

ICS 35.240

CCS A 77

团体标准

T/CWEC 41—2023

河湖水库无人机系统应用技术导则

Technical guide for application of unmanned aerial vehicle system in river,
lake and reservoir management

2023-05-17 发布

2023-07-01 实施

中国水利企业协会 发布

中国水利企业协会

关于发布《防汛排涝抗旱一体化泵车》《河湖水库无人机系统应用技术导则》等 2 个团体标准的公告

2023 年 第 5 号

根据中国水利企业协会团体标准制定计划，《防汛排涝抗旱一体化泵车》《河湖水库无人机系统应用技术导则》等 2 个团体标准已完成编制，经组织审查，现批准发布，自 2023 年 7 月 1 日施行。

序号	标准名称	标准编号	批准日期	实施日期
1	防汛排涝抗旱一体化泵车	T/CWEC 40—2023	2023.05.17	2023.07.01
2	河湖水库无人机系统应用技术导则	T/CWEC 41—2023	2023.05.17	2023.07.01

中国水利企业协会

2023 年 5 月 17 日

目 次

前言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 巡查内容	2
4.1 一般要求	2
4.2 河湖管理巡查	2
4.3 水库工程巡查	3
4.4 堤防工程巡查	3
5 技术要求	4
5.1 无人机	4
5.2 载荷	4
5.3 地面控制系统	4
5.4 数据处理与分析系统	5
6 作业管理	5
6.1 资料搜集	5
6.2 空域许可与飞行计划	5
6.3 现场查勘	5
6.4 底图测量	5
6.5 作业前检查	5
6.6 巡查路线规划	5
6.7 巡查作业	6
7 数据处理与分析	6
7.1 数据处理	6
7.2 信息提取	6
7.3 结果分析	6
8 质量管理	7
8.1 原始数据检查	7
8.2 数据处理检查	7
8.3 信息提取检查	7
8.4 巡查成果要求	7
参考文献	8

前 言

本标准按照 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。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别专利的责任。

本标准由中国水利企业协会提出并归口。

本标准主要起草单位：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、深圳市中泰乾通电子有限公司、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。

本标准主要起草人员：杨昆、胡玮、黄诗峰、杨永民、朱鹤、姚毅、王海涛、刘豪杰、夏婧、凌永玉、陈徐迪。

本标准为首次发布。

河湖水库无人机系统应用技术导则

1 范围

本标准规定了江河、湖泊及水库、堤防工程管理巡查使用无人机系统的巡查内容、技术要求、作业管理、数据处理与分析、质量管理等。

本标准适用于江河、湖泊及水库、堤防工程管理巡查工作中的无人机系统应用。

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标准必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本标准；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

- GB/T 15968 遥感影像平面图制作规范
- GB/T 17941 数字测绘成果质量要求
- GB/T 18316 数字测绘成果质量检查与验收
- GB/T 38152 无人驾驶航空器系统术语
- GB/T 39612—2020 低空数字航摄与数据处理规范
- SL 570 水利水电工程管理技术术语
- CH/T 1029.2 航空摄影成果质量检验技术规程 第2部分：框幅式数字航空摄影
- CH/Z 3001—2010 无人机航摄安全作业基本要求
- CH/T 3004—2021 低空数字航空摄影测量外业规范
- CH/T 9015 三维地理信息模型数据产品规范
- CH/T 9016 三维地理信息模型生产规范
- CH/T 9017 三维地理信息模型数据库规范
- T/CAGIS 3 无人机遥感数据编目

3 术语和定义

GB/T 38152 和 SL 570 界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

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

有堤防的江河、湖泊，其管理范围为堤防之间的水域、沙洲、滩地（含可耕地）、行洪区、岸边堤防及护堤地；无堤防的江河、湖泊，其管理范围为根据历史最高洪水位或者设计洪水位确定的水域、沙洲、滩地（含可耕地）和行洪区。

3.2

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

水库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；运行区管理范围包括监测、交通、通信、供电等附属工程设施区域，管理单位生产生活区。

3.3

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

堤防工程和设施的建筑场地和管理用地。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、供电等附属工程设施区域，管理单位生产生活区。

3.4

无人机系统 **unmanned aerial vehicle system (UAV)**

以无人机为主体，由无人机平台、载荷、地面控制系统、数据处理与分析系统等组成，能完成指定观测任务的装备集合。

3.5

无人机巡查 **unmanned aerial vehicle inspection**

利用无人机系统对指定对象进行的巡视和检查，包括日常巡查和特别巡查。

3.6

日常巡查 **daily cruise and examination**

利用无人机系统对河湖、水库、堤防工程管理范围等有关外观状态、完整性及动态变化等进行的例行检查、记录等工作。

3.7

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、河湖污染或水位骤变等突发事件及高水位运行、工程非常态运行等情况，利用无人机系统对河湖、水库、堤防工程管理范围等有关外观状态、安全状态及完整性等进行的检查、记录等工作。

3.8

测区 **monitoring zone**

无人机系统巡查工作的观测区域。

4 巡查内容

4.1 一般要求

- 4.1.1 日常巡查应根据江河、湖泊及水库、堤防工程管理需求制定巡查计划，确定巡查内容和频次。
- 4.1.2 特别巡查应根据突发事件态势确定巡查内容和频次。
- 4.1.3 发现疑似影响江河、湖泊及水库、堤防工程管理及工程安全的情况，应由相关人员现场复核查验。

4.2 河湖管理巡查

4.2.1 日常巡查

日常巡查主要针对下列情况：

- a) 湖泊围垦，河道挤占。
- b) 水域、滩地侵占，阻碍行洪的林木及高秆作物种植。
- c) 采砂、取土，垃圾乱堆。
- d) 固体废物倾倒、填埋、储存、堆放，阻碍行洪物体的弃置、堆放。
- e) 涉河项目建设。
- f) 污水排放。
- g) 水体黑臭、蓝藻爆发。
- h) 河湖水域岸线变化。

- i) 其他影响河湖健康的情况。

4.2.2 特别巡查

当遭遇洪涝灾害、水体污染等突发事件时，主要针对下列情况开展巡查：

- a) 洪水演进过程及淹没情况。
- b) 岸坡冲刷、崩岸等险情。
- c) 污染物来源及传播扩散情况。
- d) 其他影响工程安全和河湖健康的情况。

4.3 水库工程巡查

4.3.1 日常巡查

日常巡查主要针对下列情况：

- a) 水库工程设施外观变化，主要包括工程设施凹陷、裂缝、滑坡、漫坝、渗水、排水沟水流及浑浊度变化。
- b) 水库库区水体水色变化。
- c) 水库工程管理范围环境状况，主要包括杂物及垃圾堆放、管理设施及室外存放防汛物料状况变化等。
- d) 水库库区侵占情况。

4.3.2 特别巡查

当遭遇大暴雨、大洪水、台风、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，主要针对下列情况开展巡查：

- a) 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。
- b) 水库蓄水前，对上游淹没区进行巡查。
- c) 水库泄洪前，对下游行洪区进行巡查。
- d) 其他影响水库工程安全的情况。

4.4 堤防工程巡查

4.4.1 日常巡查

日常巡查主要针对下列情况：

- a) 堤身、护堤地和堤防工程管理范围、堤岸防护工程、穿堤（跨堤）建筑物及其结合部的外观变化，包括位移、凹陷、裂缝、滑坡、渗水、岸冰等。
- b) 堤防上下游河段凌情，主要包括封河、开河、流凌、冰盖等。
- c) 堤防管理范围环境状况，主要包括杂物及垃圾堆放、管理设施、室外存放防汛物料状况变化及违法建筑等。

4.4.2 特别巡查

当发生大暴雨、大洪水、台风、地震、凌汛等自然灾害以及工程非常态运用情况，主要针对下列情况开展巡查：

- a) 出现工程险情时，对堤防工程渗水、管涌、塌陷、滑坡、裂缝、崩塌、漫溢等进行巡查。
- b) 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，主要包括受洪水威胁的人类

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。

- c) 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，主要包括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。
- d) 蓄滞洪区运用期间，对蓄滞洪过程进行动态监测。
- e) 其他影响堤防工程安全的情况。

5 技术要求

5.1 无人机

5.1.1 巡查无人机应满足下列基本要求：

- a) 无人机具备地面风力小于4级、无雨或小雨条件下安全飞行的能力，通信距离不少于3km。
- b) 无人机具备记录航迹和姿态信息的功能。

5.1.2 根据巡查面积、起降条件及天气条件等因素，选择固定翼、旋翼、复合翼等无人机的类型。

5.1.3 极端天气条件下的特别巡查，可根据巡查任务选用具备相应抗风、抗雨能力的无人机。

5.2 载荷

5.2.1 根据巡查任务，选择相应载荷。载荷主要包括光学相机、摄像机、多光谱/高光谱相机、热成像相机、激光雷达、合成孔径雷达等。

5.2.2 载荷种类、适用巡查范围及技术要求宜按表1规定执行。

表1 载荷种类、适用巡查范围及技术要求对照表

载荷种类	适用巡查范围	技术要求
光学相机	河湖、水库、堤防工程管理范围内的相关外观变化与环境监测	像素不低于2000万；最高快门速度不慢于1/800s
摄像机	河湖、水库、堤防工程管理范围内的相关外观变化与环境监测	可变焦；像素不低于2000万
多光谱相机	河湖、水库、堤防工程管理范围内的相关外观变化与环境监测，水体污染包括黑臭水体识别、蓝藻识别、油污污染	至少包括红、绿、蓝及近红外等谱段
高光谱相机	水体污染包括黑臭水体识别、蓝藻识别、油污污染	光谱分辨率不低于10nm；谱段数不少于100个
热成像相机	河湖排污口、堤防水库渗漏、凌情、夜间巡查等	热成像分辨率不低于640×512；温度精度优于1K
激光雷达	水库、堤防工程三维底图测量，堆放物方量计算，工程形变监测	激光点频不低于30万点/s；测距优于250m；高程精度优于10cm
合成孔径雷达	夜间、雾天巡查，工程形变监测，洪水监测	分辨率优于0.5m

5.3 地面控制系统

5.3.1 地面控制系统由飞行操纵与管理设备、地图与飞行航迹显示设备、通信设备等组成。

5.3.2 地面控制系统应具备无人机巡查任务规划、飞行控制、载荷控制、飞行状态信息显示与记录等功能。

5.4 数据处理与分析系统

数据处理与分析系统由无人机观测数据预处理、信息提取、结果分析等模块组成，各功能模块要求如下：

- a) 无人机观测数据预处理模块一般包括图像校正、拼接、镶嵌等功能。
- b) 信息提取模块一般包括图像的人机交互解译、计算机图像解译等功能。
- c) 结果分析模块一般在地物及环境变化信息提取的基础上，对江河、湖泊及水库、堤防工程管理及安全状况进行分析。

6 作业管理

6.1 资料搜集

应根据巡查任务确定测区范围，明确航摄要求，搜集测区气候条件、基础控制点、地形图、卫星影像、工程规划设计等资料。

6.2 空域许可与飞行计划

应根据测区空域管理相关要求，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

飞机作业前可根据需要进行测区查勘，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情况。

6.4 底图测量

根据巡查任务，可采用无人机搭载光学相机或激光雷达，对测区进行测量，形成工作底图。底图测量宜按照 GB/T 15968 和 CH/T 3004 中规定的要求执行。

6.5 作业前检查

6.5.1 气象条件检查

根据预报和实时情况对无人机巡查作业的气象条件要求进行检查：

- a) 地面风力小于 4 级、无雨或小雨条件下，可进行日常巡查或特别巡查。
- b) 地面风力大于等于 4 级小于 7 级、中雨或大雨条件下，不宜进行日常巡查，必要时可进行特别巡查。
- c) 暴雨、强雷电、风力大于等于 7 级、能见度小于 200m 等极端天气情况不宜开展无人机巡查。

6.5.2 无人机系统外观检查

宜按 CH/Z 3001—2010 中 6.1 规定的要求执行，并符合下列要求：

- 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) 检查动力系统连接是否牢固无松动，螺旋桨是否有明显裂纹。
- d) 检查电池外壳是否有损坏及变形，电量是否充足，电池是否安装到位。
- e) 检查地面控制系统显示器/遥控器电量是否充足。

6.6 巡查路线规划

6.6.1 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，通过地面控制系统规划巡查路线。

6.6.2 巡查线路规划宜按 GB/T 39612—2020 中 5.3 航摄计划与航摄设计规定的要求执行。

6.7 巡查作业

无人机驾驶员应按照规划巡查路线，开展无人机巡查，并遵循下列要求：

- a) 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。
- b) 特别巡查时，可根据任务需求在许可范围内调整巡查路线。
- c) 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，及时下载无人机系统观测数据。

7 数据处理与分析

7.1 数据处理

7.1.1 采用相关无人机数据处理软件，对可见光航片、视频、多光谱航片、高光谱航片、热红外航片、激光雷达数据、合成孔径雷达影像等数据进行图像校正、拼接、镶嵌等数据预处理。

7.1.2 无人机航片处理宜参照 CH/T 3004—2021 中第 9 章规定的要求执行，并遵循下列要求：

- a) 可见光航片处理：应通过数据处理，生成测区可见光正射影像、数字表面模型、数字高程模型。
- b) 视频数据处理：应通过压缩、剪辑、格式转换等处理，生成测区视频数据。
- c) 多光谱航片处理：应通过数据处理，生成测区多光谱正射影像。
- d) 高光谱航片处理：应通过数据处理，生成测区高光谱正射影像。
- e) 热红外航片处理：应通过数据处理，生成测区地表温度正射影像。
- f) 激光雷达数据处理：宜按 CH/T 9015、CH/T 9016 和 CH/T 9017 要求，生成测区激光点云数据、数字高程模型、三维模型。
- g) 合成孔径雷达影像处理：应通过数据处理，生成测区正射雷达影像。

7.2 信息提取

根据工作要求，利用相关信息提取软件，对河湖、水库、堤防工程管理范围地物及环境变化信息进行提取：

- a) 河湖巡查信息提取包括：河湖管理范围内的建筑物构筑物、垃圾堆放、排污口、取水口、采砂船等地物的空间信息，河湖岸线、水体、水色、水温及岸带植被等环境信息。
- b) 水库工程巡查信息提取包括：水库工程设施外观变化，库区水体、水色变化，水库管理范围内的建筑物构筑物、垃圾堆放、排污口、取水口等地物的空间信息，上游淹没区和下游行洪区的地物空间信息及人类活动信息。
- c) 堤防工程巡查信息提取包括：堤防工程设施外观变化，堤防工程管理范围和蓄滞洪区内建筑物构筑物、防汛物料、垃圾堆放、排污口、取水口、冰凌等地物的空间信息及人类活动信息，堤防工程管理范围和蓄滞洪区内水体动态信息。

7.3 结果分析

7.3.1 根据实际应用需求，利用无人机巡查信息提取结果，结合基础资料 and 人员现场复核查验情况，对江河、湖泊及水库、堤防工程管理范围等有关外观状态、完整性及动态变化等进行分析，形成巡查专题图、统计报表。

7.3.2 通过水色、水温变化分析，调查水体污染物来源和监测污染物传播扩散情况。

7.3.3 通过工程设施形变监测、外观变化、水体水温变化分析，研判工程设施险情。

7.3.4 在结果分析基础上，形成结果分析报告。

8 质量管理

8.1 原始数据检查

无人机巡查完成后，应立刻对原始数据进行检查，包括无人机巡查数据的大小、覆盖范围、光谱信息以及视频数据等是否准确完整，若出现缺失，宜尽快补充测量。

8.2 数据处理检查

无人机巡查数据处理成果检查应按照 GB/T 39612—2020 中 5.5 的规定执行。

8.3 信息提取检查

信息提取后，对提取结果应结合地面实测数据，检查其精度是否满足要求。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。

8.4 巡查成果要求

8.4.1 成果一般要求

成果宜包括飞行日志、数据采集记录表、航摄原始数据、拼接预处理后影像、数据处理后正射影像、数字表面模型、巡查专题图和结果分析报告。成果应分类存储和编目，并编制监测成果清单，成果应符合 GB/T 18316、GB/T 17941 与 T/CAGIS 3 中的规定。

8.4.2 巡查专题图成果要求

巡查专题图应标注图名、图例、指北针、比例尺、巡查单位、巡查时间、制图单位、制图时间等要素，提交的成果应符合 GB/T 15968 与 CH/T 1029.2 中的规定。

8.4.3 结果分析报告要求

结果分析报告应包括工作目标、工作内容、组织实施、工作安排、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、结果分析、精度评价、总结等内容。

参 考 文 献

- [1] GB/T 7931 1 : 500 1 : 1000 1 : 2000 地形图航空摄影测量外业规范
 - [2] GB/T 14950 摄影测量与遥感术语
 - [3] GB/T 23236 数字航空摄影测量 空中三角测量规范
 - [4] GB/T 30943 水资源术语
 - [5] GB/T 51416 混凝土坝安全监测技术标准
 - [6] CH/T 3021 倾斜数字航空摄影技术规程
 - [7] SL 26 水利水电工程技术术语
 - [8] SL 106—2017 水库工程管理设计规范
 - [9] SL/T 171—2020 堤防工程管理设计规范
 - [10] SL 197 水利水电工程测量规范
 - [11] SL 551 土石坝安全监测技术规范
 - [12] SL/T 794 堤防工程安全监测技术规程
 - [13] SL/T 800 河湖生态系统保护与修复工程技术导则
 - [14] DB41/T 2080 水土流失动态监测野外核查无人机应用技术规程
 - [15] UASA/T 0001 无人机系统术语
-