

# 宁夏中南部地区地下水勘查示范工程找水实录

于艳青 余秋生 尹秉喜

薛忠岐

(中国地质大学(北京))

(宁夏地质调查院勘察四室)

## 1. 宁夏中南部地区地下水资源基本状况

宁夏回族自治区地处中国西北内陆, 毗邻陕、甘、蒙三省区。总面积  $6.64 \times 10^4 \text{km}^2$ 。辖银川、石嘴山、吴忠三市和固原地区共 18 个县(市)。区内土地辽阔, 煤炭、石油、天然气等矿产资源丰富, 农牧业也占有重要地位, 是我国国土资源开发程度低、后备资源丰富、开发潜力较大、经济落后、人民生活水平低下的地区之一。地势南高北低, 山地、平原、台地、黄土丘陵相伴而生, 此起彼伏, 交错分布。

宁夏中南部地区主要是指北纬  $37^\circ 25'$  以南的山地丘陵区, 平均海拔高 1700 - 1800m, 面积约  $3.2 \times 10^4 \text{km}^2$ 。主要行政区划辖固原地区的固原县、彭阳县、泾源县、隆德县、西吉县、海原县全境, 银南地区的同心县、盐池县部分地区。区内气候具典型的大陆性气候特征, 干旱少雨、风大沙多、蒸发强烈, 温差较大, 并有旱、雹、霜、风等灾害性天气, 以旱灾最为频繁(见各县气象要素表 1); 区内植被稀疏, 荒漠化、水土流失危害严重, 生态环境脆弱。

表1 宁夏中南部各县主要气象资料(1998年)

| 市县名称 | 气温( ) |      |     | 降水量(毫米) | 蒸发量(毫米) | 日照时数(小时) | 风速(米/秒) |      |
|------|-------|------|-----|---------|---------|----------|---------|------|
|      | 平均    | 最高   | 最低  |         |         |          | 平均      | 最大   |
| 盐池县  | 10.0  | 17.2 | 4.1 | 365.1   | 1873.0  | 2969.8   | 2.8     | 13.4 |
| 同心县  | 10.6  | 18.2 | 4.4 | 356.0   | 2289.2  | 2906.7   | 2.9     | 14.6 |
| 固原县  | 8.0   | 14.6 | 2.4 | 454.9   | 1439.1  | 2663.9   | 2.8     | 12.6 |
| 海原县  | 8.9   | 15.0 | 3.9 | 363.9   | 1822.8  | 2669.2   | 3.2     | 15.5 |
| 西吉县  | 6.8   | 14.5 | 1.0 | 389.7   | 1328.8  | 2454.8   | 2.4     | 14.4 |
| 隆德县  | 6.6   | 12.9 | 1.2 | 349.0   | 1338.5  | 2442.4   | 2.7     | 14.6 |
| 泾源县  | 7.1   | 13.2 | 2.1 | 600.3   | 1535.6  | 2560.5   | 3.6     | 15.2 |

流经中南部山区的主要河流有清水河、葫芦河、泾河、红河、茹河、苦水河、红柳沟等黄河的次一级支流, 规模较小, 多年平均径流量  $7.51 \times 10^8 \text{m}^3$ , 平均径

流深 19.4mm。

宁夏是全国最缺水的省区之一，水资源不足是宁夏生态环境脆弱的根本因素，也是制约宁夏经济发展的重要因素。地下水天然资源  $26.57 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$ ，居全国第 29 位。地下水资源不仅总量少，而且分布极不均匀，宁夏河套平原地下水天然资源为  $22.09 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$ ，占全区地下水天然资源的 83.13%，而占全区总面积 84.73%（面积达  $4.4 \times 10^4 \text{km}^2$ ）的广大黄土丘陵区、台地、山区地下水天然资源（ $4.48 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$ ）仅占全区地下水天然资源的 16.87%。宁夏咸水资源广泛分布、淡水资源短缺。全区地下水矿化度大于 3g/L 的咸水资源分布面积达  $1.8 \times 10^4 \text{km}^2$ ，占全区总面积的 35%，造成了大面积的缺水状态。

宁夏中、南部是我区水资源严重缺水的地区，地表水资源量约为  $5.9 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$ ，地下水资源量约为  $3.9 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$ ，扣除重复计算量后的水资源总量约为  $6.3 \times 10^8 \text{m}^3/\text{a}$ ，人均拥有水资源量约为  $273 \text{m}^3/\text{a}$ ，仅为国际标准最低生存线  $1000 \text{m}^3/\text{a} \cdot \text{人}$  的 27.3%，约为全国人均水资源量的 9.12%。水资源严重失衡，导致宁夏中部和南部农业生产极不稳定，农村人畜用水和城镇工业、生活用水极为困难，尤以西吉县、海原县、固原县、彭阳县、同心县、盐池县最为严重。按照国家“农村人畜饮水困难标准”（是指居民点到取水点水平距离单程大于 1 公里或垂直高度超过 100m）计算，我区现有约 68 万人饮水困难，涉及宁南山区的 6 个县 68 个乡 615 个村。（见表 2）

表 2 各县主要缺水乡镇分布表

| 县名  | 面积<br>( $\text{km}^2$ ) | 人口<br>(万) | 乡级<br>单位 | 缺水<br>乡镇 | 缺水<br>现状 | 严重缺<br>水乡镇 |
|-----|-------------------------|-----------|----------|----------|----------|------------|
| 盐池县 | 8366                    | 15.2      | 16       | 16       | 水质型缺水严重  | 6          |
| 同心县 | 8433                    | 34.8      | 17       | 15       | 水质水量均严重  | 12         |
| 固原县 | 6221                    | 51.2      | 26       | 16       | 水质水量均严重  | 8          |
| 海原县 | 6899                    | 36.9      | 24       | 14       | 水质水量均严重  | 10         |
| 西吉县 | 4346                    | 44.7      | 26       | 20       | 水质水量均严重  | 14         |
| 彭阳县 | 2528.65                 | 24.7      | 20       | 8        | 水量型缺水    | 6          |

## 2. 宁夏中南部地下水勘查示范工程找水实录

自 1996 年以来，宁夏地矿厅（局）先后实施了原地矿部西北地区地下水资源特别计划、宁南扶贫找水、鄂尔多斯盆地宁夏部分地下水勘查和宁夏固

原地下水勘查、宁夏地下水生命工程计划，与中国地科院合作项目《宁夏地下水资源评价与生态环境建设示范》等勘查找水项目，最近中国地调局又新启动了宁夏西吉县、同心县人畜饮水应急工程计划。在自治区和原地矿部、国土资源部有关部门的大力支持下，实施勘查找水以来，共投入勘探进尺 24594.20m，在苦咸水区、严重缺水区找到了十分珍贵的人畜饮用水源，找到了集中供水中型水源地一个、小型水源地一个，找到了农田灌溉水源二片，同时还找到了万吨大流量岩溶水，应地方政府的要求，先后完成探采结合成井 81 眼，总出水量  $11 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ，可解决 21 万人口、18 万头大牲畜的饮水和 5000 亩农田的灌溉问题。由于勘查找水成绩显著，多次受到自治区和原地矿部的表彰奖励，一批成果分别获得了原地矿部的找矿二等奖和找矿三等奖。

## 2.1 固原县黑城苦咸水地区地下淡水资源勘查与开发示范

### 2.1.1 水文地质条件概述

固原县黑城苦咸水地区位于清水河上游平原，平原区内松散岩类孔隙水赋存于第四系砂、砂砾石、砾石层中，隔水层以粘砂土及砂粘土为主，第四系厚达 300m，岩性厚度变化大，并呈现粗细相间的多层结构，第四系基底为第三纪泥质地层。地下水在浅部 50m 以上为潜水或具微承压性质，含水层厚度一般 20 - 40m，单井涌水量 500 - 5000  $\text{m}^3/\text{d}$  不等。中下部均具承压性质，含水层在 100 - 200m 深度内，分为第一、第二承压含水岩组，单井涌水量 1000 - 5000  $\text{m}^3/\text{d}$ 。地下水主要接受清水河上游的地下径流补给及大气降水垂直入渗和农田灌溉回归入渗。地下水受含盐地层影响，地下水水质无论在水平方向及垂直方向分布均较为复杂。据水文地质资料反映，第四系浅层地下水矿化度 3 - 6g/L，局部地段超过 6 g/L，第四系承压水矿化度 3 - 6 g/L 或 6 - 10 g/L。

### 2.1.2 缺水状况

固原黑城苦咸水地区（清水河冲积平原上游）相对于四周黄土丘陵，地势平坦，人口稠密。但该地区苦咸水广泛分布，当地居民自古以来依靠开挖水窖和修筑涝坝，收集雨水、积雪和河冰，作为人畜饮用水源。每遇干旱年景和冬春旱季，黑城镇的居民要到 11km 以外的三营镇拉水饮用。每拉一手扶拖拉机的水，含运费在内要花 40 元钱。每年要付出的生活饮用水费用之高，就可想而知了。

自 20 世纪 80 年代，开发地下水进行农田灌溉而获取一定的农业收益，逐步引起了农民的重视。截至 1996 年，勘查区内共有农用开采井 169 眼，年总开采量约在  $737 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$ 。多年来用高矿化度地下水灌溉，土壤盐分的逐年积聚，灌

区已逐步形成大面积的轻度土壤盐渍化，粮食产量逐年下降，致使大面积农田绝产，农民生活日益艰巨。1990年以后，当地连续五年大旱，大片土地撂荒，群众生活因水资源匮乏而陷入绝境。

### 2.1.3 项目实施的工作程序及技术方法

1996年初，“黑城苦咸水区地下淡水资源勘查与开发示范项目”，作为原地矿部西北地区地下水资源特别计划中的13个靶区之一、宁夏地矿厅（局）的首批宁南扶贫找水地下水勘查项目，由宁夏地质工程勘察院承担，开始了固原黑城苦咸水地区淡水资源的勘查工作，至1997年6月完成报告的编写。项目的实施经历了前期可行性研究、设计、施工（地下水开采现状调查、地面电法勘探、水文地质钻探与探采成井、抽水试验、电法测井、工程测量、采样与化验）报告编制四个阶段。

按国家规定的生活饮用水质标准，通常把矿化度小于1g/L的地下水，称为淡水。但对严重缺水的宁夏南部山区而言，矿化度2.5g/L的地下水，就已经成为倍受当地人们欢迎的好水。矿化度小于2g/L的地下水，被称为极其好喝的甜水。因而，在此前提下，在综合分析前人水文地质资料时，根据黑城苦咸水分布区内少数几个分层抽水深孔资料，发现个别钻孔的混合抽水试验资料的水质较好，矿化度1.9g/L，结合清水河平原的区域地质及水文地质条件综合分析，初步推断在粗细相间的多层结构地层控制下可能埋藏有淡水夹层。

在综合研究分析的基础上，确定勘查区面积185km<sup>2</sup>（南北长28km，东西宽2.6-10.2km），在勘查区范围内布设14条电测深勘查剖面，电测深点167个，经物探验证存在电阻异常，进一步证实了综合研究的正确性，根据电测深高阻等值线初步圈定淡水体分布面积130.4 km<sup>2</sup>。

在初步圈定淡水体分布范围内，布设勘探孔15眼，相继投入两台SPJ300型钻机，采用泥浆回转钻井，自1996年2月至12月，共施工钻孔15眼，总钻探进尺2640.42m。根据当地政府和群众的迫切要求，除一个观测孔之外，其它14个孔，全部探采结合成井，累计成井深度2328.83m。

勘探成井中，由于地下淡水是埋藏在上、下劣质地下水之间，单纯凭借岩心对比，是很难确定出淡水层的埋藏位置，因而电法测井成为确定淡水层埋藏深度的唯一手段。配合水文地质钻探，根据电测井电阻率自然电位结合电阻率曲线最终确定淡水体埋深在95—150m范围内。

完成的14个勘探孔中，有13个钻孔进行了单孔稳定流抽水试验，累计抽水稳定时间226h，采用203mm井管，水位降深2.89 - 13.99m，单井涌水量1258.07

- 2509.4m<sup>3</sup>/d。含水岩组地下水渗透速度 K 为 9.86 - 22.97m/d。14 眼勘探孔除一眼井地下水矿化度稍高，为 3.38g/L 之外，其余 13 眼井地下水矿化度为 1.25 - 2.86g/L。矿化度小于 2g/L 者，占总成井总数的 71.4%。

在地下水开采现状调查期间，采取筒分析水样 62 件。伴随各钻孔的抽水试验，分别采取全分析、有毒元素分析、五项毒物分析水样各 14 件，并及时进行了化验。

#### 2.1.4 成果及效益

在黑城苦咸水地区（包括黑城乡、黄铎堡乡、七营乡）开展的大量水文地质工作的基础上，经综合分析研究，初步查明了连片分布的淡水体，面积 144 km<sup>2</sup>，埋藏深度 90—150m，地下水矿化度 1.2—1.5 g/L，单井涌水量 1200—2500m<sup>3</sup>/d，地下水允许开采量超过 2 × 10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>/d。

该勘查成果不仅可解决该地区 3 乡 1 区 2—3 万人的人畜吃水问题，结束了当地群众祖祖辈辈吃苦咸水、窖水和远途拉水吃的历史，而且还可发展近万亩水浇地，在提高当地人民群众生活水平的时候，减缓耕地土壤盐渍化的发生与发展，促进生态环境与社会经济的协调发展。为此，当一股股甘泉喷涌而出之时，当地回汉群众发自内心地高呼“共产党万岁”。时任国务院副总理姜春云、中央书记处书记温家宝等党和国家领导人，先后于 1996 年 5 月 7 月赴固原县黑城乡勘查找水施工现场考察，赞扬“扶贫扶到了点子上，解决了群众最迫切需要解决的问题”。

### 2.2 干旱缺水的同心县红寺堡地区第四系松散孔隙地下水勘查

#### 2.2.1 地质、水文地质条件概述

同心县红寺堡地区位于宁夏中部大罗山西麓，地处灵盐台地与黄土丘陵的过渡地带。东临急剧上升的构造剥蚀山地 - 大罗山（极点高程 2624m），南西隔红柳沟与烟筒山相望，北西部为缓慢抬升的剥蚀构造丘陵，基底以第三系泥岩为基础，地表沿缓坡丘陵状古地形起伏，覆盖着厚度有限的第四系上更新统黄土。中部沿大罗山西侧沉积有大厚度的第四系洪积物（第四系沉积厚度达 200m），围绕大罗山形成洪积扇裙，洪积扇南西部由流动、半固定沙丘、平铺沙地及戈壁构成相对稳定的风积冲洪积平原，第四系堆积厚度一般仅 10 - 50m。总体地势南东、北西较高，沿北东向的中轴线部位较低。北西部丘陵、中部沙丘及平铺沙地、南东部戈壁山地构成一片荒漠景观。

勘察区内的地下水受复杂的构造条件控制，主要赋存于大罗山东西两麓的第四系断陷带内，其次为穿越勘察区北东部的季节性小河苦水河、穿越勘

察区中部的苦水河支流甜水河的沿岸地带，再次为大罗山基岩裸露区。而丘陵区为基本不含水区。

大罗山东西两麓的第四系断陷带内，堆积了较厚的第四系洪积砂砾石层，成为勘查区最富水的地带，断陷带以外的风积冲洪积平原地下水富水性弱。地下水位埋深在甜水河及苦水河沿岸地带小于 5m，向南随地势增高而逐渐加深，地下水矿化度 2 - 3g/L。

### 2.2.2 缺水状况

同心县红寺堡地区，由于严重缺水，自古以来很少有人居住。但该区地势平坦，土地资源极为丰富，为国家重要的后备土地资源。“九五”期间，自治区人民政府决定开发红寺堡灌区，计划开发水浇地 75 万亩，新建县城一座，设乡（镇）14 个，中心村 100 个，安置移民 40 万人。1995 年该项目开始实施，1996 年开工建设。然而，大量的建筑施工用水和 4 万多建设者的生活饮用水难以解决。已有水文地质资料和委托有关单位进行的前期工作都认为该地区没有可供人畜饮用的地下水资源，设计采用黄河水作为生活供水水源。但黄河水的处理存在诸多难题难以解决，因此人畜饮用水源和前期施工用水成为自治区领导关注的重大问题。

### 2.2.3 项目实施的工作程序及技术方法

自治区政府开发红寺堡地区及红寺堡地区的缺水现状，同样引起了正在编制《宁夏南部严重缺水地区地下水勘查与开发示范“九五”工作规划及 2010 年远景规划目标》的宁夏地质工程勘察院的关注，根据自治区国土规划，“红寺堡地区人畜饮用供水勘察与环境地质综合评价”纳入“宁夏南部严重缺水地区地下水勘查与开发示范”项目，并得到原地矿部与自治区政府的大力支持，“红寺堡地区人畜饮用供水勘察与环境地质综合评价”作为西北地区地下水特别计划的 13 个靶区之一，由宁夏地质工程勘察院于 1995 年底率先展开工作。

宁夏地质工程勘察院技术人员在认真研究地质、水文地质的基础上，从地质演变及新构造角度分析认为，大罗山西麓山前地带，在喜马拉雅活动末期，地壳处于下降状态，岩性受构造控制十分明显；从古地理形态考虑，甜水河以南，大罗山西麓地势最低，成为北北东向展布的凹陷；大罗山西麓的甜水河平行于大罗山发育，是众多下降泉汇合成的常年性河流；以上迹象推断，大罗山西麓可能存在比较大的储水断陷带。因此横切可能存在的断陷带布置控制性电测深剖面四条，电法勘探结果发现在柳泉一带存在一个呈北东

向延伸的异常带，经等视电阻率解释分析推断为断陷带，证实了综合研究的推断。在此基础上又布置了 5 条电测深勘测剖面，进而详细地圈定了该断陷带的分布，通过电测深勘测推断，在柳泉地区隐伏着一个长度大于 20km、宽约 2.5 - 6km、第四系厚度大于 230m 的断陷带。

在电法勘探的基础上，相继在勘探区投入了环境及水文地质测绘、水文地质钻探、电法测井、稳定流抽水试验及水质分析工作。在上述工作的基础上，探明大罗山第四系断陷带内，含水层主要岩性为砂砾石层，厚度 18-121m，地下水水位埋深 10-50m，单井涌水量大于 2000 m<sup>3</sup>/d，矿化度小于 1 g/L，其它各种离子都符合生活饮用水卫生标准，是较好的生活饮用水水源。

#### 2.2.4 成果及效益

经过勘察评价，并经资源委批准柳泉水源地地下水 B 级储量 3 × 10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>/d。并根据勘探区的地质环境背景，论述了勘探区存在诸如土地沙漠化、水土流失及土壤盐渍沼泽化、泥石流等地质灾害的规模、发育程度，并进行了环境地质分区，提出防治对策及开发建议。

《红寺堡地区人畜饮用供水勘察与环境地质综合评价》及时解决了移民 40 万人开发红寺堡地区所需水源，为土地资源开发提供了基础，时任宁夏回族自治区政府主席白立忱同志在找水现场赞扬：“红寺堡柳泉水源地的发现和成功的勘察评价，为宁夏扶贫扬黄灌溉工程立了头功”。为此，自治区通令嘉奖宁夏地质工程勘察院。该项目获原地矿部找矿二等奖、自治区优秀工勘奖。

### 2.3 西吉县月亮山西麓第三系碎屑岩类孔隙水地下水勘察与开发示范

#### 2.3.1 地质、水文地质概述

月亮山西麓，属陇中山地与微弱切割的黄土丘陵区，地形以黄土梁为主，海拔高程一般在 2200m 左右。地势北高南低，相对高差近 100m，各大沟谷较平坦开阔，谷底横断面多呈“U”型，沟深一般在 15-20m。地表由于植被覆盖率低，水土流失严重。

勘查区在大地构造上，统属昆仑山秦岭地槽褶皱区，形成于燕山期的月亮山单斜构造，于山前地带，下白垩系三桥组与第三系清水营组呈断层接触，构成一个独立的自流水斜地。受地层与地质构造控制，勘查区内地下水的分布有以下规律：在月亮山山前一带，仅在山间洼地的基岩风化壳内含有风化裂隙潜水，并常以下降泉的形式出露，单泉水流量在 10 - 12m<sup>3</sup>/d，矿化度 0.6 - 1.2g/L；碎屑岩类孔隙裂隙承压水主要赋存在 220m 以上的第三系干河沟组细砂岩、粉砂岩单斜构造之中，含水层埋藏较浅，水质好，矿化度均小于 1g/L，在南东部可自流；

砂砾石孔隙潜水主要赋存在山前各较大沟谷中，水位埋深一般在 10-30m，局部地区水位埋深小于 10m，水质较好，矿化度小于 1.2g/L；黄土类土孔隙潜水主要赋存在广大丘陵区的丘间洼地及沟侧台地，地势低洼的掌形地，被冲沟切割后多形成悬挂式泉水。一般水位埋深在 8 - 12m，单井涌水量小于 10m<sup>3</sup>/d，矿化度 0.8 - 1.1g/L。

受自然地理、地质、地貌、水文地质条件控制，大气降水为该地区地下水唯一的补给来源。潜水以每个洼地、每条支沟，而自成水文地质单元，自洼地周边、沟谷上游向下游方向运动，排入河床。承压水补给区，主要分布在月亮山西麓，由东向西以地下径流形式补给潜水。

### 2.3.2 缺水状况

月亮山西麓行政区属西吉县火石寨、新营、白城乡和海原县关庄乡管辖，面积约 254km<sup>2</sup>；该地区长期以来人畜饮用水源极度短缺，近十几年来，因干旱少雨，导致六、七十年代兴修的库区、涝坝干枯无水，引水设施长时间无用，当地群众开采引水的沟谷地带地下潜水水源越来越少，农田灌溉水更不能达到供需要求，当地回汉群众处在靠天吃饭的极度困难之中。

西吉县城位于月亮山西麓葫芦河河谷中上游，县城多年来没有正规的供水水源地，仅靠葫芦河上游的河滩地下截流引水作为城镇生活供水水源，90 年代以后，气候连年干旱，农用灌溉机井大量抽水致使沟谷潜水濒临枯竭，县城长期供水紧张，自来水公司只好定时供水，有时甚至几天供不上水，居民只好买水喝或喝高矿化水。解决县城的供水及农田灌溉问题一直是自治区政府和当地政府关注的问题。

### 2.3.2 项目实施的工作程序及技术方法

“月亮山西麓第三系自流斜地地下水勘查与开发”项目作为“宁夏南部严重缺水地区地下水勘查与开发示范”项目暨“西北地区地下水资源特别计划”中 13 个靶区之一，被列为第二批启动的地下水勘查子项目，由宁夏地质工程勘察院于 1997 年 6 月展开该项目的勘察工作。1998 年 8 月底完成报告编写。项目的实施经历了前期论证、勘查设计、野外施工、报告编写四个阶段。

宁夏地质工程勘察院技术人员在综合分析地质、水文地质资料后，认为月亮山西麓第三系单斜构造层内干河沟组可能存在水质、水量较好的碎屑岩类孔隙裂隙水，据此在推测的月亮山西麓第三系单斜构造层内布置电测深剖面四条，根据等视电阻率解译判定，在勘查区内的第三系干河沟组存在有较富水地段，证实了前期论证的推测。在此基础上辅以极电测深法拟定探采结

合孔位，依据高激化率及半衰时高峰值确定第三系干河沟组砂砾石层的富水部位，结合电测深法，布置探采结合孔 5 眼，查明月亮山西麓分布有新第三系干河沟组砂砾岩、细砂岩构成的较为富水的含水地带。

#### 2.3.4 成果及效益

在上述水文地质测绘、电法勘探、水文地质钻探、采样及分析的基础上，查明在勘查区内的新克路、沙岗子、李家庄、玉皇沟地区各支沟上游，第三系干河沟组含水层相对较厚、富水性也相对较强，且含水岩组的富水性具有水平和垂直分带规律。表现为近山地带含水层富水性较强，远离山前地带富水性减弱。含水层单井涌水量 407.74-1164.66m<sup>3</sup>/d（按降深 50m 统一换算），为 HCO<sub>3</sub>?SO<sub>4</sub> - Ca?Na、HCO<sub>3</sub>?SO<sub>4</sub> - Ca?Mg 型水，矿化度 0.58g/L，含氟量 0.25-0.4mg/L，有毒元素及五项毒物含量无一超标，为良好的饮用水。

为解决西吉县城的供水问题，在本次勘查区内上述几处有利供水地段，选择火石寨乡沙岗子地区（包括玉皇沟、新克路沟、沙岗子沟，面积总计 80km<sup>2</sup>）作为西吉县城城市供水水源地。其目的层为第三系干河沟组砂岩、砂砾岩含水层，后经进一步城市供水勘察评价，并经资源委批准，该水源地 B+C 级储量 10000m<sup>3</sup>/d，属小型集中供水水源地。从而结束了西吉县城居民长期饮用高矿化水的历史。

### 2.4 “南北古脊梁”地区碳酸盐岩裂隙岩溶水勘察

#### 2.4.1 地质、水文地质条件概述

南北走向纵卧工作区东部的“南北古脊梁”，地处黄土丘陵区，地表梁峁如涛、沟壑纵横。基岩地层零星出露，上覆黄土厚度 100 - 150m 不等，局部达 200m。下伏基岩主要为长城系、蓟县系、寒武系、奥陶系灰岩、白云岩、石英岩夹硅质页岩及云母片岩。老地层之上，大部分地区不同程度的沉积了侏罗系（J）、白垩系（K<sub>1</sub>）以及大面积的第三系“红色岩层”，这些岩层泥质含量高，又富含石膏透镜体，影响了这一地区地下水的水质和补给，该地区除南北向构造发育外，北东向、北西向、东西向构造也十分活跃，并不同程度地控制着地下水赋存和分布规律。

受构造、岩性、地貌、气象和水文诸因素的制约和影响，南北古脊梁不仅分割着两侧不同的储水盆地，构成地下水分水岭，其本身也是一个狭长的碳酸盐岩裂隙岩溶水储水带。该含水层中，水位埋藏深，水量、水质变化大，地下水赋存条件复杂。

“古脊梁”上覆的黄土丘陵，地下水赋存条件差，大部分地段透水不含水。仅在微地貌适宜的地形相对比较平整开阔、有相对隔水底板、汇水条件较好的地

段，地下水呈不连续状分布。如：黄土丘陵的梁间洼地、沟脑掌形地，黄土坪、黄土梁的鞍部，河岸窄阶地发育的部位。

#### 2.4.2 缺水状况

“南北古脊梁”位于宁夏的东部，行政区划归属宁南地区同心、固原、彭阳及银南地区盐池等县所辖，由于山大沟深、植被稀少，自然条件恶劣。所在乡镇（固原市原州区东部八乡及同心县四乡镇）人畜饮水极为困难，是宁南山区最缺水的地区之一。自六十年代以来，当地水利水电部门虽然作过一些打井尝试，但均因条件不成熟而失败，由于边缘地表水均是苦咸水，勘查区内的乡级饮水问题至今尚未解决，人畜饮用水均取自窖水。

#### 2.4.3 项目实施的工作程序及技术方法

早在实施宁南扶贫找水计划时，“南北古脊梁”地下水勘查就引起宁夏水文地质工作者的重视，但“南北古脊梁”地区复杂的地质构造及水文地质条件，造成该区地下水勘查困难，宁夏水文地质工作者一直在寻求一种新方法实现该区地下水勘查的新突破。1999年“南北古脊梁”地下水勘查并入新一轮国土大调查“鄂尔多斯盆地（宁夏部分）地下水勘查”，即“云雾山—黑山地区岩溶地下水勘查”子项目（项目编号：199910400102）。项目实施时间1999—2002年，由宁夏地质调查院勘察四室承担。

针对该区地下水勘查的困难性，该区地下水勘查总体思路是在收集和综合研究前人资料后，通过遥感解译和本底调查工作针对勘查区所存在的问题进行补充水文地质调查，在此基础上在勘查区布置综合勘查剖面，重点进行地球物理勘查和物探新技术、新方法的组合应用和试验研究，即先进行常规方法控制扫面，控制构造形迹和岩层界面，发现控水构造等异常后再投入一定的新技术方法进行对比研究后，通过相互印证和反复试验研究，在认为岩溶较发育、有控水构造的理想地段辅以钻探验证工作。

围绕上述思路，在加强综合分析、遥感解译、地面调查、前期地面勘探的基础上，在推测隐伏断层富水地段，采用EH-4电导率成像、瞬变电磁法、浅震电磁法等进行详细勘察，验证并确定较好的富水地段，然后进行水文地质钻探，取得了较好的效果。

应用原有的泥浆回转钻进法在灰岩地区进行钻探时，孔内出现严重漏浆，采用应急措施后无法阻止漏浆现象，钻探被迫停止。经多方探讨，与吉林大学合作，采用水泵增压泡沫钻进，在确保岩芯采取率的前提下，使钻探得以顺利进行，从而解决了在裂隙发育的碳酸盐岩地区施工钻孔时遇到的严重漏浆问题，大大提高

了钻探效益。

#### 2.4.4 成果及效益

应用以上技术方法，在彭阳县红河乡宽坪村和彭阳乡寨子沟村打成两眼探采结合井，井深分别为 800m、560m，含水层均为奥陶系马家沟组灰岩，单井涌水量分别为 10000 m<sup>3</sup>/d（降深 27.88m）、3638 m<sup>3</sup>/d（降深 2.0m），矿化度 0.92 - 0.98g/L，氟离子 1mg/L。尤其是红河乡宽坪村探采结合孔，单井实抽水量达到 1 万 m<sup>3</sup>/d，这是迄今为止，我区打成的第一口大流量深水井，实现了灰岩地区的找水突破。之后，又先后在固原县缺水地区寨科乡、马渠乡吕家套子、甘城乡严湾村，同心县下马关镇白家滩找到了深水位的裂隙岩溶水，经钻探成井，解除了当地大旱之年的人畜吃水问题。

此外，实施自治区“生命工程”打井扶贫过程中，在宁南黄土旱塬彭阳县草庙乡打成的探采结合孔，含水层岩性为白垩系和尚铺组，孔深 510m，单井涌水量 566.35 m<sup>3</sup>/d（降深 30m），矿化度 1.3g/L。为此，自治区党委毛如柏书记亲临现场，亲笔书名“生命工程第一井”，结束了草庙乡一带群众长期吃窖水的历史。

### 3. 结论与建议

3.1.1 上述几例“地下水勘查与开发示范”是在充分分析宁南地区水文地质条件的基础上，在前人认为地下水资源贫乏的地区，找到了具有一定开发前景的淡水资源，改善了当地居民的生存环境。在提高当地社会效益的同时，证实了在宁夏南部水资源贫乏地区，通过深入细致的研究与勘查，地下水水资源尚有一定的开发前景。

3.1.2 “地下水勘查与开发示范”工作的展开，均经历综合研究推断（前期综合论证）、设计、论证（野外施工）、综合研究（报告编制）四个阶段，其工作程序具有严格的逻辑性及科学推理性。勘察论证过程中应用的新技术、新方法，诸如遥感解译技术、地球物理勘探中的 EH-4 电导率成像、瞬变电磁法、浅震电磁法等，在干旱地带应用中，在积累大量实践经验的同时，为水文地质前期研究工作提供了可靠的科学依据，进一步提高了水文地质勘察效率。

3.1.3 地下水开发利用中存在着诸多问题。水资源严重不足，供求矛盾变得日益突出；在黑城、大罗山东麓的红城水等部分地下水开发区，随着对地下水资源大规模的开发利用，已出现农田灌溉与城镇供水争水的问题，由于开采井过于集中造成地下水水位下降、水量减少的现象；在上述情况下，要求政府部门与勘探部门密切配合，在做好人口、资源合理调配的基础上，进

一步论证地下水可持续发展的可行性，促进社会经济发展同生态环境保护相协调。

3.1.4 由于宁南山区地下水埋藏条件和分布特征的复杂性，今后的找水勘查难度将更大。在进一步提高勘查技术、施工工艺的同时，在地下水勘查方面还需要有较多的投入。