

由抽水试验成果谈济南长孝水源地回灌补源

郑丽爽,于大潞,赵宇辉

(山东省地矿工程勘察院,山东 济南 250014)

摘要:通过 4.5 万 m^3/d 开采性抽水试验的观测表明长孝水源地具有较好的富水性及调蓄能力,开采潜力巨大。为保证长孝水源地的长期开采,应尽早采用外引内拦等工程措施,在孝里铺洼地地区实现地表水的回灌补源。这对提高城市供水保证率,恢复当地生态环境均具有十分深远的意义。

关键词:回灌补源;外引内拦;湿地生态环境;长孝水源地;孝里铺洼地;济南市

中图分类号:P641.2 **文献标识码:**B

引文格式:郑丽爽,于大潞,赵宇辉.由抽水试验成果谈济南长孝水源地回灌补源[J].山东国土资源,2015,31(6):34-37. ZHENG Lishuang, YU Dalu, ZHAO Yuhui. Study on Artificial Groundwater Recharge of Changxiao Water Source By Pumping Test in Jinan City[J]. Shandong Land and Resources, 2015, 31(6): 34-37.

济南市长孝水源地位于济南市长清区曹楼村附近,该水源地设计探采结合井 12 眼,供水能力 10 万 m^3/d 。目前已完成 1 号水源地 4 眼探采结合井的施工工作,并于 2011 年 6 月对 1 号水源地进行了为期 30 d 的开采性抽水试验,抽水流量 4.5 万 m^3/d 。虽影响范围较小,但尽早提出长孝水源地地表水的回灌补源工作对于保证长孝水源地的长期开采具有极为深远的意义^①。

1 概况

1.1 区域水文地质概况

根据《山东省地下水资源可持续开发利用研究》中的水文地质分区,长孝水源地属于鲁中南中低山丘陵碳酸盐岩为主水文地质区平阴-临朐水文地质亚区平阴单斜岩溶水系统,其西南部与旧县单斜岩溶水系统相邻(下马头水源地),东北部与济南单斜岩溶水系统相邻(济南泉域)^[1-2]。这些岩溶水系统具有明确的水文地质边界,皆具有以溶隙、溶孔为主及少量溶穴、管道组成的网络型导水通道和蓄水体系,含水介质导水和富水程度,具有各向异性和不均一性。它们相对独立,具有各自的水文地质条件,又通过透水断裂存在一定水力联系。

1.2 抽水试验概况

1 号水源地内共有 4 眼探采结合井,其中一眼井深 500.24 m,其余均在 358 m 左右。抽水主井采用 400JCK440*1F 深井泵,新铺设 DN800 螺旋钢管管道一条,向曹楼水厂西部的南水北调干渠排水,管线长度 940 m。

抽水试验时间为 30 d,抽水试验时间自 5 月 29 日开始,至 6 月 28 日结束。抽水历时 17 d。水位恢复观测 8~10 d,抽水流量为 4.5 万 m^3/d ,并布设不同类型水位观测孔 94 个(包括市区泉域周边观测孔 5 处),控制面积约 1 000 km^2 ,其中岩溶水水位观测点 59 个,第四系松散岩类孔隙水水位观测孔 27 个,地表水水位观测点 4 个。大体以抽水试验井为中心呈放射状分布,由密到疏。

2 抽水试验成果

2.1 长孝水源地的富水性

该次抽水试验抽水主井自 6 月 3 日 10 时开泵抽水,抽水 15 min 后,主井水位基本稳定,水位降深 2.27~3.08 m;6 月 20 日 10 时停泵,停泵 3 min 后,主井水位基本稳定,停泵 30 min 后,主井水位稳定,

收稿日期:2014-09-29;修订日期:2014-12-16;编辑:曹丽丽

作者简介:郑丽爽(1984—),女,吉林白城人,工程师,主要从事水文地质、工程地质和环境地质工作;E-mail:36053986@qq.com

①山东省地矿工程勘察院,济南市长孝水源地抽水试验工程曹楼井组阶段性开采抽水试验成果报告,2011 年

水位升幅 1.99~2.81 m,抽水历时 17 d。

5月29日—6月3日,该区岩溶水日降幅在 0.012~0.027 m/d 之间,6月3日,曹楼水厂井组抽水开始,在6月3日—10日,抽水主井的日降幅由 0.01 增加到 0.017 m/d,距离抽水主井最近的 CK1 号孔日降幅有增加趋势,由 0.016 增加至 0.031 m/d,表明该孔受到曹楼井组抽水的影响,而其他观测孔变化规律不一。抽水主井因揭穿奥陶纪北庵段灰岩和三山子组白云岩 2 个含水层,地下水的补给和调蓄能力较强,因此主井的岩溶水日降幅相对较小,其值为 0.136 m/d。据统计,主井抽水期间,区内岩溶水累计降幅平均为 1.74 m,农灌期区内岩溶水日均降幅为 0.139 m/d,其对区内岩溶水的降幅影响值为 1.39 m。反映出长孝水源地富水性非常好,并且具有非常好的调蓄能力。

2.2 长孝水源地的漏斗扩展范围

该次抽水试验正赶上大面积农灌期,农灌开采对岩溶水位下降影响巨大,该次抽水停泵时间又在农灌期内,因此,岩溶水的最大降深实为农灌开采和该次抽水试验的叠加降深。曹楼井组周围岩溶地下水漏斗形态为似半圆形,南北长约 9 km,东西宽约 8.3 km,漏斗面积约 51.83 km²。1.7 m 降深等值线向东交于马山断裂,1.8 m 降深等值线圈闭,长轴为 NE 向,沿孝里铺断裂向北东延伸,南自归德镇东辛村,北至归德镇国庄村一带;西起归德镇曹楼村,东至归德镇庄楼村一带,面积约 18.74 km²,大于 2.0 m 降深区域面积较小,约 1.04 km²。漏斗中心最大降深为 3.91 m。曹楼井组西南方向沿孝里铺断裂为岩溶地下水主要的补给方向,具有较强的补给能力(图 1)。

3 回灌补源条件

3.1 自然地理条件

孝里铺洼地位于孝里铺西南、广里村北,西距黄河 2~3 km,南水北调济平干渠穿洼地而过,为回灌补源提供了丰富的水源。据资料显示洼地呈 NE 向延伸,在 1985 年 3—4 月份枯水期,积水面积约 0.25 km²,10—11 月份丰水期积水面积为 8.25 km²,平均水深 0.5~0.7 m。由于近年来地下水位持续下降,目前洼地已经消失。

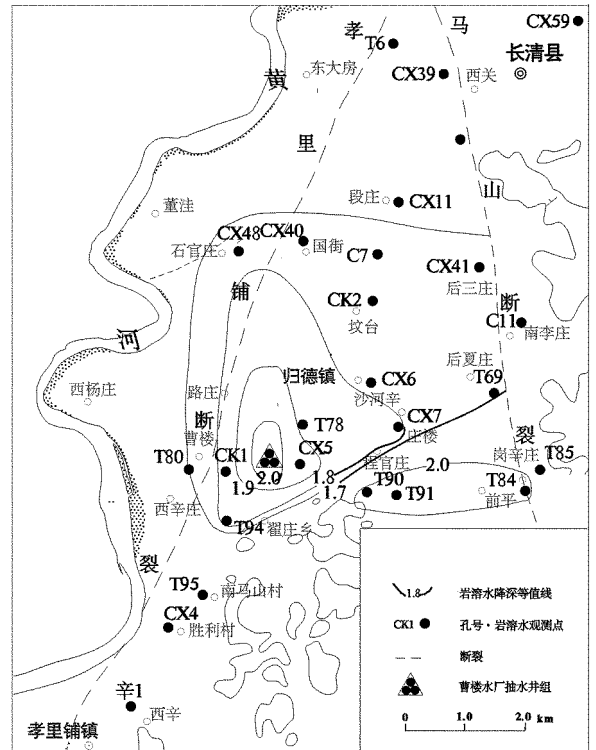


图 1 开采性抽水试验最大降深图

3.2 水文地质条件

根据以往的地球物理勘探资料成果,孝里铺断裂由 3 条主干断裂组成,其中西侧的主干断裂穿孝里铺洼地而过,通常在断裂构造带附近,裂隙岩溶较为发育,为地下水赋存、运移提供了良好的空间条件,是区内岩溶水运移的主要通道之一。因此在水文地质条件上分析,在孝里铺洼地进行回灌补源对岩溶地下水的补给作用较为明显。

孝里铺洼地因地势低洼,第四系厚度薄,岩性又多为松散的坡积和堆积物,隔水性差,根据资料显示在丰水期岩溶水补给充分,水位相应抬高,在洼地边缘除一部分沿沟谷直接泻出补给洼地外,另外一部分以顶托补给第四系的方式排泄。根据实测 1985 年丰水期,该区域岩溶水水位高于洼地 0.128 m,高于第四系孔隙水 0.037 m,这说明在丰水期,孝里铺洼地是岩溶水及第四系水的排泄点。而在枯水期,由于岩溶水补给量的减少,水位降低,此时岩溶水及第四系水位低于洼地水位,而洼地面积也由丰水期的 8.25 km² 减少为 0.25 km²。说明洼地在枯水期反补第四系水及岩溶水。

3.3 岩溶地下水水资源量概算

该次概算主要采用水量均衡法对长孝水文地质

单元地下水资源进行概算。计算公式为:

$$\mu F \Delta h / \Delta t = Q_{\text{补}} - Q_{\text{排}}$$

式中: $\mu F \Delta h / \Delta t$ —单位时间内含水层中水体积的变化量; $Q_{\text{补}}$ —各项补给量; $Q_{\text{排}}$ —各项排泄量。

该次计算降水量采用长清区 1953—2011 年多年平均降水量 634.2 mm,即 P 取 0.634 2 m。根据长清-孝里铺地区供水水文地质勘探报告,该区降水入渗系数 α 取 0.28。长孝水源地的直接补给区面积约 144.66 km²。考虑到该区农灌区多位于山间河谷或山间盆地地带,地势低洼平缓,便于入渗,故农灌回渗系数 β 值取 0.30。通过对大气降水入渗量、黄河水的侧渗补给量、下码头水源地的补给量、南大沙河流域的补给量及工农业开采量、对济南泉域的径流排泄量、矿坑排水量等补给、排泄项的计算,计算结果见表 1。通过计算可以看出,长孝水源地为正均衡,但对长孝水源地的开采只能通过截取地下水径流排泄量及袭夺孝里铺洼地排泄量。通过计算长孝水源地可采资源量约为 10 万 m³/d,潜力有限,因此为减少长孝水源地的开采对相邻水文地质单元的影响,增加长孝水源地长期开采的保证率,选择在孝里铺洼地实施回灌补源工作是有必要性的^[3-4]。

表 1 长清-孝里铺水文地质单元岩溶水补排项均衡分析

补给项目	补给 (万 m ³ /a)	补给 (万 m ³ /d)	合计 (万 m ³ /a)	合计 (万 m ³ /d)
大气降水入渗补给量	3118.59	8.54	6061.19	16.61
黄河水侧渗补给量	383.25	1.05		
农灌回渗补给量	256.2	0.70		
西北角地下径流补给量	1324.95	3.63		
南大沙河及小屯水库渗漏补给量	978.20	2.68		
排泄项目	排泄量 (万 m ³ /a)	排泄量 (万 m ³ /a)	合计 (万 m ³ /a)	合计 (万 m ³ /d)
工农业及自备井开采量	1428.0	3.91	5015.59	13.74
地下径流排泄量	2795.9	7.66		
煤矿矿坑排泄量	200.39	0.55		
洼地排泄量	591.30	1.62		
均衡差			1047.55	2.87

4 回灌补源措施

4.1 外引内拦相结合实现面补

利用黄河水及南水北调济平干渠水,通过人工修筑的水渠、管道等水利工程设施向孝里铺洼地引水。在山前地带,尤其是在长孝泄洪沟各支流上修建拦水坝及分水闸拦蓄地表径流,通过层层拦蓄减

少地表水的径流量,最终实现将其有序引入孝里铺洼地的目的^[5-6]。

4.2 施工渗沟渗井实现点补

孝里铺洼地与岩溶水水力联系密切,为增加孝里铺洼地水的入渗量,应进一步采取工程措施加强两者的水利联系,增加入渗系数。因此根据地层条件,在第四系较厚入渗系数较小的区域施工钻孔,钻至完整基岩全段下桥式滤水管,使地表水直接回灌岩溶水。在第四系较薄的区域施工填石渗井,以最大程度的增加地下水的入渗,增加地表水的入渗速度。保证地表水与岩溶水的联系通道顺畅。

5 结论

通过对长孝1号水源抽水试验表明,4.5万 m³/d 抽水漏斗扩展范围很小,停泵后水位恢复快,这说明长孝水源地富水性好,有较好的调蓄能力,具有进一步扩大开采的潜力。为保证长孝水源地的长期开采,提高城市供水保证率,减少对相邻水文地质单元的影响,应对长孝水源地尽早实施回灌补源。

孝里铺洼地与岩溶水联系密切,距黄河 2~3 km,南水北调贯穿南北,具有丰富的水源。是理想的地表水回灌补源的场所,因南水北调济平干渠水来自于东平湖,其水质优于黄河水,且干渠距洼地更近引水成本较低。因此考虑采用南水北调济平干渠水作为回灌水源,黄河水作为备用水源。

参考文献:

- [1] 徐军祥,康凤新.山东省地下水资源可持续开发利用[M].北京:海洋出版社,2001.
- [2] 杜贞栋.山东省水资源可持续利用研究[M].郑州:黄河水利出版社,2011.
- [3] 李常锁,秦品瑞.济南市水资源概况及开发利用初探[J].山东国土资源,2010,26(10):22-26.
- [4] 康凤新,徐军祥.山东省地下水资源极潜力评价[J].山东国土资源,2010,26(8):4-12.
- [5] 李秀东,葛慧萍,周进福,等.莱西市大沽河沿岸地下水回灌补源措施[J].山东水利,2007,(3):21-22.
- [6] 刘青勇,马承新,张保祥,等.地下水回灌补源模式研究与示范[J].水利水电技术,2004,35(2):57-59.

Study on Artificial Groundwater Recharge of Changxiao Water Source By Pumping Test in Jinan City

ZHENG Lishuang, YU Dalu, ZHAO Yuhui

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

Abstract: Through exploitation pumping test observation with the water amount of $45000 \text{ m}^3/\text{d}$ of No.1 Changxiao water source, it is showed that Changxiao water source has a good water enrichment and storage capacity and exploitation potentiality. In order to ensure long term extraction of Changxiao water source, some countermeasures should be adopted, such as outward water diversion and internal water stop. Thus, artificial groundwater recharge of surface water in Xiaolipu depression area can be realized. It will have a very significance in improving rate of water supply in city, and recovering local ecological environment.

Key words: Artificial groundwater recharge; diversion; wetland ecological environment; Changxiao water source; Xiaolipu depressions; Jinan city