

安阳市区实施地下水人工回灌的可行性分析

张国建 宋丽红 李珂凌

(河南省地质矿产勘查开发局第一水文地质工程地质队 河南 新乡 453002)

摘要 对安阳市区水资源的供需现状和发展趋势进行分析,提出实施地下水人工回灌的必要性和可行性;在对地质构造、水文地质条件、水源条件、工程效益等进行分析后,认为在安阳市区实施地下水人工回灌是可行的,并提出了 4 条合理化建议。

关键词 地下水;人工回灌;可行性分析;安阳市区

中图分类号 TV211.1+2 **文献标识码** A **文章编号** 1004-693X(2004)04-0034-03

安阳市是河南省北部重要的中等工业城市,市区面积约 173.9 km²,人口约 60 万人。目前已形成冶金、电子、纺织、医药等门类齐全的工业体系。工农业及生活用水主要依赖于开采地下水。20 世纪 80 年代中期以来,随着经济的发展,地下水资源开发规模与强度大幅度增加,不仅使地下水的补、径、排条件发生了明显的变化,同时使地下水资源量逐年减少,地下水的供需矛盾日渐突出。由于超量开采,地下水水位不断下降,降落漏斗不断扩大,由此而引发的环境水文地质问题(如地下水持续下降、含水层疏干、地面沉降、地下水污染等)已不容忽视。如何有效地控制和解决这些问题,以改善水文地质环境,将是新世纪亟须研究的一项重要课题。

1 地下水开发利用现状

安阳市区地处安阳河冲洪积扇的中上部,工农业及生活用水绝大部分是开采 80 ~ 100 m 以内的安阳河冲洪积扇卵砾石层中的孔隙水。开采方式以人工开采为主,特别是自来水公司的水源井、钢厂和电厂的自备井,地下水开采强度较大。据统计资料显示,市区地下水开采量随着人口与经济的增长而持续增大。1985 年以前开采量仅为 1.2 亿 m³/a,1989 年四水厂投产后,开采量增至 1.6 亿 m³/a,1992 年以后开采量均超过 1.8 亿 m³/a。

据统计,目前市区共有开采井 2 028 眼,其中水厂水源井 60 眼,自备井 216 眼,农用井 1 752 眼,井孔密度很大。现已形成了钢厂、电厂、豆腐营、四水厂、三水厂等相对集中的开采中心,中心地带地下水水位埋深 30 ~ 40 m。

2 水资源供需形势分析

2.1 水资源供需现状

a. 地表水可利用量。安阳市的地表水资源主要来自彰武水库和岳城水库,目前彰武水库供钢厂、电厂用水已达 1.26 亿 m³/a,基本上已无增大供水的可能;岳城水库供给安阳市的设计水量为 2.70 亿 m³/a,受引水工程所限,目前安阳市仅从岳城水库引水 0.36 亿 m³/a,尚有 2.34 亿 m³/a 的水量可待利用。

b. 地下水可利用量。据调查,安阳市区一带为一相对独立的水文地质单元,地下水允许开采量为 1.42 亿 m³/a。1985 年地下水开采量猛增后,水资源就已经出现入不敷出的现象,降落漏斗不断扩大,漏斗中心水位持续下降。目前地下水水位降落漏斗面积已达 170 km²,漏斗中心水位下降速率达到 1.5 m/a,已处于严重超采状态。从最近的地下水等水位线图可看出,目前漏斗已达水文地质单元的边界,漏斗已不再向外扩展,而漏斗中心水位埋深越来越大。

2.2 2010 年供需形势分析

根据《安阳市国民经济和社会发展“十五”计划和 2010 年城市远景目标纲要》及《安阳市城市规划区地下水开发利用和保护规划》,安阳市可利用的地表水资源主要由彰武水库、岳城水库供给。在保证率为 95% 时,彰武水库可供利用量为 1.26 亿 m³/a;岳城水库扣除红旗渠引水后可利用量为 2.70 亿 m³/a。依据优先利用地表水、加大城市地下水调控及保护力度、实现采补平衡和继续坚持开源节流并重的方针和原则,安阳市未来将加大地表水

的利用程度,逐步减少地下水的开采量。2010年安阳市工农业规划总需水量为 5.44 亿 m^3 ,其中规划地表水供水量为 3.96 亿 m^3 ,地下水开采量为 1.48 亿 m^3 。而目前已查明地下水允许开采量仅为 1.42 亿 m^3/a 。按照以上规划,在地表水供水量能够满足时,地下水仍将超采 0.06 亿 m^3/a 。如果不及早研究对策,地下水水位降落漏斗将不断加深,势必引起含水层漏斗中心水位埋深越来越大,继而被疏干,地下水资源逐步衰竭,带来更严重的环境水文地质问题。有计划地实施地下水人工回灌,则是解决以上问题的有效途径。

3 地下水人工回灌的条件分析

3.1 地质构造和地层条件

a. 地质构造。安阳市区周围,由于北北东向汤东断裂和北西西向安阳北断裂的切错,形成了类似棋盘构造格局,这些断裂均为上盘下降的正断裂,其在晚近时期的持续活动,致使安阳市区南、北岗地丘陵山地抬升遭受剥蚀,安阳市区一带下降接受堆积,形成了安阳河冲洪积扇。市区西部曲沟附近南北向次级断裂西升东降,下盘上升使第三系裸露地表成残丘,上盘下降则在曲沟以东堆积了中更新世以来的冲洪积扇体,安阳市区是安阳河冲洪积扇的主体所在。

b. 地层条件。据钻孔资料,区内揭露的最老地层为第三系上统(N_2),为一套内陆湖相半固结沉积建造,分布于安阳市区周边岗地及冲洪积扇之下。其底部为彰武组(N_{2z}),岩性以紫红色黏土岩及砾岩多旋回叠合为主;中部为鹤壁组(N_{2h}),岩性为灰黄色砂岩、黏土岩和泥灰岩;上部为巴家沟组(N_{2b}),岩性为灰白色灰质砾岩、黏土岩、钙质砂岩等。总体产状微向东倾,厚度约 450 m,风化剥蚀强烈。安阳河冲洪积扇是中、晚更新世及全新世后期复合堆积而成,具有明显的上细下粗的二元结构。上层为全新统、上更新统(Q_4^{al-pl} , Q_3^{al-pl})的浅灰、褐黄色、灰黄色黄土状粉土、粉质黏土,厚 10~20 m;下层为上更新统(Q_3^{al-pl})和中更新统(Q_2^{al-pl})卵砾石层及砂层,厚度 15~40 m,自西向东逐渐增厚,砾石成分以灰岩为主,次为石英砂岩,砾径一般为 0.2~5.0 cm,大者 10.0 cm,磨圆好,分选性较差,局部钙质胶结成岩(俗称钙板)。京广铁路以西砾石层分布稳定,粒径粗大,以东呈多层状分布,夹黏性土透镜体,颗粒也明显变细。安阳市独特的地层构造条件使安阳河冲洪积扇在空间上成为一个独立封闭的水文地质单元,粗大巨厚的卵砾石层为地下水人工回灌提供了有利的储水介质条件。

3.2 水文地质条件

3.2.1 储水介质的埋藏特征及分布规律

安阳河冲洪积扇三面被丘陵岗地环绕,向东敞开,呈向东倾的簸箕状,封闭条件较好,构成一完整的水文地质单元。区内浅层地下水储蕴在安阳河冲洪积扇松散孔隙水储水介质中,其底部是由第三系黏土岩、下更新统泥砾或黏土组成的相对隔水层。据调查,安阳河冲洪积扇松散孔隙水储水介质按其埋藏深度可分为 2 层:

a. 下层。即卵砾石层,系指中、上更新统冲洪积卵砾石及半胶结砾石层,厚 15~40 m,渗透系数一般在 200~500 m/d,平均大于 300 m/d,钢厂附近达到 504.35 m/d,给水度 0.23~0.29。由于卵砾石层中的孔隙大、连通好,地下水传导运移速度快、给水性能好,是良好的回灌储水介质。卵砾石层自西向东顶板埋深 8.0~25.0 m,略向东倾伏,由单层过渡为双层乃至多层,单层厚 5~10 m。市区一带卵砾石粗大,厚度多在 10 m 以上,甚至超过 30 m,向东单层厚度逐渐变薄,到市区东南部高庄乡的大市庄附近时,卵砾石层尖灭,主要储水介质变为以砂层为主。市区西部的西梁村—南流寺—郭里一线以西,由于受新构造断裂影响,第三系抬升,使得第三系卵砾石储水介质变薄,仅为 3~4 m,渗透系数在 60~100 m/d 之间,与市区一带的卵砾石储水介质有很大的差异。

b. 上层。系指全新统、上更新统的浅灰、灰褐色粉土、粉质黏土,覆盖在卵砾石层之上,一般厚 8~15 m,由西向东渐厚。给水度在 0.04~0.09 之间,渗透系数为 0.1~1.0 m/d。

包气带岩性以粉土、粉砂为主。

3.2.2 地下水的动态特征及变化趋势

由于超量集中开采,安阳市区形成了连为一体的区域性地下水水位降落漏斗。目前漏斗面积已达 170 km^2 ,中心地带地下水水位埋深 30~40 m,最深达 44.9 m。根据历年水位观察资料,1977 年以前,市区水位年变幅仅 1 m 左右,地下水水位下降速率约 0.2 m/a,说明此时处于自然动态平衡状态。1979~1985 年,随着工农业开采量的增加,地下水水位逐年下降。1982 年 7 月,地下水水位下降到最低值,而后随着降雨的增多和丰水年的到来,又有所抬升,基本恢复至原来水平,水位年变幅 1.5 m,地下水水位下降速率约 0.5 m/a,此时,地下水处于采补基本平衡阶段。从 1986 年以来,地下水水位持续下降,水位变幅 2.3 m/a,下降速率约 1.0 m/a,水位再也恢复不到原来的水平,尤其在 1993~1995 年,地下水水位下降速率甚至达到 2.0 m/a,局部地段卵砾石含水层已疏干近 2/3(市区西部大坡一带),表明地下

水处于严重超采阶段。

区域降落漏斗的形成和发展演变改变了区内地下水流场特征。首先,激发了一定的侧向径流补给,从而改变了地下水原来的径流方向,使得周围的地下水向漏斗中心汇流,漏斗周围地段的水力坡度由1991年的0.16%增至目前的0.53%;其次,由于地下水水位不断下降,大范围疏干了卵砾石含水层。在市区西部吉党、大坡一带,卵砾石层疏干厚度已大于含水层厚度的2/3。另外,位于市区东部一带地下水水位也在不断下降,与市区之间形成了地下分水岭,随市区地下水开采量的增加,分水岭的位置缓慢向东推移,目前已到达西于曹—西辛安—中所屯一线。

3.3 地下水库的边界条件

一个地下水库,应能使水源补得进、存得住、取得出。因此,作为地下水库,除了具备储水介质厚度大、导水性强外,还必须具备良好的封闭条件,使灌入的水源不致漏失。根据安阳市的地质构造和水文地质特征,安阳市区一带是具备以上条件的。其边界类型由透水、隔水、弱透水、分水岭型边界等组成。

a. 西部透水边界。在西梁村—南流寺—郭里村一带,由于第三系的抬升,致使卵砾石层厚度在该处变化较大,由西侧的3~4 m突变为东侧的8~10 m,形成一个自然的跌水陡坎,使得此段水力坡度特别大(1.5%~2.8%),导水系数也由 $240 \text{ m}^2/\text{d}$ 变为 $4500 \text{ m}^2/\text{d}$,由此而形成相对固定的透水边界。其西北、西南被岗丘所环绕,由第三系黏土岩组成了隔水边界。

b. 东部分水岭型边界。由于人工强力开采地下水,使得市区东部西于曹—西辛安—中所屯一线形成一条相对稳定的地下分水岭构成水力零通量边界。安阳河冲洪积扇向东、东南方向含水层变薄、颗粒变细,地下水渗透速度变慢。从近几年安阳市地下水水位降落漏斗的变化来看,分水岭向东、东南方向移动的速度越来越慢,在现状情况下,分水岭再向东或东南扩展,其给水意义不大,即使调整开采井布局,加大市区东部的地下水开采量,漏斗也主要向纵深方向发展。故推测认为,该地下水分水岭为相对固定的水力边界。

c. 北部弱透水边界。由于安阳市区西北部的丘陵与市区东北部的韩陵山残丘之间第四系松散地层较薄(18~20 m),储水介质多为黏性土、粉土,使大碾屯—六寺村一带出现一条导水系数低值带(导水系数 $<100 \text{ m}^2/\text{d}$),形成弱透水边界与漳河冲洪积扇相隔,其东北由韩陵山的下更新统及第三系黏土(岩)组成隔水边界。

d. 南部隔水边界。由第三系黏土岩在许张村

—牛房村一带形成相对的隔水边界。

e. 底部隔水边界。由上第三系黏土岩及下更新统黏土、局部(大坡一带)黏土岩组成相对隔水边界。

3.4 地下水库的结构

安阳市区一带的储水介质上细下粗,自西向东由双层逐渐过渡为多层结构。上部为细粒相的黏土夹薄层砂透镜体,厚度由西至东逐渐增大(15~30 m),下部为粗粒相的卵砾石层,含黏性土夹层,分布规律是沿南流寺—大坡—市区一线(主流带)较厚,由西向东卵砾石层厚度15~40 m,向南北两侧及东部逐渐变薄,卵砾石颗粒由西至东逐渐变细,含砂量逐渐增大。卵砾石顶板埋深8~25 m,略向东倾斜,单层厚度5~10 m,局部甚至超过30 m。卵砾石层的重力储水系数为0.29,黏性土的重力储水系数为0.045。经计算,目前已采空的地下水库容为1.88亿 m^3 。根据安阳市区水文地质条件分析,未来地下水补给量增大的可能性不大。按现状及2010年的供水规划等条件进行综合预测,到2010年采空库容将达3.63亿 m^3 。限于篇幅,预测过程从略。

3.5 回灌水源条件

根据安阳市的自然条件,回灌水源主要为地表水。目前安阳市引用岳城水库的水量仅为0.36亿 m^3/a ,还有2.34亿 m^3/a 的水量可以利用。因此就现状来说,如扩大岳城水库的引水量,是完全可以满足回灌要求的。虽然彰武水库主要供给钢厂和电厂,扩大其引水量已经是不可能,但考虑到汛期洪水具有历时短、来量大的特点,可以利用水库的有效库容大量蓄水,作为回灌的一种补充水源。此外,大型企业的弃水(如钢厂和电厂的冷却水)经人工处理后,也可作为回灌水源。

从长远考虑,该地区水资源是不足的,仅靠本地区调节水资源是不能满足城市日趋增长的用水量的。据南水北调规划资料,南水北调中线干渠将在安阳市西郊沿西南部丘前经南流寺、史车村一带穿过安阳河向北,在南流寺一带设立放水口门,预计分配给安阳市的净水水量为3.49亿 m^3/a ,其中供城市规划区生活及工业用水量为1.41亿 m^3/a 。剩余的水量除了供给农业生产以外,还可以用来调节地下水。由此看来,南水北调工程的实现将给本地区的发展增添新的活力,同时对于调节地下水、改善地质环境和生态环境将起到决定性的作用。

4 地下水人工回灌的效益分析

实施地下水人工回灌,可以缓解安阳市水资源紧缺的形势,促进国民经济的发展,并(下转第51页)

自治区的首府,保证其用水安全至关重要,可规划将近郊的天雹、峙村河、老虎岭、龙潭、大王滩、凤亭河等水库列为饮用水水源,避免邕江遭受水污染事故出现水质缺水或遇到特枯水年时能正常地供应饮用水。同时,各级政府和部门要结合各自职责,加强河流枯水期以及特大洪水的水情、水质的动态监测,一旦发现饮用水水源水质发生变化,迅速查明原因,及时通报,以保证居民饮水及企业生产用水安全。

d. 由于水污染事故大多因为流域内众多的糖厂、酒精厂、淀粉厂及造纸厂超标排放引起的,因此应从产业结构和产品结构调整入手,实施清洁生产,严格控制新污染源,积极治理老污染源,实现所有工业污染源废水污染物全面达标,对未达标排放的工业污染源限期整改,治理无望的实行“关、停、并、转、迁”。具体为:制糖工业实行总量控制,压缩生产厂家,淘汰一批规模小、效益差的小糖厂,改变小而全、小而散的局面,逐步减少沿江制糖生产厂家。实施酒精与淀粉生产布局战略性调整,严格控制新建项目,对现有生产厂点,要本着有利于保护环境和生产调度的原则进行合理调整,做到集中生产,集中治理。造纸业也要实现集中制浆,分散造纸。

(上接第 36 页)可以控制地下水水位降落漏斗的加深和扩大,改善地下水的水质,从而为安阳市带来显著的社会效益、经济效益和环境效益。

一方面,实施地下水人工回灌可增加地下水资源量,提高地下水资源的保证程度。经初步计算,如按 2010 年需水方案实施回灌工程规划,地下水库库容为 3.63 亿 m^3 ,将使安阳市区的地下水可采量由 $1.42 \text{ 亿 m}^3/\text{a}$ 增加到 $5.05 \text{ 亿 m}^3/\text{a}$ 。另一方面,通过回灌,可降低地下水矿化度,低硬度的地表水灌入地下,将会改善地下水的水质,使水质处理的费用降低,并使地下水达到新的动态平衡状态,地下水资源将不会枯竭,同时还可控制因超采地下水所引起的地下水水位降落漏斗的发展,使水位得以回升,降低取水成本,使已报废的机井重新发挥其应有的作用。对于由地下水水位下降所引起的地面沉降、地下水污染等地质灾害将得到遏制和改善。

5 结论与建议

根据以上条件分析,在安阳市区实施地下水人工回灌是可行的。从长远来看,也是必要的。只有通过有计划地实施人工回灌地下水,才能有效地改善水文地质环境,缓解水资源供需矛盾。为此从地质学的角度提出以下合理化建议:

a. 进一步开展各项条件的调查工作,尤其是地

e. 按照新颁布的《中华人民共和国水法》,加强现有入河排污口监督管理^[3]。在入河排污管理职责方面,环境保护部门应对重点排污企业进行定期检查监督,对不能达标排放的排污单位严格按有关法规予以处理,该停产的停产,该关闭的关闭;对不符合环保规定的建设项目予以否决,并限期整改,按规定执行环保“三同时”;水行政主管部门应开展水资源功能区划分,研究水环境容量分配,根据河流枯水期纳污能力,制定入河排污口达标排放标准,切实加强对入河排污的监督管理,从而有效地管理、保护和利用水资源,杜绝水污染事故的发生,使水资源永续地为人类服务。

参考文献:

[1] 广西水文水资源局,广西水环境监测中心.广西入河排污口调查评价报告[R].2001.
[2] 魏文达.江河水污染预警预报系统建设模式的探讨[J].广西水利水电,2000(3):4~8.
[3] 莫晓敏.1999 年 1 月~3 月广西西江水系水污染事故原因分析[J].广西水利水电,1999(3):66~69.

(收稿日期 2003-05-06 编辑:傅伟群)

下有效库容、回灌水源的结构及数量,同时增加回灌试验和渗水试验,以查明储水介质的水文地质参数和地表的入渗参数等,为回灌工程的实施提供更准确依据。

b. 在实施人工回灌时,可分 2 个阶段进行:第一阶段是利用本地区的水源对现已采空的地下水库进行回灌;第二阶段是利用南水北调工程所引之水进行回灌。

c. 水源回灌的方式可以采用管井回灌、坑渗及河流入渗并举进行,但应根据回灌区地质、水文地质条件和水源类别的不同而有所侧重。

d. 地下水人工回灌是一项综合性的水文地质工程,涉及许多理论和技术问题。为使地下水人工回灌运行良好,必须建立和健全回灌工程的监测网络(包括水质的防护),科学、严格地管理和运用才能发挥最大的效益。

(收稿日期 2003-03-03 编辑:傅伟群)

