

ICS 编号

CCS 编号

团体标准

T/CHES XXX—20XX

河湖无人机巡查作业技术导则

Technical guidelines of unmanned aerial vehicle patrol for rivers

(征求意见稿)

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 录

目 录	I
前 言	III
河湖无人机巡查作业技术导则	1
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	3
4.1 空间参考系	3
4.2 控制点精度要求	3
4.3 航摄资料要求	3
5 巡查系统组成及要求	3
5.1 无人机系统	3
5.2 任务载荷系统	4
5.3 综合保障系统	5
6 巡查作业要求	5
6.1 人员要求	5
6.2 安全要求	6
6.3 气象要求	6
6.4 技术要求	7
7 巡查作业流程	8
8 巡查模式	9
8.1 日常巡查	9
8.2 应急巡查	9
9 巡查内容	9
10 数据采集方式	12
10.1 视频巡查	12
10.2 航摄巡查	12
10.3 图片拍摄巡查	12
10.4 多光谱/高光谱巡查	12
10.5 激光雷达巡查	13
11 资料收集	13
12 现场勘查	13
13 航线设计	13
13.1 单线巡查	13
13.2 双线巡查	13
13.3 多线巡查	13
14 编制航飞计划书	13
15 空域申请	14
16 巡查飞行	14
16.1 巡查准备	14

16.2 异常情况处置	14
16.3 数据质量检查	15
17 巡查资料整理移交	15
17.1 视频巡查资料	15
17.2 航摄巡查资料	15
17.3 图片拍摄巡查资料	15
17.4 多光谱/高光谱巡查资料	16
17.5 激光雷达巡查资料	16
18 航拍数据处理	16
18.1 视频数据	16
18.2 航摄数据	16
18.3 图片数据	17
18.4 多光谱/高光谱数据	17
18.5 激光雷达数据	17
19 成果整理与验收	17
19.1 视频成果	17
19.2 航摄成果	17
19.3 图片成果	17
19.4 多光谱/高光谱成果	17
19.5 激光点云成果	17
附录 A	19
参考文献	20

前 言

本标准按 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写》的规则起草。

本标准由水利部发展研究中心、水资源高效利用与工程安全国家工程研究中心、长江师范学院提出，本标准由中国水利学会归口。

本标准起草单位：水利部发展研究中心、水资源高效利用与工程安全国家工程研究中心、长江师范学院、中国航空器拥有者及驾驶员协会、淮河水利委员会淮河流域水土保持监测中心站、深圳市百纳生态研究院有限公司、南京河海科技有限公司、杭州智航天慧科技有限公司、昆山昊坤盈联智能科技有限公司、西安大地测绘股份有限公司、重庆同汇勘测规划有限公司、江西省水土保持科学研究院、四创科技有限公司、江苏诚泰测绘科技有限公司、青岛中质脱盐质量检测有限公司。

本标准起草人：丁世敏、刘小勇、鞠茂森、王宝珍、刘卓、郝琦、李树洪、袁希功、张春强、张玉昌、任亚锋、曾坤、戴金陵、陈刚、张洪、雷光伟、宋月君、封敏、侯先栋、秦根泉、苑萍、蒋丰裕、陆晓平。

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。

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。

河湖无人机巡查作业技术导则

1 范围

本标准规定了采用无人机对河湖进行巡查的系统、巡查作业、巡查方式及方法、巡查模式及内容、异常情况处置、巡查资料的整理及移交、成果制作等要求。

本标准适用于采用固定翼无人机、旋翼无人机、复合翼无人机对河湖进行的巡查作业。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是标注日期的引用文件，仅在所标注日期内的版本适用于本标准。凡是不标注日期的引用文件，仅最新版本（包括所有的修订本）适用于本标准：

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

CH/Z 3005 低空数字航空摄影规范

CH/Z 3003 低空数字航空摄影测量内业规范

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

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》

DD2013-12 《多光谱遥感数据处理技术规程》

3 术语和定义

无人机 UAV(Unmanned Aerial Vehicle)

无人机即无人驾驶飞机，是由控制站管理（包括远程操纵或自主飞行）的航空器。

无人机巡查 Unmanned Aerial Vehicle Patrol

以无人机为平台，搭载可见光、红外、多光谱等成像仪或激光雷达对河湖水功能体、水域岸线、入河湖污染源、饮用水水源保护区、水源涵养空间、水生生物多样性等进行巡查和监测。

空间参考系 Space Reference System

空间参考系定义地理空间三维表面的空间坐标系统及各坐标系统间的数学关系。

摄影测量 Photogrammetry

利用摄影影像信息测定目标物的形状、大小、空间位置、性质和相互关系的科学技术。

摄影航高 Photographic Flying Height

摄影平台至摄影分区基准面的垂直距离。

航向重叠 Longitudinal Overlap

航向重叠度又称“纵向重叠度”，是航空摄影中沿航线方向上的相邻像片重叠比例，通常以百分比表示。

旁向重叠 Lateral Overlap

旁向重叠度又称“横向重叠度”，是航空摄影中与航线垂直方向上的相邻像片重叠比例，通常以百分比表示。

竖直摄影 Vertical Photography

竖直摄影是指摄影机主光轴处于近似铅垂线方向的摄影。

倾斜摄影 Oblique Photography

倾斜摄影是指通过在同一平台上搭载多台传感器，同时从垂直、侧视等不同的角度采集影像。

像主点落水 Principal Point of Photograph On Water

摄影中心与像平面的垂线与像平面的交点称为**像主点**。像主点位置或其附近一定范围的影像为水域、云影、雪影或无明显影像的现象称为**像主点落水**。

多光谱 Multispectral

光谱分辨率在 $\lambda/10$ 数量级范围的称为多光谱。

高光谱 Hyperspectral Image

光谱分辨率在 $\lambda/100$ 数量级范围内的称为多光谱。

数字正射影像图 DOM (Digital Orthophoto Map)

数字正射影像图是对航空（或航天）相片进行数字微分纠正和镶嵌，按一定图幅范围裁剪生成的数字正射影像集。它是同时具有地图几何精度和影像特征的图像。

三维实景模型 3D Real Scene Model

三维实景模型是物体的三维表示，通常是基于无人机航拍的影像，用专业的软件

进行数据处理和三维建模，生成的现实世界的实体模型。

4 总则

4.1 空间参考系

2000 国家大地坐标系。

4.2 控制点精度要求

基础控制点、像片控制点的精度按 GB/T 7931 要求执行。

4.3 航摄资料要求

航摄资料按 CH/Z 3005 要求执行。

5 巡查系统组成及要求

巡查系统配置包括无人机系统、任务载荷系统和综合保障系统等方面。

5.1 无人机系统

无人机系统由无人机飞行平台、飞行控制系统和地面站系统组成。

5.1.1 无人机飞行平台

无人机飞行平台包括无人机机体和动力系统。要求相对行高一般不超过 1500 m，续航能力不小于 1 h，具备 4 级以上风力条件下飞行能力，测控半径不小于 10 km，搭载任务载荷能力不小于 2 kg。

5.1.2 飞行控制系统

飞行控制系统主要由陀螺仪、加速度计、气压计、GNSS、指南针模块以及控制电路等组成。要求具备手动、辅助、任务、返航四种以上飞行管理模式；具备实时测量风速、气压高度、电机（发动机）转速等信息；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 ± 20 m，行高差小于 ± 20 m。

5.1.3 地面站系统

地面站系统主要包括接收机、控制计算机、遥控器、供电系统等硬件，以及航线规划、航行控制软件等。控制计算机配置应满足航线规划和航行控制的运行需求；供电系统应保障地面站系统连续工作时间不少于 5 h；地面站系统应能保证实时接收和控制无人机飞行。

5.2 任务载荷系统

任务载荷系统包括可见光相机、视频相机、红外相机、激光雷达扫描仪和多光谱相机等传感器及配套设备。

5.2.1 可见光照相机

- A) 有效像素不低于 2000 万;
- B) 储存量不小于 32 G;
- C) 感光度不低于 ISO100;
- D) 影像获取速率优于 1 幅/s;
- E) 相机最高快门速度应不慢于 1/800s;
- F) 相机镜头为定焦镜头, 且对焦无限远。

5.2.2 视频相机

- A) 视频格式 1080 P;
- B) 总像素不低于 400 万;
- C) 光学变焦不低于 20 倍;
- D) 焦距不低于 4.7-94 mm。

5.2.3 红外相机

- A) 像元数大于 320×280;
- B) 热灵敏度小于 100 m;
- C) 测量精度小于 ±3 K;
- D) 图像传输速率不低于 40 HZ。

5.2.4 三维激光扫描仪

- A) 绝对精度优于 ±5 cm;
- B) 最大测量距离大于 300 m;
- C) 最大视场角大于 300 °;
- D) 定向精度优于 0.1 °;
- E) 姿态精度优于 0.05 °;
- F) 点云采集速度大于 200000 点/s。

5.2.5 多光谱相机

- A) 光谱最少由蓝色、绿色、红色、红色边缘和近红外波段组成;
- B) 储存容量大于 32 GB;

- C) 像素大小大于 1280×1024;
- D) 影像获取速率优于 1 幅/s;
- E) 单块电池持续工作时间不少于 2 h;
- F) 相机镜头为定焦镜头。

5.2.6 高光谱相机

- A) 光谱范围不小于 450-950 nm;
- B) 光谱分辨率不低于 8 nm;
- C) 通道数不少于 125;
- D) 高光谱成像速度不低于 5 Cubes/s;
- E) 数字分辨率不低于 12 bit;
- F) 配备 GPS 实时触发模块。

5.2.6 其它任务载荷

根据不同巡查任务需求选择相应的无人机任务载荷。

5.3 综合保障系统

5.3.1 综合保障系统由地面保障设备和储运车辆组成。

5.3.2 地面保障设备包括供电设备、燃油箱、抽油泵、备用电池、充电器、测频仪和专用工器具等。

5.3.3 大、中型无人机巡查系统需配备专用储运车辆，小型无人机巡查系统可根据需要配备储运车辆。

6 巡查作业要求

6.1 人员要求

6.1.1 作业人员均应具有 1 年及以上工作经验，掌握航空、无人机、气象、地理、水利、环保、河长制等基础知识，熟悉国家《水法》《防洪法》《水土保持法》《环境保护法》《水污染防治法》及政策文件相关规定，并熟悉中国民航局发布的轻小型无人机运行规定（试行）。

6.1.2 无人机操作人员应熟悉无人机巡查作业方法和技术手段，通过相应机型的操作培训，获得民用无人机驾驶员执照，并依据本标准取得河湖无人机巡查作业资质合格证后方能上岗。

6.2 安全要求

6.2.1 作业执行单位应熟悉巡查河湖情况。

6.2.2 作业所用无人机巡查系统应通过试验、检测。

6.2.3 执行作业任务前，应按照有关流程办理空域申请手续。

6.2.4 作业现场应远离爆破、射击、烟雾、火焰、机场、密集人群、高大建筑、军事管辖区、无线电干扰等可能影响无人机飞行的区域。无人机不宜从变电站（所）、电厂上空穿越。

6.2.5 无人机起、降点应与架空输电线路和其他设施保持足够的安全距离，且风向有利，具备起降条件。

6.2.6 工作地点、起降点及起降航线上应避免无关人员干扰，必要时可设置安全警示区。

6.2.7 作业现场应做好灭火等安全防护措施，严禁吸烟和出现明火，带至现场的电池、油料应单独存放。

6.2.8 作业现场不应使用可能对无人机巡查系统通信链路造成干扰的电子设备。

6.2.9 加油（充电）和放油（放电）操作应在非雷雨天气进行，并要求在无人机巡查系统断电、发动机熄火以后进行，操作人员应使用防静电手套。

6.2.10 作业前，无人机应预先设置紧急情况下的安全策略和处置预案，预案中应包括紧急备降地点等内容。

6.2.11 作业时，作业人员之间应保持联络畅通。

6.2.12 无人机起飞和降落时，作业人员应与其始终保持足够的安全距离，不应站在其起飞和降落的方向前，也不应该站在无人机航线的正下方。

6.2.13 无人机驾驶员在饮用任何含酒精的液体之后的 8 h 之内或处于酒精作用下或者受到任何药物影响及其工作能力对飞行安全造成影响的情况下，不得驾驶无人机。

6.3 气象要求

6.3.1 作业宜在良好天气下进行。在遇到雾、雪、大雨、大风、冰雹等恶劣天气不利于巡查作业时，不应开展无人机巡查作业。

6.3.2 起飞前，应确认现场风速符合该机型作业范围。

6.3.3 巡查区域处于狭长地带、大落差、微气象等特殊区域时，作业人员应根据无人机的性能及气象情况判断是否开展作业。

6.4 技术要求

根据作业区域的自然地理特征，利用已有的地形图、遥感影像、数字地面模型等资料，对作业区域的形状与空间分布特征等进行分析，选择机型和制定航线分区方案。

6.4.1 无人机机型选择

应根据作业场地环境、目标范围、无人机配置等实际情况选择不同机型无人机对河流、湖泊、水库进行巡查。

表 1 机型选择原则

水体类型	目标特性、范围及环境	适用机型
所有水体	点状目标	多旋翼
河流	线状目标，顺直（弯曲系数 <1.3 ），作业长度 $<1/2$ 有效航程	多旋翼、固定翼、复合翼
	线状目标，弯曲（弯曲系数 >1.3 ），作业长度 $<1/2$ 航程；地形高差小于 $1/2$ 航高	多旋翼
	线状目标，弯曲（最小航迹段长度 $>$ 河流转弯半径），作业长度 $>1/2$ 航程；地形高差小于 $1/2$ 航高	多旋翼
湖泊、水库	面状目标，面积 $<0.5 \text{ km}^2$ ；岸线发育系数 >2 ；地形高差大于 $1/2$ 航高	多旋翼
	面状目标，面积 $>0.5 \text{ km}^2$ ，岸线发育系数 <2 ；地形高差小于 $1/2$ 航高	固定翼、复合翼

6.4.2 航线敷设

a) 按巡航区整体情况进行航线敷设，应综合考虑河流沿线、湖泊以及水库大小等因素；

b) 水域监测应尽可能避免像主点落水，并确保所有岛屿完整覆盖。

6.4.3 航拍高度要求

在航拍过程中无人机的飞行高度是进行飞行航线设计的依据。航拍高度应根据任务以及分辨率要求，结合航拍时应用的相机，计算出航拍的相对高度。平地、丘陵地和山地分区内的高差不应大于 $1/4$ 相对航高；高山地分区内的高差不应大于 $1/3$ 相对航高。

6.4.4 时相选择

a) 应选择作业区域最有利的气象条件，尽量避免地表植被和其他覆盖物（如积雪、洪水、扬尘等）对作业的不利影响，确保图像能够真实显现地物细节；

b) 应保证具有充足的光照度；

c) 陡峭山区和高层建筑物密集区域应在正午前后 2 小时内作业。

6.4.5 飞行质量要求

航拍分为垂直摄影和倾斜摄影两种方式，以下内容没有特别说明的，两种方式都适用。

6.4.5.1 像片重叠度

- a) 航向重叠度一般应为 65%~75%；
- b) 旁向重叠度一般应为 30%~45%；
- c) 倾斜摄影一般要求航向重叠度不低于 80%，旁向重叠度不低于 70%。

6.4.5.2 像片倾角

像片倾角一般不超过 12°，最大不超过 15°。

6.4.5.3 像片旋角

像片旋角一般不超过 15°，最大不超过 25°；像片倾角和像片旋角不应同时达到最大值。

6.4.5.4 作业区边界覆盖

a) 航向覆盖超出作业边界线应不少于两条基线，旁向覆盖超出作业边界线应不少于像幅的 50%。

b) 对于河道转弯超过 30°的地方，固定翼无人机和复合翼无人机需要在转弯处盘旋绕一圈，使转弯处前后航线形成与弯度相对应的角度；旋翼无人机在转弯点处飞行模式应设定为悬停转弯，无需盘旋绕圈。

7 巡查作业流程

河湖巡查按下面作业流程图实施。

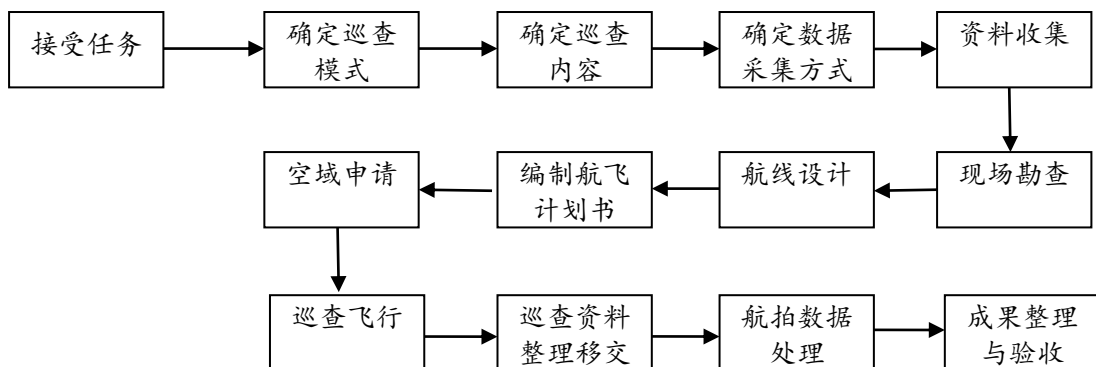


图 1 河湖巡查作业流程图

8 巡查模式

按照巡查周期和巡查内容，可以分为日常巡查和应急巡查两种模式。

8.1 日常巡查

8.1.1 视巡查任务不同，河湖日常巡查分为常规巡查、精细巡查和污染巡查。

8.1.2 常规巡查指利用可见光相机/摄像机、热红外成像仪和三维激光扫描仪等装置对河湖环境进行常规遥感监测，主要巡查对象包括违法建筑、违章施工、侵占水域岸线、围垦湖泊、非法采砂、非法排污、黑臭水体、生活垃圾、船舶港口、设障、捕捞、养殖等活动。

8.1.3 精细巡查指利用可见光相机/摄像机、热红外成像仪和三维激光扫描仪等装置对河湖重点区域进行高分辨率航空摄影，并按监测需求制作正射影像图、数字地面模型或三维实景模型。主要巡查对象为河湖水功能区、水域岸线、入河湖污染源、饮用水水源保护区、水源涵养空间等，主要监测违法建筑、违章施工、侵占水域岸线、围垦湖泊、非法采砂、非法排污、黑臭水体、生活垃圾、船舶港口、设障、捕捞、养殖等活动。

8.1.4 污染巡查是针对入河湖污染源、饮用水水源保护区、水源涵养空间等，确定重点巡查区段、部位和巡查内容，采用多光谱巡查方式进行巡查作业和遥感监测。污染巡查主要查找或确认排污污染源、黑臭水体、生活垃圾等，监测河湖污染和其他异常情况。

8.2 应急巡查

应急巡查是针对特殊情况（如发生地震、泥石流、特大暴雨、山洪等自然灾害后）或特殊需要，采用无人机对受灾区域内的河湖状态和环境进行灾情检查和其他专项巡查。

9 巡查内容

无人机巡查对象主要包括河湖水面、左右岸线、环境敏感点和地面四部分，具体巡查对象、巡查内容、巡查任务设备及成果形式见表 2。表中所列巡查内容和巡查设备可单独选用，也可以根据需要组合选用。

表 2 河湖无人机巡查对象及巡查内容

巡查对象	巡查内容	巡查设备	成果形式
水域、水面	漂浮物	可见光相机/ 摄像机/三维 激光扫描仪/ 多光谱/高光 谱	图片、正射影像、视频
	垃圾		图片、正射影像、视频
	水生植物		图片、正射影像、视频、多光谱 数据、高光谱数据
	船舶、港口		图片、正射影像、视频、三维实 景模型
	水电站大坝		图片、正射影像、视频、激光点 云数据、三维实景模型
	采砂点		图片、正射影像、视频、激光点 云数据
	取（放）水设施		图片、正射影像、视频
	水上违建（构）筑物		图片、正射影像、视频、三维实 景模型
	围堤		图片、正射影像、视频、三维实 景模型
	阻水渠道		图片、正射影像、视频
	填堵、封盖水面		图片、正射影像、视频
	养殖网箱、拦河渔具		图片、正射影像、视频
	其他侵占河道的问题		图片、正射影像、视频
弃置、倾 倒、堆放	与河道保护无关的房 屋，建（构）筑物	可见光相机/ 摄像机/三维 激光扫描仪/ 多光谱	图片、正射影像、视频、三维实 景模型
	土石		图片、正射影像、视频、激光点 云数据
	弃置、倾倒矿渣、垃圾 和工业废弃物		图片、正射影像、视频、激光点 云数据
	弃置、倾倒危险废弃物		图片、正射影像、视频、多光谱 数据
	堆放阻碍行洪的物料		图片、正射影像、视频
堆放影响提防护岸安 全的物料	图片、正射影像、视频		
种植	阻碍行洪的林木	可见光相机/ 摄像机	图片、正射影像、视频
	阻碍行洪的高杆作物		图片、正射影像、视频
	围垦		图片、正射影像、视频
侵占、损 毁、移动	提防	可见光相机/ 摄像机/三维 激光扫描仪	图片、正射影像、视频、三维实 景模型
	护岸		图片、正射影像、视频、三维实 景模型
	闸坝		图片、正射影像、视频、三维实 景模型
	历史洪痕标志		图片、正射影像、视频、三维实

			景模型
	标示河道管理范围的界桩		图片、正射影像、视频、三维实景模型
	防汛设施		图片、正射影像、视频、三维实景模型
	水文监测设施		图片、正射影像、视频、三维实景模型
	通信设施		图片、正射影像、视频
	照明设施		图片、正射影像、视频
	监控设施		图片、正射影像、视频
	观测设施		图片、正射影像、视频
坍塌、淤堵、破损	防洪设施		图片、正射影像、视频、三维实景模型
	排水设施		图片、正射影像、视频、三维实景模型
	基础保护设施		图片、正射影像、视频、三维实景模型
灾害影响	山火及火灾隐患		图片、正射影像、视频、三维实景模型、红外影像
	地震引起的河岸环境变化		图片、正射影像、视频、三维实景模型
	山洪引起的河岸环境变化		图片、正射影像、视频、三维实景模型
	泥石流引起的河岸环境变化		图片、正射影像、视频、三维实景模型
	山体滑坡引起的河岸环境变化		图片、正射影像、视频、三维实景模型
	采矿引起的河岸出现裂缝、坍塌等		图片、正射影像、视频、激光点云数据、三维实景模型
地面巡查	是否有影响河势稳定的行为，如非法开挖决口	可见光相机/摄像机/红外成像仪/多光谱/三维激光扫描仪	图片、正射影像、视频、红外影像、激光点云数据
	危害河道防护岸安全的行为，如非法采砂等		图片、正射影像、视频、红外影像、激光点云数据
	河底有无明显的淤泥或垃圾淤积		图片、正射影像、视频、激光点云数据
	河道颜色是否异常（如发黑、发白等）		图片、正射影像、视频、红外影像、多光谱、高光谱
	是否有新增取水口		图片、正射影像、视频
	是否有新增排污口		图片、正射影像、视频、红外影像
	入河排污口排放废水的颜色是否异常		图片、正射影像、视频、红外影像
	雨水排放口晴天是否		图片、正射影像、视频、红外影

有污水排放	像
汇入河湖排污口的工业企业是否存在明显的污染物排放	图片、正射影像、视频、红外影像
饮水水源保护区面积是否达标	正射影像
水质监测断面位置（经纬度）	图片、正射影像、视频、激光点云数据
畜禽养殖场是否存在明显的异常排放	图片、正射影像、视频、红外影像
河长公示牌及涉水告示牌设置是否规范，是否存在倾斜、破损、变形、变色、老化、移动等影响使用的问题	图片、视频
以前巡查发现的问题解决是否到位	图片、正射影像、视频
是否存在其他影响河道水质的问题	图片、正射影像、视频、多光谱数据
人文景观是否完好	正射影像、视频
水文景观是否完好	正射影像、视频

10 数据采集方式

数据采集方式包括视频巡查、航摄巡查、图片拍摄巡查、多光谱/高光谱巡查和激光雷达巡查。

10.1 视频巡查

按照巡查任务要求对湖泊、水库或河流进行视频拍摄的巡查方式

10.2 航摄巡查

利用无人机航测系统对河湖进行高分辨率航空摄影，分为垂直摄影和倾斜摄影两种方式，并按巡查需求制作正射影像图、数字地面模型或三维实景模型的巡查方式。

10.3 图片拍摄巡查

按照航线对河湖水库重点区域进行图片拍摄的巡查方式。

10.4 多光谱/高光谱巡查

利用无人机飞行平台搭载多光谱传感器对巡查河流、湖泊、水库进行多光谱数据采集，获取不同物体或水质污染物的光谱特征，通过解译判断或光谱分析获取水生物

体或污染物浓度等相关信息的一种巡查方式。

10.5 激光雷达巡查

利用无人机平台搭载激光雷达传感器对目标河段进行点云采集，获取该地段的三维点云数据。

11 资料收集

收集包括河湖基本情况、走向、地理位置、经纬度、特殊地形、气象情况、植被分布、海拔高度、所需空域及区域全景影像图等资料。

12 现场勘查

对巡查区域的地形、流域、岸线、交通情况以及无人机起、降点位置进行现场勘查，选定的起降场地要求平坦坚硬、无砂石，空域条件良好。

13 航线设计

根据巡查任务设计航线，可以分为单线巡查、双线巡查和多线巡查。

13.1 单线巡查

对于狭长型湖泊、水库或断面较窄的河流，宽度小于 0.5 倍像幅时，可将其看作一个对象，采取沿湖库岸或河流中线单线巡查方式。

13.2 双线巡查

对于宽阔型湖泊、水库或断面较宽的河流，宽度小于 1 倍像幅且大于 0.5 倍像幅时，应采取双线巡查方式，即将其两岸看作两个对象，设计往返两条航线（其中靠近河中心线的航线应与河岸线对齐）进行巡查。

12.3 多线巡查

对于断面宽度大于 1 倍像幅的开阔型河流、水库或湖泊，两岸采取双线巡查方法。中间部分看作一个对象，采用视频巡查或图片拍摄的巡查方式。

14 编制航飞计划书

设计书包括测区概况、相机检校、航拍要求、分辨率、航带规划等，并根据巡查内容合理制定巡查计划。

15 空域申请

作业执行单位应严格遵守相关规定，向河湖途经地区的空管部门报批巡查航线计划，履行空域申请手续，向空军、民航相关部门申请航线，并接入无人机云系统。

16 巡查飞行

16.1 巡查准备

16.1.1 作业人员应提前了解作业现场当天的天气情况，决定能否进行作业。起飞前，应申请放飞许可。

16.1.2 作业人员应在作业前准备好工器具及备品备件等物资，完成无人机巡查系统检测，确保各部件工作正常。

16.1.3 作业人员应仔细核对无人机所需油料、电池电量充足，各零部件、工器具及保障设备携带齐全，填写出库单后方可前往作业现场。

16.1.4 作业前，应核实巡查河湖名称无误，并再次确认现场天气、地形和无人机状态适宜作业。

16.1.5 起飞前，操作人员应进行起飞前检查，逐项开展设备检查、系统自检、航线核查，确保无人机处于适航状态。

16.2 异常情况处置

16.2.1 设备故障处置

16.2.1.1 巡查作业时，若无人机通信长时间中断，且在预计时间内仍未返航，应根据无人机失去联系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。

16.2.1.2 巡查作业时，任务设备出现故障无法恢复，且影响巡查任务作业时，应立即中止作业，操控无人机返航。

16.2.1.3 巡查作业时，若无人机出现失去动力等机械故障，应控制无人机在安全区域紧急降落。

16.2.1.4 巡查作业时，若无人机发生坠机事故，应立即上报并妥善处理无人机残骸以防灾害或环境污染发生。

16.2.2 特殊情况处置

16.2.2.1 巡查作业时，若作业人员出现身体不适等情况，应及时控制无人机安全降落并安排替补作业人员；若无替补作业人员，则终止本次作业。

16.2.2.2 巡查作业时，若发生环境恶化或其他威胁无人机飞行安全的情况时，应停止本次作业；若无人机已经起飞，应立即采取措施，控制无人机返航、就近降落，或采取其他安全措施保证无人机安全。

16.2.2.3 巡查作业时，若作业区域出现其他飞行器，应及时评估巡查作业的安全性，在确保安全后方可继续执行巡查任务，否则应采取避让措施。

16.3 数据质量检查

根据巡查任务要求，进行航拍数据质量检查。如果发现数据质量存在问题，应立即组织重新航拍。

17 巡查资料整理移交

巡查结束后，应按照不同数据采集方式及时整理巡查相关资料和成果，并移交以下外业资料，巡查数据应妥善处理并至少保存 5 年。

17.1 视频巡查资料

- (1) 无人机巡查记录单（见附录 A）；
- (2) 设计航线示意图；
- (3) 航拍原始影像视频数据；
- (4) 航拍飞行轨迹回放数据。

要求视频无明显过曝，不能过暗，无明显抖动，连贯无卡顿；能分辨距岸线 100m 范围内地面 10cm×10cm 以上的物体。

17.2 航摄巡查资料

- (1) 无人机巡查记录单（见附录 A）；
- (2) 数字航摄仪检测报告，包括：相机序列号、镜头编号、像幅大小、像素大小、CCD 大小、像主点坐标 x_0 、 y_0 、焦距 f 、径向畸变系数 k_1 、偏心畸变系数 P_1 、 P_2 、坐标原点位置等信息；
- (3) 设计航线示意图；
- (4) 航摄照片及 POS 数据；
- (5) 地面控制点坐标；
- (6) 航拍飞行轨迹回放数据。

17.3 图片拍摄巡查资料

- (1) 无人机巡查记录单（见附录 A）；
- (2) 设计航线示意图；
- (3) 航拍照片及 POS 数据；
- (4) 航拍飞行轨迹回放数据。

要求照片无明显过曝，不能过暗，无模糊不清的现象；能分辨距岸线 100m 范围内地面 10cm×10cm 以上的物体。

17.4 多光谱/高光谱巡查资料

- (1) 无人机巡查记录单（见附录 A）；
- (2) 设计航线示意图；
- (3) 多/高光谱仪检测报告；
- (4) 航拍多/高光谱影像数据及 POS 数据；
- (5) 航拍飞行轨迹回放数据。

17.5 激光雷达巡查资料

- (1) 无人机巡查记录单（见附录 A）；
- (2) 设计航线示意图。
- (3) 地面控制点坐标参数；
- (4) 无人机雷达点云；
- (5) 航拍飞行轨迹回放数据；

18 航拍数据处理

18.1 视频数据

根据巡查任务要求，对拍摄的视频数据进行剪辑，制作成业主所需要的视频成果。

18.2 航摄数据

根据巡查任务要求，对航摄数据进行处理，根据任务要求制作成数字地面模型、正射影像图或三维实景模型。

18.2.1 **数字地面模型制作**应满足《低空数字航空摄影测量内业规范》（CH/Z 3003）、《数字航空摄影测量测图规范》（CH/T 3007.1-2011）第 1 部分 1:500 1:1000 1:2000 数字高程模型的要求。

18.2.2 正射影像图制作应满足《低空数字航空摄影测量内业规范》（CH/Z 3003）、《数字航空摄影测量测图规范》（CH/T 3007.1-2011）第1部分 1:500 1:1000 1:2000 数字正射影像图的要求。

18.2.3 三维实景模型制作精度应满足《低空数字航空摄影测量内业规范》（CH/Z 3003）、《数字航空摄影测量测图规范》（CH/T 3007.1-2011）第1部分 1:500 1:1000 1:2000 数字高程模型数字线划图的要求。

18.3 图片数据

根据巡查任务要求，对拍摄图片进行筛选处理，形成最终的图片成果。

18.4 多光谱/高光谱数据

根据巡查任务要求，对采集的多光谱/高光谱数据进行分析处理，获取所需的相关参数。

18.5 激光雷达数据

根据巡查任务要求，对采集的激光雷达扫描数据进行处理，生成所需要的三维点云数据。

19 成果整理与验收

19.1 视频成果

根据巡查任务要求，对视频成果进行整理和验收。

19.2 航摄成果

参照《低空数字航空摄影测量内业规范》（CH/Z 3003）、《数字航空摄影测量测图规范》（CH/T 3007.1-2011）第1部分 1:500 1:1000 1:2000 数字高程模型和数字正射影像图等规范对航摄成果进行整理和验收。

19.3 图片成果

根据巡查任务要求，对图片成果进行整理和验收。

19.4 多光谱/高光谱成果

参照《多光谱遥感数据处理技术规程》（DD2013-12）对多光谱/高光谱成果进行整理和验收。

19.5 激光点云成果

参照《机载激光雷达数据处理技术规范》（CH/T 8023-2011）和《机载激光雷达数

据获取技术规范》(CH/T 8024-2011)对激光点云成果进行整理和验收。

附录 A

(资料性附录)

表 A1 无人机巡查记录单

编号:		巡查日期: 年 月 日					
巡查河湖名称							
使用机型		天气		风速		气温	
任务负责人		飞行架次		每架次作业时间			
操控人员		程控人员		机务人员			
序号	巡查时间	巡查区段	巡查模式	数据采集方法	巡查发现情况	备注	
1							
2							
3							
4							
5							
记录人(签名):				任务负责人(签名):			
备注中说明以下情况: 1.巡查过程中放弃的巡视区段和原因、异常情况及处置等。 2.飞行中航线的变更信息,包括起降点,航迹周边环境等的变化情况。							

参考文献

- [1] GB/T 14950-2009 摄影测量与遥感术语 [S]
- [2] 27920.1 数字航空摄影规范 第1部分：框幅式数字航空摄影 [S]
- [3] GB/T 27919-2011 《IMU/GPS 辅助航空摄影技术规范》
- [4] CH/T 3001 无人机航摄安全作业基本要求
- [5] CH/T 3002 无人机航摄系统技术要求
- [6] CH/Z 3004 低空数字航空摄影测量外业规范
- [7] T/AOPA 0008-2019 《无人机驾驶员合格审定规则》
- [8] CCAR-91-R3 《一般运行和飞行规则》（中华人民共和国交通运输部令 2018 年第 40 号）
- [9] 轻小无人机运行规定(试行)（中国民用航空局, 2015 年 12 月 29 日发布）