

物探技术在湘西南岩溶丘陵区 地下水勘查中的应用

兰干江¹,王举平^{1,2},李海良²,苏春田³,潘晓东³

(1. 桂林理工大学地球科学学院, 广西 桂林 541004; 2. 广西地质环境监测总站, 广西 桂林 541004; 3. 中国地质科学院岩溶地质研究所, 广西 桂林 541004)

摘要:物探技术被广泛应用于地下水资源勘查工作中。综合运用高密度联合剖面法, 高密度电测深法和微动法进行综合探测, 查明湖南省武冈市东北部水浸坪乡打井找水有利靶区, 结合水文地质条件确定钻孔位置, 并对其进行成井施工验证, 钻孔涌水量达 323 m³/d, 效果显著。研究表明, 科学合理选择地球物理勘探方法组合, 可有效提高地下水勘探的效率。

关键词:地下水; 岩溶区; 高密度联合剖面法; 高密度电测深法; 微动法

中图分类号: P631

文献标识码: B

引文格式: 兰干江, 王举平, 李海良, 等. 物探技术在湘西南岩溶丘陵区地下水勘查中的应用[J]. 山东国土资源, 2016, 32(4): 64-68. LAN Ganjiang, WANG Juping, LI Hailiang, etc. Application of Geophysical Exploration Technique in Groundwater Exploration in Southwest of Hunan Karst Hilly Region[J]. Shandong Land and Resources, 2016, 32(4): 64-68.

0 引言

在严重缺水区, 地球物理方法被广泛运用于地下水勘查工作中^[1], 并取得许多令人瞩目的成果^[2-4]: 徐映雪等^[2]分别运用 EH-4 电导率成像技术和电阻率测深技术在香山南麓的石峡沟岩溶分布区及麻黄沟侏罗系砂岩分布区成功找到了丰富的地下水, 获得了明显的社会效益和经济效益; 刘晓民^[3]等通过对高密度电阻率法测量获得的实测数据进行反演分析, 最终确定出内蒙古扎鲁特旗南部地区地下水含水层厚度的空间结构特征; 杨春燕^[4]利用激发极化法在云南富源县营上镇进行地下水资源勘探中取得良好显著成效。

各种物探方法均有其独特的优越性, 但各自也存在局限性和不足之处^[5], 因此任何单一的方法在解释复杂的地质结构方面均已不能满足。研究表

明^[6-7], 科学合理的利用多种物探方法进行组合探测, 可有效提高地下水勘探的效率, 如李国占等^[6], 在保定市西部顺平县地下水勘查中, 利用音频大地电磁测深法和激发极化法查明地下含水体的空间分布特征及富水性, 成功找到地下水; 田蒲源等^[7], 综合运用音频大地电磁测深技术、高密度电阻率法和激发极化法在北京昌平长陵镇勘查地下水时, 取得满意效果。在严重缺水的西南岩溶地区, 岩溶在空间上发育的不均一性和岩溶水文地质条件的复杂性, 含水地质结构也各不相同^[8-9], 加之物探数据异常的多解性等方面的考虑^[10], 更应该结合野外勘查和水文地质资料分析的基础上利用多种探测方法进行相互验证, 方可提高打井找水的成功率^[11-12]。该文以中国地质调查局于 2014—2015 年组织实施的《西南岩溶地区 1:5 万水文地质环境地质调查(湖南邓家铺幅、稠树塘幅)》项目获得的最新资料为依据, 从湘西南岩溶丘陵区野外水文地质条件为基

收稿日期: 2015-10-26; **修订日期:** 2015-11-18; **编辑:** 曹丽丽

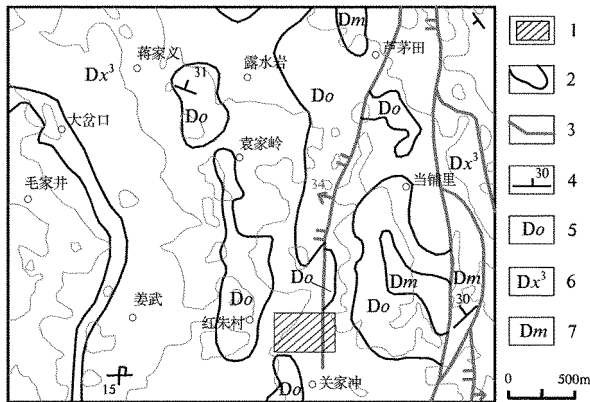
基金项目: 西南岩溶地区 1:5 万水文地质环境地质调查(湖南邓家铺幅、稠树塘幅)(12120114069001-01); 湘南粤北重点岩溶流域水文地质环境地质调查(12120115046601); 乌蒙山区水文地质环境地质调查(12120113052500); 国家自然科学基金(D0218)

作者简介: 兰干江(1984—), 男(瑶族), 广西来宾人, 硕士研究生, 主要从事岩溶水文地质、环境地质研究; E-mail: 609866711@qq.com

础,选择高密度联合剖面法、高密度电测深法和微动法进行组合探测,综合分析验证,以期为提高岩溶丘陵缺水地区地下水的勘探效率提供技术支持。

1 研究区概况

研究区位于湖南省武冈市东北的水浸坪乡,乡上交通较为便利,通有乡道,高程 595.84 m。区内出露的地层岩性主要为灰色中厚层粉晶灰岩,地层为 Dx^3 ,产状为 $165^\circ \angle 15^\circ$ 。中心区东侧发育有近 SN 向正断层,断层倾向为 270° ,倾角 34° (图 1)。



1—研究区位置;2—地层界线;3—实测断层;4—地层产状;5—欧家冲组;6—锡矿山组;7—孟公坳组

图 1 研究区地质简图

该区地貌组合类型属于溶蚀构造地貌,丘陵溶丘沟谷地形,标高一般 300~500 m,切深 50~100 m,局部达 120 m。研究区位于一溶蚀沟谷下游底部,沟谷呈“U”型,沟谷底部宽 50~100 m,两侧山坡坡度 $20^\circ \sim 30^\circ$,局部 30° 以上,植被较发育,山坡以灌木为主,沟谷底部以农作物为主,沿沟谷走向底部及两侧可见泉水零星出露。

研究区内地下水类型为碳酸盐岩裂隙溶洞水,以大气降水补给为主,降雨沿较为发育的溶蚀裂隙等通道入渗,由地势高向地势低的地方汇集、径流,受地形地貌及地质构造的控制,地下水总体流向由北向南,以泉的形式从谷地低洼部位排泄于地表。靶区上方山顶处发育有一表层岩溶泉,受降雨影响显著,调查时水量很小,调查处为一消水洞,为地下水补给区。

2 研究方法

利用地球物理方法来探测地下水,是以地下水体或者储水介质与完整岩石之间存在较大的电性差异为前提。水文地质调查选定的物探靶区,这种条件一般都能很好得到满足。本研究采用高密度联合剖面法进行基岩破碎裂隙发育富水带平面位置的普查,依据电剖面法异常,利用高密度电测深法对基岩裂隙发育富水带空间展布状况进行探测,并用微动勘查法进一步验证,为钻孔位置的确定提供依据。

根据收集资料、现场水文地质条件及地貌环境调查结果,该物探靶区拟钻探南北走向断裂带控制的地下水,结合工作区地形地物的分布情况,布置两条物探测线,测线方向和长度分别为: 45° , 440 m; 165° , 440 m(图 2)。

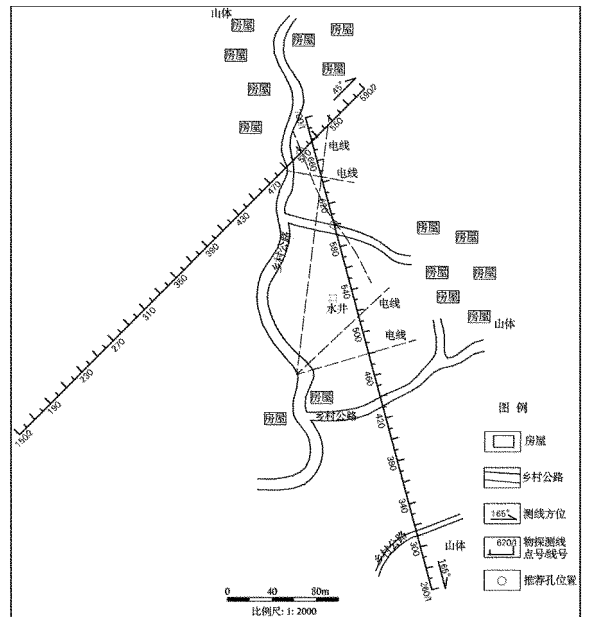


图 2 物探测线平面布置图

2.1 高密度联合剖面法

视电阻率曲线的交点类型(正交点、反交点、同步起伏等),可用于评价地质体的导电性;曲线在交点附近的变化形态(对称、倾斜),可指示地下地质体的产状;对比不同极距的联合剖面曲线,可指示地下地质体的空间形态;曲线异常段与背景值的相对大小、变化剧烈程度可估计地下地质体的平面位置和宽度。该方法要求场地平坦、开阔,场地适应性一般,但其抗干扰能力强,曲线图示直观、解释简便,总体来讲运行经济成本较低。

2.2 高密度电测深法

高密度电测深视电阻率断面等值线图上的低电阻率区可揭示地下水富集区,低电阻率异常区的稀疏等值线部位揭示为岩溶破碎或裂隙发育段,可用于确定断层破碎带、裂隙发育带的平面位置和埋深状况。与其他方法相比,高密度电测深法灵活性好,场地适应性高。

2.3 微动法

通过测量大地的三分量振动信息来分析场地的固有周期,根据单站测量分析得出的 H/V 特征频率及谱形态来推断大地的地质结构和振动状态,判定岩溶区地下暗河管道平面位置。该方法野外观测设备简单,施工方便快捷。

3 物探异常的地质解释与成井施工验证

3.1 高密度联合剖面法

由第 1 测线高密度视电阻率联合剖面曲线可知,在剖面上没有“低阻正交点”(图 3)。 ρ_s^A 与 ρ_s^B 视电阻率相差较大,同步低异常不明显。由第 2 测线高密度视电阻率联合剖面曲线可知,在剖面上没有“低阻正交点”(图 4)。 ρ_s^A 与 ρ_s^B 在 280/2 - 380/2 测点段,视电阻率呈波浪形,该段具有多个同步低异常,推测这些异常相应位置可能存在多个溶沟或裂隙比较发育。

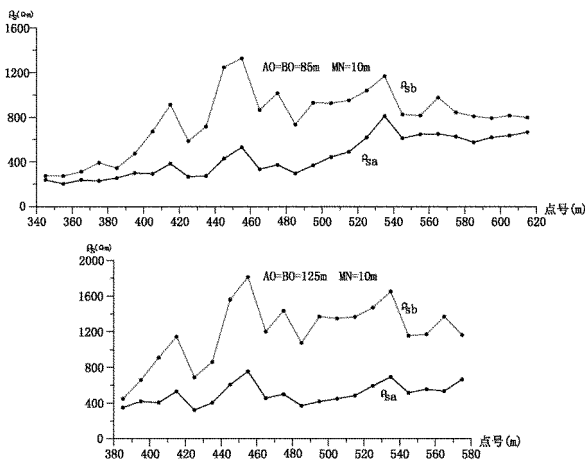


图 3 第 1 测线联合剖面法视电阻率剖面曲线

3.2 高密度电测深法

由第 1 测线高密度对称四极测深视电阻率等值线图(图 5)和高密度视电阻率法三极测深等值线图

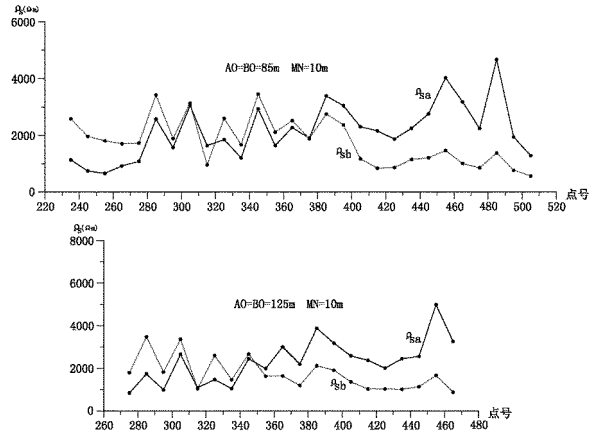


图 4 第 2 测线联合剖面法视电阻率剖面曲线

(图 6)可知,270/1 - 380/1 测段视电阻率小于 $400 \Omega \cdot m$,与 380/1 测点往大号方向形成明显视电阻率分界面,从地面出露地层可知,该段为碎屑岩。从两侧视电阻率变化趋势可以分析,碎屑岩覆盖于灰岩之上。在三极测深剖面上,480/1 ~ 600/1 测段存在一倾斜的低阻异常带,由 480/1 测点逐渐向 600/1 测点变深,推测为碳质灰岩,为含水层。由第 2 测线高密度对称四极测深视电阻率等值线图(图 7)和高密度视电阻率法三极测深等值线图(图 8)可知,视电阻率等直线沿剖面极不均匀,高阻、低阻呈条带间隔分布,表明该段岩溶裂隙比较发育。

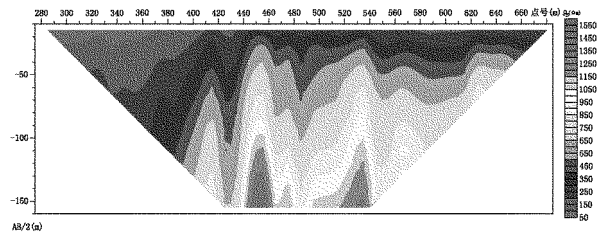


图 5 第 1 测线高密度对称四极测深视电阻率等值线图

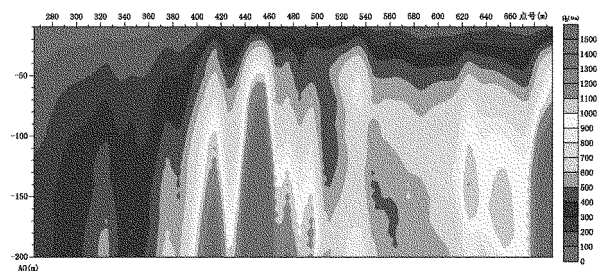


图 6 第 1 测线高密度视电阻率法三极测深等值线图

3.3 微动法

由第 1 测线微动 H/V 比值谱断面等值线图(图 9)可知,在频率为 5 ~ 15 Hz 段,590 ~ 610 测点在 H/V 谱上存在高值闭合能量团,与地下岩石破碎程度

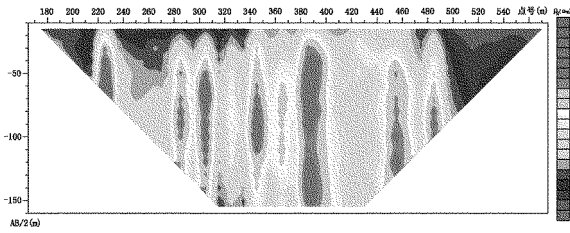


图 7 第 2 测线高密度对称四极测深视电阻率等值线图

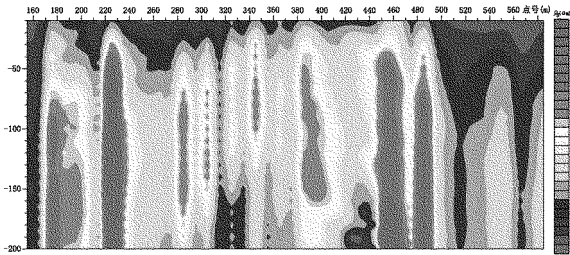


图 8 第 2 测线高密度视电阻率法三极测深等值线图

相关,推断为岩溶裂隙发育段;由第 2 测线微动 H/V 比值谱断面等值线图可知(图 10),在频率为 5~15 Hz 段,500~530 测点在 H/V 谱上存在高值闭合能量团,与地下岩石破碎程度相关,推断为岩溶裂隙发育段。

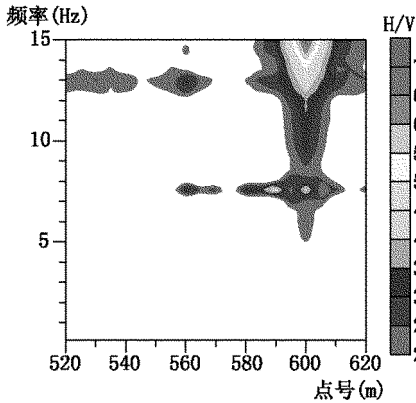


图 9 第 1 测线微动 H/V 比值谱断面等值线图

3.4 钻孔位置地质推测与钻探验证

综合以上物探资料分析,建议将第 1 测线 600/1 测点作为孔位点。600/1 测点地质推断解释如下: $H=0\sim 8$ m 段为第四系土层; $H=8\sim 35$ m 段为灰岩,裂隙发育; $H=35\sim 45$ m 段,破碎灰岩,为含水层; $H=45\sim 150$ m 段,为炭质灰岩。

钻探验证情况:该钻孔终孔深度为 163.62 m,涌水量达 $323\text{ m}^3/\text{d}$ 。从钻孔揭露的岩芯分析,2.20~23.26 m 及 82.51~163.62 m 为炭质灰岩,深灰色,中风化,中厚层状,岩石较坚硬,岩芯完整性较好,岩芯

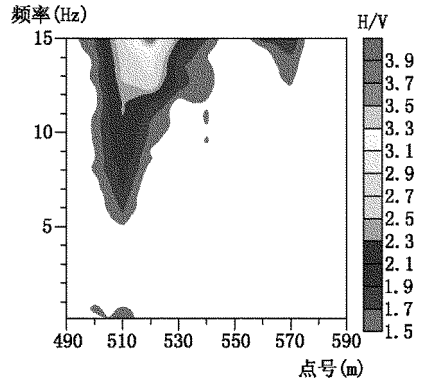


图 10 第 2 测线微动 H/V 比值谱断面等值线图

呈柱状,节理裂隙不发育,未见溶蚀现象。23.26~82.51 m 为断层带,断层带岩芯较完整,节理裂隙不发育,具强烈溶蚀,45.20~48.80 m 为溶洞,洞高 3.60 m,流塑状泥砂半充填,该段为主要含水段。与物探资料分析结果相符。

4 结语

在水文地质条件复杂的岩溶山区寻找地下水时,结合当地水文地质条件进行分析,合理选择运用相应的地球物理探测方法组合进行勘探、相互验证,总结出较优的地下水勘探模式,从而提高物探地质解释的程度,方能取得良好的效果。红株村钻井找水成功案例为岩溶严重缺水地区寻找地下水资源提供一种较好的工作思路。

物探技术在地下水勘查领域中的作用不言而喻,需要指出的是物探结果仅是地层物性层空间分布特性的反映,解释结果是多解性的,这是由于实际情况的复杂性等客观条件所造成的,而且是不可避免的。在地下水勘探中应根据实际情况因地制宜合理选择及配合应用不同的方法,弥补单一电法多解性造成的错误认识和判断,提高物探地质解释的程度,以获得较理想的效果。

参考文献:

- [1] 许小强,程顺有.地球物理找水方法概述[J].地下水,2007,29(3):28-29.
- [2] 徐映雪,尹秉喜,史晓杰.应用物探方法在宁夏香山麓严重缺水地区寻找地下水[J].宁夏大学学报(自然科学版),2007,28(2):166-169.
- [3] 刘晓民,刘廷玺,万峥.高密度电阻率法在水文地质勘查中的应用[J].中国水利水电科学研究院学报,2007,5(2):154-157.
- [4] 杨春燕.激发极化法在地下水资源勘探中的应用[J].曲靖师范

- 学院学报,2010,29(3):53-55.
- [5] 孙建平,曹福祥.西部缺水地区地下水勘查物探技术方法优化研究[J].水文地质与工程地质,2006,(5):123-125.
- [6] 李国占,孙银行.地下水地球物理勘查技术模式[J].物探与化探,2010,34(2):202-204.
- [7] 田蒲源,朱庆俊.综合物探在花岗岩严重缺水地区地下水勘查中的应用[J].地下水,2012,34(3):125-127.
- [8] 甘伏平,喻立平,卢程杰.不同岩溶储水结构分析与地球物理勘察[J].地质与勘探,2011,47(4):663-672.
- [9] 张月.综合物探在湘南岩溶区找水勘查中的应用[J].资源与产业,2014,16(4):72-76.
- [10] 李凤哲,朱庆俊,孙银行.西南岩溶山区物探找水效果[J].物探与化探,2013,37(4):591-595.
- [11] 王德强,董金报,曾照明.水文地质调查与物探结合在石灰岩地区找水定井的应用[J].山东国土资源,2013,29(1):28-38.
- [12] 孟庆鲁,刘彦,赵法强.高密度电阻率法在山东泰安地区抗旱打井工程中的应用[J].山东国土资源,2014,30(7):52-55.

Application of Geophysical Exploration Technique in Groundwater Exploration in Southwest of Hunan Karst Hilly Region

LAN Ganjiang¹, WANG Juping^{1,2}, LI Hailiang², SU Chuntian³, PAN Xiaodong³

(1. College of Earth Sciences, Guilin University of Technology, Guangxi Guilin 541004, China; 2. Guangxi Geological and Environmental Monitoring Station, Guangxi Guilin 541004, China; 3. Institute of Karst Geology of CAGS, Guangxi Guilin 541004, China)

Abstract: Geophysical prospecting technique has been widely applied to groundwater resources exploration work. By using integrated use of high-density combined profiling method, high density electric sounding method and micro method, favorable targets for exploring underground water in northeast of Shuijinping town in Wugang city of Hunan province have been found. Combining with hydrogeological conditions, the position of the holes has been determined. As showed by the test of well-forming, the inflow of water can reach 323m³. It is showed that scientific and reasonable choice of geophysical exploration method can effectively improve the efficiency for exploring groundwater.

Key words: Groundwater; karst area; high density combined profiling method; high density electrical sounding method; microtremor method