

团体标准

T/JSCTS XX-XXXX

内河航道无人机智能巡查技术规范

Technical Specification for Inland Waterways Intelligent Inspection
with UAV

（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。

202x-xx-xx发布

202x-xx-xx实施

江苏省综合交通运输学会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本规定	1
5 巡查场景	1
5.1 巡查内容	2
5.2 无人机作业范围	2
5.3 巡查频次	2
6 巡查流程	2
6.1 巡查准备	3
6.2 航线规划	3
6.3 巡查作业	3
7 数据处理与巡查结果	3
7.1 数据处理	3
7.2 巡查结果	3
8 技术要求	4
8.2 无人机系统	4
8.3 无人机机载设备	4
8.4 无人机自动机场	5
8.5 智能巡查管理平台	5
参考文献	6

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。

本文件由苏交科集团股份有限公司提出。

本文件由江苏省综合交通运输学会归口。

本文件起草单位：常州市港航事业发展中心、苏交科集团股份有限公司、南京洛普股份有限公司、无锡市港航事业发展中心、南京智行信息科技有限公司、博视智能科技有限公司。

本文件主要起草人：高峰、饶志刚、周浩、虞冬冬、王伟、程雯、李子龙、朱力琦、李嫦娥、费菲、杜圣康、罗学恩、王静、顾震强、杨丹妮、沈学智、徐渲、赵倩梅、周涵、王皦然、周舟、李诚、邵官阁、洪卫星、许贺、毛明洁、张雪、吴晓琳、张苗、刘丹丹。

内河航道无人机智能巡查技术规范

1 范围

本文件规定了内河航道无人机智能巡查基本规定、巡查场景、巡查流程、数据处理与标准成果、技术要求的要求。

本文件适用于内河航道（不含船闸）的无人机智能巡查。

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。

JTJ 287-2005 内河航道维护技术规范

GB 42590-2023 民用无人驾驶航空器系统安全要求

DB32/T 4655-2024 内河智慧航道建设总体技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

无人机 Unmanned Aerial Vehicle (UAV)

由遥控设备或自备程序控制装置操纵,机上无人驾驶的航空器。

[来源：GB/T 38152-2019]

3.2

智能巡查 intelligent inspection

利用无人机及自动化巡检系统对内河航道进行智能化巡查的过程。

[来源：DB3205/T 1147-2024, 3.4, 有修改]

3.3

智能巡查管理平台 intelligent inspection

集成无人机控制、任务规划、数据管理、智能分析等功能，用于实现对内河航道无人机智能巡查任务的软件系统。

4 基本规定

4.1 无人机智能巡查应确保安全可靠。

4.2 无人机巡查过程应减少对内河生态环境的影响，避免干扰水生生物和周边生态。

4.3 无人机智能巡查作业应严格遵守国家和地方的航空管理规定，确保飞行安全。航道巡检作业在飞行前应完成下列手续：

- 在民用无人驾驶航空器综合管理平台实名登记无人机和操作人员的相关信息；
- 获得航道范围空域使用批复文件；
- 每次巡检作业前报批飞行计划。

4.4 无人机及相关附属设备应具备良好的抗风性和环境适应性，确保在复杂气象条件下正常运行。

4.5 利用智能巡查管理平台对无人机采集数据进行接收，并监控无人机的飞行状态及数据采集情况。

4.6 宜利用与人工智能和大数据相关的模型算法，对航道巡查采集数据进行智能处理与分析。

5 巡查场景

5.1 巡查内容

5.1.1 航道基础设施巡查包括但不限于以下内容：

- a) 航道护岸：局部破损、坍塌等；
- b) 航道边坡：局部破损、滑坡、塌方等；
- c) 沿线服务区、锚地等码头：局部破损等。

5.1.2 航道标志与助航设施巡查包括但不限于以下内容：

- a) 航标：结构损坏或缺失、灯光失效等；
- b) 信号灯：灯光失效等；
- c) 航道标牌：结构损坏或缺失、遮挡、内容模糊等；

5.1.3 航道环境巡查包括但不限于以下内容：

- a) 漂浮物：垃圾、油污、水生植物等；
- b) 岸线：植被破损、垃圾倾倒、非法占用等。

5.1.4 通航船舶巡查包括但不限于以下内容：

- a) 通航船舶：违规行为；
- b) 船舶污染：油污排放、垃圾倾倒等。

5.1.5 航道应急巡查包括但不限于以下内容：

- a) 突发事件：洪水、滑坡、船舶碰撞等；
- b) 应急响应：实时影像及数据；

5.2 无人机作业范围

5.2.1 航道基础设施巡查作业范围包括：

- a) 航道护岸：沿护岸走向，由护岸结构线向两侧延伸 20-25 米的空域；
- b) 航道边坡：边坡整体坡面及坡顶线向两侧延伸 20-25 米的空域；
- c) 沿线服务区、锚地等码头：码头全部结构及其停泊水域向外扩展 30 米的空域。

5.2.2 航道标志与助航设施巡查作业范围包括：

- a) 航标：以航标为中心，半径 15-20 米的球形空域；
- b) 信号灯和指示牌：以设施为中心，半径 25 米的球形空域，并可沿其主可视方向进行巡飞。

5.2.3 航道环境巡查作业范围包括：

- a) 漂浮物：覆盖航道设计宽度的空域；
- b) 岸线环境：沿岸线，覆盖自水位线向陆域侧延伸 40-50 米的空域。

5.2.4 航道船舶与通航巡查作业范围包括：

- a) 通航船舶：覆盖航道设计宽度，并保持与航行船舶的安全距离（水平距离不小于 50 米，垂直距离不小于 20 米）的空域；
- b) 船舶污染：覆盖目标船舶及其周围 30 米空域，宜悬停监视舷外排放口。

5.2.5 航道应急巡查作业范围包括：

- a) 突发事件：监测以事发地点为中心，根据事件等级确定范围（一般事件覆盖半径 500 米，重大事件覆盖半径 1000 米）；
- b) 应急响应支持：根据救援需求动态确定，通常覆盖事故区域及救援通道。

5.3 巡查频次

5.3.1 航道基础设施巡查、航道标志与助航设施巡查、航道环境巡查、通航船舶巡查等日常巡查频次宜为每周 3-5 次；

5.3.2 突发事件监测等应急巡查根据需要随时放飞。

6 巡查流程

6.1 巡查准备

6.1.1 巡查作业开始前，应对航道及周边区域进行现场勘察，内容包括但不限于地形地貌、植被分布、临近机场、关键设施、建筑物、障碍物等。

6.1.2 应对每次飞行任务明确巡查内容及作业范围，制定详细巡查计划，包括但不限于航线、高度、速度等。

6.1.3 执行飞行任务前，应检查：

- a) 无人机及其载荷状态（如高清摄像头、激光雷达等）；
- b) 电池电量、通信设备、存储设备等；
- c) 作业区域的气象条件（如风速、温度、降水）。

6.2 航线规划

6.2.1 航线规划应遵循 T/JSCTS 69-2025 的规定。

6.2.2 针对内河航道巡查应用需求，航线规划还应满足以下技术要求：

a) 航道基础设施巡查、航道标志与助航设施巡查：飞行速度宜为 5-10 米/秒，飞行高度宜在 30-45 米之间，针对局部破损等情况，可适当放大变焦倍数；

b) 航道环境巡查、通航船舶巡查：飞行速度宜为 10-15 米/秒，飞行高度宜在 70-80 米之间，在无障碍物情况下，可降低飞行高度至 30-50 米范围，并降低变焦倍数；

6.3 巡查作业

6.3.1 根据不同航道巡查内容预设的航线及飞行频次，执行无人机自动起飞，无人机起降时应保持螺旋桨旋转半径 50 米范围内无其他无关人员、重要设施及其他障碍物。

6.3.2 无人机搭载的高清摄像头、激光雷达等设备进行数据采集时，应符合以下要求：

a) 高清摄像头采用“正射+多角度倾斜（30-60 度）”组合拍摄，正射视角覆盖整体范围，倾斜视角聚焦结构细节（如护岸墙面、桥墩侧面）；航道标志与助航设施（航标、指示牌）需增加垂直俯拍（80-90 度）和水平侧拍（0-10 度），确保标识文字、灯器状态完整呈现；

b) 激光雷达进行护岸结构巡查等任务时，应保证与高精度 GNSS/IMU 组合导航系统（如 RTK）同步工作，并确保其时间同步精度优于 1 毫秒。

6.3.3 发现异常情况时，应及时记录并进一步勘察。

6.3.4 巡查采集数据应存储和备份，以备后续查询和分析。

7 数据处理与巡查结果

7.1 数据处理

7.1.1 应对巡查采集数据完整性和准确性进行校验，对于异常数据进行补采或重采。

7.1.2 对采集的数据进行标注，包含时间、地点、巡查内容、异常情况等。

7.1.3 巡查采集数据传输及存储安全要求遵循 DB32/T 4655-2024 12.6 信息安全的规定。

7.1.4 对无人机巡查采集的数据进行智能分析时，应符合以下要求：

- a) 宜采用基于深度学习的算法模型，实现航道目标的自动特征提取、识别与分类。
- b) 航道典型目标物（如航标、船舶、护岸设施）的自动识别与分类准确率不应低于 85%。
- c) 目标物的地理定位精度（即识别框中心点或特征点与目标实际位置的平面距离误差）应优于 1 米。

7.2 巡查结果

7.2.1 巡查结果应以结构化数据与非结构化数据相结合的形式输出，并归档长期保存，包含以下内容：

- a) 任务元数据：编号、执行时间、巡查航段、无人机及载荷信息、操作员等；

b) 原始数据：采集的影像、视频、激光点云等数据，及其存储路径、格式、关联的空间位置信息；

c) 分析结果：基于智能分析识别的目标（如航标、船舶、设施）及其属性、位置、状态；

d) 异常事件：自动检测或人工标记的异常情况（如设施损坏、船舶违章），需包含事件类型、位置、级别、现场影像证据及初步研判结论；

e) 统计与报告：基于分析成果生成的统计图表、巡查简报及标准化的专题报告。

7.2.2 无人机航道巡查专题报告，包括但不限于以下内容：

a) 任务概述：名称、时间、地点、内容；

b) 任务执行情况：无人机信息、飞行参数、数据采集情况、完成情况；

c) 数据分析结果：目标识别与分类、异常情况；

d) 附件：巡查照片等。

7.2.3 巡查原始数据应在任务结束后 2 小时内完成上传与预处理；异常事件应在智能识别或人工确认后 10 分钟内生成预警信息并推送至相关责任人；巡查结果应在任务结束后 4 小时内生成并可调用。

8 技术要求

8.1 内河航道无人机智能巡查系统包含无人机系统、机载设备、自动机场、巡查管理平台及地面保障设施等。

8.2 无人机系统

8.2.1 飞行性能参数应符合以下要求：

a) 最长飞行时间不低于 40 分钟，最长悬停时间不低于 30 分钟；

b) 最大续航里程不低于 20 公里，最小作业半径不低于 5 公里；

c) 抗风等级不低于 5 级；

d) 最大升限不低于 120 米；

e) 最大载荷重量不低于 700 克，满足多传感器同时搭载需求。

8.2.2 飞行控制系统应符合以下要求：

a) 支持自动巡检、手动操控及半自动模式等多种飞行模式，支持飞行任务中断后的自动返航及任务恢复。

b) 具备紧急避障功能，能够在检测到障碍物时自动调整飞行路线。

c) 支持无人机飞行状态实时监控，包括位置、速度、姿态等信息。

d) 具备高精度定位功能，悬停时水平定位精度不低于 30 厘米，垂直定位精度不低于 50 厘米。

e) 具备良好的姿态控制能力，俯仰角控制精度、横滚角控制精度均不大于 0.3° ，航向角控制精度不大于 0.5° 。

8.2.3 通信与数据传输参数应符合以下要求：

a) 遥控距离不低于 10 公里，图传距离不低于 7 公里；

b) 上行传输能力不低于 1Mbps，传输延迟应不高于 100 毫秒；

c) 下行传输能力不低于 10Mbps，传输延迟应不高于 200 毫秒；

d) 支持 2.4GHz/5.8GHz 双频段通信，并支持切换 4G/5G 通信链路，扩展通信距离。

8.2.4 维护与保养参数应符合以下要求：

a) 整机使用寿命不低于 3 年，核心部件（如电机、电池）寿命不低于 2000 小时；

b) 支持实时故障诊断，提供故障代码及解决方案；

c) 飞行时长达到 200 小时应进行维护保养。

8.2.5 安全性能参数应符合 GB 42590-2023 4 安全要求。

8.3 无人机机载设备

8.3.1 根据巡查内容选择不同类型载荷，性能参数应符合以下要求：

- a) 高清摄像头：适用于航道及周边区域范围内地物外观变化观测，分辨率不低于 2000 万像素，需支持高倍率变焦拍摄，变焦倍率不低于 10 倍，支持 4K 视频录制，帧率不低于 30 帧/秒；
- b) 激光雷达：适用于航道及附属设施形变监测，激光点频不低于 20 万点/秒，最大测量距离不低于 200 米，高程、平面测量精度优于 5 厘米；
- c) 热红外相机：适用于夜间巡查，成像分辨率不低于 640×512 像素；

8.4 无人机自动机场

8.4.1 综合考虑巡查无人机性能及巡查需求进行无人机自动机场布设，自动机场安装位置地面高度角 15° 范围内应无信号遮挡物存在。

8.4.2 应配备 RTK 基站，支持接收 GPS、BeiDou2/BeiDou3、GLONASS、Galileo 等卫星频率。

8.4.3 应配备风速传感器、雨量传感器、环境温度传感器、水浸传感器、舱内温度传感器及舱内湿度传感器。

8.4.4 应具备相应的防护装置，如防雷装置和天线，以确保设备的安全。

8.4.5 应具备不间断电源（UPS）或内置备用电池系统。在主电源断电后，应急供电系统应能立即切换，并保证自动机场至少能持续运行不低于 2 小时。

8.4.6 支持 4G/5G、Wi-Fi、蓝牙等多种通信方式，确保数据传输的稳定性和安全性。

8.5 智能巡查管理平台

8.5.1 平台应具备任务规划、飞行控制、实时监控、数据管理、设备管理及用户权限管理等核心功能，支持 Web 端与移动端访问，系统可用性不低于 99.9%。

8.5.2 平台应具备多源数据融合处理能力，支持无人机实时图传视频（可见光/红外/热成像等多光谱）、航拍影像（高分辨率正射/倾斜摄影）、地面监控数据（如双光谱视频、传感器监测信息）的同屏显示、关联分析与协同调用。

8.5.3 平台应集成或具备目标智能识别与变化检测算法模型，能够对巡查数据（如影像、视频）进行自动分析，实现对航道障碍物、设施损坏、船舶违章、环境污染等典型目标的自动识别与异常事件的实时预警。

8.5.4 平台应提供标准化的数据服务接口（API），支持将巡查结果、分析报告及预警信息按授权推送至上级航道管理信息系统或相关业务平台，实现数据共享与业务协同。

8.5.5 平台在处理并发飞行任务、实时视频流及海量时空数据时应流畅稳定，关键操作指令响应延迟应小于 2 秒。平台应对所有传输和存储的数据进行加密。

8.5.6 无人机与智能巡查平台间应建立可靠通信链路。

参考文献

- [1] MH/T 1069-2018 无人驾驶航空器系统作业飞行技术规范
- [2] DB 3205/T 1147-2024 无人机河湖智能巡查要求
- [3] DB 5101/T 79.5-2020 无人机服务规范 第 5 部分：航拍
- [4] JTS/T320-2021 航道养护技术规范
- [5] T/AOPA 0053-2023 架空配电线路多旋翼无人机通道巡检作业规范
- [6] T/LYCY 3071-2024 森林草原防火无人机监测技术规范