

环境科学导刊 (双月刊)
HUANJING KEXUE DAOKAN

第 38 卷 第 2 期 总第 185 期

2019 年 4 月 25 日出版

目 次

· 环境管理 ·

基于“河长制”的乡镇流域管理模式效用探究——以湖南省益阳市河坝镇为例····· 陈泽标 (1)

纳板河流域少数民族生物遗传资源相关传统知识流失调查报告····· 玉香章, 王东升 (6)

多目标规划图解法在渠道设计中的应用研究····· 陈弦, 黄川友, 朱国宇 (11)

· 水环境保护 ·

云南独龙江流域水环境现状及保护对策措施研究····· 和建华 (14)

红河流域元江县域内几种污染物变化规律探讨····· 段漳波 (19)

南盘江上游近 12 a 水质变化趋势及污染特征····· 张宏 (24)

· 大气污染防治 ·

近 70 年昆明市气温变化与城市化影响研究····· 潘娅婷, 杨靖新, 李晓鹏, 杨芳园, 邹灵宇 (29)

安阳市环境空气质量状况、污染原因与对策分析····· 赵海丽, 唐敏, 徐瑞红 (36)

· 水污染防治 ·

邛海湿地天然生物膜对环境改变的响应····· 王雪梅, 陈艺聪, 胡金朝, 杨红 (42)

大连市湿地景观格局动态变化研究及驱动力分析····· 赵杨 (49)

剑湖流域农业面源污染防治技术····· 李佳钰 (53)

· 污染防治技术 ·

云南某铅锌污染场地修复研究····· 孙晶, 潘学军 (56)

基于 Matlab 的曝气量模糊控制器设计····· 王绍斌 (61)

太阳能光伏制造企业生产废水除氟降氮处理工程实例····· 刘莎, 赵娜 (66)

农业废弃物调查并结合蓝莓种植浅析其利用价值····· 万合锋, 黄振兴, 武玉祥, 杨广明, 聂飞 (70)

· 环境影响评价 ·

抚仙湖入湖河流东大河水质评价及其对降雨量的响应研究····· 华春莉, 王应武 (75)

模糊贴适度 - 灰色关联法评价菜地土壤重金属污染····· 肖致强, 林绍霞, 林昌虎 (80)

云南省污染源自动监测设备运行维护监督管理存在的问题及建议····· 贺政卿, 张俊 (85)

保存剂 (硫酸) 对高锰酸盐指数测定的影响····· 杜江, 陈丽琼, 杨晓红, 刘惠, 刘静 (93)

《环境科学导刊》征稿简则····· (23)

《环境科学导刊》发行数字期刊的声明····· (48)

封面图片: 1985 年的昆明东立交义口····· 张卫民 摄

期刊基本参数: CN53 - 1205/X * 1982 * b * A4 * 96 * zh * P * ¥15.0 * 2000 * 19 * 2019 - 04

ENVIRONMENTAL SCIENCE SURVEY

(Bimonthly) Vol. 38 No. 2 2019

Contents

Research on the Utility of Small River Basin Management Mode based on " The River Chief System" – A Case Study on Heba Town, Yiyang, Hunan	CHEN Zebiao (1)
Investigation on the Loss of Traditional Knowledge on Genetic Resources among Ethnic Minorities in the Naban River Watershed, Yunnan, China	YU Xiangzhang etc. (6)
Application of Multi Objective Programming Approach on Designing Channel Ditch	CHEN Xuan etc. (11)
Study on Current Situation of Water Environmental Protection Countermeasures of the Dulong River Basin in Yunnan	HE Jianhua (14)
Study on the Variation Law of Several Pollutants in Yuanjiang County in the Honghe River Basin	DUAN Zhangbo (19)
Water Quality Trend and Pollution Characteristics of the Up – stream of Nanpan River in Recent Twelve Years	ZHANG Hong (24)
Research on the Impacts of the Changes of Temperature and Urbanization in Nearly 70 Years in Kunming ...	PAN Yating etc. (29)
Analysis of Condition and Pollution Causes and Countermeasures of Air Quality in Anyang	ZHAO Haili etc. (36)
The Response of Biofilm to Environmental Changes in Qionghai Lake Wetland	WANG Xuemei etc. (42)
Analysis of Dynamic Change and Driving Force of Wetland Landscape Pattern in Dalian	ZHAO Yang (49)
Pollution Control Technology of Agricultural Non – point Source in the Jianhu Lake Basin	LI Jiayu (53)
Study on Restoration of Polluted Land by Lead and Zinc in Yunnan	SUN Jing etc. (56)
Design of Aeration Fuzzy Controller Based on Matlab	WANG Shaobin (61)
Case Study on Removing Fluorine and Nitrogen in the Wastewater from the Photovoltaic Making Enterprise	LIU Sha etc. (66)
Reuse of Agricultural Wastes to Blue Berry Planting	WAN Hefeng etc. (70)
Water Quality Evaluation of Dongda River in Fuxian Lake and Its Response to Rainfall	HUA Chunli etc. (75)
Assessment on the Heavy Metals Pollution in Vegetable Soil with Complex Model of Euclid Approach Degree – grey Relational Grade Method	XIAO Zhiqiang etc. (80)
Problems and Corresponding Suggestions on Operation and Maintenance and Supervision of Auto – monitoring Devices of Pollution Sources in Yunnan	HE Zhengqing etc. (85)
Effect of Preservative (Sulfuric Acid) on Determination of Permanganate Index	DU Jiang etc. (93)

基于“河长制”的乡镇流域管理模式效用探究 ——以湖南省益阳市河坝镇为例

陈泽标

(中南大学, 湖南长沙 410012)

摘要:以湖南省益阳市河坝镇政府创新乡镇流域管理模式实施“河长制”为例,探究其实施效用。分析了面临的问题:法制保障不足,“河长问责”制度尚不完善;缺乏河道治理保洁长效机制,各责任单位联动不足;公众参与和社会监督缺位,未能实现全民管水治水。提出建议:建立河长制工作考核奖罚制度,严格考核问责;提升动态监测监管水平,开展治理管护标准化建设;加强宣传引导,促进公众参与河长制工作。

关键词:河长制; 乡镇流域; 效用; 问题; 建议; 河坝镇; 湖南

中图分类号: X32 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 02-0001-05

所谓“河长制”,是指由中国各级党政主要负责人担任“河长”,负责组织领导相应河湖的管理和保护工作^[1],即担任河流管护的第一责任人。2016年11月,中共中央办公厅、国务院办公厅在《关于全面推行河长制的意见》中对全面推行河长制作出了总体部署,明确提出了总体要求、主要任务和保障措施。本文以湖南省益阳市河坝镇政府创新乡镇流域管理模式实施“河长制”为例,探究其实施效用。

1 益阳市河坝镇河长制流域管理现状

“乡镇”是中国农村的基层行政区域。在乡镇流域全面推行河长制是治理水生态环境体系的重要组成部分。将乡镇基层的宝贵淡水资源守护好,将乡镇基层的水环境治理好,不仅直接影响到全体乡镇居民的生产生活,还关系到国家淡水资源战略性储备安全。

1.1 河坝镇的河流基本情况

河坝镇隶属湖南省益阳市大通湖区,其前身是国营大通湖农场。2000年8月撤场建镇设区,原大通湖农场改设为河坝镇。其地处环洞庭湖经济圈北部,与组成洞庭湖四大的湖泊之一——大通湖接壤。全镇集雨面积89 km²,城区面积5 km²,耕地面积58.89 km²。

河坝镇境内湖泊、水面、沟渠纵横交错。大通湖水域面积82.67 km²;胡子口河流域面积3.01 km²,河流长度5.02 km;大新河流域面积4.68 km²,河流长度7.8 km;金盆河流域面积15.30 km²,河流长度25.5 km;老三运河流域面积4.68 km²,河流长度7.8 km。此外,还有大型沟渠20道,流域总面积3.892 km²,河流总长度36.8 km;中型沟渠29道,流域总面积1.008 km²,河流总长度77.67 km。共有湖泊1处,河流4条,沟渠49道,流域面积达115.24 km²。

1.2 河坝镇的河长制流域管理模式创新

1.2.1 因地制宜落实河长制,将河长延伸到村一级

自《关于全面推行河长制的意见》发布以来,全国各地积极探索河长制的实施,高位推进,进展顺利,均取得了显著的成效。每条河流有每条河流的特性,因而全面推行河长制也必须因地制宜。

湖南省益阳市河坝镇根据湘办〔2017〕13号文件《湖南省关于全面推行河长制的实施意见》,结合该镇河流域的实际情况,制定了具有当地特色的、结合当地实际的《河坝镇实施河长制方案(2017—2020年)》,推广河坝镇的流域管理模式,涵盖河、湖以及沟渠,将河长延伸到村一级,力求解决河湖保护管理的“最后一公里”问题。

1.2.2 河坝镇全面推行河长制的五项制度

2017年11月,河坝镇政府发布关于印发《全面推行河长制五项制度》的通知,明确提出了河

收稿日期:2017-08-30

作者简介:陈泽标(1998-),男,福建安溪人,中南大学冶金与环境学院环境工程系2016级本科生,攻读环境工程-思想政治教育(工学-法学)双学士学位。主要研究方向为思想政治教育、教育教学管理、环境工程。

长制的五项制度。

(1) 河湖日常监管巡查制度

河湖巡查实行属地管理负责制。由镇级河长负责监督指导,落实人员、经费和设备,组织相关部门开展辖区内河道、湖泊巡查工作。及时发现、制止和查处各类污染河湖水质、破坏水环境和侵占水域岸线等违法行为。

河湖日常监管巡查的工作内容包括:

①是否存在侵占河道、围垦湖泊、非法采砂、对岸线乱占滥用等现象;

②河道水面是否出现成片漂浮物(浮萍、水草、垃圾等)、河道内设置阻碍行洪的障碍物、河滩边垃圾杂物堆积等现象;

③是否存在未经批准擅自新建、改建、扩大排污口等现象;

④是否存在工矿企业偷排、漏排,各类污水直接入河等非法排污现象;

⑤是否存在黑臭水体整治不到位现象;

⑥是否存在河道管理范围内渔业养殖、圈养畜禽、电毒炸鱼等现象;

⑦是否存在船舶、港口非法排污等现象;

⑧是否存在其他有关污染河湖水质、破坏水环境,影响防洪、通航、供水、生态安全等现象。

巡查采用日常巡查和专项巡查相结合、重点巡查与一般巡查相结合、现场巡查与实时监控相结合的方式。巡查频次及方案由各级河长根据实际情况制定,河湖巡查每月不少于1次,可以根据实际情况增加巡查次数。河湖巡查时一般不少于2人。河湖日常巡查监管实行登记制度。巡查人员填写河湖日常监管巡查登记表,逐级按时上报巡查情况。

(2) 河长制工作考核办法

河坝镇的河长制工作考核办法依据考核方案与实施方案相衔接原则、日常考核与年终考核相结合原则、分工负责原则、定量与定性相结合原则,制定考核方案,开展年度考核,公布考核结果。考核分为四个方面:

①组织体系。出台明确的工作方案,建立村级河长制组织体系,明确村级河长;落实工作责任,按照责任分工,协调联动,明确责任人;建立信息共享等相关制度等。

②能力建设。落实河长制工作机构、人员及经费;执法监督能力;建立河湖管护平台及监控系统等。

③主要任务。辖区内水质断面监测情况,考核

评分以每月监测数据为准;畜禽养殖污染控制、农业面源污染防治、河湖矮围整治;黑臭水体整治;农村生活垃圾处置;河道垃圾污染;河道管理范围划界;侵占河湖水域及岸线专项整治;提高水源涵养能力等。

④宣传发动。宣传活动开展情况、信息报送情况;公布河长名单,竖立河长公示牌;社会公众监督评价等。

(3) 河长制工作督查制度

河长制工作督查制度的督察内容有:各地贯彻镇级河长工作会议、河长专题会议研究部署事项的落实情况;河长制工作进展情况,包括工作方案制定情况、组织体系建设情况、制度建立和执行情况、责任落实情况等;镇属责任部门负责人和村级河长履职情况和年底工作任务完成情况等;督导发现问题以及媒体曝光、公众反映强烈问题的整改落实情况等。

督察分为河长督察与河长办督察。河长督察的督察对象为镇河长制工作责任单位主要负责人、村级河长,河长办督察的督察对象为相关责任单位及各行政村。

督察分为定期督察与专项督察两种。定期督察的主要内容是河长制日常工作需要督察的事项,采取“定期督查”“督办函”等形式开展督察。镇河长制工作委员会办公室每季度组织一次督察,对进度滞后或存在需要协调解决问题的村,可开展重点督察。而专项督察则侧重河长工作会议要求督察落实的重大事项,或镇级河长、副河长批办事项,由镇河长制工作委员会办公室从镇属各单位中抽调专门力量专项督导。

督查组按照有关要求,采取座谈交流、实地查看等方式,查阅相关资料,随机抽查,突击抽查或明察暗访。督查组在督察结束后5个工作日内,向镇河长制工作委员会办公室提交督察报告,再由各责任单位进行限期整改落实。

(4) 河长制信息共享制度

河坝镇的河长制信息共享制度遵循及时、准确、高效的原则,包括信息报送、信息简报和信息公开制度。

①信息报送制度。镇河长制工作各责任单位和各行政村明确专人负责信息报送工作,在规定时间内将河长制进展情况加盖公章上报至镇河长制工作委员会办公室,要求信息报送及时、表述清楚、资料准确。由镇河长制工作委员会办公室汇总后上报

至区河长制工作委员会办公室。

②信息简报制度。河长制工作责任单位和行政村应将重大的相关政务信息、举措部署、工作动态以信息简报的形式加盖本单位公章后及时报送至镇河长制工作委员会办公室。

③信息公开制度。根据《信息公开条例》相关规定，及时、准确地公开河长制有关信息，提高工作透明度。适时将河长制工作进展情况向社会公布，接受社会监督。

(5) 河长会议制度

①河长工作会议制度

河长工作会议由镇级河长主持召开。出席人员包括镇级河长、副河长，村级河长、副河长，河长制工作责任单位主要负责人，镇河长制工作委员会办公室负责人等，其他出席人员由镇级河长、副河长根据需要确定。

会议主要事项有研究决定河长制重大政策、重大规划、重点制度；研究确定河长制年度工作要点和考核方案；研究河长制表彰、奖励及重大责任追究事项；协调解决全局性重大问题；经镇级河长同意研究的其他事项。会议研究决定事项为河长制工作重点督办事项，由镇党政综合办公室和镇河长制工作委员会办公室负责组织协调督导，有关镇河长制工作责任单位及村级河长承办。

②河长专题会议制度

河长专题会议由镇级副河长主持召开。出席人员包括河流所经有关的村级河长、相关镇河长制工作责任单位主要负责人或责任人，镇、相关村河长制工作负责人等，其他出席人员由镇级副河长根据需要确定。

会议主要事项有：贯彻落实河长工作会议部署，专题研究所辖江河湖库保护管理和河长制工作重点、推进措施；研究部署所辖江河湖库保护管理专项整治工作等。会议研究决定事项由镇河长制工作委员会办公室负责组织协调督导，有关河长制工作责任单位及村级河长承办。

③河长制工作责任单位联席会议制度

河长制工作责任单位联席会议由镇级副河长或镇河长制工作委员会办公室负责人主持召开。出席人员包括相关河长制工作责任单位责任人和联络人。

会议议定事项包括提出河长制年度工作任务，分解落实河长、副河长的工作事项；协调调度河长制工作进展情况；协调解决河长制工作中遇到的问

题；协调督导河湖保护管理专项整治工作。会议议定事项由有关河长制工作责任单位分别落实。

1.2.3 建立健全“三长一站”河长制工作机制

益阳市河坝镇河长制工作委员会在全镇推行“三长一站”河长制工作机制。所谓“三长一站”，是河长、督察长、警长、护河志愿者工作站的简称。

河长。党委书记担任第一河长，党委副书记、镇长担任河长。负责组织领导全镇河湖的管理和保护工作，包括水资源保护、水域岸线管理、水污染防治、水环境治理、水生态修复、执法监督和督导有关部门。

督察长。由党委委员、纪委书记担任督察长，牵头负责河长制工作督察，履行督察督导职能。

警长。由党委委员、武装部长任全镇第一警长，河坝镇派出所所长任全镇总警长。配合镇级河长开展联合执法，打击涉水违法行为等，保障治水工作顺利开展。

护河志愿者工作站。由党委副书记担任镇护河志愿者工作站站长，引导全镇志愿者配合河长开展护河行动，参与河湖治理，对破坏河湖生态、涉水违法等行为及时制止、举报。

1.2.4 出台河长制工作验收评估办法，将评估细则化、指标化

河坝镇的《河长制工作验收评估办法》促进了该镇全面推行河长制工作部署的落实，规范和推进了河长制验收评估工作，将验收评估细则化、指标化。

验收工作在镇级河长领导下，由镇河长制工作委员会办公室会同镇河长制工作责任单位，结合督查工作，具体组织实施。验收评估的主要内容包括河长制工作组织体系和责任是否落实到位、镇级督导意见的整改落实情况及基础性工作开展情况、河湖管理保护取得的成效等方面。

验收组通过现场察看、听取汇报、查验资料、问题质询等方式开展验收工作，并对照验收评估标准予以赋分。验收实行百分制，90分（含）以上为通过验收。验收总得分由镇级检查得分和镇级随机抽查得分两部分组成，其中镇级检查得分占总得分的70%，镇随机抽取两个行政村作为抽查对象进行单独赋分，取平均分为镇级抽查得分，占总得分的30%。此外还设有加分项，对设立民间河长、河道警长、建立志愿者服务队的或者探索创新出台落实河长责任有关政策措施或实施河湖管理保护措施，酌情予以加分。

2 河坝镇“河长制流域管理”面临的问题

从制度、政府、公众三个方面看，河坝镇“河长制流域管理”面临的问题主要有三项。

2.1 法制保障不足，“河长问责”制度尚不完善

目前，河长制在河坝镇的实施大都依靠政策性文件，由“河长”的行政决策来推动制度实施。这表明河长制的施行仅是停留于政策性层面，尚未升至法制层面。

现今大部分对于河长制的考核均是重结果而轻过程，包括河坝镇，对于河长制工作的考核仍是看重河流是否受到污染、是否治理有效。众所周知，水环境治理并非能够一蹴而就，经过长时间治理才能够看到治理的效果。但包括政府在内的相关责任单位每年的考核均是以结果为主，以“河流是否受到污染”这样一个简单的回答作为考核问责的标准，这样的“河长问责”制度会严重挫伤包括政府在内的相关责任单位的积极性。

2.2 缺乏河道治理保洁长效机制，各责任单位联动不足

河坝镇现行的“河长制”流域管理模式仍是典型的人治。依靠党政领导的行政权进行水环境治理和流域管理，可能会在短期内取得暂时效益，但缺乏河道治理保洁长效机制。例如河坝镇的胡子口河打捞完水葫芦，又有上游其他沟渠的水葫芦漂来，使得打捞完后没有实际效用。

此外，涉水管水的政府部门是多主体、多方面的，包括农业、水务、环保等。在河长制的流域管理模式中，村与村之间、区与区之间、各部门之间、各责任单位之间联动不足，无法有效协调配合。例如在某条河流一边进行河流污染清理，而另一边居民又继续往河流投入垃圾，使得有效的河流污染治理难以实现。

2.3 公众参与和社会监督缺位，未能实现全民管水治水

现阶段的实施情况是河长制的落实仍然侧重于由河坝镇人民政府及行政部门承担管水治水的职责，完成河长制各项工作任务，公众参与和社会监督缺位，未能向外延伸扩展，未能实现更多主体参与，公众参与程度总体较低。

虽然群众可通过在相应流域或河段处竖立的河长公示牌拨打河长热线举报河流污染情况，但这仅仅是河长制工作的一种末端参与行为，效益非常有限，未能实现全民全过程参与。这样难以获得群众对河长制工作的认同与认可，也难以增强群众的水

环境保护意识。

3 河坝镇“河长制流域管理”效用进一步提升的建议

3.1 建立河长制工作考核奖罚制度，严格考核问责

督促河长制的落实除了领导层面协调指导外，更需要层层压实部门责任与个人责任，建立常态化的河长制工作考核奖罚制度，严格考核问责。建议根据湖南省政府《党政领导干部生态环境损害责任追究办法（实行）》，强化乡镇党政领导干部的河湖生态环境保护职责。开展河湖健康评估和河湖生态环境损害赔偿制度改革试点，建立河湖保护管理生态补偿制度，将河湖保护管理工作纳入生态补偿范围，生态补偿资金重点用于河湖保护管理工作。

建立河长制工作考核奖罚制度，将水质水量监测与河湖生态环境保护以及具体工作落实等纳入考核，并将考核结果纳入年度绩效考核内容。对工作不积极的干部和河长、河湖环境进一步恶化的地区，采取通报批评、约谈等措施，要求限期整改。对于因失职或渎职而导致河湖环境遭到严重破坏的责任单位或责任人，依法依规追究其责任。对在河湖管理和保护中取得显著成绩的单位和个人，依法给予表彰奖励。

促使河长制“一月一调度、一季一督查、一年一考核”的督察制度落地生根。镇河长制工作委员会办公室、镇纪检监察室、镇农林水务办公室、国土规划建设环保所加强不定期督察，实行目标考核管理制度，奖优罚劣，并纳入绩效考核。

3.2 提升动态监测监管水平，开展治理管护标准化建设

在大通湖及主要支流重要部位应建立监控系统、河湖管理地理位置系统平台，加强对河湖水域环境的动态监测管理，进一步对水域的基础数据、水域岸线管理以及水质检测等系统化、信息化。明确经费和技术标准，完善监督考核机制，加强河湖水域巡查保洁^[3]及堤防工程维修养护。建立实时、公开、高效的“河长”即时通信平台，将日常巡查、问题督办、情况通报、责任落实^[3]等纳入信息化、一体化管理。通过提升动态监测监管水平，逐步规范河湖管护，有针对性地开展治理管护标准化建设，为河湖治理管护的长效机制奠定坚实基础。

3.3 加强宣传引导, 促进公众参与河长制工作

镇属各单位要加强河湖保护宣传, 有效发挥媒体舆论的引导和监督作用, 在河湖显要位置设置警示标志, 接受群众监督和举报。教育部门组织学校开展河湖保护管理教育, 增强中小学生河湖保护意识^[3], 团委要大力开展形式多样的河湖保护志愿者行动; 宣传部门每年应定期或不定期围绕河湖生态环境保护开展集中宣传活动, 进一步增强社会各界对于河湖环境保护的主体意识, 以营造举全民之力建设河湖保护管理机制的良好氛围。

4 结语

河坝镇自2017年起开始推行河长制, 积极探索基于“河长制”的乡镇流域管理模式。河长制的推广实施仍存在不少难点, 例如: 即使推行了河长制, 但水环境治理仍过于依赖各级行政部门; 如何使水环境治理实现一劳永逸; 如何切实落实追责

等。在推行河长制的过程中, 各地政府必须对这些具体的问题予以重视, 并且在实际工作中深入思考、创新实施, 以寻得解决措施, 使得河长制更加完善, 为后续水环境治理工作夯实基础, 为全民治水创造可能, 让“河长制”真正变为“河长治”。

参考文献:

- [1] 李亮. 现代的老河长, 古代的老河长 [J]. 中国三峡, 2017 (3): 7-9.
- [2] 政府工作报告. [EB/OL]. 新华社: 2017 [2017-03-16]. http://www.gov.cn/premier/2017-03/16/content_5177940.htm.
- [3] 张彦军. 全力推进河长制建设生态新衡水 [J]. 河北水利, 2017 (9): 18-19.
- [4] 彭金平, 邱云. 打造河长制升级版 建设美丽吉安 [J]. 水利发展研究, 2017, 17 (5): 12-14.
- [5] 刘志峰. 山东省全面实行河长制的工作构想 [J]. 中国水利, 2017 (4): 37-39.

Research on the Utility of Small River Basin Management Mode based on “The River Chief System”: A Case Study on Heba Town, Yiyang, Hunan

CHEN Ze-biao

(Central South University, Changsha Hunan 410012, China)

Abstract: This paper took the implementation of “The River Chief System” as an example of the innovative township basin management model of Heba Town in Yiyang of Hunan, and explored its implementation effectiveness. Problems were identified involving in the lack of rules and regulations, the imperfection of the accountability system, the absence of the long term mechanism of treatment and cleaning, the weak cooperation among the responsible administrations, the shortage of public participation and social supervision. Therefore, countermeasures were put forward including establishing the accountability system for the river chief system, improving the dynamic monitoring and supervising ability, implementing standardized construction of river treatment, and strengthening propaganda to promote environmental awareness of the public to be involved in the river chief system.

Key words: the river chief system; small river basins in town; utility; problem; countermeasures; Heba Town; Hunan

纳板河流域少数民族生物遗传资源 相关传统知识流失调查报告

玉香章, 王东升

(纳板河流域国家级自然保护区管理局, 云南 景洪 666100)

摘要: 对纳板河流域内5种主要少数民族利用生物遗传资源相关的传统知识的流失与传承情况进行了调查, 总结分析了各少数民族相关传统知识的流失情况, 对相关传统知识流失的宏观原因进行了分析, 并提出保护建议。

关键词: 生物遗传资源; 传统知识; 流失; 调查; 纳板河

中图分类号: X21 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 02-0006-05

2010年10月,《生物多样性公约》缔约方大会第十次会议通过了意义重大的全球2020年生物多样性目标,其中目标之18条明确提出:到2020年,与生物多样性保护和可持续利用有关的土著和地方的传统知识、创新和做法以及他们对生物资源的习惯性利用得到尊重、保护和维持,并在相关社区的准许下应用于当地生态系统管理。

中华民族有五千年的文明史,各少数民族遗传资源相关传统知识以其博大精深和独特性令世人瞩目。然而,由于土地开发、物种原生环境丧失、生态环境恶化和品种单一化使得部分畜禽、植物种类资源灭绝或者严重濒危,少数民族传统知识的传承与发展创新在当今时代面临各种挑战,传统知识慢慢被侵蚀,大量传统知识迅速流失。开展区域与生物多样性保护相关的传统知识的调研工作对推动我国生物多样性保护和管理具有重要意义,加快完善纳板河流域少数民族传统知识的调查、整理、建档、保护,刻不容缓。

1 调查区域概况

纳板河流域国家级自然保护区(以下简称保护区)是我国第一个按小流域生物圈保护理念规划建设的多功能、综合型自然保护区,属自然生态系统类别中的森林生态系统类型自然保护区。主要保护对象为以热带雨林为主体的森林生态系统及珍稀野生动植物。保护区最大的特色是以完整的纳板河流域为保护单元而建立,是融合保护、科研和社区发展为一体的小流域生物圈保护区,在全国的自然保护区类型中具有独特的意义。

1.1 地理环境

保护区位于云南省西双版纳傣族自治州中北部,以纳板河流域为主,地跨景洪市嘎洒镇和勐海县勐宋乡、勐往乡,总面积26600 hm²。保护区为中低山与河谷相间的地貌类型,地势西北高、东南低,最高海拔2304 m,最低海拔539 m。纳板河全长24.5 km,流域汇水面积211 km²,自北向南穿过保护区中部流入澜沧江。保护区总体气候类型属北热带湿润气候。年平均气温18~22℃,年降雨量1100~1600 mm,区内自然条件复杂,立体气候明显,热量丰富,雨量充沛。

1.2 植物资源

纳板河流域维管束植物多样性较为丰富,目前共记载了292科1228属2996种或变种。已知大型真菌40科93属168种。流域内的资源植物非常丰富,包括了药用植物、可食用植物、用材树种、竹藤类编制植物、油料植物、芳香植物、鞣料植物、染料植物、淀粉植物、树脂与树胶植物、纤维植物、野生水果、野生花卉等13个大类,共计1339种。

1.3 动物资源

纳板河流域脊椎动物种类多样性丰富,通过实地考察、监测和相关文献记载,区内分布有脊椎动物35目118科296属477种。

1.4 社区

保护区涉及景洪市和勐海县2个乡镇的5个村民委员会,33个自然村。区内居住着拉祜族、哈尼族、汉族、傣族、彝族和布朗族等6个民族,1532户6415人(2017年末)。社区所属土地6986 hm²。本次调查对象为保护区的缓冲区,面积为5808 hm²,占保护区总面积的26.59%,是纳板河

的干流地带。

2 调查的基本框架

2.1 调查地点

依据纳板河流域内村寨民族比例与自然及社会

条件差异性较大相结合的方式进行了定额抽样调查。共调查 12 个村寨，覆盖 5 个少数民族，其中拉祜族 4 个、哈尼族 3 个、傣族 2 个、布朗族 2 个、彝族 1 个。调查地点（村寨）见表 1。

表 1 调查地点（村寨）

民族	村寨
拉祜族	蚌冈拉、大糯有、泡果地、桔子地
傣族	曼点、纳板
哈尼族	蚌冈哈尼、帕丙、回马河
布朗族	曼兴龙傣、曼吕
彝族	纳板河上寨

2.2 调查方法与对象

调查采用定性与定量相结合的研究方法。实地调查中主要运用半结构式访谈获取资料。以自然村为单位，主要访谈对象依照老年人（55 岁以上）、中年人（35~55 岁）、年轻人（35 岁以下）1:1:1

的大概比例进行。每个年龄层次的男女比例大概 1:1。村寨访谈对象结构见表 2。

2.3 访谈内容

半结构访谈的主要框架涉及 17 个方面，见表 3。

表 2 村寨访谈对象

村寨	访谈人数	男性人数	女性人数	老年人人数 (>55 岁)	中年人数 (35 ~ 55 岁)	年轻人人数 (<35 岁)
曼点	40	21	19	13	14	13
纳板	42	22	20	15	13	14
曼吕	29	15	14	10	10	9
回马河	33	16	17	11	12	10
纳板河上寨	32	17	15	11	11	10
帕丙	33	17	16	12	10	11
蚌冈哈尼	38	19	19	14	13	11
大糯有、桔子地、泡果地	45	22	23	16	14	15
蚌冈拉	40	22	18	14	14	12
总人数	362	186	176	117	131	114

表 3 传统知识流失调查的半结构访谈问题框架

条目序号	内容
1	传统农业主杂粮植物资源的选育、种植等传统生产知识
2	传统养殖业生物资源以及养殖等传统知识
3	传统农副植物资源种植等传统知识
4	传统药用野生植物的持续利用及相关知识
5	传统药用野生动物的持续利用及相关知识
6	传统食用野生植物的持续利用及相关知识
7	传统食用野生动物的持续利用及相关知识
8	传统食用真菌资源的持续利用及相关知识
9	与生物资源相关的衣饰织染传统知识
10	与生物资源相关的食品加工传统知识
11	与生物资源相关的住宅建筑传统知识
12	与生物资源相关的娱乐游戏传统知识
13	与生物资源相关的日用杂货传统知识
14	宗教俗信中的传统生物利用及传统知识
15	节日庆典中的传统生物利用及传统知识
16	人生礼仪中的传统生物利用及传统知识
17	生产生活习俗中的传统生物利用及传统知识

调查将半结构访谈的内容依照上述17个条目加以分类，主要对比每个民族在上述传统知识传承的动态变化，并对数据进行定量分析，最后结合访谈，为传统知识流失找出一定的深层次社会原因。

3 纳板河流域内5个少数民族与生物遗传资源相关传统知识的流失情况

首先，调查依据上述17条访谈框架，将其纳入传统农业遗传资源的相关生产知识、传统野生生物持续利用及相关知识、传统生物遗传资源相关的生活知识以及与传统生物遗传资源相关的民俗信仰知识四大板块进行描述，对纳板河流域各少数民族与生物遗传资源相关的传统知识的流失有个全景式

认知。其次，调查从传统知识传统主体的角度出发，针对5个民族对上述17个条目的相关回应进行细致的数据解读，通过图表与数据来显示流域内各少数民族相关传统知识的流失率。

在进行定量分析时，依照各少数民族对17个条目的回答将其分为5个等级进行统计录入工作：①完全不了解；②了解一点；③比较了解；④很了解；⑤十分熟悉。最后选择①“完全不了解”和②“了解一点”归入流失情况进行定量统计。

依照上述方法，经统计分析，得出流域内5个少数民族与生物遗传资源相关传统知识的流失情况（见图1~图5）及流失率（表4，图6）。各图中传统生物知识排序与表3排序一致。

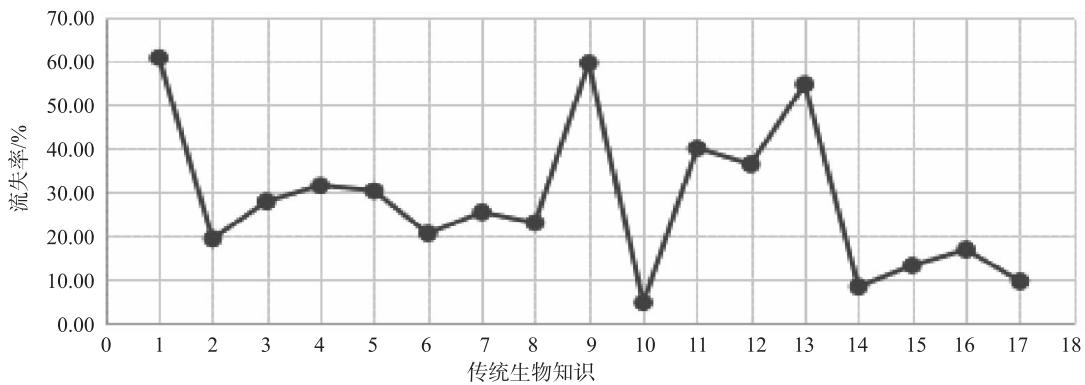


图1 傣族传统生物知识流失情况统计图

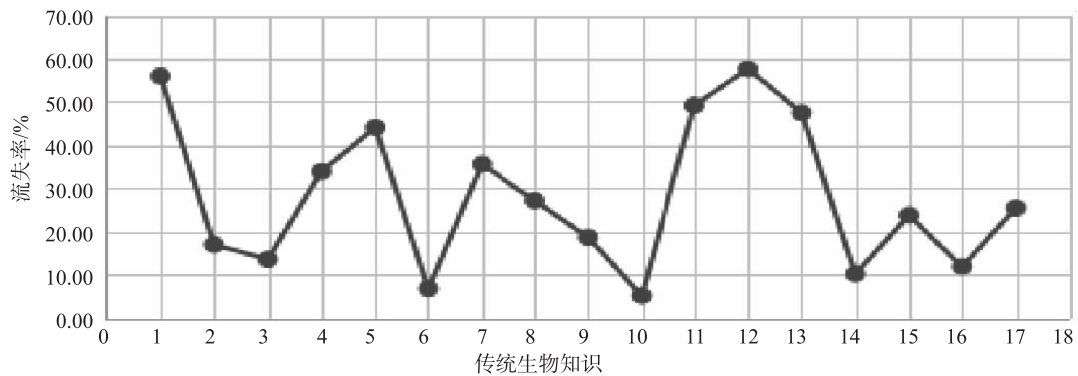


图2 布朗族传统生物知识流失情况统计图

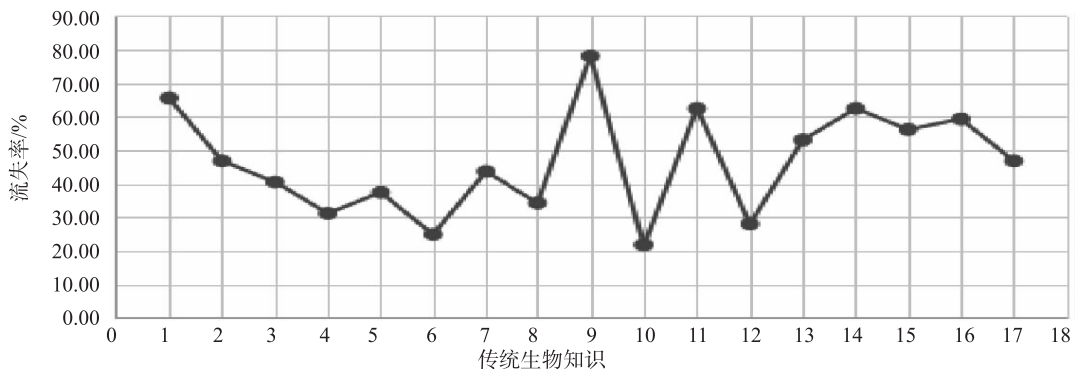


图3 彝族传统生物知识流失情况统计图

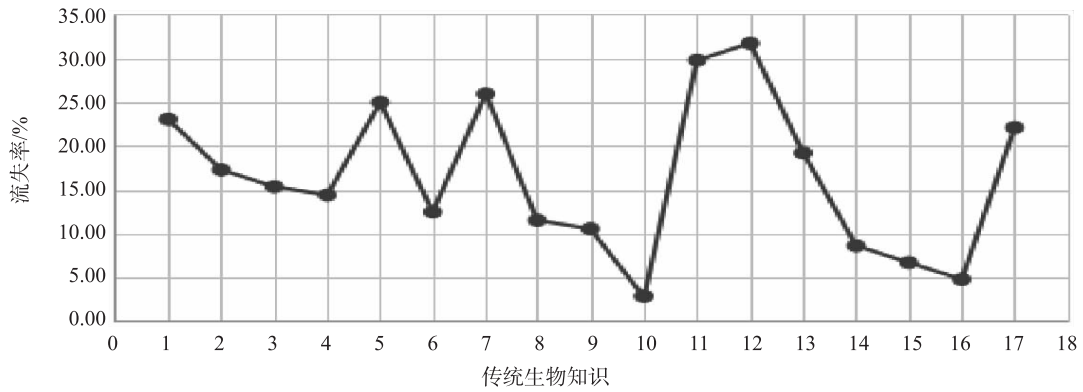


图4 哈尼族传统生物知识流失情况统计图

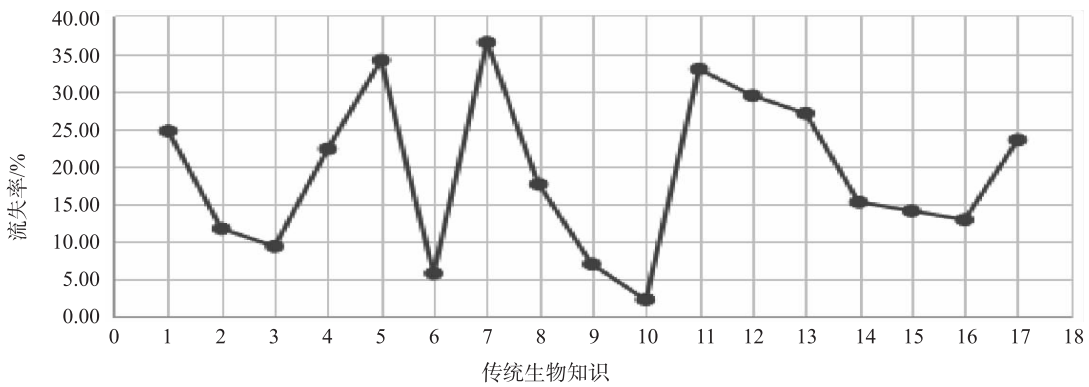


图5 拉祜族传统生物知识流失情况统计图

表4 5个少数民族生物遗传资源相关传统知识平均流失率

傣族		布朗族		彝族		哈尼族		拉祜族	
抽取样本总数	平均流失率/%	抽取样本总数	平均流失率/%	抽取样本总数	平均流失率/%	抽取样本总数	平均流失率/%	抽取样本总数	平均流失率/%
82	29.208	59	28.414	32	46.688	104	16.575	85	19.235

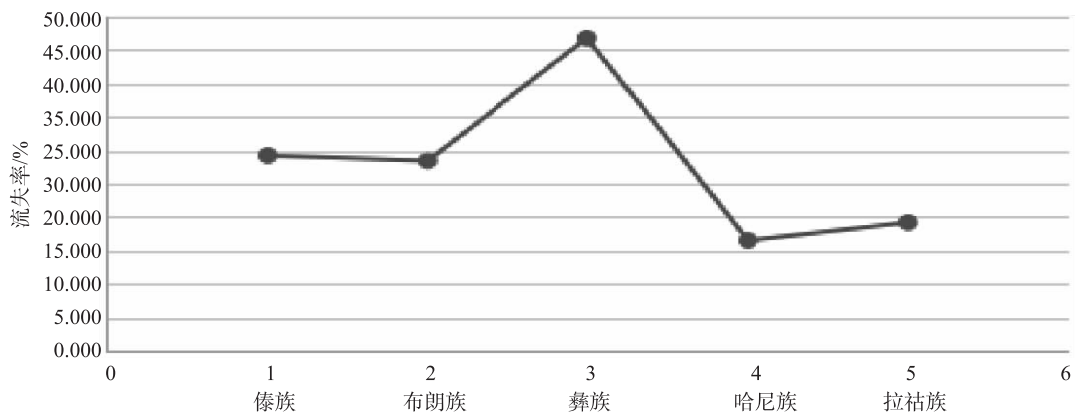


图6 5个少数民族与生物遗传资源相关传统知识平均流失率

可以看出，由于所处的地理位置、人口总量、汉化程度、产业结构、文化积淀等不同原因，流域内各个少数民族传统知识的主要流失内容与程度不

一致。普遍看来，各个民族关于野生动物的药用与食用相关的传统知识均呈下滑趋势，这与保护区禁猎和保护野生动物的国家政策呈正相关。传统以狩

猎作为重要生活方式的拉祜族受其影响是必然的。

根据调查,由于流域内社区外出打工的人口比例较小,就整体传统知识来看,各个少数民族男女性别与传统知识流失的相关度不明显,即男女两性的传统知识流失程度没有明显差异。但是,值得注意的是,传统生物资源利用知识在代际间的流失情况比较严重。调查仅以傣族草药传统知识的流失为例:以傣族82个调查对象的性别、年龄、是否外出工作学习、受教育程度为4个变量,分析这组变量与傣族传统草药知识的关联度。显著性检验的结果说明:变量“年龄”对调查对象首先选择何种药物有显性影响。

现代生活,尤其是汉化以及西化的生活方式对年轻人的影响非常大,这一点导致生物资源利用的传统知识传承发生了很大的断裂。调查结果显示,野生药用植物资源、传统生活方式、传统农业生物资源相关传统知识的流失程度最大。同时,汉化程度越高的民族其日常生活的民族特性越低。人数越少,民族记忆载体越少,认同率越低,日常生活的传统保存得越少。

调查结果显示,就平均流失率比较,流失率最大的民族为彝族,然后依次是傣族、布朗族、拉祜族、哈尼族。

4 纳板河流域少数民族传统知识流失的宏观原因分析

4.1 土地流转的非粮化倾向

土地流转的非粮化倾向是纳板河流域传统农业遗传资源的选育及相关生产知识流失的主要宏观原因。土地流转的非粮化倾向的危害有以下几点:一是对国家粮食安全形成隐性威胁;二是造成土壤的恶化;三是生物资源基因的流失。随着主粮种植面积的变小,一些优秀传统粮食品种失去了持续的可能,这就造成了流域内传统粮种生物资源的永久丧失以及相关种植知识和文化传统的根本性断裂。

4.2 现代农业技术的匮乏

由于缺乏现代种植技术、加工技术的扶持,很多传统知识支撑的农产品失去市场价值而渐渐不再传承。值得注意的是,除了现代农业技术是导致传统品种流失的原因之一,一些缺乏长远预见的“现代农业发展政策和措施”,也往往片面强调外来技术的优越性而忽略或否认了传统物种和耕种方式的潜力。

4.3 水利工程对纳板河流域生物多样性以及传统知识的威胁

流域内低海拔村寨几乎不种水稻,其原因一是考虑经济价值;二是因为政府修建水库、电站等导致水量减小,村民无法种植水稻。水量的减少影响了水蕨菜等湿地野菜的生产,傣族、哈尼族以前曾经拥有的丰富的捕鱼技术和传统知识也因此基本消失。

4.4 现代生活方式以及生产方式的冲击

调查结果显示,现代生产、生活方式对传统生物遗传资源相关的生活知识、传统生物遗传资源相关的民俗信仰知识的冲击具有显著的影响力。以割胶为主要内容的生产方式简化了传统的生活知识;现代生活方式改变了生活知识、民俗信仰知识;传统宗教意识的薄弱和式微对民俗信仰知识的冲击很大。

5 少数民族生物遗传资源相关传统知识保护建议

(1)“建立区域性生物遗传资源及相关传统知识数据库,是生物遗传资源保护的前提和基础”^[1],应深入开展少数民族传统知识的搜集、整理、保存与文献化,加快研究并建立区域性生物遗传资源及相关传统知识数据库,以加强生物遗传资源保护。

(2)加大宣传力度,增强各少数民族社区群众对参与传统知识保护的认知,开展传统知识的抢救与传承性保护,发挥少数民族社区成员参与传统知识保护的积极性,积极探索社区参与传统知识保护的积极模式,建立社区参与群众的惠益分享制度,确保参与各方的利益得到合理合法的保障。

(3)研究少数民族传统知识法律保护渠道,规范传统知识的采集、搜集、保护、保存、研究、开发、交换、贸易等活动^[2],通过法律为其提供保护。

(4)充分发掘和利用民族民间习惯法的合理成分,加强民族传统知识的保护。

参考文献:

- [1] 李忠清,王咏,刘峰.生物遗传资源获取、惠益分享务实工作刍议—以纳板河流域国家级自然保护区为例[J].环境科学导刊,2015,34(5):44-47.
- [2] 龙运荣.我国少数民族传统知识的保护战略[J].内蒙古社会科学(汉文版),2011,32(1):57-63.

多目标规划图解法在渠道设计中的应用研究

陈 弦¹, 黄川友², 朱国宇²

(1. 云南湖柏环保科技有限公司, 云南 昆明; 2. 四川大学水利水电学院, 四川 成都)

摘 要: 针对山南地区河流水温低、渠道蒸发损失严重的特点, 提出了以渠道底宽和水深为决策变量, 构建力求渠道增温最大、渠道蒸发损失最小、渠道建设成本最低的多目标规划模型, 并采用图解法方式得出最优解。旨在综合考虑多方面的因素, 优化灌渠断面设计。

关键词: 多目标规划模型; 图解法; 渠道设计; 优化; 西藏山南地区

中图分类号: X32 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 02-0011-03

多目标规划是线性规划的一种特殊应用, 由美国学者查纳斯 (A. Charnes) 和 W. 库伯 (W. W. Cooper) 在 1961 年首次提出。多目标规划为了同时实现多个目标, 为每一个目标分配一个权重系数, 通过平衡各目标的实现程度, 使得每个目标函数的偏差之和最小, 建立总目标函数, 求得最优解。

西藏山南地区气候复杂多变, 灌渠设计需综合考虑该地区蒸发损失严重、水温低、经济水平低等多个因素, 力求达到蒸发损失量最少、渠道增温最高、成本最低等多个目标, 可利用多目标规划图解法来进行渠道设计研究。

1 山南地区灌渠横断面确定需考虑的因素

西藏山南地区位于岗底斯山脉中的“藏南谷地”, 因其地处高原谷地及复杂多变的地形地貌, 形成了独特的高原温带干旱性气候, 农业气候条件较好。

根据调查分析, 山南地区光能资源丰富, 为作物生长提供了丰富的能源基础。但受山南地区降水时空分布不均、蒸发强烈等因素影响, 山南地区农田盈亏巨大, 干旱期持续时间长, 农业灌溉是山南地区农业发展的关键环节。

山南地区水量丰富, 单位面积水资源量大, 河流水质良好, 为山南地区兴建水利提供了良好的水源条件。但鉴于山南地区河流水温较低, 引水灌溉时进行灌溉水适当增温是非常必要的。

针对山南地区水温低、渠道蒸发损失严重的特点, 为了达到较好的升温效果, 提高灌溉的有效性, 渠道横断面设计需考虑渠道增温效果; 而为了

提高水资源利用率, 减少渠道蒸发损失也是渠道横断面设计需考虑的因素。此外, 山南地区经济水平低、发展成本高, 经济合理性也是渠道横断面设计中必须考虑的因素。

2 多目标规划模型

2.1 约束条件的建设

2.1.1 渠道经济合理性约束

对于某一条长度一定的渠道, 渠道的横断面面积越小, 渠道工程量越小, 造价就越低。而水力最佳断面就是保证通过一定流量的渠道最小断面。

本次研究的渠道是矩形断面, 矩形断面宽深比为 2:1 时为水力最佳断面, 湿周最小, 过流能力最强。

渠道经济合理性约束为: 力求渠道造价最省, 即使过水断面面积尽量接近水力最佳断面的面积, 用数学表达式表示为:

$$\begin{cases} \min \{d_1^- + d_1^+\} \\ bh + d_1^- - d_1^+ = 2h_{\text{优}}^2 \end{cases}$$

式中: d_1^+ 、 d_1^- 表示设计的断面面积超出和不足水力最佳断面的量, 属于经济合理性约束条件的正、负偏差量。

2.1.2 渠道蒸发损失约束

某一地区的水面蒸发能力与水面温度、水面水汽压与水面空气流动 (风速) 有关, 而对于特定的灌区, 这些因素都是一定的, 只能通过减小蒸发面的面积来减小渠道输水过程中的蒸发损失量, 对于矩形断面的渠道来说, 灌区内水流的表面积 S 等于灌区长度 L 与渠道底宽 b 的乘积。

对于某一条长度一定的渠道, 要使渠道内水流表面积最小, 只能使渠道底宽 b 最小, 结合山南地区高寒多变的气候, 需考虑渠道的增温效果, 故此

处给出限定，渠道宽深比不应 < 1 。

因此，渠道蒸发损失约束可描述成，在保证渠道宽深比不 < 1 的情况下，尽可能地减小渠道底宽 b ，用数学表达式表示为：

$$\begin{cases} \min \{d_2^+\} \\ b - d_2^+ = 0 \\ b \geq h \end{cases}$$

式中： d_2^+ 属于渠道蒸发损失约束的正偏差量。

2.1.3 渠道增温约束

根据已有的文献资料，渠道升温同时受到气温、渠道长度、输水速度等多种因素的影响。对于某一渠道，渠道的长度及气温是一定的，只有通过控制流速的大小来帮助渠道增温。对于特定的灌区，灌溉流量是一定的，渠道内水流的速度取决于渠道过水面积的大小。

鉴于山南地区平均日温差大（年均值约 13°C ），结合前人对渠道升温的研究成果（每 100 m 约可增温 1°C ），综合考虑灌渠长度、平均气温等因素，假设在山南地区对于一段超过 1 km 的渠道来说，渠道输水至少能实现增温 5°C ，即 $\Delta t = 5^\circ\text{C}$ 。

$$\Delta t = 65.475v^2 - 27.062v + 4.1531 \quad (\text{付强, 2001})$$

则渠道升温约束可描述为：通过渠道断面的设计，使渠道增温不低于 5°C ，用数学表达式表示为：

$$\begin{cases} \min \{d_3^-\} \\ 65.475v^2 - 27.062v + 4.1531 + d_3^- - d_3^+ = 5 \\ \Delta t \leq 15 \end{cases}$$

式中： d_3^+ 、 d_3^- 表示设计的渠道增温超过和低于 5°C 的量，属于渠道升温约束的正、负偏差量。

2.1.4 渠道内水流流速约束

根据渠道断面设计的要求：设计的断面渠床稳定，不冲刷，不淤积。不冲不淤是指渠道内水流流速不能超过渠道不冲流速，也不能低于渠道不淤流速，即：

$$v_{\text{不淤}} < v < v_{\text{不冲}}$$

$v_{\text{不淤}}$ 、 $v_{\text{不冲}}$ 可根据渠床土质，引水水源泥沙特性及设计流量的大小查表计算得出，即：

$$v_{\text{不淤}} < \frac{Q}{b} < v_{\text{不冲}}$$

2.2 目标函数的确定

2.2.1 模型目标分析

关于山南地区灌渠横断面的设计主要考虑三个因素：

(1) 渠道建设的经济合理性，尽量使设计断面

的面积接近水力最佳断面面积，即使渠道经济合理性约束条件的正、负偏差量 d_1^- 、 d_1^+ 最小化；

(2) 对渠道蒸发损失控制，在保证渠道宽深比不 < 1 的情况下，尽可能地减小渠道底宽 b ，即使渠道蒸发损失约束条件的正偏差量 d_2^+ 最小化；

(3) 渠道升温效果的提高，使渠道增温约束条件的负偏差量 d_3^- 最小化。

2.2.2 权重系数的确定

渠道横断面设计的最终目标就是经过优化确定出渠道底宽 b 和水深 h ，力求灌溉投入最小，收益最大。从某种意义上来说，本文考虑的三个因素都是以“灌溉投入最小，受益最大”为原则，故三个因素属于同一优先级。

渠道蒸发损失是从渠系水利用率提高来降低灌溉投入，由于特殊的气候条件，蒸发损失是山南地区水量减少的主要因素，故从水资源有效利用的高度，将渠道蒸发损失权重系数定为 5 。

渠道增温是保证灌区农作物高产优质的必要条件，是通过增加农作物的产量来实现效益增加。农作物相当于整个灌区的工厂，灌区的收益由作物的产量决定，且保证一定水温以防作物冷害，是对整个农田生态系统的维护，故将渠道增温的权重系数定为 3 。

渠道投入经济合理性，是直接通过减少渠道建设的工程量和建筑材料的用量来减少灌溉成本。其权重系数最低，为 1 。

根据模型目标分析及各因素权重系数的确定，模型目标函数可表示为：

$$\min z = P_1 [(d_1^- + d_1^+) + 5d_2^+ + 3d_3^-]$$

2.2.3 数学模型的建立

$$\min z = P_1 [(d_1^- + d_1^+) + 5d_2^+ + 3d_3^-]$$

$$\begin{cases} bh - d_1^+ + d_1^- = 2h_{\text{优}}^2 \\ b - d_2^+ = 0 \\ 65.475\left(\frac{Q}{bh}\right)^2 - 27.062\frac{Q}{bh} + 4.1531 - d_3^+ + d_3^- = 5 \\ 65.475\left(\frac{Q}{bh}\right)^2 - 27.062\frac{Q}{bh} + 4.1531 \leq 15 \\ b \geq h \\ v_{\text{不淤}} < \frac{Q}{bh} < v_{\text{不冲}} \\ b > 0, h > 0 \end{cases}$$

2.3 目标函数的求解

首先，先以 b 、 h 为轴建立平面直角坐标系，将约束条件的数学表达式所代表的图形方程分别标示在坐标体系中（详见图 1），根据各因素权重系数的大小依次进行分析，得出最优解为 A 点，其

坐标值为 $b = 1.23\sqrt{Q}$ 、 $h = 1.23\sqrt{Q}$ 。

要说明的是，当 $\frac{Q}{v_{不淤}} < 1.51Q$ ，即 $v_{不淤} > 0.66 \text{ m/s}$

时，该模型的系统约束条件没有交集，模型无解，故该模型只适用于允许不淤流速 $< 0.662 \text{ m/s}$ 的渠道。

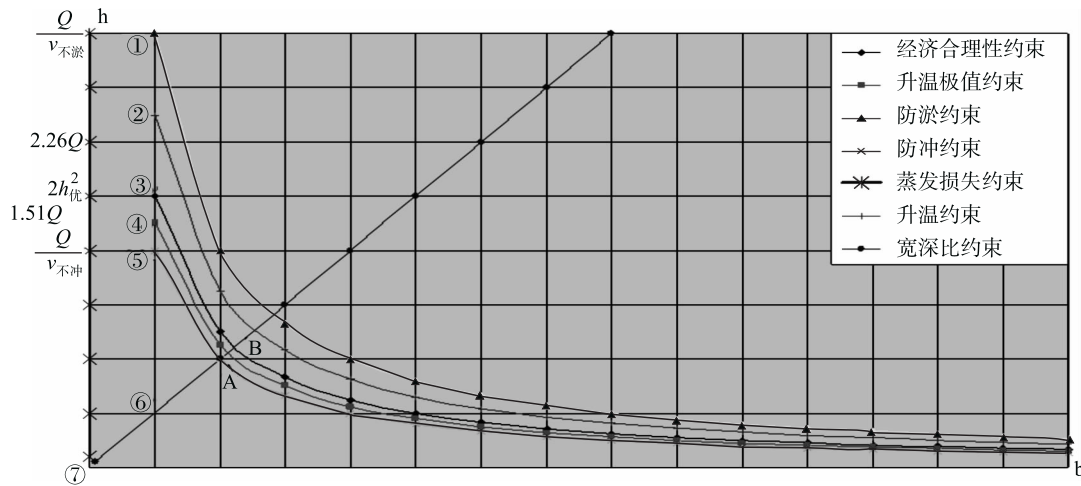


图1 模型求解坐标示意图

3 总结

鉴于山南地区复杂多变的气候特征，考虑利用目标规划的思想建立数学模型，旨在综合考虑多方面的因素，优化灌渠断面设计，更好地指导实践。综合模型建立、求解的过程，可得出：

(1) 该模型只适用于渠道允许不淤速度 $< 0.662 \text{ m/s}$ 的渠道；

(2) 该模型的构建主要做了两个人为约束：① 渠道宽深比 < 1 ；② 渠道增温不超过 15°C （增温极值），这是限制模型适用范围的决定性因素，增温

极值的大小可根据需灌溉的作物对水温的要求进行调整，增温极值越大，模型的适用范围越广。

参考文献：

- [1] 江春. 浅析山南地区农业气候资源状况 [J]. 西藏农业科技, 2007, 29 (1).
- [2] 阎赛. 水面蒸发计算模型研究 [J]. 水利水电科技进展, 2003, 23 (1).
- [3] 程满金, 白明照, 申利刚. 灌溉水温对高寒地区水稻的影响及增温措施 [J]. 东北水利水电, 2000 (8).
- [4] 付强, 梁川, 杨广林. 井灌水稻区晒水池内井水增温效果试验研究 [J]. 四川大学学报 (工程科学版), 2002, 34 (4).

Application of Multi Objective Programming Approach on Designing Channel Ditch

CHEN Xuan¹, HUANG Chuan - you², ZHU Guo - yu²

(1. Yunnan Hubo Environmental Technology LTD. CO, Kunming Yunnan 650034, China)

Abstract: In view of the characteristics of low water temperature and serious evaporation loss in the Shannan Area, this paper proposed a multi - objective programming approach with the channel bottom width and water depth as the decision variables, which strived for the largest channel warming, minimum channel evaporation loss, and lowest channel construction cost. The graphical method was used to get the optimal solution. The aim was to comprehensively consider various factors and optimize the design of the channel section to better guide the practice.

Key words: multi objective programming approach; graphic method; channel design; optimize; Shannan area in Tibet

云南独龙江流域水环境现状 及保护对策措施研究

和建华

(怒江州建设项目环境审核受理中心, 云南 泸水 673100)

摘要: 云南省独龙江全流域位于高黎贡山国家级自然保护区, 已成为云南省新兴旅游发展开发区。独龙江干流分为 2 个水功能区, 独龙江藏滇缓冲区和独龙江自然保护区, 规划水平年水质目标都为 II 类。监测数据显示目前独龙江水质稳定达到二类水质标准。现状调查显示污水处理厂运行不正常时有发生, 存在处理水质不达标现象; 全乡所辖各行政村农村环境综合整治还未全覆盖, 特别是污水处理设施还不健全; 对于独龙江马库断面, 影响独龙江水质的主要指标为氨氮和总磷。提出对策措施: 严格环境准入, 发展循环经济; 全面提高生活污水收集与处理效率; 加大农村环境整治项目建设力度; 推进农业面源污染防治; 加强环境教育及社会公众参与机制; 切实加强环境监管能力。

关键词: 水环境; 现状; 存在问题; 对策; 流域管理; 独龙江

中图分类号: X52 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 02-0014-05

1 独龙江流域概况

云南省怒江州贡山县境内的独龙江是我国仅存的原生态河流之一, 发源于西藏察隅县伯舒拉岭东麓, 从迪布里流入贡山县境。其上游称克劳龙河, 在贡山境内斯任纳入左岸支流麻必洛河后始称独龙江。为伊洛瓦底江三大源流之一的恩梅开江上游, 从中缅交界处钦郎当中缅边境 41 号界桩处出境, 出境后注入缅甸境内的糯千卡河, 再汇入伊洛瓦底江。独龙江境内流程 80 km, 流域面积 1947 km², 两岸分布麻必洛河、拉王夺河等 13 条支流, 总集水面积 2057.6 km², 占全州总面积的 14.1%^[1]。

独龙江主要节点处流量为: 滇藏边境处海拔 2414 m, 年均径流量 33.74 亿 m³, 平均流量 107 m³/s; 斯任处海拔 1960 m, 年均径流量 51.2 亿 m³, 平均流量 162 m³/s; 出境钦郎当处海拔 1194 m, 年均径流量 104.07 亿 m³, 平均流量 330 m³/s。独龙江受印度洋西南季风的影响, 年降雨量在 3200~4700 mm, 平均每 1.13 km 径流量就增加 1 亿 m³, 是国内产水量最大的河段之一; 是横断山脉西部“四江并流”的重要组成部分。

独龙江仅流经贡山县独龙江乡, 独龙江乡地处缅甸北部和中国云南、西藏交界结合部, 全乡总面积 1997 km², 国境线长 91.7 km, 是中国较少民族

独龙族的唯一聚居区。独龙江辖马库村、巴坡村、献九当村、龙元村、迪政当村、孔当村 6 个行政村, 乡政府驻孔当村。2017 年全乡 1136 户, 总人口 4172 人, 其中农业人口 4095 人, 独龙族人占总人口数的 99%。人口密度为 2.18 人/km², 全境 95% 以上地域为无人区^[2]。由于独龙江峡谷具有独特的原始自然和少数民族风景, 已成为云南省新兴旅游开发区。随着独龙江生态旅游资源的不断开发, 旅游人口的大量涌入, 其环境保护特别是水环境的保护刻不容缓。

2 独龙江流域相关规划和开发现状

2.1 流域相关规划

针对独龙江生态旅游资源的开发要求, 独龙江乡编制了 2010 年《独龙江乡旅游小镇总体规划 (2010—2030 年)》, 2012 年编制了《独龙江乡旅游型特色小镇规划 (2012—2030)》, 均通过了省级评审。两个规划均以生态环境保护和产业经济发展良性互动作为合理引导独龙江乡特色旅游小镇发展的原则, 将适度发展畜牧业与林果业、保护和发展的民族手工业、着重发展自然生态及民族文化旅游作为产业规划重点。独龙江特色旅游的发展, 产业布局规划以第一产业和第三产业为主, 这决定了全乡未来特色旅游发展的主要污染源将会以生活、农村畜禽和农业面源等污染源为主要污染源。为使独龙江乡经济社会可持续健康发展, 对独龙江进行水环境质量常规监测和水环境的保护是当前和今后一

段时间的工作重点之一。

2.2 独龙江流域开发现状

独龙江流域二山并行、一江纵贯、山高陡坡、河多谷深，形成群山环抱的封闭式地貌特征。独龙族乡全乡约 30% 被划入高黎贡山国家级自然保护区核心区，60% 被划入缓冲区^[2]，全乡仅有 10% 地域未被划入保护区范围，全乡经济发展受限于高黎贡山自然保护区的红线要求，区域内开发现状较单一，以公共服务设施、交通基础设施、旅游设施等为主，无大型工矿企业分布。目前，独龙江乡旅游特色小镇规划与发展尚处于初期开发建设之中，还未形成规模化。

3 独龙江流域水环境质量现状

3.1 独龙江流域水环境功能区划要求

根据《云南省地表水水环境功能区划(2010—2020年)》，独龙江入境至出国境段水环境功能为饮用一级，水质类别为《GB3838-2002 地表水环境质量标准》中Ⅱ类。根据《怒江州水功能区划》，独龙江干流分为 2 个水功能区，一是独龙江藏滇缓冲区，为国家级区划跨省水域，由入境口至贡山县南代，长 4.0 km，与西藏自治区为上

下游关系，现状水质为Ⅱ类，规划水平年水质目标为Ⅱ类；二是独龙江自然保护区，为国家级区划，由贡山县南代至国境界线，全长 76.0 km，属高黎贡山国家级自然保护区，现状水质为Ⅱ类，规划水平年水质目标为Ⅱ类。

3.2 独龙江流域水环境质量现状监测与分析

为保护和掌握独龙江水质，从 2016 年 9 月开始，怒江州环境监测站对独龙江马库断面进行常规水质监测，监测指标为水温、pH、电导率、COD_{Mn}、BOD₅、DO、氨氮、总磷、石油类、高锰酸盐指数、阴离子表面活性剂、硫化物、粪大肠菌群等共 30 项。根据独龙江马库断面 2017 年全年(4 月和 6 月因天气原因，未采样)及 2018 年上半年(1 月因天气原因，未采样)监测结果，独龙江马库断面可达到《GB3838-2002 地表水环境质量标准》Ⅱ类标准要求，其中 DO、氨氮和总磷监测值在Ⅰ~Ⅱ类标准，COD_{Mn}、BOD₅、石油类、阴离子表面活性剂、粪大肠菌群等其他指标均可达到Ⅰ类标准，重金属等指标基本未检出。这表明独龙江干流水质较好，水质基本未受外界干扰。主要监测指标见表 1 和表 2。

表 1 独龙江马库断面 2017 年水质监测结果

(mg/L)

监测指标	1 月	2 月	3 月	5 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
BOD ₅	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
DO	9.75	9.4	8.9	8.05	8.4	7.35	7.4	7.7	8.55	9.05
氨氮	0.025 L	0.025 L	0.025 L	0.025 L	0.26	0.15	0.48	0.09	0.161	0.109
总磷	0.017	0.005	0.015	0.01L	0.021	0.043	0.053	0.03	0.01L	0.041
石油类	0.014	0.015	0.015	0.013	0.01L	0.013	0.005	0.012	0.01L	0.012
COD _{Mn}	1.65	1.56	1.35	1.08	1.12	1.16	1.12	1.08	0.98	1.42

表 2 独龙江马库断面 2018 年上半年水质监测结果

(mg/L)

监测指标	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	Ⅰ类标准	Ⅱ类标准
BOD ₅	1	1	1	1	1	3	3
DO	9.1	8.75	8.55	8.3	8.15	7.5	6
氨氮	0.04	0.025 L	0.04	0.05	0.025 L	0.15	0.5
总磷	0.028	0.034	0.01 L	0.03	0.099	0.02	0.1
石油类	0.01 L	0.01 L	0.01 L	0.01 L	0.01 L	0.05	0.05
COD _{Mn}	0.91	1.34	1.29	1.04	1	2	4

由独龙江 2017—2018 年 6 月马库断面影响水质的主要指标变化趋势(见图 1 和图 2)，结合表 1 和表 2 主要监测指标结果可知：①独龙江马库断面 2017 年影响水质主要指标中，溶解氧 DO、氨氮和

总磷受旱雨季季节水量变化影响较明显，DO 虽变化较大除 8 月和 9 月均能满足Ⅰ类标准；总磷雨季满足Ⅰ类标准，旱季满足Ⅱ类标准；氨氮雨季满足Ⅱ类标准，旱季满足Ⅰ类标准；COD_{Mn}、BOD₅、

石油类等指标监测值较低，受早雨季季节水量变化影响不大，均能满足 I 类标准。②马库断面 2018 年 2—6 月溶解氧 DO、氨氮和总磷等监测指标中，DO 呈下降趋势，变化较小，均能满足 I 类标准；总磷基本为 II 类标准（4 月满足 I 类标准）；氨氮满足 I 类标准；COD_{Mn}、BOD₅、石油类等指标监测值较低，变化不大，均能满足 I 类标准。③对于独龙江马库断面，目前大多数水质指标均明显

低于 II 类标准，影响独龙江 I 类标准或为 II 类标准水质的主要指标为氨氮和总磷，氨氮和总磷存在部分月份接近 II 类水质标准水质临界值的情况（2017 年 9 月氨氮 0.48 mg/L，2018 年 9 月总磷 0.099 mg/L），独龙江水环境保护形势仍然较为严峻。因此，针对独龙江乡村旅游型特色小镇规划与发展，做好独龙江水质监测和污染控制具有十分重要的现实意义。

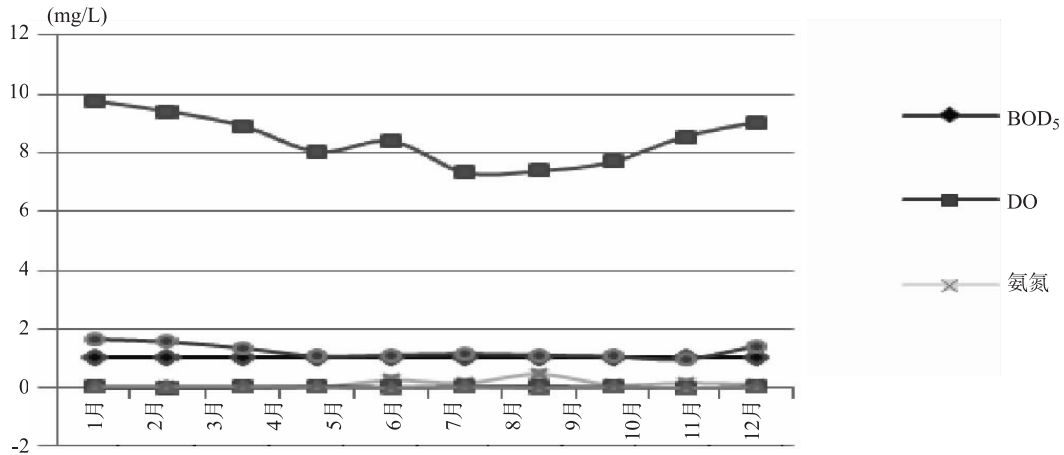


图1 独龙江马库断面2017年水质变化趋势图

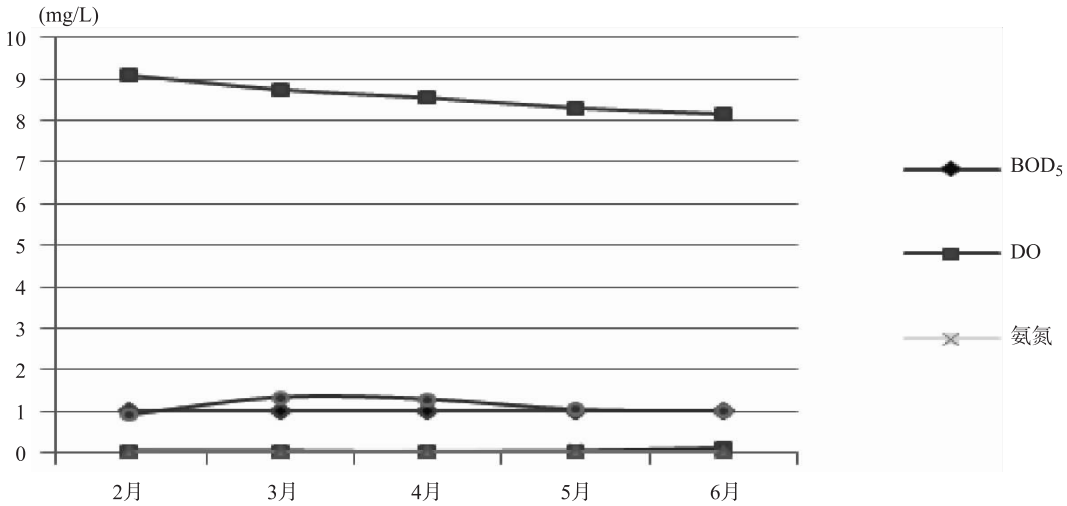


图2 独龙江马库断面2018上半年水质变化趋势图

4 独龙江流域污染源现状和存在环境问题

4.1 污染源现状调查

根据现状调查，独龙江乡工业企业及产业活动单位分布有 4 家，行业类别为食品制造业、非金属矿物制品业、工艺品制造；集中式污染治理设施 5 处，2 处为乡镇污水处理厂及垃圾碳化热解处理厂，其余 3 处为村委会垃圾焚烧炉；规模化畜禽养殖场分布有 8 家，规模以上及规模以下分别为 4

家；入河排污口 1 处，即独龙江污水处理厂市政生活污水排污口。从全乡污染源分布情况来看，除了村镇污水、垃圾之外，主要以农业种植、养殖面源为主。

4.2 水环境污染治理现状

(1) 独龙江乡“两污”工程设施目前已建成运行。独龙江乡污水处理厂位于独龙江乡孔目村委会贡独公路 1 号桥旁，已于 2015 年 7 月建成运行，

处理规模为 800 m³/d, 采用 CASS (周期循环活性污泥法) 工艺, 雨污分流制, 配套管网 3.566 km, 主要收集乡政府驻地及附近周边村组的生活污水, 设计经处理达到《GB18918-2002 城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A 标准后排向独龙江。根据 2017 年独龙江污水处理厂出口监测数据, COD、氨氮部分日平均值不能满足一级 A 标, 最大超标倍数分别为 1.8、2.6。

(2) 独龙江乡垃圾碳化热解处理厂位于独龙江乡孔当村目切旺河旁, 已于 2016 年 7 月建成运行, 生活垃圾处理规模为 5 t/d, 采用碳化热解工艺, 配套建设一座垃圾中转站和 6 座垃圾收集房, 主要服务范围全乡各所辖行政村。生活垃圾储池和集料车间内产生的渗滤液经收集后直接回喷至碳化热解炉的烘干层上; 生产废水、初期雨水及生活污水最终由车辆送至独龙江污水处理厂统一处理, 不外排。

(3) 近年来, 在省级环保部门的关心支持下, 独龙江乡孔当村、马库村、龙元村、迪政当村相继实施了农村环境综合整治工程项目, 建设了沤肥池改养殖收集设施、污水收集处理设施、移动垃圾桶、猪圈、沤肥池等环保设施。生活污水、生活垃圾和畜禽养殖污染得到了有效控制。

4.3 存在的主要环境问题

(1) 污水处理厂运行不正常时有发生, 存在处理水质不达标现象, 根据监测数据, 主要为 COD、氨氮部分日平均值不能满足一级 A 标, 最大超标倍数分别为 1.8、2.6, 对独龙江水环境质量存在一定的影响。

(2) 全乡所辖各行政村农村环境综合整治还未全覆盖, 特别是污水处理设施还不健全。独龙江支流众多, 农村生活污水直接排放将一定程度上影响独龙江水质。

(3) 对于独龙江马库断面, 影响独龙江 I 类标准或为 II 类标准水质的主要指标为氨氮和总磷, 氨氮和总磷存在部分月份接近 II 类水质标准水质临界值的情况 (2017 年 9 月氨氮 0.48 mg/L, 2018 年 9 月总磷 0.099 mg/L), 独龙江水环境保护形势仍然较为严峻。同时, 随着独龙江乡旅游型特色小镇规划与发展, 将会带来生活污水和生活垃圾的较大幅度增加, 需要继续进一步做好生活污水和生活垃圾的收集与处理处置工作。

5 独龙江流域水环境保护对策措施

独龙江乡作为全国少有的仍然保持原始生活状

态的极少数民族区域, 具有独特的民族文化与自然旅游资源。因独龙江地理区位特殊、生态环境极其脆弱敏感, 省、州、县、乡党委、政府和各级部门已将独龙江乡规划为以畜牧业与林果业、民族手工业、自然生态及民族文化旅游为主的生态旅游之地。目前, 独龙江乡虽然进行了较好的环境污染治理整治与设施建设, 独龙江流域内马库断面水环境质量能够满足 II 类水质标准要求, 但水环境保护形势仍然较为严峻。同时, 随着独龙江乡经济社会和生态旅游的快速发展, 独龙江流域水环境的保护工作必须提前重视, 现对独龙江水环境保护提出以下对策措施:

(1) 严格环境准入, 发展循环经济。独龙江乡 90% 的地域属于高黎贡山国家级自然保护区, 同时属于滇西北高山峡谷生物多样性维护与水源涵养生态保护红线^[4], 在自然保护区的核心区和缓冲区内, 不得建设任何生产设施。保护区外的区域在独龙江保护管理条例中明确规定应严格执行环评制度, 并符合独龙江保护和利用规划。后期有关规划和独龙江保护条例修订中建议进一步明确区域环境准入条件, 实行更加严格的环境准入制度。独龙江乡后期产业开发建设应以循环经济企业为主导, 重点发展建设污染物“零排放”的环保企业, 严格禁止高污染企业的建设。

(2) 全面提高生活污水收集与处理效率。独龙江乡污水处理厂现已正常运行, 针对主要污染物 COD、氨氮不能全面达标的问题, 运行管理单位应及时查找原因应对解决, 确保污水经处理后全面稳定达到一级 A 标排放标准。同时推进污水处理厂尾水生态处理和中水回用, 按照在饮用水水源保护区内禁止设置排污口的规定提高要求, 逐步实现污水不外排独龙江。针对发展的旅游产业, 强化污水收集管网及污水处理站的建设, 必须做到生活污水收集与处理率 100%, 生活污水经处理后必须稳定达到一级 A 排放标准。

(3) 加大农村环境整治项目建设力度。对于独龙江乡周边的村庄, 要积极推进城镇污水收集管网的延伸覆盖, 必要时对现有污水处理厂进行改扩建。在面广量大的目前未实施农村两污设施的农村居住点, 要推广沼气池、人工湿地、生物转盘等生活污水处理适用及新型技术, 因地制宜处理农村生活污水。

(4) 推进农业面源污染防治。自治县人民政府农业行政主管部门应当指导独龙江保护管理范围

内的农业生产者科学使用化肥,推广测土配方施肥、农药减量增效控污等先进适用技术,鼓励使用农家肥和有机肥,减少化肥、农药的使用量,减少农村面源污染。同时积极采用生产沼气、有机肥料等方式加强畜禽粪便的资源化利用,实现和控制规模化畜禽养殖场的污染治理。

(5) 加强环境教育及社会公众参与机制。制定实施水污染防治专项宣传计划,加强水环境保护的宣传教育,倡导居民环境保护的意识,组织对各级领导干部、企业负责人和基层干部群众的环保培训,在独龙乡各级学校开展环保讲座,增强其保护环境的自觉性和责任感。实行环保有奖举报,鼓励社会各界检举揭发各类水环境违法行为,并对贡献突出的单位和个人予以表彰奖励。

(6) 切实加强环境监管能力。独龙江乡应建立乡镇一级环境监管机构,配合上级环保行政主管部门做好乡域范围内污染源的日常监管。对污水处理厂和重点污染源要安装自动监控设施,增强环境风险预警与处置能力。加大独龙江水环境保护条例的实施力度,对违反条例规定的行为,依法追究相关责任。

参考文献:

- [1] 怒江傈僳族自治州水务局. 怒江州水功能区划 [Z]. 2015.
- [2] 何尹生. 独龙江流域原生态河流环境保护建设的措施和建议 [J]. 环境科学导刊, 2015, 34 (3): 7-9.
- [3] 云南省城乡规划设计研究院. 独龙江乡旅游小镇总体规划 (2010—2030年) [R]. 2012.
- [4] 云南省人民政府. 云南省生态保护红线的通知 [Z]. 2018.

Study on Current Situation of Water Environmental Protection Countermeasures of the Dulong River Basin in Yunnan

HE Jian - hua

(The Construction Project Environmental Audit Acceptance Center of Nujiang Prefecture in Yunnan, LushuiYunnan 673100, China)

Abstract: The whole Dulong River basin in Yunnan is located in Gaoligongshan National Nature Reserve, which is one of the best intact areas of preserved primordial ecosystems in China. Because of its unique natural scenery and minority culture, Dulong River gorge has become a newly developed tourism development zone in Yunnan. At present, the current water quality of Dulong River has steadily reached the II - class water quality standard of GB3838 - 2002. However, water environmental issues occurred from time to time. The wastewater treatment plant could not reach its discharge standard occasionally, which may degrade the water quality of the river. Especially, for some areas, the lack of the sewage treatment infrastructures would bring the water pollution risks. Ammonia and total phosphorus are the main water indicators for the water monitoring section of Maku. In order to maintain its long - term stable II - class water quality standard, it is necessary to proactively make good environmental protection planning and environmental management measures. Countermeasures were put forward including forming strict environmental access standard, developing circular economy, promoting the collecting and treating efficacy of sewage water, strengthening comprehensive improvement of rural environment, improving the agricultural non - point source treatment, developing the public participation and environmental education system, and enhancing environmental supervision ability.

Key words: water environment; current situation; problem; countermeasures; basin management; Dulong River

红河流域元江县域内几种污染物变化规律探讨

段漳波

(元江县环境监测站, 云南 元江 653300)

摘要:以2014—2017年元江县环境监测站对元江河入境断面和出境断面的监测数据为依据, 分析探讨几种污染物随季节的变化规律。结果表明, COD值>BOD值>高锰酸盐指数值, COD污染受季节性变化最明显, BOD、高锰酸盐指数和氨氮的值也是第二季度明显高于其他季度。提出了对策建议。

关键词:入境断面; 出境断面; 污染物; 变化规律; 元江河

中图分类号: X52 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 02-0019-05

元江发源于中国云南省西部哀牢山东麓, 上源称礼社江, 与左岸支流绿汁江汇合后称元江, 流经河口瑶族自治县进入越南后称红河。元江为红河上游主干, 位于中国境内, 红河主要支流黑水河、明江均发源于中国境内, 这部分位于中国境内的河流通称为元江水系。元江流域面积7.9万 km^2 , 国境处多年平均径流量为484亿 m^3 , 全程天然落差2519 m^3 , 水能资源十分丰富^[1]。在元江县境内流程79.52 km, 流域面积2299 km^2 , 洪水期流量4300 m^3/s , 枯水期4.1 m^3/s , 平均流量177 m^3/s , 洪枯变化极大。在县域内的一级支流有清水河(源于县内的章巴老林一带, 年平均流量7 m^3/s , 洪水期流量可达390 m^3/s), 南溪河(源于县内的老溪老林一带), 以及发源于峨山县的小河底河(上游称清香河、化念河, 经元江称小河底河, 在元江、石屏、红河三县交界处汇入元江, 是元江三个支流中较大的一支, 洪水期流量可达1400 m^3/s)^[2]。近几年随着各地工农业的发展, 红河流域水质污染日益加剧, 严重影响了红河流域的生态环境安全。

本文以2014—2016年元江县环境监测站对元江河入境断面和出境断面的监测数据为依据, 分析探讨几种污染物随季节变化规律, 为保护红河流域水资源提供科学依据。元江县环境监测站为计量认证合格持证单位, 参加监测分析的人员均为持证上岗。

1 研究方法

本研究以2014—2016年元江县环境监测站对

元江河入境断面和出境断面的监测数据为依据, 监测时按照《水和废水监测分析方法》(第四版)及《GB3838-2002 地表水环境质量标准》分别测定入境断面和出境断面的COD、BOD、DO、高锰酸盐指数、氨氮和pH值。

2 水质变化研究

本研究以每季度的监测数据为基础, 研究其水质变化。

2.1 出入境断面三氧值变化规律

本文所指的三氧分别是: 化学需氧量(COD)、生化需氧量(BOD)和溶解氧(DO)。化学需氧量(COD)是衡量水中有机物质含量多少的指标, 化学需氧量越大, 说明水体受有机物的污染越严重; BOD可反映水中能被微生物分解的有机物的含量, 同时它也是水体通过微生物作用发生自然净化的能力标度, BOD越大, 水中可被生物降解的需氧有机污染物越多, 故BOD是表示或指示有机污染程度的综合指标, 能直接说明水体的有机污染情况^[3]; 溶解氧以分子状态存在于水中。溶解氧(DO)也是水质重要指标之一, 水中溶解氧含量受到两种作用的影响: 一种是使DO下降的耗氧作用, 包括耗氧有机物降解的耗氧, 生物呼吸耗氧; 另一种是使DO增加的复氧作用, 主要有空气中氧的溶解, 水生植物的光合作用等: 这两种作用的相互消长, 使水中溶解氧含量呈现出时空变化。

出入境断面不同水期的三氧分布变化也不同, 总体符合四类功能区水质要求, 见表1。从表1可以看出: 化学需氧量(COD)值出境断面的平均值、最大值及最小值均高于入境值, 这可能是经过元江县域时受到了工农业废水及生活废

收稿日期: 2018-08-20

作者简介: 段漳波(1984-), 男, 哈尼族, 云南元江人, 工程师, 从事环境监测工作。

水的影响，从而导致 COD 值增高。出、入境断面 COD 平均最高值分别出现在第一季度，这可能是沿途几个糖厂都在这个季节生产，导致 COD 值增高，并且出境断面 COD 值高于入境断面，这是由于 COD 值的削减和自净需要一定的时间和空间。但由于水质较好，除第一季度外，季节的含量差异值变化不是很明显。从侧面说明了 COD 是季节性的污染物。

出、入境断面 BOD 最高值是第二季度，平均含量都在 5 mg/L 以上，最低值出现在第四季度，

为 1 mg/L 以下，本研究认为这与当地不定期排放废水有关。

出入境断面 DO 最高值是第四季度，平均含量都在 8 mg/L 以上，最低值出现在第三季度，为 7 mg/L 以下，两个断面共同的特点是第四季度 DO 含量最高。

从整个出、入境断面监测的结果看，除第一、二季度上游有废水注入，导致 COD 和 BOD 平均值高于 15 mg/L 和 4 mg/L，属于Ⅳ类水外，其它季度均优于Ⅲ类水质标准。

表 1 不同季度三氧的监测结果

(mg/L)

断面	COD			BOD			DO			
	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值	
入境断面	第一季度	18.6	15.8	17.50	4.00	3.00	3.33	7.89	7.34	7.69
	第二季度	20.6	10.6	14.6	6.00	5.00	5.33	7.82	7.74	7.78
	第三季度	16.4	8.6	13.2	5.00	1.45	3.82	7.18	6.70	6.99
	第四季度	19.6	12.1	15.37	3.00	0.92	1.97	8.10	7.89	8.02
出境断面	第一季度	22.9	18.1	19.87	4.00	3.00	3.33	7.9	7.34	7.71
	第二季度	20.6	10.6	16.43	5.5	5.00	5.17	7.9	7.74	7.82
	第三季度	16.35	10.1	13.68	6.00	1.45	4.15	7.38	6.7	6.97
	第四季度	20.6	12.1	15.69	3.00	0.92	1.97	8.1	7.98	8.05

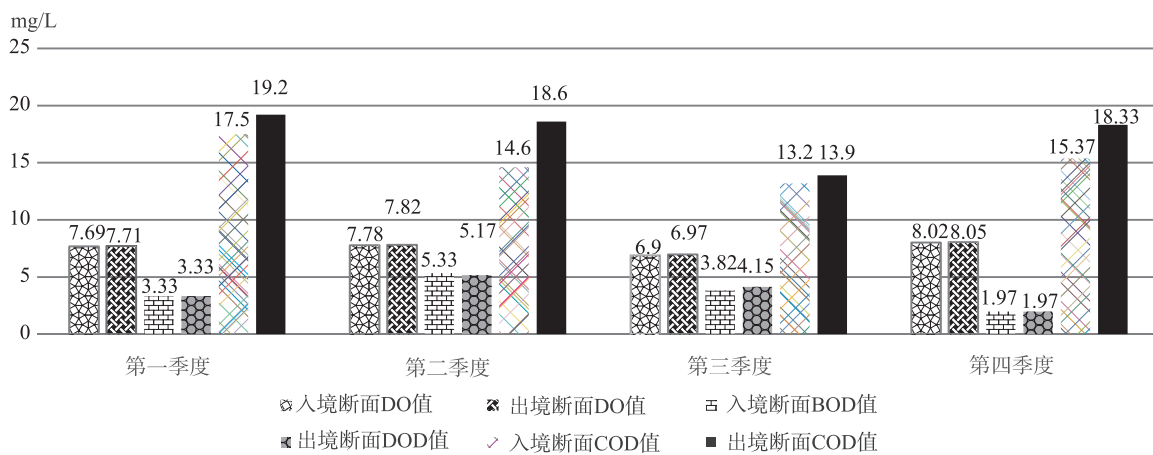


图 1 出、入境断面各季度三氧的监测结果含量

依据表 1 的数据，绘制出、入境断面各季度三氧的监测结果含量柱形图，如图 1。

2.2 出入境断面高锰酸盐指数值和氨氮值变化规律

高锰酸盐指数是指在一定条件下用高锰酸钾氧化水样中的某些有机物及无机还原性物质，由消耗的高锰酸钾量计算相当的氧量。水中的亚硝酸盐、亚铁盐、硫化物等还原性无机物和在此条件下可被氧化的有机物均可消耗高锰酸钾。因此，高锰酸盐

指数常作为水体受还原性有机物和无机物污染程度的一项指标^[4]。

氨氮是指水中以游离氨 (NH₃) 和铵离子 (NH₄⁺) 形式存在的氮，两者的组成比例取决于水中的 pH 和温度。氨氮是水体中主要的营养素，可导致水体富营养化现象产生。氨氮在水中转化成亚硝酸盐和硝酸盐时要消耗水中的溶解氧，是水体中主要的耗氧污染物，也是污水中主要的氮的存在形式。高锰酸盐指数与氨氮作为地表水水质评价的

两项最主要参数，《GB3838 - 2002 地表水环境质 量标准》对其标准限值做出了规定^[5]。

表 2 地表水环境质量标准基本项目标准限值 (mg/L)

项目类别	I 类	II 类	III	IV	V 类
高锰酸盐指数	2	4	6	10	15
氨氮	0.15	0.5	1.0	1.5	2.0

表 3 出入境断面高锰酸盐指数值和氨氮监测结果 (mg/L)

断面		高锰酸盐指数值			氨氮		
		最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
入境断面	第一季度	1.3	0.65	0.95	0.40	0.25	0.31
	第二季度	5.22	0.81	2.28	0.840	0.279	0.510
	第三季度	4.65	1.07	2.66	0.239	0.106	0.180
	第四季度	3.83	0.82	1.82	0.464	0.065	0.270
出境断面	第一季度	1.91	1.47	1.62	0.490	0.360	0.420
	第二季度	5.95	1.30	2.93	0.450	0.358	0.410
	第三季度	2.28	1.62	1.95	0.265	0.178	0.230
	第四季度	2.61	1.27	1.82	0.571	0.060	0.360

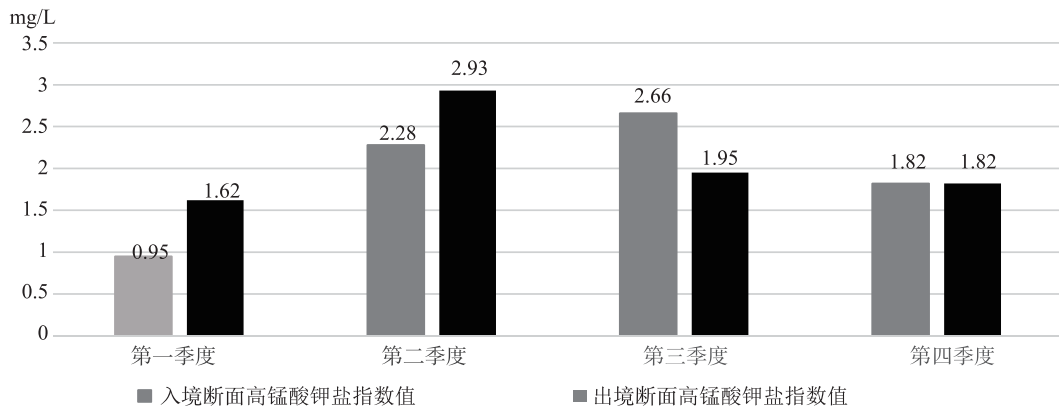


图2 出、入境断面各季度高锰酸盐指数含量

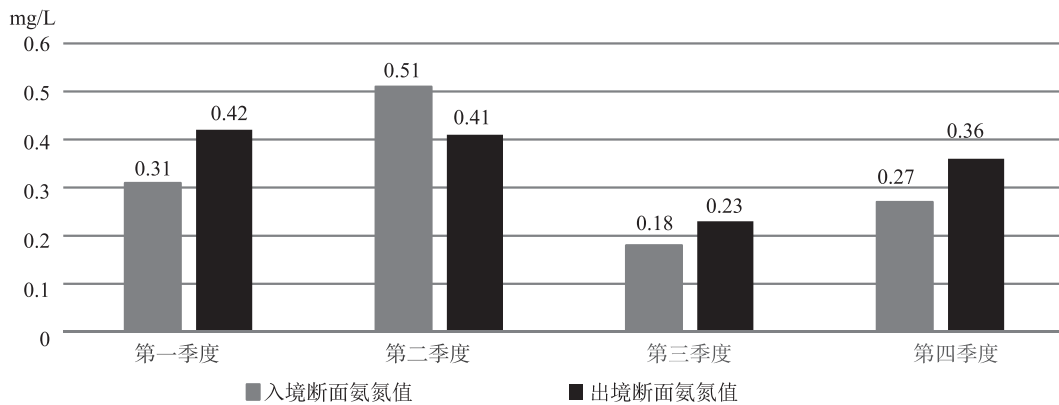


图3 出、入境断面各季度氨氮含量

依据表 3 的数据，绘制出、入境断面各季度高锰酸盐指数及氨氮含量柱形图，如图 2 和图 3。

由图 2 可知，出、入境断面高锰酸盐指数有明

显的季节性差异，且季节性差异显著，第二季度的高锰酸盐指数含量显著高于其他季节的高锰酸盐指数含量，其次为第三季度，而第一季度和第四季度

含量相对较低。整个河段高锰酸盐指数在 3 mg/L 左右波动,按高锰酸盐指数单项评价,介于 I 类水与 II 类水,均能满足该河段水质达标要求。

由图 3 可知,出、入境断面氨氮含量最高值为第二季度,其次为第一季度,这是因为这段时间为枯水期,断面径流量小,对水中氨氮的稀释作用不明显,导致氨氮含量增高。第三季度氨氮含量最低,这可能是因为夏季大量水生植物开始繁殖,水生植物生长繁殖过程中大量吸收和利用水中的氨氮作为氮源,在一定程度上降低了水体中氨氮的含量^[4],苗升明、魏述勇、仁宗明的研究表明,浮萍和凤眼莲等水生植物对水体中的氨氮有较高的吸收去除能力^[6]。此外,夏秋季节昼长夜短,水生植物光合作用时间长强度大,水生植物光合作用提高了水体中溶解氧含量,在氧含量充足且温度适宜的条件下,水中一些微生物(如硝化细菌)的活性大大增强,对水中的氨氮也有降解作用^[7-8]。

2.3 出入境断面 pH 值变化规律

pH 值是对水质变化、水生生物生长繁殖、金属腐蚀性、水处理效果、水中溶解物能否生成沉淀物以及农作物生长等产生影响的重要因素。所以,pH 值是表示水质污染状况的一项重要指标。由图 4 可知,出、入境断面 2014—2016 年各季度 pH 平均值最高为 8.25,出现在入境断面第四季度;最低为 7.66,出现在入境断面第三季度;整体保持在 6~9,符合水质功能区要求。从氨氮浓度变化值来看,pH 值浓度变化符合赵辉、张建夫等在《贾鲁河水质的变化规律研究》一文中所讲:pH 值对氨的存在形式也有着决定作用,毒性小的铵离子在 pH 值较低条件下存在,而毒性大的氨分子在碱性较大的条件下存在,当 pH 值从 7.0 上升到 8.0 时,有一个明显的从铵离子到氨分子的转变^[3]。所以,本研究认为 pH 值是影响水质氨氮浓度的因子之一。

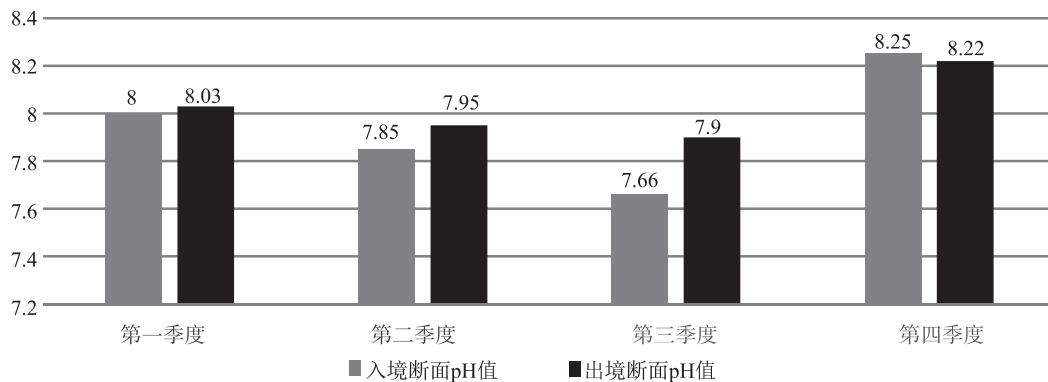


图4 出、入境断面各季度pH值

3 结论与成因分析

通过研究比较,元江流域出、入境断面几种污染物浓度季节性变化明显,且各污染物间相关性较强,出、入境断面监测结果中 COD 值、BOD 值及高锰酸盐指数值之间存在以下关系:COD 值 > BOD 值 > 高锰酸盐指数值。其中,COD 污染季节性变化最明显,此外,BOD、高锰酸盐指数和氨氮的值也是第二季度明显高于其他季度,这可能与该流域内季节性排放工农业污染物和地表径流等有关。

4 对策与建议

(1) 要深入总结元江流域水生态环境治理和保护的经验教训,做好水资源优化配置和调度、区域水环境保护和治理等工作,加强理论研究,积极探索完善水生态环境保护的有关政策、体制、机制。

(2) 做好元江流域两岸的水土保持综合治理工作,加强入河各支流的综合治理工作,特别是对农业农村环境进行综合整治,减少生活污水直接进入元江河,重视建设农村生活污水处理工程、生活垃圾收集设施;加快建设畜禽粪便集中处理和综合利用示范项目;提高农业用水的使用效率,减少农业废水进入元江的水量。

(3) 加强清理元江流域周围污染源;以城镇、农村生活污水、垃圾处理处置治理为重点,加强和完善对元江河的综合治理,减少入河污染物。

参考文献:

[1] 360 百科. 云南元江水 [EB/OL]. <https://baike.so.com/doc>.
 [2] 360 百科. 云南元江国家级自然保护区, 水文 [EB/OL]. <http://s:baike.so.com/doc>.
 [3] 赵辉, 张建夫, 谢东坡, 李艳霞, 等. 贾鲁河水质的变化规律研究 [J]. 周口师范学院学报, 2005, 22 (5).

- [4] 宋盼盼, 伊郎, 郑文. 府河流域孝感段高锰酸盐指数与氨氮含量季节性变化分析 [J]. 水生态环境, 2017 (5).
- [5] 地表水环境质量标准: GB3838-2002 [S].
- [6] 苗升明, 魏述勇, 仁宗明. 水生植物降解氨氮能力研究 [J]. 山东师范大学学报 (自然科学版), 2010, 25 (4).
- [7] 王朝阳, 李捍东, 王平. 河道底泥中氨氮的微生物降解分析 [J]. 四川环境, 2008, 27 (2).
- [8] 唐金艳, 曹培培, 徐驰等. 水生植物腐烂分解对水质的影响 [J]. 应用生态学报, 2013, 4 (1).

Study on the Variation Law of Several Pollutants in Yuanjiang County in the Honghe River Basin

DUAN Zhang-bo

(Yuanjiang Environmental Monitoring Station, Yuanjiang Yunnan 653300, China)

Abstract: According to the monitoring data of the in-and-out boundary sections of Yuanjiang River in Yuanjiang County from 2014 to 2017, the paper analyzed and discussed the seasonal variations of several pollutants. The results showed that the COD value was higher than BOD value and permanganate index value. The COD value indicated the most obvious seasonal variation, and the values of BOD, permanganate index and ammonia nitrogen were also significantly higher in the second quarter than in other quarters. Countermeasures were put forward.

Key words: entry boundary section; exit boundary section; pollutant; variation law; Yuanjiang River

《环境科学导刊》 征稿简则

《环境科学导刊》, 投稿及联系邮箱: hjkxdk@163.com; 电话 (传真): 0871-64142389; 国内统一连续出版物号: CN53-1205/X; 国际标准连续出版物号: ISSN1673-9655。

《环境科学导刊》是云南省生态环境厅主管, 云南省环境科学研究院主办的学术类环境科技双月刊。刊物力求反映环境科学的研究成果、应用技术、新理论、新方法, 活跃学术气氛, 促进学术交流。《环境科学导刊》设置有科研专题研究、环境管理、水环境保护、高原湖泊研究、生态环境保护、污染防治、污染治理技术、大气污染防治、农业环境保护、环境与人体健康、环境监测、环境影响评价等栏目。欢迎广大作者惠赐文稿。为使杂志严谨、规范, 特对来稿作如下要求:

1. 文章论点明确, 数据准确、可靠, 文约字简, 以8000字以内为宜;
2. 来稿应附有200字以内的中英文摘要、关键词和英文题目;
3. 稿件需留足足够行距以备修改用, 并附详细地址、邮编及联系电话或E-mail地址;
4. 文内标题序号、层次按国家统一标准用阿拉伯数字连续编号;
5. 严格按《中华人民共和国法定计量单位》标称, 表达量值时一律使用国际符号;
6. 附图及图内文字、字母、数字等均清晰、规范;
7. 参考文献标注齐全。

来稿文责自负, 本刊编辑可作必要删改, 一经选用即酌付稿酬, 并赠当期刊物两本。因人力有限, 来稿未录用恕不退还, 1个月内未收到录用通知, 作者可另行处理。

《环境科学导刊》的数字版本已全文入编《中国期刊网》、《中国知网》、《万方数据——数字化期刊群》、《中国核心期刊(遴选)数据库》、《中国学术期刊综合评价数据库》、《中文科技期刊数据库(全文版)》、“超星移动图书馆”等。所有被本刊录用并发表的稿件文章, 将一律由本刊编辑部统一制作成数字版本在以上各数据库发布, 并参与光盘版汇编。若作者不同意稿件参与数字版发行, 请另投他刊。本刊所付稿酬包含刊物数字版发行的稿酬, 不再另付。

南盘江上游近 12 a 水质变化趋势及污染特征

张 宏

(曲靖市环境监测站, 云南 曲靖 655000)

摘 要:对曲靖境内南盘江近 12 a (2006—2017) 的监测数据进行分析评价, 阐明南盘江的污染特征及主要污染指标的时空变化, 评价了南盘江水质现状。

关键词:水质变化趋势; 污染特征; 水质状况; 南盘江

中图分类号: X52 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 02-0024-05

南盘江发源于曲靖市沾益马雄山东麓, 为珠江源头, 流经沾益、麒麟区、陆良坝区, 在陆良县大莫古石板塘村出市境, 辗转宜良、华宁、弥勒、开远、泸西后, 又在曲靖市师宗县龙庆乡发蒙村入市境, 流经设里桥, 再于罗平三江口出省境。

曲靖境内南盘江为上游 (简称南盘江), 共设置了 6 个国控、省控断面, 分别为背景断面花山水库入口、控制断面花山水库出口、天生坝、龚家坝、天生桥、设里桥。天生桥 (曲靖-昆明)、设里桥 (文山-曲靖) 同时也是跨 (州市) 界断面。随着曲靖市污染防治、生态建设及环境综合整治力度的加强, 南盘江水质不断得到改善, 水质现状良好稳定。

1 监测概况

1.1 监测断面水功能及水质目标

花山水库入口 (I 类)、花山水库出口 (IV 类)、天生坝 (IV 类)、龚家坝 (IV 类)、天生桥 (IV 类)、设里桥 (III 类)。

为加强水污染防治, 从 2016 年要求花山水库出口、设里桥断面水质目标 II 类、天生桥水质目标 III 类。

1.2 监测指标、频次

《GB3838-2002 地表水环境质量标准》表 1 除总氮外的 23 项。每月监测 1 次, 全年样本数 12 个。

2 评价方法

评价指标:《GB3838-2002 地表水环境质量标准》表 1 中除水温、总氮、粪大肠菌群以外的 21 项指标。

水质状况:断面水质类别评价采用单因子评价

法, 并作断面水质定性评价; 南盘江河流水质采用断面水质类别比例法。

水质变化:断面采用单因子浓度比较法, 河流水质采用水质类别比例比较评价; 不同时段水质变化趋势按水质状况采用等级变化; 多时段的变化趋势采用 spearman 秩相关系数法衡量环境污染变化趋势。

3 监测数据分析评价

3.1 南盘江水质总体变化

从 2006—2017 年的监测数据分析, 南盘江水质逐步得到改善, 水质变化分三个阶段: 2006—2008 年重度污染, 2009—2011 年中度污染, 2012—2017 年水质已经得到明显改善, 南盘江水质总体良好。南盘江近 12 a 水质类别见表 1, 水质状况图见图 1。

3.2 断面水质变化及污染特征

根据南盘江干流的 6 个监测断面水质状况, 将断面分为水质稳定达优的断面、水质明显改善的断面及水质重度污染无明显变化的断面。断面污染因子特征见表 2。

水质稳定达优的断面:花山水库入口、花山水库出口, 水质类别介于 I 类、II 类之间。

水质明显改善的断面:天生坝、天生桥、设里桥。

天生坝 2008、2010 年水质类别为 IV 类, 污染指标为 NH_3-N 。水质轻度污染, 其余年份水质介于 II 类、III 类之间, 水质状况优良。水质由轻度污染上升为优良, 水质明显改善。

天生桥 2006—2011 年水质类别均为劣 V 类, 重度污染。主要污染指标除常规指标 NH_3-N 、TP、 BOD_5 外, 2007 年出现了 F^- 、2008—2011 年出现了 As 污染, 2012 年后水质上升为优良, 优于

水功能，稳定达到考核目标要求。

设里桥 2006 年、2007 年、2008 年水质类别均为劣 V 类，重度污染。主要污染指标除常规指标 TP 外，2008 年出现 As 污染，2009—2011 年后水质上升为良好，2012 年后水质上升为优，优于水功能，并稳定达到考核目标要求。

水质无明显变化的断面：龚家坝断面 2006—2017 年均为劣 V 类，重度污染。主要污染指标均为常规指标 NH₃-N、TP、BOD₅。

从珠江源头花山水库入口到花山水库出口沿途生态植被较好，受人类活动影响小，水质稳定达优。花山水库出口以下，南盘江水质受工农业及生活污染影响逐步加大，穿过曲靖市区到达龚

家坝达到了峰值，主要污染指标是氨氮、总磷、生化需氧量。龚家坝之后随着沿途支流汇入，人口密度减少，污染物浓度逐渐降低。天生桥断面 2011 年前出现了 F⁻、As 污染指标，表面受工业污染明显。2012 年后天生桥水质已达到或优于 III 类，工业源污染得到有效控制，水质优良已得到明显改善。天生桥后南盘江在陆良县大莫古石板塘村出市境，又在曲靖市师宗县龙庆乡发蒙村入市境，流经设里桥。2006 年、2007 年、2008 年设里桥水质重度污染，污染指标为总磷，2008 年污染指标增加 As，受工业污染影响明显，2009 年水质开始上升为良好，到 2012 年后设里桥水质已经达优。

表 1 南盘江近 12a 水质类别比例表

断面	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年
花山水库入口	II	II	I	II	I	I	II	I	I	II	II	II
花山水库出口	I	I	I	I	I	I	II	I	I	I	I	I
天生坝	III	III	IV	III	IV	III	II	II	III	III	II	II
龚家坝	劣 V	劣 V	劣 V	劣 V	劣 V	劣 V	劣 V	劣 V	劣 V	劣 V	劣 V	劣 V 类
天生桥	劣 V	劣 V	劣 V	劣 V	劣 V	劣 V	III	III	II	II	II	III
设里桥	劣 V	劣 V	劣 V	III	III	III	II	II	II	II	II	II
南盘江水质类别比例/%	I~III 类: 50; 劣 V 类: 50	I~III 类: 50; 劣 V 类: 50	I~III 类: 33.3; 劣 V 类: 50	I~III 类: 66.7; 劣 V 类: 33.3	I~III 类: 50; 劣 V 类: 33.3	I~III 类: 66.7; 劣 V 类: 33.3	I~III 类: 83.3; 劣 V 类: 16.7	I~III 类: 83.3; 劣 V 类: 16.7	I~III 类: 83.3; 劣 V 类: 16.7	I~III 类: 83.3; 劣 V 类: 16.7	I~III 类: 83.3; 劣 V 类: 16.7	I~III 类: 83.3; 劣 V 类: 16.7
南盘江水质状况	重度污染	重度污染	重度污染	中度污染	中度污染	中度污染	良好	良好	良好	良好	良好	良好

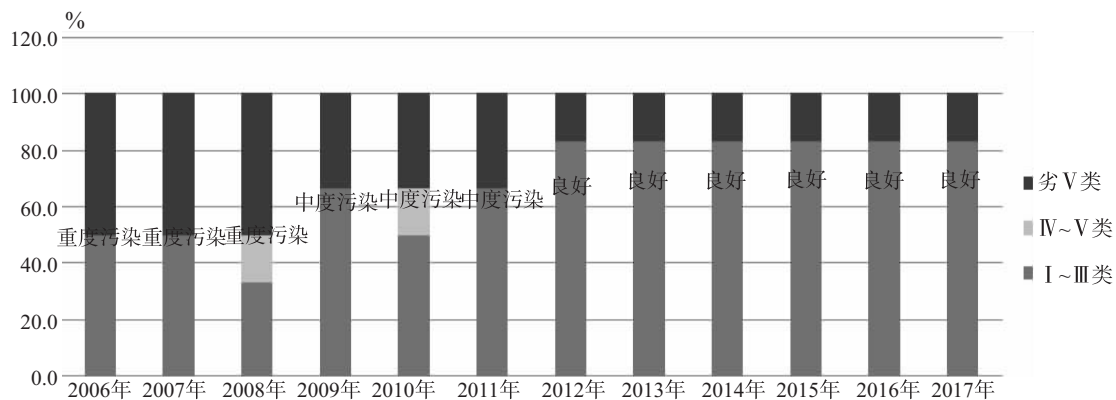


图 1 南盘江近 12 a 水质状况图

2012 年以前南盘江水质由重度污染上升到中度污染，污染状况有所改善。2012 年后进一步强化各项污染控制、生态修复、环境综合整治等措

施，水质得到明显有效改善，南盘江水质稳定达到良好。南盘江 2017 年总磷及氨氮、生化需氧量的空间分布图见图 2、图 3。

表2 南盘江断面污染指标水质类别及超标倍数(Ⅲ类)评价表

断面	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
天生坝	-	-	NH ₃ -N (Ⅳ, 0.44)	-	NH ₃ -N (Ⅳ, 0.43)	-	-	-	-	-	-	-
龚家坝	NH ₃ -N (劣Ⅴ, 6.6) TP (Ⅴ, 0.82) BOD ₅ (劣Ⅴ, 1.8)	NH ₃ -N (劣Ⅴ, 5.4) TP (Ⅴ, 0.71) BOD ₅ (Ⅴ, 1.2)	NH ₃ -N (劣Ⅴ, 8.1) TP (劣Ⅴ, 1.3) BOD ₅ (Ⅳ, 0.26)	NH ₃ -N (劣Ⅴ, 3.6) TP (劣Ⅴ, 2.0) BOD ₅ (Ⅴ, 0.6)	NH ₃ -N (劣Ⅴ, 8.3) TP (劣Ⅴ, 2.6) BOD ₅ (劣Ⅴ, 1.3)	NH ₃ -N (劣Ⅴ, 2.7) TP (劣Ⅴ, 1.2) BOD ₅ (Ⅴ, 1.3)	NH ₃ -N (劣Ⅴ, 2.4) TP (劣Ⅴ, 2.2) BOD ₅ (Ⅳ, 0.4)	NH ₃ -N (劣Ⅴ, 4.8) TP (劣Ⅴ, 1.6) BOD ₅ (Ⅴ, 0.6)	NH ₃ -N (劣Ⅴ, 2.3) TP (劣Ⅴ, 1.5) BOD ₅ (Ⅳ, 0.4)	NH ₃ -N (劣Ⅴ, 0.7) TP (劣Ⅴ, 1.5) BOD ₅ (Ⅳ, 0.4)	NH ₃ -N (劣Ⅴ, 2.0) TP (劣Ⅴ, 1.1) BOD ₅ (Ⅳ, 0.3)	NH ₃ -N (劣Ⅴ, 1.1) TP (劣Ⅴ, 1.4) BOD ₅ (Ⅳ, 0.048)
天生桥	NH ₃ -N (劣Ⅴ, 2.9) F ⁻ (劣Ⅴ, 1.8) TP (Ⅴ, 0.8)	NH ₃ -N (劣Ⅴ, 1.1) TP (劣Ⅴ, 1.4) F ⁻ (Ⅳ, 0.8)	As (劣Ⅴ, 7.4) NH ₃ -N (劣Ⅴ, 1.3) TP (劣Ⅴ, 4.4)	NH ₃ -N (劣Ⅴ, 1.1) As (Ⅳ, 0.08) BOD ₅ (Ⅳ, 0.31)	NH ₃ -N (劣Ⅴ, 1.0) As (Ⅳ, 0.32) TP (Ⅳ, 0.22)	NH ₃ -N (劣Ⅴ, 1.5) As (Ⅳ, 0.58) BOD ₅ (Ⅳ, 0.18)	-	-	-	-	-	-
设里桥	TP (劣Ⅴ, 4.3)	TP (劣Ⅴ, 2.8)	TP (劣Ⅴ, 1.2) As (Ⅳ, 0.58)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

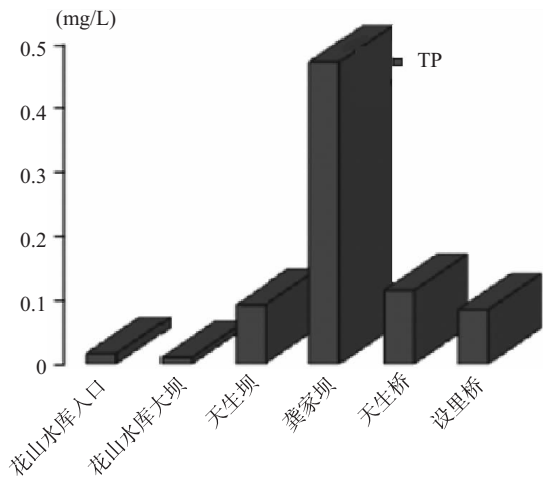


图2 南盘江各断面TP的空间变化图

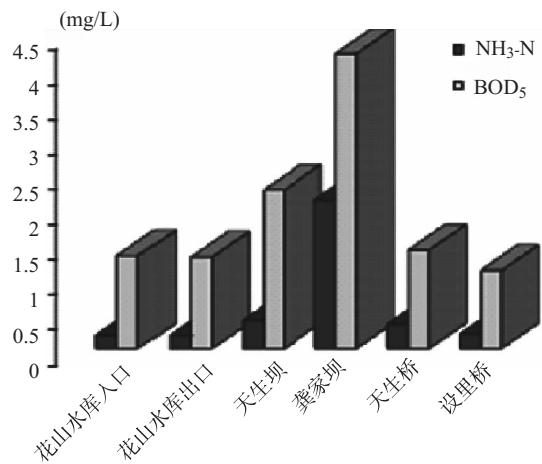


图3 南盘江各断面NH₃-N、BOD₅空间变化图

3.3 近6 a 南盘江主要污染指标的年际变化

据2016年曲靖市环境统计:曲靖市城镇污水排放量13158.36万t,占曲靖市废水排放总量的83.58%;主要统计污染指标COD、NH₃-N、TP、TN,城镇生活源排放量占总排放量的比例分别为:88.5%、86.1%、95.0%、88.9%,其污染源于城镇生活源。南盘江从2012年开始水质总体为良好,2012—2017年南盘江污染河段为穿越曲靖市区河道,控制断面龚家坝,主要污染指标为NH₃-N、TP、BOD₅;龚家坝主要污染指标浓度近3 a有较大降低,近3 a主要污染指标平均浓度与2012年比NH₃-N减少了33.1个百分点、BOD₅减少了9.5

个百分点、TP减少了29.6个百分点。

南盘江主要污染指标NH₃-N、TP、BOD₅近6 a的时空变化见图4、图5、图6。龚家坝主要污染指标近6 a变化趋势图见图7、图8、图9。

3.4 近12 a 南盘江断面主要污染指标的变化趋势

2006—2017年断面污染指标变化趋势用Daniel趋势检验秩相关系数法作定量分析,如为负值,表明呈下降趋势或好转趋势,为正数呈上升趋势或加重趋势,并进行显著性检验。当N=12时,秩相关系数r_s的临界值(W_p)为0.506。结果为除龚家坝外,其余断面水质呈好转趋势。详见表3。

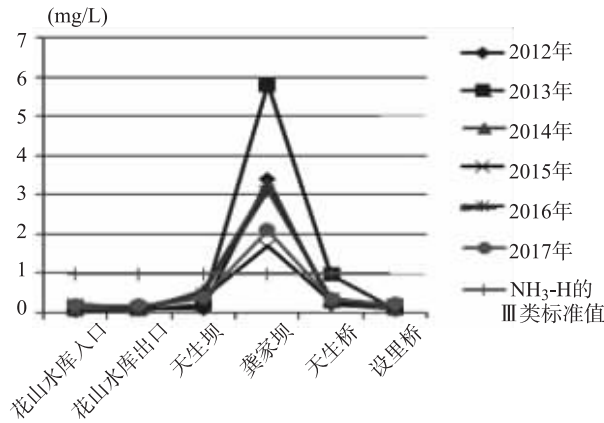


图4 南盘江设里桥近6 a氨氮时空变化图

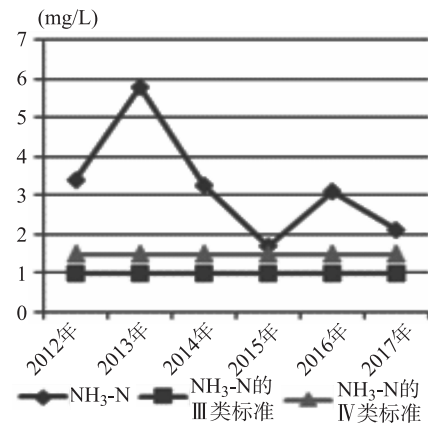


图7 龚家坝氨氮近6 a变化趋势图

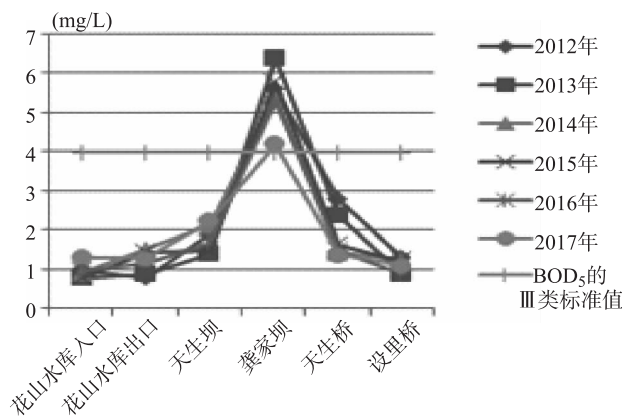


图5 南盘江近6 aBOD₅时空变化图

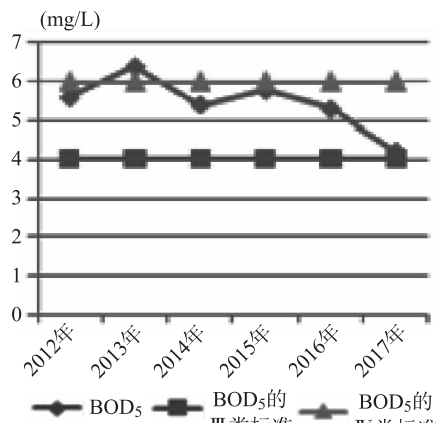


图8 龚家坝BOD₅近6 a时空变化趋势图

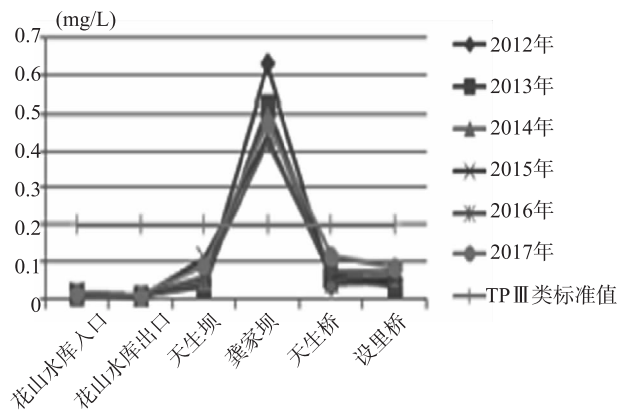


图6 南盘江设里桥近6 aTP时空变化图

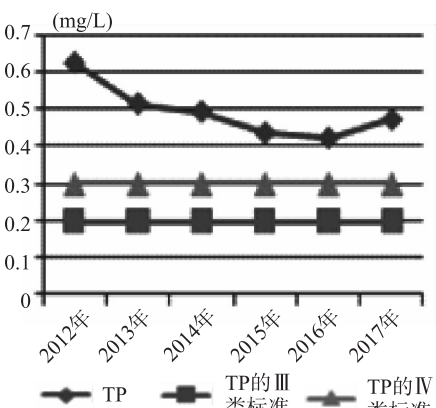


图9 龚家坝TP近6 a变化趋势图

表3 近 12 a 断面主要污染指标变化趋势评价

断面	污染指标	r_s	判定依据	变化趋势评价
天生坝	NH ₃ -N	-0.685	$r_s < 0, r_s > W_p$	NH ₃ -N 呈好转趋势
	NH ₃ -N	-0.832	$r_s < 0, r_s > W_p$	
龚家坝	BOD ₅	-0.615	$r_s < 0, r_s > W_p$	NH ₃ -N 及 BOD ₅ 呈显著好转趋势; TP 呈加重趋势, 但无显著性
	TP	0.161	$r_s > 0, r_s \leq W_p$	
天生桥	NH ₃ -N	-0.762	$r_s < 0, r_s > W_p$	NH ₃ -N 呈显著好转趋势 TP 呈显著好转趋势 A _s 呈显著好转趋势
	TP	-0.713	$r_s < 0, r_s > W_p$	
	A _s	-0.853	$r_s < 0, r_s > W_p$	
设里桥	TP	-0.545	$r_s < 0, r_s > W_p$	TP 呈显著好转趋势

4 结论

2006—2017 年 12 a 间南盘江水质已得到了巨大改善。2006—2008 年前南盘江水质重度污染，2009—2011 年水质有所改善达到中度污染，2012—2017 年水质已达到良好；2012 年后南盘江工业污染得到有效控制，生活污染主要表现在龚家坝河段；龚家坝断面连续 12 a 为劣 V 类水质，2012 年来主要污染指标 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 及 BOD_5 呈

显著好转趋势，TP 呈加重趋势，但无显著性；近 3 a 龚家坝主要污染指标平均浓度与 2012 年比明显下降；南盘江天生坝、天生桥、设里桥污染指标浓度显著降低，分别于 2011 年、2012 年及 2009 年达到了优良断面，仅龚家坝断面为劣 V 类，2012—2017 年南盘江断面优良率均达 83.3%，水质已经得到明显改善，稳定达到良好。

Water Quality Trend and Pollution Characteristics of the Up - stream of Nanpan River in Recent Twelve Years

ZHANG Hong

(Qujing Environmental Monitoring Station, Qujing Yunnan 655000, China)

Abstract: The water quality of Nanpan River in Qujing was analyzed based on the monitoring data from 2006 to 2017. The spatial and temporal changes of the major water quality indices were examined as well as the pollution characteristics of the water quality.

Key words: trend of water quality; pollution characteristics; water quality; Nanpan River



(上接第 10 页)

Investigation on the Loss of Traditional Knowledge on Genetic Resources among Ethnic Minorities in the Naban River Watershed, Yunnan, China

YU Xiang - zhang, WANG Dong - sheng

(Nabanhe National Nature Reserve, Jinghong Yunnan 666110, China)

Abstract: Traditional knowledge on genetic resources of five ethnic minorities in the Naban River Watershed has been investigated. The loss of traditional knowledge has been found. The micro reasons for the loss have been examined in terms of policy level. Suggestions were put forward for policy makers and practitioners to conserve traditional knowledge.

Key words: biologic genetic resources; traditional knowledge; loss; investigation; Nabanhe River

近 70 年昆明市气温变化与城市化影响研究

潘娅婷¹, 杨靖新², 李晓鹏¹, 杨芳园¹, 邹灵宇¹

(1. 昆明市气象台, 云南 昆明 650500; 2. 丽江机场气象台, 云南 丽江 674100)

摘要: 利用昆明市近 70 年气温资料, 研究其变化趋势, 结果表明, 昆明市平均气温、最高气温、最低气温、极端最高气温、极端最低气温的气候倾向率均为上升趋势, 最高和最低气温、极端最高和极端最低气温存在不对称变化。昆明市夏季发生极端高温几率正在增大, 而在其它季节昆明极端寒害在减弱。突变分析发现昆明年平均气温、平均最低气温、极端最高和极端最低气温均在 1990 年初出现异常增暖。在 2006 年昆明观测站搬迁后, 由于大型水体、城市化建设等对气温贡献率的影响, UHI 变化趋势呈复杂多变的特征。昆明市在冬春季平均气温、最低气温和极端最低气温对应的城市热岛效应最明显。最低气温对应的城市热岛效应在春季体现最为突出, 在气温比较高时, 热岛效应并不显著。主成分分析发现, 1987—2017 年影响昆明市城区气温增温的主导因素是城镇人口、城市化率、人均 GDP。

关键词: 气温变化; 气候倾向率; 不对称变化; 城市化建设; 热岛强度; 昆明

中图分类号: X16 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 02-0029-07

0 引言

近几十年来我国气温呈上升趋势^[1], 研究表明全球变暖主要发生在夜间。谢庄^[2]和江志红^[3]分析发现最低温度上升趋势高于最高温度, 二者的非对称变化在我国大部分地区都存在。近年来, 城市化发展对区域及全球气候变化的影响已成为人们广泛关注的问题, 而人类活动、土地利用变化、城市化发展和温室气体的排放^[3]成为气候变暖的最主要影响因素。大量研究表明: 在中国的大中城市如北京、上海、天津、南京、沈阳等地都存在着热岛效应增强的趋势, 但城市热岛强度的增幅不同以及影响城市热岛强度的因子也有差别^[4]。林学椿^[5]指出北京城市的发展指数与城市热岛效应相关, 且郊区气温的增温率低于城区; 陈婉^[6]、康晓明^[7]、丁淑娟^[8]、张红利^[9]等分别对城市热岛效应的影响因子进行了分析, 结果表明人类活动、下垫面性质的改变以及城市人口对城市热岛效应具有调节作用。1980 年以后昆明市处于经济和城市恢复和重振时期, 城市化进程不断加快。相关学者分析研究了昆明市城市热岛效应的影响。如张

一平等研究了昆明热岛影响立体分布特征^[10-11]; 孙绩华^[12]和陈艳^[13]分别对昆明城市热岛影响变化特征进行了研究; 赵庆由等^[4]利用统计学中的主成分分析得出不同时段影响年热岛强度的因素不同的结论。2006 年昆明观测站从城区搬到郊区后, 尚无研究者涉及关于大型水体(滇池)、城市化以及准静止锋对城市热岛效应影响作用的相关研究, 本文基于此对昆明近 70 年气温要素的变化特征、城市热岛效应影响因子和大型水体、城市化在不同阶段对不同气温要素的贡献问题进行了研究。

1 资料与方法

所用气温资料为 1951 年 1 月—2017 年 12 月昆明市主城区国家基准观测站逐月平均气温, 逐月极端最高、最低气温。由于昆明市国家基准站在 2006 年迁站, 考虑到新旧站点相距较近, 两站点同属于一个气候区, 因此根据段旭^[14]提出的气温递减率为 $0.51^{\circ}\text{C}/100\text{m}$, 以太华山观测站的海拔高度为基准点, 将昆明新旧观测站的气温数据进行海拔订正。各个气温要素值的距平值为各气温要素相对于 1981—2010 年气温的差值。计算城市热岛效应时, 根据近 70 年来气温的变化趋势, 1978 年左右昆明气温处于最冷时期, 之后气温基本为单调递增趋势, 与昆明城市化发展时间相契合, 因此选取 1978 年以后的气温序列资料作为城市热岛效应研究对象。考虑到资料的可获得性, 城市发展资料为 1987—2017 年中国统计信息网中的昆明统计年

收稿日期: 2018-09-05

基金项目: 昆明市区域创新与科技惠民重点项目 (TQ2015 1 S 00169)。

作者简介: 潘娅婷 (1979-), 女, 云南宜良人, 汉族, 工程师, 从事业务科研及预报工作。

通信作者: 杨靖新 (1979-), 男, 云南丽江人, 汉族, 工程师, 从事航空气象服务及研究工作。

鉴资料。利用上述资料，通过线性回归、Mann - Kendall 突变检验、热岛强度变化 (UHI) 分析方法，分析近 70 年昆明市气温的气候变化规律及突变特征。同时结合昆明城市发展等资料，进一步分析城市化进程对昆明市气温要素的影响。热岛强度变化 (UHI) 和城市化贡献率 (E_u) 计算方法如下： $UHI = T_u - T_r$ ，其中 T_u 代表城市站（昆明观测站）气温， T_r 代表乡村站（太华山站）气温， $E_u = \Delta T_{ur} / |T_u| = (T_u - T_r) / |T_u|$ ，由于 T_u 值可正可负，而 E_u 的正负符号主要取决于 ΔT_{ur} 值，因此除数 T_u 取绝对值。文中以平均气温、极端最高气温和极端最低气温统计的热岛强度用 $UHI_{平均气温}$ 、 $UHI_{极端最高气温}$ 、 $UHI_{极端最低气温}$ 来表示。

2 气温的年际变化趋势

2.1 平均气温变化特征

图 1 给出 1951—2017 年昆明市年平均气温的

距平、6 次二项式平滑曲线和线性拟合直线，可看出近 70 年来昆明市的气温呈显著的上升趋势，增温幅度为 $0.25^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ($\alpha = 0.05$)，略低于全国 1951—1990 年平均气温的 $0.3^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 的升温幅度^[15]，可见，昆明市的增温与我国气候变暖具有同步性，但强度稍弱。此外，从 6 次二项式平滑曲线可看出，近 70 年来昆明市年平均气温呈单峰、单谷分布形态，从 1951 年到 1970 年中期年平均气温呈下降趋势，1970 年代中后期到 2000 年代中期呈显著上升趋势，1977—2006 年的平均气温较 1951—1976 年增加了 0.8°C 。其次，由表 1 可知，平均气温的季节变化特征为，冬季升温幅度最大，达 $0.30^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ($\alpha = 0.05$)，秋春季次之，最弱在夏季，与中国气温变化中近年暖冬特征相似。

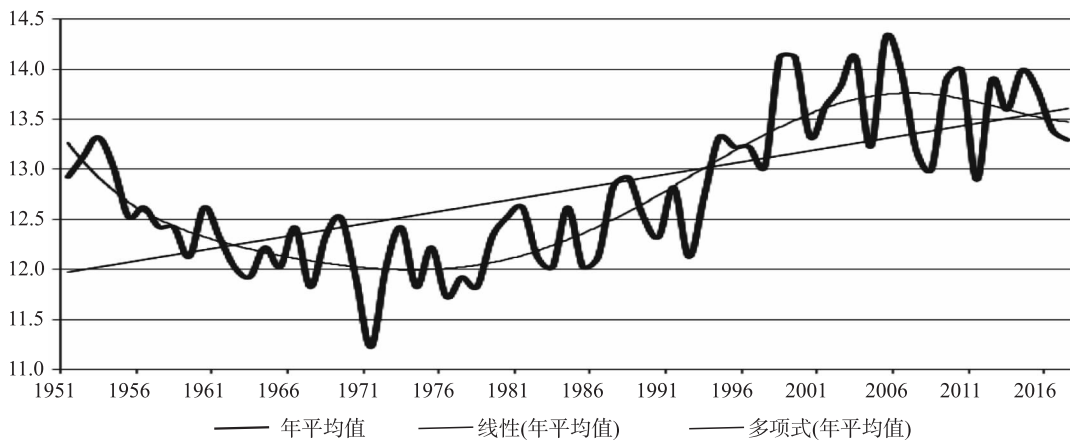


图1 昆明市1951—2017年年平均气温变化趋势

2.2 平均最高、最低气温的变化特征

参照文献 [16] 计算昆明市年平均最高、最低气温及其四季的趋势系数和气候倾向率。由表 1 可知，除日较差为负值且呈下降趋势外，所有气温要素随时间均呈上升趋势。其中平均最低气温在冬春季的增温趋势最为显著，秋季和夏季的增温趋势稍弱，冬季最大增温幅度（气候倾向率）达 $0.51^{\circ}\text{C}/$

10a ($\alpha = 0.05$)，而最高气温增长趋势较小，仅夏季表现出明显增温趋势，春季增温趋势最小。夏季最高气温和最低气温都呈增温趋势，增幅分别为 $0.19^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 和 $0.18^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ ，二者显著性水平平均超过 95%，但增温幅度仍远小于冬季最低气温的增温幅度。此外，在全球气候变暖的背景下，昆明市平均最高、最低气温在冬春季存在明显的不对称性变化。

表 1 各季节气温趋势系数和气候倾向率

	平均气温		平均最高气温		平均最低气温		日较差		极端最高气温		极端最低气温	
	R_{xt}	ΔT	R_{xt}	ΔT_{max}	R_{xt}	ΔT_{min}	R_{xt}	ΔT_{dr}	R_{xt}	ΔT_{emax}	R_{xt}	ΔT_{emin}
春季	0.41	0.19	0.10	0.02	0.69	0.46	0.69	-0.53	0.10	0.04	0.62	0.45
夏季	0.62	0.16	0.57	0.19	0.64	0.18	0.17	-0.05	0.63	0.3	0.46	0.21
秋季	0.53	0.21	0.42	0.18	0.63	0.3	0.54	-0.27	0.34	0.14	0.59	0.42
冬季	0.53	0.3	0.27	0.17	0.71	0.51	0.57	-0.46	0.37	0.14	0.56	0.44

注： R_{xt} 代表气温线性趋势系数； ΔT 代表气候倾向率；当 $\alpha = 0.05$ ， $R_{xt} = 0.296$ 。

2.3 日较差的变化趋势

由表 1 可见, 所有季节日较差的气候倾向率均为负值, 而在冬春季的降温幅度最大, 分别达 $-0.46^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ($\alpha=0.05$) 和 $-0.53^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ($\alpha=0.05$), 其次为秋季和夏季, 前面分析也表明冬春季最低气温增幅远大于最高气温, 因此, 日较差在冬春季呈现出明显的非对称特点。而夏秋季最低气温和最高气温的增幅较接近, 日较差的非对称特点不明显。

2.4 极端最高、最低气温的变化趋势

由表 1 可看出极端最高、最低气温的趋势变化同样存在季节性特征和变化幅度的不对称性。极端最高气温在夏季呈显著上升趋势, 气候倾向率为 $0.3^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ($\alpha=0.05$), 高于极端最低气温的增幅, 而其它季节则低于极端最低气温的增幅 (气候倾向率 $0.4^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$)。说明昆明市夏季发生极端高温的几率正在增大, 而极端最低气温在秋冬春季显著增温趋势说明近 70 年来昆明的极端寒害在减弱。

统计昆明市日最高气温 $\geq 25^{\circ}\text{C}$ 的高温日和日最低气温 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 的低温日逐年变化, 可知高温日在 20

世纪 70、80 年代明显偏少, 70 年代中期前后高温频数达最低, 80 年代中期以后则呈明显的增多趋势。而低温日数变化趋势则相反, 70、80 年代达到峰值, 80 年代中期以后出现的次数却显著减少。这充分说明昆明夏季更加炎热, 而冬春季的低温灾害正趋于减弱。

3 气温的年代际变化趋势

从表 2 和图 1 可看出昆明最冷时段在 20 世纪 70 年代, 1951—1990 年平均气温逐渐变冷, 降温率达 $0.32^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$, 70 年代中期以后开始回暖, 到 2000 年后为最暖时期。1971—2010 年平均气温回升显著, 升温率达 $0.65^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$, 2000 年后平均气温比 70 年代高出 1.7°C 。说明昆明市 1981—2010 年近 30 a 来气温上升明显, 与此同时昆明市也迎来了城市扩张发展的新阶段, 城市化对气温升高的影响也越来越明显。1951—1990 年昆明的平均温度变化趋势与同期北半球气温以及中国气温变化趋势基本一致, 均在 70 年代为最冷时段, 以后逐渐回升, 气候倾向率为 $-0.10^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$, 高于 1901—1988 年昆明的 -0.00 的气候倾向率^[16-17]。

表 2 昆明市气温的年代际变化

	1951—1960	1961—1970	1971—1980	1981—1990	1991—2000	2001—2010	2011—2017
平均气温距平	-0.4	-1.0	-1.1	-0.7	0.1	0.6	0.5
平均最高气温距平	0.0	-0.5	-0.7	-0.5	0.0	0.4	0.5
平均最低气温距平	-1.2	-1.4	-1.6	-1.0	0.2	0.7	0.0
极端最高气温距平	0.0	-0.6	-0.7	-0.6	0.1	0.5	0.8
极端最低气温距平	-1.3	-1.4	-1.7	-1.0	0.2	0.9	-0.1
日较差距平	1.2	0.9	0.9	0.5	-0.2	-0.4	0.5

其余所有气温要素在近 70 年来总的变化趋势与平均气温变化类似, 均在 20 世纪 70 年代最低, 50 年代到 70 年代处于较冷时期, 80 年代以后气温持续回升, 极端最低气温和平均最低气温从 70 年代到 2000 年后升温率最高, 升温率分别达 $0.92^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 和 $0.89^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$, 明显高于极端最高气温和平均最高气温的变化趋势, 并且通过 99% 的信度检验, 呈现明显的非对称性。从 50 年代到 2000 年后年平均最高气温和极端最高气温的距平绝对值分别小于对应的年平均最低气温和极端最低气温的距平绝对值。从日较差变化来看, 50 年代到 80 年代日较差均呈减小趋势, 且为正值, 这一

时期内最高气温增幅高于最低气温, 但是二者差值在逐渐缩小; 1991—2010 年日较差明显增大, 变为负值, 说明 1991 年以后, 最低气温比最高气温升温明显, 与此同时昆明城市化发展进入到重振期, 发展速度加快^[4]。2010 年后平均最高气温和极端最高气温的上升幅度分别大于平均最低气温和极端最低气温, 说明 2010 年后受昆明城市发展、下垫面性质等因素的影响, 更易出现高温天气。而平均最低气温和极端最低气温在 2010 年后的上升幅度略小于 2000—2009 年的, 初步分析这一特点可能与昆明站搬迁后观测环境的改变和城市发展有关联, 对该问题后文将作进一步阐述。

表3 昆明市气温突变年表

时间	春季	夏季	秋季	冬季	年
T	1997	1991	1993	1993	1993
T_{max}	2011	1996	1998	1996	1998
T_{min}	1991	1986	1988	1989	1990
T_{emax}	1992	1992	1987	1987	1990
T_{emin}	2011	1996	2001	2011	1990

注： T 代表平均气温； T_{max} 代表最高气温； T_{min} 代表最低气温； T_{emax} 代表极端最高气温； T_{emin} 代表极端最低气温。

4 气温的突变分析

用M-K方法检验昆明近70年各个温度序列的突变年份（显著水平在95%），结果见表3。由表3可知，昆明年平均气温在1993年前后发生异常增温，晚于我国在1986年前后的普遍增温^[15]，平均最低、极端最高和极端最低气温均在1990年前后出现异常增暖，而平均最高气温则在1998年前后发生明显增温。

由表3可见，从各气温要素在不同季节的突变年份来看，平均最低气温的突变年份均早于平均最高气温，极端最高气温的突变年份均早于极端最低气温的突变年份，因此昆明市的平均最低气温和极端最高气温对全球变暖的响应更灵敏，能提前反映出城市发展变化或人类活动对气温产生的增温影响，同时也说明夜晚增温现象比白天增温显著，即在增温现象中夜间贡献较大^[1]。

5 城市化影响分析

5.1 热岛强度年变化趋势分析

前面分析了昆明市气温序列的线性趋势和突变情况，为了了解城市化进程对气温的影响，下面详细分析昆明市1978—2017年热岛强度变化（UHI）规律。

以太华山站的平均气温、极端最低气温、极端最高气温作为乡村站点来计算昆明市的UHI。太华山站近40年UHI_{平均气温}增幅为0.27℃/10a，在1980年初到2005年呈上升趋势，2006—2010年呈微下降趋势，2011—2017年则有回升趋势，说明UHI 1980—2005年城市热岛效应愈来愈明显。在2006—2010年UHI有略下降趋势，这段时间刚搬迁后的观测站处于城市郊区，周围城市化建设较少，且观测站又位于大型水体滇池附近，这时大型水体对气温的调节作用大于城市化对气温的影响作

用，导致UHI呈下降趋势。随着城市扩张发展，观测站周围城市化建设逐渐增多，城市化对气温的增温影响逐渐增大，逐渐大于水体对气温降温的调节作用，导致UHI重回上升趋势。UHI_{极端最低气温}在1978—2000年呈上升趋势，2001—2017年则呈下降趋势，说明2000年以前城市化对极端最低气温有增温影响，城市热岛效应明显。2000年以后UHI_{极端最低气温}呈下降趋势，1990年以前和2006以后UHI_{极端最低气温}为负值，说明昆明市的极端最低气温低于太华山的极端最低气温，呈现出“城市冷岛”特征。参考文献[13]陈艳等提出由于极端最低气温一般出现在冬半年，冷空气在影响云南时受地形影响形成昆明准静止锋，该锋面坡度小，结构浅薄，因此海拔较高的地区不易受到影响，从而便有可能使太华山气温接近或高于昆明市气温，而因为这段时期城市化的增温影响较弱，最终使得UHI_{极端最低气温}出现负值。1978—2017年UHI_{极端最高气温}总体变化幅度较小，总体变幅小说明城市化对极端最高气温影响小，基本处于一个稳定状态，并且UHI_{极端最高气温}基本为负值，说明大型水体对极端最高气温的降温作用大于城市化对极端最高气温的增温效应。

5.2 热岛强度季节性变化特征分析

表4给出各季节热岛强度变化的趋势系数和倾向率，从表中可看出除UHI_{极端最高气温}在春季为负值，呈下降趋势，其余气温要素对应的UHI均为正值，呈上升趋势。其中UHI_{极端最低气温}在冬春季强度上升幅度最大，增幅达0.43℃/10a以上，并通过了95%的显著性检验，说明昆明市在冬春季极端最低气温对应的城市热岛效应最明显。而UHI_{极端最高气温}（春季除外）增幅比较平缓，说明气温比较高时，热岛效应并不显著。

表4 各季节热岛强度趋势系数和气候倾向率

1978—2017年热岛强度	年平均		春季		夏季		秋季		冬季	
	R_{xt}	ΔT	R_{xt}	ΔT	R_{xt}	ΔT	R_{xt}	ΔT	R_{xt}	ΔT
平均气温	0.68	0.27	0.61	0.30	0.25	0.08	0.12	0.05	0.58	0.30
极端最低气温	0.32	0.26	0.44	0.52	0.12	0.08	0.04	0.04	0.43	0.53
极端最高气温	0.17	0.09	0.03	-0.02	0.14	0.13	0.11	0.05	0.44	0.25

注： R_{xt} 代表气温线性趋势系数； ΔT 代表气候倾向率；当 $\alpha=0.05$ ， $R_{xt}=0.299$ 。

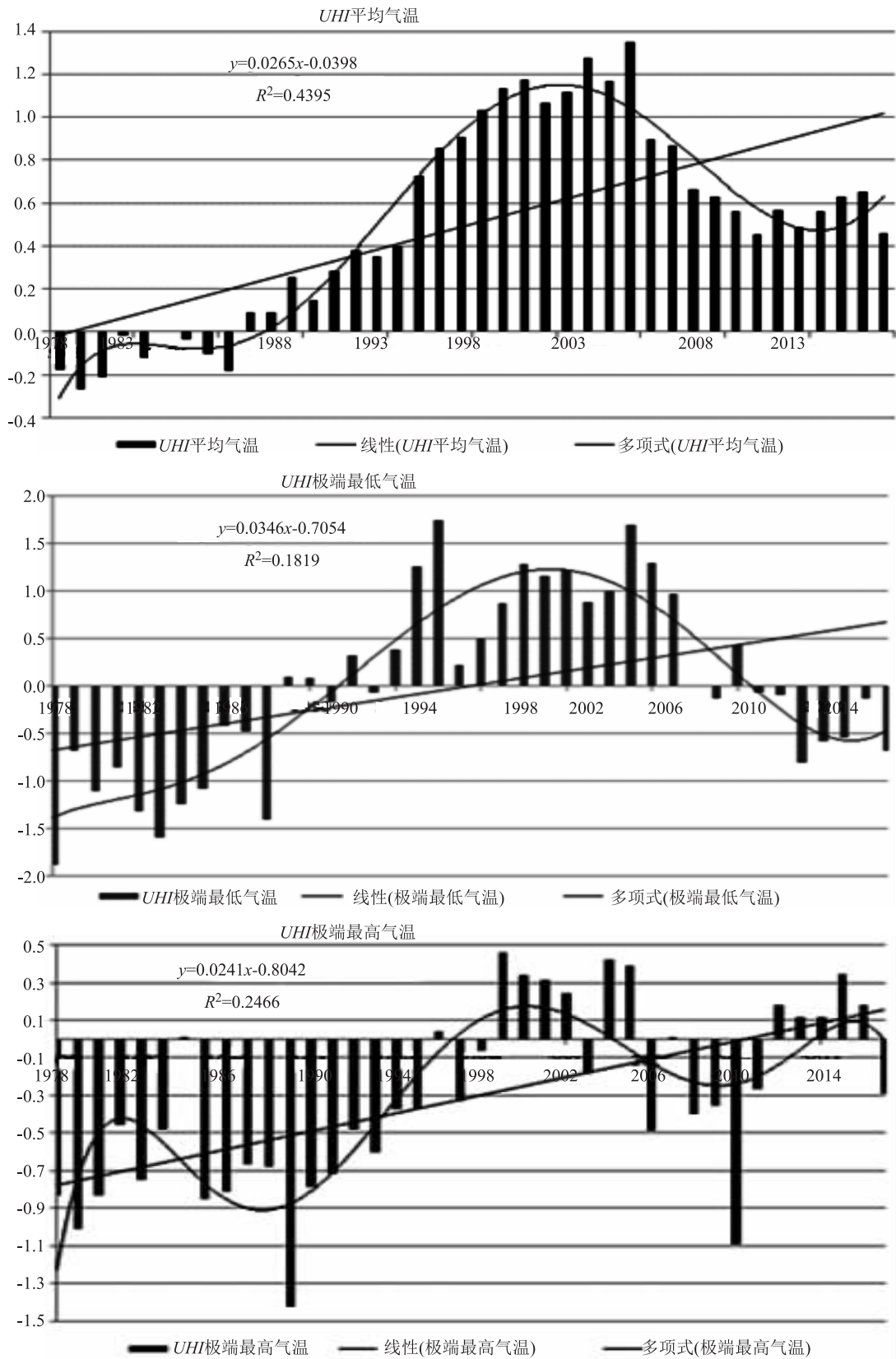


图2 1978—2017年昆明市UHI平均气温、UHI极端最高气温、UHI极端最低气温的变化趋势

5.3 城市化进程对热岛效应的影响分析

5.3.1 昆明市城区城市化综合水平演变过程分析

城市化是农业人口转化为非农业人口、农村地

域转化为城市地域、农业活动转化为非农业活动的过程^[4,18]。衡量一个城市化发展水平的指标有人口城市化、经济城市化、空间城市化等。

研究表明,社会经济和城市人口增加是中国城市土地扩张的主要驱动因子^[19]。由于昆明城市人口增加和经济发展,促使城区面积迅速扩张,改变了昆明城市下垫面的热力状况,同时经济发展对能源需求稳步增长,使得城市热力状况变得更加复杂,进而影响到昆明城区的气温变化。改革开放初期,昆明市开始加快城市发展步伐,城区面积从20世纪80年代中后期的30多km²扩大到4000多km²,城镇人口从100多万增加到300多万人,社会经济加速发展,人均GDP从1987年的1000多元/人到2017年的7000余元/人,城市化的快速推进,从各方面影响到该城市的小气候,城市的原始气温也受到影响,导致城市热岛效应的出现。

5.3.2 城市热岛效应影响因子分析

借鉴文献[4],考虑到数据的可获得性,根据中国统计信息网上昆明统计年鉴中的数据,采用1987—2017年人口城市化(城镇人口、人口密度、城市化率)、空间城市化(城区面积)、经济城市化(人均GDP)作为城市化发展强度指标,来综合评价昆明城区城市化进程对城市增温的影响。将上述5个指标作为评估城市化综合水平的影响因素作相关性分析发现,5个指标之间的相关性较高,相关系数都在0.83以上(显著性水平为0.01)。因此有必要对5个指标先进行主成分分析,了解31a来5个指标对昆明市城区热岛强度的影响程度。利用SPSS 17.0统计软件对数据进行主成分分析,分析结果如下:第一主成分的特征值为4.278,它解释5个原变量总方差的85.563%,第二主成分的特征值为0.435,前两个主成分解释总方差的94.273%。其中前3个因子的载荷值分别为城镇人口0.99,城市化率0.963,人均GDP 0.902^[20],因此1987—2017年影响昆明市城区气温增温的主导因素是城镇人口、城市化率、人均GDP。这一结果与赵庆由等的研究结果有一定差异,赵的结果中城区建设面积为第一主成分,所占载荷值最大,本研究则得出城镇人口是影响城市热岛效应的第一主成分,载荷值也是最大的。该差异的存在有待进一步讨论和研究。

6 结论

(1)近70年来昆明市平均气温、最高、最低气温、极端最高、极端最低气温的气候倾向率均为上升趋势,其中最高、最低气温存在不对称性变化。从年代际变化来看,所有气温要素在近70年来总的变化趋势均在1970年代最低,1950年代到

1970年代处于较冷时期,1980年代以后气温持续回升。

(2)昆明市年平均气温在1993年前后发生异常增温,平均最低、极端最高和极端最低气温均在1990年前后出现异常增暖,而平均最高气温则在1998年前后发生明显增温。昆明市的月平均最低气温和极端最高气温对全球变暖的响应更灵敏。夏季发生极端高温时间的几率正在增大,而极端最低气温在其它季节显著增温趋势说明近70年来昆明的极端寒害在减弱。

(3)所有气温序列对应的UHI在1980—2005年前后呈明显的上升趋势,2005年后由于气温要素对应的UHI变化趋势受大型水体滇池、城市化建设以及准静止锋要素的共同影响,三者对气温影响贡献的演变,使得UHI呈现出复杂多变的特征。冬春季平均气温和极端最低气温对应的城市热岛效应最明显。最低气温对应的城市热岛效应在春季体现最为突出,在气温比较高时,热岛效应并不显著。

(4)通过主成分分析发现,1987—2017年影响昆明市城区气温增温的主导因素是城镇人口、城市化率、人均GDP。

参考文献:

- [1] 郑艳,张永领,吴胜安.海口市气温变化及最高最低气温的非对称变化[J].气象,2005,31(7):28-31.
- [2] 谢庄,曹鸿兴.北京最高、最低气温的非对称变化[J].气象学报,1996,54(4):501-507.
- [3] 江志红,丁裕国.近百年上海气候变暖过程的再认识—平均温度与最低、最高温度的对比[J].应用气象学报,1999,10(2):151-159.
- [4] 赵庆由,明庆忠.近20年来昆明市城市化进程对城市热岛效应的影响研究[J].云南地理环境研究,2010,22(4):87-92.
- [5] 林学椿,于淑秋.北京地区气温的年代际变化和热岛效应[J].地球物理学报,2005,48(1):39-45.
- [6] 陈婉,李林军,李宏永,等.深圳市蛇口半岛人工填海及其城市热岛效应分析[J].生态环境学报,2013,22(1):157-163.
- [7] 康晓明,崔丽娟,赵欣胜,等.北京市湿地缓解热岛效应功能分析[J].中国农学通报,2015,31(22):199-205.
- [8] 丁淑娟.长春城市发展对城市热岛效应的影响及减缓对策研究[D].长春:东北师范大学,2008:1-40.
- [9] 张宏利,陈豫,张纳伟锐,等.西安市热岛效应变化特征与城市人口发展研究[J].水土保持研究,2009,16(4):131-136.
- [10] 张一平,何云玲,马友鑫,等.昆明城市热岛效应立体分布特征[J].高原气象,2002,21(6):604-609.

- [11] 何云玲, 张一平, 刘玉洪, 等. 昆明城市气候水平空间分布特征 [J]. 地理科学, 2002, 22 (6): 724-729.
- [12] 孙绩华, 冯建武, 段玮. 昆明城市热岛效应变化特征研究 [J]. 气候与环境研究, 2015, 20 (6): 645-653.
- [13] 陈艳, 段旭, 董文杰, 等. 昆明地区城市热岛效应的再分析 [J]. 高原气象, 2012, 31 (6): 1753-1760.
- [14] 段旭, 陶云, 段长春. 云南省细网格气候区划及气候代表站选取 [J]. 大气科学学报, 2011, 34 (3): 336-342.
- [15] 丁一汇, 戴晓苏. 中国近百年来的温度变化 [J]. 气象, 1994, 20 (2): 19-26.
- [16] 施能, 陈家其, 屠其璞. 中国近 100 年来 4 个年代际的气候变化特征 [J]. 气象学报, 1995, 53 (4): 431-439.
- [17] 唐国利, 林学椿. 1921-1990 年我国气温序列及变化趋势 [J]. 气象, 1991, 18 (7): 3-6.
- [18] 赵荣, 王恩涌, 张小林, 等. 人文地理学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2007: 191-212.
- [19] 谈明洪, 李秀彬, 吕昌河. 我国城市用地扩张的驱动力分析 [J]. 经济地理, 2003, 23 (5): 635-639.
- [20] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法 [M]. 北京: 气象出版社, 2010: 121-129.

Research on the Impacts of the Changes of Temperature and Urbanization in Nearly 70 Years in Kunming

PAN Ya-ting¹, YANG Jing-xin², LI Xiao-peng¹, YANG Fang-yuan¹, ZOU Ling-yu¹

(1. Kunming Meteorological Observatory Station, Kunming Yunnan 650500, China)

Abstract: The homogeneous surface air temperature from 1951 through 2017 was used to explore the temperature trend in Kunming region. The results showed that the climate tendency rates of mean temperature, maximum temperature, minimum temperature, extreme maximum temperature, and extreme minimum temperature having been increasing in Kunming. The asymmetric change of maximum and minimum temperature, extreme-maximum and extreme-minimum temperature is distinct. The probability of the extreme high temperature in summer has been increasing, while the extreme cold damage has been weakening in other seasons. Mutation analysis found that abnormal warming happened in early 1990 associated with the annual average temperature, minimum, and extreme-maximum and extreme-minimum temperature. The rising trend of all of *UHI* was obvious from 1980 through 2005. The changing trend of *UHI* was complex and changeable because the contribution of temperature was impacted by the large water body, urbanization construction. The urban heat island effect was embodied evidently in winter and spring in view of mean temperature, minimum temperature and extreme minimum temperature. The urban heat island effect was the most prominent in terms of minimum temperature, but it was not distinct when the temperature was higher. According to the principal component analysis, the main factors influencing the urban temperature increased in Kunming from 1987 to 2017 were urban population, urbanization rate and GDP per capita.

Key words: temperature change; climate tendency rate; asymmetry change catastrophe; the heat island intensity; Kunming

安阳市环境空气质量状况、 污染原因与对策分析

赵海丽, 唐敏, 徐瑞红

(安阳市环境保护监测中心站, 河南 安阳 455000)

摘要: 分析了2008—2017年安阳市城市空气质量自动监测数据, 结果显示: 影响安阳市空气质量的主要因素及大气污染防治的主要问题是: $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 污染影响普遍, SO_2 排放量大, NO_x 浓度呈逐渐增高的趋势, 臭氧污染显现。10a间安阳市城市大气中 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 浓度值四季变化规律均呈现冬季>秋季>春季>夏季, 且冬季 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 浓度值均呈显著上升趋势。10a间安阳市 NO_2 浓度变化呈显著上升趋势, 降水类型经历了从硫酸型到硫酸-硝酸混合型的过渡过程。安阳市城区内大气污染物存在显著的空间差异性, 位于西北部工业区的铁佛寺监测点位 PM_{10} 、 SO_2 、 NO_2 三项污染因子平均浓度值均为各点位最高值。 O_3 成为首要污染物的天数在明显增加, 2017年4个国控点位的 O_3-90 浓度值均不达标。

关键词: 环境空气质量; 变化趋势; 污染原因; 对策; 安阳

中图分类号: X51 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 02-0036-06

2016年安阳市被纳入京津冀大气污染传输通道城市, 空气质量备受关注。安阳市产业结构偏重, 属于冶金、焦化密集型城市, 且受空间布局不合理、工业企业污染治理水平偏低等因素的影响, 导致单位面积排放强度高, 污染物排放总量大, 空气质量受到污染, 大气环境面临的形势极其严峻^[12]。本文利用安阳市2008—2017年不同监测点位、不同季节的空气自动监测数据, 对安阳市2017年空气质量状况及近10a空气质量变化进行定量分析, 探讨影响安阳市空气质量变化的主要因素, 并提出相应治理措施, 为有针对性地开展大气污染治理, 促进安阳市经济持续健康发展提供参考依据。

1 监测概况

1.1 研究地区概况

安阳市位于河南省的最北部, 地处河南、河北、山西三省的交汇地, 属大陆性季风气候, 有山地向平原过渡的特征。春季干旱, 夏季炎热、雨量多, 秋季凉爽、雨量适中, 冬季寒冷、少雨雪。全市年平均气温 $12.7 \sim 13.7^\circ\text{C}$, 平均降雨量606 mm, 主导风向为南风(春、夏季), 次主导风向为北风(秋、冬季), 年平均风速 1.8 m/s , 全年整体风速

偏小, 静风频率高达12.1%。

1.2 数据来源

安阳市城区共有5个国控空气自动监测点位, 分别为: 棉研所(对照点位, 不参与评价), 银杏小区(商业居住混合区), 红庙街(商业居住混合区, 2015年因站房改造数据不足), 铁佛寺(一般工业区), 环保局(文化区、2012年增加, 不参与趋势分析)。本文以2008—2017年安阳市环境保护监测中心站空气自动监测数据为依据。

1.3 评价标准

环境空气监测数据执行《GB3095-2012环境空气质量标准》中的二级标准值: PM_{10} 日标准为 $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、年标准为 $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$; $PM_{2.5}$ 日标准为 $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、年标准为 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$; SO_2 日标准为 $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、年标准为 $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$; NO_2 日标准为 $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、年标准为 $40 \text{ mg}/\text{m}^3$; CO日标准为 $4.0 \text{ mg}/\text{m}^3$ 、年标准CO-95(CO_{24h}平均第95百分位数)为 $4.0 \text{ mg}/\text{m}^3$; O_3 日最大8h标准为 $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、年标准 O_3-90 (O_3 日最大8h滑动平均值的第90百分位数)为 $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

1.4 分析方法

采用Daniel的Spearman秩相关系数法^[3]对安阳市空气污染物变化趋势进行分析检验, 计算公式见式(1)。秩相关系数 r_s 的正负分别表示污染的增长和下降, 其绝对值的大小表示变化的强度。将

收稿日期: 2018-08-08

作者简介: 赵海丽(1983-), 女, 河南省开封县人, 硕士, 工程师, 研究方向为环境监测及综合分析。

秩相关系数 r_s 的绝对值同 Spearman 秩相关系数统计表中的临界值 W_p (当显著性水平为 0.05, $N=5$ 时 $W_p=0.90$, $N=10$ 时, $W_p=0.56$) 进行比较。 $|r_s| \geq W_p$ 表明变化趋势有显著意义, 反之无显著意义。

$$r_s = 1 - \left[6 \sum_{i=1}^N d_i^2 \right] \div [N^3 - N] \quad d_i = X_i - Y_i \quad (1)$$

式中: r_s - 秩相关系数; N - 时间周期总数; d_i - 变量 X_i 和变量 Y_i 的差值; X_i - 污染物从小到大排列的序号; Y_i - 按时间顺序排列的序号。

2 污染物现状

2.1 主要污染监测结果分析

2017 年安阳市环境空气质量级别为劣二级, 达标天数为 185 d, PM_{10} 年均值为 $132 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $PM_{2.5}$ 年均值为 $79 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 空气质量指数为 8.23; 影响安阳市排名的主要污染因子为 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} , 但 $CO-95$ 、和 O_3-90 分指数在全省 18 个重点城市中排名均为倒数第 1 名, SO_2 、 NO_2 排名均为倒数第 2 名, 对安阳市整体排名影响较大。4 个点位质量指数由高到低依次为红庙街、铁佛寺、环保局、银杏小区。与 2016 年同比, 达标天数增加 7 d, 6 项污染物中除 O_3-90 值增加外其余 5 项因子均实现不同程度的下降, 具体数值见表 1。

表 1 2017 年安阳市环境空气质量分级

($\mu\text{g}/\text{m}^3$; $CO \text{ mg}/\text{m}^3$)

项目	SO_2	NO_2	PM_{10}	$PM_{2.5}$	$CO-95$	O_3-90	
日均值	最小值	2	16	20	14	6	0.7
	最大值	139	126	459	370	316	10.2
	样本数/个	353	353	353	353	352	353
	一级比例/%	87.5	92.9	3.4	10.5	77.0	94.9
	二级比例/%	12.5	/	66	56.7		
	超标比例/%	0	7.1	30.6	32.9	23.0	5.1
年均值	浓度值	31	50	132	79	/	/
	超标倍数	/	0.2	0.9	1.3		
	评价	达标	不达标	不达标	不达标		
	同比/%	-40.4	-2.0	-14.3	-8.1		
百分位值	浓度值	82	94	303	236	210	4.0
	超标倍数	/	0.2	1	2.1	0.3	/
	评价	达标	不达标	不达标	不达标	不达标	达标
	同比/%	/	/	/	/	-14.9	36.4
综合评价	达标	不达标	不达标	不达标	不达标	达标	

2.2 降尘监测结果分析

2017 年, 安阳市城市空气中降尘量年均值为 $11.9 \text{ t}/\text{km}^2 \cdot 30 \text{ d}$, 超出国家印发的《京津冀及周边地区 2017 年大气污染防治工作方案》中提出的平均降尘量 $< 9 \text{ t}/\text{km}^2 \cdot 30 \text{ d}$ 的控制指标, 超标 0.3 倍, 与上年相比, 年均值减少 $8.8 \text{ t}/\text{km}^2 \cdot 30 \text{ d}$ (下降 42.5%)。安阳市城市环境空气中各点位降尘量范围在 $3.5 \sim 41.8 \text{ t}/\text{km}^2 \cdot 30 \text{ d}$, 达标率为 37.5%。

2.3 降水监测结果分析

2017 年, 安阳市城市大气降水监测总计 24 次, 平均降水量为 180.2 mm, 阴离子含量依次为: 硝酸根 $>$ 硫酸根 $>$ 氯离子 $>$ 氟离子, 以硫酸根、硝酸根为主, 且硫酸根与硝酸根当量浓度之比为 2.2, > 0.5 , < 3.0 , 表明安阳市降水为硫

酸硝酸混合型^[4-5]。阳离子含量依次为: 钙离子 $>$ 铵离子 $>$ 镁离子 $>$ 钠离子 $>$ 钾离子, 以钙离子含量为主。

2.4 主要污染物分布状况

2017 年, 安阳市城市环境空气各监测点位污染由重到轻依次是: 红庙街、铁佛寺、环保局、银杏小区, 呈西高东低、北高南低的区域分布状况。空气污染呈明显的季节性分布, 除 O_3 外其余 5 项因子基本呈现冬春两季浓度较高, 夏季较低的特征, 污染较重的月份为 1 月、2 月、3 月、11 月、12 月, 污染较轻的月份为 6 月、7 月、8 月。2017 年安阳市 O_3 夏季污染最重, 5 月份月均值最高, 春季次之, 冬季最低, 全年 O_3-90 值为 $210 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 各监测点位 O_3-90 值以环保局最高 $225 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 其次是铁佛寺、银杏小区、红庙街,

且4个点位均不达标。

3 污染物变化趋势分析

3.1 主要污染物点位变化趋势分析

由表2可知,2008—2017年安阳市城区内大气污染物空间分布较为明显,铁佛寺监测点位的

PM₁₀、SO₂、NO₂三项因子平均浓度值均为各点位最高值;从污染物变化趋势看,3个点点位的NO₂及银杏小区与铁佛寺点位的PM₁₀浓度值均呈显著上升趋势;铁佛寺点位的SO₂浓度值与红庙街点位的PM₁₀浓度值呈上升趋势但不显著。

表2 2008—2017年安阳市各监测点位污染物浓度变化统计 (μg/m³)

年份	SO ₂			NO ₂			PM ₁₀		
	红庙街	银杏小区	铁佛寺	红庙街	银杏小区	铁佛寺	红庙街	银杏小区	铁佛寺
2008	45	57	63	33	38	41	96	92	91
2009	54	50	48	38	33	39	104	88	99
2010	61	63	68	37	42	49	111	84	113
2011	49	50	57	39	48	46	91	92	118
2012	56	50	60	41	42	40	95	88	107
2013	68	64	95	54	49	57	154	152	175
2014	50	51	75	46	55	59	150	149	165
2015	/	48	63	/	46	58	/	159	160
2016	53	47	61	53	46	56	147	153	163
2017	33	27	37	51	50	52	138	131	133
平均值	52	51	63	44	45	50	121	119	132
r _s	-0.15	-0.29	0.12	0.87	0.74	0.71	0.58	0.75	0.73
趋势	下降 不显著	下降 不显著	上升 不显著	上升 显著	上升 上升显著	上升 显著	上升 不显著	上升 显著	上升 显著

3.2 主要污染物季节变化趋势分析

由表3可知,2008—2017年安阳市城市大气中SO₂、NO₂、PM₁₀浓度值四季变化规律均呈现冬季>秋季>春季>夏季,且冬季SO₂、NO₂、PM₁₀浓度值均呈显著上升趋势;10a间SO₂浓度变化呈不显著上升趋势,但SO₂秋季、夏季浓度值均呈现

显著下降趋势;10a间NO₂浓度变化呈显著上升趋势,且除夏季呈不显著上升趋势外,其余季节均呈现显著上升趋势;10a间PM₁₀浓度变化呈显著上升趋势,除夏季呈上升趋势但不显著外,其余季节均呈现显著上升趋势,但近5a r_s = -0.70,呈下降趋势。

表3 2008—2017年安阳市污染物浓度季节变化统计 (μg/m³)

年份	SO ₂					NO ₂					PM ₁₀				
	春	夏	秋	冬	全年	春	夏	秋	冬	全年	春	夏	秋	冬	全年
2008	37	38	65	79	55	22	28	57	37	37	85	66	106	117	93
2009	32	32	51	89	51	38	26	30	53	37	73	76	94	145	97
2010	50	50	75	78	63	32	41	62	41	44	99	109	110	116	108
2011	32	41	70	66	52	32	41	63	42	45	98	92	90	117	99
2012	54	30	55	78	54	48	30	39	44	40	92	66	87	133	95
2013	68	44	93	89	73	47	41	64	55	52	135	117	154	216	155
2014	58	35	50	86	58	54	38	54	71	57	168	123	132	178	154
2015	42	22	45	102	53	44	34	53	72	51	136	103	126	240	151
2016	53	20	47	87	52	48	32	56	68	51	156	87	154	220	154
2017	32	15	25	53	31	47	35	53	65	50	126	100	129	204	132
均值	46	33	58	81	54	41	35	53	55	46	117	94	118	169	124
r _s	0.31	-0.67	-0.67	0.05	0.24	0.75	0.26	1.00	0.82	0.75	0.78	0.42	0.65	0.79	0.75
趋势	上升 不显著	下降 显著	下降 显著	上升 不显著	上升 不显著	上升 显著	上升 不显著	上升 显著	上升 显著	上升 显著	上升 显著	上升 不显著	上升 显著	上升 显著	上升 显著

3.3 大气降水变化趋势分析

2008—2017年安阳市大气降水主要离子成分为 Ca^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 NH_4^+ 、 NO_3^- ，4种离子的平均当量浓度所占比例总和为78.2%。 SO_4^{2-} 是安阳市大气降水中最高的阴离子，平均当量浓度为281.13 $\mu\text{eq/L}$ ，平均占比为22.1%，是 NO_3^- 平均当量浓度的3.2倍。这反映了安阳市能源消耗主要以煤为主，大气降水是典型的硫酸型污染。

采用Daniel的Spearman秩相关系数法对2008—2017年10a间安阳市大气降水 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 当量浓度及 SO_4^{2-} 与阴离子负荷比($\text{SO}_4^{2-}/\Sigma\text{B}^-$)、

NO_3^- 与阴离子负荷比($\text{NO}_3^-/\Sigma\text{B}^-$)变化趋势进行分析检验。由表4可知，近10a SO_4^{2-} 当量浓度及 $\text{SO}_4^{2-}/\Sigma\text{B}^-$ 均呈显著下降趋势， NO_3^- 当量浓度呈不显著上升趋势，但 $\text{NO}_3^-/\Sigma\text{B}^-$ 呈显著上升趋势；2008—2013年安阳市大气降水均为硫酸型，2014—2017年随着 NO_3^- 浓度的增加逐渐转为硫酸-硝酸混合型。可判定2008—2017年，安阳市降水类型经历了从硫酸型到硫酸-硝酸混合型的过渡过程。这一趋势表明，随着经济的发展，氮氧化物的排放对安阳市大气污染的影响越来越明显。

表4 2008—2017年安阳市大气降水统计

年份	$\text{SO}_4^{2-}/(\mu\text{eq/L})$	$\text{NO}_3^-/(\mu\text{eq/L})$	$\text{SO}_4^{2-}/\Sigma\text{B}^-$	$\text{NO}_3^-/\Sigma\text{B}^-$	$\text{SO}_4^{2-}/\text{NO}_3^-$	酸雨类型
2008	396.0	93.5	0.69	0.16	4.2	硫酸型
2009	318.7	57.0	0.67	0.12	5.6	硫酸型
2010	302.5	38.0	0.65	0.08	8.0	硫酸型
2011	417.8	98.8	0.66	0.16	4.2	硫酸型
2012	277.5	84.1	0.66	0.20	3.3	硫酸型
2013	272.1	89.0	0.59	0.19	3.1	硫酸型
2014	259.9	138.1	0.50	0.27	1.9	混合型
2015	263.2	125.7	0.52	0.25	2.1	混合型
2016	117.4	56.2	0.58	0.28	2.1	混合型
2017	186.2	84.5	0.54	0.24	2.2	混合型
平均值	281.1	86.5	0.61	0.20	3.7	硫酸型
r_s	-0.90	0.14	-0.81	0.85	-0.83	
趋势	下降	上升	下降	上升	下降	/
	显著	不显著	显著	显著	显著	

4 问题分析及治理对策

4.1 污染物季节分布明显，冬季污染严重

2017年 $\text{PM}_{2.5}$ 在1月份高达196 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，2月份、12月份浓度值分别为131 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、114 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。CO在这3个月份的高值也较其他月份频繁，尤其

是1月份的CO-95浓度值高达6.8 mg/m^3 ，2月份浓度值为4.3 mg/m^3 ，12月份浓度值为3.8 mg/m^3 。10a间 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 浓度值四季变化规律均呈现冬季>秋季>春季>夏季，且冬季 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 浓度值均呈显著上升趋势，具体见图1。

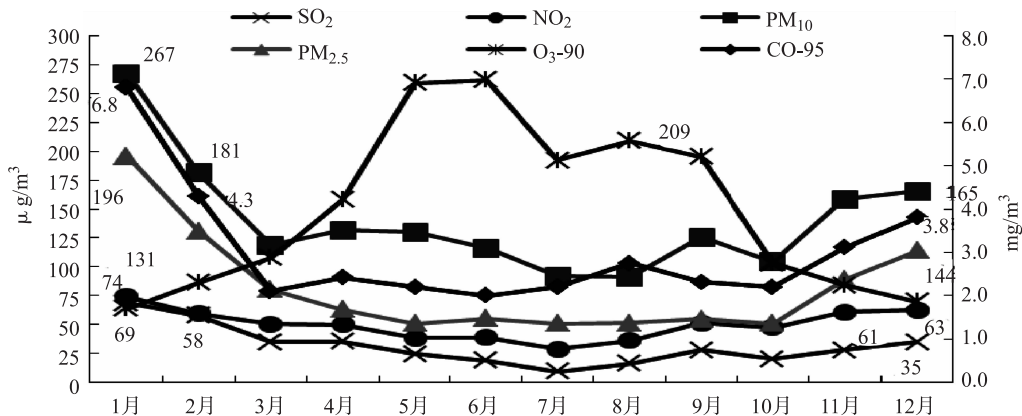


图1 2017年安阳市大气污染物月变化分布图

对策：安阳市冬季以静稳天气为主，大气扩散条件最为不利，区域污染最为严重，且工业企业排放较大，导致污染加剧。因此应加强秋冬大气污染防治，对钢铁、焦化、工业企业车辆运输等进行严格督导；对工地和道路施工及建筑拆迁等易扬尘的工种做好管控措施，严格监督湿法作业；采取电代煤、气代煤、取缔散煤燃烧、取缔小型锅炉、复查已取缔“散乱污企业”、提高铁路运输比例、焦化企业延长出焦时间、工地停工等一系列措施；同时注重宣传引导，使得环保观念深入人心，各工业企业、工地及群众均能积极响应支持各项环保措施。

4.2 夏季臭氧污染突出

安阳市城市空气质量首要污染物已不仅局限于 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 、 O_3 成为首要污染物的天数明显增加。2017年5月开始，安阳市天气以干燥高温为主，干热气象显著，不利气象条件加剧 O_3 污染，致使5—8月 O_3 峰值较为明显，5月份最高。2017年， O_3-90 浓度值为 $210 \mu g/m^3$ ，同比增加 $56 \mu g/m^3$ （上升36.4%）， O_3 为首要污染物的天数共有103 d， O_3 超标天数为81 d，日均值浓度范围为 $6 \sim 316 \mu g/m^3$ ，超标率为23.0%；各监测点位 O_3-90 以环保局最高（ $225 \mu g/m^3$ ），且4个国控点位均不达标。

对策： O_3 的污染主要来源于本地光化学反应和区域传输。 O_3 的本地光化学生成主要受氮氧化物（ NO_x ）、挥发性有机物（ VOC_s ）和气象因素的影响，前驱体 NO_x 、 VOC_s 的浓度、比例都会影响 O_3 浓度，紫外辐射强、高温、低湿的条件下容易生成 O_3 ^[6-7]。通过2017年银杏小区（ $r = -0.58$ ）、红庙街（ $r = -0.57$ ）、铁佛寺（ $r = -0.54$ ）、棉研所（ $r = -0.48$ ）、环保局（ $r = -0.47$ ）的 O_3 小时值与 NO_x 小时值相关性系数可知，安阳市 NO_x 与 O_3 浓度值基本呈现显著负相关，即 O_3 浓度随 NO_x 浓度值增加而减少；并且 O_3 污染主要源于二次生成，污染具有明显的阶段性，主要集中在每日13时至17时光照较强时段^[8]。因此应针对 O_3 污染提前做好部署和治理方案，根据时段和温度合理管控 NO_x 和 VOC_s 的排放，对主要污染企业在夏季采取错峰停产措施，同时应改进技术，使含 VOC_s 废气处理后达标排放。

4.3 氮氧化物污染显现

10 a间安阳市城市大气中 SO_2 浓度变化呈不显著上升趋势，且秋季、夏季呈现显著下降趋势，但 NO_2 浓度变化呈显著上升趋势，除夏季呈上升趋势

但不显著外，春季、夏季、冬季均呈现显著上升趋势。从10 a间大气降水分析得知 $NO_3^- / \sum B^-$ 呈显著上升趋势，安阳市降水类型经历了从硫酸型到硫酸-硝酸混合型过渡的过程，表明随着经济的发展，氮氧化物的排放对安阳市大气污染的影响越来越明显。

对策：安阳市 NO_x 排放源主要来自工业源和交通源，分别占40%和38%。近年安阳市机动车保有量迅速增加，尾气污染逐年加重，尤其重型载货汽车是机动车 NO_x 排放最主要的来源；2016年安阳市机动车保有量达75.1万辆，与2013年相比增长了16.8%，尾气污染逐年加重，是 NO_x 浓度上升的主要原因。加上空间布局不合理，污染包围城市，70%的污染物排放量集中在市区和安阳、汤阴两县，对城市形成包围之势，严重影响了城市的环境质量^[9]。

5 结论

影响安阳市空气质量的主要因素及大气污染防治的主要问题是： $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 污染影响普遍， SO_2 排放量大， NO_x 浓度呈逐渐增高的趋势， O_3 污染显现。

(1) 10 a间安阳市城市大气中 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 浓度值四季变化规律均呈现冬季>秋季>春季>夏季，且冬季 SO_2 、 NO_2 、 PM_{10} 浓度值均呈显著上升趋势。

(2) 10 a间安阳市 NO_2 浓度变化呈显著上升趋势，除夏季呈上升趋势但不显著外，春季、夏季、冬季均呈现显著上升趋势，降水类型经历了从硫酸型到硫酸-硝酸混合型的过渡过程。

(3) 安阳市城区内大气污染物存在显著的空间差异性，位于西北部工业区的铁佛寺监测点位 PM_{10} 、 SO_2 、 NO_2 三项污染因子平均浓度值均为各点位最高值。

(4) O_3 成为首要污染物的天数明显增加，2017年4个国控点位的 O_3-90 浓度值均不达标。

参考文献：

- [1] 多克辛, 陈纯, 申进朝, 等. 大气灰霾追因与防治对策 [M]. 北京: 中国环境出版社, 2016: 153-154.
- [2] 赵海丽, 唐敏, 丁志安, 等. 2005—2014年安阳市城市空气质量变化趋势分析及质量对策研究 [J]. 环境科学与管理, 2016, 41 (6): 141-145.
- [3] 周荣美, 应方, 焦荔, 等. 萧山区环境空气质量变化及其影响因素分析 [J]. 环境污染与防治, 2012, 34 (8): 44-50.
- [4] 许国, 吴燕. 广州市酸雨现状及离子组成特征分析 [J]. 广东化工, 2010, 37 (3): 190-223.
- [5] 林碧娜, 肖化云, 徐艳萍, 等. 大气降水化学组成的统计方

- 法探析 [J]. 江西化学, 2008, 26 (4): 576 - 579.
- [6] 奇艺轩, 胡君, 张鹤丰, 等. 北京市郊区臭氧夏季臭氧重污染特征及生成效率 [J]. 环境科学研究, 2017, 30 (5): 663 - 671.
- [7] 漏嗣佳, 朱彬, 廖宏, 等. 中国地区臭氧前驱体对地面臭氧的影响 [J]. 大气科学学报, 2010, 33 (4): 451 - 459.
- [8] 佟霁坤, 陈海婴, 刘晶晶, 等. 保定市夏季臭氧及其前驱体物浓度变化特征分析 [J]. 安环农业科学, 2016, 44 (6): 116 - 118.
- [9] 杨金田, 薛文博, 燕丽, 等. 安阳市大气污染防治行动纲要 (2014 - 2020) [R]. 北京: 环境保护部规划设计院, 2015.

Analysis of Condition and Pollution Causes and Countermeasures of Air Quality in Anyang

ZHAO Hai - li, TANG Min, XU Rui - hong

(Anyang Environmental Monitoring Center, Anyang Henan 455000, China)

Abstract: In 2017, the number of excellent and good days of air quality in Anyang increased and the concentration of $PM_{2.5}$, PM_{10} were doubled than that of the previous year. Based on the monitoring data of atmospheric environmental quality of Anyang City from 2008 to 2014, Seasonal variation trend showed that the air quality in winter was worst. Moreover, ozone pollution occurred in summer. Nitrogen oxide pollution was gradually rising. The rain type has been changing from the sulphuric acid type to the sulphuric and nitric acid type. The spatial distribution of pollutants was significantly different. The average concentration of PM_{10} , SO_2 , and NO_2 of the monitoring site called Tiefusi in the northwest industrial area were the highest among all the monitoring sites. The total days of O_3 becoming the primary has been increasing. The concentration of $O_3 - 90$ in four state - controlled monitoring sites could not reach the standard in 2017.

Key words: ambient air quality; variation trend analysis; pollution cause; countermeasures; Anyang

邛海湿地天然生物膜对环境改变的响应

王雪梅, 陈艺聪, 胡金朝, 杨红

(西昌学院资源与环境学院, 四川 西昌 615013)

摘要:通过交换邛海湿地的两个典型地点的天然基质, 并对交换培养后基质上的生物膜的藻类群落结构、生物量、叶绿素、胞外酶活性、EPS 多糖含量等指标进行分析, 观察环境变化后生物膜结构功能随时间的改变情况。研究表明: 生物膜在交换培养后, 藻类结构、叶绿素浓度、胞外酶活性、多糖含量等指标均发生改变。随着交换时间增长, 生物膜均发生了一定变化, 其变化符合生物膜群落生长特性和生物膜对环境的适应性规律, 综合反映出邛海湿地生物膜对环境改变有明显的响应。

关键词:生物膜; 交换培养; 响应; 环境改变; 邛海湿地

中图分类号: X52 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 02-0042-07

湿地保护是国家提倡的环境保护的重点领域。邛海湿地是国家湿地的重要组成部分, 且邛海是西昌城区居民用水的重要来源, 保护邛海湿地环境尤为重要。自从 20 世纪 60 年代以来, 受西昌城市发展和旅游开发的影响, 邛海湿地面积不断缩小, 蓄水量不断减少, 人为活动的加剧使邛海湿地的环境发生了改变, 仅仅依靠理化指标的监测已不足以满足对水环境的保护要求。生物膜普遍存在于各基质的表面上, 代表了一种稳定的、由微生物群落组成的复杂混合物的微生态系统^[1-2]。水体生物膜上的生物群落是对水体中各种化学、物理、生物因子的综合和直接反映, 更能体现水环境的变化情况, 因此生物膜可以作为水环境中的污染指示系统和流域重金属污染的监测手段之一^[3]。生物膜成分会随着水体环境的改变而改变, 对环境改变因子具有很好的响应^[4], 故而研究邛海湿地生物膜对环境改变的响应, 是生物膜应用于邛海湿地监测中的基础。本试验选取邛海湿地作为研究对象, 选取其中两个典型地点——受人为干扰较大的邛海公园(图中简称公园)和受人为干扰较小的青龙寺作为样地, 经过天然基质原位交换培养, 采集不同培养时间的生物膜样本, 分别研究生物膜结构和功能等基本特征指标, 包括藻类类型组成、叶绿素、生物量(AFDW)、胞外酶(APA)活性、EPS 多糖含量等。通过观察不同培养时间生物膜各项指标变化, 分析生物膜对邛海公园与青龙寺环境改变的响应。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

邛海地处四川省凉山彝族自治州西昌市, 位于西昌市城东南约 4.5 km, 是四川省第二大淡水湖。其形状似蜗牛, 南北长约 11.5 km, 东西宽约 5.5 km, 周长约 35 km; 水域面积 34 km², 湖水均深 14 m, 最深处达 34 m; 水位变幅小, 集水面积约 30 km²; 流域地势北低南高, 湖泊呈南北向分布。邛海湿地地处高原山区, 气候冬暖夏凉且干湿季分明, 平均气温 17℃, 年降雨量 1004.3 mm, 年均蒸发量 1945 mm, 年均日照 2 431.4 h, 年有效积湿 5329.9 mm。

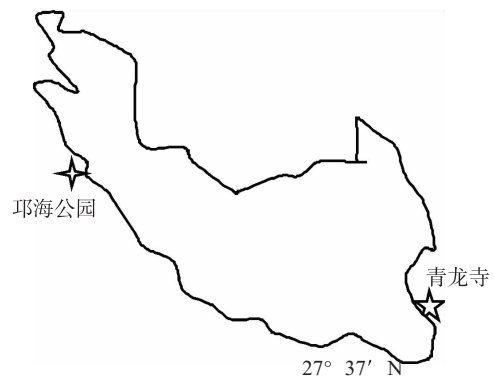


图1 邛海采样点分布图

本次研究选取了两个典型样点: 邛海公园和青龙寺。邛海公园作为人工湿地中的典型样点, 青龙寺作为天然湿地中的典型样点。邛海公园湖岸过渡带以石头居多。青龙寺相对邛海公园而言植被类型较为丰富, 人为干扰较小, 湖岸过渡带以沙石居多。

收稿日期: 2018-07-23

基金项目: 四川省教育厅项目(15ZB0230); 四川省科技支撑项目(15ZC0648); 四川省环境保护厅项目(NO. 2011HB005)。

于2014年10月在邛海湿地采集样品,采样地点见图1。设计2个交换组(邛海公园-青龙寺,青龙寺-邛海公园)进行基质原位交换培养。每个样地选取2个采样地点,间隔50m左右。采集时选取石头为基质的生物膜,把采集面的面积平均分为4份,采样共计4次,每次采集1/4。首次采集后,在邛海公园与青龙寺进行原位交换培养,分别间隔4d、8d、15d各采集1次。每个样点采取4份样品,样品共计16份。采样时用小刀和质地较软的小刷子刮取石头上的生物膜,并用0.2 μm滤膜过滤,过滤后的水悬浮装入离心管中,同时记录刮取生物膜的面积,将所有生物膜样品密封尽快带到实验室处理。生物膜样品每份用蒸馏水定容到13 mL,再混匀分成5份,其中1份加入5%甲醛溶液固定,用于藻类结构的分析,其余样品3000 r离心3~5 min冻存待分析。

在采集生物膜的同时,现场测定水质参数,包括pH、水温(T)、溶解氧(DO)。采集水样到实验室加入硫酸将其pH值调至<2,抑制微生物生长,放置冰箱待分析。

1.2 生物膜各项指标的测定

本研究中对藻类的类型组成、生物量、叶绿素

含量、EPS多糖含量、胞外酶活性等指标进行了测定分析。藻类群落根据《中国淡水藻类—系统分类及生态》和《中国淡水藻类志》^[5-6]采用的分类系统,在显微镜下对藻类进行观察分类;总生物量采用重量法,计无灰干重^[7];叶绿素采用热乙醇—反复冻融法测定^[8];胞外酶活性选用磷酸酶活性(PHOS)表征,酶作用底物为对硝基苯磷酸酯,反应产物为对硝基苯酚^[9];EPS多糖含量采用苯酚硫酸法测定^[10]。

1.3 环境因子的测定

本文测定的环境因子即水质指标共13个,包括温度、pH、化学需氧量(COD)、总氮(TN)、总磷(TP)、氨氮、五日生化需氧量、溶解氧、高锰酸钾指数、氟化物、氯化物、硫酸盐、硝酸盐。其中温度、pH、溶解氧分别用温度计、酸度计、溶氧仪直接在现场测量。其他指标由凉山州环境监测站参照《水和废水监测分析方法(第四版)》^[11]完成。

2 结果与分析

2.1 生物膜各指标的测定结果

2.1.1 藻类群落结构

藻类类型组成如图2所示。

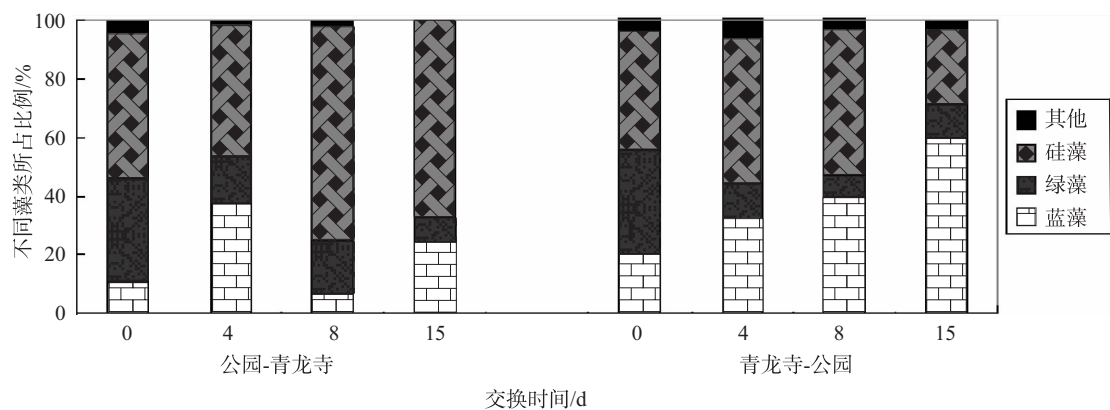


图2 两个交换组不同交换时间藻类比例

交换4d后,邛海公园绿藻比例下降了19%,青龙寺绿藻比例下降了12%,硅藻比例有所上升。交换前后,公园的绿藻比例明显下降,而青龙寺的蓝藻比例显著上升($p < 0.01$),说明邛海公园水质较差。由SPSS21.0分析,交换后,邛海公园蓝藻和其他微生物变化不显著($p = 0.072$),绿藻、硅藻变化显著($p < 0.05$);青龙寺绿藻变化不显著($p = 0.079$),其他藻类比例显著升高或降低($p < 0.05$)。总体来看,交换4、8、15d后,蓝藻、硅藻、其他微生物比例变化不显著($p > 0.05$),绿藻变化显著

($p = 0.010^{**}$, $p = 0.008^{**}$, $p = 0.005^{**}$)。

这些说明环境的改变会引起藻类各类型比例发生一定变化,并且培养时间与生物膜上藻类生长密切相关^[15]。

2.1.2 生物量

生物膜样品的生物量测定结果如图3所示。统计分析结果显示,青龙寺与邛海公园的生物量在交换4、8d以后,邛海公园-青龙寺的生物膜生物量有所下降,但培养15d以后含量较之前有所上升;而青龙寺交换到邛海公园以后,生物量总体波动较

大,这可能是由于邛海公园光照条件较好,藻类生长较快,也可能是受水质影响。交换之前,邛海公园的 AFDW 为 $3.53 \pm 0.84 \text{ mg/cm}^2$, 交换后为 $6.11 \pm 0.31 \text{ mg/cm}^2$, 生物量增长显著 ($p=0.014^*$); 青

龙寺的 AFDW 为 $3.43 \pm 1.20 \text{ mg/cm}^2$, 交换后为 $8.31 \pm 0.42 \text{ mg/cm}^2$, 生物量变化显著 ($p=0.011^*$)。总体来看,交换 15 d 后生物膜生物量差异不显著 ($p=0.062$)。

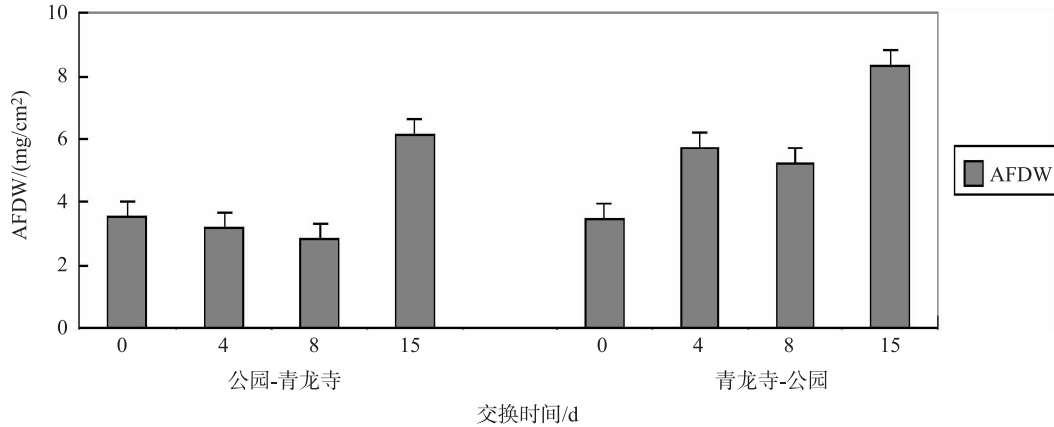


图3 两个交换组不同交换时间的AFDW

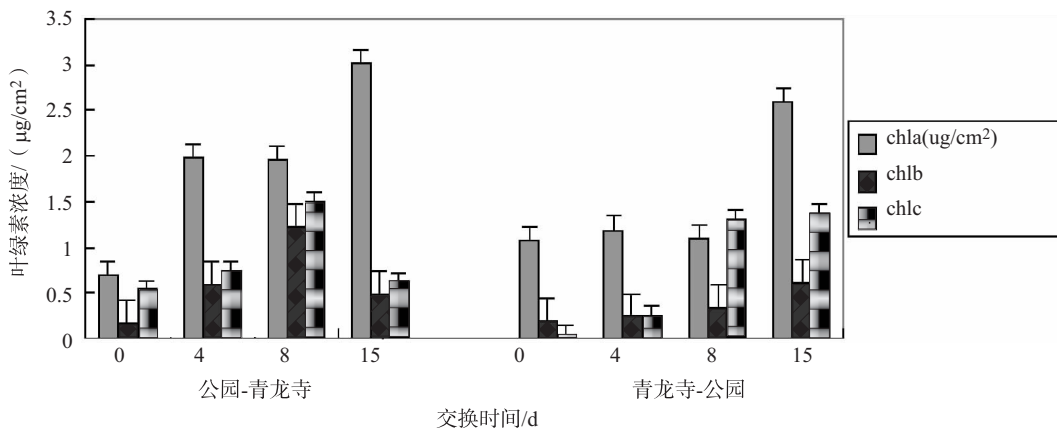


图4 两个交换组不同交换时间的叶绿素浓度

2.1.3 叶绿素浓度

叶绿素浓度测定结果如图4所示。

经过数据分析,可以发现两个交换组生物膜的 chl a 浓度都不断升高,最高值达到 3.00 ± 0.15

$\mu\text{g/cm}^2$ 。邛海公园 chl a、chl c 浓度均发生了显著变化 ($p=0.027^*$, $0=0.029^*$)。交换 15 d 后,两个交换组的 chl a 变化显著 ($p=0.014^*$), 交换 8 d 后, chl c 变化较显著 ($p=0.040^*$)。

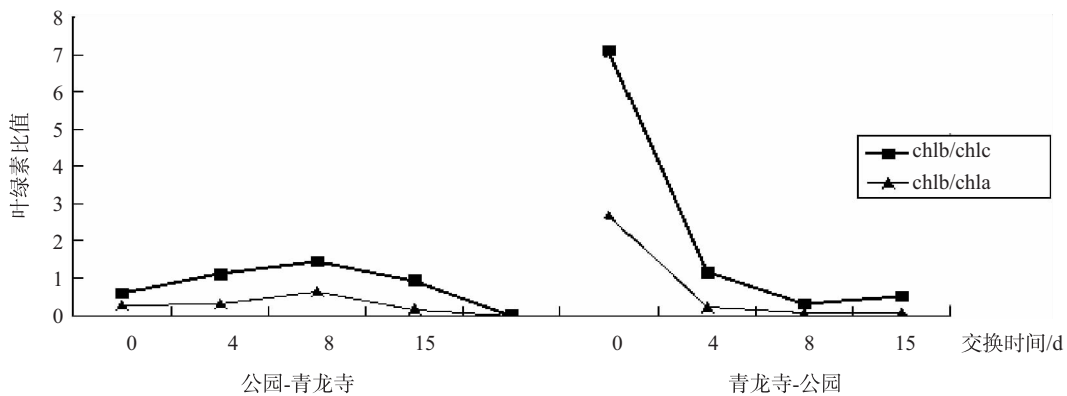


图5 两个交换组不同交换时间的叶绿素浓度比值变化

叶绿素浓度比值如图5所示。经分析可知, 交换后,邛海公园 chl b/chl a、chl b/chl c 变化显著

($p=0.044^*$, $p=0.010^{**}$), 青龙寺藻类结构变化不明显 ($p>0.05$)。总体来看, 两组生物膜的 $chl_b/chla$ 、 $chl_b/chlc$ 随时间变化不显著 ($p >$

0.05)。

2.1.4 胞外酶活性

生物膜胞外酶活性的测定结果如图 6 所示。

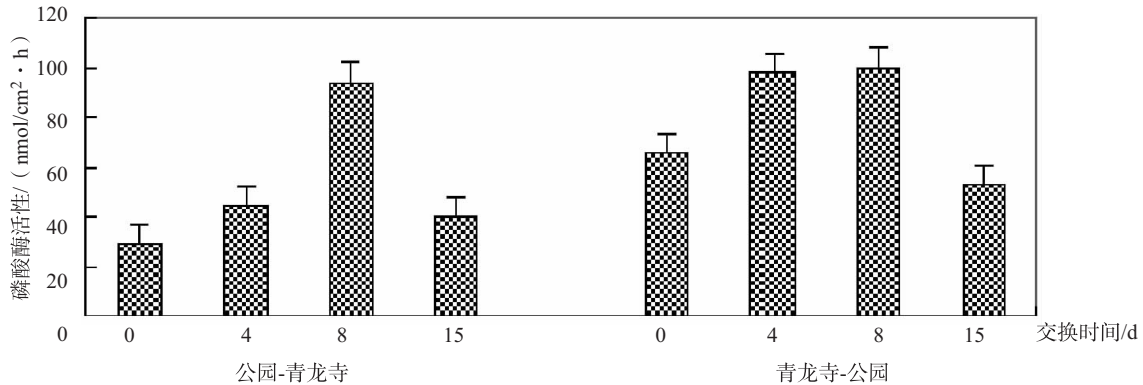


图6 两个交换组不同交换时间的磷酸酶活性

研究表明生物膜的磷酸酶活性对环境改变有较高的灵敏度和可靠性^[11]。经过统计分析, 本次实验结果为交换培养之后两地生物膜的磷酸酶活性随时间变化不显著 ($p>0.05$), 这可能是由于试验进行的时间为冬季, 温度影响了酶活性。交换培养之前, 邛海公园生物膜的磷酸酶活性为 29.37 ± 5.62 nmol/($\text{cm}^2 \cdot \text{h}$), 青龙寺生物膜的磷酸酶活性为 65.78 ± 37.36 nmol/($\text{cm}^2 \cdot \text{h}$); 交换培养 15

d 后, 邛海公园生物膜的磷酸酶活性变为 40.23 ± 2.01 nmol/($\text{cm}^2 \cdot \text{h}$), 青龙寺生物膜的磷酸酶活性变为 53.14 ± 2.66 nmol/($\text{cm}^2 \cdot \text{h}$), 邛海公园的磷酸酶活性不如青龙寺, 反映了青龙寺水质较邛海公园好。

2.1.5 EPS 多糖测定结果

生物膜群落胞外聚合物 (EPS) 多糖含量的测定结果如图 7 所示。

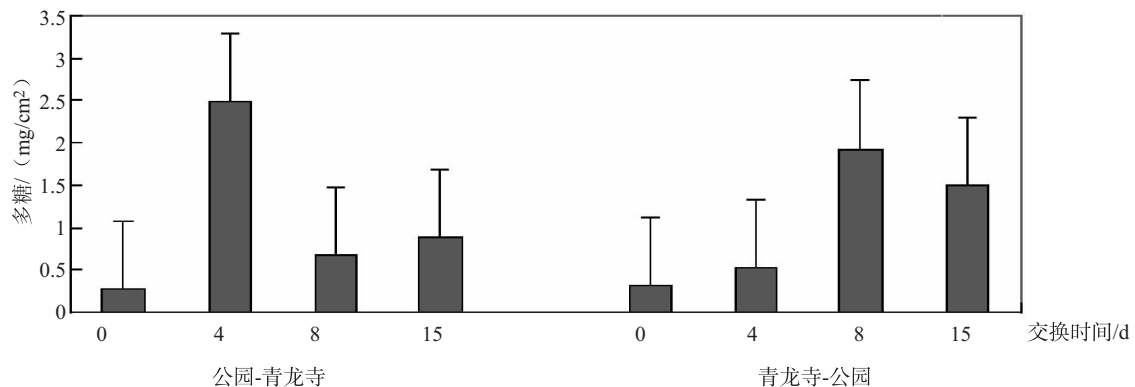


图7 两个交换组不同交换时间的多糖含量

经过统计分析, 交换培养之后两地生物膜的 EPS 多糖含量无显著差异 ($p=0.984$), 并且随时间变化不显著 ($p=0.228$, $p=0.304$, $p=0.356$)。交换培养 4 d, 邛海公园多糖含量急剧增高, 变为 2.50 ± 1.20 mg/ cm^2 ; 青龙寺的多糖含量在交换 4~8 d 差别不大, 在交换 15 d 后达到 1.5 ± 1.20 mg/ cm^2 , 发生了显著变化 ($p<0.05$): 可能是由于环境改变引起细菌大量繁殖。

2.1.6 自养指数

自养指数可以作为反映水体污染程度的一个化学指标^[12], 本文对两个样点不同交换时间生物膜的自养指数进行测量对比 (公式 1), 结果见图 10。

$$AI = \frac{AFDM}{chla} \quad (1)$$

式中: AI —自养指数; $AFDM$ —无灰干重 ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$); $chla$ —叶绿素 a ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)。

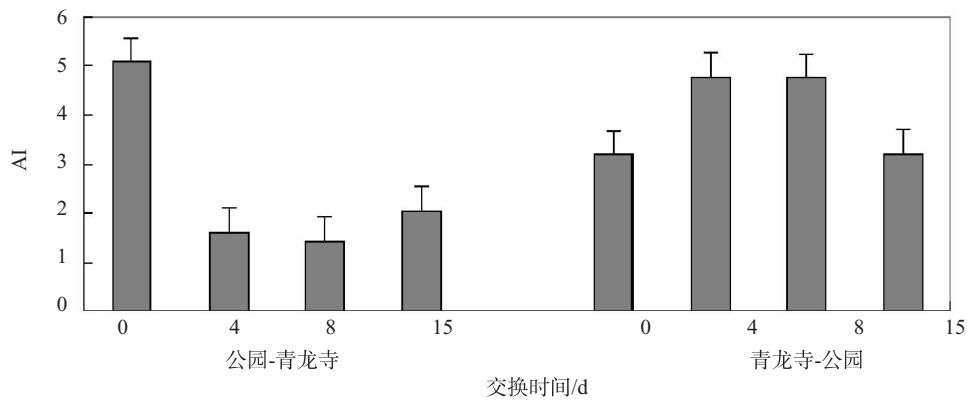


图8 两个交换组不同交换时间的AI

观察图8可以发现,在未交换之前,邛海公园自养指数较高,可能是由于公园存在较多的藻类物质(有些藻类可以通过光能自养)和自养细菌^[13]。交换后,邛海公园的自养指数下降,青龙寺的自养指数显著升高($p=0.003^{**}$),说明邛海公园水体可能受到了污染。

2.2 环境因子(水质)的测定结果

环境因子(水质)包括温度、pH、化学需氧量(COD)、总氮(TN)、总磷(TP)、氨氮、五日生化需氧量、溶解氧、高锰酸钾指数、氟化物、氯化物、硫酸盐、硝酸盐,其测定结果见表1。

表1 环境因子(水质)的测定结果

(mg/L)

交换地点	pH值 (无量纲)	水温/℃	化学需氧量	氨氮	总磷	总氮	五日生化需氧量	溶解氧	高锰酸盐指数	氟化物	氯化物	硫酸盐	硝酸盐
邛海公园	8.13	16	6.7	0.122	0.023	0.559	1.59	6.97	2.75	0.234	7.12	34.9	0.6
青龙寺	8.01	16	6.7	0.069	0.09	0.416	1.59	6.17	2.4	0.241	7.13	34.9	0.988

从表1可以看出,10月份邛海公园与青龙寺两地的水质偏碱性,可能与当地的人类活动密切相关。邛海公园比青龙寺的pH值略高,可能是因为邛海公园开发较早,受人为影响较青龙寺大。邛海公园与青龙寺水温相对较高,这和整个邛海流域所处地形有关。邛海公园的水体TN指数、氨氮指数、TP指数普遍高于青龙寺,使得邛海公园的绿藻比例高于青龙寺,并且交换后生物生长量明显高于青龙寺。说明人为活动(包括旅游、建造)对水环境影响较大,水环境与部分生物膜指标存在一定的相关关系。

3 讨论

生物膜生物群落组成在污染的影响下会发生改变,对污染物耐受性强的生物可能会较多地生长,对某种污染物质耐受性的不同可能会导致群落组成发生变化,因而可以用群落结构的指标变化来反映污染物的影响效应^[14]。生物膜群落组成变化可以从藻类的群落结构、叶绿素组成、磷酸酶活性以及多糖含量的不同水平来分析。不同的藻类含有的色素水平不同,测定叶绿素a, b, c可以从色素含量上分析藻类结构的变化。本次试验显示在生物膜培

养的初期(4~8d),邛海公园和青龙寺的硅藻含量都有所增加,说明在交换培养初期硅藻属占优势^[15]。青龙寺交换到邛海公园以后,藻类数量明显增加,反映了邛海公园受人类活动影响较大,污染较严重。也可能是由于青龙寺背靠大山,植被较多,光照条件不如邛海公园,不太利于藻类生长。交换后两地生物膜藻类结构都发生了一定的变化,反映了两地水环境的变化,说明了藻类结构对环境变化的响应较灵敏。

生物膜生物量反映了在污染物长期影响下的群落变化^[16],可以通过测定生物膜群落的生物量来研究污染物对群落的影响。本文选取了AFDW和叶绿素浓度来反映生物量变化。从AFDW来看,将邛海公园和青龙寺的样品石头交换以后,两地的生物膜生物量均发生了显著变化($p<0.05$),并且邛海公园的生物量逐渐减少,青龙寺的生物量不断增多,说明邛海公园的污染情况较青龙寺严重。从交换时间方面分析,在交换4~8d时,两地的AFDW都有所降低,这可能是由于在交换4d以后,环境骤然变化,细菌群落不停繁殖;在4d以后适应环境不再生长,或者是其发育的速度与代谢的速

度达到平衡,导致了其生物量变化趋向平缓,同一时间膜上的物质还可能剥离重新进入水相,使生物膜上生物含量降低;在交换8 d以后,可能由于生物膜上的自养生物适应环境而生长繁殖,群集速度加快,导致生物量继续增多。本文中的胞外酶活性和多糖含量也可以验证这一推论^[17-18]。

分析结果综合表明了生物膜对水环境的变化有所响应,可以指示水域的污染情况。生物膜对环境变化的响应会随着时间变化而有所波动,生物膜适应环境需要一定的时间。

4 结论

(1) 从生物膜的基本特征的测定结果来看:经过原位交换培养,两组生物膜指标均发生了不同程度的变化,具体表现为藻类结构、AFDW、胞外磷酸酶(APA)活性、多糖含量等,反映了生物膜群落生长特性和生物膜对环境的适应性特征。从藻类比例来看,由于邛海水质较青龙寺较差,青龙寺植被覆盖率高,光照条件相对较差,邛海公园的绿藻比例较青龙寺高,并且随着时间变化,两地生物膜的藻类结构发生了显著变化;从生物量指标来看,两组生物膜的AFDW和多糖含量在交换前后出现了先迅速升高再降低继而又升高的变化,反映了生物膜响应环境改变需要一定的时间,生物膜会随着时间变化而变化。说明了生物膜对环境变化有明显的响应,生物膜各项指标变化可以指示水环境的改变,也可以反映某水域的综合环境。综合反映出邛海湿地生物膜对环境改变有明显的响应,基质原位交换培养方法用于研究生物膜对环境改变的响应是可行的,为以后生物膜用于水质监测奠定了基础。

(2) 从生物膜指标测定的分析结果来看:将邛海公园和青龙寺基质原位交换培养后,生物膜部分指标随环境变化差异不显著($p > 0.05$),如磷酸酶活性。这可能是由于采样时间是冬季,温度较低,水中生物活性不高,污染因子受温度影响对生物膜作用减小,也可能是在分析时更注重两地生物膜指标的综合变化,使分析结果较为片面。将在下次试验选择季节,规避此类客观与人为因素,使研究更加完善,更具可行性。

(3) 从凉山州环境监测站测定的水质参数的结果来看:生物膜指标与水质参数有一定的关系,但是在本次试验未分析生物膜与水质参数的相关性。将在试验条件更完善时,着重就生物膜与环境因子(水质参数)进行进一步研究。

参考文献:

- [1] Grady C P L. Biological wastewater treatment [J]. Biological Wastewater Treatment, 2011, 15 (2): 275 - 290.
- [2] 王雪梅. 白洋淀流域复合污染的生物膜监测方法适用性分析 [J]. 农业环境科学学报, 2014 (9). DOI: doi: 10. 11654/jaes. 2014. 09. 018.
- [3] 刘丰. 海河流域典型河口复合污染特征及天然生物膜的响应 [D]. 北京: 北京师范大学, 2012.
- [4] 杨帆. 自然水体生物膜上主要组分生长规律及吸附特性 [D]. 长春: 吉林大学, 2005.
- [5] 胡鸿钧, 魏印心. 中国淡水藻类 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2006.
- [6] 张宇, 董艳珍, 杨红. 四川邛海湖湿地浮游藻类现状调查 [J]. 广东农业科学, 2012, 39 (13): 197 - 199. DOI: 10. 3969/j. issn. 1004 - 874X. 2012. 13. 065.
- [7] S M, TT D, O H, et al. Cadmium toxicity and bioaccumulation in freshwater biofilms [J]. Archives of Environmental Contamination & Toxicology, 2008, 54 (2): 173 - 186.
- [8] H. G, M. P, S. S. effect of copper on algal communities from oligotrophic calcareous streams [J]. Journal of Phycology, 2002, 38 (2): 241 - 248.
- [9] Terra W R, Ferreira C, de Bianchi A G. Distribution of digestive enzymes among the endo - and ectoperitrophic spaces and midgut cells of R hynchosciara and its physiological significance [J]. Journal of Insect Physiology, 1979, 25 (6): 487 - 494.
- [10] Dubois M, et al. A colorimetric method for the determination of sugars [J]. Nature, 1951. doi: 10. 1038/168167a0: 167.
- [11] 本书编委会. 水和废水监测分析方法 [M]. 北京: 中国环境出版社, 2002.
- [12] 马牧源, 刘静玲, 杨志峰. 生物膜法应用于海河流域湿地生态系统健康评价展望 [J]. 环境科学学报, 2010, 30 (2): 226 - 236.
- [13] Denkhau E, et al. Chemical and physical methods for characterization of biofilms [J]. Microchimica Acta, 2007, 158 (1): 1 - 27.
- [14] Sabater S, Guasch H, Ricart M, et al. Monitoring the effect of chemicals on biological communities. The biofilm as an interface [J]. Analytical & Bioanalytical Chemistry, 2007, 387 (4): 1425 - 1434.
- [15] 刘俊琢, 张成君. 硅藻指数在水环境监测与评价中的应用 [J]. 环境监测管理与技术, 2009, 21 (5): 12 - 16. DOI: 10. 3969/j. issn. 1006 - 2009. 2009. 05. 004.
- [16] Bonet B, Corcoll N, Acuña V, et al. Seasonal changes in antioxidant enzyme activities of freshwater biofilms in a metal polluted Mediterranean stream [J]. Science of the Total Environment, 2013 (444): 60 - 72.
- [17] MS B, JA W, C F, et al. Functional dissociation of paracellular permeability and transepithelial electrical resistance and disruption of the apical - basolateral intramembrane diffusion barrier by expression of a mutant tight junction membrane protein. [J]. Journal of Cell Biology, 1996, 134 (4): 1031 - 1049.
- [18] H B, T K, K S, et al. Radical - scavenging effects of Aloe arborescens Miller on prevention of pancreatic islet B - cell destruction in rats [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2003, 89 (1): 37 - 45.

The Response of Biofilm to Environmental Changes in Qionghai Lake Wetland

WANG Xue - mei, CHEN Yi - cong, HU Jin - zhao, YANG Hong

(College of Resource & Environment Science, Xichang College, Xichang Sichuan 615013, China)

Abstract: The response of biofilm community to the environmental change was the foundation of ecological monitoring and evaluation. It had been the research focus of the water ecological restoration. This research selected two typical sites in Qionghai Lake wetland and exchanged the biofilm on natural substrate to compare the changes of the structure and function of biofilm after the exchange culture. The indexes of biofilm for analysis included algal structure, biomass, chlorophyll, extracellular enzyme activity and the content of polysaccharides. The results showed that part of biofilm indexes changed including algae structure, chlorophyll concentration, extracellular enzyme activity and the contents of polysaccharide. It could be concluded that biofilm changed with the switching time and the changes were regularity to the growing characteristics of biofilm and adaptability to the environment. Comprehensively, the biofilm in Qionghai Lake wetland has obvious response to the environmental change.

Key words: biofilm; exchange culture; response; environmental change; Qionghai Lake wetland

《环境科学导刊》发行数字期刊的声明

《环境科学导刊》，投稿及联系邮箱：hjkxdk@163.com；电话（传真）：0871 - 64142389；国内统一连续出版物号：CN53 - 1205/X；国际标准连续出版物号：ISSN1673 - 9655。

《环境科学导刊》的数字版本已全文入编《中国期刊网》、《中国知网》、《万方数据 - 数字化期刊群》、《中国核心期刊（遴选）数据库》、《中国学术期刊综合评价数据库》、《中文科技期刊数据库（全文版）》、“超星移动图书馆”等。所有被本刊录用并发表的稿件文章，将一律由本刊编辑部统一制作成数字版本在以上各数据库发布，并参与光盘版汇编。若作者不同意稿件参与数字版发行，请另投他刊。本刊所付稿酬包含刊物数字版发行的稿酬，不再另付。

《环境科学导刊》编辑部

大连市湿地景观格局动态变化研究 及驱动力分析

赵 杨

(大连市环境科学设计研究院, 辽宁 大连 116023)

摘 要:以大连市湿地为研究对象,采用 GIS 和 RS 作为技术分析手段,对 2000、2016 年的 TM 影像数据进行解译、处理和分析,利用 Fragstats 4.2 软件对矢量遥感图的分析计算得到景观多样性指数、景观均匀度指数等景观格局指标,分析景观格局的动态变化。结果表明:景观多样性指数 2000 年为 1.5444,2016 年上升至 1.5779,而研究区的湿地类型并没有发生变化,表明各种湿地类型所占的比例差异减小,说明各斑块类型在景观中分布呈均衡化趋势增强。均匀度指数略有上升,2016 年为 0.658,均匀度指数较低,不同湿地资源类型分配程度更为均匀,比例结构悬殊减小。景观为少数几种湿地类型所控制。居民用地的所有指标指数全部有所增长甚至大幅增长,而林地、旱地、草地的指标指数有增有减,且数值变化不大,由此可见影响大连市湿地景观格局的变化主要是人为驱动因子造成的。

关键词:湿地;景观格局;动态变化;驱动力;大连市

中图分类号: X32 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 02-0049-04

1 研究区概况

大连市三面环海,各区(市、县)从海边到陆地,从陆地到山区都有湿地分布。内有多种湿地类型和一种湿地分布于多个地区的特点,构成了分门别类的多样组合类型。大连市有湿地维管束植物 81 科 122 属 474 种,其中菊科、禾本科、莎草科属、种数量居多,在湿地植物中的野大豆、珊瑚菜为国家二级保护植物。湿地植被类型主要有芦苇群落、苔草类草本沼泽、碱蓬盐化湿地、水沙草湿地、香蒲群落等 5 种。据统计,大连市湿地鸟类共有 15 目 41 科 240 种;有鱼类 29 目 108 科 274 种;湿地两栖类动物 2 目 6 科 14 种,湿地爬行类动物 2 目 5 科 9 种;兽类动物 7 目 11 科 21 种。大连市有可利用的浅海水,可底播增殖的海底面积 22.43 万 hm^2 。有广阔的滩涂和许多天然渔场。海洋生物 3 大类共 209 科 414 种,分别占辽宁省海洋生物类和海洋生物资源总量的 48% 和 86%。

2 资料准备及数据处理

大连市土地利用、土地覆盖变化研究的数据源主要包括大连市遥感影像数据和大连市土地利

用矢量数据两部分。遥感解译所选取的数据是 2000 年与 2016 年 LANDSAT 卫星的 TM 影像数据,采用目视判读的方法。2000 年大连市土地利用矢量数据由相关部门提供,2016 年大连市土地利用矢量数据是在 2016 年遥感图目视解译的基础上,采用局部精校正,应用 MapGIS 软件制图。利用 2000 年大连市土地利用数据比对 2016 年遥感数据,对大连市各种土地变化的地类进行矢量化,得到 2016 年大连市土地利用矢量数据。土地利用数据中 5 m 以上等深线湿地的采集是利用 1:5 万地形图扫描校正,根据地形图中的 5 m 等深线进行矢量化形成湿地范围。并将 2000 年与 2016 年土地利用土地覆被相比较得出大连市土地利用/土地覆被变化图。

3 大连市湿地现状分析

为了对遥感调查的各种土地利用类型进行统计分析,本文主要利用 MapGIS 的空间分析与属性分析功能,针对本文研究的需要,对 2000 年及 2016 年的大连市土地利用情况进行相关分析。

2000 年大连市湿地总面积 3359.63 km^2 ,占大连市总面积的比例为 22.24%,其中天然湿地面积为 2745.3 km^2 ,占湿地总面积的 81.71% 左右;人工湿地面积为 614.33 km^2 ,占湿地总面积的 18.29% 左右。

2016 年湿地面积为 2860.69 km^2 ,湿地面积较

收稿日期: 2018-09-05

作者简介: 赵杨 (1983-), 女, 汉族, 硕士研究生, 工程师, 大连市环境科学设计研究院, 主要研究方向: 环境保护, 环境规划。

2000年减少 489.94 km²，占大连市总面积的比例为 18.9%，其中天然湿地面积为 2249.44 km²，占

湿地总面积的 78.63% 左右；人工湿地面积为 611.25 km²，占湿地总面积的 21.37% 左右。

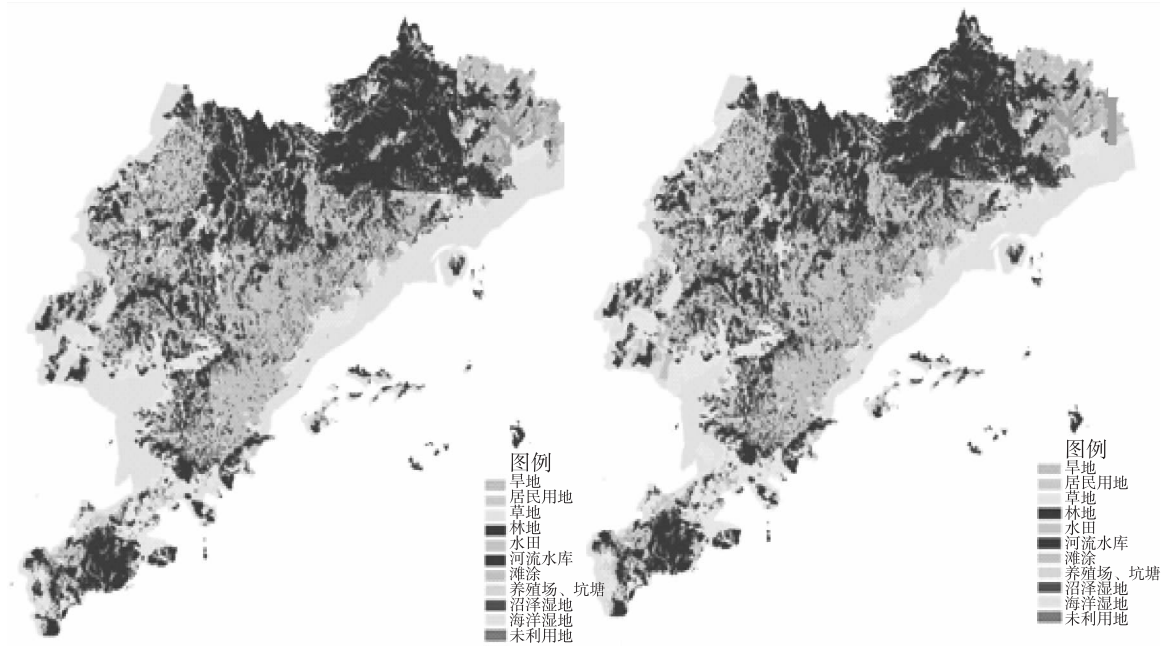


图1 大连市土地类型分类结果图（2000年，2016年）

4 大连市湿地景观格局特征分析

4.1 使用软件介绍

论文选择了与 ArcGIS 结合比较密切的景观格局分析软件 FRAGSTATS 4.2 对景观格局指标进行计算。基于研究目的和大连市湿地景观特征，选取了能确保计算精度的 10 个指标。其中在斑块类型级别上选用了 8 个指标：斑块个数、斑块分维数、斑块密度、斑块占景观总面积的比例、最大斑块指数、平均斑块面积、景观形状指数、景观聚集度指数。在景观级别上选用了 2 个指标：景观多样性指数，景观均匀度指数^[1-5]。应用 ArcGIS 中的 Spatial Analyst 工具将大连市土地利用解译图转换成 FRAGSTATS 4.2 所能接受的栅格文件格式。再将图件输入到 FRAGSTATS 4.2 软件中，计算得到各种景观格局指标。

4.2 湿地景观格局信息提取及分析

根据前面介绍的景观格局分析方法以及选用的景观空间格局分析软件，结合选取的景观格局指数，基于大连市 2000 年、2016 年景观生态类型分别展开研究。

4.2.1 斑块类型级别上景观格局指数变化分析

2000—2016 年，旱地斑块个数增加 164，斑块占景观总面积的比例减少，斑块密度增加，斑块分维数减少了 0.0201，最大斑块指数减少了 0.004，景观形状指数增加，聚集度减少了 0.0017。林地斑块个数增加 89，斑块占景观总面积的比例减少，斑块密度增加，斑块分维数减少了 0.0171，最大斑块指数减少了 0.0594，景观形状指数增加，聚集度减少了 0.0005。居民用地斑块个数增加 99，斑块占景观总面积的比例增加，斑块密度增加，斑块分维数增加 0.013，最大斑块指数由 1.0979 增加到 1.473，景观形状指数增加，聚集度增加 0.3921。草地斑块个数增加 1，斑块占景观总面积的比例减少，斑块密度持平，斑块分维数减少了 0.0026，最大斑块指数减少了 0.002，景观形状指数增加了 0.0296，聚集度减少了 0.0007。水田斑块个数增加 19，斑块占景观总面积的比例减少，斑块密度增加，斑块分维数减少 0.1046，最大斑块指数减少了 0.0011，景观形状指数增加，聚集度减少了 0.024。河流、水库斑块个数、斑块密

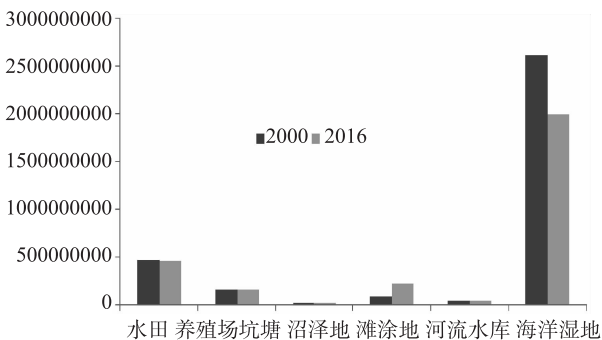


图2 2000—2016年湿地类型面积变化分析

度、斑块分维数、景观形状指数无明显变化。斑块占景观总面积的比例减少了0.0004，最大斑块指数减少了0.0001，聚集度增加了0.0001。养殖场、方塘斑块个数无变化，斑块占景观总面积的比例减少了0.0018，斑块密度、斑块分维数、景观形状指数、聚集度都无明显变化，最大斑块指数减少了0.1。滩地斑块个数增加47，斑块占景观总面积的比例增加了0.8667，斑块密度增加，斑块分维数减少了0.0784，最大斑块指数由0.0533增加到

0.1498，景观形状指数减少，聚集度增加了0.4325。海洋湿地斑块个数增加353，斑块占景观总面积的比例减少了4.1765，斑块密度增加，斑块分维数增加0.0368，最大斑块指数由7.6304减少到6.6876，景观形状指数增加，聚集度减少了0.0253。沼泽地斑块个数减少1，斑块占景观总面积的比例减少，斑块密度减少，最大斑块指数无明显变化，景观形状指数增加，聚集度增加了0.0012。详见图3~图9。

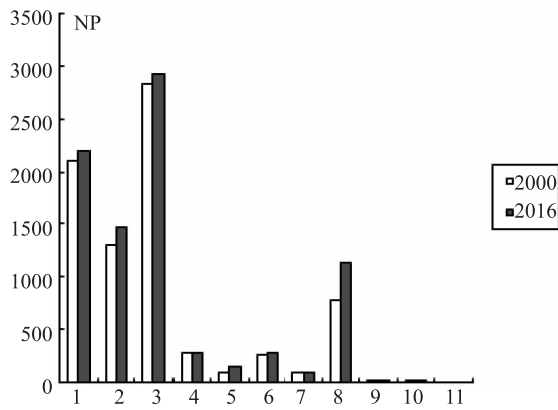


图3 00-16不同土地类型NP变化

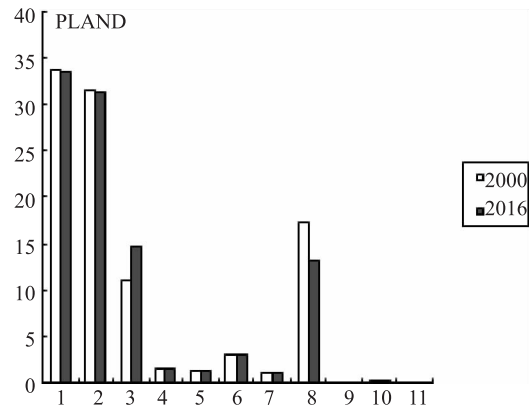


图4 200-16不同土地类型PLAND变化

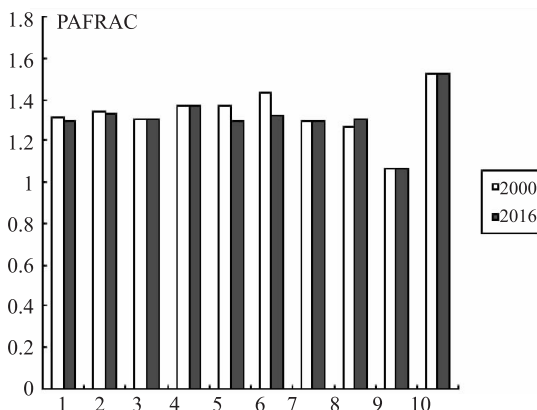


图5 00-16不同土地类型PAFRAC变化

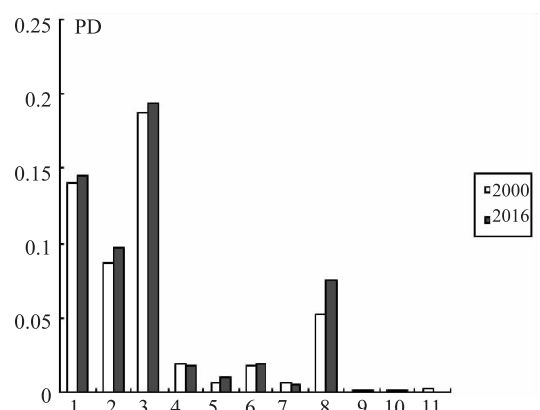


图6 00-16不同土地类型PD变化

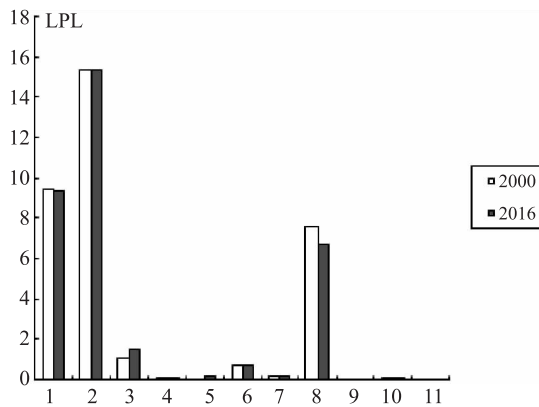


图7 00-16不同土地类型LPI变化

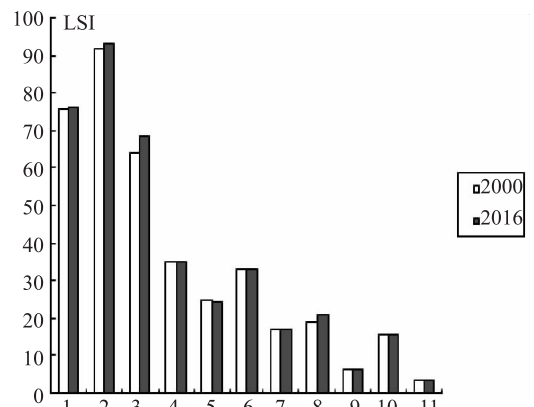


图8 00-16不同土地类型LSI变化

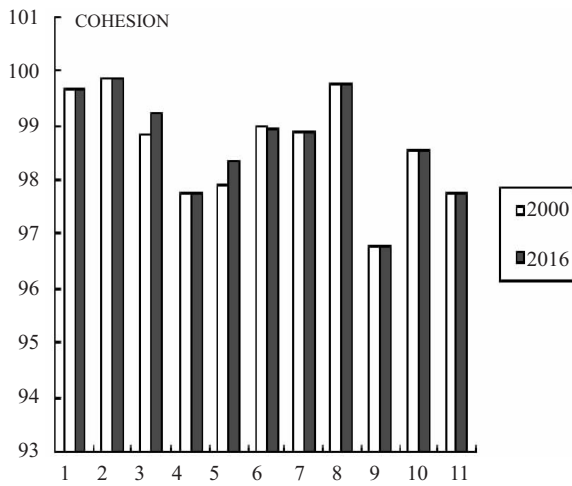


图9 00-16不同土地类型COHESION变化

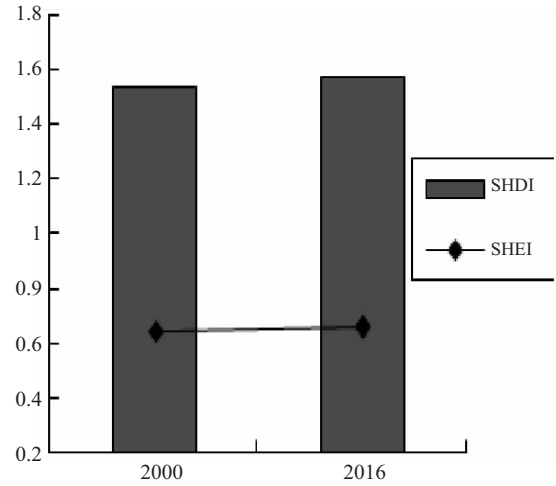


图10 湿地景观多样性、均匀度指数

4.2.2 景观级别景观格局指数变化分析

(1) 景观多样性指数

研究区景观多样性指数(图10)2000年为1.5444,2016年上升至1.5779,而研究区的湿地类型并没有发生变化,则表明各种湿地类型所占的比例差异减小,说明各斑块类型在景观中分布呈均衡化趋势增强。

(2) 景观均匀度指数

由图10可知:均匀度指数由2000年的0.6441上升到2016年的0.658。说明该区均匀度指数较低,不同湿地资源类型分配程度更为均匀,比例结构悬殊减小。景观为少数几种湿地类型所控制。其中2016年海洋湿地、水田、滩涂、养殖场坑塘分别占总面积的41.93%、3.02%、1.42%和1.02%,在整个大连市湿地景观中占居控制地位。

5 大连市湿地景观变化驱动力分析

湿地景观变化的驱动因子一般可分为两类:自然驱动因子和人为驱动因子,自然驱动因子常常在较大的时空尺度上作用于景观,它可以引起较大范围的景观变化,主要包括:气候、水文、地质、土壤、植被等。人为驱动因子包括:人口、政治、经济、文化等,它们对景观的影响越来越大,在社会经济迅猛发展的现代社会,人为因素对于景观的结构和功能的影响越来越关键。两者在不同的时间空间尺度上相互作用,不仅造成了景观格局的现状,同时也在一定范围内引起景观格局和功能的变化。

斑块个数反映景观的空间格局,数量越多,破

碎度越高。由图3可知,2000—2016年除河流水库湿地等大型斑块个数没有变化,其余类型湿地斑块数量有所增加,尤其是滩涂湿地增长了近50%,由此可见,湿地的破碎化程度越来越高。斑块密度反映人为对景观的干扰程度,破碎程度越大,景观对干扰的抵抗能力越弱,景观脆弱性强。由图5可知,河流水库等湿地类型几乎没有变化,可能与大连市在河流水库设立保护区等措施有关,而其他湿地类型,尤其是海洋湿地人为干扰比较严重,滩涂、水田都是人为干扰十分严重的区域,海洋湿地和滩涂的保护工作是下一步的工作重点。根据图3~图10可知,居民用地的所有指标指数全部有所增长甚至大幅增长,而林地、旱地、草地的指标指数,有增有减,且数值变化不大,由此可见影响大连市湿地景观格局的变化主要是人为驱动因子造成的,随着城市建设的快速发展,道路、房屋建设、人工景点建设、村镇、耕地遍布各处,引起了湿地空间格局的显著变化。

参考文献:

- [1] 刘恩峰,侯伟,崔莉,等.南四湖湿地景观格局变化及原因分析[J].湿地科学,2009,44(3):261-265.
- [2] 李加林,赵寒冰,曹云刚,等.辽河三角洲湿地景观空间格局变化分析[J].城市环境与城市生态,2006,19(2):5-7.
- [3] 赵锐锋,周华荣,肖笃宁,等.塔里木河中下游地区湿地景观格局变化[J].生态学报,2006,26(10):3470-3478.
- [4] 郑彩红,曾从盛,陈志强,等.闽江河口区湿地景观格局演变研究[J].湿地科学,2006,4(1):29-35.
- [5] 崔保山,刘兴土.黄河三角洲湿地生态特征变化及可持续利用对策研究[J].地理科学,2001,21(3):250-256.

(下转第69页)

剑湖流域农业面源污染防治技术

李佳钰^{1,2}

(1. 云南省环境科学研究院, 云南 昆明 650034; 2. 昆明理工大学, 云南 昆明 650093)

摘要: 农业面源污染正在成为水体污染的主要原因之一。剑湖流域内分布着大量农田, 农业面源污染严重, 通过“源头控制, 过程减污, 末端截污”来实现剑湖流域农业面源污染防治, 源头控制是核心, 配合沿程及末端污染治理, 才能做好农业面源污染治理工作。

关键词: 农业面源污染; 源头控制; 过程减污; 末端截污; 剑湖

中图分类号: X52 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 02-0053-03

0 引言

剑湖是云南重要的高原湿地之一, 位于大理州剑川县境内, 是剑川县人民赖以生存的“母亲湖”, 地理位置东经 $99^{\circ}55' \sim 99^{\circ}59.5'$, 北纬 $26^{\circ}25' \sim 26^{\circ}31.5'$ 。剑湖属澜沧江水系, 呈“元宝状”, 年径流量 9.17 亿 m^3 , 径流面积 918 km^2 。剑湖水资源丰富, 主要入湖河流有金龙河、永丰河和格美江 3 条常流水河流, 另尚有石狮子河、回龙河、马头箐河、青龙河等 10 多条间歇性小河, 湖心有地下水涌出, 水源主要靠降雨补给。出水河道为海尾河—黑惠江, 经漾濞江注入澜沧江。它具有环保、灌溉、防洪、渔业、旅游及调节剑川坝子农业气候等多方面的功能。

剑川县村民主要以种植业为主, 剑湖流域内分布着大量的农田, 农作物有玉米、水稻、马铃薯、小麦、烟叶等, 播种量大, 辅以少量的蔬菜种植, 均属高施肥的高污染作物。随着经济不断发展, 人为活动对剑湖的影响日益加剧, 但流域内农业面源污染治理技术落后, 农业面源污染治理迫在眉睫。剑湖流域水资源保护与利用矛盾日益突出。

1 剑湖流域农业面源污染现状

据统计, 剑湖流域内农业污染入河量为: COD 50 t/a , TN 22.54 t/a , TP 3.70 t/a , $\text{NH}_3 - \text{N}$ 0.65 t/a 。由于长期施用化肥, 土壤中的有机胶体逐渐流失, 土壤留不住养分, 造成大量化肥流失, 达不到预期的增产效果。为此农民渐渐偏爱含高氮量的尿素和加大施肥量, 这种施肥方式造成化肥在大雨或大水漫田灌溉时大量被流水带走, 最终随水汇入剑湖, 造成水体的富营养化。加之农药等滥用的现

象较为突出, 耕作方式不合理, 大量的农业污染由河道进入剑湖, 给剑湖水质及周边生态环境、人民身体健康造成了影响。

1.1 化肥的大量施用

剑川县耕地平均化肥施用量为 284.88 kg/hm^2 。化学肥料的大量投入, 使有机肥的施用比例急速下降, 农作物产量的提高对化学肥料的依赖程度越来越大。大量使用化肥对农田生态系统造成了损害, 相关研究表明, 近 10 年剑川县土壤养分的平均含量: 有机质由 2.4% 下降到 1.8% , 全氮由 0.142% 下降到 0.11% , 速效钾下降了 22.7% ; 同时农田土地板结现象越来越重。

1.2 农药的大量施用

剑川县每年农药使用总量中, 杀虫剂占 73.1% , 杀菌剂占 15.3% , 除草剂占 5.1% , 生物农药占 5.6% , 全年农药施用量为 48.3 t , 施用农药耕地面积占全县耕地总面积的 83.5% , 平均农地施用农药量为 3.5 kg/hm^2 , 已高于全国平均水平 (2.33 kg/hm^2)。目前农药使用量和施用农药耕地面积过大, 不但没有使农业病虫害发生率下降, 而且在全县耕地形成大面积残留, 使农业生态环境破坏, 不利于人体健康和农业的可持续发展。

1.3 农用塑料污染

剑川县每年农膜使用量为 340 t , 残膜回收率约 70% 。农膜主要是聚氯乙烯和少量聚乙烯材料, 虽然使用农膜量不大, 但平均农膜残留量为 3.56 kg/hm^2 , 平均残留率为 40.14% , 高于全国平均水平, 对生态环境的不良影响逐渐突显。

1.4 农业秸秆

剑川县秸秆产生: 稻谷和玉米秸秆约占总量的 65% , 其它农作物秸秆约占总量的 16% 。在秸秆

利用方面：秸秆露天焚烧量占10.8%，还田量占30.3%，用作畜牧饲料占18.9%，用于生产沼气占0.7%，其它用途中主要是用作燃料，约占39.1%。总的来说秸秆综合利用率不高，大部分农村地区存在露天焚烧现象，在一定时期和范围内造成大气污染。

1.5 不合理灌溉方式

由于流域内雨量分布不平均，农田灌溉系统不发达，导致农业灌溉大部分采用大水漫灌方式，造成了严重的水土流失。从而导致土壤肥力下降、养分损失，还造成水体富营养化和水质恶化。

2 农业面源污染防治措施

2.1 农业面源污染源头控制

(1) 发展生态绿色产业

剑川县工业不发达，环境污染小，发展无污染绿色有机食品有较好的前景。应建立健全质量安全保障体系，优化无公害农产品开发的市场环节。加大农业科研和农业科普投入，积极推广标准化生产技术，建立无公害产品生产基地，引导农民开展无公害、绿色、有机生产，提高农产品附加值，逐步实现农业生产技术生态化，生产过程清洁化和农产品无害化。

(2) 实行测土配方、合理施肥施药

结合流域内农作物特点，进行测土配方、合理施肥施药，提高农产品质量。一是开展测土配方施肥，营养诊断，防止因施肥不当引起环境污染，增加土壤有机质，控制和减少氮肥施用量，提高耕地产出率，降低肥料成本。二是控制农业化肥和农药等投入，提高其利用效率。加大宣传、服务力度，让广大农民正确掌握施药技术，正确配比农药浓度，选择适宜的浓度和防治时期。

(3) 灌溉技术

流域内农田大多数采用漫灌的方式，这种方式不仅耗水量大、水资源利用力较低，而且还造成严重的水土流失及土壤肥力下降。建议采用目前常见的滴灌和喷灌等技术，节水性能、水的利用率较传统灌溉模式高。

(4) 加强宣传教育，提高农民环保意识

加强宣传教育工作，重点是加强对农民的宣传培训，强化清洁生产宣传，大力推动生态农业建设和开展农业清洁生产技术。要通过多层次、多形式宣传教育活动，引导农民提高环境保护意识。加强基层农村技术人员环保意识教育，增强环保责任感，逐步树立起农业资源的忧患意识、环境保护的参与意识。

2.2 农业面源污染过程削减

(1) 土地处理法

①生态沟渠

主要是对现有的农灌沟渠进行改造，通过微生物净化及植物根系对污水中氮、磷等营养物质的吸取作用，及对污水中颗粒杂物的过滤作用，使污水在向下游排放过程中污染得到削减。

②塘库系统

塘库系统是利用其超大容量和超长的停留时间处理废水，主要起到沉淀处理效果，约可去除30%的有机污染物和60%的颗粒态氮、磷污染物。

③人工湿地系统

湿地系统主要由氧化塘、表流湿地或潜流湿地构成，可根据不同进水水质和出水要求进行选择性工艺组合，其中氧化塘主要通过水中微生物的代谢活动降解有机物，溶解氧则由塘内生长的藻类通过光合作用和水面复氧作用提供，污水的净化过程同天然水的自净过程很相近。

(2) 发展循环农业

发展循环农业，有效利用农业废弃资源，降低农业面源污染的数量，可以实现“低开采、高利用、低排放、再利用”。例如发展以沼气为纽带的庭院式生态农业模式，将种植业、养殖业与沼气使用相结合，以获得最佳的生态效益与经济效益。有效缓解农村人、畜禽粪尿给农村生态环境造成的污染，有效解决畜禽粪便对地表水、地下水和空气的污染问题。使用沼液替代传统的农药浸种，可减少农药的使用量，减轻农药对农田的污染；沼液、沼渣是优质的有机肥，沼肥的施用可减少化肥和农药的施用量，提高土壤有机质的含量，减轻化肥和农药对农产品、土壤和水体的污染。

(3) 农田秸秆处置

农田秸秆作为农田生态系统的一部分，最佳的处理方式是作为土地肥料还田。剑湖流域种植业以蔬菜种植为主，粮食作物种植为辅。废弃蔬菜叶、茎属于易腐烂物体，粮食作物秸秆可作为畜禽饲料，因此采用将废弃蔬菜叶、茎与过腹后的粮食作物秸秆一起发酵后还田，即以沤肥池为主体的秸秆、粪便混合发酵处理的方式。

(4) 农田废物回收系统

农业废物主要包括农业化学品包装及地膜等。建立和完善农业化学品贮备与废弃物的收集、处理机制。对危险性应急农用化学品和施药器械要做到专业存放与管理，对过期药物、假冒伪劣产品、残

留物件等废弃物件要以自然村为单位,鼓励建立农用化学品废弃物的集中回收和统一处理机制。在农田道路旁设置危废品回收装置,使用后的农药袋等放入回收装置,由农业部门定期进行回收处置。积极推广可降解地膜,鼓励多渠道、多途径积极回收农膜,切实提高塑料农膜的回收率。

2.3 农业面源污染末端截污

农业污染末端控制是在前两项控制措施都无效的情况下,采取的农业污染进入剑湖前的最后一道屏障。一般结合河道入湖口湿地和湖滨带建设工程来开展。入湖口湿地位于河道末端,通过截流上游河道来水,湿地净化处理后,排放进入剑湖或向上游农田回用。

3 结论

综上所述,剑湖流域农业面源污染治理措施可以分为“源头控制,过程减污,末端截污”三步,其中源头控制尤为重要,配合沿程及末端污

染治理,实现剑湖流域农业面源污染削减。农业面源污染治理既要重视技术的作用,更要注意发挥软环境的作用,即需要农业科研部门、政府机构、农业环境执行状况的监督部门和农民等农业参与者,管理者与经营者之间相互配合,充分发挥各个层面的功能,使农业面源污染治理取得更好的效果。

参考文献:

- [1] 张水龙,庄季屏. 农业非点源污染研究现状与发展趋势 [J]. 生态学杂志, 1998, 17 (6): 51-55.
- [2] 谭绮球,苏柱华,郑业鲁. 国外治理农业面源污染的成功经验及对广东的启示 [J]. 广东农业科学, 2008 (4): 67-71.
- [3] 章芹,朱永恒. 当前农业面源污染的主要形式及综合治理措施 [J]. 现代农村科技, 2011 (16): 56-58.
- [4] 沈丰菊. 我国农业废水处理技术的应用现状与发展趋势 [J]. 农业工程技术 (新能源产业), 2011 (1): 16-19.
- [5] 梁正高. 我国农村环境污染现状及防治对策探析 [J]. 中共贵州省委党校学报, 2007 (3): 37-39.

Pollution Control Technology of Agricultural Non – point Source in the Jianhu Lake Basin

LI Jia – yu^{1,2}

(1. Yunnan Institute of Environmental Science, Kunming Yunnan 650034, China)

Abstract: Agricultural non – point source has become one of the main pollution sources of water bodies. There are lots of farm lands scattering in the Jianhu Lake basin, which has brought serious agricultural pollution. The principle of “controlling the sources, reducing the pollution in the process, and treating the pollution in the end” was applied to abate the pollution. The key was to control the sources coupled with the pollution treatment in the process and in the end to address the agricultural pollution in the basin.

Key words: agricultural non – point source pollution; control the sources; reduce the pollution in the process; treat the pollution in the end; Jianhu Lake

云南某铅锌污染场地修复研究

孙 晶¹, 潘学军²

(1. 云南省环境科学研究院, 云南 昆明 650034; 2. 昆明理工大学, 云南 昆明 650000)

摘 要:土壤是生态环境的重要组成部分,也是人类赖以生存的主要自然资源^[1]。随着我国产业结构调整及城市建设进程的加快,导致大量搬迁企业遗留的污染场地引发很多的环境问题。选用三种不同类型的钝化剂对云南某铅锌污染场地土壤进行修复研究,结果表明:药剂 A、B、C 对土壤铅、锌、镉的钝化效果显著,但药剂 B、C 均会造成土壤中砷的活性释放。药剂 A 的钝化能力更全面,效果更好。为安全有效地治理重金属污染场地提供技术指导^[2]。

关键词:铅锌污染场地; 重金属; 原位钝化; 修复研究; 云南

中图分类号: X53 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 02-0056-05

在长期的矿业发展历程中,由于环保意识淡薄,工艺技术落后,导致大量含重金属“三废”得不到及时、妥善处理。近年来,云南省发生的南盘江干流砷超标事件、阳宗海砷污染事件、陆良铬渣事件等^[3-5],给当地人民群众的生活造成了不同程度的影响。为了更好地加强重金属污染防治工作,政府部门通过调查选取了云南省典型的有色行业遗留污染场地的土壤进行取样分析。结果显示,部分遗留场地中的砷、镉、铅、铬、汞等重金属离子存在一项或多项不同程度超标,导致土壤重金属含量远远高于原生态土壤,引起环境质量恶化及土壤重金属污染。本文针对不同污染等级的土壤选择不同的钝化药剂,并进行修复效果分析,最终筛选出效果最好的修复药剂。

1 修复前土壤状况

项目区域土壤中铅、镉、砷、锌超标严重。设计修复土壤面积 7.33 hm² (110 亩),修复深度约为 0.3 m。项目区根据土壤的不同污染情况被划分为重度污染区、中度污染区和轻度污染区,其中涉及重度、中度污染土壤各 2.67 hm² (40 亩),轻度污染区 2 hm² (30 亩)。

重度污染地块中铅、锌、砷、镉的平均浸出浓度分别为 0.458、106.85、0.0009、0.2974 mg/L,平均超标 9.15 倍、106.85 倍、0.02 倍和 29.74 倍;铅、锌、砷、镉超标点位的比例为 82.35%、88.24%、0.00%、88.24%,铅、锌、镉大面积超标。地块土壤 pH 值偏酸性,88.24% 的点位土壤 pH 值低于 6.5。

中度污染地块中铅、锌、砷、镉的平均浸出浓度分别为 0.059、41.95、0.0004、0.1004 mg/L,平均超标 0.19 倍、41.95 倍、0.01 倍和 10.04 倍;铅、锌、砷、镉超标点位的比例为 52.94%、100.00%、0.00%、94.12%,铅、锌、镉大面积超标。地块土壤 pH 值偏酸性,100% 的点位土壤 pH 值低于 6.5。

轻度污染地块中铅、锌、砷、镉的平均浸出浓度分别为 0.008、1.87、0.0004、0.0089 mg/L,平均超标 0.16 倍、1.87 倍、0.01 倍和 0.89 倍;铅、锌、砷、镉超标点位的比例为 0.00%、52.94%、0.00%、23.53%,只有锌、镉部分面积超标。地块土壤 pH 值偏酸性,100% 的点位土壤 pH 值低于 6.5。

2 修复方案基本思路

本项目均采用原位钝化技术处理。选用三种不同类型的钝化剂 A、B、C,以对比研究原位钝化技术的适用性,其中药剂 A 为项目实施单位自己研发生产,药剂 B 购买于国外一家多年从事土壤修复药剂研发的公司,药剂 C 购买自国内一家大型的土壤修复药剂公司。

三种钝化剂 A、B、C 的主要成分包括 Si、Al、Ca、Mg、S、Fe 等及其化合物,区别在于每一种药剂的特殊成分、配比和合成工艺的不同,以此来考察不同的钝化剂的终试效果。

3 修复目标

根据规划重度污染区修复后为轻工业用地,中度污染区和轻度污染区修复后仍作为农田使用,修复目标为土壤中铅、镉、砷、锌浸出液浓度低于《GB/T14848-2017 地下水质量标准》Ⅲ类标准限值。

4 治理修复效果分析

采用药剂 A 修复后土壤样品重金属浓度检测结果

(1) 重度污染区、中度污染区、轻度污染区 分析见表 1、表 2、表 3。

表 1 重度污染区采用药剂 A 修复后重金属浓度检测结果分析

项目	元素				pH 值
	铅	锌	砷	镉	
平均值/ (mg/L)	0.006	0.005	0.0009	0.0002	8.58
标准差/ (mg/L)	0.012	0.000	0.0007	0.0000	0.18
最大值/ (mg/L)	0.028	0.005	0.0019	0.0002	8.80
最小值/ (mg/L)	0.001	0.005	0.0002	0.0002	8.40
¹ 标准限值/ (mg/L)	0.05	1.00	0.05	0.01	6.5~8.5
超标点位数/个	0	0	0	0	3
合格率/%	100.00	100.00	100.00	100.00	40.00
修复前平均值/ (mg/L)	0.458	106.85	0.0009	0.2974	5.54
平均钝化比例/%	98.6	100.00	3.82	99.93	/

注¹:《GB/T14848-2017 地下水质量标准》Ⅲ类标准限值。

表 2 中度污染区采用药剂 A 修复后重金属浓度检测结果分析

项目	元素				pH 值
	铅	锌	砷	镉	
平均值/ (mg/L)	0.001	0.037	0.0001	0.0010	7.79
标准差/ (mg/L)	0.000	0.056	0.0003	0.0013	1.02
最大值/ (mg/L)	0.001	0.149	0.0008	0.0036	8.60
最小值/ (mg/L)	0.001	0.005	0.0000	0.0002	6.20
¹ 标准限值/ (mg/L)	0.05	1.00	0.05	0.01	6.5~8.5
超标点位数/个	0	0	0	0	1
合格率/%	100.00	100.00	100.00	100.00	85.71
修复前平均值/ (mg/L)	0.059	41.95	0.0004	0.1004	4.93
平均钝化比例/%	98.31	99.91	66.29	99.03	/

注¹:《GB/T14848-2017 地下水质量标准》Ⅲ类标准限值。

表 3 轻度污染区采用药剂 A 修复后重金属浓度检测结果分析

项目	元素				pH 值
	铅	锌	砷	镉	
平均值/ (mg/L)	0.006	0.620	0.0000	0.0022	7.43
标准差/ (mg/L)	0.008	0.201	0.0000	0.0018	0.06
最大值/ (mg/L)	0.015	0.760	0.0000	0.0033	7.50
最小值/ (mg/L)	0.001	0.390	0.0000	0.0002	7.40
¹ 标准限值/ (mg/L)	0.05	1.00	0.05	0.01	65~85
超标点位数/个	0	0	0	0	0
合格率/%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
修复前平均值/ (mg/L)	0.008	1.87	0.0004	0.0089	5.40
平均钝化比例/%	27.30	66.77	95.47	74.79	/

注¹:《GB/T14848-2017 地下水质量标准》Ⅲ类标准限值。(2) 重度污染区、中度污染区、轻度污染区 分析见表 4、表 5、表 6。
采用药剂 B 修复后土壤样品重金属浓度检测结果

表4 重度污染区采用药剂B修复后重金属浓度检测结果分析

项目	元素				pH 值
	铅	锌	砷	镉	
平均值/ (mg/L)	0.001	0.013	0.0011	0.0006	8.77
标准差/ (mg/L)	0.000	0.015	0.0007	0.0007	0.24
最大值/ (mg/L)	0.001	0.046	0.0020	0.0018	9.30
最小值/ (mg/L)	0.001	0.005	0.0003	0.0002	8.60
¹ 标准限值/ (mg/L)	0.05	1.00	0.05	0.01	6.5~8.5
超标点位数/个	0	0	0	0	7
合格率/%	100.0	100.00	100.00	100.00	0.00
修复前平均值/ (mg/L)	0.458	106.85	0.0009	0.2974	5.54
平均钝化比例/%	99.78	99.99	-18.23	99.78	/

注¹:《GB/T14848-2017 地下水质量标准》Ⅲ类标准限值。

表5 中度污染区采用药剂B修复后重金属浓度检测结果分析

项目	元素				pH 值
	铅	锌	砷	镉	
平均值/ (mg/L)	0.001	0.006	0.0004	0.0002	8.14
标准差/ (mg/L)	0.000	0.002	0.0003	0.0000	0.23
最大值/ (mg/L)	0.001	0.009	0.0009	0.0002	8.30
最小值/ (mg/L)	0.001	0.005	0.0002	0.0002	7.80
¹ 标准限值/ (mg/L)	0.05	1.00	0.05	0.01	6.5~8.5
超标点位数/个	0	0	0	0	0
合格率/%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
修复前平均值/ (mg/L)	0.059	41.95	0.0004	0.1004	4.93
平均钝化比例/%	98.31	99.99	-6.57	99.80	/

注¹:《GB/T14848-2017 地下水质量标准》Ⅲ类标准限值。

表6 轻度污染区采用药剂B修复后重金属浓度检测结果分析

项目	元素				pH 值
	铅	锌	砷	镉	
平均值/ (mg/L)	0.001	0.822	0.0000	0.0029	7.37
标准差/ (mg/L)	0.000	0.034	0.0000	0.0020	0.06
最大值/ (mg/L)	0.015	0.861	0.0000	0.0047	7.40
最小值/ (mg/L)	0.001	0.796	0.0000	0.0008	7.30
¹ 标准限值/ (mg/L)	0.05	1.00	0.05	0.01	6.5~8.5
超标点位数/个	0	0	0	0	0
合格率/%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
修复前平均值/ (mg/L)	0.008	1.87	0.0004	0.0089	5.40
平均钝化比例/%	87.17	55.94	95.47	67.64	/

注¹:《GB/T14848-2017 地下水质量标准》Ⅲ类标准限值。

(3) 重度污染区、中度污染区、轻度污染区 分析见表7、表8、表9。
采用药剂C修复后土壤样品重金属浓度检测结果

表7 重度污染区采用药剂C修复后重金属浓度检测结果分析

项目	元素				pH 值
	铅	锌	砷	镉	
平均值/(mg/L)	0.004	0.054	0.0024	0.0002	8.68
标准差/(mg/L)	0.006	0.071	0.0003	0.0000	0.11
最大值/(mg/L)	0.014	0.162	0.0026	0.0002	8.80
最小值/(mg/L)	0.001	0.005	0.0019	0.0002	8.50
¹ 标准限值/(mg/L)	0.05	1.00	0.05	0.01	6.5~8.5
超标点位数/个	0	0	0	0	5
合格率/%	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00
修复前平均值/(mg/L)	0.458	106.85	0.0009	0.2974	5.54
平均钝化比例/%	99.08	99.95	-163.95	99.93	/

注¹:《GB/T14848-2017 地下水质量标准》Ⅲ类标准限值。

表8 中度污染区采用药剂C修复后重金属浓度检测结果分析

项目	元素				pH 值
	铅	锌	砷	镉	
平均值/(mg/L)	0.001	0.005	0.0009	0.0002	8.46
标准差/(mg/L)	0.000	0.000	0.0006	0.0000	0.22
最大值/(mg/L)	0.001	0.006	0.0017	0.0002	8.80
最小值/(mg/L)	0.001	0.005	0.0004	0.0002	8.20
¹ 标准限值/(mg/L)	0.05	1.00	0.05	0.01	6.5~8.5
超标点位数/个	0	0	0	0	2
合格率/%	100.00	100.00	100.00	100.00	60.00
修复前平均值/(mg/L)	0.059	41.95	0.0004	0.1004	4.93
平均钝化比例/%	98.31	99.99	-123.28	99.80	/

注¹:《GB/T14848-2017 地下水质量标准》Ⅲ类标准限值。

表9 轻度污染区采用药剂C修复后重金属浓度检测结果分析

项目	元素				pH 值
	铅	锌	砷	镉	
平均值/(mg/L)	0.001	0.826	0.0000	0.0039	7.35
¹ 标准限值/(mg/L)	0.05	1.00	0.05	0.01	6.5~8.5
超标点位数/个	0	0	0	0	0
合格率/%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
修复前平均值/(mg/L)	0.008	1.87	0.0004	0.0089	5.40
平均钝化比例/%	87.17	55.75	95.47	56.54	/

注¹:《GB/T14848-2017 地下水质量标准》Ⅲ类标准限值。

5 小结

(1) 药剂 A、B、C 对土壤铅、锌、镉的钝化效果显著,但药剂 B、C 均会造成土壤中砷的活性释放。随着土壤中砷的浸出浓度降低和药剂使用量的减少,药剂 B 和 C 对土壤中砷的钝化效果迅速提高。相比之下,药剂 A 的钝化能力更全面,对土壤铅、锌、砷、镉均有较好的钝化作用。

(2) 所有药剂均会引起土壤 pH 值的升高,特别是重度污染土壤中当药剂量大时升高明显。但药

剂施用在中度和轻度污染土壤中,且药剂施用量降低时,药剂对土壤 pH 值具有明显的改良作用,能将土壤 pH 调节到弱碱性。

(3) 三种药剂用药比例基本相同,但药剂 A 为自行研制,成本较 B 和 C 更低。并且与药剂 B 和 C 相比,药剂 A 的钝化能力更全面,效果更好,具有最好的性价比。

参考文献:

- [1] 赵其国, 骆永明, 滕应. 中国土壤保护宏观战略思考 [J]. 土壤学报, 2009 (6): 1140 - 1145.

- [2] 崔德杰, 张玉龙. 土壤重金属污染现状与修复技术研究进展 [J]. 土壤通报, 2004 (6): 27-31.
- [3] 张晨, 金太军, 吴新星. 应对重大突发公共事件省内政府间协调的制度分析——以2008年阳宗海砷污染事件为例 [J]. 中国行政管理, 2010 (9): 67-72.
- [4] 胡涛, 施凤宁. 南盘江水体中重金属特征污染物及控制断面的筛选 [J]. 环境科学导刊, 2013, 34 (S1): 56-58.
- [5] 王欣欣. 从“云南省铬渣污染事故”看地方政府环境责任制度的完善 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2012.

Study on Restoration of Polluted Land by Lead and Zinc in Yunnan

SUN Jing¹, PAN Xue-jun²

(1. Yunnan Institute of Environmental Science, Kunming Yunnan 650034, China)

Abstract: Soil is one of the significant components of eco-system. It is also the important natural resource for human life. Many soil pollution issues were emerging due to the moving of industrial factories with the rapid development of urbanization and national industrial adjustment. Three kinds of passivators (A, B and C) were used to restore a piece of polluted land by lead and zinc in Yunnan. The results indicated that the passivators had obvious passivation effects. However, B and C would actively release the arsenic in soil. Therefore, A had the better effect with more safety. The study would provide technological references for effectively restoring the heavy-metal polluted land.

Key words: lead and zinc polluted land; heavy metal; in situ passivation; restoration; Yunnan

基于 Matlab 的曝气量模糊控制器设计

王绍斌

(佛山市南海区城市规划编制研究中心, 广东 佛山 528200)

摘要: 好氧活性污泥法中曝气量的控制是整个工艺控制的一个重要方面, 利用 Matlab 提供的 Simulink 与 Fuzzy Logic Toolbox, 对用于控制活性污泥法曝气量的模糊控制器进行了设计和仿真, 结果表明, 该控制器控制品质良好。Matlab 的应用, 简化了设计工作, 并为污水处理工艺智能控制的研究提供了条件。

关键词: 曝气量; 溶解氧; 智能控制; 模糊控制器; 仿真

中图分类号: X703 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 02-0061-05

0 引言

模糊控制作为智能控制的一个分支, 在各种复杂的工程系统中充分显示了自身的优势。与传统控制理论相比, 模糊控制具有两个优势: 第一, 模糊控制在许多应用中可以有效便捷地实现人的控制策略和经验; 第二, 模糊控制可以不需要被控对象的数学模型即可实现较好的控制^[1]。

污水处理工艺是一个复杂的、非线性时变系统, 由于其运行中的不确定性和模糊性, 污水处理是适合采用模糊控制的领域之一^[2]。好氧活性污泥法中曝气量的大小决定了反应池中溶解氧 (DO) 浓度的大小, 它不仅影响系统的处理效果, 还决定了工艺的运行费用。因此, 对曝气量的控制是好氧活性污泥法工艺控制的一个重要方面。国外 Kalker 等人将模糊逻辑应用于间歇曝气的控制^[3], 结果表明, 在节能和提高出水水质方面, 模糊控制

比常规 PI 控制具有优势。国内曾薇等人对 SBR 工艺曝气量进行模糊控制^[4], 与传统控制相比, 在反应时间相同的情况下, 可节省空气量; 在相同空气量下, 可有效地缩短反应时间。

1 模糊控制系统简介

模糊控制就是模仿人的思维方式和人的控制经验来实现控制的一种控制方法。最基本的模糊控制系统结构如图 1 所示。它和传统的控制系统结构相似, 只是用模糊控制器取代传统的数字控制器。它具有不需要知道被控对象 (或过程) 的数学模型, 易于实现对具有不确定性的对象和具有强非线性的对象进行控制, 对被控对象特性参数的变化具有较强的鲁棒性, 对于控制系统的干扰具有较强的抑制能力等优点^[5]。按系统输入输出变量的多少来分类, 模糊控制系统可分为单变量模糊控制系统和多变量模糊控制系统。

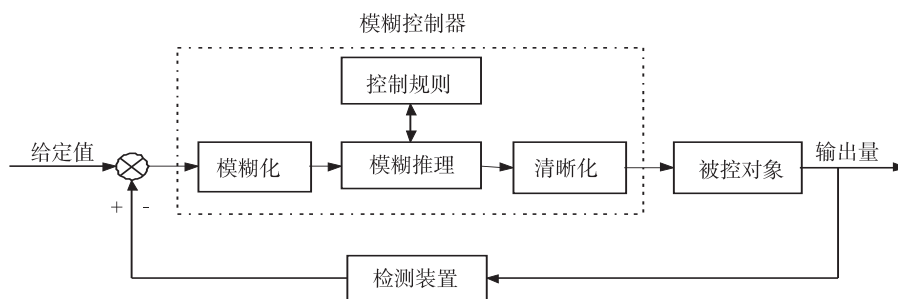


图1 模糊控制系统

2 Matlab 简介

Matlab 是 MathWorks 公司推出的一种计算软件, 在数值计算方面独占鳌头, 并以其良好的开放

性和运行的可靠性享誉全世界^[6]。Matlab 的较新版本在继承和发展原有的数值计算和图形可视能力的同时, 还推出了交互式操作的动态系统建模与仿真环境 Simulink, 它的出现提高了人们对非线性、随机动态系统的认知能力。因此, 在设计研究单位和

工业部门, Matlab 往往被认作进行高效研究、开发的首选软件工具。

3 曝气量模糊控制器组成

在好氧活性污泥法中, 尤其是连续流工艺, 为了取得较为理想的处理效果, 常要求曝气反应池内的溶解氧维持在某一个定值, 而在实际污水厂运行管理中, 常常是采用人为设定曝气量的运行方式, 而污水厂原水水质、水量存在一定的波动, 所以这种运行方式不能保证反应池内的溶解氧维持在有效值附近, 有时溶解氧浓度偏低, 影响了出水水质;

有时偏高, 又造成了能量的浪费。由于活性污泥法是复杂的生物反应过程, 难以用数学模型加以精确描述, 所以, 采用模糊控制曝气量的方法是一种控制反应池内 DO 的较好途径。

本研究采用二维模糊控制器, 它的输入量是曝气池中实测 DO 浓度与设定 DO 的偏差量 E 和 DO 偏差变化率 EC , 以曝气阀门的开度 U 作为输出量。二维模糊控制器比一维控制器的控制效果好, 且易于计算机的实现, 是目前广泛采用的一类模糊控制器。所设计的模糊控制器结构如图 2 所示。

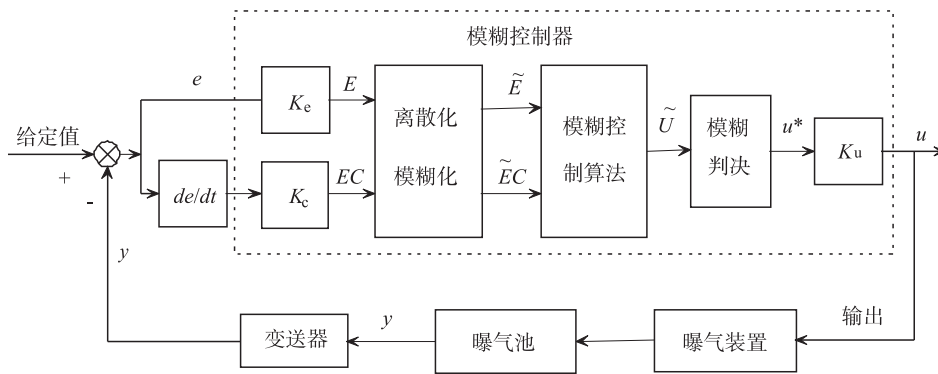


图2 二维模糊控制器

3.1 精确量模糊化

首先把 DO 偏差 E 的变化范围设定在 $[-6, +6]$ 之间变化的连续量, 然后将这一连续的精确量离散化, 即将其分为几档, 每一档对应一个模糊集, 而后进行模糊化处理^[7]。

为了把控制规则中偏差所对应的语言变量 E 表示成模糊集 \tilde{E} , 常把它分为 8 个档级, 形成 8 个

模糊子集, 来反映偏差的大小, 其中有: NB (Negative Big) = 负大; PB (Positive Big) = 正大; NM (Negative Medium) = 负中; PM (Positive Medium) = 正中; NS (Negative Small) = 负小; PS (Positive Small) = 正小; NO (Negative O) = 负零; PO (Positive O) = 正零。

DO 偏差 E 的各子集隶属度如表 1 所示。

表 1 偏差 E 分档表

	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0 ⁻	0 ⁺	1	2	3	4	5	6
NB	1	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NM	0	0.5	1	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	0	0	0	0.5	1	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0
NZ	0	0	0	0	0	0.5	1	0	0	0	0	0	0	0
PZ	0	0	0	0	0	0	0	1	0.5	0	0	0	0	0
PS	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	1	0.5	0	0	0
PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	1	0.5	0
PB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	1

对于偏差变化率 $\tilde{e} = de/dt$ 的语言变量 EC 和输出变量 U , 一般把它们分为 7 个档级, 来反映各自

的大小, DO 偏差变化率 EC 和阀门的开度 U 分别从属于 7 个模糊子集, 各子集的各元素隶属度与表

1 类似, 不再列出。

3.2 模糊控制规则的生成

对于双输入单输出的模糊控制器, 其控制规则可写成下列形式:

$$IF E = \tilde{E}_i \text{ and } \tilde{E}C_j = THEN U = \tilde{U}_{ij} \\ (i, j=1, 2, \dots, n)$$

其中 \tilde{E}_i , $\tilde{E}C_j$, \tilde{U}_{ij} 分别是 DO 偏差、DO 偏差变化率以及输出变量定义在各自论域上的模糊子集。这些模糊集条件语句可归结为一个模糊关系, 即

$$\tilde{R} = \bigcup_{ij} (\tilde{E}_i \times \tilde{E}C_j \sim_j) \times \tilde{U}_{ij} \quad (1)$$

或为

$$\mu_{\tilde{R}}(X, Y, Z) = \bigvee_{i=1, j=1}^{i=m, j=n} [\mu_{\tilde{E}_i}(x) \wedge \mu_{\tilde{E}C_j}(y)] \wedge \mu_{\tilde{U}_{ij}}(Z) \quad (2)$$

$$\forall x \in X, \forall y \in Y, \forall z \in Z,$$

根据实际操作经验, 可以总结出一系列推理语言规则。例如:

$$IF \tilde{E} = NB \text{ and } \tilde{E}C = NB \text{ THEN } \tilde{U} = NB, \\ IF \tilde{E} = PS \text{ and } \tilde{E}C = PB \text{ THEN } \tilde{U} = PB, \\ \dots\dots\dots \\ IF \tilde{E} = PM \text{ and } \tilde{E}C = NS \text{ THEN } \tilde{U} = PS$$

将上述一系列推理语言规则 (共 56 条) 用表 2 的形式表示出来, 称为模糊控制规则表, 该表实际是控制规则的模糊条件语句的综合表达形式。值得注意的是, 模糊控制规则的建立应该在实际经验的基础上反复修改, 以在实际应用中达到较为理想的控制效果。

表 2 模糊控制规则表

\tilde{E}	\tilde{U}						
	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NB	NB	NM	NS	ZE
NM	NB	NB	NM	NM	NS	NS	ZE
NS	NB	NM	NS	NS	NS	ZE	ZE
NZ	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PM
PZ	NM	NS	ZE	ZE	PS	PM	PB
PS	ZE	ZE	PS	PS	PM	PM	PB
PM	ZE	ZE	PS	PM	PM	PB	PB
PB	PS	PM	PB	PB	PB	PB	PB

注: 偏差 $E =$ 设定值 - 实测值。

根据每一条推理规则, 都可以求出相应的模糊关系, 如 $\tilde{R}_1, \tilde{R}_2, \dots, \tilde{R}_n$ 。因此, 整个系统的总控制规则所对应的模糊关系 \tilde{R} 为:

$$\tilde{R} = \tilde{R}_1 \vee \tilde{R}_2 \vee \dots \vee \tilde{R}_n = \bigvee_{i=1}^n \tilde{R}_i \quad (3)$$

3.3 模糊推理及输出变量的反模糊化

有了 \tilde{R} 后, 就可以根据上述所取的和 $\tilde{E} = \{-6, -5, \dots, +5, +6\}$ 和 $\tilde{E}C = \{-6, -5, \dots, +5, +6\}$ 的整量化值, 根据模糊推理合成规则运算, 得出相应的控制量变化的模糊集 \tilde{U} 。

$$\tilde{U} = (\tilde{E} \times \tilde{E}C) \circ \tilde{R} \quad (4)$$

即:

$$\mu_{\tilde{U}}(z) = \bigvee \mu_{\tilde{R}}(x, y, z) \wedge [\mu_{\tilde{E}}(x) \wedge \mu_{\tilde{E}C}(y)] \quad (5)$$

常用的模糊推理算法有: CRI 推理的查表法, CRI 推理的解析公式法, Mamdani 直接推理法, 后件函数法等。

上述模糊控制的输出 \tilde{U} 是一个模糊子集, 它是反映控制语言的不同取值的一种组合, 但实际被控对象只能接受一个控制量, 因此需要将模糊集合变换到精确的控制量 (去模糊化), 可用模糊判决, 即按加权平均法或隶属度最大法或中位方法等原则, 求出相应的控制量 u^* 。

$$u^* = \frac{\sum_{i=1}^n \mu(u_i) \cdot u_i}{\sum_{i=1}^n \mu(u_i)} \quad (6)$$

此外, 每次采样经模糊控制算法给出的控制量 u^* (精确量), 还不能直接控制对象, 必须将其转换到为控制对象所能接受的基本论域 (实际范围)

中去。从控制量的模糊集论域到基本论域的变换，可以利用式(7)计算，即：

$$u = K_u * u^* \quad (7)$$

式中， u^* 为控制量的模糊集所判决得到的确切控制量， u 为实际的控制量， K_u 为比例因子。

4 利用 Matlab 设计曝气量模糊控制器

以上复杂的计算步骤，在 Matlab 中利用 Fuzzy Logic Toolbox 可以方便地实现，以下是部分 Matlab 设计程序，在 Matlab6.0 上测试通过。

```
% 曝气量模糊控制器设计
% 定义输入和输出变量及其隶属度函数
a = newfis ('AFC'); % Aeration Fuzzy Controller
a = addvar (a, 'input', 'e', [-6, 6]);
a = addmf (a, 'input', 1, 'NB', 'trimf', [-6, -6, -4]);
.....
r1 = zeros (prod (size (rr)), 3); k = 1;
for i = 1:size (rr, 1)
    for j = 1:size (rr, 2)
        r1 (k, :) = [i, j, rr (i, j)];
        k = k + 1;
    end
end
[r, s] = size (r1);
r2 = ones (r, 2);
rulelist = [r1, r2];
a = addrule (a, rulelist)
```

这样就建立了一个采用 Mamdani 直接推理法

的模糊控制器，其结构如图3所示，在 Matlab 中可以方便地调用 FIS (fuzzy inference system) 编辑器来修改其推理系统的高级特性，如输入输出变量数目、反模糊化方法等。也可以直接应用 FIS 编辑器来设计模糊控制器。

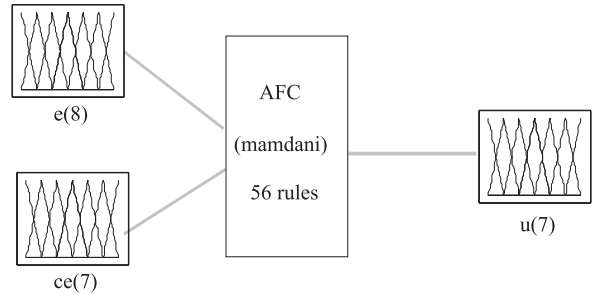


图3 模糊推理系统框图

5 仿真与分析

计算机仿真是对控制系统进行科学研究的重要手段之一，Matlab 中的 Simulink 工具箱是一个进行动态系统建模、仿真和综合分析的集成软件包。它可以处理的系统包括：线性、非线性系统；离散、连续及混合系统；单任务、多任务离散事件系统。在 Simulink 提供的交互式仿真环境中，可以方便地改变系统的参数，实时观察系统行为的变化。设被控对象为一典型二阶系统，采用龙格-库塔仿真算法，在 Simulink 中对以上建立的模糊控制器进行仿真。图4所示为所建立的模糊控制系统仿真结构框图，图5为系统阶跃响应曲线，其中量化因子 $K_e = 10$, $K_{ec} = 100$, 比例因子 $K_u = 10$, 从仿真结果可以看出，该控制器控制品质良好。

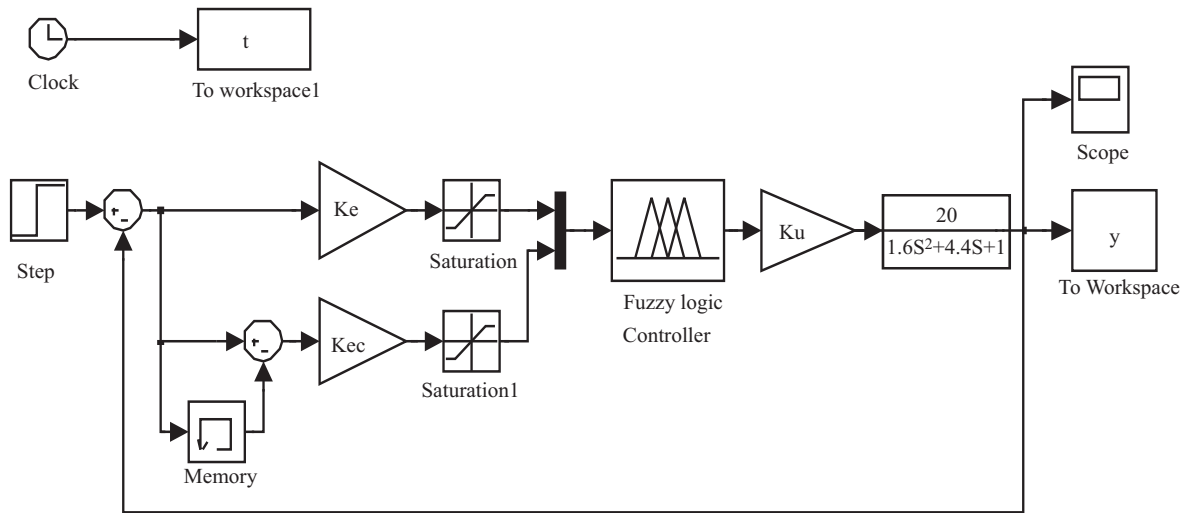


图4 模糊控制系统框图

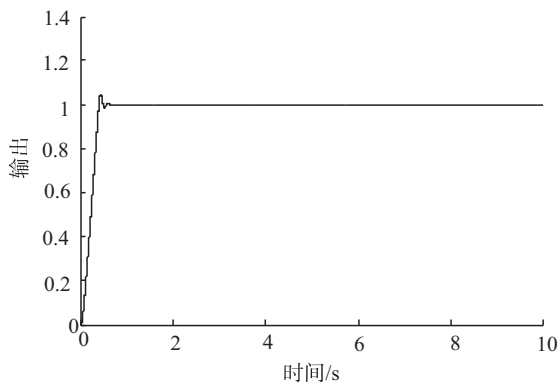


图5 模糊控制系统阶跃响应曲线

6 结论

(1) 活性污泥法污水处理工艺中溶解氧浓度的控制对整个工艺的控制至关重要,但是实际应用中其控制过程的精确数学模型难以建立,控制的困难在于系统不仅具有很大的时变性和非线性,而且在工艺运行过程中各参数相互影响,彼此耦合在一起。因此,如果控制方法不当,将会影响工艺处理效果或增加运行费用。本文根据模糊控制的思想,利用工具软件 Matlab 设计出了曝气量的控制器,仿真结果表明,该控制器控制品质较好;

(2) 模糊控制规律可模仿有经验的人工操作,对非线性、时变性等被控对象具有广泛的适应性,在污水处理工艺控制策略中加入人工智能,将使控制更加灵活、可靠。模糊控制算法采用离线和在线相结合的方法,使问题变得简单并提高了控制系统

的实时性能,为污水处理智能控制的具体实现提供了方法和思路;

(3) 相对于采用其他高级语言繁琐的编程,利用 Matlab 进行模糊控制系统的设计与仿真快速简单、灵活方便,大大提高了设计人员的工作效率;该控制器既可以应用到计算机控制当中,又可作为一个模块应用到污水处理工艺仿真程序当中,并为进一步研究应用于污水处理工艺中的更为高级的控制器(如自校正模糊控制器、模糊 PID 控制器等)奠定了基础。Matlab 的应用,为污水处理智能控制的研究提供了方便。

参考文献:

- [1] 金晓明, 荣冈, 王骥程. 自适应模糊控制新进展 [J]. 信息与控制, 1996, 25 (4): 217-223.
- [2] S. A. Manesis, et al. Intelligent Control of Wastewater Treatment Plants [J]. Artificial Intelligent in Engineering, 1998, 12 (3): 275-281
- [3] T. J. J. Kalker, et al. Fuzzy control of aeration in an activated sludge wastewater treatment plant; design, simulation and evaluation [J]. Water Science and Technology, 1999, 39 (4): 71-78.
- [4] 曾薇. SBR 法曝气量的模糊控制 [J]. 哈尔滨建筑大学学报, 2002, 35 (1): 53-57.
- [5] 李俊, 刘小宁. 智能控制中模糊控制的应用与发展 [J]. 自动化与仪表, 2000, 15 (1): 1-3.
- [6] 张志涌. 精通 MATLAB [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2000: 1-3.
- [7] 王耀南. 智能控制系统—模糊逻辑·专家系统·神经网络控制 [M]. 长沙: 湖南大学出版社, 1996: 32-36.

Design of Aeration Fuzzy Controller Based on Matlab

WANG Shao-bin

(Nanhai District Urban Planning Research Center, Foshan Guangdong 528200, China)

Abstract: Aeration control is an important part in the process of the activated sludge system. This paper introduced the method of designing and simulating an aeration fuzzy controller based on Matlab. The results showed that the controller had a good control character. The application of Matlab simplified the design work and provided a convenient way for intelligent control research of wastewater treatment process.

Key words: aeration rate; dissolved oxygen; intelligent control; fuzzy controller; simulation

太阳能光伏制造企业生产废水 除氟降氮处理工程实例

刘莎, 赵娜

(江苏智环科技有限公司, 江苏扬州 225009)

摘要: 光伏企业生产废水主要特点为高氟高氮, 对江苏省某硅片太阳能板生产企业生产的废水采用两级絮凝沉淀+反硝化+A/O工艺进行除氟降氮, 去除率达90%以上, 废水中氟化物、总氮和氨氮排放浓度符合《GB30484-2013 电池工业污染物排放标准》表2中的间接排放标准。

关键词: 光伏生产废水; 混凝沉淀; 反硝化; A/O; 除氟; 降氮

中图分类号: X703 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 02-0066-04

自2002年以来, 我国光伏光电行业飞速发展, 尤以晶体硅太阳能电池板发展最为成熟^[1-2]。由于晶体硅太阳能电池板生产过程中大量使用氢氟酸、硝酸等化学品, 从而产生高浓度含氟含氮生产废水。废水除氟常用的方法为絮凝沉淀^[3-5], 降氮方法有协同反硝化^[6]等, 江苏省某硅片太阳能板生产企业采用两级絮凝沉淀+反硝化+A/O工艺对生产废水进行除氟降氮, 根据中试监测结果, 生产废水中氟化物、总氮、硝酸盐氮和氨氮去除率分别为99.6%、96.8%、98.3%和66.7%。本文以该企业为例, 介绍其生产废水除氟降氮工艺及运行监

测效果。

1 废水来源及特性

江苏省某光伏企业主要从事太阳能级及电子级多晶硅片、单晶硅片的研发与生产, 太阳能电池及组件的研发。该企业硅片生产过程中产生的含氟、含氮废水主要来源于硅片酸洗、开孔、扩孔、清洗等工序。

2 废水水质情况

2.1 废水水量、水质

根据企业自检及多次取样的检测结果, 各工段生产废水水量、水质如表1所示。

表1 企业各工段废水情况

废水类别	废水量/(t/a)	pH	氨氮/(mg/L)	总氮/(mg/L)	氟化物/(mg/L)
含酸废水	1200	1~2	30	44870	/
高氟废水	4800	1~2	30	17823	98563
低氟废水	245000	2~4	30	86	370
合计	251000	2~4	30	639	2246

注: 含酸废水主要来源于高浓度酸洗工序, 高氟废水来源于挖孔、扩孔、酸洗等工序, 低氟废水主要来源于水洗、酸洗等工序。

表2 企业废水污染物排放标准表

(mg/L)

项目	pH (无量纲)	COD	总氮	氨氮	氟化物
污水接管标准	6~9	≤150	≤40	≤30	≤8

2.2 设计排放要求

企业生产废水经厂内预处理后接入区域市政

污水管网, 送污水处理厂集中处理, 生产废水污染物排放标准执行《GB30484-2013 电池工业污染物排放标准》表2中的间接排放标准, 具体见表2。

收稿日期: 2018-08-29

作者简介: 刘莎 (1984-), 女, 硕士, 工程师, 研究方向为环境影响评价。

3 废水处理工艺

3.1 废水处理工艺

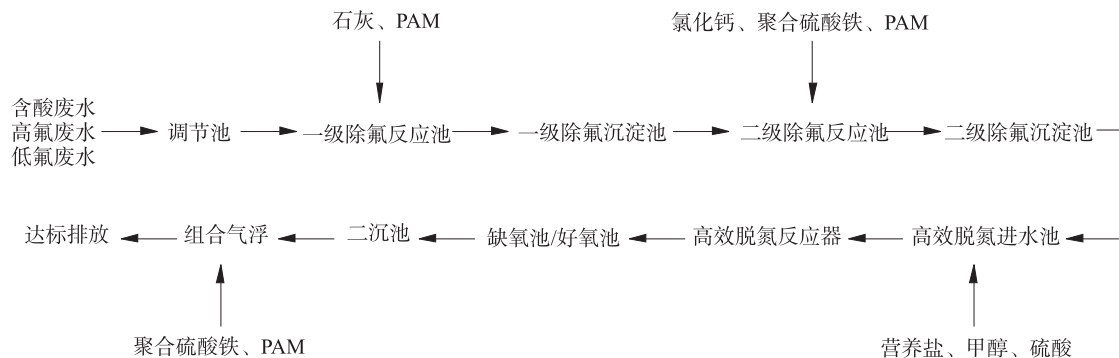


图1 企业生产废水处理工艺流程图

3.2 工艺流程说明

3.2.1 除氟

(1) 调节池

含酸废水、高氟废水和低氟废水排入调节池中，平均停留时间约 9 h。调节水质和水量后，由调节池提升泵送至一级除氟反应池。

(2) 一级除氟反应池、一级除氟沉淀池

一级除氟反应池内加入石灰乳液，并通过 pH 计控制石灰投加系统的启停，废水中的氟与石灰反应生成氟化钙。待池中 pH 稳定后，加入 PAM，废水中悬浮物絮凝。反应池底部设有搅拌机，避免池底出现沉淀。

一级除氟反应池出水自流进入一级除氟沉淀池，废水中的悬浮物，在重力作用下慢慢沉降。上清液自流进入二级除氟系统，污泥排入物化污泥池。

(3) 二级除氟反应池、二级除氟沉淀池

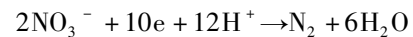
二级除氟反应池内加入氯化钙溶液，并通过 pH 计监控池中 pH 值，废水中的氟与投加的氯化钙反应生成氟化钙。待池中 pH 稳定后，依次加入聚合硫酸铁和 PAM。反应池底部设有搅拌机，避免池底出现沉淀。

二级除氟反应池出水自流进入二级除氟沉淀池，废水中的悬浮物在重力作用下慢慢沉降。上清液自流进入脱氮装置，污泥排入物化污泥池。

3.2.2 脱氮

废水中氮的主要形态为硝态氮，企业采用高效脱氮菌种和高效反应器，利用甲醇和营养盐作为主要反硝化电子供体，通过反硝化微生物将硝态氮还原为氮气，从而达到脱氮目标。

反硝化细菌是化能异养菌，总的反硝化方程为：



反硝化速率的决定因素为反硝化细菌的活性和反硝化细菌的数量，企业采用的高效生物脱氮技术中的菌种的比活性高达 $1.6 \text{ gNO}_3^- - \text{N}/\text{gVSS} \cdot \text{d}$ ，反硝化细菌的浓度可以达到 17 g/L ，菌种活性和菌种数量是传统反硝化工艺的 5 ~ 10 倍。

企业采用的高效生物脱氮反应器内置特殊的三相分离器模块，具有良好气液分离效果和传质效果，可有效形成反硝化颗粒污泥，提高反应器的污泥浓度，从而提高整体的处理负荷。

(1) 高效脱氮进水池

高效脱氮进水池的主要功能是调节废水的 pH、温度、营养盐和 C/N 比，以适合高效生物脱氮反应器的正常运行。pH 通过投加 H_2SO_4 来调节，温度通过蒸汽来调节。作为碳源的甲醇和营养盐也投加到该进水池中。并设有潜水搅拌机对废水进行搅拌，起到防止其中的固形物沉淀及均匀混和的作用。进水池的出水由高效脱氮供料泵输送至高效生物脱氮反应器。

(2) 高效脱氮反应器

高效脱氮进水池的废水通过提升泵提升进入高效脱氮反应器，废水中的硝态氮被还原成氮气排出，从而达到对氮的去除。

3.2.3 A/O 系统

为了确保在高效脱氮系统启动和检修时，污水设施排水能达标排放，企业设置了 A/O 系统。

高效脱氮反应器出水自流进入缺氧池，利用废水中的有机成分作为碳源，将混合液中硝基氮还原

为氮气。好氧池去除污水中的COD，将氨氮转化为硝态氮。好氧池出水自流进入二沉池，在重力作用下，实现泥水分离。二沉池的进口底部设贮泥斗，采用刮泥机机械清泥。

二沉池出水自流进入组合气浮中，气浮出水达标排放，污泥则通过气浮污泥泵排入现有生化污泥池。

3.2.4 污泥处理单元

污水处理设施产生的物化污泥主要为含氟污泥，利用板框脱水机脱水后外运处置，生化污泥利用叠螺脱水后外运处置。

4 构筑物设计

企业污水处理设施构筑物设计参数见表3。

表3 污水处理设施构筑物参数

名称	构筑物尺寸			构筑物容量			埋深/m	数量	结构
	长/m	宽/m	高/m	液位/m	面积/m ²	有效容积/m ³			
调节池	9.0	7.95	5.5	5	/	358	-2.0	1	钢砼
一级除氟反应池	4.6	3.6	5.5	5.25	/	87	-2.0	1	钢砼
二级除氟反应池	4.6	3.6	5.5	4.65	/	77	-2.0	1	钢砼
一级除氟沉淀池	9.0	9.0	5.5	5.15	/	417	-2.0	2	钢砼
二级除氟沉淀池	9.0	9.0	5.5	4.55	/	369	-2.0	1	钢砼
高效脱氮进水池	9.0	2.0	5.5	4.4	/	79	-2.0	1	钢砼
缺氧池	12.5	3.7	4.5	4	/	185	-1.0	1	钢砼
好氧池	12.5	4.7	4.5	4	/	235	-1.0	3	钢砼
脱水机房	11.24	3.0	/	/	33.7	/	/	1	轻钢

5 运行情况

企业废水处理设施进行了中试，根据中试实验

报告，各处理单元主要污染物出水浓度及去除率统计结果见表4。

表4 污水处理设施各处理单元出水浓度及主要污染物去除率统计表

(mg/L)

名称	氟化物			TN			NO ₃ ⁻ -N			NH ₄ -N		
	进水	出水	去除率/%	进水	出水	去除率/%	进水	出水	去除率/%	进水	出水	去除率/%
调节池	2000	2000	/	630	630	/	600	600	/	30	30	/
一级除氟	2000	15	99.2	630	630	/	600	600	/	30	30	/
二级除氟	15	≤8	46.7	630	630	/	600	600	/	30	30	/
高效脱氮	≤8	≤8	/	630	≤40	96.8	600	10	98.3	30	30	/
A/O	≤8	≤8	/	≤40	≤20	50	10	≤10	/	30	10	66.7
气浮	≤8	≤8	/	≤20	≤20	/	≤10	≤10	/	10	≤10	/

注：表中进水、出水浓度单位为mg/L。

6 结语

中试期间统计数据表明，企业高含氟含氮废水经高效脱氮反应器处理后，处理效果良好，系统对氟化物、总氮、硝酸盐氮、氨氮的总去除率分别为99.6%、96.8%、98.3%、66.7%，各污染物浓度均可满足《GB30484-2013 电池工业污染物排放标准》中表2间接排放标准要求。

参考文献：

[1] 瞿露，付宏祥，汪诚文，等. 太阳能电池板生产过程污染控制及治理技术研究 [D]. 北京：清华大学，2013.
 [2] 王俊杰，赵娇娇，孟旭超，等. 光伏光电行业含氟废水及污

泥利用处置研究现状及展望 [J]. 环境工程技术学报，2018，8 (3)：333-342.

[3] 王佩佩，李睿，李美君. 太阳能光伏电池生产废水特性及处理工艺改造 [J]. 科技经济导刊，2018，26 (9).
 [4] 王俊杰，赵娇娇，孟旭超，等. 光伏光电行业含氟废水及污泥利用处置研究现状及展望 [J]. 环境工程技术学报，2018，8 (3)：333-342.
 [5] 周建明，张国岭，端木合顺，等. 光伏电池单晶硅生产废水处理工程实例 [J]. 水处理技术，2009，35 (4)：116-119.
 [6] 马航，李祥，黄勇，等. 基于协同反硝化脱氮的光伏废水处理 [J]. 中国环境科学，2016，36 (12)：3672-3677.

Case Study on Removing Fluorine and Nitrogen in the Wastewater from the Photovoltaic Making Enterprise

LIU Sha¹, ZHAO Na¹

(Jiangsu zhihuan Technology LTD, CO, Yangzhou Jiangsu 225009, China)

Abstract: The main characteristic of the wastewater from the photovoltaic production is containing high fluorine and high nitrogen. A silicon solar panel manufacturer in Jiangsu province adopted a treatment process, two-stage flocculent + denitrification + A/O, to remove fluorine and nitrogen from the wastewater. The removal rate could be more than 90%. The concentration of fluoride, total nitrogen and ammonia nitrogen in the wastewater after treatment could meet the indirect emission standard of the Battery Industrial Pollutant Emission Standard (GB30484-2013).

Key words: photovoltaic production wastewater; coagulation sedimentation; denitrification; anaerobic aerobic treatment process; defluorination; nitrogen removal



(上接第 52 页)

Analysis of Dynamic Change and Driving Force of Wetland Landscape Pattern in Dalian

ZHAO Yang

(Dalian Environmental Science Design Research Institute, Dalian Liaoning 116023, China)

Abstract: Taking Dalian wetland as the research target, the TM image data of 2000 and 2016 were interpreted, processed and analyzed by GIS and RS. The landscape diversity index, landscape evenness index and other landscape pattern indexes were obtained by Fragstats 4.2 software. The results showed that the landscape diversity index increased from 1.5444 in 2000 to 1.5779 in 2016, while the wetland types in the study area have not changed, which indicated that the proportion of different wetland types decreased. The distribution of patches in the landscape showed a balanced trend. The evenness index increased slightly as 0.658 in 2016. It was low. The distribution degree of different wetland resource types was more uniform, and the proportion structure was reduced. The landscape was controlled by a few wetland types. In 2016, 41.93%, 3.02%, 1.42% and 1.02% of the total area of marine wetlands, paddy fields, beaches and aquaculture pits and ponds, respectively, occupied the dominant position in the wetland landscape. The index of residential land have increased or even increased substantially, while the indices of woodland, dry land and grassland have slightly increased or decreased, and their values have not changed much. It could be seen that the change of wetland landscape pattern in Dalian was mainly caused by man-made driving factors of the rapid development of urbanization.

Key words: wetland; landscape pattern; change in winter; driving force; Dalian

农业废弃物调查并结合蓝莓种植 浅析其利用价值

万合锋, 黄振兴, 武玉祥, 杨广明, 聂飞
(贵州省生物研究所, 贵州 贵阳 550009)

摘要:做了相关文献查阅及调查检测, 结果显示: 农业有机固体废弃物富含氮、磷、钾和有机质等营养成分, 并且酸碱度各有差异, 是作物生长良好的调理剂和有机肥源; 因高电导率、容易滋生病原菌不宜直接作为肥料返田处理。结合蓝莓栽植来看, 可以把酸性有机废弃物如红酒糟、醋糟同畜禽粪便优化配比开展堆肥发酵试验, 研究合理的栽培基质和有机肥, 用于蓝莓种植基肥或调理剂。

关键词: 农业废弃物; 营养成分; 蓝莓栽植; 废物利用; 调查; 检测

中图分类号: X71 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 02-0070-05

0 引言

农业产业化、规模化进程的加快, 随之带来的是农业、农村有机固体废弃物的增多。据统计, 集约化的畜禽养殖年产约 38 亿 t 的废弃物^[1-2], 预计到 2020 年超过 40 亿 t^[3]。畜禽粪便中含有作物生长的营养成分, 也有不利于作物生长和人体健康^[3]的病原菌、重金属、抗生素 (主要是四环素、土霉素、金霉素等^[2]) 等, 用于畜禽养殖业的抗生素有 9.7 万 t/a^[4]。畜禽粪便不合理的处置会造成土壤、水体和大气污染, 还会滋生病原菌^[2,5-6], 也会造成资源的浪费。

目前最常用的畜禽粪便处理方式是堆肥化处理。该方法依靠微生物的作用^[7], 使原料从有机物转化为稳定、无害的物质^[8]; 可以降解残留的抗生素 (如: 黄单胞菌、黄萎病菌、腐霉属、大豆疫霉等^[9])^[4], 固化重金属^[10], 降低重金属有效性^[11-15]。

蓝莓 (Blueberry) 是杜鹃花科 (Ericaceae) 越桔属 (Vaccinium) 多年生小浆果, 是世界五大健康食品之一, 被称为“黄金浆果”“超级水果”“世界第三代水果”等^[16-17]。2013 年统计显示,

贵州蓝莓种植有 30 多个品种, 面积以麻江县为核心扩散至全省 3880 hm², 产量达到 3000 t, 产值上亿元, 喜酸性 (pH 在 4~5.5)、有机质含量丰富、疏松、排水好的土壤^[18]。在种植中常常需要施加一定的有机肥来改良土壤, 而有机肥多是几种农业废弃物的混合配比堆肥产品。因此, 通过文献查阅及调查检测, 结合蓝莓种植的需求对农业废弃物回收利用分析讨论非常有意义, 能为废弃物在农业产业化、规模化发展中的回田应用提供基础数据。

1 调查方法

主要采取调查取样检测与文献统计相结合的方法。在麻江县羊盖蓝莓育苗基地周边的养殖场、醋厂、食用菌厂等, 采集不同区位新鲜的猪粪、牛粪、酒糟 (酿制蓝莓果的红酒和白酒糟)、食用菌渣等样品, 混合均匀, 以四分法获取样品, 存放于自封袋带回实验室分析。

2 指标分析

含水率用称量法分析天平称量 5.0000 g 在 105 °C 下烘 24 h; pH 值用 pH 电极按照去离子水 (45 mL): 样品 (5.0 g) = 9:1 (v/w) 比例混匀, 在 150 r/min 下震荡 1 h 然后在 4000 r/min 离心 10 min, 用 0.45 μm 水系滤膜抽滤, 取上层清液测定 pH, 有机质在含水率测定后将样品置入马弗炉 600 °C 下灼烧 6 h; 氮 (N)、磷 (P)、钾 (K) 用土壤养分速测仪测定; 有机碳 (TOC) 测定按照有机质: TOC = 1.724:1 转化。试验数据用 EXCEL 2007 进行分析处理。

收稿日期: 2018-08-30

基金项目: 贵州省生物研究所基金“酒糟与农业废弃物混合堆肥发酵适宜配比研究”; 贵州省院合作专项“高丛蓝莓产业化高效栽培技术研究及示范” (黔科院 SY 字 (2016) 03-1); 贵州省平台建设“贵州蓝莓工程技术研究中心建设” (黔科合平台人才 (2016) 5202 号)。

作者简介: 万合锋 (1986-), 男, 助理研究员, 主要研究方向为有机固废资源化处理。

通信作者: 聂飞 (1965-), 男, 研究员, 从事小浆果种质资源培育、繁殖与栽培研究工作。

表1 调查的有机固体废弃物理化性质

成分	来源	pH	有机质 /%	TOC /%	盐分 / (ms/cm)	N / (mg/kg)	P / (mg/kg)	K / (mg/kg)
牛粪	向塘	8.5	96.2	55.8	-	7.5	80.2	353.3
猪粪	向塘	7.9	-	-	-	-	-	-
鸡粪	向塘	6.5	-	-	3.3	-	-	-
松树表层土	附近山林	5.1	29.4	17.1	-	-	7.7	14.4
醋糟	醋厂	5.8	92.9	53.9	-	-	11.3	-
食用菌渣	郊区科特派基地	7.4	-	-	-	-	-	-
红酒糟	示范基地	3.3	98.2	57	-	-	22.2	65.9
白酒糟	示范基地	7.4	97.2	56.4	-	-	8.6	40.1
商品基质	外购	6.1	-	-	-	-	-	-

注：“-”表示客观原因导致部分指标未检测出。

表2 常见的畜禽粪便成分

类别	有机质/%	TN/%	TC/%	TOC/%	TP/%	N/P	K/%	C/N	pH值	电导率/ (ms/cm)	
牛粪	5.35 ^[29]	1.24 ^[30]							7.4		
		1.57 ^[13]							±		
		1.23 ^[31]						28.87 ^[30]			
		1.3 ^[29]			0.37			22.9 ^[13]		0.3 ^[35]	
		1.52 ^[32]	35.87 ^[30]		~			18.9 ^[31]		7.7 ^[13]	6.53 ^[19]
		1.64 ^[33]	36.0 ^[13]	42.3 ^[33]	0.92 ^[35]	7.81 ±	0.53 ^[13]	24 ^[29]		8.13 ^[29]	3.84 ^[19]
		1.01 ^[19]	23.21 ^[31]	36.72 ^[15]	0.61 ^[13]	2.41 ^[35]	1.82 ^[8]	25.79 ^[33]		8.83 ^[19]	8.78 ^[21] 4.5 ^[8]
		2.22 ^[21]	32.49 ^[21]		0.83 ^[8]		0.79 ^[34]	14.64 ^[21]		8.05 ^[19]	
		1.65 ^[8]	27.8 ^[12]		1.41 ^[34]			30.9 ^[34]		7.3 ^[8]	
		1.52 ^[34]						16.92 ^[15]		7.2 ^[12]	
		1.53 ^[12]									
2.17 ^[15]											
猪粪	92.35 ^[10]	1.84 ^[1]							6.8		
		2.61 ^[6]							±		
		3.35 ^[10]	26.7 ^[1]		0.88			11.5 ^[10]		0.3 ^[35]	
		3.4 ^[5, 36]	38.65 ^[10]	58.88 ^[11]	~	17.20		12.86 ^[11]		8.0 ^[6]	
		2.68 ^[11]	33.5 ^[5, 36]	41.9 ^[14]	2.47 ^[35]	±	1.25 ^[6]	17.8 ^[14]		6.5 ^[10]	5.41 ^[6] 1.2 ^[38]
		0.21 ^[37]	39.8 ^[37]	38.32 ^[38]	2.94 ^[6]	3.58 ^[35]	1.13 ^[11]	13.6 ^[38]		7.4 ^[36, 37]	
		2.36 ^[14]			1.14 ^[11]					7.11 ^[14]	
		2.83 ^[38]								7.5 ^[38]	
鸡粪	39.24 ^[39] 39.24 ^[39]	2.74 ^[40]			0.85				7.7		
		0.0016 ^[39]			~	15.32	0.00115 ^[39]	13.5 ^[40]	±		
		4.8 ^[22]	57.5 ^[22]	36.9	2.16 ^[35]	±	2.62 ^[8]	14.25 ^[39]	0.2 ^[35]	10.44 ^[8]	
		2.07 ^[8]			0.00064 ^[39]	3.17 ^[35]	2.58 ^[34]	14.3 ^[34]	8.15 ^[39]		
		2.93 ^[34]			1.69 ^[8]				7.16 ^[8]		
			6.09 ^[34]								
鸭粪	-	-	-	-	0.74	10.63			7.2		
					~	±	-	-	±	-	
					1.87 ^[35]	2.68 ^[35]			0.2 ^[35]		

注：“-”表示未查出数据。

表 3 常见的农业废弃物成分

添加剂	有机质	TN/%	TC/%	TOC/%	TP/%	K/%	C/N	pH 值	电导率/ (ms/cm)
秸秆	73.1 ^[29]	1.05 ^[40]							
		0.1 ^[6]					13.5 ^[40]		
		0.82 ^[13]					65 ^[41]		
		0.046 ^[37]	39.2 ^[5]				51.2 ^[13]	6.57 ^[6]	
		1.8 ^[36]	1.8 ^[13]	41.2 ^[40]	0.4 ^[6]	0.08 ^[6]	67.42 ^[14]	8.1 ^[13]	
		0.5 ^[14]	41.98 ^[37]	34.1 ^[14]	0.32 ^[13]	1.75 ^[13]	53 ^[29]	7.76 ^[14]	2.72 ^[6]
		0.75 ^[29]	6.0 ^[21]	42.63 ^[15]	0.12 ^[34]	0.80 ^[34]	88.45 ^[21]	7.1 ^[29]	
		0.56 ^[21]	49.53 ^[25]	43.75 ^[38]			41.8 ^[34]	7.18 ^[21]	
		1.25 ^[34]					50.75 ^[15]		
		0.84 ^[15]					34.8 ^[38]		
1.26 ^[38]									
板栗叶子	-	1.01 ^[30]	56.23 ^[30]	-	-	-	55.68 ^[30]	-	-
椰糠	-	0.0004 ^[39]	-	-	0.00028 ^[39]	0.0003 ^[39]	82.2 ^[39]	7.61 ^[39]	-
鲜酒糟	-	3.96 ^[23]	-	50.8 ^[23]	-	-	12.8 ^[23]	3.4	2.92 ^[19]
								~	
稻壳	-	0.44 ^[1]	32.4 ^[1]	-	-	-	76.4 ^[31]	-	-
			43.56 ^[31]						
			36.9 ^[22]						
蘑菇渣	-	3.08 ^[1]	32.1 ^[1]	-	0.63 ^[8]	1.22 ^[8]	16.44 ^[21]	7.24 ^[21]	4.65 ^[8]
			29.26 ^[21]						
			2.37 ^[8]						
醋糟	-	2.48 ^[42]	78.3 ^[24]	-	0.12 ^[42]	0.31 ^[42]	37.3 ^[24]	3.8 ^[42]	4.89 ^[42]
								3.07 ^[43]	
								2.1 ^[24]	
								2.45 ^[27]	
木屑	78.25 ^[10]	1.35 ^[10]	46.51 ^[10]	-	-	-	34.45 ^[10]	-	-
			40.86 ^[37]						
锯末	-	0.07 ^[37]	40.86 ^[37]	-	-	-	-	-	-
葡萄酒糟	54 ^[28]	2.3 ^[28]	-	27 ^[28]	1.0 ^[28]	1.3 ^[28]	11.7 ^[28]	-	-
棉籽壳	-	1.49 ^[12]	59.7 ^[12]	-	-	-	-	8.9 ^[12]	-

注：“-”表示未查出数据。

3 结果与讨论

3.1 调查结果

蓝莓的栽培基质为松树林下表层土和外购有机肥，均为弱酸性。从试验结果表 1 来看，畜禽粪便的 pH 值为中性或碱性，醋糟（主要成分是稻谷壳）和红酒糟（酿制蓝莓红酒酒糟）最接近蓝莓生长所需酸性，食用菌渣、白酒糟等为中性。因此在堆肥中可以考虑用醋糟或红酒糟作为调理剂调解酸碱度。农业废弃物有机质含量较高，施用于土壤可以丰富有机质含量；其次农业废弃物中含有果树生长需要的氮、磷、钾等营养盐，适当处理后可以作为肥源还田。

3.2 统计分析结果

几种常见的有机废物：牛粪富含木质纤维素、矿质营养^[2]，其电导率高，不能直接用于栽培^[19]；

鸡粪 C/N 较低缺少微生物活动碳源，不能单独堆肥^[20]；食用菌富含菌丝、木质素、纤维素、糖类，处理后可用作土壤改良剂^[20]，食用菌渣 2006 年达到 3685 万 t，随意丢弃会滋生霉菌和害虫^[21]；棉籽壳含有粗蛋白、粗纤维、粗脂肪、糖类和淀粉等^[12]；稻壳占稻谷质量的 18%~22%，量大、面广^[22]；白酒糟（高粱、小麦、玉米、谷物发酵、蒸馏提取酒精后的残留物）富含氨基酸^[19]粗蛋白、酸性洗涤纤维、粗淀粉和无氮浸出物等成分，酸性特点在堆肥高温期可以抑制氨气的排放^[23]，白酒糟 2009 年达到 2121 万 t^[23]；醋糟（年产出 300 余万 t^[24]）纤维素高^[25-26]、酸性大^[27]、腐烂慢，主要成分是稻谷壳、糯米团^[7,9]、高粱壳、谷糠^[26]，还有葡萄酒糟^[28]等。

通过查阅近几年的文献，对有机废弃物的营养

成分进行统计, 畜禽粪便成分含量情况见表 2。畜禽粪便中总氮 (TN) 含量最高的为牛粪 1.6, 猪粪 2.7, 鸡粪 3.1, 有机质含量猪粪 > 鸡粪 > 牛粪; 总碳 (TC) 含量牛粪 31.3, 猪粪 33.0, 鸡粪 57.5; 总有机碳 (TOC) 含量牛粪 39.5, 猪粪 46.4, 鸡粪 36.9; 总磷 (TP) 含量牛粪 0.95, 猪粪 2.04, 鸡粪 3.9; 钾 (K) 含量牛粪 1.0, 猪粪 1.19, 鸡粪 2.6; pH 值均在偏碱性、弱碱性; 电导率 (EC 值) 均在 3 ms/cm 以上, 不利于作物生长, 不能直接回田利用。无害化堆肥要求 EC 值在 3 ms/cm 以下^[19]。

常见的有机废弃物作为调理剂的有秸秆、板栗、椰糠、鲜酒糟、稻壳、蘑菇渣、醋糟、木屑、锯末、葡萄酒糟和棉籽壳等, 成分含量情况如表 3 所示。含氮 (TN) 量较高的有蘑菇渣 2.41、醋糟 2.5、木屑 1.35、葡萄酒糟 2.3、棉籽壳 1.5 等, 含量较低的有秸秆 0.82、板栗叶子 1.0、稻壳 0.5。TOC 含量鲜酒糟达到 50.8; TP 含量中秸秆为 0.3, 蘑菇渣 0.6, 醋糟 0.26, 葡萄酒糟 1.0; 并且发现秸秆、蘑菇渣、葡萄酒糟钾含量较高, 分别为 0.87、1.22、1.3; pH 值大部分为中性偏碱性, 其中酒糟和醋糟偏酸性, 尤其醋糟酸性最强; 电导率蘑菇渣和醋糟较高达到 5 左右, 不宜直接回田利用。

4 常见的农业废弃物堆肥处理配比

农业废弃物不宜单独堆肥, 常常将牛粪、鸡粪、猪粪等与农业秸秆、木屑、酒糟等按照一定的配比混合进行堆肥, 过程中对通风、温度、湿度、微生物活动、物料 C/N 进行控制^[8]。常见的原料配比有: 玉米秸秆 (5 cm 小段): 鸡粪 = 7:1 (鲜重比)^[40]; 板栗废弃物: 牛粪 (干重) = 5:5^[30]; 鸡粪、椰糠以 C/N 为 25 配比; 稻壳、蘑菇渣与猪粪以 C/N 为 25 配比^[1]。牛粪、玉米秸秆^[45]以 C/N 为 20 配比; 猪粪: 木屑 = 2:1 (体积比)^[10]; 玉米秸秆: 猪粪 = 2:1 (体积比)^[5]; 牛粪: 玉米秸秆 = 1:1 (体积比)^[13]; 牛粪: 稻壳粉 = 2:1 (质量比)^[31]; 猪粪、玉米秸秆以 C/N 为 25 配比^[14]; 污泥: 牛粪: 玉米秸秆 = 5:2:4 (体积比)^[29]; 鸡粪、稻壳以 C/N 为 20 配比^[22]; 水稻秸秆: 牛粪 (质量) = 1:3.5^[15]。

5 结论与展望

农业有机固体废弃物富含氮、磷、钾和有机质等营养成分, 并且酸碱度各有差异, 是作物生长良好的调理剂和有机肥源; 因高电导率、容易滋生病

原菌不宜直接作为肥料返田处理。结合蓝莓栽植来看, 可以把酸性有机废弃物如红酒糟、醋糟同畜禽粪便优化配比开展堆肥发酵试验, 研究合理的栽培基质和有机肥, 用于蓝莓种植基肥或调理剂。

参考文献:

- [1] 王若斐, 刘超, 操一凡, 等. 不同碳氮比猪粪堆肥及其产品肥效 [J]. 中国土壤与肥料, 2017 (6): 127-134.
- [2] 游洋, 吴波, 胡国全, 等. 牛粪生物质资源综合利用研究进展 [J]. 应用与环境生物学报, 2018 (2): 401-407.
- [3] 陈杰, 谢飞, 雍毅, 等. 蚯蚓生物处理猪粪肥效变化研究 [J]. 环境保护科学, 2018 (1): 89-94.
- [4] 仇天雷, 高敏, 韩梅琳, 等. 鸡粪堆肥过程中四环素类抗生素及抗性细菌的消减研究 [J]. 农业环境科学学报, 2015 (4): 795-800.
- [5] 周谈龙, 尚斌, 董红敏, 等. 中试规模猪粪堆肥挥发性有机物排放特征 [J]. 农业工程学报, 2017 (6): 192-198.
- [6] 唐朱睿, 席北斗, 何小松, 等. 猪粪堆肥过程中水溶性有机物结构演变特征 [J]. 光谱学与光谱分析, 2018 (5): 1526-1532.
- [7] 赵青松, 李萍萍, 王纪章, 等. 醋糟条垛式堆肥发酵技术及效果 [J]. 农业工程学报, 2010 (7): 255-259.
- [8] 张雪辰, 邓双, 王旭东. 快腐剂对畜禽粪便堆肥过程中腐熟度的影响 [J]. 环境工程学报, 2015 (2): 888-894.
- [9] 邓永平, 辛嘉英, 郑洛鸣, 等. 微生物发酵醋糟的研究进展 [J]. 中国酿造, 2016 (10): 5-8.
- [10] 温沁雪, 曹永森, 陈志强. 猪粪堆肥过程中金霉素去除及重金属形态变化 [J]. 环境科学, 2017 (10): 4405-4411.
- [11] 李轶, 冯洋洋, 张辉, 等. 温度对猪粪厌氧发酵中 Cu, Zn, Cr 形态的影响 [J]. 中国沼气, 2017 (3): 11-15.
- [12] 方方舟, 左雪枝. 牛粪堆肥升温菌剂的筛选及其作用机制 [J]. 环境工程学报, 2013 (9): 3689-3694.
- [13] 陈文浩, 王彦杰, 荆瑞勇, 等. 微生物菌剂对条垛式堆肥中氮素变化的影响 [J]. 农机化研究, 2011 (12): 179-182.
- [14] 勾长龙, 王雨琼, 张喜庆, 等. 高温堆肥对猪粪中四环素类抗生素及抗性基因的影响 [J]. 环境科学学报, 2017 (4): 1454-1460.
- [15] 孙雪微, 许修宏, 孟庆欣, 等. 牛粪堆肥中氨氧化细菌群落结构及其与环境因子相关性研究 [J]. 农业环境科学学报, 2017 (1): 189-197.
- [16] 周炎, 武玉祥, 李永霞. 高效液相色谱测定蓝莓叶片内源激素的方法研究 [J]. 中国果树, 2018, 2018 (3): 88-91.
- [17] 徐青, 周元敬, 黄筑, 等. 蓝莓花青素的提取及分离研究进展 [J]. 食品与生物技术学报, 2016 (9): 897-906.
- [18] 任艳玲, 王涛, 周杰. 贵州蓝莓产业的发展现状及对策 [J]. 贵州农业科学, 2016, 44 (6): 172-175.
- [19] 浩折霞, 黄大鹏, 顾少华, 等. 酒糟-牛粪堆肥复配瓜果类蔬菜育苗基质配方筛选 [J]. 南京农业大学学报, 2017 (3): 457-463.
- [20] 吴红萍, 陈喜蓉, 金映虹. 利用废弃菌袋鸡粪堆肥发酵制备微生物菌肥的探索 [J]. 基因组学与应用生物学, 2018 (3): 1237-1242.
- [21] 郭夏丽, 张静晓, 王静, 等. 菌渣和牛粪联合堆肥中的氮素

- 转化研究 [J]. 郑州大学学报 (工学版), 2012 (1): 71-74.
- [22] 谷思玉, 蔡海森, 闫立龙, 等. 鸡粪与稻壳好氧堆肥的不同 C/N 研究 [J]. 东北农业大学学报, 2015 (4): 51-58.
- [23] 郭夏丽, 王兴胜, 朱正威, 等. 白酒糟高温好氧堆肥过程中氮素转化规律及堆肥周期探究 [J]. 郑州大学学报 (工学版), 2014 (5): 116-119.
- [24] 孙德民, 赵青松, 田兴珍. 醋糟槽式堆肥工艺及设备 [J]. 南方农机, 2017 (23): 34-37.
- [25] 杨博雯, 底庭伟, 姚淑姣, 等. 醋糟与粉煤灰不同配比对龙葵生长的影响 [J]. 山西农业科学, 2017 (4): 581-583.
- [26] 赵佳, 聂园军, 董晓芳, 等. 醋糟在基质上的资源化利用研究 [J]. 山西农业科学, 2017 (11): 1883-1885.
- [27] 孙德民, 李萍萍, 朱咏莉, 等. 接种微生物的醋糟堆肥腐熟过程研究 [J]. 江苏农业科学, 2011 (1): 435-437.
- [28] 韩树民, 李瑛. 利用葡萄酒糟生产生物有机肥及其工艺研究 [J]. 农业环境保护, 2002 (3): 245-247.
- [29] 张欢, 王军霞. 好氧污泥堆肥添加牛粪的资源化处理 [J]. 北方园艺, 2014 (22): 173-176.
- [30] 周爱松, 王凤春, 刘向东, 等. 板栗废弃物与牛粪混合堆肥发酵适宜配比研究 [J]. 安徽农业科学, 2018 (14): 141-143.
- [31] 梁文涓, 牛明芬, 武肖媛, 等. 复合微生物菌剂和纤维素酶制剂在牛粪堆肥中的应用效果 [J]. 江苏农业科学, 2016 (1): 362-365.
- [32] 朱凤香, 王卫平, 洪春来, 等. 接种复合菌剂对牛粪堆肥发酵的影响 [J]. 浙江农业学报, 2012 (2): 275-278.
- [33] 任静, 郁继华, 颀建明, 等. 接种外源生物菌剂后牛粪堆肥腐植酸变化规律 [J]. 农业环境科学学报, 2013 (6): 1277-1283.
- [34] 王顺利, 刘克锋, 李荣旗, 等. 木质纤维素分解复合菌剂强化牛粪堆肥工艺 [J]. 农业机械学报, 2014 (4): 201-207.
- [35] 吴崇书, 张丽, 章明奎. 4 种畜禽粪中磷的形态与有效性研究 [J]. 安徽农业科学, 2015 (1): 71-72.
- [36] 周谈龙, 尚斌, 董红敏, 等. 低碳氮比条件下猪粪堆肥氨气和温室气体排放 [J]. 中国农业气象, 2017 (11): 689-698.
- [37] 周思, 刘永霞, 葛永怡. 碳氮比对猪粪堆肥腐熟度的影响 [J]. 贵州农业科学, 2017 (9): 65-68.
- [38] 付祥峰, 刘琪琪, 李恋卿, 等. 生物质炭对猪粪堆肥过程中氮素转化及温室气体排放的影响 [J]. 农业环境科学学报, 2017 (9): 1893-1900.
- [39] 董存明, 张曼, 邓小垦, 等. 不同碳氮比条件下鸡粪和椰糠高温堆肥腐熟过程研究 [J]. 生态与农村环境学报, 2015 (3): 420-424.
- [40] 王有月, 直俊强, 张加勇, 等. 2 种不同微生物菌剂对鸡粪高温堆肥腐熟进程的影响 [J]. 畜禽业, 2018 (5): 4-6.
- [41] 史磊, 王巨媛, 于学茹, 等. 羊粪不同堆肥模式对温室气体排放的影响 [J]. 河南农业科学, 2017 (12): 48-53.
- [42] 范娜, 白文斌, 王海燕, 等. 醋糟、粉煤灰对盐渍地高粱生长及土壤性状影响的研究 [J]. 农业资源与环境学报, 2017 (6): 531-535.
- [43] 李琪, 於虹, 王支虎, 等. 醋糟对土壤改良及兔眼蓝浆果幼苗生长的影响 [J]. 植物资源与环境学报, 2017 (4): 25-31.
- [44] 田波, 赵顺华, 张俊红, 等. 醋糟资源化利用研究进展 [J]. 中国酿造, 2017 (3): 1-4.
- [45] 李杰, 郁继华, 冯致, 等. 不同微生物菌剂对牛粪好氧堆肥的影响 [J]. 干旱区资源与环境, 2014 (2): 109-113.

Reuse of Agricultural Wastes to Blue Berry Planting

WAN He-feng, HUANG Zhen-xing, WU Yu-xiang, YANG Guang-ming, NIE Fei
(Guizhou Institute of Biology, Guiyang Guizhou550009, China)

Abstract: Based on the literature review and chemical tests, agricultural organic wastes were rich in nitrogen, phosphorous, potassium, and organic matters with various pH values. The nutrition was good fertilizer and amendment for crops and soils. However, the wastes could not be directly reused because of the high conductivity and the easy pathogenic bacteria production. The acid organic wastes, such as red wine lees and vinegar lees, could mix with animal manure in optimized ration to compost and ferment. The fertilizer produced could be used as base manure or amendment for blue berry planting.

Key words: agricultural waste; nutrition; blue berry planting; reuse of waste; survey; test

抚仙湖入湖河流东大河水质评价 及其对降雨量的响应研究

华春莉, 王应武

(云南省水利水电勘测设计研究院, 云南 昆明 650021)

摘要: 利用模糊综合评价模型对抚仙湖最大的入湖河流东大河 2013 年水质的 7 个重要污染因子进行了评价, 并结合当地降雨资料, 分析了东大河水体中污染物的时间变化特征及其对降雨的响应。结果表明, 东大河水质除 2 月、10 月和 12 月外, 长期稳定在 V 类, 主要污染因子为 TN 和 BOD₅。水体中 TN、DO 受降雨强度的影响大于 TP、COD_{Mn}; TN 浓度在小雨事件下浓度较低, 在中雨和大雨事件时浓度逐渐升高; 降雨能增加水体中的 DO, 提高水体的自净能力。

关键词: 入湖河流; 水质评价; 降雨; 响应研究; 东大河; 抚仙湖

中图分类号: X824 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 02-0075-05

抚仙湖位于云南省中部玉溪市东北方向, 是我国第二大深水湖, 湖容量 206.2 亿 m³, 占云南省九大高原湖泊总蓄水量的 68.3%。近年来, 随着社会经济的迅速发展和流域内人口的急剧增加, 点源、面源污染逐渐加剧, 湖泊水质已呈现快速下降的趋势, 整体水质由 I 类向 II 类快速下降, 目前已经处于临近 II 类水质的边缘。

抚仙湖属雨水补给型湖泊, 入湖河道径流调节性能很差, 多为间歇性河流, 暴涨暴落, 汇流时间短, 并携带大量泥沙入湖。污染物进入水体的方式主要是随自然降雨径流汇入河道, 降雨对河流中的营养物有很大的影响, 既是驱动因子, 又是其来源。强降雨可以通过对农田土壤与河道侵蚀, 使污染物随径流汇入水体。很多学者探究了降雨对污染物释放的影响, 基于模拟降雨的试验研究表明, 在不同的降雨强度下, 农田产生的径流中的总氮、氨氮和 COD 的浓度差异显著^[1-3]。随着雨强的增加, 不同形态磷的平均流失速率都在增加^[4]。但是通过比较相关系数, 综合考虑各水质指标与自然降雨的响应关系的研究较少。

抚仙湖流域共有大小入湖河流 103 条, 其中, 东大河是入湖河道中集水面积最大的河流。本文基于东大河 2013 年水质监测数据, 利用模糊综合评价模型对水质状况进行综合科学评价, 并结合当地的降雨资料, 研究降雨对水体中主要污染物的影响。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

东大河位于云南省玉溪市抚仙湖流域北部, 北纬 25°13' ~ 25°46', 东经 102°39' ~ 103°00', 属澄江县管辖, 流经澄江县城。流域属北亚热带季风气候区, 干湿季分明, 雨季为 5—10 月, 11 月—次年 4 月为旱季, 多年平均降水量 928.4 mm, 多年平均气温 15.6℃。东大河径流面积 65.5 km², 占抚仙湖流域面积的 12.4%, 是抚仙湖流域 30 余条入湖河道中集水面积最大的河流, 多年平均径流量占入湖河流年总径流量的 17.3%, 是补充抚仙湖水量的重要贡献区之一。

1.2 水文气象数据及分析

抚仙湖流域北部入湖河流水质数据为 2013 年全年水质数据, 数据来源为玉溪市环境监测站提供, 监测点布设在东大河入抚仙湖口, 监测频率均为每月 1 次, 监测方法参照国家标准^[5]。本研究选取 DO、COD_{Mn}、COD_{Cr}、BOD、NH₃-N、TP、TN 为水质代表性参数, 依据研究区季节性变化和水文特征, 对参数进行分析。研究区降雨量数据为 2013 年降雨量数据, 数据来源为玉溪市气象局提供。

1.3 统计分析

对水质数据进行模糊综合评价^[6], 利用最大隶属度原则, 通过建立因子隶属度集和权重集, 获得对事物的综合评价。因河流水体环境是受多因子控制的综合体, 不确定性较大, 本次采用模糊综合评价法对东大河入湖口断面水质进行评价。

将日降雨量按照气象局的降雨等级划分标准,分为 6 级。小雨: 24 h 降雨量 < 10 mm; 中雨: 24 h 降雨量 10 ~ 25 mm; 大雨: 24 h 降雨量 25 ~ 50 mm; 暴雨: 24 h 降雨量 50 ~ 100 mm; 大暴雨: 24 h 降雨量 100 ~ 250 mm; 特大暴雨: 24 h 降雨量在 250 mm 以上^[7]。污染物浓度与降雨的响应关系利用不同降雨强度下的氮素浓度做散点图, 然后对点进行回归分析, 拟合曲线。

2 结果与分析

2.1 7 个因子归一化后权重值

利用权重计算公式对各因子的权重进行计算, 并归一化后得到各因子权重值, 各因子权重归一化处理结果见表 2。对各因子权重值的计算和归一化处理发现: 监测点 2013 年 TN 所占权重较大, 说明 TN 超标严重, 是影响监测区域水质的主要污染

因子; 旱季 BOD₅ 所占权重也较大, 说明 BOD₅ 是影响旱季河道水质的主要污染因子。2013 年各指标监测结果及各指标所占权重表明, 初期暴雨出现在 5 月, TN 含量明显高于其他月份, 这与相关研究成果相符^[8]; 雨季 TN 含量平均值为 10.2 mg/L, 旱季 TN 含量平均值为 2.9 mg/L, 雨季 TN 含量平均值是旱季的 3.5 倍, TN 含量随季节变化波动较为明显, 雨季输入湖泊的氮负荷较大。

2.2 水质模糊综合评价结果

利用模糊综合评价模型将权重集与隶属函数矩阵组合后, 对 2013 年东大河监测结果进行评价分析, 评价结果见表 3。

由模糊综合评价结果可以看出, 除 2 月、10 月和 12 月外, 东大河水质长期稳定在 V 类, 水质较差; 仅旱季的 2 月, 水质达到 III 类。

表 1 抚仙湖入湖河道东大河入湖口 2013 年监测结果

(mg/L)

时间	DO	COD _{Mn}	COD _{Cr}	BOD ₅	氨氮	TP	TN
1 月	7.9	17	54	13	0.2	0.2	1.6
2 月	8.6	7	19	7	0.3	0.1	1.2
3 月	6.2	11	43	16	0.1	0.2	1.8
4 月	10.1	4	10	2.6	0.3	0.1	7.8
5 月	12.5	5	16	7	0.4	0.1	34.7
6 月	12.3	6	14	14	0.1	0.1	8.5
7 月	10.8	9	24	3	2.0	0.1	5.5
8 月	10.2	6	16	3	0.1	0.1	5.7
9 月	5.5	2	10	3	0.2	0.1	5.3
10 月	6.7	6	22	2.4	0.1	0.1	1.5
11 月	12.5	4	10	3.8	0.2	0.0	3.8
12 月	9.6	4	18	6.2	0.1	0.1	1.2

表 2 各因子归一化后权重值

时间	DO	COD _{Mn}	COD _{Cr}	BOD	氨氮	TP	TN
1 月	0.042	0.237	0.200	0.241	0.017	0.084	0.179
2 月	0.069	0.170	0.126	0.232	0.065	0.095	0.243
3 月	0.054	0.148	0.160	0.298	0.009	0.132	0.200
4 月	0.029	0.054	0.033	0.043	0.033	0.045	0.764
5 月	0.006	0.018	0.014	0.031	0.010	0.009	0.912
6 月	0.019	0.055	0.036	0.180	0.006	0.046	0.659
7 月	0.026	0.110	0.075	0.047	0.185	0.041	0.517
8 月	0.036	0.089	0.065	0.061	0.008	0.045	0.696
9 月	0.073	0.039	0.044	0.067	0.031	0.041	0.705
10 月	0.101	0.162	0.165	0.090	0.017	0.121	0.344
11 月	0.040	0.086	0.056	0.106	0.041	0.034	0.637
12 月	0.078	0.117	0.151	0.260	0.019	0.082	0.294

表3 东大河2013年水质模糊综合评价结果

时间	级别				
	I	II	III	IV	V
1月	0.059	0.041	0.044	0.140	0.717
2月	0.108	0.147	0.372	0.316	0.058
3月	0.016	0.047	0.084	0.262	0.591
4月	0.125	0.101	0.010	0.000	0.764
5月	0.013	0.028	0.016	0.023	0.919
6月	0.060	0.047	0.054	0.000	0.839
7月	0.033	0.081	0.062	0.131	0.693
8月	0.059	0.150	0.094	0.000	0.696
9月	0.120	0.139	0.036	0.000	0.705
10月	0.154	0.186	0.283	0.356	0.021
11月	0.151	0.122	0.089	0.000	0.637
12月	0.149	0.208	0.284	0.347	0.013

2.3 入湖河流水质与降雨量的响应关系

由各水质指标浓度的散点分布图（图1~图4）可以看出，各水质指标与降雨量的相关系数： $TN > DO > TP > COD_{Mn}$ ，表明东大河 TN、DO 受降雨强度的影响较大。在小雨事件时，图1散点的分布可以看出 TN 浓度在 8 mg/L 以下的点较集中，浓度在 8 mg/L 以上的点较稀疏，TN 浓度在 1.17 ~ 33.87 mg/L 分布广泛，平均值为 6.42 mg/L；中雨事件时，散点的分布相比于小雨事件更为集中，TN 浓度在 1.92 ~ 32.18 mg/L 分布，平均值为 7.80 mg/L，大于小雨事件的平均浓度。大雨事件发生的次数较少，TN 的浓度变化范围是 1.97 ~

34.71 mg/L，TN 浓度分布集中程度与中雨事件相近，平均值为 9.88 mg/L，高于中雨事件；暴雨全年仅发生过 1 次，TN 浓度高达 33.02 mg/L，属于所有降雨事件中最高。

由图2可以看出，在小雨事件下，DO 浓度在 5.50 ~ 12.50 mg/L，平均值为 9.54 mg/L；中雨事件时，DO 浓度在 5.58 ~ 12.48 mg/L，平均值为 10.12 mg/L；大雨事件时，东大河 DO 浓度的变化范围是 8.52 ~ 12.50 mg/L，散点的分布相比小雨、中雨事件更为集中，平均值为 10.78 mg/L；暴雨全年仅发生过 1 次，DO 浓度高达 12.49 mg/L，属于所有降雨事件中最高。

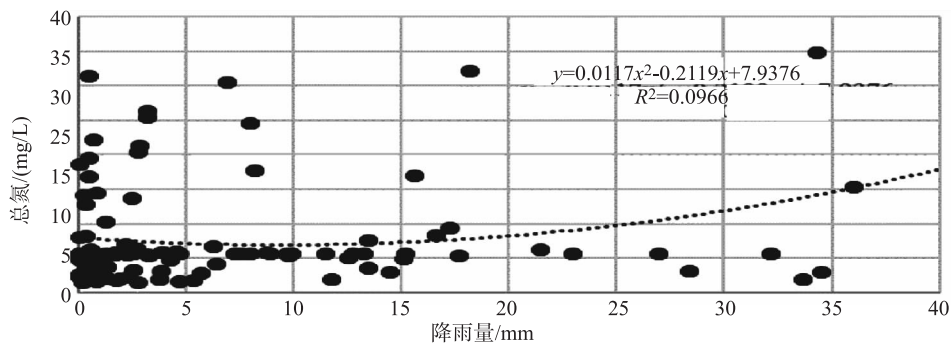


图1 不同降雨强度下TN浓度变化趋势

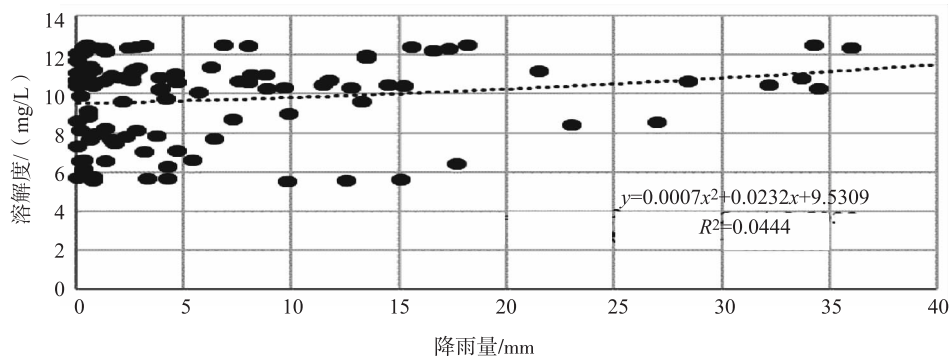


图2 不同降雨强度下DO浓度变化趋势

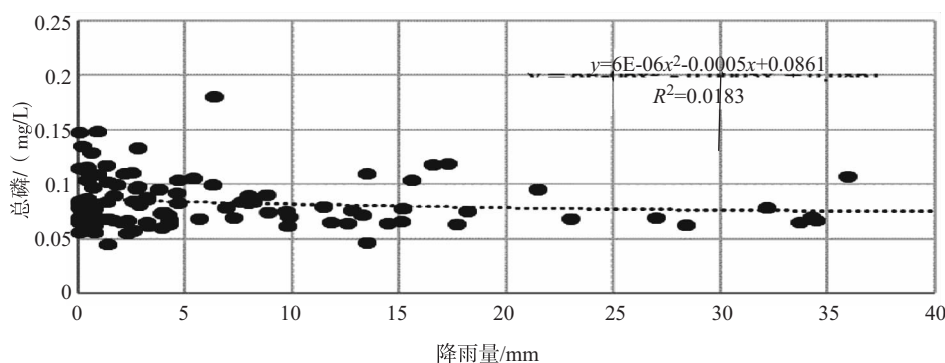


图3 不同降雨强度下TP浓度变化趋势

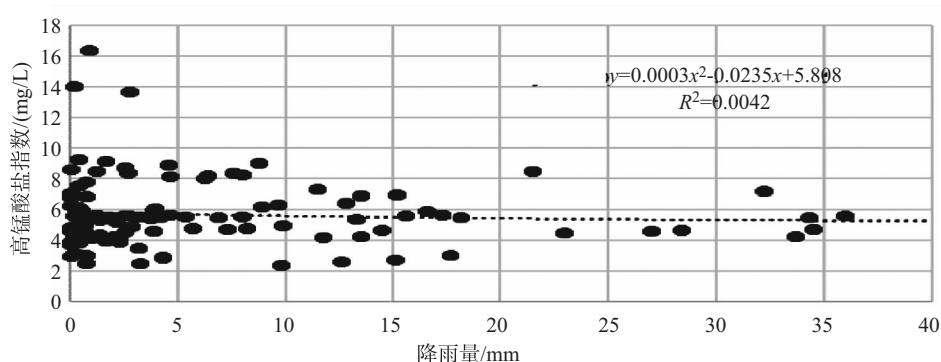


图4 不同降雨强度下COD_{Mn}浓度变化趋势

3 讨论

本文通过模糊综合评价法对东大河入抚仙湖口断面2013年的水质监测结果进行评价,评价结果显示,东大河水体长期稳定在V类,未能达到《玉溪市水功能区划》(2014年)^[9]水功能区划的II类水质目标要求,主要超标因子是TN、BOD₅。对比《GB3838-2002 地表水环境质量标准》^[10],结合监测数据可知,TN和BOD₅是主要超标因子,与模糊综合评价法结果一致。同时,还可以根据评价因子所占比重的变化趋势,对水质变化趋势进行预测。利用模糊综合评价法进行水质评价,克服了单因子评价的片面性,能综合客观反映水质的质量状况,可以广泛地应用于水质评价。

东大河雨季水质较早季差,原因主要是抚仙湖流域全年80%~90%的雨量集中在5—10月的雨季,雨水对地表的冲刷将岸上的大量污染物带入河流,最终进入抚仙湖。降雨量小的月份TN浓度低于降雨量大的月份,说明流域农业面源污染和水土流失是污染物的主要来源。东大河流域河网水系发达,含东大河、兜底寺河等8条河流,以及横贯东西方向的东大河西低、东支一、东支二、东支三、东支四5条灌渠。河水自东大河水库流出后分水至各条河流,用于灌溉,灌溉退水作为河流补充水再

次汇入东大河。东大河上游磷矿区开采导致的水土流失和973.33 hm² (1.46万亩)的农田灌溉退水最终导致东大河水质长期超标,使抚仙湖北岸的氮、有机物负荷较湖心、东岸高^[6]。

有研究表明,在降雨量很大时,降雨初期,雨水会使污染物随径流汇入水体,随着降雨的继续,雨水将降低水体中污染物的浓度^[11]。本文中TN在小雨事件下浓度较低,在中雨和大雨事件时浓度逐渐升高,说明小雨未形成地表径流,仅使河道中的TN得到了稀释;随着降雨的继续,土壤中的污染物随雨水汇入河道,TN浓度升高,与相关研究成果相同。

溶解氧是水体中动植物赖以生存的基础,溶解氧浓度的高低,体现了水体自净能力的大小。早在1986年,泰国科学家R. B. 班克斯等就对降雨对复氧的作用进行了研究,发现持续较长时间的大雨对复氧的作用可能是显著的,降雨使含氧达到或接近饱和的雨滴直接增加水体的溶解氧,可能是输送到水体氧总量中的相当大的一部分^[12]。本次研究通过DO与降雨的响应关系,再次验证了降雨能增加水体中的DO,提高水体的自净能力。

4 结论

(1) 2013年东大河水质监测结果显示,东大

河水体污染形势严峻,水质处于V类的时期占75%,其中主要污染因子为TN和BOD₅。初期暴雨出现的5月,TN含量明显高于其他月份,雨季TN含量平均值是旱季的3.5倍,TN含量随季节变化波动较为明显;BOD₅是影响旱季河道水质的主要污染因子。

(2)东大河TN、DO受降雨强度的影响大于TP、COD_{Mn};TN浓度在小雨事件下浓度较低,在中雨和大雨事件时浓度逐渐升高;降雨能增加水体中的DO,提高水体的自净能力。

(3)入湖河流是抚仙湖的源头活水,为抚仙湖提供水量的同时,也将岸上的污染物输送到湖泊。东大河流域的污染物来源主要是上游的农业面源污染和水土流失,因此,构建环湖山区水源涵养与生态保护带,环湖平坝水环境治理与生态修复带和滨湖湿地生态屏障与景观建设带,强化源头保护、坝区治理和湖滨修复是抚仙湖治理保护的重点。

参考文献:

- [1] 彭圆圆,李占斌,李鹏.模拟降雨条件下丹江鸚鵡沟小流域坡面径流氮素流失特征[J].水土保持学报,2012,26(2):1-5.
- [2] 刘泉,李占斌,李鹏,等.模拟降雨条件下坡地氮素流失特征试验分析[J].水土保持学报,2011,25(1):6-10.
- [3] 张亚丽,张兴昌,邵明安,等.降雨强度对黄土坡面矿质氮素流失的影响[J].农业工程学报,2004,20(3):55-58.
- [4] 杨丽霞,杨桂山,苑韶峰,等.不同雨强条件下太湖流域典型蔬菜地土壤磷素的径流特征[J].环境科学,2007,28(8):1763-1769.
- [5] 国家环境保护总局.水和废水监测分析方法(第四版)[M].北京:中国环境科学出版社,2002:210-281.
- [6] 钟文武,王文玉,孙朕,等.模糊综合评价法在抚仙湖种质资源保护区水质评价中的应用[J].水产科学,2015,34(3):182-187.
- [7] 中国气象局.气象科普:降水的等级划分[EB/OL].http://www.cma.gov.cn/2011xzt/2012zhuant/20120928_1_1_1_1/2010052703/201212/t20121212_195616.html,2012-12-12.
- [8] 陈育超,李阳,于海明,等.太湖地区何家浜流域初期雨水对水稻田污染物的冲刷效益[J].环境工程学报,2016,10(2):573-580.
- [9] 玉溪市水利局.玉溪市水功能区划[R].2014.
- [10] 国家环境保护总局,国家质量监督检验检疫总局.地表水环境质量标准:GB3838-2002[S].北京:中国标准出版社,2002.
- [11] 涂安国,尹炜,陈德强,等.丹江口库区典型小流域地表径流氮素动态变化[J].长江流域资源与环境,2010,19(8):926-932.
- [12] R. B. 班克斯,张逢甲.降雨对水面复氧的作用[J].水资源保护,1986,(2):72-79.

Water Quality Evaluation of Dongda River in Fuxian Lake and Its Response to Rainfall

HUA Chun-li, WANG Ying-wu

(Yunnan Institute of Water Hydropower Engineering Investigation, Design and Research, Kunming Yunnan 650021, China)

Abstract: Dongda River was one important tributary of Fuxian Lake. Seven Water quality pollution factors of theriver were evaluated using a fuzzy comprehensive assessment model as well as its response to Rainfall based on the rainfall observation data. The results showed that the water quality of theriver has been stable in the fifth category for a long time, and the main pollution factors were TN and BOD₅all the year round other than February, October and December. The influence of rainfall intensity on TN and DO in water was greater than TP and COD_{Mn}. The concentration of TN was lower at light rain events and gradually increased during moderate rain and heavy rain events. Rainfall would increase the concentration of DO in the water body, which improved the self-purification ability of the water body.

Key words: riverflowing into lake; water quality evaluation; rainfall; response study; Dongda River; Fuxian Lake

模糊贴近度 - 灰色关联法评价 菜地土壤重金属污染

肖致强¹, 林绍霞², 林昌虎³

(1. 贵州省清镇市生态局, 贵州 贵阳 551400; 2. 贵州省分析测试研究院, 贵州 贵阳 550001;
3. 贵州医科大学, 贵州 贵阳 550001)

摘要: 为避免土壤重金属污染评价中单因子剧烈波动对评价结果的影响, 运用 Euclid 贴近度 - 灰色关联度法对贵州省 8 个典型农业区菜地土壤中重金属污染情况进行评价。结果表明, 供试样本中由于 Cd 含量偏高, 灰关联度法评价的结果达到 II 级水平, 而 Euclid 贴近度 - 灰色关联度复合法评价结果为 I 级水平, 贴近度大小发生变化, 结合供试样点重金属含量特征, Euclid 贴近度 - 灰色关联度法评价结果能更合理地反映样本重金属污染水平。

关键词: Euclid 贴近度 - 灰色关联度法; 灰关联度; 菜地土壤; 重金属污染; 评价

中图分类号: X825 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 02-0080-05

随着工业的迅猛发展, 工业“三废”的不合理排放, 农药、化肥的不合理利用, 农业土壤环境质量日益恶化, 其中重金属污染问题尤为突出。菜地是利用强度大、投入和产出高、受人类活动影响最大的一类农用地^[1]。重金属对土壤的污染直接影响到蔬菜质量安全, 尤其是具有积累性和持续性危害的重金属在蔬菜中富集, 通过食物链在人体中积累, 会危及人体健康。

环境质量评价中所使用的数据, 是在有限时间及空间范围内获得的, 所提供的信息对于系统地描述环境质量状况是不完全、不具体的^[2]。在评价环境这个典型的灰色系统污染程度好坏时, 影响评价的因素具有经济性、先进性、安全性、可靠性、操作方便等特点, 这些评价因素都是定性的因素, 难以定量, 且标准不一, 量纲不一, 要得到一个合理的评判结果, 不能应用普通的评价方法^[3]。模糊数学方法是对这种既有已知信息, 又含有未知的、非确定信息的系统较为合理的评价方法, 利用灰色关联分析法根据给定样本与参考样本的可比性与相似性, 分析系统内部主要因素之间的相关程度, 以关联度大小来确定与

参考样本的相似程度进行评价^[4]。但是评价结果根据灰色关联系数的平均值来确定, 容易导致分辨率低, 从而使分级出现误差。模糊贴近度 - 灰色关联度法将灰关联系数嵌入模糊贴近度评价模型中, 避免因样本的波动对评价结果的影响。

1 评价模型的建立

1.1 模糊贴近度模型评价过程

设有 m 个评价样品点, 以 A_k ($k=1, 2, \dots, m$) 表示, 每个样品中包含 n 个重金属元素, 各样品所检测的重金属含量用向量表示为: $A_k = (A_{1k}, A_{2k}, \dots, A_{nk})$ $k=1, 2, \dots, m$ 。将重金属污染按其污染强度划分为 p 个评价等级, 各等级标准用向量表示为: $B_j = (B_{1j}, B_{2j}, \dots, B_{nj})$ $j=1, 2, \dots, p$ 。评价单元对污染级别 j 的 Euclid 贴近度定义为^[5]:

$$\eta_j = 1 - \frac{1}{\sqrt{n}} \sqrt{\sum_{i=1}^n [W_i (X_i - \lambda_{ij})]^2} \quad (1)$$

式中: η_j —评价单元对污染级别 j 的贴近度; W_i —重金属污染物 i 的权重; X_i —重金属污染物 i 的归一化检测值; λ_{ij} —污染物 i 的归一化第 j 个污染级别特征值。

1.2 灰色关联度评价过程

1.2.1 关联系数计算

评价数列 A_k 与参考数列 B_k 无量纲化处理, 使参与计算的各指标之间消除量纲影响, A_k 与 B_k 在 k 点的关联系数为:

收稿日期: 2018-08-29
基金项目: 国家自然科学基金 (21767006), 国家自然科学基金 (41561075)。
作者简介: 肖致强 (1978-), 男, 贵州贵阳人, 副高级工程师, 主要从事污染与防治研究。
通信作者: 林绍霞 (1983-), 女, 贵州贵阳人, 副研究员, 硕士, 主要从事土壤环境污染与防治研究。

$$\zeta_i(k) = \frac{\min_i \min_k |B_i(k) - A_i(k)| + \rho \max_i \max_k |B_i(k) - A_i(k)|}{|B_i(k) - A_i(k)| + \rho \max_i \max_k |B_i(k) - A_i(k)|} \quad (2)$$

1.2.2 关联度计算

用 k 点关联系数的平均值作为比较因素与分析因素整个关联程度的量度, 就是关联度:

$$r_i = \sum_{k=1}^n \zeta_i(k) / n \quad (3)$$

1.3 模糊贴近度-灰色关联复合模型的建立

设 $A_i (i = 1, 2, \dots, m)$ 为论域 $U (U = \{X_i(1), X_i(2), \dots, X_i(n)\} i = 1, 2, \dots, m)$ 上的任意一个模糊集, 表示 $X_i(k)$ 与 $X_0(k)$ 相关, 则 A_i 可以关联系数的集合:

$A_i = (\zeta_{0i}(1), \zeta_{0i}(2), \dots, \zeta_{0i}(n))$, 令 $A_j = (1, 1, \dots, 1)$, 则说明 X_j 与 X_0 的相关程度最大^[6]。可以取 A_i 与理想相关 A_j 的贴近度作为 X_i 与 X_0 的关联度, 即 Euclid 贴近度-灰色关联复合模型:

$$r_{0i} = 1 - \frac{1}{\sqrt{n}} [\sum_{k=1}^n (\zeta_{0i}(k) - 1)^2]^{1/2} \quad (4)$$

设比较数列 X_i 与参考数列 X_0 在各点的关联系数 $\zeta_{0i}(k)$ 相对于其平均值 \bar{r}_{0i} 的波动值为 $d_{0i}(k)$, 则 $\zeta_{0i}(k)$ 可表示为: $\zeta_{0i}(k) = \bar{r}_{0i} + d_{0i}(k)$; 因为 $\sum_{k=1}^n d_{0i}(k) = 0$, 代入公式得 Euclid-灰关联度复合模型为:

$$r_{0i} = 1 - \frac{1}{\sqrt{n}} [n (\bar{r}_{0i})^2 + \sum_{k=1}^n d_{0i}(k)^2]^{1/2} \quad (5)$$

2 供试样品及测定

2.1 样品采集

贵州金属矿藏资源丰富而分布广, 在对资源开采利用过程中重金属通过各种途径对农业土壤构成了严重危害, 据研究, 贵州已属土壤镉重污染区, 汞污染等级为中度污染, 土壤和农作物都受到严重影响^[7]。根据贵州省土壤重金属的空间差异性, 采用非均匀性布点方法, 采集贵州省典型农业区菜地土壤耕作层混合样进行分析, 采样点布设避开工矿企业、交通运输等点及线污染源的影响, 供试样品信息见表 1。

2.2 样品处理

采集样品经室内自然风干, 四分法过 100 目尼龙网筛制得待测样品, 在样品采集制备过程中, 采用木片、塑料制品、玛瑙研钵等以防止人为因素的影响。选取重金属指标为生物毒性显著的 5 种重金属, 即汞 (Hg)、砷 (As)、铅 (Pb)、铬 (Cr)、镉 (Cd), 样品消解方法参考刘凤枝^[8] 等进行, As、Hg 用冷原子吸收 (AFS-230E) 测定, Cd、Cr、Pb 用石墨炉原子吸收 (AAS-Vario6) 测定, 同时用国家标准样品 (GSS-2、GSS-5) 进行质量控制, 设置 10% 样品重复实验, 测定结果见表 1。

表 1 样品重金属测定值

编号	采样地点	样本数/个	n = 1	n = 2	n = 3	n = 4	n = 5
			As/(mg/kg)	Hg/(mg/kg)	Cr/(mg/kg)	Cd/(mg/kg)	Pb/(mg/kg)
1#	贵定县铁厂乡	8	4.59	0.07	32.25	0.49	50.16
2#	贵定县定南镇	11	9.86	0.13	50.59	1.44	34.84
3#	三穗县瓦寨镇	15	5.63	0.16	27.65	0.28	33.98
4#	天柱县邦洞镇	13	9.70	0.14	22.23	0.75	42.82
5#	松桃县盘信镇	9	12.42	0.39	48.77	2.23	1256.43
6#	花溪区城郊	10	10.40	0.15	44.39	0.42	43.47
7#	金沙县禹谟镇	5	10.46	0.11	12.96	0.47	25.84
8#	遵义县鸭溪镇	7	26.15	0.27	28.54	0.46	46.51

注: 表中各重金属测定结果均为多个样本平行测定均值。

3 分析与讨论

3.1 Euclid 贴近度

表 2 土壤重金属环境质量标准 (mg/kg)

级别	I	II	III
As	≤15	≤40	≤40
Hg	≤0.15	≤0.30	≤1.50
Cr	≤90	≤150	≤500
Cd	≤0.20	≤0.30	≤1.00
Pb	≤35	≤250	≤500

土壤重金属污染评价是依据重金属在土壤中的含量浓度的分级标准, 判断某个监测点土壤中重金属含量最接近哪级标准, 就视其土壤环境质量为符合该级土壤标准。在对菜地土壤重金属污染评价中, 采用 GB15618-1995 土壤环境质量标准作为评价依据 (表 2), 由式 (1) 计算得各样点重金属含量对于三个污染级别的贴近度 (表 3), 结合表 1、表 2 可见, 所采集的 8 个监测区域样品重

属的测试浓度大部分在 I 级标准范围内, 5[#]样点 Cd、Pb 测定值远远大于土壤环境质量的 III 级标准,

Hg 含量超出 II 级标准。8[#]样点的 Cd 含量超过 II 级标准, As、Hg、Pb 含量超过 I 级标准。

表3 样品与土壤环境各级标准 Euclid 贴近度

级别	Euclid 贴近度							
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]	7 [#]	8 [#]
I	0.841	0.864	0.835	0.819	0.662	0.899	0.799	0.716
II	0.638	0.648	0.662	0.651	0.667	0.664	0.652	0.750
III	0.521	0.507	0.503	0.530	0.672	0.437	0.549	0.534
评价结果	I	I	I	I	III	I	I	II

表3中贴近度分析的结果显示, 贵州大部分地区农用菜地重金属污染水平处于 I 级水平, 局部地区重金属含量过高。土壤环境质量处于 I 级水平的 6 个菜地样点中, 菜地中重金属污染程度 6[#] < 2[#] < 1[#] < 3[#] < 4[#] < 7[#]。5[#]采样区由于受高含量 Pb 的影响, 重金属含量对 II 级的贴近度为 0.6666, 对 III 级的贴近度为 0.6717, 可见土壤受污染程度十分严重。8[#]在 I 级水平上的贴近度为 0.7162, 而在 II 级水平上的贴近度为 0.7498, 土壤重金属污染已经发生, 对蔬菜品质将会有不良影响。

3.2 样品与参考标准的关联度

分别以土壤环境质量分级标准作为参考数列, 由式(2)、(3)对评价样品进行关联系数、关联度分析, 结果见表4、表5、表6。从单因子在评价等级上的关联系数分析, 供试样本中 As、Hg、Pb 与 I 级土壤质量具有较高的关联系数, Cd 与 II 级土壤质量具有高的关系系数, Cr 与 III 级土壤质量的关联系数较大, 即在单因子综合污染方面, 供试样本中 As、Hg、Pb 污染尚处于清洁状态, Cd 处于尚清洁状态, 而 Cr 污染影响较严重。

表4 样品与 I 级标准关联系数

编号	关联系数 (ξ)				
	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5
1 [#]	0.510	0.667	0.400	0.776	0.975
2 [#]	0.680	0.909	0.494	0.450	0.999
3 [#]	0.536	0.965	0.382	0.924	1
4 [#]	0.673	0.914	0.362	0.650	0.987
5 [#]	0.810	0.397	0.483	0.334	0.335
6 [#]	0.703	0.975	0.458	0.819	0.986
7 [#]	0.706	0.805	0.333	0.791	0.986
8 [#]	0.490	0.571	0.385	0.797	0.981

表5 样品与 II 级标准关联系数

编号	关联系数 (ξ)				
	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5
1 [#]	0.340	0.418	0.375	0.851	0.770
2 [#]	0.377	0.500	0.416	0.470	0.756
3 [#]	0.347	0.537	0.366	1	0.755
4 [#]	0.376	0.502	0.356	0.700	0.763
5 [#]	0.399	0.653	0.412	0.342	0.387
6 [#]	0.382	0.534	0.401	0.905	0.764
7 [#]	0.382	0.468	0.340	0.869	0.748
8 [#]	0.572	0.858	0.368	0.878	0.767

表6 样品与Ⅲ级标准关联系数

编号	关联系数 (ξ)				
	$n=1$	$n=2$	$n=3$	$n=4$	$n=5$
1 [#]	0.420	0.420	0.431	0.829	0.728
2 [#]	0.466	0.433	0.443	0.869	0.718
3 [#]	0.428	0.438	0.429	0.727	0.717
4 [#]	0.465	0.433	0.425	1	0.723
5 [#]	0.493	0.495	0.442	0.558	0.565
6 [#]	0.472	0.437	0.439	0.792	0.724
7 [#]	0.472	0.428	0.420	0.816	0.712
8 [#]	0.707	0.463	0.429	0.810	0.726

表7中利用灰关联度法分析各供试样本重金属含量与参照样本的关联度,结果显示,除5[#]试样外,所研究样本与各级土壤环境质量的关联度都达到0.5以上,说明供试土壤与各级土壤环境质

量指标具有较强的相似性。而5[#]样本由于Pb含量过高的原因,导致数据波动性影响,其关联度在I、II级水平上均<0.5,与III级水平的关联度稍高。

表7 样品与各级土壤环境质量标准关联度

级别	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]	7 [#]	8 [#]
I	0.551	0.504	0.601	0.539	0.439	0.597	0.561	0.689
II	0.666	0.707	0.762	0.717	0.472	0.788	0.724	0.645
III	0.566	0.586	0.548	0.609	0.510	0.573	0.570	0.627
评价结果	II	II	II	II	III	II	II	I

3.3 Euclid 贴近度-灰关联度复合评价

复合评价模型将灰色关联系数嵌入Euclid贴近度模型中,避免平均灰关联度值由于系列在数据两边波动而产生不可计量偏差。由式(5)计算得各样点的Euclid关联度见表8。从Euclid贴近度-灰关联度复合评价的结果上看,采用复合评价模型所得的结果与Euclid贴近度法评价结果一致,但各样本对评价等级贴近度趋于变小,且其贴近度的优先顺序发生了变化,对I级水平的贴近度为0.659~

0.814,优先顺序变为6[#]<3[#]<7[#]<4[#]<2[#]<1[#],结合供试样本特征,可见Euclid贴近度-灰关联度复合结果更能表现土壤重金属污染水平特征。与灰关联度法评价结果相比,灰关联度评价中属于II级水平样本,Euclid贴近度-灰关联度复合评价结果为I级水平,8[#]样本则由I级水平变为II级水平,结合样本各重金属含量实际情况,可见,Euclid贴近度-灰关联度复合评价有效避免了因单个因素产生的波动而导致评价结果偏颇的现象,评价结果更合理。

表8 Euclid 贴近度-灰关联复合评价结果

样点	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]	7 [#]	8 [#]
I	0.659	0.701	0.730	0.712	0.306	0.814	0.726	0.614
II	0.502	0.486	0.530	0.510	0.428	0.548	0.514	0.633
III	0.531	0.550	0.526	0.549	0.508	0.546	0.540	0.597
评价结果	I	I	I	I	III	I	I	II

4 结论

贵州省菜地土壤重金属在高背景Cd含量的影响下,重金属污染主要为Cd污染,从供试的8个样点情况看,其中7个样点菜地中Cd含量超过土

壤环境质量II级标准,贵州省松桃地区菜地土壤中的Cd含量甚至超过III级标准的2倍多。在对土壤环境质量评价时,常因为高含量的Cd产生数据的剧烈波动而导致评价结果偏颇的现象。

本文采用 Euclid 贴近度—灰关联度复合评价法，将灰关联系数嵌入模糊贴近度评价模型中，有效避免了因样本的波动对评价结果的影响，使评价结果更能客观反映样本重金属污染特征。

参考文献:

- [1] 曾希柏, 李莲芳, 梅旭荣. 中国蔬菜土壤重金属含量及来源分析 [J]. 中国农业科学, 2007, 40 (11): 2507 - 2517.
- [2] 张跃进, 刘志斌, 王娟. 模糊数学在区域环境评价中的应用 [J]. 辽宁工程技术大学学报, 2003, 22 (z2): 68 - 69.
- [3] 张松滨, 李万海, 王红. 环境质量评价中的灰色贴近度分析 [J]. 环境保护科学, 1998, 21 (5): 37 - 39.
- [4] 王治祯, 柏景方. 灰色系统及模糊数学在环境保护中的应用 [M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2007.
- [5] 汪培庄. 模糊集合论及其应用 [M]. 上海: 上海科技出版社, 1983.
- [6] 王嵩峰, 周培疆. Euclid 贴近度 - 灰色关联模型在环境评价中的应用 [J]. 环境科学与技术, 2004, 27 (增刊): 25 - 27.
- [7] 宋春然, 何锦林, 谭红, 等. 贵州农业土壤重金属污染的初步评价 [J]. 贵州农业科学, 2005, 33 (2): 13 - 16.
- [8] 刘凤枝. 农业环境监测实用手册 [M]. 北京: 中国标准出版社, 2001.

Assessment on the Heavy Metals Pollution in Vegetable Soil with Complex Model of Euclid Approach Degree - grey Relational Grade Method

XIAO Zhi - qiang¹, LIN Shao - xia², LIN Chang - hu³

(1. Ecological Civilization Construction Bureau of Qingzhen, QingzhenGuizhou551400, China)

Abstract: In order to avoid the impacts of the fluctuate value of single heavy metals during the complex pollution assessment, the complex model of Euclid approach degree - grey relational grade method were used to assess the heavy metals pollution in vegetable soil that were collected from eight typical agricultural fields in Guizhou. The results showed that due to the high content of Cd in the testing soils, the evaluated results of grey relational grade method were level II, while the results of complex model of Euclid approach degree - grey relational grade method were level I. The values of Euclid approach degree were changed. Combined with the feature of heavy metals content in the testing samples, the results of complex model of Euclid approach degree - grey relational grade method could better reflect the level of heavy metal contamination of samples.

Key words: Euclid approach degree - grey relation grade; vegetable soil; heavy metal pollution; assessment

云南省污染源自动监测设备运行维护 监督管理存在的问题及建议

贺政卿, 张俊

(云南省环境科学研究院, 云南昆明 650034)

摘要: 从发展历程、管理、设备运转、监控设备市场、数据质量、系统运行维护等方面研究了云南省污染源自动监控系统现状, 提出了制约发展的因素, 分析了监督管理存在的问题, 提出了建议。认为加强运行维护监督管理应着力抓好六个方面的工作。

关键词: 环境监测; 自动监控; 监督管理; 现状; 问题; 建议

中图分类号: X83 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 02-0085-08

0 前言

随着中国经济、社会的高速发展, 随之而来的环境污染问题越发严峻。自党的十八大以来, 党中央做出了“大力推进生态文明建设”的战略决策。当前, 云南省对所有排污单位实行污染物排放控制制度, 并对重点污染物实施总量控制制度。任何超标和超总量排放都是违法的。对于合法排污实行排污付费制度, 按照排放污染物的种类、排放浓度、排放量进行收费。对于超标和超总量排放的违法行为要实施限期治理并实施罚款。要实施好这些制度, 必须有客观准确的排污浓度、排放量的数值。准确的排污浓度、排放量数据的获取必须通过科学的手段。环境监测机构传统的手工监测已不能适应我国目前环境保护工作的实际情况, 主要表现在人力不足、人为因素以及监测频次低、数据代表性不够、科学性差等方面。为了妥善解决这些问题, 国家环境总局早在 2005 年就发布《污染源自动监控管理办法》, 并从 2007 年开始, 环境保护部组织在全国的国控污染源企业的排污口全面部署安装污染源自动监控系统。云南省环保厅也于 2010 年发布了《云南省污染源自动监控系统管理办法》。

1 云南省污染源自动监控系统现状

1.1 云南省污染源自动监控系统建设发展历程

1.1.1 “十一五”期间 (2006—2010 年)

云南省环保厅于 2010 年发布了《云南省污染源自动监控系统管理办法》。

1.1.2 “十二五”期间 (2011—2015 年)

“十二五”期间, 云南省根据国家出台的相关

法规、标准和技术规范要求, 结合本省的污染源自动监控系统发展情况, 制订了云南省的相关法规和标准, 规范了云南省污染源自动监控系统设施的建设和运行工作。

2011 年经省政府批准, 省环境保护厅颁布了《云南省污染源自动监控系统管理办法》(以下简称《管理办法》), 进一步明确了企业安装、建设运行的主体责任以及各级环保监管部门的监管责任。明确了成立监控中心(设在信息中心)和运维监管部(设在省环科院), 通过购买服务的方式完成污染源自动监控系统联网、数据信息传输和数据审核以及现场端的运维检查等工作, 并且明确了第三方运行维护、第三方现场端检查的管理模式。至此全省污染源自动监控系统管理开始步入规范化的正轨, 过去长期困扰的责任不清, 设施不运行, 安装建设不规范, 运行维护不落实、不到位, 数据传输不保证、不稳定的状况得到解决。2012 年云南省污染源自动监控系统首次通过国家总量减排考核。

2014 年, 原环保部发文取消了污染治理设施第三方运行维护的资格审查和备案, 云南省《管理办法》中明确规定的第三方运行维护的规定与“放管服”的要求不相符, 云南省环保厅于 2015 年发文取消了强制第三方运行维护的要求。

1.1.3 “十三五”期间 (2016—2020 年)

2016 年, 随着总量减排考核的淡化, 污染源自动监控系统有效传输率的考核也被淡化。目前, 污染源自动监控数据作为监控企业排污的手段之一, 数据应用仅限于部分用于超标排放处罚和排污收费的依据之一。

1.2 云南省污染源自动监控系统管理现状

(1) 污染源自动监控系统安装情况良好, 监控平台建设不足。截至目前为止, 全省安装污染源自动监控系统的排污企业为 850 余家, 与省级污染源自动监控平台联网的排污企业共计 525 家, 其中纳入国家考核的重点排污企业有 249 家, 省级重点监控排污企业有 913 家 (已安装 530 家企业)。自动监控系统主要监控因子为废气中的二氧化硫、氮氧化物和废水中化学需氧量、氨氮、总磷、总氮等污染物浓度。还有一些企业应装未装重金属污染物自动监控系统。按照污染源分级管理的要求, 昆明市、玉溪市、曲靖市、丽江市、大理州、德宏州、西双版纳州、怒江州、迪庆州 9 个州 (市) 建立了州 (市) 级污染源自动监控平台, 对辖区内排污企业污染物排放实施实时监控, 尚有楚雄、普洱、文山、临沧、昭通、保山、红河 7 个州 (市) 级未建立污染源自动监控平台。监控中心仅有昆明市有独立机构。

(2) 建立了污染源自动监控系统管理制度。云南省污染源自动监控系统的管理, 经过“十一五”“十二五”的努力取得长足的进步。目前的管理模式是: 污染源自动监控系统安装建设、运维、数据上传等按属地管理的原则, 由地方环保部门统一实施监管; 云南省环境科学研究院和委托社会服务机构对全省现场端污染源自动监控系统 (主要是 913 家重点监控企业) 的安装建设、运行维护是否满足国家相关技术规范要求进行监督检查, 及时将现场巡检和抽查情况反馈地方环保部门和省环保厅监测处, 及时进行通报、约谈, 涉及行政处罚和违法的, 送监察总队进行查处。从省级层面来讲: 环境监测处负责全省污染源自动监控系统安装建设、运行维护、数据传输的组织协调和指导, 制定污染源自动监控系统管理的规章制度和发展规划, 确定污染源分级管理名录等, 执法监管由省监察总队具体组织实施。

(3) 管理部门的职责划分与国家要求不一致。从全国及各省 (市、自治区) 情况看, 环监局一直是污染源自动监控系统的组织和管理部门。按照《污染源自动监控管理办法》(原环保总局第 28 号令) 中第六条的规定, 环境监察机构对污染源自动监控系统管理有六项职能。因此 90% 以上省份在省级层面, 污染源自动监控系统由环境监察部门或独立的监控中心负责。仅有云南、湖南等少数几个省放在环境监测部门。

1.3 设备运转情况

一些企业对系统安装的重要性缺乏认识, 无法保证系统正常运行。很多企业即使迫于各种压力安装了在线监测系统, 安装验收完毕后, 对后期运营管理不重视, 使得一些仪器设备不能正常运转; 系统集成商因没有运营资金而无力接手; 环保管理部门不知情, 使政府投入的大量资金难以发挥作用。

1.4 污染源自动监控设备市场现状

截止 2018 年, 云南省污染源自动监控设施的品牌有 48 个, 型号有 198 个。省级重点监控排污企业 913 家中有 650 家企业安装了污染源自动监控设施, 各排污企业安装的设施品牌、型号不一致, 分析方法繁多, 监测仪器设备缺乏统一标准, 质量参差不齐, 导致自动在线监测仪无法规范化运行。云南省现有污染源在线监测设备的生产厂家众多, 在一次性投资上费用仅为进口设备的 50%, 但是仪器的测量方法缺乏统一的国家标准, 在监测数据的偏差、运行稳定性、维护成本等方面远远落后于进口设备。由于在线监控设备质量还存在一定问题, 加上有些企业维护管理不到位, 出现故障不能及时处理, 导致联网数据不稳定, 无法保证系统长期、有效的正常运行。

1.5 数据质量

由于自动监控设备机型繁多, 使得与国家网络中心连接困难重重, 联网软件开发厂家的售后服务不配套, 阻碍了自动在线监测仪的规范化运行。一些州 (市) 的县 (市) 由于开发时间不同, 缺乏统一的数据采集, 使得省、市、县三级数据传输网络和管理软件不能兼容, 阻碍了全省数据联网进程。

1.6 监管情况

由于缺乏对运营商的监督管理机制, 社会上很多不具备运营资质的中、小环保企业涌入在线监测市场, 以低廉的价格承接在线监测业务并进行转包。其技术力量和利润无法支撑售后维护和后期运营, 无法提供令企业和环保管理部门满意的售后服务, 既扰乱了市场价格, 也使安装、运行、售后维护质量得不到保证。

1.7 云南省污染源自动监控系统运行维护现状

目前, 云南省自动污染源监控系统运维工作属市场化行为, 管理部门不做要求, 由排污企业自行选择运维方式和第三方运维服务机构。全省污染源排污企业自动监控系统采取第三方运维服务和自运维两种方式。第三方运维方式: 通过与第三方运维

公司签订运维合同,由运维公司提供专业化日常运行维护服务,全省第三方运维公司有80余家。自运维方式:目前仍有部分排污企业采取自行运维方式进行运维工作。相较而言,自运维企业的技术人员业务素质 and 运维质量与第三方运维存在一定差距。

2 制约云南省污染源自动监控发展的因素

(1) 运行维护费用全部由企业承担,导致运维单位和企业联合对抗污染源自动监控系统的日常运维检查监督工作现象严重。

(2) 由于国家没有对污染源自动监控设施出台相应淘汰机制,存在设备超期服役、故障率高等现象,设备更换困难。

(3) 由于开放了第三方运维及设备市场,造成设备品牌较繁杂,设备质量参差不齐;第三方运维单位多,常有恶性竞争现象出现,导致运维不到位、运维质量参差不齐,给运维及设备市场管理带来很大困难。

(4) 基层环保部门缺乏自动监控系统专业技术人才,造成监管工作缺位和不到位。

3 云南省污染源自动监控监督管理存在的问题

3.1 责任主体没有落实

(1) 按照《中华人民共和国环境保护法》、《中共中央办公厅、国务院办公厅印发〈关于深化环境监测改革提高环境监测数据质量的意见〉的通知》以及《生态环境环境监测网络监测方案》的要求,污染源自动监控系统作为污染治理设施的一部分,排污企业是污染源自动监控系统建设、日常运行维护管理的责任主体。但在各种检查考核中,排污企业将对数据质量负责的主体责任,转化到环境保护主管部门对污染源自动监控系统日常监管不力和第三方运行维护工作不到位的连带责任上。部分排污单位主体责任不清,认为污染源自动监控系统是给企业污染物排放带上的“紧箍咒”,存在对设施运行维护管理不到位、站房建设不规范、排放口建设不规范、设备老旧更换不及时、监测数据不应用、对运维单位反应的问题不落实等现象,导致部分设施不能正常稳定运行、监测数据失真等。

(2) 根据《云南省环境保护厅关于成立云南省污染源自动监控管理领导小组的通知》(云环通〔2011〕57号)和《云南省环保厅关于进一步推进国控及省控污染源自动监控系统管理工作的通知》(云环通〔2011〕129号)的要求,污染源自

动监控系统安装、验收、管理以及数据应用关系到省环保厅多个部门及州(市)环境管理部门,是一个系统化工程,而云南省的监管机构中,领导小组对各级环境管理部门的工作指导协调力度不够。领导小组办公室设在一个专业处室,工作过程中与其它管理部门协调难度较大,全省上下监管分散,没有形成合力,省、州(市)以及各管理部门间信息交流不畅,导致各部门责任不清,相互之间配合不顺畅,部分政策、法规执行存在不统一现象,形成了各自管理、多头管理,最终导致全省污染源自动监控系统的运行维护监督管理工作监管不严,对打击逃避监管的违法行为难以做到稳、准、狠。

3.2 法规、标准和标准的缺失,成果应用范围狭窄,影响了作用的发挥

(1) 《云南省污染源自动监控系统管理办法》(2011年)与目前现行的污染源自动监控系统管理的要求,存在诸多政策法规的不符和不相适应的条款。比如条款中“本省行政区域内国家、省级重点监控企业(以下简称“国控、省控企业”)污染源自动监控设施的建设、运行维护和监督管理适用本办法”与目前国家生态环境部《关于加快重点行业重点地区的重点排污单位自动监控工作的通知》(环办环监字〔2017〕61号)的相关要求存在不符现象;条款中“通过数据有效性审核的污染源自动监测数据”与国家生态环境部《关于废止部分环保部门规章和规范性文件的决定》(环境保护部令40号)不适应情况。需要根据国家最新监管要求进行修订。同时云南省未根据国家相关技术规范、标准要求出台地方的法规、标准和规范。

(2) 目前云南省污染源自动监控系统监管工作缺少健全的管理政策、法规及制度,主要表现为:缺少《云南省污染源自动监控设施现场检查办法及实施细则》;缺少《云南省污染源自动监控设备淘汰管理办法》;缺少《云南省污染源自动监控设备运行维护的管理办法》;缺少《云南省关于污染源自动监控设施数据造假、设备长期故障的处罚和管理办法》;缺少《云南省污染源自动监控设施第三方运行维护单位考核办法及实施细则》。以上监管政策、法规及制度的缺失造成污染源自动监控系统监管工作严重缺位,各级管理主体职责不明、权责不分、互相推诿现象严重,缺乏设备运维市场的管理,给污染源自动监控设备安装、验收、监督管理带来困难。

3.3 污染源自动监控系统技术要求高、环节多、品牌繁多，与省监控平台联网困难重重，监管难度大

污染源自动监控是传感技术、自动监测与信息化技术的集成，对管理人员提出更高的专业技术要求，受基层监管队伍业务能力和人力资源的限制，在日常监管中，难于落实各项监管措施，不会查、查不出的问题普遍存在。难以发现设施运行、维护存在的技术问题，难于区分因生产工艺状况的变化带来的污染物浓度变化与超标排放的界线，更无法鉴定运维不到位与故意弄虚作假的界线。对违规行为难以作出准确判断。违法排污的证据链、故意弄虚作假行为的证据链难于形成闭合，监管执法实施细则不具体、不明确。实施处罚的可操作性不强。

截止2018年6月，云南省污染源自动监控设施的品牌有48个，型号有198个。省级重点监控排污企业913家中有650家企业安装了污染源自动监控设施，各排污企业安装的设施品牌、型号不一致，分析方法繁多，仪器设备缺乏统一标准，严重阻碍污染源自动监控设施的规范化运行。日常运行维护工作开展存在不规范现象；部分设施更换和修复零部件耗时过长；参数及量程设置不统一，操作系统众多，致使联网数据不稳定，阻碍系统长期、有效地正常运行，影响数据的有效传输率。

3.4 污染源自动监控系统监督检查力度不足、管理手段单一、监管信息化水平低、监控数据可信度低

(1) 根据《云南省环保厅关于进一步推进国控及省控污染源自动监控系统管理工作的通知》(云环通〔2011〕129号)文件要求，省环保厅通过公开招标方式购买污染源自动监控设施现场端监督管理服务，通过云南省环境科学研究院和委托社会服务机构对全省重点排污单位自动监控系统现场运行维护监督管理工作，按月形成巡查、抽检整改意见及建议等材料，需要人工层层上报省厅有关处室、省信息中心和省监察总队，问题从发现到处理，响应时间较长。而污染源自动监控数据时效性较强，如不能第一时间采集处罚证据，将会给各级监管部门后续的管理、处罚工作带来较大困难。另外由于现场监管单位不具有执法权，在日常巡查工作中仅能起到“监管哨兵耳目作用”，对企业违法、违规行为追究力度不足。

(2) 目前云南省污染源自动监控设施现场端监管工作缺乏先进的信息化监管手段，仅依靠运维

监管部每月撒网式人工巡检、抽检，对自动化程度高、连续性运营的设备的管理方式呈间断式人工监管，致使监管成本高、工作效率低、效果不佳、信息流不及时、沟通滞后。

(3) 云南省属边疆经济欠发达地区，自动监控系统监管工作对全省是一项新生事物。自动监控系统管理是一项技术性较强的工作，随着国家对污染源自动监控设施管理及考核工作要求越来越高、越来越严，全省基层环保部门普遍存在技术力量薄弱的问题，严重缺乏熟悉相应技术和业务的管理人员。在日常监管中，专业管理人员的缺乏致使无法及时、精确地指出现场端自动监控系统出现的问题，无法及时有效地向企业、运维单位提出整改措施及技术指导意见，造成监管工作的缺位和不到位。

(4) 州市监管部门对污染源自动监控系统监管重要性认识程度不够。一些州市监管部门虽然要求重点排污企业安装了自动监控系统，也按要求进行了联网验收，但是对后期的运营管理却不够重视，“应装尽装，应联尽联，联完不管”的情况普遍存在。致使污染源自动监控系统监管工作严重缺位、不到位，各级管理主体职责不明、权责不分、互相推诿现象严重。

3.5 污染源自动监控技术标准体系不健全，数据缺乏法律支撑、应用不足

(1) 从2007年开始，环保厅在全省的国控、省控污染源企业的排污口全面部署安装污染源自动监控系统。从这些年的运行状况来看，污染源自动监控设施存在运行率低、不正常运行等问题；监控数据存在准确性不高、人为干扰、甚至弄虚作假等现象，成为了违法排污企业的挡箭牌；同时环保部门对自动监控设备不能用、不敢用、不愿用的现象，在一定程度上也妨碍了污染源自动监控系统在环境管理各方面的应用。环境监察机构的执法人员作为环境现场执法主体，在面对繁多的污染源自动监控技术规范 and 集环境监测、信息、自动化、仪器仪表、计算机技术等多个技术领域于一体的污染源自动监控系统时，难以从中理出适用于环境执法现场监督检查的内容、要求和方法，不知道查什么、怎么查、如何处理。因此亟需相应的规范来指导对污染源自动监控系统的现场监管，以满足环境监察执法人员的实际工作需要。

(2) 缺乏自动监控设施品牌和第三方运维企业考核淘汰机制。当前，“放管服”政策实施后，

对自动监控设施运行维护机构、队伍和人员缺乏有效的监管机制,在社会诚信体系尚不健全情况下,守法成本高、违法成本低现象依然存在。国家已出台污染源自动监控设备的安装、建设技术规范,但缺乏相应的设备淘汰机制,同时云南省也缺乏相应的技术规范及管理办法,致使某些企业为节约开支,不愿及时更换服役到期的设备,全省设备带病运行现象比较普遍,造成管理难、运维难,严重影响了上传数据的质量。

3.6 内部管理机制不顺,落实不力

污染源自动监控系统建设领导小组办公室虽在监测处,但污染源自动监控系统安装建设、运行维护、数据传输、日常监管、数据应用涉及多个部门,部门之间的联动、齐抓共管的机制尚不健全。地方环保处于本位和地方保护的思想,不愿、不想与省级监控平台联网。不督促落实生态环境部关于污染源自动监控系统管理的各项要求。中央环保督查“回头看”期间,在红河州个旧市发现的问题就是典型案例。今年生态环境部要求重点废水排放企业安装总磷、总氮自动监控设施,省厅已通过各种方式进行了安排部署,但截止到目前,全省913家重点监控企业,应安装184家,实际完成的仅有7家,进度严重滞后。

4 对云南省污染源自动监测设备运行维护监督管理工作的建议

4.1 建立全省“三个统一”标准

(1)由省环保厅统一部署工作内容及计划,统一制定自动监控系统建设、运行、验收标准和运行维护管理办法。根据国家和全省的管理需要,2011年制定的《云南省污染源自动监控系统管理办法》(以下简称《管理办法》)与目前现行的污染源自动监控系统管理的要求,存在诸多政策法规的不符和不相适应的条款。应充分利用贯彻落实省委办公厅、省政府办公厅关于印发《深化环境监测体制改革提高环境监测数据质量实施方案》的契机,尽快修订《云南省污染源自动监控系统管理办法》。使之成为落实排污企业主体责任,明确各级主管、监管部门领导责任和监管责任,明确自动监控数据应用范围,建立重点排污单位自动监控数据全面直传上报制度,落实“分级管理、逐级考核”的管理制度。

(2)统一制订地方性法律法规、技术标准和规范。根据国家法律法规尽快研究出台《云南省污染源自动监控设施现场监督检查办法及实施细

则》、《云南省污染源自动监控设施淘汰管理办法》、《云南省污染源自动监控设施运维维护管理办法》、《云南省关于污染源自动监控设施数据造假、设备长期故障的处罚和管理办法》、《云南省污染源自动监控设施第三方运行维护单位考核办法及实施细则》,为全省自动监控设施监管工作提供法规、标准和技术规范支持。

(3)统一推进联合惩戒。针对污染源自动监控系统运维机构和人员不履行责任、不遵守运维规定、违规违纪行为,建立黑名单管理制度,并将其行为列入诚信体系内容向社会公开,并依法纳入信用信息共享平台。与发改、经信、财政、税务、市场监管、安监等部门以及银行、证券、保险监管机构建立通报机制,并实施联合惩戒,在行政审批、融资授信、资质评定、政府采购等多方面予以限制。涉嫌与排污企业串通弄虚作假的,按照中央和省委办公厅、省政府办公厅关于印发《深化环境监测体制改革提高环境监测数据质量实施方案》的要求,追究连带责任和法律责任。

4.2 完善污染源自动监控系统管理制度

4.2.1 明确领导责任和监管责任

地方各级党委和政府具有防范和惩治污染源自动监控系统数据弄虚作假的领导责任,对弄虚作假问题突出的州(市),省环境保护部门可公开约谈其政府负责人,责成当地政府查处和整改。被环境保护部约谈的州(市),省环境保护部门对相关责任人依照有关规定提出处分建议,交由所在地党委和政府依纪依法予以处理,并将处理结果书面报告省级环保部门、省级党委和政府。各级环境保护、质量技术监督部门依法对污染源自动监测机构负监管责任,其他相关部门要加强对所属污染源自动监测机构的数据质量管理。各相关部门发现对弄虚作假行为包庇纵容、监管不力,以及有其他未依法履职行为的,依照规定向有关部门移送直接负责的主管人员和其他责任人员的违规线索,依纪依法追究其责任。

4.2.2 强化污染源自动监测的主体责任

排污单位要按照法律法规和相关监测标准规范开展自行监测,制定监测方案,保存完整的原始记录、监测报告,对数据的真实性负责,并按规定公开相关监测信息。对通过篡改、伪造监测数据等逃避监管方式违法排放污染物的,环境保护部门依法实施按日连续处罚。

4.2.3 建立重点排污单位自行监测与环境质量监

测原始数据全面直传上报制度

重点排污单位应当依法安装使用污染源自动监测设备,定期检定或校准,保证正常运行,并公开自动监测结果。自动监测数据按要求进行联网,并逐步在污染治理设施、监测站房、排放口等位置安装视频监控设施,并与监管部门联网。取消环境保护部门负责的有效性审核。重点排污单位自行开展污染源自动监测的手工比对,及时处理异常情况,确保监测数据完整有效。

4.2.4 充分发挥领导小组的作用,明确职责分工,统一协调调度

对全省有关责任部门的职责进行整合,形成统一的监管机构,同时具备执法能力,以满足对污染源自动监控系统的管理要求,为排污许可制度和环境保护税管理提供必要的技术支持,为全省生态环境保护政策制定提供技术支持。若不能建立全省统一的监管机构,则应充分发挥云南省污染源自动监控管理领导小组的作用,统一安排部署工作,理清各成员单位的职责,明确任务分工,建立定期协调调度的工作制度,强化污染源自动监控系统监管工作,规范设施的安装、验收、运行维护工作。加强各成员单位间信息流转机制,加强与各级环保管理部门的协调与沟通,制定并细化相应实施细则,共享监管信息资源,做到“及时巡查、及时发现、及时通报、及时落实、及时处罚”的管理手段,提高监管工作效率及质量,保证自动监控系统的正常运行及数据的有效传输。

4.3 转变监管工作的理念和工作重心

环境污染源自动监控系统涉及设备的选型、安装地点的选择和规范、设备运行维护和调校、数据的比对、参数选择和修正、数据采集和信息传输等多个环节,生产工况、温度、湿度、压力以及污染物均会对监控数据造成影响。过去的管理更多是注重过程和环节,忽视了监控数据的管理和应用。企业主体责任也是出数据的主体责任。要改变过去重过程、环节,轻结果的管理理念,要把“谁主张谁举证”的理念广泛应用于污染源自动监控系统的管理。在日常监管中,要把工作重点放到监控平台数据的管理和分析上,排污企业出数据的同时,要提供数据来源、产生以及合法、合规性支撑材料。只有判定数据无效、不真实、不合法,才有必要去追溯数据产生的有效性和合法性。把工作重点放到解决监控数据的法律地位和应用上,才能形成正确的导向。优先实施地方环保条例的修订,把

监控数据法律地位固化下来,不断扩展数据应用的范围,才能促使排污企业和运维机构遵规守纪。只有坚持数据监管的管理理念,监管才能走出误区,管理的成效才能显现。上海、浙江、山东等发达地区的经验表明:只有把工作中心转移到数据的管理和应用上,污染源自动监控系统的作用才能真正发挥。

4.4 建立健全污染源自动监控系统分级管理体系

建立从省级到州(市)、县(区)三级管理体系,将污染源自动监控系统与预警系统进行规范化管理。明确排污企业、运行维护机构和环保部门三者的责任,对在污染源自动监控设施运行及数据报送等方面出现的违法违规行为,提出统一的要求和处罚标准,使监管工作有法可依。

4.5 明确污染源自动监控系统要求

严格落实重点排污单位自行监测及污染源自动监控系统原始数据全面直传上报制度。重点排污单位要依法安装使用符合有关标准规范的污染源自动监控系统,定期对设备实施检定或校准,保证正常运行,使用的标准物质应当是有证标准物质或具有溯源性的标准物质,并主动公开自动监测结果。自动监测数据要逐步实现全省联网。逐步在污染治理设施、监测站房、排放口等位置安装视频监控设施,并与环境保护部门联网。取消环境保护部门负责的污染源自动监控系统有效性审核工作。重点排污单位要按照有关规定自行开展污染源自动监测的手工比对,及时处理异常情况,提高污染源自动监控系统数据质量,确保污染源自动监控系统数据完整有效。自动监测数据可作为环境行政处罚等监管执法的依据。强化对环境监测机构以及环境监测设施维护、运营机构的监管,对侵占、损毁或擅自移动、改变环境质量监测设施和污染物排放自动监测设备的,依法处罚。

4.6 加强污染源自动监控数据执法,严厉惩处污染源自动监控系统监测数据弄虚作假行为

建立完善的管理体制,分清责任,使运营、维护工作规范有序建立从中央到地方逐级管理体系,将污染源在线监测与预警系统进行规范化管理。制定全国统一的《污染源在线监控与预警系统建设及运行管理实施细则》。对污染源在线监控系统建设的仪器设备要求、安装、使用、维护管理、数据报送等有关内容做出明确规定及操作技术流程手册,严格把好质量控制关。明确企业(排污单位)、运行维护机构和环保部门三者的责任。对在

污染源在线监测设施运行及数据报送等方面出现的违法违规行，提出统一的要求和处罚标准，使监管工作有法可依。

4.6.1 强化防范和惩治

严格执行国家防范和惩治领导干部干预环境监测活动管理办法，结合云南省实际，进一步明确情形认定，规范查处程序，细化处理规定，重点解决各级党政领导干部和有关部门工作人员利用职务影响，指使篡改、伪造污染源自动监控系统数据，限制、阻挠污染源自动监控系统数据质量监管执法，影响、干扰对污染源自动监控系统数据弄虚作假行为查处和责任追究，以及给环境监测机构和人员下达环境质量改善考核目标任务等问题。

4.6.2 建立约谈和问责机制

对于干预环境监测、污染源自动监控系统数据弄虚作假问题突出的州（市），省环境保护厅要公开约谈其政府负责人，责成当地政府进行查处和整改。因污染源自动监控系统数据弄虚作假被生态环境部约谈的州（市），由省环境保护厅依照有关规定对有关责任人提出处分建议，交由所在地党委和政府依纪依法处理，并将处理结果书面报告生态环境部和省委、省政府。对于县域生态环境质量监测评价与考核工作中污染源自动监控系统数据存在弄虚作假情形的县（市、区），省环境保护厅和省财政厅要进行约谈或通报批评，并降低其考核评定等级。

4.6.3 严肃查处监测机构和人员弄虚作假行为

环境监测机构和人员弄虚作假或参与弄虚作假的，由环境保护、质量技术监督部门及公安机关依法给予处罚；涉嫌犯罪的，移交司法机关依法追究有关责任人的刑事责任。从事污染源自动监控系统维护、运营的人员有实施或参与篡改、伪造污染源自动监控系统数据、干扰染源自动监控系统、破坏污染源自动监控系统等行为的，依法从重处罚。

环境监测机构在提供环境监测服务中弄虚作假，对造成的环境污染和生态破坏负有责任的，除依法处罚外，检察机关、社会组织和其他法律规定的机关提起民事公益诉讼或省政府授权的行政机关依法提起生态环境损害赔偿诉讼时，可以要求环境监测机构与造成环境污染和生态破坏的其他责任者承担连带责任。

4.6.4 严厉打击排污单位弄虚作假行为

排污单位在自行监测和污染源自动监控系统中，监测数据弄虚作假的，由环境保护部门、公安

机关依法予以处罚；涉嫌犯罪的，移交司法机关依法追究直接负责的主管人员和其他责任人的刑事责任，并对单位判处罚金；排污单位法定代表人强令、指使、授意、默许监测数据弄虚作假的，依纪依法追究其责任。

4.6.5 加强培训，提升监管能力

加强对州市、县区污染源自动监控系统监管部门人员的技术指导和培训工作。每年定期举办1~2次污染源自动监控系统管理能力培训、研讨会，统一监管要求和执法程序，同时也对相关人员的业务能力进行提升，做到管理工作规范、现场问题的查处、执法程序更规范。

加强污染源自动监控系统技术人员和管理方面人员的培训，使他们能够及时掌握国内污染源自动监控系统建设、运行维护发展的方向和动态，及时掌握污染源自动监控系统新的先进管理技术和经验。定期组织多层面、全方位的多元化污染源自动监控设施建设、操作规范及管理方面的经验交流及人员培训。

5 总结

加强运行维护监督管理面对污染源自动监控系统的监督管理，要着力抓好六方面工作：

(1) 指导全省污染源自动监控管理工作，组织开展全省污染源自动监控系统运行管理工作培训和自动监测数据有效性审核工作，督促各级环保部门加强污染源自动监控系统现场检查，重点抓好监督、评价、抽查、考核工作。

(2) 组织开展网络巡检抽查工作，对发现的问题每周以工作联系单形式下达，并督察问题的整改。对各地的网络巡检、整改反馈情况和数据有效性审核工作开展抽查。对所有重点排污企业污染源自动监控站点，每周开展1次对各州、市运维信息录入和无效数据整改情况的巡检和督办，以及30%的重点排污企业监控点数网络抽检工作。每月开展1次有效性审核情况的巡检工作。开展有效率、完整率等运行管理指标的评价，每季度对污染源自动监控系统运行维护和使用等整体情况以及上期通报问题的整改情况进行通报。

(3) 负责全省30万kW以上火电企业废气排放口自动监控设备的比对监测和现场核查等监督考核工作，每1个月至少开展1次。

(4) 开展污染源自动监控系统运行运维监管工作的预警。结合省厅对各州、市的通报，对污染源自动监控系统运行维护，特别是排污企业现场端

的运维、数据联网、传输有效率、疑似不正常情况的巡检、超标查处以及公众投诉媒体曝光等问题进行预警和通报。

(5) 组织开展污染源自动监控系统运维的定期或不定期的监督性抽查, 重点检查运维工作落后或排名靠后、通报发现问题整改不力、有群众举报、监测数据传输效率较低、社会投诉多影响差、长期整改不到位的排污单位, 配合属地环境保护主管部门依法严肃查处。

(6) 建立对各州、市污染源自动监控系统运行维护管理的工作考核制度。将自动监控数据传输有效率等考核指标纳入生态市考核体系、环保局目标责任制考核体系, 对考核排名较后的州、市进行通报和约谈。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国环境保护法 [Z].
- [2] 中华人民共和国大气污染防治法 [Z].
- [3] 中华人民共和国水污染防治法 [Z].
- [4] 中华人民共和国固体废物污染防治法 [Z].
- [5] 国务院关于印发“十三五”节能减排综合工作方案的通知 [Z].
- [6] 污染源自动监控管理办法 [Z].
- [7] 污染源自动监控设施运行管理办法 [Z].
- [8] 污染源自动监控设施现场监督检查办法 [Z].
- [9] 关于印发《污染源自动监控设施现场监督检查技术指南》的通知 [Z].
- [10] 关于印发《环境监测数据弄虚作假行为判定及处理办法》的通知 [Z].
- [11] 关于加快重点行业重点地区的重点排污单位自动监控工作的通知 [Z].
- [12] 排污口规范化整治技术要求 (试行) [Z].
- [13] 企业事业单位环境信息公开办法 [Z].
- [14] 云南省污染源自动监控系统管理办法 [Z].
- [15] 固定污染源自动监控 (监测) 系统现场建设技术规范: T/CAEPI 11-2017 [S].
- [16] 污染物在线自动监控 (监测) 系统数据传输标准: HJ 212-2017 [S].
- [17] 污染源在线自动监控 (监测) 数据采集传输仪技术要求: HJ 477-2009 [S].
- [18] 固定污染源监测质量保证与质量控制技术规范 (试行): HJ/T 373-2007 [S].
- [19] 固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法: GB/T 16157-96 [S].
- [20] 固定源废气监测技术规范: HJ/T397-2007 [S].
- [21] 固定污染源烟气 (SO₂、NO_x、颗粒物) 排放连续监测技术规范: HJ 75-2017 [S].
- [22] 固定污染源烟气 (SO₂、NO_x、颗粒物) 排放连续监测系统技术要求及检测方法: HJ 76-2017 [S].
- [23] 水污染源在线监测系统安装技术规范 (试行): HJ/T 353-2007 [S].
- [24] 水污染源在线监测系统验收技术规范 (试行): HJ/T 354-2007 [S].
- [25] 水污染源在线监测系统运行与考核技术规范 (试行): HJ/T 355-2007 [S].
- [26] 水污染源在线监测系统数据有效性判别技术规范 (试行): HJ/T 356-2007 [S].
- [27] 工业污染源现场检查技术规范: HJ 606-2011 [S].
- [28] 环境保护设施运营单位运营服务能力要求: T/CAEPI 2-2016 [S].
- [29] 环境保护图形标志-排放口 (源): GB15562.1-95 [S].
- [30] 王国平. 对污染源自动监测设备运行管理制度的探讨 [J]. 环境监测管理与技术, 2014 (4).

Problems and Corresponding Suggestions on Operation and Maintenance and Supervision of Auto-monitoring Devices of Pollution Sources in Yunnan

HE Zheng-qing, ZHANG Jun

(Yunnan Institute of Environmental Science, Kunming Yunnan 650034, China)

Abstract: The present situation of the auto-monitoring devices of pollution sources in Yunnan were examined based on the aspects of its development, management, operation, market, data quality and maintenance. The constraints were identified as well as the problems in terms of supervision management. Suggestions involving in six aspects were put forward.

Key words: environmental monitoring; auto-monitoring; supervision and management; current situation; problem; suggestion

保存剂（硫酸）对高锰酸盐指数测定的影响

杜江, 陈丽琼, 杨晓红, 刘惠, 刘静
(云南省环境监测中心站, 云南昆明 650034)

摘要: 探究了样品保存剂（硫酸）对水质高锰酸盐指数测定的影响, 结果表明, 保存剂的加入量对样品高锰酸盐指数浓度的测定有一定影响, 且随着酸度的提高, 样品的高锰酸盐指数浓度越高。因此酸度必须适宜, 否则将会导致测定结果出现偏差。

关键词: 酸性法测高锰酸盐指数; 保存剂; 测定影响; 环境监测

中图分类号: X83 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2019) 02-0093-04

高锰酸盐指数, 指在一定条件下, 用高锰酸钾氧化水样中的某些有机物及还原性物质, 由消耗的高锰酸钾量计算相当的氧量^[5]。它是反映饮用水、水源水和地表水中有机可氧化物质污染的常用指标。高锰酸盐指数的测定结果与样品保存剂、保存时间、加热温度及时间、高锰酸钾浓度、空白值测定等因素有关。因采样误差远远大于分析误差, 所以必须规范采样, 最好 6 h 内尽快分析。但在实际监测中, 很多时候由于种种原因不能尽快分析, 在采样时需要加保存剂进行保存。

测定高锰酸盐指数水样的保存, 是否和测定化学需氧量一样加硫酸低温保存, 目前在实际监测中没有统一。《地表水和污水监测技术规范》^[1]《水质样品的保存和管理技术规定》^[2]及《水和废水监测分析方法（第四版 增补版）》^[3]均未要求测定高锰酸盐指数的水样加硫酸保存, 且规定保存期为 2 d。但在《国家地表水环境质量监测网监测任务作业指导书》^[4]和《GB11892-89 水质 高锰酸盐指数测定》^[5]中明确了保存剂及用量。反应体系的酸度对酸性高锰酸钾氧化法测定高锰酸盐指数的反应速度和方向有较大的影响, 从此方法的反应原理可以看出, H^+ 直接参加氧化还原反应, 这对采样时样品的酸度提出了问题, 即该不该加保存剂, 加多少。为此, 本文通过对比分析未调节 pH 值、调节 pH 值下的水样和标样, 研究保存剂（硫酸）对高锰酸盐指数测定结果的影响, 以期水质监测工作提出合理的建议, 确保水质分析的准确性。

1 仪器和试剂

1.1 仪器设备

数字显示电热恒温水浴锅; 250 mL 锥形瓶;

25 mL 棕色酸式滴定管; 秒表; 10 mL 无分度吸管; 电子分析天平; G-3 玻璃砂芯漏斗; 精度为 0.01 的酸度计。

1.2 试剂

①高锰酸钾标准贮备液 [$C(1/5 KMnO_4)$] 约 0.1 mol/L: 称取 3.2 g 优级纯 $KMnO_4$ 溶于 1.2 L 水中, 加热煮沸, 使体积减少至近 1 L, 放置过夜, 用 G-3 型砂芯玻璃漏斗过滤后, 定容于 1000 mL 棕色瓶中。②高锰酸钾标准使用溶液 [$C(1/5 KMnO_4)$] 约为 0.01 mol/L: 吸取 100 mL 上述 $KMnO_4$ 标准贮备液, 用水稀释至 1000 mL, 贮于棕色瓶中, 使用时进行标定。③硫酸溶液 [1+3]; ④取 100 mL 浓硫酸, 缓缓加入到 300 mL 水中, 再趁热缓慢加入数滴 $KMnO_4$ 标准溶液, 直至溶液呈现粉红色, 冷却后, 粉红色退去即可使用。⑤草酸钠标准贮备液 [$C(1/2 Na_2C_2O_4) = 0.100 mol/L$]: 称取 0.6705 g 在 120 °C 烘干 2 h 并冷却的优级纯草酸钠溶解于水中, 将其移入 100 mL 容量瓶中, 并稀释至标线。⑥草酸钠标准使用液 [$C(1/2 Na_2C_2O_4) = 0.010 mol/L$]: 准确吸取 10.00 mL 上述草酸钠标准贮备液, 用水稀至 100 mL。⑦浓硫酸: 优级纯。

2 实验步骤

(1) 规范采集滇池某水域水体、牛栏江某段水体、同一标准溶液浓度为 1.87 mg/L, 不确定度 0.2 mg/L 的质控样。都分别均匀分配成 5 份, 加硫酸调至 pH 依次为 0.5、1.0、1.5、2.0 和不调 pH 处理, 6 h 内测定其高锰酸盐指数的浓度。

(2) 量取一定体积 (100 mL) 经过充分摇动混合均匀的待测样品 (或分取适量原水样用纯水稀释) 至 250 mL 锥形瓶中, 向锥形瓶中加入 5 mL

的 [1 + 3] 的硫酸溶液，再加入浓度约为 0.01 mol/L 的高锰酸钾标准溶液 10.00 mL，摇匀后将其放入已升温至 96 ~ 98 °C 的恒温水浴锅中，加热 30 min。

(3) 取出后稍冷，用滴定管向锥形瓶中加入 0.010 mol/L 的草酸钠标准液 10.00 mL，待溶液变为无色，然后，趁热用高锰酸钾标准溶液滴定至刚出现粉红色，并保持 30 s 不退色为止，记录回滴时所消耗的高锰酸钾溶液的体积。

(4) 空白试验：用 100 mL 纯水代替试验样品，重复上述步骤，并记录消耗的高锰酸钾标准溶液的体积。

(5) 高锰酸钾溶液标定：将已做完的空白试验的溶液再加热至 80 °C 左右，向其中加入 10.00 mL 的草酸钠标准液，再用浓度约为 0.01 mol/L 的高锰酸钾标准溶液继续滴定至刚出现粉红色，并保持 30 s 不退色为止，记录消耗的高锰酸钾标准溶液的体积。

3 计算

3.1 不经稀释水样的测定计算公式

$$I_{Mn} = [(10 + V_1) K - 10] \times C \times 8 \times 1000 / 100$$

式中： V_1 —样品滴定时，消耗 $KMnO_4$ 溶液体积 mL； K —高锰酸钾校正系数， $K = 10/V$ ； C —草酸钠标准溶液浓度 0.01 mol/L。

3.2 样品稀释后测定计算公式

$$I_{Mn} = \{ [(10 + V_1) K - 10] - [(10 + V_0) K - 10] \cdot f \} \times C \times 8 \times 1000 / V_3$$

式中： V_0 —空白实验时，消耗 $KMnO_4$ 溶液体积 mL； V_3 —测定时所取样品体积 mL； f —稀释样品时，蒸馏水在 100 mL 测定用体积所占比例， $f = (100 - V_3) / 100$ 。

4 实验结果与讨论

4.1 保存剂对测定结果影响

对滇池试样进行测定，结果见表 1 和图 1。从表 1 可看出，试样在不同 pH 值下和原水样的精密度均 $\leq 20\%$ ，在允许误差范围内，且当 pH = 1.0 时与未调 pH 时所测得结果基本一致。从图 1 可以看出，随着 pH 值的升高，所测试样的 I_{Mn} 值呈下降趋势。当 $n = 5, f = 4, a = 0.05$ ，查相关系数临界值表得 $r_{0.05} = 0.8114, |r| = 0.9092 > r_{0.05}$ ，故滇池试样 I_{Mn} 值与 pH 值存在相关性，且 $r < 0$ ，为负相关。

表 1 滇池试样测定结果

	未调 pH	pH = 0.5	pH = 1.0	pH = 1.5	pH = 2.0
测定值 / (mg/L)	3.87	4.19	3.87	3.87	3.76
	3.88	4.22	3.87	3.85	3.72
	3.88	4.20	3.86	3.85	3.75
平均值 / (mg/L)	3.88	4.20	3.87	3.86	3.74
标准偏差 / (mg/L)	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
相对标准偏差 / %	0.15	0.36	0.15	0.30	0.56

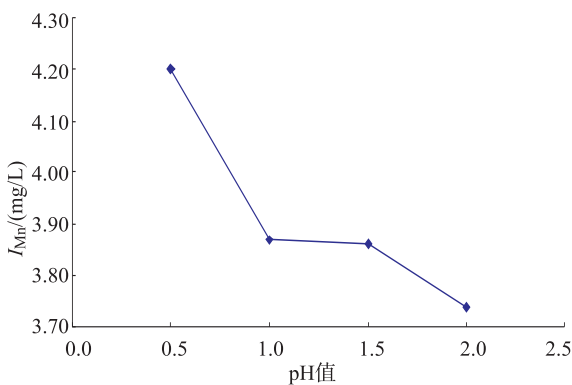
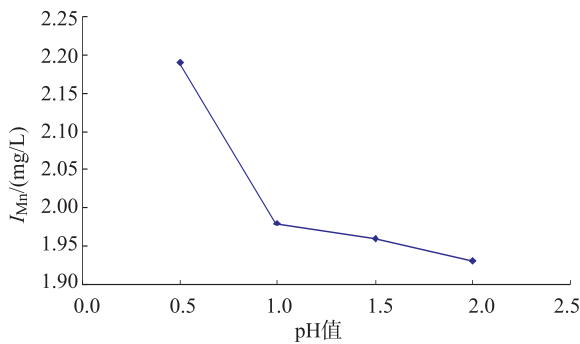


图 1 滇池试样的 pH 值与 I_{Mn} 的关系图

对牛栏江试样进行测定，结果见表 2 和图 2。从表 2 结果可看出，试样在不同 pH 值下和原水样的精密度也均 $\leq 20\%$ ，在允许误差范围内，且当 pH = 1.0、pH = 1.5 时与未调 pH 时所测得结果基本一致。从图 2 可以看出，随着 pH 值的升高，所测试样的 I_{Mn} 值也呈下降趋势。当 $n = 5, f = 4, a = 0.05$ ，查相关系数临界值表得 $r_{0.05} = 0.8114, |r| = 0.8718 > r_{0.05}$ ，故牛栏江试样的 I_{Mn} 值与 pH 值也存在相关性，且 $r < 0$ ，为负相关。

表2 牛栏江试样测定结果

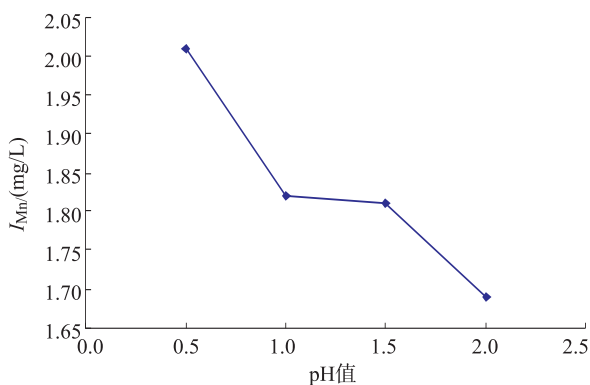
		未调 pH	pH=0.5	pH=1.0	pH=1.5	pH=2.0
测定值 (mg/L)	1	2.00	2.19	1.99	2.00	1.93
	2	1.90	2.14	1.97	1.92	1.89
	3	1.94	2.24	1.97	1.97	1.96
平均值	(mg/L)	1.95	2.19	1.98	1.96	1.93
标准偏差	(mg/L)	0.05	0.05	0.01	0.04	0.04
相对标准偏差	%	2.59	2.28	0.58	2.06	1.82

图2 牛栏江试样的pH与 I_{Mn} 的关系图

对质控样进行测定,结果见表3和图3。从表3结果可看出,质控样在不同pH值下和原水样的准确度均 $\leq 25\%$,在允许误差范围内,且当pH=1.0、pH=1.5时与未调pH时所测得结果基本一致。从图3可以看出,随着pH值的升高,所测试样的 I_{Mn} 值也呈下降趋势。当 $n=5, f=4, a=0.05$,查相关系数临界值表得 $r_{0.05}=0.8114$, $|r|=0.9467 > r_{0.05}$,故质控样的 I_{Mn} 值与pH值也存在相关性,且 $r < 0$,为负相关。

表3 质控样测定结果

	未调 pH	pH=0.5	pH=1.0	pH=1.5	pH=2.0	
1	1.82	2.06	1.85	1.85	1.69	
2	1.82	1.91	1.81	1.79	1.68	
3	1.85	2.07	1.78	1.78	1.71	
平均值	(mg/L)	1.83	2.01	1.82	1.81	1.69
有证标物浓度	(mg/L)			1.87 ± 0.2		
相对误差	%	-2.14	7.66	-2.85	-3.39	-9.45

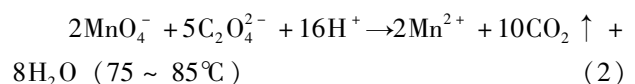
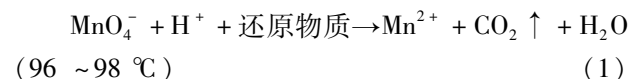
图3 质控样 pH与 I_{Mn} 的关系

综上,保存剂的加入量与水样的浓度对测定结果有一定影响,且随着保存剂的加入量即酸度的提高,样品的高锰酸盐指数浓度越高。当试样pH分别为1.0和1.5时,所测得 I_{Mn} 值基本一致,且与

未调节pH试样的 I_{Mn} 值最接近。水样的 I_{Mn} 值与pH值存在相关性,且 $r < 0$,为负相关。

4.2 结果分析

酸性法测定高锰酸盐指数反应的实质是氧化还原反应,水样中发生的反应为:



酸度对氧化还原反应方向的影响大致可分为2种情况:一种是 H^+ 直接参加氧化还原反应造成的影响;另一种是 H^+ 与氧化剂或还原剂结合成难离解的化合物所产生的影响。从反应原理可以看出,酸度对此反应的影响主要是 H^+ 直接参加氧化还原反应所产生的。由反应式(1)和(2)可知,从

化学平衡的角度看,适当增加 H^+ 的浓度,反应向右进行,可以加快反应的进行^[6]。但是当酸度过高时,酸度增大也相当于增大了反应物的浓度,高锰酸钾氧化能力增强,样品中原来不能被氧化的还原性物质在较高酸度条件下被氧化,导致测定结果偏高,根据质量作用定律,化学反应速度与反应物浓度之积成正比,因此提高酸度可以加快反应的速度。氢离子浓度大,高锰酸钾氧化性增强,在酸性溶液中还可以氧化氯离子^[7]。当酸度过低,会发生: $2MnO_4^- + 2Mn^{2+} + 2H_2O \rightarrow 5MnO_2 \downarrow + 4H^+$ 反应, MnO_4^- 消耗了,影响了其对水体中无机和有机还原性物质的氧化,使测定结果偏低。所以,为保证该反应能有效进行,对体系的酸度条件有比较高的要求,酸性高锰酸盐滴定法要求水样的酸度为 $0.5 \sim 1.0 \text{ mol/L}$ ^[8],加入 5 mL [1 + 3] 的硫酸溶液后,水样中的酸度为 0.75 mol/L ,正好是这个范围的中间值,能保证高锰酸钾在有限的时间内发挥其最高的氧化效率^[9]。

5 结论

(1) 保存剂的加入量对样品高锰酸盐指数浓度的测定有一定影响,且随着保存剂的加入量即酸度的提高,样品的高锰酸盐指数浓度越高,即试样的 pH 与高锰酸盐指数呈负相关。

(2) 当试样 pH 分别为 1.0 和 1.5 时,所测得 I_{Mn} 值基本一致,且与未调节 pH 试样的 I_{Mn} 值最

接近。

(3) 因为反应体系的酸度对酸性高锰酸钾氧化法测定高锰酸盐指数的反应速度和方向有较大的影响,所以酸度必须适宜,否则将会导致测定结果出现偏差。因此采用此方法测定高锰酸盐指数时,一定要控制好反应体系的酸度。

(4) 要规范处置采好的水样,最好 6 h 内尽快分析,如果不能尽快分析,需要加固定剂保存时,一定要控制样品的酸度在 $\text{pH} = 1 \sim 2$,并按规范保存。

参考文献:

- [1] 地表水和污水监测技术规范: HJ/T 91 - 2002 [S].
- [2] 水质 样品的保存和管理技术规定: HJ 493 - 2009 [S].
- [3] 本书编委会. 水和废水监测分析方法 (第四版 增补版) [M]. 北京: 环境科学出版社, 2002.
- [4] 环境保护部. 国家地表水环境质量监测网监测任务作业指导书 (试行) [Z].
- [5] 水质 高锰酸盐指数的测定: GB11892 - 89 [S].
- [6] 王锋, 刁仁威, 宋胤卿. 酸性法测定高锰酸盐指数的影响因素 [J]. 东北水利水电, 2010, 28 (12): 13 - 14.
- [7] 霍丽丽, 孙志国. 高锰酸盐指数测定的主要影响因素分析 [J]. 辽宁师专学报 (自然科学版), 2010, 12 (2): 100 - 101.
- [8] 古昕聆. 测定高锰酸盐指数影响因素的探讨 [J]. 水利科技与经济, 2007, 13 (5): 324 - 324.
- [9] 蒋晶晶, 印军荣. 准确测定高锰酸盐指数的条件因素探讨 [J]. 污染防治技术, 2009 (3): 103 - 104.

Effect of Preservative (Sulfuric Acid) on Determination of Permanganate Index

DU Jiang, CHEN Li - qiong, YANG Xiao - hong, LIU Hui, LIU Jing
(Yunnan Environmental Monitoring Center, Kunming Yunnan 650034, China)

Abstract: When permanganate index is measured by the acidic method, the influence factors include the reagent concentration, the heating temperature, the heating time, the dropping point speed, and the acidity. This paper explored the effect of the sample preservative sulfuric acid on the determination of permanganate index. The results showed that the addition amount of preservative had a certain influence on the concentration of permanganate index, and the concentration became higher with the increase of acidity. Therefore, the acidity must be appropriate. Otherwise the measurement results would be biased.

Key words: acidic method for measuring permanganate index; preservative; determination; influence