

• 国家水体污染控制与治理科技重大专项集成与示范 •

黄河下游地区饮用水安全保障技术研究 with 综合示范

贾瑞宝¹ 孙韶华¹ 桂 萍² 刘文君³ 李 星⁴ 吕 谋⁵
王明泉¹ 刘衍波⁶ 雒安国⁷ 燕峒胜⁸ 姜海英⁹ 魏长学¹⁰

(1 济南市供排水监测中心, 济南 250021; 2 中国城市规划设计研究院, 北京 100044; 3 清华大学, 北京 100084;
4 哈尔滨工业大学, 哈尔滨 150090; 5 青岛理工大学, 青岛 266033; 6 济南泉城水务有限公司, 济南 250023;
7 东营市自来水公司, 东营 257091; 8 中国石化集团胜利石油管理局供水公司, 东营 257045;
9 济南水务集团有限公司, 济南 250012; 10 济南清源水务有限责任公司, 济南 250011)

摘要 针对黄河下游地区人口高度密集、经济总量巨大、水质污染严重及净化工艺落后等现状, 以饮用水水质达到国家《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006) 为目标, 在对引黄供水系统水质检测评估和关键净化技术中试验证基础上, 研发建立了适于引黄水库水的“源头”生态净化、常规工艺强化、臭氧—生物活性炭、超滤膜和管网优化改造等组合工艺体系, 并用于 4 座示范工程水厂和 1 个管网水质保障示范区的建设与运行研究, 构建了“从源头到龙头”全流程监测评估、全过程净化处理技术支撑体系, 为黄河下游地区供水安全提供了有力的科技支撑。

关键词 黄河下游 饮用水安全 风险评估 深度处理 管网优化 综合示范

1 研究背景

黄河是中华民族的母亲河, 自西向东流经 9 个省区, 全长 5 464 km, 流域面积 79 万 km², 最终从山东省东营市流入渤海湾。黄河两岸的人口已经达到 1.72 亿, 占全国总人口的 15.1%。随着黄河流域社会经济的快速发展, 流域内污水排放量急剧增加。据统计, 黄河干流 44 个地表水国控监测断面中, IV 类以上水质的断面比例达到 66%。同中上游地区相比, 黄河下游地区面临的水质污染问题更为复杂, 饮用水安全保障形势更为严峻。

多年来, 为缓解城市水资源压力, 黄河下游地区沿黄城市多以引黄水为水源。引黄城镇为保证足够的水量, 大多建有调蓄水库, 引黄水库蓄集了经预沉后的低浊度高营养盐澄清水, 水体相对较浅(小于 10m), 富营养化严重, 形成引黄水库特有的低浊高藻高臭味、小分子有机物和溴离子含量高水质特征。该类水源水中无机物、有机物和有害生物并存, 难于净化处理, 对水厂的稳定运行和出水水质形成冲击; 另一方面, 黄河下游城镇供水管网老化且多水源切换频繁, 用户“龙头水”水质难以保证, 尤其是国家《生活饮用水卫生标准》

(GB 5749—2006) 已于 2007 年 7 月 1 日起正式实施, 对黄河下游饮用水安全保障提出了极大的技术和管理挑战。

2 项目研究集成技术路线

本项目针对黄河下游地区引黄水库水污染特征及净化输配设施现状, 以国家《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006) 为目标, 开展引黄供水系统水质检测评估和供水提标改造关键技术研发、集成与示范, 建立“从源头到龙头”供水全过程净化处理技术支撑体系、标准规范体系和示范工程体系。项目技术路线如图 1 所示。

(1) 共性技术研究: 针对引黄供水系统饮用水安全保障共性技术难题, 在水质风险评估、水源生态修复、水厂净化处理和管网安全输配等方面进行关键技术研发, 建立特征污染物检测评估和净化处理技术体系。

(2) 中试验证研究: 在对引黄供水系统水质风险进行检测和评估的基础上, 在济南鹊山水库开展引黄水源生态修复、原位净化及应急处理集成技术中试研究; 对生物预处理、浮沉/浮滤池、臭氧—生物活性炭和超滤膜集成工艺开展中试研究, 在济南和东营中试基地分别进行拟用工艺的优选和验证; 在

国家水体污染控制与治理科技重大专项(2008ZX07422)。

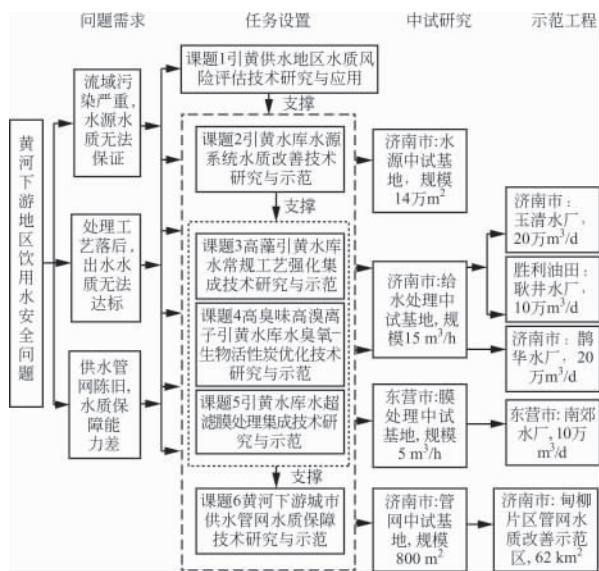


图1 技术路线

济南、青岛分别进行管网运行优化、水质稳定改造和“黄水”应急处理等中试研究,提出示范区管网水质保障技术优化方案。

(3) 示范工程研究:针对济南、东营、胜利油田等地引黄水库差异性水质特点,将优选出的水厂处理工艺应用于黄河下游地区4座水厂的提标改造示范建设,确保出厂水水质稳定达标;对济南市管网示范区进行优化改造,全面提升示范区管网供水水质,为引黄供水系统饮用水安全保障提供技术支撑。

项目研究与成果推广将从根本上提高黄河下游引黄供水城市饮用水安全保障能力,对提升沿黄城市现代化水平,改善投资环境具有重要的现实意义和显著的经济、社会及生态效益。

3 主要成果

3.1 引黄供水系统水质保障能力综合评估体系

针对现有供水水质检测方法不完善,污染物检测识别技术体系不健全,以及引黄供水系统水质风险不明确等现状问题,优化改进了藻及臭味物质、痕量有机污染物及毒理学风险污染物等特征污染物检测识别关键技术;研发了引黄供水地区水质保障能力评估系统,实现了对引黄供水地区水源地、水厂、管网水质的综合评价及“从源头到龙头”污染物的迁移转化规律可视化展示和弥散过程模拟。将上述研究成果应用于山东省引黄供水系统水质风险识别与评估,结果表明:引黄水库属高氮磷比型中营养水

体;水源中藻类年平均值在200万个/L以上,最高可达11000万个/L,蓝藻与硅藻是两大类主要优势藻;溴离子含量较高,一般在0.1mg/L左右,最高可达0.24mg/L;原水有机物含量高,溶解性有机物可吸附去除性好,可生物降解性差,可混凝去除性差,经水厂处理后部分有机物得到了消减,但出水仍存在脂肪烃、芳烃、酯类、酮类、酚类及其他杂环类痕量有机污染,且生成了新的消毒副产物;水源、出厂、管网供水全流程均存在不同程度的臭味问题,出厂水因氯消毒使水质遗传毒性增加。建成首个引黄供水水质数据库,建立了黄河下游地区潜在危害性污染物、高关注度污染物、重点控制污染物及优先控制污染物“四级”定量控制体系。筛选提出黄河下游地区供水系统优先控制污染物为:产臭味藻、二甲基异茨醇、溴酸盐、二氯一溴甲烷、一氯二溴甲烷、邻苯二甲酸二丁酯、多氯联苯、壬基酚和阿特拉津等,并编制了相应的工艺应对技术方案,为黄河项目其他课题提供了技术支撑。

3.2 引黄水库水源生态净化及水质改善集成技术

针对引黄水库生态系统脆弱,引水管理模式复杂,引黄水高营养盐、高有机污染,水泥沙含量高、季节波动大等问题,从系统层面解析“黄河水体—沉砂池—调蓄水库”的引黄水库水源系统的结构及生态系统特征,开展了引黄水库水源保护支撑技术、水质水量联合调控技术、水质改善与净化技术以及应对突发污染的应急处理技术等创新和集成性研究。在济南鹊山水库建成水源水质改善中试基地,该基地包括泥沙快速沉降与吸附除磷耦合沉沙池、泥沙缓慢沉降与水生植物耦合强化自然湿地、防堵塞多粒径复合人工湿地、近岸微扰动区底遮光控藻装置、湍流区原位强化曝气人工水草装置及原水输水管道投加药剂式强化净化装置等,其中,沉沙池面积1.7万m²,自然湿地面积13万m²包含强化沉沙区、植物引入区和水位控制区,人工湿地面积1000m²包含表流、潜流、垂直流3种基本形式的13种组合,原位净化装置覆盖面积2100m²包含风力曝气和太阳能富氧两种原位净化装置及可应对40万m³/d水量的移动式药剂投加装置。中试运行表明,自然湿地对总氮、氨氮、亚硝酸盐、总磷和COD_{Mn}有去除效果,去除率分别为30%、53%、56%、98%和41%;与

沉沙条渠对照组相比,去除率分别高出 18%、64%、49%、88%和 48%;人工湿地对总氮、亚硝酸盐、总磷、 COD_{Mn} 、叶绿素 a 具有去除效果,平均去除率分别为 14%、47%、33%、23%和 79%;原位净化装置对藻类、总氮和 COD_{Mn} 的去除率分别为 25%、12%和 16%,有效改善了中试区水源水质。

3.3 引黄水库水常规工艺强化集成技术

在对现有黄河下游地区水厂常规工艺现状调研的基础上,突破了曝气生物流化池预处理—强化混凝,基于藻及藻毒素同时去除的强化混凝—浮沉池—活性过滤组合工艺,水厂气浮藻渣无害化处置与微囊藻毒素再利用关键技术,建成了鹤华水厂多功能组合式水处理中试研发基地,规模为 $15 \text{ m}^3/\text{h}$,安装了 16 套给水处理中试装置,通过管道连接和阀门切换能够满足 20 种以上组合工艺的中试研究。通过工艺比选和中试验证,优选出适于引黄供水水质的常规强化改造工艺,并应用于济南玉清水厂、胜利油田耿井水厂技改工程建设。建成的玉清水厂常规工艺强化示范工程规模 $20 \text{ 万 m}^3/\text{d}$,改造后工程主体工艺为“强化混凝—浮沉池—活性滤池—紫外/液氯消毒”,并实现了常规工艺的全流程监控与全过程强化,运行结果表明:出厂水浊度平均去除率较改造前提高了 4.2%, COD_{Mn} 去除率提高 10.4%,二甲基异茛菪醇去除率提高 45.9%,有效解决了出水有机物高及臭味问题,出厂水稳定达到《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)的要求。建成了规模为 $10 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ 的胜利油田耿井水厂示范工程,工程主体工艺为“高锰酸钾预氧化—机械混合—折板絮凝—斜管沉淀—V 型滤池—氯消毒”,运行结果表明:出厂水浊度由原工艺 0.4 NTU 降为 0.19 NTU,降幅达 52%;出厂水耗氧量为 1.7 mg/L ,相比改造前耗氧量降低近 8%;三卤甲烷总量较改造前降低了 30%以上,出厂水稳定达到《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)的要求。

3.4 引黄水库水臭氧—生物活性炭深度处理集成技术

针对黄河下游引黄水库水高有机物、高臭味问题,研发了臭氧消耗特性识别、上向流微膨胀生物活性炭及基于 H_2O_2 催化臭氧氧化的溴酸盐控制技术等相关技术体系,通过在鹤华水厂中试基地进行集

成技术比选和中试验证,将“混凝—高密度沉淀池—臭氧接触池—上向流生物活性炭池—均质滤料过滤—氯消毒”组合工艺应用于鹤华水厂 $20 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ 的深度处理改造工程,形成了以臭氧—生物活性炭为核心的示范工程体系,示范工程运行后,出水浊度去除率较原常规工艺提高了 2.8%,TOC 去除率提高了 22%,溴酸盐、土臭素和二甲基异茛菪醇等关键污染指标均低于检出限,出水水质稳定达到《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)。

3.5 引黄水库水超滤膜处理集成技术

针对常规处理工艺水厂无法应对藻类、有机污染物和“两虫”等水质风险的现状,系统开展了超滤膜运行特性、超滤组合工艺、超滤膜后饮用水水质稳定性、膜污染控制及超滤膜系统检测与控制等技术研究,建立了粉末活性炭吸附—混凝—沉淀预处理和高锰酸盐预氧化—混凝—沉淀两种预处理关键技术,有效解决了超滤存在的难以截留溶解性有机物和膜污染的技术问题。在东营建立了规模为 $5 \text{ m}^3/\text{h}$ 的超滤膜中试基地,包括 4 套中试工艺和 6 套小试工艺,能承担 10 种以上膜组合工艺的中试比选和验证,并将优选的“二氧化氯预氧化—混凝—粉末活性炭—沉淀—砂滤—超滤—消毒”工艺用于 $10 \text{ 万 m}^3/\text{d}$ 的东营南郊水厂示范工程建设。示范工程运行表明,超滤膜出水浊度稳定在 0.02 NTU 以下,出水颗粒数均低于 50 个/mL,膜单元实现了长期低压稳定运行, COD_{Mn} 、TOC 和 UV_{254} 平均去除率比原常规工艺提高了 9.08%、10.03%和 7.61%,出水水质满足《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)要求。

3.6 黄河下游城市供水管网水质保障集成技术

以黄河下游地区饮用黄河水城市的供水系统为依托,研发了黄河下游管网多水源切换供水条件下的运行控制技术、管网水质稳定性及外源污染控制技术、适于供水管网优化改造技术及管网末梢“黄水”成因及优化运行控制技术等关键技术,在济南建成了管网水质改善综合实验基地,基地总处理规模 $3 \text{ m}^3/\text{h}$,可进行水质稳定性改善、二次消毒及直饮水工程等组合工艺比选,选择济南市二环东路、历山路附近,板桥加压站、辛庄加压站混合供水区域作为示范区对关键技术和优选工艺进行应用示范,示范区

DN200 以上的管长约 30 km,在区域内进行了管网及加压站改造、示范区管网参数测试系统、管网监控系统及加压站紫外消毒系统构建及末端水质提升工程建设,管网改造后水质稳定达到《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)的要求,有效保障了管网水质。

4 结论

(1) 研发了引黄供水系统水质保障能力综合评估体系,在黄河下游地区进行了“从源头到龙头”全流程监测和全过程评估,建立了引黄供水水质数据库,筛选提出引黄供水系统优先控制污染物名单及相应的工艺应对技术方案,为水源水质改善、水厂工艺改造和管网水质保障提供了有力支撑。

(2) 在济南、东营建设水专项中试研发基地 4 个,能够承担“水源—水厂—管网”全过程处理工艺比选与验证,为示范工程设计、建设、运行、管理提供了技术保障。

(3) 开发了常规工艺强化、臭氧—生物活性炭、超滤膜等饮用水处理关键技术,分别建立了适于引

黄水库水的 3 种类型水厂提标改造工艺技术体系,分别用于济南、东营等地 4 座水厂的示范建设,示范工程总规模 60 万 m^3/d ,出水水质全部满足《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)要求,为黄河下游地区水厂达标改造提供了可复制的案例。

(4) 调查分析了黄河下游管网水质稳定性特点,研究建立了多水源切换供水条件下的管网运行监控、水质稳定化和优化改造等技术体系,在济南甸柳加压站管网示范区开展管网在线监控系统建设、SCADA 系统维护改造、管网及加压站改造和末端水质提高示范工程建设等,改善了示范区供水管网水质,提高了供水安全可靠。

○ 通讯处:250021 济南市纬五路 68 号济南市给排水监测中心

E-mail:wwwmq108@163.com

收稿日期:2012-09-24

修回日期:2012-09-29

北京市 新建建设工程雨水控制与利用技术要点 (暂行) 实施

为进一步加强新建建设工程雨水控制与利用工作,北京市规划委员会组织相关单位,对现行国家和本市相关技术标准及规范性文件进行了梳理。在此基础上编制了《新建建设工程雨水控制与利用技术要点(暂行)》(以下简称“技术要点”),并于 2012 年 8 月 27 日起实施。“技术要点”包含总体要求、规划要求、设计要求 3 部分。

总体要求要点主要为:①新建建设工程(含改、扩建工程)均应进行雨水控制与利用工程规划和设计。雨水控制与利用工程必须与主体建设工程同时规划设计、同时施工、同时投入使用;②雨水控制与利用工程的规划设计,以建设工程硬化后不增加建设区域内雨水径流量和外排水总量为标准;③新建工程的附属设施应和雨水控制与利用工程相结合;④设计单位在提交的建设工程规划设计方案总平面图中,应对雨水控制与利用工程的规划设计情况进行说明,明确标注采用透水铺装面积的比例,雨水调蓄设施的规模、位置、竖向设计及措施等内容;⑤规划管理部门在办理规划条件或选址意见书时,应明确要求建设单位同时建设雨水控制与利用工程。在审查建设工程规划设计方案时,要对其雨水控制与利用工程方案进行审查。规划监督部门在对建设项目进行规划核实时,应对其雨水控制与利用工程规

划建设情况进行核验;⑥在施工图审查阶段,施工图审查机构应对新建建设工程雨水控制与利用的施工图设计文件进行审查。

规划要求要点为:①新建建设工程总用地面积在 5 hm^2 以上的,应先编制雨水控制与利用规划,再进行雨水控制与利用工程设计。用地面积小于 5 hm^2 的,可直接进行雨水控制与利用工程设计;②雨水控制与利用规划内容包括:规划依据、设计参数、外排雨水总量测算等;③新建建设工程硬化面积达 1 hm^2 以上(含)的项目,应配建雨水调蓄设施;④凡涉及绿地率指标要求的建设工程,绿地中至少应有 50% 作为用于滞留雨水的下凹式绿地。公共停车场、人行道、步行街、自行车道和建设工程的外部庭院的透水铺装率不小于 70%;⑤建设用地竖向设计应满足雨水控制与利用工程的要求,新建小区要进行地面标高控制,防止客水流入,并引导雨水按规划区域及标高排出。同时对于一些防止陡坡坍塌、滑坡灾害的危险场所以及对自然环境造成危害的场所等不得采用雨水入渗系统。

设计要求要点主要为对雨水控制与利用系统的设置、屋面表面材料的选取以及雨水储存与调蓄设施的设置等要求。

(通讯员 李向军)