

doi: 10.3724/SP.J.1201.2013.05095

岩脉发育区构造裂隙水勘查研究

——以唐县史家佐村地下水勘查为例

邓启军, 李伟, 朱庆俊, 王新峰, 刘蕴, 曹红

(中国地质调查局水文地质环境地质调查中心, 河北保定 071051)

摘要: 保定西部太行山区广泛发育强透水岩层、低阻岩脉和富水构造。在该地区寻找构造裂隙水时, 关键在于准确区分低阻岩脉(体)与富水断层。利用水文地质调查和物探勘查相结合的方法, 通过对比分析低阻岩脉与富水断层的电性差异, 成功实施了一眼构造裂隙水勘查示范井。取得了岩脉区寻找构造裂隙水的有效方法, 解决了当地多年缺水问题。

关键词: 低阻岩脉; 富水断层; 构造裂隙水; 物探勘查

中图分类号: P641.135 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-1683(2013)05-0095-04

Exploration Study of Structural Fissure in Vein Developing Area

——A Case Study of Groundwater Exploration in Shijiazuo Village of Tang County

DENG Qijun, LI Wei, ZHU Qingjun, WANG Xinfeng, LIU Yun, CAO Hong

(Center for hydrogeology and environmental geology survey, CGS, Baoding 071051, China)

Abstract: A large number of permeable rocks, low resistance veins, and water rich structures occur in the Taihang mountains area of western Baoding. To explore the structural fissure water in this area, the key is to how to distinguish the low resistance veins from water rich fault accurately. Based on the hydrogeological conditions survey and geophysical exploration, a demonstration well of structural fissure water was successfully implemented through the comparative analysis of the electrical difference between low resistance veins and water rich fault. Therefore, the methods to find structural fissure water in the vein developing area was obtained, which solved the water shortage problem in this area.

Key words: low resistance veins; water rich fault; structural fissure water; geophysical exploration

保定西部山区位于太行山东麓北段, 在白云岩与灰岩分布区NW和NE向的断层中岩脉发育, 主要为闪长岩和辉绿岩。因岩脉充填, 地下水埋藏和分布具有极大的不均匀性, 其运动亦相对复杂^[1], 一直以来, 岩脉发育区的成井率普遍不高, 当地生活饮用水严重缺乏, 水资源短缺已成为该地区经济社会发展的最大制约因素^[2-4]。史家佐村位于保定西部唐县齐家佐乡, 是一个典型缺水村庄。该村找水难度大的原因是: (1) 地质条件较为复杂, 大部分构造均被岩脉、岩体侵入, 富水构造较少, 地下水体之间的水力联系被分割破坏, 连通性差。(2) 村庄附近普遍发育的闪长岩体及高岭土, 均呈现出低阻特性, 与富水断层的测量数据很相似, 容易干扰地下水勘查方向, 增加勘查难度。

本次工作是在分析区内水文地质条件的基础上, 通过详

细的水文地质调查, 首先遴选找水靶区^[5], 再针对岩脉与富水断层的低阻特性, 选择有效的物探方法组合^[6], 对比分析其电性差异, 进而准确判别富水断层, 解决该村长期以来的缺水问题。

1 水文地质条件

1.1 地质及构造背景

区内出露的地层为蓟县系雾迷山组(Jxw)燧石条带白云岩、青白口系景儿峪组(Qb)燧石角砾岩夹薄层石英砂岩和第四系全新统残坡积(Q4el+dl)碎石土; 村庄以西分布着大面积的闪长岩体。区内地质构造发育简单, 以NW和NE方向断层构造为主, NW方向断层延伸较短, 多被闪长岩、高岭土充填, 且大多被伴生的NE、NNE方向断裂构造切穿, 见图1。

收稿日期: 2013-01-17 修回日期: 2013-08-08 网络出版时间: 2013-08-23
网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20130823.1609.028.html>

基金项目: 国家自然科学基金项目(41240021)

作者简介: 邓启军(1985-), 男, 安徽六安人, 助理工程师, 主要从事地下水勘查、水资源评价方向工作。E-mail: dqjaaa@126.com

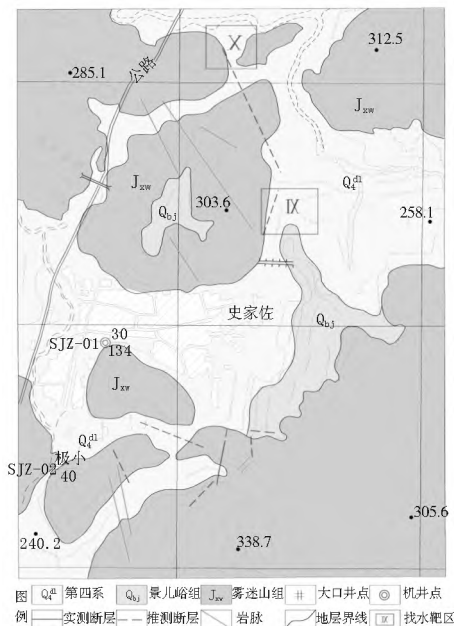


图 1 图 1 史家佐村地质构造及找水靶区

Fig. 1 Geological structure and target area of groundwater exploration in Shijiazuo Village

1.2 地下水的赋存特征

区内地势整体为西高东低,村庄东北部为一较大形的宽浅洼地,为全区的地势最低点。早先曾在村西沟施工一口 150 m 深井,遇到闪长岩体,后打孔(SJZ 01)至村南,成井深度 134 m。SJZ 01 井曾以 3 英寸泵满管抽水,水位稳定,停泵后水位恢复速度较快。然而使用几年后,水量逐渐减小,现已基本报废。经分析认为,该井所处的位置存在有一定的储水空间,但是岩体将村西地区的地下空间切割成网格状,各空间的水力联系被切断,地下水的补给不足。另外,村南沟里还挖有一大口井(SJZ-02),井深 40 m,8 m 以下见有致密黄白色高岭土,出水量极小。

区内第四系基本不含水,基岩中岩溶发育程度亦较差,因此找水目标主要是断层构造裂隙水。根据当地水文地质特征,确定找水方向是:(1)尽量避开村西岩体及村南高岭土地区,避免因岩脉或岩体分割错断了地下水体间的水力联系。(2)工作的重点放在村东与村北,主要是寻找富水断层,特别注意调查区内与 NW 方向伴生的 NE、NNE 方向的断层的富水特性。区内找水难点则是如何准确区分低阻岩脉与富水断层。

2 找水靶区的确定及物探工作布置

据调查,村北山垭口处发育有一低阻的线性构造,贯穿整个垭口,但因为地表均被残坡积物覆盖,不能准确判定其为断层构造还是低阻岩脉,将其圈定为一个找水靶区(图 1, Û 区);同时,在村东北山坡开挖面坡脚处发现有构造角砾岩出露,利用音频大地电场追索,推测其为一条 NE 方向的断层构造,但该断层构造是否被岩脉充填以及富水性如何,尚不得知,故亦作为一个找水靶区(图 1, Û 区)。

随后,在选定的两个找水靶区开展物探勘查工作,技术手段主要包括音频大地电场、EH-4 电导率成像法、激发极化

法等。音频大地电场法主要用于确定储水构造的平面位置,激发极化法主要用于判断储水构造的富水性^[7],而 EH-4 电导率成像法通常具备纵向高分辨率高和灰岩区勘探盲区小(通常埋深 < 20 m),快捷方便等特点,在山区找水中具有广泛适宜性和优越性^[8]。

3 物探勘查结果与分析

音频大地电场测量表明, Û 区附近线性构造走向 NW 20°, 倾角不明,于是垂直于该线性构造,开展了 EH-4 测量工作,结果见图 2。 Û 区附近断层走向为 NE 30°, 于是垂直于该断层构造开展了 EH-4 测量工作,结果见图 3。

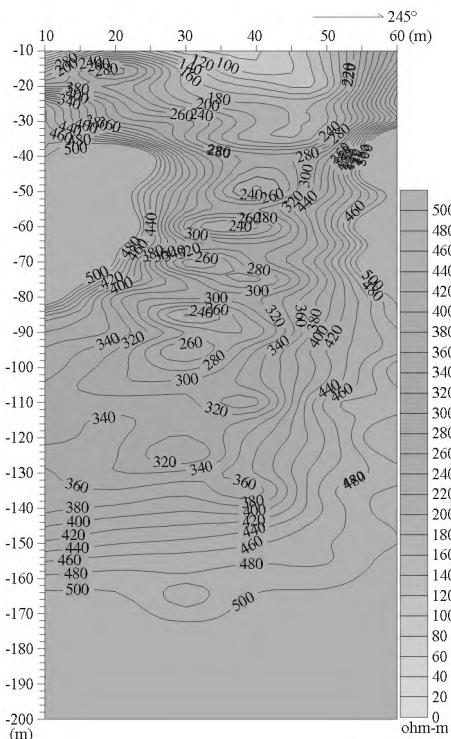


图 2 Û 区 EH-4 的勘查结果

Fig. 2 The exploration result of EH-4 in Û area

图 2、图 3 两张图中,白云岩的视电阻率一致,均 500 Ωm 左右。但是 Û 区线性构造的视电阻率值为 250~ 300 Ωm , Û 区断层的视电阻率为 150~ 200 Ωm , Û 区线性构造与围岩的电性差稍大于 Û 区。初步分析认为, Û 区为一条低阻岩脉,而 Û 区的断层则未被岩脉充填。根据 EH-4 勘查结果,推断 Û 区该断层倾角大于 80°, 倾向剖面尾端,断层宽约 10 m,发育深度大于 150 m。

为验证两处 EH-4 勘查结果,同时进一步的了解断层的富水情况,分别在 Û 区 EH-4 剖面 38 m 处及 Û 区剖面 19 m 处开展激电测深工作。从图 4~ 图 6 来看,两区的视电阻率(ρ_s)分布区间大致相同^[9],均呈低阻特征, Û 区断层视电阻率比 Û 区低 140 Ωm 左右。 Û 区与 Û 区的均呈低极化率特征,但 Û 区的极化率表现得更具规律性:浅部高的极化率值是第四系覆盖层,而基岩中视极化率值整体下降,下降后且基本平稳,在 80~ 100 m 出现明显的高值异常,而 Û 区极化率则呈现规律的递减。半衰时(S_t)是反映极化体衰减快慢的参数,富水时衰减慢, S_t 值较高。从图 6 可以看出, Û 区的 S_t 值在 80~ 130 m 时异常增高,而 Û 区 S_t 值则呈明显的 45°

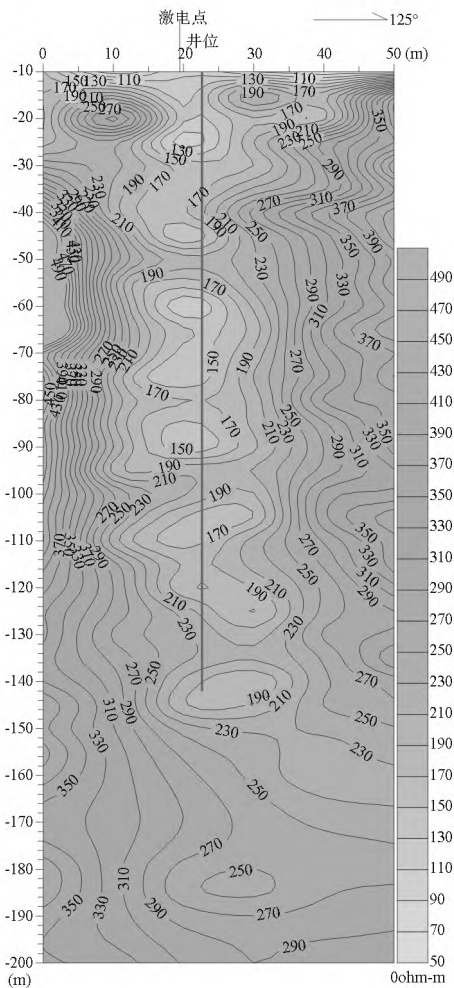


图3 U区EH-4勘查结果

Fig. 3 The exploration result of EH-4 in U area

斜线上升。就寻找山区裂隙水而言,富水破碎带的 ρ_s 往往明显的低于完整围岩,因此视电阻率曲线在相应部位会出现明显的低值。实际上,在基岩地区找水时,大多数情况是,在有水处 η_s 和 S_t 都有高值异常反应,而 ρ_s 却无异常,所以 ρ_s 参数不是主要资料。一般突变点是 η_s 、 S_t 出现高值异常部位的 $AB/2$ 极距大小基本相当于水位埋深。因此根据相关的激电参数,判断U区为富水断层,而且其出水位置位于80~100 m位置处。在同一岩性中半衰时参数亦能很好的反映静水位,在静水位附近的 $AB/2$ 极距位置处,半衰时参数一般表现为震荡特征。在 $AB/2$ 极距20~38 m段U区极化率曲线

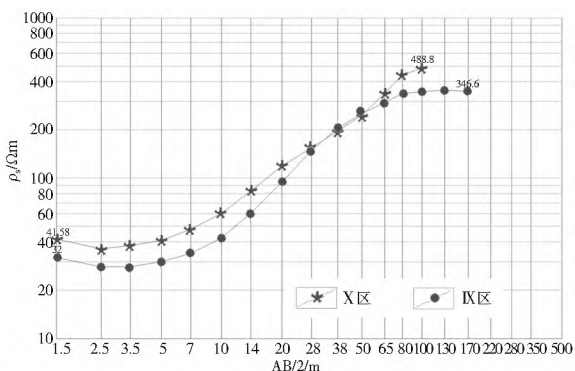


图4 U区与U区视电阻率曲线

Fig. 4 The apparent resistivity curves in U and U area

表现为明显的震荡特征,推测此处为静止水位埋深附近。后经过钻孔验证,静水位埋深36.87 m,证实了该判断。

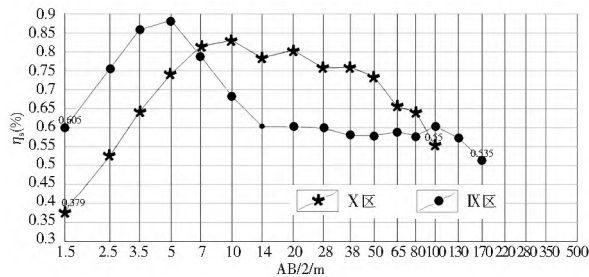


图5 U区与U区极化率曲线

Fig. 5 The polarizability curves in U and U area area

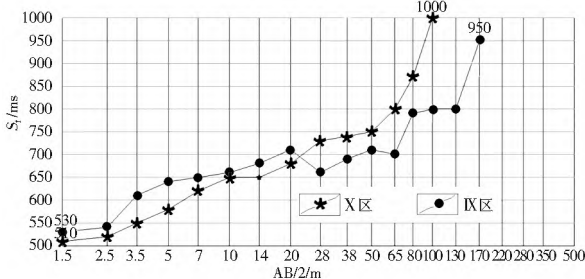


图6 U区与U区半衰时曲线

Fig. 6 The half decay time curves in U and U area area

据此,对比分析EH-4电性特征及激电参数,确定U区线性构造为低阻岩脉,U区断层未被岩脉充填,富水性较好。电阻率测深曲线表明 $AB/2=65\sim 170$ m,特别是80~100 m段地层岩石破碎,与EH-4勘查结果一致。

4 钻孔实施

根据物探勘查结果,确定U区断层是成井的优选地段。该区位于村东北,地形标高为全区最低处,汇水面积大,避开了村西的岩体及村南的高岭土脉,避免了地下水力联系被岩脉分割切断,地下水连通性较好,断层破碎带内有充足储水空间和补给来源,富水性强。

根据物探测量结果,确定EH-4剖面22 m处为最佳井孔位置。设计孔深为140 m,实际实施孔深为138 m,静水位埋深36.87 m。终孔后,实施了物探测井、抽水试验及饮用水水质评价等工作。

抽水试验表明,按定流量 $60\text{ m}^3/\text{h}$ 连续抽水24 h,水位降深10 m,抽水停止后4 h恢复到静止水位,实测该井涌水量大于 $1440\text{ m}^3/\text{d}$

根据《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2006)逐项评价其水质化验指标,评价结果表明该井水符合国家生活饮用水卫生标准,适宜饮用。

该井的成功实施,彻底解决了史家佐村近2500人及邻近村庄的生活用水难题,取得了较大的经济、社会效益,同时也为保定西部太行山区此类型地质条件下的找水起到了很好的示范作用^[10]。

5 结语

史家佐村岩体、岩脉十分发育。根据当地水地质条件,确定本区地下水勘查的主要目标是寻找断层蓄水构造。通

过物探技术确定找水靶区、区分富水断层和低阻岩脉,最终确定井位。勘探效果充分验证了先前确定的找水方向和物探结果分析。该井的成功实施,解决了史家佐村近 2 500 人的饮水问题,亦为此类型水文地质条件下找水起到了很好的示范作用。

对于低阻岩脉与富水断层,可通过电性参数及物探参数进行区分,但资料分析时,需要紧密的结合地质调查成果。由于受到各种因素制约,若利用不同断面间(断层断面、岩脉断面)的对比分析进行区分,往往比较困难。本次勘探经验表明,通过同一断面或剖面数据的对比分析来区分低阻岩脉与富水断层,结果更加可靠。

参考文献(References):

- [1] 刘光亚. 基岩地下水[M]. 北京:地质出版社, 1979. (LIU Guang ya. Bedrock Groundwater[M]. Beijing: Geological Press, 1979. (in Chinese))
- [2] 宋洪伟, 张翼龙, 刘国辉, 等. 综合电法在太行山区地下水勘查实例解析[J]. 水文地质工程地质, 2012, 39(2): 23-29. (SONG Hong wei, ZHANG Yi long, LIU Guo hui, et al. Analysis of Groundwater Investigation by Comprehensive Electrical Methods in the Taihang Mountain[J]. Hydrogeology and Engineering Geology, 2012, 39(2): 23-29. (in Chinese))
- [3] 王振兴, 李向全, 候新伟, 等. 太行山前严重缺水地区地下水勘查实践—以灵寿县丘陵地区为例[J]. 南水北调与水利科技, 2012, 10(3): 127-132. (WANG Zhen xin, LI Xiang quan, HOU Xin wei, et al. Groundwater Exploration in Serious Water Shortage Area of Taihang Piedmont—A Case Study in the Hilly Area of Lingshou County[J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2012, 10(3): 127-132. (in Chinese))
- [4] 王新峰, 刘蕴, 李伟, 等. 涑源盆地水文地质特征及缺水现状分析[J]. 南水北调与水利科技, 2012, 10(6): 74-78. (WANG Xin feng, LIU Yun, LI Wei, et al. Analysis of Water Shortage Status and Hydrogeologic in the Laiyuan Basin[J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2012, 10(6): 74-78. (in Chinese))
- [5] 武选民, 郭建强, 文冬光, 等. “逐步逼近式”找水方法及其在缺水地区水文地质勘查中的应用[J]. 西北地质, 2009, 42(4): 102-108. (WU Xu an min, GUO Jian qiang, WEN Dong guang, et al. The Successive Approximation Method on Groundwater Exploration and its Application in Hydrogeological Investigation in Watershortage Areas[J]. Northwestern Geology, 2009, 42(4): 102-108. (in Chinese))
- [6] 武毅, 郭建强, 曹福祥, 等. 多种物探技术勘查宁南深层岩溶水的组合试验[J]. 物探与化探, 2002, 26(2): 113-117. (WU Yi, GUO Jian qiang, CAO Fu xiang, et al. The Combination of Varied Geophysical Techniques in Exploring Deepseated Karstic Water of South Ningxia[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2002, 26(2): 113-117. (in Chinese))
- [7] 李伟, 朱庆俊, 王洪磊, 等. 西南岩溶地区找水技术方法探讨[J]. 地质与勘探, 2011, 47(5): 918-923. (LI Wei, ZHU Qing jun, WANG Hong lei, et al. On Methods of Finding Water in the Karst Zones of South West China[J]. Geology and Exploration, 2011, 47(5): 918-923. (in Chinese))
- [8] 郭建强, 武毅, 邵汝君, 等. StratagemTM-EH4 电导率成像系统简介及应用[J]. 物探与化探, 1998, 22(6): 458-464. (GUO Jian qiang, WU Yi, SHAO Ru jun, et al. A Brief Description of the STRATAGEM EH-4 Electrical Conductivity Image-forming System and Its Application[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 1998, 22(6): 458-464. (in Chinese))
- [9] 李伟, 朱庆俊, 李巨芬, 等. 华北地方病严重区地下水勘查及供水安全示范 2010 年度报告[R]. 保定: 中国地质调查局水文地质环境地质调查中心, 2010. (LI Wei, ZHU Qing jun, LI Ju fen, et al. The 2010 Report of Serious Endemic Area for Groundwater Exploration in North China and the Water Supply Safety Demonstration[R]. Baoding: Center For Hydrogeology and Environmental Geology Survey, CGS, 2010. (in Chinese))
- [10] 王洪磊, 李伟, 吴洪涛. 复杂地区构造裂隙水勘查方法实践—以磁县南蛟村构造裂隙水勘查为例[J]. 地下水, 2009, 21(6): 121-124. (WANG Hong lei, LI Wei, WU Hong tao. Practice on the Method of Ectonic Crack Water Exploration in Complex Area[J]. Ground Water, 2009, 21(6): 121-124. (in Chinese))

(上接第 15 页)

- [15] 欧阳铭, 白若男, 朱国宇. 成都市水资源承载力动态变化及成因[J]. 南水北调与水利科技, 2012, 10(6): 110-114. (OU Yang ming, BAI Ru o nan, ZHU Guo yu. Dynamic Variation of Water Resources Carrying Capacity and Its Causes in Chengdu [J]. South to North Transfers and Water Science & Technology, 2012, 10(6): 110-114. (in Chinese))
- [16] 张岳. 中国水资源与可持续发展[M]. 南宁: 广西科学技术出版社, 2000: 2-3. (ZHANG Yue. China's Water Resources and Sustainable Development[M]. Nanning: Guangxi Science and Technology Publishing House, 2000: 2-3. (in Chinese))