

成果与方法

沿黄地区浅层淡水水源地傍河取水技术探讨

——以新矿集团济阳矿井傍河取水水源地勘察为例

赵志强, 安美艳, 赵永安, 王合秋, 李生清

(山东省地矿工程勘察院, 山东 济南 250014)

摘要: 为开辟区域供水新途径, 经过对沿黄地区供水勘察资料的分析研究, 认为临黄靠渠区, 浅层地下水水质较好。从黄河侧渗补给稳化的角度分析, 具备了形成中小型供水水源地的条件, 技术可行、经济便利, 能够满足该区村镇生活及工矿企业用水需求, 是缓解该区供水危机的新途径。

关键词: 孔隙水; 浅层淡水资源; 供水水源地; 沿黄地区

中图分类号: P641 135 P641. 8 文献标识码: A

0 引言

地下水资源作为水资源的重要组成部分, 其合理开发利用关系国计民生。目前, 地下水资源开发利用主要是以局域开采即水源地开采为主, 因此合理进行局域地下水资源开发利用, 对保证地下水资源的可持续利用及人类与自然的和谐发展具重要战略意义。沿黄地区, 黄河对浅层地下水资源有明显的侧渗补给作用, 以新矿集团济阳矿井傍河取水供水水源地为例, 充分利用沿黄区第四系含水层与黄河之间地层的天然过滤特性, 傍河取水, 开辟区域供水新途径。

济阳矿井地处黄河北岸, 傍河临渠, 行政区划属济南市济阳县, 生活用水需水量 $2\,400\text{ m}^3/\text{d}$ 区域内地下水为第四系及第三系松散堆积物的孔隙水, 含水层具 2 层结构, 在垂向上划分为浅层潜水—微承压淡水、中深层承压咸水 2 个含水层组, 其中具供水意义的为浅层淡水资源。考虑该区所处地理位置、地质、水文地质条件比较特殊, 该次供水勘察建议傍河取水, 规划建设傍河取水小型供水水源地。根据勘察成果, 结合以往傍河取水经验, 将沿黄区域傍河取水的技术条件进一步分析探讨。

1 研究区区域地质条件

1.1 地层

沿黄地区地层属华北地层区鲁西地层分区的泰安地层小区, 区内全部为第四系松散堆积物所覆盖, 主要为全新统平原组, 厚 $98\,60\sim 170\,00\text{ m}$, 平均 $124\,50\text{ m}$ 。地层岩性主要以粉质黏土、粉土和砂层为主; 下伏新近纪明化镇组岩性以灰绿、棕褐杂色黏土为主, 夹薄层粉细砂层, 地层厚度 $97\,50\sim 278\,90\text{ m}$, 平均 $202\,4\text{ m}$, 半固结, 较松散; 其下为石炭系、二叠系及奥陶系。

1.2 构造

沿黄地区在大地构造上属于华北地台、鲁西断块和东阿—济南—临朐单斜凹陷。历次构造运动的结果, 造成境内隐伏断裂纵横交错。除分布于北部边界控制二级构造单元发展的聊考大断裂外, 其他规模略小。

1.3 水文地质条件

区内 500 m 以浅地下水赋存和运移于第四系及新近系松散堆积物的孔隙中。按其在 500 m 以浅深度内含水层垂向上和水平方向上的变化特征可分 3 种基本类型, 即: 浅层潜水—微承压水, 中层承压水和深层承压水; 根据矿化度及主要化学成分在垂向上的变化及分布, 以矿化度 3 g/L 为临界值, 大于 3 g/L 即为咸水, $2\sim 3\text{ g/L}$ 为微咸水, 小于 2 g/L 为淡

*收稿日期: 2009-03-31 修订日期: 2009-10-20 编辑: 陶卫卫

作者简介: 赵志强 (1979—), 男, 河北沧州人, 工程师, 主要从事水文地质工作。

水,划分为:浅层淡水、中深层(微咸水)咸水。该次工作目的含水层为浅层潜水-微承压水含水岩组,因此主要针对该含水岩组进行阐述。

浅层潜水-微承压水含水岩组,区内广泛分布。含水层岩性主要为粉细砂及粉土,在垂向上具多层结构,单层厚度较小,并夹有数层薄层黏土,局部地段具微承压性。该含水岩组底板埋深较小,一般 10~30 m,靠近黄河地段大于 30 m。含水砂层累计厚度大于 5 m,由于浅层淡水含水岩组岩性主要为粉砂、粉土,颗粒较细,孔隙小,地下水径流缓慢。水位埋深一般 2~3 m,单井涌水量一般为小于 500 m³/d 靠近黄河地带单井涌水量为 500~1 000 m³/d 富水性各处差异较大。

鉴于该区特殊的地理位置,紧靠黄河,区内引黄渠道纵横交错,地表水体灌溉网络四通八达,农田灌溉几乎全部依靠引黄灌溉;区内潜水-微承压淡水含水岩组地下水的主要补给途径为黄河水侧渗补给,其次为大气降水入渗补给、农田灌溉回渗补给(图 1),自西南向东北径流。目前人工开采和蒸发排泄是其主要的排泄方式。

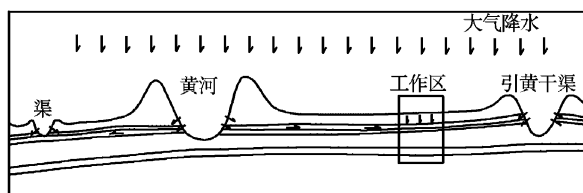


图 1 浅层地下水补给途径示意图

2 傍河取水技术条件可行性分析

2.1 从“水质优先”的角度分析

地下水资源开采利用应以满足水质要求为基础,其次才是水量的要求。该次矿区供水是作为生活用水,则其水质要求应满足生活饮用水卫生标准(GB5479-2006)要求。

通过对水质化验结果分析,区内浅层地下水类型较复杂,其矿化度数值普遍大于 1.0 g/L,局部地段大于 2.0 g/L,临黄靠渠地段小于 1.0 g/L;总硬度数值普遍大于 500 mg/L,局部地段大于 1 000 mg/L,临黄靠渠地段小于 500 mg/L^①。

浅层地下水水质总体变化趋势是由西北向东南逐渐变好,靠近黄河的区段水质相对较好。根据水质分析结果,临黄靠渠地段(傍河取水靶区)内浅层

淡水水化学类型主要为 HCO₃·SO₄-Mg·Ca·Na 型,地下水矿化度 0.88~1.52 g/L, pH 值 7.2~7.8。地下水总硬度 500~800 mg/L(其中主要是暂时硬度)。另外,其 F⁻ 的含量均小于 1.0 mg/L。结合当地实际供水情况,供水水源水质普遍较差,浅层地下水是当地供水水源中水质情况最理想的选择。除硬度偏高外,其他基本满足当地生活饮用水要求(表 1)。

表 1 浅层淡水常规水化学成分(mg/L)

采样点	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	矿化度	总硬度	pH 值
TC1	493.24	84.00	45.00	129.21	46.56	888	514	7.6
TC2	636.84	276.99	125.00	156.36	72.68	1270	689	7.8
TC3	618.29	86.98	77.00	122.19	50.24	1021	512	7.3
TC4	576.48	335.11	139.50	161.53	74.73	1374	711	7.3
TC5	600.37	411.86	145.00	168.78	91.05	1522	796	7.4

在连续抽水过程中,经过对比分析前后不同时间的水样化验结果,可以发现随着抽水时间的延伸,矿化度、总硬度有减小的趋势。

综上所述,在临黄靠渠区利用沿黄第四系含水层与黄河之间地层的天然过滤特性,抽取地下水,夺取黄河水的侧渗补给,水质情况较其他区段较理想,基本能满足生活饮用的要求。

2.2 从遵循地下水系统规律角度分析

地下水资源是按一定的地下水系统分布埋藏和发育的,含水系统内部的水是一个有机整体,也就是补给、排泄、径流自成体系的含水层的组合^[1]。

该区紧靠黄河,区内引黄渠道纵横交错,地表水体灌溉网络四通八达,农田灌溉几乎全部依靠引黄灌溉;区内潜水-微承压淡水含水岩组地下水的主要补给途径为黄河水侧渗补给。在工作区附近河段为地上“悬河”,河床高于地表 5 m 以上。据济南市泺口水文站观测,黄河多年平均总流量为 316.1 亿 m³;年平均水位 24.05~30.49 m,工作区内的地面标高还不到 23.0 m,在这样大的水头压力作用下,黄河水沿着呈层状分布的含水砂层侧渗补给作用是相当明显的。供水勘察干扰抽水试验充分证明了这一点,干扰抽水试验形成以 TC5、TC4 号抽水井为中心

① 赵志强、李生清,新矿集团济阳矿井供水水源地勘察报告,2006 年 12 月。

的水位降落漏斗。漏斗形态呈扁椭圆形,长轴展布与黄河分布方向基本一致。呈现临近黄河一侧等水位线较密,水力坡度较陡的趋势,反映了该方向地下水在一定程度上接受了黄河水侧渗补给,具备傍河取水的补给条件。

由于区内表层及层间的岩性主要为粉土及粉质黏土,结构松散,渗透性较强,利于降水的入渗及运移,加之地形坡度小,增长了降水的入渗,大气降水也是一重要补给来源。由于临黄靠渠区(傍河取水靶区)内种植农作物稻田较多,农田灌溉较为频繁,也在一定程度上补给了地下水。

因此,在临黄靠渠区采用傍河取水方式开采浅层地下水,遵循地下水系统规律,合理利用黄河侧渗补给为人们生活服务是可行的。

2 3 按照资源可持续利用的原则分析

开采利用地下水资源时,必须要考虑长期稳定持续利用的特点。从地下水资源特点来讲,保证长期供水的是地下水的补给资源量。从这个观点出发,对构成该区补给资源量的各项进行具体分析,主要计算了黄河水侧渗补给量及大气降水入渗补给量。

2 3 1 河水侧渗补给量计算

黄河水侧渗补给量计算公式(渗流断面法)^[2]:

$$Q = k \cdot L \cdot I \cdot H \tag{1}$$

式中: k —含水层渗透系数 (m/d); L —河渠渗漏段的长度 (m); I —地下水水力梯度(无量纲); H —水力梯度取值段含水层平均厚度 (m)。

结合工作区水文地质条件,渗透系数 k 取水源地探采结合井渗透系数均值 6 114 m/d 该次供水水源地范围内黄河渗漏段的长度 L 取 4 000 m,黄河水位按年平均值 28 80 m,水源地静水位取其平均值 22 13m,含水层厚度 H 取探采结合井含水层厚度均值 15 0 m,水源地中心距黄河边界 1 200 m。将上述参数代入公式 (1), 计算黄河侧渗补给量为 2 054m³/d(表 2)。

表 2 黄河侧渗补给量计算

k	L	$h_{\text{黄}}$	h_0	H_0	I	H	$Q_{\text{渗}}$
(m/d)	(m)	(m)	(m)	(m)		(m)	(m ³ /d)
6 114	4000	28 80	22 13	1200	0 0056	15 0	2054

2 3 2 大气降水入渗补给量计算

大气降水入渗补给量计算公式^[2]:

$$Q_{\text{渗}} = \alpha \cdot F \cdot P \tag{2}$$

式中: α —降水入渗系数(无量纲); F —接受降水入渗的地表面积 (m²); P —多年的平均降水量(降水深) (m/a)。

结合工作区内气象水文条件, 大气降水入渗系数 α 取 0 15 接受降水入渗的地表面积取水水质较好区的面积 10 0 km², 多年平均降水量采用济阳县年平均降水量 665 7mm, 将上述参数代入公式 (2), 计算大气降水入渗补给量为 2 736m³/d(表 3)。

表 3 大气降水入渗补给量计算

α	F (m ²)	P (m/a)	$Q_{\text{渗}}$ (m ³ /d)
0 15	10000000	0 666	2736

从可持续利用的角度看, 黄河侧渗补给和大气降水补给是其主要的补给来源, 计算其补给资源量为 4 790m³/d 除特干旱年份或黄河断流的情况, 其补给是持续可靠的。还有工作区附近的引黄总干渠, 每年 3~ 4 次的引黄灌溉, 干渠侧渗及区内大面积水稻田的农灌回渗, 对区内的浅层淡水也有一定的补给。因此, 在临黄靠渠区傍河取水能满足中小型水源地供水要求。

2 4 从“发展变化”的角度分析

按照“发展变化”的观点, 进行深入分析多年的动态观测资料, 合理布置取水方案, 开采利用地下水资源是十分必要的。

根据多年观测资料(图 2), 该区浅层淡水地下水位动态变化其总的规律为地下水位的变化与降水具有相关变化的关系, 降水随季节有规律的变化, 降水的时间及强度大小直接影响着该区浅层淡水水位



图 2 N67号观测孔多年动态变化曲线图

变化趋势。同时, 地下水位的变化略滞后于降水量的变化, 形成这种现象的原因是由于该区浅层淡水含水岩组内分布数层粉质黏土透镜体, 使浅层淡水

在局部地段具微承压性, 大气降水的入渗补给相对较缓。

同时, 黄河水对工作区浅层地下水动态变化也起着重要的控制作用。1991 年工作区地下水最高水位出现在 6 月 16 日—17 日和 8 月 2 日—4 日, 最低水位出现在 7 月 16 日—17 日。这与黄河上游放水 and 汛期排洪所形成的 2 个峰值和 1 个谷值相吻合, 反映了地下水水位升降变化与黄河水位升降关系十分密切, 动态变化曲线一致或稍微滞后。在无降雨的情况下, 黄河水对地下水的影响程度和速率随河水边线距离不同而异, 距离黄河岸边越远, 由黄河水位变化引起的地下水水位变幅越小, 滞后时间越长。

通过上面分析不难看出, 黄河水和大气降水与该区浅层地下水有密切水力联系, 在合理进行傍河取水的同时, 应加强监测和地下水的开发管理工作。

2.5 从保护生态环境的角度分析

地表水与地下水转化往往具有多重性, 这种转化过程中, 对生态环境具有不同的作用。因此在进行傍河取水时, 更要充分考虑这种转化关系, 以不破坏生态环境为前提, 合理使用水资源。根据勘察抽水试验数据, 依据稳定流理论, 采用水位削减法计算了满足供水要求情况下供水井的水位降深。

在总开采量为 $2\,400\text{ m}^3/\text{d}$ 的情况下, 计算抽水井最大降深值为 $22\,415\text{ m}$ 。长期开采, 在水源地降落漏斗范围内有可能产生小范围地面塌陷。但拟建水源地距离矿区及黄河大坝都有一定距离, 水源地距离矿区约为 5 km , 最靠近黄河二道坝的水源井距离二道坝 550 m 左右。各井抽水影响半径一般不到 200 m , 最大影响半径为 320 m , 矿区及黄河大坝均在影响范围之外。水源地的正常运行亦不会对矿区、黄河大坝安全产生影响。煤矿正常开采会疏干煤系含水层, 但由于煤系含水层与浅层地下水含水层之间存在稳定连续、厚度较大 ($> 150\text{ m}$) 的黏土

(岩) 作为隔水层, 阻断了其水力联系, 因此煤矿开采亦不会影响水源地的正常使用。

2.6 从取水便利、经济、技术可行的角度分析

傍河取水区位于济南黄河以北, 距黄河约 0.5 km , 距济阳县城约 17 km , 距济南市区约 8 km 。308、309 国道从南部经过, 104 国道从西部穿过, 220 国道从东部穿过, 京沪、京福、济青高速公路距该区均较近; 济南遥墙机场位于该区东部 8 km 处, 距离矿区及生活区距离都不超过 5 km , 地理位置优越, 取水便利。

傍河取水在河南省郑州市“九五”滩地已有成功经验, 工作区临黄靠渠, 合理布置供水井, 建设小型供水水源地技术成熟、经济可行。

3 结语

通过进行傍河取水技术条件分析, 认为沿黄地区傍河临渠地段, 水质相对其他区段较好; 含水层厚度相对较大, 颗粒较粗, 接受黄河水侧渗补给较其他地段要好得多, 补给相对较充足、较稳定; 可持续利用程度高, 不以破坏生态环境为代价; 规划建设中小型傍河取水水源地取水技术可行、便利、经济。在沿黄地区推广傍河取水中小型供水水源地, 能满足沿黄村镇、工矿企业的用水要求, 是缓解该区供水危机的新途径。同时建议进一步探索在沿黄岸边平行河道构筑一定规模的集水廊道, 增加补给, 增大单位面积出水量的傍河取水方式, 合理开发利用浅层地下水资源。

参考文献:

- [1] 李俊亭, 王愈吉. 地下水动力学 [M]. 北京: 地质出版社, 1990: 17—89
- [2] 徐恒力. 水资源开发与保护 [M]. 北京: 地质出版社, 2001: 100—169

Study on Taking Water Technologies in Shallow Freshwater Source along the Yellow River Region ——Setting Taking Water in Jiyang Mine of Xinwen Mining Group as an Example

(下转第 45 页)

的内聚力降低,承载力减小。

(3)振动诱发岩溶塌陷的实质是振动所产生的附加应力诱发地面塌陷,振动产生的致塌力不会对土层直接产生破坏,其致塌机制和耦合效应与破坏累积有关。

参考文献:

[1] 高宗军,张富中,鲁峰,等.山东泰安岩溶地面塌陷前兆及其预

测预报[J].中国地质灾害与防治学报,2004(3):149-150.

[2] 高宗军.泰安岩溶地面塌陷形成机理与防治对策[J].中国地质灾害与防治学报,2001,12(4):73-76.

[3] 高宗军.岩溶地面塌陷形成机理与成因模式研究——以山东泰安—莱芜为例[J].中国工程科学,2008(4):38-43.

[4] 高宗军,孙文广,唐蒙生,等.泰安—旧县水源区岩溶水开采与地质环境的关系[J].山东地质,2001,17(8):86-91.

[5] 贺可强,王滨,杜汝霖.中国北方岩溶塌陷[M].北京:地质出版社,2005:129-133.

Analysis of the Power-induced Factors of the Karst Land Collapse in Taián City

CHENG Shi-cai¹, GUO Jia-peng², MA Hai-hui¹, WANG Jing³, YUAN Jie¹

(1. Geological Science and Engineering College of Shandong University of Technology, Shandong Qingdao 266510, China; 2. Shandong Land and Resources Files Museum, Shandong Jinan 250013, China; 3. Yantai Section of Shandong Geological Environment Monitoring Center, Shandong Yantai 264000, China)

Abstract Taián city is an easy happening area of karst land collapse. Based on the distribution characteristics of Taián karst land collapse and the basic forming conditions and analyzing direct factors to induce the karst land collapse, it is regarded that deep water level leads to increasing hydraulic gradient and increasing land collapse. Surface water caused by rain not only increased the upper part of the bad, but also taking away some clay particles in the surface and to reduce carrying capacity. Vibration generated by the additional stress induced collapse on the ground, and vibration induced collapse mechanism and the coupling effect have relation with damage accumulation.

Key words Karst land collapse; direct power induced factors; water level descending; rainfall; vibration; Taián city

(上接第 41 页)

ZHAO Zhi-qiang, AN Mei-yan, ZHAO Yong-an, WANG He-qiu, LI Sheng-qing

(Shandong Geo-engineering Exploration Institute, Shandong Jinan 250014, China)

Abstract: In order to opening new water supplying ways, after analysis and study exploration information of water supplying along the Yellow River, it is regarded that shallow groundwater quality is better in the Yellow River drainage district. Through analysis on the Yellow River seepage supply stability, it is showed that this area has the condition of pumping water supply with groundwater movement, technical feasibility and economic convenience. It can meet the demand of towns and villages living water requirements. It is a new way to alleviate the water crisis in the region.

Key words Porewater; shallow freshwater resources; taking water along the river; near the Yellow River to approach the canal; sustainable use; water supply source