

DOI:10.16788/j.hddz.32-1865/P.2018.02.008

引用格式:姜月华,李云,葛伟亚,等. 河南巩义抗旱地下水井位确定和钻探方法[J]. 华东地质,2018,39(2):142-150.

河南巩义抗旱地下水井位确定和钻探方法

姜月华¹, 李云¹, 葛伟亚¹, 叶念军¹, 冯小铭¹, 龚建师¹,
周锐锴¹, 侯莉莉¹, 张宝松¹, 赵牧华¹, 朱红兵¹, 全长水², 刘林¹

(1. 中国地质调查局南京地质调查中心, 南京 210016; 2. 河南省地质调查院, 郑州 450001)

摘要: 应用高密度电法开展河南省巩义市应急抗旱找水打井工作, 发现巩义市东南部基岩山区深部含水层的电阻率为低阻, 基岩电阻率总体为高阻; 西北部松散层的上部黄土电阻率为低阻, 下部砂砾石松散含水层电阻率为高阻, 从而提出了在该地区应用高密度电法勘查找水的新思路, 即“基岩山区高阻中寻找低阻”和“松散层低阻中寻找高阻”。在巩义市打井 20 口, 成井率 100%, 实践证明该思路是行之有效的。在应急抗旱找水打井工作中, 在快速熟悉区域地质、构造和水文地质条件的基础上, 开展多种物探方法(高密度电法、电测深、测井等)相互验证十分重要, 可为在应急早期尽快统一认识、确定具体井位和避免打“干眼”提供重要技术支撑。应急抗旱找水打井工作通常时间紧、任务重, 为确保完成应急任务, 应根据应急找水任务工作量、应急时间和当地不同的水文地质条件, 合理安排不同的钻探机械和钻井方式。

关键词: 地下水勘查; 抗旱; 井位确定; 方法总结; 巩义市; 河南

中图分类号: P64

文献标识码: A

文章编号: 2096-1871(2018)02-142-09

河南省巩义市位于豫西山区, 大致介于东经 112°33′~113°37′和北纬 34°31′~34°52′之间, 东与荥阳为邻, 西与偃师、孟津接壤, 北临黄河, 与孟州、温县隔黄河相望, 南与登封、新密依嵩山为界。市域东西长 43.0 km, 南北宽 39.5 km, 面积大约为 1 041 km²。巩义市素有“七山二水一分田”之说, 历史上一直是缺水地区, 北部被几十至百余米的黄土覆盖, 南部、东南部山区多为煤矿开采区, 地下水疏干严重, 水位多在百米以下, 山区群众大多靠远程拉水解决生活饮水问题。

2011年4月25日, 南京地质调查中心支援河南应急抗旱找水突击队历经 57 天野外工作, 共完成 33 个野外井位点的踏勘, 完成高密度物探剖面勘查 20.5 km, 电测深点 6 个, 确定井位 22 处, 实际完成水井施工 20 眼, 钻探总进尺为 3 453 m, 钻孔成井率 100%。其中, 单井出水量最大 2 966.4 m³/d, 总涌水量 22 323.4 m³/d, 解决 26 000 余人、5 000 余头牲

畜饮水和 13 000 多亩农田灌溉问题。近年来, 我国西部地区缺水问题已有很多专家总结了相关理论和方法^[1-4], 本文旨在总结本次抗旱找水打井工作中的地下水井位成功确定及钻探方法, 为今后在类似地区开展应急抗旱找水打井工作提供借鉴。

1 地理和地质背景条件

1.1 地理条件

巩义市属北温带大陆型季风气候, 四季分明。多年平均降水量为 583 mm, 降水量时空分布不均, 夏季多雨, 汛期 6—9 月降水量占全年降水量的 60% 左右, 冬季少雨雪; 多年平均蒸发量为 2 200 mm, 为降雨量的近 4 倍, 尤以春季蒸发量最大, 约占全年蒸发量的 30.7%。受地形影响, 冬春季西北风的风力较大, 蒸发量增大, 干旱加剧。巩义市多年平均气温 14.6 ℃, 年极端最高气温 43 ℃,

* 收稿日期: 2017-08-09 修订日期: 2017-09-27 责任编辑: 谭桂丽

基金项目: 中国地质调查局“河南巩义抗旱找水打井(编号: 1212011121180)”项目资助。

第一作者简介: 姜月华, 1963 年生, 男, 研究员, 主要从事水文地质、工程地质及环境地质研究。

最低气温-15.4℃;春夏季多偏东风,秋冬季西北风最多。

巩义市属黄河流域,南部小面积属淮河流域颍河水系。黄河自西向东流经市域北部,流长35 km,上游小浪底水文站年径流量为 543 亿 m³。伊洛河由西至东北在七里铺附近流入黄河,长约37.8 km,流域面积 803 km²。市域南部坞罗河、洪河(后寺河)及东部汜水河均为季节性河流。

1.2 地质背景条件

1.2.1 构造

巩义市位于嵩山隆起与华北沉降带衔接处,地处嵩山复背斜之北翼,呈近 EW 向展布,嵩山背斜横亘研究区南端自西向东延伸,伴多期构造(图 1)。

NW 向构造以断裂为主,对区内水文地质具有较大影响的断裂主要是嵩山断裂和五指岭断裂。

嵩山断裂位于研究区西部,北起偃师市叁驾店以北,南至登封县城南玉皇庙,向北向南均被第四系覆盖。该断层走向为北西 50°,倾向南西,断距 300~1 000 m,倾角 65°~89°,平面上断层两侧地层相对平移约 5 km。

五指岭断层位于区内五指岭西南侧,断层两侧岩性明显不同,局部地段形成断层崖。该断层走向为北西 50°,倾角 50°~80°,倾向西南。在涉村附近,元古界与下古生界寒武系接触,具有明显的平推现象,断层两侧地层相对平移约 5 km,垂直断距最大为 700 m。

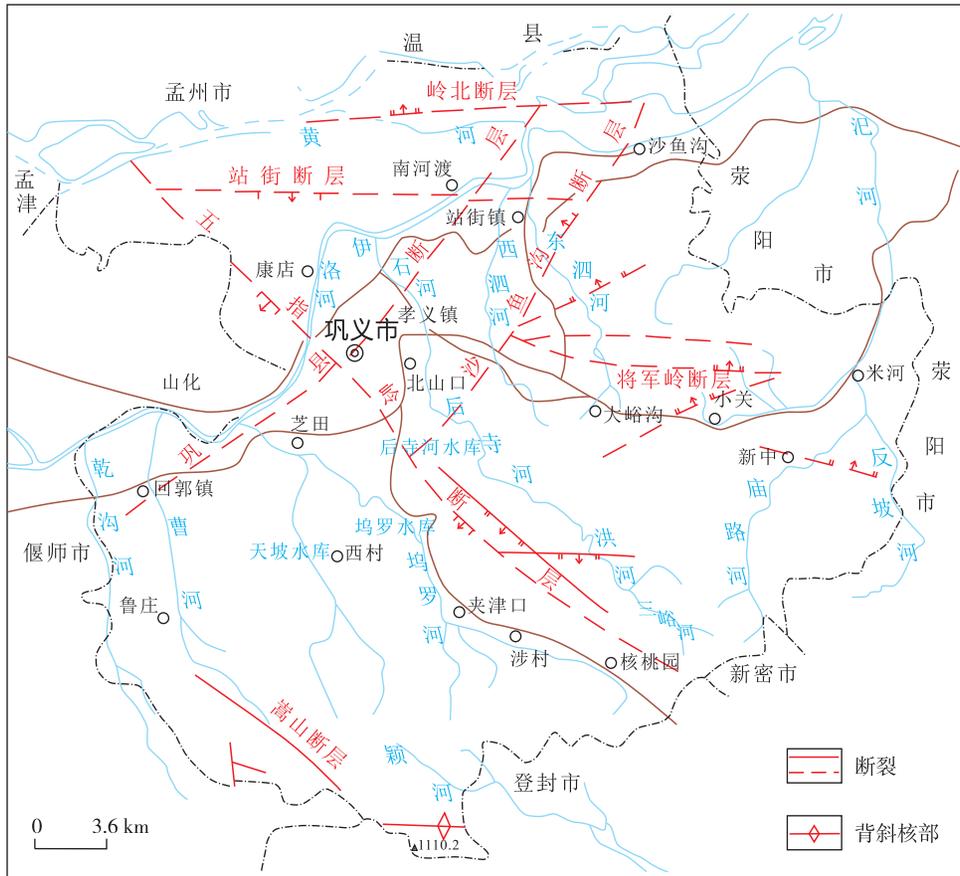


图 1 巩义市构造纲要图(据河南省地质调查院资料,2010)

Fig. 1 Schematic map showing the geological structures in the city of Gongyi

对区内水文地质具有控制作用的 NE 向断层主要为沙鱼沟断层和巩县断层。沙鱼沟断层北起黄河边,向西南延伸 26 km 与五指岭断裂交汇,南端寒武系或奥陶系与二叠系接触。该断层走向为北

东 30°,倾向西北,西降东升,南端断距在 1 000 m 以上。巩县断层基本被第四系覆盖,北起东岭北,向南过巩县终止于五指岭断层,全长 16 km,走向为北东 40°,倾向东南,该断层与站街断层交汇处附近曾

发生地震,表明断层仍具有活动性。

1.2.2 地层

研究区除志留系、泥盆系、侏罗系、白垩系外,自元古代至新生代地层均有分布。元古界分布在南部嵩山分水岭地带,主要为石英岩、片岩、千枚岩等变质岩系。寒武系主要为灰岩、鲕状灰岩、豹皮状灰岩、泥质条带白云质灰岩、泥质灰岩、白云岩、鲕状白云岩夹竹叶状灰岩,下部以砂岩、砂砾岩、灰岩与粉砂岩为主。奥陶系仅发育中统,主要为灰岩、泥灰岩、泥质白云质灰岩夹页岩和角砾状灰岩。石炭系发育中上统,中统主要为铝土页岩、铝土矿层夹赤铁矿层;上统主要为灰岩夹煤层、砂质页岩。二叠系主要分布于大峪沟—茶店以北,站街—西石沟以南,主要为长石石英砂岩、粉砂质泥岩、灰质页岩、页岩和煤层。三叠系为砂质泥岩、石英砂岩、粉细砂岩和砂质页岩。第三系零星出露,主要为砂岩、砾岩及黏土岩。

第四系主要为堆积平原区和黄土丘陵区。堆积平原区下更新统为一套粗细相间的河湖相沉积,在巩义市区厚 40~130 m,主要为粉细砂、中细砂、粗砂砾石及黏土、粉质黏土层。中更新统为黏土、粉质黏土夹泥砾层,砂层透镜体厚 30~50 m。上更新统分布在伊洛河一级、二级阶地区,一级阶地区被全新统覆盖,岩性为砂卵石层夹薄层粉土、粉质黏土,厚 40~50 m。二级阶地区具二元结构,上部为灰黄、棕黄色含少量钙核的粉土,下部为 5~20 m 厚的砂卵石层。全新统分布在伊洛河一级阶地、河漫滩区,上部为粉土,局部为淤泥质粉土、粉质黏土,下部为砂砾石,总厚度 15~25 m。黄土丘陵区主要沉积中、上更新统风成黄土,缺失下更新统,中、上更新统直接覆盖基岩。中更新统黄土多为红黄色粉质黏土,垂直节理发育,含钙质结核;上更新统黄土为浅黄色粉质黏土,疏松、质纯,直立裂隙发育,含钙质结核,大孔隙发育,厚度 5~30 m 不等。

2 地下水类型、含水层组划分和补径排条件

2.1 松散岩类孔隙水

浅层水:由第四纪冲积、冲洪积、洪积成因的一套上细下粗或粗细相间的砂、砂卵石和泥质松散堆积物组成,一般埋深 < 60 m。丘陵区黄土也含下水,但含水极微弱。浅层水按其富水程度(采用统一降深 5 m 的单井涌水量)分区如下。

(1)水量丰富区:单井涌水量大约为 1 000~3 000 m³/d,分布在黄河滩区、伊洛河河谷、汜水河谷等地段。黄河滩区含水层以中、粗砂层为主,局部含卵石,砾径 2~15 cm,厚度 30~60 m,水位埋深约 2 m,单井涌水量达 2 000~3 000 m³/d;伊洛河河谷含水层主要为砂卵石层,厚度 8~30 m,水位埋深 3~15 m,单井涌水量 1 000~2 500 m³/d。

(2)水量中等区:单井涌水量大约为 100~1 000 m³/d,分布在伊洛河一级阶地后缘。含水层为砂及含泥质砂卵石,一般厚 10~15 m,最薄 8.8 m,水位埋深 6~10 m。

(3)水量贫乏区:单井涌水量 < 100 m³/d,分布在邙山、山前倾斜平原及山前黄土丘陵地区的康店、沙鱼沟—北山口—芝田—鲁庄一带。该区域地形起伏不平,冲沟切割较深,但由于黄土厚度较大,通过大气降水渗入的地下水主要储存于中更新统黄土及钙结核层的孔隙空洞中,以下更新统砂质黏土或更新统黄土为相对隔水底板,地下水多为潜水、局部为上层滞水,富水性一般较差,多无开采价值。

中深层水:埋藏在 60 m 以下至 300 m 深度内的地下水,主要分布在伊洛河以南的黄土丘陵区北部及山前倾斜平原区。中深层水上部有厚度不等的黏土、亚黏土隔水层,地下水具有明显的承压性。局部地段因过量开采,地下水头持续下降,中深层水成为无压水。该含水层岩性颗粒较粗、厚度较大,水质较好,不易污染,开采较方便,其富水性(采用统一降深 15 m 的单井涌水量)分区如下。

(1)水量丰富区:单井涌水量为 1 000~3 000 m³/d,分布在巩义市区,北山口—沙鱼沟、回郭镇—芝田以南,念子庄—罗口以北地带,含水层为下更新统一上第三系中细砂、粗砂、砂卵石层,多含泥质,局部半胶结。一般由 2~5 层组成,自南向北层数增多,厚度增大,总厚度 25~45 m,最厚达 60 m。15 m 降深涌水量一般 2 000~3 000 m³/d 以上,水位埋深 30~100 m。该区地下水开采强度较大,已形成以城区为中心和以回郭镇—二电为中心的 2 个地下水降落漏斗。

(2)水量中等区:单井涌水量为 100~1 000 m³/d,分布在富水区南侧,东部位于站街—英峪南一带,西部位于鲁庄—西村一带。含水层为中细砂、卵石、半胶结砂砾石等,厚度 10~20 m,水位埋深一般 60~80 m,最深可达 100 m,单井涌水

量自南向北增大。

2.2 碳酸盐岩类裂隙岩溶水

赋存于寒武系、奥陶系及石炭系碳酸盐岩的裂隙、溶隙、溶洞中,主要分布于东南部和南部米河、新中、小关、大峪沟、核桃园、涉村、夹津口、西村等乡。由于处于嵩山背斜(荥巩背斜)北翼,在强烈构造作用下,裂隙岩溶发育但不均匀,在次一级构造破碎带赋存地下水。碳酸盐岩类含水岩组包括寒武系含水岩组,奥陶系含水岩组,石炭系中、上统含水岩组,其富水性分区如下。

(1)水量中等区:泉流量 >10 L/s,且单井涌水量 >240 m³/d,分布在东部的新中—米河一带及核桃园、涉村—夹津口一带,含水层为寒武系中、上统及奥陶系灰岩、白云质灰岩、白云岩。在构造有利地段,裂隙岩溶发育,含水较丰富。

(2)水量贫乏区:泉流量 <10 L/s,且单井涌水量 <240 m³/d,主要分布在南部灰岩裸露区,由于位置较高,地形切割强烈,地表岩溶发育,是岩溶水的补给区。大峪沟、竹林一带构造作用不强烈,裂隙岩溶不发育,故富水性较差。

2.3 基岩裂隙水

包括中、下元古界含水组的变质岩裂隙水和二叠系、三叠系的碎屑岩裂隙水,分布在嵩山主峰和五指岭主峰北侧、米河—小关—大峪沟以北及涉村—关帝庙以北。由于基岩山区地形起伏、沟谷深切,不利于降水入渗,地下水较贫乏,泉流量多数 <1 L/s,只有在地形、岩性、构造都有利地段,地下水相对富集,具有开采利用价值。

2.4 地下水补给、径流和排泄条件

松散岩类孔隙水:地下水补给方式有大气降水渗入,河流、水库测渗、渠系渗漏、灌溉水入渗,基岩地下水侧向径流等。地下水总流向与地形倾向基本一致,由山前向河谷径流。导水性能差的黄土地下水水力坡度较大,水平径流条件较差。倾斜平原和河谷阶地含水层渗透性能好,径流条件较好,水力坡度较小。地下水集中供水水源地形成的降落漏斗,使地下水流向发生改变,由漏斗四周向中心径流。地下水排泄主要是人工开采,其次有黄河滩区地下水蒸发排泄及黄土丘陵区潜水下渗排泄(补给基岩裂隙水)。

碳酸盐岩裂隙岩溶水:碳酸盐岩分布面积较大,地层裂隙及岩溶发育,植被也较发育。因此,降

水及地表水渗入补给条件较好。地下水自南、南西顺层面向北、北东方向径流,当遇到阻水断裂或煤系地层阻水后,向东径流。地下水的排泄以矿坑排水和泉排为主,其次是机井开采和侧向流出。

基岩裂隙水:背斜轴部变质岩裂隙水的补给主要是降水入渗补给,自南、南西向北、北东径流,以径流排泄为主,补给下寒武统裂隙岩溶水。中、北部碎屑岩裂隙水的补给主要有降水、河流入渗、水库渗漏、覆盖层地下水下渗等,碎屑岩裸露区,尤其是砂岩出露区,构造裂隙,风化裂隙发育,由于黄土垂直节理和大孔隙发育,降水通过黄土补给碎屑岩地下水,其它地段还有岩溶水的顶托补给等。碎屑岩裂隙水主要沿层面裂隙和断裂破碎带径流,由南西向北东径流。排泄主要是泉、人工开采和局部矿坑排水等。

3 井位确定方法

参考前人利用物探方法找水的相关经验^[5-10],布井选择在缺水最强烈的村镇。布井须符合新农村建设规划,地下水位适宜本次打井,实地勘查与分析相结合。根据上述原则,具体井位确定方法主要有分析地质构造、区域水文地质条件以及物探勘查。

3.1 分析地质构造和区域水文地质条件

应急抗旱,需要抗旱科研人员在短时期内快速熟悉区域地质、区域构造和区域水文地质条件。收集并分析当地大比例尺地质、构造和区域水文地质图,与曾经在该区工作过的单位和个人联系,聘请熟悉工作区的专家参加项目,并与该区相关部门加强联系。了解熟悉当地已有的地下水井分布、地下水位、开采状况,以及当地煤矿开采分布区、开采深度与疏干排水状况。重点了解并分析拟定井位及其附近已有井位分布、地层、构造及地下水位、水量特征,进而确定井位。

3.2 物探勘查:从已知到未知,再从未知到已知

利用物探开展地下水勘查,可指导寻找地下含水层位,确定具体井位。由于各地地质条件、地下水位埋深、岩层干湿程度不同,以及物探解译具有多解性,正确解释并利用物探信息较关键,物探信息须与当地地质实际结合,才能取得较好的效果。

3.2.1 从已知到未知

为尽快了解当地含水层准确的物探信息,本次

选择几个已知典型点开展高密度电阻率物探勘查。针对东南基岩山区巩义鲁庄镇虎山坡村地下水水井开展物探勘查,该井含水层在 100 m 以下,涌水量达 $40 \text{ m}^3/\text{h}$ 。通过对比岩芯、含水层的深度和分

布,发现基岩地区深部含水层的电阻率以低阻为特征(图 2),基岩总体为高阻。因此,确立在高阻中寻找低阻的思想,即在基岩山区深部高阻中寻找低阻是该地区找水的重要标志。

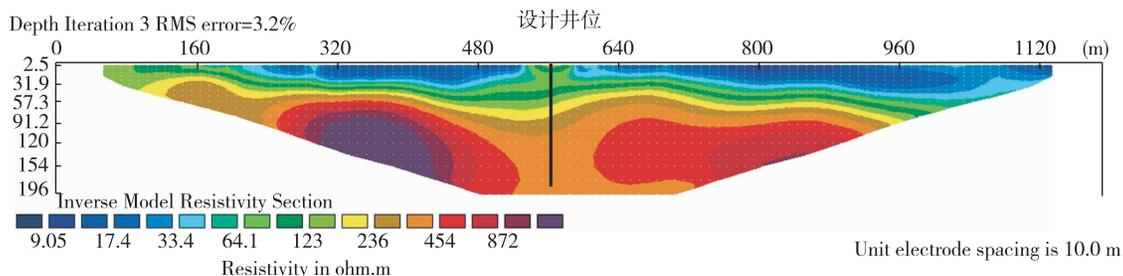


图 2 鲁庄镇虎山坡高密度电阻率剖面 and 已有水井钻孔

Fig. 2 High-density resistivity profile in Hushanpo village, Luzhuang Town

已有地质资料和相关水井成井报告显示,巩义西村镇常封村地下 40 m 以上为黄土,基本不含水,而 40~120 m 为第四系砂砾石松散含水层,因此,该区是了解松散层高密度电阻率变化较好的区域。

实际物探勘查结果表明,上部不含水的黄土为低阻,下部砂砾石松散含水层呈明显高阻特征(图 3),与后期钻探结果(岩性和含水层特征)一致,在松散层中寻找高阻是该区找水重要标志。

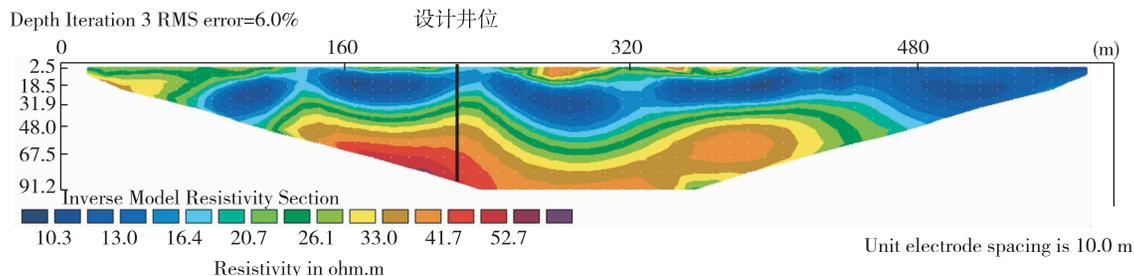


图 3 西村镇常封村高密度电阻率剖面

Fig. 3 High-density resistivity profile in Changfeng village, Xicun Town

根据上述获得的在“基岩山区深部高阻中寻找低阻”和“松散层低阻中寻找高阻”的找水经验,在全区其它地方进行推广,从“从已知到未知”,从而准确确定井位。

3.2.2 从未知到已知

根据取得的经验,在未知地区开展高密度电阻率物探勘查,确定最有利的打井位置,在钻井施工后作进一步岩层或含水层分析,从而实现“从未知到已知”的认识。巩义地区按照在“基岩山区深部高阻中寻找低阻”和“松散层低阻中寻找高阻”的找水思路是可行有效的。

(1)松散层。以寺湾村和源村为例说明在松散层中如何确定井位。

寺湾村高密度电阻率物探勘查剖面见图 4,剖

面上 200~500 m 清晰地显示 2 个浅部高阻异常。由于该区属于古黄河影响范围区,相距现今黄河较近,因此,结合黄河古河道变迁特点,认为这 2 个异常应反映了黄河古河道的形态。根据该村打井要求,确定井位在寺湾木材加工厂,即高密度电阻率剖面 430 m 高阻异常位置。实际施工进一步证实了在地下 10~80 m 为砂卵石含水层,为典型的河道相沉积,涌水量达 $2138.4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

源村位于黄土台地上,黄土层厚 100~140 m,基本不含水,实际确定的钻孔井位在 420 m 位置,在高密度电阻率剖面(图 5)上高阻异常体主要出现在 120 m 以下,钻井结果反映了高阻异常体为砂砾石含水层,涌水量达 $496.8 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

(2)基岩区。以夹津口沟韵灰岩区和小关水道

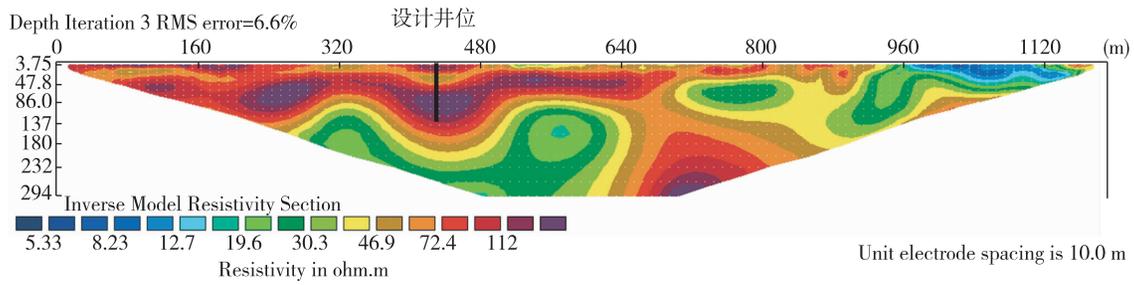


图 4 河洛镇寺湾村高密度电阻率剖面

Fig. 4 High-density resistivity profile in Siwan village, Heluo Town

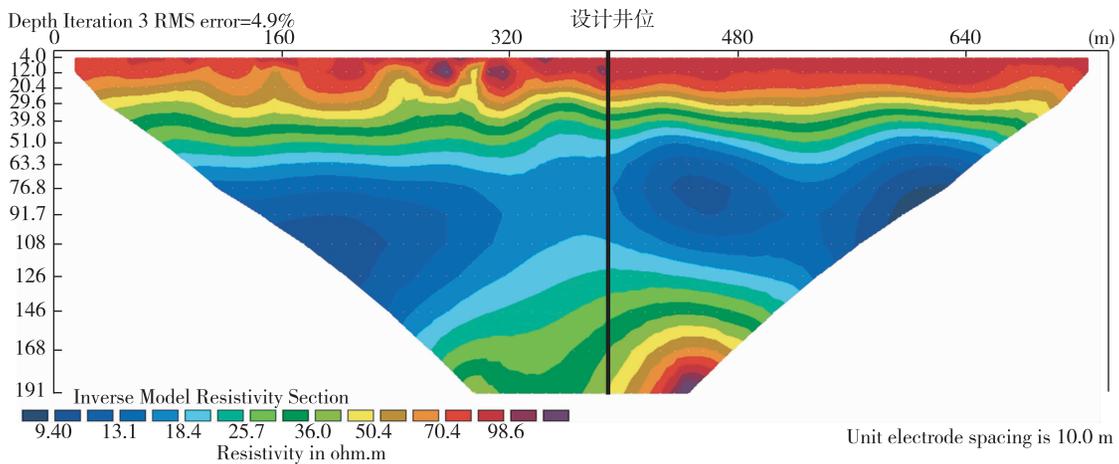


图 5 河洛镇源村高密度电阻率剖面

Fig. 5 High-density resistivity profile in Yuancun village, Heluo Town

口碎屑岩区为例说明如何确定井位。

夹津口韵沟出露地层主要为震旦系紫红色石英砂岩,中下寒武统深灰色薄层—中厚层状灰岩、白云质灰岩、泥质灰岩夹粉砂岩、砂质页岩、鲕状灰岩,上寒武统灰、深灰色厚层状白云岩、鲕状白云岩夹薄层泥质灰岩或灰质白云岩。本次工作钻探目标层是下寒武统辛集组灰岩,厚约 20~30 m,钻至震旦系砂岩终孔。通过分析地质构造,在一断层附近拟定井位。高密度电阻率勘查结果(图 6)表明,该拟定井位下部存在低阻异常。实际钻探结果显示,187.4 m 见震旦系紫红色砂岩,砂岩体电阻率明显比上部低阻灰岩异常体高,该井最终涌水量为 122.4 m³/d。

小关镇水道口出露地层主要为二叠系砂页岩,上部被 0~10 m 黄土覆盖。钻探目标层是砂岩裂隙水,地表勘查确定在一断裂带拟定井位后,高密度电阻率勘查显示(图 7)在剖面上 340~400 m 存在一明显的低阻异常。因此,确定井位在 378 m

处。该井实际钻探深度为 433 m,是本次工作钻探最深的孔,涌水量为 508.8 m³/d。

3.3 相互验证

为尽量避免风险,本次在野外运用物探设备过程中,除了实行上述“从已知到未知,再从未知到已知”的方法外,还运用激电测深、测井手段进一步验证,也采用同一种物探方法由两家单位共同在同一地点开展工作,相互验证。

3.3.1 多种方法

以五岭村激电测深法为例,五岭村地层为二叠系砂岩和页岩,上覆极薄层黄土,激电测深点采用对称四极装置,定比极距法。曲线总体呈 A 型曲线,在极距 AB/2=240 m 处有一低阻值,但 Md 呈局部极小值,Th 呈局部极小值,Rr 呈极大值,推测为由地表引起的畸变值。在极距 AB/2=240 m 处(高密度剖面 600 m 处)电阻率极距斜率变小,且含水参数有利,推测可能为弱含水异常。在五岭村完

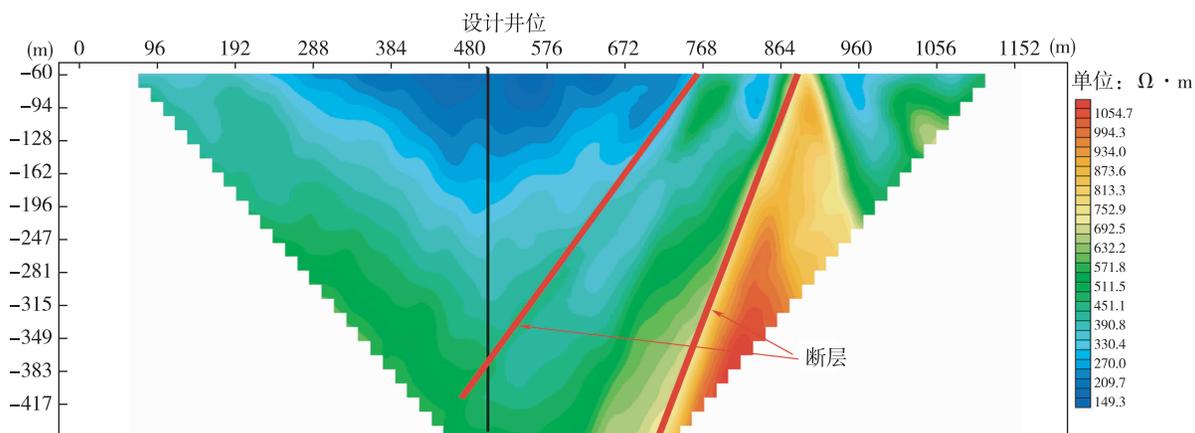


图6 夹津口镇韵沟村高密度电阻率剖面(由东向西)

Fig. 6 High-density resistivity profile in Yungou village, Jiajingkou Town

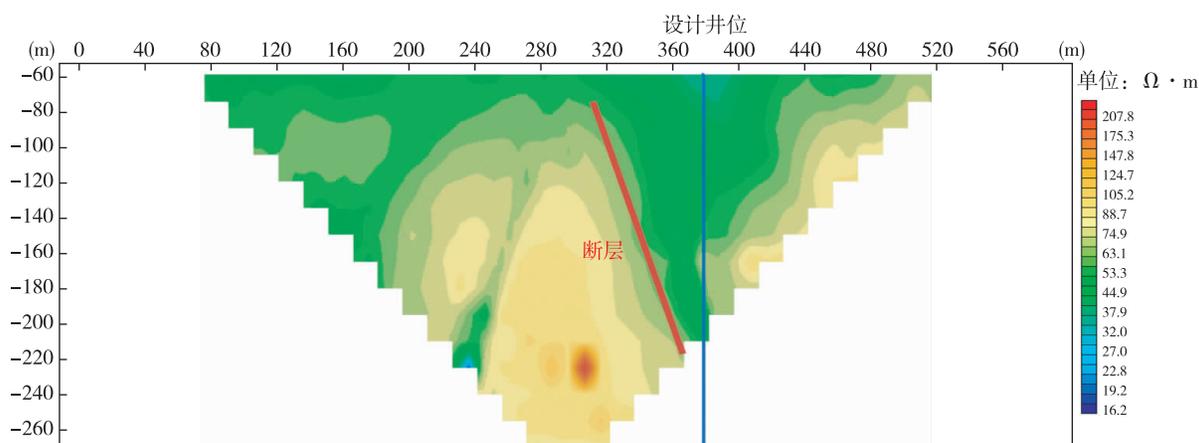


图7 小关镇水道口村高密度电阻率剖面(由南向北)

Fig. 7 High-density resistivity profile in Shuidaokou village, Xiaoguan Town

成的1条高密度电法剖面长1190 m,在70 m深以下见2个异常,分别为高阻异常和低阻异常。高阻异常与激电测深结果“往深部电阻率(R)呈上升趋势”完全一致(图8),二者可相互验证。最终确定井位在高密度电法剖面680 m处(低阻异常区)(图9),实际钻探深度达256 m,涌水量为424.8 m³/d。

3.3.2 同一方法

采用高密度电阻率法在同一地区开展工作以便相互验证,快速获取经验。在五岭、虎山坡和韵沟聘请2个单位在大致相同位置均布置开展高密度电阻率勘查,了解仪器性能和解译的异同性。实践表明,不同单位得出的勘查结果基本相同,高密度电阻率剖面图在深部反映的高阻和低阻区位置一致。

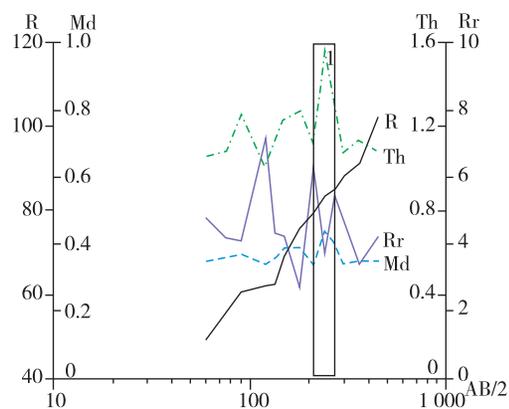


图8 五岭村激电测深点综合曲线图

Fig. 8 Integrated curves of IP sounding point in Wuling village

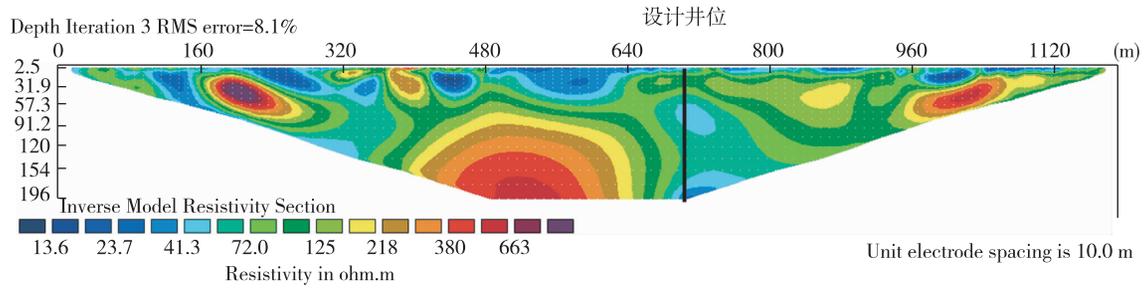


图 9 五岭村高密度电阻率剖面图

Fig. 9 High-density resistivity profile in Wuling village

4 钻探方法

4.1 钻探机械

本次主要使用回旋钻(型号:SPJ-300、SPJ-600)、冲击钻(CZ-60)和潜空锤3种钻探机械。冲击钻主要应用于地下土层存在巨厚卵石层、漂石层地区,回旋钻主要用在地下少或无卵石层、漂石层地区,这2种钻探方式特点是钻探速度相对较慢;潜空锤钻探特点是在基岩地区施工速度快,尤其是在上级规定时期内正常使用回旋钻来不及完成的任务,使用潜空锤可“一锤定音”。

4.2 钻井变径

本次钻探开孔口径为 Φ 450 mm或 Φ 500 mm。松散层管径为 Φ 275 mm;基岩地层管径上部为 Φ 275 mm,下部随深度增加可变径分别为 Φ 245 mm和 Φ 219 mm,终孔口径 $\geq \Phi$ 200 mm;潜孔锤施工管径为 Φ 203 mm。钻井变径可一定程度保证施工进度,也可节约成本。

5 结论

(1)本次在河南巩义地区应急抗旱找水打井,应用高密度电法勘查“从已知到未知,再从未知到已知”方法,获得了在巩义市“基岩山区深部高阻中寻找低阻”和“松散层低阻中寻找高阻”的找水思路,实践证明是可行有效的。本次在巩义地区打井20口,成井率100%。

(2)应急抗旱找水打井物探方法(如高密度电法、激电测深、测井等)的相互验证十分重要,对在应急期内尽快统一认识、确定具体井位具有重要意义,从而避免打“干眼”的风险。此外,通过不同单

位采用同一种物探方法在同一地点开展工作,及时交流相互经验和方法,可获得事半功倍的效果。

(3)鉴于应急抗旱时间紧、任务重和工作量大,可根据各地不同的水文地质条件和相应的工作任务安排不同的钻探机械和钻井方式,从而确保全面完成任务。

致谢:本次工作得到国土资源部、中国地质调查局、南京地质调查中心、河南省国土资源厅、地勘局、河南省地质调查院、郑州市国土资源局、水利局、巩义市政府、巩义市国土资源局、水利局等单位领导的关心、指导和帮助,在此表示衷心感谢!参加本次工作的人员还有袁平、朱广镇、李云峰、苏晶文、张泰丽、刘红樱、周权平、杨辉、殷启春、阎鑫中、李应华、詹栋梁、周迅、贾军元、叶永红、黄金玉、李自涛、马振杰、康华凯、付满江、马亚军和刘学洋等。

参考文献

- [1] 中国地质调查局. 严重缺水地区地下水勘查论文集(第1集)[M].北京:地质出版社,2003.
- [2] 中国地质调查局. 严重缺水地区地下水勘查论文集(第2集)[M].北京:地质出版社,2004.
- [3] 武选民,文东光,郭建强,等.西部严重缺水地区人畜饮用地下水勘查示范工程[M].北京:中国大地出版社,2006.
- [4] 王宇,朱春林,李燕,等.红层地下水勘查开发的理论及方法[M].北京:地质出版社,2008.
- [5] 底青云,石昆法,王妙月,等. CSAMT法和高密度电法探测地下水资源[J].地球物理学进展,2001,16(3):53-57.
- [6] 卢金凯.基岩裂隙水的野外调查方法[M].北京:地质出版社,1985.

- [7] 罗发科.电阻率法在贵州凯里地区的找水应用[J]. 贵州地质, 2009, 26(2): 145-148.
- [8] 石昆法, 戚洪彬. 地层含水性研究的地球物理方法[J]. 地球物理学进展, 2002, 17(4): 636-643.
- [9] 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, 33(5): 123-125.
- [10] 武毅, 郭建强, 朱庆俊. 宁南深埋岩溶地下水勘查的物探新技术[J]. 水文地质与工程地质, 2001, 28(2): 45-48.

Determination of well drilling sites and methods in the drought areas of Gongyi, Henan Province during groundwater exploration

JIANG Yue-hua¹, LI Yun¹, GE Wei-ya¹, YE Nian-jun¹, FENG Xiao-ming¹,
GONG Jian-shi¹, ZHOU Kai-e¹, HOU Li-li¹, ZHANG Bao-song¹,
ZHAO Mu-hua¹, ZHU Hong-bing¹, TONG Chang-shui², LIU Lin¹

(1. *Nanjing Center, China Geological Survey, Nanjing 210016, China*;

2. *Henan Institute of Geological Survey, Zhengzhou 450001, China*)

Abstract: Groundwater exploration and drilling work for emergency drought were carried out using high-density resistivity method in the city of Gongyi, Henan Province. The results show that deep aquifers and bed rocks in mountain area of southeastern Gongyi are characterized by low and high resistivity, respectively; while upper loess and lower gravel aquifers in northwestern area are characterized by low and high resistivity, respectively. Thus, a new idea for groundwater exploration by high-density resistivity method in study area was proposed, i.e. focusing on low resistivity part in high resistivity mountain area and high resistivity part in low resistivity loose sediments. 20 drilling wells are successfully completed in the city of Gongyi, which has proved to be effective. At the same time, quick understanding local geology, structure and hydrogeology conditions is vital to carrying out multiple-method geophysical exploration (such as high-density resistivity, electrical sounding and well logging) to mutual verification of groundwater exploration and drilling work for emergency droughts. Therefore, an early quick consensus can provide an important technical support for how to position well drilling positions and avoid appearance of dry wells. Emergency drought relief is characteristic of tight schedule time and heavy work. In order to ensure the completion of emergency task, the paper also points out that different drilling machinery and modes should be reasonably allocated according to workload of groundwater exploration, emergency response time and local hydrogeological conditions.

Key words: groundwater exploration; drought relief; determining well site; method summary; Gongyi; Henan Province