

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2020.06.11

引用格式: 万军伟,王明珠,刘志涛,等. 引水补源工程对黛溪河流域地下水补给效果浅析[J]. 中国地质调查,2020,7(6): 86-95.

引水补源工程对黛溪河流域地下水补给效果浅析

万军伟^{1,2}, 王明珠^{1,2}, 刘志涛^{1,2}, 杨亚宾^{1,2}, 刘毅^{1,2}, 赵书兴^{1,2}

(1. 山东省地勘局第二水文地质工程地质大队, 德州 253015;

2. 山东省鲁北地质工程勘察院, 德州 253015)

摘要: 南水北调是国家级的重大水利工程,调水效果最终依赖于接收调水地区对调水的具体利用,引水补源工程是南水北调工程在邹平市的具体利用。为评价引水补源工程对黛溪河流域地下水的补给效果,在分析邹平市引水补源工程实施后黛溪河流域地下水资源的各个补给项的基础上,采用水均衡法计算各个地下水补给量,确定了黛溪河流域引水补源的总补给量。将总补给量视为本区地下水可开采资源量,将地下水可开采资源量与本区用水所需的地下水开采量相比较,对本区地下水资源可开采潜力进行了评价,论证了引水补源工程可有效缓解区内地下水超采问题。另外,还充分利用年地下水动态和多年地下水位动态变化等监测资料,揭示了引水补源工程对区内地下水的有效补充作用,为区内合理开发利用地下水资源提供了依据。

关键词: 水均衡法; 黛溪河流域; 引水补源工程; 地下水补给效果; 地下水资源评价

中图分类号: P641.8; P641.2; P641.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-8706(2020)06-0086-10

0 引言

黛溪河流域是邹平市重要的饮用水源补给区,承担着城区17万居民和部分城镇农村人口的生活用水。由于近年来地下水开发利用程度不断提高,且气候干燥,降雨偏少,黛溪河已出现断流,黛溪湖水位已下降至死库容。根据国家、省、市对南水北调受水区地下水治理要求,结合邹平市地下水现状,拟实施引水补源工程(饮水安全保障工程),将长江水调至黛溪河上游及其沿线水库,“引水上山”,增加黛溪河及沿线水库的蓄水量,补充地下水源,使补给量大于开采量,以压减黛溪河沿岸区域浅层地下水超采量,保障邹平市生活供水安全。

近年来,水利、自然资源部门和高校在邹平市地下水资源可持续开发利用及资源保护等方面做了大量工作^[1-10],但目前并没有对引水补源工程开展以来的实际效果进行分析研究,导致当地政府等

职能部门对黛溪河流域地下水资源开发利用潜力的认识还停留在以往的严重超采阶段,制约着当地地下水资源的可持续开发利用。因此,本文根据区内水文地质条件,结合国内其他地区地下水资源量计算及动态监测综合分析等的成功经验^[11-15],从邹平市黛溪河流域地下水开发利用现状和引水补源工程实施效果等方面进行论证,并结合区内地下水动态监测资料,对现状条件下黛溪河流域地下水资源量及可开采潜力进行了评价,为邹平市合理开发利用地下水提供了科学依据。

1 研究区概况

邹平市位于山东省东北部,地处鲁中山区北部边缘,黄河下游南岸,属暖温带季风气候区,大陆性气象特征明显,四季差别显著,年平均气温13.1℃。

邹平市属鲁中泰沂山区北麓与鲁西北黄泛平

收稿日期: 2020-04-28; 修订日期: 2020-09-19。

基金项目: 邹平水利局地方财政项目“邹平县地下水资源调查评价(编号: BZZPGP-2017-0063)”资助。

第一作者简介: 万军伟(1989—),男,工程师,主要从事水工环地质工作。Email: wanjun_wei@yeah.net。

原的叠交地带,地貌复杂且类型繁多。南部是中度切割的低山丘陵,东南部是第四纪形成的山前冲积平原。全区地势南高北低,呈倾斜式下降。

区内出露的地层主要有河流相沉积的碎屑岩类侏罗系和中基性熔岩火山岩类沉积的白垩系,在山间谷地及河流地带分布厚度不等的第四系松散冲洪积层。

黛溪河是区内主要河流,是邹平市南部山区自然形成的排洪河道,发源于以摩诃山为中心的 18 条山峪。上游分成 2 大支流:一条汇西董乡西峪、八柱台、大马峪和上下回诸峪之水,经由家河滩、尚庄至西董村西,向北至崔家营南;另一条汇杏林、秦家沟以南诸涧之水,经黄家河滩、南石至崔家营

南。支流汇合后的黛溪河穿于兹山、印台山之间,向北绕流邹平城折向西北,至上口村西南入杏花河,总长23.6 km,流域面积 97.5 km²。其中,黛溪湖以上控制流域面积为 67 km²。

2 水文地质特征及地下水开发利用现状

2.1 地下水赋存条件

研究区属淄博盆地裂隙、孔隙水水文地质区黛溪河流域地下水系统。如图 1 所示,根据赋存特征及分布规律,并结合地质构造和地层岩性特征,地下水可分为基岩裂隙水和松散岩类孔隙水。

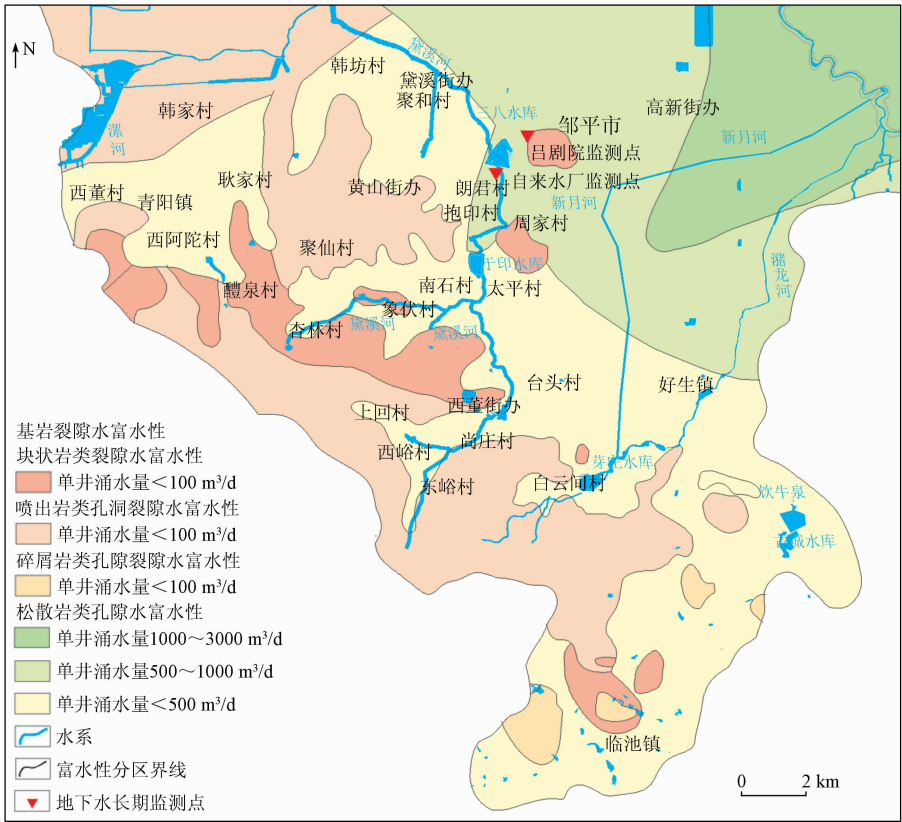


图 1 研究区水文地质简图

Fig. 1 Hydrogeological map of the study area

(1)基岩裂隙水。分布在邹平南部的低山丘陵区,根据基岩岩性可分为块状岩类裂隙水、喷出岩类孔隙裂隙水和碎屑岩类孔隙裂隙水。该类地下水分布极不均匀,杏林—象伏—芦泉支流以南基岩含水层顶板埋深一般小于 50 m,以北含水层深度起伏较大。地下水富水性较差,单井涌水量一般都小

于 100 m³/d,交替循环积极,水质较好,是山区居民的重要用水来源。

(2)松散岩类孔隙水。分布在黛溪河及支流冲洪积扇区,可分为浅层潜水和深层微承压水,地下水赋存条件、富水性和水质均较好,含水层颗粒粗、厚度大,并具有多层结构。在垂向上,呈现自下而

上含水层颗粒由粗变细的趋势,上部为粗砂、含砾粗砂,下部一般有一层厚度 5 ~ 10 m 的砾石层,其下直接与基岩接触。在平面上,由扇轴部位向两侧颗粒变细,即由扇轴附近的砾质砂、中粗砂向两侧渐变为扇间地区的粉细砂。含水层底板埋深与地下含水层厚度相关,一般沿冲洪积扇主轴方向,由西南向东北,底板埋深由 40 m 增加至 90 m 以上。砂层厚度由扇轴部位的 30 m 以上向两侧逐渐尖灭。主流路带内,地下水单井涌水量为 500 ~ 1 000 m³/d。松散岩类孔隙水主要接受大气降水与灌溉入渗补给,人工开采是主要的排泄方式。区内地下水埋藏深度一般不大于 120 m,受人为影响各含水层具有一定的水力联系。

2.2 地下水补径排特征

2.2.1 地下水运移特征

黛溪河流域具有相对独立的补给、径流、排泄

条件,地下水运移场具有明显的分区指向性,自上游丘陵区的地下水直接补给区到中游剥蚀堆积平原区的地下水间接补给区,最后到邹平市城区一带的地下水汇集排泄区。

如图 2 所示,该地下水系统中,大气降水为主要补给来源,其次为地表水渗漏补给。上游基岩裂隙不发育,流域内大部分大气降水在地表汇集,在山口汇入黛溪河水系。山前西董镇一带,第四系下伏基岩风化程度高,风化岩石呈颗粒状,疏松,渗透性良好,为地下水的渗漏和运移提供了良好的通道,可视为岩溶水系统的直接补给区。从山口向平原,地下水含水层岩性影响水动力条件,由扇体向外围延伸,含水层颗粒由粗变细,透水性由黛西水厂、城南水厂等冲洪积扇轴部向东北方向逐渐减弱,地下水运移速度减缓,形成小型富水地段。

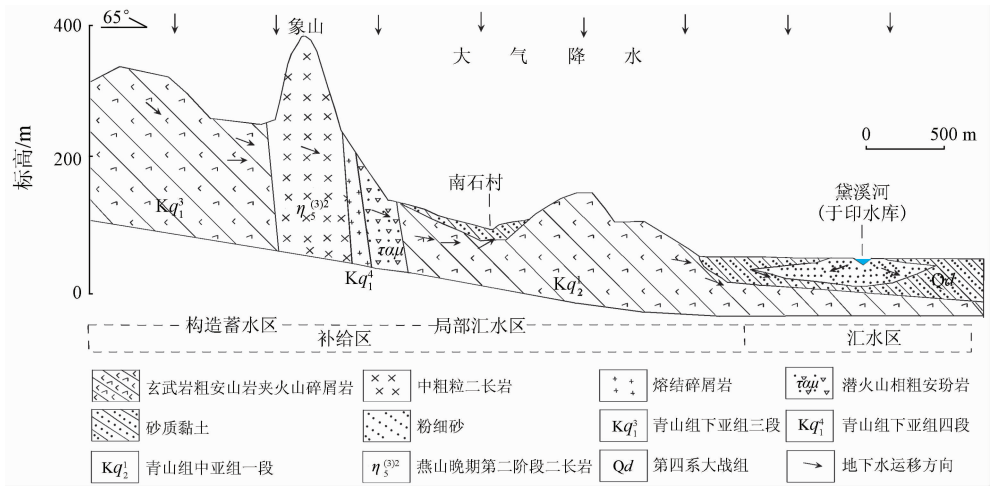


图 2 黛溪河流域地下水运移场示意剖面

Fig. 2 Groundwater movement field profile of Daixi River Basin

2.2.2 地下水径流、排泄

区内地下水总体流向为由西南向东北运移。在南部丘陵山区,地下水类型以基岩裂隙水为主,一般具有统一水力联系,通常仅在部分裂隙岩层中的某些局部范围内连通,构成若干带状或脉状裂隙含水系统。在松散岩类孔隙水分布区,地下水自西南向东北运移,由于补给区南高北低,且上部坡度较大,再加上人为开采影响,地下水在西董村一带埋深达 20 m,至柳泉一带,地势变缓,水流速度变慢,埋深 7 ~ 8 m,但在水厂附近,受人为开采影响,动水位也超过 15 m。在黛溪河沿岸,受河流补给作

用,地下水等水位线凹向黛溪河。人工开采是该区主要的排泄方式,一般对 10 ~ 90 m 浅层潜水与中层承压水实行混合开采。

2.3 地下水动态特征

2.3.1 年内变化特征

该流域地下水开发利用类型多为降水渗入 - 径流 - 开采型。地下水开采形式为升 - 降 - 升 - 降,是典型的人工开采区的动态形式。该区地下水的主要补给来源是大气降水,其次是水平径流补给,人工开采是其主要排泄途径。1—2 月的水位回升是继上一年冬灌结束后在径流作用下的一次上

升过程,由于该时段水位恢复时间较长,一般在 2 月底出现年内的第一次峰值,春灌开始后各地大量提取地下水,造成水位大幅度下降,因该时段持续较长,多在汛期前出现年内的最低值,汛期到来后,

随着开采强度的减弱以及地下水补给量增加的影响,开始第二次回升,随后是秋灌、冬灌相继到来,水位下降持续到年底,地下水位变化曲线为双峰单谷型,如图 3 以吕剧院监测点为例。

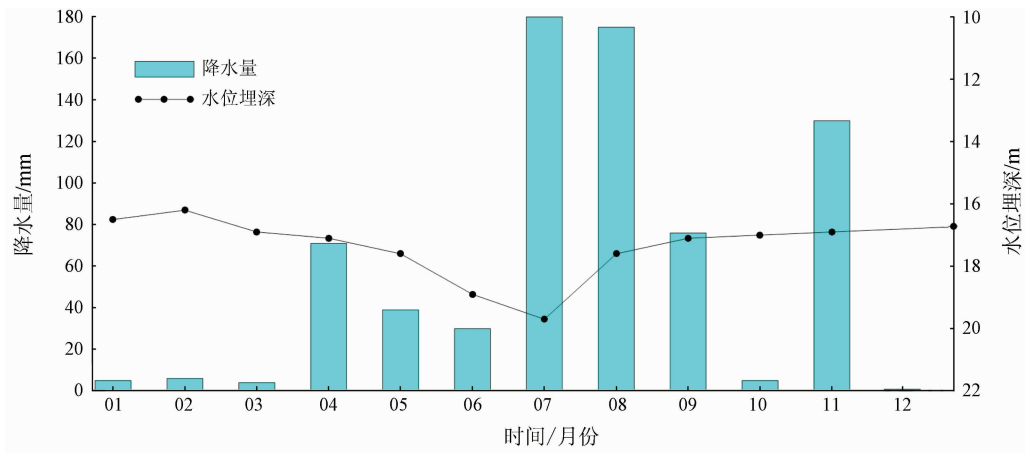


图 3 吕剧院监测点浅层地下水年内水位动态曲线
Fig.3 Water level curve of the shallow groundwater within the year in Lv Opera Theatre

2.3.2 多年水位变化特征

受降水分配的不均匀性及补给排泄等因素影响,不同区域地下水水位的多年变化趋势不尽相同,但均呈下降趋势。如图 4 所示,以吕剧院监测

点为例,该点以平均 2.2 m/a 的速度下降,特别是 2012 年至 2015 年,地下水开采量逐年增加,地下水位下降十分显著。自 2016 年黛溪湖供水工程运行以来,水位降幅略有减缓。

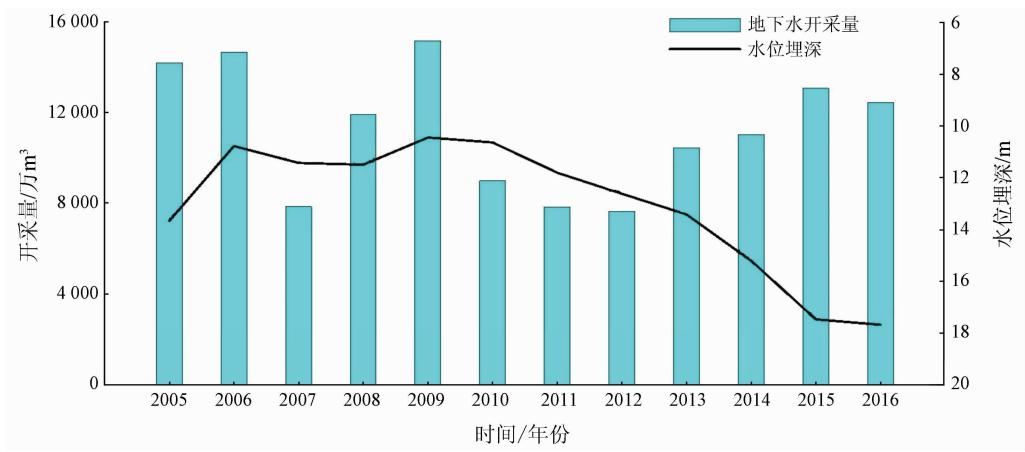


图 4 吕剧院监测点浅层地下水多年水位动态曲线
Fig.4 Multi-year water level curve of the shallow groundwater in Lv Opera Theatre

2.4 黛溪河流域地下水开发利用现状

2.4.1 地下水开发利用现状

区内地下水资源开发利用历史悠久,其开发利用方式主要包括集中水源地开采和农村分散开采 2 种类型。其中集中水源地开采主要由县自来水公司统一实施,黛溪河流域共有黛溪、城南、鹤伴 3 个水厂,水源主要是黛溪河流域的松散岩类孔隙地下

水,机井深 70 ~ 120 m。地下水属于低矿化度的重碳酸 - 钙 - 钠型地下水。根据自来水公司监测数据(2016—2018 年),水厂自来水平均开采量为 703.16 万 m³/a。

根据调查,区内农田灌溉用水 263.11 万 m³/a,农村生活用水约 84.87 万 m³/a,工业及其他用水约 58 万 m³/a。综上所述,黛溪河流域浅层地下水总

开采量为 1 109.14 万 m³/a。

2.4.2 区内浅层地下水超采现状

根据山东省政府批复的《山东省地下水限采区和禁采区划定方案(鲁政字〔2015〕30 号)》^[8],邹平

市浅层地下水超采区主要分布于杏花河以南的平原地区,属淄博—潍坊浅层地下水超采区,面积为 435.77 km²,其中浅层地下水一般超采区面积为 429.1 km²,严重超采区面积为 6.67 km²,如图 5 所示。

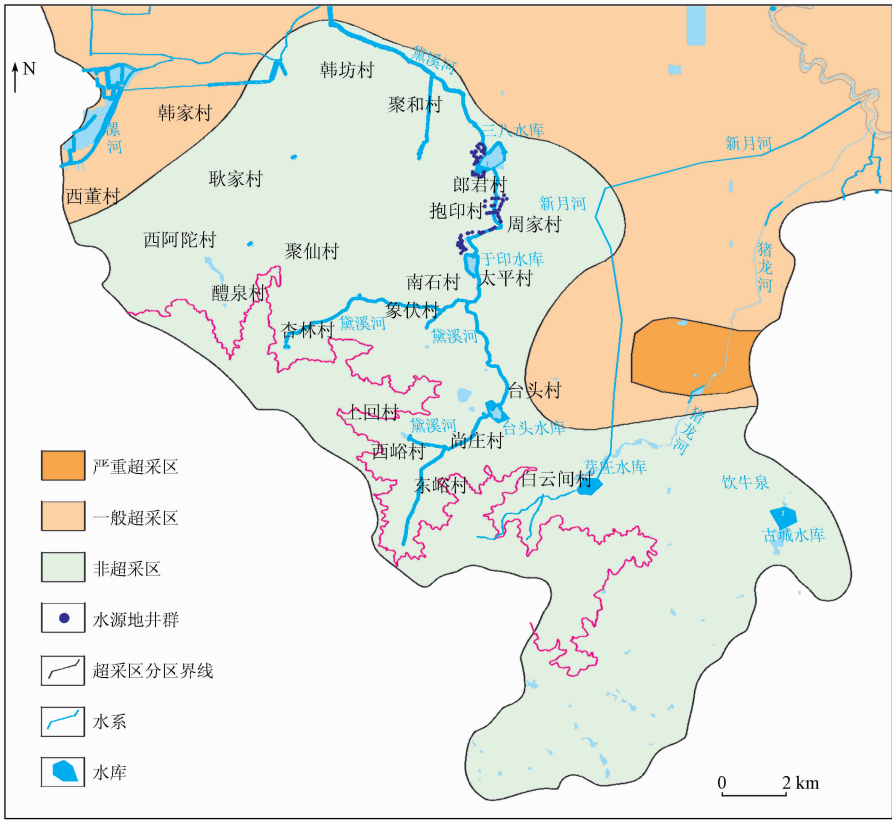


图 5 研究区浅层地下水超采区分布^[8]

Fig.5 Distribution of the shallow groundwater overdrift areas in the study area^[8]

2.4.3 黛溪湖引水补源工程建设

多年取用地下水造成浅层地下水超采,区内地下水水位明显下降,黛溪河沿岸很多饮用水源井出水量不足甚至已经报废,自来水水厂不得不采取分段供水措施,严重影响了邹平市饮水安全。为解决邹平市地下水持续下降,保障饮水供水安全,邹平市将引水补源工程列入邹平市 2018 年度政府工作报告“惠民十件实事”的第一项,计划将黄河水及辛集洼水库引蓄的长江水引入黛溪湖,由黛溪湖再次提水入于印水库,再从于印水库调水入上游台头水库及两水库之间的黛溪河河段。黛溪湖共引江水 1 100 万 m³/a,其中约 234 万 m³/a 调入三八水库,130 万 m³/a 调入于印水库,200 万 m³/a 调入台头水库,其余水量均分批次调入三八水库至台头

水库段黛溪河,通过河流和水库侧渗补给黛溪河流域地下水,逐步使地下水补给量大于开采量,减轻浅层地下水超采负担,以解决邹平市浅层地下水超采问题。

3 地下水资源量计算

3.1 计算方法

本文采用水均衡法计算地下水资源量。水均衡法是目前地下水资源评估的主要方法之一,该方法以质量和能量守恒定律为基本原理,把与地下水有联系的四水转化关系反映在地下水的补给和消耗上,概念明确,方法简便,是集分析计算与论证评价于一体的地下水资源评价方法。

根据水均衡法原理,一个含水层(组)中的地下水,在某一时期内,含水层(组)水体积的变化量 ΔQ 等于该时期内补给量 $Q_{补}$ 与消耗量 $Q_{耗}$ 之差,即:

$$\Delta Q = Q_{补} - Q_{耗} \quad (1)$$

根据对区内水文地质条件的研究,地下水补给量 $Q_{补}$ 包括降水入渗补给量(Q_p)、灌溉回渗补给量(Q_{β})、地表水体侧渗补给量(Q_s ,包括河流侧渗补给量 Q_H 和水库渗漏补给量 Q_B)和地下水径流补给量(Q_{Jb});地下水消耗量 $Q_{耗}$ 包括潜水蒸发(Q_c)、地下水径流(Q_{Jb})和地下水人工开采量(Q_K)。

对于含水层本身,某一时期水体积的变化量 $\Delta Q(m^3)$ 可用水位变化量 $\Delta H(m)$ 表示,公式为

$$\Delta Q = \mu \cdot \Delta H \cdot F \quad (2)$$

式中: μ 为地下水位变动带平均给水度,无量纲; F 为计算单元面积, km^2 。

本文将黛溪河流域视为地下水资源量分析的地下水均衡区,选择天然地下水系统边界作为均衡区边界,南部和北部边界为基岩山区与平原交界线,属于不透水边界,东部和北部为地下水侧渗补给垂向边界,为定流量边界。根据以往地下水资源评价经验确定水量分析的均衡期,本文选择引水补源工程前后5个水文年(2015—2019年)进行地下水均衡分析评价。在综合分析区内以往水文地质成果的基础上,考虑本次调查工作成果,综合选取均衡区水文地质参数。

3.2 地下水补给量计算

3.2.1 降水入渗补给量 Q_p

区段的降水入渗补给量 Q_p (万 m^3/a)计算公式为

$$Q_p = \alpha \cdot P \cdot F \quad (3)$$

式中: α 为降水入渗补给系数,无量纲; P 为计算区段降水量, mm/a ; F 为计算单元面积, km^2 。

根据计算区段包气带岩性和水位埋深确定降水入渗系数 α 为0.15;依据气象降水资料,取黛溪河流域2001—2019年降水量平均值 P 为660 mm ;计算区段取整个补给区,面积 F 为67 km^2 。上述数据代入式(3)计算可得,全区降水入渗补给量 Q_p 为663.3万 m^3/a 。

3.2.2 灌溉回渗补给量 Q_{β}

区段的灌溉回渗补给量 Q_{β} (万 m^3/a)计算公式为

$$Q_{\beta} = \beta \cdot Q_m \quad (4)$$

式中: β 为灌溉系数,无量纲; Q_m 为灌溉量,万 m^3/a 。

根据灌溉类型、灌溉定额及包气带岩性、厚度和地下水埋深确定计算区段灌溉回渗系数 β 为0.03;根据农业灌溉用水资料确定灌溉量 Q_m 为263.11万 m^3/a 。上述数据代入式(4)计算可得,全区灌溉回渗补给量 Q_{β} 为7.89万 m^3/a 。

3.2.3 地下水径流补给量 Q_{Jb}

区段的地下水径流补给量 Q_{Jb} (万 m^3)计算公式为

$$Q_{Jb} = I \cdot T \cdot L \cdot t \quad (5)$$

式中: I 为地下水径流水力坡度,无量纲; T 为导水系数, m^2/d ; L 为地下水径流断面宽度, m ; t 为径流补给时间, d 。

根据区内浅层地下水降落漏斗区的研究分析,邹平市地下水降落漏斗位于城区及周边地区,地下水自周边向漏斗中心径流,地下水径流补给区计算区段选取城区西南山前区段,地下水径流断面宽度 L 约6000 m ;根据黛溪水厂群孔抽水试验得到的区内含水层(厚度10~20 m)渗透系数(0.6~1.2 m/d),确定导水系数 T 为18 m^2/d ;按山前潜水水位标高(平均约60 m)和漏斗区水位标高(平均约10 m)之间的水头差确定水力坡度 I 为0.015;径流补给时间 t 取365 d 。上述数据代入式(5)计算可得,全年地下水径流补给量 Q_{Jb} 为59.13万 m^3 。

3.2.4 引水补源后地表水体侧渗补给量 Q_s

根据黛溪河水文地质特点和现有水利工程条件,确定研究区补给范围为台头水库至黛溪湖段,包括3座水库及7.74 km 的河道。

3.2.4.1 河流侧渗补给量 Q_H

黛溪河河流侧渗补给量 Q_H (万 m^3)计算公式为

$$Q_H = q \cdot L \cdot t \quad (6)$$

式中: Q_H 为河流侧渗补给量,万 m^3 ; q 为河流渗漏系数,即河流单位长度侧渗量, $m^3/(d \cdot m)$; L 为河

流补排长度, m ; t 为河流侧渗补给时间, d 。

参照《华北平原(山东部分)地下水资源调查评价》^[9]中济阳城关断面的单侧单宽补排量, 本文河流渗漏系数 q 取值 $1.110\text{ m}^3/(d\cdot m)$; 三八水库、于印水库至台头水库之间黛溪河河流补排长度 L 为 $7\,740\text{ km}$; 黛溪河全年不断流, 补给时间 t 取 365 d 。上述数据代入式(6)计算可得, 黛溪河全年河流侧渗补给量 Q_H 为 313.59 万 m^3 。

3.2.4.2 水库渗漏补给量 Q_B

水库渗漏补给量 Q_B (万 m^3) 计算公式为

$$Q_B = \alpha \cdot Q_{ka}, \tag{7}$$

式中: Q_B 为水库渗漏补给量, 万 m^3 ; Q_{ka} 为各水库平均兴利库容量, 万 m^3 ; α 为水库渗漏系数, 无量纲。

由水库多次蓄水过程、渗漏条件及渗漏时间可知, 水库渗漏系数在 10% 左右。台头水库分析设计总库容量为 145 万 m^3 , 兴利库容量为 102 万 m^3 ; 于印水库设计总库容量为 133 万 m^3 , 兴利库容量为 86 万 m^3 ; 三八水库设计总库容量为 330 万 m^3 , 兴利库容量为 210 万 m^3 。按照 1 a 调蓄 4 次进行计算, 共计调蓄水量约 $564\text{ 万 m}^3/\text{a}$, 估算水库渗漏补给量为 $96.2\text{ 万 m}^3/\text{a}$ 。

地表水体侧渗补给量 $Q_S = Q_H + Q_B$, 通过分析河道及水库渗漏条件可知, 每年地表水体侧渗补给量 Q_S 为 409.79 万 m^3 。

3.2.5 地下水总补给量 $Q_{\text{补}}$

黛溪河流域浅层地下水总补给量是上述各部分补给量之和, 根据上述对地下水各补给量的计算, 黛溪河流域浅层地下水每年总补给量为 $1\,140.11\text{ 万 m}^3/\text{a}$, 如表 1 所示。按照水均衡的概念, 每年地下水开采量与补给量相等, 则不会造成地下水超采。因此, 可以将上述总补给量 $Q_{\text{补}}$ 视为黛溪河流域地下水可开采资源量 Q_Z , 即 $Q_Z = Q_{\text{补}} = 1\,140.11\text{ 万 m}^3/\text{a}$ 。

表 1 地下水资源量计算结果

Tab.1 Calculated results of groundwater resources					
补给项	降水入渗(Q_p)	灌溉回渗(Q_{β})	地下水径流(Q_{Jb})	地表水体侧渗(Q_S)	总补给量($Q_{\text{补}}$)
补给量/ 万 m^3	663.3	7.89	59.13	409.79	1 140.11

3.3 地下水潜力分析

3.3.1 评价方法

对地下水开采潜力系数 $P_{\text{潜}}$ 进行评价, 评价计算公式为

$$P_{\text{潜}} = Q_Z/Q_K, \tag{8}$$

式中: Q_Z 为地下水可开采资源量, $\text{万 m}^3/\text{a}$; Q_K 为地下水人工开采量, $\text{万 m}^3/\text{a}$ 。

依据《地下水潜力评价技术要求 (GWI - D4)》^[16]中地下水开采潜力系数 $P_{\text{潜}}$ 取值范围, 按表 2 对地下水开采潜力进行评价。

表 2 地下水资源开采潜力评价分级表^[16]

Tab.2 Evaluation scale of groundwater resources exploitation potential ^[16]					
评价等级	有潜力区	采补平衡区	轻度超采区	中等超采区	严重超采区
$P_{\text{潜}}$	≥ 1.2	$[0.8, 1.2)$	$[0.6, 0.8)$	$[0.4, 0.6)$	< 0.4

3.3.2 地下水开采潜力评价

根据 3.2 的分析, 研究区地下水可开采资源量 Q_Z 为 $1\,140.11\text{ 万 m}^3/\text{a}$, 根据 2.4.1 中给出的调查结果, 研究区的地下水人工开采量 Q_K 为 $1\,109.14\text{ 万 m}^3/\text{a}$, 代入式(8)计算可得, 地下水资源潜力系数 $P_{\text{潜}}$ 为 1.03 。根据地下水资源开采潜力评价分级表(表 2), 该区属于地下水采补平衡区。因此, 邹平市在通过引水补源工程对地下水进行补给后, 区内地下水超采得到有效缓解, 开采潜力明显提升。

4 引水补源后地下水动态变化情况

4.1 监测点布设

根据《邹平县地下水资源调查评价 (2018 年)》^[10], 在黛溪河流域布设了 4 个动态监测点: 上游监测点 2 个(尚庄村和南石村监测点), 中游监测点 1 个(抱印村监测点), 下游监测点 1 个(聚和村监测点)。另外, 还利用了城区浅层地下水漏斗区吕剧院监测点及自来水厂监测点这 2 个长期地下水观测点。监测点布设如图 6 所示。各监测点数据可直观反映引水补源后地下水的动态变化特征, 进而验证引水补源工程对研究区地下水的补给效果。



图 6 研究区地下水动态监测点及长期监测点分布
Fig. 6 Distribution of groundwater dynamic and long-term monitoring points in Daixi River Basin

4.2 地下水动态变化特征

4.2.1 年地下水动态特征

根据表 3 所示流域内地下水水位动态监测数据,2017 年 8 月至 2018 年 7 月期间,黛溪河上游 2 处监测点(尚庄村和南石村监测点)水位均有明显的回升,水位埋藏深度分别上升 2.41 m 和 1.48 m。

表 3 研究区地下水长期监测点 2017.8—2018.7 地下水埋深统计
Tab.3 Depth of the groundwater at long-term monitoring points from 2017.8 to 2018.7

日期	监测点水位埋深/m			
	尚庄村	南石村	抱印村	聚和村
2017-08	14.41	15.54	25.58	10.15
2017-09	12.41	14.27	24.75	10.41
2017-10	12.82	15.14	25.26	10.92
2017-11	13.07	15.69	25.30	11.62
2017-12	13.14	16.04	25.35	12.37
2018-01	13.17	16.06	25.41	12.35
2018-02	13.19	16.11	25.44	12.34
2018-03	13.24	16.13	25.46	12.31
2018-04	15.87	16.33	26.58	12.35
2018-05	15.23	15.88	25.20	12.39
2018-06	12.90	15.40	23.61	12.40
2018-07	12.00	14.06	21.43	12.41

中游抱印村监测点位于自来水公司城南水厂水源井附近,在自来水公司正常供水的前提下,接受引水补源工程渗透补给,水位埋深上升了 4 m 多,补给效果显著。下游聚和村监测点水位自 2017 年 11 月之后基本保持不变,说明在不开采的情况下,黛溪河下游地下水基本处于采补平衡状态,地下水位未发生持续下降。由此可见,自开展引水补源工程以来,黛溪河流域中、上游地下水水位均有不同程度回升,下游水位未出现明显变化。

4.2.2 多年地下水变化特征

(1) 自来水厂监测点。自 2018 年起,邹平市自来水公司便纳入了邹平市水利信息化管理平台系统。根据自来水厂监测点监测数据,自引水补源工程开展以来,监测点水位整体呈上升趋势。如图 7 所示,2018 年 5 月开始监测时,地下水水位埋深为 21.76 m,至 2019 年 12 月,监测点水位上升为 16 m。这说明引水补源工程对黛溪河流域地下水补给效果显著,自来水公司抽水井干枯及供水不足等现象得到了有效缓解。

(2) 吕剧院监测点。该点位于浅层地下水漏斗

区,如图 8 所示,多年来该监测点的浅层地下水水位以平均 1.6 m/a 的速率下降,特别是 2012 年至 2015 年,地下水开采量逐年增加,地下水位下降显著。自引水补源工程运行以来,2016 年该点地下水位埋深为 17.68 m ,2017 年降至 18.4 m ,2015—2017 年地下水水位下降速率明显减缓。

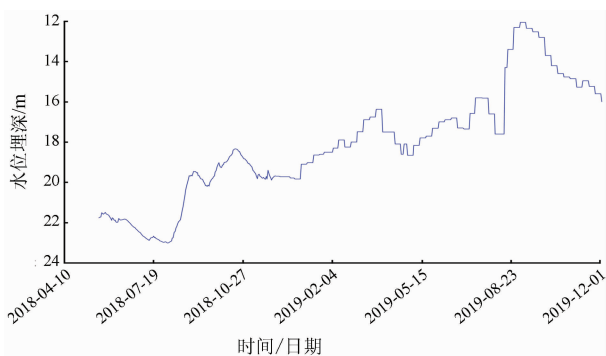


图 7 自来水厂监测点地下水水位埋深变化曲线

Fig.7 Water level curve at the groundwater monitoring point of the water company

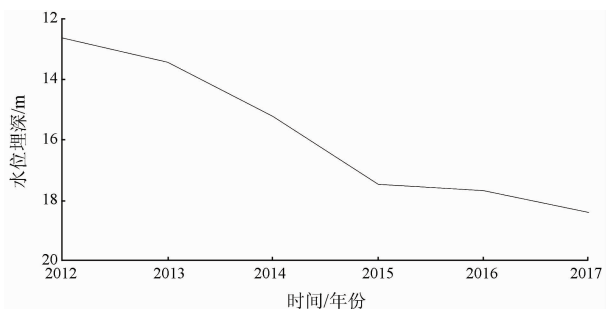


图 8 吕剧院监测点地下水水位埋深变化曲线

Fig.8 Water level curve at the groundwater monitoring point of Lv Opera Theatre

综上所述,引水补源工程运行以来,在现状正常开采条件下,自来水公司群井抽水未形成新的降落漏斗,原漏斗区地下水水位年降幅也有所减缓,说明引水补源工程对地下水补给起到了一定作用。

5 结论与建议

(1)本文采用水均衡法计算了邹平市黛溪河流域地下水资源量,并对该流域开采潜力进行了评价。引水补源工程运行以来,初步计算每年调水入渗(地表水体侧渗)可补给地下水 409.79 万 m^3 ,区内地下水开采潜力由超采改善为采补均衡。

(2)黛溪河流域地下水动态监测表明,引水补源

后,黛溪河流域上游和中游的地下水水位均有显著回升。自来水厂地下水监测点和吕剧院监测点地下水水位变化表明,黛溪河流域在维持现状的开采条件下,引水补源工程能有效补给地下水,有效压减邹平市浅层地下水超采问题,保障城区及周边乡镇居民的正常供水,显著改善了邹平市水生态和水环境。

(3)自邹平市引水补源工程运行以来,黛溪河流域地下水得到了有效补给,区内地下水水位也有了不同程度的回升,但位于邹平城区及周边的地下水降落漏斗区水位仍处于下降趋势,因此应进一步加大客水引水力度,优化地下水开发利用模式,节约用水,保障区内地下水资源的动态平衡。

(4)按黛溪河流域地下水资源开发利用现状,地下水水源地要严格控制开采量,非饮用水应积极采用地表水及外调水,禁止饮用水水源地地下水用于农田灌溉及工业用水等其他用途。

参考文献:

- [1] 张敏纳. 邹平县地下水资源可持续开发利用探析[J]. 山东水利, 2018(9): 45-46.
- [2] 唐宁, 程华. 邹平县水资源现状及保护对策[J]. 现代农业科技, 2017(15): 232-233.
- [3] 张利红, 陈连波, 纪胜奎. 滨州市黄河滩地地下淡水资源开发利用分析[J]. 海河水利, 2009(3): 11-12.
- [4] 牛加明. 滨州市水资源的可持续利用探讨[J]. 水科学与技术, 2007(4): 16-18.
- [5] 于传宁, 史玉坤, 刘向东, 等. 滨州市水资源现状与保护措施[J]. 地下水, 2007, 29(3): 10-11.
- [6] 马震, 段永侯. 山东鲁北平原地下水资源与可持续利用[J]. 水文地质工程地质, 2005, 32(2): 1-10.
- [7] 王金晓. 山东省鲁西北地区地下水资源评价[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2014.
- [8] 山东省人民政府. 关于山东省地下水位采区和禁采区划定方案的批复(鲁政字[2015]30号)[A]. 济南: 山东省人民政府, 2015.
- [9] 山东省地质调查院. 华北平原(山东部分)地下水资源调查评价[R]. 济南: 山东省地质调查院, 2006.
- [10] 王明珠. 邹平县地下水资源调查评价[R]. 德州: 山东省地勘局第二水文地质工程地质大队(山东省鲁北地质工程勘察院), 2018.
- [11] 景佳俊, 管祯, 单雨阳, 等. 丰沛平原区地下水开采利用现状及潜在水源地分析[J]. 中国地质调查, 2019, 6(3): 87-91.
- [12] 杨志岩, 孙标, 李元杰, 等. 内蒙古临河区地下水补径排特征及动态变化规律[J]. 中国地质调查, 2016, 3(6): 63-67.
- [13] 崔英华, 齐延东, 宋海滨, 等. 对平原区地下水水均衡关系计算公式的探讨[J]. 地下水, 2010, 32(4): 38.
- [14] 金满娥, 李龙辉, 赵孟芹. 利用水均衡法计算山前侧向补给量[J]. 黑龙江水利科技, 2005, 33(3): 33-34.

[15] 张先,周亮. 许昌麦岭水源地可开采量的水均衡法计算[J]. 水文地质工程地质,2004,31(2):83-87.

[16] 中国地质调查局. GWI-D4 地下水潜力评价技术要求[S]. 北京:中国地质调查局,2004.

Analysis of the effect of Water Diversion and Source Supplement Project on groundwater recharge in Daixi River Basin

WAN Junwei, WANG Mingzhu, LIU Zhitao, YANG Yabin, LIU Yi, ZHAO Shuxing

(1. No. 2 Hydrogeology and Engineering Geology Brigade, Shandong Exploration Bureau of Geology and Mineral Resources, Dezhou 253015, China; 2. Lubei Geo-engineering Exploration Institute, Dezhou 253015, China)

Abstract: The South – to – North Water Diversion Project is a major national water conservancy project, but the effect of the water transfer depends on the utilization of water in the receiving areas. Water Diversion and Source Supplement Project is a specific utilization of the South – to – North Water Diversion Project in Zouping City. In order to analyze the effect of Water Diversion and Source Supplement Project on groundwater recharge in Daixi River Basin, the authors adopted the water balance method to calculate the groundwater recharge and total recharge of water diversion sources, based on the analysis of the groundwater recharge items in Daixi River Basin after carrying out this project. The total recharge is regarded as the amount of exploitable groundwater resources. The exploitable potential of groundwater resources in this area is evaluated by the comparison of the amount of exploitable groundwater resources and the actual amount of groundwater exploitation, and the effect of Water Diversion and Source Supplement Project on the over-exploitation of groundwater on the remission area was also demonstrated. Besides, the effective replenishment effect of this project on the groundwater in the study area was also revealed based on the annual groundwater and multi-year groundwater level dynamic monitoring data, which provides some reference for the rational development and utilization of groundwater resources in this region.

Keywords: water balance method; Daixi River Basin; Water Diversion and Source Supplement Project; groundwater recharge effect; groundwater resources assessment

(责任编辑: 刘丹)