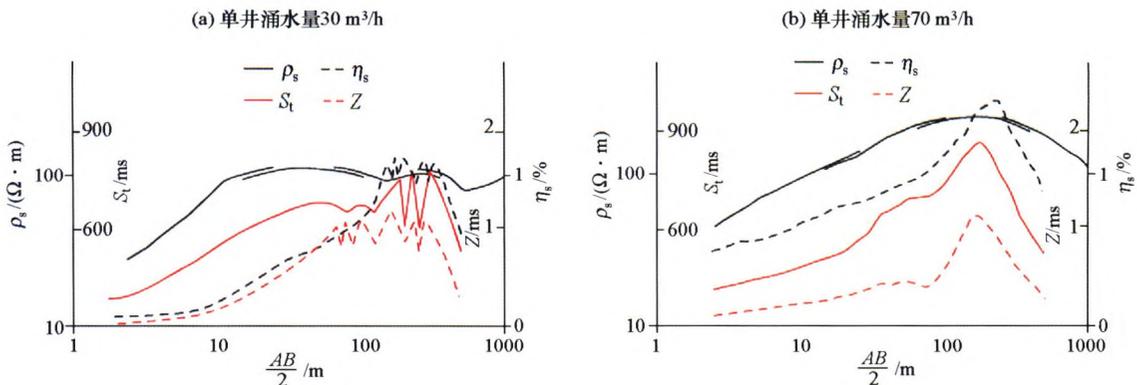


图2 不同单井涌水量供水井井旁综合电法试验曲线

实验结果表明,深部含水层段的激电异常幅值(极化率 $\eta_s > 1\%$,综合参数 $Z > 0.6$,衰减时 $S_t > 750$ ms)明显高于浅部干燥层的背景值(极化率 $\eta_s = 0.3\%$,综合参数 $Z = 0.15$,衰减时 $S_t < 600$ ms);就涌水量而言,单井涌水量小于 $30 \text{ m}^3/\text{h}$ 时,视电阻率曲线呈KQH型,极化率 η_s 、综合参数 Z 、衰减时 S_t 异常幅度相对较低,且激电曲线异常宽度较窄并伴有锯齿状波动现象,表明含水层厚度薄,地层岩性颗粒细,泥质含量高,赋水性弱,同时含水层中夹有厚度不等的黏土层,呈互层状结构,见图2a。当单井涌水量大于 $70 \text{ m}^3/\text{h}$ 时,视电阻率曲线呈KQ型,极化率 η_s 、综合参数 Z 、衰减时 S_t 异常幅度相对较高,且激电曲线异常部位较宽,呈完整的单峰形,见图2b,表明含水层厚度较大,地层颗粒粗,赋水性好。

应用马来西亚 res1d 软件,采用阻尼最小二乘法对井旁电测深曲线开展一维反演,其反演结果(图3)显示, $\rho_1 = 45 \Omega \cdot \text{m}$, $h_1 = 10 \text{ m}$, $\rho_2 = 280 \Omega \cdot \text{m}$, $h_2 = 75 \text{ m}$, $\rho_3 = 110 \Omega \cdot \text{m}$, $h_3 = 185 \text{ m}$, $\rho_4 = 80 \Omega \cdot \text{m}$ 。由已知钻孔资料可知,该供水孔水位埋深 88 m ,与第三电性层顶板埋深相吻合,在电测深曲线上对应极距 $AB/2 = 260 \text{ m}$ 。经数值统计分析,含水层对应电测深曲线Q部位,电阻率值 $100 \sim 240 \Omega \cdot \text{m}$,为中低阻异常特征,地下水水位埋深为电性异常段对应供电极距 $AB/2$ 的 $1/3$,也即 $h \approx 1/3(AB/2)$,此近似公式可指导实测曲线的推断。

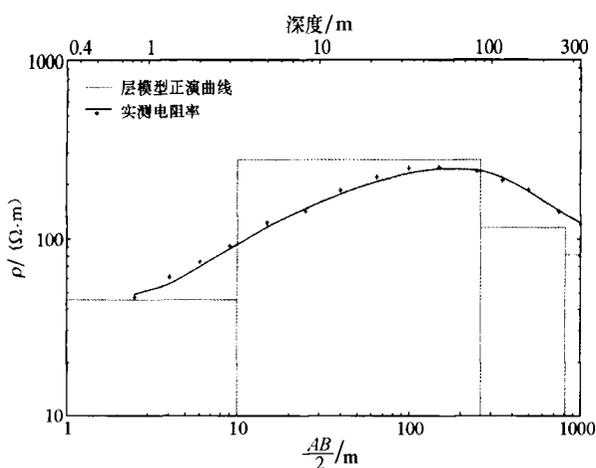


图3 单井涌水量 $70 \text{ m}^3/\text{h}$ 井旁电测深反演结果

3 工作方法及工程布置

3.1 测深法

电阻率测深法属于直流电法,它通过改变供电电极距的大小来控制勘探深度,从而了解测点下沿垂直方向由浅到深地层电阻率的变化情况。

直流激电测深法源于时域激发极化法。在水文

物探的资料整理和分析过程中,主要利用了以下几种激电参数。

视电阻率(ρ_s)与视极化率(η_s)通常用来确定储水构造的发育情况^[2],野外实测资料表明,一般含水地层或含水的破碎岩体上有较高的 η_s 异常反映,通常比地下非含水段的 η_s 值高出 $1 \sim 3$ 倍。

衰减时(S_t)用来衡量二次场衰减的速度,衰减时与岩石的粒度、温度和溶液的浓度等因素有关,对含水地质体的反映较灵敏,是与地下水关系密切的主要参数。实验表明, S_t 与含水量正相关(反映静水量),在视电阻率异常区段,结合相应的衰减时 S_t 高值特征,能够比较准确定位含水层深度及富水性^[2-3]。

综合参数(Z)是一个反映二次场放电情况的综合参数,放电过程中,二次场衰减到最大值的一半时衰减曲线和表示衰减时间的横坐标轴之间所夹的面积,也就是二次场放电到 $t_2 = S_t$ 时的放电量大^[3],其近似公式为 $Z \approx 0.75\eta_s \cdot S_t$ 。在含水地段, Z 具有对有效异常幅度进行放大的作用。

3.2 反演方法

因本次勘查电阻率测深点点距较大,不适合运用二维反演,故采用一维电算反演与正演。在实际电测深一维反演算法中,应用较多的是阻尼最小二乘法。该方法结合了最速下降法和最小二乘法两者的优点^[4],其方程为: $(A + \lambda I) \Delta P = g$ ($\lambda > 0$),其中 λ 是一个正常数,称之为阻尼系数, I 是单位矩阵, g 为 N 维向量, ΔP 为参数值该变量。应用阻尼最小二乘法算法的关键在于选择合适的阻尼系数 λ 。由井旁实验分析,本次勘查工作电阻率测深曲线反演初始阻尼系数选取 0.15 ,最小阻尼系数取 0.03 ,迭代次数 8 次。

3.3 工作布置

结合区域水文地质条件,考虑地形、地貌及含水构造特征,鉴于电阻率测深和激电测深的工作效率与分辨率,选择使用前者普查、后者详查。在丰城堡盆地山前倾斜平原区布设电阻率测深剖面 3 条(见图1),剖面方向基本垂直构造走向,线距 1000 m ,点距 1000 m ,测深点 30 个,最大 $AB/2 = 1000 \text{ m}$, $MN/2$ 取 $0.5、5、20、70 \text{ m}$,工作仪器采用WDJD数字直流激电仪。在电阻率测深扫面取得初步勘查成果的基础上,有针对性地在电阻率异常区布设激电测深点 4 个,进一步提高找水定井的成功率,其中最大 $AB/2 = 500 \text{ m}$, $MN/2 = 1/5(AB/2)$,供电周期 8 s ,工作仪器与电阻率测深仪器相同。

4 成果分析

4.1 垂向电测深推断结果

在完成垂向电阻率测深扫面后,首先对电阻率测深资料进行了初步的整理与分析,充分掌握了电测深曲线与地质断面的一般变化规律,定性研究了勘查区内隐伏断裂展布、第四系地层岩性结构和不同深度电性层的特征。从获取的电阻率测深资料分析,同一水文地质单元电测深曲线类型基本相似,不同水文地质单元在构造边界两侧电测深曲线类型会发生明显变化,反映在断裂构造上表现为断层两侧

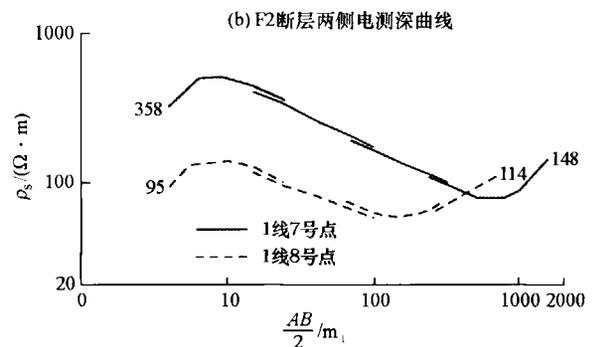
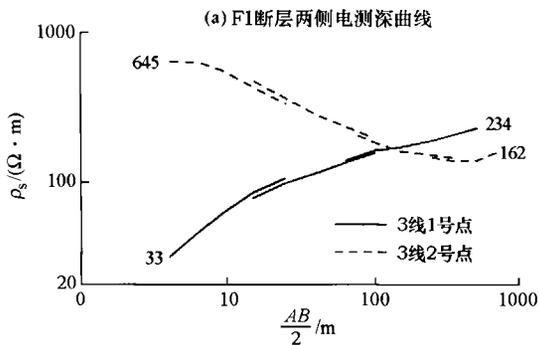


图4 F1、F2断层两侧电测深曲线

4.2 激电测深成果解释

在控制南北两侧断层、查明勘查区第四系厚度变化规律的基础上,对激电测深反映的异常区定性分析、定量解释出单个物理点第四系厚度、地层岩性、水位埋深、赋水性及含水层厚度,同时利用涌水量 $30 \text{ m}^3/\text{h}$ 、 $70 \text{ m}^3/\text{h}$ 井旁综合电法试验已知成果对比分析,选择具有代表性的明长城西侧 k2 号点与长城东侧 k3 号点电测深曲线与激电测深曲线(图5)综合研究进行分析。

k2号点的激电测深视电阻率曲线类型为KQH,根据一维电算反演结果,其地电特征为:第一电性层电阻率值 $40 \Omega \cdot \text{m}$ 左右,与表层亚砂土、粉细砂相对应,厚度小于 10 m ;第二电性层电阻率值约 $180 \Omega \cdot \text{m}$,地层岩性为干燥含泥砂砾卵石,厚度约 63 m ;第三电性层电阻率值 $100 \Omega \cdot \text{m}$,由含水泥质砂砾石、砂夹黏土组成,厚度约 160 m ;第四电性层电阻率值小于 $60 \Omega \cdot \text{m}$,与新近系砂质泥岩对应,构成第四系下伏基底,厚度约 20 m ;第五电性层电阻率值大于 $80 \Omega \cdot \text{m}$,为新近系砂岩、砂砾岩高阻基底。推断第四系厚度约 230 m ,地下水水位埋深约 72 m ,H型部位极小点电阻率值较高,其原因是新近系地层受上下围岩高阻屏蔽影响。根据激电测深曲线分

析,在 $AB/2 = 100 \text{ m}$ 处, $\eta_s > 1\%$, $Z > 0.6$, $S_1 > 750 \text{ ms}$,该供电极距所反映深度内出现与含水层段相关的激电异常,经换算,推断地下水水位埋深 70 m 左右,与电阻率测深法推断水位埋深相吻合。 S_1 曲线出现3层异常,异常中间部位存在低值波动现象,表明含水层中夹有黏土隔水层,经换算,第一层异常出现在 $70 \sim 90 \text{ m}$,第二层异常 $100 \sim 130 \text{ m}$,第三层异常 $220 \sim 240 \text{ m}$,推断该地段存在三层含水层,并根据 S_1 曲线和 Z 曲线在此段内与 $AB/2$ 轴所夹面积求得含水因素 $M_s^{[5]}$,通过公式 $Q = b(M_s - M_0)$ 推算涌水量 $Q = 73 \text{ m}^3/\text{h}$ (b 为回归系数,由已知钻孔经数理统计方法求得; M_0 为无水地段因素的背景值)。值得注意的是, η_s 和 S_1 异常的高值区与电测深曲线的Q型部位基本吻合,验证了以往总结的“电测深KQ型曲线的Q型部位对应含水电性层”这一结论的正确性^[6]。

依据电测深勘查成果,结合区域水文地质条件,在水文地质调查的基础上,初步推断勘查区北端靠近断层位置第四系厚度 $240 \sim 290 \text{ m}$,地下水水位埋深 $50 \sim 70 \text{ m}$,为相对富水靶区,在此靶区开展激电测深工作,布设 k1~k4 四个激电测深点(见图1)。

电测深曲线类型完全不同。图4可见,F1断层两侧电测深曲线类型为KQH型与A型,F2断层两侧曲线类型为KQH型与KH型;F3的电测深曲线类型与F2相似,故未给出。依据电测深曲线类型图推断勘查区存在3个隐伏断层:F1位于勘查区南部,呈EW向展布,F2与F3位于勘查区北部,走向分别为NE、NW(见图1)。

依据电测深勘查成果,结合区域水文地质条件,在水文地质调查的基础上,初步推断勘查区北端靠近断层位置第四系厚度 $240 \sim 290 \text{ m}$,地下水水位埋深 $50 \sim 70 \text{ m}$,为相对富水靶区,在此靶区开展激电测深工作,布设 k1~k4 四个激电测深点(见图1)。

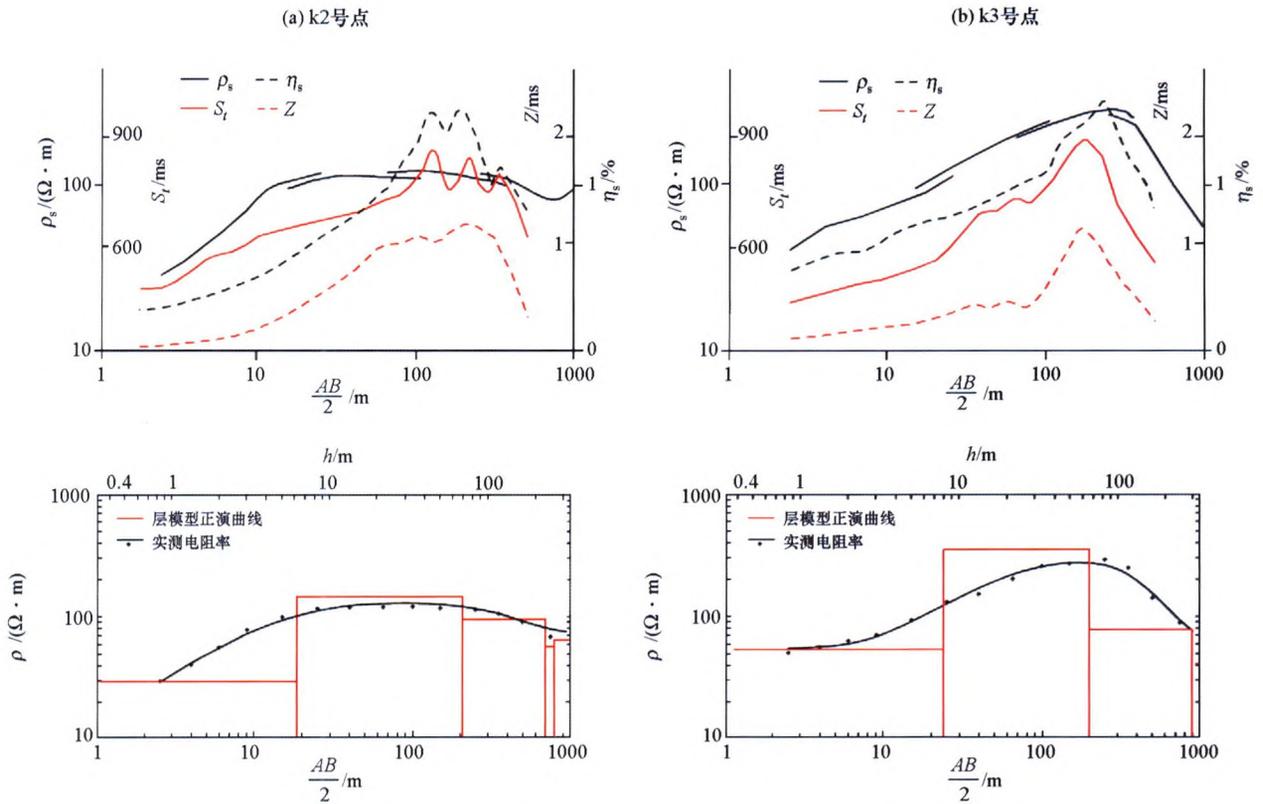


图5 k2、k3号点多参数曲线(上)及电测深曲线反演结果(下)

率值 $40 \Omega \cdot m$, 推断为新近系砂质泥岩, 构成第四系下伏基底。该测点第四系厚度约 290 m, 推断地下水水位埋深 63 m 左右。Q 型部位视电阻率值降幅快, 其因是含水层段内黏土层厚度较大、泥质含量较高影响所致。由激电测深曲线分析, 在 $AB/2 = 90 m$ 处, $\eta_s > 1\%$, $Z > 0.6$, $S_1 > 750 ms$, 该供电极距所反映深度内出现与含水层段相关的激电异常, 换算推断地下水水位埋深 60 m 左右, 与电阻率测深法推断水位埋深相吻合, 激电异常的形态在深部单一丰满, 推断该地段地层颗粒粗, 透水性好, 赋水性强, 推算涌水量 $Q = 88 m^3/h$ 。

4.3 断面成果图分析

在视电阻率 ρ_s 等值线拟断面(图 6)中, 视电阻率值整体呈现出低—高—低的变化趋势, 在中深部形成 $90 \sim 250 \Omega \cdot m$ 的等值线半封闭圈, 推断与泥质砂砾卵石相对应, 深部视电阻率小于 $80 \Omega \cdot m$, 等值线平缓展布, 推断地层岩性由黏土构成。视极化率 η_s (图 6b)与衰减时 S_1 断面(图 6c)中, $k1 \sim k4$ 号点在 $AB/2 = 100 \sim 300 m$ 地段值分别为 $S_1 > 750 ms$, $\eta_s > 1.0\%$, 推断此深度地段存在富水层, 经推算, $k1 \sim k4$ 号点地下水水位埋深 $60 \sim 70 m$ 。其中, $k1、k2$ 号点在 $AB/2 = 150 m$ 处 S_1 与 η_s 等值线呈低值半封闭圈展布, 推断在深度 100 m 左右含水层中夹有黏土层; $AB/2 = 320 m$ 处, S_1 与 η_s 等值线呈高值半封闭圈分

布, 推断深部大厚度黏土层中夹有泥质砂砾卵石含水层, 深度约 220 m, 由此可知, $k1、k2$ 号点地下水具有承压水特征。同理推断, $k3、k4$ 号点地下水具有潜水分布特征。

由上述分析可知, 电测深 ρ_s 值对高阻层即泥质砂砾卵石层反映较明显, 对于深部含水层中所夹黏土层的分辨能力不够, 而衰减时 S_1 却能明显出反映泥质砂砾卵石层与黏土层的垂向分布特征。

4.4 水文测井及抽水试验结果

依据电测深及激电测深推断成果, 在 $k1 \sim k4$ 号点布设钻孔 4 眼, 钻探施工结束后, 均进行了水文测井工作。其中, 长城以西的 $k1、k2$ 钻孔测井曲线形态基本相一致, 长城以东的 $k3、k4$ 钻孔测井曲线形态与 $k1、k2$ 略有不同。由 4 个供水孔测井曲线对比(图 7)分析: $k1、k2$ 在 70 m 以上地层岩性为含泥砂砾卵石夹薄层黏土, 曲线波浪起伏, 变幅较大, 干燥不含水; 中部由含水泥质砂砾卵石、砂砾石及砂组成, 厚度小于 150 m; 下部为大厚度黏土层夹薄层砂砾石, 具有承压水特征, 水位埋深 70 m, 与综合电法推断基本一致。

$k3、k4$ 井在浅部砂砾卵石层厚度变薄, 深度小于 55 m, 其岩性结构与 $k1、k2$ 相同, 干燥不含水; 中部含水层岩性基本为单一结构的砂砾卵石, 含水层厚度大, 富水性好, 深度下延至 220 m 左右; 深部地

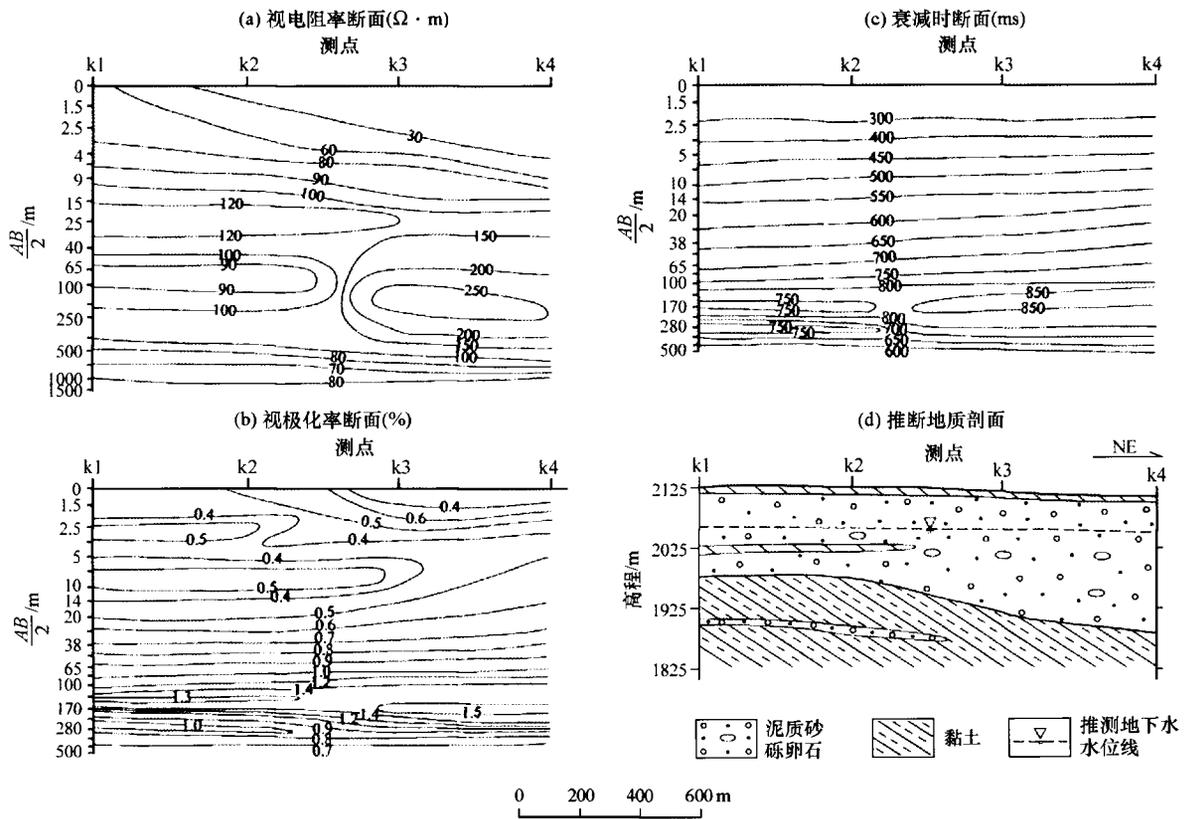


图6 工作区综合电法推断成果

层均为大厚度黏土,含水透镜体缺失,呈潜水分布特征,水位埋深 60 m,与综合电法推断基本一致。由此可见,长城以西地段为潜水—承压水,而长城以东演变为潜水分布特征,测井结果进一步证实了综合电法勘查推断成果的准确度。

单孔成井后均进行了抽水试验,结果(表 2)表明,4 眼井单井涌水量在 80~90 m³/h,激电测深推断涌水量基本准确。此次工作找到了水量丰富、水质优良的地下水,取得了较好的找水效果,满足了工业园区 7 000 m³/d 的用水需求,为山丹县经济转型跨越及可持续发展奠定了基础。

表 2 测区供水井抽水试验基本数据

孔号	孔深 /m	孔径 /m	水位埋深 /m	含水层厚度/m	降深 /m	涌水量 /(m ³ /d)
k1	297	0.5	60.15	83.75	23.60	1752
k2	280	0.5	71.47	105.54	4.13	1920
k3	280	0.5	64.05	102.00	3.11	1971
k4	280	0.5	57.00	136.25	1.13	1984

需要注意的是,不是在任何地质条件下利用激发极化法都能解决有关地下水的问题。在推广综合电法勘查应用的过程中发现,在地层岩性结构单一、地下水水位埋藏较深的地区,激电曲线多呈简单的上升形态,对地下水的埋藏分布规律或地下水含水与否显示微弱。例如,在永昌马家坪与民乐总寨水

厂的地下水勘查中激电曲线显示不明显,在采用激发极化法开展地下水勘查工作中要引以为戒。

5 结语

通过电阻率测深与激电测深法优化组合勘查,在河西走廊山前地带不均匀含水区找水的实践,总结了几点认识。

1) 不同水文地质条件下的地下水对各种物探勘查方法存在不同的地球物理响应。电测深法 ρ_s 参数、激电测深法 η_s 、 S_t 、 Z 参数的变化,均与地下水或含水地质构造的分布有关,相比较而言,激电参数与地下水关系最为密切, η_s 、 S_t 、 Z 在大部分赋水地段上均有高值异常反映,其中赋水地段的 η_s 值在多数情况下大于 1%,是无水段的 1~3 倍。

2) 通过山丹丰城堡盆地构造复杂区利用综合直流电法勘查寻找第四系地下水的试验研究工作发现,垂向电测深对中间相对高阻层的分辨能力较强,激电测深法反映含水地质体的垂向分布特征明显,有利于确定含水体的埋深及赋水性。

3) 激发极化法在地下水埋藏较浅的互层状岩性结构的地区勘查效果较好,能够较准确地推断地下水埋藏深度及推算涌水量,而在地层岩性结构单

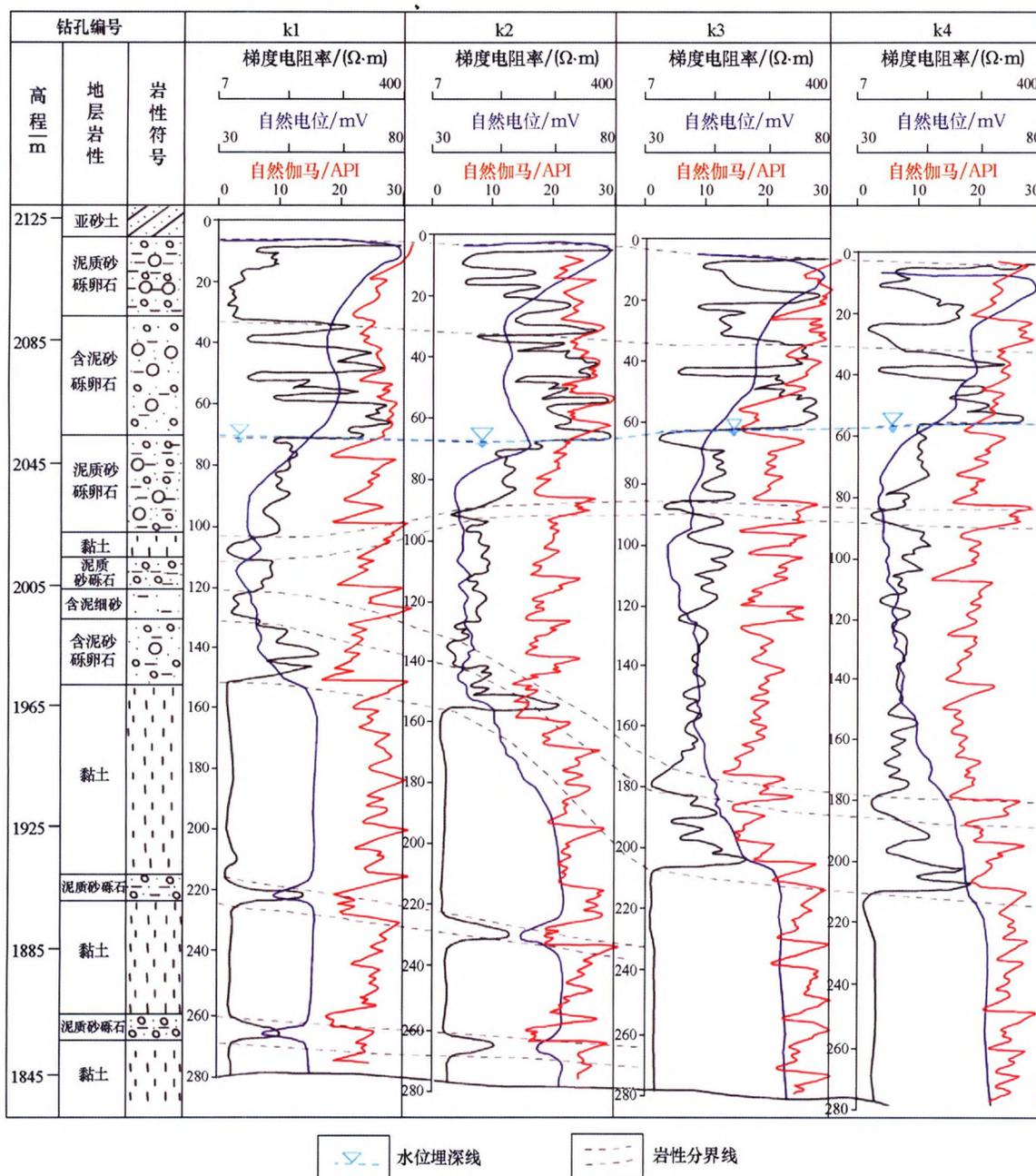


图7 k1~k4供水井水文测井曲线对比

一、地下水水位埋藏较深的地区,激电曲线多呈简单的上升形态,对地下水的埋藏分布规律或地下水存在与否显示微弱。

参考文献:

[1] 姬广柱,周强,侯国强.综合多种物探方法在贫水山区找水的实践[J].地下水,2001,23(4):208-210.

[2] 许艳,王洪杰,殷继广,等.激电测深半衰时参数在东平山丘地区找水中的应用[J].物探与化探,2014,38(4):684-687.

[3] 李金铭.激电找水[M].北京:地质出版社,1996.

[4] 张皓,刘建松,黄金辉,等.最优化阻尼最小二乘法重力二维反演方法及其应用[J].中国西部科技,2011,10(31):34-36.

[5] 地质科学研究所地球物理探矿研究所编.激发极化法文集[M].北京:地质出版社,1983.

[6] 刘得福,吕旭红,任多魁.综合电法在祁连山山前缺水地区寻找地下水的应[J].物探与化探,2006,30(1):41-44.

[7] 陈贻祥,甘伏平,韦吉益,等.泰安地区岩溶富水构造激电测深法异常类型[J].物探与化探,2013,37(3):427-432.

[8] 吴天成,江宜生.山区找水的“相对衰减时法”探讨[J].物探与化探,1987,11(6):435-442.

[9] 王亮.直流电测深法在寻找地下岩溶水中的应[J].物探与化探,1995,19(2):153-160.

[10] 徐小连,刘金涛.直流电测深资料的纵向电导微分解释法[J].物探化探计算技术,2017,39(4):439-445.

[11] 苏朱刘,胡文宝,严良俊.电阻率和极化率测深法的正演修正法反演[J].石油物探,2005,44(2):194-198.

[12] 阮百尧,葛为中.奇异值分解法与阻尼最小二乘法的对比[J].物探化探计算技术,1997,19(1):46-49.

The effect of the application of optimal combination of direct electric sounding method to water exploration in pediment gobi area of the Hexi Corridor

ZHANG Zhen-Jie¹, HU Xiao², XIE Hui¹

(1. Institute of Hydrogeology and Engineering Geology Prospecting, Gansu Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Zhangye 734000, China; 2. Gansu Provincial Geological Survey Institute, Lanzhou 730000, China)

Abstract: The distribution of groundwater under different hydrogeological conditions has different geophysical responses to various geophysical prospecting methods. Based on the experimental study of geophysical methods, the authors searched for the Quaternary groundwater in the non-uniform water area of the piedmont gobi, used such combinational means as sounding test beside the well, electric resistivity sounding sweeping, sounding of induced polarization detailed investigation and hydrology electric logging, thus achieving a new breakthrough in the search for water. The change of the (ρ_s) parameter of electric resistivity sounding and the (η_s, S_t, Z) parameters of the sounding of induced polarization are closely related to the lithologic structure of the strata and the degree of mineralization of the groundwater and the distribution of geological structures. The parameters of the sounding of induced polarization are more closely related to groundwater richness.

Key words: electric resistivity sounding; sounding of induced polarization; combination effect; breakthrough in the search for water; piedmont area; underground water

(本文编辑:沈效群)