

# 黄土高原缺水类型区人畜饮用地下水勘查

姚秀菊

(中国地质大学(武汉))

张福存 贾淑琴 王永哲

(中国地质调查局水文地质工程地质技术方法研究所)

黄土高原严重缺水地区主要分布于我国晋西、蒙南、陕北、宁南、甘东、青东六省区,总人口 3731.24 万,严重缺水区涉及 172 个县、市,面积 28.8 万  $\text{km}^2$ ,有 728 万人和约 1200 万头牲畜饮用水十分困难。

严重缺水区的居民在一般平水年都饮用涝池水、坑塘水或到 1 - 2km 外人拉畜驮运水,在干旱或大旱年,水窖、坑塘、涝池干枯,附近小水源枯竭,必须到几十公里的地方靠机动车运水来维持生命。此外,在黄土缺水类型区还分布有大面积的劣质水区,矿化度高达 3g/L 以上,陕北西部、宁南等地氟含量高达 10g/L,最高可达 33.7g/L,中等病区人口达 43.7 万人,丧失劳动能力生活不能自理者仅陕北则达 1496 人。

## 1. 水文地质条件及找水方向

黄土缺水类型区大多地形破碎,多属于黄土梁峁地形,不利于降水补给,地下水就近排泄于沟谷,地下水资源贫乏。如晋西、宁南黄土高原,侵蚀强烈,沟谷切入基岩几十米甚至 200m,沟谷密度大,地下水的补给和赋存都很困难。陕北黄土高原南部为黄土梁岗区,部分为黄土塬区,地形较梁岗区完整,单井涌水量可达 10 - 50 $\text{m}^3/\text{d}$ 。黄土塬地区是黄土孔隙、孔洞水最丰富的地区,如长武、洛川、董志塬等,塬面较完整,地形相对切割微弱,黄土层厚百余米,最厚可达 220m,普遍含水,塬面中央地带单井涌水量可达 300 - 500  $\text{m}^3/\text{d}$ ,塬中部黄土洼地最大可达 1200  $\text{m}^3/\text{d}$ 。因此,在黄土梁岗、黄土塬及黄土宽谷掌形地、杖形地地带,可开采黄土孔隙、孔洞水解决人畜饮用水问题。但绝大部分地区很难解决人畜饮用水问题。因此,找水方向应着重下伏含水岩层,根据黄土下伏找水目的层可分为松散岩类孔隙水、碎屑岩类孔隙裂隙水、碳酸盐岩类岩溶裂隙水和岩浆岩、变质岩基岩裂隙水四种类型。

### 1.1 下伏第四系松散岩类孔隙水

在青、甘、宁三省区共分布有近 30 多个盆地,盆地周边黄土广泛分布,黄

土下部和盆地内为冲洪积孔隙水含水层，是该缺水地区的找水目的层。

青海境内湟水河流域的民和、海晏、湟源等盆地水位埋深小于 30m，水质好，单井出水量 1000 - 5000 m<sup>3</sup>/d。西宁以南的共和盆地第四系厚度 500 - 700m，水位埋深 150m 以下，单井出水量 100 - 1000 m<sup>3</sup>/d，矿化度小于 0.5g/L。甘肃境内的盆地含水层为砂砾或碎石，呈多层状，累计厚度 30 - 60m。含水层上部为潜水下部为承压水，富水性好、单井出水量 500 - 2000 m<sup>3</sup>/d，矿化度一般小于 1g/L，局部 1 - 3g/L。宁夏境内的盆地松散层一般厚 50 - 300m，最大达 500m。含水层为砂砾石，富水性较强，单井出水量 500 - 1000 m<sup>3</sup>/d，局部达 2000 m<sup>3</sup>/d，但水质复杂，微咸水、咸水或高氟水占有较大比重。

### 1.2 下伏碎屑岩孔隙裂隙水

黄土层之下分布有二叠、三叠、侏罗、白垩及第三系泥岩、砂岩、砂砾岩潜水或承压水含水岩组，由于含水层岩性及所处地貌部位不同，地下水富水性差异较大。第三系孔隙裂隙水含水层，一般单井出水量 100 - 200 m<sup>3</sup>/d，局部达到 1000 - 2000 m<sup>3</sup>/d，矿化度一般 1 - 3g/L，局部大于 3g/L。鄂尔多斯盆地分布有白垩系志丹群半胶结砂岩、砾岩及泥岩，赋存条件复杂，水量水质变化较大，单井出水量一般 100 - 1000 m<sup>3</sup>/d，矿化度一般为 1 - 2g/L，局部地带在 3g/L 以上。二叠、三叠及侏罗系碎屑岩孔隙裂隙水在区内分布面积较小，地下水富水性较差，单井出水量一般为 50 - 100 m<sup>3</sup>/d。

### 1.3 下伏碳酸盐岩类岩溶裂隙水

岩溶水主要分布于鄂尔多斯盆地周边的晋西、陕北黄河两侧，陕北渭北旱塬、陇东高原、宁东、蒙南高原。为寒武、奥陶系深埋型的裂隙岩溶承压水，富水部位水量丰富，而且水质好，一般单井出水量 1000 - 5000 m<sup>3</sup>/d，最大可达 13300 m<sup>3</sup>/d，矿化度小于 1g/L。

### 1.4 下伏基岩裂隙水

在甘肃天水、武威、青海互助、乐都等地区，黄土层之下分布有前震旦纪变质岩、混合岩及不同时期的侵入岩，地下水主要赋存于风化及构造裂隙内，风化裂隙深度 50 - 100m，构造裂隙深 100 - 150m，一般水量不大。

## 2. 地下水勘查技术与开发利用模式

黄土高原地区地质、水文地质条件复杂，找水难度大。在对已有资料分析及水文地质调查的基础上，应充分采用“3S”技术、先进的地球物理勘探技术、同位素技术、先进的取水技术与钻探成井工艺等新技术新方法及水质分析、抽水试验等工作开展地下水勘查示范。首先通过野外水文地质调查，借助遥感解译(RS)

地理信息系统 (GIS) 对综合信息的叠加分析处置及 GPS 的定位功能圈定富水地段, 并根据不同示范区不同的水文地质条件及取水目的层, 采用适宜的地球物理与地球化学勘查技术方法, 确定宜井位置和成井深度。

对黄土塬、峁及黄土区宽谷掌形地、杖形地中黄土孔隙裂隙水, 采用直流电测深法和激发极化法可取得较好的效果。除常规物探方法外, 采用核磁共振法配合使用会取得更好的效果。

青东、陇西小型盆地第三系、白垩系地下水勘探深度一般为 300 - 600m, 鄂尔多斯盆地白垩系地下水勘探深度一般为 500 - 1000m。勘探这类地区需确定地下水矿化度和含水层分布情况, 宜采用的物探方法有直流电测深法、EH - 4 音频大地电磁测深法、瞬变电磁法、浅层地震法等, 同时需开展 杯测量、同位素测试及井中物探等工作。

对鄂尔多斯盆地周边深埋型岩溶水分布区, 需要通过物探了解碳酸盐岩顶界面埋深和富水区的准确位置, 除常规的电测深外, 采用 EH - 4 电磁测深、瞬变电磁、浅层地震等综合物探方法效果较理想。

对下伏基岩裂隙水区, 基岩埋藏较浅时宜采用的方法有音频大地电场法、激发极化法、甚低频法、杯法, 主要任务是查明构造富水带, 确定宜井位置。对埋藏较深的隐伏基岩裂隙水的勘探, 宜采用音频大地电磁测深 (EH - 4)、瞬变电磁法、核磁共振等新技术方法。

黄土地区取水工程可分为管井、渗流井、大口井、辐射井、渗渠等。

以管井开采方式为主, 在黄土区大的沟谷第四系弱含水层地带, 宜采用水平集水建筑物如渗流井、渗渠等取水方式, 在黄土掌形地、杖形地地区宜采用大口井、辐射井取水方式。

### 3. 地下水勘查战略

解决水资源的问题, 在很大程度上已成为实现我国西部大开发战略, 促进西部经济振兴和社会发展的前提。以缓解人畜饮用水问题为目标, 在综合分析黄土高原区水文地质条件的基础上, 紧密围绕国家实施西部大开发战略, 充分考虑国计民生和国家政治经济安全的要求。依据轻重缓急和地质、水文地质研究程度, 由易到难的原则, 以探采结合的方式, 首先对严重缺水地区进行勘查示范(见表 1), 以达到勘查示范带动作用。

表 1 黄土高原缺水类型区地下水勘查示范表

省、区	示范位置	勘探目的层	宜井深度 (m)
青海省	共和县、兴海县、贵南县	第四系孔隙水	200 - 400
	大通县、循化县	第三系碎屑岩孔隙裂隙水	200 - 400
	湟源县、湟中县、同仁县、 贵德县	第三系碎屑岩孔隙裂隙水及基岩裂隙 水	150 - 350
甘肃省	靖远县	第三系碎屑岩孔隙裂隙水	300 - 400
	永登县、临夏县	第三系碎屑岩孔隙裂隙水	300 - 500
	张家川县、清水县	第三系碎屑岩孔隙裂隙水 基岩构造裂隙水	200 - 400 100 - 150
	通渭县、秦安县	灰岩裂隙岩溶水	300 - 600
宁夏回 族自治 区	海原县	第四系冲积层孔隙水	200 - 400
	隆德县	第三系、白垩系碎屑岩孔隙裂隙水	200 - 400
	彭阳县	奥陶系灰岩裂隙岩溶水	600
陕西省	定边县、镇原县	白垩系碎屑岩孔隙裂隙水	600 - 1100
	凤翔县、岐山县	奥陶系灰岩裂隙岩溶水	600
	佳县、子洲县、黄龙县、	第四系冲积层孔隙水，二叠系、三叠	20 - 50
	清涧县、宜川县	系碎屑岩孔隙裂隙水	300 - 400
	吴堡县	奥陶系灰岩裂隙岩溶水	700 - 800
山西省	石楼县、永和县、隰县、 吉县、大宁县	碎屑岩孔隙裂隙水	300 - 400
	柳林县	碳酸盐岩裂隙岩溶水	500 - 600
	乡宁县	奥陶系灰岩裂隙岩溶水	800 - 1200