

ICS 编号

CCS 编号

团体标准

T/CHES XXX—2021

代替 T/CHES XXX—XXXX

河湖监管无人机应用技术导则

Technical guidelines of UAV supervision for rivers and lakes

（征求意见稿）

请将你们发现的有关专利的内容和支持性文件随意见一并返回

与国际标准的一致性程度标识

专利声明

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国水利学会 发布

目 次

前 言	IV
引 言	V
1 总则	1
2 规范性引用文件	1
3 术语	1
4 基本原则	2
4.1 适用性原则	2
4.2 规范性原则	2
4.3 可行性原则	2
4.4 安全性原则	2
5 应用模式与应用场景	2
5.1 应用模式	2
5.2 应用场景	3
5.2.1 水域岸线监管	3
5.2.2 河湖采砂监管	3
5.2.3 涉河建设项目和活动监管	3
5.2.4 水环境监管	4
6 无人机应用系统参考要求	4
6.1 无人机飞行平台	4
6.2 飞行控制系统	5
6.3 任务载荷系统	6
6.4 地面测控系统	7
6.5 地面保障系统	8
6.6 数据处理系统	8
7 无人机河湖监管技术作业流程	8
7.1 前期准备	8
7.1.1 资料收集	8
7.1.2 现场查勘	9
7.1.3 确定无人机应用系统	9
7.1.4 空域申请	9
7.1.5 地面辅助	9
7.1.6 航线设计	9
7.2 数据采集	10
7.2.1 飞前检查	10
7.2.2 气象条件	10
7.2.3 航飞作业	10
7.2.4 成果导出	12
7.2.5 应急处理	12
7.2.6 设备维护	12
7.3 数据处理	12
7.3.1 视频、照片处理	12

7.3.2 数字正射影像图、数字快拼图制作12

7.3.3 数字高程模型制作13

7.3.4 实景三维模型制作13

7.3.5 光谱分析成果制作13

7.3.6 观测数据处理13

7.4 成果汇总14

8 成果质量要求15

附录 A 无人机航空摄影因子表19

附录 B 无人机河湖监管飞行记录表20

前 言

本标准按 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的规则起草。

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这些专利的责任。

本标准由水利部河湖保护中心、中水北方勘测设计研究有限责任公司提出，本标准由中国水利学会归口。

本标准起草单位：水利部河湖保护中心、中水北方勘测设计研究有限责任公司。

本标准起草人：

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国水利学会标准化办公室。

引 言

在河湖监管工作中，无人机遥感具有较高的空间分辨率、时效性和灵活性，可以快速获取各类地表目标的分布、种类及几何特征等指标，通过与相关河湖基础资料叠加分析，得到较为直观的河湖水域岸线的环境现状，为河湖监管提供有力支撑。因此，有必要制订无人机在河湖监管领域的应用技术标准，从外业实施到内业数据处理、分析、成果的提交等河湖监管作业流程，对监管目标的数据采集、数据处理、目标识别、提取以及成果做出相应规定，为河湖监管无人机应用提供指导，实现技术应用的规范化、标准化。

1 总则

本标准规定了河湖监管无人机应用的工作流程及技术要求，从无人机应用模式及场景、无人机应用系统要求、技术设计、作业流程、数据采集、数据处理与分析、成果质量控制等方面，规定了无人机在河湖监管领域的应用技术标准。

本标准适用于从事河湖监督管理工作的人员使用无人机对河湖形象面貌进行检查作业。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改版本）适用于本文件。

GB/T 14950—2009 摄影测量与遥感术语

GB/T 7931 1:500 1:1000 1:2000 地形图航空摄影测量外业规范

GB/T 39612—2020 低空数字航摄与数据处理规范

SL 219—2013 水环境监管规范

CH/Z 3001 无人机航摄安全作业基本要求

CH/T 3002 无人机航摄系统技术要求

CH/Z 3003—2010 低空数字航空摄影测量内业规范

CH/Z 3004—2010 低空数字航空摄影测量外业规范

CH/Z 3005—2010 低空数字航空摄影规范

DD 2013—12 多/高光谱遥感数据处理技术规程

GB/T 36540—2018 水体可见光—短波红外光谱反射率测量

CH/T 3007.1—2011 数字航空摄影测量测图规范第 1 部分：1:500 1:1000 1:2000 数字高程模型数字正射影像图数字线划图

DB 63/T 1954—2021 水文流量监测 无人机操作规程

GB/T 39610—2020 倾斜数字航空摄影技术规程

CH/T 8023—2011 机载激光雷达数据处理技术规范

CH/T 8024—2011 机载激光雷达数据获取技术规范

GB/T 38996 民用轻小型固定翼无人机飞行控制系统通用要求

GB/T 38997 轻小型多旋翼无人机飞行控制与导航系统通用要求

3 术语

3.1 河湖监管 (River and lake Supervision)

河湖监管是指河湖监督管理部门对河湖的各项环境因素、开发活动的监督管理。主要包括水域岸线监管、河湖采砂监管、涉河建设项目和活动监管、水环境监管等。

3.2 河湖监管无人机应用系统 (River and lake Supervision UAV Application System)

河湖监管无人机应用系统是指采用无人机技术实现河湖监管的整套系统。主要包括无人机飞行平台、飞行控制系统、任务载荷系统、地面测控系统、地面保障系统以及数据处理系统。

3.3 无人机自动机场系统 UAV Automatic Airport System

无人机自动机场系统是一种能够远程操控无人机执行航线任务，免拆装、自动起飞降落执行航线任务，兼有充电、停机、实时传输、数据存储等功能的整套系统。

3.4 概查 General Survey

概查是指针对河湖水域岸线开展全面的检查，采集宏观基础信息。

3.5 详查 Detailed Survey

详查指按照检查需求，针对重点区域开展详细检查，采集水域岸线、涉河建设项目和活动、河湖采砂、水环境等相关信息。

3.6 应急检查 Emergency Survey

应急检查指针对影响河湖行洪、生态安全的自然灾害（如山洪、堰塞湖、泥石流等）、人为活动（如采砂、重大水污染事件等），采用无人机对受灾或受污染区域内的河湖状态、水文要素、水环境等进行应急监测。

4 基本原则

4.1 适用性原则

无人机河湖监管应用需根据具体的监管目标，选择适宜的应用场景和应用模式，确保监管成果的可靠性、时效性。

4.2 规范性原则

无人机河湖监管应用需以程序化和系统化的方式规范工作程序和工作方法，确保监管成果的科学性、合理性与客观性。

4.3 可行性原则

无人机河湖监管应用具体技术要求不低于强制性标准规定，综合考虑监管效率、无人机技术水平等因素，确保无人机应用的可行性。

4.4 安全性原则

无人机河湖监管应用需严格遵守中国民用航空局发布的民用无人驾驶航空器的空中交通、实名登记、驾驶员管理以及运行等相关规定，确保无人机操作的合法性、合规性与安全性。

5 应用模式与应用场景

河湖监管无人机技术应用适用于传统人工监管模式信息获取不丰富（受限于视野导致观察不全面、不清晰、无法定量分析）、获取不及时、作业效率低、突发状况下人员难以到达现场等情况。

5.1 应用模式

河湖监管无人机应用分为概查和详查两个应用模式。

概查为通过无人机航空摄影测量技术，提取河湖管理范围内的水域和岸线变化情况，并进行对比分析，确定可疑区域。

详查为对无人机概查、卫星遥感或人工等手段发现的可疑区域进行详细调查，以及对临时发生的洪涝、地质灾害、突发事件的事发地进行应急检查。

5.2 应用场景

根据河湖监管的内容划分，可分为水域岸线监管、河湖采砂监管、涉河建设项目和活动监管以及水环境监管四种应用场景。

5.2.1 水域岸线监管

通过无人机航空摄影测量技术，提取水域岸线基础信息，叠加河湖管理范围线、河湖岸线分区信息，为水域岸线监管工作提供数据支撑。

无人机采集内容参照表格 5.2.1。

表 5.2.1 水域岸线监管内容对照表

序号	内容	提取要素				
		位置	长度	面积	边界	阻碍行洪障碍物类型、高度、体积
1	围垦湖泊、河流	√	√	√	√	
2	种植高秆作物、林木	√		√	√	√
3	岸线、沙洲开发利用	√	√	√	√	
4	围网养殖	√		√	√	
5	堆放固体废物	√		√	√	√

5.2.2 河湖采砂监管

通过无人机航空摄影测量、激光雷达等技术，掌握河道采砂现状，并与许可采砂范围等信息叠加，对旱采机具、水采船只的工作状态进行数据采集。

无人机采集内容参照表格 5.2.2。

表 5.2.2 河道采砂监管内容对照表

序号	内容	提取要素			
		位置	采砂机具、船只数量	边界	采砂方量
1	旱地挖砂取土	√	√	√	√
2	采砂船水下采砂作业	√	√		

5.2.3 涉河建设项目和活动监管

通过无人机航空摄影测量、激光雷达等技术，采集临、跨、穿河建筑物或构筑物体量、涉河活动等信息，为涉河建设项目和活动管理提供技术支持。

无人机采集内容参照表格 5.2.3。

表 5.2.3 涉河建设项目和活动监管内容对照表

序号	内容	提取要素				
		位置	占地面积	边界	建筑物高度、层数	建筑物类型、活动性质
1	河湖管理范围内建筑物、构筑物	√	√	√	√	√
2	打井、爆破、集市等生产活动	√	√	√		√

5.2.4 水环境监管

通过无人机航空摄影测量、多/高光谱遥感、水文雷达等技术，检查污染源、污染范围、黑臭水体、水华污染范围以及突发灾害对水体的影响等水环境状况。

无人机采集内容参照表格 5.2.4。

表 5.2.4 水环境监管内容对照表

序号	内容	提取要素			
		位置	面积	边界	水体污染程度
1	清洗车辆、容器	√			
2	向河湖排放污水	√	√	√	
3	水生植物污染	√	√	√	√
4	水体黑臭现象	√	√	√	√
5	设置排污口	√			
6	突发洪涝、地质灾害	√	√	√	

6 无人机应用系统参考要求

针对河湖监管不同的应用模式和应用场景，具体的无人机应用分项系统须具备如下参考要求：

6.1 无人机飞行平台

无人机飞行平台的类型包括多旋翼无人机、固定翼无人机、复合翼无人机：

- 多旋翼无人机，是一种具有三个及以上旋翼轴的特殊无人驾驶直升机。主要适用于快捷、悬停、低速、有垂直起降和悬停要求的河湖监管任务类型。
- 固定翼无人机，是机翼外端后掠角可随速度自动或手动调整的机翼固定的一类无人机。主要适用于长距离远程且具备起降条件的河湖监管任务类型。
- 复合翼无人机指的是固定翼与多旋翼无人机型的组合。主要适用于地形起降条件较为恶劣、监管范围较大或距离较长的河湖监管任务类型。

根据作业区域的位置、形状、海拔、地形、空间分布等自然地理特征因素进行综合分析，

选择无人机机型，具体参考表格 6.1。

表 6.1 适用机型参考对照表

目标类型	监管目标	特性、环境	参考机型
点状目标	采砂船、建筑物、构筑物、排污口等对象	快捷、悬停、低速；	多旋翼
线状目标	河流、渠道等对象	顺直（弯曲系数 <1.3 ），作业长度 $>1/2$ 航程；	多旋翼、固定翼、复合翼
		弯曲（弯曲系数 >1.3 ），作业长度 $<1/2$ 航程；	多旋翼
面状目标	湖泊、水库等对象	面积 $<5\text{km}^2$ ；岸线发育系数 >2 ；地形高差 $>1/2$ 航高；	多旋翼
		面积 $>5\text{km}^2$ ，岸线发育系数 <2 ；地形高差 $<1/2$ 航高。	固定翼、复合翼

6.2 飞行控制系统

基础飞行控制系统用于无人机的航线规划、自主飞行控制和飞行管理，主要包括飞行控制计算机、自动驾驶仪、GNSS、航姿测量系统、高度计等。

根据实施流程自动化的程度对河湖监管无人机巡航模式分为：

（1）人工操控巡航

根据监管任务设计航线，手动操作无人机按照设计航线执行任务为半自动巡航作业；起降及采集过程均为人为操作的为手动巡航作业。

- a) 飞行模式参考要求：要求具备手动、辅助、任务、返航四种以上飞行管理模式；
- b) 信息显示参考要求：具备实时测量风速、气压高度、电机（发动机）转速等信息；
- c) 姿态控制参考要求：能稳定控制飞行姿态，侧滚角误差小于 $\pm 2^\circ$ ，俯仰角误差小于 $\pm 2^\circ$ ，偏航角误差小于 $\pm 6^\circ$ ，偏航距小于 $\pm 20\text{m}$ ，航高差小于 $\pm 20\text{m}$ 。

（2）全自动巡航

远程操控无人机执行航线任务，免拆装、自动起飞降落执行航线任务，兼有充电、停机、实时传输、数据存储等功能的整套系统，全自动巡航作业模式可采用同站式巡查、异站式巡查和多机场联动，整个流程模式实现自动化。无人机自动化机场由无人机、自动停机坪、外部环境感知系统和后台控制中心四大部分组成。

- a) 自动充电参考要求：功率不小于 1700W ，充电周期不长于 120 分钟；
- b) 工作环境温度参考要求： -30°C - 50°C ；
- c) 外部环境感知参考要求：风速、风向、雨量、温度、湿度、气压；
- d) 后台通讯参考要求：支持 $10/100/1000\text{Mbps}$ 自适应以太网口/4G/5G 通讯。
- e) 自动停机坪空间分布参考要求：空间分布距离原则上不超过无人机作业半径，智能复合翼无人机自动机场可参考间隔 60km 半径布设，智能旋翼无人机自动机场可参考间隔 10km 半径布设。
- f) 中继基站空间布设要求：当全自动巡航作业距离大于无人机自身数据链传输距离时，应布设中继基站；基站应布设在通视性良好的开阔地带，不同基站空间分布应不超过其最大信号传输距离。

根据作业任务的周期、性质以及目标水域的范围、空间分布特征等因素进行综合分析，选择飞控类型，具体参考表格 6.2。

表 6.2 适用飞控类型参考对照表

监管模式	特点	参考飞控类型
概查	周期性；范围较大。	全自动巡航、人工操控巡航（半自动）
详查	目标较为明确；范围较小； 临时性、突发性；多角度信息获取。	人工操控巡航（半自动、手动）

6.3 任务载荷系统

任务载荷系统包含可见光照相机、视频相机、热红外相机、多光谱相机、高光谱相机、激光雷达扫描仪、合成孔径雷达以及水文监测仪等传感器。

- a) 可见光照相机用于拍摄河湖监管现场照片，可制作全景图片、数字正射影像图和实景三维模型，用于提取位置、现状画面、几何特征等要素。
参考要求：有效像素不低于 1500 万，感光度不低于 ISO100，影像获取速率优于 1 幅/s，相机最高快门速度应不慢于 1/800s，相机镜头为定焦镜头、且对焦无穷远。
- b) 视频相机记录动态的河湖监管现场视频和照片，用于提取位置、现状画面等要素。
参考要求：总像素不低于 92 万（1280*720），光学变焦不低于 20 倍，视频图像延时小于 50ms，推荐配备人工智能识别功能。
- c) 热红外相机用于记录水体温度变化监测的图像信息，可制作热红外影像，用于提取位置、水体污染程度、温度等要素。
参考要求：像元数大于 320×280，热灵敏度小于 100mk，测量精度小于 ±3K，图像传输速率不低于 40Hz。
- d) 激光扫描仪用于采集激光雷达点云数据提取监管目标高程信息，可制作数字地表模型，用于提取位置、几何特征（长度、面积、体积）等要素。
参考要求：绝对精度优于 ±5cm，最大测量距离大于 300m，最大视场角大于 300°，定向精度优于 0.1°，姿态精度优于 0.05°，点云采集速度大于 200000 点/s。
- e) 多光谱相机用于采集水体多光谱通道光谱信息，可制作多光谱影像，用于提取位置、污染程度等要素。
参考要求：光谱最少由蓝色、绿色、红色、红色边缘和近红外波段组成，像素大小大于 480×480，影像获取速率优于 1 幅/s，相机镜头为定焦镜头。
- f) 高光谱相机用于采集水体高光谱通道光谱影像信息，可制作高光谱影像，用于提取位置、污染程度等要素。
参考要求：光谱范围不小于 450-950nm，光谱分辨率不低于 10nm，通道数不少于 125，高光谱成像速度不低于 5Cubes/s，数字分辨率不低于 12bit，配备 GPS 实时触发模块。
- g) 合成孔径雷达用于复杂天气下采集水体雷达影像，用于提取水体周边环境现状、水体淹没范围等信息。
参考要求：成像宽幅不小于 1 公里，影像空间分辨率不低于 0.5m。
- h) 水文监测仪用于采集水体要素基本水文参数信息，可提取流量、流速等信息。
参考要求：工作温度：-20 度—40 度，湿度不低于 80%，各项参数的灵敏度、准确度满足监测要求。

根据河湖监管无人机应用场景需求，确定监测目标、搭载设备以及数据提取要素类型，具体参考表格 6.3。

表 6.3 适用任务载荷参考对照表

应用模式	应用类型	监管内容	监测目标	提取要素	参考载荷系统
概查	通用	河湖管理范围内所有变化	水体、周围地物及环境	变化情况、位置、现状、边界、污染程度等	可见光/视频相机、*热红外相机、*多/高光谱相机、*激光雷达设备等
详查	水域岸线监管	围垦湖泊、河流	农作物、耕地	位置、现状、变化	可见光/视频相机
		种植阻碍行洪的高秆作物、林木	树木、园林	位置、面积、高度、现状、变化	可见光/视频相机、*激光雷达
		沙洲开发利用	沙洲	位置、现状、变化	可见光/视频相机
		围网养殖	围网、网箱养殖	位置、面积、现状	可见光/视频相机
		倾倒（堆放、贮存、掩埋）固体废物垃圾	固体废弃物	位置、面积、现状	可见光/视频相机
	河湖采砂监管	旱采	采砂机具、砂石堆放	位置、面积、体积、现状、变化	可见光/视频相机、*激光雷达
		水采	采砂船、运砂船，砂石堆放	位置、面积、现状、变化	可见光/视频相机、*激光雷达
	涉河建设项目和活动监管	河道管理范围内建筑物	民房、大棚、厂房、游乐设施等	位置、占地面积、建筑高度、现状	可见光/视频相机、*倾斜相机
		河湖管理范围内构筑物	坝、闸、泵、桥梁等构筑物	位置、占地面积、构筑高度、现状	可见光/视频相机、*倾斜相机
		打井、爆破、集市等生产活动	活动区域现场	位置、占地面积、现状、变化	可见光/视频相机
	水环境监管	清洗车辆、容器	可疑车辆、容器	位置、现状	可见光/视频相机
		向河湖排放污水	水体	位置、污染程度、现状	*可见光/视频相机、多/高光谱相机
		水生植物污染	藻类植物、水体	位置、污染程度、现状	*可见光/视频相机、多/高光谱相机
		水体黑臭现象	水体	位置、污染程度、现状	*可见光/视频相机、多/高光谱相机
		设置排污口	排污口、水体	位置、污染程度、现状	*可见光/视频相机、热红外相机
		突发洪涝、地质灾害	水体、滑坡、泥石流	位置、水文参数、灾害程度、现状	可见光/视频相机、*水文监测仪、*合成孔径雷达
备注	带*为可选择性载荷，不同载荷需要根据实际需求确定。				

6.4 地面测控系统

地面测控系统包括接收机、测控计算机、供电系统等硬件，以及航线规划、地面测控等软件。

- a) 控制系统参考要求：控制计算机配置应满足航线规划和航行控制的运行需求；
- b) 供电系统参考要求：应保障地面站系统连续工作，保证地面站系统遥控无人机连续

- 作业；
- c) 地面站系统参考要求：应能保证实时接收通讯信号和控制无人机飞行。

6.5 地面保障系统

地面保障系统是利用无人机进行河湖监管的基本保障，包括设备运输箱、运输车、无人机地面防尘垫以及保障安全工作的安全人员。

- a) 设备运输箱参考要求：应牢固结实，内部应有足量的泡沫棉来保障拆卸收纳的无人机零部件免受磕碰；
- b) 存储空间参考要求：运输车辆应有足够大的存储空间以装载无人机等设备，对于大中型无人机宜配备专用运输车辆；
- c) 防尘设施参考要求：应配备足够大的无人机地面防尘垫于无人机起降时置于无人机下方。

6.6 数据处理系统

数据处理、分析系统是用于实现对无人机获取的影像、视频、多光谱/高光谱影像数据、激光雷达点云、合成孔径雷达影像等数据的现状、几何特征、水质、水文等参数进行处理、信息提取的系统。

- a) 数据处理参考要求：通过专业软件将原始数据处理成标准格式的成果数据；
- b) 数据提取参考要求：根据目标监管对象外观表象、几何特征、水体参数等进行对比计算、提取关键信息。

7 无人机河湖监管技术作业流程

河湖监管无人机应用按下面作业流程图实施。

表 7 技术作业流程图



7.1 前期准备

7.1.1 资料收集

收集作业区域所在地理位置、地形、气象条件、海拔高度、植被覆盖、空间分布特征等基本资料，收集当地河湖管理相关的水域岸线保护规划、采砂管理、涉河建设审批管理等基础资料。

7.1.2 现场查勘

对航摄作业区域进行现场查勘，根据测区情况，选取无人机起降场地。选定的起降场地应平坦开阔，净空条件良好，周围无强电磁干扰。暗访拍摄还需注意考虑起降场地的隐蔽性和卫星搜星状况，以及紧急应急备降场地等情况。

7.1.3 确定无人机应用系统

根据监管任务需求、已知资料及现场踏勘情况，综合章节 6 内容确定河湖监管无人机应用系统配置方案及监管模式。

7.1.4 空域申请

根据飞行任务性质，按照规定向相关军民航空管理部门申请临时空域。

7.1.5 地面辅助

常规测绘航拍业务根据载荷相机和定位精度需求确定像控点的位置与数量，如无人机系统自带 RTK 或 PPK 等功能，可结合业务需求适当减免相控。像控点布设原则参考《GB/T 39612-2020 低空数字航摄与数据处理规范》；

在无人机机载光谱仪飞行采集地面标准参考反射率板的同时，可采用标准光谱仪对地面标准参考反射率板进行同步光谱测量，并进行反射率计算，以提升反演精度。测量和计算方法参考《GB/T36540-2018 水体可见光—短波红外光谱反射率测量》。

7.1.6 航线设计

概查和详查两种模式下的航线设计参考因素见表格 7.1。

表 7.1 不同监管模式航线设计参考因素表

设计因素	概查	详查
航 摄 分 区	根据水域整体几何特征、地形高差、无人机系统参数综合设计分区。	面积或高差较小的区域可不考虑分区。
航 线 重 叠 度	单个视频航线无法覆盖监管区域，航带间拍摄保证航带间重叠度优于 5%即可； 可见光、热红外、光谱影像航拍航向重叠度优于 65%，旁向重叠度优于 30%； 数字快拼图影像航拍航向重叠度优于 30%、旁向重叠度优于 20%； 实景三维模型影像航拍航向重叠度优于 80%、旁向重叠度优于 70%； 雷达航摄旁向重叠度优于 20%。	对于宽度较窄的河道或单点目标水体，如不获取数字正射影像图或实景三维模型，可采取单线巡查方式，不再考虑重叠度。
航 线 敷 设	视频拍摄一般沿水域中心线或岸线方向敷设航线，如河道较宽单线无法覆盖，可沿垂直于岸线方向敷设航线； 可见光、热红外、光谱影像航拍航线方向垂直于岸线方向，保证最外侧航线多	可见光航拍尽量避免连续相片像主点落水； 保证最外侧航线覆盖目标物体几何范围边缘即可。

	出两条基线；雷达航摄旁向覆盖需多出几何边缘外一条航线；	
摄影航高	视频拍摄根据水域整体情况确定分辨率设计拍摄距离，参考 70m-300m； 可见光、热红外、光谱影像航拍可参考影像空间分辨率可参考优于 20cm 设计飞行航高，参考 120m-500m； 雷达航摄根据激光设备性能参数设定航高，参考 120m-500m；	视频和照片拍摄可参考优于 1cm 分辨率设计拍摄距离，暗访等隐蔽拍摄情况可适当提升航高，个别采砂（需采集人脸、车号等微观信息）或排污口等较小监管目标适当降低航高，参考 30m-90m； 可见光、热红外、光谱影像可参考影像空间分辨率优于 3cm 设计飞行航高，参考 30m-120m； 水文探测仪设计航高不宜超过水面 50m。
时相选择	监管周期根据河湖管理要求确定，作业时相可选择天气条件良好的情况。	考虑任务紧急性或者雷达、多光谱、热红外等不受光照天气影响的拍摄可不考虑时相；

7.2 数据采集

7.2.1 飞前检查

a) 机身检查

作业人员应仔细检查机身是否有裂纹、螺丝钉或紧固件有无松动或损坏、螺旋桨有无损坏变形以及安装是否紧固、电池安装是否牢固；

b) 动力检查

无人机电池电量是否充足、有无鼓包现象、所需油料是否充足；

c) 飞检记录

无人机组装完成后，进行整机检查，确保各部件都正常工作，并进行详细的记录，在确保安全的情况下才能升空作业；

d) 自动机场系统飞检

对于无人机自动机场系统，应设置包含上述检查的自检过程，符合作业要求才能正常作业，若出现异常，应发出警示，工作人员须到现场排除故障，方可继续作业。

7.2.2 气象条件

无人机应在气象条件良好的情况下实施航摄飞行，出现以下天气条件应终止飞行。应急业务可以根据实际情况适当放低气象条件要求。

a) 降雨、降雪等天气：中雨或中雪，即单位面积上水/雪深 10mm 以上；

b) 极端高温或低温天气：气温低于-20℃或高于 40℃；

c) 大雾天气：能见度小于 150m；

d) 大风、强对流天气：7 级风，即风速超过 14m/s 以上。

7.2.3 航飞作业

1) 飞行执行

a) 在设备检查完毕，并确认周边环境安全，将无人机解锁起飞；

b) 起飞时飞手时刻观察无人机飞行状态，通过无人机传输回来的参数观察无人机状态，若有紧急情况，及时操控无人机返航；

c) 无人机到达安全高度并自动进行航摄任务飞行时，留意地面站反馈的无人机电池状况、飞行速度、飞行高度、飞行姿态、航线完成情况。

d) 无人机自动机场系统自检完毕后，自动起飞巡航，飞行过程中，通过图传系统、通信链路、通信中继站、光纤网络将飞行数据、飞行参数实时传送至显示器，达到实时监管的效果。

2) 采集过程

概查模式下，按照全自动巡航或半自动巡航模式按照设计的航路点对目标区进行航摄飞行采集数据即可。

详查模式下，采集点状区域照片时，可见光相机采集除垂直角为 90° 的下视照片外，还应将垂直角调整为 45°，按照水平角 45° 的间隔环绕该点状区域拍摄 8 个方位组照片构成 360° 环绕影像；采集点状区域视频时，以监管目标为中心沿水平方向 360 度环绕飞行，以垂直向下 45° 角度拍摄，以上情况根据实际地形、周边地物以及视线遮挡情况适当调整角度。

其他具体采集过程注意事项参考表格 7.2。

表 7.2 航摄作业注意事项表

应用模式	应用场景	信息采集要点
概查	通用	视频拍摄时，如河道较宽，垂直向下拍摄无法保证覆盖整个河道时，在保证分辨率的前提下，可以调整拍摄视角，沿飞行方向适当倾斜角度拍摄； 无人机自动机场系统应根据作业区域内具体的自然环境、作业环境规划合理监管范围，定期开展全自动巡查作业； 发现可疑目标及时发出警示并转为详查模式。
详查	水域岸线监管	应根据地面站显示前端的信息反馈，适当调整飞行高度，通过即时反馈的观测效果，发现河湖岸线管理中可疑的问题。
	河湖采砂监管	无人机监管水下采砂时，需重点关注河面长时间不移动的可疑船只，对该船进行水平方向 360 度环绕飞行，记录该船只船号以及周围标志性地物信息； 无人机监管旱地采砂时，可对重点区域进行重点巡查，一旦发现非法旱采，即使用无人机抵近拍摄，同时记录非法采砂位置、设备、人员等信息； 当采砂环境较为复杂，车、船、构筑物数量较多难以分辨采砂主体时，应保持无人机在处于较高的航高，获得较大的视场角，采集全场景照片，再进一步判别采砂主体，获取细节信息； 针对事件频发或敏感水域，适当增加监管巡查频率。
	涉河建设项目与活动监管	重点采集目标建筑物与周边水域主体的空间相关位置； 捕捉判别建筑物类型或活动性质的重点信息； 对于线状或者面状可疑目标多采用无人机多航线航摄飞行方式并满足一定航向和旁向重叠度要求获取目标区域数据。
	水环境监管	针对水环境监管，无人机操作过程注意及时调整飞行高度和速度，确保最佳监测效果。

3) 返航降落

在完成数据采集任务后，控制无人机返航降落到指定地点。如若遇到特殊情况，选择合适安全的地点降落，降落时应确保降落地点安全，避免路人及车辆靠近。

7.2.4 成果导出

每一架次航摄飞行后，及时将采集的数据导出并备份；应在现场对航摄数据进行初步检查和整理。

- a) 检查航摄数据是否完整记录；
- b) 检查原始数据质量是否符合要求；

7.2.5 应急处理

a) 航摄作业过程中，应根据可能出现数据链中断的情形设置失联返航时间，失联一定时间后，无人机自主返航；

b) 航摄作业过程中，无人机失联后在预计时间内仍未返航，应根据无人机失联前最后的地理坐标和机载追踪器发送的报告等信息及时寻找；

c) 航摄飞行作业时，若任务设备出现故障无法恢复，应立即中止作业并返航，将设备问题排查解决后再进行飞行作业；

d) 航摄飞行作业时，若无人机出现失去动力等机械故障，应立即操控无人机在安全区域紧急降落；

e) 航摄飞行作业时，若发生无人机坠机事故，应立即上报并妥善处理，防止次生灾害或环境污染发生；

f) 航摄飞行作业时，若发生外界环境恶化威胁到无人机或者人员安全的情况，应立即操控无人机返回，并立即撤离现场。

g) 对于无人机自动机场系统，出现上述 a) b) e) 情况时，应按照上述方式处理。同时应设置无人机系统在出现设备故障、飞行环境恶化情况时触发自动返航。另外，还应在无人机巡查范围内按照一定的距离来设置多处紧急降落场地，方便无人机紧急降落。

7.2.6 设备维护

a) 每次飞行作业前和作业后都需要及时对无人机和任务设备进行全面彻底的检查，若发现在使用中造成的损坏或隐患应及时进行维修、更换；

b) 无人机和设备需要定期检修，避免因长时间使用或长时间搁置造成损坏。

c) 无人机电池长时间不用应存放在干燥阴凉处，每个月进行一次充放电维护，并以 3.85v 电压进行保存；

d) 无人机电池若出现鼓包现象应及时处理，不能再继续使用。

e) 无人机自动机场系统应设置定期自检，有问题及时处理。同时，工作人员应定期开展现场检查工作，包括无人机及其搭载设备、智能机库、中转基站、数据链路等相关设施设备，保障日常工作顺利开展。

7.3 数据处理

7.3.1 视频、照片处理

根据任务需求，对监管目标区域视频、照片进行视频剪辑，对拍摄的画面数据进行裁剪、匀色、锐化等处理，制作满足取证需求的视频、照片或全景视频、全景拼图成果。

7.3.2 数字正射影像图、数字快拼图制作

数字正射影像图制作处理包括资料准备、区域网划分、空中三角测量、微分纠正等。如对定量精度要求不高，仅辅助定性判断，制作数字快拼图成果即可。具体流程参考《CH/T 3007.1-2011 数字航空摄影测量测图规范第 1 部分：1:500 1:1000 1:2000 数字高程模型数字正

射影像图数字线划图》。

7.3.3 数字高程模型制作

数字高程模型制作过程包括 POS 解算、激光数据格式转换、激光数据与 POS 数据融合解算，激光雷达点云滤波、地面点编辑等。具体流程参考《CH/T 8024-2011 机载激光雷达数据获取技术规范》。

7.3.4 实景三维模型制作

实景三维模型制作过程包括数据准备、影像匀光匀色、空中三角测量、三维建模、模型修整等。具体流程参考《GB/T 39610-2020 倾斜数字航空摄影技术规程》。

7.3.5 光谱分析成果制作

多光谱/高光谱数据处理包括数据准备、水域岸线提取、波段运算、指数评价计算分析、水质参数空间分布图等。具体流程参考《DD2013-12 多/高光谱遥感数据处理技术规程》、《GB/T 36540-2018 水体可见光—短波红外光谱反射率测量》。

7.3.6 观测数据处理

观测数据处理包括数据准备、存档解算、计算分析等。具体流程参考《DB63/T 1954-2021 水文流量监测 无人机操作规程》。

对以上成果数据进行定性或定量分析，获取各类地表目标分布、种类及各种几何特征、污染程度等指标，各类要素提取方法参考表格 7.3。

表 7.3 无人机河湖监管要素提取参照表

要素类型		具体事项	提取方法
地理要素	位置	各类河湖问题发生的地点	POS 经纬度、高程
表象要素	变化	河湖管理范围内变化状况	数字正射影像图、数字快拼图、热红外影像、视频人工智能提取
	现状	各类河湖问题的实时画面状态	视频、照片、数字快拼图展示
几何要素	边界	各类河湖问题的区域的边界范围	制作数字正射影像图、数字快拼图提取
	长度	各类河湖问题的区域长度	制作数字正射影像图、数字快拼图量取
	面积	围网养殖面积	制作数字正射影像图或实景三维模型量取
		阻碍行洪的高秆作物、林木面积	
		采砂取土面积	
		固体漂浮物面积	
		水域变化面积	制作数字正射影像图、光谱影像量取、利用激光雷达点云量取
		排污区面积	热红外影像提取
		黑臭面积	多/高光谱影像遥感定量反演
		藻类水华面积	
	高度	建筑物高度	制作实景三维模型量取、数字高程模型量取
		构筑物高度	制作实景三维模型量取、数字高程模型量取
		行洪树木高度	利用激光雷达点云提取
	体积	采砂取土体积	制作实景三维模型量取、制作数

		固体堆积物体积	数字高程模型提取
生态要素	污 染 程 度	富营养化分级	基于影像的遥感反射率，计算水体营养状态指数
		黑臭水体识别与分级	采用黑臭水体识别模型对黑臭水体进行分级
		水华识别与分级	采用浮游藻类植被指数，识别和分级蓝藻水华
水文要素	水 文 参 数	流量	结合断面数据计算流量
		水位	雷达回波测算
		流速	

7.4 成果汇总

应及时对监管条件、飞行准备、基本监管记录以及数据处理过程中涉及到的内容进行整理和描述，形成工作报告、专题数据图等成果资料。

成果主要包括：视频、照片、数字快拼图、数字正射影像图、数字高程模型、实景三维模型、多光谱/高光谱遥感解译图、水文监测数据以及信息提取总结报告、专题数据图等。

所有成果应按照统一文件名格式进行存储，便于后期数据管理、维护，统一文件命名为“日期_河湖名称_应用场景_应用模式_成果数据类型”。

8 成果质量要求

河湖监管无人机采集数据质量检查事项参照表格 8.1，提交成果参考要求见表 8.2。

表 8.1 数据质量参考检查事项表

监管模式	监管场景	成果数据类型	成果描述	参考要求或具体内容	参考格式
概查	通用	视频	全程巡查线路视频记录	画质清晰、流畅不卡顿；避免晃动、摆动，视频帧率不低于 30fps；	*MP4；*MOV 等
		*数字正射影像图	水域数字正射影像图	空间分辨率应优于 0.2m，空间定位精度优于 1.2m；	*TIF 等
		*数字快拼图	水域快拼影像图	测区内影像清晰、色调均衡一致，无明显的相片拼接痕迹；	*JPG;*TIF 等
		*热红外影像	水体地表温度数字正射影像图	反演温度精度优于 3K，反演空间定位精度优于 2m；	*TIF 等
		*变化图斑	河湖监管问题变化区域的边界矢量文件	位置及外观变化数据的空间定位精度应优于 1.2m；	*SHP 等
详查	水域岸线监管	*数字正射影像图	局部范围数字正射影像图	空间分辨率优于 0.03m，空间定位精度优于 0.3m；	*TIF 等
		水域岸线问题视频	局部范围视频记录	被摄目标清晰、稳定地居于影像中央，目标物体在整个拍摄框幅内不小于 60%；	*MP4；*MOV 等
		水域岸线问题照片	局部细节照片记录	被摄目标清晰、居于照片中央位置，关键信息可判别；	*JPG
		*范围边界线	围垦湖泊河流、围网养殖、	位置及外观变化数据的空间定位精度应优于 0.3m；	*SHP

			乱堆、碍洪等问题边界矢量文件		
	河湖采砂监管	采砂取土视频	作业或现状视频记录	水平方向 360 度环绕飞行采集目标全方位数据；被摄目标清晰、稳定地居于影像中央，目标物体在整个拍摄框幅内不小于 60%；	*MP4；*MOV 等
		采砂取土照片	作业细节照片记录	被摄目标清晰、居于照片中央位置，关键信息可判别；	*JPG
		*采砂数字正射影像图	作业范围数字正射影像图	空间分辨率优于 0.03 米，空间定位精度优于 0.3m；	*TIF
		*采砂数字快拼图	作业范围数字快拼影像图	测区内影像清晰、色调均衡一致，无明显的相片拼接痕迹；	*JPG；*TIF 等
		*采砂数字高程模型	采砂取土区域地形信息提取采砂取土体积	格网间距优于 0.5m；高程精度优于 0.2m	*TIF
		*采砂范围边界线	水域岸线问题边界矢量文件	位置及外观变化数据的空间定位精度应当优于 0.3m；	*SHP
	涉河建设项目和活动监管	涉河建设项目和活动照片	违建建筑物或构筑物局部照片	被摄目标清晰、居于照片中央位置，突出建筑物与水域空间位置关系，关键信息可判别；	*LAS
		涉河建设项目和活动视频	违建作业或现状视频记录	水平方向 360 度环绕飞行采集目标全方位数据；被摄目标清晰、稳定地居于影像中央，目标物体在整个拍摄框幅内不小于 60%；	*MP4；*MOV 等
		*涉河建设项目实景三维模型	违法建筑物或构筑物区域范围实景三维模型	下视空间分辨率优于 0.03 米，定位精度优于 0.3m；	*OSGB
		*涉河建设项目数字正射影像图	违法建筑物或构筑物、违法活动区域范围数字正射影像图	空间分辨率优于 0.03 米，空间定位精度优于 0.3m；	*TIF
	水环境监管	单点污染源视频	记录排污口、可疑容器、车辆位置、状态	被摄目标清晰、稳定地居于影像中央，目标物体在整个拍摄框幅内不小于 60%；	*MP4；*MOV 等
		单点污染源照片	污染源细节照片记录	被摄目标清晰、居于照片中央位置，关键信息可判别；	*JPG

		*水域周边数字正射影像图	水生植物污染物局部范围数字正射影像图	空间分辨率优于 0.03m，空间定位精度优于 0.3m；	*TIF
		*热红外影像	水体地表温度数字正射影像	反演温度精度优于 0.5K，反演空间定位精度优于 0.5m；	*TIF
		*高光谱影像水质参数空间分布图	污染程度相关水质参数值空间分布图	几何校正后图像中的地物目标没有严重的变形和缺失，几何中误差小于 3 个像元；对水质参数反演结果进行验证，决定系数（R2 值）大于或等于 0.7 为合格；	*TIF
		*雷达水文数据	流量、流速等水文参数计算值	计算每半测回流量值与平均值偏差不大于 5%；	*DOC
备注		带*为可选择性提交成果，提交成果需根据实际业务需求确定。			

表 8.2 成果参考要求

序号	成果数据类型	成果描述	参考要求或具体内容	参考格式
1	航空摄影因子表	记录飞行设计参数	格式参考附录 A;	*DOC
2	飞行记录表	飞行记录表格文件	格式参考附录 B;	*DOC
3	监管报告	作业总结描述	编写和校核人员姓名和所在单位, 报告编写和校核日期; 监管原始记录、数据处理及数据分析的内容、方法和结果; 采集数据及记录表的文件名和文件格式; 各种几何特征、污染程度等指标参数值 (表 7.3); 其他配套设施的名称、型号和关键技术指标。	*DOC
4	专题图集	叠加河湖问题专题信息的图集	在基础底图和已有资料基础上依据专题要求叠加水域岸线、采砂、违建、水生态指数、水域污染程度等信息专题内容;	*TIF
带*为可选择性提交成果, 提交成果需根据实际业务需求确定。				

附录 A 无人机航空摄影因子表

航摄数据类型		视频	影像（可见光/多/高光谱）	雷达（激光/微波雷达）
飞行速度（km/h）				
激光频率（kHz）		-	-	
空间分辨率（cm）				-
平均绝对航高（m）				
旁向覆盖因子（%）				
航向覆盖因子（%）				
平均基准面	高程（m）			
	相对航高（m）			
	基线长（m）	-		-
	航线间距（m）			
	旁向重叠度（%）			
	航向重叠度（%）	-		-

附录 B 无人机河湖监管飞行记录表

编号			作业日期			
监管河湖名称						
监管应用场景						
监管应用模式						
无人机型号			任务载荷类型			
天气		能见度 (m)		风速 (m/s)		
飞手			机务			

序号	数据类型	相对航高	飞行速度	空间分辨率	飞行时间	备注
1						
2						
3						
4						
5						
6						

记录人（签名）：_____ 负责人（签名）：_____

异常突发情况处置：
 注：
 a 此栏记录检查中发现的异常情况，航行中飞行平台、载荷系统等异常状况及航后检查情况。
 b 此栏记录航行中航线的变更信息，包括航线周边环境等的变化。