

ICS **

CCS **

团体标准

T/ITS 00**-20**

公路边坡无人机智能巡检技术要求

Technical requirements for intelligent inspection of highway slopes using drones

(与国际标准一致性程度的标识) (如果有请补充)

20**-**-**发布

20**-**-**实施

中国智能交通产业联盟 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语、定义和缩略语 1

4 基本要求 2

5 巡检作业要求 2

6 装备设施要求 4

7 软件平台要求 4

中国智能交通产业联盟

前 言

本标准的目的是指导全国各等级公路边坡的智能巡检技术的规范化应用,推动实现公路边坡病害的智能采集与识别分析,减轻公路边坡养护管理工作量,保障道路安全畅通。标准出台能够保障无人机智能巡检创新技术应用有序安全,增强行业发展规范性,促进产业健康发展。

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。

本文件由中国智能交通产业联盟(C-ITS)提出并归口。

本标准负责起草单位:南京智行信息科技有限公司、广东省公路建设有限公司、河南省交通投资集团有限公司、广东博大高速公路有限公司博深分公司、浙江交投高速公路运营管理有限公司、河南省高速公路实验检测有限公司、青岛海信网络科技股份有限公司、浙江数智交院科技股份有限公司

本标准主要起草人:

公路边坡无人机智能巡检技术要求

1 范围

本标准规定了无人机边坡智能巡检技术的基本要求、巡检作业要求、装备设施要求及软件平台要求等内容。

本标准适用于全国各等级公路边坡的无人机日常养护巡检作业。

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 22239-2019 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求
GB/T 22240 信息安全技术网络安全等级保护定级指南
GB/T 7262-2009 公路通信技术要求及设备配置
GB/T 37378 交通运输信息安全规范
JTG H30-2015 公路养护安全作业规程
JTG 5110-2023 公路养护技术标准
JTG 5150-2020 公路路基养护技术标准
JTG 5210-2018 公路技术状况评定标准
DB14/T 565-2017 高速公路养护精细化管理规范
DB36/T 1593-2022 高速公路日常养护技术规范
T/JSCTS 8-2022 高速公路日常养护巡检及经常性检查作业规程

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

公路边坡 roadway slope

公路边坡是常见的人工边坡之一,是为满足公路工程建设要求和保障公路路基稳定而在路基两侧按一定坡率填筑或开挖形成的岩土坡面。

3.1.2

日常养护巡检 road maintenance inspection

日常养护巡检是指针对公路边坡进行日常性的巡视检查,及时掌握公路边坡及沿线设施技术状况的作业活动。

3.1.3

智能巡检无人机 intelligent inspection UAV

智能巡检无人机是指搭载先进监测设备的专业无人机,重点用于巡查人工难以到达观测的公路边坡。通过边坡专业巡检无人机及配套系统,实现对于公路边坡的日常养护巡查和病害监测管理,从而为边坡养护作业提供决策支撑。

3.1.4

无人机边坡智能巡检平台 intelligent UAV slope inspection System

无人机边坡智能巡检平台是一种用于提升公路道路养护巡检作业效率的智能平台。平台基于无人机及搭载设备采集的视频图片信息,利用计算机视觉、机器学习等技术对于边坡病害信息进行检测分类、数据分析和模型对比,为边坡养护作业提供决策支撑。

3.2 缩略语

下列缩略语适用与本文件。

UAV：无人机（Unmanned Aerial Vehicle/Drones）

AI：人工智能（Artificial Intelligence）

GIS：地理信息系统（Geographic Information System）

4 基本要求

无人机边坡智能巡检作为公路边坡日常养护巡检的一种技术手段，通过无人机及智能化巡查手段，对于边坡坡面、排水设施、防护结构等工作状况以及边坡病害发育情况进行日常巡视检查。除本文件相关要求外，应按照JTG 5120、JTG 5142、JTG 5150、JTG H10、JTG H12的相关要求执行。

无人机边坡智能巡检工作应在保障养护作业人员、装备设施运行安全的前提下，充分考虑无人机巡检作业对交通安全保通状况的影响，保障交通通行。

无人机边坡智能巡检平台的设计开发，应参考相应标准规范，科学分析公路技术状况的变化规律，逐步实现巡检检查自动化、决策科学化、评定标准化。

5 巡检作业要求

5.1 巡检内容

无人机智能巡检应通过无人机及搭载的相关装备设施，针对公路边坡及沿线设施进行巡检，消除影响通行的安全隐患，巡检内容应包括但不限于以下内容：

- a) 坡面植草防护及绿化；
- b) 坡面冲刷、坡面裂缝、掉块落石、局部坍塌等坡面病害；
- c) 边沟、侧沟、急流槽、平台及堑顶截水沟、坡面泄水孔、坡体排水孔等边坡排水设施；
- d) 圬工挡土墙、锚固工程等防护及支挡物结构；
- e) 检修道、防护栏等附属设施；
- f) 其他对边坡的稳定和安全不利的情况。

5.2 巡检流程

为保障无人机边坡智能巡检工作顺利开展，应对巡检流程进行规范。巡检流程应包含以下几方面工作：作业准备、设备检查、巡检作业、采集传输、分析应用。

5.2.1 作业准备

无人机飞行前的准备工作主要包括资料收集、现场踏勘、机场建设、空域申请等，应满足以下要求：

- a) 资料收集：应对于巡检边坡的所处路段、管养单位、地质环境等基本信息，以及历史病害、处置情况等管养资料进行收集；
- b) 现场踏勘：应前往实地进行现场勘察，确认巡检边坡的状况及飞行条件，若边坡存在失稳、变形及灾害等情况，分析其可能原因；
- c) 机型选择：应根据边坡实际情况及巡检需要，综合考虑无人机功能、飞行性能、通信链路、任务载荷等因素，选择适用的无人机机型；
- d) 航线规划：应根据资料信息及现场踏勘情况，针对巡检边坡选择最优飞行路径，确定无人机入航点、出航点、拍摄点、坐标点及必要辅助点，可根据情况建设无人机机场；
- e) 空域申请：执行作业任务前，应按照有关流程办理空域申请手续。

5.2.2 设备检查

巡检作业前，巡检人员应对巡检设备进行检查：

- a) 应检查无人机飞行必备设备是否完备，硬件安装是否完毕，确认无人机系统组件是否正常、电池电量是否足够，确认数据存储和备份空间是否足够，确认摄像机有无遮挡物或污染；

- b) 在无人机发生故障或缺陷并修复后、更换新地区飞行等情况下，巡检前应应对无人机指南针进行校准；
- c) 应逐项开展设备检查、系统自检、航线核查，确保无人机处于适航状态。

5.2.3 巡检作业

无人机巡检包括飞手控制巡检、按计划自动巡检、以及半自动化巡检三种模式。飞手控制巡检通过专业飞手操控无人机对目标边坡进行飞行拍摄，按计划自动巡检以及半自动化巡检主要依托固定的无人机机场进行无人机的自动化起降，并通过专业无人机飞控平台设置飞行路线和航点、拍摄角度和内容。执行任务的方式应满足以下要求：

- a) 飞手控制巡检模式下，由飞手在指定位置操作无人机执行飞行任务；
- b) 按计划自动巡检模式下，无人机将根据计划任务自动执行飞行任务；
- c) 半自动化巡检模式下，无人机根据预设的航线规划自主飞行，作业过程中，需巡检人员参与进行巡检数据采集并监控作业过程，当无人机出现偏离作业路径或者其他危险状况时，由巡检人员切换至手动飞行模式中中止作业并返航。

5.2.4 采集传输

无人机数据采集和传输应满足以下要求：

- a) 通过无人机及搭载装备设施，对于边坡病害视频图像、点云激光数据及位置进行采集，信息采集过程应覆盖巡检边坡全部坡面及附属设施；
- b) 应建立精准的桩号标识系统，确保采集数据的定位信息准确；
- c) 应通过无人机集成的无线通信模块，将数据实时传输至无人机边坡智能巡检平台；
- d) 无人机返航降落后，应及时确认巡检数据的完整性和有效性，巡检数据无效或有缺失应立即补拍。

5.2.5 分析应用

巡检作业结束后，应对于采集传输数据进行处理与分析，并通过无人机边坡智能巡检平台，进行数据可视化展示、统计分析等功能应用。

5.3 巡检频率

无人机巡查的巡查频率宜按照表1的规定。对于交通量较大的重点路段边坡，以及结构稳定性较差的边坡，可根据情况必要时增加巡检频率。此外，针对天气环境及边坡特点，应当在台风或暴雨后，以及冬季冰冻天气及寒潮期间，适当增加巡查频率。

表 1 无人机巡查频率

公路环境类型	普通公路边坡		山区公路边坡		
天气状况	常规时段	汛期（4月—9月）	常规时段	汛期	寒潮期间（12月—2月）
巡查频率	1次/日	1-2次/日	1次/日	1-3次/日	1-2次/日

5.4 人员要求

巡检作业前，现场巡检作业人员应满足以下要求：

- a) 应具备无人机及巡检相关装备设施的基础知识和操作能力，通过相应机型的操作培训；
- b) 应具备公路边坡养护巡检专业知识，收集阅读巡检边坡的基础资料和近期检查记录，熟悉掌握技术状况；
- c) 作业人员在身体不佳或服用影响安全作业的有药物、酒精等情况下禁止飞行作业。

后台巡检人员应满足以下要求：

- a) 应具备无人机边坡智能巡检平台的基础知识和使用能力，或者参加过岗前培训；
- b) 应对于养护巡检数据库进行校核和维护，保障巡检数据的完整性、准确性和安全性。

5.5 环境要求

无人机执行任务环境应满足以下要求：

- a) 无人机巡检线路沿线左右 1km 范围内应无爆破、射击、打靶、飞行物、烟雾、火焰、无线电干扰等影响飞行安全的因素、并制定特殊情况下停飞、避让等应对措施；
- b) 未配置机场的无人机，起飞、降落点应选取地形平坦的地方，面积应当大于 2m*2m；
- c) 无人机应避免在大雾雨雪等恶劣天气下飞行，飞行作业相对湿度应 $\leq 95\%RH$ ；
- d) 无人机飞行瞬时风速应 $\leq 7m/s$ 。

6 装备设施要求

装备设施是指用于边坡智能巡检的硬件设备，包括无人机以及搭载的云台相机、激光雷达等智能监测设备。

6.1 无人机

边坡巡检无人机宜选择多旋翼无人机进行作业，通过利用无人机采集边坡图像，通过UAV自动化采集流程，保证边坡养护巡检标准化数据采集质量。

无人机应满足以下要求：

- a) 无人机续航时间 $\geq 30min$ ，标配载荷 $\geq 2.5kg$ ；
- b) 无人机具备全方位避障功能，避障距离 $\geq 2m$ ；
- c) 支持搭载定焦相机、变焦相机、红外相机、照明设备、激光雷达等，同时支持云台上置和云台下置。

6.2 云台相机

以支撑边坡智能巡检为目的，无人机搭载的摄像机应具备边坡病害、配套设施损坏等图像采集和特征识别功能，并支持机器视觉图像处理。应具备视频数据传输功能。

云台相机应满足以下要求：

- a) 应具备三轴自动稳定功能，控制精度满足 $[-0.05^\circ, 0.05^\circ]$ ；
- b) 单个相机拍摄照片分辨率 ≥ 2000 万像素（定焦）或 200 万像素（ ≥ 10 倍变焦），拍摄视频分辨率 $\geq 1080P$ ；
- c) 相机具备自动触发和手动出发功能，触发功能包括定点、等时间间隔、等距离间隔曝光等；
- d) 相机存储空间 $\geq 32G$ 。

6.3 激光雷达

激光雷达作为无人机搭载的可选项，能够通过点云激光的采集分析，识别公路边坡裂缝，并穿透边坡表面浅层植被获取地表真实数据。

无人机搭载的激光雷达应当具备激光扫描系统、定位系统、惯性导航等系统的集成功能，能够通过雷达与目标边坡之间激光发射和返回时间即可测算出双方距离，再结合雷达的高度、角度等方位信息，计算出三维坐标数据，并将被测目标的轮廓信息组成的点云绘制出3D环境地图。

用于边坡巡检的激光雷达的单次回波点频不宜低于700000点/s，有效射程不宜低于100m，测距精度不低于3cm。视场角不小于 60° ，回波次数不小于二次。

7 软件平台要求

7.1 系统构成

无人机边坡智能巡检平台应采用模块化分层设计思想，由设备感知层、采集传输层、数据中台层、应用服务层、应用展示层构成。

7.1.1 设备感知层

通过边坡巡检无人机及搭载设备感知采集边坡图片信息、激光点云图像等，以实现输出接入。

7.1.2 采集传输层

利用数据采集网管进行设备监控、安全管理、数据上传、算法下发、数据计算、数据存储等工作。

7.1.3 数据中台层

数据层提供数据中台服务，包括数据源（边坡基础数据库、边坡病害业务库等）和数据分析（数据建模、数据整合、数据清洗、AI分析等）。

7.1.4 应用服务层

应用服务层主要提供基于道路养护管理需求的相关应用服务，包含信息综合展示、作业台班管理、清扫评分管理、病害智能分析、路况分析评定、综合决策支撑等。

7.1.5 应用展示层

最终通过电脑终端、移动终端或第三方应用进行展示。

7.2 功能要求

为满足公路边坡养护管理需求，形成养护作业管理闭环，平台应包含以下功能。

7.2.1 信息综合展示

应具备针对无人机巡检采集数据的综合展示与统计分析功能，能够通过GIS地图展示并管理边坡基础信息、无人机巡检实体信息、巡检飞行信息、边坡病害图像、激光点云图像等。

7.2.2 巡检作业管理

应具备对于巡检人员、设备及日常巡检工作进行综合管理的功能，能够自动生成巡检记录与报告，可对巡检次数、巡检里程、巡检时长等进行综合统计，可查看实时巡检状态和历史巡检记录。

7.2.3 病害智能分析

应具备对于边坡病害进行数据统计和智能分析的功能。能够自动化统计并展示出边坡病害总数、病害类型、病害尺寸等信息，并能够按照无人机定拍点及病害类型搜索病害详情，对比前期同处巡检的图片，更加直观的展示边坡病害的演变过程。

表 2 边坡巡查项目与病害

序号	巡查项目	识别病害
1	坡面土体	是否发生滑塌，是否有土体裸露
2	坡面平台	识别发现坡面裂缝
3	排水沟	是否发生堵塞
4	边坡格梁	边坡格梁是否产生裂缝和位移
5	锚固工程	识别锚固结构是否产生裂缝
6	柔性防护网	识别是否产生落石兜集或破损
7	坡面绿化	识别植被是否过于茂密、倒塌
8	喷浆防护	识别喷浆面是否开裂

7.2.4 巡检视频管理

应具备无人机视频查看及基础管理功能，支持用户通过查询无人机型号调用历史采集视频，并支持无人机巡检采集图片的在线全屏、播放功能，同时根据业务需求，提供新增、编辑、删除等视频管理功能。

7.2.5 综合决策支撑

应具备综合决策支撑功能，根据巡查识别的边坡病害现状、演变情况以及未来趋势，制定针对性的边坡养护处置建议，为养护作业排班及养护资金分配提供决策支撑。

7.3 系统接口

无人机智能巡检平台的接口应能与相关养护系统平台对接，实现数据的传递。主要包括以下接口：

- a) 巡查任务下达接口：巡查范围信息；
- b) 巡查信息上报接口：巡查里程、巡查轨迹、巡查设备、无人机信息、设备编号、设备状态、当前设备位置信息、当前巡查速度、当前拍摄图片等；
- c) 病害事件上报接口：病害编号、病害图片、病害类型、病害物理尺寸、复核状态、严重程度、病害位置（地理坐标、边坡桩号）、病害面积、设施名称、桩号（等级公路）、采集时间等。

7.4 安全要求

系统安全要求主要包含外场设施信息安全、数据资源信息安全、网络通信信息安全、业务应用信息安全和云计算信息安全。应满足以下要求：

- a) 外场设施信息安全应参照《信息安全技术网络安全等级保护基本要求》（GB/T 22239-2019）不低于第二级的安全物理环境、安全通信网络和安全计算环境等要求执行；
- b) 外场设施信息安全应采用交通运输行业密钥管理与证书认证系统构建统一的网络信任体系，实现应用系统的数据加密和传输；
- c) 数据资源信息安全应能够提供本地数据备份与恢复功能，备份介质场外存放，宜采用冗余技术设计网络拓扑结构，避免关键节点存在单点故障；
- d) 数据资源信息安全宜提供主要网络设备、通信线路和数据处理系统的硬件冗余，保证系统的高可用性；
- e) 网络通信信息安全应按照《中华人民共和国网络安全法》和《信息安全技术网络安全等级保护基本要求》（GB/T 22239-2019）的相关规定开展系统网络安全设计、建设和维护管理。
- f) 网络通信信息安全应采用校验技术或密码技术保证传输过程中数据的完整性。密码算法及密码产品应满足国家密码管理相关规定，应采用国产密码算法；
- g) 业务应用信息安全应参照《交通运输行业信息系统安全等级保护定级指南》（JT/T 904-2014）要求；
- h) 云计算信息安全应采用有效措施保障迁移过程中各个对象之间的信任关系，同时保障迁移过程及对象的保密性和完整性。