

ICS 35.24

A77

# 团 体 标 准

T/CWEC xxx-2022

## 河湖水库无人机系统应用技术导则

Technical guidelines for application of unmanned aerial vehicle (UAV)

system in river, lake and reservoir management

(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**

xxxx-xx-xx 发布

xxxx-xx-xx 实施

中国水利企业协会 发布

## 目 次

1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 系统功能.....	3
4.1 系统功能概述.....	3
4.2 堤防工程巡查.....	3
4.3 水库工程巡查.....	4
4.4 河湖管理巡查.....	4
5 系统组成.....	5
5.1 河湖水库无人机系统组成.....	5
5.2 无人机.....	5
5.3 载荷.....	5
5.4 地面控制系统.....	6
5.5 数据处理与分析系统.....	6
6 无人机巡查.....	6
6.1 资料搜集.....	6
6.2 空域申请.....	7
6.3 现场查勘.....	7
6.4 底图测量.....	7
6.5 作业前检查.....	7
6.6 巡航线路规划.....	7
6.7 飞行作业.....	8
7 数据处理与成果.....	8
7.1 无人机航片处理.....	8

7.2 信息提取与分析.....	8
7.3 巡查产品.....	9
8 质量控制.....	9
8.1 原始数据检查.....	9
8.2 监测信息提取.....	9
8.3 监测成果要求.....	9

## 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。

本文件由中国水利企业协会提出并归口。

本文件主要起草单位：中国水利水电科学研究院、水利部河湖保护中心、北京慧图科技（集团）股份有限公司、四创科技有限公司、深圳市中泰乾通科技有限公司、黄河勘测规划设计研究院有限公司、长江空间信息技术工程有限公司（武汉）、山脉科技股份有限公司、《中国防汛抗旱》杂志社。

本文件主要起草人员：杨昆、胡玮、黄诗峰、杨永民、朱鹤、宋文龙、姚毅、廖承伟、王海涛、刘豪杰、杨牧、马力、凌永玉、张攀、陈徐迪、胡祖火、何刘鹏、李波、夏婧、农惠、姚力玮、张晓强、钟良、马建威、孙亚勇。

本文件为首次发布。

# 河湖水库无人机系统应用技术导则

## 1 范围

本文件规定了河流、湖泊、水库及其相关水利设施管理巡查使用的无人机系统的术语与定义、系统功能、系统组成、无人机作业、数据处理与成果、质量控制等。

本文件适用于河湖水库巡查工作中的无人机应用。

## 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/T 15968 遥感影像平面图制作规范

GB/T 17941.4 数字成果质量要求

GB/T 18316 数字测绘成果质量检查与验收

SL 106 水库工程管理设计规范

SL/T 171 堤防工程管理设计规范

SL 551 土石坝安全监测技术规范

SL 570 水利水电工程管理技术术语

SL/T 794 堤防工程安全监测技术规程

CH/Z 3001 无人机航摄安全作业基本要求

CH/Z 3003 低空数字航空摄影测量内业规范

CH/Z 3004 低空数字航空摄影测量外业规范

CH/Z 3005 低空数字航空摄影规范

CH/T 1029.2 航空摄影成果质量检验技术规程

TCAGIS 3-2020 无人机遥感数据编目

UASA/T 0001 无人机系统术语

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

### 无人机巡查 unmanned aerial vehicle inspection

以无人机平台搭载光学相机/摄像机、热成像相机、多光谱相机、激光雷达等任务载荷对特定对象进行巡视和检查。

### 3.2

#### 堤防工程 dike engineering

堤防工程是指沿河、渠、湖、海岸或行洪区、蓄滞洪区、围垦区、水库的边缘修筑的挡水建筑物。

[来源: SL/T 171, 3.2.1, 有修改]

### 3.2

#### 堤防工程管理范围 management area of dike engineering

堤防工程管理范围主要包括堤身及防渗导渗工程, 堤防临、背水侧护堤地, 护岸控导工程及护坝地, 穿堤、跨堤及临堤建筑物, 监测、交通、通信等附属工程设施, 管理单位生产生活区。

[来源: SL 570, 4.1.1.2, 有修改]

### 3.3

#### 水库工程 reservoir engineering

控制和调配自然界的地表水和地下水, 在河道、山谷、低洼地及地下透水层形成蓄集水的水库而修建的挡水坝、堤堰、隔水墙、溢洪道、闸门、近坝岸坡等水工建筑物。

[来源: SL 570, 5, 有修改]

### 3.3

#### 水库工程管理范围 management area of reservoir engineering

水库工程管理范围包括工程区管理范围和运行区管理范围。工程区管理范围包括大坝、溢洪道、输水道等建(构)筑物周围的管理范围和水库土地征用线以内的库区。

[来源: SL 106, 30.2, 3.0.3, 有修改]

### 3.4

#### 河道湖泊管理范围 management area of river and lake

有堤防的河流、湖泊, 其管理范围为两岸堤防之间的水域、沙洲、滩地、行洪区和堤防及护堤地; 无堤防的河流、湖泊, 其管理范围为历史最高洪水位或者设计洪水位之间的水域、沙洲、滩地和行洪区。

### 3.5

#### 日常巡查 daily cruise and examination

在正常情况下, 利用河湖水库无人机系统, 对堤防、水库工程及管理范围、河道湖泊管理范围有关安全状态及完整性进行的检查、记录及分析工作。

### 3.6

### 特别巡查 Special cruise and examination

当发生大暴雨、大洪水、台风、地震等自然灾害或河湖突发污染事件及水位骤变、高水位运行以及封河、开河等工程非常态运行情况，对堤防、水库工程、河道湖泊及管理范围有关安全状态及完整性进行无人机巡查工作。

### 3.7

#### 无人机系统 unmanned aerial vehicle system

以无人机为主体，由无人机平台、载荷、地面控制系统、数据处理与分析等组成，能完成特定任务的一组装备。

[来源：UASA/T 0001，2.2，有修改]

### 3.8

#### 无人机观测数据 remote sensing data from UAV

无人机系统获取的原始观测数据集和后处理数据。

[来源：TCAGIS 3-2020，3.3，有修改]

## 4 系统功能

### 4.1 系统功能基本要求

河湖水库无人机系统，根据堤防工程、水库工程及河湖管理需求，进行无人机巡查，包括无人机日常巡查和特别巡查，并记录、解译、分析、展示相关监测数据结果。

### 4.2 堤防工程巡查

#### 4.2.1 日常巡查

在正常情况下，对堤身、护堤地和堤防工程保护范围、堤岸防护工程、穿堤（跨堤）建筑物及其结合部进行外观变化巡查：

—外观变化主要包括位移、凹陷、裂缝、滑坡、渗水、岸冰、封河、冰盖、冰坝、流凌、杂物及垃圾堆放、管理设施及室外存放防汛物料变化等。

—一般情况下，根据 SL/T 794 要求，制定日常巡查计划。

—当遇特殊情况和堤防工程出现安全风险隐患时，适当加密巡查频次。

—发现可能影响堤防工程安全的外观变化，由护堤人员现场复核查验。

#### 4.2.2 特别巡查

当发生大暴雨、大洪水、台风、地震等自然灾害以及封河、开河等工程非常运用情况，堤防工程可能发生重大险情时，及时开展：

—可能出现工程险情时，开展巡堤查险，对堤防工程渗水、管涌、塌陷、滑坡、裂缝、崩塌、漫溢等险情进行巡查。

—发现疑似险情及其他情况，由相关人员现场复核查验。

—预报河道水位可能快速上涨时，对河道可能行洪区域进行巡查，发现受洪水威胁的人类活动、可能影响行洪的建筑（构筑）物、可能影响水质的堆积物等情况，及时上报堤防管理单位。

—蓄滞洪区蓄洪运用前，对分洪通道及蓄滞洪区内可能淹没区域进行巡查，发现受洪水威胁的人类活动、可能影响行洪的建筑（构筑）物、可能影响水质的堆积物等，及时上报堤防管理单位。

—根据事态发展，确定具体的巡查频次。

### 4.3 水库工程巡查

#### 4.3.1 日常巡查

在正常情况下，对水库工程的坝体、溢洪道、闸门、近坝岸坡外观和坝区环境进行外观变化巡查：

—外观变化主要包括工程设施位移、凹陷、裂缝、滑坡、渗水、排水沟流量及浑浊度变化、坝前及库湾水色变化、杂物及垃圾堆放、管理设施及室外存放防汛物料丢失或损坏等。

—一般情况下，参照 SL/T 794 和 SL 551 规定的要求，制定巡查计划。

—遇特殊情况和工程出现安全风险隐患时，增加巡查次数。

—发现可能影响水库工程安全、水质安全的外观变化，由巡查人员现场复核查验。

#### 4.3.2 特别巡查

当遭遇大暴雨、大洪水、有感地震、库水位骤变、高水位运行以及其他影响水库工程安全运行的特殊情况时，及时开展：

—可能出现工程险情时，对大坝、溢洪道等建筑物的渗水、塌陷、滑坡、裂缝、崩塌、漫溢以及库区滑坡等险情进行巡查。

—水库拦洪蓄水前，对库区可能淹没区域进行巡查，发现受洪水威胁的人类活动、可能影响水质的堆积物等，及时上报水库工程管理部门。

—水库泄洪前，对下游河道可能行洪区域进行巡查，发现受洪水威胁的人类活动、可能影响行洪的建筑（构筑）物、可能影响水质的堆积物等，及时上报水库工程管理部门。

—根据事态发展确定巡查频次。

—发现疑似险情及其他情况，由相关人员现场复核查验。

### 4.4 河湖管理巡查

#### 4.4.1 日常巡查

在正常情况下，对下列事项进行巡查：

- 围垦湖泊，挤占河道。
- 侵占水域、滩地，种植阻碍行洪的林木及高秆作物。
- 在河湖管理范围内采砂、取土，乱扔乱堆垃圾，
- 在河湖管理范围内倾倒、填埋、贮存、堆放固体废物，弃置、堆放阻碍行洪的物体
- 在河湖管理范围内建设涉河项目，设置排污口，排放污水
- 在河湖管理范围内清洗装贮过油类或者有毒、有色污染物的车辆、容器。
- 河湖水体出现黑臭、蓝藻等现象。
- 根据河湖管理要求确定巡查频次。

#### 4.4.2 特别巡查

在遭遇水质超标、重大污染事件等突发事件情况下开展，协助调查污染物来源、监测污染物传播扩散情况。

根据事态发展确定巡查频次。

## 5 系统组成

### 5.1 河湖水库无人机系统组成

河湖水库无人机系统由无人机、载荷、地面控制系统、数据处理与分析系统等组成。

### 5.2 无人机

根据巡查面积、起降条件、天气条件等情况，应用的无人机包括固定翼无人机、旋翼无人机和复合翼无人机。固定翼无人机适用于航时长、巡查范围大等应用场景；旋翼无人机对起飞条件要求低。

日常巡查要求：飞行中测角精度和像位点位移精度参照 CH/Z 3005 中第 5 章规定的要求执行；通信距离不小于 8km；4 级风条件和小雨条件（不大于 10mm/d）下可正常作业。

特别巡查要求：具备 7 级风条件、大雨条件（不大于 50mm/d）和低温条件（不低于-25℃）下正常运行能力。

### 5.3 载荷

满足较高空间分辨率航片、视频、点云、地表温度、地物光谱等数据采集要求。载荷主要包括光学相机、倾斜相机、热成像相机、多/高光谱相机、激光雷达、机载小型雷达等，巡查无人机任务、搭载载荷及技术要求对照见表 1。

表 1 巡查无人机任务、搭载载荷及技术要求对照表

巡查任务	识别指标	载荷种类	技术要求
堤防工程、水库工程、 河湖岸线	位置及外观变化	光学相机/摄像机/激光雷 达	成像清晰，可变焦
河道非法采砂	采砂船及采砂活动	光学和热红外双通道视频 摄像机	可见光及红外摄像， 满足河道采砂白天 和夜间全天时监测
河湖乱占、乱采、乱堆、 乱建	堆砌物位置及变化	光学相机/摄像机/激光雷 达/机载小型雷达	成像清晰，可变焦
排污口排污、堤防渗水 险情	基于水体温度变化，探测 排污口及堤防险情	热成像相机	温度反演精度优于 0.5k
水体污染	藻华、黑臭水体	多/高光谱相机	多光谱相机工作谱 段覆盖红、绿、蓝及 近红外，高光谱相机 分辨率优于 10nm
巡查底图测量	堤防、水库大坝及河湖岸 线三维位置	光学相机/激光雷达相机	具备 RTK 功能，可实 现厘米级精度定位， 高程精度优于 5cm

#### 5.4 地面控制系统

地面控制系统支持包括无人机的任务规划、飞行控制、任务载荷控制、飞行状态信息处理显示与记录等功能。通常要求支持航线便捷规划、自动控制、手动控制、一键起返、链路中断保护、低电压报警以及显示飞机状态参数等。

#### 5.5 数据处理与分析系统

数据处理与分析系统由无人机多光谱、高光谱遥感数据预处理、三维数据生成、监测信息提取、分析、提交及巡检成果展示等部分组成。

### 6 无人机巡查

#### 6.1 资料搜集

主要搜集测区范围、航摄要求、地形地貌、气候条件、基础控制点、地形图、卫星影像、规划设计图等资料。

## 6.2 空域申请

根据所在地空域管理相关要求，在执行巡查任务前，向空域管理部门申请空域，报备飞行计划。

## 6.3 现场查勘

对不熟悉情况的测区，飞机作业前宜进行测区踏勘，了解测区的地形地貌、适宜起降地点、影响飞行安全的设备设施分布等。

## 6.4 底图测量

在条件允许情况下，无人机搭载雷达及光谱相机，对测区进行测量，形成工作底图。底图测量按照 CH/Z 3004 和 GB/T 15968 中规定的要求执行。

## 6.5 作业前检查

### 6.5.1 气象条件检查

地面风力小于 4 级、小雨条件下可满足日常巡查作业要求。

地面风力小于 7 级、大雨条件、低温条件下可满足特别巡查作业要求。

强雷电、能见度小于 200 m 等极端天气情况不宜飞行。

### 6.5.2 无人机外观检查

无人机外观检查参照 CH/Z 3001 中 6.1 规定的要求执行：

- a) 检查无人机外观是否有明显变形等损坏情况，部件、插件连接是否紧固；
- b) 检查云台锁扣是否已取下；
- c) 检查动力系统（螺旋桨）是否有明显裂纹，是否连接牢固无松动；
- d) 检查电池外壳是否有损坏及变形，电量是否充裕，电池是否安装到位；
- e) 检查显示器、电量是否充足；
- f) 检查遥控器电量是否充足。

## 6.6 巡航线路规划

一般条件下，应综合考虑无人机有效作业续航时间、任务作业面积与空间分辨率需求、起降方式、

飞行高度等因素，通过地面控制系统设定飞行区域（位置、形状）。在需要多个架次执行任务时，不同架次航线应满足重叠度、飞行参数一致性等后期数据处理要求。巡航线路规划参照 CH/Z 3005 中的第 6 章规定的要求执行：

a) 传感器或载荷设置

根据巡检区域和任务要求，选择合适的相机倾角、重叠率等参数。

b) 相对航高

依据地面分辨率，倾斜设备参数及地面情况，计算起飞相对航高，相对航高一般不超过 1000m、地面分辨率优于 30cm，最高不超过 1500m、地面分辨率优于 50cm。

## 6.7 飞行作业

按照既定巡航规划航线，实施无人机飞行作业。

无人机飞手实时监控无人机状态，预判有危险紧急情况时，实施返航操作。

无人机完成作业后，自动返航或人工控制返回指定降落点，安全着陆或接地后，关闭无人机电源，及时下载无人机巡查数据。

## 7 数据处理与成果

### 7.1 无人机航片处理

应用无人机航片处理软件，对可见光航片、热红外航片、多光谱航片、倾斜航片、雷达航片等数据进行拼接等数据处理。无人机航片处理参照 CH/Z 3004 中第 9 章规定的要求执行：

a) 可见光航片处理：通过拼接处理，生成航飞区域可见光正射影像 DOM、数字高程模型 DEM、数字表面模型 DSM 和三维数据；

b) 热红外航片处理：通过拼接处理，生成航飞区域地表温度正射影像 DOM；

c) 多光谱航片处理：通过拼接处理，生成航飞区域多光谱正射影像 DOM；

c) 倾斜航片处理：通过数据处理，生成航飞区域可见光正射影像 DOM、数字高程模型 DEM、三维模型；

e) 雷达航片处理：通过数据处理，生成航飞区域激光点云数据、数字高程模型 DEM、三维模型。

### 7.2 信息提取与分析

#### 7.2.1 监测信息提取

根据数据类型和应用需求，利用信息提取软件，分别进行河湖岸线、取水口和排污口河湖水色、河湖周边环境状况信息提取：

T/CWEC xxx-2022

a) 河湖岸线监测主要提取违法建筑物、河湖围埂、垃圾乱放位置、排污口、取水口、非法采砂位置等目标地物的几何形态、空间位置、数量等信息；

b) 河湖水色监测主要提取取水口/排污口的水色带范围、水色指数、黑臭水体指数等信息；

c) 河湖周边环境状况监测主要提取河湖管理范围内植被覆盖度、河道挺水植物、河湖岸带植被指数、堤防高程\坡脚\坡长、堤防水痕高程、堤防隐患等信息。

#### 7.2.2 监测信息分析

根据实际应用需求，结合无人机采集影像、三维高程、信息提取结果与基本工程数据等，开展河湖岸线、河湖水色、环境影响区的分析与评价，辅助河湖管理部门维护运行工作的决策。

#### 7.2.3 监测信息提交

根据具体业务需求，在一定时段内现场完成不同分辨率和精度标准的监测信息成果图幅制作、统计报表和分析报告生成。

### 7.3 巡查产品

提交的巡查产品包括：

a) 位置及外观变化数据、专题图、报告等巡查产品，满足堤防工程、水库工程、河湖位置变化监测需求。其中，位置及外观变化数据的空间定位精度应当优于1米。

b) 目标识别视频数据、专题图、报告产品，满足河道非法采砂等监测需求；

c) 水色光谱数据、专题图、报告产品，满足藻华、黑臭水体等水体污染监测需求；

d) 堤防、水库大坝及河湖岸线三维位置数据产品，满足巡查基础数据需求；

e) 水温变化数据专题图、报告产品，满足排污口排污、堤防渗水险情等监测需求。

## 8 质量控制

### 8.1 原始数据检查

航拍完成后，需要现场立刻对原始数据进行检查，包括数据的大小、覆盖范围、光谱信息是否准确，若出现缺失，宜尽快补充测量。

### 8.2 监测信息提取

对于提取的监测信息，由专业人员结合地面实测数据，检查其提取精度、空间分布、空间分辨率等信息是否满足要求。如不满足，则考虑改进算法或采取人机交互的方法，直至精度达到要求。

### 8.3 监测成果要求

### 8.3.1 成果总体要求

监测成果主要包括飞行日志、数据采集记录表、航摄原始数据、拼接预处理后影像、拼接及辐射校正后正射影像 DOM、数字表面模型 DSM、监测信息图件和工作报告。各类数据需分类存储，并编制监测成果清单，成果符合 GB/T 18316 与 GB/T 17941.4 中的规定。

### 8.3.2 数据成果要求

对于监测信息图件，需提供 Jpg 图件以及对应的 mxd 文件和数据，在获取的 DOM 或 DSM 数据上叠加提取的监测信息进行制图，图件上需含有图名、图例、指北针、比例尺、制图时间、监测信息统计等，成果符合 GB/T 15968 与 CH/T 1029.2 中的规定。

### 8.3.3 报告成果要求

工作报告包括工作目标、工作内容、组织实施、现场工作安排、现场无人机工作流程、无人机数据获取、无人机数据处理、监测信息提取模型及提取结果、精度评价、总结等内容。

---