

生命之源 万物之母
ORIGIN OF LIFE, MOTHER OF NATURE

公益



(来源: 中国文明网)

期刊基本参数: CN 10-1326/TV * 2015 * m * A4 * 84 * zh * P * ¥20.00 * 14000 * 15 * 2022-6

《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

2022.6
第8卷

水资源开发与管理

Water Resources Development and Management



ISSN 2096-0131



水
资
源
开
发
与
管
理

二
〇
二
二
年
第
八
卷
第
六
期

Vol. 8 No. 6 2022

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

铸诚信之魂 扬江海之帆

——福建省江海工程管理有限公司

福建省江海工程管理有限公司创立于 2003 年，具备水利工程施工监理甲级、环境保护监理资质不定级、水土保持监理乙级、工程造价乙级、市政公用工程及房屋建筑工程监理乙级等资质，为工程建设提供施工监理、招标代理、造价咨询、政府采购、工程咨询等综合型全过程、全流程一站式咨询服务。

福建省江海工程管理有限公司坚信诚信是企业发展基石、立企之本。多年来，公司积极开拓、勤于探索，积累了丰富的监理实践经验，建立了一套行之有效的工作制度和内部管理制度，以诚信体系开展工作、以扎实的业务基础保障项目圆满完成，所承接的各项合同履约率均达 100%，赢得社会一致好评。

公司连续 4 次荣获“全国水利建设市场主体信用评价 AAA 级监理单位”“A 级信用纳税人”“守合同重信用企业”等荣誉。公司监理的项目创建多项优良工程，先后荣获“中国水利工程优质（大禹）奖”“水利系统文明建设工地”“省重点建设项目优胜奖”“闽水杯”优质工程奖金、银奖，“福建省水利建设工程文明工地”等奖项，其中，泉州市金鸡拦河闸重建工程、福建德化县彭村水库工程分别获得 2012 年、2021 年“中国水利工程优质（大禹）奖”。

福建省江海工程管理有限公司秉承“质量为先，信誉为重，管理为本，服务为诚”的理念，时刻牢记诚信是企业的生命线，持续发扬“守法、诚信、公正、科学”的优良作风，抓住机遇，把握当前水利行业发展良好势头，“筑质量之堤，扬江海之帆”，以质量求生存，以市场为导向，以发展求壮大，为推动水利行业可持续发展贡献力量。



福建德化县彭村水库工程

爱岗敬业 勇于担当 胸怀坦荡 团结和谐

——山东省宁阳县水利工程公司

山东省宁阳县水利工程公司是一家具备水利水电工程施工总承包贰级资质企业，注册资金 5000 万元，占地面积 2 万 m²。公司凭着良好的企业信誉、先进的管理方法、过硬的工程质量，先后获得了“水利工程文明建设工地”“鲁水杯水利优质施工工程”“信用等级 AAA”“农民工工资支付工作规范化创建标兵项目”等荣誉。

公司自成立以来，始终致力于健康运行、持续发展，将诚信建设理念转化为员工的自觉行为，进而打造卓越执行力和强大的企业凝聚力。

一、强化诚信意识，树立诚信理念。积极开展诚信宣传教育，认真实践“以诚实守信为荣，以见利忘义为耻”的社会主义荣辱观，以诚实守信为核心价值观，把诚信理念落实到项目施工的全过程。

二、完善诚信建设体系。把诚信建设列入企业发展战略，明确企业诚信建设目标和工作部门，健全企业诚信建设管理体系。

三、积极承担社会责任。关注经济效益的同时，不忘重视社会效益，增强社会责任意识，积极参与各项社会公益活动。公司多年来连续为宁阳县慈善协会捐款；2018 年 6 月，向中国水利工程协会“甘泉”公益捐赠 2 万元，致力于扶贫公益事业；2019 年 11 月，公司组织员工为宁阳特殊教育学校学生捐款、捐献学习用品；2020 年 9 月，公司为员工家属发起爱心捐款活动，合计募捐善款 136800 元。公司热心参与社会公益，遵守社会公德，引领社会良好风尚，从而树立了开放、进取、诚信、负责的企业形象。

企业以公司的发展实现员工的成长，建设让人民和政府放心的工程，促进经济发展、社会进步。面对新形势，将以更加奋发有为的精神在瞬息万变的市场大潮中激流勇进，努力开拓更加辉煌灿烂的明天。



宁阳县大汶河拦河闸工程



宁阳县月牙河水库除险加固工程

水资源开发与管理

Shuiziyuan Kaifa Yu Guanli

(月刊)

2015 年创刊

2022 年第 8 卷第 6 期

总第 77 期

出版日期: 2022 年 6 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 M09525

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账号二维码,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6期

◆ 黄河流域生态保护和高质量发展

1 基于黄河水资源超载的滨州引黄灌区高质量发展对策研究

张宝军 由国栋 王惠敏

5 黄河上游典型干旱区水资源利用策略研究

魏 智 王小娥 吴锦奎

11 河西走廊重点区域地下水分区管控初探

张 楠 张 丽 李计生

17 黄河流域不同区段水资源与水环境特征及生态保护路径

宋梦林 王国欣 史玉仙

◆ 水生态保护

26 大连市地下水变化趋势及分布特征研究

孙大明

31 重庆市绿色水生态网建设初步研究

汪文超 周 琴 毛小羽

37 常州市水源地水质评价及保护对策研究

纪海婷 王晓杰 马 玲

41 沱湖湖区及主要入湖支流水资源特征和变化趋势分析

孙迎迎

◆ 节水专栏

47 智慧节水监管平台助力节水机关建设

崔 凯 高 堃 王 浩

52 德州市农业节水灌溉技术体系分析及研究

李文娟

57 基于水足迹的黄山市农业节水分析

徐维葳 吴 凡

◆ 水利信息化

62 深圳河流域防洪潮调度管理平台开发与应用

汪振松

68 雷达波在线测流系统在屯溪水文站的应用

钟维斌

74 基于高分影像遥感的城市黑臭水体提取研究

吴 阳 易 达 李逢清

◆ 水利乡村振兴

79 上海市乡村河湖生态治理技术体系研究

顾 鹏

编 委 会

名 誉 主 任：王 浩

主 任：安中仁

副 主 任：任京梅 董红元

编委会成员（按姓氏笔画排列）

王国庆 王新才 石玉波

杨金春 张文鸽 张淑玲

张新玉 罗益信 姜广田

公益：广告

封一 祁连秘境(摄影：梁树峰)

封二 水利诚信单位风采展示(福建省江海工程管理有限公司)

封三 水利诚信单位风采展示(山东省宁阳县水利工程公司)

封底 生命之源 万物之母

版权声明：本刊刊出的内容，未经本刊许可，不得转载。所有在本刊刊发的文字、图片，本刊拥有网络电子版版权。如果作者有异议，请在来稿时向本刊声明。

◆ ecological protection and high-quality development of the Yellow River basin

- 1 A study on high-quality development countermeasures of Binzhou Yellow River Diversion irrigation area based on water resources overload of the Yellow River ZHANG Baojun, YOU Guodong, WANG Huimin
- 5 A Study on water resources utilization strategy in typical arid areas of the upper reaches of the Yellow River WEI Zhi, WANG Xiaoe, WU Jinkui
- 11 A preliminary study on groundwater zoning control in key areas of Hexi Corridor ZHANG Nan, ZHANG Li, LI Jisheng
- 17 Characteristics of water resources and water environment in different sections of the Yellow River basin and ecological protection paths SONG Menglin, WANG Yuanxin, SHI Yuxian

◆ Water Ecological Protection

- 26 A Study on the change trend and distribution characteristics of groundwater in Dalian City SUN Daming
- 31 A Preliminary study on the construction of green water ecological network in Chongqing WANG Wenchao, ZHOU Qin, MAO Xiaoyu
- 37 Study on water quality evaluation and protection countermeasures of Changzhou water source area JI Haiting, WANG Xiaojie, MA Ling
- 41 Analysis on the characteristics and changing trend of water resources in Tuohu Lake area and its main inflow branches SUN Yingying

◆ Water-Saving Special Column

- 47 Smart supervision platform helps the construction of water-saving institutions CUI Kai, GAO Kun, WANG Hao
- 52 Analysis and research on technical system of agricultural water-saving irrigation in Dezhou City LI Wenjuan
- 57 Analysis of agricultural water saving in Huangshan City based on water footprint XU Weiwei, WU Fan

◆ Water Conservancy Informatization

- 62 The Development and application of flood and tide control dispatching management platform for Shenzhen River basin WANG Zhensong
- 68 Application of radar online flow measurement system in Tunxi Hydrological Station ZHONG Weibin
- 74 A Study on extraction of urban black and odorous water body based on high-resolution image remote sensing WU Yang, YI Da, LI Fengqing

Water Conservancy Rural Revitalization

79 A Study on ecological management technology system of rural rivers and lakes in Shanghai

GU Peng

基于黄河水资源超载的滨州引黄灌区 高质量发展对策研究

张宝军 由国栋 王惠敏

(滨州市引黄灌溉服务中心, 山东 滨州 256600)

【摘要】 为贯彻黄河流域生态保护和高质量发展战略,本文通过对区域内引黄灌区现状及存在的主要问题进行分析,提出了在当前区域黄河水资源超载条件下引黄灌区水资源优化配置、节约集约利用、提高农业节水 and 种植结构的对策建议,以期为区域引黄灌区高质量发展提供借鉴。

【关键词】 引黄灌区;水资源;超载区;高质量发展;对策;滨州

中图分类号: TV213.4

文献标志码: B

文章编号: 2096-0131(2022)06-001-04

A study on high-quality development countermeasures of Binzhou Yellow River Diversion irrigation area based on water resources overload of the Yellow River

ZHANG Baojun, YOU Guodong, WANG Huimin

(Binzhou Yellow River Diversion Irrigation Service Center, Binzhou 256600, China)

Abstract: In order to carry out the strategy of ecological protection and high-quality development in the Yellow River basin, this paper analyzes the present situation and main problems of the Yellow River Diversion irrigation area, and puts forward some countermeasures and suggestions on optimal allocation of water resources, economical and intensive utilization, improvement of agricultural water-saving and planting structure in the Yellow River Diversion irrigation area under the current overload of water resources in the region, so as to provide reference for the high-quality development of the Yellow River Diversion irrigation area.

Key words: Yellow River Diversion irrigation area; water resources; overload area; high quality development; countermeasures; Binzhou

《黄河流域生态保护和高质量发展规划纲要》提出,要着力改善黄河流域生态环境,着力优化水资源配置,着力促进全流域高质量发展。这就客观要求引黄灌区水资源优化配置要及时对接国家黄河流域生态保

护和高质量发展战略。滨州市位于黄河下游沿海地区,淡水资源缺乏,人均水资源量不足全国平均水平的1/8,属资源型严重缺水地区,经济社会发展高度依赖黄河水源。近年来,随着区域经济社会发展,水资源供

收稿日期: 2022-03-01

课题项目: 滨州市 2022 年度社会科学规划课题 22—SKGH-016

作者简介: 张宝军(1970—),男,高级工程师,学士,主要从事水资源开发和保护、水利工程建设管理工作。

需矛盾更为突显,探索水资源的高质量利用、破解制约区域经济社会发展的水资源要素,已成为灌区亟待解决的问题。国内专家学者从水资源保护、水资源承载能力、水资源的区域开发、水资源流域开发利用等方面进行了研究^[14],为水资源优化配置、高效高质利用提供了重要参考。但这些主要是针对河流水资源的研究,对于引黄灌区水资源及灌区高质量发展的研究较少。因此,本文通过对资源型缺水灌区水资源高质量利用进行探讨,提出在总量控制的基础上,通过开源节流、科学配置、机制创新等措施建立空间均衡的输配水体系,实现水资源利用由粗放式向集约式转变,推进灌区高质量发展,为区域经济、社会、生态和环境发展提供坚实的水利基础。

1 区域引黄灌区现状

1.1 作物种植结构

滨州市北部区域地处沿海冲积平原区,地域广阔,地势低平,海拔一般在50m以下,属暖温带湿润季风性气候区,四季分明,气候温和,光照充足。灌区主要粮食作物以小麦、玉米为主,经济作物以棉花、蔬菜、林果、苗木为主,油料作物以大豆、花生为主,复种指数为1.5。灌区植被随地形变化而变化,以人工次生林、自然生长的草本植物为主,木本植物种类多为自然生长状态下的杨、柳等乡土树种。

1.2 水资源情况

灌区水资源由地表水资源和地下水资源两部分组成,地表水资源包括当地地表水、内河客水、黄河引水及南水北调东线调水,其中主要以黄河水为主。根据《滨州市水资源调查评价》成果,当地多年平均降水量为575.2mm,年平均径流深为54.2mm,多年平均径流量为0.789亿m³,年均蒸发量为1260.0mm,年均可用水资源量为7.78亿m³,人均水资源量仅为270m³,不足全国人均水资源量的1/8,属资源型缺水地区。地下水限量开采,地表水严重不足,引蓄黄河水是灌区农业灌溉和区域经济社会发展用水的主要措施。

1.3 区域经济现状

灌区内土地资源丰富,气候温和,光照充足,适宜

农、林、牧、副、渔全面发展,是滨州市粮、棉、枣、盐、牧、渔业重要生产基地,以农副产品加工、海洋化工为依托的第二、第三产业已初具规模,第一、第二、第三产业都具有良好的发展前景。2020年度统计数据显示,滨州引黄灌区区域生产总值为2508.11亿元,其中第一产业243.15亿元、第二产业1021.56亿元、第三产业1243.40亿元,三次产业结构比为9.7:40.7:49.6;区域耕地面积为695.89万亩,有效灌溉面积为522.94万亩,粮食产量为370.23万t。以引黄灌区为主的骨干水利工程在保障国家粮食安全,促进滨州市“三农”发展,推动滨州市国民经济高质量发展方面作出了巨大贡献。

1.4 农业灌溉情况

滨州市现状有效灌溉面积为34.9万hm²,其中引黄灌溉面积25.2万hm²,引河、机井混灌面积9.7万hm²,全市近80%的农田直接或间接依靠黄河水灌溉。以滨州市主要大型灌区小开河引黄灌区为例,经测算分析,灌溉水有效利用系数为0.57,灌区用水总量为2.08亿m³,其中农业灌溉用水总量为1.83亿m³,城镇及农村生活用水0.11亿m³,工业用水0.12亿m³,生态环境用水0.02亿m³,灌区近90%的用水量为农业灌溉水量。滨州市2020年总用水量为16.67亿m³,其中引黄水量为13.51亿m³,引黄灌溉保障了滨州市粮食丰产、农业丰收,但随着经济和社会的发展,引黄灌溉用水日趋紧张,农业灌溉面临严峻挑战。

2 引黄灌区主要问题分析

2.1 降水量年内时空分布不均,导致农业灌溉对黄河水源的高度依赖

滨州市属于温带季风性气候,具有春旱、夏涝、晚秋又旱的特点,降水量主要集中在6—9月(汛期),1—5月月平均降水量仅为55.0mm,导致春灌期农田灌溉需水量大。同时滨州市属于沿海冲积平原,地下水矿化度高、水源条件较差、淡水资源匮乏,导致农业灌溉对黄河水源的高度依赖。

2.2 引黄指标的刚性约束,使得供需矛盾突出

滨州市现有引黄灌区13处,总设计引水流量为

466m³/s,全市近80%的农田直接或间接依靠黄河水灌溉,滨州市引黄指标为8.57亿m³。据黄河河务部门统计,2015—2020年滨州市平均年引黄水量为12.12亿m³,且年引水量均低于实际需水量,与引黄指标相比,年均超指标引水3.55亿m³,且引水量不能满足实际需求。近年来,随着国民经济发展及区域城镇化进程加快,对黄河水资源的需求呈上升趋势,在最严格水资源管理的刚性约束下,贯彻落实“四水四定”的工作方针,供需矛盾尤为突出。滨州市现状属于黄河水资源超载治理区,压减滨州市引黄水量,实现水资源高质量利用势在必行。

黄河河务部门农业水和非农业水的“两水分供”模式间接导致了灌区长期小流量引水,供水损耗加大;灌溉期农民架设水泵并强行提闸抢引非农业水进行灌溉,造成渠系建筑物损坏,非农业用水也得不到有效保障,既增加了管理难度,又进一步加剧了水资源供需矛盾。

2.3 泥沙利用难,环保压力大

黄河是世界上输沙量最大、含沙量最高的河流,黄河水作为灌区的主要水源,使灌区在引水的同时也引进大量的泥沙。以小开河灌区为例,1999—2015年在引黄供水的同时累计引进泥沙1705.00万t,其中携沙水流通过输沙渠送入沉沙池的总沙量约为640.00万t,占总引沙量的37.54%;输沙段沉积淤积量为85.25万t,约占5.00%,支渠约占20.00%,其他进入农田。但自2016年以来,输沙段年均沉积淤积量达到30.00万t左右,大量的泥沙淤积后就地利用量有限,多数堆积在渠道和沉沙池一侧,黄沙裸露,渠道周边沙化严重,造成生态环境恶化,给群众生产生活带来诸多困难,也未达到生态化灌区建设要求。

2.4 低水价不利于用水户节水和灌区运行

灌区水价长期低于成本运行不利于节约水资源,低水价的负面激励效应使沿线农民节水意识淡薄,导致沿线无序引水、地头田间大水漫灌现象屡禁不止,加剧了水资源的浪费。由于受黄河水源价格高、灌区供水水价低且水费收取难、灌区引水能力下降等因素影

响,灌区水利工程投资不足、重建轻管,供水效益得不到充分发挥,只能维持简单再生产和靠争取上级项目搞建设,不利于灌区的可持续发展。

2.5 受黄河调水调沙影响,灌区引水能力急剧下降

黄河小浪底自2002年实施调水调沙后,使滨州市河槽下切2.35m左右,大河水位同比例下降,灌区引水能力下降65.00%,严重影响灌区的生活、生产、生态用水,其中对小开河灌区的影响较为突出。小开河引黄闸原设计闸前黄河流量为218m³/s时,灌区可达到设计流量60m³/s,相应大河水位为15.20m;但调水调沙后,若要达到设计流量,小开河引黄闸处的黄河流量需达到1100m³/s以上。

同时,受黄河调水调沙及上游来水来沙条件变化的影响,黄河泥沙粒径变大,灌区水沙分配发生显著变化,给原有的灌区输沙渠冲淤平衡带来了巨大影响^[9]。大量粗沙进入灌区渠系,长期的监测数据显示,进入渠系的泥沙中值粒径 D_{50} 由设计时的0.025mm增加到了0.090mm。泥沙粒径越大,水流挟沙能力越弱,泥沙粒径的增大导致了灌区的引水能力降低和输沙能力减弱,造成干渠淤积严重,引水成本增加。当前,各引黄灌区干渠基本年年清淤,甚至一年多次清淤,灌区运行成本增加。

3 黄河水资源超载区灌区高质量发展的水资源对策

3.1 逐步恢复河、井灌区,倡导微咸水灌溉,降低对黄河水源的依赖

滨州市境内有13条骨干河道,过境河道客水总量为11.95亿m³,客水资源比较丰富,20世纪90年代以来,特别是近年来随着国家水污染治理力度的加大,河道水质明显改善,能够满足农业灌溉要求。因此,应恢复引河灌区,压减引黄灌溉面积,降低对黄河水源的依赖。滨州市浅层地下水主要是微咸水,在黄河沿岸县区分布广泛,在每年实施1~2次微咸水灌溉,混合引黄灌溉洗盐情况下,地下微咸水可以用于农作物灌溉。

在干旱年份的春灌季节进行微咸水灌溉,既能保证粮食丰收,又能使地下水、地表水得到循环利用,有效改善地下水环境,还能将节约下来的引黄指标用于工业和高盐碱区域的农田灌溉,创造更大的经济效益。根据2000年滨州市地下水调查评价结果,惠民县有1130km²的土地浅层地下水矿化度在2g/L以内,占全县总面积的83%,矿化度在2~5g/L的微咸水面积为234km²^[5],阳信、滨城、沾化也有部分地下淡水和微咸水区域,可进行微咸水灌溉。鼓励倡导微咸水灌溉,同时定期采用黄河水灌溉洗盐,可减轻灌区供水压力,有效减少黄河水资源利用,缓解水资源供需矛盾。

3.2 加快灌区现代化建设和高标准农田建设,提升用水效率,减轻水资源供需矛盾

滨州市引黄灌区基础设施不完善,加之滨州地处黄河下游冲积平原,土壤质地主要以砂壤和粉壤为主,该类土壤具有保水性低、渗漏性大、易流失的特点,导致灌溉水利用率较低。针对此问题实施现代化灌区建设,重点针对干支以下末级渠系,降低渗漏水耗;对破损失修、老化严重的涵闸、渡槽等工程进行更新改造,补齐工程建设短板,完善灌区输配水工程体系配套建设,为实施水资源优化配置提供工程条件。

滨州市农田标准普遍较低,配套率差,结合国家高标准农田建设项目,大力建设高标准农田,提高末级渠系和田间水利用效率,建设机井及配套设施,发展节水灌溉技术,通过灌区现代化建设和高标准农田建设提升灌区用水效率,达到节水增效的目的。

3.3 农业节水优先,推广田间高效节水技术,缓解水资源压力

灌区范围内主要种植冬小麦、夏玉米、棉花、冬枣等作物,结合灌区水资源情况,综合考虑作物种植情况、土壤质地、灌溉水源情况、农田经营模式、水利工程管理等因素,在保证水资源可持续发展的基础上,发展相应的节水灌溉模式。对于冬小麦、夏玉米和棉花等作物,根据干渠沿线不同区域黄河水含沙量高低,分别采用防渗渠道输水地面灌或管道输水地面灌。灌区上游灌溉水含沙量较高,宜采用防渗渠道输水地面

灌的形式;干渠中下游含沙量较低,宜采用管道输水地面灌、喷灌、微灌等形式。同时,减少农业面源污染,推广水肥一体化技术,大力推进农业节水,推动用水方式由粗放向节约集约转变。

3.4 优化灌区用水结构,减少引黄泥沙量

灌区现状用水主要包括生活、农业、工业和生态用水,供水主要依靠当地地表水以及引黄水,供需矛盾突出。现状用水结构为农业用水占94%,生活用水占4%,工业用水占2%,生态环境用水很小,忽略不计,用水比例严重不协调,与现代水利发展不相适应。因此,为适应灌区农业现代化发展和当地生活、生产需要,在现有农业用水比例过高、生态环境用水偏少的情况下,内部通过灌区挖潜改造,节约灌溉用水;外部通过南水北调工程供水,实现灌区用水优化调整,即黄河引水主要用于灌溉,南水北调配水主要用于生活,当地地表水主要用于生态环境和生产用水。同时,为缓解用水矛盾,重视再生水回用、雨洪水等非常规水源利用,实现多源互济、综合集约的水资源优化配置格局。通过灌区用水结构调整,有效减少引黄水量,减轻灌区泥沙处理的压力。

3.5 发挥价格杠杆,以“非”补“农”,促进灌区发展

近年来,由于区域经济社会的发展,工业和生活用水逐年大幅增长,挤占了部分农业用水指标。短期内农业供水价格无法达到成本水价,建议提高现行非农业供水价格,采取“小步快跑、逐步到位”的方法,使灌区非农业供水价格逐渐达到成本水价,以适应供水结构变化和黄河水资源管理的新形势,提高工业用水成本,促进企业实施工业节水。

3.6 调整农业种植结构,优化水资源调度

水资源短缺问题越来越严重,难以满足需求的多样性和多变性。要随着主要水源黄河来水形式的变化,优化水资源调度,适应农业现代化发展、缓解灌区用水紧张的矛盾。各级政府应积极引导农民调整农业产业结构,结合灌区水资源特点和当地农业发展规划,适当压减灌溉定额高且用水集中的小(下转第10页)

黄河上游典型干旱区水资源利用策略研究

魏 智^{1,2} 王小娥³ 吴锦奎²

- (1. 白银市河道管理站,甘肃 白银 730900;
2. 中国科学院西北资源环境研究院 流域水文与应用生态重点实验室,甘肃 兰州 730000;
3. 白银市水土保持总站,甘肃 白银 730900)

【摘 要】 白银市位于黄河上游甘肃省中部干旱区,水资源短缺,生态环境脆弱。本文通过实地调查研究和资料分析,分析了白银市水资源供需现状以及区域可利用水资源量,据此提出了适应当地水资源条件的设立黄河上游特色创新试验区、营造甘肃中部沿黄特色生态走廊、建设高扬程灌区特色节水高地等区域水资源利用策略,该研究成果对提升水资源在区域发展中的支撑能力有着十分重要的意义。

【关键词】 黄河上游;干旱半干旱区;白银市;水资源利用

中图分类号: TV213.4

文献标志码: B

文章编号: 2096-0131(2022)06-005-06

A Study on water resources utilization strategy in typical arid areas of the upper reaches of the Yellow River

WEI Zhi^{1,2}, WANG Xiaoe³, WU Jinkui²

- (1. Baiyin River Management Station, Baiyin 730900, China;
2. Northwest Institute of Resources and Environment, Chinese Academy of Sciences Key Laboratory of Watershed Hydrology and Applied Ecology, Lanzhou 730000, China;
3. Baiyin Water and Soil Conservation General Station, Baiyin 730900, China)

Abstract: Baiyin City is located in the middle arid area of Gansu Province in the upper reaches of the Yellow River, which is short of water resources and fragile in ecological environment. Through field investigation and data analysis, this paper analyzes the current situation of water resources supply and demand in Baiyin City and the amount of regional available water resources. Based on this, it puts forward regional water resources utilization strategies, such as setting up a characteristic innovation experimental area in the upper reaches of the Yellow River, building a characteristic ecological corridor along the Yellow River in central Gansu Province, and building a characteristic water-saving highland in high-lift irrigation area. The research results are of great significance to improving the supporting capacity of water resources in regional development.

Key words: upper reaches of the Yellow River; semi-arid area; Baiyin City; utilization of water resources

收稿日期: 2022-03-03

基金项目: 白银市首席专家工作室项目; 白银市科技计划项目“灌区工程管理信息化研究”(HS20111-2-35A); 白银市科技计划项目“农村供水时变化系数研究”(HS20111-2-36A)

作者简介: 魏智(1967—),男,高级工程师,博士,主要从事水文水资源研究、水利工程规划和高质量发展工作。

黄河上游是黄河流域主要的水系集中区和产水区,是我国重要的“二屏三带”生态功能区和全流域发展重要的经济带,是国家重要工业能源聚集区域。白银市位于黄河上游的甘肃省中部,是黄河上游重要的水源涵养区和水土保持区,以传统工矿区和著名农业高扬程引黄灌区而闻名,是全国首批资源枯竭转型城市,曾是国家建设的重点有色金属基地,因此遗留了较大的历史环境问题,白银市在黄河上游地区有着典型代表性。研究这一区域如何立足自身水资源禀赋,谋划好适应水资源条件的转型发展之路,对推进区域生态保护和高质量发展,实现黄河流域生态保护和高质量发展这一国家战略和历史使命具有重要意义。

1 水资源供需现状

1.1 水资源条件与利用现状

黄河流域水资源总量相对较少,人均占有量仅为全国平均水平的 27.0%^[1],而白银市又处于黄河流域上游干旱半干旱区,大陆性气候明显,干旱少雨,多年平均降水量仅为 270mm。市域总土地面积约 2 万 km²,占甘肃省总面积的 4.6%,而自产地表水资源量仅 1.23 亿 m³,占全省黄河流域地表水资源量的 0.3%;水资源总量为 2.32 亿 m³,占全省黄河流域水资源总量的 1.7%。人均水资源量为 136m³,为全省和全国人均占有量的 1/8 和 1/16;亩均占有量为 51m³,为全省和全国亩均占有量的 1/16 和 1/35,是典型的资源型缺水区域。

黄河干流流经白银市境内的总长度达 258.0km,占黄河甘肃段的 1/3,占第二次入境的 58.0%,多年平均入境水量为 303.00 亿 m³^[2-3],是全市生产、生活的主要水源,也是未来赖以生存和发展的主要水资源,孕育了作为甘肃省农产品主产区的景泰县和靖远县,使白银市以全省 0.7% 的水资源量承载了全省 10.0% 的灌溉面积和 6.6% 的经济总量^[4-5],成为甘肃省黄河流域经济社会发展的核心区域之一和资源环境承载负荷较大的区域。随着土地流转、种植结构调整,高原夏菜、枸杞产业、特色养殖业、戈壁农业、脱贫攻坚“两园”建设(脱贫产业园、特色产业园)以及生态林等产业快速

发展,用水供需矛盾更加突出。2016 年甘肃省水利厅确定的地下水超采区为 425.67km²,2020 年被水利部确定为黄河流域水资源超载区。

1.2 区域水资源涵养能力

白银市位于青藏高原、内蒙古高原和黄土高原三大高原的生态契合区,处在黄河流域和西北内陆河流域的接合部。在全国生态安全格局中,处于北御风沙、南保水土的关键环节,是黄河上游重要的水源涵养区和国家西部重要的生态屏障。黄河入河一级支流有 38 条,总长度达 1638.4km,总集水面积达 83.63 万 km²^[7],但 90% 以上为季节性河流,独特的地理位置和气候条件,决定了白银市植被覆盖度低、生态环境脆弱的现状,尤其是北依腾格里沙漠,东靠陇中黄土高原,森林覆盖率仅为 7.57%,与全国 18.21% 和全省 13.40% 的水平相比,差距较大。全市尚有荒山荒地 26.20 万 hm²,沙化土地 4.38 万 hm²,潜在沙化地 1.95 万 hm²,全市水土流失面积占总面积的 68.50%,每年约 0.510 亿 t 泥沙进入黄河^[8]。境内的祖厉河是黄河上游流域面积超过 1.00 万 km² 的 6 条主要支流之一,植被覆盖少,地面坡度大,水力侵蚀严重,多年平均年输沙量为 0.417 亿 t,最大含沙量为 1110kg/m³,是黄河水系有名的泥河。水土保持综合治理和生态环境建设明显滞后,生态环境用水量仅占全市总用水量的 2.6%,远不能满足生态环境修复的需求,进而影响水源涵养功能,形成恶性循环,生态本底条件薄弱,与经济社会发展的矛盾突出。

1.3 外部可利用水资源分析

根据 1987 年的《黄河可供水量分配方案》(简称“87 分水方案”),在正常来水年份,分配给甘肃省的地表耗水量指标为 30.40 亿 m³,其中分配给白银市的地表耗水指标为 6.16 亿 m³,其中引洮二期工程耗水指标(0.81 亿 m³)单列,其余区域可利用黄河地表耗水指标仅为 5.35 亿 m³。甘肃省人民政府 2013 年下达白银市 2015 年、2020 年、2030 年用水总量控制指标分别为 10.90 亿 m³、10.79 亿 m³、12.43 亿 m³。“用水量”和“耗水量”两项指标是白银市水资源管理的红线。

2019 年全市耗水量为 5.90 亿 m^3 , 已超过“87 分水方案”规定的正常年份耗水指标(5.35 亿 m^3), 即使考虑丰水年“丰增枯减”的调水增加因素, 6.16 亿 m^3 耗水指标也基本用完, 已无富余耗水量指标; 全市 2019 年用水量为 9.05 亿 m^3 , 虽未超过省级下达指标, 但耗水率高达 65.40%, 如果考虑正在建设的甘肃中部生态移民扶贫开发供水工程等几项在建工程, 建成后全市总用水量约 10.20 亿 m^3 , 已逼近用水总量指标, 可调剂的生态环境用水量额度很小^[9-11]。全市水资源呈现总量匮乏、效率偏低、消耗量大的现状, 同时受黄河水量分配方案的限制, 水资源开发潜力有限。水资源短缺、支撑能力不足, 成为推进生态保护和经济社会高质量发展的主要制约因素。

2 区域可利用水资源量分析

生态环境脆弱和水资源短缺是白银市发展面对的本底条件, 要解决白银市水资源与社会经济发展之间的矛盾, 必须将节水放在首位, 坚持量水而行、节水为重, 抑制不合理用水需求, 全面落实最严格水资源管理制度和节水行动方案, 开展水资源消耗总量与强度双控行动, 推动用水方式由粗放低效向节约集约转变。

2.1 节水潜力分析

白银市作为黄河上游典型的资源型城市, 形成了以工业、农业占比为重的较单一产业结构, 第一、第二产业用水占比较高。按照国家最严格水资源管理制度规定的“三条红线”, 当前用水总量须控制在许可的 10.79 亿 m^3 以内, 故可用水量指标只剩 0.59 亿 m^3 , 未来 10 年用水增加强度每年不得超过 0.16 亿 m^3 。市情决定未来发展必须走“以水而定、量水而行”之路, 通过节水和合理使用用水指标, 协调生活、生产和生态用水。

“白银节水, 首在农业”, 当地现有大中型电灌工程 8 处, 万亩以上灌区 31 处, 小微电灌、井灌工程 1700 多处, 在西北地级市中最多, 农田灌溉面积达 12.27 万 hm^2 ^[6]。根据节水预测, 至 2030 年, 当灌溉水有效利用系数从 0.55 增加至 0.60 以上时, 可节水 0.50 亿 m^3 ; 工业万元增加值下降至 40 m^3 以下时, 可节水 0.15

亿 m^3 ; 居民生活 80% 以上采用节水器具时, 可节水 0.45 亿 m^3 , 如此可节水 1.10 亿 m^3 。加上剩余的黄河用水指标, 可自由支配用水量约 1.70 亿 m^3 , 约占近 5 年平均用水量的 18.0%。这是白银市未来社会经济发展有限的水资源空间, 必须提高水资源的产出率, 实现水权在各行业间自由流转。

作为甘肃省黄河流域最集中的灌溉农业区, 白银市现状有效灌溉面积约占全省黄河流域灌溉面积的 1/3, 农村人口人均灌溉面积 2.15 亩, 是黄河流域平均水平的 3 倍, 因此无论从农业灌溉总面积还是人均灌溉面积来看, 白银市都是全省黄河流域 8 个市州中最大的, 以引洮、引大为代表的自流引水灌溉工程, 以景电、兴电、靖会为代表的黄河干流提灌工程群均在此分布(见图 1), 农业用水占比较大, 灌溉体系比较完善, 具备较大的节水潜力。根据测算, 白银市各灌区全部实施极限节水灌溉, 农业节水潜力可达 1.60 亿 m^3 , 占农业用水量的 20.6%, 比常规节水增加 1.10 亿 m^3 。按照“西控、南保、东调、中优”的水安全保障布局^[12-13], 白银市处于“中优”范围, 因此应深度挖潜和续建配套改造, 实现水资源高效利用。



图 1 白银市农业灌区分布

退减灌溉面积、发展高效节水灌溉、外流域调水替代水源置换等措施,实现经济社会有效退还河道生态水量 1.50 亿 m^3 ,河道内外水资源供需基本达到平衡^[13]。

3 适应水资源条件的发展策略

黄河流域 58% 的水量来自白银市以上区域^[2],全市处于沙漠绿洲交错带,是我国北方防沙带的主要组成部分,阻止着腾格里沙漠南侵以及与毛乌素沙漠合拢。因此,应建立适应水资源条件的总体发展布局,首先保障黄河涵养稳定和河流健康的水源补给区、黄河上游高质量发展的绿色经济区^[18-19]。

3.1 设立黄河上游特色创新试验区

白银市因矿得名、因企设市,既是流域水资源贫乏、水土流失严重、生态环境脆弱区,又是典型的资源型城市 and 老工业基地、独特的高扬程提灌区,兼具黄河上游和内陆河特征,在黄河上游具有典型代表性。作为共和国工业摇篮,在国家建设作出重大贡献的同时,也留下了较大的历史环境问题^[20],一度使白银市成为全国污染最严重和实行流域限批的城市之一。国务院在批复西部大开发“十三五”规划中明确提出,要启动实施黄河白银段生态环境综合治理工程。基于白银市独特的自然资源特征和资源综合承载力超载的现实情况^[21],应利用兰白都市圈和“一带一路”节点城市等区域优势,争取在白银市设立黄河上游生态环境综合治理特色创新试验区,国家在政策集成、生态补偿、机制创新、资金整合、生态移民方面给予支持。

3.2 营造甘肃中部沿黄特色生态走廊

白银市所在黄河流域生态环境脆弱,对过境黄河水的依存度高,地下水开发潜力小^[22],可实施北御风沙、中建绿洲、南保水土的分区治理措施。北部以景泰县为重点,培育腾格里沙漠边缘的人工绿洲和生态林带,构筑甘肃北部生态安全屏障;中部依托沿黄两岸 31 处万亩以上自流灌区和提灌区形成的 1100 km^2 农业绿洲带,实施黄河重要支流祖厉河水环境生态治理,保护好黄河及其重要支流的水生态、水环境和自然态势,改善黄河干流、祖厉河等河川及其两岸生态环境;南部地区(会宁县、靖远县南部和平川区南部)着重推

进黄土高原沟壑区梯田建设、小流域治理等固沟保塬综合治理,增加黄河径流补给,增强水源涵养功能,实现黄河流域生态修复,加快黄土高原水土保持生态文明示范区建设。中部和南部尤其要抓住祖厉河水土流失综合治理被纳入国家《“十四五”黄河流域生态保护和高质量发展实施方案》83 项重大项目(工程)清单,全流域被列为全国第二批流域水环境综合治理和可持续发展试点流域的有利契机,实现在甘肃中部黄河生态文明建设中的创新和突破。

3.3 建设黄河高扬程灌区节水高地

白银市是全国著名的高扬程灌区,农业灌溉用水量占全市总用水量的 87.0%。农业节水要重点实施黄河干流景电、兴电、靖会提灌群系统提升工程和挖潜改造,争取实施 8 处大中型灌区提升改造和现代化建设工程,加快引洮二期、甘肃中部生态移民供水等重点项目灌区配套工程;推进 11 处中小型灌区整合,大力发展节水农业;在大中型灌区设立灌溉试验站,探索适宜的膜上灌、坐水种等深度节水技术,发挥好大中型高扬程灌区水土资源优势^[23]。通过水源提升、渠系改造、农业结构调整、信息化建设等措施,提升灌区基础设施条件和现代化管理水平,建设中部沿黄灌区水资源高效利用示范带,建成黄河流域高扬程灌区节水高地。

4 结 语

白银市位于黄河上游干旱半干旱区,水资源短缺,水土流失面积大,是典型的资源型缺水地区、西北荒漠绿洲交接生态脆弱区,现状用水量和耗水量已接近黄河水量分配指标,水资源调剂空间有限。其特殊的区位和本底条件,决定了其在实施黄河流域生态保护和高质量发展中,水资源是最大的刚性约束,节水是首要任务,通过对白银市区域可利用水资源量的分析可知,至 2030 年主要产业节水潜力约 1.70 亿 m^3 ,占现状用水量的 18.0%,通过高扬程灌区农业极限节水,还可增加节约水量 1.10 亿 m^3 。在南水北调东、中线已有效调整了水资源配置的新格局下,应调整黄河水量分配指标,使供水量逐渐提升至 11.00 亿 m^3 ,实现河道内外水资源供需基本达到平衡。未来要力争设立特色创

新试验区,营造甘肃中部黄河生态走廊,提升水资源利用监管能力,探索适应水资源条件的黄河上游典型干旱区高质量发展之路。◆

参考文献

- [1] 中国水资源统计公报[R]. 北京:中华人民共和国水利部, 2000—2018.
- [2] 黄河水资源公报[R]. 北京:水利部黄河水利委员会, 2018.
- [3] 白银市 2019 年度实行最严格水资源管理制度情况汇报[R]. 兰州:白银市人民政府, 2019.
- [4] 甘肃水利发展统计公报[R]. 兰州:甘肃省水利厅, 2018.
- [5] 甘肃省水资源公报[R]. 兰州:甘肃省水利厅, 2018.
- [6] 甘肃省水利统计年鉴[R]. 兰州:甘肃省水利厅, 2017—2018.
- [7] 白银市第一次水利普查公报[R]. 白银:白银市水务局白银市统计局, 2013.
- [8] 黄晨璐. 祖厉河流域水沙演变规律及其成因分析[J]. 水文, 2021, 41(2): 101-108.
- [9] 甘肃中部生态移民扶贫开发供水工程水资源论证报告[R]. 兰州:甘肃省水利水电勘测设计研究院有限责任公司, 2019.
- [10] 景泰县戈壁农业水资源供需分析专题[R]. 兰州:甘肃省水利水电勘测设计研究院有限责任公司, 2018.
- [11] 景泰县永泰川灌溉引水工程初步设计[R]. 兰州:甘肃省水利水电勘测设计研究院有限责任公司, 2017.
- [12] 甘肃省水安全保障规划[Z]. 兰州:甘肃省人民政府, 2020.
- [13] 白银市黄河流域治理保护和高质量发展水安全保障规划[R]. 白银:甘肃省水电勘测设计院有限责任公司, 2021.
- [14] 白银市人民政府公报(2019 年 9-10 期)[R]. 白银:白银市人民政府, 2019.
- [15] 张金萍,裴源生. 南水北调与黄河未来水量分配[J]. 人民黄河, 2007, 29(2): 8-10.
- [16] 张新海,赵麦换,杨立彬. 黄河流域水资源配置方案研究[J]. 人民黄河, 2011, 33(11): 41-44.
- [17] 林旭,鲍淑君,雷晓辉,等. 黄河流域初始水权分配的 Pareto 前沿求解[J]. 人民黄河, 2014(6): 61-65.
- [18] 高季章,王浩. 西北生态建设的水资源保障条件[J]. 中国水利, 2002(10): 61-65.
- [19] 王浩,孟现勇,林晨. 黄河流域生态保护和高质量发展的主要问题及重点工作研究[J]. 中国水利, 2021(18): 6-8.
- [20] 黄河白银段生态保护和高质量发展研讨会[R]. 白银:白银市人民政府, 2019.
- [21] 秦松,南忠仁. 白银市相对资源承载力演化过程分析[J]. 中国水土保持, 2007, 14(5): 132-135.
- [22] 王俊力,陈发斌. 白银市地下水资源及其开发利用现状研究[J]. 甘肃水利水电技术, 2018, 54(7): 4-6, 25.
- [23] 白银市黄河流域治理保护和高质量发展水利规划[R]. 白银:甘肃省水利水电勘测设计研究院有限责任公司, 2019.

(上接第 4 页) 麦种植面积,调减用工量较大的棉花种植面积,扩大需水量小的经济林(冬枣)种植面积,形成与水资源承载能力相匹配的农业发展布局模式。灌区根据农业种植结构合理调整引黄指标,积极协调黄河河务部门实行大流量集中灌溉、分区轮灌,缩短灌溉周期,降低水资源损耗,提升灌区水资源效能。坚持以水而定、量水而行,实现灌区水资源与农业的高质量发展。

4 结 语

综上所述,对于高度依赖黄河水源的资源型缺水地区,在引黄超载区治理的大背景下,要高度重视引黄灌区的可持续发展,通过加快现代化灌区建设和高标准农田建设、恢复灌区和井灌区、倡导微咸水灌溉和引黄灌溉混合、调整农业种植结构、推广节水农业等工

程及行政、机制等措施,促进灌区水资源科学配置、高效高质利用,降低黄河水资源的负荷,为黄河流域生态保护和高质量发展,实现区域经济社会健康发展提供有力的水利基础。◆

参考文献

- [1] 俞锋,刘晓惠. 以生态修复为导向的滨水景观建设[J]. 水利水电科技进展, 2011, 31(1): 54-57.
- [2] 刘博静,宋秋波,徐凯. 河流水系水资源承载能力分析——以滦河水系为例[J]. 海河水利, 2019(6): 1-4.
- [3] 许永欣,马骏. 基于面板 VAR 模型的农业用水与农业经济增长关系研究[J]. 山东农业科学, 2017, 49(5): 159-163.
- [4] 马骏,刘怡. 考虑水资源约束的长江经济带绿色可持续发展评价[J]. 水利经济, 2020, 38(3): 13-18.
- [5] 刘欣,刘远征. 2002 年以来黄河下游河道冲淤时空演变[J]. 泥沙研究, 2018, 43(6): 23-28.

河西走廊重点区域地下水分区管控初探

张楠¹ 张丽² 李计生²

- (1. 黄河水利科学研究院, 河南 郑州 450003;
2. 甘肃省水文水资源局, 甘肃 兰州 730000)

【摘要】 为因地制宜地细化河西走廊重点区域地下水分区管控措施, 本文在梳理地下水开发历程基础上, 针对河西走廊地区地下水超采状况, 以河西走廊地表水和地下水为同一水源为原则, 提出了南北盆地分区管理、东中部分区管理的地下水分区管控措施, 有利于完善河西 5 市水资源“保护-节水-调水”体系, 增强分区域水资源的调配能力, 提高供水保障能力和抗风险能力。

【关键词】 地下水; 超采区; 分区管控; 保护与治理; 河西走廊

中图分类号: TV213.9

文献标志码: B

文章编号: 2096-0131(2022)06-011-06

A preliminary study on groundwater zoning control in key areas of Hexi Corridor

ZHANG Nan¹, ZHANG Li², LI Jisheng²

- (1. Yellow River Institute of Hydraulic Research, Zhengzhou 450003, China;
2. Gansu Hydrology and Water Resources Bureau, Lanzhou 730000, China)

Abstract: In order to refine the groundwater zoning control measures in key areas of Hexi Corridor according to local conditions, this paper, on the basis of combing the groundwater development process and aiming at the over-exploitation of groundwater in Hexi Corridor, takes the surface water and groundwater in Hexi Corridor as the same water source as the principle, puts forward the groundwater zoning control measures of north-south basin zoning management and eastern, central and western zoning management, which is conducive to perfecting the water resources “protection-water saving-water transfer” system of five cities in Hexi District, strengthening the allocation ability of water resources in different regions, and improving the water supply guarantee ability and risk resistance ability.

Key words: groundwater; overexploited area; zoning control; protection and governance; Hexi Corridor

党中央、国务院高度重视地下水管理与保护工作。2012 年, 国务院印发的《关于实行最严格水资源管理制度的意见》, 要求严格地下水管理和保护, 实现地下水采补平衡; 2015 年, 中共中央国务院印发的《关于加

快推进生态文明建设的意见》, 要求实施地下水保护和超采漏斗区综合治理, 逐步实现地下水采补平衡; 2017 年, 水利部、原国土资源部联合印发《全国地下水利用与保护规划》, 明确了全国地下水超采区治理的目标、

收稿日期: 2022-04-05

基金项目: 2019 年水利部重大科技问题研究工作; 黄科院基本科研项目 (HKY-JBYW-2020-34); 国家自然青年科学基金 (51909099)

作者简介: 张楠 (1981—), 男, 正高级工程师, 博士, 主要从事水资源规划管理、地下水治理保护研究工作。

任务与措施;2021 年颁发了《地下水管理条例》,从调查与规划、节约与保护、超采治理、污染防治、监督管理等方面作出了规定。

河西走廊地区属于典型的山地、绿洲、荒漠复合生态系统,自然条件严酷,生态环境脆弱,河西走廊地下水资源的开发利用在经济社会发展中占有十分重要的地位^[1-2]。随着河西地区工农业生产的持续发展和水利化程度的日益完善及地下水开发利用规模的不断扩大,地下水超采引发的地下水水位下降、泉水资源削减等问题日益突显,严重影响了河西走廊地区的安危^[3-4]。《水利部办公厅关于开展重点区域地下水超采治理与保护方案编制工作的通知》(办资管〔2020〕108号)^[5]明确了河西走廊纳入地下水超采重点治理区域范围。

河西走廊重点区域地下水超采治理与保护,对于促进河西乃至西北地区的经济社会发展,改善人民群众生活,保护生态环境,实现国家“西部大开发”“黄河流域生态保护与高质量发展”“再造一个山川秀美的西北地区”和“再造河西”等战略的宏伟目标,维护中华民族的融合和边疆民族地区的繁荣稳定,都具有十分重要的现实意义和深远的历史意义^[6-7]。而因地制宜地

宜地细化重点区域分区管控措施是治理与保护河西走廊地下水超采区的有效措施,因此,本文针对河西走廊地区地下水超采状况,提出相应的地下水分区管控措施,可为河西走廊地区地下水管理提供参考。

1 地下水开发历程

甘肃省地下水开发始于 20 世纪 30 年代,最早的成井为 1938 年的白银市会宁县郭城驿镇黑虎岔村 1 号井(机电井编码 620422000027)。1969 年以前,河西走廊重点区域(5 市)只有机电井 298 眼。20 世纪 70 年代,开始大规模开发利用地下水,形成第一次开发利用高潮,1970—1979 年共建成机电井 7052 眼,1980—1989 年共建成 6398 眼。20 世纪 90 年代以后,由于灌溉面积的增大,加之政策的引导,地下水开发利用总体上呈大幅上升趋势,1990—1999 年共打井 13061 眼,2000—2010 年共建成机电井 15215 眼,地下水开采量增长地区主要是内陆河流域的酒泉市、张掖市、武威市,2010 年以后,呈逐年减少趋势。根据《甘肃省第三次水资源调查评价·地下水资源调查评价报告》,截至 2018 年,河西走廊重点区域共有地下水取水井 47290 眼,取水量为 27.75 亿 m³,各分区情况见表 1 和图 1。

表 1 河西走廊重点区域地下水取水井统计情况 单位:眼

时 期 分 区	1960 年以前	1961—1969 年	1970—1979 年	1980—1989 年	1990—1999 年	2000—2010 年	2011—2018 年	合 计
嘉峪关市	7	12	38	24	38	80	25	224
金昌市	0	10	385	419	1248	1238	8	3308
酒泉市	10	93	2154	1561	3599	5098	797	13312
武威市	2	89	3068	3529	5470	2907	1219	16284
张掖市	2	73	1407	865	2706	5892	3217	14162
总 计	21	277	7052	6398	13061	15215	5266	47290

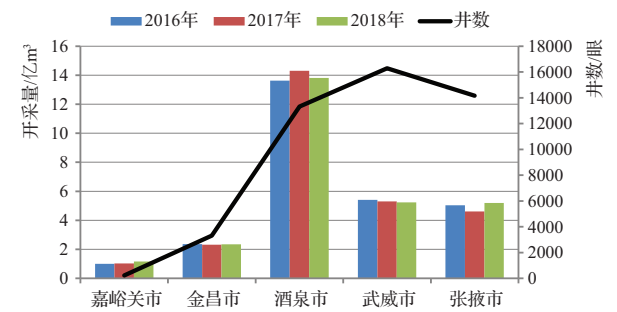


图 1 地下水取水井数量及取水量地区分布情况

2 地下水超采状况

按照《地下水超采区评价导则》(GB/T 34968—2017)^[8]划分标准,以评价期内年均地下水水位变化速率、年均地下水开采系数、地下水开采引发的生态环境地质问题作为主要衡量指标划分超采区,河西走廊地下水共有 27 个区域可划为地下水超采区,超采面积为 10771.29km²。按严重程度划分,一般超采区 25 个,



超采面积为 9779.84km², 占总超采面积的 90.80%; 严重超采区 2 个, 超采面积为 991.45km², 占总超采区面积的 9.20%。按超采面积大小划分, 小型超采区 4 个, 超采面积为 257.17km², 占总超采面积的 2.39%; 中型

超采区 22 个, 超采面积为 8916.70km², 占总超采面积的 82.78%; 大型超采区 1 个, 超采面积为 1597.42km², 占总超采面积的 14.83%, 见表 2。

表 2 河西走廊地下水超采区按照超采面积划分情况

超采区 分级	个数	面积/km ²	占总超采区面积的 百分数/%	分 布 流 域					
				石 羊 河		黑 河		疏 勒 河	
				个数	面积/km ²	个数	面积/km ²	个数	面积/km ²
小型	4	257.17	2.39	1	60.25	2	106.91	1	90.01
中型	22	8916.70	82.78	9	3733.98	8	2539.17	5	2422.66
大型	1	1597.42	14.83	1	1597.42	0	0	0	0
合计	27	10771.29	100	11	5623.10	10	2646.08	6	2512.675

3 地下水分区管控

3.1 南、北盆地分区管控

内陆河流域各河流地表水和地下水是一个统一的循环体, 在一定条件下可相互转化, 这种转化关系总是向着利于开采方向发展。当地下水服务功能丧失或受到破坏时, 地下水系统完整性将受到严重影响, 则会出现一系列的环境地质问题, 如资源枯竭、生态功能退化、环境地质灾害等。为严格管理保护地下水, 使地下水得到合理开发利用, 可结合管理区实际情况划分为南盆地管理区、北盆地管理区, 即南盆地优先管控, 北盆地重点管控。

3.1.1 南盆地优先管控

由于南盆地地下水补给量来源于祁连山出山径流, 其数量有限且基本稳定, 过量开采地下水会引起地下水水位持续下降, 盆地出口的泉水溢出量就会减少甚至干枯, 造成生态灾难。因此, 应优先管控南盆地。

该区域的管理应在充分考虑地表水补给量和农灌水回归补给量的基础上, 制定地表水和地下水的取水总量, 在取水总量的构成上, 合理安排两者的适宜比例。在地下水开采量指标的刚性约束下, 可以适度加大地下水的开采量, 削减用于灌溉的地表水引用, 在减

少地表水和潜水无效蒸发的同时, 确保地下水排泄畅通, 顺利补给下游盆地。纵观整个流域, 在综合考虑了农灌水回归补给量后, 中游地区制定的取水总量应保证进入下游地区的水资源量能够满足下游正常的生产生活用水和生态用水需求。此外, 还需预留部分水量用于置换下游超采区的地下水压采量。

3.1.2 北盆地重点管控

北盆地地下水的补给量主要来源是天然降水补给、南盆地洪积扇边缘的泉水溢出量和上游的地表下泄水量, 其数量极其有限。为保证南盆地地下水的采补在一个相对时期内维持基本平衡, 避免引起地下水水位持续下降, 形成超采漏斗, 要重点管控北盆地。

在地下水超采的现状下, 下游平原或北盆地应确立优先使用地表水的原则, 当地表水分配水量不足以满足生产生活用水时, 适当开采地下水缓解用水需求。同时, 根据中游地区下泄水量和地下水补给量, 结合地下水的超采量, 在保证生态用水的同时, 合理确定压采目标, 确定地表水取水总量和地下水可开采量, 实现地表水与地下水的统一管理、联合调度。

表 3 为河西区 5 市地下水南、北盆地对应灌区及其所属市县/流域归并情况, 其中重点管控目标有 17 个灌区, 见表 4, 优先管控目标有 63 个灌区, 见图 2。

表3 河西区5市地下水分区管控情况

流 域	河 流	南 盆 地	所属市县	北 盆 地	所属市县
石羊河	西大河	高古城—永昌盆地	金昌市永昌县	昌宁盆地	民勤县
	东大河	红山窑—月牙湖盆地	金昌市永昌县		民勤县
		毛卜喇盆地	金昌市永昌县		民勤县
	西营河	武威盆地	金昌市永昌县、 武威市凉州区、 武威市古浪县、 金昌市金川区		民勤县、凉州区
	金塔河				
	杂木河				
	黄羊河				
	古浪河				民勤盆地
					潮水东盆地
	大靖河	大靖盆地	武威市古浪县	(潮水西盆地)	武威市古浪县
黑河流域	山丹河	大马营盆地	张掖市山丹县	金塔盆地、额济纳盆地	民乐县、甘州区、 临泽县、肃州区、 肃南裕固族自治县、 金塔县、嘉峪关市
		丰城堡—山丹盆地	张掖市山丹县		
		(大青阳盆地)	张掖市山丹县		
	洪水河	张掖盆地、酒泉东盆地	民乐县、甘州区、临泽县		
	童子坝河				
	大都麻河				
	小都麻河				
	海潮坝河				
	酥油河				
	黑 河				
	梨园河	酒泉东盆地	肃州区、肃南裕固族 自治县、金塔县		
	观山河				
	红山河				
	洪水坝河				
	北大河				
		酒泉东盆地	肃州区、金塔县		
疏勒河流域	石油河	赤金盆地	肃北蒙古自治县、肃南 裕固族自治县、玉门市	花海盆地	玉门、肃北蒙古自治县
	白杨河				
	疏勒河	玉门—踏实盆地	肃北蒙古自治县、 玉门市、瓜州县	安西—敦煌盆地	玉门市、瓜州县、肃北 蒙古族自治县、敦煌市
	榆林河				
	党 河	阿克塞盆地	阿克塞哈萨克族自治县、 肃北蒙古族自治县、敦煌市		
	安南坝河				

注 ()盆地内属北山山间盆地,习惯上归入走廊平原。

表4 河西区5市地下水灌区重点管控目标

序号	名 称	地 区	县	流 域	所属盆地	目 标
1	南湖灌区	酒泉市	敦煌市	疏勒河	北盆地	重点
2	鸳鸯灌区	酒泉市	金塔县	黑河	北盆地	重点
3	新城灌区	嘉峪关	新城镇	黑河	南盆地	重点
4	洪水河灌区	酒泉市	肃州区	黑河	南盆地	重点

续表

序号	名称	地区	县	流域	所属盆地	目标
5	党河灌区	酒泉市	敦煌市	疏勒河	北盆地	重点
6	花海灌区	酒泉市	玉门市	疏勒河	北盆地	重点
7	白石灌区	酒泉市	玉门市	疏勒河	北盆地	重点
8	金川灌区	金昌市	永昌县	石羊河	北盆地	重点
9	清河灌区	金昌市	永昌县	石羊河	南盆地	重点
10	清源井灌区	武威市	凉州区	石羊河	南盆地	重点
11	金羊井源灌区	武威市	凉州区	石羊河	南盆地	重点
12	昌宁灌区	武威市	民勤县	石羊河	北盆地	重点
13	吴家井灌区	武威市	古浪县	石羊河	南盆地	重点
14	七墩台灌区	武威市	古浪县	石羊河	南盆地	重点
15	引黄灌区	武威市	古浪县	石羊河	南盆地	重点
16	景电灌区	武威市	古浪县	石羊河	南盆地	重点
17	骆驼城灌区	张掖市	高台县	黑河	南盆地	重点

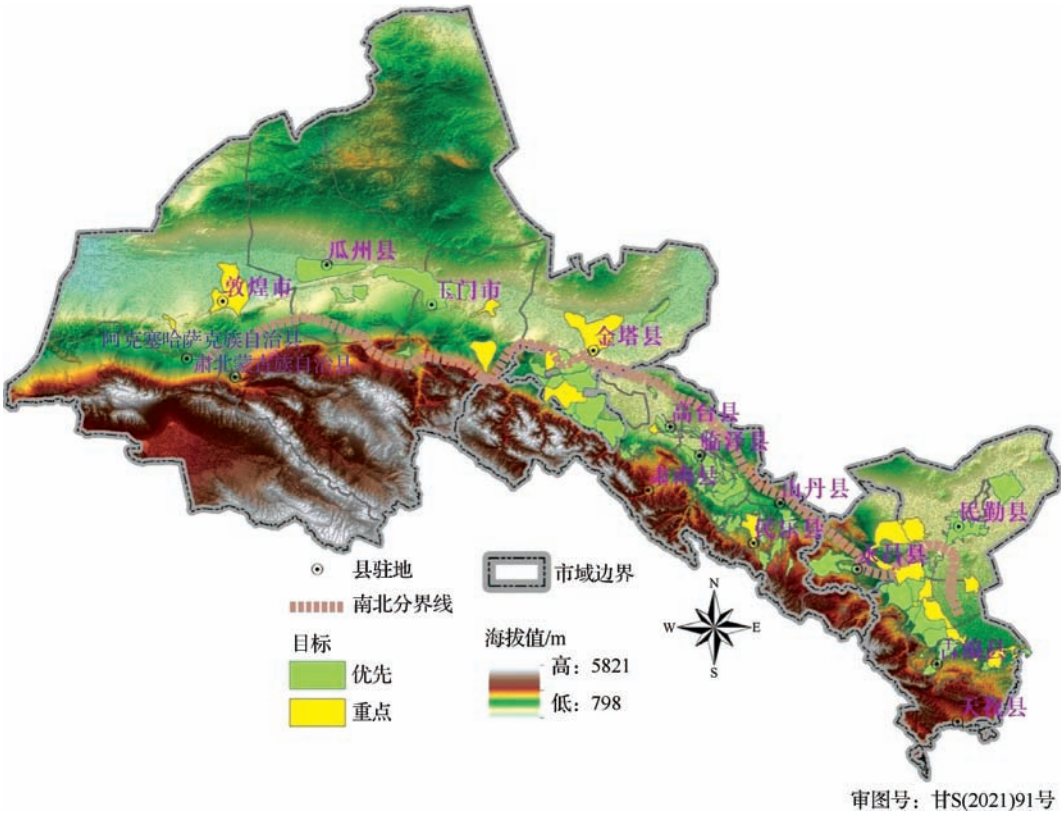


图2 河西区5市地下水灌区管控目标

3.2 东、中、西部分区管控

在分区域管控方面,河西区5市以水资源承载力为刚性约束,通过大规模推进农业高效节水、退减不合理配水面积和外流域调水等措施,退还超采的地下水,将本地地表水尽可能地留存到河道内,保障内陆河

尾间湖泊、河谷林草及防护林用水需求。结合河西区疏勒河流域、黑河流域、石羊河流域地下水资源开发利用现状、跨流域调水工程分布现状,在深度节水、全面节水、保障生态适宜用水的基础上,围绕经济社会发展,完善河西区5市水资源保护-节水-调水体系,增强

分区域水资源的调配能力,提高供水保障能力和抗风险能力,结合管理区实际情况划分为西部保护区、中部

节水区、东部调水区,见图3。

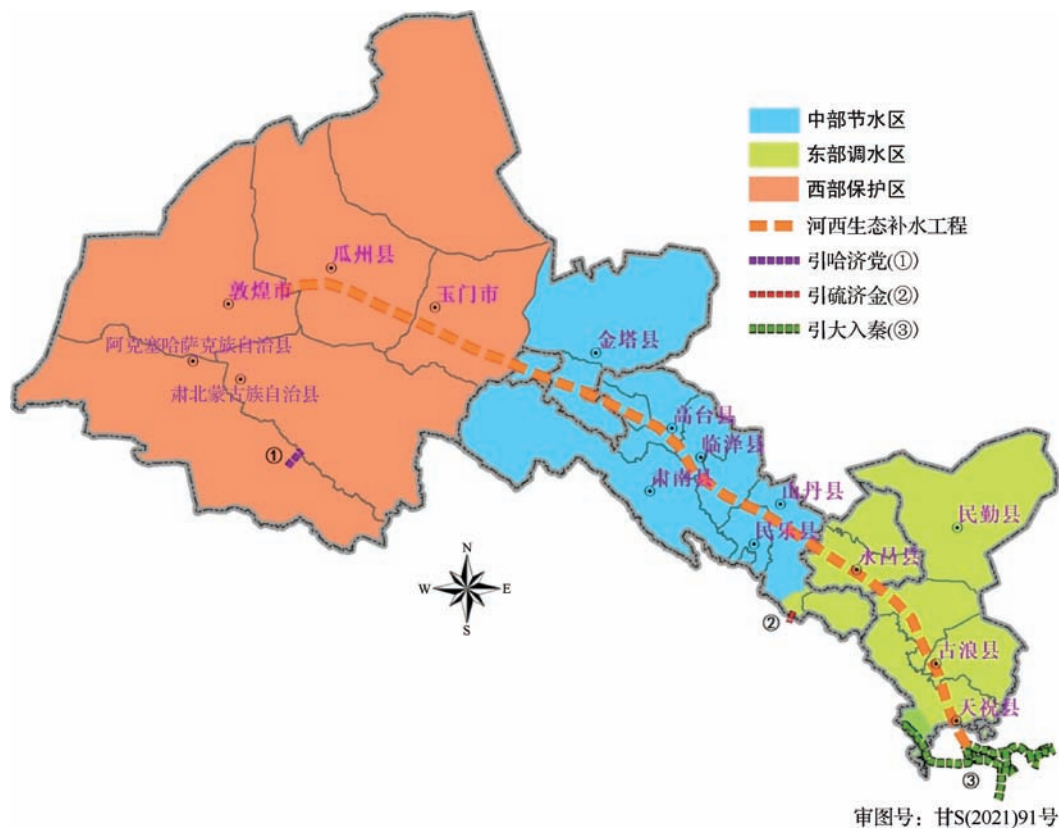


图3 河西区5市分区分管

3.2.1 西部保护区

引哈济党工程是172项重大水利工程之一,是国务院批准的《敦煌水资源合理利用与生态保护综合规划》中的重要水资源配置保障工程。该工程位于酒泉市辖区内,涉及敦煌、肃北、阿克塞三县(市)及苏干湖、党河两水系。该工程从苏干湖水系的大哈尔腾河引水,通过长管道及隧洞群,调水到党河水库,以缓解敦煌地区生活、生产和生态用水之间的矛盾,有利于遏制敦煌盆地地下水位持续下降的趋势,为保护月牙泉及恢复敦煌盆地生态环境创造条件。昌马河水库是疏勒河流域主要以农业灌溉为主的水利枢纽工程,与下游双塔水库和赤金峡水库联合调度,可向敦煌等地补水,解决敦煌、瓜州、玉门地区的农业、生活用水问题。

3.2.2 中部节水区

将鸳鸯、洪临灌区共81万亩打造成为戈壁绿洲农业现代化灌区,对金川灌区、清源灌区等20个重点中

型灌区实施续建配套与节水改造工程,围绕现代丝路寒旱农业发展,大力推广地膜覆盖、耕作保墒、免耕免冬灌、水肥一体化等农艺节水技术,优化调整作物种植结构,改造一批、发展一批、提升一批高效节水灌溉工程。

3.2.3 东部调水区

引大入秦工程是保障城乡生活、工业用水,兼顾农业灌溉和生态供水的综合利用工程。工程原设计引黄指标为4.43亿 m^3 (终期规模),考虑引大济西工程2.10亿 m^3 引黄指标后,引黄指标提至6.53亿 m^3 ,延伸向石羊河流域实施生态补水3.02亿 m^3 。景泰川电力提灌提升增效工程以补齐灌区工程短板为主,通过增强调蓄能力,改造渠系,提高高效节水灌溉面积,为黄花滩移民区提供0.45亿 m^3 城乡供水和灌溉水源保障。

4 结 语

本文以河西走廊地表水和地下水(下转第25页)

黄河流域不同区段水资源与水环境特征及生态保护路径

宋梦林¹ 王国欣² 史玉仙³

- (1. 辽宁省河库管理服务中心(辽宁省水文局), 辽宁 沈阳 110000;
2. 信阳市水利勘测设计院, 河南 信阳 464000;
3. 华北水利水电大学水资源学院, 河南 郑州 450046)

【摘要】 为科学保护黄河流域、和谐人水关系、实现黄河流域生态保护和高质量发展,本文重点讨论了黄河流域不同区段在水资源、水环境以及水生态方面的空间差异性,并围绕地理位置、自然资源禀赋和人类活动强度等因素,探索出了黄河流域各区段特征的关键驱动因素。此外,针对黄河流域不同区段特征的异同性,提出了“一区一策、全域统筹”的黄河流域生态环境保护路径。研究结果可为解决黄河流域生态环境破坏及水资源短缺问题提供参考。

【关键词】 黄河流域;分区特征;驱动因子;生态保护;高质量发展

中图分类号: TV213.4

文献标志码: B

文章编号: 2096-0131(2022)06-017-09

Characteristics of water resources and water environment in different sections of the Yellow River basin and ecological protection paths

SONG Menglin¹, WANG Yuanxin², SHI Yuxian³

- (1. Liaoning River Reservoir Management Service Center (Liaoning Hydrology Bureau), Shenyang 110000, China;
2. Xinyang Water Conservancy Survey and Design Institute, Xinyang 464000, China;
3. School of Water Resources, NCWU, Zhengzhou 450046, China)

Abstract: In order to scientifically protect the Yellow River basin, harmonize the relationship between human and water, realize the ecological protection and high-quality development of the Yellow River basin, this paper focuses on the spatial differences of water resources, water environment and water ecology in different sections of the Yellow River basin, and explores the key driving factors of the characteristics of each section of the Yellow River basin around the geographical location, natural resource endowment and human activity intensity. In addition, according to the similarities and differences of the characteristics of different sections of the Yellow River basin, the ecological environment protection path of “one area, one policy and overall planning” in the Yellow River basin is put forward. The research results can provide a reference for solving the problems of ecological environment destruction and water resources shortage in the Yellow River basin.

Key words: Yellow River basin; zoning characteristics; driving factors; ecological protection; high-quality development

收稿日期: 2022-02-15

作者简介: 宋梦林(1992—),女,工程师,硕士,主要从事水文水资源方面的研究工作。

黄河流域承载着华夏文明的璀璨历史,为华夏民族的繁衍昌盛作出了突出贡献,但黄河流域的水患灾害也一直困扰着沿途居民,从古至今人们对黄河的治理就不曾停歇。黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上将黄河流域生态保护与高质量发展作为国家重大战略之一^[1],这一战略的提出将黄河的治理保护推向了全新的高度。目前,针对黄河流域的横向相关研究已经十分全面,涉及水文、地理、环境、文化、经济等多个层面,但缺乏较为系统的纵向总结和比较,尤其是全流域的分区段梳理讨论。因此,本文从水资源、水环境及水生态3个角度对黄河流域进行上、中、下游分区段比较分析,对科学保护黄河流域的生态环境和合理发展高质量的流域尺度经济社会具有借鉴意义。

1 研究区概况

黄河是我国的第二大河,发源于青藏高原巴颜喀

拉山北麓海拔4500m的约古宗列盆地,横跨青藏高原、内蒙古高原、黄土高原和华北平原4个地貌单元^[2],地势西高东低。干流河道全长5464km,落差4480m,流域面积79.5万km²(包括内流区4.2万km²),见图1。黄河上游河段为河源至内蒙古托克托县河口镇,干流河道长3472km,流域面积42.8万km²,汇入较大支流43条,湟水、洮河是上游径流的主要来源区。中游河段为河口镇至河南郑州桃花峪,干流河道长1206km,流域面积34.4万km²,汇入较大支流30条,渭河是中游径流、泥沙的主要来源区。下游河段为桃花峪至入海口^[3],干流河道长786km,流域面积仅2.3万km²,较大支流只有3条,大汶河为本河段最大支流,由于黄河泥沙量大,下游河段长期淤积形成著名的“地上悬河”,河床高出地表约4~6m^[3]。

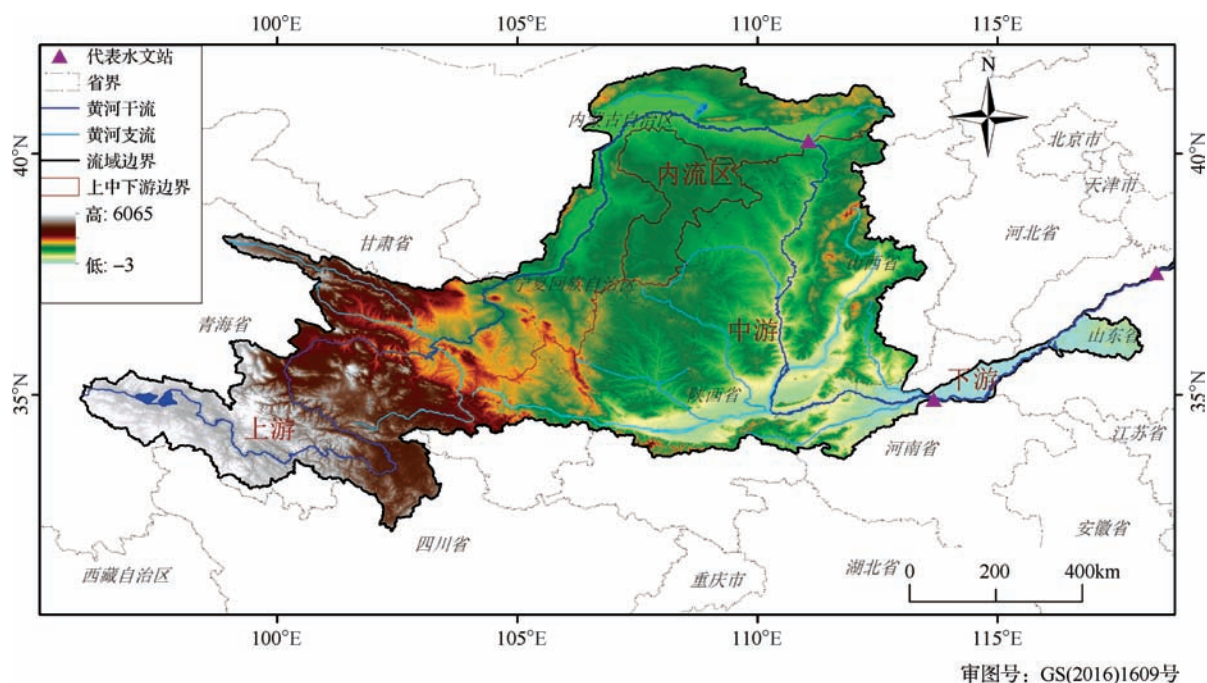


图1 黄河流域分区概况

流域内人口分布不均,约70%的人口居住在32%的土地面积上,上游区间人口稀少,中游区间人口数量最多,下游区间人口密度最大。流域内经济发展低于全国平均水平,流经省份人均GDP约6.02万元(2020年),低于同期的全国人均GDP(7.20万元)。流域内产业结构复杂,上游区间的青藏高原和内蒙古高原是

我国主要的畜牧业基地,同时还要兼顾水源涵养区的生态保护,上游偏下的宁蒙河套地区为重要粮食产区;中游区间蕴藏丰富的煤炭、有色金属等矿产资源,工业基础雄厚但也伴随着诸多环境污染问题;下游区间承担着十分重要的农业灌溉任务,引黄灌区横跨黄淮海平原。流域涵盖或途经了西宁、兰州、银川、太原、西

安、郑州、济南 7 个省会城市,第三产业发展近年来突飞猛进,但其所占比重仍然低于全国平均水平^[4]。

2 数据来源与研究方法

本研究中,水文及水资源长序列数据及部分水质数据取自 2001—2019 年《黄河水资源公报》,黄河流域自然条件及经济社会状况由《黄河流域综合规划》(2012—2030 年)获得,部分水质数据和水生态数据来源为已经发表的学术研究。文中采用累积距平曲线法^[5]进行降水量的趋势分析,运用水资源模数^[6]进行不同分区水资源量的比较分析,采用文献分析法^[7]和比较法归纳不同分区的水生态环境状况,明晰其异同之处。

3 黄河流域分区特征

3.1 水资源分区特征

3.1.1 降水量

黄河流域降水量呈现由上游到下游、由西北到东南递增的趋势。全流域多年平均降水量(1956—2019

年)为 452.1mm,其中上游为 390.4mm,中游为 523.7mm,下游为 644.7mm,空间差异性十分明显。对 2001—2019 年黄河流域降水进行距平和累计距平分析,结果显示黄河流域降水量在近 20 年间高于多年平均值的有 3 年(占 16%),低于多年平均值的有 7 年(占 37%),接近的有 9 年(占 47%),枯水年频次多于丰水年。另外,2011 年为突变年份,2001—2010 年降水量呈减少趋势,2011 年开始呈增加趋势。

从黄河上中下游分区角度来看降水距平和累计距平分析结果(见图 2),黄河上游降水量高于多年平均值的年份占 21%,低于多年平均值的占 37%,接近的占 42%,丰平枯变化相对平稳,2016 年以后降水量呈增加趋势;黄河中游降水量高于、低于以及接近多年平均值的年份分别占 32%、42%、26%,丰平枯变化同样相对平稳,2003 年开始降水量呈减少趋势,2011 年之后呈增加趋势;黄河下游降水量高于、低于以及接近多年平均值的年份分别占 37%、53% 和 10%,丰平枯变化十分剧烈,2003 年开始降水量呈增加趋势,2012 年以后呈减少趋势。

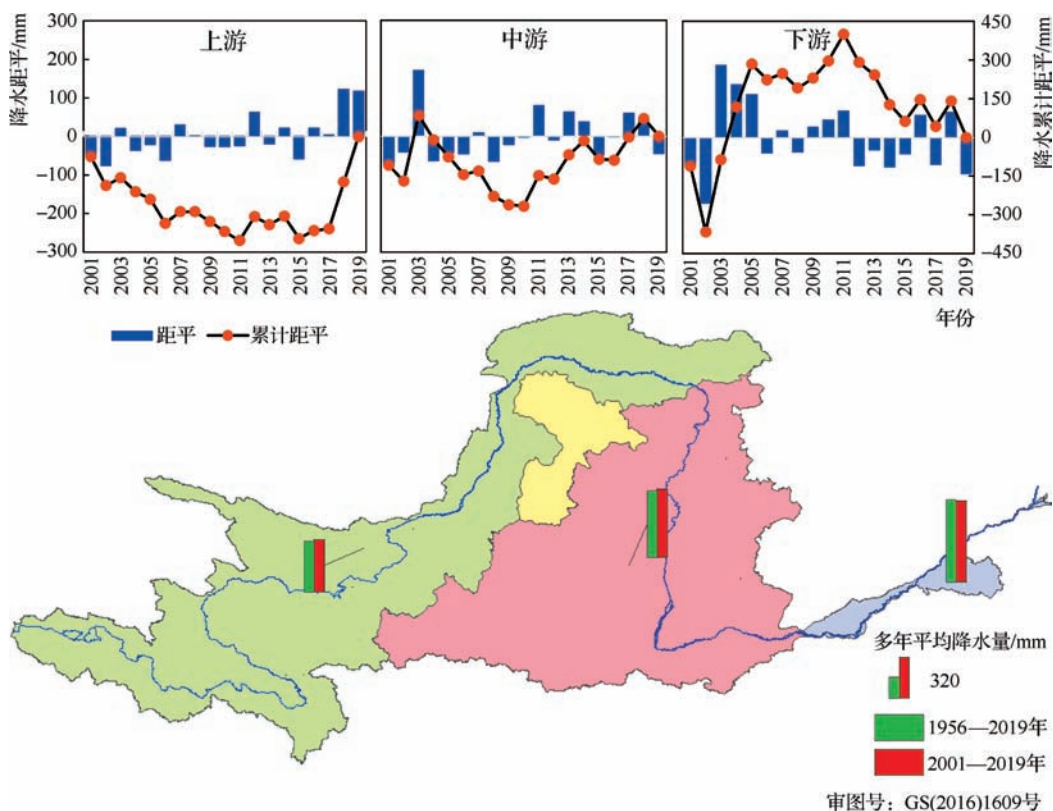


图 2 2001—2019 年黄河流域分区段降水距平和降水累计距平结果

3.1.2 水资源量

2001—2019 年黄河流域水资源总量与 20 世纪六七十年代相比有减少趋势,较 20 世纪 90 年代有增多

趋势,总体呈现先减少后增多、整体下降的趋势,与降水量变化趋势吻合。水资源总量及其组成所占比重见图 3。

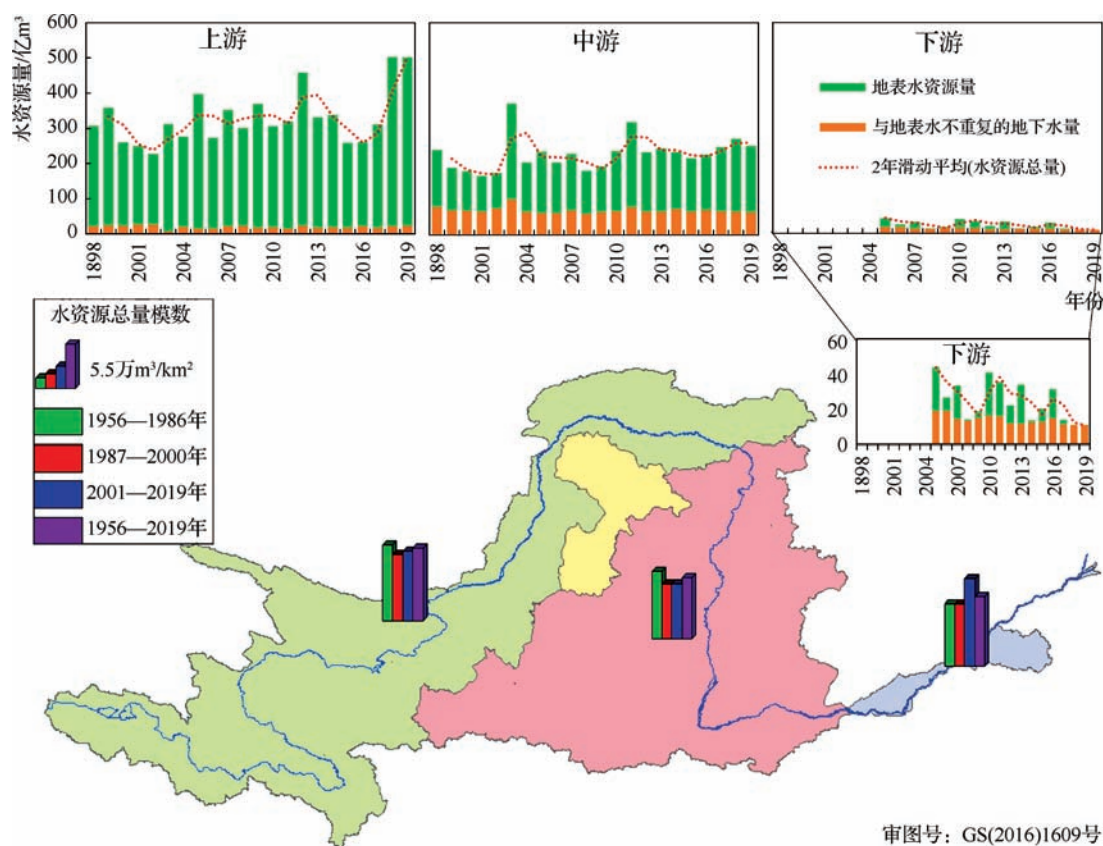


图3 黄河流域水资源量时空分布情况

由图3可知,黄河上游水资源总量呈现先减少后增多的趋势,多年平均水资源总量 2001—2019 年较 1956—1986 年减少了 8.47%,较 1987—2000 年增加了 4.96%。从组成成分上来看,地表水资源量平均值约为地下水资源量的 12.0 倍,地表水资源量远高于地下水资源量。

黄河中游水资源总量呈现出先减少后保持稳定的趋势,多年平均水资源总量 2001—2019 年较 1956—1986 年减少 18.11%,与 1987—2000 年几乎持平。从组成成分上来看,地表水资源量平均值约为地下水资源量的 2.4 倍,与上游的水资源总量组成比例有明显不同。

黄河下游水资源总量在过去 60 余年(1956—2019 年)变化趋势与上游和中游区段明显不同,呈现

持续上涨趋势,且在近 20 年涨幅明显。多年平均水资源总量 2005—2019 年较 1956—1986 年增加 42.11%,较 1987—2000 年增加 40.12%,主要原因为地表水资源量增加明显。同上游、中游进行比较可以看出,下游流域水资源总量十分稀少,少于上游和中游区域一个数量级,这与该区域的流域面积和产水条件相一致。并且,下游区段水资源总量十分不稳定,近年来有逐渐减少的趋势,特别是境内大汶河 2016 年以后径流量骤减,对干流影响巨大,只能依靠中游区域的客水补给。

3.2 水环境分区特征

黄河上游包括兰州以上区域和兰州至头道拐区间两部分,水量主要来自兰州以上区域,用水主要在兰州以下区域。随着黄河上游经济社会发展,可分为人类干扰微弱的源头区域和人类干扰稍强的偏下区域。位

于青藏高原部分的黄河源头区域受人类活动影响小,污染来源少,水质状况持续良好,为Ⅰ~Ⅱ类水质。青藏高原向黄土高原过渡的黄河上游偏下区域,受人类活动影响显著增强,主要污染物包括高锰酸盐指数、氨氮以及重金属等,水质状况有所下降^[8]。

黄河中游影响干流水质的因素主要有:①灌区退水影响,灌溉退水的含盐量远高于天然河水,对黄河水质产生了较大的影响^[9];②沿途城市生活、生产排污影响,黄河中游头道拐站至龙门站之间的水质日益恶化,1990年以前水质保持在Ⅲ类及以上,1990年以后水质下降到Ⅳ~Ⅴ类,给局部生态环境造成了灾害^[10];③矿产业、重工业导致的水质污染。近年来,针对黄河污染的治理力度逐渐加大,治理效果十分显著,2006—2021年间黄河流域地表水质总体呈好转趋势,截至2021年黄河中游大部分河段稳定在Ⅱ类水^[11]。但是刘彦龙等^[11]的最新研究表明,汾河汇入干流断面长期处于劣Ⅴ类水质,这是由汾河流域内的矿业生产和化肥使用造成的,因此中游水污染防治压力依然巨大。

黄河下游1980年以前水质状况良好,地表水水质为Ⅰ~Ⅱ类,80年代以后水质下降到Ⅱ~Ⅲ类,进入90年代Ⅳ类水出现的频率逐渐增多,2000年Ⅳ类水占比达75.00%,氮、磷、高锰酸盐指数等含量急剧上升,2002年几个重要监测断面水质出现Ⅴ类甚至劣Ⅴ类^[12]。小浪底水库调水调沙以后,随着黄河下游水量的增多、入河污染物的减少,水质状况逐渐好转,2007—2009年河口断面水质全年维持在Ⅲ类^[13],污染物的空间分布呈现出从上游至下游逐渐减少的特征,这与河水沿程自净有很大关系^[14]。随后,黄河山东段2015—2017年水质达到了Ⅰ~Ⅱ类,水质状况良好^[15]。

总体来看,黄河流域2020年监测的137个水质断面中,Ⅰ~Ⅲ类水质断面占比达84.70%,无劣Ⅴ类水,水质状况较好。其中,干流水质为优(全为Ⅰ~Ⅱ类),主要支流水质良好。

3.3 水生态分区特征

3.3.1 浮游植物分区特征

黄河上游的黄河源头地区受到的人类活动干扰较少,浮游植物群落整体发展较好,硅藻、绿藻、蓝藻等密度和生物量占有绝对优势,其浮游植物群落结构特征为典型的高原河流型^[16]。龙羊峡至兰州区间河段受各类废水及污水影响,水体处于中、富营养类型,这与水体中氮和磷的含量有着密切的关系。兰州至头道拐段受黄河水沙条件、水体理化性质等影响,水生生物种类相对较为贫乏,浮游植物种类和密度皆呈现出河段中部种类较多,而靠近河段(兰州至头道拐段)两端较少的分布特点。

黄河中游河南段的浮游植物共8门73种(属),其中以绿藻门、硅藻门、蓝藻门为优势物种,其分布呈现水库和黄河支流丰度大于黄河干流,夏秋季节丰度大于冬春季,冬季丰度最低的特征规律^[17]。黄河中游段的浮游植物特征与黄河水体透明度低、含沙量大、流速快、腐殖质少等有很大关系,这些环境条件给浮游植物的生存带来了较大压力。

黄河下游绿藻门种类最多,蓝藻和硅藻次之,与20世纪80年代相比,该流域浮游植物物种数显著降低,而细胞数及生物量稍有增加^[18]。浮游植物年内基本上呈现夏季>秋季>春季的趋势。但是,河口浮游植物的种类较单一,物种丰富度欠佳,物种分布较为均匀,其特征明显有别于海水和淡水中的浮游植物特征^[19]。

3.3.2 浮游动物分区特征

黄河上游干流区域浮游动物的数量及种类较少,黄河源头区域几乎没有大型浮游动物存在,主要是原生动物,其次是轮虫类,大型枝角类和桡足类数量较少^[20]。该地区现有浮游动物主要是中、小型个体,密度和生物量较小^[21]。

黄河中游陕西段浮游动物群落结构在种类组成上主要以轮虫为主,结构较为单一,群落稳定性较差,浮游动物的密度和生物量均较小。与上游段相比,陕西段浮游动物种类数虽有所减少,但是密度和生物量都有所增加^[22]。

黄河下游以原生动物、轮虫为主,桡足类、枝角类较少。与20世纪80年代相比,当前黄河下游浮游动物物种数显著降低,种类组成有较大变动,尤以轮虫和枝角类减少明显;同时,浮游动物数量和生物量均显著增加^[18]。

黄河上中下游浮游动物密度和生物量虽有差异,但整体差异较小,这与黄河水体独有的特征有很大关系,说明浮游动物类群对水域环境的时空变化表现出敏感的响应能力,以逐渐适应环境从而保持其结构稳定性。

3.3.3 对调水调沙的响应特征

小浪底水库位于黄河中游偏下位置,水库调水调沙导致黄河下游水体紊动较强,泥沙含量高,对黄河下游浮游生物群落的影响明显。丰水期河道中浮游生物多样性总体较低,甚至部分点位浮游动物完全消失,生境趋于单一化^[23]。小浪底库区及上游河道的浮游生物种群被冲刷至下游,浮游植物多样性增加,浮游动物多样性下降,对下游河道整体浮游植物的多样性具有正面影响,对浮游动物具有负面影响。但是调水调沙过程对于浮游生物的影响均存在一定的影响范围,在影响范围之外浮游生物的多样性和生物量可以逐渐恢复^[24]。

4 黄河流域分区特征驱动因素

黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上指出,治理黄河,重在保护,要在治理。黄河生态系统是一个有机整体,只有充分考虑黄河流域上中下游的差异,统筹落实“四水四定”原则,加强协同配合,具体问题具体分析,才能有力推动黄河流域生态保护和高质量发展。

4.1 上游区段以自然条件为主导

水资源方面,区位和地势因素是上游地区水资源特征赋存的主因,气候变化对其影响巨大,人类活动因素具有次要影响。黄河上游区段位于青藏高原及蒙古高原地带,距离海洋相对较远,水汽输送能力有限,因此流域内降水补给明显少于中下游,但黄河源冰川融水补给在一定程度上弥补了降水方面的不足。黄河源

区被广袤的草原覆盖,具有极强的水源涵养能力,持续不断地为黄河(唐乃亥站)贡献了55.60%的径流量(1956—2000年)^[25],但是近年来这一数值有所下降,其主要原因可能是气温升高导致蒸发量增大及冻土层的蓄水减少。此外,黄河源区过度放牧带来了草地退化和湿地萎缩等诸多问题,这直接导致了水源涵养能力的降低。黄河源以下的上游区段,人类活动逐渐剧烈^[26],城市用水、农业灌溉等加剧了该区域水资源短缺的问题,尤其是在甘肃、宁夏以及内蒙古境内土地荒漠化最为严重的地区,人均水资源占有量远低于全国平均水平。

水环境方面,黄河源区人类活动稀少,水质状况持续良好;源区以下部分水质污染状况随着人类活动增加而加剧^[27],主要体现在城市生活排污、工业废水、农业面源污染3个方面^[28];人类的生活生产驱动着上游区段尤其是兰州段、宁夏段的水质变化。

水生态方面,水生生物的多样性多数情况下与人类活动剧烈程度呈现反向相关性,源头区段水生态状况优质但是高原生态系统十分脆弱,而大城市聚集的下端河段呈现富营养化趋势,水生态状况有所下降。

4.2 中游区段人与自然共同作用

水资源方面,地貌特征、自然资源禀赋是中游区段水资源特征的主导因素^[29]。中游降水量略多于上游,但仍然无法支撑境内巨大的用水需求。黄河流经黄土高原,裹挟大量泥沙下泄,水沙关系极为特殊,疏松的土质易于侵蚀,水源涵养能力极弱,因此不会出现上游河段土壤蓄水补给河道的情况。但进入中游后地表天然径流量相对河口镇以上大幅度增加,这可能是鄂尔多斯岩溶区的地下水起到了重要的补给作用^[30]。加之中游地区人口密集,煤炭资源丰富,产业结构的特殊性导致了用水量十分巨大,人水关系极为紧张。

水环境方面,黄河中游水质属于轻度污染且干流水质好于支流水质,但与农业、工业及生活相关的污染源仍然对中游水环境造成了不小的压力。

水生态方面,多泥沙和调水调沙两个因素决定了中游区段特殊的水生态特征。黄河的泥沙主要源于中

游黄土高原的水土流失,水生生物的生存环境受到泥沙的制约,表现为单一性、低密度性及不稳定性。小浪底水库规律性地调水调沙则直接威胁或者破坏了小浪底水库以下河道的生境状况。

4.3 下游区段以人为因素为主导

水资源方面,泥沙沉积造成的“地上悬河”断绝了基流补给下游河道的途径,加之狭小的集水面积和稀少的支流意味着即使东部地区的降水量多于中上游,但依然无法有效地增加下游流域内的地表水资源量,因此,下游地表水资源量主要依赖于中游来水的补给。

水环境方面,下游河段水质经历了由好变差、由差复好的过程,这同经济发展理念与方式的转变不可分割,随着人们保护环境意识的逐渐提高,水污染问题得到有效缓解,但是有机污染物对水质状况的威胁仍然存在,沿途农业和工业的污染排放为主导因素。

水生态方面,小浪底水库调水调沙对下游部分河段的水生态状况产生了负面影响,但十分有限,下游水生态面临的重点是黄河三角洲地带河口湿地的不断萎缩,近30年来萎缩了约52.80%,水沙持续减少和湿地开发利用方式粗放低效导致了水生态状况较差^[31]。

5 黄河流域高质量发展下的生态保护路径

在加强黄河流域生态环境保护中,坚持山水林田湖草综合治理、系统治理、源头治理,统筹推进各项工作,加强协同配合,推动黄河流域高质量发展,黄河水利委员会推行河长制,研究提出了《黄河流域“一河一策”编制水资源与水生态保护意见》。本文借鉴“一河一策”“一湖一策”,针对黄河上中下游的不同区域,提出黄河流域生态保护的“一区一策”路径。

5.1 上游注重水源保护,治理沙漠化及盐碱化问题

在三江源、祁连山、甘南等黄河源区及支流源头地区需加强退牧还草和封山育林,加强草原放牧的管理力度,引入科学的放牧制度,减轻草场的放牧压力,进而提升水源涵养区的调蓄能力,确保为黄河提供持续平稳、质量优质的水源补给。黄河源区对气候变化的

响应十分敏感,全球气温升高、极端气候现象频发等问题成了黄河流域水资源和生态环境的潜在危机,必须引起决策者和广大科学家的足够重视。

对于上游荒漠化及沙漠化的土地开展防风固沙、人工扩湿增绿等工程手段和治理措施,推动内蒙古、宁夏等相关区域的生态恢复和沙化治理,构建起强有力的生态屏障。相关研究^[32]显示宁夏平原及内蒙古引黄灌区的耕地盐碱化面积逐年增加,必须改进灌溉工艺,以喷灌、滴灌等替换大水漫灌,才能阻止盐碱化面积的继续扩大。

5.2 中游治理水土流失,改善环境污染问题

在中游地区继续开展水土流失治理。近年来,国家在黄土高原进行的水土流失治理取得了显著的成效,但是并未完全控制住水土流失的局面,水土流失治理的任务仍然艰巨。同时科学管理和巩固好已有的水土流失治理成果,进一步加大封育保护政策的推行力度。

继续强化水污染治理力度。中游地区涵盖了能源基地、引黄灌区以及城市密集3个要素,城市生活污水、工业废水以及农业面源污染等诸多污染源导致了黄河干流和支流遭受不同程度的水质恶化,营养盐、大肠杆菌以及重金属超标等问题在不同支流中相继被发现^[28],水环境治理工作仍然任重道远,需继续加强污水处理,加快工业和农业的产业结构升级,强化监管手段,不断提升水质安全。

5.3 下游实施生态补偿,强化河口湿地保护

下游本土水资源匮乏,十分依赖中游的客水补给,人类生存发展与环境之间争水矛盾突出,必须依靠政策约束,强制进行生态补偿,从全局角度出发建立起生态补偿保障体系,落实河口生态流量控制,平衡发展与生态保护的关系,逐步恢复下游自然湿地生态功能。此外,针对三角洲湿地内包括耕地、水产养殖等在内的过度开发,推行有序退出,逐步恢复的模式。水沙减少带来了海水倒灌、湿地盐渍化加剧等问题,继而造成湿地生物多样性降低、生态服务功能减弱等弊端。为此,科学的水沙调控,维持三角洲泥沙淤积和冲刷的平衡

状态十分重要,需要全流域的统一协调和配合,同时深层次的科学研究及系统的管理手段亦不可或缺。

5.4 全域统筹协调,加大节水力度

黄河上中下游的治理需求具有差异性,因此需要全流域的协同配合^[33]。开展全流域、各部门、各行业的统一调度,建立统一的治理标准,增强监管和流域监控能力,打通信息壁垒,有助于提升治理效率,节省人力财力的投入等。黄河流域节水成效已经十分显著,但仍要继续挖掘节水潜力,加大节水力度。黄河流域农业节水水平已经达到国内先进水平,但仍然存在提升空间,在综合考虑投入产出比的情况下,可以适当引入滴灌等先进的节水技术;工业领域应当加快产业结构的调整,大力引入节水工艺,提高工业用水重复利用率,对煤、电等高耗水产业进行转型或替代,逐步淘汰高污染高耗水的低端产业^[34];城市生活用水方面,应减少城市供水管网渗漏,普及生活节水器具,广泛采用中水回用技术,做好节约用水的宣传,努力提升民众的节水意识。

6 结 语

黄河流域生态环境状况复杂,上中下游长期面临着草场和湿地退化、水土流失、水质恶化以及水资源短缺等不同的难题,严重破坏了流域内生态系统的平衡,阻碍了地区经济的良性发展。本文对黄河流域上中下游从水资源、水环境、水生态3个角度的分布特征进行了分析,发现区位因素以及自然条件主导着上游河段的水资源及水环境特征,较弱的人类活动并未对生态环境造成过大的破坏;地形地貌等自然本底以及强烈的人类活动导致中游河段发生了严重的水土流失和环境污染问题,黄土高原的松散土质加之大量的农业和工业用水,使中游呈现出泥沙含量大、水资源极其短缺、水质状况堪忧的复杂境况;下游河段的水资源量很大程度上取决于中游下泄补给程度,全流域分水问题一直是黄河的重点工作和难点问题,且来水来沙的减少以及人类侵占湿地共同导致了河口湿地的萎缩。

面对如此复杂的局面,需要针对性地进行分河段分问题治理,同时需要全流域各部门之间的统筹协调,

统一调度,处理好人与环境之间的矛盾,在生产生活等各个环节加强节水力度,加速产业升级,借助黄河流域生态保护与高质量发展的东风,努力解决好黄河流域生态环境破坏及水资源短缺的问题,最终实现人与自然和谐共处的美好愿景。

参考文献

- [1] 左其亭,张志卓,李东林,等. 黄河河南段区域划分及高质量发展路径优选研究框架[J]. 南水北调与水利科技(中英文),2021,19(2):209-216.
- [2] 左其亭,张志卓,吴滨滨. 基于组合权重 TOPSIS 模型的黄河流域九省区水资源承载力评价[J]. 水资源保护,2020,36(2):1-7.
- [3] 水利部黄河水利委员会. 黄河流域综合规划(2012—2030年)[M]. 郑州:黄河水利出版社,2013:3.
- [4] 徐勇,王传胜. 黄河流域生态保护和高质量发展:框架、路径与对策[J]. 中国科学院院刊,2020,35(7):875-883.
- [5] 段娜,杨贵羽,游进军. 五指山市近60年降雨量时空演变规律分析[J]. 南水北调与水利科技,2018,16(6):60-67,79.
- [6] 黄微尘,余朕天,李春晖,等. 基于 ELECTRE III 的淮河流域水资源安全评价[J]. 南水北调与水利科技,2019,17(1):20-25.
- [7] 党真,杨明义,张加琼. 基于文献计量学分析泥沙来源研究进展与热点[J]. 水土保持研究,2022,29(5):1-6.
- [8] 顾明林,魏巧莲. 黄河上游区河流水质特性研究[C]//中国水利学会2002学术年会论文集. 2002.
- [9] 郝向英,红霞,乌地,等. 黄河中游水体水环境现状[J]. 内蒙古科技与经济,2000(6):65-42.
- [10] 何姜毅,张东,赵志琦. 黄河流域河水水化学组成的时间和空间变化特征[J]. 生态学杂志,2017,36(5):1390-1401.
- [11] 刘彦龙,郑易安. 黄河干流水质评价与时空变化分析[J]. 环境科学,2022,43(3):1332-1345.
- [12] 霍家喜,姜明星. 黄河河口段水环境因子演变分析[J]. 科技视界,2015(26):324-325.
- [13] 霍家喜,苏拥军,耿蕊. 黄河河口段近期水质状况分析[J]. 海洋湖沼通报,2010(4):101-105.
- [14] 师吉华,李秀启,董冠仓,等. 黄河山东段水环境质量分析与评价[J]. 渤海大学学报(自然科学版),2017,38(3):229-235.
- [15] 时文博,曹春燕,宋颖,等. 基于多元统计分析的黄河山东

- 段水质评价研究[J]. 人民黄河, 2020, 42(2): 48-53.
- [16] 张军燕, 张建军, 杨兴中, 等. 黄河上游玛曲段春季浮游生物群落结构特征[J]. 生态学杂志, 2009, 28(5): 983-987.
- [17] 惠筠, 介子林, 贺海战, 等. 黄河河南段浮游生物生态特性与时空分布[J]. 河北渔业, 2018(5): 37-43.
- [18] 冷春梅, 董贯仓, 刘超, 等. 黄河山东段浮游生物群落特征调查分析[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2016, 47(5): 668-673.
- [19] 冷春梅, 王亚楠, 董贯仓, 等. 黄河三角洲河口区浮游植物组成及多样性分析[J]. 环境保护科学, 2012, 38(1): 37-40.
- [20] LI T, HUANG X, JIANG, X, et al. Assessment of ecosystem health of the Yellow River with fish index of biotic integrity[J]. Hydrobiologia, 2018, 814(1): 31 - 43.
- [21] 贾秋红, 李晓春, 白海峰, 等. 黄河兰州市区段浮游动物群落结构调查及水质初步评价[J]. 河北渔业, 2015(6): 18-19.
- [22] 陈媛媛, 王益昌, 沈红保, 等. 黄河陕西段浮游动物群落结构特征研究[J]. 河北渔业, 2016(8): 29-31.
- [23] KONG D, LATRUBESSE E M, MIAO C, et al. Morphological response of the Lower Yellow River to the operation of Xiaolangdi Dam, China [J]. Geomorphology, 2020 (350): 106931-106936.
- [24] 宋劼, 易雨君, 侯传莹, 等. 小浪底水库调水调沙对下游河道浮游生物的影响[J]. 人民黄河, 2019, 41(8): 38-43, 75.
- [25] 陈利群, 刘昌明, 郝芳华, 等. 黄河源区基流变化及影响因子分析[J]. 冰川冻土, 2006(2): 141-148.
- [26] JIN W, CHANG J, WANG Y, et al. Long-term water-sediment multi-objectives regulation of cascade reservoirs: A case study in the Upper Yellow River, China[J]. Journal of Hydrology, 2019(577): 123978-123979.
- [27] 杨永春, 张旭东, 穆焱杰, 等. 黄河上游生态保护与高质量发展的基本逻辑及关键对策[J]. 经济地理, 2020, 40(6): 9-20.
- [28] 梁兰珍. 黄河流域生态环境的治理与可持续发展研究[J]. 环境科学与管理, 2021, 46(5): 171-174.
- [29] SU K, KIDDER T R. Humans and climate change in the middle and lower Yellow River of China[J]. Quaternary International, 2019(521): 111-117.
- [30] 刘昌明, 刘小莽, 田巍, 等. 黄河流域生态保护和高质量发展亟待解决缺水问题[J]. 人民黄河, 2020, 42(9): 6-9.
- [31] 韩广轩, 杨红生, 邹涛, 等. 黄河三角洲湿地急需保护与修复[N]. 中国海洋报, 2019-12-26(2).
- [32] 陈怡平, 傅伯杰. 黄河流域不同区段生态保护与治理的关键问题[N]. 中国科学报, 2021-03-02(7).
- [33] 左其亭. 黄河流域生态保护和高质量发展研究框架[J]. 人民黄河, 2019, 41(11): 1-6.
- [34] 左其亭, 张志卓, 姜龙, 等. 全面建设小康社会进程中黄河流域水资源利用效率时空演变分析[J]. 水利水电技术, 2020, 51(12): 16-25.

(上接第16页)为同一水源为原则,提出了南北盆地分区管理(南盆地优先管控、北盆地重点管控)、东中西部分区管理(西部保护区、中部节水区、东部调水区)的地下水分区管控措施,有助于完善河西区5市水资源保护-节水-调水体系,增强分区域水资源的调配能力,提高供水保障能力和抗风险能力。地下水治理与保护是一个长期过程,今后的研究中应充分考虑水价和水费制度、农业和高耗水行业的精细化管理、地下水取用计量监督管理、地表水-地下水统一调度统一管理等,全面提升地下水分区管控措施。◆

参考文献

- [1] 尹政, 赵艳娜, 杨丽萍. 甘肃西部北山区地下水的形成与分布[J]. 地下水, 2011, 33(4): 15-18.
- [2] 李计生, 王静, 李斌, 等. 河西走廊疏勒河灌区地下水特征现状分析[J]. 冰川冻土, 2014, 36(5): 1288-1297.
- [3] 文静, 黄小龙. 河西走廊区域地下水埋深动态影响因素研究[J]. 地下水, 2019, 41(6): 37-40.
- [4] 张丽, 李计生, 李斌. 河西走廊地下水超采区变化及成因分析[J]. 中国水利, 2019(11): 19-21.
- [5] 水利部. 水利部办公厅关于开展重点区域地下水超采治理与保护方案编制工作的通知[S]. 2020.
- [6] 王姝, 高宗军, 王贞岩, 等. 河西走廊浅层地下水主离子特征及水质评价[J]. 人民长江, 2020, 51(4): 35-41.
- [7] 吕晓立, 刘景涛, 韩占涛, 等. “引大入秦”灌溉工程对甘肃秦王川盆地地下水化学组分的影响[J]. 农业工程学报, 2020, 36(2): 166-174.
- [8] GB/T 34968—2017 地下水超采区评价导则[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2017.

大连市地下水变化趋势及分布特征研究

孙大明

(辽宁省大连水文局, 辽宁 大连 116023)

【摘要】 本文基于 Visual FoxPro 数据库开发软件对斯皮尔曼秩相关系数的算法进行了编程,并对大连市地下水变化趋势进行了分析。结果表明,大连市地下水中水质变化平稳断面占比为 87.50%,呈显著下降趋势的断面占比为 6.25%,水质恶化趋势明显断面占比为 6.25%;大连市地下水整体矿化度较低;pH 值主要在 6.5~8.5 之间,符合各类用水要求。

【关键词】 大连市;地下水;变化趋势;分布特征

中图分类号: TV213.4

文献标志码: B

文章编号: 2096-0131(2022)06-026-05

A Study on the change trend and distribution characteristics of groundwater in Dalian City

SUN Daming

(Hydrology Bureau of Dalian, Liaoning Province, Dalian 116023, China)

Abstract: Based on Visual FoxPro database development software, the algorithm of rank correlation coefficient in Spearman is programmed, and the changing trend of groundwater in Dalian is analyzed. The results show that the proportion of sections with stable water quality change in Dalian is 87.50%, that with obvious downward trend is 6.25%, and that with obvious deterioration trend is 6.25%; The overall salinity of groundwater in Dalian is low; The pH value is mainly between 6.5 and 8.5, which meets all kinds of water requirements.

Key words: Dalian City; groundwater; change trend; distribution characteristics

地下水与人类生产生活密切相关,尤其在在我国北方很多农村地区,地下水依然是居民生活饮用水的重要来源。随着我国经济社会的发展,人们对水资源的需求也日益增加,进而加大了地下水开采力度,地下水超采导致水生态环境问题频发^[1-3],如含水层地下水疏干、有毒有害污染物通过径流污染浅层地下水、沿海地区因地下水超采导致海水入侵等^[4-5]。这些问题一方

面使原本供水紧张的地区水资源更加短缺,另一方面也导致地下水水质不断恶化,危及居民饮水安全。因此,在地下水资源的开发利用中水化学特征分析研究以及水质变化趋势分析受到人们越来越多的关注。本文通过对大连市地下水化学特征分布进行研究,以及运用秩相关系数对地下水环境质量进行趋势分析,为地下水资源保护、开发利用提供决策依据。

收稿日期: 2022-01-19

作者简介: 孙大明(1986—),男,高级工程师,硕士,主要从事水环境监测与评价工作。

1 数据来源与分析方法

分析评价数据主要采用辽宁省水环境监测中心大连分中心长系列的地下水监测资料。分析污染物变化趋势常用的方法为 Daniel 的趋势检验^[6],一般采用斯皮尔曼秩相关系数分析进行 Daniel 趋势检验,计算公式为

$$r_j = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n^3 - n}$$
$$d_i = X_i - Y_i$$

式中: n 为时间序列数; X_i 为周期 1~ n 按浓度值从小到大排列的序号; Y_i 为按时间排列的序列。

将秩相关系数的绝对值与斯皮尔曼秩相关系数中的临界值进行比较。当 $|r| > W_p$ 时,则表明变化趋势有显著意义;当 $|r| > W_p$ 时,则表明变化趋势没有显著意义,说明在评价时段内水质变化稳定或平稳。

在地下水趋势分析评价过程中发现,当监测数据较多时,传统的计算方法就显得复杂而烦琐。如大连市地表水质量监测断面多达 58 个,国家地下水监测井 43 处,如果对这些断面的监测指标进行多时段变化趋势分析,需要耗费大量的时间成本。为了减轻工作量,提高工作效率,应采用 Visual FoxPro(VFP) 计算机语言对 Daniel 趋势检验进行编程。

2 程序的设计

2.1 秩相关系数临界值表

建立秩相关系数临界值(W_p)数据结构表(LJZ.DBF),见表 1。

表 1 临界值数据结构(LJZ.DBF)

字段名	类型	宽度	小数位	含义
样本个数	数值型	2	0	秩相关系数 r 的临界值(W_p)表中的 N
xzsp_0.05	数值型	5	3	显著水平($\alpha=0.05$)
xzsp_0.01	数值型	5	3	显著水平($\alpha=0.01$)

2.2 样本值表

建立秩相关系数多时段样本值数据结构表(YBZ.DBF),见表 2。

表 2 秩相关系数多时段样本值数据结构(YBZ.DBF)

字段名	类型	宽度	小数位	含义
JCDM	字符型	10		断面名称
Y_1	数值型	8	3	样本的第 1 时段值
Y_2	数值型	8	3	样本的第 2 时段值
Y_3	数值型	8	3	样本的第 3 时段值
Y_4	数值型	8	3	样本的第 4 时段值
Y_5	数值型	8	3	样本的第 5 时段值
Y_6	数值型	8	3	样本的第 6 时段值
.....
Y_i	数值型	8	3	样本的第 i 时段值
相关系数	数值型	6	3	秩相关系数
变化趋势	字符型	10		多时段变化趋势描述(如变化平稳、显著上升或显著下降)

2.3 源程序

建立秩相关系数计算源程序 ZXGXS.PRG。源程序由临界值表数据库(LJZ.DBF)和样本值数据库(YBZ.DBF)组成,需要输入参数:样本值个数(N)、显著水平($\alpha=0.05$ 或 0.01)。

2.4 运行方法及水质监测结果

运行程序时输入 2 个参数时段个数(N)和显著性水平(α),如 DO ZXGXS WITH 7,0.05,表示时段个数为 7,显著性水平采用 0.05。选择大连市地下水长系列监测资料,共 16 个监测点,运用编写的 VFP 程序进行斯皮尔曼秩相关系数计算,时段长度为 2012—2018 年,显著水平 $\alpha=0.05$,结果见表 3。

大连市 16 个长系列地下水水质监测站中,高锰酸盐指数呈显著上升趋势的断面有 2 个,占全市总数的 12.50%,其余监测站点无明显变化趋势;矿化度呈显著上升趋势的站点有 1 个,占全市总数的 6.25%,呈显著下降趋势的站点有 1 个,占比为 6.25%,无明显变化趋势的站点有 14 个,占比为 87.50%;总硬度呈显著上升趋势和显著下降趋势站点各 1 个,各占 6.25%,其余

表3 大连市16个地下水水质变化趋势分析

控制断面	高锰酸盐指数		矿化度		总硬度		氯化物		硝酸盐氮	
	W_p	变化趋势	W_p	变化趋势	W_p	变化趋势	W_p	变化趋势	W_p	变化趋势
兴民	-0.20	平稳	-0.54	平稳	-0.20	平稳	-0.43	平稳	-0.65	平稳
付家	0.14	平稳	-0.25	平稳	-0.14	平稳	0.08	平稳	-0.54	平稳
二十里	0.20	平稳	-0.48	平稳	-0.08	平稳	-0.37	平稳	-0.60	平稳
四十里	0.94	显著上升	-0.54	平稳	0.14	平稳	-0.65	平稳	-0.94	显著下降
黄旗	0.25	平稳	0.31	平稳	0.37	平稳	0.03	平稳	-0.48	平稳
苏家	-0.14	平稳	0.43	平稳	0.20	平稳	0.25	平稳	-0.77	平稳
尹家	0.54	平稳	0.77	平稳	0.65	平稳	0.60	平稳	-0.94	显著下降
南鸦鹑嘴	0.03	平稳	-0.14	平稳	-0.37	平稳	0.14	平稳	-0.94	显著下降
大王村	-0.03	平稳	-0.25	平稳	0.20	平稳	0.25	平稳	-0.65	平稳
东泥河	0.94	显著上升	0.94	显著上升	1.00	显著上升	0.83	平稳	-0.54	平稳
小黑石	-0.37	平稳	0.60	平稳	0.20	平稳	0.37	平稳	-0.83	平稳
北李屯	-0.77	平稳	-0.94	显著下降	-0.88	显著下降	-1.00	显著下降	-0.88	显著下降
双台沟	0.20	平稳	-0.08	平稳	0.83	平稳	-0.65	平稳	-0.83	平稳
黄泥川	-0.60	平稳	-0.03	平稳	0.60	平稳	0.08	平稳	-0.88	显著下降
辛寨子	-0.31	平稳	0.71	平稳	0.48	平稳	0.37	平稳	-0.43	平稳
夏家河子	-0.43	平稳	-0.83	平稳	-0.77	平稳	-0.77	平稳	-0.48	平稳

站点无明显变化趋势;氯化物呈显著下降趋势的站点有1个,占比为6.25%,其余站点均无明显变化趋势;硝酸盐氮呈显著下降趋势的站点有5个,占比为31.25%,其余站点均无明显变化趋势。

大连市16个地下水监测站点中,兴民、付家、二十里、黄旗、苏家、大王村、小黑石、双台沟、辛寨子和夏家河子水质变化平稳,参与分析的高锰酸盐指数、矿化度、总硬度、氯化物、硝酸盐氮5项监测指标均无明显变化趋势;尹家、南鸦鹑嘴和黄泥川监测站点水质变化较为平稳,参与分析的5项指标中,硝酸盐氮呈显著下降趋势;四十里参与趋势分析的5项指标中,高锰酸盐指数呈显著上升趋势,硝酸盐氮呈显著下降趋势;东泥河水质恶化趋势明显,参与分析的5项监测指标中,高锰酸盐指数、矿化度、总硬度均呈显著上升趋势;北李屯监测站点水质有明显向好的趋势转变,5项分析指标中,仅高锰酸盐指数1项指标变化平稳,其余4项指标均呈显著下降趋势。

3 地下水分布特征研究

矿化度能够直接反映地下水中溶解性无机矿物质的含量总和,总硬度通常代表水中钙、镁离子含量的总和,pH值反映的是水体酸碱程度^[7]。这3项指标是衡量地下水质量优劣的重要参数,若地下水中的矿化度和总硬度过高、pH值超标时,将会对人体的健康产生一定的影响^[8]。因此,本文通过对大连市矿化度、总硬度和pH值3项指标分布规律进行研究,从整体上了解大连地区地下水水质状况。

3.1 矿化度分布

矿化度大于1g/L为高矿化度水,水的口感很差,不适宜长期饮用;矿化度在2~3g/L之间为微咸水;大于3g/L为咸水,此类水不能饮用。根据大连市地下水井的矿化度实际监测结果,全市矿化度在125~2610mg/L之间。矿化度小于1g/L的地下水面积占全市总面积的93.95%;1~2g/L之间的面积为719.26km²,占全市总面积的5.72%;大于2g/L的面积为42.46km²,占全市总面积的0.33%;全市没有大于

3g/L 的地下水区。其中,矿化度大于 1g/L 的区域主要集中在金普新区。按流域分析,大连市英那河、湖里河和庄河流域地下水水质优良,矿化度均小于 300mg/L;碧流河水库饮用水源地附近地下水水质较好,矿化度在 300 ~ 400mg/L 之间,碧流河流域下游入海口附近城

子坦监测井矿化度较高,为 1085mg/L;大沙河和复州河流域地下水水质较好,矿化度在 500 ~ 700mg/L 之间。大连市整体地下水矿化度由西南地区的旅顺向东北地区的庄河逐渐降低,矿化度分布情况见图 1。

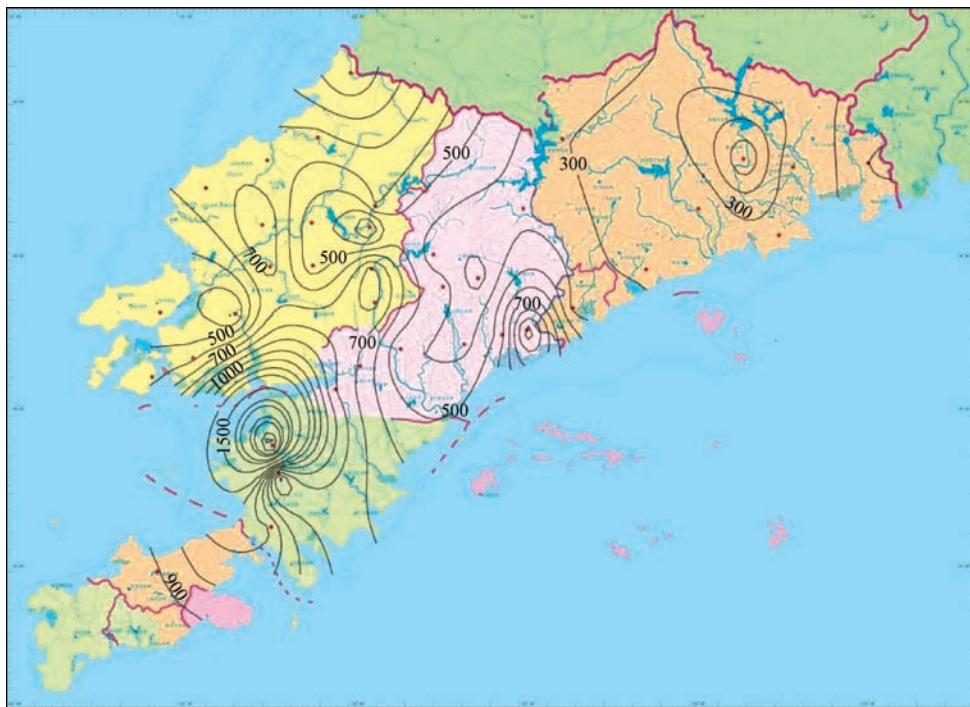


图 1 大连市地下水矿化度分布情况(单位:mg/L)

3.2 总硬度分布

总硬度在 150 ~ 300mg/L 之间为中软水,在 300 ~ 500mg/L 之间为硬水,大于 500mg/L 为很硬水。地下水总硬度在 200 ~ 300mg/L 之间比较适宜饮用,超过 450mg/L 则不适合饮用,并且不符合生活饮用水标准。

根据大连市地下水井的总硬度实际监测结果,全市地下水总硬度在 63.2 ~ 804.0mg/L 之间;总硬度大于 450.0mg/L 的面积为 1856.20km²,占全市总面积的 14.80%。总硬度超标的主要有 3 个区域,分别为碧流河入海口—城子坦镇—余粮河一带,面积为 106.60km²,占全市总面积的 0.85%;普兰店铁西街道—瓦房店元台镇—炮台—复州湾一带,面积为 695.60km²,占全市总面积的 5.53%;甘井子营城子街道—大连湾—金州一带,面积为 1054.00km²,占全市总面积的 8.38%。按流域分析,大连市英那河、湖里河

和庄河流域地下水水质优良,总硬度均小于 150mg/L;碧流河流域饮用水源地地下水水质较好,大部分地区总硬度在 200 ~ 300mg/L 之间,大于 450mg/L 的区域主要分布在入海口城子坦镇,该镇附近无饮用水取水口,对城镇居民用水影响不大;大沙河流域地下水总体水质较好,总硬度大于 450mg/L 的区域主要分布在元台镇,面积为 97.60km²,占全市总面积的 0.78%;复州河流域地下水水质较好,无总硬度大于 450mg/L 区域。大连市地下水总硬度分布情况与矿化度相似,也是由西南地区向东北地区逐渐减小,总硬度分布情况见图 2。

3.3 pH 值分布情况

pH 值在 6.5 ~ 8.0 之间为中性水,在 5.5 ~ 6.5 之间为弱酸性水,在 8.0 ~ 10.0 之间为弱碱性水。一般情况下,pH 值在 6.5 ~ 8.5 之间,不影响水的使用功能。

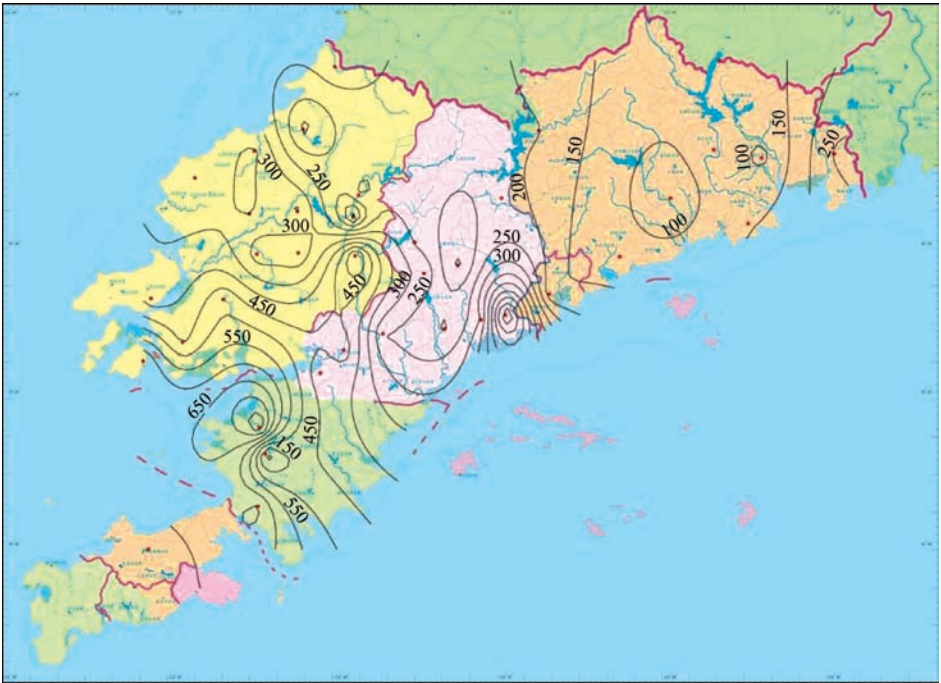


图2 大连市地下水总硬度分布情况(单位:mg/L)

根据大连市 39 眼地下水井的 pH 值实际监测结果,全市地下水仅有 1 处监测点位 pH 值在 5.5 ~ 6.5 之间,为弱酸性水,即隋家屯(2)监测断面,pH 值为 6.4;其余地下水 pH 值均在 6.5 ~ 8.5 之间,符合各类

用水要求。大连市有 5 处地下水监测井 pH 值在 8.0 ~ 8.5 之间,主要分布在碧流河流域碧流河水库、大沙河流域刘大水库以及英那河流域入海口附近。大连市地下水 pH 值分布情况见图 3。

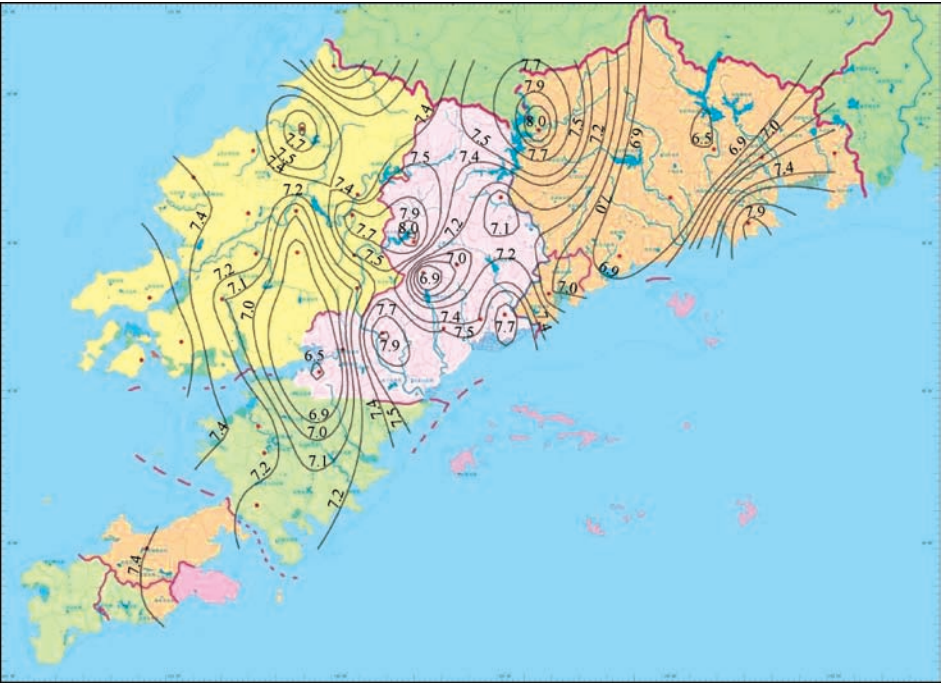


图3 大连市地下水 pH 值分布情况

(下转第 56 页)

重庆市绿色水生态网建设初步研究

汪文超 周 琴 毛小羽

(长江勘测规划设计研究有限责任公司,湖北 武汉 430010)

【摘 要】 本文研究了国内外治水理念发展历程,分析了重庆市水生态环境面临的形势与挑战,提出了建设目标并总结了重庆市“一轴双屏、两廊多点”的水生态网络总体格局,提出了以“水美城市”品质提升、水美乡村建设、三峡库区生态保护与修复、重要支流系统治理4类水生态环境保护修复与治理类重大项目为切入点,坚持保护与治理并重,复苏河湖生态环境,解决重庆市水生态、水环境长期性累积性问题,建设生态美、产业兴、百姓富的幸福河湖的建设思路,据此提出相关建议,可为重庆市水生态文明建设提供参考。

【关键词】 绿色水生态网;一轴双屏、两廊多点;幸福河湖;重庆市

中图分类号: TV213.4

文献标志码: B

文章编号: 2096-0131(2022)06-031-06

A Preliminary study on the construction of green water ecological network in Chongqing

WANG Wenchao, ZHOU Qin, MAO Xiaoyu

(Changjiang Survey, Planning, Design and Research Co., Ltd., Wuhan 430010, China)

Abstract: This paper studies the development history of water control concepts at home and abroad, analyzes the situation and challenges faced by Chongqing's water ecological environment, puts forward the construction goal and summarizes the overall pattern of Chongqing's water ecological network with "one axis, two screens, two corridors and multiple points". This paper puts forward four major projects of water ecological environment protection, restoration and treatment, such as "water-beautiful city" quality improvement, water-beautiful rural construction, ecological protection and restoration in Three Gorges reservoir area, and treatment of important tributary systems, and puts forward some suggestions for the construction of water ecological civilization in Chongqing by paying equal attention to protection and treatment, reviving the ecological environment of rivers and lakes, solving the long-term cumulative problems of water ecology and water environment in Chongqing, the idea of building a happy river and lake with ecological beauty, industrial prosperity and people's wealth, and based on this, relevant suggestions are put forward, which can provide reference for the construction of water ecological civilization in Chongqing.

Key words: green water ecological network; one axis, two screens, two corridors and multiple points; Xingfu Lake; Chongqing City

收稿日期: 2022-02-11

作者简介: 汪文超(1990—),男,工程师,博士,主要从事水利规划与设计工作。

党的十八大以来生态文明建设纳入国家“五位一体”总体布局,十九大又将其定义为“中华民族永续发展的千年大计”,彰显了生态文明建设的重大战略和现实意义^[1]。水生态文明是生态文明建设的重要基础和核心组成,是促进人水和谐、建设美丽中国的重要实践。水是重庆市最大的资源禀赋和最大的发展优势,国家发展战略及经济社会高质量发展新要求对水生态环境保护提出了更高要求,迫切需要站在历史和战略的高度,以创新的理念、思路、视角和方法,系统思维、综合施策,探索实践重庆市水生态治理新模式,推进重庆市水生态文明建设,支撑重庆市做好长江大保护和高质量发展。

1 国内外治水理念发展历程

1.1 国外治水理念的生态化历程

纵观国外发达国家治水发展,普遍经历了“先污染后治理”“先末端后前端”“先工程后制度”“先单一后系统”的发展历程^[2-4]。从早期单纯为满足人类需求而兴建防洪、供水、灌溉设施的治水理念,逐步转移到河流生态修复,从区域治理转变到流域系统修复,逐步把传统水利建设各个领域与水生态保护修复紧密相连,将治水理念与可持续发展等生态理念相结合。

1.1.1 江河治理方面

早期河道治理主要强调防洪和排涝功能,大量采用裁弯取直、硬质材料固化河岸等手段,忽略了河道的生态功能,带来了河道淤积、自净能力减弱、生物多样性遭到破坏等一系列问题。这些问题的出现促使西方国家不断反思传统河道治理技术,从而产生了“近自然河道治理”的理念^[5]。近自然河道治理是基于对生态系统的深刻认识,为实现防洪减灾、生物多样性保护以及自然资源永续利用目标,以安全为原则、以生态为基础,留足河流空间,对河湖进行近自然生态整治,有效降低人类行为对环境的冲击,减少工程行为对自然生态的破坏,保留和恢复自然修复力。在近自然河道治理理念倡导下,德国、美国、日本、法国、瑞士、奥地利、荷兰等国家纷纷大规模拆除了以前在河床上铺设的硬质材料,换成可以生长灌草的土质边坡,逐步恢复河道

及河岸自然状态^[6]。

1.1.2 水资源开发利用方面

在水资源相对丰沛的地区,西方国家早期一般采取“以需定供”的原则,通过修建大量工程加强对水资源的控制和调蓄,以满足经济社会对水资源的需求,这些措施在不断提高水资源保障能力的同时,也带来了一系列生态问题,如河流的连通性受到阻隔,无限制的水资源开发导致一些河流断流萎缩等。这些严重的问题促使人们进行反思,从而提出了“水资源可利用量”和“环境流量”概念,并大力加强需水管理,通过控制需水,避免水资源系统衰退,确保水资源持续利用,通过工程、技术、法律、经济等多种手段强化节水和水循环利用,遏制供水量增长。美国从1978年开始实施需水管理策略,迅速取得了一定效果,1980年美国供水量达到顶峰后,逐渐回落并基本稳定在5600亿 m^3 左右^[7];加拿大、瑞典、荷兰、日本先后实施了需水管理措施,进入需水量零增长的阶段^[8]。

1.2 国内治水思路发展历程

兴水利、除水害始终是我国治国安邦的大事,1949年以来,在党中央、国务院的高度重视和正确领导下,我国治水事业取得了举世瞩目的辉煌成就,在70余年的治水实践中,治水思路和策略也在不断调整,从人水对抗向人水和谐转变,从工程水利向资源水利转变,从传统水利向现代水利、可持续发展水利转变。结合我国经济社会发展历程,国内治水思路的发展历程大致可分为新中国成立初期(1949—1952年)、改革开放前(1953—1978年)、改革开放至今(1979年至今)3个阶段^[9]。新中国成立初期治水思路主要以解决大江大河防洪安全、保证人民生命财产安全为首要目标;改革开放前,重点水利工程建设成绩斐然,此段时期的水利工作是一个不断纠正问题、总结经验教训,对治水规律的认识不断加深和提高,治水思路和策略在实践中不断纠正、调整和完善的一个过程;改革开放以来,尤其是十八大以来,我国治水思路发生了根本性转变,提出了“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”的十六字治水思路,坚持“以人民为中心”的发展思想,推动水利高质量发展,更好地满足了人民群众对持续水安澜、

优质水资源、健康水生态、宜居水环境、先进水文化的向往和高品质生活的需求,是新时期治水的根本目的。

2 重庆市水生态水环境面临的形势与挑战

当前,我国正处于新发展阶段重要战略机遇期,随着经济社会的发展,人民群众对良好水生态环境的需求更加迫切,既要解决“有没有”的问题,又要转向“好不好”的问题。重庆市境内河流水系众多,河网交错纵横,地形地貌多样,受自然地理环境、地形地貌及人口密集、经济发展等影响,区域生态系统总体较为脆弱,水生态功能融合不足,河湖水域空间与城镇空间、农业空间及其他生态空间普遍存在边界模糊、交叉重叠等问题,区域水土流失现象较为普遍,部分城市河道内生态流量难以保障、水质较差、水体流动性不足、水体纳污能力弱,农村河道大多尚未开展水系综合整治,面源污染问题突出。总体来看,重庆市水生态环境质量与高品质生活宜居地建设要求相比还有一定的差距,水生态环境长期累积性问题突出,一些局部、区域层面的水生态环境问题如不加以治理,有可能形成全局性、系统性的水生态安全风险,给重庆市生态安全屏障建设带来巨大挑战,建设幸福河湖任务十分艰巨。

a. 城市生态承载负荷大,滨水公共空间碎片化。江河是城市的血脉、发展的资源,伴随着重庆市城镇化建设和城市发展,主城都市区以 35% 的国土面积、26% 的水资源量承载了 65% 的人口和 77% 的 GDP,人水争地矛盾突出,城市滨水公共空间被严重挤占,导致河流连通性和自净能力下降,水质受到影响,水生生物多样性呈现逐年降低的趋势,水生态环境状况与幸福河湖的要求还有一定差距。

b. 河流系统治理任务艰巨。以往重庆市境内的河流治理大都缺乏统筹谋划,治理手段单一,缺乏系统治理和生态保护观念,水环境问题呈现出流域性、系统性特点,尤其是川渝毗邻地区跨界水体治理,尚未建立协同治水管水体制机制,未兼顾上下游、左右岸和生态环境等需求,难以从源头上遏制污水流入,导致反复治理反复污染,未从根本上彻底扭转水环境恶化的整体形势。硬质护岸、河道硬化渠化等传统工程措施,导致河流原有的水生态环境系统遭到破坏,生态友好的美

丽河湖建设任重道远。

c. 三峡库区消落区生态环境脆弱。三峡库区消落区呈周期性水陆交替状态,生态系统结构和功能不完整,生态自我修复和调控能力弱,生态环境脆弱,直接影响水库生态安全。近年来,消落区治理虽取得了一定成效,但消落区生态环境、地质安全以及库周滨水环境问题依然突出。如受水位变幅影响,水库消落区植物多样性受损,植物群落单一,生态自我修复进程缓慢^[10];人类活动不同程度地干扰着消落区生态环境,乱堆乱倒、乱挖乱填、乱搭乱建、乱耕乱种现象时有发生;部分库岸存在安全隐患,影响沿岸居民生命财产安全、制约城镇发展,需要进一步加强综合治理;受三峡水库蓄水影响,库区部分自然、人文景观被淹没,部分区域滨水环境差,难以满足库区居民对优美生态宜居环境、亲水休闲空间的需求。

d. 水土流失问题仍然突出。重庆市 2020 年水土流失面积为 2.51 万 km², 占全市总面积的 30.52%, 是长江经济带和长江上游水土流失最严重的区域之一,是全国八大石漠化严重发生地区之一。尤其是三峡库区,经多年治理,水土流失面积和强度虽呈逐年下降趋势,但由于水土流失系统治理不足,加之投资标准整体偏低,水土流失仍是三峡库区面临的首要生态环境问题。库区水土流失面积约占全市水土流失面积的 60.00%, 水土流失率远高于长江流域平均水平,三峡库区水土流失量大面广的现状未发生根本性改变,水土保持的综合功能和效益未能高标准实现,与新时期保护好三峡库区,加快建设长江上游重要生态屏障的要求差距较大。

e. 农村水系综合整治进展缓慢。重庆市农村大部分河流尚未进行系统治理,存在水域岸线侵占、淤塞萎缩等问题。以区县为单元开展的农村水系综合整治是有效解决农村水系存在的淤塞、水污染严重、水生态恶化等突出问题,恢复河湖基本功能、修复河道空间形态、改善河湖水环境质量,改善农村地区水生态环境和人居环境,助推乡村振兴,实现生态产品价值转换的重要举措。目前,重庆市仅开展了梁平、綦江两个区县的农村水系综合整治试点,进展缓慢,农村水系面源污染问题突出,农村整体水环境与水美乡村建设要求还有

一定的差距。

3 绿色水生态网总体布局与建设思路

3.1 建设目标

到 2025 年,幸福河湖建设初见成效。江河湖库水源涵养与保护能力进一步提升,重点河湖生态流量基本得到保障,切实保护好长江母亲河和三峡库区水生态环境,三峡水库干支流生态环境质量不断提升;人为水土流失得到有效控制,三峡库区等重点地区水土流失得到有效治理;生态过载的河湖实施治理与修复,重点河湖健康状况明显改善。

到 2035 年,幸福河湖建设取得显著成效,长江健康状况持续向好,筑牢长江上游生态屏障。三峡库区等重点地区水土流失基本治理;城市河流、三峡库区重要支流水生态环境得到系统治理,主要控制断面水质全面达标,持续保障三峡库区水质安全、生态安全;河湖生态水量保障措施全面落实,水生态环境质量达到优良;农村水系综合整治取得显著成效,农村人居环境得到明显改善。

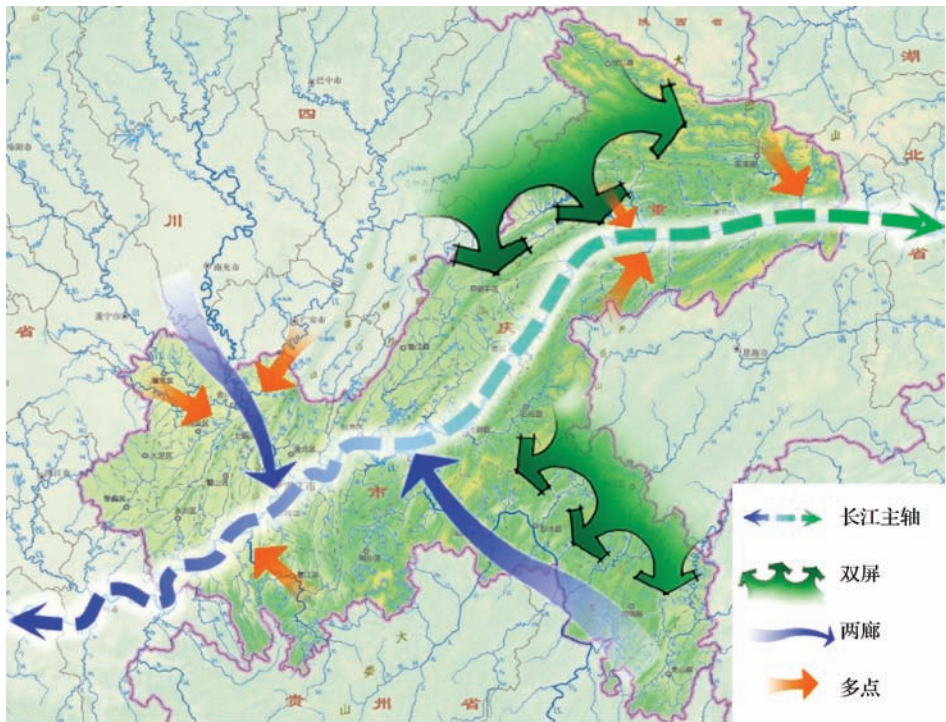
到 2050 年,河畅、水清、岸绿、景美的幸福河湖全

面建成。山水林田湖草系统治理的格局全面形成,水环境“联防联控、共保联治”格局全面形成,人民群众满意的健康水生态、宜居水环境全面形成。

3.2 总体格局

为提升城市品质,改善人居环境,建设水美重庆,聚焦长江主轴,以保护三峡水库为核心,以建设重庆市中心城区“两江四岸”治理提升工程为重点,实施一批水生态环境保护修复与治理工程,构建长江、嘉陵江、涪江、渠江、綦江等重要生态廊道,通过流域区域互连互通、联防联控、共建共管、协作协同,形成“一轴双屏、两廊多点”的重庆市水生态网络总体格局(见图 1),重新塑造有文化底蕴的城市滨水公共空间,并同步筹划周边地块的再开发,使水经济成为推动重庆市中心城区高质量发展的新引擎。

一轴:以长江干流为主轴。长江干流贯通重庆市东西,以长江干流沿线为重点,大力推动长江大保护,强化长江生态大廊道、洪水主通道、调配主水源等核心作用,把维护良好的水生态环境放在突出位置,以水资源、水环境承载能力为约束,坚持生态优先、绿色发展,加强水污染联防联控,严格保护城市河流水系。以中



审图号: GS(2016)2893号

图 1 重庆市绿色水生态网总体格局示意图

心城区“两江四岸”治理提升工程为重点,实施消落区综合整治、岸线保护与生态修复等,构建长江、嘉陵江等生态廊道,打造滨江生态公园,结合海绵城市建设,打造汛期可行洪、枯期可亲水的城市滨水公共生态空间,彰显“山水之城·美丽之地”的独特魅力。

双屏:为渝东北三峡库区和渝东南武陵山区两个生态屏障区,是国家重点生态功能区。三峡水库是全国最大的淡水资源战略储备库,是“引江补汉”工程的水源地,是重庆市生态安全的核心,在全国生态空间格局和服务国家发展大局中具有独特且极其重要的战略地位,对长江中下游地区防洪供水及京津冀等地区的饮水安全保障具有不可替代的作用。三峡库区生态屏障区以“保护长江母亲河,打造一库清水”为中心,以控制水土流失和面源污染,维系三峡库区良好水质和生物多样性为重点,坚持保护优先、自然恢复与治理修复相结合,加强三峡库区河流、消落区生态系统的综合整治,实现生态美、产业兴、百姓富的有机统一,构筑长江上游重要生态屏障。渝东南武陵山区以实施水源涵养与水土保持、中小河流综合治理为重点,坚持生态优先、绿色发展,以“面上保护、点上适度开发”为主,围绕城镇化和新农村建设,有效保护生态,合理开发资源,促进生态康养、文化旅游、特色资源加工等产业发展,实现生态保护与经济发展双赢,建设武陵山生态民俗文旅融合发展示范区和扶贫开发示范区,促进经济社会与生态环境协调发展,实现绿水青山就是金山银山。

两廊:指嘉陵江、乌江,是重庆市境内河流入长江的重要骨干廊道。应加强嘉陵江城市江段水环境综合整治与水土保持建设,强化干流渠化江段重要水生生物的涉水空间管控;加强乌江重庆市境内梯级电站库区的水生态系统保护与修复、河流连通性维护与恢复等;开展重要支流综合治理和生态廊道建设,提升水生态环境功能。

多点:主要包括涪江、渠江、綦江、小江、大宁河等重要河流,是重庆市水网互连互通的重要节点。应充分发挥调蓄洪水、配置水资源和维护水生态等功能,加强系统治理和生态修复,保持河流生态系统整体性,提升生态系统质量和稳定性,通过治理一条河,提升一座城,带动全域水生态环境改善,还百姓清水绿岸。

3.3 建设思路

结合重庆市不同区域特点、河流水系保护与开发利用现状以及未来经济社会发展需求,充分借鉴、运用国内外先进治水理念和城市先进治水典型案例,对城市河流、农村水系、水土保持及中心城区、三峡库区等重点领域和区域,针对水生态环境受损、水质污染、水土流失严重等问题开展水生态环境保护修复与治理。

以保护三峡水库水生态环境为核心,从打造生态水利工程、系统治理水生态环境、保护长江母亲河、建设水美重庆等方面,研究谋划“水美城市”品质提升、水美乡村建设、三峡库区生态保护与修复、重要支流系统治理4类水生态环境保护修复与治理类重大项目,坚持保护与治理并重,复苏河湖生态环境,解决重庆市水生态、水环境长期性累积性问题,建设生态美、产业兴、百姓富的幸福河湖。重点打造重庆市中心城区“两江四岸”治理提升工程、广阳岛“长江风景眼·重庆生态岛”建设、重庆市中心城区现代水网工程、西部(重庆)科学城绿色水网工程、长江干流千里绿色廊道工程、梁滩河流域“厂网河一体化”综合治理工程、濠溪河流域川渝一体化综合治理工程、三峡库区消落区综合治理工程、三峡库区水土保持生态建设工程等重大工程。通过各项重大工程的实施,到2035年,使重庆市江河湖库水源涵养与保护能力得到明显提升,水土流失得到有效治理,河流生态水量得到有效保障,美丽健康的水生态系统基本形成。

远期,可对三峡工程蓄水后库区形成的120余个大小孤岛统一编制孤岛保护与利用专题规划,指引库区孤岛的生态保护与合理利用,更好地发挥孤岛在修复长江生态环境中的重要生态价值,发挥其在长江三峡国际黄金旅游带独特的旅游价值,传承和保护地方历史文化。

4 建议

a. 水环境综合整治是一项系统、综合且长期的工作,为真正做到系统治理、综合治理、源头治理,做到水岸同治,彻底改善和提升河湖生态环境和周边城市品质,需要制度保障,建立协同治水管水体制机制,加强水利、环保、农林等多部门协同合作,打破行业间和行

政区域间壁垒,建立一个科学、高效的行政决策系统;需要加强科学研究和技术创新,联合高校、科研和设计单位共同开展全面研究,为项目顺利实施并达到预期目标提供保障;注重将生态理念充分融合到城市空间布局、经济社会高质量发展中,循序渐进地对水生态环境系统全面的维护,复苏河湖生态环境,并加强涉水空间管控与保护,实现河湖功能永续利用,实现人水和谐共生,提升城市生态宜居性。

b. 城市河流综合治理项目:①可将河流和公园进行动态整合,枯水期为公园,汛期则可成为泄洪通道;②选择与周围环境相协调,安全实用、便于维护、生态亲水的生态治理技术,加强对河岸带的生态治理,恢复河流自然属性,实现城市与生态共生;③采取分段整治、全线贯通的方式,依据不同段的的城市属性,因地制宜分段打造滨水公共空间,每段有不同主题,处处皆景;④应对历史水文化资源进行充分的保护与展现,保留传统水文化记忆,在提升城市宜居性和美观性的同时,创造人与自然和谐相处、充满活力、有文化底蕴的新型城市滨水公共空间;⑤在河流综合整治的同时,同步筹划周边地块的再开发,以水经济的繁荣带动整个区域经济社会高质量发展。

c. 农村水系综合整治项目:①应保障农村水系格局完整,维护河道功能和河势稳定,河流纵向、横向连通性良好,常年有水,河流水体自然流动,季节性河流恢复河道空间和河流基本形态,泄排通畅,满足防洪、排涝、灌溉、供水、生态等基本功能;②治理以“河道自然曲化”为主,尽量维持河流原生态,保持河道平面的蜿蜒性,保留原有浅滩湿地、深壑沟槽等,构建河流水系自然生态面貌;③突出系统治理,以县域为单元,统筹水系连通、河道清障、清淤疏浚、岸坡整治、水源涵养与水土保持、河库管护等多项水利措施,以河流水系为脉络,以村庄为节点,集中连片统筹规划,科学有序治理;④根据重庆市自然地理特点,因地制宜,山区河流弯多而急、比降大,治理应以河势控制、河岸稳定为主;丘陵区河流弯道多、比降较缓、淤积严重,治理应以河道疏浚通卡、扩大行洪断面、河岸生态美化为主;⑤结合水文化,将农村水系综合整治项目与滨河公园在城

乡接合部进行无痕衔接,引入水文化元素、历史人文元素、自然生态元素,打造安全、生态、美丽、人文的农村水系,建设水美乡村;⑥加强管护,充分发挥农村基层组织和村民主体作用,落实管护责任,建立长效管护机制。

d. 今后,结合城市发展还可考虑实施城市历史水系修复类项目。历史水系是指历史上对城市形成及发展具有重要意义,与城市历史沿革密切相关的天然河湖水系或人工河道,是具有特殊历史内涵、承载城市记忆的地域空间。随着近年来城市水系治理和旧城改造、历史文化复兴的开展,城市历史水系的修复受到社会各界越来越多的关注。对历史水系及其沿片进行修复,既能提升老城区调蓄能力,又能复兴水系文化,创造巨大的社会经济价值。

参考文献

- [1] 陈雷. 全面贯彻落实党的十九大精神奋力谱写新时代水利改革发展新篇章——在水利部党组中心组(扩大)学习班上的动员讲话[J]. 中国水利, 2017(21): 10-15.
- [2] 张兰英, 张宗柯. 国内外生态文明建设经验初探[J]. 福州党校学报, 2013(5): 44-47.
- [3] 岳波, 吴小卉, 黄启飞, 等. 生态文明建设国内外经验总结分析[J]. 中国工程科学, 2015, 17(8): 151-158.
- [4] 郭焕庭. 国外流域水污染治理经验及对我们的启示[J]. 环境保护, 2001(8): 39-40.
- [5] 张长滨, 范欣. 国内外近自然河道生态修复初探[J]. 森林工程, 2013, 29(6): 40-43.
- [6] 陈凤琴, 耿福源, 赵莹, 等. 城市河流生态系统修复[J]. 中国人口·资源与环境, 2010(S1).
- [7] 卞戈亚, 陈康宁, 戴兆婷, 等. 世界供水安全现状及其主要经验对我国供水安全保障的启示[J]. 水资源保护, 2014, 30(1): 68-73.
- [8] 田英, 赵钟楠, 黄火键, 等. 国外治水理念与技术的生态化历程探析[J]. 水利规划与设计, 2019, 12(12): 1-5, 110.
- [9] 谢永刚. 新中国70年治水的成就、方针、策略演变及未来取向[J]. 当代经济研究, 2019(9): 14-23.
- [10] 徐超, 付川, 牟新利, 等. 三峡库区消落带生态环境污染现状及潜在问题分析[J]. 现代农业科技, 2010(5): 263-264.

常州市水源地水质评价及保护对策研究

纪海婷 王晓杰 马 玲

(江苏省水文水资源勘测局常州分局,江苏 常州 213022)

【摘要】 为加强常州市集中式饮用水水源地保护与管理,本文评价了常州市的长江魏村、天目湖等6处集中式饮用水水源地2020年的水质现状及2011—2020年的水质变化情况,重点分析了长江两处水源地粪大肠菌群、铁含量超标现象及长荡湖涑渚水源地总磷超标原因。结果表明,常州市集中式饮用水水源地水质状况总体良好,长江水源地存在铁含量超标、偶见粪大肠菌群污染现象,长荡湖水源地近年来总磷浓度较高。针对常州市集中式饮用水水源地存在的问题,提出合理的水质改善和水源地保护对策。

【关键词】 集中式饮用水水源地;水质评价;水质变化;保护对策;常州市

中图分类号:TV213.4

文献标志码:B

文章编号:2096-0131(2022)06-037-04

Study on water quality evaluation and protection countermeasures of Changzhou water source area

JI Haiting, WANG Xiaojie, MA Ling

(Jiangsu Province Hydrology and Water Resources Investigation Bureau Changzhou Branch Bureau, Changzhou 213022, China)

Abstract: In order to strengthen the protection and management of centralized drinking water sources in Changzhou, this paper evaluated the water quality status in 2020 and the water quality changes in 2011-2020 of 6 centralized drinking water sources in Changzhou, such as the Yangtze River Weicun water source and Tianmuhu Lake water source. This paper focused on the analysis of fecal coliform, the phenomenon of iron content exceeding the standard in two water sources in the Yangtze River and the reasons of total phosphorus exceeding the standard in the Changdang Lake Sudu water source. At present, the water quality of centralized drinking water sources in Changzhou is generally good, the iron content in Yangtze River water sources exceeds the standard, and fecal coliform pollution occasionally occurs. The total phosphorus concentration in Changdang Lake water sources is high in recent years. In view of the problems existing in centralized drinking water sources in Changzhou, this paper puts forward reasonable countermeasures for improving water quality and protecting water sources.

Key words: centralized drinking water source; evaluation of water quality; water quality change; protection countermeasures; Changzhou City

饮用水安全问题关系到人民群众的身体健康和经济社会的可持续发展,是全面建设小康社会的重要支

撑条件^[1]。近几年,随着城市的快速发展,沿江沿河交通运输频繁,风险源较多,水资源质量不断下降,水环

收稿日期:2021-12-06

作者简介:纪海婷(1989—),女,工程师,硕士,主要从事水环境监测与分析评价、水资源保护与水环境治理工作。

境状况持续恶化,水源地污染防治和保护工作也面临诸多挑战^[2]。

常州市地处长江三角洲中心地带,属于太湖流域上游地区。北倚长江、南枕太湖,京杭大运河穿城而过,水网密布、水系发达。2007年太湖蓝藻大面积暴发导致公共饮用水危机事件,给周边城市以反思和警示^[3]。长江水资源丰富,是沿江地区重要的生活和工农业用水水源,也是“南水北调”东线重要的调水水源地^[4]。常州市主城区供水系统水源单一,主要依靠长江沿线饮用水源地供水,环境风险较大,为防止长江突发流域性污染、保障城市供水安全,需及时掌握饮用水源地水质状况,加强水源地安全风险评估和综合管理。

1 常州市水源地概况

目前常州市共监测境内集中式饮用水水源地6处,分别为长江魏村、长江江阴、天目湖、大溪水库、吕庄水库和长荡湖涑渎水源地,其中长荡湖涑渎水源地于2019年开始监测。长江魏村和长江江阴属于河流型水源地,取水水源为长江;天目湖、大溪水库、吕庄水库属于水库型水源地,均位于溧阳市;长荡湖涑渎水源地属于湖泊型水源地,取水口位于金坛区。另外,境内的溧湖作为应急备用水源地,于2018年完成水源地达标建设^[5]。

长江为常州提供了全市80%以上人口的饮用水,魏村饮用水源地为常州市4处自来水厂提供原水,是城区300多万居民的生活饮水来源。沙河水库(天目湖)、大溪水库为两座国家大(2)型水库,供水范围覆盖整个溧阳市境内以及宜兴市部分地区,饮用水源地供水保证率达97%以上。吕庄水库库区周边现有竹箦自来水厂取水泵站1座,供水范围为竹箦镇行政区以及常州监狱竹箦监区,供水人口约6.5万。长荡湖涑渎水源地设计供水规模为20万m³/d,为金坛溧阳地区第二水源地。

2 水源地现状水质评价

2.1 评价资料与方法

采用常州市水环境监测中心2020年6处集中式

饮用水水源地每月1次的监测成果,对照《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)和《生活饮用水水源水质标准》(CJ 3020—1993)相关限值进行水质评价^[6-7]。参评项目为《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中的22项基本项目(水温、总氮不参评),集中式生活饮用水地表水水源地补充项目5项:硫酸盐、氯化物、硝酸盐、铁、锰;湖、库增测透明度、总氮、叶绿素a,并进行营养状态评价。

采用单因子评价法确定现状综合水质类别。水质达到或优于《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅲ类水标准,且在集中式生活饮用水地表水水源地补充项目标准限值以下的为达标。

2.2 评价结果

2020年,天目湖水源地、大溪水库水源地全年水质均为Ⅱ类,长江魏村、吕庄水库水源地水质稳定在Ⅱ~Ⅲ类,均满足Ⅲ类水标准要求。长江江阴水源地由于粪大肠菌群超标,1—2月、4—6月水质为Ⅳ类,不达标;长荡湖水源地由于总磷超标,全年水质为Ⅳ~Ⅴ类,不达标。具体水质评价结果见表1。

表1 2020年常州市6处集中式饮用水水源地水质评价结果

月份	长江魏村水源地	长江江阴水源地	天目湖水源地	大溪水库水源地	吕庄水库水源地	长荡湖涑渎水源地
1	Ⅲ	Ⅳ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
2	Ⅲ	Ⅳ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅳ
3	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅳ
4	Ⅲ	Ⅳ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅳ
5	Ⅲ	Ⅳ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅳ
6	Ⅲ	Ⅳ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
7	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅳ
8	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅴ
9	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅴ
10	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅳ
11	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅳ
12	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅳ
定类指标	粪大肠菌群	粪大肠菌群	IMn、TP	IMn、TP	IMn、BOD ₅	TP、BOD ₅

2020年各月硫酸盐、氯化物、硝酸盐、锰均符合标

准限值要求,但长江江阴水源地7月、9月的铁含量均为0.33mg/L,超出标准限值(0.30mg/L)要求。

2020年长荡湖营养化指数介于58.9~62.1之间,为轻度—中度富营养。沙河水库、大溪水库、吕庄水库营养化指数分别介于50.3~52.9、50.7~52.8、51.3~54.7之间,均为轻度富营养。

3 近10年水源地水质情况

3.1 总体水质

采用年均值进行评价,2011—2020年长江魏村等5处水源地水质均在Ⅱ~Ⅲ类,2019年、2020年长荡湖涑渚水源地水质均为Ⅳ类,超标项目为总磷。近10年水质评价结果见表2。

表2 2011—2020年常州市6处集中式饮用水水源地水质评价结果

年份	长江魏村 水源地	长江江阴 水源地	天目湖 水源地	大溪水库 水源地	吕庄水库 水源地	长荡湖涑 渚水源地
2011	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	
2012	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	
2013	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	
2014	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	
2015	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	
2016	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	
2017	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	
2018	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	
2019	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅳ
2020	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅳ

3.2 粪大肠菌群污染情况

2011—2020年,天目湖、长江江阴、大溪水库、吕庄水库4处水源地粪大肠菌群检出范围为70~4900个/L,均达标。2019年12月长江魏村水源地检出粪大肠菌群17000个/L,2019年12月、2020年1月、2月、4月、5月、6月长江江阴水源地分别检出粪大肠菌群18000个/L、16000个/L、18000个/L、13000个/L、14000个/L和13000个/L,超出Ⅲ类水标准要求。

3.3 长江水源地铁浓度变化

长江魏村、长江江阴两处水源地存在铁浓度超出

标准限值现象,2011—2020年120次监测中分别有19次、9次铁含量超过0.30mg/L,主要集中在2014—2016年(见图1),铁浓度最大值发生在2015年11月长江魏村水源地,为0.43mg/L。

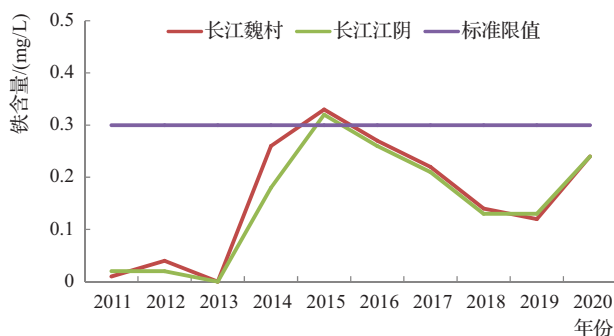


图1 2011—2020年长江魏村和长江江阴水源地铁含量变化

3.4 总磷浓度变化

2011—2020年,长江魏村、长江江阴水源地总磷浓度呈下降趋势,年均浓度值分别介于0.087~0.113mg/L、0.085~0.119mg/L之间,符合《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中Ⅲ类标准(0.200mg/L)。长荡湖涑渚水源地2019年、2020年总磷年均浓度分别为0.089mg/L、0.097mg/L,逐月波动范围分别在0.043~0.099mg/L、0.078~0.112mg/L之间,不满足《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中湖泊总磷Ⅲ类标准(0.050mg/L)。

4 水源地水质存在问题分析

4.1 长江两处水源地偶见粪大肠菌群超标

2019年底至2020年上半年,长江两处水源地存在粪大肠菌群超标现象,但从超标次数、超标倍数来看并不严重,偶尔超标可能是由于雨水增多引起短时间粪大肠菌群污染严重。另外,降水量过少也会导致水环境容量减少,水体自净能力减弱,粪大肠菌群加速繁殖。

4.2 长江两处水源地铁超标

长江航运发达,船只过往频繁,船行扰动底泥,搅起泥浆水及江底沉积物,导致水流浑浊发黄,水体铁含量升高。大量渔船和加油船长期停靠在水源地附近,

过往船只漏油对取水口水质也有一定影响^[8]。沿江化工企业众多,周边的农业面源污染和生活污水易进入长江支流或形成江边污染带,威胁着长江水源地的水质安全。

4.3 长荡湖涑渚水源地总磷超标

长荡湖为浅水型湖泊,大风浪、船运等扰动引起底泥中沉积的总磷(溶解性总磷)释放,形成总磷的内源污染。2015—2016年的强降雨使得河流流量暴涨,高水位和水位快速变化对水生植被生长极为不利,导致长荡湖水生植被覆盖率大幅度降低^[9],其吸收营养盐、净化水质效果减弱。另外,强降雨还导致了强烈的土壤侵蚀冲刷,引起了面源污染物流失进而汇入地表河湖系统,增加了水体营养盐的输入量^[10],引起了水体总磷浓度的升高。

5 水源地保护对策

a. 基于常州市水资源条件和供水系统特点,打破现有的区域供水界限,完善城市供水管网设施。加强水源地管理,推进沙河水库、大溪水库、长荡湖水源地和滆湖备用水源地达标建设,保障水源地生态环境和应急供水安全。

b. 完善水源地应急体系,制定水源地保护区安全保障措施,提高长江饮用水水源地突发污染事件应急处置能力。及时整治水源地保护区内的排放口,加强对机动船只的污染监控^[3]。在水源地附近水域划分禁行、缓行区域,提高运输船只污染控制水平,安装污水、垃圾收集储存设施。

c. 完善水源地在线水质监测和预警系统,在特殊自然环境下加强对水源地的监测频率^[11],密切监测水体污染物浓度,动态掌握上游和入江(湖、库)水质和风险状况^[5]。加快实施长荡湖生态修复工程,有效控制湖体氮磷水平,改善长荡湖水环境质量。

6 结 语

本文通过评价常州市6处集中式饮用水水源地

2020年水质现状及2011—2020年水质变化情况,探究了水源地粪大肠菌群污染、铁超标、总磷超标现象及原因,根据水源地水质存在问题和水源地管理现状提出水源地保护治理对策。常州市集中式饮用水水源地目前水质状况总体良好,长江水源地2014—2016年铁含量超标、2019—2020年偶见粪大肠菌群污染,近年来长荡湖水源地总磷浓度较高。因此,需要加强水源地管理,完善水源地水质监测和预警,确保水源地供水安全。

参考文献

- [1] 邱国良,陈泓霖.地表水饮用水水源地粪大肠菌群污染现状与趋势分析[J].环境与可持续发展,2016,42(2):79-80.
- [2] 洪月菊,吴思,赵高圣,等.武汉市水源地水质安全评估与对策研究[J].城镇供水,2018(4):66-69.
- [3] 纪海婷,吴荣荣,龚慧,等.太湖西北湖近岸水域近10年湖泛情况浅析[J].水利技术监督,2020(2):287-290,294.
- [4] 邓文英,李雯香,范秀娟.长江常州段饮用水源地环境风险等级评估及防范对策研究[J].江西化工,2013(3):13-19.
- [5] 纪海婷,张喜,汪姗等.常州市备用水源地水量保障与水质安全研究——以滆湖为例[J].资源节约与环保,2021(4):13-15.
- [6] GB 3838—2002 地表水环境质量标准[S].北京:中国水利水电出版社,2002.
- [7] CJ 3020—1993 生活饮用水水源水质标准[S].北京:中国水利水电出版社,1993.
- [8] 王晓杰,韦忠.常州市城市饮用水源地安全评价及保护对策[J].人民长江,2009,40(11):37-38.
- [9] 付言言,赵凯,张响,等.长荡湖水生植物群落组成及分布格局[J].湿地科学与管理,2020,16(4):27-31.
- [10] 李新艳,李恒鹏,姜三元,等.2016—2017年长荡湖流域河湖系统营养盐时空分布机制分析[J].环境科学,2021,41(9):4042-4052.
- [11] 何静林,温东辉,高波.杭州萧山区饮用水源地污染评价及控制对策研究[J].中国环境监测,2017,33(1):97-105.

沱湖湖区及主要入湖支流水资源特征和变化趋势分析

孙迎迎

(安徽省宿州水文水资源局,安徽 宿州 234000)

【摘要】 为研究近年来沱湖湖区及主要入湖支流水资源特征和变化趋势,本文基于2015—2020年水质和水量监测资料,采用水文面积比拟法计算入湖水量,评价其逐年入湖水量情况;采用单因子评价法对其水质现状进行评价分析;采用季节性肯德尔检验法(无流量调节)进行水质变化趋势分析;采用综合污染指数法对其污染程度进行分析。结果表明,2020年沱湖湖区为Ⅴ类水;唐河和沱河入沱湖湖区的水质分别为Ⅲ类和Ⅳ类;沱湖湖区水质呈恶化趋势,主要支流的水质均呈向好趋势。

【关键词】 沱湖流域;入湖水量;水资源质量特征;水质变化趋势;水体污染程度

中图分类号:TV213.4

文献标志码:B

文章编号:2096-0131(2022)06-041-06

Analysis on the characteristics and changing trend of water resources in Tuohu Lake area and its main inflow branches

SUN Yingying

(Anhui Suzhou Hydrology and Water Resources Bureau, Suzhou 234000, China)

Abstract: In order to study the characteristics and changing trend of water resources in Tuohu Lake area and its main tributaries in recent years, based on the monitoring data of water quality and quantity from 2015 to 2020, this paper calculates the water inflow by hydrological area analogy method, and evaluates its water inflow year by year. The single factor evaluation method is used to evaluate and analyze the current water quality. Seasonal Kendal test method (without flow regulation) is adopted to analyze the changing trend of water quality; the comprehensive pollution index method was used to analyze the pollution degree. The results show that Tuohu Lake area will be of grade V water quality in 2020; the water quality of Tanghe River and Tuohe River entering Tuohu Lake area is Class III and Class IV respectively. The water quality of Tuohu Lake area is deteriorating, and the water quality of main tributaries is improving.

Key words: Tuohu basin; lake water inflow; characteristics of water resources quality; change trend of water quality; water pollution degree

沱湖是淮北平原上重要的湿地生态系统,随着社会经济的发展,沱湖流域水生态环境却逐年退化^[1]。为进一步加强沱湖流域水生态环境保护,推动流域生态文明建

设迈上新台阶,2020年安徽省政府办公厅印

收稿日期:2021-12-16

作者简介:孙迎迎(1988—),女,工程师,硕士,主要从事水资源监测与评价研究工作。

发《关于进一步加强沱湖流域水生态环境保护的意见》,提出到2023年沱湖湖区及主要支流水质稳定达到地表水Ⅲ类水标准。宿州市境内的唐河、沱河等河流为沱湖的主要支流,其水质状况对沱湖湖区的水质影响较大。基于此,本文利用2015—2020年沱湖湖区及唐河、沱河等河流逐月水质和水量及入河污染物的监测数据,分析各主要入湖支流的入湖水量,评价其水资源特征及其趋势变化规律,以期为沱湖流域水生态环境的保护和治理提供数据支撑。

1 区域概况

沱湖位于淮河中游左岸五河县境内,沱湖流域北邻黄河故道,南经怀洪新河入洪泽湖,地跨河南、安徽两省,安徽省境内流域面积7055km²。沱湖的入湖支

流主要有沱河、唐河、北沱河、樊吴大沟、汴沱大沟、马拉沟等,沱河由沱河进水闸流经埇桥、灵璧、固镇、五河、泗县,于樊集入沱湖。北沱河是唐河的主要支流,在草沟闸上游4.8km处汇入唐河后于樊集汇入沱湖。

2 监测断面布置、分析评价项目及方法

2.1 监测断面的设置

根据沱湖湖区及各支流的情况,共选取10个断面进行评价。在沱湖湖区设置1个监测断面;沱河布设宿东闸、新王桥闸、泗河大桥3个监测断面;北沱河布设大店闸、汤桥闸和王楼桥3个监测断面;唐河布设程刘西桥、303省道桥、草沟闸3个监测断面。沱湖湖区及各主要入湖支流的监测位置见图1。

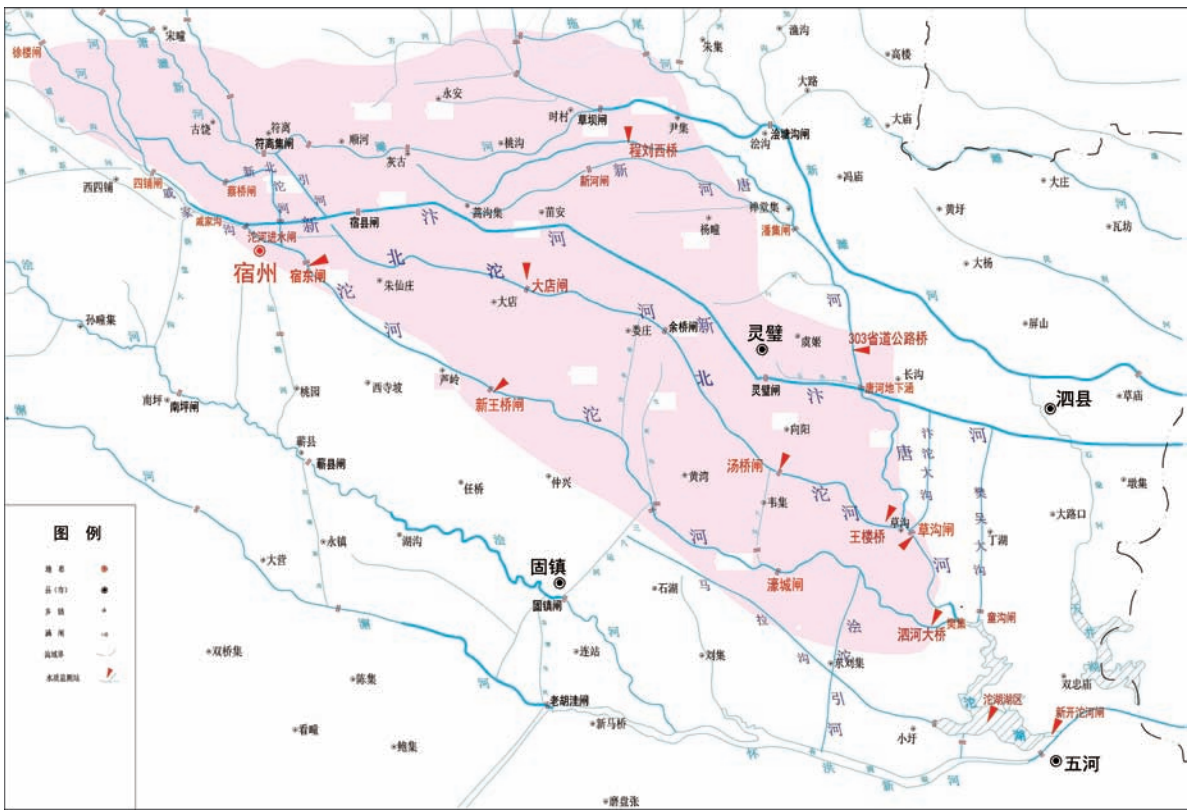


图1 沱湖湖区及主要入湖支流监测断面位置

2.2 分析评价项目

收集2015—2020年沱湖流域及主要入湖支流的水质和水量监测资料后,对主要支流的入湖水量进行分析评价。采用《地表水环境质量标准》(GB 3838—

2002)基本项目中除石油类、粪大肠菌群外的22个项目进行2020年水质现状评价;采用总磷(TP)、氨氮(NH₃-N)、高锰酸盐指数(COD_{Mn})、化学需氧量(COD_{Cr})进行水质趋势和水污染特征分析;采用总磷

(TP)、总氮(TN)、高锰酸盐指数(COD_{Mn})、叶绿素、透明度评价沱湖湖区的营养化指数。

2.3 分析评价方法

根据主要支流的水文站点实测流量,计算年径流总量,通过水文面积比拟法计算入湖水量^[2]。

采用单因子评价法,依据《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)中各项目限值,以各监测项目的年平均浓度进行水质类别评价^[3]。

水质变化趋势分析,根据《地表水资源质量评价技术规程》(SL 395—2007),运用 PWQTrehd2010 水质分析软件进行季节性 Kendall 检验(无流量调节),研究分析水质变化趋势^[4]。

水体污染程度则采用综合污染指数法进行评价^[5-6]。

3 评价结果与讨论

3.1 沱湖主要支流入湖水文特征分析

2015—2020 年沱湖流域年均面降雨量为 825.7mm,年内分配不均,年际变化较大,最大年面降雨量为 2018 年的 1039.2mm,最小年面降雨量为 2019 年的 691.5mm,极值比为 1.50。降水主要集中在 6—9 月,占全年降雨量的 67.5%。

根据 2015—2020 年沱河闸水文站和唐河地下涵水文站的径流量,采用水文面积比拟法计算沱河和唐河汇入沱湖的水量,计算结果见图 2。2015—2020 年入湖水量变化较大,2019 年入湖水量最小,为 0.51 亿 m^3 ; 2018 年入湖水量最大,为 6.83 亿 m^3 。入湖水量主要集中在 7—9 月,占各年均总量的 45.0% ~ 67.0%,这主要是因为入湖河流为雨源型季节性河流,河道闸坝

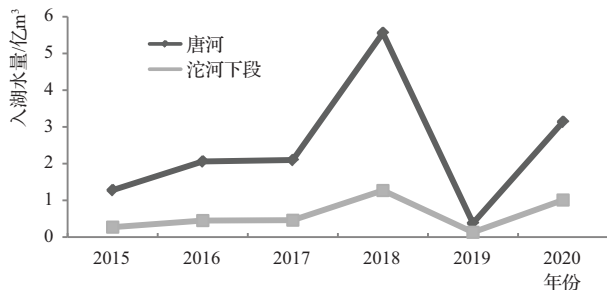


图2 2015—2020 年沱河和唐河入湖水量

众多,水量受气候、降水条件、人工调度等影响,全年径流主要集中在汛期。

3.2 水质现状评价

根据 2020 年各断面的水质监测数据,按照全年期、汛期和非汛期的平均值进行单因子评价。从评价结果可以看出,全年期草沟闸为Ⅲ类水,沱湖湖区为Ⅴ类水,其余 8 个断面为Ⅳ类水,沱湖湖区为轻度富营养化。汛期沱湖湖区、大店闸、程刘西桥、宿东闸、新王桥闸 5 个断面为Ⅴ类水,其余 5 个断面为Ⅳ类水,沱湖湖区为中度富营养化。非汛期大店闸、汤桥闸、303 省道桥、草沟闸、泗河大桥 5 个断面为Ⅲ类水,沱湖湖区、王楼桥、程刘西桥、宿东闸、新王桥闸 5 个断面为Ⅳ类水,沱湖湖区为中营养化。

采用 T-检验双尾检验法对总磷、氨氮、高锰酸盐指数、化学需氧量的含量在汛期和非汛期的差异性进行检验,计算 t 检验的概率值 $P(P \leq 0.05$, 表明存在显著性差异; $P > 0.05$, 表明无显著性差异) 结果分别为 0.011, 0.224, 0.001, 0.835。表明总磷和高锰酸盐指数的含量在汛期和非汛期具有显著性差异,即汛期含量明显高于非汛期含量,氨氮和化学需氧量无明显差异。各水质项目在不同水期的浓度变化见图 3 ~ 图 6。不同水期水质变化存在差异主要是由降水及由降水引起的径流冲刷、水温以及气压变化使得河底污染物和面源污染物释放进入河流而导致的^[7]。

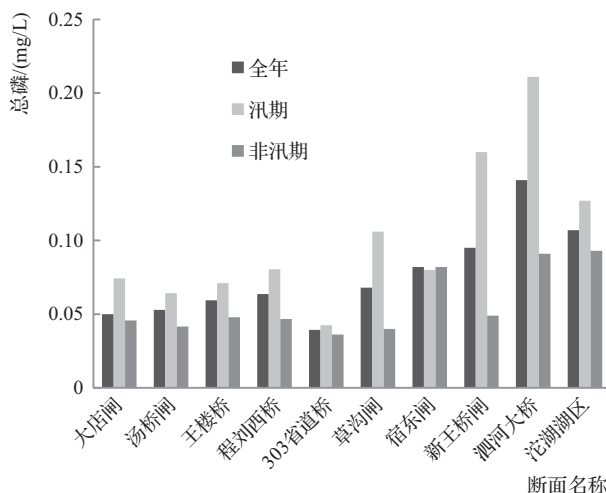


图3 各断面总磷的浓度变化

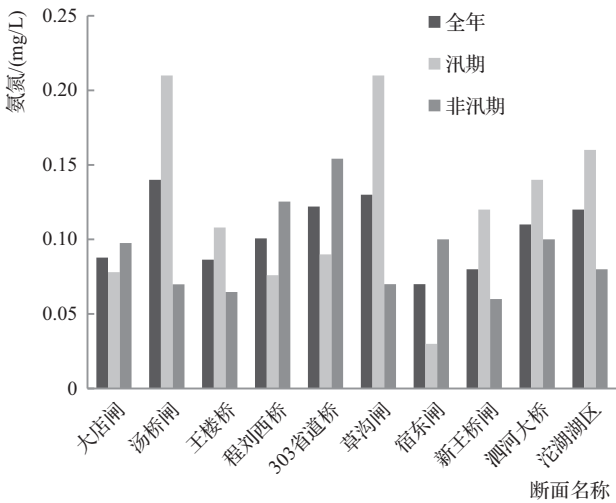


图4 各断面氨氮的浓度变化

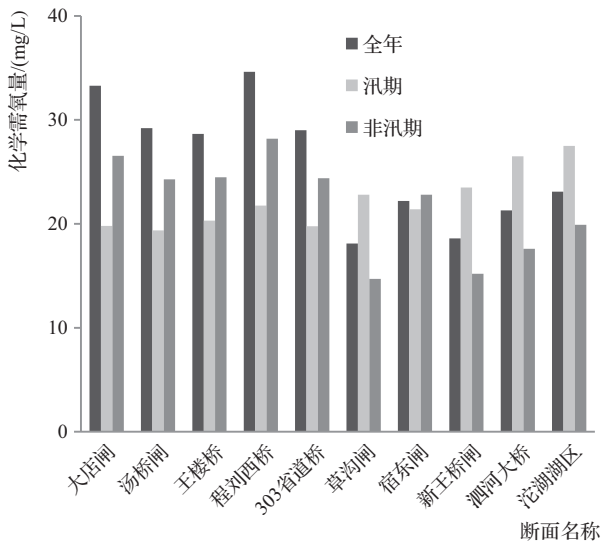


图6 各断面化学需氧量的浓度变化

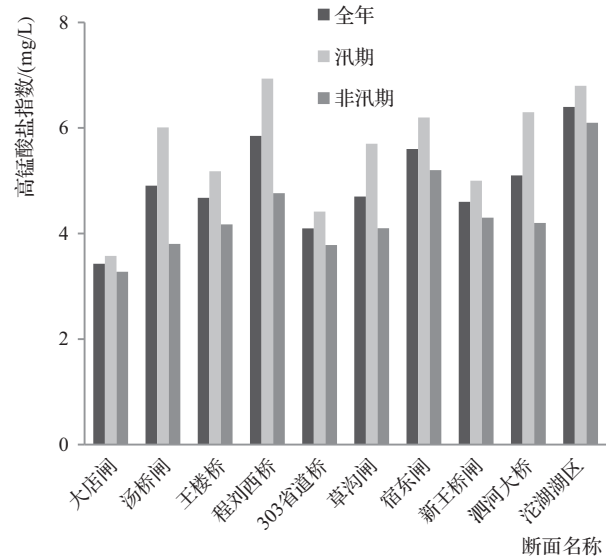


图5 各断面高锰酸盐指数的浓度变化

3.3 季节性肯德尔检验法评价水质变化趋势

根据《地表水资源质量评价技术规程》(SL 395—2007),评价沱湖湖区及各主要入湖支流断面的变化趋势综合指数和单项水质项目变化趋势比例(由于新王桥闸水质检测工作开展较晚,数据未满足5年,因此不适合进行趋势分析),其他断面的水质变化趋势计算结果见表1。

通过计算沱湖湖区及各主要入湖支流单项水质项目变化比例发现,沱湖湖区各项目的下降比例(TDN)均为0,上升比例 $TUP_{COD_{Cr}}$ 、 $TUP_{COD_{Mn}}$ 、 TUP_{NH_3-N} 、 TUP_{TP} 、 TUP 别为0、0、0、1.00、1.00,总磷和总氮的 TUP 均大于TDN,表明沱湖湖区的总磷和总氮呈上升趋势,其他

表1 沱湖湖区及主要入湖支流水质变化趋势计算统计

河流名称	断面名称	分析项目	浓度变化趋势/(mg/L)	显著水平/%	评价结论
沱湖	沱湖湖区	COD_{Cr}	0.26	78.63	无明显升降趋势
		TP	0.01	2.16	显著上升
		NH_3-N	0	28.92	无明显升降趋势
		COD_{Mn}	0.12	17.52	无明显升降趋势
		TN	0.06	8.22	显著上升
		营养状态指数	0.79	7.35	显著上升
沱河	宿东闸	COD_{Cr}	-2.31	0.04	高度显著下降
		TP	-0.06	0.05	高度显著下降
		NH_3-N	-0.44	0	高度显著下降
		COD_{Mn}	-0.20	6.53	显著下降

续表

河流名称	断面名称	分析项目	浓度变化趋势/(mg/L)	显著水平/%	评价结论
沱 河	泗河大桥	COD _{Cr}	-0.59	52.45	无明显升降趋势
		TP	-0.01	4.48	显著下降
		NH ₃ -N	-0.02	0.04	高度显著下降
		COD _{Mn}	-0.24	0.23	高度显著下降
北沱河	大店闸	COD _{Cr}	-24.25	0.02	高度显著下降
		TP	-0.25	0	高度显著下降
		NH ₃ -N	-0.54	0	高度显著下降
		COD _{Mn}	-8.55	0	高度显著下降
	汤桥闸	COD _{Cr}	-2.91	1.33	显著下降
		TP	-0.09	0	高度显著下降
		NH ₃ -N	-0.08	0.13	高度显著下降
		COD _{Mn}	-1.25	0	高度显著下降
	王楼桥	COD _{Cr}	-0.59	52.45	无明显升降趋势
		TP	-0.04	0.09	高度显著下降
		NH ₃ -N	-0.04	0.36	高度显著下降
		COD _{Mn}	-0.45	0.86	高度显著下降
唐 河	程刘西桥	COD _{Cr}	0.11	83.20	无明显升降趋势
		TP	-0.03	0	高度显著下降
		NH ₃ -N	-0.06	0.05	高度显著下降
		COD _{Mn}	0.15	35.56	无明显升降趋势
	303 省道公路桥	COD _{Cr}	0.40	72.37	无明显升降趋势
		TP	-0.01	7.71	显著下降
		NH ₃ -N	-0.01	19.74	无明显升降趋势
		COD _{Mn}	-0.20	17.47	无明显升降趋势
	草沟闸	COD _{Cr}	-1.30	0.47	高度显著下降
		TP	-0.03	0	高度显著下降
		NH ₃ -N	-0.03	0.06	高度显著下降
		COD _{Mn}	-0.26	0.46	高度显著下降

项目无明显变化趋势,导致沱湖湖区的营养状态指数呈上升趋势,营养程度恶化。沱河、北沱河、唐河的 $TDN_{COD_{Cr}} > TUP_{COD_{Cr}}$ 、 $TDN_{TP} > TUP_{TP}$ 、 $TDN_{NH_3-N} > TUP_{NH_3-N}$ 、 $TDN_{COD_{Mn}} > TUP_{COD_{Mn}}$,表明其 COD_{Cr} 、TP、 NH_3-N 、 COD_{Mn} 指标均有所改善。

由水质变化趋势比例计算沱湖湖区、沱河、北沱河、唐河的下降趋势综合指数 ($WQTI_{DN}$),分别为 0、0.88、0.81、0.63,上升趋势综合指数 ($WQTI_{UP}$) 分别为 0.50、0、0,沱湖湖区的 $WQTI_{UP} > WQTI_{DN}$,表明其水质有恶化的趋势。其他 3 条河流的 $WQTI_{DN} > WQTI_{UP}$,

表明所监测的主要入湖支流水质均有所改善。沱湖湖区的水质呈恶化趋势,主要原因是沱湖湖水的流动性差,纳污能力降低,水体自净能力较弱,污染物沉降后累积在淤泥中^[8],加上湖内大范围养殖过程中不断投放的饵料和药物造成严重的内源性污染,以及沱湖周边大量农田造成的农业面源污染,加重了沱湖湖区的污染程度^[9-10]。

3.4 水体污染状况随时间变化趋势分析

根据 2015—2020 年各监测断面的监测数据,计算其综合污染指数,结果见表 2。由表 2 可以看出,3 条

入湖支流的综合污染指数的变异系数在 0.16 ~ 0.96 之间,为中等变异,说明其污染程度随时间变化显著,呈改善趋势。3 条河流综合污染指数在 2016 年或 2017 年处于极值,至 2020 年下降至低于 0.70,为轻度污染,污染程度均出现不同程度的好转。沱湖湖区综合污染指数的变异系数为 0.06,为弱变异,至 2020 年为中度污染。

3.5 污染物排放量分析

对 2015—2019 年 3 条河流的污染物排放总量进行计算,结果见图 7。由图 7 可以看出,从 2016 年起化学需氧量、氨氮、总磷、总氮的入河排放量分别下降 90.6%、91.1%、96.0%、68.7%,污染物入河量的降低,使得 3 条河流水质逐步得到改善。

表 2 沱湖湖区及主要入湖支流综合污染指数计算结果

河流名称	断面名称	综合污染指数						变异系数 C_v
		2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	
沱 河	宿东闸	1.81	1.79	2.31	0.77	0.63	0.54	0.57
	新王桥闸			0.89	0.90	0.69	0.56	0.22
	泗河大桥	0.81	0.95	0.85	0.78	0.60	0.68	0.16
北沱河	大店闸	5.52	6.39	3.27	0.60	0.55	0.40	0.96
	汤桥闸	1.44	2.40	1.33	0.56	0.58	0.45	0.67
	王楼桥	0.86	0.87	0.82	0.81	0.68	0.49	0.19
唐 河	程刘西桥	0.71	0.72	0.72	0.65	0.54	0.48	0.16
	303 省道桥	0.88	1.03	1.22	0.71	0.58	0.51	0.33
	草沟闸	0.94	1.06	1.01	0.97	0.55	0.54	0.28
沱 湖	沱湖湖区	0.70	0.63	0.63	0.66	0.72	0.72	0.06

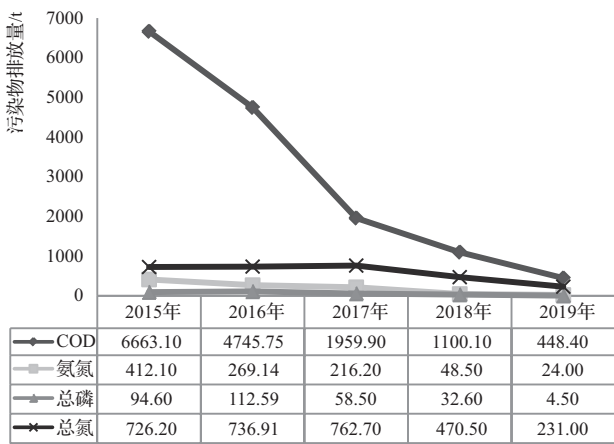


图 7 沱湖流域(宿州境内)各污染物排放量

图 7 显示汇入沱湖的 3 条主要支流的污染物排放量呈下降趋势,污染程度降低,水质得到改善,这主要与河流两岸入河排污口的整治有关。特别是安徽省实行最严格水资源管理制度、全面推行河湖长制以及 2017 年住建部、水利部、环保部联合开展入河排污口整治专项行动,各市县对入河排污口采用并网、封闭以

及雨污分流、取缔河道养殖等措施,使得进入河流的污染物含量大大降低。

4 结 语

目前沱湖流域水生态和水环境保护与治理工作正在开展,本文对其水资源特征和趋势进行综合分析,能够为其提供科学数据支撑。建议强化部门联动,加大各类政策实施力度,把河湖长制责任落到实处,定期对河湖采取清淤、底泥固化等措施,减少底泥污染释放;对河湖岸进行退耕还湿、还林,强化水土保持与修复,恢复河湖水域岸线生态功能,减少面源污染物入河量;对湖区和入湖支流增设监测断面,增加水文测报设备和水质自动监测站,实时掌握流域内重要河流动态变化趋势;构建水质水文监测合一体系,推行水质、水文监测合一试点,实行水利、环保等部门的合建、分管、信息共享模式,实现水质监测、水文监测相结合的基础数据支撑,加快沱湖流域生态环境恢复, (下转第 61 页)

智慧节水监管平台助力节水机关建设

崔凯 高堃 王浩

(江苏省江都水利工程管理处,江苏 扬州 225200)

【摘要】 江都水利枢纽积极开展水利行业节水机关建设,结合自身特点,自主设计了智慧节水监管平台架构,研发软件功能模块,通过“数字化”方式,将传统的节水管理从模糊概念变成清晰数据,实现了全过程、全方位、全天候、全口径的实时监管,为管理人员提供了更便捷、更科学的决策支持。

【关键词】 节水机关;监管平台;管网漏损;物联网

中图分类号: TP311.5

文献标志码: B

文章编号: 2096-0131(2022)06-047-05

Smart supervision platform helps the construction of water-saving institutions

CUI Kai, GAO Kun, WANG Hao

(Jiangsu Jiangdu Water Conservancy Project Management Division, Yangzhou 225200, China)

Abstract: Jiangdu Water Conservancy Hub actively carried out the construction of water-saving organs in the water conservancy industry, and independently designed the intelligent water-saving supervision platform architecture and developed software function modules in combination with its own characteristics. Through “digitalization”, the traditional water-saving management changed from vague concept to clear data, and realized the whole process, all-round, all-weather and all-round real-time supervision, providing managers with more convenient and scientific decision support.

Key words: water-saving organs; supervision platform; leakage of pipe network; internet of things

水是事关国计民生的基础性自然资源和战略性经济资源,是生态环境的控制性要素。党的十九大报告中提出要实施国家节水行动,推进节水型社会建设^[1]。水利行业节水机关建设也在全国范围内逐步推行。在不断推进节水机关建设的过程中,存在着节水技术相对落后、节水器具使用率不高、节水监管效率较低等问题^[2-3]。

江都水利枢纽是江苏治淮建设中一项综合利用的重要工程,既是江苏“江水北调东引”的龙头工程,又

是国家南水北调东线工程的起点工程。工程主要由4座大型抽水站、12座大中型水闸及其配套设施组成,具有泄洪、调水、排涝、通航、改善生态环境等综合功能^[4]。近年来,江都水利枢纽(以下简称枢纽),按照《江苏省水利厅关于开展全省水利行业节水机关建设工作的通知》(苏水节〔2019〕1号)要求,结合自身工作实际,积极开展节水机关建设工作^[5-6]。从2019年5月开始,江都水利枢纽成立专门的组织机构,制定完备的节水管理规章和制度,完善管网图和计量网络图,通

收稿日期: 2022-01-24

作者简介: 崔凯(1986—),男,工程师,学士,主要从事水利工程管理、水文化建设、水情教育、节水机关管理工作。

过新装和改造水表,推广使用节水设备和器具,新建使用雨水集蓄池,自主设计非常规水利用装置,自主建立智慧节水监管平台等措施,对用水单位进行实时监控和有效管理,对灰水、尾水、雨水等进行回收利用。

在本次建设过程中,江都水利枢纽自主研发了“智慧节水监管平台”,通过数字化方式,将传统的节水管理从模糊概念变成清晰数据,实现全过程、全方位、全天候、全口径的实时监管,为管理人员提供更便捷、更科学的决策支持,从而达到科学、精细、高效管理的建设目标,在节水机关创建中起到了至关重要的作用,促进了节水技术的创新和发展,达到了显著的节水示范宣传效果。

1 智慧节水监管平台总体设计

节水机关建设是一项系统性工程,而其中的用水量计量是基础,没有完备的计量器具配置,就不能提供可靠的数据^[7]。枢纽根据《水利部关于开展水利行业节水机关建设工作的通知》(水节约〔2019〕92号)及《公共机构能源资源计量器具配备和管理要求》(GB/T 29149—2012)的相关要求,先将节水机关划分为9个

用水单元:江都第一抽水站管理所、江都第二抽水站管理所、江都第三抽水站管理所、江都第四抽水站管理所、变电所、机关办公楼、调度中心、展览馆、财务档案楼,再按照用水单元和功能分别安装配备相应表计,改造安装智能水表,满足按用水单元、功能分区的计量要求,最后平台对不同用水单元的日用水量、月用水量进行数据的保存、共享和分析,对重点用水设施、设备的管网自来水用水、雨水利用等进行远程监测、统计和报警管理,将人均用水量、绿化用水量、管网漏损率与相关指标进行对比,实现管网图、实时数据、用水趋势、报表等在平台中集中展示,既直观展示了用水数据,又高效地监管了用水单元。

1.1 平台总架构

枢纽基于对物联网技术的研究,设计的平台架构主要由感知层、物联层、应用层构成,在物联网的体系架构下实现对重点用水设施、设备、用水单元、雨水利用单元等的感知、传输、监测、管理,具有全面感知、可靠传递、数据展示三大物联网的本质特征。平台总架构见图1。

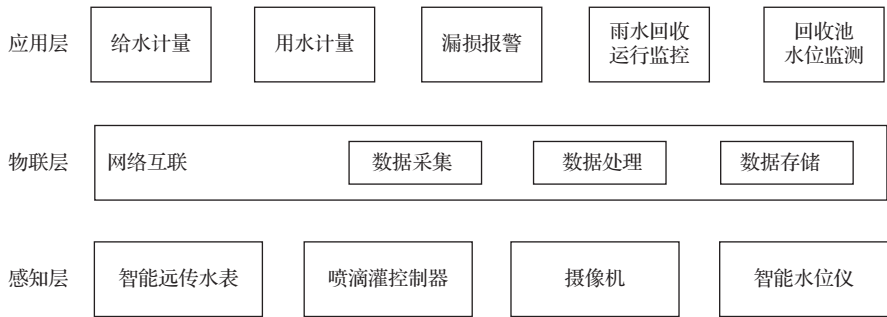


图1 平台总架构

平台通过在供用水基础管线上配置智能远程计量水表,实时在线监测用水参数,并借助传输网络将数据上传至数据中心,实现各用水单位的用水量在线监测,并按给水管网流向对各建筑和区域用水等进行数据统计,便于给水维护和管理人员使用、分析等,提升工作效率。

平台配置按物联网架构分为感知层、物联层、应用层。

a. 应用层:由操作员工作站及组态王软件组成。

b. 物联层:以租用的20M宽带为基础,通过modbus TCP/IP协议将监测数据从水厂服务器共享至组态王主机,喷滴灌控制器通过OPC接口直接与组态王主机进行通信,新增的摄像机通过光纤互联实现图像的显示。

c. 感知层:在给水管网通过安装多级计量表计的方式,形成多级核算体系,并可用于给水管网的水平衡测试。在喷滴灌、雨水回收等节点安装喷滴灌控制器、水位计、摄像机等传感器用于监测节水设施的运行

状态^[8]。

1.2 网络架构

感知层的数据传输采用基于蜂窝的窄带物联网进行万物互联。远传水表根据设定的频率将数据上传至水厂服务器,组态王主机通过水厂服务器标准的 modbus TCP/IP 接口实现数据的共享分析。平台网络架构见图 2。



图2 平台网络架构

1.3 平台软件开发

平台软件部分采用“组态软件-组态王”进行开发,组态王具有丰富的人机界面,为运行人员提供友善的接口,操作既方便又安全,既简单又可靠,既能发挥多窗口的特点,又能适合运行人员的习惯。

1.4 平台软件主要功能

枢纽结合自身的实际情况,依据指导文件的核心要求及重点效用,对平台软件功能进行设计和开发。主要软件功能分析如下。

1.4.1 数据采集与处理

组态王监控软件需通过租用的宽带采集厂家云服务器数据库中的数据,包括喷滴灌的状态、水表数据、集水井水位等实时数据。

处理功能可以将各基本点进行组合、运算,提供功能强大且易学易用的语言开发平台,实现复杂的算术、逻辑运算,轻松计算出水量漏损。

平台软件开发使用的数据库为 SQL Server,操作员

工作站和云服务器各安装一套,两套数据库定时同步。

1.4.2 实时监控

监控功能提供丰富的人机界面,提供给运行人员友善的操作界面,既方便又安全。节水自动化管理平台通过实时监控和采集水管网各部位的数据,计算水量,提供区域/建筑的给水实时监控、数据统计分析、异常水耗识别,对 24h 内用水状况进行曲线分析,管理人员可通过查看用水流量趋势及日用水量分析用水合理性,实现不同类型的统计分析。用水趋势分析界面见图 3。

1.4.3 漏损分析

平台漏损分析功能主要体现在可以通过对建筑用水量及用水模型的匹配分析,自动进行给水漏失分析和用水异常情况识别,辅以界面报警方式提醒相关人员,帮助管理人员及时发现跑、冒、滴、漏现象,便于维护人员准确定位漏点范围及排除故障,为故障检修争取时间,最大限度地减少浪费并强化供水保障能力。

1.4.4 水平衡分析功能

平台提供水管网平衡分析功能,在理清给水基础管网信息的条件下,通过给定的给水总表、区域表、户表的总分关系,对各区域用水量进行实时水平衡分析。

1.4.5 雨水回用运行监控功能

雨水回用路径是通过屋面、广场地面等收集雨水引至集水井,中水利用则将迎宾馆区域内的洗菜用水通过集中再分离的方式引至集水井。雨水和中水经净化处理后,供冲厕、洗车、绿化、景观等场景使用,替代传统市政供水水源,节约水资源。雨水回用运行监控界面见图 4。

雨水回用运行监控系统通过智能数据网关获取现场实时运行数据,实时监测雨水池、蓄水池水位,监测各个水泵的运行状态。通过加装流量计,计量雨水、自来水补水量,并计量浇灌、绿化、洗车等各项使用量。通过与建筑的总用水量进行对比,计算传统水源替代率。同时,还具备喷滴灌遥控功能,实现了远程集中控制的运行管理模式。喷滴灌控制监控界面见图 5。

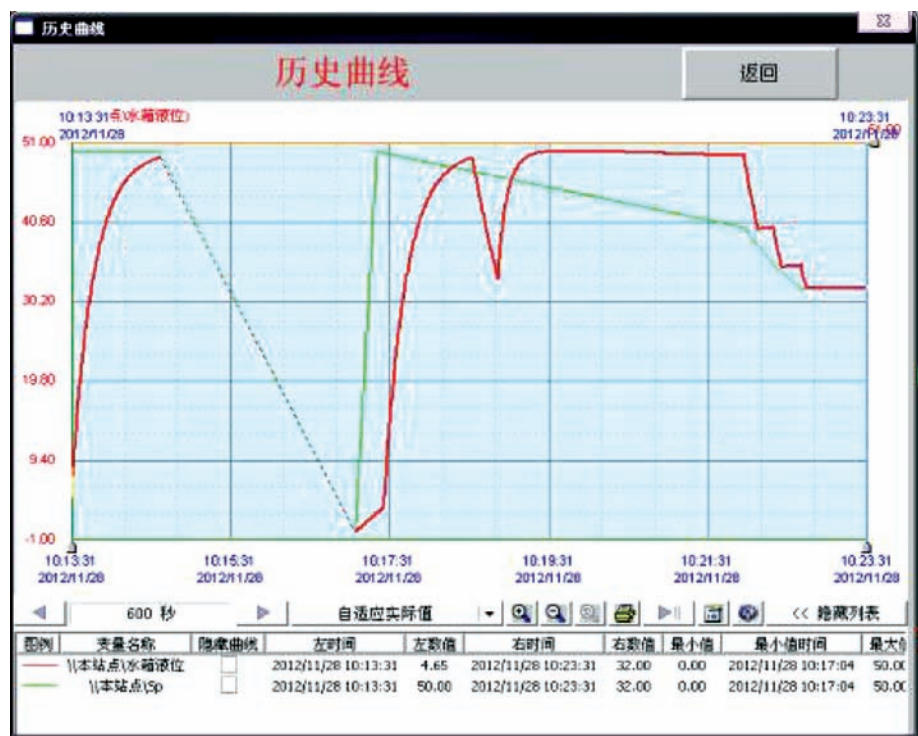


图 3 用水趋势分析界面

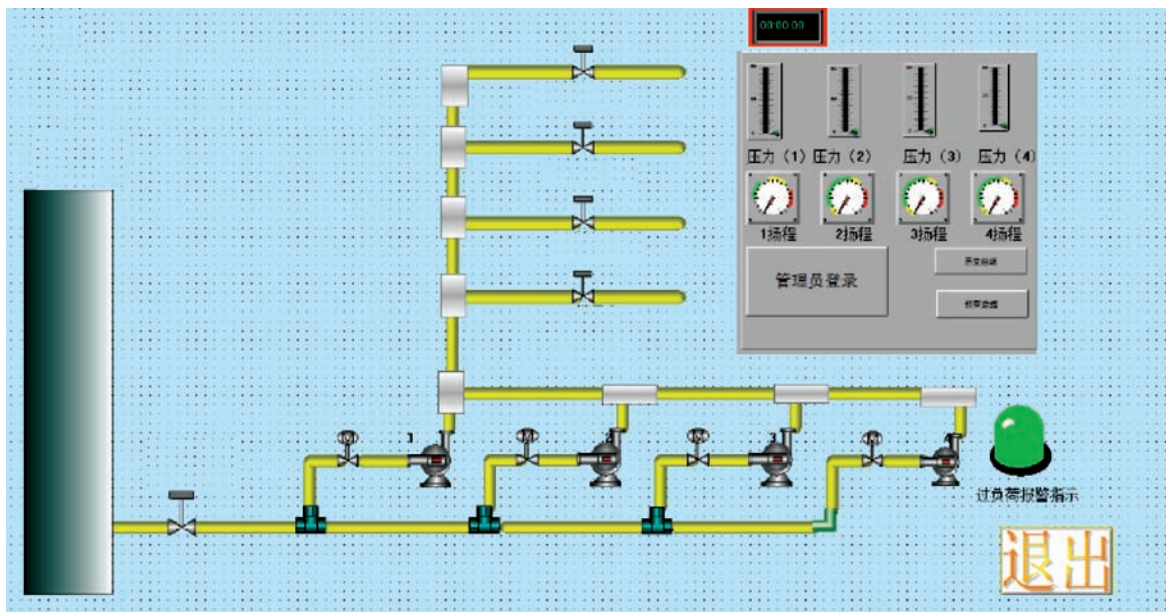


图 4 雨水回用运行监控界面

1.4.6 运行记录功能

记录的内容包括水位曲线、操作记录、故障记录等,其时间区段的设置可由值班人员通过人机对话方式实现,极大地提高了值班人员管理的便捷性。

1.4.7 报警记录功能

平台具有相关参数的报警功能,在各界面上可弹出报警提示和简要报警说明,同时可在报警菜单内查询详细资料。

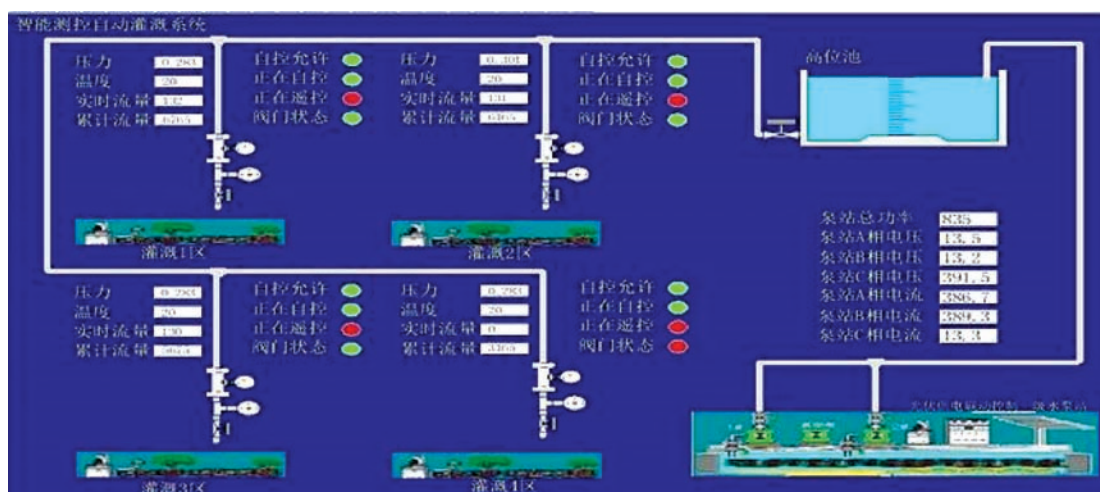


图5 喷滴灌控制监控界面

2 平台应用情况

目前,平台已上线运行,总体运行良好,达到了以下效果:

a. 数据显示直观化。通过平台可以直观地看出管网图、管网漏损率、各水表压力参数、各用水单元用水实时数据、日用水量、月用水量、用水趋势、用水报表等,方便数据之间的比对,有利于分析各用水量变化是否符合要求,从整体上提升了节水管理的数字化水平和信息化水平。

b. 监管作业便捷化。平台借助 Web 形式,使各级管理人员无论何时何地都可以轻松地对用水单元的用水情况进行监测、统计、分析、管理和综合决策。

c. 节水管理智能化。依靠平台数据展示功能,可以自动进行给水漏失分析和用水异常情况识别,辅以界面报警方式提醒管理人员及时发现跑、冒、滴、漏现象,为故障检修争取时间并最大限度地减少浪费,强化了供水保障能力,实现了节水管理的自动化、信息化、科学化^[9-10]。

3 结 语

枢纽节水机关智慧节水监管平台的研发,极大地促进了节水机关的建设,通过充分利用智慧节水监管平台,可实时监控、科学分析、精细研判日常用水管理工作中存在的问题,迅速、科学地作出决策,真正发挥了平台的智慧管理作用。通过有效运用该平台,实现了节水管理工作的高效性、快捷性和准确性,简化了工

作流程,推进了节水技术的创新与发展。同时,也为其他学者研究智慧节水监管平台提供了参考,在节水机关建设中具有很好的推广应用价值。今后需对水量统计报表、水平衡测试、水价累计征收等相关模块内容进行扩充,进一步完善平台。◆

参考文献

- [1] 《十九大报告辅导读本》编写组. 党的十九大报告辅导读本[M]. 北京:人民出版社,2017.
- [2] 王浩,刘家宏. 新时代国家节水行动关键举措探讨[J]. 中国水利,2018(6):7-10.
- [3] 李慧,丁跃元,李原园,等. 新形势下我国节水现状及问题分析[J]. 南水北调与水利科技,2019,17(1):202-208.
- [4] 陈茂山,张旺,陈博. 节水优先——从观念、意识、措施等各方面都要把节水放在优先位置[J]. 水利发展研究,2018,18(9):8-16.
- [5] 周灿华,许媛,刘媛媛,等. 江都水利枢纽精细化管理探讨[J]. 中国水利,2016(14):40-41.
- [6] 景康. 节水知识库构建及社会化服务应用研究[D]. 西安:西安理工大学,2019.
- [7] 马剑波,董舒. 物联网技术在节水建设项目的应用[J]. 江苏水利,2021(3):44-47.
- [8] 李聪聪,高立艾,李云亮. 基于物联网技术和模糊控制的智能节水灌溉系统[J]. 节水灌溉,2013(12):83-86.
- [9] 赵伶俐. 基于物联网的智能节水灌溉系统的研究[J]. 节水灌溉,2015(8):84-85,94.
- [10] 王俊岭,徐怡,韩伟,等. 城市供水产销差率与漏损控制研究进展[J]. 水资源保护,2017,33(5):48-52,97.

德州市农业节水灌溉技术体系 分析及研究

李文娟

(德州市水利事业发展中心, 山东 德州 253014)

【摘要】 农业节水灌溉能提高水资源利用效率,有效缓解当前农业用水供需矛盾,达到农业增产、农民增收的目的。近年来,德州市初步构建起了农业高效节水灌溉技术体系,取得了显著的节水增产增效和社会生态效益。本文对德州市节水技术体系中水利、农艺、农机和管理等方面的节水措施进行了阐述与分析,旨在为同类型区域农业节水灌溉提供借鉴与参考。

【关键词】 农业节水灌溉;水资源;技术体系;德州市

中图分类号: TV212.5+4

文献标志码: B

文章编号: 2096-0131(2022)06-052-05

Analysis and research on technical system of agricultural water-saving irrigation in Dezhou City

LI Wenjuan

(Dezhou Water Conservancy Enterprise Development Center, Dezhou 253014, China)

Abstract: Agricultural water-saving irrigation can improve the utilization efficiency of water resources, effectively alleviate the contradiction between supply and demand of agricultural water, and achieve the purpose of increasing agricultural production and farmers' income. In recent years, Dezhou City has initially built an agricultural high-efficiency water-saving irrigation technology system, which has achieved remarkable water-saving and yield-increasing benefits and social and ecological benefits. This paper expounds and analyzes the water conservancy, agronomy, agricultural machinery and management in the water-saving technology system, aiming at providing reference for the same type of regional agricultural water-saving irrigation.

Key words: agricultural water-saving irrigation; water resources; technical system; Dezhou City

1 农业节水灌溉现状

德州市位于鲁西北黄泛冲击平原,辖2区7县2市,总面积1.03万km²,耕地面积943.03万亩,农产品以小麦、玉米、棉花、蔬菜为主,是全国重要的粮食生产

基地。德州属资源性缺水地区,当地水资源主要有地表水、地下水、黄河客水和引卫水。当地地表水资源量为2.91亿m³,地下水资源量为8.95亿m³,多年平均引用黄河客水量为12.63亿m³,卫运河多年平均径流量为0.17亿m³,全市多年平均水资源总量为13.71亿m³,

收稿日期: 2022-01-20

作者简介: 李文娟(1977—),女,高级工程师,学士,主要从事农田水利工程施工管理工作。

人均占有量为 211.00m^3 , 仅为全国人均水资源量的 10%, 全省平均水平的 61%。根据《德州市水资源公报》, 平水年全市用水总量约 20.00亿 m^3 , 其中, 农业用水量占用水总量的 80% 以上, 地多水缺, 水资源极其匮乏是基本市情。

德州市立足缺水实际, 按照“以水资源科学利用支撑农业可持续发展”的思路, 坚持工程措施与非工程措施相结合, 优化用水布局, 调整用水结构, 实行最严格的水资源管理制度, 以水利灌溉设施配套为基础, 以节水改造为重点, 从根本上转变农业灌溉发展方式, 解决农业灌溉发展中的用水总量大、节水灌溉技术和配套设施差、灌溉方式粗放和水资源利用效率低等突出问题。经过多年努力, 截至 2020 年底, 全市总灌溉面积 846.36万亩 , 其中耕地灌溉面积 777.24万亩 , 林果和其他经济作物灌溉面积 69.12万亩 。有效灌溉面积 826.22万亩 , 其中节水灌溉面积 439.60万亩 , 节水灌溉率为 53.2%, 高效节水灌溉面积 421.27万亩 , 占节水灌溉面积的 95.0%, 农田灌溉水有效利用系数达 0.6369。各县市区节水灌溉面积情况见表 1。

表 1 各县市区节水灌溉情况 单位: 万亩

县市区	节水灌溉面积	渠道防渗面积	高效节水灌溉面积			
			小计	管道输水	喷灌	微灌
德州市	439.6000	18.3300	421.2700	412.1300	6.0800	3.0600
宁津县	36.5140	2.1540	34.3600	34.3600	0	0
庆云县	25.5098	0	25.5098	25.4000	0.0160	0.0938
平原县	46.0200	1.9160	44.1040	43.8300	0.2240	0.0500
临邑县	56.7200	2.7300	53.9900	53.4900	0.3500	0.1500
陵城区	50.3865	0.8000	49.5865	47.3200	1.7965	0.4700
齐河县	52.3897	4.6408	47.7489	46.1600	1.3725	0.2164
禹城市	44.5800	1.7500	42.8300	42.4800	0.2000	0.1500
武城县	40.7758	2.2900	38.4858	38.2800	0.2058	0
乐陵市	46.1184	0.6040	45.5144	42.6200	1.1923	1.7021
德城区	18.1400	0.9200	17.2200	17.2200	0	0
夏津县	22.4400	0.5300	21.9100	20.9700	0.7200	0.2200

2 农业节水灌溉发展技术体系分析

农业节水灌溉是一项系统工程, 灌溉用水从水源到田间, 再到被农作物吸收, 主要包括水资源调配、输

配水、田间灌水和农作物吸收等环节。德州市在农业节水发展过程中, 以水资源节约保护、高效利用为核心, 开展节水集成技术研究, 采取科学规划、规模推进、建立机制、政策引导、完善管理等一系列措施, 衔接配套使用国家大中型灌区节水改造、小型农田水利重点县建设、高标准农田建设、水肥一体化建设等项目资金, 在各环节采取相应节水措施, 形成了发展社会化、工程标准化、建设规模化、科技现代化、服务专业化的完整节水灌溉技术体系, 从水源到田间地头最大限度地减少水量损失, 并获得最大综合效益。

2.1 输配水过程节水

德州市当地可利用水资源量仅 8.00亿 m^3 , 正常年份需水量为 20.00亿 m^3 , 长期以来, 依托潘庄、李家岸两大引黄调水工程年均引水 15.00亿 m^3 , 其中 80% 以上用于农业灌溉, 使全市粮食连年稳产增产得到有效供水保障。农业是用水大户, 同时也具有最大的节水潜力。

“十三五”期间, 德州市大力实施大中型灌区续建配套与节水改造工程, 累计完成投资 13.44 亿元, 总干渠基本改造完毕, 改造骨干渠道 456.5km 、衬砌渠道 343.6km 、配套建筑物 785 座, 灌区信息化技术得到广泛应用。新增、恢复和改善灌溉面积 343.60万亩 , 亩均灌溉用水量降至 201.2m^3 , 渠系输水效率提高 16.0%, 新增节水能力 2.15亿 m^3 。灌区节水改造后, 总干渠及分支渠糙率减小, 流速增大, 减少了引水、输水、配水过程中的水量损失, 渠道供水能力大幅提高, 提高了骨干渠道引输水能力和输水效率。水情监测、闸门远程控制、视频监控、灌区量控智能化管理系统等的信息化设备助力了水资源科学调配与合理使用, 依靠科技加强灌区水资源的优化配置, 实现灌区水资源的可持续利用和发展, 有效缓解了全市农业用水刚性需求与供水严重不足的矛盾, 为农业现代化建设提供了强有力的水利支撑。

2.2 工程技术节水

德州市以高效节水为中心, 统筹考虑水土资源条件和农业发展布局, 积极开展节水灌溉、旱作农业、有

限灌溉并行的节水体系建设,合理调配引黄水资源,科学制定农业节水综合发展规划,区别不同类型灌区,结合不同农田生态特点和作物本身需水特性,确定适宜的节水灌溉方式,充分发挥各节水灌溉方式优势和作物节水潜力。重点支持粮食主产区、优势农产品种植区、特色经济作物区发展高效节水灌溉,优先在水资源紧缺、地下水严重超采、生态环境脆弱的地区实施高效节水改造,加快实现水源、输水、配水、灌水全过程精细化管理。

2.2.1 规模化发展低压管道灌溉

低压管道输水具有输水迅速、节水、省地、增产等优点,可用于大田作物及果树、蔬菜等经济作物灌溉,其工程投资低,对水质要求低,且对地形起伏有一定适应能力,管理使用方便。德州地处黄泛平原,地势平坦,具有大力发展低压管道灌溉的有利条件,是大田粮食、棉花作物首选的节水工程形式,也是目前德州市应用最广泛的节水工程形式之一。

引黄提水灌区,通过建立泵站集中提水,再铺设管道形成输水网络,采用“泵站提水+管道输水+出水口”的灌溉模式,实现以管代渠、灌排分设和无缝隙灌溉,如禹城、平原、武城、陵城等县市区均采用此模式;在地下水资源富水区,主要以地下水为灌溉水源地区,采用“机井+管道输水+出水口”的灌溉模式,如齐河、平原、临邑等县,浅层地下水水量充足,水质好,出水量一般在 $50\text{m}^3/\text{h}$ 以上,重点推广机井灌溉。首部供水形式确定后,以泵站或机井为供水水源,输水网络形成树状结构分散至田间,管径从 800mm 到 125mm (田间出水口)不等,管材主要是玻璃钢和PVC两种,整个管网遍布系统的每一个角落。同时,在工程建设中积极推广新技术、新设备,广泛应用管道节水灌溉IC控制系统、机井提水灌溉远程控制系统、多功能给水栓、测水量水设施等,形成“一泵/井—网—卡—表”灌溉模式,提高了农业灌溉信息化水平,运行方便、快捷、高效,被百姓称之为“田间自来水”。

2.2.2 多渠道助推微喷灌灌溉

德州市以建设节水型社会为突破口,以“总量控制、

定额管理”为抓手,大胆探索,勇于创新,通过项目带动发展微喷灌等高效节水灌溉模式,结合农业产业结构调整、土地流转、水权水价制度改革、智慧灌溉物联云系统技术等措施,挖掘用水潜力,缓解水资源供需矛盾。

“十三五”期间,全市农村土地流转加速,新型农业经营主体流转农户承包地,多种形式的农业适度规模经营家庭农场以及合作社兴起。截至2020年底,全市农村土地流转总面积达370.11万亩,占农户承包地面积的44.28%,农民专业合作社16577个、家庭农场3837个,其中经营规模100亩以上的农场1858个,占45.02%,流转土地主要用于粮食、蔬菜、林果、棉油种植和养殖等,新农业经营模式对发展节水灌溉有了新需求。

新形势下,德州市牢固树立和贯彻落实新发展理念,坚持规划发展与水土资源条件、农业生产条件和现代农业发展格局相适应,鼓励新型农业经营主体参与农田水利工程建设管理,创新多种合作模式促进微喷灌高效节水灌溉项目实施,充分调动地方和受益主体积极性,按照集中连片建设、规模化发展的要求,将重点放在节水潜力大、群众积极性高、节水效益显著地区。对家庭农场和农民专业合作社建设的节水灌溉工程不但在基础设施建设上给予资金补助,还在先进灌水技术应用上给予重点扶持,装配电磁阀、取水计量器、墒情监测站等现代化设施,项目区内作物可根据不同生长期、需水状况、土壤墒情及缺水程度进行适时、适量灌溉,达到精细化灌溉和用水管理,实现统一集约化高效灌溉。

以齐河县为例,2015年底,齐河被水利部确定为全国首个平原地区PPP农田高效节水灌溉试点项目区,引入社会资本建设和管理高效节水灌溉农田,涉及焦庙镇7个村5292亩耕地,总投资1012.52万元,水源工程全部为省级以上投资,设备资金由政府与社会资本方按照4:6的比例投入,共安装中心支轴式喷灌机、卷管绞盘式喷灌机、固定及半固定式喷灌机等节水灌溉设施几十台套,设施科学布局、交叉补漏,保证灌溉不留死角。项目建成后,由项目区农民用水协会与投资企业联合成立农业灌溉协会,对项目共同经营管理,共担风险,县政府建立监管、产量及满意度评估、节水

奖励等扶持及激励约束机制,为项目提供政策保障。经统计核算,项目区全部耕地浇灌周期为10天,总用水量为20.69万 m^3 ,农业灌溉水有效利用系数由0.50提升至0.85,年新增节水能力33.70万 m^3 ,年新增粮食生产能力63.50万kg,年增加经济效益197.71万元,总用电量为6.99万 $\text{kW}\cdot\text{h}$,相比项目实施前灌溉成本减少30.0%左右,实现了政府节水、企业盈利、群众受益三方共赢。

通过项目实施带动高效节水灌溉模式推广,同时项目区示范效应又促进了土地集中流转,调整优化了农业产业结构和区域布局,全面提高了农业用水效率和效益,大力推动了全市农业生产方式的转变。不断完善农业节水工程体系,因地制宜确定不同县市区节水灌溉发展模式和建设内容,切实把发展节水灌溉作为加快农业供给侧结构性改革的重要内容,建成灌溉方式与现代农业相适应,多种措施相结合的节水灌溉体系,初步建立了与水资源状况相适应的高效节水型农业结构,从而实现了由传统水利向现代水利的突破,形成了合理用水、和谐发展的现代农业发展新格局。

2.3 农艺技术节水

农艺节水主要通过农艺技术、化控措施,使作物高效利用其根系水分,提高灌溉水和天然降水的利用率,实现节水增收。目前,本地农艺技术节水措施主要包括农艺节水保墒技术、改进耕作方式、调整种植结构、推广抗旱品种等。

德州市结合农田水利、基本农田示范区、高效节水灌溉示范区等项目建设,积极开展各类农田节水示范活动,扩大农业节水示范区规模和范围。根据区域及作物特点,实施平整土地、改造畦块、改良耕作方法等措施,围绕冬小麦、玉米、棉花生产等,重点推广种植抗旱高产作物、覆盖保墒、冬小麦测墒节灌等农田综合节水技术模式,达到科学用水和节约用水的目的。

土壤墒情监测点实现全市覆盖,监测作物由原来单一小麦增加为小麦、棉花,作物生长关键时期加强监测密度。德州地区土壤钾肥和微量元素普遍不足,而氮肥严重超标,为此,结合测土配方,对蔬菜实施水肥

一体化技术,主要包括恒压变频滴灌施肥、重力滴灌施肥、喷水带施肥和地理式自动伸缩喷灌等模式。截至2020年底,全市水肥一体化面积约30.00万亩。精准灌溉,精确施肥,大大促进了水肥利用效率,最终达到以肥调水,以水促肥,并充分发挥水肥协同效应,可提高作物产量20%左右,节水70%左右,节肥30%左右。

2.4 管理措施节水

明晰节水灌溉工程的产权归属,落实管护主体、责任、制度和经费,建立职能清晰、权责明确、管理规范的运行管护机制。通过积极探索民办公助、以奖代补、先建后补等方式,建立有效管护模式,培育新型服务载体,鼓励和引导农民、农民用水合作组织及新型农业经营主体成为节水灌溉工程建设和管理的主体。目前,各县市区逐步建立起适合自身特点的模式,主要有统一管理、中心+协会管理、承包经营3种管理模式。武城县建立了“灌溉服务中心+用水协会+村水管员+灌溉服务队”的管理模式,形成了各级灌溉管理机构职责明确、环环相扣、层层管理的新型农村灌溉管理体系;平原县探索出“农村灌溉供水服务中心+农民用水户协会”的管理模式,由“中心”统一管理,协会具体运作,以确保工程长期有序运行。

同时,德州市以县为单位开展农业社会化服务示范创建活动,着力构建以乡镇水利服务机构为重点,基层水利管理协调服务组织、防汛抗旱供水专业服务组织和农民用水合作组织“三位一体”的基层水利服务体系,各乡镇机构技术装备、办公设施规范化标准化,覆盖全市所有农业乡镇。全市共恢复建立乡镇水管站131个,建立水利专业化服务队150个,专业服务人员1300余人,发展农民用水合作组织290个,探索建立了“水利服务110”,群众拨打电话后,服务队30分钟内就能到达现场,此做法被评为“全国基层治水十大经验”之一。乐陵杨安镇水管站、宁津刘营伍水管站等12个水管站被评为省级规范化水管站。

建立健全农业水价形成机制。通过分级制定农业水价、探索实行分类水价、逐步推行分档水价,建立健全合理反映供水成本、有利于节水和农田水利体制机

制创新、与投融资体制相适应的农业水价形成机制。落实地方政府主体责任,鼓励有条件的县市区多渠道筹集资金,在完善水价形成机制的基础上,逐步建立与节水成效、调价幅度、财力状况相匹配的农业用水精准补贴机制和易于操作、用户普遍接受的农业用水节水奖励机制。

3 结 语

德州是农业大市,同时又是资源性缺水地区。多年来,德州立足缺水实际,不断改善农田水源保障条件,配套田间节水基础设施和高效节水灌溉设备,实现水利、农艺、农机和管理技术集成创新,初步构建了德州市高效节水灌溉化体系,提升了地区节水灌溉技术水平,有效促进了农业高效节水规模化建设,实现了节水增产增效,取得了显著的社会生态效益。自2003年以来,德州市农田灌溉水有效利用系数由0.5900提高到0.6369,连续13年实现农业增产增效不增水,有效缓解了水资源紧缺状况,加快了农业用水方式由粗放向集约和精准转变,打造了“灌溉精准化、管理智能化、节水长效化”的现代农业格局。

(上接第30页)

4 结 语

为落实新时期中央水利工作方针、强化水资源管控、保障水安全,大连市按照第三次全国水资源调查评价要求,摸清了2000年以来地下水质量分布情况及其变化趋势。本文基于Visual FoxPro计算机语言,采用斯皮尔曼秩相关系数的方法,对大连市地下水趋势变化情况进行了分析,解决了对长系列数据进行趋势变化分析时需要耗费大量时间成本的问题,极大地提高了工作效率。结果表明,大连市地下水主要以平稳变化趋势为主;地下水整体矿化度较低;pH值主要在6.5~8.5之间,符合各类用水要求。

通过对大连市地下水分布情况及趋势变化进行分析,及时掌握和分析评价地下水资源情势新变化,为建立全面、系统、翔实的水资源基础信息平台提供了数据支撑,并在今后一个时期为形成较为规范化的滚动调

参考文献

- [1] 杜娟娟. 山西省农业用水对水资源可持续利用的影响分析[J]. 水资源开发与管理, 2020(10): 72-75.
- [2] 宋书亭, 范琼. 荆门市水利补短板实践与思考[J]. 水资源开发与管理, 2021(6): 81-84.
- [3] 李学荣, 李益农. 新时代灌区管理面临的形势及深化改革的思考[J]. 水利建设与管理, 2021(6): 53-56.
- [4] 张新贵. 节水灌溉工作中低压农水管道传输的应用方法[J]. 中国水能及电气化, 2021(5): 52-55.
- [5] 刘琳. 辽宁实施农业节水灌溉的效果分析及建议[J]. 水资源开发与管理, 2016(2): 59-61.
- [6] 余昌福. 宁夏地区发展高效节水农业的必要性及对策[J]. 水资源开发与管理, 2015(1): 23-24.
- [7] 张娜. 新疆农业高效节水灌溉发展现状及“十三五”发展探讨[J]. 中国水利, 2018(13): 36-38, 45.
- [8] 刘爽, 何文清. 不同耕作措施对旱地农田土壤物理特性的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(2): 65-70.
- [9] 顾涛, 李兆增, 吴玉芹. 我国微灌发展现状及“十三五”发展展望[J]. 节水灌溉, 2017(3): 90-91, 96.
- [10] 党丽娟. 黄河流域水资源开发利用分析与评价[J]. 水资源开发与管理, 2020(7): 7-10, 34.

查评价机制奠定了基础。

参考文献

- [1] 胡广录, 张克海. 地下水资源评价综述[J]. 水资源开发与管理, 2020(11): 34-39.
- [2] 孙大明. 大连市地表水化学特征分析[J]. 水资源开发与管理, 2020(2): 56-61.
- [3] 唐然, 温忠辉, 束龙仓, 等. 绥化市地下水水化学特征及水质现状评价[J]. 水资源保护, 2013, 29(4): 19-25, 81.
- [4] 徐雪峰. 浅谈农村地下水污染的现状与防治对策[J]. 水资源开发与管理, 2017(10): 17-19.
- [5] 杨艺, 王瑞卿, 宋晓维. 农村地下水污染现状、危害及防治对策[J]. 环境保护, 2014, 42(15): 34-36.
- [6] 刘畅. 玛纳斯河流域水污染控制规划研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2005.
- [7] 蔡品彦. 福建省地表水化学特征变化情况及成因分析[J]. 水资源开发与管理, 2020(5): 44-47.
- [8] 赵海丽, 唐敏, 王颖, 等. 近十年安阳市地下水水质综合评价及变化趋势分析[J]. 地下水, 2020, 42(6): 24-27.

基于水足迹的黄山市农业节水分析

徐维藏¹ 吴凡²

(1. 深圳市水文水质中心, 广东 深圳 518055;
2. 安徽省驷马山引江工程管理处, 安徽 和县 238251)

【摘要】 粮食生产需要消耗大量的水资源, 提高农业生产用水效率, 对于节水型社会建设具有重要意义。本文从水足迹理论的角度出发, 结合 M-K 检验法, 对黄山市主要粮食作物稻谷、玉米、豆类和薯类的生产水足迹及其变化趋势进行计算与分析。结果表明, 黄山市 4 种主要粮食作物的生产水足迹为: 豆类 > 稻谷 > 玉米 > 薯类; 4 种主要作物的综合生产水足迹以及绿水足迹和蓝水足迹的趋势变化整体上呈减小趋势。研究结果揭示了黄山市主要粮食作物的生长水足迹及变化, 可为黄山市农作物产业结构优化调整提供参考依据。

【关键词】 水足迹; 蓝水足迹; 绿水足迹; 黄山市; 农业节水

中图分类号: TV213.4

文献标志码: B

文章编号: 2096-0131(2022)06-057-05

Analysis of agricultural water saving in Huangshan City based on water footprint

XU Weiwei¹, WU Fan²

(1. Shenzhen Hydrology and Water Quality Center, Shenzhen 518055, China;
2. Anhui Province, Xu Ma Shan River Diversion Project Management Office, Hexian County 238251, China)

Abstract: Food production needs to consume a large amount of water resources, so it is of great significance to improve the water efficiency of agricultural production for the construction of water-saving society. From the perspective of water footprint theory, combined with M-K test method, rice, corn, beans and potatoes, the main food crops in Huangshan City, were selected, and the water footprint of crop production and its changes were calculated. The results showed that the production water footprints of four main food crops in Huangshan City were as follows: beans > rice > corn > potato; The trend changes of comprehensive production water footprint, green water footprint and blue water footprint of four main crops showed a decreasing trend as a whole. The results reveal the growth water footprint and changes of main food crops in Huangshan City, which can provide reference for the optimization and adjustment of crop industrial structure in Huangshan City.

Key words: water footprint; blue water footprint; green water footprint; Huangshan City; agricultural water saving

在我国供水受到约束,而用水又呈增长的态势下, 水分利用效率、节水潜力进行了定量的分析^[2-5]。节水成为缓解水资源供需矛盾的根本路径^[1]。许多学 从水足迹概念的角度评估农作物对水资源的利用者从节水指标体系建设、节水技术标准核算等层面,对 效率,在农业节水评估方面越来越受到重视^[6]。作物

收稿日期: 2022-01-07

作者简介: 徐维藏(1990—),男,学士,主要从事水资源管理及水文方面工作。

生产水足迹反映了农业生产过程中消耗的水资源总量以及水资源的利用类型,许多研究者对大尺度范围的作物生产水足迹进行了量化或评价^[7-9]研究。水足迹主要包含了蓝水足迹、绿水足迹和灰水足迹,见图1。蓝水足迹是作物生长过程中消耗使用的地表水和地下水的水资源量;绿水足迹是作物生长过程中蒸发所消耗的储存在非饱和土壤层中的水资源量;灰水足迹是以自然本底浓度和现有的水质环境标准为基准,将一定的污染负荷吸收同化所需的淡水量。

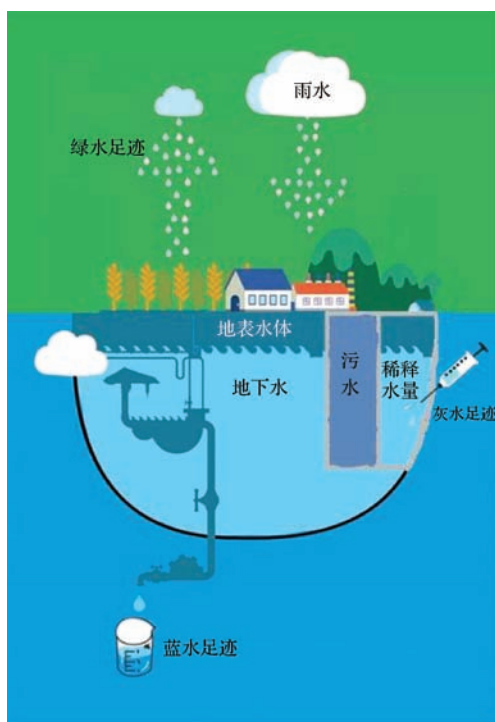


图1 水足迹组成

作物生产水足迹是作物生长过程中所消耗的蓝水、绿水和灰水之和,但是灰水是将一定的污染负荷吸收同化达到一定的标准所需的淡水量,并不是作物生长期直接消耗的水资源量。鉴于农作物的施肥、农药等统计数据难以获取,因此在进行农作物水足迹计算时,许多研究只对蓝水和绿水进行分析计算,以此作为粮食生产水足迹。评估农作物蓝水、绿水的利用情况对农业水资源管理十分重要,不仅可以通过改变种植结构达到节水的目的,还能够通过调整作物耗水结构来实现节水目标^[10]。

因此,本文以黄山市为例,计算黄山市的主要粮食

作物生产水足迹,分析其变化趋势,以期对黄山市主要粮食作物种植结构及农业用水结构的优化提供科学依据。

1 研究区概况及数据来源

1.1 研究区概况

黄山市位于安徽省的最南端,总面积9807km²,约占安徽省总面积的7%。黄山市年平均气温在15.5~16.4℃之间,平均年降水量为1670mm,最高可达2708mm,降水多集中在5—8月,多年平均水资源总量约102.13亿m³。全市地表起伏大,以山地丘陵为主,其中山地面积占黄山市总面积的一半,黄山市地势见图2。

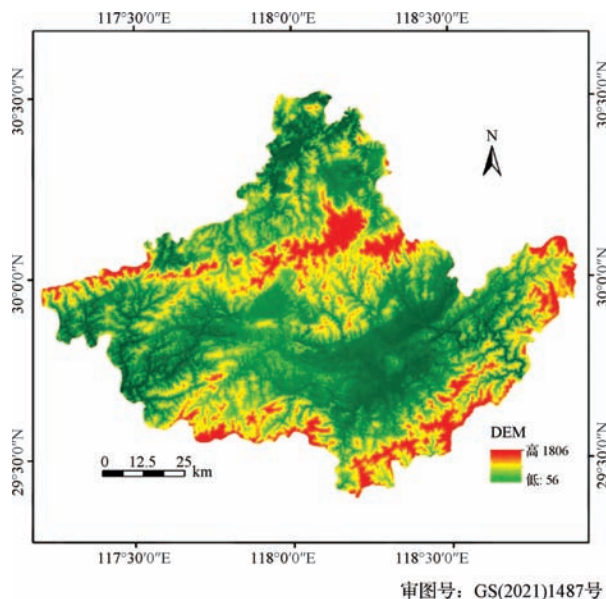


图2 黄山市地势

黄山市降水充沛,水资源量丰富,粮食生产以稻谷、玉米、豆类以及薯类为主。因此,本文选取稻谷、玉米、豆类、薯类为代表研究黄山市粮食生产水足迹及变化情况。

1.2 数据来源

本文所需的气象数据为2000—2019年各县区逐日数据,数据来源于中国气象科学数据共享网。水资源数据来源于2001—2020年《安徽省水资源公报》《黄山市水资源公报》。主要粮食作物系数参考联合国粮农组织数据库的推荐值,并根据相邻区域已有研究成

果进行适当修正。粮食作物产量、单位面积产量、播种面积等数据来源于 2001—2020 年《安徽省统计年鉴》和《黄山市统计年鉴》。

2 作物生产水足迹计算方法

2.1 作物需水量计算

作物需水量为参考作物蒸散发和作物系数的乘积,利用 Penman-Monteith 公式进行计算,具体计算公式见文献[8]。

2.2 粮食生产水足迹计算

灰水足迹是稀释农业生产所产生的污染物消耗的水资源量,并非农作物生长过程中直接消耗的水资源量,所以本文只考虑农作物在生长周期内直接消耗的实际水资源量,即蓝水足迹和绿水足迹。计算公式为

$$WF = WF_{\text{green}} + WF_{\text{blue}} \quad (1)$$

$$WF_{\text{green}} = \frac{CWU_{\text{green}}}{Y} = 10 \frac{ET_{\text{green}}}{Y} \quad (2)$$

$$WF_{\text{blue}} = \frac{CWU_{\text{blue}}}{Y} = 10 \frac{ET_{\text{blue}}}{Y} \quad (3)$$

式中:WF 为作物生产水足迹, m^3/kg ; WF_{green} 为绿水足迹, m^3/kg ; WF_{blue} 为蓝水足迹, m^3/kg ; CWU_{green} 和 CWU_{blue} 分别为作物生长期绿水和蓝水的消耗量, m^3/hm^2 ; Y 为作物单位面积产量, kg/hm^2 ; ET_{green} 和 ET_{blue} 为作物生育期蒸发蒸腾量中来自绿水和蓝水的量, mm , 计算公式为

$$ET_{\text{green}} = \min(ET_c, P) \quad (4)$$

$$ET_{\text{blue}} = \max(0, ET_c - P) \quad (5)$$

$$P_e = \begin{cases} \frac{P_t(4.17 - 0.02P_t)}{4.17} & P_t < 83 \\ 41.7 + 0.1P_t & P_t \geq 83 \end{cases} \quad (6)$$

$$P = \sum_{j=1}^n P_{e,j} \quad (7)$$

式中: P 为作物生长期内的有效降雨量, mm ; P_t 为旬降雨量, mm ; P_e 为有效旬降雨量, mm ; n 为生长期旬的个数; ET_c 为作物蒸发蒸腾量, mm ; $P_{e,j}$ 为第 j 个旬有效降雨量, mm 。

将不同种类作物生产水足迹和作物产量加权得到

综合作物生产水足迹, 计算公式为

$$CWF = \frac{\sum_{i=1}^4 WF_i Y_i}{\sum_{i=1}^4 Y_i} \quad (8)$$

2.3 作物生产水足迹变化特征

将计算得到的作物水足迹采用 Mann-Kendall 检验法(简称 M-K 方法)进行统计检验,对作物的生产水足迹和综合作物生产水足迹进行趋势分析。M-K 方法的应用十分成熟,具体计算过程本文不再赘述,采用胡琦等^[10]人的方法进行计算。

3 结果与分析

3.1 主要粮食作物生产水足迹计算结果

根据上述公式,计算出 2000—2019 年黄山市 4 种主要粮食作物的生产水足迹,结果见表 1。黄山市 4 种主要粮食作物的生产水足迹为:豆类 > 稻谷 > 玉米 >

表 1 黄山市主要粮食作物生产水足迹 单位: m^3/kg

年份	稻谷	玉米	豆类	薯类	综合
2000	1.22	1.77	2.41	0.45	1.46
2001	1.19	1.30	1.94	0.48	1.23
2002	1.08	1.28	2.03	0.45	1.21
2003	1.44	2.01	2.87	0.62	1.74
2004	1.41	1.58	2.40	0.62	1.50
2005	1.27	1.25	2.29	0.48	1.32
2006	1.19	1.21	1.92	0.51	1.21
2007	1.24	1.30	2.34	0.59	1.37
2008	1.19	1.00	1.82	0.53	1.13
2009	1.46	1.20	1.98	0.65	1.32
2010	1.27	1.01	1.79	0.65	1.18
2011	1.28	0.97	1.64	0.57	1.11
2012	1.40	1.12	1.79	0.59	1.23
2013	1.61	1.29	2.15	0.71	1.44
2014	1.12	0.83	1.40	0.42	0.94
2015	1.02	0.68	1.17	0.39	0.81
2016	1.19	1.03	1.76	0.50	1.12
2017	0.93	0.68	1.06	0.31	0.75
2018	1.04	0.36	1.35	0.72	0.87
2019	0.93	0.27	1.11	0.51	0.71
均值	1.22	1.11	1.86	0.54	1.18

薯类,最大值约为最小值的3.4倍。同种作物的生产水足迹在不同年份表现出不同的差异,玉米的变化幅度最大,极值比达到了7.44;稻谷的生产水足迹在不同年份差异最小,极值比为1.73。4种作物的产量变化见图3,从图3中可以看出,豆类的产量最少,但计算得到的生产水足迹值最大;稻谷的产量最大,这与黄山湿润的气候条件有关,更适合稻谷的种植;其次是薯类和玉米。玉米和豆类的产量年际变化不大,较为突出的是稻谷的产量下降趋势明显,玉米的产量呈增加趋势。从统计的粮食产量数据中可知,黄山市粮食总产量在减少,主要原因是由稻谷产量减少引起的,同时,薯类和豆类产量在近几年也呈减少趋势。

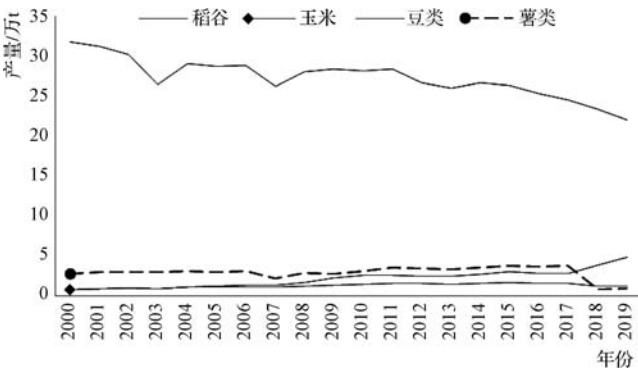
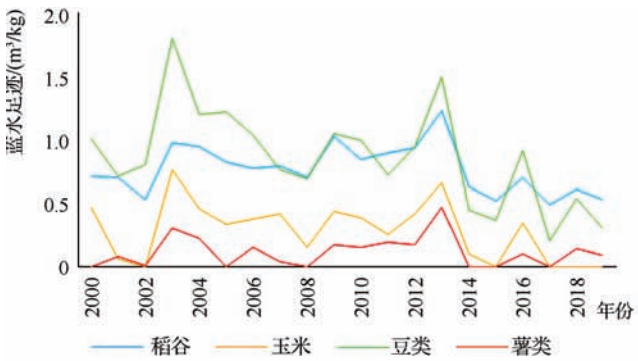


图3 黄山市主要粮食作物产量变化

3.2 主要粮食作物生产水足迹变化特征

根据式(8)计算得到2000—2019年黄山市4种主



要作物的综合生产水足迹以及绿水足迹和蓝水足迹的趋势变化,其整体均呈减小趋势(见表2及图4),其中稻谷的蓝水足迹、绿水足迹以及综合生产水足迹均呈现不显著减小趋势;玉米和豆类的蓝水足迹和综合生产水足迹均呈显著减小趋势,这与农业技术进步和大力推广节水密不可分。稻谷产量的降低主要是由种植面积减少引起的,稻谷的种植面积由2000年的564.85km²降至2019年的332.75km²,产量从2000年的31.82万t降至2019年的22.04万t,尽管单位面积产量有所提升,但总产量大幅减少,因而计算得到的稻谷生产水足迹呈减小趋势。玉米的生长周期较短,其生育期与一年内雨季的一致性较好,在很大程度上降低了对灌溉的需求,随着农业技术的进步和用水效率的提高,单位面积产量大幅提升,因此计算得到的水足迹较低。薯类的水足迹表现为不显著增加趋势,薯类作物对水分的要求比较低,黄山市多年平均降水量完全满足薯类产品对水分的需求,因此综合生产水足迹远低于其他几种作物。

表2 黄山市主要粮食作物生产水足迹 M-K 检验结果

水足迹	稻谷	玉米	豆类	薯类	综合
蓝水足迹	-1.40	-1.98	-2.56	0.10	-1.46
绿水足迹	-1.72	-4.83	-3.67	-0.23	-2.24
总水足迹	-1.59	-4.38	-4.19	0.552	-3.73

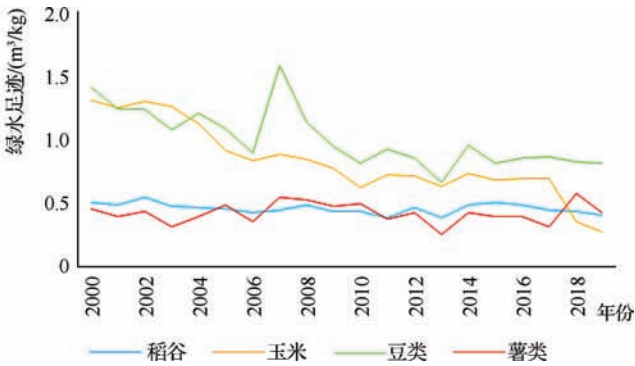


图4 黄山市主要粮食作物蓝水足迹变化趋势

豆类的水足迹居于4种主要农作物之首,豆类属于高耗水作物,多年平均蓝水足迹占综合生产水足迹的44%。4种粮食作物生产绿水足迹为:豆类>玉米

>稻谷>薯类;4种粮食作物生产蓝水足迹为:豆类>稻谷>玉米>薯类。

4 讨 论

对黄山市 2000—2019 年 4 种主要粮食作物生产水足迹及其变化趋势的研究表明,由于农作物单产的提升,农作物生产水足迹整体呈减小趋势。豆类的水足迹较高,但豆类不是黄山市的主要粮食作物,其种植面积和产量与稻谷相比有很大差距,尤其是近几年,种植面积和产量比以往大幅减少。薯类蓝水足迹较少,说明对蓝水的依赖较低,是一种比较节水的农作物,但是种植面积很少。稻谷的蓝水足迹较大,这与稻谷的生长周期有关,作物生长需水多依赖灌溉水,灌溉对稻谷的产量有很大影响,适当调整灌溉模式有益于提高水资源利用效率和提高粮食产量。

农业生产不仅消耗蓝水,还消耗绿水。当前,黄山市灌溉水利用系数较 2000 年前后有了很大提高,但总体利用效率仍然不高,粮食生产水足迹还可以进一步降低。改造提升传统农业产业,在适宜的气候条件和地区,用低耗水的农产品替代高耗水的农产品,提高农业用水效率,对提高黄山市水资源利用效率具有重要意义。加强节水技术研发和推广力度,提高农田水利建设水平,优化种植结构,有助于打破节水困境,促进农业生产可持续。

5 结 语

本文对 2000—2019 年黄山市的 4 种主要粮食作物生产水足迹进行了定量计算和分析,较单个年份单个作物来说更为精细,但仍存在一定的误差,所使用的

数据既有统计年鉴的数据,也有公报数据,由于时间周期较长,数据统计误差对量化作物生产水足迹会产生不利影响。尽管本文未考虑灰水足迹对作物生产水足迹的影响,导致计算结果偏低,但仍对水资源利用效率分析具有一定的参考价值。

参考文献

- [1] 秦长海,赵勇,李海红,等.区域节水潜力评估[J].南水北调与水利科技(中英文),2021,19(1):36-42.
- [2] 朱永楠,王庆明,任静,等.南水北调受水区节水指标体系构建及应用[J].南水北调与水利科技,2017,15(6):187-195.
- [3] 崔永正,刘涛.黄河流域农业用水效率测度及其节水潜力分析[J].节水灌溉,2021(1):100-103.
- [4] 崔秋利.1957—2017 年京津冀主要作物水分利用效率及节水潜力分析[J].灌溉排水学报,2020,39(2):93-98.
- [5] 欧玉民,许萍,廖日红,等.城市绿地灌溉水量及其节水潜力探讨[J].节水灌溉,2021(5):71-78.
- [6] 贺天明,王春霞,何新林,等.基于完全成本水价的农业水价承受力和节水潜力评估——以新疆建设兵团第八师石河子灌区为例[J].节水灌溉,2021(3):89-93.
- [7] 操信春,吴普特,王玉宝,等.中国灌区粮食生产水足迹及用水评价[J].自然资源学报,2014,29(11):1826-1835.
- [8] 王勤勤,刘俊国,赵丹丹.京津冀地区主要农作物生产水足迹研究简[J].水资源保护,2018,34(2):22-27,33.
- [9] 孙世坤,王玉宝,刘静,等.中国主要粮食作物的生产水足迹量化及评价[J].水利学报,2016,47(9):1115-1124.
- [10] 胡琦,马雪晴,胡莉婷,等. Matlab 在气象专业教学中的应用——气象要素的 M-K 检验突变分析[J].实验室研究与探索,2019,38(12):48-51,107.
- [11] 价中的应用[J].人民长江,2020,51(S2):32-36,87.
- [12] 李春燕.邯郸大型水库水体质量及富营养化综合评价[J].水资源开发与管理,2021(7):37-40,63.
- [13] 贺克雕.滇池水质状况综合评价及变化趋势分析[J].人民长江,2012,43(12):37-41.
- [14] 宋昊明,汪振宁,顾雯.安徽省淮河流域湖泊保护探讨[J].水资源开发与管理,2021(7):41-43,32.
- [15] 李林波,何晓东,易绍林.云南省陆良县老盘江河道现状问题及综合治理措施研究[J].水资源开发与管理,2021(9):19-24.
- [16] 姚璐,王雪红,刘懿.北方季节性河流生态环境综合治理方案与思考[J].水资源开发与管理,2021(8):26-31.
- [17] 刘猛,胡军.沱湖湿地生态环境问题及其对策[J].江淮水利科技,2019(4):35-36.
- [18] 王文川,邱林,徐冬梅.工程水文学[M].北京:中国水利水电出版社,2013.
- [19] GB 3838—2002 地表水环境质量标准[S].北京:中国环境科学出版社,2002.
- [20] SL 395—2007 地表水资源质量评价技术规程[S].北京:中国水利水电出版社,2007.
- [21] 李慧明,候林丽,徐鹏.不同水质指数法在峡江水库水质评

(上接第 46 页)保护好一湖清水。

参考文献

- [1] 刘猛,胡军.沱湖湿地生态环境问题及其对策[J].江淮水利科技,2019(4):35-36.
- [2] 王文川,邱林,徐冬梅.工程水文学[M].北京:中国水利水电出版社,2013.
- [3] GB 3838—2002 地表水环境质量标准[S].北京:中国环境科学出版社,2002.
- [4] SL 395—2007 地表水资源质量评价技术规程[S].北京:中国水利水电出版社,2007.
- [5] 李慧明,候林丽,徐鹏.不同水质指数法在峡江水库水质评

深圳河流域防洪潮调度管理平台 开发与应用

汪振松

(深圳市深圳河湾流域管理中心,广东 深圳 518020)

【摘要】 本文基于深圳市水务管理的实践情况,充分考虑深圳河的防洪、防潮特点与信息化建设需求,结合当前信息技术领域的最新技术成果,对深圳河流域防洪潮调度管理平台建设与应用进行了研究,并对平台总体框架、数据共享与互联机制、各类测站设置以及对应场景等进行了分析,该研究成果已在工程中得到充分应用,运行效果好,可供类似河流防洪调度管理参考和借鉴。

【关键词】 防洪潮;调度管理;信息化;视频监控

中图分类号: TV877

文献标志码: B

文章编号: 2096-0131(2022)06-062-06

The Development and application of flood and tide control dispatching management platform for Shenzhen River basin

WANG Zhensong

(Shenzhen River Bay Basin Management Center, Shenzhen 518020, China)

Abstract: Based on the practice of water management in Shenzhen, this paper fully considers the flood control and tide control characteristics of Shenzhen River and the demand of informatization, and combines the latest technical achievements in the current information technology field, studies the construction and application of flood and tide control dispatching management platform for Shenzhen River basin, and analyzes the overall framework of the platform, the mechanism of data sharing and interconnection, the setting of various stations and the corresponding scenarios. The research results have been fully applied in the project, and the operation effect is good, which can be used for reference to flood and tide control dispatching management of similar rivers.

Key words: flood and tide control; dispatching management; informatization; video surveillance

对流域水文要素包括相关工程、下游影响区的气象、水情、工情以及自然环境因素等信息进行自动化采集,构建一体化信息管理平台,并嵌入优化调度模型和算法,实现防洪调度信息采集、数据处理、调度方案的

自动化、科学化、实时化是实现流域防洪优化调度的重要手段,专家学者已开展了一些有益的探索,取得了一定的成果^[1-3]。但随着人工智能和信息技术的进一步成熟与发展,数据采集、数据处理等的智能化,实现智

收稿日期: 2022-03-09

作者简介: 汪振松(1978—),男,硕士,主要从事水利工程管理工作。

慧调度已成为河流及流域工程管理的必然需求^[4-5]。如流域洪水存在潮位顶托影响时,需考虑洪潮相互作用,通过潮位监测和预报,合理调度以减小洪潮叠加影响,实现防洪最优调度和智慧调度^[6]。因此,本文以深圳河流域防洪、防潮联合调度为研究对象,结合智慧水务建设需求,从宏观层面研究分析防洪潮调度信息化目标,提出并建立管理平台框架,实现平台建设及应用,对未来沿海地区重点区域防洪潮调度与管理起到了一定的探索作用。

1 研究背景

为适应深圳水务智慧化管理要求,实现深圳河流域的科学调度管理,针对深圳河流域内重要防洪设施,包括笋岗滞洪区和深圳水库等,构建一体化调度管理平台。

深圳市智慧水务方案中提出要建设深圳河流域智慧管理系统,本平台研究可为其提供前期基础性成果,作为深圳市智慧水务中的一部分接入智慧水务系统。深圳河流域防洪潮调度管理平台利用智能感知和数据融合两大体系,对深圳河雨情、水情、视频监控等信息进行实时采集与处理,结合气象预报和水文预报模型,整合城市分布式水文、城市水动力学等基础模型,纳入工程安全、水质模拟、防洪调度等专业模型,实现提前预估预判、科学合理调度。

2 平台总体框架

深圳河流域防洪潮调度管理平台包括采集层、数据层、支撑层、应用层、优化层 5 个层次,平台总体框架见图 1。

a. 采集层:通过测站(包括在线或遥测等)配置的传感设备、遥测终端机、通信模块、供电系统、防雷系统采集各重要河段干流及支流水位、雨量、流量及视频等信息并进行存储、加密。通过有线或无线的方式,实时或定时地发送到服务器。

b. 数据层:实时接收遥测终端机发送的数据并入库。要求能快速、稳定、准确地处理、解析实时水雨情、

图像等数据,且在宏量终端(大于 3000 个)并发传输时仍能保证性能不明显下降。数据库是系统核心,除图像外的所有数据,包括水利工程基础数据、实时水雨情数据、历史水雨情数据、地理信息数据、历史调度数据等均存储在数据层。

c. 支撑层:提供系统运行必需的应用服务,包括 Web 服务器、模型服务(产汇流模型和水动力模型等)、数据访问等。其中,Web 应用系统(业务管理系统)可以监测、查询、分析、统计水利工程运行状况。

d. 应用层:主要包括信息共享系统、实时监控系統、洪水预报系统(洪水预报系统和洪水演进预报系统)和洪水调度系统(防洪潮调度、泥沙冲淤调度和应急指挥调度)。

e. 用户层:为三防办、河湾中心和粤港供水公司提供深圳水库、深圳河实时水雨情信息,供其进行实时查看或调度决策。



图 1 深圳河流域防洪潮调度管理平台总体框架

平台监测内容包括水雨情、潮流量、视频图像等。该平台联合深圳市三防办的三防决策支持平台、河湾中心的笋岗滞洪区水闸监控平台以及粤港供水公司的深圳水库洪水预报调度系统,实现各平台之间数据共享和互联合作,实现水情调度、抢险调度、命令发布等自动化,从而为深圳河流域防洪潮调度提供科学、准确的决策依据。平台共享机制见图 2。

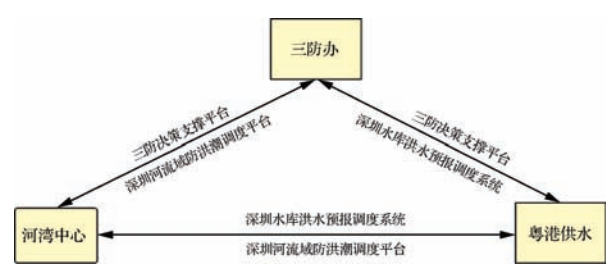


图2 平台共享机制

3 平台系统结构

目前,我国防洪潮调度体系中,广泛采用客户端/服务器(C/S)模式,该模式具有较优的数据处理能力和操作能力、数据安全性和完整性,能够较较好地进行防洪调度集成,很大程度上提高了防洪调度的科学性,实现了局域网范围内的多用户操作。但随着系统升级和应用程序复杂程度提高,C/S模式出现了如可移植性差、后台维护工作难等弊端,而通过以Web技术为支撑的B/S模式则可以较好地解决这些问题。B/S模式防洪调度系统基于浏览器通过客户端显示Web页面,

进行降雨预报和洪水调度,以及水域数据库的管理,同时保证数据的完整性、唯一性和准确性,保证系统实用性和一致性,具有系统集成和数据共享等优势。因此,本管理平台拟采用B/S模式,建立深圳河流域防洪潮调度体系,为该流域调度提供有力的技术支持。该防洪潮调度系统以水资源优化配置、洪水预报、洪水调度、洪水风险分析研究为核心,利用计算机通信技术、地理信息系统、数据库、数值计算等现代信息技术,进行洪水预测预报与风险评估,为深圳河流域洪水调度提供及时、准确的决策依据,提升深圳河流域的防洪能力。

深圳河流域防洪潮调度管理平台系统结构分为两个层次:上层是位于河湾中心的监测中心站,下层是信息采集的遥测采集站,见图3。在深圳河各个汇流入口、典型河段等汛情易发处建设遥测采集站,通过有线通信将水雨情、流量、视频图像等信息传送到监测中心站。监测中心站通过建立局域网络,将各信息采集站得到的水雨情、流量、视频图像等原始数据进行分类,

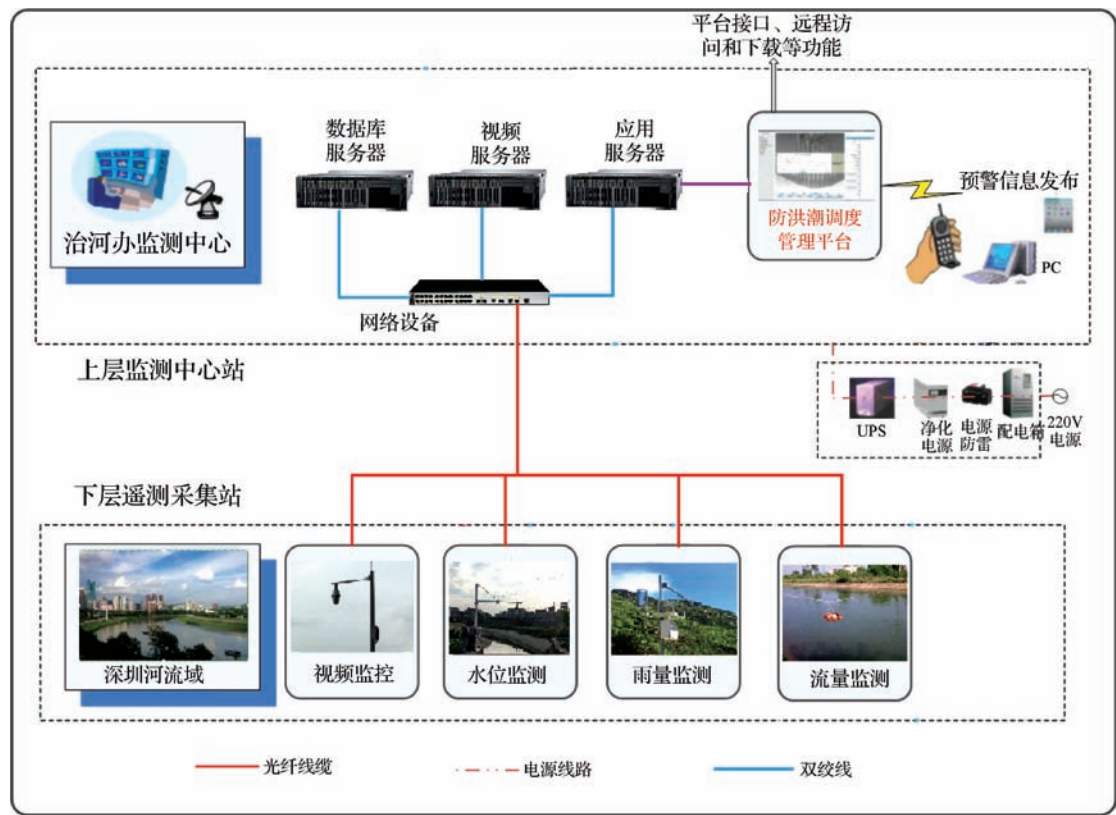


图3 平台系统结构

通过数据库进行保存并提供给相关应用单位。平台可实现数据采集、整合、分析、预警预报等功能,通过强大的人机交互支持,实现多部门异地多媒体会商,为深圳市三防办、河湾中心、粤港供水等单位提供实时信息查询、统计和分析,为深圳河防洪潮调度提供科学、准确的决策依据。

4 平台建设

4.1 监测中心站

监测中心站配置数据库服务器、应用服务器、视频服务器、工作站、网络设备等硬件设备,建立计算机局域网,将各遥测采集站得到的水雨情、流量、视频图像等原始数据进行分类(划分为视频监控系统、水雨情及流量监测系统)及保存,并提供相关应用。

4.1.1 视频监控系统功能

a. 远程图像监视:三防办、河湾中心和粤港供水公司可实时查看深圳河流域的监控画面及图像。

b. 多点监视一点:多个监控终端可同时监视同一前端。采用组播方式,该路视频码流在网络中只占用1路视频带宽。

c. 一点监控多点:一个监控终端可同时监控多个前端,即在监测站监视器屏幕上进行多画面分割显示,且每个画面实时活动。

d. 摄像机预置:可采用带预置功能的摄像机,预先将监视目标的方位、聚焦、变焦等参数存入,从而方便监视,也可利用这些预置点进行自动扫描巡视。

e. 图像抓拍:对活动图像进行自动抓拍。

f. 自动巡视:在监控终端上,可选择加入自动巡视的前端、前端摄像机、摄像机预置点,设定间隔时间,进行自动巡视。可选择单画面、四画面、九画面等进行远程图像监控或安防监控,可实现上下翻页,可针对每个画面选择不同端站或同一端站的不同摄像机进行查看。

g. 满屏和正常显示两种方式切换,实现一用户同时多点遥视、多用户同时一点遥视、多用户同时多点遥

视。用户可进行满足自己工作需要的多摄像机轮巡(可为多个端站),也可设定切换时间。

h. 可对摄像机进行通道锁定。自动轮巡中,若需关注某个画面,可对指定摄像机进行锁定不参与轮巡,便于用户监视和控制,也可以进行画面锁定,实现图像定格。

4.1.2 水雨情及流量监测系统功能

监测中心站通过软硬件平台提供水情预报和信息服务,负责信息接收处理和数据库管理。主要由水情信息接收处理系统、数据库、计算机网络3部分组成,可实现以下功能:

a. 数据接收处理:实时接收遥测站的水位、雨量、流量等信息。

b. 应答、查询:定时或人工查询下属站点水位、雨量数据及工作状态。可按指定时段指定通信方式批量传送遥测站记录信息,可对遥测站进行时钟校正、开关机等。

c. 数据库管理:包括对原始、历史、预报或成果数据库的形成、检索、查询等。

d. 联网通信:可接入局域网或广域网实现数据共享。

e. 接收、分析、处理、存储有关气象部门、水文部门、应急管理部门发布的信息。

f. 状态警告:在雨量或水位、流量等超过规定限值时进行报警;当设备供电不足、电压下降,遥测站电源能力低于设定值时进行报警。除屏幕显示外,还可采用声、光等方式报警。

g. 数据维护功能:提供安全、保密的数据备份,确保数据安全。

4.2 遥测采集站

4.2.1 视频监控站

结合工程实际需要,在深圳河沿线关键断面、已建测站断面和典型河段布设视频监控点,为深圳河防洪潮调度提供实时监控画面,作为工程运行管理的辅助手段。深圳河沿河共设置9个视频监控站点,分别为

深圳河口、皇岗河口、福田河口、上步码头、鹿丹村、梧桐河口、罗湖、三叉河口、平原河口,具体布置情况见图4。视频监控系统包括摄像机、供电系统、防雷系统、网络传输系统、控制系统、显示系统。

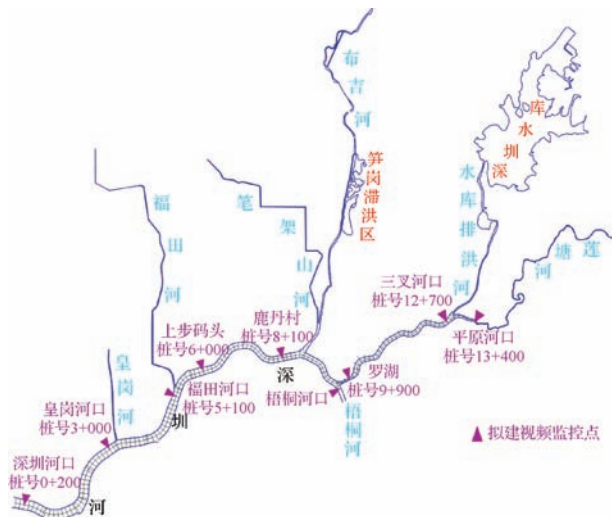


图4 深圳河流域视频监控点布置

4.2.2 水雨情遥测站

深圳河现有5个水雨情遥测站点,拟在深圳河干流新建4个水雨情遥测站,分别为皇岗河口站、福田河口站、上步码头站和平原河口站。皇岗河口、福田河口、平原河口均位于支流与干流的汇入口处。上步码头段是深圳河堤防(深圳侧)防洪能力较低段,故在此处增设水雨情遥测站点,各监测点布置情况见图5。



图5 深圳河水雨情监测点布置

水雨情遥测站由水位、雨量传感设备,遥测采集终端,供电系统,网络传输系统,防雷系统等组成。通过传感设备将现场采集的水位、雨量数据信息接入数据采集遥测终端(RTU)进行接收并保存,终端按系统预先设置的发送时间,通过有线网络将信息发送到监测中心站,并保存在数据库服务器上。

4.2.3 潮流量遥测站

深圳河现有5个潮流量遥测站点(平原河口站于2015年撤站),拟在深圳河干流新建3个潮流量遥测站,分别为皇岗河口站、福田河口站、平原河口站,站址均位于支流与干流的汇入口处,有利于监测汇流后潮流量,各站点布置情况见图6。

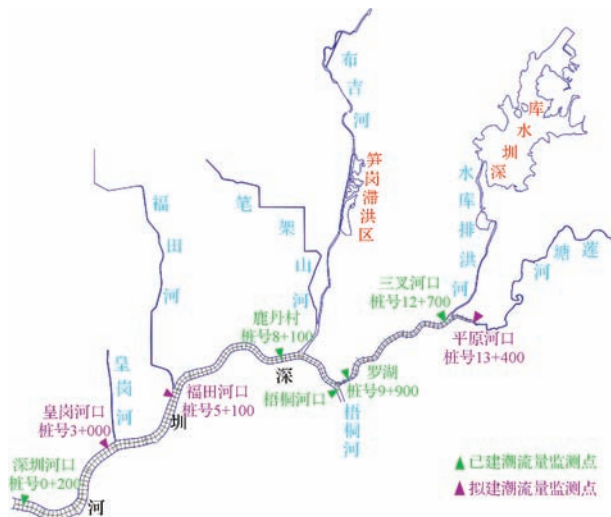


图6 深圳河潮流量监测点布置

潮流量遥测站由流量传感设备、遥测采集终端设备、供电系统、网络传输系统、防雷系统等组成。与水雨情遥测站类似,潮流量遥测站通过遥测终端(RTU)接收并保存现场采集的流量数据信息,按照设置时间将监测的信息数据通过有线网络传输到监测中心站,同时保存在数据库服务器上。

5 平台应用

以深圳河流域防洪潮调度管理平台为抓手,可实现以下5个重要场景的应用:

a. 信息共享:该平台通过定制接口,实现了与市

三防决策支持平台、笋岗滞洪区水闸监控平台和深圳水库洪水预报调度系统的信息共享。可结合水情、雨情及流域内其他控制性工程边界参数实现互联合作下的智慧化调度,大大提升了深圳河防洪潮调度的科学性和合理性。

b. 实时监控:通过实时数据采集及传输,较好地实现了流域内重点河段、重要节点的监测和自动化管理。降雨、水位、流量等环境量的采集与处理,为防洪潮提供了及时准确的数据支持。现场状态如图像、视频等可实时传输到监控大屏和分析模型中,为更直观地进行河道管理及执法行动、发布预警等提供了最准确、最直接的参考依据。

c. 洪水预报:内置的洪水预报系统可结合降雨、潮汐、台风等预报信息,及时准确地开展洪水分析和计算,模拟预报洪水灾害范围,大大减轻了技术管理人员的工作强度。

d. 洪水调度:结合上述洪水预报,根据深圳河流域水动力模型、产汇流模型,可计算分析不同泄流条件下的河道水位、河道冲淤条件,提供合理、安全的调度方案,削减其对于河道及周边居民生产生活的不利影响。

e. 应急指挥调度:可模拟极端气象条件下(如极端暴雨或超强台风等)深圳河流域产汇流情况,计算分析对于深圳水库的影响,并模拟各种泄洪方案对流域内各节点的影响,以便采取相应的管理措施。

6 结 语

随着城市化进程,深圳市已基本建成一个生态型、现代化、园林化的“巨型”城市,但城市发展与地域狭小的矛盾仍比较突出,而深圳河流域位于深圳市城区

中心,进一步通过大型防洪工程建设提升防洪潮标准的难度较大,必须通过合理的工程调度,挖掘流域内现有水利工程的潜力,实现削峰错峰错潮,削减洪涝的不利影响。而实施深圳河流域防洪工程的统一合理优化调度是现有条件下降低洪、涝、潮风险的有效手段,通过建立深圳河流域防洪潮调度管理平台,实现调度的信息化、智慧化,可提升调度决策的科学性和合理性。

本文充分考虑深圳河与周边条件及各方关系,从总体框架、平台结构、数据共享与互联机制、测站设置、功能体系等方面对防洪潮调度管理平台进行了较为全面的总结和分析。该平台在深圳河防洪潮调度管理工作中得到了有效实施,工程运行效果良好,极大地提升了深圳河流域调度管理水平,有利于后续进一步优化工程调度,为深圳市建设社会主义先行示范区奠定基础。

参考文献

- [1] 田力. 基于物联网技术的白龟山水库综合信息化管理系统[J]. 水资源开发与管理, 2021(6): 63-67.
- [2] 周浩, 田文英, 张洵. 辽宁省水资源监控管理信息平台功能与构建[J]. 水资源开发与管理, 2016(4): 1-3.
- [3] 刘汉宇. 国家防汛抗旱指挥系统建设与成就[J]. 中国防汛抗旱, 2019, 29(10): 30-35.
- [4] 魏永强, 黄草, 张移郁, 等. 中小流域水库群智能调度与决策支持系统设计与开发[J]. 中国防汛抗旱, 2021, 31(10): 61-66.
- [5] 李安强, 黄艳, 李荣波, 等. 流域超标准洪水智能调控架构及关键技术研究[J]. 中国防汛抗旱, 2019, 29(9): 31-34, 41.
- [6] 茅泽育, 马吉明, 余云童, 等. 感潮河段潮流数值计算[J]. 海洋工程, 2003, 21(4): 86-90.

雷达波在线测流系统在屯溪水文站的应用

钟维斌

(黄山水文水资源局,安徽 黄山 245000)

【摘要】 针对传统流量测验方式存在的自动化水平低、高洪流量测验困难、难以适应当前水文测验新形势等问题,屯溪水文站安装了定点雷达波在线测流系统。本文介绍了屯溪水文站定点雷达波在线测流系统的组成、工作原理、仪器安装等情况,同时对该系统的分析率定、误差分析、成果验证进行了分析。结果表明,雷达波测流系统在中高水时各项测量指标符合《河流流量测验规范》(GB 50179—2015)的要求,解决了中高水测验困难的问题,减轻了劳动力,提高了预警预报的时效性,可以在其他水文测站推广与应用。

【关键词】 雷达波在线测流系统;分析率定;应用;屯溪水文站

中图分类号: P332.4

文献标志码: B

文章编号: 2096-0131(2022)06-068-06

Application of radar online flow measurement system in Tunxi Hydrological Station

ZHONG Weibin

(Huangshan Hydrology and Water Resources Bureau, Huangshan 245000, China)

Abstract: In view of the low level of automation of traditional flow measurement methods, the difficulty of high flood flow measurement and the difficulty of adapting to the new situation of current hydrological measurement, the fixed-point radar wave online flow measurement system was installed in Tunxi Hydrological Station. This paper introduces the composition, working principle, instrument installation and analysis calibration of the fixed-point radar wave online current measurement system at Tunxi Hydrological Station. The conclusion shows that the indicators of radar wave flow measurement system meet the requirements of *Code for River Flow Measurement* (GB 50179—2015) at medium and high water measurement, which solves the difficulty of medium and high water measurement, reduces the labor force and improves the timeliness of early warning and forecasting. It can be popularized and applied in other hydrological stations.

Key words: radar wave online current measurement system; analysis and calibration; application; Tunxi Hydrological Station

1 屯溪水文站概况

屯溪水文站设立于1950年6月,集水面积为

2670 km²,属钱塘江流域新安江水系,是新安江干流的主要控制站,同时也是国家重要站。该站为皖南山区1000~3000 km²区域代表站,为防汛抗旱、水资源监测

收稿日期: 2022-01-10

作者简介: 钟维斌(1989—),男,工程师,学士,主要从事水文监测工作。

管理保护、水土流失监测与保护、水生态治理、水环境保护等提供服务。

测验河段顺直长度约 3.0km,河槽呈 U 形,河底平均高程为 119.0m。左岸为护堤,右岸为景观带自然护坡,中低水主槽宽度约 200.0m,高水主槽宽度约 230.0m;河底水生植物较少,右岸滩地靠岸边部分有景观植物。屯溪水文站基下 4.1km 处建有湖边水利枢纽工程,正常蓄水位为 122.3m。平水期间,流量主要受蓄水、发电影响,测流断面处水深变化在 3.1~3.5m 之间,流速较小;洪水期间,受枢纽工程闸门启闭影响,同等级流量条件下水位变幅较自然条件下减小。

2 雷达波测流系统安装施测

2.1 系统简介

屯溪站定点雷达波在线测流系统是非接触测流系统,由 6 个测流传感器、测流控制器、雷达水位计和供电系统组成。雷达波系统测速基于多普勒原理,能定时或人工召测采集流速、水位、风速等数据,并通过 GPRS 模块发送到测流平台,平台根据流速面积法计算得到流量,不受漂浮物、浑水等条件影响,安全高效,全程跟踪洪水过程,特别适合高洪流量监测^[1]。

2.2 安装位置及方法

系统设备安装在屯溪水文站基上 86.0m 跨河公路桥梁上,测流传感器探头对准上游电波流速仪桥测断面。结合测流断面地形、水流特性、精度要求和设施等条件,分析代表垂线平均流速与断面平均流速关系的稳定性,确定能够控制断面地形和流速沿河分布的代表垂线位置^[2]。

2.3 代表垂线位置分析

2.3.1 断面流速分布

屯溪水文站电波流速仪桥测断面处河段顺直,高低水无岔流、串沟等情况。河床左部为卵石,洪水期稍有冲淤变化,右部为连片岩石,冲淤变化小。屯溪水文站电波流速仪测流断面见图 1。

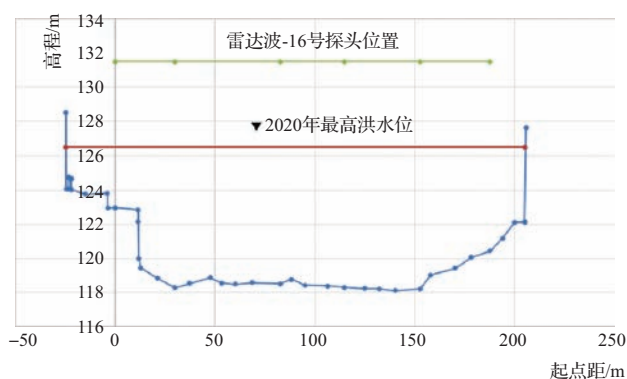


图1 屯溪水文站电波流速仪测流断面

以横坐标为起点距,纵坐标为高程,同时点绘手持电波流速仪测得的各垂线多年平均流速,见图 2。手持电波流速仪测得的断面流速横向变化趋势与断面河底变化基本一致,说明手持电波流速仪所测流速横向分布合理。

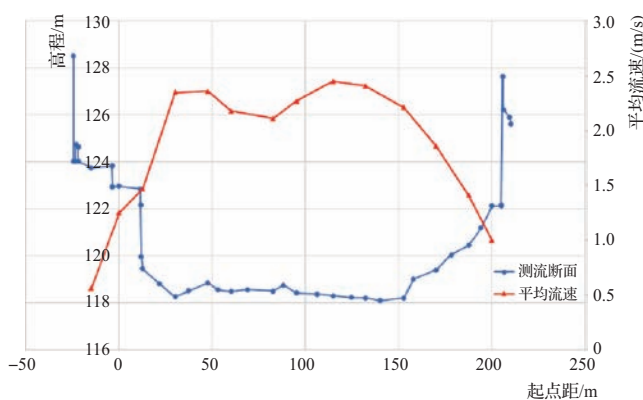


图2 屯溪水文站电波流速仪断面与流速横向分布套绘图

2.3.2 代表垂线平均流速与断面平均流速关系分析

根据屯溪水文站电波流速仪测流断面图、电波流速仪断面与流速横向分布套绘图,选取均匀分布在测验断面处,且对水深和流速横向分布能够较好控制的断面起点距 0、30.0m、82.6m、114.6m、152.6m 和 187.6m 6 条垂线进行分析,并在各个流量级进行流量精简计算。所得精简流量与实测流量进行比对,成果见表 1,精简前后最大误差为 3.7%,最小误差为 0,平均误差为 0.2%,说明精简后垂线代表性较高,能控制断面流量。6 个测流传感器探头可安装在起点距 0、30.0m、

82.6m、114.6m、152.6m 和 187.6m 大桥上游一侧。

表 1 测速垂线精简前后流量误差

序号	时 间	实测流量/ (m ³ /s)	精简流量/ (m ³ /s)	相对误差/%
1	2016-05-30-09:08	479	475	-0.8
2	2016-06-20-10:04	3260	3140	-3.7
3	2017-06-24-14:42	4320	4250	-1.6
4	2017-06-24-17:21	3800	3800	0
5	2018-07-06-08:15	768	773	0.7
6	2018-07-06-17:14	1530	1510	-1.3
7	2019-06-21-08:27	2270	2280	0.4
8	2019-06-22-13:17	1120	1140	1.8
9	2019-07-05-01:02	1920	1930	0.5
10	2019-07-13-22:39	2670	2690	0.7
11	2019-07-14-10:39	1600	1620	1.3
12	2019-07-14-21:13	833	834	0.1
平均误差/%		-0.2		

3 分析率定

雷达波在线测流系统断面与屯溪站测流断面间距短、无出入流,但中间有公路桥,对水流分布影响较大,故雷达波在线测流系统比测采用屯溪站转子式流速仪、走航式 ADCP 等仪器所测流量与雷达波在线测流系统所测虚流量进行率定分析。

3.1 资料收集

比测资料采用 2020 年 4 月 3 日至 7 月 10 日屯溪站实测流量资料,为了使雷达波在线测流系统测量数据与屯溪站实测流量资料时间同步,指标流量选取与屯溪站实测流量平均时间相对应的雷达波在线系统流量 $Q_{虚}$ 。共收集 120 份比测资料,屯溪站实测流量变幅为 37.3 ~ 5210.0m³/s,平均流速变幅为 0.058 ~ 3.290m/s,比测期间本站流量测次分布均匀,能控制流量变化过程,比测成果见图 3。

3.2 分析范围

雷达波测流系统基于多普勒测速原理,流速越大,漂浮物越多,反射波越强,系统工作越稳定^[3]。

将雷达波虚流量作为横坐标,各流量对比系数作

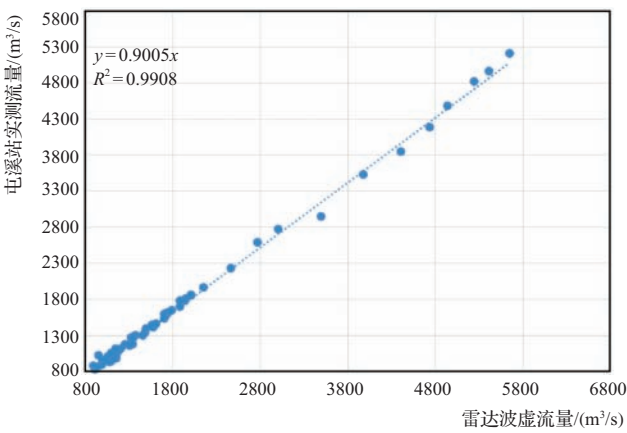


图 3 屯溪站实测流量与雷达波虚流量比测成果

为纵坐标,点绘成图(见图 4)。由图 4 可以看出,雷达波虚流量小于 600m³/s 时系数变幅大,雷达波测流系统不稳定。而雷达波虚流量不小于 600m³/s 时系数基本稳定在 0.8 ~ 1.0 之间,系统所测流量相对可靠,可作为研究分析对象。各流量级对比系数在 0.8 ~ 1.0 之间的占比见表 2。

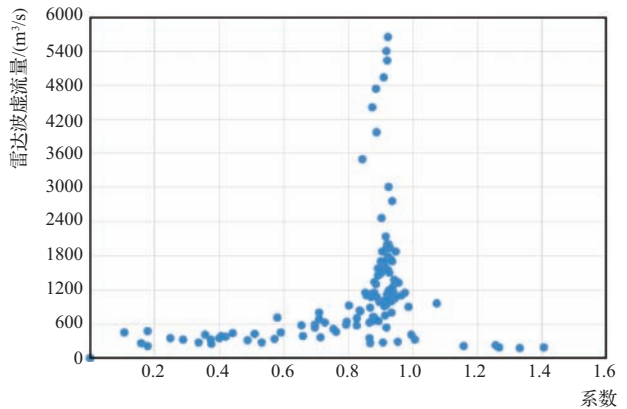


图 4 雷达波虚流量与对比系数关系

表 2 各虚流量级对比系数在 0.8 ~ 1.0 之间的占比

序号	适用流量/(m ³ /s)	系数范围组数/总组数	占比率/%
1	$Q_{虚} < 600$	7/44	16
2	$600 \leq Q_{虚} < 1000$	16/22	73
3	$1000 \leq Q_{虚} < 2500$	44/44	100
4	$2500 \leq Q_{虚}$	10/10	100

3.3 系数分析

将雷达波测流系统所测虚流量不小于 600m³/s 的测次与屯溪站实测流量共 76 组数据分流量级建立相

关系^[4],以雷达波虚流量 $Q_{\text{虚}}$ 为横坐标,屯溪站实测流量 $Q_{\text{实}}$ 为纵坐标点绘成图,见图5~图7。由图5~图7可以看出,各流量级相关关系为线性关系,曲线2、曲线3相关系数在0.90以上,相关性较高,而曲线1相关系数为0.73,有一定相关性但关系较差,见表3。

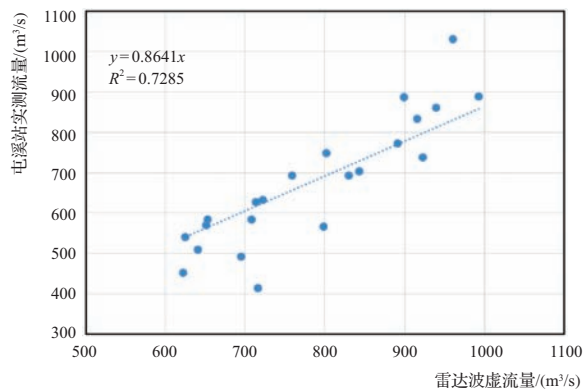


图5 雷达波虚流量 $600\text{m}^3/\text{s} \leq Q_{\text{虚}} < 1000\text{m}^3/\text{s}$ 流量比测相关分析

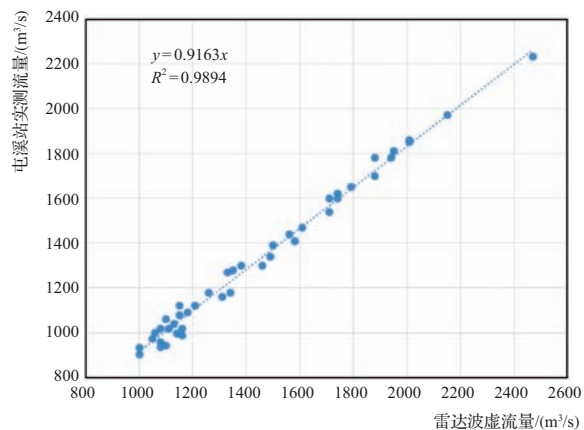


图6 雷达波虚流量 $1000\text{m}^3/\text{s} \leq Q_{\text{虚}} < 2500\text{m}^3/\text{s}$ 流量比测相关分析

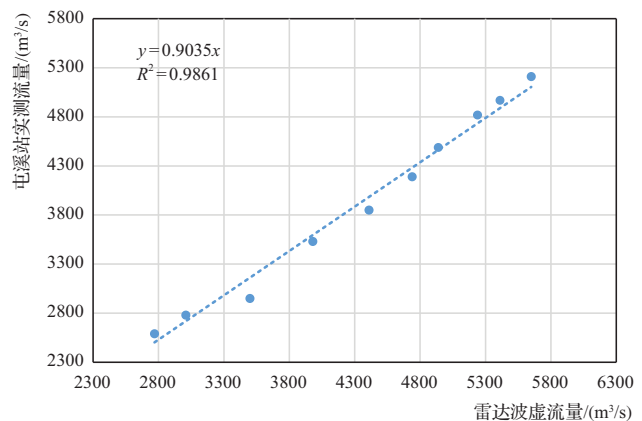


图7 雷达波虚流量 $2500\text{m}^3/\text{s} \leq Q_{\text{虚}}$ 流量比测相关分析

表3 各曲线关系式

曲线号	适用流量	关系式	系数	相关系数
1	$600 \leq Q_{\text{虚}} < 1000$	$Q_{\text{雷}} = 0.86Q_{\text{虚}}$	0.86	$R^2 = 0.73$
2	$1000 \leq Q_{\text{虚}} < 2500$	$Q_{\text{雷}} = 0.92Q_{\text{虚}}$	0.92	$R^2 = 0.99$
3	$2500 \leq Q_{\text{虚}}$	$Q_{\text{雷}} = 0.90Q_{\text{虚}}$	0.90	$R^2 = 0.99$

4 误差分析

根据雷达波系统流量 $Q_{\text{雷}}$ 与雷达波系统虚流量 $Q_{\text{虚}}$ 的相关关系式,计算雷达波系统流量 $Q_{\text{雷}}$,分析 $Q_{\text{雷}}$ 与实测流量 $Q_{\text{实}}$ 的误差,相对误差精度不大于10%的合格率达92.1%^[5-6]。

4.1 关系曲线检验分析

屯溪站实测流量 $Q_{\text{实}}$ 与雷达波测流系统所测虚流量 $Q_{\text{虚}}$ 符合曲线关系,对3条关系曲线进行三项检验,经检验计算,成果见表4、表5、表6。符号检验、适线检验及偏离数值检验方面3条曲线均合格;随机不确定度、系统误差方面曲线2、曲线3较小,比测精度指标符合《河流流量测验规范》(GB 50179—2015)的要求,而曲线1偏大,超出规范要求^[7]。

表4 曲线1三项检验

样本容量	$N = 22$	正号个数:13	符号交换次数:13
符号检验	$u = 0.64$	允许:1.15(显著性水平 $\alpha = 0.25$)	合格
适线检验	$U = -1.31$	免检	
偏离数值检验	$ t = 0.45$	允许:1.70(显著性水平 $\alpha = 0.10$)	合格
标准差	$Se = 12.5\%$	随机不确定度:25.0%	系统误差: -1.2%

表 5 曲线 2 三项检验

样本容量	$N = 44$	正号个数:22	符号交换次数:29
符号检验	$u = -0.15$	允许:1.15(显著性水平 $\alpha = 0.25$)	合格
适线检验	$U = -2.44$	免检	
偏离数值检验	$ t = 1.11$	允许:1.67(显著性水平 $\alpha = 0.10$)	合格
标准差	$Se = 3.2\%$	随机不确定度:6.4%	系统误差: -0.5%

表 6 曲线 3 三项检验

样本容量	$N = 10$	正号个数:6	符号交换次数:2
符号检验	$u = 0.32$	允许:1.15(显著性水平 $\alpha = 0.25$)	合格
适线检验	$U = 1.33$	允许:1.64(显著性水平 $\alpha = 0.05$)	合格
偏离数值检验	$ t = 0.16$	允许:1.81(显著性水平 $\alpha = 0.10$)	合格
标准差	$Se = 3.4\%$	随机不确定度:6.8%	系统误差:0.2%

4.2 突出点分析

对研究分析测次进行突出点分析,发现影响雷达波测验稳定性的主要因素为风力风速、雨强、湖边枢纽调控等。

4.2.1 风力风速影响

选取测验时有风的测次,对流速与风速进行对比,点绘流速/风速-系数关系图,见图 8。由图 8 可以看出,流速/风速小于 1 时,即流速小于风速,大多数比测系数不在 0.8~1.0 之间,风速对雷达波测验影响较大。反之,流速/风速大于 1 时,比测系数基本稳定在 0.8~1.0 之间。

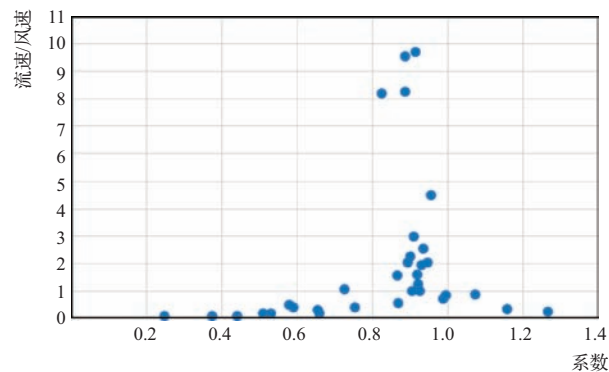


图 8 流速/风速-系数关系

4.2.2 降水影响

选取所有比测时有降水的测次,点绘雨强-系数-流速关系图,见图 9。由图 9 可以看出,雨强大于

0.04mm/min 且流速小于 1.0m/s 时,雷达波系统所测虚流量偏大,系数偏小;流速越小雨强越大,所受影响越明显;当流速足够大时,雨强对测验影响减弱。

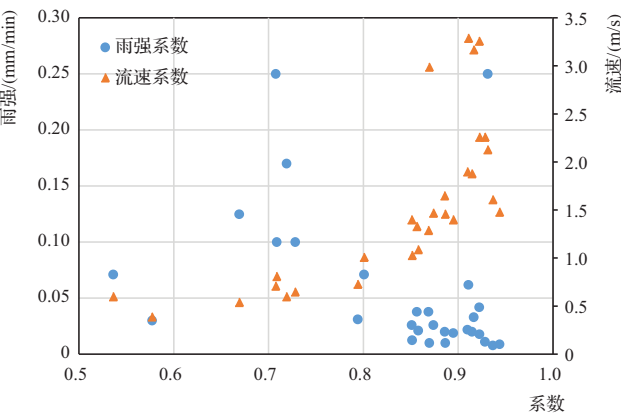


图 9 雨强-系数-流速关系

4.2.3 水利枢纽调控影响

屯溪站水情稳定性主要受湖边枢纽调节影响^[8-10]。雷达波测流系统仅监测河流表面流速计算流量,闸门调控时不能很好地监测断面流量变化,此时所测虚流量偏小,系数偏大。

5 成果验证

5.1 流量过程线对比

选取屯溪站最大 7d 洪量流量过程线与雷达波流量过程线进行对比,见图 10。流量过程基本一致,但

有小部分雷达波流量测次出现跳变情况。分析原因主要是受降雨等因素影响,部分测次垂线信号差不能测得流速,雷达波虚流量偏小;雷达波施测时有游船、飞鸟等物体快速通过,使部分测次垂线流速偏大,雷达波虚流量偏大。

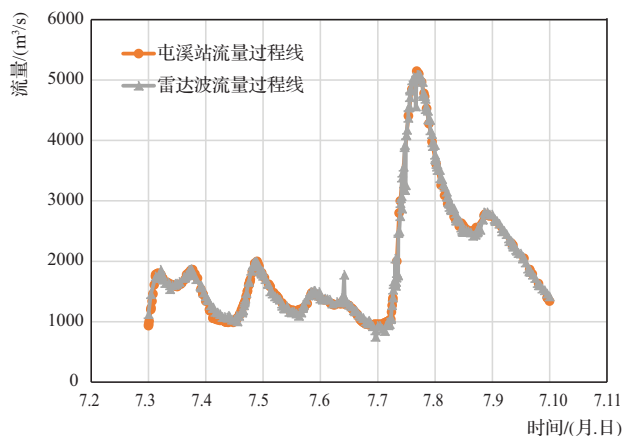


图 10 流量过程对比

5.2 最大径流量对比

将屯溪站与雷达波测流系统最大 1d、最大 3d、最大 7d 径流量进行对比,结果见表 7。相对误差最大的是最大 7d 径流量,为 1.1%;最小的是最大 3d 径流量,为 0。各对比项相对误差均小于 3.0%,说明雷达波测流系统推流精度较高。

表 7 径流量对比

时 段	径流量/亿 m ³		相对误差/%
	雷达波推流	屯溪站推流	
最大 1d	2.753	2.782	-1.0
最大 3d	6.981	6.981	0
最大 7d	11.850	11.720	1.1

6 结 语

本文对屯溪水文站雷达波在线监测系统的仪器安装、位置选择、分析率定、误差分析等进行了研究,结果

表明,比测期间雷达波在线测流系统总体运行良好,系统虚流量不小于 1000m³/s 时,测量结果符合《河流流量测验规范》(GB 50179—2015)中浮标法测流精度要求,可以作为屯溪水文站流量测验方法使用。虽然雷达波测流系统在使用中具有一定局限性,但相对于传统测流方法来说,不仅可以解决高洪时期漂浮物较多的影响,还可以实现自动、完整、高效的流量测验,提高了测流成果的时效性,为实现水文现代化、自动化提供了有效技术支撑^[11-12]。

参考文献

- [1] 廖旦英. 蓝山水文站全自动雷达波在线缆道测流系统流量系数率定分析[J]. 湖南水利水电, 2017(4): 52-55.
- [2] 董礼玮. 陈河水文站代表垂线平均流速与断面平均流速关系分析[J]. 陕西水利, 2015(S1): 186-188.
- [3] 刘为国, 彭丽. 雷达波流速仪比测分析及应用[J]. 水利建设, 2015(5): 112-113.
- [4] 刘代勇, 邓思滨, 贺丽阳. 雷达波自动测流系统设计与应用[J]. 人民长江, 2018(18): 64-68.
- [5] 冼永成. 腰古水文站雷达波在线测流系统流量系数率定分析[J]. 广东水利水电, 2020(1): 38-41.
- [6] 任晓敏, 靳利翠. 候壁水文站移动雷达波水文测验流量比测分析[J]. 河海水利, 2018(3): 43-44.
- [7] GB 50179—2015 河流流量测验规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2016.
- [8] 叶泽纲, 余玉良, 叶望. 长沙综合枢纽建设对长株潭地区河道水文情势变化研究[J]. 湖南水利水电, 2020(3): 48-54.
- [9] 潘杰. 淞港河南枢纽调水对区域水文情势及水质影响分析[J]. 江苏水利, 2015(11): 31-33.
- [10] 吴培军, 段明, 陈江, 等. 鄱阳湖水利枢纽调度对鄱阳湖水资源利用的影响[J]. 人民长江, 2020, 51(9): 101-106.
- [11] 侯永强. 水文监测工作中的问题与对策[J]. 科学技术创新, 2019(6): 14-15.
- [12] 李天慧. 水文水资源监测现状及应对措施[J]. 化工设计通讯, 2019(8): 223-225.

基于高分影像遥感的城市黑臭水体提取研究

吴 阳 易 达 李逢清

(昆明理工大学津桥学院,云南 昆明 650101)

【摘 要】 城市黑臭水体是百姓反应强烈的水环境问题,不仅损害了城市人居环境,也严重影响城市形象。本文以国产高分系列卫星高分一号(GF-1)遥感影像为数据源,采用定量遥感的技术手段,通过建立水体指标反演模型,对苏州市相城区的城市黑臭水体进行了提取,并进行了研究。结果表明,苏州市相城区城市黑臭水体共有88个,占相城区总河流数量的8.0%;相城区黑臭水体总水域面积为 0.975km^2 ,仅占总水域面积的0.5%。

【关键词】 遥感;城市黑臭水体;高分影像;苏州相城区

中图分类号:TV213.4

文献标志码:B

文章编号:2096-0131(2022)06-074-05

A Study on extraction of urban black and odorous water body based on high-resolution image remote sensing

WU Yang, YI Da, LI Fengqing

(Kunming University of Science and Technology Oxbridge College, Kunming 650101, China)

Abstract: Urban black and odorous water body is a water environment problem strongly reflected by the people, which not only damages the urban living environment, but also seriously affects the image of the city. In this paper, the domestic high-resolution image series satellite-Gaofen-1 (GF-1) is used as the data source, and the quantitative remote sensing technology is adopted to extract the urban black and odorous water body in Xiangcheng District of Suzhou by establishing the water body index inversion model. The extraction results show that there are 88 black and odorous water bodies in Xiangcheng District of Suzhou, accounting for 8% of the total number of rivers in Xiangcheng District. The total water area of the black and odorous water body in Xiangcheng District is 0.975km^2 , accounting for only 0.5% of the total water area.

Key words: remote sensing; urban black and odorous water body; high score image; Xiangcheng District of Suzhou

我国水资源由于污废水排放口直排、降水携带污染负荷、生物体污染、城镇污水厂尾水超标等原因造成水体及其周边生态环境污染严重,特别是城市的部分水体已成为黑臭水体。城市黑臭水体是百姓反

应强烈的水环境问题,不仅损害了城市人居环境,也严重影响城市形象,水资源保护和水污染治理成为现代社会最关注的问题之一,城市黑臭水体的治理与保护更是重中之重。在对城市黑臭水体治理与保

收稿日期:2022-01-26

作者简介:吴阳(1991—),男,讲师,硕士,主要从事高校教育工作。

护之前,黑臭水体的识别与提取是基础与关键^[1-3]。《城市黑臭水体整治工作指南》中对于城市黑臭水体给出了明确定义:一是明确范围为城市建成区内的水体;二是从“黑”和“臭”两个方面界定,即呈现令人不悦的颜色和(或)散发令人不适气味的水体,以百姓的感观判断为主要依据。黑臭水体的传统判断方法主要为开展水质检测,通过人工采集水样、实验室化验分析得到数据进行分析研判,遥感技术具有高效快速的优点,有效地弥补了传统调查方法的不足。因此,利用遥感技术对城市黑臭水体进行提取研究具有一定的研究价值,能够为城市黑臭水体的治理提供理论支撑。

1 研究区域与数据

1.1 研究区域概况

本次研究区域为江苏省苏州市相城区,研究区总面积为489.96km²,其中水域面积占总面积的40%左右,常住人口98.8万、户籍人口47.2万,境内共有湖泊10个,大小河流1101条。

1.2 遥感数据源及其预处理

1.2.1 遥感数据源

本次实验使用的遥感影像来自国产高分系列卫星的高分1号(GF-1)。影像共5个波段,包括1个全色波段和4个多光谱波段,其中GF-1 PMS相机全色波段的分辨率为2m,其余多波段的分辨率为8m,通过遥感影像的融合处理,可以获得该区域的2m真彩影像。具体参数见表1。

表1 GF-1 波谱范围

Tag	Band order	Wavelength/nm	Description
全 色	Pan 1	450 ~ 900	Panchromatic
多光谱	Band 1	450 ~ 520	Blue
多光谱	Band 2	520 ~ 590	Green
多光谱	Band 3	630 ~ 690	Red
多光谱	Band 4	770 ~ 890	Near infrared

1.2.2 遥感影像预处理

遥感影像预处理是城市黑水反演的第一步,主要包括辐射定标、大气校正、正射校正等操作步骤,具体的操作流程见图1。

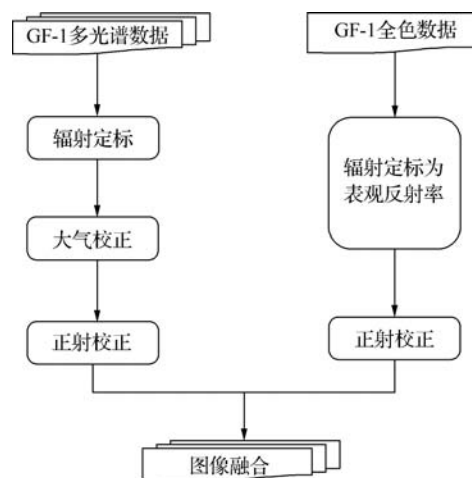


图1 数据与处理技术路线

a. 辐射定标:使用绝对定标系数将卫星图像DN值转换为辐亮度图像,在Radiometric Calibration面板中,将自动选择符合FLAASH大气校正要求的参数。

b. FLAASH大气校正:对于已经完成辐射定标的数据需进行FLAASH大气校正。在大气校正过程中成像中心点经纬度FLAASH自动从影像中获取;传感器高度(Sensor Altitude)设置为645km;像元大小(pixel Size)设置为8m;成像区域平均高度(Ground Elevation)可以通过统计DEM数据获取或忽略。校正结果见图2。

c. 正射校正:对于完成大气校正的影像需进一步进行正射校正,正射校正所需的DEM数据选择高分1号(GF-1)数据自带的30m分辨率的DEM数据。

d. 影像融合:由于本次使用的影像共5个波段,其中GF-1 PMS相机全色波段的分辨率为2m,其余多波段的分辨率为8m,为了提升影像的整体分辨率,本次实验通过遥感影像的融合处理,可以获得该区域的2m真彩影像。影像融合的方法较多,本次实验选择最为常用的Gram-Schmidt方法对遥感影像进行处理。

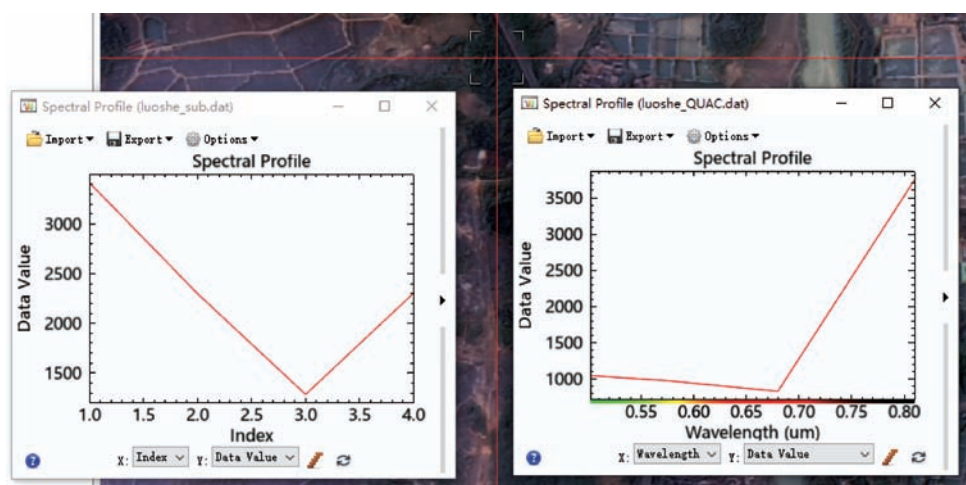


图2 FLLAASH 大气校正结果

2 水体指标反演

2.1 水体指标反演模型

本次水体指标反演模型选择的水体指标主要包括叶绿素浓度 (C_{chl_a})、总悬浮物浓度 (C_{TSS})、透明度 (Z_{sd})^[4-5]。水体指标参数反演一般需结合实测数据进行建模,在缺少卫星过境时实测数据的情况下,可采用以下经验模型^[6-8]:

a. 叶绿素浓度 (C_{chl_a}) 反演模型:

$$C_{chl_a} = 4.089 \left(\frac{b_4}{b_3} \right)^2 - 0.746 \frac{b_4}{b_3} + 29.733$$

式中: b_3 和 b_4 分别为图像经过辐射校正和大气校正后的第3波段和第4波段图像像元 DN 值。

b. 悬浮物浓度 (C_{TSS}) 的反演模型:

$$C_{TSS} = 119.62 \left(\frac{b_3}{b_2} \right)^{6.0823}$$

式中: b_2 和 b_3 分别为图像经过辐射校正和大气校正后的第2波段和第3波段图像像元 DN 值。

c. 透明度 (Z_{sd}) 的反演模型:

$$Z_{sd} = 284.15 C_{TSS}^{-0.67}$$

式中: Z_{sd} 为透明度, cm。

随后统计像元值的分布,利用 $(b1 \geq a) \text{ and } (b1 \leq a)$ 对3个反演结果去除异 DN 值大于 a 的异常值。

2.2 黑臭水体判别

本次实验的黑臭水体判别基于叶绿素 a 和透明度

的营养状态指数来间接评估水体的黑臭程度^[9-10],其估算模型为

$$TLI_{chl_a} = 25 + 10.86 \ln C_{chl_a}$$

$$TLI_{sd} = 51.18 - 19.4 \ln \left(\frac{Z_{sd}}{100} \right)$$

式中: TLI_{chl_a} 为叶绿素 a 营养状态指数; TLI_{sd} 为透明度营养状态指数。

利用 ENVI 归一化扩展工具 Raster Normalization, 对 TLI_{chl_a} 和 TLI_{sd} 进行归一化处理。结合多个水体的 TLI_{max} 值域范围分析,采用自然断裂点法设定水体黑臭程度阈值。 $TLI_{max} < 0.64$ 表示水体无黑臭; $0.64 \leq TLI_{max} \leq 0.72$ 表示水体轻度黑臭; $TLI_{max} > 0.72$ 表示水体重度黑臭。

2.3 水体指标反演流程(ENVI)

2.3.1 水体提取

水体提取采用 NDWI 归一化水体指数,见图3。对 NDWI 图像进行阈值分割,识别水体覆盖范围,通常将 NDWI 阈值设定为0,大于0为水体,小于0为非水体,对于个别提取效果不理想的区域,根据目视提取效果,确定最终水体的阈值,提取效果见图4。

归一化水体指数公式为

$$NDWI = \frac{p(\text{Green}) - p(\text{NIR})}{p(\text{Green}) + p(\text{NIR})}$$

式中: $p(\text{Green})$ 为绿波段; $p(\text{NIR})$ 为近红外波段。

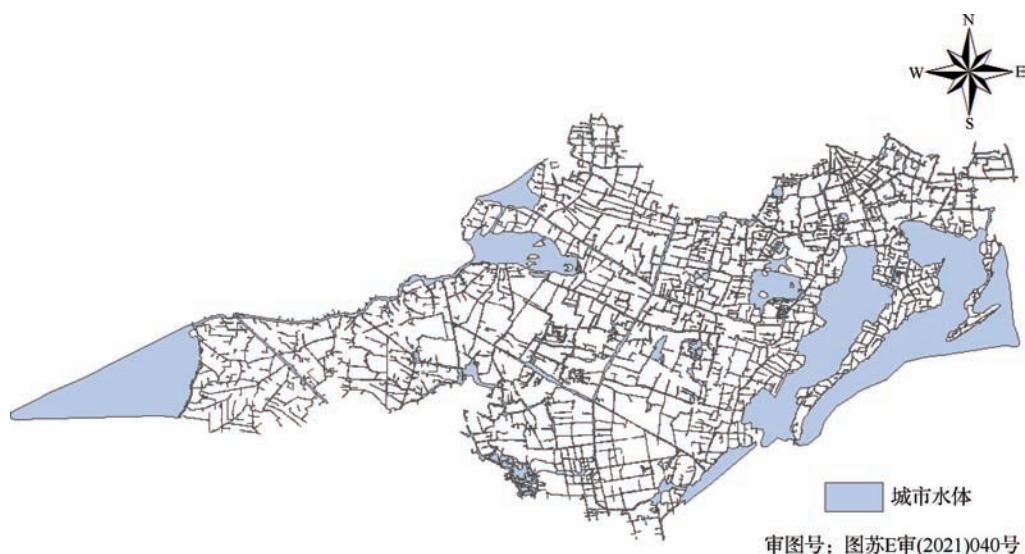


图3 苏州市相城区城市水体提取效果

波段运算表达式为

$$NDWI = \frac{\text{float}(b2) - \text{float}(b4)}{\text{float}(b2) + \text{float}(b4)}$$

式中:float 为浮点解;b2 和 b4 分别为图像经过辐射校正和大气校正后的第 2 波段和第 4 波段图像像元 DN 值。

2.3.2 水体指标反演

按照确定的 3 种水体指标反演模型的计算公式进行波段运算,计算出叶绿素浓度($C_{chl,a}$)、悬浮物浓度(C_{TSS})和透明度(Z_{sd})3 个指标,然后根据黑臭水体判别条件计算黑臭水体指数。黑臭水体指数波段,0 值

为正常水体区域,1 值为黑臭水体。

2.4 水体指标归一化

为直观地表示多期数据间的变化,需要对反演结果进行归一化处理,使所有 DN 值范围统一到 0~1 之间,见图 5。归一化的原理为

$$\text{Normalization} = \frac{DN - DN_{\min}}{DN_{\max} - DN_{\min}}$$

式中:DN 为原始像元值; DN_{\min} 、 DN_{\max} 分别为波段的最小值、最大值。



图4 苏州市相城区城市黑臭水体提取效果

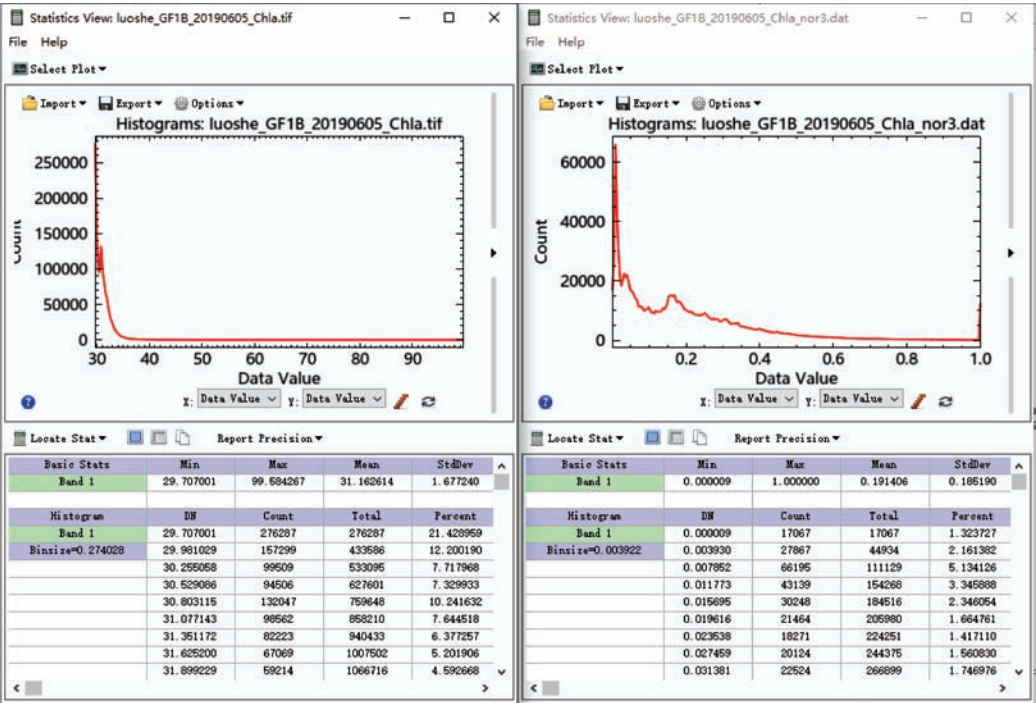


图5 归一化处理效果

3 实验结果验证与分析

3.1 实验结果验证

为了验证本次实验对于城市黑臭水体的提取效果,2020年1月,对研究区域内提取的黑臭水体进行了实地勘察调研。GF-1卫星影像红外合成显示时,可

看出水体区域有一定的光谱反射。通过实地验证,实际情况与上述实验结果一致。

3.2 实验结果统计分析

对苏州市相城区的城市黑臭水体矢量数据进行提取与统计,统计结果见图6。

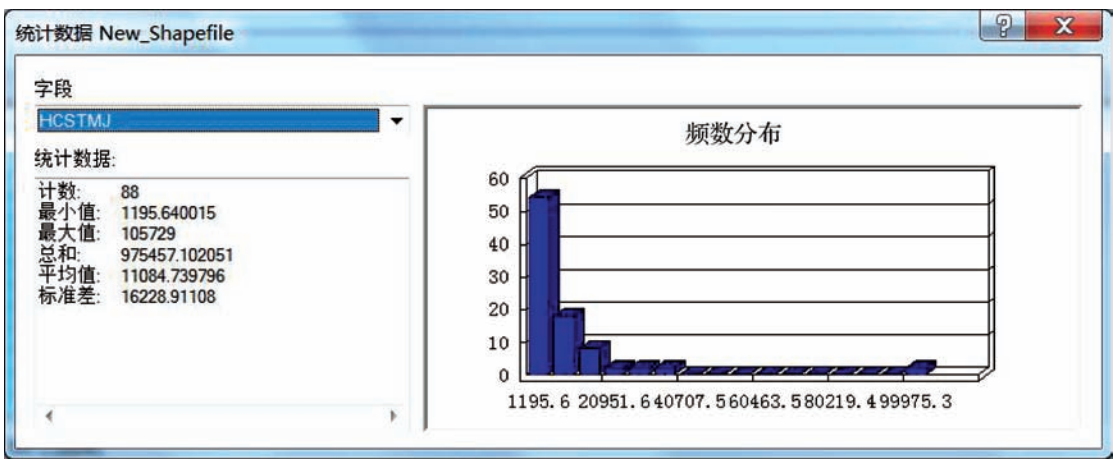


图6 苏州市相城区黑臭水体统计结果

由图6可知,苏州市相城区城市黑臭水体有88个,其中城市黑臭水体水域面积最小的为1195m²,最大的为105729m²,平均水域面积为11084m²,黑臭水体

水域总面积为975457m²。

苏州市相城区境内共有湖泊10个,大小河流1101条,水域面积约为196km²。相城区黑 (下转第84页)

上海市乡村河湖生态治理技术体系研究

顾 鹏

(上海宏波工程咨询管理有限公司,上海 201707)

【摘 要】 上海市水环境治理从“十三五”的消除黑臭水体与劣Ⅴ类水体阶段步入“十四五”的生态清洁小流域治理阶段。本文通过对照新时期城市建设与水利乡村振兴的要求,总结上海市乡村河湖的总体情况与典型特征,系统梳理了上海市乡村河湖生态治理的技术体系,并对不同岸段属性类型的河湖进行了适用性分析,以为有关技术人员提供一定的借鉴与参考。

【关键词】 水环境;生态治理;技术体系;乡村河湖;上海市

中图分类号: TV213.4

文献标志码: B

文章编号: 2096-0131(2022)06-079-06

A Study on ecological management technology system of rural rivers and lakes in Shanghai

GU Peng

(Shanghai Hongbo Project Management Co., Ltd., Shanghai 201707, China)

Abstract: The water environment treatment in Shanghai has stepped from the stage of eliminating black and odorous water bodies and inferior V water bodies in the 13th Five-Year Plan to the stage of ecological clean small watershed treatment in the 14th Five-Year Plan. According to the requirements of urban construction and rural revitalization in the new era, this paper summarizes the general situation and typical characteristics of rural rivers and lakes in Shanghai, systematically combs the technical system of ecological management of rural rivers and lakes in Shanghai, and analyzes the applicability of rivers and lakes with different types of shore attributes, so as to provide some reference for relevant technical personnel.

Key words: water environment; ecological management; technical system; rural rivers and lakes; Shanghai City

自20世纪70年代以来,德国、美国、日本、澳大利亚等发达国家将生态学引入河流治理中,治理理念从开发利用转向兼顾生态修复^[1]。我国河道治理目前正处在从工程治河向生态治河的过渡阶段,上海市在历年的河道治理中也积累了丰富的生态治理经验。上海市乡村河湖是河网水系的重要组成部分,水环境治理

也是贯彻落实乡村振兴战略、建设生态清洁小流域、改善乡村人居环境的重要任务,规范乡村河湖治理与保护是促进乡村地区水环境面貌好转的有效手段。本文通过总结过往的生态治理经验,及时更新治理理念与技术,提出上海市乡村河湖生态治理技术系统化构建方案,具有重要的现实意义和应用价值。

收稿日期: 2022-01-20

作者简介: 顾鹏(1995—),男,助理工程师,学士,主要从事水利工程规划设计及水环境治理研究工作。

1 上海市乡村河湖总体情况与主要特征

1.1 总体情况

上海市乡村河湖主要涉及乡村河道与乡村湖泊。乡村河道主要指村级河道(兼顾镇级河道);乡村湖泊主要指乡村公园、绿地、小区或单位自管的湖。上海市域范围内总计有 46879 条中小河道(湖泊)。其中,村级河道 39032 条,长 18513.20km,面积为 196.3120km²,河湖水面率为 3.10%;镇(乡)管河道 2660 条,长 6537.15km,面积为 119.2538km²,河湖水面率为 1.88%;镇(乡)管湖泊 20 个,面积为 3.0241km²,河湖水面率为 0.05%;其他河道 5167 条,长 1473.11km,面积为 53.7660km²,河湖水面率为 0.85%^[2]。上海乡村河湖河道长度约 2.65 万 km,河道面积约 372km²,占全市河湖面积的 58.00%,主要涉及青浦、崇明、金山、奉贤、嘉定、松江、宝山、闵行、浦东新区 9 个区。各行政区乡村河湖河网密度在 2.08~7.34km/km² 之间,各行政区河湖水面率为 3.87%~7.80%。

1.2 主要特征

上海市水系发达,河流纵横交错,是典型的平原河网地区。上海市乡村河湖作为太湖流域水系末端的“毛细血管”,具有以下特征:

a. 河网密集,河道规模小。上海乡村河湖河网密集,水系纵横交错,郊区各行政区的河网密度均大于 2.00km/km²,河网密度最大的为崇明区,达到 7.34km/km²。乡村河湖多数分布于农田、宅基地区域,少数分布于集镇区,主要承担区域除涝、农业灌溉等功能。乡村河湖河道规模普遍偏小,河道宽度集中在 5~15m,河底高程多为 0.5~1.0m,常水位情况下,河道每米蓄水量约为 5~30m³。

b. 水动力不足,流速低,易淤积。上海地区地势平坦,乡村河湖比降平缓,大多以平坡为主,再加上水利片区外围设置有闸或泵闸,内河水位受人工调节影响,河道水动力普遍不足,流速低。乡村河湖周边多为农田,河道整治或水土保持措施相对较少,处于自然状态,河道岸坡持续受水流侵蚀,水位变动区土体逐渐松

动滑入河道,加上水动力不足,淤泥随水流移动的概率降低,导致河道容易产生淤积现象。

c. 水体环境容量小,自净能力差。乡村河湖河道规模小,蓄水量偏少,自净能力差,且极易受到周边农业及农村非点源污染,造成水体富营养化,导致河网水质及水体景观不佳。

d. 水体生境单一,生态系统脆弱。以往乡村河道整治时,片面强调防洪、排涝、灌溉等功能,往往忽略了河道自然资源功能与生态功能,自然河流的生态链遭到破坏。为了保证河道过水通畅,河道断面形态设计趋向渠道化,河道的平面走向定线偏向直线化,河道护岸使用硬质性材料,隔绝了水陆连通,降低了河道生物多样性,致使生态系统脆弱。

e. 河湖管理难度大,环境面貌有待改善。乡村河湖数量众多,且多位于农业生产区域,沿河交通不发达,再加上河道养护经费以及人员配置相对不足,养护管理难度较大。河道周边多为农业生产用地以及宅基地,当地居民环境保护意识薄弱,生产生活中产生的垃圾随意丢弃,造成河道环境面貌差等现象。

2 上海市乡村河湖水治理技术体系

2.1 岸段划分

根据河道所处的区位、河道两侧腹地功能、岸后用地类型、河道资源特色等情况,上海市乡村河湖可划分为城镇区、村落聚集区、农业生产区、绿地公园区 4 种类型。

2.2 技术分类

乡村河湖水治理技术可分为河湖生境改善、水质辅助提升以及生物群落构建 3 类。河湖生境改善技术用于疏通河道生态脉络、强化河道生态基底以及强化水陆生态连通,包括水系连通、河道平断面形态设计、岸坡生态防护及河道内栖息地加强技术等。水质辅助提升技术可在河道本身自净能力差的情况下,辅助提升水体自净能力,是河道水质保障的有效手段,包括原位净化技术、异位净化技术等。生物群落构建技术用于完善河道生态系统结构,包括陆域植物、滨水植物、

水生植物及水生动物的生态群落构建等。

2.2.1 河湖生境改善技术

2.2.1.1 水系连通

水系连通性直接关系到水系功能的正常发挥,连通性好的河流水系有利于水量调蓄、水质交换及生态循环等多项河流功能的发挥,有助于解决区域水灾害、水资源、水环境与水生态等多方面问题。水系连通主要分为水系纵向连通与水陆侧向连通,纵向连通常用

的方法为拆坝建桥(涵),水陆侧向连通多采用岸坡生态防护技术,保持河水与两岸陆地的顺畅交流。

2.2.1.2 河道形态设计

河道形态设计包括河道平面形态设计与断面形态设计。

河道平面形态设计应注意:④保持河道自然蜿蜒的形态,避免裁弯取直;⑤保留河道自然浅滩,在河道管理范围内适当构建浅滩湿地,见图1。

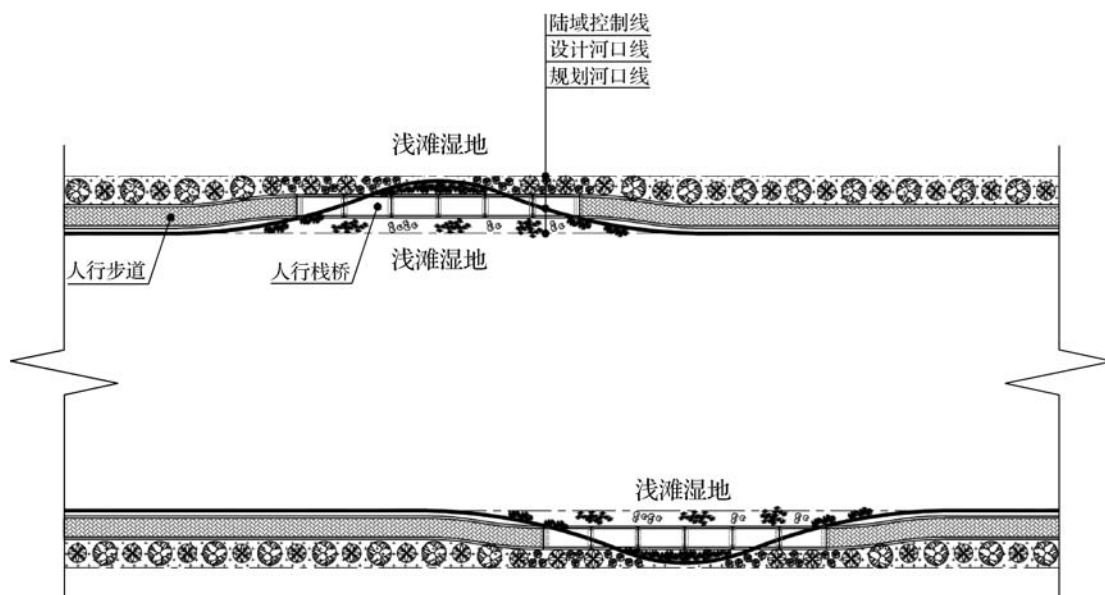


图1 浅滩湿地平面示意图

断面形态设计应注意:④尽量维持河道原有的天然断面形态和宽度,避免“渠化”河道,尽量维持河道高低起伏、深泓浅滩交错、急流缓流相间的多样性;⑤在满足河道排涝、蓄积水源的情况下,适当抬高河底高程,以便更好地促进沉水植物的生长;⑥为两栖类动物预留生物通道。

2.2.1.3 岸坡生态防护

上海乡村河湖岸坡生态防护一般分为生态型岸坡建设与护岸生态化改造,其中生态型岸坡又分为自然生态型岸坡与人工生态型岸坡。自然生态型岸坡常见的有自然土坡、木桩护岸、堆石护岸等。人工生态型岸坡常见的有石笼护岸、三维土工网垫护坡、生态混凝土护坡、连锁式生态砌块护坡、自嵌式生态砖护岸、箱式

砌块护岸、固化土护坡、生态植生袋护岸等。护岸生态化改造一般将硬质护岸常水位以上结构拆除,采用生态材料替换,重新构建生态岸坡,或以种植遮挡硬质护岸植物的方式达到视觉柔化^[3]。

2.2.1.4 河道内栖息地加强技术

设计具有深潭-浅滩的序列特征河道,并在河底适当添加孔隙材料、原木、砾石、卵石等材料,营造生境的多样性。

2.2.2 水质辅助提升技术

目前上海常用的河道水质净化技术包括原位净化技术和异位净化技术。其中,原位净化技术可以分为物理法、化学法及生物法^[4],如生物膜技术、生态浮床技术、浅滩湿地技术、曝气增氧技术以及水下森林构建

技术等;异位净化技术包括梯级多塘人工湿地技术^[5]、林草复合湿地构建技术^[6]等。

2.2.3 生物群落构建技术

生物群落构建主要分为陆域缓冲带、滨水缓冲带^[7]、水生植物以及水生动物构建^[8]。应优先选用本土物种,以及成本低、易管护的物种,减少人工维护需求。

3 技术适用性分析及治理要点

3.1 技术适用性分析

河道生态治理技术的选取应遵循系统性、针对性、经济性、长效性和安全性的原则,结合治理需求以及不同岸段属性进行选取,河道生态治理技术组合推荐情况见表1。

表1 河道生态治理技术组合推荐情况

序号	岸段属性	生态治理方向	生态治理技术									
			河湖生境改善				水质辅助提升		生物群落构建			
			水系连通	河道形态设计	岸坡生态防护	河道内栖息地加强	原位净化技术	异位净化技术	陆域缓冲带	滨河缓冲带	水生植物	水生动物
1	城镇区	生态、水质、美观、亲水	★	★	★	☆	★	—	★	★	★	—
2	村落聚集区	生态、水质、自然、亲水	★	★	★	—	☆	☆	★	★	★	—
3	农业生产区	生态、自然	★	★	★	—	—	★	★	★	☆	—
4	绿地公园区	生态、水质、美观、亲水	★	★	★	★	★	★	★	★	★	☆

注 ★代表推荐采用技术;☆代表可采用技术;—代表不推荐采用技术。

3.1.1 河湖生境改善技术

水系连通性是河湖健康评价的重要指标;河道形态设计尊重自然岸线,构建异质性河底;生态型岸坡可以保证水陆有效联动。因此,水系连通、河道形态设计以及岸坡生态防护技术在所有类型岸段中均推荐采用。

河道内栖息地加强技术采用天然或人工材料构建河底微地形,其工艺与作用使得技术更适用于疏浚频率低且对生物群落要求相对较高的岸段。因此,推荐绿地公园区河湖采用,不推荐村落聚集区及农业生产区河湖采用。

3.1.2 水质辅助提升技术

原位净化技术运用场景为原河床,没有岸上的占地需求,但技术偏人工的特性使养护需求较高。因此,更适用于对河道观感要求高且养护方便的城镇区河湖与绿地公园区河湖,尤其适用于水体流通性较差且用地紧张的城镇区河湖。农业生产区河湖交通相对不便,难以及时养护,因此不推荐此技术。

异位净化技术有一定的占地需求,偏自然的特性使养护需求较低,推荐在农业生产区河湖中运用,结合

农灌渠布置可以有效削减农业面源污染物;同时推荐在绿地公园区河湖中与公园要素进行有机结合,有效提升水体的自净能力,减少后期维养成本。

3.1.3 生物群落构建技术

陆域缓冲带与滨河缓冲带既可稳定岸坡,又可拦截、净化初期雨水污染物,因此在所有类型岸段中均推荐采用。

水生植物在净化水质方面有着不可替代的作用,但需定期收割、及时清理植物残体,因此对于养护条件相对较差的农业生产区河湖,可根据自身需求采用,不作为推荐技术。

健康的水体自然“孕育”水生动物,不恰当的物种投放也容易破坏生境稳定,因此,除绿地公园区的人工水体根据自身需求采用外,其他类型岸段均不推荐。

3.2 不同岸段属性治理要点

3.2.1 城镇区河湖水治理

城镇区河道形态保持工程的技术重点体现在河道生境条件的改善与河道两侧缓冲带的建设。条件允许的情况下可结合河道的地形、地貌和水文条件等,进行

局部形态的改变,适当增加河道的蜿蜒性,构筑必要的浅滩、湿地等,提升河道的生物或生境多样性。

3.2.2 村落聚集区河湖水治理

村落聚集区由于居民房屋、农村道路等一般临河而建,在有条件的情况下进行河道生态堤岸建设,必要时可设置供村民休闲、散步的临河亲水步道或景观节点。

3.2.3 农业生产区河湖水治理

农业生产区河道可充分利用现场的地形、地貌条件,结合池塘的分布,选取适宜的位置布置湿地或其他分散处理工程。在有条件的情况下,可在农灌渠入河口布置退水净污湿地^[9],或沿河岸坡脚布置与河道基本平行的生态拦截型沟渠^[10],拦截并处理入河生活污水或灌溉余水。

3.2.4 绿地公园区河湖水治理

绿地公园区河湖,往往需呈现自然的、富有变化的水环境,平面形态灵活选用点状、线状、面状布置,纵断面按需布置跌水以提升水动力。除亲水平台等必需的

硬质结构外,岸坡生态防护以生态型材料为主,体现滨水的自然生态感;构建多层次的滨水植物体系,增强景观的纵深感。

4 应用示范案例——上海市金山区漕泾镇水库村

水库村位于上海市金山区漕泾镇的北侧,村域面积 10.46km²,河道类型属于村落聚集区河湖及农业生产区河湖。水库村在生态治理前,河道普遍淤积,杂草丛生,存在断头或卡口,水动力不足,不仅降低了河道的蓄水和排水能力,也影响了当地居民的生产生活环境。水系连通性及内、外源污染等多重因素导致河道水质差,水体出现富营养化。

为系统推进水环境治理,地方政府分年度启动水库村水乡综合体整治工程以及水库村中小河道整治工程,工程采用河湖生境改善、水质辅助提升以及生物群落构建生态治理技术,具体技术及工程措施见表 2。

表 2 水库村河道生态治理技术及工程措施

生态治理技术体系		技术选择	工 程 措 施
河湖生境改善	水系连通	采用	打通断头及卡口 22 处,水系全面连通
	河道形态设计	采用	平面设计以保留原始形态为主;断面设计采用斜坡式或复合式断面
	岸坡生态防护	采用	全部采用生态型护岸,建设木桩防护的水下生态护岸 10.40km,自然土坡护岸 35.03km
	河道内栖息地加强	未采用	
水质辅助提升	原位净化技术	未采用	
	异位净化技术	采用	建设林水复合湿地 100 余亩;建成生态栖息、林水复合、农水复合湿地 3 处
生物群落构建	陆域缓冲带	采用	构建陆域缓冲带 7.53 万 m ²
	滨河缓冲带	采用	构建滨河缓冲带 10.07 万 m ²
	水生植物	采用	种植水生植物 18.37 万 m ²
	水生动物	未采用	

水库村河道生态治理系统性地运用本技术体系,根据河道类型针对性地选用技术组合,设计要点鲜明,措施经济、安全。水库村河道生态治理,在河湖生境改善方面,打通了水系所有断头、卡点,平面设计保留了河道蜿蜒的原始形态,断面设计以自然斜坡式为主,口宽较小河段采用了复合式断面以增大过水断面,岸坡防

护全部采用了生态型材料;在水质辅助提升方面,以无设备管养需求的人工湿地为主,结合当地林草资源与农田布局构建了林水、农水复合湿地;在生物群落构建方面,以植物为主构建了多层次的缓冲带与水生植物带。

自生态治理以来,水库村的水环境面貌显著提升,河道水质明显改善并持续向好,水质常年保持在Ⅱ~

Ⅲ类,2021年成为上海市首批生态清洁小流域建设示范点,同年入选水利部2021年度国家水土保持示范工程(生态清洁小流域)。

5 结 语

上海市近年来围绕水环境治理开展了大量的工作,并取得了一定的成绩,但与高标准要求还存在一定的差距。《上海市生态环境保护“十四五”规划》提出要将上海市建设成为“生态之城”,在后续水治理工作中需将生态放在核心地位,不断夯实生态基底,并巩固治理成果,实现水环境面貌再上新台阶。◆

参考文献

- [1] 董哲仁,孙东亚,赵进勇,等.生态水工学进展与展望[J].水利学报,2014,45(12):1419-1426.
- [2] 上海市水务局.2020上海市河湖报告[R/OL].(2021-02-09).<http://swj.sh.gov.cn/hhbg/20210209/834b82f22907475a92ae4cbda07ae7b3.html>.

(上接第78页)臭水体数量占总河流数量的8.0%,黑臭水体水域面积仅占相城区总水域面积的0.5%。

4 结 语

本次实验以国产高分系列卫星的高分1号(GF-1)遥感影像为数据源,采用定量遥感的技术手段,通过建立水体指标反演模型,对苏州市相城区的城市黑臭水体进行了提取。结果表明,苏州市相城区城市黑臭水体共有88个,占相城区总河流数量的8.0%;相城区黑臭水体总水域面积为0.975km²,仅占总水域面积的0.5%。在苏州市相城区城市黑臭水体提取研究过程中发现,河流两岸的植被对于黑臭水体反演影响较大,为了提高黑臭水体的提取精度,城市水体矢量数据提取尤为重要,提取时应尽量精准。高分1号(GF-1)影像数据光谱分辨率较低,后期研究可以尝试利用高光谱影像进行进一步的研究。◆(云南省高校自然资源空间信息集成与应用科技创新团队)

参考文献

- [1] 吕恒,江南,李新国.内陆湖泊的水质遥感监测研究[J].地

- [3] 李奎鹏.河道直立式硬质护岸生态化改造技术研究[D].南京:东南大学,2016.
- [4] 陈兴茹,许凤冉.城市河流水质原位净化技术综述[J].水利水电技术,2011,42(7):19-23.
- [5] 彭思琪.一种梯级式人工湿地—生态塘系统深度处理尾水技术研究[D].长沙:中南林业科技大学,2019.
- [6] 张佳蕊.乡村振兴导向下小尺度郊野公园的设计实践——以上海市漕泾镇水库村林草复合岛屿湿地为例[J].城市建设理论研究(电子版),2020(20):44-46.
- [7] 钱进,王超,王沛芳,等.河湖滨岸缓冲带净污机理及适宜宽度研究进展[J].水科学进展,2009,20(1):139-144.
- [8] 徐后涛,赵风斌,郑小燕,等.上海市中小河道生态治理集成技术应用研究[J].绿色科技,2017(16):22-25.
- [9] 王沛芳,姜明月,钱进,等.农田退水净污湿地对污染物的净化效果及机理分析[J].水资源保护,2020,36(5):1-10.
- [10] 杨林章,周小平,王建国,等.用于农田非点源污染控制的生态拦截型沟渠系统及其效果[J].生态学杂志,2005(11):121-124.

球科学进展,2005,20(2):185-192.

- [2] 王桥,魏斌,王昌佐,等.基于环境一号卫星的生态环境遥感监测[M].北京:科学出版社,2010.
- [3] 王彦飞,李云梅,吕恒,等.环境一号卫星高光谱遥感数据的内陆水质监测适宜性——以巢湖为例[J].湖泊科学,2011,23(5):789-795.
- [4] 马雪梅,雷秀丽,李希峰,等.基于数据挖掘技术的流域不透水面及变化信息提取[J].测绘通报,2007(12):34-37.
- [5] 肖潇,徐坚,赵登忠,等.汉江中下游典型河段水环境遥感评价[J].长江科学院院报,2016,33(1):31-37.
- [6] 韩文聪,张霄宇,陈嘉星,等.基于高分二号影像的城镇黑臭水体遥感监测[J].环境生态学,2021,3(1):63-71.
- [7] 姚月,申茜,朱利,等.高分二号的沈阳市黑臭水体遥感识别[J].遥感学报,2019,23(2):230-242.
- [8] 靳海霞,潘健.基于高分二号卫星融合数据的城镇黑臭水体遥感监测研究[J].国土资源科技管理,2017,34(4):107-117.
- [9] 吴传庆,盖嘉翔,王桥,等.湖泊富营养化遥感评价模型的建立方法[J].中国环境监测,2001,27(5):77-82.
- [10] 朱利,李云梅,赵少华,等.基于GF-1号卫星WV2数据的太湖水质遥感监测[J].国土资源与遥感,2015(1):113-120.