

成果与方法

德州市深层地下水人工回灌试验浅探

王贞国,王彦俊,冯守涛,陈玲伦,季春来

(山东省鲁北地质工程勘察院,山东德州 253015)

摘要:德州市德城区由于长期开采深层地下水,引起了水位区域性大幅度下降,形成了大面积地下水降落漏斗,并产生了地面沉降等不良地质环境问题。为保护德州市地质环境和深层地下水资源,于 2002 年开展了深层地下水人工回灌试验。根据回灌试验成果和深层地下水目前开采强度推算,利用德城区现有部分(65%)深机井在丰水季节进行人工回灌,单井回灌量保持 $1200 \text{ m}^3/\text{d}$,每年保持 90 d 的回灌时间,回灌量可达到 $1080 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,可增可采资源量 $675 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 。因此开展人工回灌可以有效地补给地下水源,解决深层地下水资源枯竭问题。

关键词:深层地下水;降落漏斗;人工回灌试验;山东德州

中图分类号: P641.25

文献标识码: A

1 德州市深层地下水开发利用现状

德州市 1965 年开始深层地下水的开发利用。1980 年前成井深度 350 m 左右,1980 - 1985 年凿井深度增加到 500 m;1985 年后深层地下水开采进一步向纵深发展,到 2003 年,开采深度已达到 900 m。德城区范围内共有深机井 303 眼,其中:300 ~ 500 m 深井 199 眼,500 ~ 800 m 深井 91 眼,800 ~ 930 m 深井 13 眼。德州市多年平均开采量 $2\,002.02 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,多年可开采资源量 $1750 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$,早已出现了严重超采。据 2003 年 10 月统测资料,以 -10 m 等水压线圈定德州漏斗面积为 $4\,577.5 \text{ km}^2$,其中德州市范围内漏斗面积 $2\,552.5 \text{ km}^2$,整个德城区均被 -40 m 等水压线圈所包围(图 1),由超采漏斗引起的地面沉降总量为 298.9 mm(1997 年)^[1]。

2 人工回灌试验

2.1 人工回灌试验场地

回灌试验场地位于德州漏斗中心的东南方向,德城区自来水公司第二水厂院内。其地下水流向为西北,指向德州漏斗中心。场地特点:含水层岩性

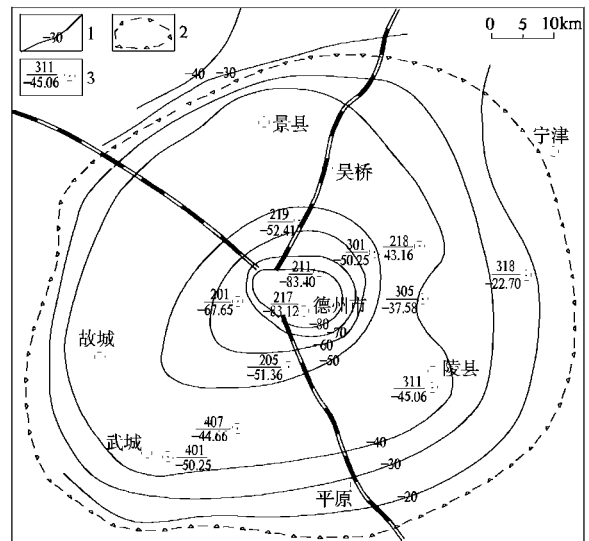


图 1 德州市德城区深层地下水降落漏斗现状图

1 - 2002 年深层地下水等水压线(m); 2 - 深层地下水降落漏斗范围; 3 - 编号/2003 年 10 月深层地下水水位(m)

为中砂夹粗砂,渗透条件较好;远离德城区深层地下水降落漏斗中心区,开采量较少, 4 km^2 范围内无开采井,对回灌试验影响小;黄河管网直通试验区,有充足的黄河水作回灌水源;回灌井井深

收稿日期:2004-08-04;修订日期:2005-01-10;编辑:张天祯

作者简介:王贞国(1963-),男,山东陵县人,工程师,从事水工环地质工作。

因补给量的增加而上升。本次试验由于回灌量较小,加上试验处于德州漏斗边缘,使回灌水迅速流向漏斗中心,因而观测井水位反映不明显,仅在试验后期最近的观测井有所反应。本次试验计回扬 5 次,累计回扬时间 50 min,回扬量 11.5 m³/次,未发生含水层堵塞现象。回灌后深层地下水水质发生明显变化,其中 I⁻, F⁻, Na⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻ 离子浓

度减少, Ca²⁺, Mg²⁺ 离子浓度增加;特别是 I⁻, F⁻ 浓度变化最大,回灌前 I⁻ 含量为 0.45 mg/L,回灌后 I⁻ 离子含量为 0.11 mg/L;而 F⁻ 含量由回灌前的 3.75 mg/L 逐渐变为 1.12 mg/L(表 2)。据灌井资料利用稳定流抽水试验公式经计算影响半径为 105 m,渗透系数 0.6894 m/d,导水系数 42.0534 m²/d,含水系数 0.025。

表 2 德城区深层地下水人工回灌前后地下水化学成分特征(mg/L)

水化学成分	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	I ⁻
回灌前	2.25	390	25.55	29.49	258.78	288.18	390.53	24.00	未检出	0.90	0.45
回灌后	0.0	128.0	45.09	33.41	145.34	200.53	170.86	无	未检出	1.90	0.11
回灌水源	4.95	127.0	46.59	33.72	145.35	184.92	164.75	无	<0.02	5.20	<0.10
水化学成分	F ⁻	Fe ²⁺	Fe ³⁺	pH 值	全硬度	矿化度	As	Hg	Cr	Pb	Cd
回灌前	3.75	0.20	2.0	8.4	185.15	1424.55	<0.002	<0.001	<0.004	<0.01	<0.005
回灌后	1.12	0.08	2.30	7.9	250.20	745.29	<0.002	<0.001	<0.004	<0.01	<0.005
回灌水源	1.12	<0.08	0.38	8.1	255.20	720.48	<0.002	<0.001	<0.004	<0.01	<0.005

据山东省鲁北地质工程勘察院,2003 年。

3 人工回灌可行性和效益分析

3.1 人工回灌可行性分析

多年的深层地下水超采,一方面产生了诸如深层地下水降落漏斗、地面沉降等地质问题,另一方面也给人工调蓄深层地下水提供了空间条件。德城区自 1965 年至 2002 年 10 月,水位下降了 70~110 m,形成了以德城区国棉一厂为中心的巨大大深层地下水含水层疏干空间,广布的深层地下水开采井为将回灌水直接输送到深层含水层提供了可能(将现有供水管网稍作改造,即可进行人工回灌)。回灌水源采用净化了的地表水,目前德城区有地表水库 2 座,即丁东水库和丁庄水库。其中丁东水库在丰水期保证区内工农业生产和居民生活饮水量 6 072 ×10⁴ m³/a 的前提下,尚余 4 000 ×10⁴ m³/a 的黄河引水;丁庄水库主要为华鲁电厂供水,供水量 2 745 ×10⁴ m³/a,尚余 2 000 ×10⁴ m³ 黄河水可作为人工调蓄水源,另外国家实施的南水北调工程,在不远的将来也可德城区人工回灌提供水源。

由此可见,德城区开展深层地下水人工回灌具备基本条件。

3.2 人工回灌效益分析

3.2.1 水资源效益

根据回灌试验成果和深层地下水目前开采强度推算,利用德城区现有部分(65%)深机井在丰水季节进行人工回灌,单井回灌量保持 1 200 m³/d,每年保持 90 d 的回灌时间,回灌量可达到 1 080 ×10⁴ m³/a,可增开采资源量 675 ×10⁴ m³/a。预测 2006 年深层地下水埋深将由 2003 年的 115.8 m 回升到 84.11 m,累计上升幅度 31.69 m。因此开展人工回灌可以有效地补给地下水源,解决深层地下水资源枯竭问题。

3.2.2 经济效益

利用深层地下含水砂层蓄水与修建地表蓄水工程比较,具有造价低、库容量大、无水面蒸发、社会效益好等优点。以新建规模相当于丁东水库为例,该水库占地面积 851 hm²,蓄水量 5 260 ×10⁶ m³/a。每年水面蒸发量约占 20%,其蓄水成本约 3.5 元/m³,按前述回灌方案回灌后增加可采资源量 675 ×10⁴ m³/a 再加上蒸发掉的 20% 计算,总费用为 28.4 ×10⁶ 元/a;修建地下水库,按照回灌目前地表水成本计算,蓄 1.0 m³ 水成本 2.75 元。将地表水回灌后,由于水位埋深大,水分无蒸发,所需总费用为蓄水费用、人工提水费用等相加之和,约为 30.4 ×10⁶ 元/a;节约的农田按 1200 元/亩·年,可增加产值 1.96 ×10⁶ 元。以上两者相比所需费用大体相

当。据工业万元产值用水量 150 m^3 的定额计算,地下水人工回灌后,每年可产生间接工业产值 4.5×10^8 元,减去人工蓄水费用 18.56×10^6 元、人工提水费用 11.8×10^6 元,每年可产生间接工业产值 4.2×10^8 元。地下水人工回灌后,由于深层地下水位的提升,减缓或阻止了地面沉降的发展和产生,避免了因地面建筑物遭受破坏而造成的巨额损失。另外城区生产井也避免了因持续开采地下水而造成的生产井及配套设施的报废产生的经济损失。

3.2.3 环境效益

利用深层地下含水层回灌蓄水具有不占地面空间,水温、水质稳定,可防止地面污染物的直接污染;不受洪水溃坝威胁,无库区淤塞,便于管理,保护生态环境等特点。人工回灌实施后,将改变区内目前

的深层地下水超采状态,避免了因修建地表水库而引起的库区周围土壤次生盐渍化现象,逐步消除深层地下水降落漏斗和地面沉降等一系列危害社会发展的环境地质问题;有效地改善地下水水质,降低氟的含量,增加钙镁含量,消除长期困扰德城区人民的氟骨病、高碘肿大病等地方病;增强全区工农业生产后劲,为招商引资打下良好的城市环境基础;对于繁荣德州市经济,稳定社会和保障人民生活亦将起较大的社会、环境效益。

参考文献:

- [1] 徐军祥,康风新.山东省地下水资源可持续开发利用研究[M].北京:海洋出版社,2000,37-38.

Study on Artificial Recharge Experiment of Deep Underground Water in Dezhou City

WANG Zhen - guo , WANG Yan - jun , FENG Shou - tao , CHEN Ling - lun , JI Chun - lai
(Lubei Geo - engineering Exploration Institute , Shandong Dezhou 253015 , China)

Abstract :Due to long - time exploitation of deep underground water in Decheng district of Dezhou city , large square of funnels have been formed , and surface collaspe have been formed as well . In order to protect geological environment and deep underground water resource in Dezhou city , artificial recharge experiment of deep underground water was carried out in 2002 . Achievements of artificial recharge experiment is introduced in this paper , possibility , social and economic , environment efficacy have been analysed as well .

Key words :Deep underground water ; funnels ; artificial recharge experiment ; Dezhou city in Shandong province

黄河三角洲湿地 3 年增长 20 万亩

为有效保护黄河三角洲的湿地生态平衡。近年来,国家通过采取引灌黄河水、沿海修筑围堤、增加湿地淡水存量等措施,切实增强了保护区生态系统的自身调节能力和平衡作用,改善了鸟类的生存环境。经过近 3 年的改造,已经有超过 20 万亩的盐碱地变成了湿地资源,促进了国土资源的综合利用。

据了解,随着湿地面积的不断增长,黄河三角洲生态系统的逐步改善,已使黄河三角洲成为东北亚内陆和环西太平洋鸟类迁徙的重要的“中转站”,越冬栖息地和繁殖地,每年都有近百万只鸟到这里越冬。尤其是近年来,更有多种海内外罕见的珍稀鸟类在这里现身。从去年开始,在保护区内发现了罕见的国家一级保护鸟白鹤和黑鹳,进一步提升了湿地生态价值。如今黄河三角洲呈现出一派“鸟语花香,鱼虾满河”的自然景观。(王德超)