

吉林省西部低山丘陵区找水经验与体会

王德仲

(吉林省地质调查院, 吉林 长春 130061)

[摘要] 吉林省西部、气候干旱, 降水量明显减少, 地下水资源严重短缺, 人畜饮用水日趋紧张。为解决该区人畜饮用水困难局面, 在该区开展打井找水及地下水资源调查工作, 具有现实及长远的意义。

[关键词] 示范工程; 富水断裂; 含水段

吉林省西部(白城、洮南)是我国北方地区较为典型的半干旱草原气候区, 是内蒙高原与东北平原的过渡带。北为大兴安岭东麓低山丘陵, 西为内蒙科尔沁沙地。年降雨量400mm左右, 蒸发量可达1900mm。这里十年九旱, 自然及气候条件较为恶劣。

洮南市北部丘陵区, 是西部严重缺水地区, 面积约1796.27Km²。该区辖十个乡镇, 一个厂站(沈阳军区后勤军马场), 现有人口12.68万, 牲畜13.2万头, 耕地5.4万公顷。全区严重缺水人口有5.14万, 占总人口的40.5%, 缺水牲畜6.8万头, 占总牲畜数的51.5%。

自20世纪80年代以来, 本区受世界范围气候变异及地区气候变迁影响, 洪、旱灾害交替出现, 且严重自然灾害出现的频率在加快。特别是近年来, 降雨不断减少, 持续干旱。据气象部门资料:2001年年降雨量仅百余毫米。当地百姓年年掏井, 增加井深, 但还是赶不上地下水下降的速度, 不少村屯为打井, 需要用推土机推出一个3-5米的坑再打井, 不少屯已普遍采用“二井碟”, 用以克服取水困难。

由于区域地下水位大幅度下降, 树木根系得不到水分涵养, 正在成片枯萎、死亡。诸多严重缺水村屯, 老百姓苦于连年干旱和没水吃而关门闭户, 北漂离乡外出打工。

多年来, 吉林省政府对西部缺水现状十分关注, 每年从财政拨付资金用以解决西部缺水急需, 地方政府分年度实施打井解困计划。

自2001年始, 中国地质调查局审时度势, 针对东北地区严重缺水现状, 立项实施《松辽西部地下水资源调查评价》, 以期缓解当地饮用水紧缺的燃眉之急, 切中了我省西部严重缺水的脉搏。至此, 拉开了水文地质工作者在我省西部严重缺水地区进行水文地质调查, 开展打井“示范工程”的序幕。

1 勘察成果

吉林省地质调查院于2001年—2002年在吉林省西部低山丘陵区开展找水工作, 充分运用遥感、物探、水文地质调查、水文地质钻探、抽水试验等多种方法与手段, 坚持以水文地质理论和方法为指导的原则, 开展综合找水工作, 取得比较丰硕成果和显著的社会效益。两年来为地方成井13眼、提供出水量6365.28m³/d。投入钻探工作量1053.09m, 遥感解译面积2000Km², 物探联合剖面长度83.14Km, 物探点4600个, 激电测深237个点, 水文地质

[作者简介] 王德仲(1954-), 男, 吉林省长春市人, 吉林省地质调查院高级工程师。

调查面积为 1796.27Km² (丘陵区), 抽水试验 53 个(井)孔, 稳定时间 675.70 小时。

本次找水勘察发现压性、压扭性一侧充水断裂 20 条, 张性、张扭性本身充水断裂 11 条, 复合型充水断裂 4 组(8 条断裂), 全区发现各类富水断裂共 39 条, 富水断裂带内的井、泉总出水量 20796.06 m³/d。

通过遥感、物探解译找出有望富水断裂 10 条(见表 1)。

表 1 遥感物探解译富水断裂带统计表

断裂编号	位置	走向(度)	倾向(度)	倾角(度)	长度(Km)	宽度(m)	深度(m)	推测充水部位	解译方法	
1	煤窑乡前付家洼子	18	288	60		20-40	65	一侧充水		物探
2	煤窑乡西太平	295	205	52		30	35	本身充水		物探
3	野马乡德福屯东侧	0	90	85	11.6			一侧充水		物探
4	野马乡前赵家洼子	310	220	80	5.2	20-40	50	本身充水	遥感	物探
5	那金镇里仁屯南	70	160	68	6.2	20-30	35	一侧充水	遥感	物探
6	巨宝乡后四平山北东	305	205	68	7.3	20-40	50	一侧充水	遥感	物探
7	龙泉五队—八家子水库	280	190	72	11.5	30-50	40-50	一侧充水	遥感	物探
8	长久北—八家子水库北				21.5				遥感	
9	巨宝马场—二连北	305	35	82	27.2	40	50	一侧充水	遥感	物探
10	巨宝乡太平林场南				7.0				遥感	

由于在这次找水工作中解决了德福屯、四立、炮台等 12 个村屯、一个旅游区[5000 余户、1 万人、2.0 万头(只)牲畜]的饮水问题, 成果显著。吉林省电视台、国土资源报、白城日报、吉林地矿报、中国地质调查局网站都曾报导了我院找水工作。吉林省水利厅长、白城市市长、洮南市市长领导也对找水工作给予了充分肯定。当地农民杀猪宰羊慰劳找水工作者, 庆祝找水打井成功。该项工作在群众中引起强烈反响, 取得了良好的社会和经济效益。

2 找水工作经验与体会

2.1 丘陵山区找水

丘陵山区是本次工作的重点, 在充分收集前人资源的基础上, 采用以水文地质调查、遥感、物探、试验等综合找水效果较好。

该区由于风化层薄，风化深度一般 10-15m，局部 20m 左右，水量贫乏，单井涌水量一般小于 $100\text{m}^3/\text{d}$ ，局部 $100-150\text{m}^3/\text{d}$ 。无集中供水价值。此次勘察重点为基岩构造裂隙水。

2.1.1 沉积岩分布区找水

沉积岩分布于中部及南部。地层有二迭系下统吴家屯组，分布面积 591.64Km^2 ，占全区面积 33%，是本次工作主要地段之一。侏罗系下统红旗组，中统万宝组零星分布，面积约 10Km^2 ，分布于万宝镇西部和万宝乡附近。岩性为泥岩、粉砂岩夹煤层，水量较贫乏，分布面积小，不做为主要研究对象。该区沉积岩层间裂隙不发育，地下水主要赋存于构造裂隙中，因此，在沉积岩中找水主要是找构造裂隙水。

2.1.1.1 寻找张性、张扭性富水断裂

由于区内裂隙富水带受东西向华夏系及新华夏系构造控制，张扭性富水断裂带主要分布方向为北西向、北北西向及南北向。本次工作在沉积岩区内共发现张性、张扭性富水断裂带 5 条。以野马乡德福屯 ZK_1 号孔为例，遥感解译在该屯西侧有一条北西向富水断裂带，在此基础上开展水文地质调查，屯西有一北西向沟谷，地形西北高、东南低，补给条件较好，过去在沟谷内有泉水出露（现已干枯），在沟谷东侧边部有一民井，井深 7.0m，出水量为 $5\text{m}^3/\text{h}$ ，而村内其它民井井深一般 7-10m，已有部分干枯，大部分井水不够饮用。水量差别大。根据上述分析有一条北西向断裂，这一调查结论与遥感解译相吻合。

在该井附近垂直于北西向沟谷布置了 2 条物探联合剖面线， $AO=BO=90\text{m}$ ，在 62/0 号点附近出现低阻正交点，说明该断裂存在，倾向 222° ，倾角 75° ，浅层宽 30m，深部变窄。在该线布置了激电测深点 4 个， s_0 在断面图上 60/0 点处， $AB/2=100\text{m}$ ， $s_0=500\text{m}$ ， s_0 出现低阻异常。在 60/0 点电测深曲线上， $AB/2=110\text{m}$ ， $s_0=470\text{m}$ ，半衰时 $T_H=1.85\text{s}$ 、偏离度 $r=4.6\%$ 、衰减度 $D=51\%$ ，各种参数异常对应较好，推断主要含水层在 50m 左右。设计井位为 60/0 点。

经 ZK_1 号孔验证，在 51、25m 以上，岩性主要为吴家屯组凝灰质细砂岩，岩芯破碎、采取率低，岩芯呈大小不等碎块，构造裂隙发育，裂面上有水锈，钻进 25-30m 处孔内漏水，在 45m 左右岩芯破碎、裂隙发育。含水层总厚度为 23.08m，终孔孔深 81.00m。当抽水试验降深 26.88m 时，单井涌水量 $411.84\text{m}^3/\text{d}$ 。

2.1.1.2 寻找压性、压扭性断裂影响带

区内东西向、南北向、北东向、北北东向断裂发育，断裂以压性、压扭性为主，在这些压性、压扭性断裂影响带内构造裂隙发育，赋存着较丰富的地下水，是找寻构造裂隙水的有利部位。在本次勘察工作中发现 3 条该类型的富水带。以野马乡洪家窑 F_{26} 为例，在遥感解译图中存在着一条北东和北西向断裂。在水文地质调查中发现该村有一条北东向人工渠，渠内有两个泉（现已扩成井），泉（井）自流量为 0.062L/s ，抽水时单井涌水量 300— $500\text{m}^3/\text{d}$ 。在泉（井）的南东新挖两眼大井，水量也较丰富，单井出水量 200— $300\text{m}^3/\text{d}$ ，水位埋深 0—2m，而村内民井水位埋深 7—8.50m。二者水位差异明显。另外，在村北东一大

口井内见有一组压性结构面，产状 $220^{\circ}/75^{\circ}$ 。上述调查结果说明，在泉（井）与村屯之间存在一条北东 40° 左右阻水断裂，使断裂北部地下水位抬升，以泉的形式出露。为查明该处断裂的位置、产状、规模、定性解释富水性，在该村布置了 4 条联合剖面线。经物探查明，北西向无断裂存在，北东向有一条走向北东 40° 、倾向 130° 、倾角 $76-80^{\circ}$ 、长 3.0Km、宽 20-40m、深 50m 断裂。在 0 线 $AO=OB=70m$ ，30/0 号点出现低阻正交点， $\rho_s=310\text{ m}$ ，随着极距的增大，曲线幅度增大，推测断裂在 30/0 点通过。在 10 线联合剖面中， $AO=OB=70m$ 时，35/10 点附近出现低阻正交点， $\rho_s=240\text{ m}$ ，28/10 点附近出现低阻正交点 $\rho_s=470\text{ m}$ ，推测在 35/0 至 36/0 点附近有断裂通过。激电测深在 29/0 点 $AB/2=40$ 时， $\rho_s=140\text{ m}$ 、 $\rho=1.3\%$ 、 $D=45\%$ ，都有异常反映，异常点各参数反映较好。设计井位在 29/0 点北。经钻验证，2-46.18m 为二叠系下统吴家屯组细砂岩和凝灰岩，岩石性脆坚硬、裂隙发育，岩芯破碎，裂面上有水锈，钻进速度快，有漏水现象。含水层厚度 30.71m，水位埋深 8.47m。46.18-58.35m 为断层角砾夹断层泥（未揭穿），孔深 58.35m。单井涌水量 $603.36\text{m}^3/\text{d}$ ，降深 20.31m。

2.1.1.3 寻找背斜轴部富水断裂

本区二叠系下统吴家屯组受南北向挤压在北起东升、南至黑顶山一带形成了近东西向的紧密褶皱。本次勘察中发现，发育在北斜轴部断裂富水性好，两翼次之。如 S_{23} 号孔、 S_{43} 号孔均位于背斜轴部，张裂发育，这些张裂张开程度好，为地下水的赋存提供了良好空间，有利于地下水的储存。钻孔单井出水量分别为 $737.04\text{m}^3/\text{d}$ 、 $741.84\text{ m}^3/\text{d}$ 。而向斜轴部断裂富水性则反之。

2.1.1.4 富水断裂带的物探特征

依据物探联合剖面曲线特征分析，构造裂隙水赋存有如下规律，在硬脆岩石中， ρ_s 曲线出现低阻正交点或“V”字型同步上升同步下降， $\rho_s=200-600\text{ m}$ 。深浅部 ρ_s 值对应好。激电测深均有明显异常，激电测深 T_H 、 r 、 D 参数对应较好。具有上述特征的一般为富水断裂带。

2.1.1.5 寻找岩性接触带富水断裂

岩性接触带处断裂富水性好，如 S_{23} 、 S_{43} 号孔均位于岩性接触带上， S_{23} 号孔位于吴家屯上段和中段接触带处，单井涌水量 $737.04\text{m}^3/\text{d}$ 。 S_{43} 号孔位于燕山期闪长岩与二叠系下统吴家屯组上段接触带上，单井涌水量 $741.84\text{m}^3/\text{d}$ 。断裂交汇处，裂隙发育，是找地下水的有利部位。

2.1.2 花岗岩分布区找水

区内花岗岩主要分布于东部及南部，面积 486.37Km^2 ，占全区面积 27%，其找水方法步骤同上。区内共发现 7 条压性、压扭性富水断裂带，以 ZK_6 号孔为例，根据遥感资料在七道岭附近有 1 条富水断裂(F_{23}) 经物探查明其走向 305° 、倾向 215° 、倾角 70° 、长约 3.5Km、宽约 60m、深 50m。在 47/3 点出现低阻正交点， ρ_s 为 400 m，而两侧完整花岗岩体 ρ_s 值

达 800-1200 m。在 47/3 点做激电侧深,曲线对应好。AB/2=80m, $T_H=0.7-0.9(s)$ 、 $\rho_s=5-10\%$ 、 $D=25-35\%$ 、 $\rho_s=500$ m。联合剖面及电测深 ρ_s 异常明显。设计孔位 47/3 点。

经 ZK₆ 钻孔验证, 0—4m 为砂砾石夹粘土, 4—37.9m 为断裂上盘影响带, 岩性为华力为断层泥, 是挤压中心, 40.4—60.10m 为岩芯较完整, 花岗岩岩芯柱长 40—50cm, 为非含水段。经抽水试验, 降深 26.28m, 涌水量 312.72m³/d, 水量较丰富。

2.1.2.1 寻找北西向、北北西向张性及张扭性富水断裂带, 由于张性及张扭性断裂带发育, 张开程度好, 有利于地下水的储存, 水量较丰富, 是寻找构造裂隙水最佳部位。

2.1.2.2 寻找压性、压扭性断裂影响带, 由于该区东西向、北西向、南北向、北东向、北北东向断裂以压性、压扭性为主。如 F₂₁、F₂₂、F₂₃、F₃₃ 均为此类型, 断裂以压性、压扭性为主, 在断裂影响带岩石破碎裂隙发育, 较富水, 如上述 F₂₃ 断裂。

2.1.2.3 接触带附近常有富水断裂带, 带内裂隙发育, 水量较丰富, 也是找水的有利部位。

2.1.2.4 物探联合剖面 ρ_s 值出现低阻正交点及同步上升、同步下降或“v”字型低阻异常, 浅部出现低阻正交点, 深部同步上升, 同步下降。

$\rho_s=450—750$ m。激电测深 ρ_s 值在 18—65m 出现低阻异常或平缓曲线, 其它参数对应较好, 为富水断裂带。但应指出布井时, 必须查明断裂的产状、位置、规模等, 选择理想井位, 否则效果相反。

2.1.2.5 断裂交汇部位裂隙发育是寻找构造裂隙水最理想的部位。

2.1.3 火山碎屑岩分部区找水

火山碎屑岩主要分布在北部及万宝镇以西、瓦房镇北部、南部也有零星分布, 面积 464.43Km², 占全区面积 26.4%。岩性为侏罗系中统呼日格组、付家洼子组及上统宝石组凝灰岩、角砾凝灰岩、流纹岩、凝灰质中细砂岩等。其找水方法步骤同上。

区内火山碎屑岩坚硬, 性脆, 构造裂隙发育, 水量丰富, 是本次找水主要目的层之一。本次勘察发现张性富水断裂带 6 条, 压性、压扭性富水断裂带 7 条, 复合型富水断裂 2 组。

富水等级大于 1000 m³/d 的断裂带有 6 条, 占 60%, 富水等级 500—1000m³/d 的断裂带 1 条, 占 10%, 富水等级小于 500m³/d 的断裂带有 3 条, 均为民井, 属非完整井, 单井出水量受到影响。

2.1.3.1 寻找张性、张扭性富水断裂带

区内新华夏系在侏罗系中较发育, 表现为北东压性断裂和北西向张性断裂, 该区火山碎屑岩构造裂隙水严格受新华夏系构造控制。区内共发现 6 条北西向张性富水断裂带, 如: 永德鸡场 F₁₀、兴顺屯 F₁₁、后付家洼子 F₁₄、西凹屯 F₂₄ 等张性断裂, 走向 290—315°, 断裂带内水量丰富, 单井涌水量 603.36—960m³/d, 6 条张性断裂中有 5 条富水等级大于 1000m³/d, 占 83.3%, 而有一条富水等级为 500-1000m³/d, 占 16.7%。

2.1.3.2 寻找压性、压扭性富水断裂带

区内晋隆 F_1 、双庙 F_4 、大炮台 F_6 等共 10 条均为压性、压扭性富水断裂带。以晋隆 ZK7 号孔为例,根据遥感资料该村有一条北东向和一条近南北走向的断裂。经物探查明,该村除有上述两条断裂外,还有一条东西向断裂。50/2 号点、70/4 号点控制着北东 30° 的断裂,倾向 300° 、倾角 85° 、宽 30m、深 60 m。在 50/2 号点做激电测深,各种参数对应好。 $AB/2=28\text{m}$, $T_H=1.4\text{s}$ 、 $\rho_s=12\%$ 、 $D=68\%$ 、 $\rho_s=90\text{ m}$; $AB/2=56\text{m}$, $T_H=1.3\text{s}$ 、 $D=72\%$, 为一条富水断裂带。

经 ZK₇ 号孔验证,5.84-45.0m 为凝灰岩夹凝灰角砾岩,岩芯破碎发育,裂面上有水锈和擦痕,含水段厚度 39.16m,45-61.03m 为凝灰质角砾岩,裂隙不发育,岩芯完整,为非含水段。经抽水试验,降深 7.53m,单井涌水量 $603.36\text{m}^3/\text{d}$ 。富水等级大于 $1000\text{m}^3/\text{d}$ 。

2.1.3.3 寻找岩性接触带富水断裂

双庙 F_4 断裂处于付家洼子组与宝石组岩接触带附近, S_2 钻孔单井出水量 $810\text{ m}^3/\text{d}$, 降深 11.34m。此处裂隙发育,是寻找构造裂隙水的有利部位。

2.1.3.4 寻找复合型富水断裂带

它由二条以上断裂组成,构造裂隙发育,是富水部位。如水泉 F_2 、 F_3 断裂,两条断裂斜交,北西向张性断裂穿过北东向压扭性断裂,北东向断裂上盘影响带富水, S_1 处于 F_3 压扭性断裂影响带内,水量丰富。单井出水量 $722.88\text{ m}^3/\text{d}$, 降深 6.28m。富水等级大于 $1000\text{ m}^3/\text{d}$ 。

2.1.4 找水工作中应注意的问题

在沉积岩中找水,由于部分地段岩性为碳质泥岩或碳质板岩。在利用电法找水过程中,电性反应为低阻正交点,认为有水的反应。如好田 ZK₅ 号孔和丁家围子 ZK₈ 号孔就是如此,以好田 ZK₅ 号孔为例,在好田村遥感解译有一北东向富水断裂带,因此,在该村布置了两条联合剖面线,在 64/1 号点附近出现低阻正交点,在 66/2 号点和 74/2 号点出现低阻正交点, $\rho_s=150\text{ m}$, 将钻孔布置在 74/2 号点。并在 74/2 号点做了激电测深,各种参数对应较好。将钻孔布置在 74/2 号点,该孔孔深 93m,0—4m 为亚砂土夹碎石,4—44m 为构造糜棱岩、构造碎裂岩,污手,透水性差,起阻水作用为非含水段。44—53.19m,二叠系砂岩,53.19—93m 为碳质泥岩,为非含水段。此孔抽水无水。

通过此孔,使我们认识到应用电法找水在低阻层内或断裂挤压带内,物探联剖及电测深电性反应都较好,在断层挤压带内还出现低阻正交点。对电性反应做出正确的解译。要做到以下几点:

- (1) 首先充分收集区域地质水文地质资料,掌握区域构造、地层及岩性特点及分布规律。
- (2) 对区域电性特征加以总结、掌握区域内地层及岩性、断裂的电性背景值。便于分析对比,透过现象看本质,减少分析中的错误。
- (3) 加强综合研究、采用多种物探方法,如磁法、重力法及放射性等方法,相互对比验证,提高或加强找水效果。