

滨州市滨城区地下水超采综合治理方案与成效

苑丽丽¹, 党永宁¹, 安晓洁²

(1. 青岛市水利勘测设计研究院有限公司, 山东 济南 250013; 2. 山东省水利科学研究院, 山东 济南 250014)

【摘要】滨州市滨城区地下水超采问题日益严重, 实施系统性治理是实现区域水资源可持续利用的关键举措。文章基于“雨洪资源置换-水系连通优化-机井封存管控”的治理思路, 以付家河片区引水工程、胜利河-兰家二千渠水系连通工程、西沙河-兰家四千渠水系连通工程及深层承压水井封存工程为四项核心工程, 系统分析了滨城区地下水超采综合治理方案和实践成效。结果表明, 工程实施后年可压采深层地下水 170 万 m^3 左右, 有效缓解滨城区地下水超采压力, 为同类超采区治理提供了可复制的工程范式。

【关键词】滨城区; 地下水超采; 水系连通

【中图分类号】P641.8

【文献标志码】A

【文章编号】1009-6159(2026)-03-0031-03

Comprehensive Treatment Scheme and Effect of Groundwater Over-extraction in Bincheng District, Binzhou

YUAN Lili¹, DANG Yongning¹, AN Xiaojie²

(1. Qingdao Water Conservancy Construction Survey Design Research Institute Co., Ltd. Jinan, Shandong 250013, China;

2. Water Resources Research Institute of Shandong Province, Jinan, Shandong 250014, China)

Abstract: The problem of groundwater over-extraction is becoming increasingly severe in Bincheng District, Binzhou and the implementation of systematic treatment has become a key measure to realize the sustainable utilization of regional water resources. Based on the treatment idea of rainfall and flood resource replacement-water system connectivity optimization-sealing and management of motor-pumped wells, this paper takes four core projects including the Fujia River water diversion project, Shengli River-Lanjia Second Main Canal water system connectivity project, West Shahe River-Lanjia Fourth Main Canal water system connectivity project and deep confined water well sealing project, and systematically analyzes the comprehensive treatment scheme and practical effects of groundwater over-extraction in Bincheng District. The results show that the implementation of the projects can reduce the annual exploitation of deep groundwater by about 1.7 million m^3 , effectively mitigate the pressure of groundwater over-extraction in Bincheng District, and provide a replicable engineering model for the treatment of similar over-exploitation areas.

Key words: Bincheng District; Groundwater over-extraction; Water system connectivity

滨城区地处黄河下游鲁北平原核心区, 东邻利津, 西毗惠民、阳信, 北接沾化, 南连滨州经济开发区与高新技术产业开发区, 区域总面积 697.49 km^2 , 属温带季风气候, 年均气温 12.5 $^{\circ}\text{C}$, 多年平均降水量 569.8 mm。作为鲁北平原典型缺水城市, 其水资源总量仅 11 695.9 万 m^3 , 约占滨州市总量的 11.5%, 长期面临供需失衡挑战。

受黄河水配额限制及农业、工业刚性需求驱动, 滨城区曾过度依赖深层承压地下水, 由于长

期过度抽取地下水, 地下水位已出现显著下降趋势^[1], 引发地面沉降及地下水污染等问题。2015 年监测显示, 沉降量超过 100 mm 的区域面积达 117 km^2 , 中心点沉降量达 187.7 mm; 浅层地下水硝酸根含量在 20 世纪 80 年代不足 2 mg/L , 至 2015 年超过 30 mg/L 的区域扩大了 1 100 km^2 ^[2]。

为此, 滨城区针对“资源型缺水与超采型缺

收稿日期: 2025-07-04

作者简介: 苑丽丽(1994—), 女, 工程师

水并存”的特征,确立“以雨洪资源置换黄河水、以黄河水指标置换深层地下水”的双置换策略。核心思想为:通过水系连通工程和引水优化工程提升雨洪资源调控能力→利用雨洪资源替代农业灌溉用黄河水→将节约的黄河水指标通过水权交易转供工业→工业用黄河水替代深层地下水→同步封存深层机井切断开采路径,最终形成“雨洪-黄河水-深层地下水”的三级置换链条。

1 工程建设体系

1.1 付家河片区引水优化工程

该工程以徒骇河支流付家河为主要水源,通过“清淤-提水-置换”三重措施构建区域输配水系统。首先对既有输水渠道开展全断面清淤,恢复渠道设计过水能力;同步新建高效节能型提水泵站,将徒骇河雨洪资源经付家河引入项目区。工程采用“双置换”模式,一方面利用雨洪资源置换原黄河水灌溉配额,通过水权交易机制将节约的黄河水指标转供工业用户;另一方面新建引水管道替代传统沟渠输水,减少沿途蒸发渗漏损失,经测算可提升输配水效率约 15%,进一步释放雨洪资源用于工业深层地下水置换。

1.2 胜利河-兰家二千渠水系连通工程

针对区域内“竹节沟”,即分段阻隔型沟渠导致的水系割裂问题,工程以胜利河与兰家二千渠为连通主体,实施全段清淤疏浚及节点打通工程,共拆除 1 处阻水闸坝,新建 4 座节制闸,实现柔性调蓄。通过水系连通工程,可实现徒骇河雨洪资源的多向调配,丰水期将超额雨洪暂存于渠道中,枯水期按需补给项目区农业灌溉,形成“以丰补枯”的水资源调节机制,最终通过水权交易可将置换出的黄河水指标定向用于工业深层地下水替代。

1.3 西沙河-兰家四千渠水系连通工程

结合西沙河兼具雨洪调蓄与中水输送的双重功能,工程采取“连通+提水”的复合技术路线。首先对西沙河至兰家四千渠的连接沟渠进行清淤,彻底消除“竹节沟”阻隔现象;同步增设一体化小型提水装置,并配备智能变频控制系统,实现西沙河雨洪与中水的联合调度。通过多源水资源置换,对应水权交易指标可满足年约 55 万 m^3 的深层地下水替代需求。

1.4 深层承压水井封存工程

作为超采治理的末端控制措施,同步实施深层承压水井封存工程。按照“应封尽封”原则,对项目区 15 眼深层承压水井进行封填,深层承压水井深 450 m,单井年平均开采量约 5 万 m^3 。

2 工程建设方案

2.1 区域地质概况

工程场区地下水类型以第四系孔隙潜水为主,赋存于上覆松散堆积层(砂壤土、壤土及黏土)中,主要分布于冲积平原地带。地下水埋深较浅,补给来源包括河水、大气降水及侧向径流,排泄方式以向下游径流及垂直蒸发为主,年变幅 1.00~2.50 m。区域构造稳定性良好,近场区 25 km 范围内无活断层及强震活动,基本地震动峰值加速度 0.10 g,属建筑物抗震一般地段。水环境腐蚀性分析表明,地表水对混凝土具硫酸盐型无~强腐蚀性,干湿交替环境下对混凝土结构钢筋及钢结构均具中等腐蚀性;地下水对混凝土具硫酸盐型中等~强腐蚀性,对混凝土结构钢筋及钢结构的腐蚀性同为中等。

2.2 渠道工程

工程对 19 条渠道实施清淤整治,总清淤长度达 43.2 km。设计遵循“维持现状渠口宽度,重点整修岸坡与渠底”原则,根据清淤渠道上下游连接渠的底高程,结合渠道灌溉和排涝需求,渠道比降以 1/2000~1/5000 为主,渠道底宽范围 0.5~13 m,其中干渠底宽相对较宽,如齐付河南北段底宽 6~12 m;支渠底宽相对较窄,如小开河 14 号渠底宽 0.5 m。边坡系数根据现状渠道及区域地质条件对稳定性的影响,多采用 1.5、1.75 或 2。

针对沟渠险工段,实施衬砌加固工程,总衬砌加固长度达 514 m,其中胜利河-兰家二千渠水系连通工程衬砌长度 228 m,西沙河-兰家四千渠水系连通工程衬砌长度 286 m。衬砌结构采用“混凝土挡墙顶部接混凝土连锁块护坡”型式,在保障结构稳定性的同时兼顾生态修复需求。

2.3 水工建筑物

新建 7 座节制闸,采用开敞式与涵洞式两种结构型式,均具备双向挡水功能——在灌溉期承担挡水功能,排涝期实现排涝功能。其中开敞式节制闸主要用于大流量排涝工况,设计排涝流量

为 7.92~12.90 m³/s;涵洞式节制闸则针对小流量排涝工况,设计排涝流量 1.00 m³/s。闸孔尺寸由排涝流量计算确定,大流量节制闸采用双孔闸门或单孔大尺寸闸门;小流量闸采用单孔小尺寸闸门。

新建一体化闸站 6 座,采用闸站结合型式,兼具排涝与灌溉功能(排涝工况下开闸泄水,灌溉工况下关闸提水)。闸站水闸排涝流量范围 0.54~4.24 m³/s,泵站设计引水流量 0.15~0.54 m³/s;除西沙河闸站采用双泵配置外,其余泵站采用单泵设计。泵型以 300ZQ 系列为主,适配低扬程提水工况需求。从水位参数分析,泵站进水池水位为 2.3~5.0 m,出水池设计水位为 5.0~7.48 m,两者水位差值为 2.0~2.5 m,进一步验证了低扬程特征。

2.4 其他工程

新建 8 座管涵桥,其中 2 座单孔涵桥、6 座双孔涵桥,孔径均为 1.5 m。涵管设计排涝流量为 1.75 m³/s,涵管底高程范围 4.20~4.70 m,路面宽 6.0 m,体现标准化设计与区域交通需求的平衡,保障引水通畅。同时对 15 眼深层井实施封存,技术要求包括断电、吊泵、井盖密封、禁止开启等,防止地下水污染,保护水环境。

3 实施成效

3.1 工程效益

1)付家河片区引水工程。通过系统调引徒骇河雨洪水资源,配套实施龙王庙村低压管道灌溉改造,该片区年压采地下水量达 78 万 m³。其中工程年增加地表水供水量 73 万 m³,稳定改善 160 hm² 农田灌溉;管道灌溉模式可减少渗漏损失 5 万 m³。

2)西沙河-兰家四干渠水系连通工程。新建西沙河一体化泵闸后,年引地表水及中水 55 万 m³,可支撑 120 hm² 农田灌溉需求,进一步降低区域对深层地下水的依赖,有效缓解了农业灌溉导致的地下水超采压力。

3)胜利河-兰家二干渠水系连通工程。通过连通当地地表水系与徒骇河雨洪资源,年增引水量 37 万 m³,可满足 80 hm² 农田灌溉需求,减少了对单一地下水的依赖。

3.2 经济效益

1)灌溉效益。工程覆盖灌溉面积 440 hm²,通过提升灌溉保证率、降低用水成本,年直接经济效益达 142 万元。

2)除涝效益。工程改善除涝面积 4 800 hm²,通过增强排涝能力、减少涝灾损失,年直接经济效益为 122 万元。

3.3 社会效益

1)地下水资源保护与生态安全提升。工程有效推动地下水位稳定回升,修复地下水生态系统,降低地面沉降风险,为农田、道路及村庄安全提供地质环境保障。

2)农业生产韧性与农民增收。通过工程措施提高农田灌溉保证能力,显著降低了干旱年份因缺水导致的农业减产风险,保障农田灌溉需求,促进主要作物增产。

3)公共服务功能与生活质量改善。工程提升除涝能力,降低暴雨季节农田受淹频率,保障“粮袋子”安全;改善区域水生态景观,提升乡村人居环境质量。

4 结 语

滨城区针对“资源型缺水与地下水超采并存”的突出问题,创新提出“双置换”治理策略,构建了“雨洪-黄河水-地下水”三级置换链条,采取“清淤-提水-置换”技术路径,提升输配效率 15%,配套水权交易机制将节约的黄河水指标定向转供工业,年置换深层地下水 170 万 m³,同步封存 15 眼超采机井,形成“农业节水-工业受益-生态修复”的良性循环。滨城区系统性治理工程体系的实践证明,地下水超采区通过资源置换优化配置、工程与非工程措施结合,实现了水资源高效利用与超采治理的协同推进,可为类似超采地区提供可复制的实践经验。

参考文献

- [1] 李新旺,马素英,刘森,等.河北省深层地下水回补研究[J].中国水利,2024(7):28-33.
- [2] 宋连瑞,马琳.滨州市地下水超采区现状分析及综合治理对策[J].水利技术监督,2018(5):225-227.

(责任编辑 崔春梅)