EH4电磁系统在西南抗旱救灾找水中的应用

杨剑,王永华,焦彦杰,吴文贤,杨俊波
(成都地质矿产研究所,四川 成都 610081)

摘 要: 介绍了利用EH4电磁系统在云南红河地区某村庄的找水成果,遵循"从已知到未知"的原则,紧密结合地质资料,布置物探工作,获得完整的物探资料,作出较合理的解释,取得了较好的找水效果。

关键词: EH4电磁成像系统;抗旱救灾;地下水勘查;水文地质调查
中图分类号: P631 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2011)06-0754-04

2010年,我国西南地区发生了60年不遇的大旱。为解决缺水地区人民群众的饮用水困难,并为我国南方其他广大地区解决缺水问题提供技术和经验示范,中国地质调查局水文地质环境地质部决定开展西南严重缺水地区地下水勘查项目。成都地质矿产研究所积极引进在地下水勘查方面较为有效的物探仪器——Stratagem TM EH4电导率成像系统(以下简称EH4),在云南红河州地区进行了地下水文地质勘查工作,遵循"从已知到未知"的原则,将物探成果与地质资料紧密结合,作出合理解释,确定井位,获得了较好的找水效果。

1 地质概况

云南省红河州地处云岭山脉分支六沼山和哀牢山的南延地带,地势由西北向东南渐次递降,在南盘江、红河、藤条江、李仙江的强烈切割下,形成极为雄伟壮观的山川,高差悬殊大。红河大裂谷把境内地形分为南北两部分,南部为哀牢山余脉,山高,谷深,坡陡,地形错综复杂;北部为滇东岩溶高原区,山脉、河流、盆地相间排列,地势较为平缓。

据现有资料,区内主要赋存岩溶水和孔隙水,建水、石屏一带的岩溶地下水主要赋存于自泥盆系中统东岗岭组至三叠系中统法郎组这些纯及不纯碳酸盐岩地层中,其余碎屑岩主要成为相对隔水层。岩溶含水层主要分布于建水盆地东、南部和异龙湖以北,受次级断裂和背斜、向斜的控制呈条带状展布。

山区控水构造最典型的当属建水羊街东部长冲背斜,长约16 km,由于背斜轴部受拉张力,形成张性断裂。沿断裂带发育了老楚祚暗河,暗河长达10余千米,完全依断裂发育,在长条形的岩溶洼地中,尚发育多处暗河天窗、落水洞、漏斗等岩溶形迹。

蒙自盆地、石屏盆地和建水盆地,主要赋存覆盖型岩溶水,岩溶水之上为松散岩类孔隙水,其中第四系中的孔隙水主要含水层为粉质砂土,单井涌水量一般小于50 m^3/d;第三系黏土岩中的数层砂质泥土岩和粉细砂是主要含水层,单井涌水量一般大于50 m^3/d,,最大可达881 m^3/d。孔隙水和岩溶水为两个不同的储水系统,孔隙水之下的岩溶水,一般富水性均达中等以上,单井涌水量一般可达500 m^3/d以上,最大达到2 884 m^3/d。

盆地之外地下水的富集条件相对较差,无论孔隙水、裂隙水和岩溶水,富水性一般均较弱,只有同时具备相对隔水层,或微地貌为相对低洼的负地形,或背斜、向斜轴部,或断裂影响带等两个或两个以上条件,才具备凿井取水条件。

一般情况,地下水为大气降雨补给。盆地中的覆盖型岩溶地下水补给较为复杂,除盆地周围岩溶含水层的渗入补给外,尚有盆地边缘裂隙含水层的侧向补给、开采条件下的越流补给等多种补给途径。一般情况下覆盖型岩溶水富水性较为均一,但在盆地发育暗河管道的地区,如蒙自草坝盆地南洞暗河发育地带、建水羊街盆地边缘接近老楚祚暗河发育地带,越接近暗河管道,出现干孔的频率越高。

岩溶地下水的排泄主要集中于盆地边缘山麓地带,如建水盆地、石屏盆地均如此,主要受当地排泄基准面控制,其次受相对隔水层的阻隔而排泄。裂隙水的排泄则不然,而是主要受水文网的切割和相对隔水层或风化界面的控制,所以出现山高水位高的格局。

工作区地层有古近系(E)、三叠系法郎组(T_2f)、

收稿日期: 2010-08-26

个旧组(T_2g)、一打得组(T_1y),区内地层、地质构造简单,古近系主要为砾岩、砂砾岩,其他地层以灰岩为主。

2　技术参数及资料处理

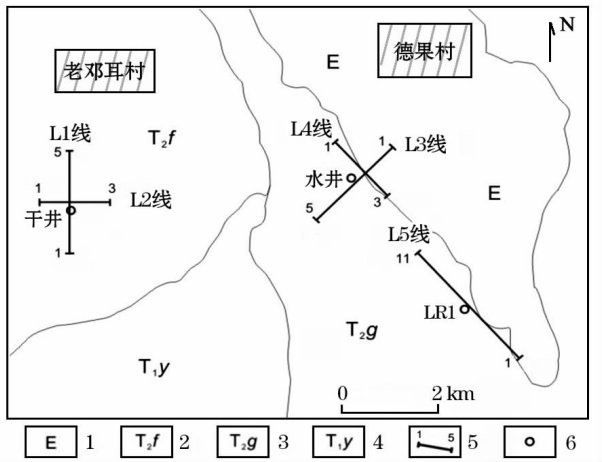
根据勘查目标体的分布情况,本次工作点距在 10 ~ 100 m 之间,野外数据采集采用单点测深的方法。EH4 电磁系统通常采用天然场源,只有在天然场信号很弱或者根本没有信号的频点上,才使用人工场源。标准人工场源发射天线频率从 800 Hz ~ 64 kHz。从发射天线的频率范围可以看出,采用人工场源发射仅是加强浅部的数据信号。本次探测根据测点的实际情况,仅对信号较弱的测点进行了人工场源的发射。

在处理过程中采取了多种滤波方法消除随机干扰和固定频率的干扰。通过软件对波阻抗进行滤波,使有效信号的信噪比得到了较大的提高;采取跳跃频点删除、曲线圆滑等处理方法,有效地消除了中等强度的干扰,较好地保留了有效信息,使整个视电阻率曲线较为平滑;通过静态偏移处理,地表电阻率不均匀造成的畸变得到消除,并使反演的深度更加准确。使用 IMAGEM 软件对探测结果进行二维反演,在地形比较陡的地段取平滑因子为 0.1,较平缓的地段取 0. 5,最后采用 Surfer 软件成图。

3　成果解释

本次缺水干旱地区主要分布在海拔较高的山区,根据前述的水文地质条件分析,由于区域地质构造发育,在时代较老的碎屑岩、变质岩区肯定可以找到相对富水的地方。首先,选择该区水文地质条件相似的老邓耳村和德果村,在两村的无水井和出水井旁布置 EH4 电磁测深剖面,进行井位对比试验。再根据实验结果,结合地质资料,布置物探工作和解释物探资料,在有前景的勘查靶区查明碎屑岩、碳酸盐岩分布范围和顶底板埋深情况,以解决老邓耳村的用水问题。

图 1 给出了老邓耳、德果村的水文地质概况及物探工作布置示意。

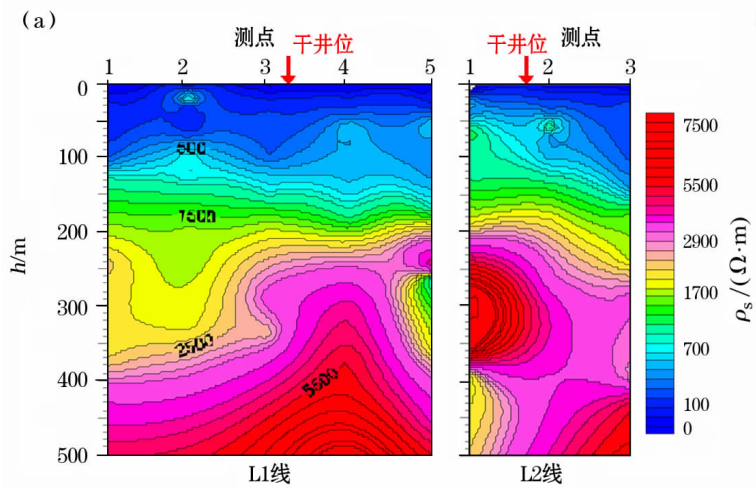


1—古近系;2—法郎组;3—个旧组;4——一打得组;5—测线、测点;6—井位

图 1　老邓耳、德果村水文地质概况

3.1　井位对比试验

图 2a 为老邓耳村干井 L1、L2 线 EH4 电磁测深 2D 反演电阻率断面。图中可见,2 条测线电阻率整体表现平稳,上部电阻率小于 200 Ω · m,推测为第四系岩层;中部电阻率为 300 ~ 800 Ω · m,等值线平稳,没有明显串珠状闭合,推测为弱发育灰岩区;深度 150 m 处为一明显界线,底部电阻率比较大,地质资料显示此处地层主要为灰岩,因此推断为灰岩致密、不发育。该结果与钻孔资料(图 2b)吻合。



(b)

层号	顶底埋深 m		岩性描述
1	0~23		为第四系冲积的粉质黏土，褐红色，硬塑状，结构松散，大固结。
2	23~112		黏土岩，灰黄夹灰白色，半成岩架构，厚层状。局部夹含砾粘土岩，砂砾岩。
3	112~158		为石炭系下统岩关阶青灰色灰岩，质硬，岩芯呈碎块状。
4	158~210		为石炭系下统岩关阶灰色灰岩，岩芯呈柱状，裂隙发育，呈垂直及斜交状态，宽1mm，局部含泥质充填。岩溶不发育。

图 2　老邓耳村干井 EH4 电磁测深 2D 反演电阻率断面(a)和钻孔资料(b)

为重新确定井位，选择位于老邓耳村附近、与其水文地质情况相近的德果村，在村中正在使用的水井处布设 EH4 剖面 2 条，约 10 个电磁测深点，点距 10 m（见图 1）。该井 2009 年施工，目前为德果村主要的生活用水井。图 3 给出了德果村水井 L3、L4 线 EH4 电磁测深 2D 反演电阻率断面。图中显示，德果村测线的电阻率表现明显与老邓耳干井的测线不同，L4 测线电阻率 2 点下面为一明显分界线，小号点电阻率高，大号点电阻率低，推断高阻为灰岩；L3 测线 100 m 以上电阻率表现平稳，100 m 以下出现灰岩的强弱发育分带现象，特别是 4 点位置出现串珠状低阻异常，推断为灰岩破碎带。

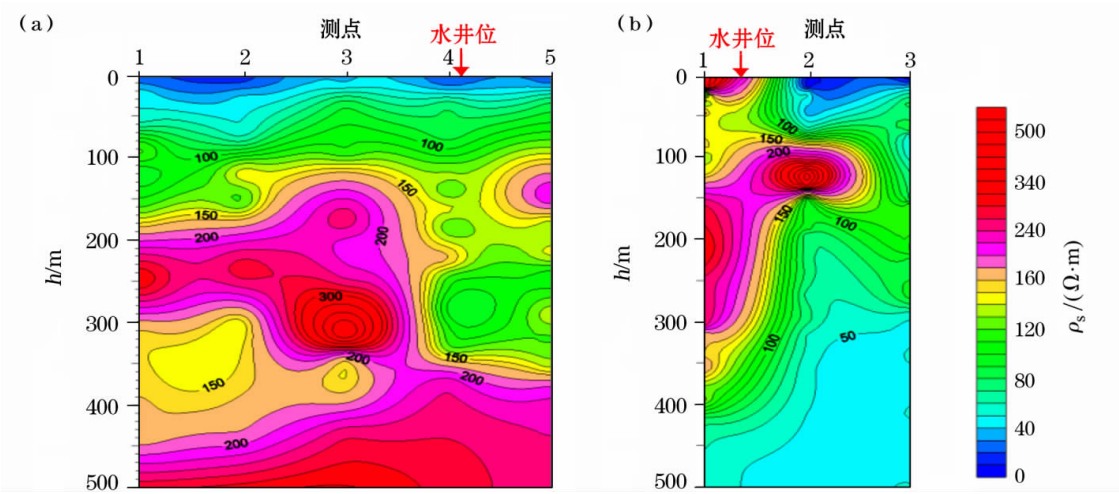


图 3　德果村水井 L3(a)、L4(b)线 EH4 电磁测深 2D 反演电阻率断面

3.2　确定井位

根据德果村水井实验，对老邓耳村水文地质资料进行分析，在两村交界处布置了 1 条 EH4 电磁测深剖面（L5），约 11 个电磁测深点，点距 20 m（见图 1）。图 4 给出了 L5 线 EH4 电磁测深 2D 反演电阻率断面。图 4 显示，该测线电阻率特征与图 3 中 L4 线相似，表现为小号点电阻率低，大号点电阻率高（L4、L5 测线方向一致，点号方向相反），1 ~ 6 点为明显低阻变化，向大号点倾斜，推断为砂砾岩；6 ~ 11 点电阻率高，200 m 以下电阻率较高，推断灰岩弱发育或不发育，200 m 以上灰岩较发育。结合以上资料分析，在 7 号点布设井位 LR1，有一定把握。后经钻井验证，涌水量达到 400 m^3/d，解决了当地人畜饮水问题。图 5 为该井的钻孔柱状图。

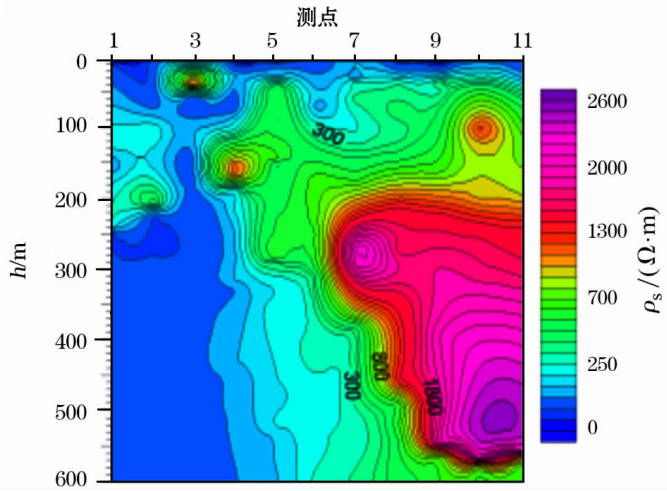


图 4　老邓耳 L5 线 EH4 电磁测深 2D 反演电阻率断面

层号	顶底埋深 m		岩性描述
1	0~30		为第四系冲积的粉质粘土，褐黄色夹灰黄色，含15~20%左右砾、角砾，硬塑状，结构松散，大团结。
2	30~120		砾岩，灰黄~浅灰色，钙质胶结被风化破坏，厚层状。裂隙发育，其间粘土充填。
3	120~180		为石炭系下统岩关阶白云质灰岩夹杂青灰色灰岩，岩芯呈碎块状，表面岩石有溶蚀现象。150处岩溶较发育。形成串珠状溶蚀凹槽。
4	180~250		为石炭系下统岩关阶灰白色、深灰色灰岩，质硬，含硅质，完整，岩芯成碎块状，局部呈柱状。裂隙呈垂直状态发育，为张开型，宽1mm。岩溶发育，可见地下水溶蚀痕迹。该层触水性好，为主要含水层段。

图 5　设计井位 LR1 钻孔柱状图

4　结论

西南大旱，在找水难度大的干旱缺水山区，通过 EH4 大地电磁测深物探方法找到了丰富的地下水，缓解了旱情，取得了良好的社会效益和经济效益。通过本次工作，取得了一些认识。

（1）EH4 电磁成像系统能提供电阻率成像，在岩溶地区能够比较准确地区分各个地层单元及岩溶含水层，是一种有效的找水方法。

（2）在水文地质条件相似的岩溶地区通过已有

水井地下物探资料,已有钻孔资料相互分析渗透,对比试验,分析所得地下地层单元,岩溶发育情况指导钻探布设新井位,在旱情严重,抗旱任务紧迫时期是一种行之有效的方法。

(3)成果解释时必须充分结合地质条件进行分析。本次物探工作结合地质条件,综合柱状图和电阻率断面图,推断了各个地层单元的埋深及含水岩溶发育情况,在发育较均匀的网状岩溶裂隙处确定井位,获得了好的找水效果。

参考文献:

[1] 陈乐寿. 构造电法勘探[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1991:76 – 77.

[2] STRA TA GEM 26716-01 Rev. B Operation Manual Geometerocs & EMI Electromagnetic Instruments, Inc. 1996.

[3] 孙升林,倪新辉,龚惠民,等. EH4 电磁成像系统在中西部岩溶区地下水勘查中的应用[J]. 中国煤田地质,2001,9(13).

[4] 杨湘生. 综合电法在黄花国际机场后勤基地找水中的应用[J]. 物探与化探,2009,33(4).

[5] 伍岳. EH4 电磁成像系统在砂岩地区勘查地下水的应用研究[J]. 物探与化探,1999,10(23).

[6] 刘江. EH4 电导率成像系统在陕北找水中的应用[J]. 陕西煤炭,2003,1(2).

[7] 倪芬明,刘志田. 应用 EH4 电磁仪寻找地下水[J]. 石油仪器,2001,2(15).

[8] 严良俊,陈清礼,胡文宝,等. 灰岩溶洞发育区浅层瞬变电磁法找水效果[J]. 工程地球物理学报,2004,2(1).

THE APPLICATION OF EH4 ELECTROMAGNETISM TO WATER RESOURCE EXPLORATION AND DROUGHT RESISTANCE IN SOUTHWEST CHINA

YANG Jian, WANG Yong-hua, JIAO Yan-jie ,WU Wen-xian, YANG Jun-bo

(*Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources*, *Chengdu* 610081, *China*)

Abstract: This paper reports the water exploration result of the EH4 electromagnetic system. Following the principle of "from known to unknown", the authors arranged the geophysical exploration work closely in combination with geological data, obtained complete geophysical data and made fairly reasonable interpretation, thus attaining quite satisfactory water prospecting result.

Key words: EH4 electromagnetic system; drought resisting; underground water exploration; hydrogeological investigation

作者简介: 杨剑 (1983 –),男,硕士,成都地质矿产研究所助理工程师。

上接 753 页

THE APPLICATION OF CSAMT TO THE EXPLORATION OF GEOTHERMAL RESOURCES IN GUI'AN, FUJIAN PROVINCE

DENG Guo-quan, CHENG Yun-tao

(*Hunan Nuclear Geology Institute*, *Changsha* 410011, *China*)

Abstract: Geothermal fields in Guián of Fujian Province are mainly controlled by faults. Using one-dimensional inversion results and CSAMT method, the authors simulated the spring when the upwelling spring water surface was distributed at different depths to study the distribution pattern of the faults, and found the spatial distribution of faults and the relationship between various faults in the study area, and the effectiveness of the result was proved by drilling. The result shows that this means is effective in looking for fault structure.

Key words: CSAMT; geothermal resource; fault structure; geothermal fields in Guián

作者简介: 邓国泉(1958 –),男,湖南省核工业地质调查院研究员级高级工程师,水文地质专业。