

运城解州地区地下水水质恶化形成原因及防治

王增银¹ 辛选民² 常永生² 忽守苗² 崔银祥¹ 曹李靖¹

(1. 中国地质大学工程学院, 武汉 430074; 2. 山西运城市水利局, 运城 044001)

摘要: 运城解州地区近年来出现地下水水质明显恶化的现象, 直接影响了当地居民正常生活和农业灌溉用水。通过对该区水文地质条件的调查和水质分析对比, 认为是洪积倾斜平原中上部大量开采地下水使地下水水位下降, 水力坡度变缓, 在这种条件下, 又在咸淡水过渡带附近抽取地下水使地下水位低于硝池水位, 引起咸水入侵, 造成地下水水质恶化。研究认为必须控制开采量和抽水地段才能防止地下水水质进一步恶化和扩展。

关键词: 地下水; 水质恶化; 解州地区。

中图分类号: X523

文献标识码: A

文章编号: 1000—2383(2000)05—0477—05

作者简介: 王增银, 男, 教授, 1945年生, 1969年毕业于北京地质学院水文地质与工程地质专业, 主要从事水文地质和岩溶地质教学和科研工作。

解州地区位于中条山前倾斜平原上, 北缘是硝池和盐湖。解州镇北部及西圆一带原来地下水水质一直较好, 是居民生活和农业灌溉的主要水源。但近年来, 地下水出现明显的咸化现象, 已不能用于生活和农业灌溉用水, 给当地居民带来极大的困难, 直接影响了当地居民正常生活和农业的发展。查明其形成原因, 并控制咸水进一步扩展, 对该地区地下水资源保护和可持续利用具有重要意义。

1 水文地质条件

1.1 含水系统特征

本区属于中条山前洪积倾斜平原水文地质单元, 南部为中条山基岩裂隙水区, 它们构成了完整的含水系统(图1)。洪积倾斜平原含水层为第四系砂砾石、中细砂和亚砂土层, 富含孔隙水。由于区内缺乏稳定分布的粘性土层, 难于区分浅、中、深层水, 垂向上水力联系较密切。从目前开采井揭露的岩层来看, 洪积倾斜平原上部含水层为砂砾石含卵石层, 其中含有泥质, 厚50~70 m; 中部为中粗砂、中细砂夹泥砾砂层, 厚40~60 m; 下部为细砂、粉砂层, 厚30

~50 m。单井涌水量30~50 m³/h。

1.2 地下水补给、径流和排泄条件

区内地下水的补给来源主要是大气降水, 它以不同的方式补给孔隙含水系统。洪积倾斜平原表层为砂砾石及亚砂土层, 渗透性好, 大气降水落到地面后通过包气带直接补给含水层。靠近山前的基岩裂隙水区大气降水入渗补给后向山前径流, 以侧向径流形式补给孔隙含水层。山区大气降水形成的地表溪流出口后很快渗漏补给孔隙水, 除暴雨季节外, 一般很少形成地表径流泻入硝池。因此山区地表径流是区内地下水的重要补给来源。区内地下水埋深各地不同, 其上部一般为40~80 m, 中部为10~40 m, 下部一般小于10 m。地下水总的径流方向是自山前向硝池、盐湖方向, 最终以径流方式泄入硝池或盐湖。

1.3 地下水动态

区内地下水动态长观孔很少, 只在社东村有一长观孔, 观测时段为1984—1993年(图2)。从图2中可以看出, 一般每年有两峰两谷, 3、4月份处于峰值期, 然后下降, 至8、9月达最低点, 然后又逐步回升, 至12月、次年1月又达到峰值, 然后又下降。从历年水位变化情况来看, 水位一直处于逐步下降过程中, 最高水位是1985年的329.75 m, 最低水位是1992年的324.25 m, 年变化幅度一般在1~2 m以内。本次(1999年9月13日)观测地下水位为323.57 m。16年间水位下降了约6 m, 平均每年下降0.38 m。

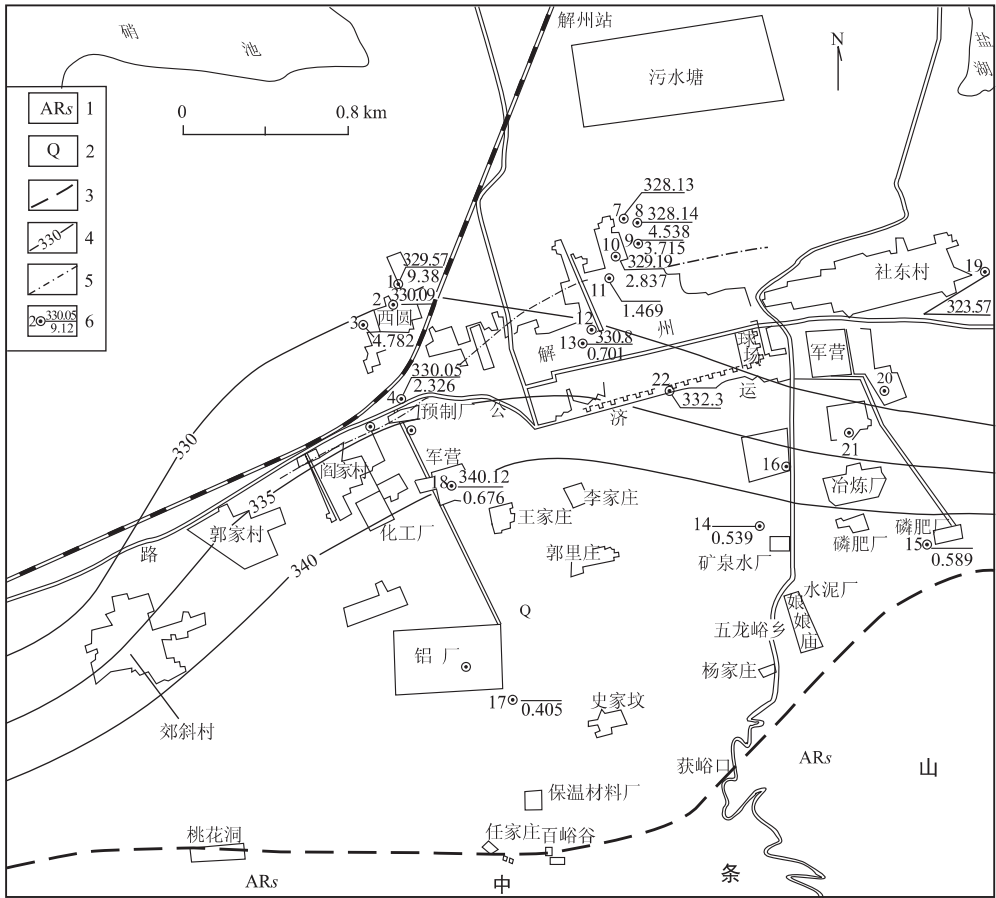


图 1 解州地区水文地质略图

Fig. 1 Hydrogeologic map of Xiezhou district

1. 太古界涑水群; 2. 第四系; 3. 断层; 4. 等水位线, m; 5. 咸淡水界线; 6. 水井: 左为编号; 右分子为水位, m; 分母是矿化度, g/L

2 地下水化学特征

区内地下水化学特征具有明显的分带性^[1]. 洪积倾斜平原上部地下水 pH 值为 6. 20~6. 52, 矿化度为 0. 40~0. 68 g/L, 总硬度为 210~280 mg/L, 化学耗氧量为 0. 14~0. 24 mg/L, 电导率为 430~580 $\mu\text{S}/\text{m}$. 水中主要离子为: HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} 和 Cl^- . 水化学类型为 $\text{HCO}_3-\text{Ca}-\text{Mg}$ 型和 $\text{HCO}_3-\text{Ca}-\text{Mg}-\text{Na}$ 型. 洪积倾斜平原中部处于地下水径流带. 地下水的 pH 值为 6. 45~6. 75, 矿化度为 0. 65~0. 70 g/L, 总硬度为 320~380 mg/L. 化学耗氧量为 0. 24~0. 68 mg/L, 电导率为 660~850 $\mu\text{S}/\text{m}$. 水中主要离子为: HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} 和 Cl^- . 水化学类型为 $\text{HCO}_3-\text{Ca}-\text{Mg}$ 型和 $\text{HCO}_3-\text{Ca}-\text{Mg}-\text{Na}$ 型.

洪积倾斜平原下部属地下水浅埋带, 与硝池、盐湖洼地地下水呈过渡关系, 地下水含盐量增高, 矿化

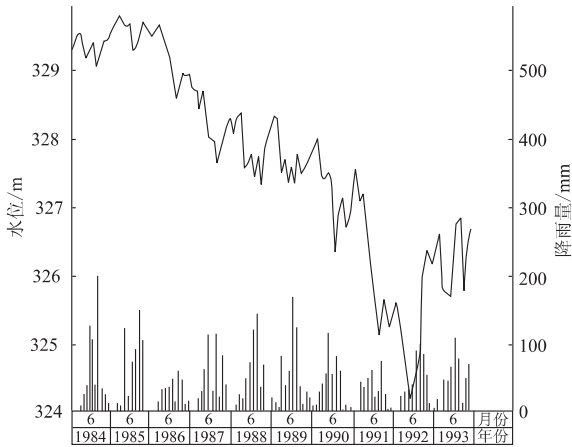


图 2 社东村 19 号井水位动态曲线

Fig. 2 Stage-duration of No. 19 water well in Shedong village

度均大于 1 g/L, 愈靠近硝池洼地矿化度愈高, 最高为西园四组井(1 号), 矿化度高达 9. 38 g/L. 区内地

下水 pH 值为 5.5~7.0,总硬度为 1 000~5 000 mg/L,化学耗氧量为 1~10 mg/L,电导率为 1 500~10 000 $\mu\text{S}/\text{m}$. 水中阳离子主要为 Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , 但各井变化较大,有的是以 Na^+ 为主, Ca^{2+} , Mg^{2+} 次之,有的是以 Ca^{2+} 为主, Na^+ , Mg^{2+} 次之. K^+ 质量浓度都较大. 水中阴离子以 Cl^- , SO_4^{2-} 为主, HCO_3^- 为辅. 其规律是矿化度愈高, Cl^- , SO_4^{2-} 所占比例愈大,矿化度愈小, Cl^- , SO_4^{2-} 所占比例愈小. 水化学类型为 $\text{SO}_4-\text{Cl}-\text{Na}-\text{Mg}$, $\text{SO}_4-\text{Na}-\text{Ca}-\text{Mg}$, $\text{Cl}-\text{SO}_4-\text{Ca}-\text{Mg}$, $\text{Cl}-\text{Ca}-\text{Mg}$, $\text{Cl}-\text{SO}_4-\text{Na}-\text{Ca}-\text{Mg}$ 等型. 其总的特点是阴离子以 SO_4^{2-} , Cl^- 为主,阳离子则变化较大,这说明受到不同形成作用的影响. 据苏林分类方法^[2],洪积倾斜平原中上部地下水化学类型为:西部为 Na_2SO_4 水,东部是 NaHCO_3 水,中部是 MgCl_2 水,下部是 Na_2SO_4 和 CaCl_2 水,其分布很有规律.

从上述水中化学成分质量浓度来看,洪积倾斜平原上部地下水矿化度较低,水中离子质量浓度依次为: HCO_3^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ 和 Cl^- , 是溶滤水的化学特征^[1]. 向下部地下水矿化度逐渐增高,水中离子质量浓度顺序也发生很大变化. 矿化度愈高, Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ 质量浓度也愈大.

3 地下水水质恶化形成原因

地下水的化学成分是在一定的地理、地质及水文地质条件下形成的. 为了有利于研究地下水化学成分形成条件,将地下水及与地下水有关的所有水样水质分析资料点绘在兰格利厄—路德维奇图中(图 3). 从图中可以看出,地下水水质集中分布在两个区域中:区域 I 包括 11 号井、13 号井、14 号井、15 号井、17 号井、18 号井;区域 II 包括 1 号井、3 号井、4 号井、8 号井、9 号井、10 号井. 是什么原因造成这种成分分布呢? 它们与山区地表水、地下水及硝池盐湖水又是什么关系呢? 查明这些问题将对地下水水质恶化防治具有重要意义.

对于洪积倾斜平原来讲,其表层多为砂砾石层,渗透性好,大气降水或山区地表水流出山口后很快渗入补给地下水,很少形成地表径流直接流入硝池或盐湖. 洪积倾斜平原地形坡度大,地下水径流条件好,水交替强烈,大气降水和地表水渗入补给地下水后径流速度快,在径流过程中溶解岩土中的可溶成分,因此易溶盐分首先被溶解带走. 经过长期的溶滤

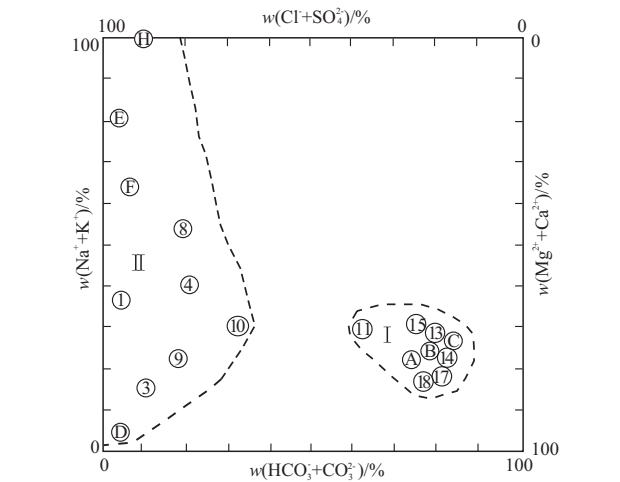


图 3 兰格利厄—路德维奇图示

Fig. 3 Langelier-Ludwig hydrochemical plot of water samples

A. 柏口窑地表水; B. 柴家窑三泉水; C. 水工队井水; D. 盐池水; E. 盐湖地下水; F. 硝池水; H. 铝厂污水

作用,易溶盐分被大量淋失带走,岩土中剩下的主要是难以迁移的碳酸盐类,所以大气降水及山区地表水渗入后只能溶解岩土中的碳酸盐类矿物,形成重碳酸钙镁水. 水中阳离子主要是 Ca^{2+} , Mg^{2+} , 阴离子主要是 HCO_3^- , 因此落在图的右下方. 基岩山区地表水(A)和裂隙水(B)也落在区域 I 内,说明洪积倾斜平原地下水与基岩山区地表水和地下水有密切的联系. 它们同属于一种类型. 其共同特点是:地下水矿化度较低,水化学类型为 $\text{HCO}_3-\text{Ca}-\text{Mg}$ 水,属溶滤成因类型水. 硝池和盐湖洼地地区地势低平,是地下水的汇流中心,地下水径流微弱,水交替缓慢,溶滤作用不发育,是易溶盐分累积区,使岩土中易溶盐分保存较多. 因此该区地下水矿化度和易溶离子质量浓度较高,使得硝池、盐湖区地下水的矿化度较高,一般都大于 6 g/L. 水中阴离子主要是 Cl^- , SO_4^{2-} , 阳离子主要是 Na^+ , 水化学类型为 $\text{Cl}-\text{SO}_4-\text{Na}$ 或 $\text{Cl}-\text{SO}_4-\text{Na}-\text{Mg}$ 型,因此落在图的左上方(E, F).

从水文地质条件分析来看,解州镇北部及西园村一带应属于洪积倾斜平原水文地质单元一部分,地下水矿化度应比较低. 据当地村干部反映,以前该区是低矿化度的淡水,能够供生活和菜地灌溉之用,水是后来才逐渐变咸的. 据本次取样分析,地下水矿化度为 3~10 g/L,水中阴离子主要是 Cl^- 和 SO_4^{2-} , 阳离子主要是 Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , 质量浓度差距不

大,但水化学类型变化复杂,呈 $\text{Cl}-\text{SO}_4-\text{Ca}-\text{Mg}$, $\text{SO}_4-\text{Cl}-\text{Na}-\text{Mg}$, $\text{SO}_4-\text{Na}-\text{Ca}-\text{Mg}$, $\text{Cl}-\text{Na}-\text{Mg}$, $\text{Cl}-\text{SO}_4-\text{Na}-\text{Ca}-\text{Mg}$ 等.从苏林分类来看,为 CaCl_2 , MgCl_2 , Na_2SO_4 ,与硝池和盐池水较为接近,说明该区地下水受到硝池、盐湖洼地区高矿化度地下水扩散侵入的影响,使得地下水的矿化度增高,咸化明显,超过了生活用水和农业灌溉用水的水质标准.是什么原因引起硝池洼地地下水向洪积倾斜平原扩散侵入呢?这主要是铝厂一带大量抽取地下水,改变了地下水的径流状态,使地下水水力坡度变缓,使向硝池径流排泄的水量减少.由于解州、西园一带地下水径流速度变缓,水交替变弱,因此使地下水中易溶盐分增加,矿化度增高.从地下水等水位线来看,该地地下水仍保持自南向北径流的总趋势,说明铝厂一带抽水形成的降落漏斗并没有扩展到硝池洼地区,引起高矿化度的咸水倒流侵入.引起硝池水倒流扩散的直接因素是解州、西园一带水井抽水.由于受铝厂一带地下水开采影响,解州、西园一带地下水水力坡度已经很小,大约为 6.7×10^{-3} ,该区地下水位与硝池湖盆区地下水位差已经很小.在不抽水的情况下,尚能维持地下水向硝池径流排泄;但在抽水条件下,一般水位降深值大于 5 m,特别在多井共同抽水时,其降深值会更大,形成的降落漏斗已扩大到硝池湖盆区,这样必然引起湖盆区高矿化度咸水向南不断扩散侵入,使原来淡水矿化度不断增高,咸度不断增加,水质逐渐变坏,致使西园四组 1 号井矿化度高达 9.34 g/L,已接近湖盆区地下水矿化度.因此该区地下水矿化度不断增高的原因有二:一是铝厂一带大量抽取地下水,改变了地下水的径流状态,使地下水水位下降,水力坡度变缓;二是解州、西园一带水井抽水饮用和灌溉,形成的降落漏斗扩展到硝池湖盆区,引起高矿化度咸水倒流侵入扩散.由于扩散混合的程度不同,加之抽水等因素的影响,致使该区地下水化学类型复杂,反映在图 3 中的分布范围较大.

4 地下水水质恶化的防治措施

从上述地下水化学成分形成条件分析来看,引起解州、西园一带地下水水质恶化的主要原因是人为活动引起的.必须采取必要的防治措施,协调好不

合理的人为活动,防止地下水水质恶化的进一步发展,保持水资源的正常利用.否则,水质污染、水质恶化的趋势还会逐渐向南扩展,造成更大范围的水质变坏,最终可能使解州一带出现有水不能用或无水可用的局面,其后果是不堪设想的.

4.1 控制开采量和取水地段

该区属于洪积倾斜平原孔隙含水系统,补给来源是大气降水和南部山区地表水和基岩地下水,向硝池和盐湖径流排泄.只有维持原有的径流和排泄条件不变,才不会产生硝池和盐湖的咸水侵入.因此必须控制开采量保持自南向北的径流状态.另外就是要在咸淡水过渡区附近禁止打井抽取地下水,将取水地段布置在洪积扇的中上部,这样抽水降落漏斗就不会扩散到咸水区,从而可以防止地下咸水的不断扩展.经过若干年的调整,前缘一带地下水水质还可以逐渐变好.

4.2 加强地下水监测和保护工作

为了了解地下水水质变化情况,应重新布置地下水监测工作.在咸水区、过渡带和淡水区都应布置监测孔,观测内容包括水质、水位和开采量.另外还应应对洪积倾斜平原做好环境保护工作,将该水源地作为重要水源地进行保护.对工厂废水、废渣、生活垃圾等的堆放和排放要做出严格限制,应将可能对地下水产生污染的污染源堆放和排放到洪积倾斜平原的下部以外地区.

参考文献:

- [1] 王大纯,张人权,史毅虹,等.水文地质学基础[M].北京:地质出版社,1995.
- [2] 沈照理,朱苑华,钟佐荣.水文地球化学基础[M].北京:地质出版社,1993.

FORMATION CAUSES AND CONTROLLING MEASURES OF
GROUNDWATER-QUALITY DETERIORATION IN
XIEZHOU AREA, YUNCHENG CITY

Wang Zengyin¹ Xin Xuanmin² Chang Yongsheng² Hu Shoumiao² Cui Yinxiang¹ Cao Lijing¹
(1. *Faculty of Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China*; 2. *Yuncheng City Water Conservancy Bureau, Yuncheng 044001, China*)

Abstract: The groundwater quality in Xiezhou area of Yuncheng city has conspicuously deteriorated in recent years, directly affecting the water supply for the local people daily life and for the agricultural irrigation. The comparison of the hydrogeological condition with the water-quality test results in the study area shows that the mass extraction of the groundwater in the mid-upper section on fluvial filt plane has lowered the groundwater table and eased the hydraulic gradient. In this case, the extraction of the groundwater near the transitional zone of brackish water has resulted in the lower groundwater table than the niter poor water table, and further in the intrusion of the salt water and further deterioration of the groundwater quality. In order to prevent the further deterioration of groundwater quality and the expansion of the polluted groundwater, the amount of the extracted groundwater and the pumping sections should be controlled.

Key words: groundwater; water-quality deterioration; Xiezhou area.