期刊基本参数：CN 10-1326/TV*2015*m*A4*84*zh*P*¥20.00*14000*17*2022-7

水资源开发与管理
二〇二二年 第八卷 第七期
Vol. 8 No. 7 2022

《中国核心期刊（遴选）数据库》收录期刊
《中文科技期刊数据库》收录期刊
《中国学术期刊综合评价数据库》来源期刊
《中国学术期刊网络出版总库》收录期刊
《中国知识资源总库》收录期刊

ISSN 2096－0131
CN 10－1326/TV

2022.7
第8卷

水资源开发与管理

Water Resources Development and Management

ISSN 2096-0131
9 772096 013226 07

中国水利工程协会主管
Directed by China Water Engineering Association
中国水利工程协会主办
Sponsored by China Water Engineering Association

诚信铸精品 质量赢天下

——河南省广宇建设集团有限公司

河南省广宇建设集团创立于 1984 年，具备水利水电、房屋建筑、市政工程、机电工程总承包壹级资质，装饰装修、园林古建、消防、环保等 13 项专业承包壹级资质。下辖 5 个子公司、26 个分公司、1 个省级技术中心，年施工能力 60 亿元以上。

广宇建设集团立足河南，面向全国，坚守“科学管理、品质至上、创新协同”的管理理念，弘扬工匠精神，打造优质工程，把质量视为立足之本，把创新视为发展之源，对标一流企业品牌。为强力推进“人才强企”“科技强企”战略，集团重视技术人才，凝聚企业共识招募各类中、高级管理人员和建造师 496 人，在育才、用才方面储备了技术力量。企业不断完善信用管理制度，维护企业品牌形象，从合同签订前后的信用评审、客户授信和年审评价，到失信违法行为的信用档案建立与责任追究，事事都纳入信用管理体系。

广宇建设集团多年来承建了大批国家、省、市重点工程项目，工程遍布全国 30 个省市，新野县白河橡胶坝工程、寒溪河东城余屋桥段通航水域河道疏浚工程、綦江区拱桥水库工程、开封涧水河综合治理工程等项目先后荣获省市级“文明工地奖”“水利建设工程文明工地”等奖项。集团被河南省委、省政府授予“河南民营企业 100 强”“河南省非公有制优秀社会主义事业建设者”“河南省建筑业 50 强企业”“河南省工人先锋号”等荣誉；2020 年度被中国施工企业管理协会评为“工程建设诚信典型企业”，被中国水利工程协会评为“全国水利建设市场 AAA 级信用企业”“水利安全生产标准化一级单位”。

广宇建设集团始终秉承诚信铸精品、质量赢天下的企业理念，贯彻缔造人类美好家园、共享幸福美好生活的企业情怀，继续发扬“诚实守信、优质高效、团结拼搏、争创一流”的精神，致力于“资质综合级、产值超百亿、企业发展上市、员工高薪幸福”的宏伟目标，与各界朋友携手共进，共创辉煌，建造更多精品丰碑工程，实现企业与社会、环境的和谐发展。

2021 年度《中国水资源公报》发布

近期水利部发布了 2021 年度《中国水资源公报》。2021 年，全国降水量和水资源总量比多年平均值明显偏多，大中型水库和湖泊蓄水总体稳定。全国用水总量比 2020 年有所增加，用水效率进一步提升，用水结构不断优化。

2021 年，全国水资源总量为 29638.2 亿 m^3，比多年平均值偏多 7.3%。其中，地表水资源量为 28310.5 亿 m^3，地下水资源量为 8195.7 亿 m^3，地下水与地表水资源不重复量为 1327.7 亿 m^3。

2021 年，全国用水总量为 5920.2 亿 m^3。其中，生活用水为 909.4 亿 m^3，占用水总量的 15.4%；工业用水为 1049.6 亿 m^3（其中火核电直流冷却水 507.4 亿 m^3），占用水总量的 17.7%；农业用水为 3644.3 亿 m^3，占用水总量的 61.5%；人工生态环境补水为 316.9 亿 m^3，占用水总量的 5.4%。地表水源供水量为 4928.1 亿 m^3，占供水总量的 83.2%；地下水源供水量为 853.8 亿 m^3，占供水总量的 14.5%；其他水源供水量为 138.3 亿 m^3，占供水总量的 2.3%。

与 2020 年相比，用水总量增加 107.3 亿 m^3，其中，生活用水增加 46.3 亿 m^3，农业用水增加 31.9 亿 m^3，工业用水增加 19.2 亿 m^3，人工生态环境补水增加 9.9 亿 m^3。

2021 年，全国人均综合用水量为 419m^3，万元国内生产总值（当年价）用水量为 51.8m^3。耕地实际灌溉亩均用水量为 355m^3，农田灌溉水有效利用系数为 0.568，万元工业增加值（当年价）用水量为 28.2m^3，人均生活用水量（含公共用水）为 176L/d，城乡居民人均用水量为 124L/d。与 2020 年相比，万元国内生产总值用水量和万元工业增加值用水量分别下降 5.8% 和 7.1%（按可比价计算）。

（来源：水利部水资源管理司 http://www.mwr.gov.cn/sj/tjgb/szygb/202206/t20220615_1579315.html）

水资源开发与管理

Shuiziyuan Kaifa Yu Guanli

（月刊）

2015 年创刊

2022 年第 8 卷第 7 期

总第 78 期

出版日期：2022 年 7 月 25 日

主 管 单 位　中国水利工程协会
主 办 单 位　中国水利工程协会

主　　　编　安中仁
副　主　编　任京梅　吴香菊
编辑部主任　杨　燕
编　　　辑　王宁昕　季雪威

编 辑 出 版　《水利建设与管理》杂志社有限公司
通 信 地 址　北京市西城区南滨河路 27 号小区 7 号楼 11 层 1116 号(贵都国际中心 B 座 1116 室编 1105)
邮　　　编　100055
网　　　址　http://www.sljsygl.com
在 线 投 稿　http://szy.sljsygl.com/home/login
联 系 电 话　010-63305220（发行）
010-63305233（投稿）
010-63305258（广告）

印刷单位　北京博海升彩色印刷有限公司
发行范围　公开发行
国内发行　中国邮政集团公司北京市报刊发行局本刊发行部
邮发代号　82-389
国外发行　中国国际图书贸易集团有限公司
国外发行代号　MO9525
中国标准连续出版物号　ISSN 2096－0131 / CN 10－1326/TV
广告发布登记　京西市监广登字 20170082 号
国内定价　20.00 元

水利建设与管理杂志社官方微信公众号二维码，欢迎扫描加关注，随时检索协会会刊论文发表情况。

目次

CONTENTS　2022年第7期

本期特稿

水资源管理

水文

水生态保护

防洪减灾

水利信息化

节水专栏

公益：广告

CONTENTS

WATER RESOURCES DEVELOPMENT AND MANAGEMENT
Vol.8 NO.7 2022

DOI：10.16616/j.cnki.10-1326/TV.2022.07.01

扎实稳住经济的一揽子政策措施

（六个方面　33 项措施）

一、财政政策（7 项）

1. 进一步加大增值税留抵退税政策力度。在已出台的制造业、科学研究和技术服务业、电力热力燃气及水生产和供应业、软件和信息技术服务业、生态保护和环境治理业、民航交通运输仓储和邮政业等6个行业企业的存量留抵税额全额退还、增量留抵税额按月全额退还基础上，研究将批发和零售业，农、林、牧、渔业，住宿和餐饮业，居民服务、修理和其他服务业，教育，卫生和社会工作，文化、体育和娱乐业等7个行业企业纳入按月全额退还增量留抵税额、一次性全额退还存量留抵税额政策范围，预计新增留抵退税1420亿元。抓紧办理小微企业、个体工商户留抵退税并加大帮扶力度，在纳税人自愿申请的基础上，6月30日前基本完成集中退还存量留抵税额；今年出台的各项留抵退税政策新增退税总额达到约1.64万亿元。加强退税风险防范，依法严惩偷税、骗税等行为。

2. 加快财政支出进度。督促指导地方加快预算执行进度，尽快分解下达资金，及时做好资金拨付工作。尽快下达转移支付预算，加快本级支出进度；加大盘活存量资金力度，对结余资金和连续两年未用完的结转资金按规定收回统筹使用，对不足两年的结转资金中不需按原用途使用的资金收回统筹用于经济社会发展急需支持的领域；结合留抵退税、项目建设等需要做好资金调度、加强库款保障，确保有关工作顺利推进。

3. 加快地方政府专项债券发行使用并扩大支持范围。抓紧完成今年专项债券发行使用任务，加快今年已下达的3.45万亿元专项债券发行使用进度，在6月底前基本发行完毕，力争在8月底前基本使用完毕。在依法合规、风险可控的前提下，财政部会同人民银行、银保监会引导商业银行对符合条件的专项债券项目建设主体提供配套融资支持，做好信贷资金和专项债资金的有效衔接。在前期确定的交通基础设施、能源、保障性安居工程等9大领域基础上，适当扩大专项债券支持领域，优先考虑将新型基础设施、新能源项目等纳入支持范围。

4. 用好政府性融资担保等政策。今年新增国家融资担保基金再担保合作业务规模1万亿元以上。对符合条件的交通运输、餐饮、住宿、旅游行业中小微企业、个体工商户，鼓励政府性融资担保机构提供融资担保支持，政府性融资担保机构及时履行代偿义务，推动金融机构尽快放贷，不盲目抽贷、压贷、断贷，并将上述符合条件的融资担保业务纳入国家融资担保基金再担保合作范围。深入落实中央财政小微企业融资担保降费奖补政策，计划安排30亿元资金，支持融资担保机构进一步扩大小微企业融资担保业务规模，降低融资担保费率。推动有条件的地方对支小支农担保业务保费给予阶段性补贴。

5. 加大政府采购支持中小企业力度。将面向小微企业的价格扣除比例由6%～10%提高至10%～20%。政府采购工程要落实促进中小企业发展的政府采购政策，根据项目特点、专业类型和专业领域合理划分采购包，积极扩大联合体投标和大企业分包，降低中小企业参与门槛，坚持公开公正、公平竞争，按照统一质量标准，将预留面向中小企业采购的份额由30%以上今年阶段性提高至40%以上，非预留项目

要给予小微企业评审优惠，增加中小企业合同规模。

6. 扩大实施社保费缓缴政策。在确保各项社会保险待遇按时足额支付的前提下，对符合条件地区受疫情影响生产经营出现暂时困难的所有中小微企业、以单位方式参保的个体工商户，阶段性缓缴三项社会保险单位缴费部分，缓缴期限阶段性实施到今年底。在对餐饮、零售、旅游、民航、公路水路铁路运输等5个特困行业实施阶段性缓缴三项社保费政策的基础上，对受到疫情严重冲击、行业内大面积出现企业生产经营困难、符合国家产业政策导向的其他特困行业，扩大实施缓缴政策，养老保险费缓缴期限阶段性延长到今年底。

7. 加大稳岗支持力度。优化失业保险稳岗返还政策，进一步提高返还比例，将大型企业稳岗返还比例由30%提至50%。拓宽失业保险留工补助受益范围，由中小微企业扩大至受疫情严重影响暂时无法正常生产经营的所有参保企业。企业招用毕业年度高校毕业生，签订劳动合同并参加失业保险的，可按每人不超过1500元的标准，发放一次性扩岗补助，具体补助标准由各省份确定，与一次性吸纳就业补贴不重复享受，政策执行期限至今年底。

二、货币金融政策（5项）

8. 鼓励对中小微企业和个体工商户、货车司机贷款及受疫情影响的个人住房与消费贷款等实施延期还本付息。商业银行等金融机构继续按市场化原则与中小微企业（含中小微企业主）和个体工商户、货车司机等自主协商，对其贷款实施延期还本付息，努力做到应延尽延，本轮延期还本付息日期原则上不超过2022年底。中央汽车企业所属金融子企业要发挥引领示范作用，对2022年6月30日前发放的商用货车消费贷款给予6个月延期还本付息支持。对因感染新冠肺炎住院治疗或隔离、受疫情影响隔离观察或失去收入来源的人群，金融机构对其存续的个人住房、消费等贷款，灵活采取合理延后还款时间、延长贷款期限、延期还本等方式调整还款计划。对延期贷款坚持实质性风险判断，不单独因疫情因素下调贷款风险分类，不影响征信记录，并免收罚息。

9. 加大普惠小微贷款支持力度。继续新增支农支小再贷款额度。将普惠小微贷款支持工具的资金支持比例由1%提高至2%，即由人民银行按相关地方法人银行普惠小微贷款余额增量（包括通过延期还本付息形成的普惠小微贷款）的2%提供资金支持，更好引导和支持地方法人银行发放普惠小微贷款。指导金融机构和大型企业支持中小微企业应收账款质押等融资，抓紧修订制度将商业汇票承兑期限由1年缩短至6个月，并加大再贴现支持力度，以供应链融资和银企合作支持大中小企业融通发展。

10. 继续推动实际贷款利率稳中有降。在用好前期降准资金、扩大信贷投放的基础上，充分发挥市场利率定价自律机制作用，持续释放贷款市场报价利率（LPR）形成机制改革效能，发挥存款利率市场化调整机制作用，引导金融机构将存款利率下降效果传导至贷款端，继续推动实际贷款利率稳中有降。

11. 提高资本市场融资效率。科学合理把握首次公开发行股票并上市（IPO）和再融资常态化。支持内地企业在香港上市，依法依规推进符合条件的平台企业赴境外上市。继续支持和鼓励金融机构发行金融债券，建立“三农”、小微企业、绿色、双创金融债券绿色通道，为重点领域企业提供融资支持。督促指导银行间债券市场和交易所债券市场各基础设施全面梳理收费项目，对民营企业债券融资交易费用能免尽免，进一步释放支持民营企业的信号。

12. 加大金融机构对基础设施建设和重大项目的支持力度。政策性开发性银行要优化贷款结构，投放更多更长期限贷款；引导商业银行进一步增加贷款投放、延长贷款期限；鼓励保险公司等发挥长期资金优势，加大对水利、水运、公路、物流等基础设施建设和重大项目的支持力度。

三、稳投资促消费等政策（6项）

13. 加快推进一批论证成熟的水利工程项目。

2022 年再开工一批已纳入规划、条件成熟的项目，包括南水北调后续工程等重大引调水、骨干防洪减灾、病险水库除险加固、灌区建设和改造等工程。进一步完善工程项目清单，加强组织实施、协调推动并优化工作流程，切实提高水资源保障和防灾减灾能力。

14. 加快推动交通基础设施投资。对沿江沿海沿边及港口航道等综合立体交通网工程，加强资源要素保障，优化审批程序，抓紧推动上马实施，确保应开尽开、能开尽开。支持中国国家铁路集团有限公司发行 3000 亿元铁路建设债券。启动新一轮农村公路建设和改造，在完成今年目标任务的基础上，进一步加强金融等政策支持，再新增完成新改建农村公路 3 万公里、实施农村公路安全生命防护工程 3 万公里、改造农村公路危桥 3000 座。

15. 因地制宜继续推进城市地下综合管廊建设。指导各地在城市老旧管网改造等工作中协同推进管廊建设，在城市新区根据功能需求积极发展干、支线管廊，合理布局管廊系统，统筹各类管线敷设。加快明确入廊收费政策，多措并举解决投融资受阻问题，推动实施一批具备条件的地下综合管廊项目。

16. 稳定和扩大民间投资。启动编制国家重大基础设施发展规划，扎实开展基础设施高质量发展试点，有力有序推进“十四五”规划 102 项重大工程实施，鼓励和吸引更多社会资本参与国家重大工程项目。在供应链产业链招投标项目中对大中小企业联合体给予倾斜，鼓励民营企业充分发挥自身优势参与攻关。2022 年新增支持 500 家左右专精特新“小巨人”企业。鼓励民间投资以城市基础设施等为重点，通过综合开发模式参与重点领域项目建设。

17. 促进平台经济规范健康发展。出台支持平台经济规范健康发展的具体措施，在防止资本无序扩张的前提下设立“红绿灯”，维护市场竞争秩序，以公平竞争促进平台经济规范健康发展。充分发挥平台经济的稳就业作用，稳定平台企业及其共生中小微企业的发展预期，以平台企业发展带动中小微企业纾困。引导平台企业在疫情防控中做好防疫物资和重要民生商品保供“最后一公里”的线上线下联动。鼓励平台企业加快人工智能、云计算、区块链、操作系统、处理器等领域技术研发突破。

18. 稳定增加汽车、家电等大宗消费。各地区不得新增汽车限购措施，已实施限购的地区逐步增加汽车增量指标数量、放宽购车人员资格限制，鼓励实施城区、郊区指标差异化政策。加快出台推动汽车由购买管理向使用管理转变的政策文件。全面取消二手车限迁政策，在全国范围取消对符合国五排放标准小型非营运二手车的迁入限制，完善二手车市场主体登记注册、备案和车辆交易登记管理规定。支持汽车整车进口口岸地区开展平行进口业务，完善平行进口汽车环保信息公开制度。对皮卡车进城实施精细化管理，研究进一步放宽皮卡车进城限制。研究今年内对一定排量以下乘用车减征车辆购置税的支持政策。优化新能源汽车充电桩（站）投资建设运营模式，逐步实现所有小区和经营性停车场充电设施全覆盖，加快推进高速公路服务区、客运枢纽等区域充电桩（站）建设。鼓励家电生产企业开展回收目标责任制行动，引导金融机构提升金融服务能力，更好满足消费升级需求。

四、保粮食能源安全政策（5 项）

19. 健全完善粮食收益保障等政策。针对当前农资价格依然高企情况，在前期已发放 200 亿元农资补贴的基础上，及时发放第二批 100 亿元农资补贴，弥补成本上涨带来的种粮收益下降。积极做好钾肥进口工作。完善最低收购价执行预案，落实好 2022 年适当提高稻谷、小麦最低收购价水平的政策要求，根据市场形势及时启动收购，保护农民种粮积极性。优化种粮补贴政策，健全种粮农民补贴政策框架。

20. 在确保安全清洁高效利用的前提下有序释放煤炭优质产能。建立健全煤炭产量激励约束政策机制。依法依规加快保供煤矿手续办理，在确保安全生产和生态安全的前提下支持符合条件的露天和井工煤

矿项目释放产能。尽快调整核增产能政策，支持具备安全生产条件的煤矿提高生产能力，加快煤矿优质产能释放，保障迎峰度夏电力电煤供应安全。

21. 抓紧推动实施一批能源项目。推动能源领域基本具备条件今年可开工的重大项目尽快实施。积极稳妥推进金沙江龙盘等水电项目前期研究论证和设计优化工作。加快推动以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地建设，近期抓紧启动第二批项目，统筹安排大型风光电基地建设项目用地用林用草用水，按程序核准和开工建设基地项目、煤电项目和特高压输电通道。重点布局一批对电力系统安全保障作用强、对新能源规模化发展促进作用大、经济指标相对优越的抽水蓄能电站，加快条件成熟项目开工建设。加快推进张北至胜利、川渝主网架交流工程，以及陇东至山东、金上至湖北直流工程等跨省区电网项目规划和前期工作。

22. 提高煤炭储备能力和水平。用好支持煤炭清洁高效利用专项再贷款和合格银行贷款。压实地方储备责任。

23. 加强原油等能源资源储备能力。谋划储备项目并尽早开工。推进政府储备项目建设，已建成项目尽快具备储备能力。

五、保产业链供应链稳定政策（7 项）

24. 降低市场主体用水用电用网等成本。全面落实对受疫情影响暂时出现生产经营困难的小微企业和个体工商户用水、用电、用气“欠费不停供”政策，设立6个月的费用缓缴期，并可根据当地实际进一步延长，缓缴期间免收欠费滞纳金。指导地方对中小微企业、个体工商户水电气等费用予以补贴。清理规范城镇供水供电供气供暖等行业收费，取消不合理收费，规范政府定价和经营者价格收费行为，对保留的收费项目实行清单制管理。2022 年中小微企业宽带和专线平均资费再降 10%。在招投标领域全面推行保函（保险）替代现金缴纳投标、履约、工程质量等保证金，鼓励招标人对中小微企业投标人免除投标担保。

25. 推动阶段性减免市场主体房屋租金。2022 年对服务业小微企业和个体工商户承租国有房屋减免3—6 个月租金；出租人减免租金的可按规定减免当年房产税、城镇土地使用税，并引导国有银行对减免租金的出租人视需要给予优惠利率质押贷款等支持。非国有房屋减免租金的可同等享受上述政策优惠。鼓励和引导各地区结合自身实际，拿出更多务实管用举措推动减免市场主体房屋租金。

26. 加大对民航等受疫情影响较大行业企业的纾困支持力度。在用好支持煤炭清洁高效利用、交通物流、科技创新、普惠养老等专项再贷款的同时，增加民航应急贷款额度1500 亿元，并适当扩大支持范围，支持困难航空企业渡过难关。支持航空业发行 2000亿元债券。统筹考虑民航基础设施建设需求等因素，研究解决资金短缺等问题；同时，研究提出向有关航空企业注资的具体方案。有序增加国际客运航班数量，为便利中外人员往来和对外经贸交流合作创造条件。鼓励银行向文化旅游、餐饮住宿等其他受疫情影响较大行业企业发放贷款。

27. 优化企业复工达产政策。疫情中高风险地区要建立完善运行保障企业、防疫物资生产企业、连续生产运行企业、产业链供应链重点企业、重点外贸外资企业、“专精特新”中小企业等重点企业复工达产“白名单”制度，及时总结推广“点对点”运输、不见面交接、绿色通道等经验做法，细化实化服务“白名单”企业措施，推动部省联动和区域互认，协同推动产业链供应链企业复工达产。积极引导各地区落实属地责任，在发生疫情时鼓励具备条件的企业进行闭环生产，保障其稳定生产，原则上不要求停产；企业所在地政府要做好疫情防控指导，加强企业员工返岗、物流保障、上下游衔接等方面服务，尽量减少疫情对企业正常生产经营的影响。

28. 完善交通物流保通保畅政策。全面取消对来自疫情低风险地区货运车辆的防疫通行限制，着力打通制造业物流瓶颈，加快产成品库存周转进度；不得擅自阻断或关闭高速公路、普通公路、航道船闸，严

禁硬隔离县乡村公路，不得擅自关停高速公路服务区、港口码头、铁路车站和民用运输机场。严禁限制疫情低风险地区人员正常流动。对来自或进出疫情中高风险地区所在地市的货运车辆，落实“即采即走即追”制度。客货运司机、快递员、船员到异地免费检测点进行核酸检测和抗原检测，当地政府视同本地居民纳入检测范围、享受同等政策，所需费用由地方财政予以保障。

29. 统筹加大对物流枢纽和物流企业的支持力度。加快宁波舟山大宗商品储运基地建设，开展大宗商品储运基地整体布局规划研究。2022 年，中央财政安排 50 亿元左右，择优支持全国性重点枢纽城市，提升枢纽的货物集散、仓储、中转运输、应急保障能力，引导加快推进多式联运融合发展，降低综合货运成本。2022 年，中央财政在服务业发展资金中安排约 25 亿元支持加快农产品供应链体系建设，安排约 38 亿元支持实施县域商业建设行动。加快 1000 亿元交通物流专项再贷款政策落地，支持交通物流等企业融资，加大结构性货币政策工具对稳定供应链的支持。在农产品主产区和特色农产品优势区支持建设一批田头小型冷藏保鲜设施，推动建设一批产销冷链集配中心。

30. 加快推进重大外资项目积极吸引外商投资。在已纳入工作专班、开辟绿色通道推进的重大外资项目基础上，充分发挥重大外资项目牵引带动作用，尽快论证启动投资数额大、带动作用强、产业链上下游覆盖面广的重大外资项目。加快修订《鼓励外商投资产业目录》，引导外资更多投向先进制造、科技创新等领域以及中西部和东北地区，支持外商投资设立高新技术研发中心等。进一步拓宽企业跨境融资渠道，支持符合条件的高新技术和“专精特新”企业开展外债便利化额度试点。建立完善与在华外国商协会、外资企业常态化交流机制，积极解决外资企业在华营商便利等问题，进一步稳住和扩大外商投资。

六、保基本民生政策（3 项）

31. 实施住房公积金阶段性支持政策。受疫情影响的企业，可按规定申请缓缴住房公积金，到期后进行补缴。在此期间，缴存职工正常提取和申请住房公积金贷款，不受缓缴影响。受疫情影响的缴存人，不能正常偿还住房公积金贷款的，不作逾期处理，不纳入征信记录。各地区可根据本地实际情况，提高住房公积金租房提取额度，更好满足实际需要。

32. 完善农业转移人口和农村劳动力就业创业支持政策。加强对吸纳农业转移人口较多区域、行业的财政和金融支持，中央财政农业转移人口市民化奖励资金安排 400 亿元，推动健全常住地提供基本公共服务制度，将符合条件的新市民纳入创业担保贷款扶持范围。依据国土空间规划和上一年度进城落户人口数量，合理安排各类城镇年度新增建设用地规模。拓宽农村劳动力就地就近就业渠道。重大工程建设、以工代赈项目优先吸纳农村劳动力。

33. 完善社会民生兜底保障措施。指导各地落实好社会救助和保障标准与物价上涨挂钩联动机制，及时足额发放补贴，保障低收入群体基本生活。用好中央财政下拨的 1547 亿元救助补助资金，压实地方政府责任，通过财政资金直达机制，及时足额发放到需要帮扶救助的群众手中。做好受灾人员生活救助，精准做好需要救助保障的困难群体帮扶工作，对临时生活困难群众给予有针对性帮扶。针对当前部分地区因局部聚集性疫情加强管控，同步推进疫情防控和保障群众基本生活，做好米面油、蔬菜、肉蛋奶等生活物资保供稳价工作。统筹发展和安全，抓好安全生产责任落实，深入开展安全大检查，严防交通、建筑、煤矿、燃气等方面安全事故，开展自建房安全专项整治，切实保障人民群众生命财产安全。

（来源：中国政府网 2022 年 5 月 31 日 http://www.gov.cn/zhengce/content/2022-05/31/content_5693159.htm? share_token = 6ada549d-6869-48da-8239-ce27f8a9c06a）

DOI:10.16616/j.cnki.10-1326/TV. 2022.07.02

桦川县水资源供需平衡预测分析

李治军　侯　岳　景安琳

(黑龙江大学水利电力学院,黑龙江 哈尔滨　150000)

【摘　要】 桦川县地处黑龙江省粮食主产区,水资源供需平衡对地区社会经济发展至关重要。为探究桦川县水资源状况和合理利用水资源的方式方法,以2020年为现状年,对2025年和2030年的水资源供需状况进行预测分析。预测结果显示,在两次供需平衡分析中,当 $P=50\%$ 时,除2030年水资源量供大于需外,其他近、远期规划年份在不同情况和保证率下均不能满足需水量。故应在严格执行"三条红线"的前提下,提高农田灌溉水利用率,坚持开源节流,供需两端共同发力来促进地区水资源的可持续利用。

【关键词】 水资源;供需平衡;预测分析;桦川县

中图分类号:TV213.4　　文献标志码:B　　文章编号:2096-0131(2022)07-006-04

Forecast and analysis of water resources supply and demand balance in Huachuan County

LI Zhijun, HOU Yue, JING Anlin

(*Heilongjiang university school of hydraulic and electric power*, *Harbin* 150000, *China*)

Abstract: Huachuan County is located in the main grain producing area of Heilongjiang Province, and the balance between supply and demand of water resources is very important to the regional social and economic development. In order to explore the situation of water resources in Huachuan County and research how to make rational use of water resources, the supply and demand of water resources in 2025 and 2030 were predicted and analyzed with 2020 as the current year. The forecast results show that, when $P=50\%$ in the two analysis of supply and demand balance, except that the supply of water resources exceeds demand in 2030, other short-term and long-term planning years can't meet the water demand under different conditions and guarantee rates. Therefore, under the strict implementation of the "three red lines", we should improve the utilization rate of farmland irrigation water, persist in increasing revenue and reducing expenditure, and make joint efforts between supply and demand to promote the sustainable utilization of regional water resources.

Key words: water resources; balance between supply and demand; predictive analysis; Huachuan County

桦川县位于黑龙江省东部,三江平原腹地,隶属于佳木斯市。东邻富锦市,西接佳木斯市,南与桦南县、集贤县接壤,北临松花江,区域狭长呈L形。桦川县行政区划分为9个乡镇及江川农场、宝山农场,全县行政区总面积 $2268km^2$。桦川县为佳木斯市的粮食主产区。近年来,随着农田灌溉面积的增加,该县水资源开

收稿日期:2022-03-21

基金项目:佳木斯市水资源承载能力预警机制报告(JMSC〔2021〕0326)

作者简介:李治军(1978—),男,副教授,博士,主要从事寒区地下水渗流方向的教学及研究工作。

采量逐年增加。2019 年,桦川县地下水开采量已达 4.46 亿 m^3,严重超过全县 2020 年地下水开发利用控制指标 2.47 亿 m^3 和 2030 年地下水开发利用控制指标 2.06 亿 m^3,属严重超载地区。

本研究对桦川县现状产业结构、各行业用水水平进行分析,在充分考虑桦川县地下水资源量、补给量、可利用量及桦川县经济社会发展规划的基础上,特别考虑了农业种植结构调整,确立 2020 年为现状年,2025 年为近期规划水平年,2030 年为远期规划水平年,分别对区内水资源的需求量和可供水量进行预测分析,并在此基础上提出水资源的开发利用建议。

1 水资源概况

桦川县境内河流主要有"一江三河","一江"是指松花江,属过境河流;"三河"指玲珰麦河、安邦河和丰收沟,都是境内松花江干流的小支流。根据《黑龙江省水资源综合规划报告》中多年平均径流深等值线图,采用等值线法可知多年平均径流深为 106.00mm。根据黑龙江省水资源综合规划的地下水资源计算成果,平原区地下水可开采量为 2.04 亿 m^3。区域内多年平均地表水资源量为 2.38 亿 m^3,多年平均地下水资源量为 2.26 亿 m^3,扣除两者之间的重复计算量 0.77 亿 m^3,分析区内多年平均水资源总量为 3.87 亿 m^3。2020 年,桦川县总供水量 6.61 亿 m^3,其中地表水供水 2.14 亿 m^3,占总供水量的 32.3%;地下水供水 4.47 亿 m^3,占总供水量的 67.6%。扣除使用的过境水量后,桦川县地表水资源开发利用率 5.4%,地下水开采率 219%,地下水严重超采。

2 供用水现状分析

根据《黑龙江省水利统计年鉴(2020)》,桦川县 2020 年共有机电井 13768 眼,其中规模以上 10016 眼,规模以下 3752 眼,取水主要用于生产和生活。根据桦川县 2016—2020 年水资源利用统计数据可知,该县地下水年平均实际开采量 52080.81 万 m^3,全部为浅层地下水。近 5 年平均用水量中,农田灌溉占总用水量的 97.7%,林牧渔畜用水占 0.89%,工业用水占 0.23%,城镇公共用水占 0.21%,居民生活用水占 1.06%,生态环境用水占 0.05%。根据全国第三次水资源调查评价结果,除去已划走的"二九一农场"后,桦川县多年平均地下水可开采量为 22186.75 万 m^3、2019 年实际开采量为 44594.96 万 m^3,实际开采量大于可开采量;桦川县 2019 年用水总量 6.59 亿 m^3,其中地表水用水量 2.14 亿 m^3,地下水用水量 4.45 亿 m^3,超 2020 年用水总量 3.56 亿 m^3,地下水用水量 2.79 亿 m^3。现状年总用水量及地下水用水量均超过 2020 年"三条红线"控制指标,桦川县水资源总体处于超载状态。

3 需水预测

根据《桦川县国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》、统计年鉴及产业特点,本文对相关指标进行预测。工业增加值按年均增长率 9% 预测,工业用水重复率由现状 60% 提高至 65%,人口年平均增长率按 4‰预测,不发展新的水田井灌面积,牲畜数量保持不变。桦川县规划水平年经济指标预测见表 1。

表 1 桦川县规划水平年经济指标预测

水平年	井灌面积/km^2	城镇人口/万人	农村人口/万人	大牲畜/万头	小牲畜/万头	家禽/万只
2025 年	97.41	6.47	14.37	0.82	14.77	31.17
2030 年	97.41	6.62	14.76	0.85	15.47	32.07

水田井灌亩均用量根据黑龙江省地方标准《用水定额》(DB23/T 727—2021)预测,桦川县位于水田灌溉分区中的Ⅱ-2-3 区,多年平均情况下水田灌溉净定额取 370m^3/亩,先进值为 335m^3/亩;75% 保证率情况下水田灌溉净定额取 400m^3/亩,先进值为 370m^3/亩。本次灌溉水利用系数取 0.85,考虑到届时将全面推进水田控制灌溉技术,故净灌溉用水定额指标采用先进值。据此计算,规划水平年多年平均水田毛灌溉用水定额为 390m^3/亩,75% 保证率情况下水田毛灌溉用水定额为 435m^3/亩。

人均生活用水指标根据《室外给水设计标准》(GB 50013—2018)预测,桦川县位于二区,人口不满 50 万,

属中小城市,综合人均生活用水定额范围为70~150L/d,本次预测城镇人均生活用水指标用110L/d,农村生活用水指标采用现状年用水指标。牲畜用水指标同样采用现状年用水指标。

单位工业增加值用水量采用式(1)进行计算,求得规划水平年需水定额为22.58m³/万元,规划年用水指标详见表2。根据规划年社会经济指标预测与用水指标规定,采用定额法计算规划年各用水部门需水量。

$$Q_2 = (1-\alpha)^n \frac{1-\eta_2}{1-\eta_1} Q_1 \tag{1}$$

式中:Q_1、Q_2 为万元工业增加值需水定额,m³;α 为综合影响因子(包括科技进步、产品结构等因素),取0.025;n 为年份长度;η_1、η_2 为工业用水重复利用率,η_1 取60%,η_2 取65%。

表2　桦川县规划年用水指标

水平年	农业					工业	生活	
	水田井灌亩均净用水量/m³		单位牲畜日用水量/L			万元工业增加值用水量/m³	人均生活日用水量/L	
	50%	75%	大牲畜	小牲畜	家禽	非火(核)电	城镇居民	农村居民
2025年	335.00	370.00	65.00	15.00	5.00	22.58	110.00	65.00
2030年	328.00	360.00	75.00	20.00	5.50	22.58	150.00	75.00

从近年来《佳木斯水资源公报》生态环境用水量的数据分析,与同类地区生态用水标准进行比较后,根据桦川县内生态发展规划对生态需水量进行预测,预计2025年桦川县生态需水量为31.2万m³,2030年生态需水量为71.2万m³。

根据规划年的发展指标和需水定额,依据《室外给水设计标准》(GB 50013—2018),管网漏损水量取城镇居民综合用水、工业企业用水及城镇绿地道路用水之和的10%计算;未预见水量取城镇综合生活用水、工业企业用水、城镇绿地道路用水和管网漏损水量之和的8%~12%。在考虑不同设计灌溉保证率情况下,分别预测规划水平年各业需水量。

4　水资源供需分析

4.1　可供水量分析

根据《佳木斯市用水总量控制方案》和中共黑龙江省委办公厅黑龙江省人民政府办公厅《关于加强地下水管理和保护工作的意见》要求,结合佳木斯市分配给桦川县用水总量、地表水和地下水用量指标,确定规划水平年2025年、2030年桦川县水资源可利用量分别为3.56亿m³和3.34亿m³,其中最大可利用地表水量均为1.28亿m³,浅层地下水开采量分别为2.22亿m³和2.06亿m³,地下水开发利用指标分为别2.01亿m³和1.89亿m³。

4.2　供需平衡分析

4.2.1　一次供需平衡分析

根据桦川县近远期规划水平年的各行业需水量,并结合最大可利用地表水量、地下水控制指标进行供需平衡,桦川县2025年、2030年水资源供需平衡分析结果见表3。

表3　不同水平年一次供需平衡分析和结果　　单位:万m³

指标		2025年		2030年	
		$P=50\%$	$P=75\%$	$P=50\%$	$P=75\%$
可供水量	地表水	12800.00	12800.00	12800.00	12800.00
	地下水管控指标	20100.00	19072.02	18900.00	17872.02
需水量	农业灌溉需水量	39055.77	42066.59	31767.88	34583.07
	工业需水量	211.15	246.97	290.62	326.53
	生活需水量	595.41	595.41	810.43	810.43
	生态需水量	31.20	31.20	71.20	71.20
	合计	39893.53	42940.17	32940.13	35791.23
供需平衡	按管控指标	-6993.53	-11068.15	-1240.13	-5119.21

由表3可知，按地下水管控指标计算，2025年保证率由50%变为75%，全县缺水总量增加了4074.62m^3，缺水率分别为18%和26%；2030年保证率由50%变为75%，全县缺水总量增加了3879.08m^3，缺水率分别为0.04%和14.00%。

4.2.1 二次供需平衡分析

二次供需平衡分析是在一次平衡的基础上，降低用水定额，从而得到节水方案；供水侧根据桦川县水源工程现状和水源规划，到2025年，新增地表水水源工程悦来灌区、新城灌区、新河宫灌区，兼顾改善桦川县供水、农田灌溉用水和环境用水。由表4可知，桦川县2025年、2030年不同保证率下的缺水程度均有所缓解，按地下水管控指标计算，2025年50%、75%保证率下缺水率分别从18%和26%下降至0.07%和19.00%；2030年在50%保证率情况下，由一次平衡的缺水状态变为余水状态，余水量达2755.95万m^3，2030年75%保证率下，缺水率从14.00%下降至0.03%。

二次供需平衡分析结果表明：根据远期规划，桦川县将推进灌区节水改造工程建设，推广管灌、滴灌等节水灌溉模式，推进三江连通等引调水和重点水源工程、大中型灌区续建配套工程等开源节流措施的实行，以上措施虽有效地缓解了缺水问题，但桦川县仍面临着提高用水效率、抑制农业用水需求和加大非常规水源利用等一系列的挑战。

表4 不同水平年二次供需平衡结果 单位：万m^3

指标		2025年		2030年	
		$P=50\%$	$P=75\%$	$P=50\%$	$P=75\%$
可供水量	地表水	16500.00	16500.00	16500.00	16500.00
	地下水管控指标	20100.00	19072.02	18900.00	17872.02
需水量	农业灌溉需水量	38694.88	42877.04	31566.98	34386.99
	工业需水量	195.60	241.47	262.18	315.65
	生活需水量	560.75	586.51	743.69	779.87
	生态需水量	31.20	31.20	71.20	71.20
	合计	39482.43	43736.22	32644.05	35553.71
供需平衡	按管控指标	-2882.43	-8164.20	+2755.95	-1181.69

5 结语

本文根据社会经济指标及生产生活用水指标，结合桦川县水资源现状，地区水资源管控和相关政府政策文件，以2020年为现状年，对规划年2025年、2030年的需水量和地表可供水量进行预测，并从用水管控的角度出发，对地区水资源供需两端做深入计算，主要结论如下：

a. 从本研究的预测结果来看，桦川县供水仍处于紧缺状态，在两次供需平衡分析中，仅在第二次分析中，保证率为50%的情况下，2030年可供水量大于需水量，盈余2755.95万m^3，其余情况下均为缺水状态，最大缺水量达11068.15万m^3。

b. 结合地区水源工程规划和节水方案设想，在第一次供需平衡分析的基础上，进行二次供需平衡分析，结果显示各水平年水资源失衡状态有所缓解，供需水量差值减小，缺水率进一步下降。

为此，桦川县应积极落实综合节水措施，落实“三条红线”用水指标，推广抗旱作物种植，采用滴灌等节水措施，开源节流，加快推进地表水利工程建设，坚持节水优先，供需两侧共同发力。

参考文献

[1] 张欣莹，刘建林，李晓辉，等. 西安市供用水现状及水资源供需平衡分析[J]. 水资源与水工程学报，2013(6)：38-42.

[2] 周迪，朱梅，王振龙，等. 合肥市水资源供需平衡研究[J]. 地下水，2015(4)：40-43.

[3] 郭敏，李敏，晏玉娥. 镇安县水资源评价及供需平衡分析[J]. 水资源开发与管理，2016(7)：1-5. （下转第37页）

DOI:10.16616/j.cnki.10-1326/TV. 2022.07.03

新疆柯柯牙生态工程水资源保障研究

李　鹤[1,2]

(1. 阿克苏地区水利局,新疆 阿克苏　843000;
2. 新疆水利水电勘测设计研究院,新疆 乌鲁木齐　830000)

【摘　要】 柯柯牙生态工程位于新疆阿克苏地区,工程实施以来,生态效益、社会效益和经济效益均有了显著提高,堪称生态工程荒漠化治理的典范。由于柯柯牙生态工程位于西北内陆区,气候极端干旱,生态建设完全依赖人工灌溉,随着社会经济进一步发展,水资源不足的问题则日益凸显。结合阿克苏地区水资源实际情况,提出了重点从建设控制性水库工程,利用山区水库替代平原水库,提高各级渠道的防渗率,大力发展高效节水等几个方面入手,合理配置水资源,提高水资源利用效率,逐步解决生态工程水资源短缺问题,为生态工程可持续发展提供水资源保障。

【关键词】 柯柯牙生态工程;水资源;利用效率

中图分类号:TV213.4　　　文献标志码:B　　　文章编号:2096-0131(2022)07-010-04

Study on water resources guarantee of Kekeya ecological project in Xinjiang

LI He[1,2]

(1. *Aksu Regional Water Conservancy Bureau*, *Aksu* 843000, *China*;
2. *Xinjiang Water Conservancy and Hydropower Institute of Provincial Investigation*, *Design & Researchistitute*, *Urumqi* 830000, *China*)

Abstract: Kekeya ecological project is located in Aksu in Xinjiang. Since the implementation of the project, the ecological benefits, social benefits and economic benefits have been significantly improved, which can be regarded as a model of desertification control in ecological projects. Because Kekeya ecological project is located inland in the northwest China, the climate is extremely arid, and the ecological construction completely depends on artificial irrigation. With the further development of social economy, the problem of water shortage becomes increasingly prominent. Combined with the actual situation of water resources in Aksu, this paper puts forward some suggestions, such as building a controlled reservoir project, using mountain reservoirs instead of plain reservoirs, improving the seepage prevention rate of channels at all levels, vigorously developing high-efficiency water saving, etc., to rationally allocate water resources, improve the utilization efficiency of water resources, gradually solve the shortage of water resources in ecological projects, and provide water resources guarantee for the sustainable development of ecological projects.

Key words: Kekeya ecological engineering; water resources; utilization efficiency

收稿日期:2022-03-15
作者简介:李鹤(1981—),男,高级工程师,硕士,主要从事水利水电工程设计工作。

阿克苏地区位于新疆维吾尔自治区天山南麓、塔克拉玛干沙漠北缘。阿克苏地区沙漠占全地区总面积的77%，长期以来，阿克苏地区不仅是新疆的风沙策源地，也是抗击土地荒漠化、盐渍化的最前沿[1]。

柯柯牙生态工程施工地距离阿克苏市城区6km，在生态工程实施以前，这里是阿克苏地区主要的风沙策源地。为了根治风沙，改善生态条件，为阿克苏地区百姓创造一个良好的工作和生活环境，1986年4月，阿克苏地区动员全社会力量，在柯柯牙片区展开生态工程建设。经过几代人的努力，目前柯柯牙生态林面积已经达到80169hm^2。生态工程实施后，阿克苏市风沙天气频次大大减少，气候明显呈现“增温增湿”趋势。同时，生态工程的建设使阿克苏地区成为了重要林果业基地，成为“冰糖心”红富士苹果的原产地[2]。2021年初，阿克苏市人民政府迁入柯柯牙河西岸，为该区域的发展注入了新的活力。但随着城市经济的不断发展，人口日渐增多、人民生活水平不断提高、防护林面积不断扩大，水资源不足的问题日益凸显。因此，探索实施柯柯牙生态工程科学合理的水资源保障措施，愈发迫切和重要。

1 工程概况

柯柯牙生态工程位于阿克苏市温宿县城区东北洪积阶地上，原始地貌复杂，地势北高南低，由西北向东南倾斜，海拔1056～1300m，地面坡度1/80～1/1500，其间沟壑纵横，地势险峻；阶地土壤是发育在砾石基层上的棕漠土，砂砾密布，盐碱严重，以硫酸盐、氮化物为主，土壤盐碱率平均值高达5.58%，最高达9.87%，高出国家规定值4.58%，远超过了国家规定的盐碱含量1.00%的造林标准。该地域土质贫瘠、植被稀疏、气候干旱，年平均气温10.16°C，降水量56.7mm，蒸发量1972.9mm，多年平均风速1.7m/s，最大风速40.0m/s。季风时节，黄土迷漫、浮尘蔽天，每年浮尘天气超过100天。严酷的气候与自然环境不仅对阿克苏城市安全造成了巨大威胁，也给当地社会经济可持续发展带来了严重影响[1]。

1986—2020年间实施的柯柯牙生态工程已完成人工造林76858.92hm^2，其中核心区面积13867.00hm^2。主要区域位于阿克苏市城区东南部，涉及阿克苏市城区南部的实验林场、阿克苏市依干其乡、温宿县依希来木其乡、克孜勒镇以及温宿县东部的佳木镇、红旗坡农场和县城以北的荒漠戈壁。

因生态环境恶劣，1986—1990年，柯柯牙生态工程一期面积1949.93hm^{2}中防风固沙林1169.95hm^2，约占总面积的60%，且防风固沙林分布在最外围，位于风沙最前沿。随着生态环境逐渐改善，生态工程中的防风固沙林占比逐渐减少，生态经济林逐渐增多。生态经济林所占面积逐渐从一期生态工程的60%增加到现在的92.62%[1]。生态林主要树种为新疆杨和胡杨两种，经济林主要有苹果、核桃、红枣、香梨等，种植结构见表1。

表1 柯柯牙生态工程种植结构特性

树种名称	新疆杨	胡杨	苹果	核桃	红枣	香梨	合计
种植面积/hm^2	6501	1625	11420	30367	24340	5916	80169

2 现状水资源情况及存在的问题

2.1 水资源总体情况

阿克苏地区是新疆水资源较丰富的地区之一，境内有冰川面积4098km^2，储水2154.00亿m^3，冰川、融雪是河流的主要补给源，全地区地表水资源总量133.40亿m^3；地下水资源量49.95亿m^3，近期地下水开发潜力24.37亿m^3，是新疆地下水开发潜力最大的地区之一[3]。

柯柯牙生态工程位于阿克苏河水系，主要涉及的河流有阿克苏河的一级支流库玛拉克河、柯柯牙河以及温宿县东部的独立水系台兰河。近些年，由于经济社会高速发展，新疆经济社会用水量持续增加，根据中国工程院《新疆可持续发展中有关水资源的战略研

究》成果，干旱内陆地区经济社会用水和生态环境用水原则要求各占水资源量的一半。2012 年，阿克苏地区地表水资源开发利用程度已经达到 77.8%，为缓解生态用水矛盾，2015 年，新疆维吾尔自治区人民政府制定并下发了《新疆维吾尔自治区用水总量控制方案》，提出阿克苏地区用水总量要由 2020 年的 103.99 亿 m^3 减少至 2025 年的 98.24 亿 m^3、2030 年的 92.50 亿 m^3。

2.2 存在的问题

柯柯牙生态工程主要涉及阿克苏河流域内的库玛拉克河灌区、柯柯牙河灌区和台兰河灌区，在水利部确认的新疆 39 个大型灌区内，3 个灌区均属于大型灌区，其现状灌溉面积分别为 54 万亩、37 万亩和 93 万亩。

柯柯牙生态工程各灌区水资源特性见表 2。

表 2 柯柯牙生态工程各灌区水资源特性

灌区名称	库玛拉克河灌区	柯柯牙河灌区	台兰河灌区
灌区面积/万亩	54	37	93
主要水源	库玛拉克河	柯柯牙河、革命大渠	台兰河
可用水资源总量/亿 m^3	14.20	1.80	7.40
灌区总分配水量/亿 m^3	3.59	1.60	5.77
亩均分配水量/m^3	665	431	620

根据新疆维吾尔自治区《农业灌溉用水定额》（DB 65/T 3611—2014），在灌溉保证率 75% 的情况下，柯柯牙生态工程亩均净耗水量为 440m^3，根据阿克苏地区灌溉水利用系数，可计算出亩均毛耗水量为 779m^3。

从表 2 中可以看出，生态工程所处的 3 个灌区亩均分配水量分别为 665m^3、431m^3、620m^3，均低于定额中的亩均耗水量，存在不同程度的缺水问题，其中核心区域的柯柯牙河灌区缺水问题尤为突出。同时，根据《新疆维吾尔自治区用水总量控制方案》，阿克苏地区用水总量将逐步缩减，水资源短缺的问题将会日趋严重。

3 水资源保障措施

柯柯牙生态建设工程是一项利国利民的民生工程，为实现可持续发展，在水资源总量有限的条件下，确保生态林有水可供，应结合当地实际，从修建控制性水库工程，利用山区水库替代平原水库，提高各级渠道的防渗率，大力发展高效节水等几个方面入手，逐步解决生态工程水资源短缺问题，为生态工程提供可持续的水资源保障。

3.1 修建控制性水库，合理配置水资源

柯柯牙生态工程涉及的主要河流为库玛拉克河、柯柯牙河和台兰河。库玛拉克河和柯柯牙河为阿克苏河的一级支流，在《新疆阿克苏河流域综合规划》中，库玛拉克河与柯柯牙河均具备修建山区控制性水库的条件。台兰河为独立水系，由于山区河段不具备修建控制性水库的条件，在《新疆台兰河流域综合规划》中水资源供给配置方案为：布置调蓄工程，中游建成洼地水库，调节库容为 5132 万 m^3；下游扩建地下水库，到规划水平年 2030 年地下水库开发利用量达到 4000 万 m^3。

柯柯牙生态工程区域内主要河流控制性水库工程特性见表 3。

表 3 控制性水库工程特性

水库名称	所处河流	工程规模	总库容/亿 m^3	备注
大石峡水利枢纽	库玛拉克河	大(1)型	11.70	正在建设
拱拜孜水库	柯柯牙河	中型	0.52	可研论证
洼地水库	台兰河	中型	0.56	正在建设

目前，库玛拉克河大石峡水利枢纽工程、台兰河洼地水库工程已经开工建设，但是柯柯牙河拱拜孜水库目前还处于可行性研究的论证阶段，鉴于柯柯牙生态工程水资源短缺问题日益凸显，为确保柯柯牙生态工程的可持续发展，保障生态工程核心区的供水，拱拜孜水库工程应尽快开工建设。

3.2 优化调整平原水库，提高水资源利用效率

库玛拉克河、柯柯牙河和台兰河流域内建成运行的平原水库共 4 座，均为 20 世纪六七十年代建设的，调节库容 4.34 亿 m^3，目前均存在泥沙淤积严重、渗漏蒸发量大的问题，流域内控制性山区水库建成后，从提高水资源利用效率，增强流域水资源的调控能力角度出发，可优化调整平原水库，以减少水资源的无效损

失。根据已审批的《大石峡水利枢纽工程可行性研究报告》,从工程投资、实施难度、经济指标、节水效果分析,位于塔里木河上游的上游水库调节库容由原来的1.49 亿 m^3 缩减至0.35 亿 m^3,缩减的库容将由大石峡水库承担[4]。柯柯牙河流域内的苏盖特来水库将由拱拜孜水库替代。

3.3　提高渠道防渗率,减少渗漏损失

柯柯牙生态工程区域内现有的输水工程多建于20世纪70—90年代,由于受当时社会、经济和科学技术的限制,工程设计标准低,工程不配套。经过几十年的运行,工程年久失修,渠道破损、老化、淤积严重,输水建筑物只能勉强维持运行,造成水资源的利用效率较低,渠系配套设施如节制分水闸、量配水设施少,影响了灌溉管理和水量调配,很难做到按需供水和计划用水[5]。

柯柯牙生态工程区域内渠道防渗情况统计见表4。

表4　柯柯牙生态工程区域内渠道防渗情况统计

序号	灌区名称	库玛拉克河灌区			柯柯牙河灌区			台兰河灌区		
		干渠	支渠	斗渠	干渠	支渠	斗渠	干渠	支渠	斗渠
1	长度/km	232.8	356.4	650.0	36.5	75.0	72.0	217.1	332.7	665.0
2	防渗长度/km	157.5	136.4	270.0	30.5	40.0	26.1	217.1	281.4	290.0
3	防渗率/%	67.7	38.3	41.5	83.6	53.3	36.3	100.0	84.6	43.6

塔里木河近期综合治理工程和大型灌区节水改造启动以来,虽然对柯柯牙生态工程区域内的渠道进行了防渗改造,但主要集中在干渠,并没有做到所有渠道全覆盖。从表4可以看出,柯柯牙生态工程区域内的支渠、斗渠防渗率依然较低,水资源利用效率较低的现状依然没有改变。因此,积极筹措资金、提高渠道防渗率、减少渗漏损失依然是柯柯牙生态工程水资源保障的重要措施。

3.4　大力发展高效节水,积极推广果树精准灌溉

高效节水灌溉技术不但节水效率高,而且具有节地、节肥、节劳、适应性强等特点,目前在全国已得到广泛应用。实践证明,高效节水灌溉技术不仅节水而且更能增产增效,有利于提高农业经济,促进农业增产和农民增收,从长远看它是节约水资源的主要发展方向[6]。目前,柯柯牙生态工程区域内农业用水占比达96%,已实施高效节水的耕地面积仅占耕地总面积的60%,高效节水可发展的空间十分广阔。

柯柯牙生态工程核心区域种植结构以林果为主,常用的灌溉方法有漫灌、沟灌、滴灌和喷灌,漫灌方式水资源浪费严重,生产成本高。根据测算,果树滴灌能节水50% ~70%,微喷灌能节水40% ~60%,随着水利信息化手段的不断丰富和提高,精准灌溉将是未来一个时期高效节水的发展方向。精准灌溉以信息化手段对灌溉水量、水流速度等实行科学管控,构建完善的智能集成水肥一体化管理系统,为农作物生长营造良好土壤环境[7]。果树精准灌溉主要存在的问题是一次性投入成本较大,对运行管理人员专业素质要求较高,但是柯柯牙生态工程位于西北干旱缺水区,果树的生长完全依赖于灌溉,水资源严重短缺,积极推广果树精准灌溉势在必行。

4　结　语

柯柯牙生态工程结合所处区域水资源开发利用情况,根据生态建设可持续发展要求,建议采取以下措施:

a. 加快山区控制性水利枢纽工程建设,合理配置水资源,尤其是柯柯牙河上游的拱拜孜水库,应加快前期工作,尽早开工建设。

b. 柯柯牙生态工程各灌区所涉及的平原水库目前均存在泥沙淤积严重、渗漏蒸发量大的问题,在加快山区控制性水利枢纽工程建设的同时,启动利用山区水库替代平原水库的工作,减少水资源的无效损失。

c. 柯柯牙生态工程区域内支渠、斗渠防渗率较低,已实施高效节水的耕地面积仅占耕地总面积的60%,灌区内节水潜力很大。 (下转第37页)

DOI：10.16616/j.cnki.10-1326/TV.2022.07.04

赣州市章江灌区农田灌溉水有效利用系数研究

魏　婷[1]　杨永森[2]

（1. 赣州市河湖保护中心，江西 赣州　341000；
2. 中国水利水电科学研究院，北京　100038）

【摘　要】 如何快速合理计算农田灌溉水利用效率，对研究灌区节水能力与评估其节水灌溉发展效果极其重要。本文以首尾法测算农田灌溉水有效利用系数为基础，通过合理选择样点田块、调查统计实灌面积、计算毛灌溉用水量、确定净灌溉用水量，计算2019年赣州市章江大型灌区的农田灌溉水有效利用系数，并将计算结果与江西省大型灌区的农田灌溉水有效利用系数对比，确定其合理性。通过分析测算结果掌握了该区域内农田灌溉用水利用效率现状，为赣南丘陵地区其他中、小型灌区测算农田灌溉水有效利用系数提供参考。

【关键词】 章江灌区；农田灌溉水有效利用系数；首尾法；测算研究

中图分类号：TV213.4　　**文献标志码：B**　　**文章编号：2096-0131(2022)07-014-04**

Study on effective utilization coefficient of farmland irrigation water in Zhangjiang irrigation area of Ganzhou City

WEI Ting[1], YANG Yongsen[2]

(1. *Ganzhou River and Lake Protection Center*, *Ganzhou* 341000, *China*;
2. *China Institute of Water Resources and Hydropower Research*, *Beijing* 100038, *China*)

Abstract: How to quickly and reasonably calculate the utilization efficiency of farmland irrigation water is particularly important to evaluate the water-saving capacity of irrigation areas and the development effect of water-saving irrigation. Based on the head-tail method of calculating the effective utilization coefficient of farmland irrigation water, this paper demonstrates scientific and reasonable selection of sample plots, investigation and statistics of actual irrigation area, calculation of gross irrigation water consumption and determination of net irrigation water consumption through examples, and then calculates the effective utilization coefficient of farmland irrigation water in Zhangjiang large irrigation area of Ganzhou city in 2019, and compares the calculated results with those in Jiangxi large irrigation area to determine its rationality. Through calculation, the present situation of farmland irrigation water utilization efficiency in this area is mastered, and it provides a reference for other small and medium-sized irrigation areas in hilly areas of southern Jiangxi to calculate the effective utilization coefficient of farmland irrigation water.

Key words: Zhangjiang irrigation area; effective utilization coefficient of irrigation water; head and tail method; measurement research

---

收稿日期：2022-03-17

作者简介：魏婷（1995—），女，硕士，主要从事大中型灌区建设研究及管理工作

农田灌溉水有效利用系数是加强农田灌溉用水监测、科学合理评估农业灌区水利工程设施建设状况和农田灌溉用水管理水平的科学衡量指标,同时也是贯彻我国最严格的水资源管理体系和水资源管理制度“三条红线”的具体抓手[1]。对于赣州市而言,农田灌溉水有效利用系数也是体现全市农业水利现代化水平的关键指标。跟踪分析灌溉用水有效利用系数变动状况,可以合理评估节约用水能力和节水灌溉发展效果,这对推动灌溉节水事业健康发展具有重要意义,为全市的农田水利基础设施建设指明方向。本文归纳梳理该灌区农田灌溉水有效利用系数测算的具体方法,以赣州市章江大型灌区为例,对该灌区 2019 年农田灌溉水有效利用系数开展测算研究,为赣南丘陵地区其他中、小型灌区提供了参考依据。

1　章江灌区情况

章江灌区地处江西省南部地区赣州市,系赣江上游、横江河水系章江流域的中下游地区,多年平均降水量为 1438mm,是一个以章惠水利枢纽工程、罗边水利枢纽工程及红旗水库为骨干的多水源蓄引提水有机结合的农业灌溉工程,是赣南丘陵地区比较有代表性的灌区,通过研究其农田灌溉水有效利用效率,为赣南丘陵地区其他中、小型灌区提供参考。

章江灌区规划范围涵盖赣州市章贡区、赣州经济开发区和南康区。灌区共分为 4 个灌片,现有耕地面积 40.4 万亩,规划设计面积 30.72 万亩,2019 年有效灌溉面积 23.15 万亩,见表 1。灌区内主要干渠 5 条,总长 105.14km;支渠 102 条,总长 143.85km;渠系建筑物 532 座。主要粮食作物为水稻、豆类、薯类等,是目前赣州市最为重要的粮食生产基地。

作为赣州市唯一一座大型灌区,该灌区已在 2018 年完成续建配套与节水改造工程,并成立了专门的管理单位对其进行标准化、制度化、信息化管理。灌区已建成的灌溉网络体系在当地的农业生产上发挥了重要作用,不仅提高了防御水旱灾害能力,还促进了工农业的生产发展,为赣州市的经济发展提供了良好的保障。

表 1　2019 年章江灌区情况统计

灌　　片		设计灌溉面积/万亩	有效灌溉面积/万亩
章惠渠灌片	南干渠	5.61	5.01
	北干渠	3.09	3.65
罗边灌片		17.17	9.83
赣州开发区灌片		28.70	2.12
章贡区灌片		19.80	1.33
合　　计		30.72	23.15

2　首尾法测算分析方法

传统的测算分析方法测量数据工作量大,对基层执行单位硬件设施、专业技术水平要求高,实施难度较大。而“首尾测算分析法”仅涉及两个量,计算的农田灌溉水有效利用系数是指灌进田间可被粮食作物使用的总水量与灌溉系统取用的灌溉总水量的比例,也可以是在某一时期灌进田间可被粮食作物使用的总水量与水源地灌溉取水量的比例,数据可直接量测获得,无须进行大量分析论证,简单方便[2]。

计算时段一般选取测算年的 1 月 1 日至 12 月 31 日,根据《全国农田灌溉水有效利用系数测算分析技术指导细则》,在样点灌区应用首尾测算分析法[3],计算公式为

$$\eta_w = W_j / W_a \tag{1}$$

式中:η_w 为灌区灌溉用水有效利用系数;W_j 为灌区净灌溉总用水量,m^3;W_a 为灌区毛灌溉总用水量,m^3。

3　章江灌区灌溉用水有效利用系数测算

章江灌区的灌溉用水有效利用系数计算采取点与面相结合、调查计算与监测数据分析相结合、微观调查与宏观数据分析评价相结合的方式开展[4]。其办法是在对灌区综合调查的基础上,选择全部为农业灌溉供水的南干渠和北干渠作为农业灌区的典型渠道。搜集整理了南北干渠样点灌区相关资料,对 2019 年南北干渠渠道渠首供水能力进行了测定,并进行了必要的田间观测。经综合计算分析得出南北干渠灌区灌溉用水有效利用系数,以此为基础,进一步分析计算得到灌区

的灌溉用水有效利用系数平均值。

3.1 灌区主要种植农作物及实灌溉面积的确定

经对各灌区的农业生产情况的调查分析后，确定了灌区内农业生产模式和主要灌溉农田作物为“早稻+晚稻”，并对早晚稻的实际灌溉面积进行了深入调查和统计。2019年章江灌区中早稻实际灌溉面积为17.72万亩，晚稻实际灌溉面积为19.69万亩，见表2。

表2 2019年章江灌区作物灌溉面积统计

灌片		实际灌溉面积/万亩	
		早稻	晚稻
章惠渠灌片	南干渠	3.16	5.01
	北干渠	2.17	2.19
罗边灌片		9.73	11.04
赣州开发区灌片		1.61	3.12
章贡区灌片		1.05	1.79
合计		17.72	19.69

3.2 毛灌溉用水总量的确定

典型样点灌区毛灌溉用水总量，是指在典型样点灌区中全部用作耕地灌溉的用水总量。年度毛灌溉用水总量W，是指在灌区内每年从供水地等灌溉系统所获取的用作农田耕地灌溉的总水量，其值相当于取水总量中扣除因工程维护、防汛除险等而要求的渠道（管路）弃水量、向灌区外的退水量和非农业灌溉水量等[5]。

以章江灌区北干渠作为代表渠道，利用当地水文站实际观测的北干渠渠道水位及实际流量测验资料，建立水位-流量临时曲线，根据实测日平均水位推算北干渠渠首毛灌溉用水总量。经过分析计算，从2019年4月19日供水开始，至10月16日供水结束，章江灌区北干渠渠首毛灌溉用水量为1226.30万m^3，实际灌溉面积共2.19万亩，亩均毛灌溉用水量为559.9m^3/亩，据此推算章江灌区23.15万亩实际灌面积毛灌溉用水量为12961.70万m^3。2019年北干渠渠首毛灌溉用水量见表3。

表3 2019年北干渠渠首毛灌溉用水量 单位：万m^3

月份	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	全年
用水量	71.50	94.70	92.80	345.30	304.50	258.70	58.80	1226.30

3.3 水稻田间净灌溉用水量实际观测值的确定方法

结合章江灌区实际情况，以主要灌溉作物水稻作为本次农业灌溉水有效利用系数测算分析对象。水稻田间净灌溉用水量通过实际观测水稻典型田块的每次灌溉水量确定。

3.3.1 典型田块的选择

在章江灌区北干渠灌区的灌溉面积范围内，综合考量田间平整度、土壤种类、地下水埋藏深度、降水天气条件、农民灌水习惯和浇水方法等各种因素，在其上、下游部分依次选取了3块面积大小适中、界限明确、形态规范的田块，来开展水稻灌溉用水量监测[6]。

3.3.2 灌区灌溉模式的选择

水稻灌溉模式一般分为充分灌溉和控制灌溉。充分灌溉是在渠道水源供水充分条件下的灌溉方式；控制灌溉则为在渠道水源供水不足，灌溉用水无法得到充分保证情况下的灌溉方式，或是为了节约用水采用的科学灌溉方式。根据对灌区情况进行整体情况分析，章江灌区水稻种植一般采取充分灌溉的生产方式。

3.3.3 水稻灌溉观测

水稻灌溉观测项目主要是通过水层监测，测算每次灌溉用水量，进而得到单次田间灌水量和各时期的田间灌水量，并以此确定田间净灌溉用水量M。

3.4 章江灌区净灌溉用水量的测算

根据田间灌区净灌溉用水量用式（2）计算：

$$W_j = \sum_{i=1}^{N} M_i A_i \tag{2}$$

式中：N为灌区播种作物种类总数；M_i为灌区第i种作物净灌定额，m^3/亩；A_i为灌区第i种作物实灌面积，亩。

以田间观测法测定水稻田间净灌溉用水量，计算得到2019年章江灌区田间净灌溉用水量W_j为6193.46万m^3。2019年章江样点灌区净灌用水总量见表4。

3.5 计算章江灌区灌溉用水有效利用系数

通过以章江灌区北干渠作为典型代表渠道，利用当地水文站实测资料分析计算确定的章江灌区当年毛灌溉用水量（12961.70万m^3），根据实际测量确定的早

表 4　2019 年章江样点灌区年净灌用水总量

灌区片区	作物名称	典型田块编号	年亩均净灌溉用水量/m^3	典型田块实灌面积/亩	年亩均净灌溉用水量/m^3	实灌面积/万亩	年净灌用水量/万 m^3	片区年净灌溉用水量/万 m^3	样点灌区年净灌溉用水总量/万 m^3
灌区上游	早稻	1	86.246	0.3	86.246	8.82	760.69	3143.20	6193.46
		2	87.535	0.3					
		3	84.957	0.3					
	晚稻	1	242.113	0.3	243.116	9.80	2382.54		
		2	243.116	0.3					
		3	244.119	0.3					
灌区下游	早稻	1	81.990	0.3	81.858	8.90	728.54	3050.26	
		2	81.762	0.3					
		3	81.858	0.3					
	晚稻	1	245.340	0.3	234.754	9.89	2321.72		
		2	243.754	0.3					
		3	242.168	0.3					

晚稻田间净灌溉定额 M_i 计算得的田向净灌溉用水量 W_j(6193.46 万 m^3),根据灌溉水有效利用系数计算公式 $\eta_w = W_j/W_a$ 计算得出 2019 年章江灌区灌溉水有效利用系数为 0.4778。

随着大型灌区节水改造与续建配套工程的实施,以及国家节水行动的大力推行,灌区的灌溉水有效利用系数正逐年提高[7]。赣州市章江灌区自 2018 年以来就一直对标节水型灌区标准进行提档升级,通过实施节水改造与续建配套工程以及加强维修养护等方式,按照灌区及其骨干工程管理标准化、制度化、信息化、规范化要求,实现了"有钱管、有人管、管得好"的目标。据统计,江西省大型灌区 2015—2019 年的灌溉水有效利用系数分别为 0.4479、0.4524、0.4599、0.4680、0.4719,而赣州市章江灌区 2019 年度测算结果 0.4778,进一步说明了章江灌区的管理成效。

4　首尾测算法的优点与不足

首尾测算分析法,作为目前我国水利工程管理部门所普遍采用的测算农田灌溉水有效利用系数的办法,能够避免调水过程中渠系与田间的灌溉水有效利用系数的测算,操作简单,准确性较高,符合我国农村基层水利的实际需要[8-9]。农田灌溉水有效利用系数的计算是一个实用性、严谨性很强的工作,需要准确把握毛灌溉用水量和净灌溉用水量,其中毛灌溉用水量测定的难点在于降水量、田间地下水补充及渗漏量的测定,需要大量专业人员利用技术设备进行测定。而净灌溉用水量测定的难点在于基层观测人员年龄大、理论技术水平较低、人员变动大,观测人员能否准确把握灌水时机,是进行有效测定的重要影响因素[10]。

首尾测算分析法虽然能更方便地在基层处理测算农田灌溉水有效利用系数的关键问题,但是无法准确分析在输水过程中的各级损耗,从而无法准确直观评价渠系和田间工程的质量及输配水利用率,尤其是在灌区实施节水改造与续建配套工程以及高标准农田建设后,无法前后对比工程效益。

5　结　语

本文通过梳理农田灌溉水有效利用系数测算的具体方法,测算了章江灌区 2019 年农田灌溉水有效利用系数,通过对比研究近年来赣州市章江灌区农田灌溉水有效利用系数,体现了灌区的节水成效和管理能力。同时,发现该灌区可以通过以下方式提升农田灌溉水利用系数,如加强对灌区技术人员的培训指导、委托第三方技术单位进行技术保障、加强灌　(下转第 22 页)

DOI:10.16616/j.cnki.10-1326/TV. 2022.07.05

基于水文学方法的黑河中游最小生态流量研究

赵亚军[1]　陈庆伟[2]　乔西现[3]

(1. 华北电力大学环境科学与工程学院,北京　102206;
2. 水利部水资源管理中心,北京　100038;
3. 水利部黄河水利委员会,河南 郑州　450004)

【摘　要】 本文基于黑河莺落峡水文站、正义峡水文站长系列水文资料,采用 Q_P 法、最枯月平均流量法计算了两处水文站断面的最小生态流量,并用 Tennant 法对计算结果进行评价。研究结果表明,莺落峡站断面用 Q_P 法和最枯月平均流量法得到的最小生态流量值分别为 11.06m³/s 和 13.26m³/s,一年内最小生态流量可以满足生物栖息地需水要求;正义峡站断面用 Q_P 法和最枯月平均流量法得到的最小生态流量值分别为 0.37m³/s 和 1.63m³/s,一年中 5 月的最小生态流量能够支撑大部分水生生物的生存栖息地。

【关键词】 黑河;最小生态流量;Q_P 法;Tennant 法

中图分类号:TV213.4　　文献标志码:B　　文章编号:2096-0131(2022)07-018-05

Study on minimum ecological flow in the middle reaches of Heihe River based on hydrological methods

ZHAO Yajun[1], CHEN Qingwei[2], QIAO Xixian[3]

(1. *School of Environmental Science and Engineering*, *North Electric Power University*, *Beijing* 102206, *China*;
2. *Water Resources Management Center*, *Ministry of Water Resources*, *Beijing* 100038, *China*;
3. *Yellow River Conservancy Commission*, *Ministry of Water Resources*, *Zhengzhou* 450004, *China*)

Abstract: Based on the long series hydrological data of Yingluoxia Hydrological Station and Zhengyixia Hydrological Station in Heihe River, the minimum ecological flow of the two hydrological stations was calculated by Q_P method and average flow method in the driest month, and the results were evaluated by Tennant method. The results show that the minimum ecological flow values obtained by Q_P method and average flow method in the driest month at Yingluoxia Station are 11.06m³/s and 13.26m³/s, respectively, and the minimum ecological flow in one year can meet the water demand of biological habitat. The minimum ecological flow values obtained by Q_P method and average flow method in the driest month at Zhengyixia Station section are 0.37m³/s and 1.63m³/s, respectively. The minimum ecological flow in May can support the living habitat of most aquatic organisms in one year.

Key words: Heihe River; minimum ecological flow; Q_P method; Tennant method

---

收稿日期:2022-02-24

作者简介:赵亚军(1997—),男,硕士研究生,主要从事生态流量核算与保障研究。

保障生态流量是落实创新、协调、绿色、开放、共享五大发展理念,推进生态文明建设,保障国家水安全的基本要求。根据河流生态需水要求的不同,生态流量可划分为多种类型。最小生态流量是为了维持河流、湖泊等水生态系统功能,需要保留的底线流量。据相关统计,目前国内外关于生态流量的计算方法超过200种,主要可分为水文学方法、水力学方法、生境模拟法和综合评价法[1]。水文学方法基于历史流量数据计算得到生态流量(包括 Q_P 法、Tennant 法、7Q10 法、Texas 法、NGPRP 法、最小月平均流量法等);水力学方法基于水力学基础(如深度、宽度)来确定生态流量(包括湿周法、R2CROSS 法、CASIMIR 法和生态水力半径法等);生境模拟法基于生物学基础,计算出适宜水生物种生境的生态流量;综合评价法基于河流生态系统整体性理论,综合考虑各个因素确定生态流量,包括澳大利亚的整体评价法(Holistic Approach)、南非的 BBM(Building Block Methodology)等[2]。由于不同河流的水文、生物及生境情况不同,每种生态流量计算方法各有其适用范围。

1 研究区概况

黑河中游地区农业发达,集中了黑河流域95%的人口[3],研究黑河中游的最小生态流量有助于为黑河流域水资源的合理配置提供科学依据,本文以黑河中游作为研究对象,结合控制断面的选取原则,选取莺落峡水文站和正义峡水文站监测断面作为控制断面,进行黑河中游最小生态流量的计算。

1.1 黑河中游流域

黑河发源于祁连山北麓中段,位于河西走廊中部,地跨青海省、甘肃省和内蒙古自治区。黑河干流全长928km,流域总面积14.29万 km^2,是我国第二大内陆河,多年平均径流量16.8亿 m^3(莺落峡站),黑河干流出山口莺落峡以上为上游,莺落峡至正义峡为中游,正义峡以下为下游,最终向北注入内蒙古自治区境内的东西居延海。流域内有35条支流,形成了东、中、西3个水系。本文研究区为黑河干流中游,属于东部子水系。其中,中游干流全长204km,主要支流有山丹河、梨园河、洪水河及大都麻河等,其流域范围包括张掖市内的甘州、林泽、高台、山丹、民乐等区县,流域面积2.56万 km^2。中游地区地势平坦,光热资源充足,气候干旱,属温带大陆性荒漠气候,年平均温度6~8℃,年降水量110~370mm,蒸发量1200~2200mm,水生态功能区分为农耕区、牧业区和荒漠生态区[4]。中游地区人口众多,有许多绿洲,盛产水稻、小麦、油菜等作物,是我国西北地区重要的粮食生产基地。

由于人类对黑河流域不合理的开发利用活动,再加上自然因素,黑河中游生态环境出现了一些问题,主要表现为:ⓐ流域气候干旱、地面蒸发作用强烈、农业灌溉方式不合理,使得水资源总量缺乏,河道断流加剧,地下水位下降,水生态系统严重恶化;ⓑ黑河中游河段由于人类农业、工业活动,污染较为严重,水质为Ⅲ、Ⅳ类,水质相对较差;ⓒ流域范围内草地逐步退化,森林面积大幅度减少,土地沙漠化、盐碱化严重,生态环境脆弱[5-6]。

1.2 黑河控制断面的选取

最小生态流量主要控制断面的选取原则:ⓐ断面的位置临近省界,选取的水文站具有该处完整的多年月径流资料;ⓑ对于干流和较长的河流,选取多个断面进行计算,同时要求断面的数量满足研究要求即可;ⓒ控制断面形态稳定,能真实反映河流水文特征的变化,以确保生态流量计算结果可靠。

选取莺落峡水文站和正义峡水文站监测断面作为黑河中游最小生态流量主要控制断面。

2 计算方法与结果评价

水文学法常应用于河流规划层次的最小生态流量的估算,具有操作简单、计算精确、不需要现场测量的优点,在生态资料和水力数据(如湿周、流速、深度、宽度等)缺乏的地区有较高的可行性[7]。水文学方法中 Q_P 法和最枯月平均流量法常用来计算河流最小生态流量[8]。Q_P 法计算时以长系列水文资料为依据确定最小生态流量,适用于径流量较小、开发利用程度较高的河流;最枯月平均流量法应用广泛,计算时需要长系列水文资料。基于《河湖生态环境需水计算规范》

(SL/T 712—2021)的要求,本文采用 Q_P 法和最枯月平均流量法计算黑河中游主要控制断面的最小生态流量。

2.1 最小生态流量计算方法

2.1.1 Q_P 法

Q_P 法也叫保证率法,属于水文学方法,分析计算时需要断面 30 年以上长系列的水文实测资料,选取某一保证率下的流量作为最小生态流量[9]。本文计算了 1983—2012 年莺落峡和正义峡水文站每年的最枯月平均流量并进行排频,选用皮尔逊Ⅲ型频率曲线适线,选取 90% 频率对应的月平均流量作为最小生态流量。

图 1、图 2 中显示的黑河莺落峡断面最小生态流量为 11.06m³/s,正义峡断面最小生态流量为 0.37m³/s。

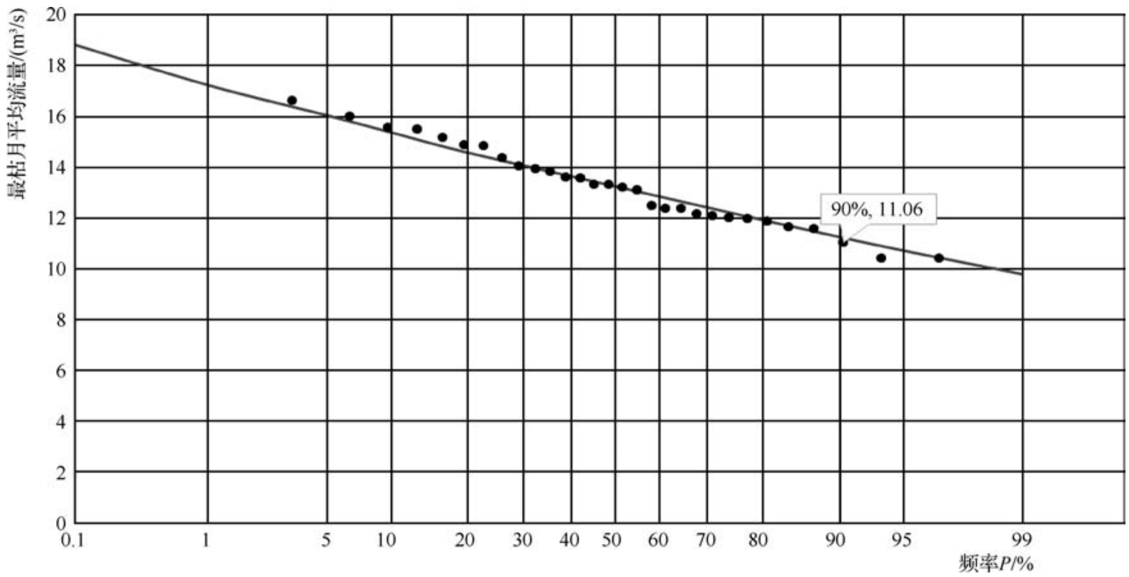

图 1　莺落峡断面频率曲线

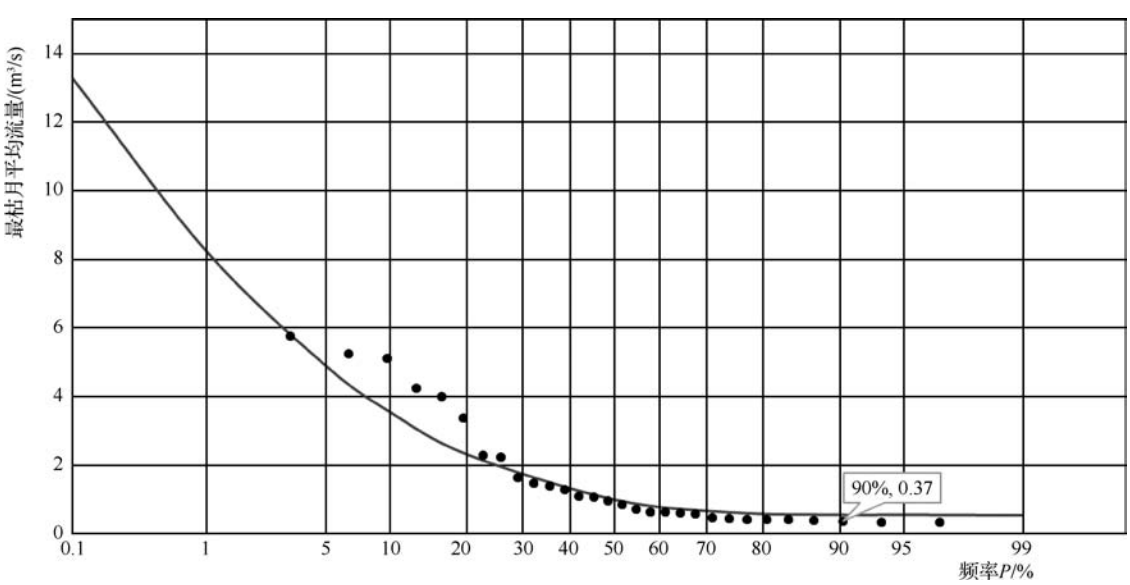

图 2　正义峡断面频率曲线

2.1.2 最枯月平均流量法

对长序列最枯月实测流量取均值作为河流最小生态流量,其计算公式为

$$Q = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\min(Q_{ij})$$

式中:Q 为河流最小生态流量,m^3/s;Q_{ij} 为第 i 年第 j 月实测平均流量,m^3/s;n 为统计年数。

采用 1983—2012 年莺落峡断面和正义峡断面的月径流量数据进行最小生态流量的计算,分别得到黑

河莺落峡断面最小生态流量为13.26m³/s,正义峡断面最小生态流量为1.63m³/s。

2.2 结果评价

为了进一步研究上述计算结果是否满足黑河中游河道逐月生态需水要求,本文采用Tennant法对计算结果进行评价。Tennant法又称为蒙大拿法,适用于季节性变化的河流,以河流某时段生态流量占多年平均流量的百分数为基础,将河流生态环境状况从高到低分为最佳、优秀、很好、良好、一般或较差、差、极差7个等级,并依据水生生物发育繁殖的季节要求不同,将一年划分为汛期(6—9月)和非汛期两个时段[10]。对大多数河流而言,生态流量占同时段多年平均流量的60%~100%时,河宽、水深和流速可以为水生生物提供优良的生长环境;生态流量占同时段多年平均流量的30%~60%时,大部分浅滩被淹没;生态流量占同时段多年平均流量的10%~30%时,是保持水生生物栖息地适宜的生态流量;生态流量占同时段多年平均流量10%时,是保持河流生态系统健康的最小瞬时流量[11]。

鉴于最小生态流量在非汛期的重要性和影响程度,本文在对最小生态流量进行评估时,只考虑了各控制断面非汛期能否达到合理性要求,根据1983—2012年黑河莺落峡断面和正义峡断面逐月平均流量数据,计算最小生态流量分别占逐月平均流量的百分比P,再结合生态环境评价等级对上述两种方法得到的计算结果进行检验和对比,最终得到最小生态流量的评价结果[12],见表1、表2。

表1 莺落峡断面比值N的计算结果及对应的生态环境状况

月 份	1月	2月	3月	4月	5月	10月	11月	12月
$P/(Q_P$法)	82.3%	78.9%	62.2%	40.9%	24.5%	23.8%	42.0%	67.2%
评价结果	最佳	最佳	最佳	优秀	良好	良好	优秀	最佳
P(最枯月平均流量法)	94.0%	90.2%	71.1%	46.8%	28.0%	27.2%	48.0%	76.8%
评价结果	最佳	最佳	最佳	优秀	良好	良好	优秀	最佳

表2 正义峡断面比值N的计算结果及对应的生态环境状况

月 份	1月	2月	3月	4月	5月	10月	11月	12月
$P/(Q_p$法)	0.9%	1.0%	1.1%	6.6%	7.6%	1.1%	3.3%	0.9%
评价结果	极差	极差	极差	极差	极差	极差	极差	极差
$P/$(最枯月平均流量法)	4.1%	4.1%	4.6%	10.7%	28.9%	4.8%	14.1%	3.9%
评价结果	极差	极差	极差	差	良好	极差	差	极差

由表1、表2可知,用最枯月平均流量法计算的结果相对于用Q_P法计算的结果较高,但总体而言,用两种方法计算得到的黑河中游的最小生态流量值都比较合理。在非汛期,黑河中游河段从莺落峡水文站断面到正义峡水文站断面水量大幅减少,水生态环境状况明显下降。在莺落峡水文站断面处,最小生态流量占月平均流量的变化范围为23.8%~94.0%,Q_P法和最枯月平均流量法计算得到的河流评价等级相同且均在"良好"以上,说明一年中大部分时段河道内水量充足,可以为水生生物提供优良的生长环境,满足作为旅游景观的需求。正义峡水文站断面5月最枯月平均流量法得到的最小生态流量占月平均流量百分比为28.9%,达到非汛期最高,生态环境评价等级为"良好",说明5月正义峡河段有足够的水深、流量,具备基本的水生态环境功能,能够支撑大部分水生生物的生存栖息地,而非汛期其他月份河段流量较难满足最小生态流量要求。

3 结 语

本次研究选取黑河中游1983—2012年的水文站资料,计算了黑河莺落峡水文站断面和正义峡水文站断面的最小生态流量,其中采用Q_P法得到的计算结果

分别是 11.06m^3/s 和 0.37m^3/s,采用最枯月平均流量法得到的计算结果分别是 13.26m^3/s 和 1.63m^3/s。

采用 Tennant 法对上述两种方法计算结果的合理性进行了评价,得出在莺落峡水文站断面处,采用 Q_P 法和最枯月平均流量法计算的最小生态流量值在生态环境状况评价等级上完全一致;在正义峡水文站断面处,Q_P 法和最枯月平均流量法的最小生态流量值在生态环境状况评价等级上相差较小,基本一致。研究结果表明莺落峡站一年内最小生态流量可以满足生物栖息地需水要求。

由于每种计算方法对应的实际条件不同,生态流量计算时还需要充分考虑河流实际情况,对所选计算方法进行适应性分析,对不同情况的断面选择合适的计算方法,以期得到更准确的生态流量值。◈

参考文献

[1] 段红东,段然. 关于生态流量的认识和思考[J]. 水利发展研究,2017,17(11):1-4.

[2] 张强,崔瑛,陈永勤. 基于水文学方法的珠江流域生态流量研究[J]. 生态环境学报,2010,19(8):1828-1837.

[3] 王玥,徐磊,赵建世. 黑河地表-地下水交互作用对水量调度的影响[J]. 中国水利水电科学研究院学报,2021,19(6):573-580.

[4] 甄玉龙. 内陆河不同方法的河流生态流量确定分析研究——以张掖市黑河为例[J]. 甘肃科技,2021,37(3):33-34.

[5] 石岳峰,江红,宋世霞. 黑河流域水资源开发利用与生态环境保护协调性分析[J]. 水资源开发与管理,2016(4):21-24.

[6] 卢小波,吕生玺. 黑河中游张掖城区段水生态治理方案研究[J]. 水资源与水工程学报,2020,31(2):95-102.

[7] 石永强,左其亭. 基于多种水文学法的襄阳市主要河流生态基流估算[J]. 中国农村水利水电,2017(2):50-54,59.

[8] 李伟,朱阁晨,任泽垠. 丹江生态流量计算研究[J]. 水资源开发与管理,2020(4):43-47.

[9] 宋铮,吴彦昭,张昌顺. 甘肃省黑河流域河道生态需水量核算与分析[J]. 地下水,2020,42(5):201-203.

[10] 高爽. 渭河中下游生态基流确定及动态主题化评价研究[D]. 西安:西安理工大学,2021.

[11] 邵彦虎. 西北干旱区内陆河流域生态需水量研究[J]. 甘肃水利水电技术,2020,56(5):15-20.

[12] 韩瑞光,丁志宏. 南水北调西线一期工程河道内最小生态环境需水量的研究[J]. 水利发展研究,2009,9(1):31-33,51.

(上接第 17 页)区维修养护改造力度、改用节水灌溉方式、普及节水灌溉知识、减少田间渗漏等。该研究为赣南丘陵地区其他中、小型灌区测算农田灌溉水有效利用系数提供计算研究样板,也为灌区以后的水资源高效利用提供了研究基础。◈

参考文献

[1] 许一,许承娟. 池州市农田灌溉水有效系数测算分析[J]. 安徽农学通报,2021,27(14):141-142,156.

[2] 乔木,韩城. 农田灌溉水有效利用系数影响因素分析[J]. 山东水利,2021(10):87-88,94.

[3] 张志强,王琳琳. 凤台县灌溉水有效利用系数测算分析研究[J]. 治淮,2020(8):24-26.

[4] 李爽. 2018 年鹤壁市灌溉水有效利用系数成果分析[J]. 河南科技,2020(23):91-94.

[5] 杨晓艳. 论首尾法在灌溉水利用率测算中的应用[J]. 建材与装饰,2016(20):287-288.

[6] 韦爱群,王天华,刘倩文,等. 基于直接量测法对农田灌溉水利用系数的测算分析——以盐都区小型灌区为例[J]. 江西水利科技,2021,47(4):307-312.

[7] 张毕元,吕爱斌,周栋. 首尾测算分析法在农田灌溉水有效利用系数测算中的应用[J]. 陕西水利,2021(8):127-129,134.

[8] 刘印良,孙雪峰. 灌溉水有效利用系数的计算与评价[J]. 海河水利,2016(1):42-43,58.

[9] 张哲文,沈建,喻红芬. 南通市农田灌溉水有效利用系数测算分析[J]. 江苏水利,2021(12):36-39.

[10] 孟玉清,李世月,丰莎,等. 三义寨灌区灌溉水利用系数首尾法测算研究[J]. 人民黄河,2017,39(4):145-148.

DOI:10.16616/j.cnki.10-1326/TV.2022.07.06

盘锦红海滩国家风景廊道海域潮沟规划研究

李忱庚[1]　信　亮[1]　王　良[2]

(1. 辽宁省河库管理服务中心(辽宁省水文局),辽宁 沈阳　110003;
2. 辽宁汇邦设计咨询有限公司,辽宁 沈阳　110003)

【摘　要】 受自然环境变化和人类活动影响,辽河口湿地面积衰减、翅碱蓬植被退化、红海滩面积萎缩等问题突显。本文根据潮滩潮沟发育现状,分析潮水流动阻碍因素,提出人工规划潮沟方案。通过选定控制方程组和边界条件,采用平面二维自由表面流模型对潮沟规划后的海域进行水动力学验证,对人工潮沟方案进行调整,最终得出较为合理的海域潮沟规划方案。本研究结果为相似条件下海域潮滩潮沟规划提供了技术参考。

【关键词】 潮沟规划;水动力模型;辽河口;红海滩

中图分类号: TV213.1　　文献标志码: B　　文章编号: 2096-0131(2022)07-023-08

Study on tidal gully planning of Panjin Red Beach national scenic corridor

LI Chengeng[1], XIN Liang[1], WANG Liang[2]

(1. *Liaoning Heku Management Service Center* (*Liaoning Hydrology Bureau*), *Shenyang* 110003, *China*;
2. *Liaoning Huibang Design Consulting Co., Ltd.*, *Shenyang* 110003, *China*)

Abstract: Influenced by the changes of natural environment and human activities, the problems of wetland area attenuation, Suaeda heteroptera vegetation degradation, and red beach area shrinkage in Liaohe River estuary are prominent. According to the development status of tidal flats and gullies, this paper analyzes the hindering factors of tidal flow, and puts forward the scheme of artificial planning of tidal gullies. By selecting the governing equations and boundary conditions, the plane two-dimensional free surface flow model is used to verify the hydrodynamics of the sea area after the tidal ditch planning, and the artificial tidal ditch scheme is adjusted, and finally a more reasonable tidal ditch planning scheme in the sea area is obtained. This study results can provide technical reference for tidal flat and gully planning in similar conditions.

Key words: tidal ditch planning; hydrodynamic model; Liaohe River estuary; Red Beach

1　规划背景

受长期辽河水流挟沙和淤积演变影响,辽河口形成了大范围的生态湿地。由于其独特的纬度和气候条件,形成了世界最大的翅碱蓬群落,呈现盘锦红海滩景观。近30年来,受自然环境变化、人为活动尤其是河口开发建设等影响,辽河口翅碱蓬湿地面积大幅度衰减,导致湿地萎缩、水环境被破坏、生物多样性减少、生

收稿日期: 2022-02-18

作者简介: 李忱庚(1990—),男,工程师,学士,主要从事江河治理及水库建设项目的规划计划与建设管理工作。

态调节能力降低等问题突出,首要表现为翅碱蓬植被逐年退化,红海滩面积萎缩。

河口湿地作为海陆交汇地带,受潮汐作用影响,在潮间带上发育有尺度不一的潮沟,其海陆相互作用活跃,是潮滩和外海间的物质交换通道,对潮水分配、沉积物供应、有机物和水体交换起着重要作用。因此,潮沟的分布与形态对潮滩演变、生态环境变化和植被空间分布起着重要作用。根据近岸海域的潮沟形成机理,使用近海水动力模型对风景廊道海域的天然潮沟进行扩展,可增强区域的海陆交互作用,延长潮水停留时间,促进翅碱蓬等植被自然恢复。

2 区域现状

盘锦红海滩国家风景廊道潮滩位于辽东湾辽河口东岸,为典型的半日潮,周期为12.5h。该区域为狭长形,长约20km,宽度在400~1800m间,见图1。该区域分布有大量垂直于岸线且呈现树枝状、平行状等平面形态结构的潮沟,多集中在潮间带,因溯源侵蚀可偶尔至潮上带。由于滩面水动力和泥沙搬运条件发生改变,潮滩沉积特征和地貌形态也发生变化,从而影响潮沟系统发育带来的输水、输沙、输盐功能的改变,最终影响翅碱蓬、芦苇等植被的分布与扩张。为方便研究,将风景廊道海域自南向北大致分为3个潮沟规划区域,即情人岛海域、油田3号站海域和渔业公司海域,见图1。

图1 风景廊道海域潮沟规划区域

(A. 情人岛海域;B 油田3号站海域;C. 渔业公司海域)

如图2所示,情人岛海域宽阔,沿公路南侧有一较大潮沟,其水体主要来自于混江沟。该潮沟南侧为高潮滩,一般潮位下潮水无法到达。在情人岛潮滩附近,

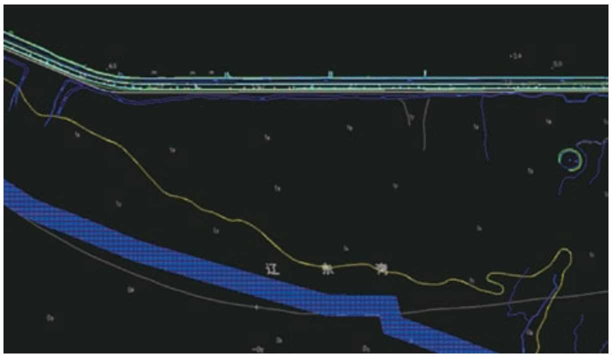

图2 情人岛海域潮沟现状

靠海侧没有潮沟,潮水主要通过大潮期的高潮位进入该片潮滩。因此,建议将情人岛附近海域在南北向进行潮沟规划,使海水通过规划的潮沟和东西向的大潮沟贯通,加强该区域的水系交换。

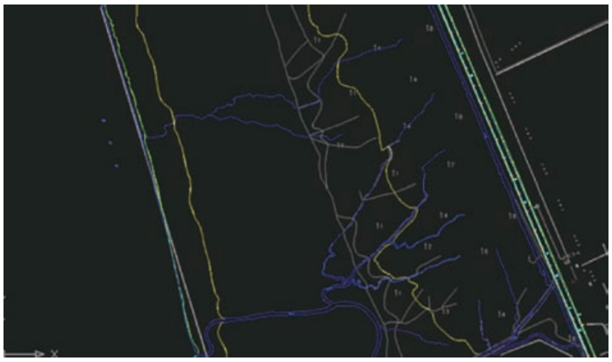

图3 油田3号站海域潮沟现状

如图3所示,油田3号站附近海域潮沟呈树状,基本按东西走向分布,其中3条宽度较大,约5~15m。有2个较大潮沟汇合后一直向东延伸,靠近公路后分汊转向南北,形成南北向潮沟,宽约13m。该潮沟西侧为高潮滩,一般潮位下潮水无法到达。其余东西向潮沟和南北向大潮沟未实现贯通,水系交换受阻。

图4 渔业公司海域潮沟现状

如图4所示,渔业公司海域潮沟较多,基本按东西走向分布,潮沟宽度为2~4m。一条较大潮沟自西向东延伸靠近公路后向北延伸,宽约8m,其西侧为高潮滩,一般潮位下潮水无法到达。由于该海域东西向潮沟和南北向潮沟没有贯通,使得潮水被高潮滩隔绝。

3 潮沟规划与水动力学验证

3.1 潮沟规划

以情人岛海域为例,自西至东规划5条潮沟,其中潮沟4为潮沟3的分汊。该海域近海侧有一较宽潮沟,宽度近20.0m,底部高程为0.306m,下游连通混江沟,各规划潮沟的下边界起始点均为该潮沟,将潮水引入潮滩并与既有潮沟相连。各规划潮沟采用梯形断面,底部宽度3.5m,上部宽度4.0~5.0m,底高程与外海开边界处潮沟地形高程保持一致,为0.3m。潮沟规划的平面布置见图5。

图5 情人岛海域5条潮沟规划

3.2 水动力学验证原理

采用MIKE 21 FM平面二维自由表面流模型进行水动力学验证,模型采用ADI交替方向隐式法进行数值计算,在得到的稳定潮汐流场上补充风应力项并加入潮汐边界条件,进行浪、潮联合作用下的数值模拟,在某一时间步计算耦合水位流速,叠加未扰动水深,进行下一时间步波浪场的数值模拟,将计算得到的波要素用于计算底应力,将底应力加入浪、潮耦合计算后,得到新的水位流速,最终得到波、流相互作用下底应力影响的浪、潮联合作用下的水位和流场。控制方程组如下:

$$\frac{\partial h}{\partial t}+\frac{\partial h\bar{u}}{\partial x}+\frac{\partial h\bar{v}}{\partial y}=hS \tag{1}$$

$$\frac{\partial h\bar{u}}{\partial t}+\frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x}+\frac{\partial h\bar{v}\bar{u}}{\partial y}=f\bar{v}h-gh\frac{\partial \eta}{\partial x}-\frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial \rho}{\partial x}+\frac{\tau_{sx}}{\rho_0}-\frac{\tau_{bx}}{\rho_0}+\frac{\partial}{\partial x}(hT_{xy})+\frac{\partial}{\partial y}(hT_{xy})+hu_sS \tag{2}$$

$$\frac{\partial h\bar{v}}{\partial t}+\frac{\partial h\bar{v}\bar{u}}{\partial x}+\frac{\partial h\,\bar{v}^2}{\partial y}=-f\bar{u}h-gh\frac{\partial \eta}{\partial y}-\frac{gh^2}{2\rho_0}\frac{\partial \rho}{\partial y}+\frac{\tau_{sy}}{\rho_0}-\frac{\tau_{by}}{\rho_0}+\frac{\partial}{\partial x}(hT_{xy})+\frac{\partial}{\partial y}(hT_{yy})+hv_sS \tag{3}$$

$$h=\eta+d \tag{4}$$

式中:t为时间,s;η为水面高度,m;d为静水深,m;x和y分别为横、纵坐标轴;g为重力加速度;$\bar{u}$和$\bar{v}$分别为沿x和y方向的平均深度流速,m/s;f为柯氏力系数;ρ为流体密度,kg/m^3;ρ_0为参考密度,kg/m^3;S为点源流量,m^3/s;u_s和v_s为点源流速,m/s。

T_{ij}为应力项,包括底部应力和风应力等。

底部应力$\overrightarrow{\tau_b}=(\tau_{bx},\tau_{by})$计算式为

$$\frac{\overrightarrow{\tau_b}}{\rho_0}=c_f\overrightarrow{u_b}|\overrightarrow{u_b}| \tag{5}$$

式中:$\overrightarrow{u_b}=(u_b,v_b)$为水深平均的流速,m/s;$c_f$为拖曳力系数,由曼宁系数计算,公式为

$$c_f=\frac{g}{(Mh^{1/6})^2} \tag{6}$$

风应力$\overrightarrow{\tau_s}=(\tau_{sx},\tau_{sy})$计算式为

$$\tau_s=\rho_a c_d|u_w|\overrightarrow{u_w} \tag{7}$$

式中:ρ_a为空气密度,kg/m^3;c_d为空气拖曳力系数;$\overrightarrow{u_w}=(u_w,v_w)$为海面上部10m高处的风速,m/s。

3.3 规划潮沟水动力验证

为验证规划潮沟对海滩水动力的改善效果,需要对现状海域海滩和规划潮沟实施后的海滩进行水动力验证对比。

3.3.1 现状情人岛海域潮滩水动力计算

对规划前情人岛海域的水动力进行计算,该区域的地形和计算网格见图6。采用小潮和大潮潮位作为边界条件,开边界选取在南侧和东侧的部分区域。涨潮初期,潮水来自东面和南面方向,此后流向基本不变。如图7所示,当潮位较小时,在地形较低的区域有潮水通过,在地形较高的区域潮水无法到达。在潮滩上,从低潮滩到高潮滩潮流流速逐渐减小。以最高水

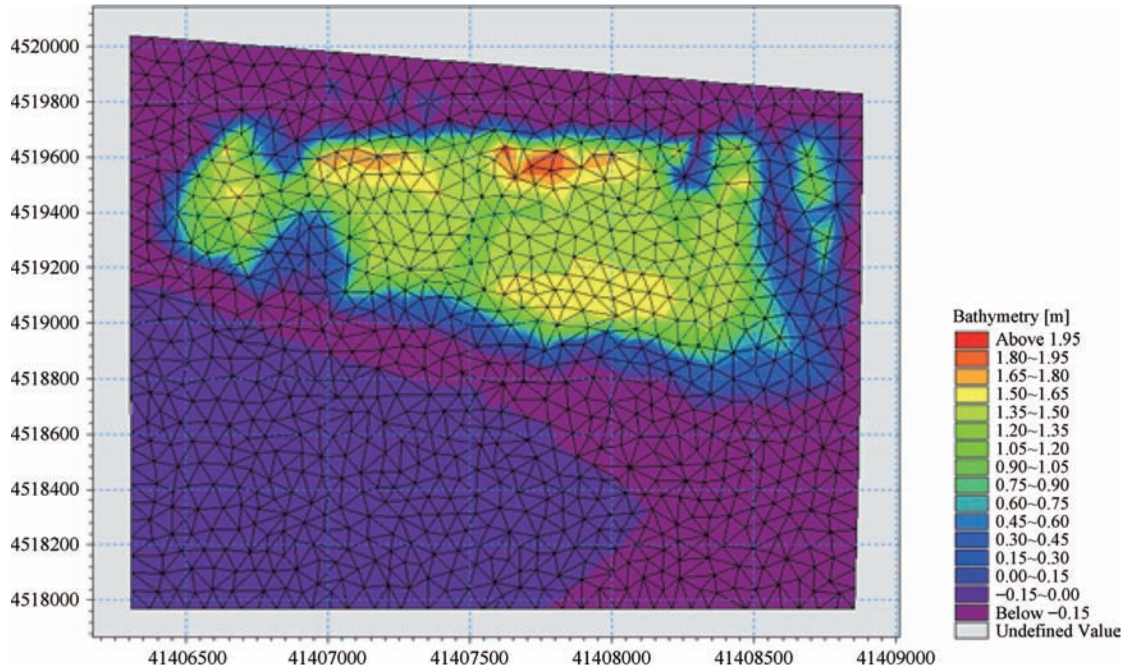

图6 情人岛海域潮流水动力计算地形和网格

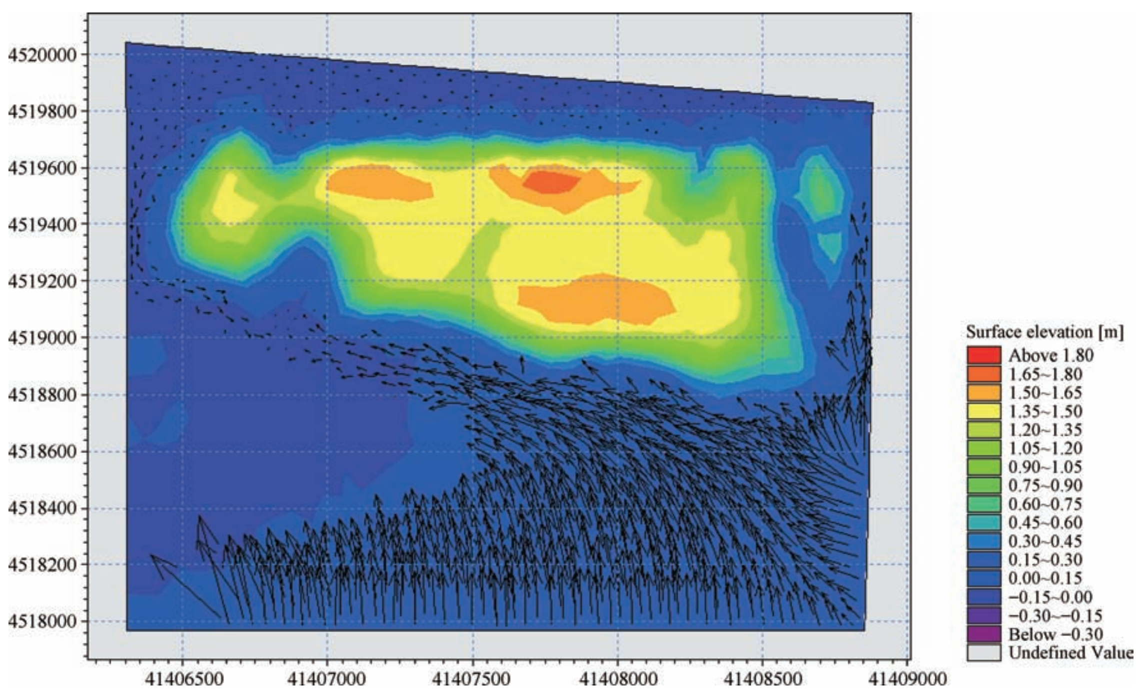

图7 情人岛海域流速矢量图(小潮期)

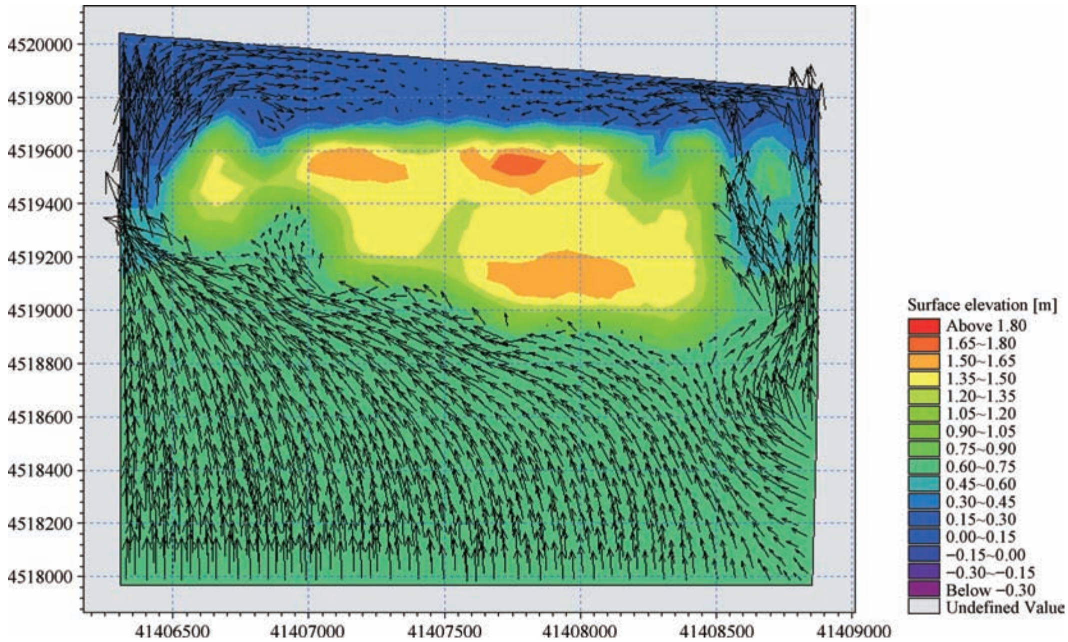

图 8 情人岛海域流速矢量图(大潮期)

位作为涨落潮的分界点,受涨潮优势流控制,潮水无法到达情人岛西侧的潮滩(高程不小于 1.6m)。如图 8 所示朔望大潮期的高潮位时,潮水能完全淹没情人岛西侧较高的潮滩,但历时较短,影响了该区域盐水的补充。

3.3.2 情人岛海域规划潮沟实施后水动力计算

为精密计算规划后潮沟的水体交换过程,对潮沟内进行网格加密。首先对规划潮沟 1、潮沟 2 进行验证,计算网格见图 9,小、大潮期涨潮时流场分别见图 10、图 11。

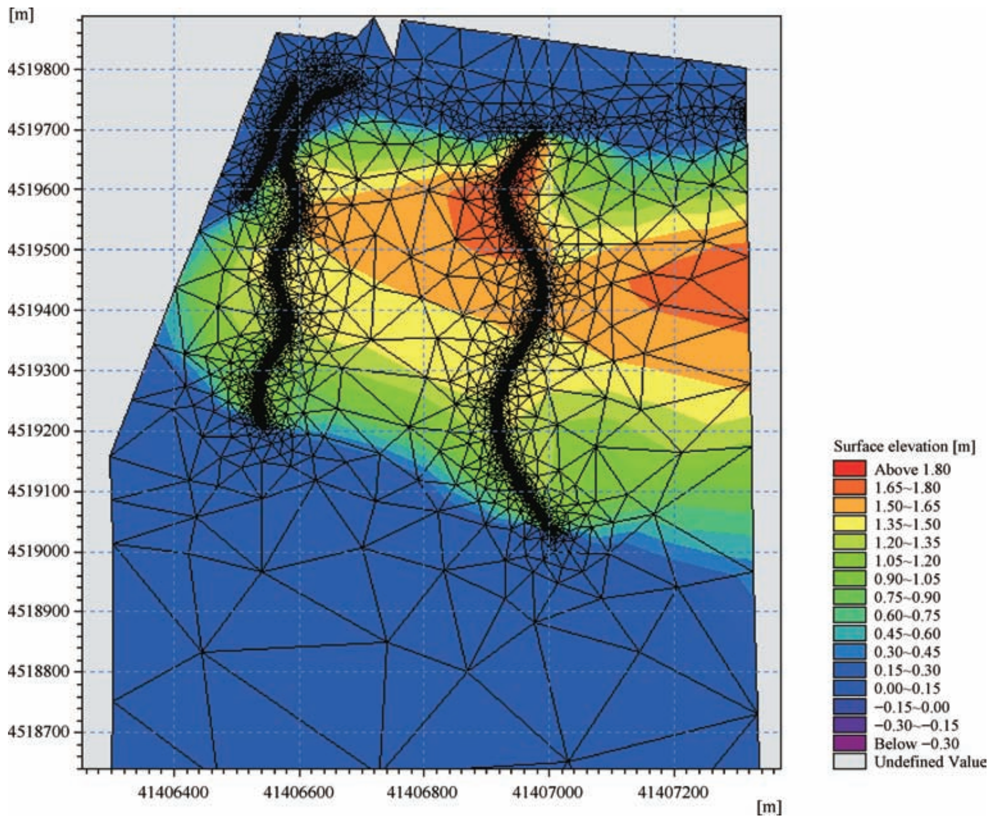

图 9 情人岛海域规划潮沟 1、2 计算网格

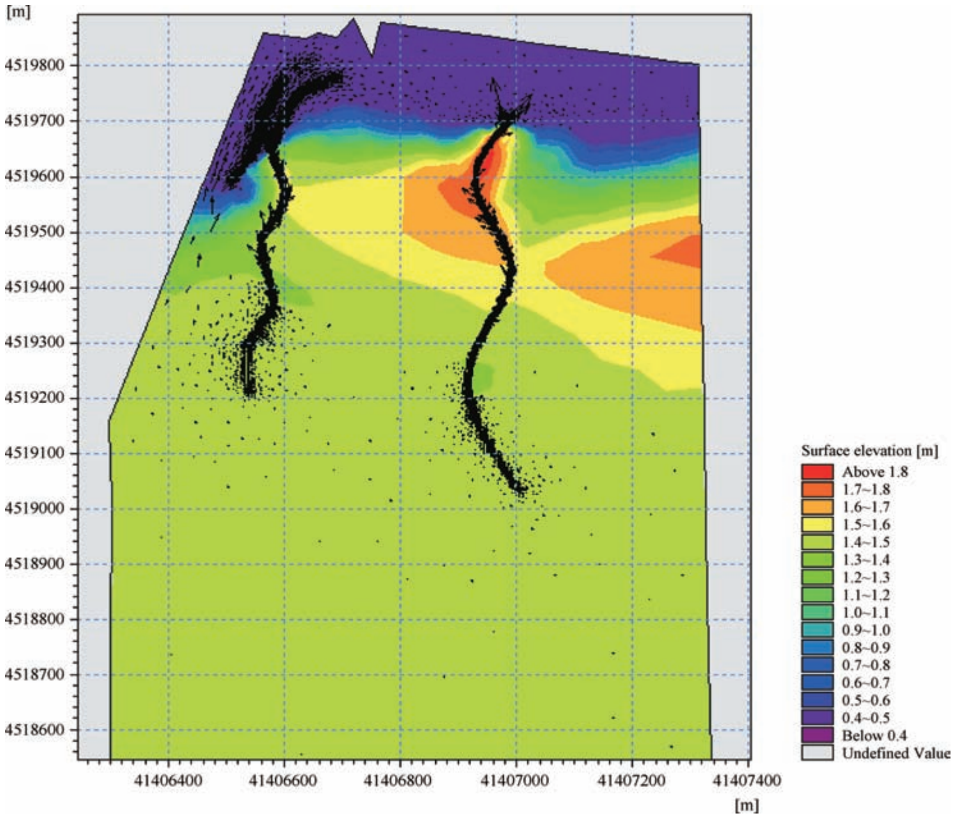

图 10　情人岛海域潮沟 1、2 流场图(小潮期涨潮时)

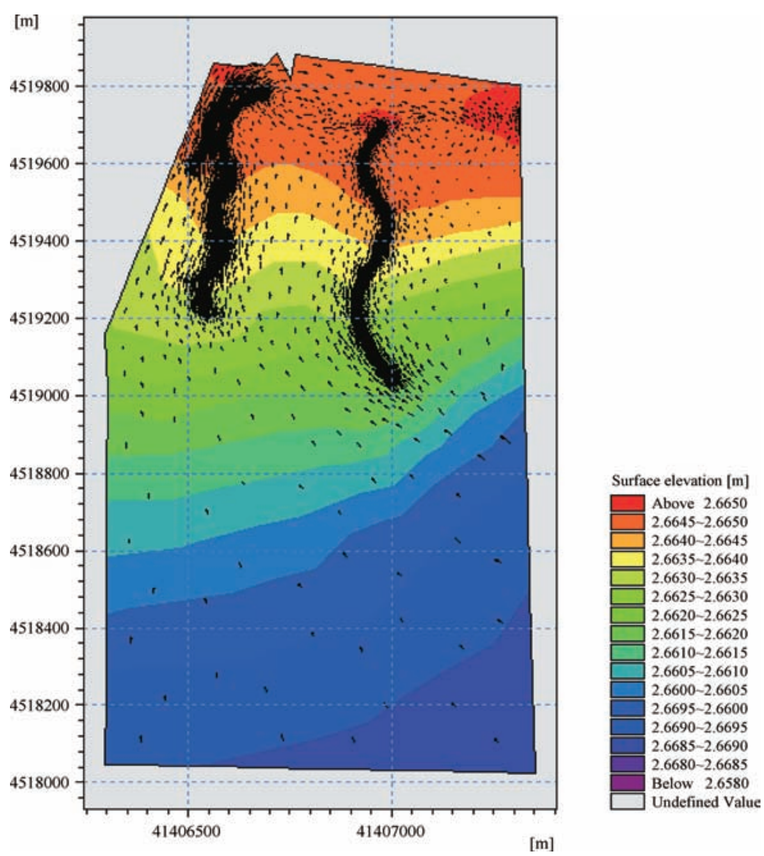

图 11　情人岛海域潮沟 1、2 流场图(大潮期涨潮时)

计算结果表明,规划潮沟在小潮期可确保潮水进入情人岛西侧的潮滩;在大潮期潮位较高时,除潮沟外,潮水还可通过潮滩进入情人岛西侧的潮滩,但历时较短。通过规划潮沟1和潮沟2,当潮水潮位高于规划潮沟底部高程时,潮水均可以进入该潮滩,增加潮汐进入翅碱蓬湿地的频率和时间,在某些风力的作用下,可使潮水漫入翅碱蓬湿地区,保持该潮滩的水盐平衡。

采用同样方法,对潮沟3至潮沟5进行验证。在初始规划中采用潮沟4将潮沟3和潮沟5进行东西向连通,使潮沟4能够同时引入两侧潮水,通过计算发现潮水从两头进入使水体相向流动流速降低,进而导致潮沟4出现泥沙沉积。因此,将潮沟4作为潮沟3的分汊,采用树枝状结构设计,使低潮时上涨的潮水能够顺利进入该部分潮滩,形成周期性的淹没。潮沟3至潮沟5大潮期涨潮时流场见图12。

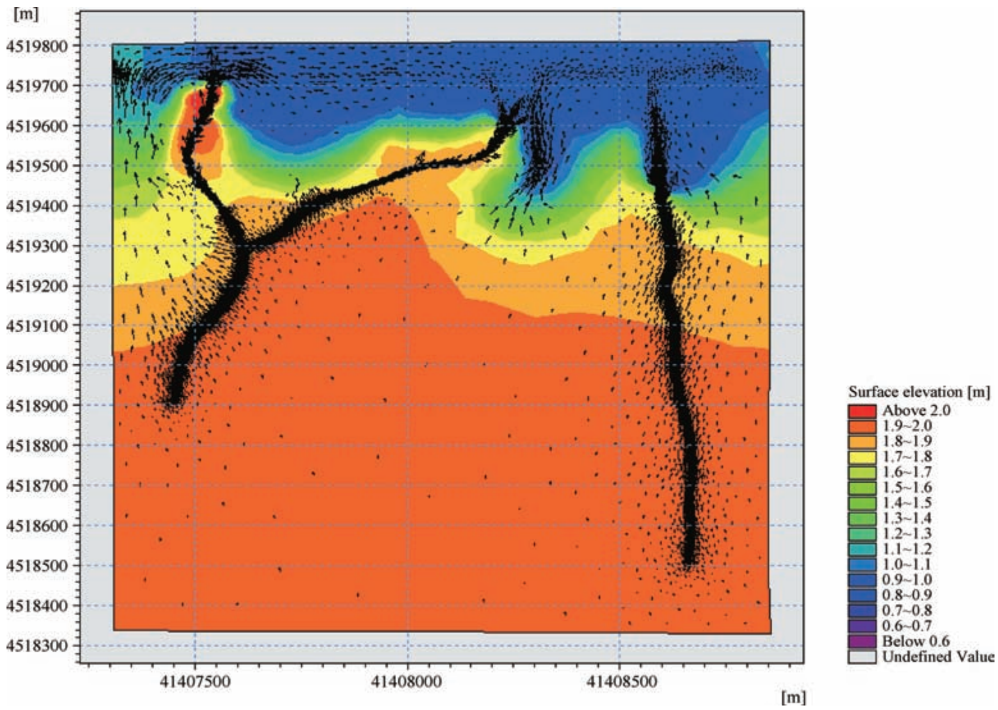

图12 情人岛海域潮沟3~潮沟5流场图(大潮期涨潮时)

3.4 其余海域潮沟规划与验证

油田3号站海域和渔业公司海域潮沟规划见图13、图14。

油田3号站海域由南至北分别规划潮沟6~潮沟8,其中潮沟6将其相连主潮沟内潮水引入北侧潮滩,潮沟7和南北向潮沟贯通,潮沟采用梯形断面,底宽2.0m,

图13 油田3号站海域潮沟6~潮沟8规划

图14　渔业公司海域潮沟9~潮沟11规划

上宽3.5m；潮沟8附近区域无自然潮沟且控制面积较大，故规划潮沟断面较大，底宽3.5m，上宽5.0m，实施中注重与现状各小规模潮沟连接，形成树状结构覆盖潮滩。各规划潮沟底部高程与连接的潮沟地形高程保持一致，约-0.1m。

渔业公司海域规划潮沟主要起到贯通东西向和南北向潮沟的作用，使潮水能够在低潮位期间进入地形较高的潮滩区域，由南至北分别规划潮沟9~潮沟11，各潮沟采用梯形断面，底宽2.0m，上宽3.0m，底高程和外海开边界处潮沟地形高程保持一致，为-0.1m。

3.5　工程量估计

各规划潮沟长度及挖方量估算见表1，具体设计时可能随海域潮滩、潮沟演进变化现状进行调整。

表1　规划潮沟长度及土方开挖量估算

规划潮沟	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	合计
规划长度/m	463	730	895	730	930	370	305	1192	361	453	567	6996
挖方量估算/m^3	3335	5739	6478	4982	5045	1577	1384	5066	1534	1812	2268	39220

4　结　语

盘锦辽河口湿地自然条件独特，除景观功能外，湿地上分布的大规模翅碱蓬、芦苇植被对该海域潮滩环境生态起着重要作用。通过对该区域潮滩、潮沟进行水动力学分析，得出隔绝海域水体交换的主要问题，合理规划潮沟并进行水动力学验证，为了解辽河口湿地红海滩的水动力特性提供了基础，为解决湿地萎缩、植被退化问题提供了依据。

本研究尚存在一些不足，扩展潮沟、增强区域海陆交互作用、延长潮水停留时间，是促进翅碱蓬等植被自然恢复的措施，其效果展现过程较慢、恢复能力较差，下一步应当开展人工干预促进恢复方面的研究，为严重退化的河口湿地恢复提供技术支撑。◈

参考文献

[1] 陈文熙. 辽河口海岸线演变特征及沿海滩涂特性分析[J]. 水利规划与建设，2019(6)：32-34，111.

[2] 牟楠. 基于多源影像对辽河口潮滩及潮沟信息的提取[D]. 大连：大连理工大学，2019.

[3] 杨楚烨，王立，苏芳莉，等. 辽河口湿地翅碱蓬群落及其交错区土壤盐分特征[J]. 中国水土保持科学，2019，17(1)：117-123.

[4] 温广玥. 1997—2018年辽河口翅碱蓬生物群落时空变化特征研究[D]. 北京：中国地质大学，2020.

[5] 赵楷宾. 径流和潮汐作用下辽河口湿地海域水动力的数值模拟研究[D]. 大连：大连海洋大学，2019.

[6] 李晋，乔会婷，徐天平，等. 辽河口红海滩湿地海域潮流及盐度的数值模拟[J]. 大连海洋大学学报，2018，33(5)：625-632.

[7] 董琳琳. 辽河口潮滩区景观格局演变机制研究[D]. 沈阳：沈阳农业大学，2019.

[8] 胡晓松. 辽河干流平原区典型站点设计排涝模数及排涝潮位计算分析[J]. 水利规划与设计，2020(12)：44-49.

[9] 倪皖南，陈理想，谷宏亮，等. 营口站最低潮位频率计算[J]. 东北水利水电，2017，35(8)：48-49.

[10] 崔国庆. 辽河口潮水位分析[J]. 东北水利水电，2013，31(5)：52-53.

DOI:10.16616/j.cnki.10-1326/TV.2022.07.07

嘉陵江西汉水流域水沙关系诊断与变异特征分析

杨亚军

(甘肃省陇南水文站,甘肃 成县 742500)

【摘　要】 径流、泥沙是影响河势稳定的主要因素,与河道冲淤变化密切相关,水沙关系分析是一项基础性研究工作。为了对西汉水流域水沙关系进行变异特征分析,本文在收集西汉水下游控制站镡家坝站径流量、输沙量、降水量的基础上,采用 Mann-Whitney 法、皮尔逊(Pearson)相关系数法、模比系数差积曲线法和时序累积值相关法对该流域水沙关系进行诊断及变异特征分析。结果表明:夏季径流量和输沙量的占比最高,秋季次之,春、冬两季贡献率最小,季节性的水沙变化表现出分布不均匀的特征,以夏、秋两季最为集中;水沙丰枯同步性较好;序列在 1993 年出现转折,转折后相关性弱于转折前;降水量对径流量、输沙量的影响在逐年降低,人类活动的影响逐年上升。本次研究,对掌握西汉水流域水文特性、区域水资源规划具有重要意义,为水资源合理利用提供数据支持。

【关键词】 输沙量;径流量;相关关系;差积曲线;水沙关系分析

中图分类号: P333　　　文献标志码: B　　　文章编号: 2096-0131(2022)07-031-07

Water-sediment of relationship diagnosis and variation characteristics analysis in Xihan River of Jialing River basin

YANG Yajun

(*Gansu Longnan Hydrological Station*, *Cheng County* 742500, *China*)

Abstract: Runoff and sediment are the main factors affecting the stability of river regime, which are closely related to the changes of erosion and deposition, the analysis of water-sediment relationship is a basic research work. In order to analyze the variation characteristics of the water-sediment relationship in the Xihan River basin, this paper, based on the collection of runoff, sediment transport and precipitation at Ganjiaba Station, a control station in the lower reaches of the Xihan River, uses Mann-Whitney method, Person correlation coefficient method, modulus ratio coefficient difference product curve method and time series cumulative value correlation method to diagnose the water-sediment relationship and analyze the variation characteristics. The results show that: The proportion of runoff and sediment transport in summer is the highest, followed by autumn, and the contribution rate in spring and winter is the lowest. Seasonal changes of water and sediment show the characteristics of uneven distribution, with summer and autumn being the most concentrated; The synchronization of water abundance and drought is good; The sequence turned in 1993, after which the correlation was weaker than before; The impact on runoff and sediment transport is decreasing year by year, while the impact of human activities is increasing year by year. This study is of great significance to master the hydrological characteristics of the Xihan

收稿日期: 2022-02-24

作者简介: 杨亚军(1973—),男,工程师,主要从事水文水资源勘测工作。

River basin and regional water resources planning, and provides data support for the rational use of water resources.
Key words: sediment transport; runoff; correlation; difference curve; water-sediment relationship analysis

1 研究背景

河川径流和泥沙是水文监测的主要项目,径流和输沙是流域系统中对人类活动和气候变化响应最积极的部分,二者之间具有必然联系,与河道冲淤变化、河湖关系、河势稳定密切相关[1-2]。随着人类活动的加剧,全球气候整体变暖,河川水沙变化较以往更加剧烈,明显出现人为因素的影响[3]。杨佳等[4]、刘翠善等[5]、王英等[6]的研究表明中国中纬度和半干旱地区的降水量可能减少,作为径流的主要补给来源,降水量的减少必然带来径流和泥沙的变化。在过去的几十年中,人类活动的加剧、下垫面条件的改变、水利工程修建、跨流域调水均改变了河川径流的天然规律,对水沙关系影响较大[7]。西汉水是长江流域嘉陵江水系泥沙的主要来源,也是嘉陵江上游人口最密集的流域之一,人类活动相对频繁,对其水沙关系进行诊断及变异特征分析很有必要[8]。王涛等[9]利用 Mann-Kendall 检验、累积距平、有序聚类等方法研究了近 60 年来西汉水流域降水径流演变特征,并进行成因分析,结果表明:径流呈显著递减趋势,径流变化主要突变点在 1993 年,次要突变点在 1968 年,突变时间点与流域开发利用节奏基本一致,有效表征出人类活动对流域径流的影响。杜克胜[10]采用小波分析法对西汉水径流长期演变规律及趋势进行了研究,对未来 1~2 年径流长期演变趋势作了预测,为西汉水流域水资源量计算、水资源监管提供了主要的数据支持。黄诗峰等[11]基于 GIS 系统建立了土壤侵蚀模型且以西汉水流域为例,以降水、地形、沟谷密度、植被盖度、成土母质等为主要指标,对流域土壤侵蚀量进行了估算,计算结果与实测数据相符合。李忠泰[12]采用西汉水流域主要水文站的实测长系列水文资料,对径流与泥沙的地区组成,年内分配、年际变化、流域内水沙的变化规律进行分析,提出了影响泥沙的主要因素和形成多沙的主要原因,为流域水土保持、河道演变提供了技术指导。魏克旗[13]对西汉水流域的降水、径流、泥沙等水文数据进行统计,基本确定了西汉水流域水文情势的基本特征和水文要素的地域分布特征。杨永宁等[14]对西汉水流域镡家坝站的输沙率监测方法进行了分析,但在径流分析方面有所欠缺。随着人口的增长、降水量的逐年减少、耕地的增加,西汉水流域水资源量日趋紧缺,流域内水沙关系出现了新的特征。因此,研究西汉水流域的水沙关系及变异特征分析显得尤为重要。本文在收集西汉水镡家坝水文站实测径流及泥沙资料的基础上,分析气候变化及人类活动对流域水沙的影响,为当地在河道演变、河湖关系、河势稳定、水土保持、流域水资源评价分析等方面提供数据支持及技术指导。

2 研究区域概况

西汉水是嘉陵江上游的较大支流,发源于西秦岭末端甘肃省天水市西南的齐寿山,又名“犀牛江”,流经天水、礼县、西和县、成县、康县,于陕西略阳县两河口汇入嘉陵江,全长 272km,流域面积 10178km^2。西汉水上游植被覆盖率低,源地属于黄土高原沟壑区与西秦岭过渡地带,受降水冲刷及人类活动影响,水沙问题突出。

西汉水下游设有镡家坝水文站,积水面积 9538km^2,占流域面积的 93.7%,属于大河控制站、把口站,基本能反映西汉水的水文要素变化特性,水文监测项目主要有流量、泥沙、降水、蒸发等。流域水系及测站位置见图 1。

3 数据及研究方法

3.1 数据来源

研究采用西汉水下游镡家坝水文站的实测逐月、逐年径流和泥沙资料以及年降水资料,资料系列为 1956—2018 年共 63 年,其中泥沙资料系列 1965—2018 年共 54 年。资料系列通过修正及验算,均为成果资料。

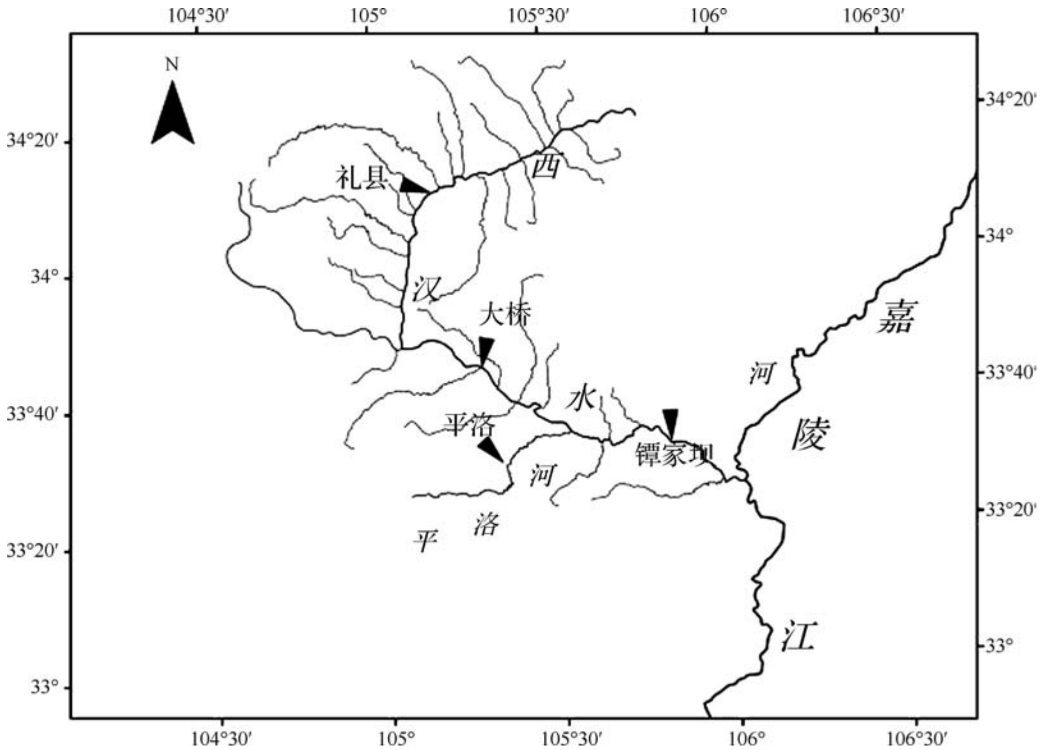

图1 西汉水流域及测站位置分布

3.2 研究方法

3.2.1 皮尔逊(Pearson)相关系数法

皮尔逊(Pearson)相关系数法主要是计算两个随机变量之间的线性相关关系,一般称为相关系数或者点相关系数,用 R 来表示,取值范围在[-1,+1]之间[15-16]。计算方程为

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})(y_i-\bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(y_i-\bar{y})}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})}} \qquad (1)$$

当 $R>0$ 时,表明二者具有正相关关系,当 R 值趋近于1时,说明正相关关系显著;当 $R<0$ 时,则为负相关。

3.2.2 Mann-Whitney 法

Mann-Whitney 检验,用来检验两个时间序列的平均值是否显著不同[17]。其检验原理是对于一段长度为 N 的时间序列从小到大排列,第 i 个观测值的排序为 R_i。将整个时间序列分成前部分和后部分,$(1-n_1)$ 为前部分,剩下的序列为 $(n_2=N-n_1)$ 为后部分,构造第一部分的排列顺序和检验统计量:

$$S = \sum_{i=1}^{n_1} R_i \qquad (2)$$

$$T = \frac{S-E(S)}{\sqrt{V(S)}} = \frac{S-\frac{n_1(N+1)}{2}}{\sqrt{\frac{n_1 n_2(N+1)}{12}}} \qquad (3)$$

如果 $|T|>Z_{1-a/2}$,拒绝两段序列平均值相等,也就是说时间序列的第 n_1 个点是突变点,该点前后二者平均值发生了显著性变化。对于水文序列,一般在检验时取置信水平 $a=0.05$。如果原假设成立,就有 $|T|\leq Z_{1-a/2}$ 发生的概率为95%。$|T|>Z_{1-a/2}$,说明一个概率小于5%的事件发生了,说明两段时间序列的平均值显著不同。

3.2.3 模比系数差积曲线法

模比系数差积曲线法主要反映水文序列在不同时间段内的变化趋势,可以很直观地显现出径流量、输沙量多年的周期交替,变化特征表征在丰枯交替出现频率上,其原理和累积距平法类似。计算方法是:假设有一水文序列,其模比系数 K_i 为任意一序列值 x_i 与序列多年平均值 $\bar{x}$ 的比值,则模比系数差积值为 (K_i-1)

的总和，利用计算出的差积值，绘制差积曲线图，就能直观地反映出河流的丰水期、丰沙期[1]。其中，曲线上升阶段为丰水、丰沙期，下降阶段为枯水、枯沙期。

3.2.4 时序累积值相关法

研究时假设系列 $x_t(t=1,2,3,\cdots,n)$、参证系列 $y_t(t=1,2,3,\cdots,n)$ 时序连续，不包含突变成分，则两序列的时序累积值分别为

$$g_i=\sum_{t=1}^{j}x_t \tag{4}$$

$$m_j=\sum_{t=1}^{j}y_t \tag{5}$$

按照式(4)、式(5)，累积两序列的值，点绘(g_j-m_j)相关图，若被研究序列 x_j 突变不显著，(g_j-m_j)相关性应为一条直线，否则为一折线，转折点处则可能存在突变。

在进行成因分析时，可以采用常用的累积斜率变化率法，计算出气候变化和人类活动对水文要素影响的贡献率。假定把序列变化前、后分为两个时期，序列分别为 S_{Rb} 和 S_{Ra}，累积降水量与年份的线性关系式斜率在序列突变前、后两个时期的年降水量分别为 S_{P_b} 和 S_{P_a}[1]，可以构造如下统计量为

累积径流量斜率变化率 K_R：

$$K_R=(S_{Ra}-S_{Rb})/|S_{Rb}|\times100\% \tag{6}$$

累积降水量斜率变化率 K_P：

$$K_P=(S_{pa}-S_{pb})/|S_{pb}|\times100\% \tag{7}$$

降水量对径流量的贡献率为 C_p，则

$$C_p=\frac{(S_{pa}-S_{pb})}{|S_{pb}|}\times100/[(S_{Ra}-S_{Rb})/|S_{Rb}|] \tag{8}$$

则人类活动对径流量影响的贡献率：

$$C_H=100-C_p \tag{9}$$

4 西汉水流域水沙变化特征

4.1 水沙基本特征

西汉水流域源头处于黄土高原与秦岭交界处，河流泥沙较大，对镡家坝站测验断面径流量序列进行统计得最大径流量为31.50亿m³，出现在1984年；最小径流量为2.94亿m³，出现在1997年；多年平均径流量为12.43亿m³，多年平均径流深为131.9mm。最大输沙量为12000.00万t，出现在1984年；最小输沙量为29.00万t，出现在2016年；多年平均输沙量为1441.00万t。最大年径流量与最大输沙量同步，均出现在1984年，而最小值不同步。主要是在1984年，西汉水流域发生了超百年一遇暴雨洪水，最大瞬时流量达5000m³/s，洪水裹挟泥沙，使含沙量急剧增加。枯水期，径流靠地下水补给，泥沙在这时期并不会同步出现。西汉水流域年输沙量与年径流变化曲线见图2、图3。

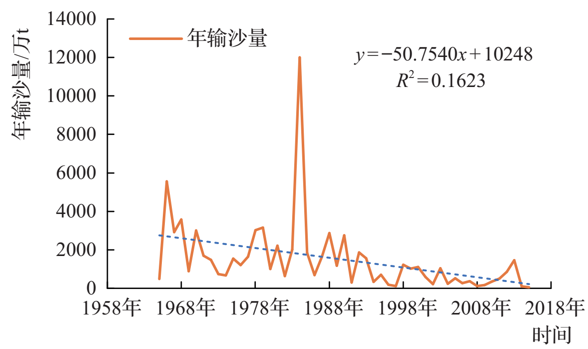

图2 西汉水流域年输沙量变化曲线

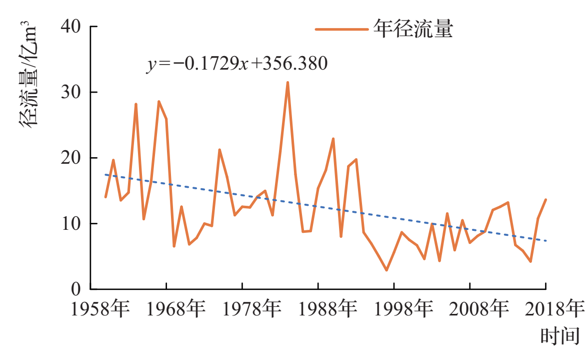

图3 西汉水流域年径流量变化曲线

4.2 水沙分年代季节变化特征

将径流量和输沙量按年代分组，采用距平法统计各年代间水沙距平百分比。受流域降水量不均匀影响，西汉水流域水沙在时空分布上呈现极不均匀的特征。分年代季节性水沙距平百分比统计见表1。从表1中可以看出：夏季径流量和输沙量的占比最高，秋季次之，春、冬两季的水沙贡献率最小，季节性的水沙变化表现出分布不均匀的特征，以夏、秋两季最为集中。

表 1 分年代季节水沙距平统计 单位:%

时 间	项目	春	夏	秋	冬
1960—1969 年	径流	-73.77	-50.04	-27.19	-72.91
	泥沙	-97.14	12.16	-37.04	-99.14
1970—1979 年	径流	-80.20	-60.50	-50.45	-79.52
	泥沙	-97.39	-32.97	-58.79	-99.67
1980—1989 年	径流	-76.34	-44.80	-38.05	-78.67
	泥沙	-97.82	-8.85	-13.51	-99.84
1990—1999 年	径流	-80.60	-63.53	-56.91	-81.53
	泥沙	-98.55	-73.46	-60.30	-99.81
2000—2009 年	径流	-84.43	-75.60	-61.97	-83.22
	泥沙	-98.23	-86.79	-84.22	-99.88
2010—2018 年	径流	-85.38	-73.76	-72.04	-84.91
	泥沙	-99.46	-81.63	-82.21	-99.42

4.3 水沙丰枯同步性分析

计算西汉水流域的水沙模比系数差积值,分别点绘年径流、年输沙量差积曲线,见图 4、图 5。从图 4 可以看出,径流量在 1960—1993 年为逐年增加的趋势,1994 年后呈逐年递减趋势,也就是说,径流量在 1993 年出现了转折点,将径流序列划分为两个时间段,分别是 1960—1993 年、1994—2020 年,前一个时间段为西汉水流域丰水期,后一个时间段为流域枯水期。1960—1968 年,径流量逐年递增;1969—1974 年,径流量逐年递减,处于枯水期;1975—1993 年,又进入递增阶段,直到 1993 年出现转折。整体来看,1960—1993 年还是处于上升阶段;1994 年以后是逐年递减,径流未出现大的波动。

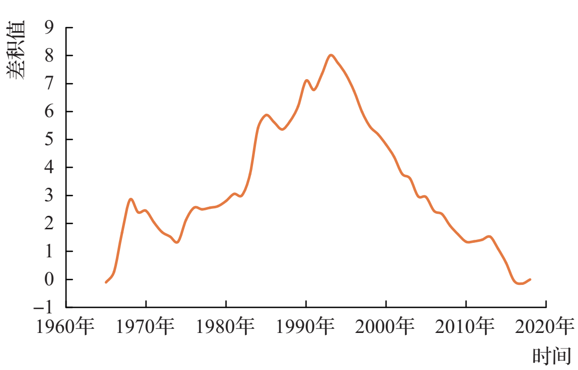

图 4 西汉水流域年径流量差积曲线

从图 5 可以看出,年输沙量在 1960—1968 年为上升阶段,1969—1974 年较平稳,1975—1993 年处于逐年上升阶段,这 3 个时段为流域丰沙期。1994 年后逐年递减,且在递减过程中未出现大的波动,这与径流的演变出现了很强的同步性。

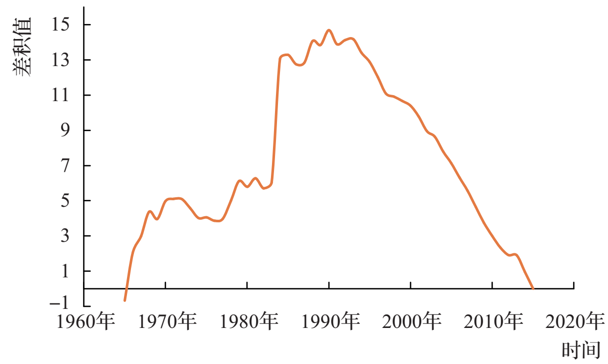

图 5 西汉水流域年输沙量差积曲线

4.4 水沙序列变异点诊断

采用 Mann-Whitney 检验法分别对水沙序列进行检验,发现序列均在 1993 年发生转折。以 1993 年为转折点,将序列分割为前后两部分,采用皮尔逊(Pearson)相关系数法进行西汉水流域水沙相关性分析,经计算,1993 年前二者线性相关系数为 0.74,1993 年后线性相关系数为 0.79。结果表明:在 1993 年以后,二者相关性明显较 1993 年前强。为进一步对序列转折点进行确认,采用时序累积值法进行验算。点绘输沙量与径流双累积曲线,见图 6。从图 6 中可以得到分割后的两个线性相关方程,按照方程可以计算出输沙量随径流量的变化值,在 1960—1992 年,径流量增加 1.00 亿 m^3,输沙量对应增加 32.30 万 t。在序列突变以后,水沙相关性变弱,说明径流量对输沙量的影响力在减弱。

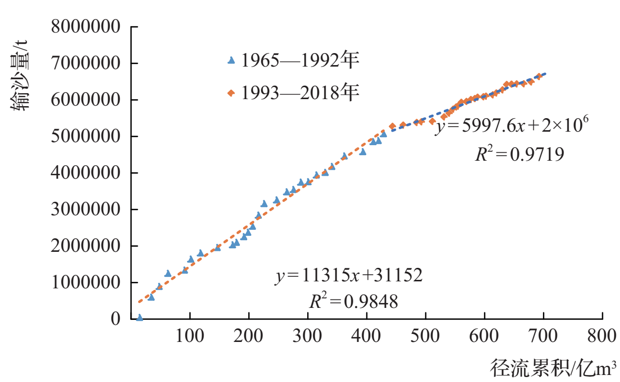

图 6 西汉水流域水沙双累积曲线

4.5 水沙影响因素分析

自2000年以来,随着天保工程和退耕还林的实施,西汉水中上游植被覆盖面积逐年增大,水土保持能力逐年改善,环境的改变对该流域的输沙量有很大的影响,径流量已不再是影响输沙量的直接因素。为更好地分析流域内水沙影响因素,分析气候变化和人类活动对水沙的影响贡献率,主要分析序列出现转折后的成因,也就是说,将1992年以前的序列认为是基准期,点绘降水径流量、降水输沙量双累积曲线进行分析,见图7、图8。

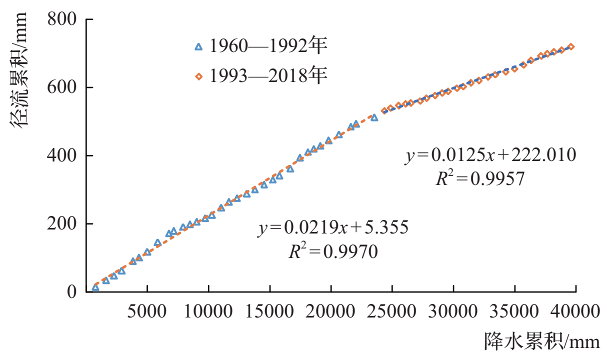

图7 西汉水流域降水径流双累积曲线

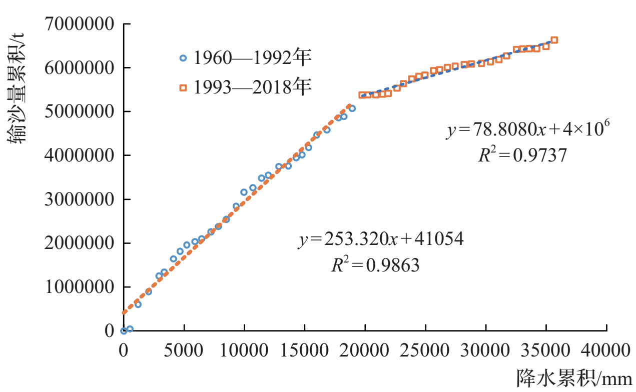

图8 西汉水流域降水输沙量双累积曲线

从图7、图8中可以看出:序列转折点较明显,均出现在1993年,从前后变化趋势可以看出,降水和径流量、输沙量的相关性没有序列转折前好,说明降水对径流量、输沙量的影响减弱,从而表明,径流、输沙量的主要影响因素来源于人类活动。为进一步证明影响因素分析,按照式(6)~(9)计算得到,累积降水量的斜率变化率为0.056,累积径流量的斜率变化率为0.848,降水量对径流量的影响贡献率 C_p 值为6.600,人类活动对径流量的影响贡献率为93.400;累积输沙量的斜率变化率为2.530,降水对输沙量的影响贡献率为2.210,人类活动对输沙量的影响贡献率为97.790。上述计算结果表明,人类活动对径流量、输沙量的影响比重已经相当大,随着区域内人口的增加,影响比重呈逐年上升趋势,而降水量的影响在逐年减小。降水和人类活动贡献率统计见表2。

表2 降水和人类活动贡献率统计

时 段	降水贡献率/%		人类活动贡献率/%	
	径流量	输沙量	径流量	输沙量
1960—2018	6.600	2.210	93.400	97.790

5 结 语

本文在收集西汉水下游镡家坝站径流量、输沙量资料的基础上,采用Mann-Whitney法、皮尔逊(Pearson)相关系数法、模比系数差积曲线法和时序累积值相关法,对该流域的水沙趋势和突变作了分析检验,得出以下结论:

a. 夏季径流量和输沙量的占比最高,秋季次之,春、冬两季的水沙贡献率最小,季节性的水沙变化表现出分布不均匀的特征,以夏、秋两季最为集中,水沙丰枯同步性较好。

b. 变异诊断显示,水沙序列在1993年出现转折,相关关系表明,转折前相关性弱于转折后。

c. 从影响因素看,降水量对径流量、输沙量的影响在逐年降低,人类活动对二者的影响逐年上升。

本文研究结果与前述学者研究基本一致,人类活动对流域内的泥沙量影响较大,但下垫面条件改变方面的研究还稍有欠缺,主要是土地利用、植被覆盖等主要影响因素资料不足,建议今后收集流域土地利用数据,进一步深入分析人类活动对流域泥沙变异的影响。◈

参考文献

[1] 居金浩,彭亮,那扎凯提·托乎提,等.叶尔羌河流域水沙关系诊断与变异特征分析[J].人民黄河,2021,43(6):33-36,74.

[2] 隆院男,唐蓉,蒋昌波,等.近60年湘江流域水沙特性及其

对人类活动的响应[J]. 农业工程学报,2018,34(24):132-143.

[3] 张献志,汪向兰,王春青,等. 黄河源区气象水文序列突变点诊断[J]. 人民黄河,2020,42(11):22-26.

[4] 杨佳,郝桂珍,张婧,等. 1960—2016 年冀西北地区降水时空变化特征研究[J]. 水资源与水工程学报,2019,30(5):117-123,133.

[5] 刘翠善,张建云,王国庆,等. 近 50 年来我国降水的变化趋势分析[C]//中国水利学会 2008 年学术年会论文集. 2008:1174-1180.

[6] 王英,曹明奎,陶波,等. 全球气候变化背景下中国降水量空间格局的变化特征[J]. 地理研究,2006,25(6):1031-1040.

[7] 王金星,张建云,李岩,等. 近 50 年来中国六大流域径流年内分配变化趋势[J]. 水科学进展,2008,19(5):656-661.

[8] 吕亚斌. 西汉水镡家坝水文站水文特性分析[J]. 陕西水利,2020(5):38-40,44.

[9] 王涛,王进,吴彦昭. 60 年来西汉水流域降水径流演变特征及影响分析[J]. 人民长江,2020,51(6):89-94.

[10] 杜克胜. 嘉陵江上游西汉水镡家坝站径流量长期演变趋势研究[J]. 甘肃水利水电技术,2010,46(6):7-8.

[11] 黄诗峰,钟邵南,徐美. 基于 GIS 的流域土壤侵蚀量估算指标模型方法——以嘉陵江上游西汉水流域为例[J]. 水土保持学报,2001,15(2):105-107,116.

[12] 李忠泰. 西汉水流域泥沙特性[J]. 甘肃水利水电技术,2006,42(4):369-371.

[13] 魏克旗. 西汉水流域水文特性分析[J]. 甘肃水利水电技术,2009,45(5):49-50,53.

[14] 杨永宁,吕亚斌. 西汉水镡家坝水文站输沙率间测可行性分析[J]. 甘肃水利水电技术,2020,56(2):12-14,17.

[15] 陈广圣,王义民,刘登峰,等. 基于滑动相关系数法的流域径流变异诊断[J]. 自然灾害学报,2016,25(1):11-18.

[16] 李秀敏,江卫华. 相关系数与相关性度量[J]. 数学的实践与认识,2006,36(12):188-192.

[17] 杨大文,杨汉波,雷慧闽,等. 流域水文学[M]. 清华大学出版社,2014.

(上接第 9 页)

[4] 张向宇. 承德市水资源供需平衡及演变情势分析[J]. 水资源开发与管理,2017(6):14-17,22.

[5] 白天竺. 建平县水资源供需平衡分析及配置探析[J]. 黑龙江水利科技,2018,46(4):51-52,63.

[6] 杨阳,胡爱萍. 庆阳市水资源现状及供需平衡分析[J]. 灌溉排水学报,2015,37(S1):100-103.

[7] 牟月芳,孙家滨,晏清洪,等. 夏津县水资源供需平衡分析[J]. 水利发展研究,2019,19(7):49-54.

[8] 陈立华,黄舒萍,关昊鹏,等. 用水效率红线下钦州市水资源三次供需平衡分析[J]. 中国农村水利水电,2019(1):97-101,107.

[9] 贾宝杰,何淑芳,黄茁,等. 城市水资源供需平衡与用水合理性分析——以湖北省黄石市城区为例[J]. 人民长江,2021,52(S1):81-84.

[10] 任晓蕾,任泽垠,任士博. 南阳市南水北调水资源供需预测计算研究[J]. 水资源开发与管理,2021(6):9-18.

[11] 徐志标,张梓豪,曾胜庭. 关于廉江市水资源供需平衡分析和优化配置的探讨[J]. 建筑技术开发,2021,48(2):35-36.

(上接第 13 页)

目前,从水利部到地方各级水行政主管部门都在积极推进“智慧水利”建设,柯柯牙生态工程应在提高支渠、斗渠防渗率的同时,加快水利信息化建设,实现精准灌溉,提高水资源利用效率。

参考文献

[1] 张志军. 柯柯牙生态工程建设技术集成与应用技术报告[R]. 2020.

[2] 达吾提·阿布都合力力,陈丹,买买提·日西提. 柯柯牙绿化工程对阿克苏市气候变化的影响[J]. 农业灾害研究,2021(5):107-109.

[3] 焦洪波,王新,李鹤,等. 新疆阿克苏地区水安全战略规划[R]. 2021.

[4] 苗喆,黄春兴,杜志水. 新疆大石峡水利枢纽工程初步设计报告[R]. 2018.

[5] 焦洪波,王新,魏兴,等. 新疆阿克苏河流域综合规划[R]. 2018.

[6] 杨庆仙. 苹果园微灌模式应用实践探索[J]. 河北农机,2021(10):38-39.

[7] 苏建军. 节水灌溉技术发展现状及趋势[J]. 现代农业科技,2021(2):55-56.

DOI:10.16616/j.cnki.10-1326/TV.2022.07.08

基于 Mann-Kendall 与 DFA 的大伙房水库径流特性分析

孔维哲

(辽宁省水资源管理集团有限责任公司,辽宁 沈阳 110000)

【摘 要】 为深入研究大伙房水库流域时间序列年径流量的变化规律,加强对流域水资源的合理规划利用和度汛防洪工作,基于大伙房水库1959—2021年反推入库径流数据,采用Mann-Kendall和DFA方法对反推入库径流序列进行分析。结果表明:大伙房水库反推入库径流序列具有长程相关性,全年、汛期、主汛期的径流量呈不显著的减少趋势,并在下一个3~4年的区间尺度上呈减少的趋势可能性较大;主汛期的径流分配比呈显著减少趋势,汛期径流分配的不均匀程度有所缓解;主汛期在下一个3~4年的区间尺度上有延后的趋势,建议将主汛期重新划分为7月中旬至9月上旬。

【关键词】 Mann-Kendall;DFA;大伙房水库流域;径流特性

中图分类号:TV121 文献标志码:B 文章编号:2096-0131(2022)07-038-04

Analysis of runoff characteristics of Dahuofang Reservoir based on Mann-Kendall and DFA

KONG Weizhe

(*Liaoning Water Resources Management Group Co.*, *Ltd.*, *Shenyang* 110000, *China*)

Abstract: In order to deeply study the variation law of annual runoff in time series of Dahuofang Reservoir basin, strengthen the rational planning and utilization of water resources in the basin and flood control during flood season, Mann-Kendall and DFA methods were used to analyze the backward inflow runoff series based on the backward inflow runoff data of Dahuofang Reservoir from 1959 to 2021. The results show that: the backward inflow runoff series of Dahuofang Reservoir has a long-range correlation, and the runoff in the whole year, flood season and main flood season shows an insignificant decreasing trend, and it is more likely that it will decrease in the next 3 to 4 years interval scale; The runoff distribution ratio in the main flood season showed a significant decreasing trend, and the uneven degree of runoff distribution in the flood season was relieved; The main flood season tends to be delayed in the next 3 to 4 years. It is suggested that the main flood season should be re-divided into mid-July and early September.

Key words: Mann-Kendall; DFA; Dahuofang Reservoir basin; runoff characteristics

径流量是流域水资源分配的重要依据,其变化通常可以使水资源供需关系发生改变,从而影响当地工

收稿日期:2022-02-18

作者简介:孔维哲(1992—),男,工程师,学士,主要从事水情调度、防洪抗旱工作。

农业发展与经济建设。大伙房水库作为浑河干流上控制性骨干工程,坝址以下浑河流经抚顺、沈阳市区、辽阳、辽中、台安等地,是辽宁中部城市群的重要防洪屏障。因此,研究大伙房水库入库径流序列的客观规律,可以精准地进行水资源规划利用和度汛防洪工作。本文根据大伙房水库 1959—2021 年的反推入库径流数据,建立逐旬径流量序列,利用 Mann-Kendall 趋势检验法与 DFA 分析方法探讨径流的长期记忆特性,以期为水库的科学调度提供依据。

1 研究区域概况

大伙房水库位于浑河中上游,距抚顺市中心 18km,是我国"一五"期间修建的大(1)型水利枢纽工程。水库于 1954 年动工修建,1958 年竣工,分别于 1975 年、1977 年两次改建,并于 2002 年进行了除险加固。水库总库容 22.68 亿 m^3,控制流域面积 5437km^2,水库按 1000 年一遇洪水设计,可能最大洪水校核。大伙房水库流域属温带大陆性季风气候,夏季温热多雨,冬季风多雪少。流域多年平均径流量 15.06 亿 m^3,年内分配不均匀,主要集中在汛期(6—9 月),汛期径流量约占全年径流量的 71%,主汛期(7 月中旬到 8 月中旬)径流量约占全年径流量的 42%。[1-2]

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

根据大伙房水库 1959—2021 年逐日反推入库径流量资料,整理计算得到年径流量、汛期径流量、旬径流量、各旬汛期径流分配比(旬径流量与汛期径流量的比值),数据序列经严格检查,确保其准确性和可靠性。

2.2 研究方法

2.2.1 Mann-Kendall 趋势检验法

Mann-Kendall 趋势检验法(简称 M-K 检验)是一种已广泛应用于水文时间序列分析研究的非参数统计检验方法。根据 M-K 检验可以得出符合正态分布的统计量 Z。该方法的判断规则:若 $Z>0$,该序列有上升趋势;若 $Z<0$,该序列有下降趋势;$|Z|$大于等于 1.28、1.64、2.32 时分别通过了置信度 90%、95%、99% 显著性检验[2-6]。

2.2.2 DFA 分析方法

DFA 分析方法是一种标度分析方法,用于定量分析非平稳时间序列的长程相关性,或称长程幂律相关性。

根据 DFA 分析可以得出标度指数 α,其值大小也可以作为时间序列是否存在趋势性成分的依据。该方法的判断规则:若 $\alpha<0.5$,该序列具有反持续性(即将来变化趋势与过去变化趋势反向);若 $\alpha=0.5$,该序列具有标度不变性,对应于白噪声;若 $\alpha>0.5$,该序列具有持续性(即将来变化趋势与过去变化趋势同向);若 $\alpha=1$,对应于信号;若 $\alpha=1.5$,对应于布朗信号[7-11]。

为更好地服务水库调度,在计算过程中,时间分割长度分别取 2 年、3 年、4 年、6 年,从而能有效分析径流的变化规律。

3 结果与分析

3.1 汛期径流量变化

从图 1 可以看出,大伙房水库流域径流主要集中在汛期,峰值一般出现在 8 月。1959—2021 年各年代径流量的年内分配过程呈现为"双峰型"特点(即春汛和夏汛)。春汛主要原因是气候转暖,冰雪消融;夏汛主要原因是夏季降水充沛。

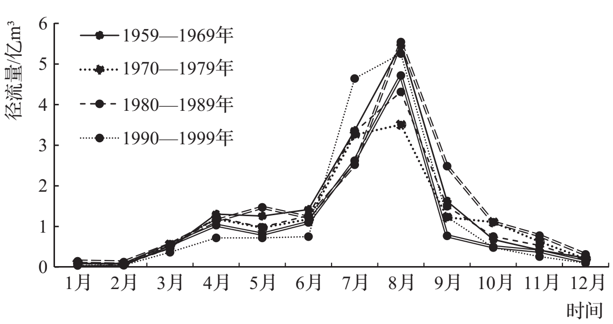

图 1 大伙房水库不同年代径流量年内分配曲线

通过 M-K 检验对大伙房水库流域的汛期、主汛期、全年径流量的趋势分析发现:汛期、主汛期、全年径流量全部呈减少趋势,减少趋势不显著。此结论与线性拟合结果相吻合。

表 1　大伙房水库径流量趋势特征

时间序列	线性拟合		M-K 检验			DFA		
	k	趋势方向	Z	趋势方向	显著性	区间尺度	α	趋势方向
汛期径流量	-0.632	减少	-0.429	减少	不显著	3~6 年	0.554	持续性
主汛期径流量	-1.181	减少	-0.811	减少	不显著	3~4 年	0.561	持续性
全年径流量	-1.223	减少	-0.741	减少	不显著	3~6 年	0.557	持续性

通过 DFA 分析发现:汛期、主汛期和全年径流量的长程相关性变化趋势类似,具有相同标度不变的区间尺度 3~4 年,标度指数 α 也很接近,分别为 0.554、0.561 和 0.557,均大于 0.500,见表 1。表明汛期、主汛期、全年径流量序列具有长程相关性(持续性),即当前呈减少趋势,那么下一个区间尺度呈减少趋势的可能性更大。

3.2　汛期各旬径流量变化

表 2 显示:1990—2009 年的汛期各旬径流量极值比较大,可能与 1995 年、2005 年的特大洪水有关,汛期径流量分别是多年平均汛期径流量的 3.4、3.2 倍。扣除特大洪水影响,在整个 63 年内,极值比有减小趋势,说明大伙房水库流域汛期径流分配的相对变化幅度有减小的趋势;偏差系数有减小趋势,说明大伙房水库流域汛期径流分配逐渐趋于平稳;变差系数变化趋势不明显,即大伙房水库流域汛期各旬径流量分配不均匀程度有所缓解。

表 2　大伙房水库不同年代汛期各旬径流量分配特征值参数

时　段	旬均值/亿 m^3	旬最大值/亿 m^3	旬最小值/亿 m^3	极值比/C_m	变差系数/C_v	偏态系数/C_s
1959—1969 年	0.99	2.31	0.36	6.44	0.65	2.88
1970—1979 年	0.76	2.33	0.34	6.84	0.80	4.86
1980—1989 年	0.87	1.94	0.34	5.68	0.62	3.06
1990—1999 年	0.99	3.13	0.20	15.47	0.96	3.78
2000—2009 年	0.77	2.06	0.18	11.24	0.84	3.68
2010—2021 年	1.00	1.97	0.32	6.21	0.63	1.97
1959—2021 年	0.90	2.11	0.32	6.60	0.68	2.93

3.3　各旬汛期径流分配比变化

通过 M-K 检验对大伙房水库流域汛期各旬、主汛期径流分配比的趋势分析发现:主汛期 8 月上旬的汛期径流分配比呈减少趋势,减少趋势显著,且通过置信度 90% 显著性检验;7 月下旬的汛期径流分配比呈减少趋势,减少趋势显著,且通过置信度 95% 显著性检验;8 月下旬的汛期径流分配比呈增多趋势,增多趋势显著,且通过置信度 95% 显著性检验;9 月上旬的汛期径流分配比呈增多趋势,增多趋势显著,且通过置信度 90% 显著性检验;6 月上旬、7 月上旬、7 月中旬、9 月下旬的汛期径流分配比呈减少趋势,减少趋势不显著;6 月中旬、6 月下旬、8 月中旬、9 月中旬的汛期径流分配比呈增多趋势,增多趋势不显著,见表 3。此结论与线性拟合结果相吻合。

通过 DFA 分析发现:主汛期和各旬的径流分配比具有相同标度不变的区间尺度 3~4 年;6 月下旬、7 月上旬和 9 月上旬的标度指数 α 均小于 0.5,表明具有反持续性;其他时间的标度指数 α 均大于 0.5,表明具有持续性。结合 M-K 检验可以得出在下一个 3~4 年区间尺度上,7 月中旬、7 月下旬、8 月上旬的径流分配比呈减少趋势可能性更大,8 月下旬、9 月上旬的汛期径流分配比呈增多趋势可能性更大。

表 3　大伙房水库各旬汛期径流分配比趋势特征

时间序列	均值/%	线性拟合		M-K 检验			DFA		
		k	趋势方向	Z	趋势方向	显著性	区间尺度	α	趋势方向
主汛期	53.419	-0.179	减少	-1.327*	减少	显著	3~6 年	0.745	持续性
6 月上旬	4.143	-0.030	减少	-0.950	减少	不显著	2~6 年	0.574	持续性
6 月中旬	4.473	0.032	增多	0.417	增多	不显著	3~4 年	0.515	持续性
6 月下旬	4.719	0.028	增多	0.510	增多	不显著	3~4 年	0.478	反持续性
7 月上旬	5.741	-0.031	减少	-0.440	减少	不显著	2~6 年	0.326	反持续性
7 月中旬	7.718	-0.054	减少	-0.614	减少	不显著	2~4 年	0.566	持续性
7 月下旬	15.274	-0.104	减少	-1.683**	减少	显著	3~6 年	0.828	持续性
8 月上旬	17.005	-0.066	减少	-1.343*	减少	显著	3~6 年	0.732	持续性
8 月中旬	13.421	0.117	增多	0.834	增多	不显著	3~4 年	0.527	持续性
8 月下旬	10.634	0.020	增多	1.939**	增多	显著	2~6 年	0.886	持续性
9 月上旬	7.828	0.079	增多	1.414*	增多	显著	3~6 年	0.764	持续性
9 月中旬	5.140	0.024	增多	0.846	增多	不显著	2~4 年	0.572	持续性
9 月下旬	3.901	-0.016	减少	-0.185	减少	不显著	2~6 年	0.431	反持续性

注　** 表示通过置信度 95% 显著性检验，* 表示通过置信度 90% 显著性检验。

4　结　论

本文通过 Mann-Kendall 和 DFA 方法对大伙房水库 1959—2021 年反推入库径流序列进行分析得到以下结论：

a. 大伙房水库流域汛期、主汛期、全年径流量全部呈减少趋势，减少趋势不显著；在下一个 3~4 年区间尺度上，呈减少的趋势可能性更大。

b. 大伙房水库流域主汛期的径流分配比呈显著减少趋势，说明汛期径流分配不均匀程度有所缓解；此结论与偏差系数有减小趋势相吻合。

c. 大伙房水库流域 7 月中旬、7 月下旬、8 月上旬的径流分配比呈显著减少趋势，8 月下旬、9 月上旬的汛期径流分配比呈增多趋势，并且在下一个 3~4 年区间尺度上具有长程相关性（持续性），说明主汛期有延后的趋势，但 7 月中旬至 8 月上旬的径流量仍占汛期的近 40%，因此建议将主汛期重新划分为 7 月中旬至 9 月上旬，以便更好地开展防洪工作。

参考文献

[1] 徐德增. 近 52 年大伙房水库流域径流系数变化趋势和特征[J]. 水利水电技术，2017，48(1)：29-39.

[2] 姜洋，盛晓丹，孙雷. 基于 Mann-Kendall 和 R/S 的大伙房水库年径流量变化分析[J]. 东北水利水电，2015(3)：31-34.

[3] 李艳，陈晓宏，张鹏飞. 北江流域径流年内分配特征的变异性分析[J]. 水文，2014，34(3)：80-86.

[4] 韩亮. Kendall 检验分析阜新市水库水质变化趋势[J]. 东北水利水电，2015(6)：26-28.

[5] 徐金英，胡明庭. 基于 MATLAB 的水库年径流序列变化周期及趋势分析[J]. 华电技术，2019，41(2)：22-25.

[6] 尹露露. 闹德海水库库区降水径流变化趋势及突变分析[J]. 水土保持应用技术，2019(5)：28-29.

[7] 安永林，彭立敏. 隧道涌水长期记忆特性 R/S 与 DFA 法实证[J]. 地质与勘探，2009，45(1)：95-98.

[8] 李勋贵，胡啸，魏霞. 基于功率谱周期和去趋势波动分析的河川径流特性分析[J]. 自然资源学报，2015，30(6)：986-995.

[9] 丁志宏，谢国权，李恩宽. 基于 DFA 的长江上游径流演化标度特性研究[J]. 水利水电技术，2012，45(11)：1-3.

[10] 石建军，冯民权. 基于 HHT 和 DFA 的文峪河径流趋势分析与预测[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版)，2013，41(8)：219-227.

[11] 刘涛，于爽. 尼尔基水库径流演变规律的 DFA 分析[J]. 东北水利水电，2017(10)：46-48.

DOI:10.16616/j.cnki.10-1326/TV.2022.07.09

金山区卫城2组浜小微水体的水环境改善措施探讨

蒋海飞

(上海宏波工程咨询管理有限公司,上海　201707)

【摘　要】 小微水体相对于河湖来说,水域面积较小、数量众多,由于缺乏足够的重视,水质持续恶化,对区域水环境造成了恶劣影响。本文以金山卫城2组浜治理过程为例,剖析小微水体黑臭原因,并介绍其整治过程中的整体思路、措施和治理后的水质改善效果。金山区卫城2组浜在封闭小微水体整治方面的成功经验,对其他类似小微水体整治有一定借鉴意义。

【关键词】 封闭小微水体;水环境改善;整治措施

中图分类号:TV213.4　　文献标志码:B　　文章编号:2096-0131(2022)07-042-05

Discussion on water environment improvement measures of small creeks Like No. 2 Creek of Jinshan Weicheng Town

JIANG Haifei

(*Shanghai Hongbo Engineering Consultants Management Co., Ltd., Shanghai* 201700, *China*)

Abstract: Compared with rivers and lakes, small creeks have a small water area and a large amount. Due to the lack of sufficient attention, the water quality continues to deteriorate, which has a bad impact on the regional water environment. In this paper, taking the treatment process of Jinshan Weicheng No. 2 Creek as an example, the causes of black odor in water body are analyzed, and the overall ideas, measures and water quality improvement effect after treatment are introduced. The successful experience of the analysis of Jinshan No. 2 Creek in the remediation of closed small and micro water bodies can be used for reference to other similar small and micro water bodies.

Key words: closed small creek; improvement of water environment; remediation measures

根据《2021上海市河道(湖泊)报告》,2021年,上海市共有河道(湖泊)47086条(个),总面积649.2146km^2,河湖水面率为10.24%,另有小微水体48413个,面积56.4070km^2(不纳入河湖面积统计)。

小微水体相对于河湖来说,水面积较小,数量众多,同时分布密集而零散,在以往消黑消劣河道整治及河道养护过程中,未引起足够重视。因此,众多小微水体沦为周边居民的排水沟、禽畜养殖塘,久而久之,水质持续恶化,对区域水环境构成隐秘影响。

卫城2组浜为金山区卫镇建成区一条小微水体,

收稿日期:2022-02-16

作者简介:蒋海飞(1989—),男,工程师,学士,主要从事水利水电工程设计工作。

目前通过综合整治,已实现水体彻底消黑消劣,治理效果良好。

1　项目概况

卫城2组浜位于金山卫镇建成区老卫清路以南、张泾河以东、西门街道以西范围内,与西侧张泾河无法沟通,形成封闭水体。河道内部又被道路、居民房阻隔成4段。

4处小水体两岸均有多处当地居民私自搭建的违章建筑占用河道,且周边居民房较为密集,紧邻现状河口线。①号、②号、③号河段均由地下管涵相连通,③号河段靠近西门街道,在最东端断头。卫城2组浜区域位置见图1。

图1　卫城2组浜区域位置

④号河段与③号河段之间被居民出行道路阻断,封闭水体颜色整体偏绿,河道周边垃圾较多,淤积严重,水体发绿发黑,随着夏季来临气温逐渐升高,河道底部不断有黑色絮状淤泥翻起漂浮于水面,严重影响河道周边居民的身心健康。

经过长时间水质监测,卫城2组浜整治前氨氮指标严重超标,纳入重污染河道整治范畴。根据上海市政府专题会议精神,经市环保局、市水务局协商,确定核定重污染河道的水质指标为溶解氧、氨氮、透明度和臭味4项,水质标准为:溶解氧不大于2.0mg/L、氨氮不小于5.0mg/L、透明度不大于25cm,评价方法为单因子评价法。

整治前水质见表1。

表1　整治前水质情况

序号	监测日期	河道名称	透明度/cm	溶解氧/(mg/L)	氨氮/(mg/L)	综合评价
1	2016年12月	卫城2组浜	20	2.0	11.1	黑　臭
2	2017年1月		25	1.8	12.3	
3	2017年2月		20	2.2	11.8	

2　原因分析

经分析水质黑臭的原因如下:

a. 周围居民缺乏护水意识,临河私建违章房,没有完善的生活用水及排水措施,导致生活污水直排河道。

b. 周边截污纳污管年代久远,部分污水管网损坏。同时,由于接入管网消纳能力不够,时常出现污水冒溢入河。

c. 岸坡坍塌严重,雨水地表径流的冲刷会给河道增加污染源。

d. 水体被阻隔为多个断头浜，彼此不流通、水动力差、水质容易变质。

e. 河道长时间未进行清淤，底泥淤积严重，污染物长年累月淤积在河底。

f. 河道生态系统遭到了严重破坏，在河道里很少看见鱼类和水草，河道自我修复和净化水质功能完全丧失。

3 治理思路

根据上海市针对黑臭水体治理思路，结合本次治理小微水体体积小、自净能力弱的特点，提出遵循“外源控制、内源削减、水质净化、生态恢复、定期养护”的技术路线，见图2。外源控制和内源削减是提升封闭水体水质的基础，主要针对水体沿线进行截污纳污治理和河道清淤疏浚治理。提升水体流动和生态修复是阶段性手段，主要采用水系连通及设置曝气设备，投放微生物等进行治理。定期养护是水体水质稳定的保障措施，主要对水体初期进行养护，使水体达到自平衡。

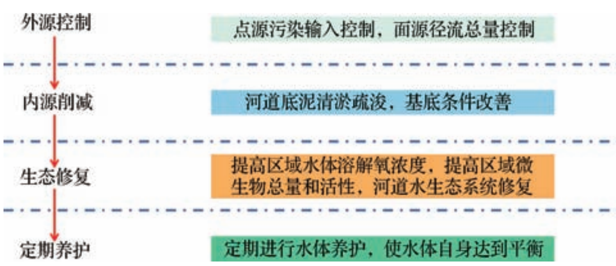

图2 治理技术路线

4 治理措施

治理措施系统见图3。

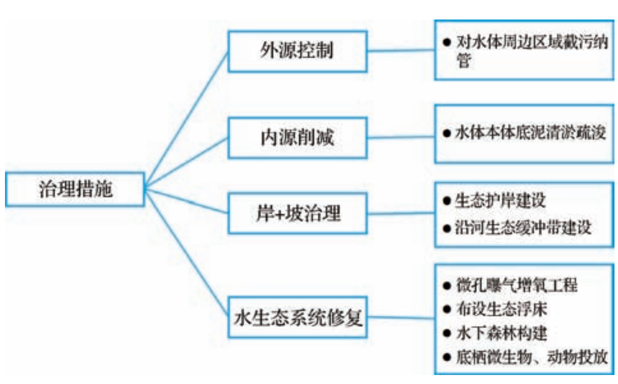

图3 治理措施系统

4.1 截污纳污

卫城2组浜周边临近工厂，租房需求量大，部分居民临河私建违章房，并没有完善的生活用水及排水措施，导致生活污水直排河道。经过与城建办及当地居委合作，将水体沿线陆域控制范围内违章房统一拆除，对原破损管道拆除，结合新规划河浜的护岸结构，重新铺设管道。原该区域的生活污水均纳入石化污水处理厂，但由于污水厂处理能力有限，来不及处理，导致污水冒溢，影响水质。本次经过实地调查，该区域西侧临近老卫清路，北侧临近古城路，道路下均有污水管网，经过核算，将该区域污水纳入污水管网。

4.2 生态护岸建设

建成区的小微水体较为封闭，水体流动性弱，不会产生较大的水流冲刷，在进行护岸结构设计时，应因地制宜选用柔软生态的护岸结构。

本项目中①号、②号塘周边民房距离设计河口线较近，无足够的开挖放坡条件，结构大开挖易引起房屋沉降和开裂等安全隐患，同时考虑到护岸的使用年限等因素，临近居民住宅区域选用生态仿木桩护岸结构，在兼顾住宅周边景观要求的同时，也满足了结构安全要求。北侧③号塘由于居民违章搭建的退建，形成一个宽阔的水体，本次选用了高强嵌锁块结构，该结构由小型箱体垒砌而成，箱体中覆土，能够作为鱼虾生活区，体现了护岸结构的生态性。

4.3 底泥疏浚

底泥是影响封闭小微水体水质的重要因素。封闭水体，根据自身水体流动性的确定，外源污染物受外力影响流入水体后易形成沉淀，在物理、化学作用下，形成富含有机质的灰黑色底泥。有机质分解会消耗掉水体中的溶解氧，同时分解的有机质会持续增加水体中的浓度，导致水质持续恶化。底泥中的污染物依附于水中的悬浮微粒，再通过孔隙水扩散作用进入水体中，底泥和上部水体之间的污染物质持续循环交换。污染底泥的存在导致即使所有的外源污染全部消除，河道水体的污染依然无法根除，因此清除河道污染底泥对改善水质至关重要。

清淤疏浚是通过人工或机械的方式将河道内阻水的淤泥、垃圾等清理出河道,以扩大过水断面,提高防汛排涝能力,加强水资源合理调度,增强水体流动性、提高水体自净能力,改善水质。

本工程疏浚主要采用抓斗式挖泥船和水力冲挖两种形式结合施工。

抓斗式挖泥船是利用旋转式挖泥机的吊车杆和钢索来悬挂泥斗,在抓斗本身重量的作用下,放入河底抓取泥土,然后开动斗索绞车,吊斗索通过吊杆顶端的滑轮,将抓斗关闭再升起,再转动挖泥机到预定点,将淤泥卸掉。挖泥机又转回挖掘地点,进行挖泥,如此循环作业。

水力冲挖方式疏浚采用高压水枪直接冲挖土体,泥浆在泥浆泵的作用下通过排泥管道被吹填至排泥场。该方法造价相对较低,但施工时对底泥的适应条件较差,容易产生堵管等,应在疏浚前将垃圾、杂物等进行清理,以便于施工。

4.4 水系连通工程

小微水体被道路、建筑等阻断为一个个独立的水体,其自身的净化能力减弱,在条件允许的条件下,应尽量使其连通畅活,提升水体交换能力。

本项目采用直径1.5m管涵,将①号、②号、③号水体连通,对③号与④号水体之间的堵坝进行拆除,扩大水体的连通性能。考虑到封闭水体在暴雨天气水位上涨,在③号塘北侧,设置一座临时排水泵,可以将河道水抽排至古城路雨水管网中。

4.5 生态修复措施

生态修复措施是实现水体修复的关键一步,主要的措施有设置微孔曝气增氧设备,布设生态浮床设施,构建水下森林系统,投放底栖微生物等。

4.5.1 微孔曝气增氧工程

河道微孔曝气增氧技术是指在河道底部布置微孔管道给水体持续充气增氧,通过水体溶解氧含量的提升,加速内源污染底泥以及鱼类排泄物等有机质的分解,将其转化为微生物,提升水体自我净化能力,建立起自然的水体生态系统。

4.5.2 布设生态浮床

生态浮床技术主要依托浮床的浮力给水生植物提供一个稳定的生长环境,布置在浮床上的植物选用根系发达的水生植物,通过根系吸收水体中游离的氨、氮等富营养离子,向水中释放氧气,提高水体溶解氧含量。同时,水生植物的根系为水体微生物、浮游生物提供了良好的生长环境,使水体微生物增加,提升水体自净能力。

4.5.3 水下森林构建

沉水植物主要布置在距河床底部约1~1.5m位置,一方面通过其自身生长依附于泥面,对水体及底泥中的氮、磷等污染物进行吸收,减少污染物再悬浮交换,降低内源污染物含量,增强生态系统的自净能力;另一方面,通过其根茎叶的生长为水体中的微生物提供良好的附着环境,微生物在植物体上产生高净化效率的微生物,在光合作用下,沉水植物周围形成厌氧-好氧的微环境。通过以上两方面的合力,使得水体内部形成具有强大净化效能的“生物膜”系统。

水生植物在考虑其生态功能和水质净化作用的前提下,选择景观效果较好,管理维护方便,易成活、长势好的本地物种。选用鱼类喜食的植物,优选基生草,后选茎生草。适当考虑能够控制蔓延的植物,提倡选用本土物种,杜绝外来物种。

通过在河床种植上海地区常见的苦草、黑藻、伊乐藻、微齿眼子菜、竹叶眼子菜等多种沉水植物,有效增强水体的自净能力,持续净化水体水质,同时在河床底部营造生境,促进系统有益微生物生长。

4.5.4 底栖微生物、动物投放

底栖动物在水生态系统物质循环与流动中具有特殊的地位和作用,主要以滤食水体中的底栖微生物、藻类为主,一般认为底栖动物的取食藻类活动对水体中的藻类群落组成和生产力有强烈的影响。同时底栖动物的爬行、摄食及生理代谢等能够改善底泥孔隙率、表面组成,提高底质吸收重金属离子的能力,对底泥的结构产生影响,继而使水体底质垂直结构合理化,可以有效调节底泥界面营养盐释放。

铜锈环棱螺和无齿蚌是我国自然水域常见的两种底栖软体动物，具有较高的食用价值，投放和养护成本较低，同时不会对水体中的生物多样性产生破坏。

4.6 建成初期养护及定期养护

小微水体经过全面整治后，河道水环境会有大幅度提升，但由于生态系统完全人工重建，系统短期内未达到平衡状态，为保证卫城2组浜水质能够持续稳定提升，水体日常维护必不可少。水体维护工作是水体水质及生态系统健康的重要保障，除了日常的水体保洁外，还要定期进行水体水质检测工作，根据水体水质数据，调节曝气增氧持续时间，控制水生植物数量，使水体生态达到自平衡。

5 整治成效

卫城2组浜通过系统化治理后，水体水质有了明显的改善，根据金山卫水务站提供的水质监测数据，水质稳定，部分月份甚至达到Ⅲ类标准。整治后水质情况见表2。

表2 整治后水质情况

序号	监测日期	河道名称	透明度/cm	溶解氧/(mg/L)	高锰酸盐指数/(mg/L)	氨氮/(mg/L)	总磷/(mg/L)	综合评价
1	2018年1月	卫城2组浜	60	10.1	3.99	0.112	0.073	Ⅲ类
2	2018年2月		50	12.4	3.68	0.079	0.079	Ⅲ类
3	2018年3月		60	10.2	3.79	0.199	0.076	Ⅲ类
4	2018年4月		38	7.2	3.87	0.111	0.219	Ⅳ类
5	2018年5月		47	7.1	3.77	0.174	0.164	Ⅲ类
6	2018年6月		101	7.6	4.20	0.462	0.109	Ⅲ类
	Ⅲ类水标准			≥5.0	≤6.00	≤1.000	≤0.200	
	Ⅳ类水标准			≥3.0	≤10.00	≤1.500	≤0.300	

6 结　语

建成区的封闭小微水体卫城2组浜由于自身水体量小、自净能力弱等特点，水质易受到外源居民生活污染影响。该类水体可通过3个方面处理：首先控制污染源，主要控制周边生活污水入河；第二辅以水系沟通、底泥清淤疏浚、生态护岸建设、水生态系统修复等措施进行整治；最终结合水生态系统构建的定期养护，使水体达到最终生态平衡。目前，卫城2组浜水体依托自身生态平衡，以及河道日常养护，水质能够保持稳定。◈

参考文献

[1] 李珍明，蒋国强，朱锡培.上海地区黑臭河道治理技术分析[J].净水技术，2010，29(5)：1-3，45.

[2] 俞孔坚.水生态基础设施构建关键技术[J]，中国水利，2015(22)：1-4.

[3] 马小雪，连鹏.上海市黑臭水体现状和治理对策的探讨[J].上海水务，2016(4)：41-43.

[4] 王桢桢.小型封闭景观水体污染机制及修复技术研究[D].苏州：苏州科技大学，2014.

[5] 孙思志，郑忠明，陆开宏，等.铜锈环棱螺对藻华水体沉积物-水界面营养盐通量的影响[J].生态学杂志，2010，29(4)：730-734.

[6] 周晓红.城市污染河道修复的生态浮床技术及机理[D].南京：南京师范大学，2009.

[7] 王耘，程江，黄民生.上海城区中小河道黑臭水体修复关键技术初探[J].净水技术，2006，25(2)：6-10，23.

[8] 赖佑贤，彭瑜，肖孟富.海绵城市建设中黑臭水体整治的技术探讨[J].水资源开发与管理，2017(1)：38-41，34.

DOI:10.16616/j.cnki.10-1326/TV. 2022.07.10

生态河湖理念下的湖泊水环境综合治理方法研究

陈　杰

(镇江市丹徒区谷阳镇水利农机服务管理站,江苏 镇江　212100)

【摘　要】 上下湖是京杭大运河的支流之一,现状淤积严重,生态环境脆弱。为解决湖泊的生态环境问题,本文以丹徒区上下湖水环境综合整治工程为例,详细分析了工程现状存在的问题,深入研究了基于生态河湖理念下的水环境综合治理方法,并提出了具体的湖泊治理工程措施。本次整治通过采取工程性治理措施解决了上下湖的水环境、水生态问题,促进了沿湖地区的可持续发展,推进了丹徒区的生态河湖建设,可为类似的湖泊水环境整治工程提供借鉴。

【关键词】 上下湖;生态河湖;水环境治理;水生态修复

中图分类号:TV213.4　　**文献标志码:B**　　**文章编号:2096-0131(2022)07-047-05**

Study on comprehensive treatment method of lake water environment under the concept of ecological rivers and lakes

CHEN Jie

(*Zhenjiang City Dantu District Guyang Town Water Conservancy and Agricultural Machinery Service Management Station*, *Zhenjiang* 212100, *China*)

Abstract: Shangxiahu Lake is one of the tributaries of the Beijing-Hangzhou Grand Canal, with serious siltation and fragile ecological environment. In order to solve the ecological environment problems of lakes, this paper takes the comprehensive improvement project of upper and lower lakes in Dantu District as an example, analyzes the existing problems of the project in detail, deeply studies the comprehensive treatment methods of water environment based on the concept of ecological rivers and lakes, and puts forward specific measures for lake treatment. The results show that the water environment and ecological problems of upper and lower lakes have been solved by this renovation project, and the sustainable development of lakeside areas has been promoted, and the construction of ecological rivers and lakes in Dantu District has been promoted, which can provide reference for similar lake water environment renovation projects.

Key words: Shangxiahu Lake; ecological rivers and lakes; water environment treatment; water ecological restoration

随着人类社会的不断进步发展,生态文明建设已在各行各业引发足够的重视。在水利行业河湖治理领域践行生态文明方面,多年来全国各地已积累了不少经验,江苏作为水利大省积极推动生态河湖建设,

收稿日期:2022-02-10

作者简介:陈杰(1977—),男,工程师,学士,主要从事水利工程管理工作。

2015—2019 年，省内生态河湖建设发展迅速。2017 年，江苏省政府出台《江苏省生态河湖行动计划（2017—2020 年）》，省内各地开始深入推动生态河湖建设工作[1]。

上下湖位于镇江市丹徒区境内，自围水成湖以来未实施过清淤，淤积严重，沼泽化趋势明显，湖面萎缩，水环境质量较差。为响应江苏省生态河湖建设工作，改善上下湖水环境、水生态问题，2021 年 1 月丹徒区谷阳镇启动对上下湖水环境的整治工作。本文以丹徒区上下湖水环境综合整治工程为例，在深入分析流域现状问题的基础上，研究生态河湖理念下的湖泊综合整治方法，探讨相应的工程治理措施，以推进生态河湖建设蓬勃发展。

1　上下湖流域概况

上下湖地处丹徒区中心河支流芝麻沟上游，位于谷阳镇湖滨村、华村、庄泉村境内，属太湖流域湖西区中心河片区，地理位置见图 1。上下湖历史悠久，受地形条件的影响，地壳运动、降雨径流冲刷与人类活动等诸多因素综合作用，上游山丘区来水汇流冲积，地势低洼的局部地区逐渐形成浅水草型湖泊，主要功能为防洪除涝、灌溉供水、水产养殖等。

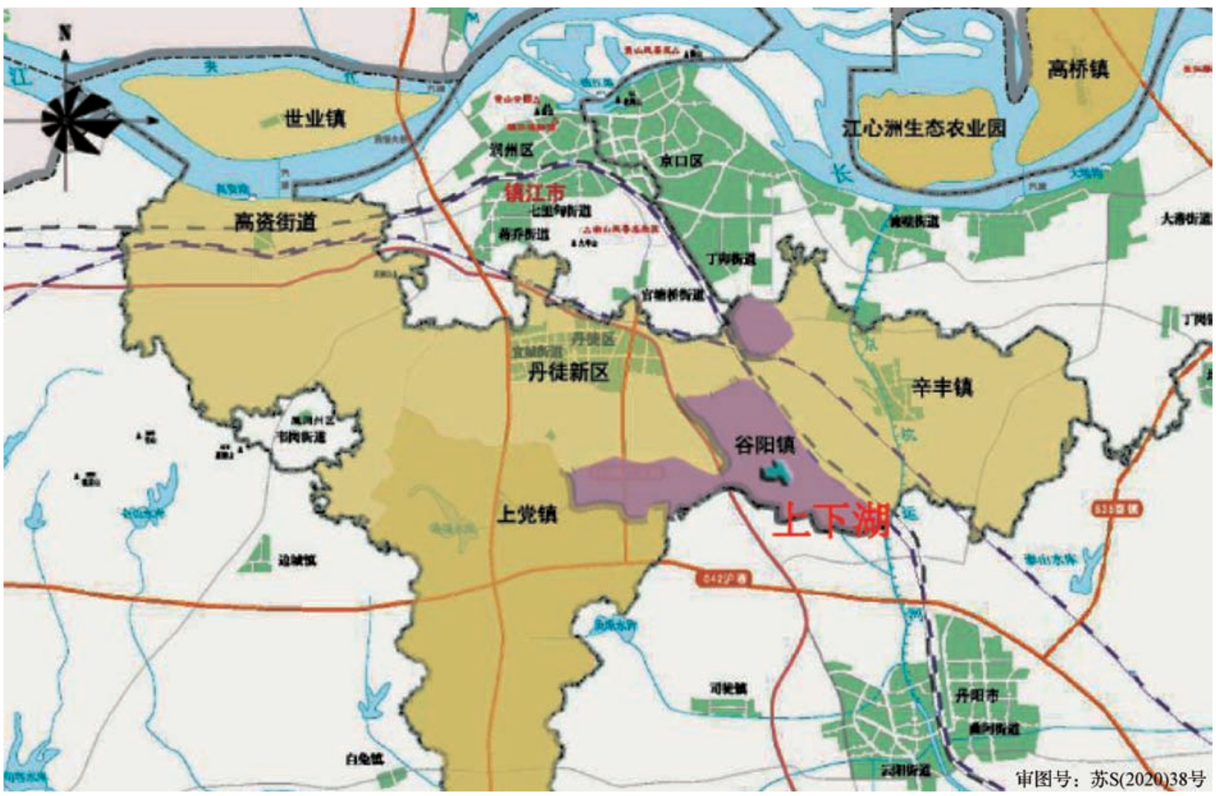

图 1　上下湖地理位置

上下湖位于中心河下游片区，现状湖泊水域面积 0.28km^2，正常蓄水位 7.53m（1985 国家高程系，下同），相应库容 21 万 m^3，湖泊集水面积为 18.85km^2，主要入湖河道有跃进河、南岗河、华村沟。暴雨期间，上下湖上游 18.85km^2 山丘区洪水由跃进河、南岗河、华村沟进入上湖，经湖泊调蓄后，再由上湖闸、滚水坝下泄至下湖湖心河流入中心河，最终汇入京杭大运河。

上下湖位于北亚热带季风气候区，气候温暖湿润、光照充足、热量丰富、雨量充沛、无霜期长。受大陆、海洋和来自南北天气系统的影响，气候复杂，年际间变化较大。年平均气温为 16.8℃，年平均风速 1.8m/s，夏季主要为东风、东南风，冬季为东北风，年平均湿度 75%，年平均无霜期 246 天，年平均降雨日 134 天，年最大降雨量 1618mm，年最小降雨量 505mm，年平均降雨量 1021mm，日最大降雨量 329mm。

2　上下湖治理的意义

2.1　改善生态环境

现状上下湖的水质问题愈发严重,极大程度上影响了周边及下游京杭大运河的水质和水环境。现状自由水面0.41km²,正常蓄水位下水资源总量21万m³,通过本次综合治理工程的实施,可削减COD 6.00t,总磷0.30t,总氮0.06t,氨氮0.30t,面源污染削减率为50%,有效增加了湖泊水环境容量,促进了水体恢复自净能力,推动了水系良性循环和水生态平衡,恢复了湖泊生态功能。继而实现了上下湖的景观、休闲功能,显著改善了周边及下游区域生态环境和投资环境,优化了周边居民居住环境,提升了人们生活满意度和幸福感。

2.2　促进沿湖地区可持续发展

近年来,上下湖水质和水量都不能满足沿湖地区的用水需求,制约了水资源的开发利用和沿湖地区经济社会的可持续发展。通过本次湖泊生态清淤,可以增加湖泊蓄水容量约40万m³,改善水质和水环境,对可持续开发利用湖泊资源,提高湖泊周边灌溉范围内灌溉保证率,提高人民经济收入,促进沿湖地区经济可持续发展具有重要意义。

2.3　推进丹徒区生态河湖建设

水是生态环境的控制性要素,湖泊是水资源的重要载体。然而长期以来由于人类活动的加剧,上下湖水质日益恶化,超出了湖泊本身所能承载的能力,湖泊得不到休养生息的机会,生态系统遭到破坏。上下湖水环境综合整治工程是区域防洪除涝和灌溉的需要,也是落实湖泊保护条例以及保护规划措施要求的具体体现。有序地推进湖泊清淤和退圩还湿工作,从源头上让湖泊水域不萎缩、功能不衰减、生态不恶化,对于改善水生态环境,保障河湖综合功能等具有重要意义,也是切实践行生态河湖理念、推动生态河湖建设的重要举措。

3　上下湖流域存在的主要问题

3.1　水质、水环境问题突出

由表1列出的近几年间上下湖的水质监测数据可知,上下湖水质为Ⅳ类~劣Ⅴ类,水质总体较差,并且存在不断劣化的趋势,主要超标项目为总磷。

表1　上下湖水质状况

年份	水质	超标项目
2014	Ⅳ类	
2015	Ⅳ类	
2016	Ⅴ类	
2017	Ⅴ类	
2018	Ⅴ类	
2019	劣Ⅴ类	氨氮、总磷
2020	Ⅳ类	总磷

此外,上下湖集水范围内大部分村庄缺乏生活污水处理设施,农村污水无序排放,未经处理的污水、动物粪便等直接排入湖泊,加剧水体恶化,严重影响了水体水环境和生活环境。

3.2　内源污染严重

湖泊淤积,淤泥深度范围在0.5~2.1m。淤泥中沉积的污染物释放,产生一定的内源污染。随着有机颗粒物质的不断沉积,底泥受到扰动时,营养盐会短期爆发性地释放到水体中造成水体污染。依据上下湖水生态调查数据,按照《地表水资源质量评价技术规程》(SL 395—2007)要求,采用高锰酸盐指数(I_{Mn})、总磷(TP)、总氮(TN)、叶绿素a和透明度5个指标对上下湖营养状态开展评价,各阶段结果见表2。

表2　上下湖营养化评价

时间	各指标分值					总评分值	评价结果
	TP	TN	叶绿素a	I_{Mn}	透明度		
2021年3月	59.0	55.2	44.9	57.5	60.0	55.8	轻度富营养
2021年6月	60.8	65.4	43.7	60.5	60.0	58.6	轻度富营养
2021年9月	51.0	58.4	43.5	61.5	60.0	55.4	轻度富营养
2021年11月	70.4	63.6	43.6	61.5	60.0	60.3	中度富营养

由表2可以看出，上下湖在2021年3—11月期间的水体营养化程度逐渐加重，11月时已呈现中度富营养化状态。富营养化水体底泥表层0～3cm处沉积有大量蓝藻休眠体和蚊蝇虫卵，受到风浪作用会从底泥中悬浮起来，释放到湖泊水体中成为新的污染源。

3.3 水生态环境状况堪忧

上下湖现状主要水生生物为鱼类、螺类、芦苇、水草等。历史上湖泊湿地面积为0.64km²，但在沿湖村庄的人类活动影响下，湿地资源锐减，水生生物生境遭到破坏，鸟类、野生鱼类减少，现状水面存在大面积被水葫芦覆盖的现象，水生态环境面临严峻挑战。

由于湖面水葫芦的存在，水体中氧气缺乏，水生动植物生存困难。图2显示了2014年与2019年上下湖浮游藻类及浮游动物检测数量的对比情况。近年来，浮游动植物种类缩减较为明显，浮游藻类从8门46属71种下降至6门35属64种，生物多样性遭到破坏。

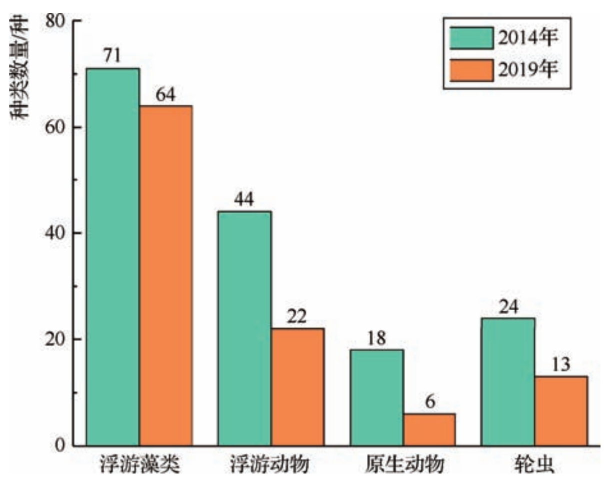

图2 上下湖浮游藻类及浮游动物变化情况

3.4 调蓄能力不足

上下湖地处丹徒区中心河支流芝麻沟上游，集水面积总计18.85km²，是该区域重要的调蓄湖泊，上游山洪经湖泊调蓄后下泄中心河。沿湖岸带现状利用方式主要为围埂养殖，下游围垦面积达675亩，上下湖湖泊面积比历史上缩减了62%，极大程度上削弱了湖泊的蓄洪调洪能力。

4 水环境综合治理方法

以生态河湖理念为基础，湖泊治理过程中有八项重点工作需要予以重视，分别为：保障水安全、保护水资源、防治水污染、治理水环境、修复水生态、建设水文化、管护水工程以及创新水制度[2]。

湖泊水环境综合治理方法见图3。首先以问题为导向，分析现状存在的突出问题；其次从源头出发，结合当地区域的实际情况，以八项重点工作为基础，提出全方位系统性的治理方法，包括工程措施以及非工程措施，确保生态河湖理念贯彻落实到全阶段各个过程中；最后以八项重点工作作为生态河湖建设效果评价指标，对治理效果进行评价[3]。

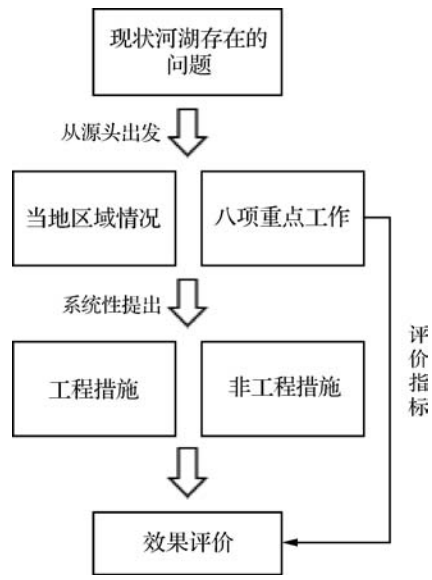

图3 水环境综合治理方法示意图

针对上下湖目前存在的主要问题，本文从工程设计的角度出发，结合水安全保障、水资源保护、水污染防治、水环境治理及水生态修复5项重点工作，主要探讨上下湖水环境综合治理的工程修复措施。

5 工程治理措施

5.1 上湖生态清淤

为了去除底泥污染，解决水体富营养化的问题，同时保障良好的水质和充足的水量以满足上湖应急抗旱需要，本次上湖生态工程主要采用水下湿法施工。考

虑到上下湖历史上的平均高程 4.6m,现状高程 6.4 ~ 6.9m,浮淤约 0.4 ~ 0.6m,多年来总沉积深度约 2.1m,本次设计清淤深度 1.2m,湖底设计高程 5.5m。由于绞吸式清淤具有开挖精度高、扰动小、可以避免二次污染,清淤效率高、效果好等一系列优点,尤其适用于河湖的生态清淤,故本工程采用对底泥扰动较小、污染少的绞吸式挖泥船对上湖进行生态清淤。

上湖生态清淤底泥采用泥泵和排泥管线排出,弃土区设置在湖泊北侧原华村窑厂废弃厂区内。排泥管沿上湖东侧华联路绿化带布置,淤泥在弃土区利用现状废弃坑塘堆放,坑塘南侧疏通现状小沟道,与下游跃进河支流连通。为了防止淤泥造成二次环境污染,在弃土区开挖淤泥净化沉淀池对淤泥进行净化处理。淤泥经吸泥泵吸出后由全封闭排泥管线输送到排泥场,再进行无害化处理,沉淀处理后的上清液经过跃进河回流入上湖。上湖生态清淤布置见图 4。

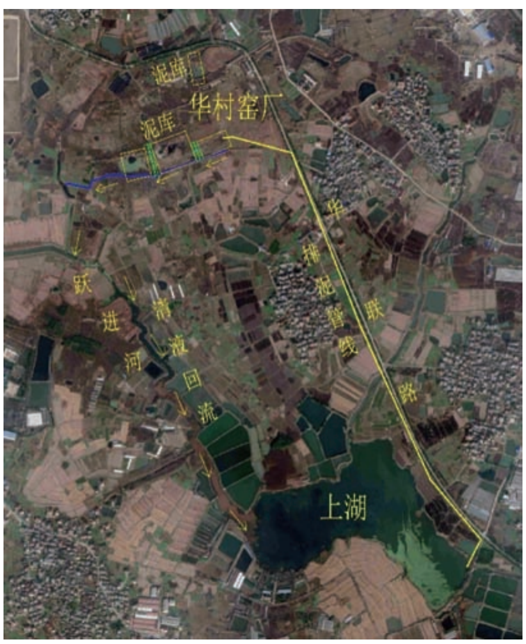

图 4　上湖生态清淤平面布置

5.2　村庄污水收集处理

上湖周边部分村庄的污水处理系统目前处于自由散排状态,不经处理(或简易处理后)就近排入河道,容易造成水体恶化发臭,影响村容村貌及居民生活环境。为了有效解决污水收集排放问题,本工程基于三大基本原则:分类收集,资源利用;因村制宜,有效治理;低碳节能,稳定易管,通过比选优化,制定了污水治理方案。

考虑到项目区范围内村庄居民居住较为集中、距离城镇污水管网远,本工程污水收集方式采用相对集中处理模式。每户居民设 1 座三格式化粪池,沿村庄内现状道路或空地铺设污水管道,每村根据居民量设 1 ~2 台智能净化槽设备(设备处理能力 10 ~ 30m^3/d)。污水由化粪池初步收集,通过污水管网收集输送至净化槽处进行集中净化处理。污水经处理达标后排入河道或水塘,排放标准执行江苏省地方标准《村庄生活污水治理水污染物排放标准》(DB32/T 3462—2018)一级 A 标准。项目区内河网沟渠纵横,河道及沟渠经过整治后完全能满足排涝要求,因此雨水采用农户间自然散排后经雨水管排入河道中。

5.3　区域生态修复

生态修复的目的是创造一个健康的湖畔生活系统。本次工程治理建立滨湖植被缓冲保育带,控制水土流失,防止岸坡冲刷,拦截部分农田氮、磷等物质进入水体,美化湖周生态景观。整合湖泊滨岸带的水陆自然景观特色,增加垂挂植物如柳树,色叶植物如乌桕、银杏、鸡爪槭等,来强调植物的色彩季相变化和种植亮点,形成独特的上下湖湿地自然生态景观。

开展湿地修复,科学种植挺水、浮水和沉水植物,水中设生态浮岛和曝气装置,拦截、吸收、吸附污染物,增加水体中氧气含量及水体流动性,改善水质,保护和修复湿地水体环境,提升湖泊的生态性和景观效果。

5.4　下湖退渔还湿

由于历史原因,下湖目前开发为鱼池 675 亩,养殖鱼虾等水产品。片区内基本无永久性建筑物和居住人口,该片区鱼塘周边以高地自然为界,局部为低洼地,区域相对密封,对周边的影响也较小。

本次退渔还湿工程中,通过拆除围埂、暗堤,恢复下湖自由水面至 0.47km^2(原下湖自由水面 0.41km^2),区域开挖至 5.0m 高程,并进行底质修复与改造,确保水生动植物拥有足够的生存空间。 (下转第 57 页)

DOI:10.16616/j.cnki.10-1326/TV. 2022.07.11

水生植物种植对小哑叭河洪水入库水质影响研究

程　程　郑海龙　佟　玲

(北京市南水北调大宁管理处,北京　102442)

【摘　要】 大宁调蓄水库库北小哑叭河平时无水,在汛期常常出现雨洪水汇流入库,但汇水水体由于夹杂草木和部分生活污水,水质较差,影响了库区水质安全。为解决此问题,尝试在河流入库口处种植水生植物,使河水经水生植物处理后再入库,以期改善入库水质。通过对比分析2019年汛期4次小哑叭河汇流入库雨洪水水质和水库水质变化情况,以及2019年种植水生植物与2018年未种植水生植物库区水质数据,发现大宁调蓄水库库北水生植物的种植对于水库水质保护有积极作用,水生植物种植对总氮含量有较为明显的降低效果。其经验可为其他类似水库提供参考。

【关键词】 水生植物;水质;小哑叭河;大宁水库

中图分类号:TV213.4　　文献标志码:B　　文章编号:2096-0131(2022)07-052-06

Study on the influence of aquatic plant planting on the water quality of flood storage in Xiaoyaba River

CHENG Cheng, ZHENG Hailong, TONG Ling

(*Beijing Daning Management Division of South-to-North Water Transfer Project*, *Beijing* 102442, *China*)

Abstract: The Xiaoyaba River in the north of Daning Reservoir usually has no water, and rain and flood often converge into the reservoir during the flood season, however, the water quality of the collecting water body is poor because of the inclusion of vegetation and some domestic sewage, which affects the water quality safety of the reservoir area. To solve this problem, we try to plant aquatic plants at the entrance of the river, so that the river water can be treated by aquatic plants before being put into storage, in order to improve the quality of the incoming water. By comparing and analyzing the changes of water quality of rain and flood in the confluence of Xiaoyaba River in 2019, and the water quality data of the reservoir area where aquatic plants were planted in 2019 and no aquatic plants were planted in 2018, it was found that the planting of aquatic plants in the north of Daning Reservoir has a positive effect on the water quality protection of the reservoir, and the planting of aquatic plants has an obvious reduction effect on the total nitrogen in the reservoir area. Its experience can provide reference for other similar reservoirs.

Key words: aquatic plants; water quality; Xiaoyaba River; Daning Reservoir

收稿日期:2022-03-01

作者简介:程程(1986—),男,助理工程师,学士,主要从事水库运行维护管理工作。

1　水库基本情况

大宁水库是原永定河滞洪水库之一，为调蓄南水北调来水、提高北京城市供水保证率，在设计北京市南水北调配套工程时，考虑将原大宁水库进行改造，使其在承担原设计防洪任务的基础上，增加调蓄的功能。大宁调蓄水库于 2011 年底改造完成，总库容 4611 万 m^3，非汛期最大可调蓄库容 3753 万 m^3，汛期最大可调蓄库容为 1006 万 m^3，现水域面积约 200 万 m^2[1]。

大宁调蓄水库库北入库河流为小哑叭河、小清河。小清河河道常年干涸，小哑叭河发源于丰台区廊坡顶一带浅山区，上游分南北两支，两支在下营村东汇合后称小哑叭河，河道流经东河沿、张郭庄等村庄，汇入大宁调蓄水库，总流域面积约 $20km^2$。小哑叭河上游地处山区、半山区地带，下游地处平原区，属季节性行洪河道，在汛期常有雨洪水汇流入库，是大宁调蓄水库水质保护的潜在风险[2]。

在水库改造工程设计时，已考虑到了小哑叭河入库河水可能引起的水库水质风险，原设计方案中包含了小哑叭河新挖河道工程，但在建设过程中，由于征地、拆迁等原因，工程未能实施，且未来实施的难度仍然较大。因此，需考虑使用非工程措施解决入库河水水质问题。运用生态的办法解决入库水质问题，工程难度低，实施方便，且能丰富生物多样性，具备多种使用功能。在水陆交错带建立植被缓冲区是大宁调蓄水库解决河水入库水质问题的首选[3]。

2　水生植物的选取和种植

为实现防止水土流失、涵养水源、阻隔污染物入库、净化水质、美化环境的目的，在植被缓冲区种植水生植物时需充分考虑水生植物的不同特点。拦蓄地表径流、涵养水源需要根系较为发达的植物，浓密的冠幅和较大的种植密度也有利于防止降雨直接冲击地表。美化环境和净化水质的要求需要考虑植物不同季节的生长状态和耐水性。在配置过程中也要充分考虑挺水植物与沉水植物的交错配置，营造错落有致的景观，遵循因地制宜原则。植物种类以乡土植物为主，既可避免“外来物种”入侵的风险，同时具有易于管理、价格较低等优势。选取的水生植物特征见表 1。

表 1　已选水生植物的特性

种　类	植物名称	基本特征及生境条件
沉水植物	苦　草	多年生的无茎沉水草本，长度可达到 2.0m，长于底质硬而贫瘠的水底，水深 1.5 ~ 2.0m 以内，适合于底层生长
	眼子菜	多年生的沉水或浮水草本，茎细长可达 1m。能生于质硬的湖泊，常在水深 1.5m 以内，能克服低透明度和水深的影响
	黑　藻	多年生沉水草本，茎长 0.5 ~ 0.8m，喜光、耐高温，断株的再生能力强。可以在淤泥或富含腐殖质的泥沙中生长，长于水深 0.8 ~ 2.0m 以内时，对透明度的要求高
	狐尾藻	多年生的沉水草本，茎长 0.5m 左右，夏末初秋开花，可越冬生长，长于砂砾基质上，水深 2m 以内
挺水植物	芦　苇	多年生的挺水草本，匍匐根状茎发达，适合在疏松的基质上生长，多生于低湿地或浅水中
	黄花鸢尾	多年生草本，植株基部有老叶残留的纤维，根状茎粗壮，斜伸；须根黄白色、少分枝、有皱缩的横纹
	香　蒲	香蒲广泛分布于全国各地，生长于池塘、河滩、渠旁等地，常成丛、成片生长，长势强健
	水　葱	多生长在湖边或者浅水区

2019 年 5 月，在库北小哑叭河出口水陆交错带（水深在 0.5 ~ 1.5m 之间）种植沉水植物约 $500m^2$，种植挺水植物 $600m^2$，见图 1。

3　效果分析

3.1　水质监测情况

相关研究结果显示，雨洪入库水的五日生化需氧

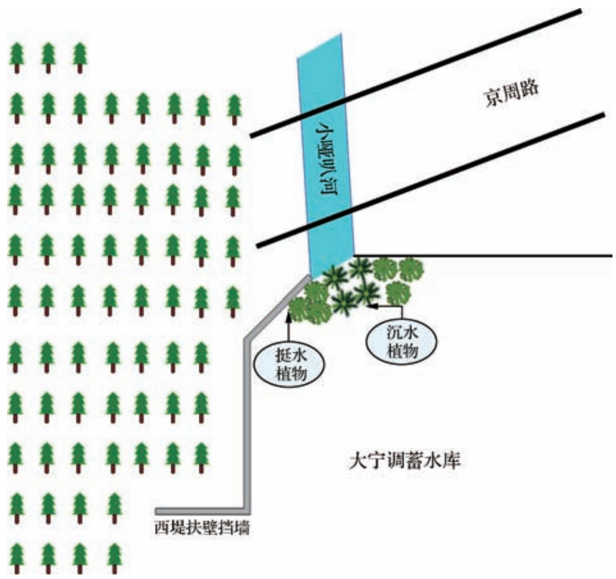

图1 种植位置示意图

量、氨氮、总氮等指标变化较大[4]。因此,检测指标选取总氮、总磷、氨氮、溶解氧等6项,监测及评价依据为《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)。水质分析严格按照水和废水监测分析方法进行,取样日期为汛期小哑叭河发生汇流入库当日,取样点选择小哑叭河入库口处,库区取样点为近库中心位置。2019年7月和8月共进行4次汇水水质检测,详细情况见表2。根据表3中数值标准分析表2中数据可知,汇水水质中总氮数值较高,已超过地表水Ⅴ类限值,化学需氧量、五日生化需氧量超过地表水Ⅳ类限值,其余项目数值未超过地表水Ⅳ类限值,但也应重点关注入库河水中总氮、化学需氧量、五日生化需氧量等主要污染项目变化情况。

表2 小哑叭河入库水质监测数据

日期	2019年7月14日	2019年7月22日	2019年8月9日	2019年8月20日
总氮/(mg/L)	10.20	9.95	11.40	10.45
总磷/(mg/L)	0.26	0.25	0.29	0.25
氨氮/(mg/L)	0.51	0.52	0.49	0.63
化学需氧量/(mg/L)	30.00	30.60	32.10	33.60
五日生化需氧量/(mg/L)	3.30	5.50	4.50	6.20
溶解氧/(mg/L)	3.56	4.87	2.98	3.56

表3 地表水环境质量标准Ⅳ类、Ⅴ类基本项目标准限值

项目名称	Ⅳ类限值	Ⅴ类限值
总氮/(mg/L)	1.5	2.0
总磷/(mg/L)	0.3	0.4
氨氮/(mg/L)	1.5	2.0
化学需氧量/(mg/L)	30.0	40.0
五日生化需氧量/(mg/L)	6.0	10.0
溶解氧/(mg/L)	3.0	2.0

3.2 结果分析

将7月14日、7月22日、8月9日、8月20日的入库水质检测情况与大宁调蓄水库的8月、9月水质检测值进行对比(见图2~图7),结果显示,小哑叭河入库水中的总氮含量在9.95~11.40mg/L之间,总磷含量在0.25~0.29mg/L之间,氨氮含量在0.49~0.63mg/L之间,溶解氧含量在2.98~4.87mg/L之间,化学需氧量在30.00~33.60mg/L之间,五日生化需氧量在3.30~6.20mg/L之间;但8月、9月大宁调蓄水库的库区水质监测结果显示,总氮含量未超过0.50mg/L、总磷含量未超过0.025mg/L、氨氮含量未超过0.50mg/L、溶解氧大于6.00mg/L、化学需氧量小于15.00mg/L、五日生化需氧量小于3.00mg/L。说明在汇流后,水库的水质并未有大幅度的波动情况,汇水经生态种植区净化截留后进入水库,去除了部分污染物,同时,水生植物本身发挥了一定的净化的效果,汇水在植物区经过吸收、沉淀、净化后流入水库,对水库水质指标影响较小。

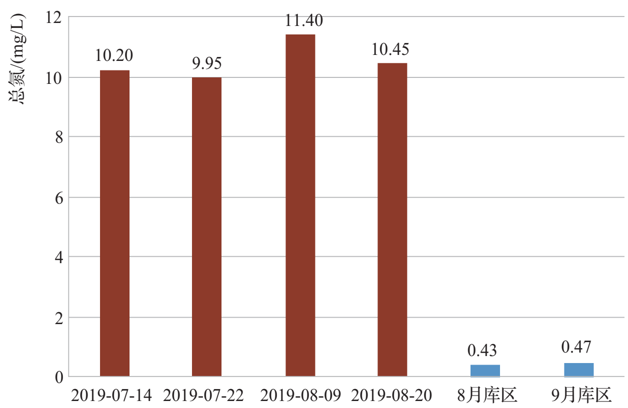

图2 总氮监测对比

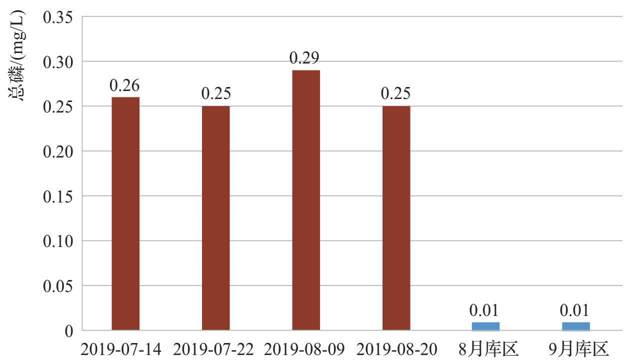

图 3　总磷监测对比

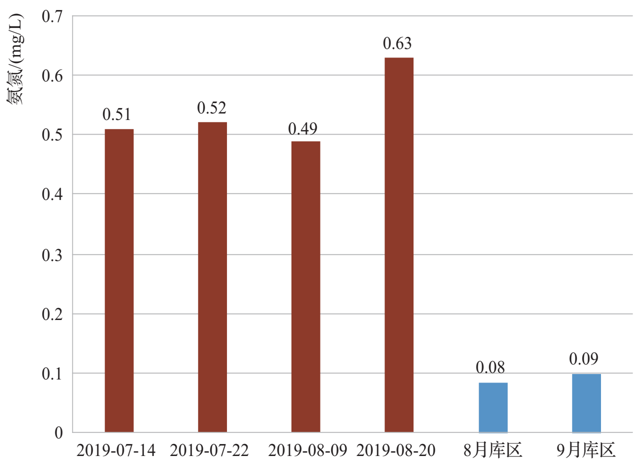

图 4　氨氮监测对比

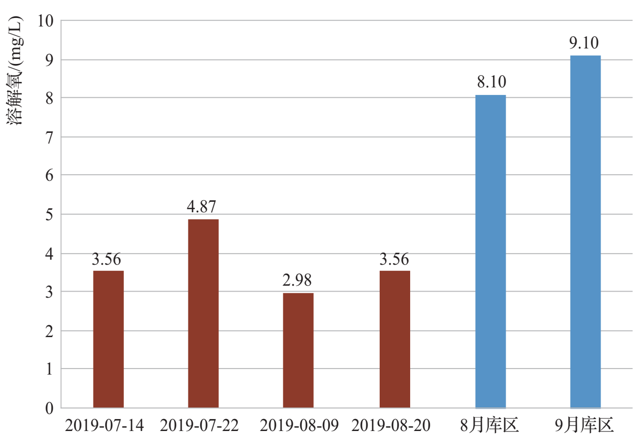

图 5　溶解氧监测对比

2019 年和 2018 年水库调度运行情况较为规律，蓄水量没有大幅变化，相关环境因素影响较低，可以认为两年环境条件接近。2019 年种植水生植物后，与 2018 年未种植水生植物相比，库区水质在总氮（TN）、总磷

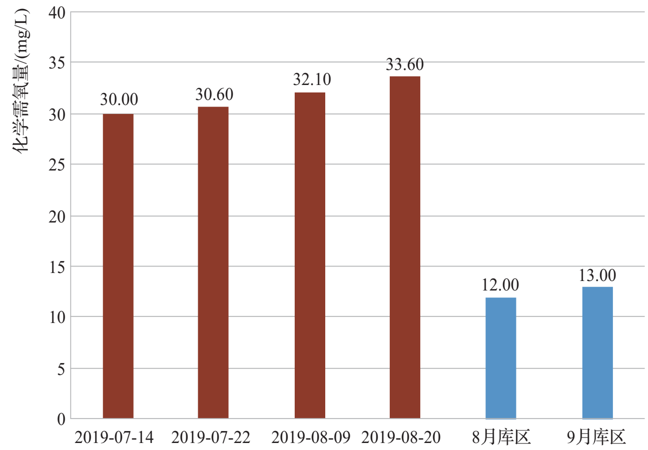

图 6　化学需氧量监测对比

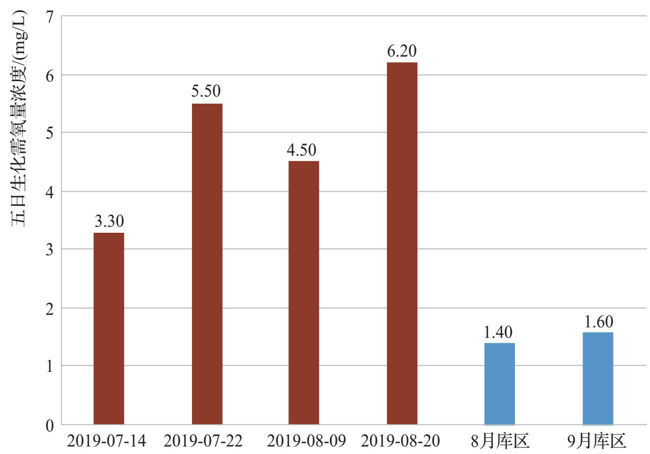

图 7　五日生化需氧量监测对比

（TP）、氨氮等指标方面的变化见图 8 ~ 图 13。2019 年的总氮值普遍低于 2018 年，其他指标两年变化趋势不显著，说明水生植物对氮的吸收作用较强，但在水质较好的情况下，水生植物没有明显消除水体中有机物的效用。

图 8　库区总氮变化

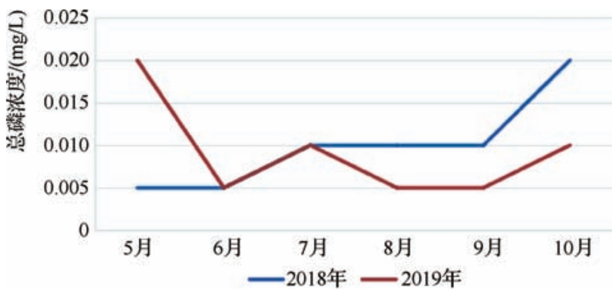

图9 库区总磷变化

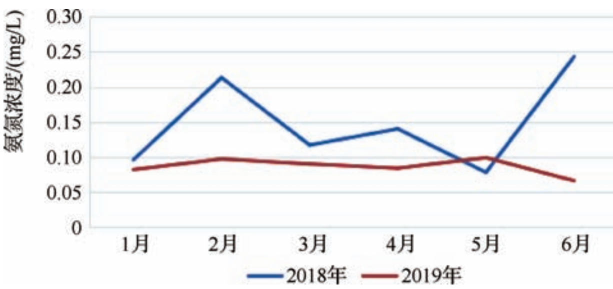

图10 库区氨氮变化

图11 库区化学需氧量变化

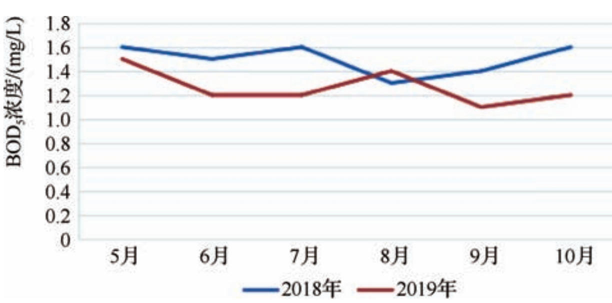

图12 库区五日生化需氧量变化

图13 库区溶解氧变化

4 讨论和建议

4.1 增加水生植物的种植面积

种植水生植物,可以在一定程度上削减、截留、净化雨洪污染物,有利于水库的水质保护[5]。在库区小哑叭河汇流入口处持续开展水生植物种植,有条件的情况下,可于小哑叭河入库口断面向河道上游种植吸附营养盐能力强的水生植物,利用河道内水生植物去除河水中污染物,延长径流和生活污水在河道中的停留时间,使泥沙等颗粒态污染物沉降[6]。同时,增加库区种植水生植物的面积,利用植物吸收水体中氮磷等营养成分;再利用培育的植物和土壤微生物转化、降解和吸收水体中污染物,进一步加强库区水质的保护。

4.2 进一步研究水生植物对有机物的去除效果

水生植物可以直接吸收水体中有机污染物。以往的大量实验数据表明,水生植物对有机污染物有削减作用。亲水性有机污染物易被植物直接吸收,疏水性有机污染物则被根系表面吸附,由根系膜或微生物降解有机污染物。2019 年小哑叭河入库口种植水生植物后大宁水库水质 COD、BOD_5数值并未比 2018 年未种植水生植物时明显降低,说明种植水生植物后并未产生明显的去除有机污染物作用[7-9]。因此建议:一是对大宁调蓄水库有机污染物进行化学分析,针对有机污染物种类种植水生植物;二是研究水体有机污染物浓度与植物去除效果的关系,以往相关文献中进水或原状水 COD、BOD_5数值至少是本文数值的 5 倍,在较低 COD、BOD_5数值的水体中,水生植物对有机污染物的转化、降解是否存在作用减弱、效率降低的问题,还有待进一步研究。

4.3 研究水生植物对库区藻类的影响

水库水体相对静止,在温度适宜、营养盐丰富的情况下,浮游植物容易大量生长,从而降低了水体透明度,存在发生水华的风险[10]。种植水生植物,通过不同水生植物的化感作用,可抑制藻类生长。建议下一步库区水质监测指标中加入叶绿素含量这一指标,分

析水生植物对库区藻类的影响。

5　结　语

用生态方法解决水质问题，是对水环境改善方法的有益探索，是未来全面实现水生态修复的重要手段。用生态的手段提升河湖的环境质量，保护、改善和修复区域水生态，也是实现城市水源地有效保护的重要路径之一。逐步恢复河滨带、库滨带等自然生态系统，改善湖库、河岸生态微循环，提高水体自净功能，统筹岸线景观建设，打造功能复合、开合有致的滨水空间，提升河道的亲水性，以满足市民休闲、娱乐、观光等多种需求，也将成为城市河湖未来发展的方向。

参考文献

［1］ 北京市水利规划设计研究院. 北京市南水北调配套工程大宁调蓄水库工程初步设计报告［R］. 2009.

［2］ 任玉芬，黄俊雄，徐华山，等. 城市化对小哑叭河集水区场次洪水过程的影响［J］. 北京水务，2020(2)：25-28，37.

［3］ 李凯，程金花，陈仲旭. 密云水库库滨带不同植被配置下面源污染特征分析［J］. 生态环境学报，2019，28(6)：1183-1192.

［4］ 孙昊苏，王昕然，马寅男，等. 大宁调蓄水库"7・20"洪水入库影响分析［J］. 北京水务，2017(5)：30-33.

［5］ 同谦，徐华山，孟红旗，等. 滨河湿地生态系统服务功能形成机制与恢复理论研究：以小浪底大坝下游滩区为例［M］. 北京：科学出版社，2016：15.

［6］ 李先会. 水生植物—微生物系统净化水质效应研究［D］. 无锡：江南大学，2008.

［7］ 吴振斌，等. 水生植物与水体生态修复［M］. 北京：科学出版社，2011：104-105.

［8］ 杨小蛟. 基质与水生植物对生活污水处理效果的研究［D］. 保定：河北农业大学，2018.

［9］ 付云蕾. 三种常见水生植物对皮革废水净化效果研究［D］. 阜新：辽宁工程技术大学，2020.

［10］ 孙昊苏，李垒. 大宁调蓄水库水生态监测成果分析及评价［J］. 水资源开发与管理，2019(6)：12-18.

（上接第 51 页）

修复挺水、浮水和沉水植物生态系统，构建湿地食物网系统，提高湖泊湿地生态系统的自我调节与恢复能力。同时，新建双孔下湖闸，用以满足上下湖对洪水调蓄的要求。

6　结　语

上下湖承担着区域洪水蓄洪削峰的作用，同时也与下游地区水环境息息相关。针对上下湖现状存在的突出问题，通过实施上湖生态清淤、改造村庄污水收集处理系统、修复区域生态系统及下湖退渔还湿等工程措施，显著改善了湖泊周边及下游区域的水质和水环境。因此，基于上下湖治理工程，本文提出的生态河湖理念下的湖泊水环境综合治理方法是切实可行、行之有效的，能够为类似工程提供一定的参考。

参考文献

［1］ 杨艳慧，唐德善. 江苏省生态河湖建设效果评价［J］. 水电能源科学，2021，39(8)：61-65.

［2］ 陈杰. 江苏生态河湖建设的实践与经验［J］. 唯实，2019(6)：8-10.

［3］ 胡琦玉，陈文权. 南京市生态河湖建设的实践与思考［J］. 水利规划与设计，2020(8)：23-29.

DOI:10.16616/j.cnki.10-1326/TV. 2022.07.12

三种检测水中硝酸盐氮方法的比较研究

殷哨飞

(安徽省阜阳水文水资源局,安徽 阜阳 236000)

【摘　要】 为了探究水中硝酸盐氮检测方法的优劣,本文对目前化验室常用的3种硝酸盐氮检测方法的原理、操作及水样测定结果进行了对比分析。结果表明,3种方法的标准曲线相关系数、精密度和准确度均能满足水环境监测规范的质控要求;紫外分光光度法的仪器操作简单,检测成本低廉但步骤烦琐;离子色谱法的仪器自动化程度高,能够有效地节省检测人力,并能够同时检测水样中多种阴离子的含量,但不适合大批量检测;气相分子吸收光谱法在检测人力、仪器操作和使用成本上介于另外两种方法之间。该研究成果可为检测人员选择合适的检测方法提供参考。

【关键词】 紫外分光光度法;离子色谱法;气相分子吸收光谱法;硝酸盐氮检测

中图分类号:X832　　文献标志码:A　　文章编号:2096-0131(2022)07-058-04

A comparative study of three methods for detecting nitrate nitrogen in water

YIN Shaofei

(*Anhui Fuyang Hydrology and Water Resources Bureau*, *Fuyang* 236000, *China*)

Abstract: In order to explore the advantages and disadvantages of nitrate nitrogen detection methods in water, this paper compares and analyzes the principles, operations and water sample determination results of three commonly used nitrate nitrogen detection methods in laboratories. The results show that the correlation coefficient, precision and accuracy of the standard curves of the three methods can meet the quality control requirements of the water environment monitoring standard. The instrument of ultraviolet spectrophotometry is simple to operate, and the detection cost is low, but the steps are complicated. Ion chromatography has a high degree of automation, which can effectively save detection manpower and simultaneously detect the contents of various anions in water samples, but it is not suitable for mass detection. Gas-phase molecular absorption spectrometry is between the other two methods in terms of detection manpower, instrument operation and use cost. The research results can provide reference for testing personnel to choose appropriate testing methods.

Key words: ultraviolet spectrophotometry; ion chromatography; gas phase molecular absorption spectrometry; nitrate nitrogen detection

水中硝酸盐氮是含氮有机物氧化分解的最终产物,进入人体后会被转化成亚硝酸盐氮,进而对人体造成缺氧、癌变、畸形等危害[1],因此检测水中硝酸盐氮具有十分重要的意义。随着科学技术的发展,检测技

收稿日期:2022-01-19

作者简介:殷哨飞(1992—),男,助理工程师,学士,主要从事水环境监测与评价工作。

术日新月异,硝酸盐氮的检测方法越来越多样化,目前化验室常用的检测方法有 3 种,分别为紫外分光光度法[2]、离子色谱法[3]和气相分子吸收光谱法[4-5]。本文通过对比以上 3 种方法的原理、检测步骤、测定结果等,分析 3 种检测方法的优劣,为水中硝酸盐氮检测方法的选择提供参考。

1 实验部分

1.1 方法原理

《硝酸盐氮的测定 紫外分光光度法》(SL 84—1994)是利用硝酸根离子仅在 220.0nm 波长处有特征吸收而进行的定量测定,而水中溶解的有机物在 220.0nm 和 275.0nm 波长处均有吸收,所以需要对 275.0nm 的吸光度再次进行测量,以校正硝酸盐氮的值。另外还需对水样的色度和浊度进行处理,进一步消除水中杂质对硝酸盐氮的干扰。

《水质 无机阴离子(F^-、Cl^-、NO_2^-、Br^-、NO_3^-、PO_4^{3-}、SO_3^{2-}、SO_4^{2-})的测定 离子色谱法》(HJ 84—2016)是利用阴离子色谱柱将水中的阴离子分离出来,通过抑制型电导检测器进行检测,根据保留时间对离子进行定性,以峰面积进行定量。该方法可以同时对水样中多种阴离子进行分离测定[6],因而所需的分离测定时间较长,一般检测单个水样的时间约为 20min。

《水质 硝酸盐氮的测定 气相分子吸收光谱法》(HJ/T 198—2005)是在 2.5mol/L 盐酸介质中,于(70 ± 2)℃下,利用三氯化钛将硝酸盐还原分解成 NO,再用载气将生成的 NO 载入气相分子吸收光谱仪的吸光管中,在 214.4nm 波长处测得的吸光度与硝酸盐氮浓度遵守比尔定律。在检测水样前需对水样中的亚硝酸根离子以及有机物进行处理,以减少对硝酸盐氮的干扰。

1.2 仪器与试剂

实验所需的仪器和试剂见表 1。

表 1 3 种方法所需的仪器和试剂

测定方法	紫外分光光度法	离子色谱法	气相分子吸收光谱法
主要仪器	普析 T9CS 型双光束紫外可见分光光度计	瑞士万通 ECOIC 型离子色谱仪(配备有预处理柱、过滤装置、自动进样器和自动稀释装置)	北裕 360 型气相分子吸收光谱仪(配备有自动进样器和自动稀释装置)
所需试剂	10.0% 硫酸锌溶液;5.0mol/L 氢氧化钠溶液;1.0mol/L 盐酸溶液;0.8% 氨基磺酸溶液	碳酸盐淋洗液(3.2mmol/L 碳酸钠和 1.0mmol/L 碳酸氢钠混合溶液);0.5% 硫酸溶液	6.0mol/L 盐酸溶液;10.0% 氨基磺酸溶液;15.0% 三氯化钛溶液
	硝酸盐氮标准物质(购于水利部水环境监测评价研究中心,附有证书提供规定特性值及其不确定度和计量溯源性)编号 200719,标准值:(0.890 ± 0.039)mg/L		

1.3 实验步骤

紫外分光光度法:量取 200.0mL 水样于锥形瓶中,加入 2.0mL 硫酸锌溶液,在搅拌下滴加氢氧化钠溶液至 pH = 7,待絮凝胶团下沉后,吸取上清液注入吸附树脂柱中,以每秒 1 ~ 2 滴的速度流出柱子。截取 50.0mL 中间段样品放入比色管中,加入 1.0mL 盐酸溶液和 0.1mL 氨基磺酸溶液,以 50.0mL 去离子水加入 1.0mL 盐酸溶液和 0.1mL 氨基磺酸溶液做参比,使用 1cm 石英比色皿测定水样在 220.0nm 和 275.0nm 波长处的吸光度。按照水样测定相同步骤测量系列浓度硝酸盐氮标准溶液的吸光度,绘制标准曲线,并计算水样的浓度。

离子色谱法:将配置好的淋洗液和硫酸溶液倒入仪器的试剂瓶中,将标准溶液中间液和水样放置于自动进样器上,开机待离子色谱仪基线走稳后,设置好运行方法及样品信息,直接进样即可。根据系列浓度硝酸根标准溶液的保留时间和峰面积,建立标准曲线,并计算水样中硝酸盐氮的浓度。

气相分子吸收光谱法:将配置好的盐酸溶液和三氯化钛溶液倒入仪器的试剂瓶中,标准溶液中间液和水样放置于自动进样器,打开载气并调节输出压力,再运行仪器,在对仪器进行水洗和试剂润洗后,取适量样品于进样管中,滴加2滴氨基磺酸溶液,按照设置好的分析方法和试样信息对样品进行测定。根据系列浓度硝酸盐氮标准溶液的吸光度,建立标准曲线,并计算水样中硝酸盐氮的浓度。

2 结果分析

2.1 标准曲线

分别按照3种方法的实验步骤测得的标准曲线回归方程和相关系数见表2。由表2可知,紫外分光光度法、离子色谱法和气相分子吸收光谱法的标准曲线相关系数均大于0.999,3种方法的回归方程均具有良好的线性关系。

表2 标准曲线回归方程和相关系数

检测方法	回归方程及相关系数的测量结果						
紫外分光光度法	硝酸盐氮系列浓度/(mg/L)	0	0.20	0.60	1.00	2.00	4.00
	吸光度 Abs	0.002	0.058	0.154	0.246	0.507	0.993
	回归方程	$y=0.248x+0.00278$					
	相关系数	$r=0.9999$					
离子色谱法	硝酸盐氮系列浓度/(mg/L)	0	0.40	1.20	2.00	2.80	4.00
	峰面积[μS/(cm·min)]	0	0.166	0.515	0.863	1.200	1.756
	回归方程	$y=0.438x-0.00850$					
	相关系数	$r=0.9998$					
气相分子吸收光谱法	硝酸盐氮系列浓度/(mg/L)	0	0.40	0.80	1.00	2.00	4.00
	吸光度 Abs	0.0036	0.0212	0.0407	0.0517	0.1048	0.2076
	回归方程	$y=0.052x+0.00011$					
	相关系数	$r=0.9999$					

2.2 精密度

2021年9月2日对蒙城县常兴镇茨淮新河大桥、阜阳市二水厂取水口和阜阳市三水厂取水口进行取样,分别使用紫外分光光度法、离子色谱法和气相分子吸收光谱法对3个水源地的实际水样进行6次平行测定,测定结果见表3。由表3可知,3种方法的相对标准偏差范围分别在1.1%~1.8%、0.2%~0.4%和1.2%~1.6%之间,均能满足水环境监测规范的精密度要求,其中离子色谱法的精密度相对最高。

表3 精密度测定结果

检测方法	采样断面	平行1/(mg/L)	平行2/(mg/L)	平行3/(mg/L)	平行4/(mg/L)	平行5/(mg/L)	平行6/(mg/L)	均值/(mg/L)	相对标准偏差/%
紫外分光光度法	常兴镇茨淮新河大桥	0.241	0.235	0.242	0.242	0.245	0.236	0.240	1.6
	阜阳市二水厂取水口	2.150	2.150	2.210	2.180	2.190	2.170	2.180	1.1
	阜阳市三水厂取水口	1.280	1.250	1.300	1.310	1.310	1.290	1.290	1.8
离子色谱法	常兴镇茨淮新河大桥	0.237	0.237	0.238	0.238	0.238	0.238	0.238	0.2
	阜阳市二水厂取水口	2.160	2.170	2.160	2.160	2.170	2.160	2.160	0.2
	阜阳市三水厂取水口	1.260	1.260	1.260	1.260	1.270	1.270	1.260	0.4
气相分子吸收光谱法	常兴镇茨淮新河大桥	0.239	0.238	0.243	0.244	0.241	0.245	0.242	1.2
	阜阳市二水厂取水口	2.220	2.200	2.190	2.170	2.210	2.250	2.210	1.2
	阜阳市三水厂取水口	1.310	1.310	1.320	1.350	1.330	1.360	1.330	1.6

2.3 准确度

2.3.1 硝酸盐氮标准物质的测定

使用紫外分光光度法、离子色谱法和气相分子吸收光谱法对标准值为(0.890 ± 0.039)mg/L 的硝酸盐氮标准物质进行6次平行测定,测定结果见表4。由表4可知,3种方法的相对误差范围分别在 -1.24% ~ 0.79%、-1.35% ~ -0.90%、-0.34% ~2.02%之间,均符合相对误差的质控要求。

表4 硝酸盐氮标准物质的测定结果

检测方法	有证标准物质/(mg/L)	平行1/(mg/L)	平行2/(mg/L)	平行3/(mg/L)	平行4/(mg/L)	平行5/(mg/L)	平行6/(mg/L)	相对误差/%
紫外分光光度法	0.890 ±0.039	0.883	0.887	0.897	0.891	0.884	0.879	-1.24 ~0.79
离子色谱法		0.878	0.879	0.882	0.881	0.881	0.882	-1.35 ~ -0.90
气相分子吸收光谱法		0.887	0.889	0.894	0.902	0.892	0.908	-0.34 ~2.02

2.3.2 实际水样加标回收率的测定

分别运用紫外分光光度法、离子色谱法、气相分子吸收光谱法对常兴镇茨淮新河大桥、阜阳市二水厂取水口和阜阳市三水厂取水口的实际水样进行加标测定[取1.0mL的硝酸盐氮标准溶液(100mg/L)与实际水样共100mL],测定结果见表5。由表5可知,3种方法的加标回收率分别为98.2% ~103.2%、96.4% ~98.2%和102.2% ~104.3%,均符合硝酸盐氮加标回收率的质控要求。

表5 实际水样加标回收率的测定结果

检测方法	采样断面	实际水样测定值/(mg/L)	实际水样加标测定值/(mg/L)	加标回收率/%
紫外分光光度法	常兴镇茨淮新河大桥	0.240	1.220	98.2
	阜阳市二水厂取水口	2.180	3.190	103.2
	阜阳市三水厂取水口	1.290	2.260	98.3
离子色谱法	常兴镇茨淮新河大桥	0.238	1.200	96.4
	阜阳市二水厂取水口	2.160	3.120	98.2
	阜阳市三水厂取水口	1.260	2.220	97.3
气相分子吸收光谱法	常兴镇茨淮新河大桥	0.242	1.280	104.0
	阜阳市二水厂取水口	2.210	3.210	102.2
	阜阳市三水厂取水口	1.330	2.360	104.3

3 结论

3种测量硝酸盐氮的方法在原理上有所不同,紫外分光光度法是直接测量硝酸盐氮在特定波长处的吸光度来进行定量;离子色谱法是利用阴离子色谱柱将水样中的各种阴离子进行分离,再根据硝酸根离子的保留时间和峰面积进行定量;气相分子吸收光谱法则是先将硝酸盐还原成NO,用载气将NO载入吸光管中,再测定NO在特定波长处的吸光度来定量。其中离子色谱法因需要将样品中的多种阴离子全部分离,故分离测定的时间相较另外两种方法更长,单个样品的分离测定时间约为20min,但可以同时测定多种阴离子的含量。

在检测操作方面,紫外分光光度法对于检测人员的操作要求较低,仪器的使用较为简便,检测速度快,但受到水中众多杂质的干扰需要进行絮凝沉淀、树脂吸附等样品前处理操作,因而处理步骤比较烦琐,所需的人力较多。离子色谱法所用试剂的种类和用量最少,仪器配备了过滤装置、预处理装置、自动进样器和自动稀释装置,可以对水样进行前处理,并能够自动进样和自动配置标准曲线,大大地节省了检测的人力,安全性高,但对仪器的使用要求较高,需要对仪器操作人员进行专业培训,同时所用的仪器配件费用相对另外两种方法更高,单个水样的检测时间较长,不适合大批量的紧急检测工作。气相分子吸收光谱法所用仪器与紫外分光光度法相近,仪器的使用相对简单,且配备了自动进样器和自动稀释装置,所以能够节省一定的检测人力,但试剂用量较大,并需要用到载气,所需费用较紫外分光光度法有所增加。

在测定结果方面,紫外分光光度法、离子色谱法和气相分子吸收光谱法的标准曲线相关 (下转第70页)

DOI:10.16616/j.cnki.10-1326/TV. 2022.07.13

江苏省水资源质量状况分析及提升对策研究

孔繁璠[1] 殷 鹏[2] 高鸣远[1]

(1. 江苏省水文水资源勘测局,江苏 南京 210029;
2. 江苏省水资源服务中心,江苏 南京 210029)

【摘 要】 提升河湖水资源质量是生态文明建设的重要内容,本文通过对江苏省水资源质量现状进行系统分析,探明了江苏省河流、湖泊、水库水质主要超标因子,对比分析了江苏省长江流域、太湖流域、淮河流域水资源质量状况,以及不同流域不同水体水质超标的主要原因,并有针对性地提出了河湖治理对策建议,为更精准地提升江苏省河湖治理与保护水平提供了技术参考。

【关键词】 江苏省;水资源质量;河流;湖库

中图分类号: TV211.1 文献标志码: B 文章编号: 2096-0131(2022)07-062-04

An Analysis of water resources quality in Jiangsu Province and research on improvement countermeasures

KONG Fanfan[1], YIN Peng[2], GAO Mingyuan[1]

(1. *Jiangsu Hydrology and Water Resources Survey Bureau*, *Nanjing* 210029, *China*;
2. *Jiangsu Water Resources Service Center*, *Nanjing* 210029, *China*)

Abstract: The water quality of rivers and lakes enhancement is an important part of ecological civilization construction. This paper systematically analyzes the current situation of water quality in Jiangsu Province, finds out the main factors of water quality exceeding the standard of rivers, lakes and reservoirs in Jiangsu Province, compares and analyzes the water quality of Yangtze River basin, Taihu Lake basin and Huaihe River basin in Jiangsu Province, and the main reasons of water quality exceeding the standard of different water bodies in different basins, and puts forward some countermeasures and suggestions for river and lake treatment, which provides technical reference for more accurately improving the level of river and lake treatment and protection in Jiangsu Province.

Key words: Jiangsu Province; water resource quality; rivers; lakes and reservoirs

党的十八大以来,江苏省深入推进生态文明建设,已取得了明显成效,水资源质量得到持续改善[1-2]。进入新发展阶段,经济发展与环境保护的矛盾仍未发生根本转变,河湖治理与保护面临的形势依然严峻复杂。

收稿日期: 2022-01-25

作者简介: 孔繁璠(1990—),女,工程师,硕士,主要从事水环境监测、水资源保护工作。
通信作者: 殷鹏(1987—),男,高级工程师,硕士,主要从事水资源保护和太湖治理研究工作。

本文通过对2021年度江苏省水资源质量进行系统分析，为新时期更高水平地提升江苏省河湖水资源质量提供技术支撑。

1 江苏省2021年水资源质量情况

1.1 总体情况

2021年江苏省水文部门对江苏省796条河流、164个湖库进行了监测，共计监测站点1966个。根据《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中的评价指标(总氮不参评)进行全指标评价，2019—2021年江苏省水环境质量总体呈改善趋势，2021年评价为Ⅱ类、Ⅲ类、Ⅳ类、Ⅴ类、劣Ⅴ类水质标准的监测站点比例分别为12.6%、50.9%、24.0%、8.3%、4.2%。其中优Ⅲ类(含Ⅲ类)水质标准的站点占比分别较2019年、2020年上升12.6%、1.9%，劣Ⅴ类站点占比分别下降1.8%、0.3%，具体情况见图1。

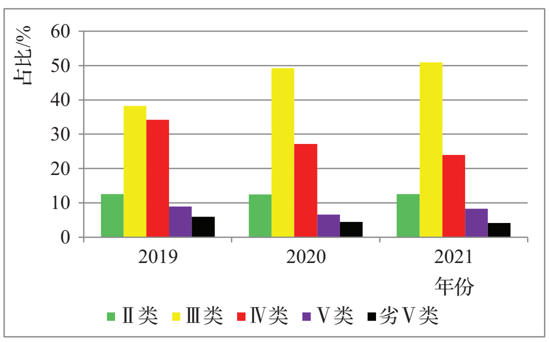

图1 江苏省2019—2021年水质监测站点水质类别(总氮不参评)

如总氮参评，则2021年评价为Ⅱ类、Ⅲ类、Ⅳ类、Ⅴ类、劣Ⅴ类水质标准的监测站点比例分别为10.9%、50.2%、23.0%、9.0%、6.9%。其中，优Ⅲ类站点较湖库总氮不参评下降2.4%，劣Ⅴ类站点较湖库总氮不参评上升2.7%。

1.2 河流水资源质量

2021年纳入监测范围的796条河流中，采用全指标评价(总氮不参评)，类别为Ⅱ类、Ⅲ类、Ⅳ类、Ⅴ类、劣Ⅴ类水质标准的河流分别为43条、452条、192条、55条、54条，占比分别为5.4%、56.8%、24.1%、6.9%、6.8%，具体情况见图2。其中优Ⅲ类河流占比较2020年上升3.4%，劣Ⅴ类上升0.2%。

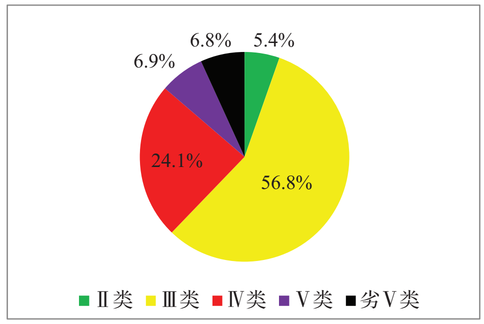

图2 江苏省2021年河流水质类别分布情况

2021年，301条未达Ⅲ类水的河流中(比2020年减少49条)，总磷、氨氮、五日生化需氧量是主要超标因子，出现频次分别为170次(比2020年减少24次)、138次(比2020年减少22次)、131次(与2020年持平)。此外，超标因子还包括化学需氧量、高锰酸盐指数、氟化物、溶解氧、砷、挥发性酚，出现频次分别为59次(比2020年减少48次)、39次(比2020年减少9次)、15次(比2020年增加14次)、8次(比2020年减少16次)、2次(比2020年减少1次)、1次(比2020年减少4次)。

2021年共有54条劣Ⅴ类河流(比2020年减少5条)，未达到Ⅴ类标准的水质因子为氨氮、总磷。其中40条河流氨氮未达Ⅴ类标准，比2020年减少9条；19条河流总磷未达到Ⅴ类标准，比2020年减少9条。

1.3 湖泊水库水资源质量

1.3.1 总氮不参评评价结果

2021年纳入江苏省监测范围的164个湖泊、水库中，采用全指标评价(总氮不参评)，类别为Ⅱ类、Ⅲ类、Ⅳ类、Ⅴ类、劣Ⅴ类水质标准的湖库分别为31个、52个、44个、32个、5个，占比分别为18.9%、31.7%、26.8%、19.5%、3.1%。其中优Ⅲ类湖库占比与2020年基本持平，劣Ⅴ类上升1.4%。

2021年，81个未达到Ⅲ类水的湖库中，均存在总磷超标问题，与2020年情况相当(2020年83个未达到Ⅲ类水的湖库也均存在总磷超标问题)。其他超标因

子总体出现频次较2020年呈下降趋势,包括五日生化需氧量、高锰酸盐指数、化学需氧量、氨氮、氟化物,出现频次分别为13次(比2020年增加1次)、7次(比2020年减少6次)、6次(比2020年减少4次)、2次(比2020年增加2次)、1次(与2020年持平)。

2021年,5个劣Ⅴ类湖库中,未达到Ⅴ类水评价标准的超标因子均为总磷。

1.3.2 总氮参评评价结果

如湖库总氮参评,则对水质达标率影响很大。在总氮参评的情况下,2021年评价为Ⅲ类、Ⅳ类、Ⅴ类、劣Ⅴ类水质标准的湖库分别为47个、47个、44个、26个,占比分别为28.7%、28.7%、26.8%、15.8%。其中Ⅲ类湖库占比较2020年下降4.7%,劣Ⅴ类下降0.3%。相比总氮不参评的情况,总氮参评结果中优Ⅲ类湖库下降21.9%,劣Ⅴ类湖库上升12.7%。总氮参评与不参评湖库水质达标情况见图3。

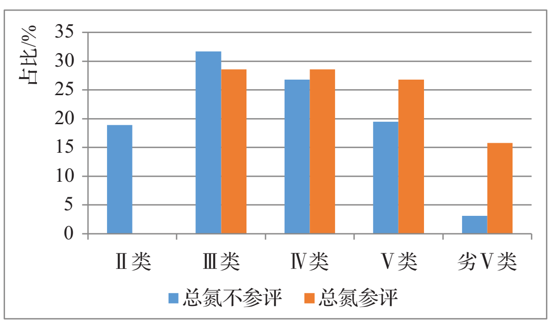

图3 江苏省2021年湖泊水质类别分布情况

江苏省监测的164个湖库中,共有107个湖库总氮未达到Ⅲ类水标准(较总氮不参评增加了26个),有25个湖库总氮为劣Ⅴ类水质(较总氮不参评增加了20个)。

纳入监测范围的12个省管湖泊和6个大型水库中,按照总氮不参评的方式评价,6个大型水库均达到Ⅲ类水标准,12个纳入监测范围的省管湖泊中,有3个为Ⅲ类水,8个为Ⅳ类水,1个为Ⅴ类水。按照总氮参评的方式评价,仅有太湖、白马湖、宝应湖、高邮湖、邵伯湖5个湖泊对水质结果没有影响,其余13个湖库水质类别均有不同程度的下降。

1.4 城市集中式饮用水水源地水资源质量

江苏省96个县级以上城市集中式饮用水水源地水质合格率达100%,其中65个水源地达到地表水Ⅱ类水标准,占67.7%,31个水源地达到Ⅲ类水标准,占32.3%。

1.5 不同流域水资源质量

1.5.1 河流

按照全指标评价(总氮不参评),2021年江苏省长江流域(不含太湖流域,下同)水质最优,优Ⅲ类河流数量占比为75.8%,太湖流域与淮河流域相当,分别为56.1%、58.0%。劣Ⅴ类河流占比中,淮河流域最高,为9.4%;长江流域最低,为4.1%,具体情况见图4。

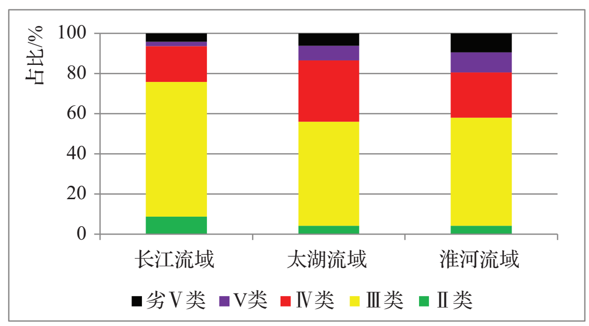

图4 2021年江苏省不同流域河流水质情况

1.5.2 湖库

按照全指标评价(总氮参评),2021年江苏省不同流域湖库水质情况与河流情况相同,同样为长江流域最优,有53.3%的湖库达到Ⅲ类水标准,2.2%的湖库为劣Ⅴ类水质。淮河流域湖库水质最差,达到Ⅲ类水标准的湖库仅为6.1%,24.5%的湖库为劣Ⅴ类水质,具体情况见图5。

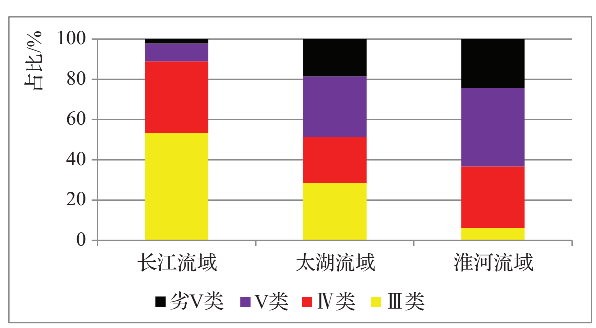

图5 2021年江苏省不同流域湖库水质情况

1.5.3　城市集中式饮用水水源地

从城市集中式饮用水水源地水质统计情况来看，长江流域和太湖流域城市集中式饮用水水源地水质情况最优。其中长江流域 30 个城市水源地均达到Ⅱ类水标准；太湖流域 16 个城市水源地中，有 14 个为Ⅱ类水，占 87.5%，有 2 个为Ⅲ类水；淮河流域 50 个水源地中，有 21 个达到Ⅱ类水标准，占 42.0%，29 个为Ⅲ类水，占 58.0%，具体情况见图 6。

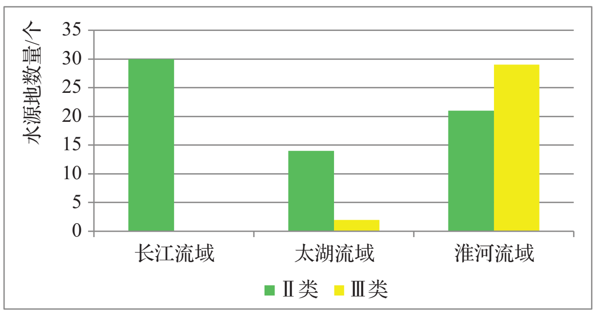

图 6　2021 年江苏省不同流域城市水源地水质情况

2　对策建议

a. 2019—2021 年，江苏省河湖水环境质量呈持续改善趋势，但是 2021 年水质改善程度较 2020 年明显放缓，说明随着水环境治理的深入，治理的边际效益日益明显，必须系统性强化治理措施，进一步提升江苏省河湖水资源质量[3]。

b. 总磷、氨氮、五日生化需氧量 3 项指标是影响河流水质的主要超标因子，其原因是江苏省人口密度高、经济体量大，总磷、氨氮、五日生化需氧量等特征污染物单位面积排放强度仍超过全国平均水平。根据江苏省生态环境部门统计，江苏省 COD、氨氮、总磷、总氮单位国土面积排放强度分别是全国平均水平的 6.25 倍、6.67 倍、5.56 倍、6.36 倍，排放量分别占全国的 6.88%、7.33%、6.11%、7.29%。目前，江苏省污染物排放标准已经领先全国平均水平，特别是 2018 年江苏省颁布的《太湖地区城镇污水处理厂及重点工业行业主要水污染物排放限值》已经是全国最严格的污染物排放标准[4]。因此，新时期江苏省外源控制的主要措施应从提升污染物排放标准向进一步优化产业结构，促进绿色发展转变[5-6]。

c. 与河流不同，氨氮、五日生化需氧量不是影响湖库水质的主要超标因子，说明江苏省退圩还湖、水生植物管护等湖泊生态修复措施已经取得阶段性成效，河湖自净能力提升效果明显，氨氮、五日生化需氧量等耗氧指标均可以通过湖泊的自净能力予以降低。总氮和总磷是湖泊最主要的超标因子，一方面说明“减磷控氮”仍是江苏省外源污染治理的核心，另一方面说明湖泊总磷治理的复杂性，与氨氮、五日生化需氧量不同，磷是一种不能降解的物质，外源输入的总磷在湖库中沉积，不断形成新增内源磷污染，在控制外源磷输入的同时，必须加强生态清淤、清水活水等生态措施，提升湖库环境容量，从而降低湖库总磷浓度[7-8]。

d. 分流域来看，江苏省沿长江地区（长江流域、太湖流域）水质情况明显优于淮河流域水质状况，一方面是由于沿江地区经济发展已从高速增长阶段转向高质量发展阶段，水资源质量提升明显，另一方面是由于沿江地区引排水条件优越，沿江各市相继建设了一批清水活水工程，提升了区域水环境容量。因此江苏省淮河流域应该加快产业结构转型升级，彻底扭转以牺牲环境质量为代价获得经济效益的发展模式[9-10]。

3　结　语

本文对江苏省水资源质量现状进行了系统分析，发现江苏省河湖水环境质量呈持续改善趋势，2021 年江苏省河湖优Ⅲ类站点占比达到 63.5%，较 2019 年上升 12.6%。其中，96 个县级以上城市集中式饮用水水源地水质均达到地表Ⅲ类水标准；纳入监测范围的 796 条河流中，62.2% 的河流达到优Ⅲ类标准；湖库水资源保护任重道远，总氮、总磷仍是湖库最主要的超标因子。河流水质与湖库水质变化趋势不同，再次印证了湖库治理的复杂性，必须要坚持“外源减量、内源减负、生态扩容、科学调配”的治理思路，加大治理力度，补齐总磷短板。如何实现“水质达标向水质向优转变”也是新发展阶段需要系统深入研究的问题。此外，从河湖系统治理的角度出发，建议将 （下转第 75 页）

DOI:10.16616/j.cnki.10-1326/TV. 2022.07.14

“7 · 19”与“7 · 22”洹河洪涝灾害成因分析及对策探讨

牛广伟

(安阳市河道事务中心,河南 安阳 455000)

【摘 要】 本文介绍了安阳市洹河2016年“7 · 19”和2021年“7 · 22”两次洪涝灾害的情况,并对两次洪涝灾害形成的原因进行对比分析,从工程措施和非工程措施方面提出具体的解决措施和对策,为下一步提升洹河防洪工程建设和加快智慧水利建设,完善洹河防洪体系,减少经济损失提供决策性支持。

【关键词】 洪涝灾害;防洪工程;防洪体系;决策;洹河

中图分类号:TV87 文献标志码:B 文章编号:2096-0131(2022)07-066-05

“7 · 19” and “7 · 22” Flood disaster cause analysis and countermeasures in Huan River

NIU Guangwei

(*Anyang River Affairs Center*, *Anyang* 455000, *China*)

Abstract: This paper introduces the two floods of Huan River in Anyang City in July 19, 2016 and July 22, 2021, and makes a comparative analysis Huanhe on the two floods, according to the causes of the two floods, it puts forward specific solutions and countermeasures from the aspects of engineering measures and non-engineering measures, which will provide decision support for the next step of upgrading the flood control project construction of Huanhe River, speeding up the construction of intelligent water conservancy, perfecting the flood control system of Huanhe River and reducing economic losses.

Key words: flood disaster; flood control project; flood control system; decision making; Huanhe River

1 恒河概况

洹河,古称洹水,又名安阳河,是安阳市的母亲河,对安阳市的农业生产、社会经济发展和人民生活起着非常重要的作用。洹河发源于林州市林虑山东麓,自西向东流经殷都区、龙安区、北关区、安阳县,至内黄县范阳口入卫河,全长约164km,流域面积1920km^2,年均径流量2.65亿m^3。河道上游有小南海、彰武、双全3座大中型水库。洹河自彰武水库出山后进入洹河冲洪积扇,过安阳市城区后进入华北平原,河道坡降上陡下缓,断面上大下小,洪水灾害频繁,灾情严重。近200年来,洹河发生的大型洪水和一般洪水20余次,近100年

收稿日期:2022-01-07

作者简介:牛广伟(1972 —),男,高级工程师,学士,主要从事水利工程规划、工程建设管理工作。

来发生了10余次。2016年“7·19”和2021年“7·22”两次洪涝灾害给安阳市人民群众生命财产和社会经济造成了重大的损失。

2 两次洪涝灾害成因分析对比

2.1 灾害规模

2016年“7·19”洪灾暴雨属局地强降雨,7月18日前,安阳市一直干旱少雨,水库蓄水均低于汛限水位,6月全市平均降水量89.5mm,7月1—17日,全市平均降水量143.2mm,7月19—20日突降特大暴雨。此次特大暴雨在青藏高压和副热带高压稳定对峙的环流影响下,大气中低层低涡和地面气旋沿两高之间的南北向切变线向北缓慢移动,强盛的偏南风也将南海和西太平洋上的水汽源源不断地输向雨区。此外,安阳地势西高东低,西部系太行山东麓,地势陡升,短时间内迅速使云层增厚,特大暴雨发生在平原与山区过渡的迎风坡区。本次降雨主要集中在洹河流域西部及北部的粉红江流域,具有强度大、持续时间短、区域集中的特点。暴雨中心位于林州市东部和安阳县西部,降雨量超过100mm的站点139处,降雨超过300.0mm的站点35处,降雨超过500.0mm的站点12处。林州市河顺镇百石湾雨量站测出降雨量最大值738.0mm,24h最大降雨量728.0mm(19日6—20日6时),降雨量频率达到1000年一遇,6h最大降雨量430.5mm(19日12—18时),而1h最大降雨量则为安阳县马家乡新大堰雨量站的117.5mm(19日11—12时)。

2021年“7·22”洪灾暴雨属全流域强降雨。进入夏季后全市降雨较往年偏多,特别是7月11日出现暴雨后,土壤已达饱和状态。7月17—22日全市普降大暴雨到特大暴雨,此次降雨主要受分布稳定维持在日本海和我国西部地区的西太平洋副热带高压和大陆高压影响,导致两高之间的低值天气系统在黄淮地区停滞少动,造成大气环流行动稳定,并在18日生成的台风“烟花”的外围和副高南侧的偏东气流引导下,大量水汽向我国内陆输送,为强降雨提供了充足的水汽来源,降水效率高,同时受偏东风急流和低涡切变天气系统影响,配合安阳市太行山区特殊的西高东低的地势对偏东气流起到强辐合抬升效应,使迎风坡前降水明显。洹河流域普降大暴雨到特大暴雨,具有降水范围广、持续时间长、强降雨时段集中、极具极端性的特点。21日8时至22日20时,平均降水量412.9mm,其中,800.0mm以上的站点有2个,700.0~800.0mm的站点有12个,600.0~700.0mm的站点有12个,500.0~600.0mm的站点有12个,400.0~500.0mm的站点有17个,200.0~400.0mm的站点有35个。最大1h雨量站为北关区六十五中的138.0mm,最大3h雨量站为北关区六十五中的302.9mm,均超过安阳气象历史极值。1月1日至7月22日20时全市平均降水量738.0mm,已超过年平均降水量(588.8mm)。

2.2 河道综合治理工程方面

洹河河道上宽下窄,河道纵坡上陡下缓,过流能力上大下小。2016年“7·19”洪灾发生前,仅于1992年、1995年和2000年对洹河市区京广铁路桥至东风桥段河道、殷墟博物苑至京广铁路桥段河道和东风桥至于曹沟段河道按50年一遇防洪标准进行了综合治理,于曹沟以下河道未经全面综合治理,过流能力逐渐减小,大部分河段过流能力达不到3年一遇(即300m^3/s)的除涝标准。部分河段淤积严重,左岸堤防不连续,大部分堤防堤身单薄,堤身高度和堤顶宽度不满足设计要求。堤防沿线支沟防洪闸多建于20世纪六七十年代,年久失修,有的闸门损毁,有的启闭机损坏、丢失,不能运行,导致洪水倒灌,丧失防御洪水功能。部分穿堤桥梁为漫水桥,桥头留有缺口,致使堤防不连续,洪水漫溢。

2016年“7·19”洪灾过后,安阳市一是继续实施重点地区中小河流规划洹河治理工程,对于曹沟至曹马分洪口段河道按50年一遇防洪标准进行了疏浚治理,辛村至安内界河段河道按20年一遇防洪标准,配合崔家桥滞洪区运用,按卫河限泄600m^3/s进行了治理。二是抓住国家重视灾后水利薄弱环节建设工作的有利时机,立足长远、统筹规划,组织编制了《河南省安阳市洹河系统治理工程实施方案》。2018年河南省水

利厅提出《关于安阳市洹河系统治理工程实施方案技术审查意见》,洹河系统治理工程分3个年度实施:2018年分别对小南海水库至彰武水库段河道、张奇村至辛村段河道按20年一遇防洪标准进行治理;2019年分别按50年和20年一遇防洪标准对彰武水库至殷墟博物苑段河道、陈市村至张奇村段河道进行治理;2020年对内黄段河道和曹马分洪口至陈市村段河道按20年一遇防洪标准,配合崔家桥滞洪区运用,卫河限泄600m^3/s进行了治理。洹河河道系统治理工程于2021年汛前已全部建成,通过洹河系统治理工程的实施,洹河市区以下河道行洪断面拓宽,堤防加高加宽,险工险段得到加固,行洪能力由原来不足300m^3/s提高到20年一遇防洪标准,补齐防灾减灾短板,完善了水利基础设施,在抵御2021年"7·22"洪水时发挥了重要作用,市区河道经受住了洪水的考验,未再出现2016年"7·19"洪水时下游河道多处决口和多处漫溢的情况,仅由于受卫河高洪水位顶托的影响,在靠近入卫河处出现了两处决口,切实有效减轻了2021年"7·22"洪灾带来的损失,保障了人民群众生命财产安全,惠及民生福祉,有力促进了安阳市经济持续平稳快速健康发展。

2.3 水库、坑塘、湿地公园等蓄洪空间治理

20世纪六七十年代在洹河流域西部山区、丘陵区修建的许多坑塘、旱井,在降雨量较大时能一定程度上减轻洹河各支流的洪水压力,但由于我国北方地区多年来一直干旱少雨,特别是安阳市自1982年发生大洪水后,至2016年"7·19"洪灾前未发生过洪涝灾害,人民群众的防汛意识普遍淡薄,对防汛工作重视不够,思想松懈。大部分坑塘、旱井长期无水可蓄,有的被填埋作为耕地,有的作为建设用地。同时随着城镇化建设进程加快和乡村脱贫工作的开展,部分农田和乡间道路、田间道路变为混凝土道路或沥青混凝土路,大量农田变为工业厂房,排水沟被填埋成耕地或用作建设用地,未被填埋的也因长期未清淤,淤积堵塞严重排水不畅。同时,由于全市水库都建于20世纪六七十年代,经过几十年的运行,水库泥沙淤积情况严重,尽管近几年对大部分水库进行了除险加固,但由于未进行清淤扩容,蓄洪空间减少,造成流域各支沟汇流快,洪水峰高量大,易造成大的洪涝灾害损失。

随着生态文明建设思想在水利工作中的深入贯彻落实和全面推进乡村振兴工作的进行,2016年"7·19"洪灾后对流域各支沟淤塞严重的排水沟进行清淤扩挖,新修了一批景观坑塘和湿地公园。在美丽乡村建设、城市更新、老旧小区改造、生态功能修复、居住社区建设、地下空间开发等工作中融入海绵乡村和海绵城市理念,让乡村、城市更加富有韧性,防洪排涝能力明显提高,水系蓄洪空间得到一定恢复,蓄滞洪能力也有所提升,减小了2021年"7·22"洹河洪水造成的损失。

2.4 河长制实施效果

2016年"7·19"洪灾发生前,河长制在安阳刚开始推行,各级人民政府和水行政主管部门对推行河长制重视程度、思想认识尚不到位,出现河长有名无实、河长责任缺失等问题,导致河流治理成效差。河道内部分河段出现种植树木和高秆作物、乱堆乱放、乱倒乱排、乱占乱建、滥采乱挖等乱象,甚至有的将倾倒的生活、建筑垃圾用黄土覆盖,挤占了河道行洪断面,造成河道过流能力减小。如:在后崇义河段河道内有倾倒的生活、建筑垃圾,河道断面宽仅有10余m,河道堵塞,洪水下泄不畅,上游壅水河段长且水位高,2016年"7·19"洪灾时左岸堤顶洪水漫溢,右岸后崇义决口后洪水向南流入市区。

随着河长制工作深入开展,在2021年"7·22"洪灾前,全市构建形成了县、乡、村三级河长制。市河长办结合河道现状实际情况制定印发了"清四乱"三年行动计划、督查方案、问题清单。推行统一整治标准、统一完成时点、统一销号程序,通过强化统筹领导、部门联动、整治措施、社会监督,建立督查交办制度,实行现场验收销号,河道内的树木、生活建筑垃圾,以及乱采乱挖、违章建筑乱占情况得到彻底清理,完成了"清四乱"整治任务,河道水域岸线得到整治,原有行洪断面恢复,过流能力得以提升,提高了河道的防洪能力。

3 解决洹河洪涝灾害的对策措施

洹河流域暴雨集中、源短流急、洪水陡涨陡落,经上游小南海水库和彰武水库联合调度,实施水库拦洪、削峰错峰,两次分别削减洪峰 78.6%、68.3% 和 56.5%、41.3%,最大限度发挥了水利工程防洪减灾作用,将灾害损失降到了最低程度。两次洪灾形成原因不同,造成两次洪涝灾害也有所不同。2016"7・19"洪灾主要发生在市区及靠近市区部位,洪水漫溢、堤防决口发生在京港澳高速堤防缺口处、后崇义险工段、陈市村段,而冯宿以下河段水位较低。2021 年"7・22"洪灾主要发生在下游,受卫河洪水顶托影响,堤防决口发生在张奇村段、辛村袁太保村段。

针对两次洪涝灾害形成的原因,为减少洹河洪水造成的损失,按照"上蓄、中疏、下排、适当地滞、控制限泄"的治理原则,通过实施工程措施和非工程措施,构建综合立体、功能完善的洹河防洪工程体系。

3.1 工程措施

经过洹河综合治理工程实施,洹河市区及下游河道已按防洪标准治理,但由于受各种条件限制,部分工程治理未到位,仍需向上级积极争取资金,加快工程治理速度。

一是对不满足防洪标准的市区老安阳桥进行改扩建,郭盆闸和豆公闸两座病险水闸进行拆除重建,使其达到设计防洪标准、畅通泄洪通道、提升河道泄洪能力。

二是对在两次洪水中易冲掏坍塌段和险工段进行除险加固,加固、拓宽、增高堤防,确保行洪畅通。

三是大力推进海绵城市、海绵乡村建设,对淤积严重的小型水库、坑塘和排水沟实施清淤、疏通及统筹流域湿地修复、水土保持等措施,提高大片城乡区域的雨水集蓄能力,拦蓄流域部分洪水,优化区域汇流过程,达到拦洪削峰错峰目的,减轻洹河干流防洪压力。

四是继续完善崔家桥滞洪区工程建设和安全设施建设,确保人民群众生命安全,实现洪水"分得进、蓄得住、退得出",确保滞洪区有效运行。

五是对在《中华人民共和国防洪法》《中华人民共和国河道管理条例》等法律法规颁布实施以来未开展洪水影响评价的跨河建筑物建立台账,补充开展洪水影响评价工作,进行风险评估,对风险评估较大的建筑,在合理的情况下建议拆除或进行改进,使其风险系数降低。

3.2 非工程措施

在统筹洹河流域和区域防洪,构筑高标准防洪减灾工程体系的同时,需进一步强化非工程措施,逐步实现防洪管理社会化、法制化、信息化、智慧化。

a. 继续深入推动河长制的全面实施,在总结前期河长制工作经验的基础上,进一步深化河长制工作,修订完善河长制规章制度,全面建成"政府牵头、各方联动、合力攻坚、群防群治"的管理体系,积极推进建立"河长+"的工作机制,建立健全党政负责、检察监督、司法保护、行业监管、公众参与管理保护新机制,并将全面推行"河长+"工作作为河湖长年度考核的重要内容。建立完善河长制信息化平台,开发微信公众号随手拍功能,建立微信随手拍举报奖励办法,发动群众利用微信公众号发现河湖问题。同时通过多种媒介平台向公众公布举报电话,引导群众参与监督。通过开展"携手清四乱,保护母亲河"等专项行动,推进河道"清四乱"行动常态化、规范化,尽快恢复河道的防洪排涝功能。

b. 强化"四预"措施,科学精细调度水工程。在预报上加强与气象、水文、农业等部门的信息共享和联合会商,加密预报频次、提高精准度、延长预报期。在预警上,完善预警信息发布机制,充分应用手电、铜锣、口哨、微信公众号等传统和现代移动新媒体手段,及时发布洪水预警信息。在预演上,应用数字化水平、智慧化手段对洹河洪水推进、洪水淹没范围进行模拟预演,为防汛决策和指挥提供技术支撑。在预案上,根据预演结果,精准制定小南海水库、彰武水库、双全水库、龙泉水库群的联合调度方案,并结合洹河综合治理工程建设情况,及时调整修编《洹河防洪应急预案》和《洹河超标准洪水应对措施》。

c. 整合洹河雨量遥测系统、水旱灾害防御系统、水工建筑物视频监控系统和防洪会商视频系统等平台,建设洹河防汛减灾联合调度智慧平台,完善平台系统内容、功能,优化业务流程,做好平台系统运行维护和升级换代工作,采用预报调度耦合、云计算、物联网和大数据等技术,应用数学模拟仿真技术设置多种洪水调度预演情景和洪水演进过程,充分发挥数学模拟系统对洪水调度的支撑作用,提高防汛减灾系统化、精准化、标准化、数字化水平,为防洪调度和应急处置提供有力的技术决策支撑,实现防洪减灾信息化、智慧化。

4 结 语

长期以来,国家高度重视水旱灾害防御工作,组织实施了大规模的工程和非工程措施,防洪能力得到一定提升,一定程度上有效保障了洹河流域社会经济稳定发展和人民群众生命财产安全。但目前洹河流域防洪体系仍存在短板,部分防洪工程存在设计标准偏低、日常管护不到位、流域信息化建设相对滞后、预报调度一体化水平与现代化的调度管理需求不相适应等情况。近年来,随着城镇化、工业化的发展,人类活动影响和极端天气事件频发突发,洪水风险程度增加,遇洪水极易出现险情。因此,需进一步加大工程建设力度,以流域达规建设、堤防达标提质建设和河道整治为重点,减轻河道面积萎缩,保持河道畅通,恢复提高河道行洪能力。同时,加速推进智慧水利建设,以数字化、网格化、信息化、智能化为主线,积极推进数字流场建设,加快构建具有预报、预警、预演、预案功能的智慧化水利体系,实现洪水调度现代化、精准化。按照"固底板、补短板、锻长板"的原则,尽快建成形态更高级、方位更全面、基础更牢固、保障更有力、功能更优化的洹河防洪工程体系,为新发展阶段全面提升洹河防洪安全能力提供更强大的流域防洪体系力量和构筑坚实的防洪屏障,为减轻流域洪涝灾害损失,确保人民群众生命财产安全,建设新时代区域中心强市提供高质量的水利防洪安全保障。

参考文献

[1] 王文生. 筑牢防洪保安屏障全力推动海河流域水利高质量发展[J]. 中国水利,2021(15):6-7,3.

[2] 陈文龙,杨芳,宋利祥,等. 高密度城市暴雨洪涝防御对策——郑州"7·20"特大暴雨启示[J]. 中国水利,2021(15):18-20,23.

[3] 栗晗,王新敏,张霞,等. 河南"7·19"豫北罕见特大暴雨降水特征及极端性分析[J]. 气象,2018,44(9):1136-1147.

[4] 苗利芳. 2016 年"7·19"安阳特大暴雨洪涝灾害分析与反思[J]. 中国水利,2017(13):7-8.

(上接第 61 页) 系数均在 0.999 以上,精密度分别为 1.1% ~1.8%、0.2% ~0.4%、1.2% ~1.6%,加标回收率分别为 98.2% ~103.2%、96.4% ~98.2%、102.2% ~104.3%,测定的标准物质浓度均在其标准范围内,其中离子色谱法的稳定性较另外两种方法更好。

综上所述,紫外分光光度法、离子色谱法和气相分子吸收光谱法在检测结果上均能满足硝酸盐氮的检测要求,但在检测原理和操作方面各有优劣,检测人员可根据自身的实际工作需要选择合适的检测方法。

参考文献

[1] 刘相超,吕平毓,吴林键,等. 三峡库区箭滩河硝酸盐氮及亚硝酸盐氮分布特征[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版),2011,30(6):1379-1383,1387.

[2] 李博. 对紫外分光光度法检测水中硝酸盐氮方法的探讨[J]. 清洗世界,2021,37(6):41-42.

[3] 梁洪儒,吴艳玲. 水中硝酸盐氮两种检测方法的比对分析[J]. 山东水利,2021(6):71-73.

[4] 陈晨,韩少强,赵志强,等. 两种测定水中硝酸盐氮分析方法的比较[J]. 天津科技,2020,47(8):16-18.

[5] 邬宇茜,黄威,刘可. 光谱法和色谱法测定水中硝酸盐氮的比对研究[J]. 低碳世界,2019,9(8):42-43.

[6] 刘永华. 应用离子色谱法同时测定饮用水中 5 种阴离子的含量[J]. 水资源开发与管理,2021(8):9-16.

DOI:10.16616/j.cnki.10-1326/TV.2022.07.15

上海轨道交通地下工程防汛论证要点简述

付惠姣

(上海宏波工程咨询管理有限公司,上海　201700)

【摘　要】 近年来上海台风、暴雨、天文大潮“三碰头”的频频发生,给轨道工程交通防汛安全管理带来巨大压力,及时开展防汛论证工作就显得尤为重要。本文以上海市轨道交通13号线西延伸工程为例,结合工程自身特性,从设计方案中防汛安全评估、工程施工期间对周边防汛设施安全的影响、预防和减轻防汛安全风险的对策措施三个方面展开论证。其工作经验,可为其他待建轨道交通项目开展防汛论证工作提供参考和借鉴。

【关键词】 轨道交通工程;地下工程;防汛论证;要点

中图分类号:TV87　　文献标志码:B　　文章编号:2096-0131(2022)07-071-05

Brief introduction of flood control demonstration points of underground rail transit projects in Shanghai

FU Huijiao

(*Shanghai Hongbo Engineering Consultants Management Co., Ltd., Shanghai* 201700, *China*)

Abstract: In recent years, typhoons, rainstorms and astronomical tides frequently occur in Shanghai, which bring great pressure to the safety management of traffic flood control in rail projects. It is particularly important to carry out flood control demonstration in time. Taking the west extension project of Shanghai Rail Transit Line 13 as an example, combined with the characteristics of the project itself, this paper demonstrates from three aspects: the flood control safety evaluation in the design scheme, the impact of the project construction on the safety of surrounding flood control facilities, and the countermeasures to prevent and mitigate flood control safety risks. The work experience can provide reference for other rail transit projects to carry out flood prevention demonstration work.

Key words: rail transit engineering; underground engineering; flood prevention demonstration; key points

随着城市建设步伐加快,上海市轨道交通工程建设持续推进,然而受用地问题等条件限制,轨道交通项目多以地下工程为主。近年来,上海地区台风、暴雨、天文大潮“三碰头”的情况频频发生,这给城市防汛工作带来巨大压力,轨道交通工程承载着千万百姓的安全出行,防汛压力更甚。根据《上海市地下公共工程防汛影响专项论证管理办法》,新建地铁、隧道、地下通道等地下公共工程时,应对建设过程中以及建成后可能对防汛安全造成的影响进行科学地预测和评估,并提出预防和减轻防汛安全影响的对策和措施。因此,在

收稿日期:2022-03-22

作者简介:付惠姣(1991—),女,硕士,工程师,主要从事水利设计和咨询相关工作。

项目建设前期及时开展防汛论证工作就尤为重要,不仅可以将问题在设计阶段解决掉,同时也可为后续项目建设开展防汛工作提供技术支撑[1]。

1 防汛论证要点

地下工程防汛论证的要点是分析、预测和评估项目运行期和项目建设过程中对防汛安全可能造成的影响和潜在风险。在分析建设项目运行期防汛安全影响时,应重点调查区域防汛形势,复核设计方案在保障防汛安全上是否科学准确,对挡水能力、排水能力、清排能力、防渗能力等防汛能力进行评估。在分析项目建设过程中的防汛安全影响时,应重点分析论证工程施工的潜在风险以及对周边防汛设施的影响等,并根据以上分析结果提出预防和减轻工程运行期和施工期影响防汛安全的对策与措施。

本文以上海市轨道交通13号线西延伸工程(以下简称“13西工程”)为例,结合轨道交通工程自身特点,从工程自身设计方案的防汛安全评估、工程施工期间对周边防汛设施安全的影响、预防和减轻防汛安全风险的对策和措施三方面入手,简述其防汛论证要点,并总结工作经验,为“13西工程”后续深化设计提供技术支撑,也为轨道交通项目建设的顺利推进提供保障[2-3]。

2 实例分析

2.1 工程概况

“13西工程”是市区线延伸线路,南起国家会展中心(上海),北止于已建13号线一期工程金运路站,沿诸光路—金丰路—联友路—纪宏路—金沙江西路走行,途经青浦区、闵行区和嘉定区。线路全长约9.65km,设车站5个,依次为诸光路站、运乐路站、季乐路站、芳乐路站和纪翟路站,5个车站均为新建地下车站,区间设4座逃生井和2座中间风井。车站、逃生井、风井等均采用明挖顺作法施工,基坑开挖深度约18.70~35.70m,区间隧道采用单洞单线盾构法施工,覆土深度约7.40~28.30m。

2.2 工程自身设计方案的防汛安全评估

2.2.1 区域防汛形势总体分析

根据“13西工程”设计方案,与外部相通的地下建筑主要有主体车站出入口、中间风井、逃生井等,为避免暴雨期间雨水集聚造成雨水倒灌进入地铁,应充分调查拟建场址所在区域地势。建筑物应避免设置在地势低洼地区,建筑物出入口周边地坪标高不应低于所在区域普遍标高[4]。对于靠近河道的节点,建议出入口周边地坪标高不低于河道除涝高水位。

2.2.2 排水系统设计的复核、分析

“13西工程”的排水系统主要集中在车站,分为污水系统和雨、废水系统,雨、污、废水经收集后就近接入市政雨污水管网。在复核工程排水系统设计时,应充分调查车站所在区域排水系统、排水模式等,调查市政管网接口管径标高以及容纳能力等,依据上海市《暴雨强度公式和设计雨型》复核车站排水量及排水能力,确保所接入的市政管网可接入,确保区域排水系统可容纳[5]。

2.2.3 防汛能力评估

按照“防大汛、抗大灾,重预案、强措施,挡得住、排得出,常准备、无后患”的原则,对“13西工程”设计方案,从挡水能力、排水能力、清排能力、防渗能力四个方面开展地下工程防汛能力评估[6]。

a. 挡水能力:主要复核车站出入口、风井、无障碍电梯、逃生井出入口等与外界相通的建筑物挡水能力是否满足要求,出入口(含消防专用出入口)地坪应高出周边室外地面0.45m,且设高度不小于0.80m的防淹闸槽,敞口低风井实墙部分应高出周边室外地面1.25m。

b. 排水能力:对集水井与配泵匹配性进行复核,复核内容主要有集水井深度不宜小于0.70m,集水井的有效容积不应小于最大一台泵5min的出水量,车站主废水泵房集水池的有效容积不宜小于30m^{3}等。

c. 清排能力:复核在给水泄露、消防用水、污废水等同时进行清排的不利工况下,集水井及配泵是否能满足安全排水要求。

d. 防渗能力:复核结构防水等级,混凝土抗渗等级应根据埋深确定,并符合相关设计规范要求。

2.3 工程施工期间对周边防汛设施安全的影响

所谓防汛设施,指的是河道堤防(含防汛墙、护岸、海塘等)、水闸、泵站、水文站、泵站、排水管道等能够防御和减轻台风、暴雨、高潮和洪水等引起的灾害的工程设施,以及防汛信息系统等辅助性设施。

“13 西工程”区间隧道穿越苏州河、蟠龙港等多条市、区管河道以及多处 DN1400 雨水干管、DN600 污水干管等,车站等基坑开挖施工也需对多条雨污水管线进行临时搬迁,施工期间势必对周边防汛设施的安全运行造成不利影响。对基坑开挖以及盾构掘进过程对防汛设施的影响进行分析论证,可为后续施工和监测提供理论数据支撑。

2.3.1 基坑开挖施工

基坑开挖过程会使周边地势产生明显沉降,通常对于有止水帷幕的基坑,常取 4 倍基坑开挖深度作为基坑施工影响范围。

“13 西工程”开挖最深的节点为天山西路逃生井,基坑深度达 35.70m,基坑开挖影响范围内存在 DN800 雨水管等重要防汛设施,有的距离基坑开挖边缘不足 30m。本文以该节点为例,利用 Plaxis2D 软件进行有限元计算,模拟并分析基坑开挖过程对市政管道变形的影响[7]。

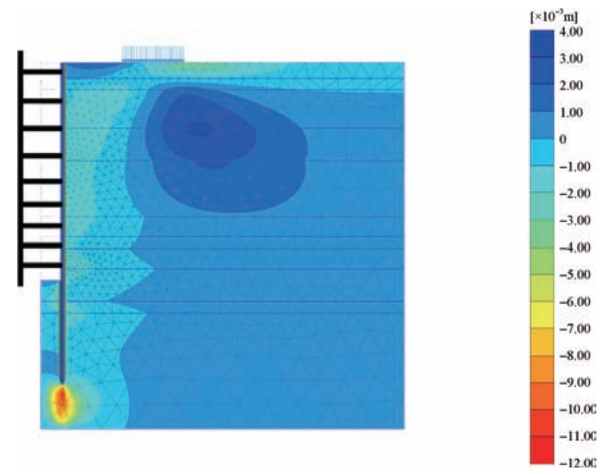

图 1 基坑开挖水平变形云图

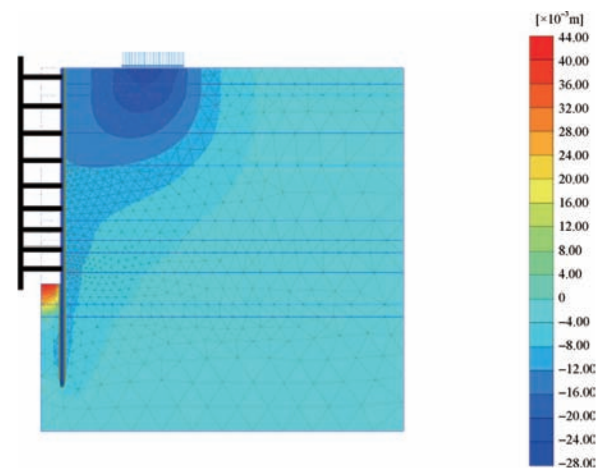

图 2 基坑开挖竖向变形云图

由图 1、图 2 中的模拟结果可知,因距离深基坑较近,市政管网均有不同程度的变形,且远超过警报值 10mm,最大变形超过 30mm。故施工期间应对变形较大的市政管网加强监测,并采取有效保护措施,待施工结束后对周边防汛设施进行一次全面的安全鉴定,对于变形严重的防汛设施,建议按原样进行拆除重建,以免影响其防汛功能。

2.3.2 区间盾构掘进

根据现场实验,盾构掘进后对周围产生扰动,扰动后的土体的各项物理力学性质下降,下降幅度可达到 15% ~50% ,靠近盾构的土层下降幅度最大。

苏州河作为重要的市管河道,承担着区域防洪除涝的重任,是上海市的“母亲河”。“13 西工程”纪翟路站—金运路站区间穿越苏州河,盾构掘进平面走向基本与苏州河垂直,盾构顶标高距离防汛墙桩尖最近距离仅为 3.10m。本文以该节点为例,利用 Plaxis2D 软件进行有限元计算,模拟并分析盾构掘进过程对苏州河防汛墙变形的影响[8]。

由图 3、图 4 中的模拟结果可知,区间盾构掘进造成河道防汛墙下降 6 ~20mm,且土层损失率取小值可明显减小对防汛设施造成的变形。故施工期间应严格控制好土层损失率,加强监测,防汛设施一旦变形超过警戒值应对防汛设施采取保护措施。同时,盾构掘进过程中应严格控制好注浆压力,以免注

浆压力过大造成跑浆、过小造成地表变形增大[9]。

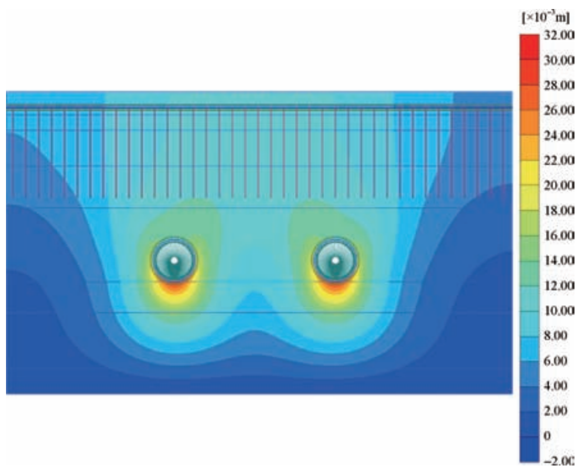

图3 土层损失率1%时竖向变形云图

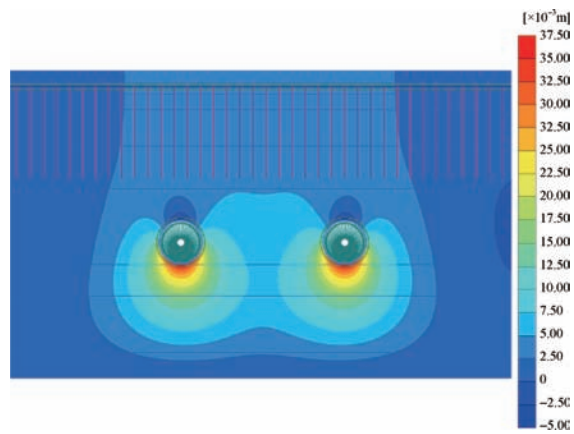

图4 土层损失率0.3%时竖向变形云图

2.4 预防和减轻地下工程防汛安全风险的对策和措施

2.4.1 施工期

基坑开挖施工应严格按照“时空效应理论”，遵循“开槽支撑、先撑后挖，分层分段开挖、分段施作结构，严禁超挖、限时作业”等原则实施。施工期间应加强监测，尤其是难度较大的雨季。实施信息化管理，全程监测监控，随时预报，及时处理，确保基坑工程及周边防汛设施的安全。

对于预估盾构掘进会造成防汛设施变形过大的情况，施工前可对防汛设施进行工程本体保护，实施如间隔法、地基加固、结构加固等工程措施。施工期间应严格控制土层损失率和注浆压力，加强施工监测，根据沉降变化数据及时调整施工参数，做到动态管理，实现信息化施工。

2.4.2 运行期

地下工程运行期管理应做到分工明确、应对恰当、发现及时，可采取“疏、堵、挡、抢、排”为主的措施来预防和减轻灾害的影响。制定防汛值班制度、联络网制度和切实有效的防汛应急预案，并准备充足的应急抢险物资。在暴雨来临前，出入口用挡水板插入槛槽，备好沙袋(外覆塑料布或油布)，确认排水沟已疏通、集水池的垃圾已清理、集水池已预排空。暴雨积水上涨地面水位抬高时，首先采用堵的办法，用挡水板和沙袋来堵，再打开所有的排水泵进行排水。应急抢险行动结束后，收起器材设备，进行维护保养，以备下一次使用。

3 经验总结

a. 开展轨交工程防汛论证工作所需的基础资料涉及专业较多，如线路、区间、建筑、结构、给排水等，同时还需要物探资料、测量资料、勘察资料、管线搬迁复位资料，基坑围护设计方案等，对基础资料的梳理做到无遗漏、有条理是后续开展防汛论证工作的基础保障。

b. 充分考虑轨交工程的特殊性，在进行工程自身防汛安全评估时，将主体工程分为车站主体和区间隧道两类，结合各自特点分别从排水能力、挡水能力、清排能力、防渗能力四个方面进行分析论证。要从多方面、多角度、多维度对工程的防汛安全进行分析，做到论证方法规范、结论科学、建议合理。

c. “13西工程”共有11处深基坑工程(车站、风井等)和5个区间段，涉及的基坑数量、区间条段数多，分析方法和论证结论大多具有类似性，为确保论证工作的准确性、合理性和全面性，可选取具有代表性的典型基坑和典型区间分别进行论证，其余基坑和区间的论证按照类同的典型节点进行，既突出重点，又面面俱到。

d. 在进行工程施工对周边防汛设施的影响分析

时,可采取有限元计算来得到科学的数据结论。本文借助 plaxis2D 建立数学模型,模拟分析基坑开挖和盾构掘进施工过程对周边防汛设施的变形影响。该软件针对岩土工程应用而开发,常用来进行二维变形和稳定分析,软件功能强大、稳定且易于使用。借助该软件对防汛设施变形量进行预估算,所得结论更科学,据此提出的针对性措施也更加切实有效,能为后期工程建设提供可靠的理论数据支撑。

4 结 语

防汛论证是防汛安全管理的重要一环,也是开展防汛工作的技术支撑。在项目设计阶段及时开展防汛论证,不仅能消除防汛安全隐患,防患于未然,也为城市防汛安全提供有力保障,具有借鉴和推广价值。

参考文献

[1] 邬显晨,严飞,张琳琳. 上海市地下公共工程防汛影响论证的实践探讨[J]. 地下空间与工程学报,2009,5(6):1272-1274,1279.

[2] 上海宏波工程咨询管理有限公司. 上海市轨道交通 13 号线西延伸工程地下公共工程防汛影响专项论证报告[R]. 2021.

[3] 王叶. 地下公共工程防汛影响的专项论证与分析[J]. 建筑科技,2020,4(2):3-5,8.

[4] 蔡晶晶,张学华,陈宁威,等. 地铁运营期防汛风险评估[J]. 地下空间与工程学报,2019,15(Z1):470-478.

[5] 霍一夫. 上海:《暴雨强度公式与设计雨型》地方标准正式发布[J]. 工程建设标准化,2017(6):31.

[6] 陈峰. 城市地下空间防汛风险综合评估研究[J]. 地下空间与工程学报,2012,8(3):621-629.

[7] 曹化锦. 基于 Plaxis2D 的超深基坑开挖数值模拟[J]. 福建建筑,2014(12):93-94,27.

[8] 文卓殷. 盾构隧道掘进对地表沉降的影响及控制措施研究[J]. 西部交通科技,2021(10):114-116.

[9] 魏纲. 盾构隧道施工引起的土体损失率取值及分布研究[J]. 岩土工程学报,2010,32(9):1354-1361.

(上接第 65 页)总氮指标纳入地表水环境质量标准河流参评项目,以此加强入湖总氮控制力度。本文可为江苏省新发展阶段河湖水资源保护与治理提供技术参考,并为其他人口密度高、经济总量大、环境容量小的地区的河湖治理提供借鉴。

参考文献

[1] 尹书乐,李少华. 我国水资源管理模式变迁的研究综述[J]. 水资源开发与管理,2019(9):54-57.

[2] 何维印. 基于可持续发展理念的区域水资源评价指标体系研究[J]. 水资源开发与管理,2019(5):38-42.

[3] 韩全林,喻君杰,游益华. 江苏水利发展不平衡不充分问题分析及对策研究[J]. 水利发展研究,2018,18(8):1-7.

[4] 殷鹏,张建华. 江苏省水资源保护实践与对策研究[J]. 治淮,2019(12):13-14.

[5] 张建云. 以生态河湖行动计划统领江苏水治理[J]. 人民论坛,2019(S1):108.

[6] 谈祥,王莉. 城市河道水环境治理思路与工程实践[J]. 水资源开发与管理,2019(11):29-32.

[7] 殷鹏,张建华,高鸣远,等. 江苏省长三角地区省界水质变化趋势及治理对策研究[J]. 水利规划与设计,2021(11):33-35,40,60.

[8] 刘永华. 测定地表水中氨氮影响因素的探讨[J]. 水资源开发与管理,2021(3):51-55,59.

[9] 杨倩,胡锋,赵自阳,等. 长江经济带水资源水环境指标评估及对策[J]. 北京师范大学学报(自然科学版),2019,55(6):731-740.

[10] 朱霞林. 淮河流域水环境污染与经济增长的关系研究[J]. 蚌埠学院学报,2021,10(1):122-128.

DOI:10.16616/j.cnki.10-1326/TV.2022.07.16

城市河道数字化生态养护系统应用探索

张志华　缪　平　薛露肖
(上海汀滢环保科技有限公司,上海　201707)

【摘　要】传统城市河道养护管理模式中河道养护范围广、人员投入多、巡检难度大、问题发现不及时,这导致了河道水质不稳定、应急突发状况多等问题。本文描述了一种新开发设计的数字化生态养护管理系统,通过系统报表可以精准预判养护管理问题,保证了人员有效投入,提高了科学化河道养护管理水平,在河道养护管理过程中具有创新性和可推广性。

【关键词】河道养护;数字化;管理系统;探索

中图分类号:TV213.4　　文献标志码:B　　文章编号:2096-0131(2022)07-076-04

Application and exploration of digital ecological conservation system of urban river

ZHANG Zhihua, MIAO Ping, XUE Luxiao
(*Shanghai Tingying Environmental Technology Co., Ltd., Shanghai* 201707, *China*)

Abstract: In the traditional management mode of urban river maintenance, there are many problems, such as wide range of river maintenance, large investment of personnel, difficulty in patrol inspection, untimely discovery of problems, resulting in unstable water quality and many emergency situations. A newly developed digital ecological conservation management system described in the paper can accurately predict conservation management problems through system reports, ensure the effective input of personnel, improve the scientific level of river conservation management, and be innovative and popularized in the process of river conservation management.

Key words: river course maintenance; digitization; management system; explore

1　河道养护要求及存在的问题

2015年至今,上海水务管理系统在河道黑臭治理、消除劣Ⅴ类水体问题上已采取了一系列水利工程和水生态措施,并取得了显著成效。为了稳固治理成果,上海市政府成立了河长制办公室,落实河道日常养护管理责任,维持良好的水生态环境。河道养护主要包括生态维护、水质保护、绿化养护、岸线管护、河面清护、河床修护六方面内容。而传统河道养护管理过程中,由于河道岸线长、巡检范围广、人员投入不到位,发现问题不及时等问题,导致了水质恶化、居民投诉、应急突发状况较多,这给河道养护管理带来了一定的难度。因此,在传统水利养护管理模式下,开发一种数字化生态养护系统,提高专业化管理水平,维持河道水质

收稿日期:2022-02-18
作者简介:张志华(1966—),男,高级工程师,学士,主要从事水利水电施工及养护管理工作。

不恶化,为居民创造绿色生态的水环境空间十分必要。

2 数字化生态养护系统设计

2.1 数字化生态养护系统特点

随着互联网的盛行,各种 APP、小程序得以广泛应用。根据河道养护要求和日常工作任务,开发设计一种数字化生态养护系统,可以使传统养护管理更加高效化、便捷化和数字化。相比传统河道养护模式,新数字系统主要用于实现和解决以下几方面问题:

a. 在关键节点位置安装监控设施,实现河道监控全覆盖,可以高效完成日常养护过程中的巡检工作。

b. 在河道考核断面、河道交汇处、重要排放口安装水质在线监测仪表,可以通过 APP 随时查看水质指标,对河道污染情况作出预判,及时掌握水质状况。

c. 根据巡检系统信息汇总,分析发现问题,可以随时推送给运维人员,派发工单,及时解决整改。

d. 可以根据日常巡检、问题整改及消除情况、水质变化情况形成数字化档案报表,实现养护档案数字化。

e. 可以定期向上级主管部门推送养护管理报告,实现上下级管理互通功能。

2.2 系统组成及操作流程

2.2.1 系统组成

河道数字化生态养护系统由在线仪表、摄像头、PLC 控制器、路由器、4G 数据网关、现场触摸屏等硬件系统和远程河道数字化生态养护软件系统组成,详见图 1。其工作原理如图 2 所示:通过现场在线仪表、摄像头等硬件设施采集水质、流量、液位、能耗等基础数据,传输给 PLC 控制器,PLC 控制器将现场数据进行分析计算、整理后,通过 4G 数据网关上传到云端服务器。同时,网络摄像头获取河道现场实时画面,由 SD 卡存储历史画面,并上传到云端服务器。最终,在数字化生态养护软件系统中分类呈现,并根据日常河道养护管理需要,在软件系统中开发设计监控、巡检、统计、报警、工单派放等多个功能单元,实现智慧化养护管理。

图 1 系统框架组成

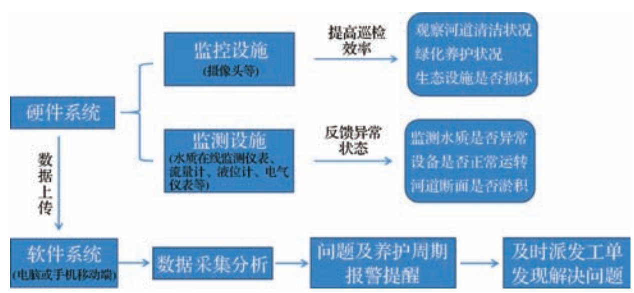

图 2 数字化生态养护系统原理

2.2.2 日常养护管理架构和流程

河道日常养护管理工作以项目经理为第一负责人,下设日常巡视组、运维组和应急抢险 3 个组,见图 3。日常巡视组根据养护管理涵盖范围,按照专业不同分为设备设施巡视组、电气仪表巡视组、水面绿化巡视组、水工建筑巡视组。根据日常巡视状况在智慧化管理系统中填报巡视记录,上传巡视照片,对巡视情况进行描述,发现问题进行故障上报。系统自动推送消息至运维组。根据不同专业运维组对设备设施、电气仪表、水面绿化、水工建筑进行维修养护,消除报警故障,并填报维修日志、上传照片。应急抢修组负责对报警

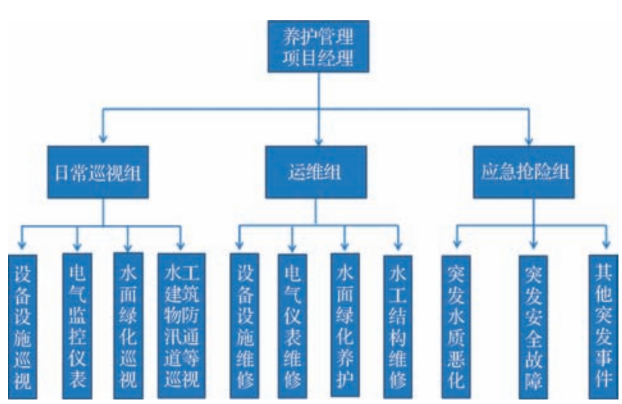

图 3 日常养护构架

中突发的水质恶化、偷排、安全故障等事件及时组织抢险,消除故障,填报应急日志并记录归档。项目经理作为第一责任人负责相关工作组统一协调安排,并对养护情况定期考核,将养护日常管理工作上报至上级主管部门。

2.3 主要界面功能描述

根据河道养护需求,本系统主要开发了远程监控、巡检系统、巡检记录、统计分析、河道状态、工单系统、报警记录和现场视频8个模块,完成河道日常养护需要巡查日志填报、关注河道养护事件、任务分发和办理、查看消息通知、水质状况等,并形成数字档案报表。

2.3.1 远程监控

远程监控包括数据实时监测和视频画面实施监测。数据监测包括水质考核指标(pH值、DO、NH_3、TP、高锰酸盐指数)、电耗、流量、液位等;视频画面覆盖主要考核断面、排口、河道交汇处等关键位置,可实现参数和画面实时同步至远程客户端,随时查看在线监测参数和实时巡检画面。

2.3.2 巡检系统

巡检系统设置和录入了不同设备、设施、植物等养护管理知识要点和型号参数、分布位置等,便于工作人员及时掌握巡检要点、巡检频次、巡检要求、安全应急预案养护维修方法等,进行精准化管理,提高管理水平。

2.3.3 巡检记录

巡检记录主要用于巡检人员填报巡检日志,查看往期巡检记录,故障解决方案等。可根据实时巡检情况上传照片文件、编辑和更新巡检情况。建立数字化巡检档案,定期推送给上级主管部门。

2.3.4 统计分析

统计分析模块除具有对水质参数、运行能耗电量、日均流量水位、水生动植物品种进行统计和变化趋势分析等功能外,还可以对不同的统计报表单独进行导出、下载和打印,形式数字化信息报表,提高工作效率。

2.3.5 河道状态

河道状态中可单独查看单条河道基本参数、治理措施、设备设施数量、水质监测断面位置、河道的特征统计、巡检历史、报警维修记录、视频监控等。多条河道中如有存在异常状况需要维修检修、加强巡视的河道,则予以提醒。

2.3.6 工单系统

工单系统主要用于处理日常巡检过程中发现的问题,通过工单形式发送给相应的维修人员,对巡检故障进行处理,并且上传维修状态照片等,记录维修故障消除方法。该系统会根据事件的类型自动推送工单给相应的责任人。

2.3.7 报警记录

当河道水质出现超标、设备运行出现突发故障、设备设施达到日常保养时限、水生植物需要收割等问题时,系统会作出报警提醒,将信息推送给相应养护管理人员,便于及时作出响应,消除故障。在该模块单元中可以查阅故障历史报警记录,对报警频率进行统计。

2.3.8 现场视频

由于河道养护范围较广,需要巡检内容较多,日常巡检强度较大。通过网络摄像头可以随时随地查看每个站点的实时画面,也可查看1个月内(与SD卡大小有关)的历史视频。及时把握巡检重点,大大提升巡检效率,及时发现问题,消除故障。

3 系统应用效果

将上述开发设计的河道数字化生态养护管理系统,用于上海奉贤管三条河道进行试点应用。根据2021年1—12月系统报表中的日常巡检情况及数据分析,研究该系统是否具备应用推广性。

3.1 日常巡检情况分析

图4、图5为生态养护系统数字化报表导出的2021年1—12月的巡检情况汇总变化趋势图。从图4可以看出,水面保洁和垃圾清理主要工作量集中在5—8月,随着气温上升,水生植物生长茂盛,则夏季需要增加水生植物养护人员和水面保洁人员,以免带来水质二次污染。从图5可以看出,5—10月随着汛期到来,养护管理人员需要加强沉降及护岸渗漏性监测,同

时加强水质监测,减少居民投诉问题。

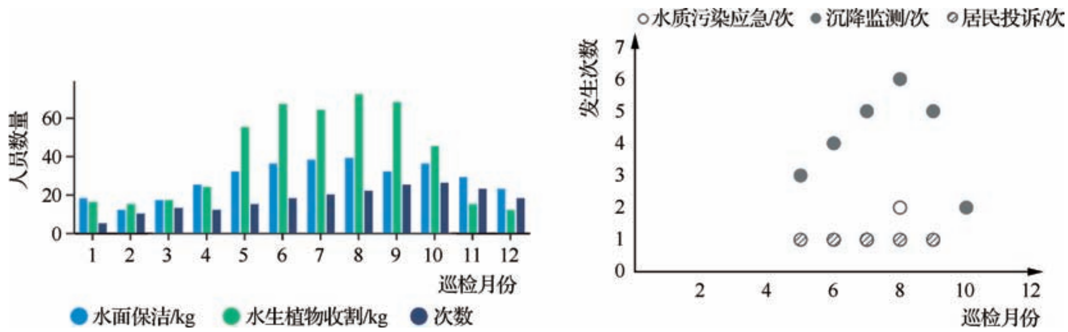

图 4　日常巡检情况

3.2　河道水质情况分析

主要水质指标变化趋势从图 5 可以看出,全年 85% 水质指标可以稳定达到地表 V 类水标准。7—8 月水质不稳定,两条河道出现氨氮超标现象。从一年的系统使用情况得知,在养护管理中 7—8 月需要特别重视河道养护管理、水质变化情况。由于 7—8 月汛期排涝情况较多,可能会存在挡墙渗漏、水生植物清理不及时的二次污染问题,因此要特别关注巡检系统水质变化情况,加强河道养护维修清理力度。

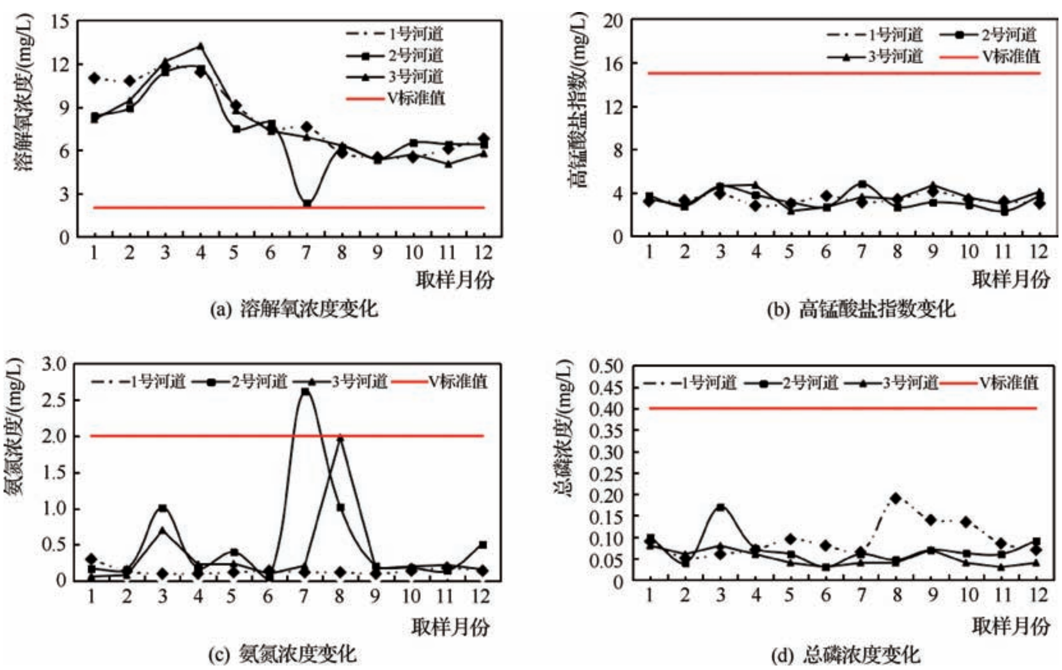

图 5　水质变化情况

3.3　养护运行成本分析

该数字化生态养护管理系统开发后经过在上海某区管河道一年的试点应用,日常养护巡视人员由原来投入的 35 人减少为 16 人,节约人员投入 55%。设备设施维修响应时间大幅提高,基本可在 2h 内完成故障排除,实现了设备设施的稳定运行。水质指标更加平稳,突发水质恶化事件为原来的 80%,日常运行管理成本节约了 35%,居民投诉率大幅降低。

4　结论与展望

相较于传统河道养护,采用数字化生态养护系统后,可以根据巡检记录对河道养护情况、变化趋势进行科学预判,保证养护人员的有效投入,(下转第 84 页)

DOI:10.16616/j.cnki.10-1326/TV.2022.07.17

化工企业水平衡测试实践分析

陈晓成

(阜阳水文水资源局,安徽 阜阳 236000)

【摘 要】 化工生产工艺复杂,各单元之间来水去水交错,是工业用水系统较繁杂的一类,进行水平衡测试难度大。本文介绍了昊源化工水平衡测试基本方法,根据水在化工产品生产中既做原料又做介质的特性,采用化学分析法分析化工产品的耗用水量,与水平衡测试成果中产品耗用水量进行对比,验证水平测试成果的合理性,并查找用水节水存在问题,提出改进措施和建议,该方法可供化工类企业做水平衡测试时参考。

【关键词】 昊源化工;水平衡测试;成果分析;化学分析法

中图分类号:TV213.4　　文献标志码:B　　文章编号:2096-0131(2022)07-080-05

Water balance test practice analysis on chemical enterprise

CHEN Xiaocheng

(*Fuyang Hydrology and Water Resources Bureau*, *Fuyang* 236000, *China*)

Abstract: The chemical production process is complicated, the water supply and removal from each unit are staggered, and the water system is complicated, so it is difficult to carry out the water balance test. This paper introduces the basic method of water balance test in Haoyuan chemical enterprise. According to the characteristics of water as raw material and medium in the production of chemical products, the chemical analysis method is adopted to analyze the water consumption of chemical products in theory. Compared with the results of water balance test, the rationality of the level test results is verified, the existing problems of water saving are found, and the improvement measures and suggestions are put forward. This method can be used as a reference for chemical enterprises to do water balance test.

Key words: Haoyuan chemical enterprise; water balance test; results analysis; chemical analysis method

阜阳市地处安徽省西北部,人均水资源占有量约400m^3,为全省人均占有量的1/3。多年来城区工业用水和居民生活用水大都以开采中深层地下水为主,由于长期超量开采中深层地下水,导致出现了以阜阳城区为中心达1200km^2的地下水水位降落漏斗区。随着经济社会的发展,特别是工业化、城市化进程的不断加快,水资源供需矛盾日益突出,节水是缓解阜阳市水资源供需矛盾的根本途径之一。

昊源化工是阜阳市主要工业用水大户,开展水平衡测试可为企业提高用水效率、节约用水提供最直接的科学依据。昊源化工具有工艺复杂、产品种类繁多、用水单元多、用水量大的特点。水在化工产品生产中既做原料又做介质,参与了化工工序过程中的化学反应,形成了化工产品。昊源化工厂区存在大量由各种

收稿日期:2022-02-19

作者简介:陈晓成(1964—),男,高级工程师,主要从事水文监测、水资源评价分析工作。

管道构成的生产系统，做水平衡测试范围大、难度大、困难多。本文介绍了安徽昊源化工水平衡测试的步骤和方法，并采用化学分析法，对生产尿素、碳酸氢铵、甲醇和吗啉等产品，从理论上分析计算化工产品耗用水量，与水平衡测试成果中产品耗用水量进行对比，验证测试成果的合理性。

1 企业概况

1.1 企业规模

安徽昊源化工集团有限公司（简称昊源化工）前身为阜阳县化肥厂，现已发展成为集研发、生产、销售于一体的综合性化工企业。公司现为国家高新技术企业，拥有省级企业技术中心。目前主要年产150万t尿素、140万t甲醇、26万t苯乙烯、15万t二甲醚、3万t异丙胺、2万t吗啉、6000t二甘醇胺，并进行余热发电（30MW）等。其中尿素、甲醇产品为安徽省名牌产品，生产规模均为安徽省第一；吗啉产品为安徽省名牌产品和安徽省高新技术产品，拥有6项发明专利。

1.2 主要产品生产工艺

昊源化工目前共有两条生产线，老系统为传统小氮肥工艺，新系统为粉煤加压气化新工艺。主要产品生产工艺如下：

a. 合成氨生产：无烟煤或焦炭破碎筛分→煤气化（$C + H_2O = CO + H_2$）→煤气预处理→煤气变换（$CO + H_2O = CO_2 + H_2$）→脱除残硫或脱除CO→甲烷化→合成气压缩→氨合成（$N_2 + 3H_2 = 2NH_3$）。

b. 尿素生产：脱碳来的二氧化碳与冷冻工段来的液氨经加压送至尿素合成塔，在高温高压下反应生成尿素和甲铵混合物，其化学反应为 $2NH_3 + CO_2 \rightarrow NH_2COONH_4 \rightarrow CO(NH_2)_2 + H_2O$。

1.3 装表情况

昊源化工配有一级计量表7块，分别对应7眼深井进行出水计量，一级表装表率达100%；二级计量表10块，分别是水处理系统6块，1号双曲线冷却塔1块，2号双曲线冷却塔1块，系统循环水1块，办公及生活用水1块，二级表装表率达100%；三级计量表43块，分别对各主要用水单元进行计量，三级表装表率达93%。

每年按检定周期由当地计量测试研究所进行水表的检测和校验。公司计量科每月定期对用水一级计量装置进行检查，如发现运行不正常及时与阜阳市水资源处联系，确保水表计量准确可靠。

1.4 用水情况

取水情况：取水井7眼，井深在300～400m，均为全封闭井，装有计量水表，分布在厂区内。

用水状况：用水为深层地下水，测试期间的日用水量（深层地下水量）约11000m^3左右。

排水状况：厂区雨、污水管网分开，清浊分流。只有一个外排排污口，位于厂区东北测，排污口处安装了明渠流量计、环保设施运行记录仪、适配器，以及COD、NH_3-N在线监测仪等。

2 水平衡测试

2.1 查勘与测点布设

按照企业水平衡测试通则要求，为保证这项工作的顺利开展，需要做一些前期现场勘查准备工作。将图纸上的用水管网和实际对照，弄清各用水单元的给水排水管网情况以及水表的安装位置、数量和水管的管径等，详细查清每个用水单元的用水细节。经现场实物与图纸对照，若图纸与实际不一样的以实物为准，并现场修改绘制。由于厂区较大，为了以后监测方便，对重要的取水井和水表位置采用GPS定位，对不同的用水单元管网采用7位码标识，前3位为用水单元名称，由汉语拼音第1个字母组成，第4位、第5位为干支管编号，第6位、第7位为水管编号。

查看表计的运行是否正常，并抽校部分水表。了解每块水表的控制范围和管道走向；对没有安装表计的用水管道，查勘采用仪器测量的位置，选择的测试位置尽可能符合仪器的测试条件，现场做测试精度实验，确定最佳的测试位置，并做好标记。

经现场勘查，需要用仪器测量的有10处，读表的有50处，分布在16个用水单元中。厂区外露的供水

管道外加了保护层,测试时需要厂方协助配合破开管道外包装;对热水管道和蒸汽管道,测试时注意不要被烫伤;对高空管道测试时要系好安全带等。

2.2 测试仪器设备

用于本次水平衡测试的仪器主要有测量管道流量的管壁测厚仪和超声波流量计、测量明渠流量的流速仪、查找管道漏水的测漏仪,以及量水桶、温度计、卷尺、GPS、钢锉、钢刷、砂布、打磨砂纸架、锤子、秒表、皮线、音响器、电筒和清洁纸等。

2.3 用水单元的划分

根据生产工艺流程和供水管路等特点,把具有相对独立性的生产工序、装置(设备)或生产车间、部门等分为主要生产用水、辅助生产用水和附属生产用水3个用水单元。主要生产用水单元有5个:新合成氨系统、老合成氨系统、尿素系统、化工系统和汽轮机系统;辅助生产用水单元有9个:水处理系统、锅炉、1号冷却塔、2号冷却塔、新系统循环水、老合成氨系统循环水、化工循环水、造气循环水、污水处理及中水回用;附属生产用水单元有办公、食堂、洗浴、厕所、绿化、消防和茶炉等。

2.4 测试成果

在厂方的大力支持和协助下,厂方技术人员和测试小组多次到化工生产现场将图纸上水流走向与实际管道相对接,明确每个单元用水的特点。测试时间定为3天,每天上下午各一次,共测试16个用水单元,共有276个水表读数、54个测量数据。测试后对成果进行分析汇总,测试期间企业用水量452.000m^3/h,产品耗用水量118.000m^3/h,蒸散发损失量184.000m^3/h,漏损量2.000m^3/h,外排水量148.000m^3/h。测试期间的用水参数计算成果见表1。

表1 测试期间的用水参数计算成果

用水参数名称	数 值	备 注
新水量(V_f)/(m^3/h)	452	深层优质地下水
重复利用水量[V_{cy}(V'_{cy})]/(m^3/h)	21079	循环水量和串联水量的总和
用水总量(V_t)/(m^3/h)	21531	新水量和重复利用水量之和
重复利用率/%	97.90	
耗水量(V_{co})/(m^3/h)	304	进入产品、蒸发、飞溅等所消耗的水量
串联水量[V_s(V'_s)]/(m^3/h)	655	使用后,再用于另一单元或系统的水量
排水量(V_d)/(m^3/h)	148	进入污水系统的水量
漏失水量(V_1)/(m^3/h)	2	供水及用水管网和用水设备漏失的水量
漏失率/%	0.44	

3 测试成果分析

3.1 化学分析法

水在化工产品生产中既做原料又做介质,从化学反应可以看出,合成氨(NH_3)、尿素[$CO(NH_2)_2$]、吗啉(C_4H_9NO)和甲醇(CH_3OH)中的H元素均来自水H_2O的分解,从理论上可以分析推求产品耗用水量。

a. 生产合成氨理论上需分解的水量:$3H_2O \rightarrow 2NH_3$生产1.000t氨在理论上需分解水量为1.588m^3,每日生产合成氨1672.060t,需分解水2655.620m^3,合成氨是生产尿素的中间产品。

b. 生产尿素理论上需分解的水量:生产尿素的化学反应式为$2NH_3 + CO_2 = CO(NH_2)_2 + H_2O$,尿素生产以氨和二氧化碳为原料,生产1.000t尿素需氨0.567t,产生水0.300m^3,测试期间日生产尿素3049.430t,需消耗氨1728.010t(间接用水2744.530t),同时产水914.830m^3。理论上日生产尿素实际耗水量为1829.700m^3。

c. 生产甲醇理论上需分解的水量:甲醇(CH_3OH)中H来自水的分解,每生产1.000t甲醇,需分解水量为1.120m^3,测试期间日生产甲醇951.950t,需分解水

量 1070. 000m^3。

d. 生产吗啉理论上需分解的水量：吗啉(C_4H_9NO)是由一定比例的二甘醇(二乙二醇)、液氨和氢气合成的，每生产 1. 000t 吗啉，需要增加分解水量为 0. 093m^3，测试期间日生产吗啉 44. 470t，需分解水量 4. 140m^3。

理论计算与水平衡测试产品耗用水量对比情况见表 2。

表 2　理论计算与水平衡测试产品耗用水量对比情况

产品名称	尿素	甲醇	吗啉	合计
测试期间日产量/t	3049. 430	951. 950	44. 470	4045. 850
理论产品耗用水量/m^3	1829. 700	1070. 000	4. 140	2903. 840
测试产品耗用水量/m^3				2832. 000

测试期间，理论上产品耗用水量为 2903. 840m^3/d，通过水平衡测试推算的产品耗水量为 2832. 000m^3/d，相差 2. 45%，总体上基本相符。

3. 2　节水指标分析

昊源化工水平衡测试期间共有尿素生产机组 4 组，1 号机组停机，2 号机组采用水溶液全循环法生产工艺，3 号和 4 号机组采用气体法生产工艺，根据《尿素取水定额》(HG/T 4187—2011)，每吨尿素取水定额指标为 3. 300m^3，每吨甲醇取水定额指标为 10. 000m^3。生产尿素所需水量应为日生产合成氨所需水量(5712. 000m^3)和合成尿素所需水量(3504. 000m^3)之和，即 9216. 000m^3。测试期间尿素的平均日产量为 3049. 430t，计算出生产每吨尿素取水量为 3. 020m^3。甲醇生产在水平衡测试期间的取水量计算方法同尿素、合成氨相同，经计算日取水量为 1512. 000m^3，日生产甲醇量 951. 950t，计算出生产每吨甲醇取水量为 1. 590m^3。计算出的尿素和甲醇取水量均小于标准限值，均达标。节水指标计算成果见表 3。

表 3　企业节水指标计算成果

序号	项目		计算值	标准	评价
1	每吨尿素取水量/m^3	测试期间	3. 020	≤3. 3	达标
2	每吨甲醇取水量/m^3	测试期间	1. 590	≤10	达标
3	一级水表计量率/%	进出用水单位	100	100	达标
4	进出主要次级水表计量率/%		93. 000	≥90	达标
5	主要用水设备达标率/%		95. 000	≥85	达标
6	蒸汽冷凝水回用率/%		97. 800	≥95	达标
7	企业用水设施损失率/%		0. 440	≤2	达标
8	达标排放率/%		100	100	达标

3. 3　测试成果分析评价

测试成果反映了测试期间的各单元用水情况、生产的用水耗水和排水情况，由测试成果计算出的用水参数和企业节水指标计算成果可以看出，经企业多年的节水技术和设备的改造更新以及节水系列措施的实施，节水成效明显，节水指标数据均达标。

4　改进措施及建议

a. 完善三级计量表，建议每个用水单元安装出水水表。引进水务管理软件，提升节水管理现代化水平。在重要的表计上安装实时监控系统，建立全厂用水量可视化平台，在此平台上优化各单元用水。

b. 改进设备，优化工艺，在满足化工用水水质的基础上，尽量采用地表水，逐步压缩优质深层地下水使用量。结合阜阳煤基新材料产业园区总体规划及产业布局，实施“退城入园”措施，加快现有生产装置的搬迁进度，减少和停止对阜阳城区深层地下水的开采和使用。

c. 通过本次测试,查清了厂方测试系统中各用水环节、用水工艺及用水设备的基本情况,以及产品用水耗水和排水情况,并根据测试期间的产品所需水量参数进一步核算了用水量数据,为厂方节水管理提供了技术资料,为水资源管理提供了基础数据。根据《企业水平衡测试通则》(GB/T 12452—2008)的要求,企业水平衡测试应在不同季节(用水淡旺季)企业正常生产情况下分别进行测试,综合多次水平衡测试成果更能真实反映企业用水情况,建议企业选择夏季和春季在日产量较稳定时段再次进行水平衡测试。

5 结 语

通过昊源化工的水平衡测试,对企业的用水、耗水和排水有了更清晰的了解,使企业清楚自身用水指标和用水参数,为企业节水减排、提高用水效率、节约利用深层地下水资源提供了数据支撑。水平衡测试中采用化学分析法对产品耗用水量进行分析计算,并与测试成果进行对比,为化工企业产品耗用水量成果验证探索出了一种较为实用的方法。◈

参考文献

[1] 段现辉. 基于水平衡测试的炼化企业节水思路探讨[J]. 地下水,2018,40(1):83-85.
[2] 张志国,邓瑞霞,郝同杰. 燃气电厂水平衡测试及节水建议[J]. 华电技术,2019,41(7):43-45.
[3] 张利国,张宝君,穆彦清. 基于节水管理的水量平衡测试法[J]. 黑龙江水利科技,2009,37(3):10-11.
[4] 江姗姗. 大型商业大厦基于水平衡测试的节水分析[J]. 科技经济导刊,2016(16):106,104.
[5] 常明旺. 工业企业水平衡测试·计算·分析[M]. 北京:化学工业出版社,2007.

(上接第79页)更加精准化做到养护管理全覆盖,有效保障河道水质不恶化;发现和解决问题的响应时间大大提高,有效减少了居民投诉事件;采用科学化数字管理系统一次性投入大,但是节约了日常养护管理中无效人员投入费用;实现了多级有效监管养护管理水平,在上海河道生态养护管理中具有创新性和可推广性。后续可以增加更多监测设施,共享信息端口,打造区域互联网养护管理平台,提高河道养护长效管理水平。◈

参考文献

[1] 黄莉. 浦东新区河道长效管理体系实践与思考[J]. 长江技术经济,2020,4(2):17-19.
[2] 张广荣,朱锡培,吴景社,等. 上海市中小河道长效管理的对策措施[J]. 中国水利,2009(6):48-49.
[3] 国延恒,毛春梅,方国华. 实现城市河道长效管理的有效途径[J]. 水利科技与经济,2007(9):623-625.
[4] 唐敏,铁治欣,丁成富,等. 移动端智慧河道管理系统[J]. 计算机系统应用,2018,27(4):47-53.
[5] 杜明. 智慧管理平台在河道运营管养中的应用[J]. 上海建设科技,2019(6):46-49.
[6] 高玉琴,方国华,金鹏飞. 上海市河道管理存在的问题及对策建议[J]. 水利经济,2008(2):57-59,78.
[7] 王燕. 关于川沙新镇中小河道养护管理的几点思考[J]. 绿色环保建材,2021(5):175-177.
[8] 孟钲秀,周全. 基于大数据的浦东新区河道长效管理系统建设[J]. 水利信息化,2019(1):65-68.
[9] 杨明祥,蒋云钟,田雨,等. 智慧水务建设需求探析[J]. 清华大学学报(自然科学版),2014,54(1):133-136,144.
[10] 刘林华,杨之文. 城镇地区河道长效管理的实践与思考[J]. 中国水利,2015(8):49-50.