

DB32

江 苏 省 地 方 标 准

DB32/XXX-202X

巡-采-测一体化无人船运行技术规范

Technical specifications for the operation of integrated patrolling,
sampling and monitoring unmanned vessels

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

江苏省市场监督管理局

发 布

目 次

前言 II

1 范围3

2 规范性引用文件.....3

3 术语和定义.....3

4 基本要求.....3

5 工作前准备.....5

6 巡-采-测作业.....5

7 质量控制.....6

8 安全运行要求.....7

9 应急处置.....7

附录 A（资料性）巡检作业所需工器具.....8

附录 B（资料性）水质无人船监测系统仪器性能指标技术要求9

附录 C（资料性）无人船巡检系统使用记录单10

附录 D（资料性）无人船地表水现场采样记录表 11

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由江苏省生态环境厅归口并组织实施。

本文件起草单位：江苏省镇江环境监测中心。

本文件主要起草人：殷伟庆、甘知辛、赵海荣、郭蕾、何媛媛、刘君、刘杨、蒋宝林、罗刚、曹旭静、耿勇超、薛剑、殷思敏、周旭平

巡-采-测一体化无人船运行技术规范

1 范围

本文件规定了巡-采-测一体化无人船基本要求、工作前准备、巡-采-测作业、质量控制、安全运行和应急处置等要求。

本文件适用于排水量低于 200 kg 巡-采-测一体化无人船在河流、湖泊和沟渠等区域进行的地表水监测。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 3838	地表水环境质量标准
HJ 91.2	水质 地表水环境质量监测技术规范
HJ 494	水质 采样技术指导
HJ 493	水质 样品的保存和管理技术规定

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

巡-采-测一体化无人船 integrated patrolling, sampling and monitoring unmanned vessels

集合自主巡航与导航定位，智能触发与定点采样，即时检测与数据回传等功能，能够远程遥控或自主航行的无人驾驶船（以下简称无人船）。无人船通常由船体、驱动装置、船载设备等组成。

3.2

平台 platform

由船体、电气设备、任务载荷接口、定位系统、动力系统等组合而成的智能化平台。

3.3

任务载荷 mission loading

指搭载在无人船平台上，为完成指定任务而配置的设备或仪器。

3.4

自主航行 autonomous navigation

根据目标任务，由平台按照预设航线进行安全航行的工作模式。

3.5

原位监测 in-situ monitoring

利用在线水质监测设备在水体指定位置直接开展的现场监测活动。

4 基本要求

4.1 无人船技术要求

4.1.1 水质监测用无人船分为小型和大型无人船。

a) 小型无人船指排水量 $<100\text{ kg}$ ，且船体长度 $<2\text{ m}$ 的无人船，主要适用于河流、湖泊和沟渠等水域，具有视觉巡检及定深采样功能；

b) 大型无人船指排水量 $\geq 100\text{ kg}$ ，或船体长度 $\geq 2\text{ m}$ 的无人船，主要适用于河流、湖泊等水域，具有视觉巡检、定深采样或分层采样、监测等功能。

4.1.2 无人船包括平台、任务载荷、通信系统和操控系统。

4.1.3 具有遥控、自主控制模式，具备卫星定位系统，具有自动巡检、自动避障、连续水质监测、水样采集和污染溯源追踪功能。

4.1.4 通过接收到的无线指令，对指定位置的目标水体按照要求的测量频率进行实时采样或监测，将采样或监测数据及相关信息自动存储并传送至地面接收端。

4.1.5 具备影像采集功能，支持实时传输图像等信息至岸基操控端，以便辅助远程巡查与取证。

4.1.6 应具有扩展性，可扩展搭载水文、气象等传感单元。

4.1.7 当发生通讯中断、动力电量低于设定阈值或触发故障报警时，能够安全返航至预设回收地点。

4.1.8 无人船静水最大航速 $\geq 2\text{ m/s}$ ，工作航速下，小型无人艇续航时间 $\geq 2\text{ h}$ ，大型无人船续航时间 $\geq 6\text{ h}$ 。

4.1.9 在平静水域自主航行工况下，系统航迹控制精度误差应不大于 2.5 m ，平面定位精度误差不大于 2 m 。通讯系统应满足遥控通信距离不小于 1 km 、基站通信距离不小于 2 km 的要求。

4.1.10 无人船应具备蒲氏3级风、3级浪的生存能力，蒲氏3级风、2级浪的作业能力。

4.2 采样装置

4.2.1 样品采集部件及流路管路满足防腐蚀、不吸附等要求，确保在正常工况下不与环境水体中的污染物发生物理或化学反应，且不影响监测因子的测定结果。

4.2.2 用于存放水样的水样瓶，根据具体监测项目，应符合HJ 493中对水样瓶材质要求。

4.2.3 采样容器及水样瓶应严格按HJ 91.2规定进行洗涤处理。采样完成后，样品瓶应保持完好，无泄漏状态，并存放于安全区域。

4.2.4 小型无人船水样采集量不小于 2 L ；大型无人船水样采集量不小于 6 L 。

4.2.5 采样深度精度应控制在 $\pm 0.3\text{ m}$ 内，采样量误差应控制在 $\pm 10\%$ ，采样深度应满足HJ 91.2采样点深度要求。

4.3 其它采样用具

根据采样目的与监测方案要求，采样前应按照HJ 494中的规定，配备相应的过滤器及过滤系统、样品箱、固定剂、标签与采样记录文件、个人安全防护用具等监测器材和辅助设施。

4.4 工作环境

4.4.1 实施作业前，应确认作业水域的水文、气象及水面环境等满足无人船安全航行要求，具体包括水深大于无人船最小吃水深度并留有安全余量，且气象条件优于蒲氏3级风、2级浪的阈值标准。当实际环境劣于上述阈值标准，禁止开展作业。

4.4.2 遇强电磁干扰、雷雨、闪电、台风等复杂恶劣条件时，禁止开展作业。

4.5 作业人员

4.5.1 应根据作业任务实际需求合理配置作业人员。无人船运行前，应明确工作内容、操作方法、作业流程及安全注意事项。

4.5.2 现场应至少配备两名具备水质采样工作经验的人员，其中负责操控无人船的人员应通过相关无人船操控技能培训。

5 工作前准备

5.1 编制监测方案

作业前应按照 HJ 91.2 的相关规定编制监测方案，明确采样目的、监测项目、对应采样方式及采样点位布设方案。

5.2 作业环境核查

5.2.1 作业前，作业人员应明确无人船作业流程，进行现场踏勘，确定作业内容和无人船投放、回收位置，了解路线情况、作业范围、水体宽度、水体流速、水体深度、障碍物分布、是否有缠绕物（水草、渔网）等，并根据作业内容合理制定计划。

5.2.2 作业前应根据监测方案规划航线，设置采样任务参数（如采样点位、采样深度、采样频次、采样容量等），必要时应向水行政主管部门进行申报。

5.2.3 现场作业前，应核实航线的合理性，并确认现场环境、气象条件等是否适合作业。

5.3 无人船状态检查

5.3.1 无人船投放前，作业人员应开展设备检查、系统自检，重点检查直接影响航行安全的动力系统、电气系统及航线设置。其中，电池剩余电量应不低于作业总续航需求 120 %；电机正反转启停应无卡顿、无异响；船体应无明显破损，推进器应无缠绕、叶片应无形变。电机运转状态检查及外观检查均属作业安全强制检查项，任一项目不合格，不得投放。

5.3.2 应检查采样容器和进样管路，使用前用蒸馏水清洗干净。

5.3.3 应在作业前准备好工具及备品备件等，完成无人船巡检系统的检查工作，确保各部件工作正常，巡检作业所需工器具见附录 A。

5.3.4 自主航行模式下，无人船应在视距范围内按照预先设置的路线航行 3 min~5 min，观察无人船工作状态。

6 巡-采-测作业

6.1 巡检

对地表水进行巡检，重点排查漂浮物、油花、异常排水等表面污染现象，对现场情况进行实时影像采集与回传，异常时采取声光等方式报警。

6.1.1 常规巡检

对地表水水面状况、排水等情况进行日常巡检，巡检时间间隔根据需求设定。

6.1.2 溯源巡检

通过对地表水重点位置或疑似污染源区域进行精细巡检，利用多角度视觉追溯污染扩散路径，实现对目标水体污染区域的水面状况全覆盖。

6.2 采样

6.2.1 自主航行采样

无人船按规划航线进行走航采样。

6.2.2 手动模式采样

根据现场情况需要，使用遥控器操控无人船航行到预设的采样点位，或自主航行时通过遥控器临时接管无人船进行采样。采样完成后，记录采样信息（如时间、位置、深度）

及环境参数。

6.2.3 采样操作

6.2.3.1 应按照 HJ 91.2 采样深度要求自动或手动操作无人船执行采样，结束后启用管路自动冲洗功能。

6.2.3.2 使用遥控器操控无人船（或自主航行）至下一个采样点位。

6.2.3.3 重复上述 6.2.3.1 和 6.2.3.2 步骤，直至全部水样采集完毕。

6.2.3.4 操控无人船靠岸，安全取出样品容器。

6.2.3.5 对于受现有保存技术限制无法保证样品代表性的项目，则不宜采用采样无人船进行水质样品采集。

6.2.4 样品保存

水样采集后，应按照 HJ 91.2 和 HJ 493 要求进行样品的预处理和保存。采样过程中暂无法同步完成固定剂添加、水样过滤等预处理操作，应在采样结束后由作业人员在岸边按规范统一处理。

6.3 水质监测

6.3.1 无人船应配置不少于 5 个光学或离子选择传感器接口，根据监测方案和 GB 3838 可选择性地实现 pH、水温、溶解氧、电导率、氨氮、叶绿素 a 等指标的原位监测。相关性能技术指标要求见附录 B。

6.3.2 具备远程指令接收与定点监测功能，支持时间设定、数据存储及数据传输等操作。监测仪器应配置手动校准功能及自清洗功能。

6.3.3 无人船水质监测设备应采用模块化设计，相同型号或类别的功能单元应具备互换性。在进行现场维修保障时，应能够在不影响其他单元及整体结构的条件下完成故障单元的更换。

6.3.4 无人船端应具备原始数据直接实时回传控制终端的功能，具备数据存储及数据输出功能。

6.3.5 巡检任务时，实时监测若发现异常，将自动或远程启动采样程序，按设定参数完成水样采集。

6.3.5 对于尚不具备现场测定技术条件的监测项目，可按要求采集样品后带回实验室分析。

6.4 巡-采-测一体化

无人船巡检过程中，可同步开启水质原位监测。若监测项目超出任务载荷范围，则启动水样采集操作，将水样带回实验室进行分析。

6.5 作业数据保存要求

6.5.1 无人船巡检记录单见附录 C。

6.5.2 采样过程中宜使用船载拍照/视频拍摄设备，记录采样水域现场状况。

6.5.3 水质采样原始数据，至少应包括采样位置、采样深度、采样时间、采样容量。

6.5.4 采集水样后，可参照 HJ 91.2 要求进行水质采样数据记录。无人船地表水采样数据至少应包括位置信息、时间信息、监测参数、监测项目，记录表可参照附录 D。

7 质量控制

7.1 按照 HJ 91.2 要求进行水质采样的质量控制。

7.2 按照 HJ 494 要求进行采样污染的控制。

7.3 采样结束前，应核对采样方案、记录和水样，如有错误和遗漏，应立即补采或重新采

样。

7.4 将样品注入样品瓶后，应按照 HJ 493 规定的要求进行样品的保存和运输管理。

7.5 任务载荷应定期校准与维护，确保数据可靠性。

8 运行安全要求

8.1 若作业区域天气、水文环境突变，应及时控制无人船返航或就近靠岸，以确保无人船安全。

8.2 若作业区域出现其他船只、人员、障碍物等，在确保安全后方可继续执行任务，否则应采取避让措施。

9 应急处置

9.1 若无人船通信长时间中断无法自动返航，应根据无人船失去联系前最后的地理坐标信息及时寻找。

9.2 设备出现故障无法恢复，且影响任务作业时，应立即终止作业，手动操控无人船返航或在合适区域靠岸。

9.3 若无人船出现失去动力或搁浅等故障，应采取相关辅助方法（如人工驾船拖曳）控制无人船就近在安全区域靠岸。

9.4 若无人船发生失控，应立即上报并采取拦截搜寻措施。

附录 A
(资料性)
巡检作业所需工器具

作业所需工器具见表 A.1。

表 A.1 作业所需工器具

序号	名称	单位	数量
1	船载电池（备用）	块	1
2	电池充电器	套	1
3	流速流向仪	台	按需配置
4	笔记本电脑	台	1
5	救生衣	套	根据人员数量配置
6	对讲系统	套	1
7	工具箱	套	1
8	充气船及配套工具	套	按需配置

附录 B

(资料性)

水质无人船监测系统仪器性能指标技术要求

水质无人船监测系统仪器性能指标技术要求如表B.1所示。

表B.1 水质无人船监测系统仪器性能指标技术要求

分析项目	检测方法	测量范围	检出限	精密度	准确度	稳定性		实际水样比对
						零点漂移	量程漂移	
pH	电极法	0~14	—	—	± 0.1	—	± 0.2	± 0.1
水温(℃)	电极法	-5~50	—	—	± 0.2	—	± 0.2	—
溶解氧 (mg/L)	电极法	0~50	—	—	± 0.3	—	± 0.3	± 0.3
电导率(μS/cm)	电极法	0~100	—	± 1%	± 1%	—	± 0.2	± 1%
氨氮 (mg/L)	电极法	0~5	≤ 0.1	± 5%	± 10%	≤ 1%	± 10%	± 10%
叶绿素 a (μg/L)	体内荧光法	0~200	≤ 0.3	± 15%	± 10%	≤ 0.1%	± 10%	± 10%
其他可加载的指标 ^①	—	—	—	± 10%	± 10%	≤ ±1%	± 10%	± 10%
注：①根据任务搭载不同监测模块设备。								

附录 C
(资料性)
无人船巡检系统使用记录单

无人船巡检系统使用记录单见表 C.1。

表 C.1 无人船巡检系统使用记录单

编号：		巡检时间： 年 月 日					
巡检路线 ^a							
任务类型							
使用船型		天气		流速		气温	
现场负责人		艘次		每艘次作业时间			
作业人员							
系统状态 ^b							
航线信息 ^c							
任务信息 ^d							
记录人：		现场负责人：（签名确认）					
^a 此栏填写线路巡视、缺陷核实、消缺复查、故障点查找等。 ^b 此栏记录无人船设备检查中发现的异常情况，航行平台、任务系统等异常状况及航后检查情况。 ^c 此栏记录航行中航线的变更信息、包括入水点、出水点、航线周边环境等的变化。 ^d 此栏记录任务设备，目标置等信息。							

附录 D
(资料性)
无人船地表水现场采样记录表

无人船地表水现场采样记录表填写要求如表D.1所示。

表D.1 无人船地表水采样数据记录表

水体名称			断面名称		经度		断面周边环境描述		断面水质表观			
					纬度							
采样日期			天气		宽度(m)			无人船编号				
					深度(m)							
采样位置	深度	采样时间	样品编号	监测项目	样品容器状态			采样体积(mL)	前处理方式	样品状态感官描述	固定剂名称	保存方式
					材质	颜色	容量					
采样人：					复核人：					审核人：		