



# 高密市南部贫水区地下水勘查探讨

张涛<sup>1</sup>, 韩晔<sup>1</sup>, 马春燕<sup>2</sup>, 高建光<sup>2</sup>

(1. 山东省地质调查院, 山东 济南 250013; 2. 高密市水利局, 山东 高密 261500)

**摘要:**高密市南部低缓丘陵区是山东省典型的资源型缺水地区,通过遥感解译、水文地质调查、物探、钻探等手段,在小于家庄村南成功施工1眼深100 m水井,并通过多孔非稳定流抽水试验求取了部分水文地质参数,确定了可开采量。此次工作对下一步该区农业抗旱、居民生活用水打井都具有一定的示范意义。

**关键词:**贫水区;地下水勘查;节水钻进;隔水层;高密市南部

**中图分类号:**P641.7      **文献标识码:**A

山东省大部地区干旱少雨,特别是2008年冬的旱灾,使农作物遭受巨大的损失,山东省地质调查院响应省国土资源厅的号召,在全省贫水地区开展了地下水勘查、打井抗旱工作。高密南部贫水区地下水勘查工作就是在“高密市地氟病高发区地下水勘查与示范工程”项目的基础上追加开展的工作,此次工作的圆满完成,为今后山东省在类似地区寻找地下水提供了技术依据。

## 1 高密市南部缺水情况及找水思路

### 1.1 高密市南部缺水情况

勘查区位于高密市南部,包括方市、柴沟、土庄、王吴4乡镇及拒城河、柏城、李家营3乡镇的一部分,面积285.16 km<sup>2</sup>,占全市总面积的17.8%。行政村175个,119 100人,耕地1.92万hm<sup>2</sup>,有效灌溉面积0.52万hm<sup>2</sup>,灌溉率27%,人均耕地0.16 hm<sup>2</sup>,人均水浇地0.043 hm<sup>2</sup>。人均水资源占有量312 m<sup>3</sup>,仅为全国人均占有量的1/7<sup>[1]</sup>。

该区地形为低缓丘陵及剥蚀平原,大面积分布中生代白垩纪砂岩、砂页岩等碎屑岩类<sup>[2]</sup>。地下水类型主要为碎屑岩类孔隙—裂隙水,含水层主要为表层岩石风化形成的孔隙—裂隙层。由于风化裂隙细小且不发育,含水介质赋水性差,地形起伏变化较大,使大气降水多形成地表径流排泄,对地下水的补给量较小,导致该区地下水贫乏;另外区内地表水利

用率也不高。这两大因素使高密市南部成为高密市水资源最贫乏的地区。干旱年份农业缺水严重<sup>[3]</sup>,某些村庄人畜吃水也相当困难。

### 1.2 找水思路

砂岩、砂页岩的大面积分布且单层厚度大,裂隙不发育,为此次地下水勘查带来了很大的困难。在充分研究该区的地质构造、地质构造演化之后<sup>[4,5]</sup>,认为该区岩石裂隙发育不均匀,其富水性受构造及裂隙发育程度的影响变化大,在张性断裂带及不同岩性的接触部位,岩石较破碎,富水性往往比较大,可形成小型集中供水井组。

根据以上思路,通过1:5万遥感解译,圈出地面测绘的重点地区,在这些地区开展1:5万水文地质调查、水样采集与测试等工作,选择1处有前景的地段,布设物探电阻率联合剖面与电阻率测深确定井位,施工1眼探采结合孔并进行非稳定流抽水试验及水质测试,简单评价水量及水质,为该区地下水勘查提供示范。

## 2 典型勘查区的选取与地下水勘查

### 2.1 典型勘查区的选取

通过遥感解译及地面调查等工作,选择了井沟镇西南5 km处的小于家庄西南地段作为示范工作

\* 收稿日期:2009-09-08;修订日期:2009-12-25;编辑:陶卫卫

作者简介:张涛(1978—),男,山东高密人,工程师,主要从事水文地质、环境地质调查研究工作;E-mail:zhangtew@163.com。

的具体勘查区,并开展详细工作。

小于家庄隶属柴沟镇,全村261人,耕地面积60 hm<sup>2</sup>。该村属严重缺水地区,村南2口深度在10多米的大口井是村里的水源井,干旱年份水井干枯,人畜吃水极其困难,更无法进行农田灌溉。

该地段地层岩性主要为中生代白垩纪莱阳群止凤庄组青色、黄色、紫红色中粗粒长石砂岩,小于家庄村南局部地表可见紫灰色潜流纹岩,应为方市北流纹岩体的北边界。由于基岩上部大部分为薄层第四系黏性土覆盖,砂岩与流纹岩的接触边界不可见。遥感影像显示井沟-诸城断裂从小于家庄村西经过,同样由于第四系覆盖,地表调查时不可见。

## 2.2 物探

为查明区内地质结构裂隙的走向等共布置联合剖面4条,分别为I线、II线、III线及IV线,测深点8个<sup>[6,7]</sup>。联合剖面I线、II线、III线位于于家庄南(图1),走向近EW。IV线位于马戈庄西已知井边,走向近EW。电阻率测深点的布置是在分析联合剖面电阻率曲线的基础上在含水条件相对较好的区域内(正交点、同步下降点)布置的<sup>[8]</sup>。

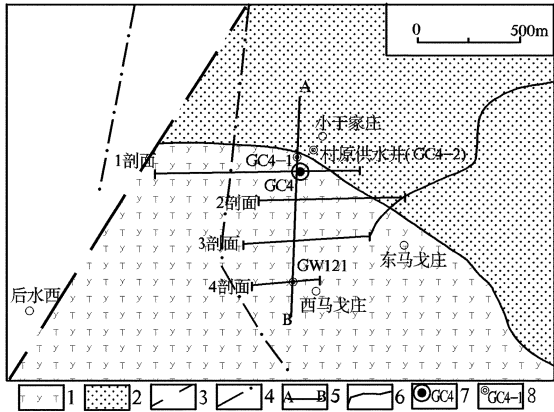


图1 于家庄勘查区工程布置平面示意图

1—潜流纹岩;2—砂岩;3—推测断层;4—物探联合剖面;5—水文地质剖面;6—地层界线;7—已有井点;8—施工井点

### 2.2.1 联合剖面视电阻率曲线分析

通过勘查可知,该地区的含水带在曲线上显示为低阻正交点或电阻率同步下降区域,主要位于潜流纹岩的破碎带中或潜流纹岩与砂岩岩性接触带中。

对联合剖面I线、II线、III线曲线进行分析(点号自西向东增大),I剖面自297点到341点为相对低阻区(图2),341点到399点位相对高阻区,因此

推断341点附近位于岩性分界线,341点以西为砂岩,以东为高阻区,根据地质资料推断为潜流纹岩,即井沟-诸城断裂经过341点,较遥感影像推断位置偏东。根据已知井推断在高阻范围内电阻率同步下降区域为富含水区域,因此推断在高阻区的377点附近为潜流纹岩破碎带含水区。

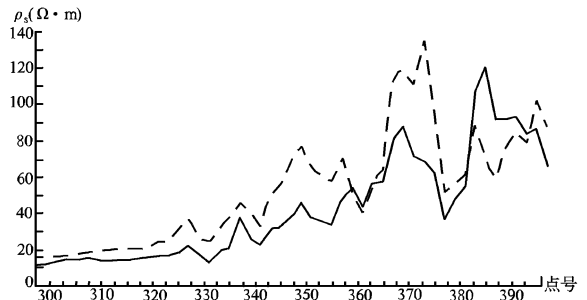


图2 联合剖面法I剖面视电阻率曲线图

II剖面普遍电阻率较高,推断整个剖面全部位于潜流纹岩区内,该剖面在397点附近为电阻率同步下降区域推断应为潜流纹岩破碎带含水区。III剖面在391及403点附近为电阻率同步下降区域推断为潜流纹岩破碎带含水区。

### 2.2.2 电测深视电阻率曲线分析

在分析联合剖面电阻率曲线的基础上在含水条件相对较好的区域内(正交点、同步下降点)布置了8个测深点进行对比。

其中I剖面377点测深曲线前端呈40°上升,表明岩石较为完整,中段呈现下降变异,负角度近20°,曲线后端又呈上升曲线。经分析计算,认为地层65~100m之间应为裂隙发育段。该深度无论从接受地下水补给还是开采成本来说,都属上佳的成井层位。因此选择该点施工探采结合孔,孔深设计100m。

## 2.3 钻探

该区属严重缺水,普通水文地质钻进存在两大问题:一是工期比较长,直径300mm的水井钻进一般每天最多进尺10余米;二是干旱缺水地区钻探施工用水比较困难。鉴于以上问题,此次施工选择目前较为先进的空气潜孔锤钻进技术。

空气潜孔锤钻进是属于空气钻进技术的一个分支。它是把压缩空气即作为冲洗介质,又作为碎岩能量的一种冲击回转方法。由于空气潜孔锤钻进是以空气为介质的一种钻进方法,因而能有效地解决在干旱缺水供水困难地区拉水打钻成本高、效率低、

施工时间长的问题。潜孔锤钻进是目前提高基岩水文水井钻探效率最有效的方法之一<sup>[9,10]</sup>。

该井终孔深度100 m,开口直径300 mm,终孔直径300 mm,下塑料套管至11.4 m处。地层岩性变化为:0~1.4 m为黄褐色黏土;1.4~11.4 m为土黄色砂岩,不含水;11.4~100 m为紫灰色潜流纹岩,斑状结构,斑晶为石英、斜长石、碱性长石、少量黑云母。钻进时,在19 m,34 m,56 m,83 m处分别钻遇破碎严重的岩层。

### 3 抽水试验参数的求取及涌水量

#### 3.1 抽水试验参数的求取

为了掌握新打井的单井供水能力及局部区域的水文地质参数,项目组开展了多孔非稳定流抽水试验。抽水试验选择在2009年初进行,不受农灌季节和雨季等因素的影响,确保了求取水文地质参数的真实性和准确性。

该次进行的抽水试验为直线隔水边界非稳定流抽水试验。共计1个抽水主井,2个观测孔。根据实地勘测结果,此次施工井位于潜流纹岩与砂岩的接触带内(图3),在抽水主井GC4及观测孔GC4-1以北存在一个近EW走向的接触界面,界面以北为较完整的砂岩。因此该界面可视为隔水边界,抽水试验过程中,位于砂岩中的GC4-2(该村原供水井)井水位变化不明显也证明了这点。该边界走向基本垂直于主井与1号观测孔的连线方向。

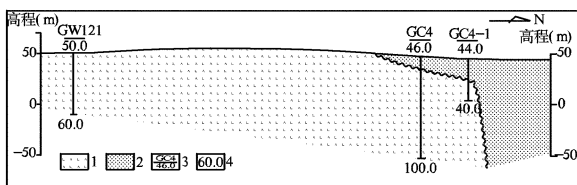


图3 AB水文地质剖面图

1—潜流纹岩;2—砂岩;3—钻孔编号及地面高程;4—钻孔深度

为将有界井流问题转化为无界井流问题,需采用镜像法进行参数求取。此次抽水试验利用承压非稳定流模型求取水文地质参数(导水系数及贮水系数)<sup>[11]</sup>。分别利用lgS-lgt配线法S-lgt直线图解法求取水文地质参数。试验地段的导水系数为35.9~76.03 m<sup>2</sup>/d;贮水系数为5.87×10<sup>-4</sup>~3.22×10<sup>-3</sup>。

#### 3.2 单井涌水量

此次施工水井位于潜流纹岩与砂岩接触带内,

北部砂岩为隔水边界,潜流纹岩位于地下水上游,由于构造运动及该岩石脆性大,导致潜流纹岩内裂隙发育,但裂隙分布具有不均匀性,可以认为流纹岩分布区即为地下水的补给区。

据水文地质参数,以泰斯公式为基础,根据叠加原理,不考虑垂向补给的情况下,可计算开采井在以768 m<sup>3</sup>/d的开采量连续开采200 d(枯水期、平水期)后,水位降深值将达到19.69 m,远小于井深值。此次抽水试验初始水位埋深2.685 m,达到基本稳定时水位埋深15.705 m,水位降深13.03 m,不到井深的1/5,此时的抽水水量为768 m<sup>3</sup>/d。因此这个出水量是可以保证的。

由于成井部位的水文地质条件复杂及岩石裂隙的不均匀性,此次求取的水文地质参数只能代表很小的局部地段的含水层性质,若增加开采量时,随着降落漏斗的扩展,水文地质参数必然会发生变化。

该区居民饮用水定额取20 L/d,小于家庄人口为261人,该井水量完全满足居民饮水,并可在旱季对部分农田进行灌溉。

### 4 地下水生活饮用水水质评价

评价采用最新的《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006),对此次施工水井及周边同样含水层的部分水样进行评价。依其评价项目,结合水质样品化验指标,确定评价因子为:色、浊度、嗅和味、肉眼可见物、溶解性总固体、pH值、总硬度、铁、锰、氯化物、硫酸盐、耗氧量、氟化物、硒,共计14项;评价方法为单指标评价模式(表1)。

由表1可以看出,所有地下水样品该次检测的感官性状、一般化学指标、毒理学指标均符合《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006),适宜作生活饮用水。

### 5 结语

古生代石炭、二叠纪,中生代侏罗、白垩纪砂岩、泥岩、页岩分布区属传统意义上的资源型贫水区。此次工作在小于家村西南施工1眼探采结合孔,孔深100 m,地下水矿化度556.91 mg/L,13 m降深单井涌水量768 m<sup>3</sup>/d。该井的成功实践为山东省类似地区开展地下水勘查提供了可借鉴的经验。

表1 高密市南部重点勘查区饮用水水质评价 (mg/L)

指标	项目	柴沟镇方市村北 (2008.6)	柴沟镇西马戈庄内 (2008.12)	柴沟镇小于家庄西南 (2008.12)	《生活饮用水卫生标准》 (GB5749-2006)	
					水质常规指标	小型集中式供水指标
感官 性状	色(度)	<5	<5	<5	<15	<20
	浑浊度(度)	<1	<1	<1	<1	<3
	嗅和味	无	无	无	无异嗅、异味	
	肉眼可见物	无	无	无	无	
一般 化学 指标	溶解性总固体	544.33	825.28	556.91	<1000	<1500
	pH	8	7.7	8	6.5~8.5	6.5~9.5
	总硬度	172.96	448.65	297.32	<450	<550
	铁	<0.04	<0.04	<0.04	<0.3	<0.5
	锰	<0.05	<0.05	<0.05	<0.1	<0.3
	氯化物	44.63	110.5	45.69	<250	<300
	硫酸盐	136.72	71.09	54.69	<250	<300
	耗氧量	1.23	1.38	0.69	<3	<5
毒理学 指标	氟化物	0.85	0.38	0.4	<1.0	<1.2
	硒	0.0018	<0.0005	<0.0005	<0.01	

参考文献:

[1] 周全祥,周希祥,颜廷贺,等. 高密市水资源形势分析及开发利用对策[J]. 山东水利,2004,(3):12.

[2] 李彩霞. 山东省高密地区高氟地下水的成因浅析[J]. 山东国土资源,2007,23(8):8.

[3] 王维平,范明元,杨金忠,等. 缺水地区枯水期城市水资源预分配管理模型[J]. 水利学报,2003,9:65.

[4] 施炜,张岳桥,董树文,等. 山东胶莱盆地构造变形及形成演化[J]. 地质通报,2003,22(5):325-333.

[5] 翟友兰. 山东省构造体系的成生发展历史[J]. 山东国土资源(原山东地质),1991,7(1):52-65.

[6] 曹福祥,王恩荣,李凤哲,等. 辽西地下水勘查示范工程中的物探技术应用[J]. 水文地质工程地质,2007,34(1):34-37.

[7] 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]. 水文地质工程地质,2006,33(5):123-125.

[8] 刘春华,李其光,宋中华,等. 水文地质与电测找水技术[M]. 郑州:黄河水利出版社,2008.

[9] 鄢泰宁,卢春华,蒋国盛,等. 节水钻进技术[M]. 武汉:中国地质大学出版社,2009.

[10] 杨富春. 空气潜孔锤在水源钻井中的应用[J]. 中国煤炭地质,2009,21(6):71.

[11] 李俊亭,王愈吉. 地下水动力学[M]. 北京:地质出版社,1993.

## Study on Underground Water Exploitation in Poor Water Resource Areas in South of Gaomi City

ZHANG Tao<sup>1</sup>, HAN Ye<sup>1</sup>, MA Chunyan<sup>2</sup>, GAO Jianguang<sup>2</sup>

(1. Shandong Geological Surveying Institute, Shandong Jinan 250013, China; 2. Gaomi Conservancy Bureau, Shandong Gaomi 261500, China)

**Abstract:** It is a typical poor water resource area in south part of Gaomi city. Through remote sensing interpretation, hydrogeological survey, geophysical survey, drilling and other means, a well with the depth of 100m has been successfully drilled in south part of Xiaoyujiazhuang village. By using multiple-well unsteady pumping test, some hydro-geological parameters were gained and the water yield property was determined. This work can provide some experiences for drilling wells in this area. Thus, coping with agricultural drought and dilling of household water wells can be guranteed as well.

**Key words:** Poor water resource area; underground water exploitation; waterless; impermeable layer; south part of Gaomi city