

基于无人船走航监测技术的区域农用地灌溉用水现状调研

李大伟^{1*}, 曾显聪¹, 黄盛君², 蒙杰¹, 麦志远¹

(1. 珠海市西部生态环境监测中心, 广东 珠海 519000; 2. 广东省珠海市生态环境监测站, 广东 珠海 519000)

摘要: 对辖区内的 19 个中型灌区灌溉水进行采样测试, 同时采用无人船对灌区河道进行走航监测, 结合走航数据的无线传输, 最后通过软件对获取的数据与地图信息进行拟合, 直观地将无人船走航普查检测的监测结果通过一张图进行展示, 可以直观地发现问题河涌的潜在影响因素。结果表明: 灌区灌溉水的水质总体良好, 未发现重金属超标的点位, 超标项目集中在粪大肠菌群、全盐量、氯化物; 从综合污染指数来看, 各灌区的范围为 0.54~3.8, 15 个灌区属尚清洁水平, 4 个属污染水平; 考虑到辖区地理位置及海水倒灌的影响, 若不考虑全盐量、氯化物的影响, 19 个灌区的综合污染指数评价均属尚清洁水平, 基本可以满足居民灌溉需求。

关键词: 无人船; 走航; 灌溉用水; 河道; 质量评价

中图分类号: TQ 文献标志码: A 文章编号: 1000-1166(2023)02-0083-06

DOI: 10.20022/j.cnki.1000-1166.2023020083

Investigation of Current Situation of Irrigation Water in Regional Agricultural Land Based on Unmanned Ship Navigation Monitoring Technology / LI Dawei^{1*}, ZENG Xiancong¹, HUANG Shengjun², MENG Jie¹, MAI Zhiyuan¹ / (1. Zhuhai West Ecological Environment Monitoring Center, Zhuhai 519000, China; 2. Ecological Environment Monitoring Station of Zhuhai City, Guangdong Province, Zhuhai 519000, China)

Abstract: The irrigation water of 19 medium-sized irrigation areas within the jurisdiction was sampled and tested. At the same time, unmanned ships were used to monitor the navigation of the irrigation area watercourses. Combined with the wireless transmission of the navigation data, the acquired data and map information were finally matched by software, and the monitoring results of the unmanned ship navigation survey and detection were visually displayed through a map. The potential influence factors of the problem stream can be found intuitively. The results showed that the quality of irrigation water in the irrigation area was generally good, and no heavy metal exceeding the standard was found. The exceeding items were concentrated in fecal coliform, total salt and chloride. From the comprehensive pollution index, the range of each irrigation area is 0.54~3.8, 15 irrigation areas are still clean, and 4 are pollution level. Considering the geographical location of the area and the impact of seawater reverse irrigation, if the impact of total salt and chloride is not considered, the comprehensive pollution index of the 19 irrigation areas is evaluated to be still clean. It can basically meet the irrigation needs of residents.

Key words: unmanned boat; navigation; irrigation water; river; quality evaluation

无人船技术最先被用军事方面, 随着科技的发展, 如今无人船在各方面都取得了重大的突破, 在无人船领域, 欧美国家处于领先地位, 我国在无人船研究领域也取得了一些成果^[1-5]。无人船通过搭载各种传感器、GPS、无线传输模块等, 可以实现特定环境下的自主航行及与岸端控制中心的实时数据交互。目前, 船舶在自身信息感知方面的技术较为成

熟, 在周围环境信息感知还存在很多问题, 因此值得进一步研究^[6-7]。

农业用水安全是农作物生产的源头保证, 是决定农产品质量安全的重要因素之一。而灌溉水质对于农田土壤物理特性^[8]、土壤化学特征^[9]、农作物产量和品质^[10]都有十分重要的影响。灌溉水的安全是保障农产品质量安全的基础条件, 也是影响农

收稿日期: 2022-07-18

项目来源: 广东省重点领域研发计划项目(2020B1111360001)

作者简介: 李大伟(1982-)男, 汉族, 山东泰安人, 硕士, 主要从事监测工作, E-mail: 153940040@qq.com

通信作者: 李大伟, E-mail: 153940040@qq.com

作物生长的关键因素^[11],使用污水灌溉会使重金属元素在土壤富集,被农作物吸收,并通过食物链进入人体,影响人体健康^[12]。其中比较典型的例子就是由镉污染引起的痛痛病。根据国内的研究,只要灌溉水中的重金属控制在标准以下,就不会对作物及人体产生危害^[13]。灌溉区水质的主要污染来源有工业及城乡污水的排入,同时研究表明农业耕作对区域水质变化也有重要影响^[14-15],降雨和施肥的叠加是导致流域面源污染发生的主要因素^[16],化肥是农田氮、磷投入的最主要来源^[17]。

本研究依托无人船走航监测技术,对辖区现有19个灌区的灌溉水质开展调查,为全面掌握灌溉水质的现状,打赢碧水保卫战、净土攻坚战提供科学的数据支撑。同时,为改善灌区农业环境质量,确保农产品安全提供了依据。

1 灌溉水检测

1.1 点位布设原则

农用地灌溉水检测布点原则要从水污染对农业生产的危害出发,突出重点,照顾一般。按灌区污染源分布和水系流向布点,“入水处多布,出水处少布,重污染多布,轻污染少布”,把监测重点放在农业环境污染问题突出和对辖区农业经济发展有重要意义的地方,同时,通过无人船对灌区河流的走航监测,初步排查污染物来源。

本次排查主要是包括3个区8个乡镇19个灌区,所有灌区实际布设148个手工监测点位,同时对灌区约500公里的河流、河涌、排渠用无人船走航监测进行一次全覆盖排查。在排查过程中记录实际工作中的无人船的航行轨迹,对水面进行视频拍摄,对水下进行声呐图像的扫描,监测因子为COD、pH值、溶解氧、电导率、氨氮五参数。走航式水质监测过程中观察数据变化情况,判断排口对周边水域水质的影响。对所有在线水质监测无人船发现的水质异常排口,采用人工采样方式对排污口污水进行现场采样。

1.2 监测项目、监测时间、频次及统计分析

根据当地主要灌溉作物的用水时间确定监测时间,丰水期和枯水期各实验室监测1次,监测项目包含:五日生化需氧量、化学需氧量、悬浮物、阴离子表面活性剂、水温、pH值、全盐量、氯化物、硫化物、总汞、总镉、总砷、铬(六价)、总铅、总锌、硒、氟化物、总氰化物、石油类、挥发酚、苯、三氯乙醛、丙烯醛、硼、粪大肠菌群、蛔虫卵等27个指标。同时利用无

人船搭载在线检测设备对灌区的河流进项走航监测及入河排口的调查。灌区及监测点位如图1所示,拟开展调查水系如图2所示。实验室数据处理依照《农用水源环境质量监测技术规范》(NY/T396—2000)进行统计分析。

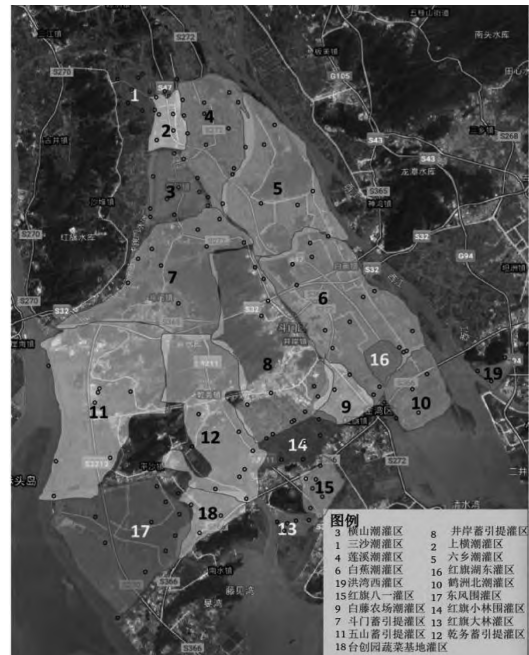


图1 灌区位置及监测点位图



图2 拟开展调查水系图

1.3 不同时期(丰水期和枯水期)灌溉水水质结果分析及评价

进行丰水期和枯水期监测。检测结果水质评价

如表 1 所示,丰水期和枯水期的主要超标项目均为粪大肠菌群、氯化物以及全盐量,pH 值在丰水期有个别点位出现超标情况。

丰水期共采集 19 个灌区 148 个监测点位采集 229 个样品,共 5382 份数据。总体超标率 1.90%,其中粪大肠菌群超标率达 25.1%,单项污染指数 0.19;氯化物超标率达 13.9%,单项污染指数 0.67;全盐量超标率达 3.1%,单项污染指数 0.28。

枯水期采样共采集 19 个灌区 148 个监测点位采集 228 个样品,共 5439 份数据。总体超标率 2.69%;其中粪大肠菌群超标率达 25.7%,单项污染指数 0.36;氯化物超标率达 22.1%,单项污染指数 1.62;全盐量超标率达 16.7%,单项污染指数 0.93。

丰水期的总体超标率和单项指标超标率均低于枯水期。丰水期的粪大肠菌群、氯化物和全盐量的污染程度显著低于枯水期。

19 个灌区中,超标率较高的为东风围灌区,未出现超标情况的是上横潮灌区和红旗八一灌区。莲溪潮灌区的污染指数较低,东风围灌区综合污染指数高,是 19 个灌区中污染最为严重的地区。导致灌区污染指数偏高的主要原因是粪大肠菌群数、氯化物、全盐量 3 个监测指标超标严重。

表 1 不同时期辖区农用地灌溉水质超标情况

序号	农田灌区名称	超标率/%			综合污染指数
		丰水期	枯水期	平均值	
1	莲溪潮灌区	0	1.75	0.87	0.54
2	斗门蓄引提灌区	1.5	1.2	1.35	0.55
3	上横潮灌区	0	0	0	0.56
4	横山潮灌区	0.77	1.7	1.24	0.56
5	六乡潮灌区	0	0.85	0.42	0.56
6	三沙潮灌区	1.52	1.63	1.56	0.57
7	井岸蓄引提灌区	1.59	2.05	1.82	0.57
8	红旗湖东灌区	2.35	1.88	2.11	0.58
9	白蕉潮灌区	1.07	1.93	1.13	0.59
10	红旗八一灌区	0	0	0	0.59
11	白藤农场潮灌区	2.04	0.51	1.28	0.62
12	鹤洲北潮灌区	2.35	1.47	1.91	0.63
13	红旗小林围灌区	2.8	1.2	2.4	0.8
14	洪湾西灌区	1.64	4.92	3.28	0.85
15	乾务蓄引提灌区	0.94	5.16	3.05	1.03
16	红旗大林灌区	7.06	4.71	5.88	1.47
17	五山蓄引提灌区	2.54	10.15	6.49	2.02
18	台创园蔬菜基地灌区	4.35	7.36	6.07	2.53
19	东风围灌区	6.94	7.56	7.27	3.8
合计	19	1.90	2.69	2.29	0.93

1.4 在线水质监测工作开展情况

无人船走航式监测的数据采用云洲智能水生态监测监管系统进行数据的实时可视化呈现和深度处理。在检测过程中,该系统可以实时呈现无人船的动态勘测轨迹、检测点位的水质类别分布、数据分布,点位详细的参数信息等,检测完成后可以对数据进行深度分析,包括以图表、水质分布图形式展示串场河的水质分布趋势。

对排查中发现的疑似暗管及明管上中下游采用无人船搭载在线监测仪器进行走航式水质监测,利用无人船完成 500 公里及 2450 个点位的 COD、pH 值、溶解氧、电导率、氨氮五参数在线自动监测。监测过程中同步回传监测数据,并生成水质分布图,可实时进行水质类别和排口性质判断。监测到的上中下游的数据,实时传输到控制系统,生成点位水质类别图,可实时了解排口排放污水对水域的影响,同时可以生成水质参数分布图,对不同水质因子的变化进行判断(见图 3)。



图 3 监测点位综合水质类别分布图实例

2 影响因素分析

2.1 全盐量和氯化物对灌溉水质的影响分析

两次采样分析的超标物主要是粪大肠菌群、氯化物、全盐量,其中氯化物和全盐量超标较为严重,对采样结果产生很大的影响,由于辖区地处珠江口下游,为此,将全盐量和氯化物是否参与灌溉水综合污染指数和超标率评价的结果进行对比说明,如表 2 所示。

表 2 全盐量和氯化物是否参与评价对比表

项目	污染指数	丰水期	枯水期
参与评价	综合污染指数	0.62(尚清洁)	1.47(污染)
	超标率/%	1.90	2.69
不参与评价	综合污染指数	0.61(尚清洁)	0.52(尚清洁)
	超标率/%	1.28	1.14

由表 2 可知,全盐量和氯化物在丰水期对水质综合污染指数评价结果无影响;而在枯水期对水质综合污染指数及超标率影响均较大,说明全盐量和氯化物对枯水期的水质影响更大。这与枯水期流量小、流速慢、水分蒸发浓缩较快而新鲜水源得不到补给有关。相对枯水期,丰水期受降雨、海水影响,水源充足,流量大,流速快,当地水网交错,水体量且水质较均匀。

2.2 涨退潮对灌区水质结果的影响分析

由于全盐量及氯化物的严重超标,直接影响了灌溉区污的综合污染指数,由于灌区地处珠江口下游,地势较低,水流缓慢,涨退潮对河流的水质影响比较大,为了探究不同时间(涨潮、退潮)的水质差异,在实施本项目时,在 159 个感潮监测点位采集样品 318 组。此次检测涉及 27 项检测项目,洪湾西灌区功能改变,不参与整体的涨退潮的超标率的计算。最终,获得 8555 个检测结果。结果分析如下。

涨、退潮样品的超标率之间无明显差异(见图 4),涨、退潮样品超标项目种类一致,且两者相应项目超标率之间无明显差异,其中,粪大肠菌群、氯化物和全盐量的超标率大于 10%(见图 5)。此外,在粪大肠菌群、氯化物和全盐量检测项目中,最高超标倍数在涨潮、退潮样品中无明显差异,其中氯化物的最高超标倍数最大。

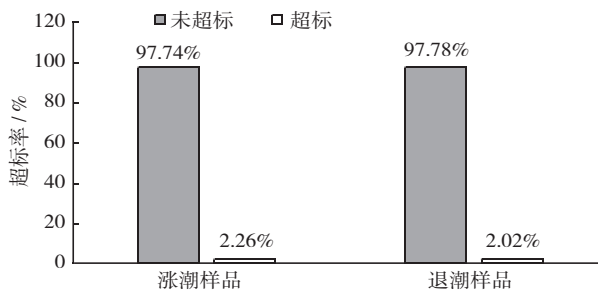


图 4 涨退潮样品超标率

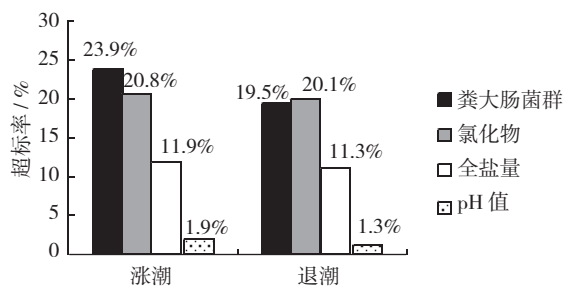


图 5 退涨潮样品单项超标率

涨、退潮样品的整体污染指数之间无明显差异,另外,检测项目的单项污染指数在涨潮、退潮样品中

无明显变化,其中,氯化物的污染指数最高。针对超标的检测项目,进行了涨、退潮两个时间点数据的 T-test 分析。由数据可得,涨、退潮两者之间的主要超标项目的超标率和污染指数均不存在显著差异($p > 0.05$)。

综上,涨、退潮样品的水质超标率、超标项目种类及相应超标率、最高超标倍数、整体污染指数和单项污染指数均无显著差异,即涨、退潮两个时间点的水质无明显差异。其中,粪大肠菌群、氯化物和全盐量的超标率大于 10%;氯化物的最高超标倍数、单项污染指数均为最大。

2.3 粪大肠菌群超标原因

粪大肠菌群是总大肠菌群中的一部分,用来表明水质受污染的程度,主要来自粪便。通过对粪大肠菌群的监测,可了解水体受生活污水污染的状况。

各灌区除了上横潮灌区及红旗八一灌区,其他灌区粪大肠菌群各有不同程度的超标。灌区各镇监测结果表明平沙镇、红旗镇、乾务镇和井岸镇各灌区的粪大肠菌群超标情况较为严重,超标原因主要来自于养殖围内水和生活污水。

水产养殖自身污染是指由于水产养殖活动的自身因素导致养殖水体环境及周边邻近水体中的污染物含量超过正常水平,导致水体的生态功能受到影响的水体状况。水产养殖自身污染主要来源于养殖场地周边的陆源污染、养殖过程中的过量投入品(人工饲料、水产苗种、渔用药物、肥料及其它非药品类等)以及由此所产出的固液态废弃物(残饵、代谢物以及固态物质的溶出成分等)。灌区水产养殖业发达,许多养殖户通过沟渠将含有大量鱼类粪便、未经处理的废水排入河中,水网密布、水量流动致使河水粪大肠菌交叉污染,大量繁殖造成超标。

同样,在部分居民密集区,污水管网的建设和管理相对滞后,居民生活污水处理设施不够完善,排污管将含有粪便的生活污水直接排入河流,部分居民也直接把生活污水(厨房用水、洗衣用水等)直接导入河中,导致河水中粪大肠菌群含量增加;禽畜粪便处理不当、污水管网与污水处理厂不配套、雨污分流不彻底、管网养护不到位也都是助长粪大肠菌群超标的原因。

3 结论和建议

3.1 结论

本项目开展两个时期从 19 个灌区 148 个监测

点位采集样品 457 个,从 457 组检测数据及汇总水质特征可以看出,16 项基本控制项目和 11 项选择性控制项目,与《农田灌溉水质标准》中相关标准值相比,除粪大肠菌群数、氯化物、全盐量超标外,其他项目均低于标准限值,样品超标率分别为 1.90% 和 2.69%,总体水质等级为 2。根据《农用水源环境质量监测技术规范》(NY/T396—2000),本研究发现:

(1) 辖区农用地灌溉区丰水、枯水期综合污染指数分别为 0.62 和 1.47。

(2) 19 个灌区的整体综合污染指数为 0.93,污染等级为 2,污染程度为尚清洁,其中莲溪潮灌区的污染指数最低为 0.54,东风围灌区综合污染指数高达 3.80,是 19 个灌区中污染最为严重的地区;

(3) 溉区灌溉水的水质总体良好,未发现重金属超标的点位,超标项目集中在粪大肠菌群、全盐量、氯化物;从综合污染指数来看,各灌区的范围为 0.54~3.8,15 个灌区属尚清洁水平,4 个属污染水平;若不考虑全盐量、氯化物的影响,19 个灌区的综合污染指数评价均属尚清洁水平。

(4) 本研究引进高新监测调查技术,采用无人船产品开展综合调查工作。涵盖水质采样、监测、暗管排查、现场录像等功能,真正实现“精准定位、精准治污、精准执法”的工作目的,为更好地开展治污普查工作提供决策数据,为精准治污工作的推进提供技术手段。通过无人船走航检测,结合一张图解决问题的思维,对所有的数据通过软件处理,最终体现在地图上,可以直观表现河流水质的情况。

3.2 对策和建议

3.2.1 养殖围内水处理

辖区水产养殖业发达,各镇各灌区中都可见大片的水产养殖鱼塘,水产养殖分布区域广,养殖多样化。针对水产养殖产生的排水,应进行就地处理后,再对外排放。

3.2.2 河道闸口管理

调查过程中发现的闸口管理混乱等问题,可以规范闸口管理,对闸口管理人员进行培训,加强管理人员的技能水平和责任心,让闸口管理人员严格遵循“涨潮时关闸,退潮时开闸”的规律开闸、关闸,确保上级下达准确命令后,确保闸口负责人能准确施行;定期对管理人员进行考核,提升管理水平。针对现阶段各灌区普遍存在海水养殖的情况,开关闸控制规律应根据实际需要以及灌区水质情况规划制定。

3.2.3 水利设施建设

调查过程中发现的闸门老化的问题,需报备相关部门及时修缮老化闸门,恢复其功能。对于部分河口淤泥堆积严重的问题,依据相关质量标准和技术规范,水利部门组织定期清理河口淤泥,确保内江河床低于外江退潮时的水位线,外江水能流入闸内进行换水。

3.2.4 加强生活污水收集处理

调查过程中发现部分临河民居违建房屋、直排污水,农村污水处理设施未接入收集处理管网、接口损毁泄露、管网建设铺设凌乱等现象,建议落实规划责任部门,加强实地调查研究,制订管网建设总体规划,加大基础设施建设投入,完善农村城镇污水管网设施,制订目标任务,分期进行实施。

参考文献:

- [1] CD Rodriguez-Ortiz. Automated bathymetry mapping using an autonomous surface craft [J]. Massachusetts Institute of Technology, 1996: 2161–4296.
- [2] Brown H, Meadows G, Jenkins L, et al. BathyBoat: Autonomous surface command and control for underwater vehicle networks [J/OL]. https://www.researchgate.net/publication/228681281_BathyBoat_Autonomous_surface_command_and_control_for_underwater_vehicle_networks, 2010.
- [3] Dickey T D, Itsweire E C, Moline M A, et al, 2008, Introduction to the Limnology and Oceanography special issue on autonomous and Lagrangian platforms and sensors (ALPS) [J]. Limnology and Oceanography, 2008, 53 (5Part2): 2057–2061.
- [4] Yan R, Pang S, Sun H, et al. Development and missions of unmanned surface vehicle [J]. Journal of Marine Science and Application, 2010, 9(4): 451–457.
- [5] Pastore T, Djapic V. Improving autonomy and control of autonomous surface vehicles in port protection and mine countermeasure scenarios [J]. Journal of Field Robotics, 2010, 27(6): 903–914.
- [6] Porathe T, Burmeister H C, Rodseth J. Maritime unmanned navigation through intelligence in networks: The MUNIN-project [C]//12th International Conference on Computer and IT Applications in the Maritime Industries, COMPIT'13, Cortona 15–17 April 2013, 177–183.
- [7] Naeem W, Xu T, Sutton R, et al. The design of a navigation, guidance, and control system for an unmanned surface vehicle for environmental monitoring [J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M:

- Journal of Engineering for the Maritime Environment , 2008 222(2) : 67 - 79.
- [8] 李法虎, 闫红, 庞昌乐, 等. 华北地区微咸水应用对土壤水力传导性能的影响 [J]. 农业工程学报, 2013, 29(2) : 73 - 80.
- [9] 宋新山, 邓伟, 章光新, 等. 钠吸附比及其在水体碱化特征评价中的应用 [J]. 水利学报, 2000, 31(7) : 70 - 76.
- [10] 龚家栋. 作物的耐盐性及盐水灌溉管理 [J]. 中国沙漠, 1995, 12(2) : 158 - 164.
- [11] 田力. 辽阳灌区农业灌溉用水水质评价 [J]. 水利技术监督, 2019(2) : 185 - 188.
- [12] 段飞舟, 高吉喜, 何江, 等. 灌溉水质对污灌区土壤重金属含量的影响分析 [J]. 农业环境科学学报, 2005(3) : 450 - 455.
- [13] 杨军. 灌溉水中重金属对土壤和农作物的污染风险 [D]. 重庆: 西南农业大学, 2005.
- [14] 庞燕, 项颂, 储昭升, 等. 洱海流域农业用地与入湖河流水质的关系研究 [J]. 环境科学, 2015, 36(11) : 4005 - 4012.
- [15] Pang Yan, Xiang Song, Chu Zhao sheng, et al. Relationship between agricultural land and water quality of inflow river in Erhai Lake Basin [J]. Environmental Science, 2015, 36(11) : 4005 - 4012.
- [16] 蒋鸿昆, 高海鹰, 张奇, 等. 抚仙湖梁王河流域农业耕作与流域水质响应关系研究 [J]. 环境科学, 2007, 28(10) : 2294 - 2300.
- [17] 郭泽慧, 刘洋, 黄懿梅, 等. 降雨和施肥对秦岭北麓俞家河水质的影响 [J]. 农业环境科学学报, 2017, 36(1) : 158 - 166.