

ICS 49.020

CCS V04

团体标准

T/CITSA 76-2025

轨道交通保护区无人机智能巡查 技术规范

Traffic Safety Facility Requirements of Dedicated Lane for
Autonomous Vehicles in Expressway

2026-01-28 发布

2026-02-28 实施

中国智能交通协会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本要求	1
4.1 系统架构	1
4.2 无人机智能巡查平台	2
4.3 智能巡飞系统	2
4.4 任务载荷系统	2
4.5 综合保障系统	2
4.6 通信要求	2
4.7 人员要求	3
4.8 环境要求	3
4.9 安全要求	3
5 巡查准备	3
5.1 现场勘察	3
5.2 空域申请	4
5.3 巡查方案	4
5.4 作业准备	4
6 巡查作业	4
6.1 巡查内容	4
6.2 起飞前检查	4
6.3 巡查作业	4
6.4 数据采集方式	5
6.5 点云数据采集	5
6.6 图像数据采集	5
6.7 数据保存	5
6.8 设备故障处理	5
6.9 应急处置	5
7 数据处理	5
7.1 一般要求	5
7.2 数据处理方法	6
7.3 巡查报告	6
参考文献	7

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。

本文件由卡斯柯信号有限公司提出。

本文件由中国智能交通协会归口。

本文件起草单位：卡斯柯信号有限公司、无锡地铁运营有限公司、上海地铁维护保障有限公司、深铁信号科技（深圳）有限公司、陕西低空经济发展有限公司、沈阳地铁集团有限公司运营维护保障分公司、通号（郑州）电气化局集团有限公司、浪潮通信信息系统有限公司。

本文件主要起草人：李德宏、朱永华、张俊海、徐先良、张立鹏、陈俊杰、张强、吴怡萱、李鸿毛、解楠、蒋建金、李当一、林育钦、王方健、吴宪章、燕飞、王焕澄、韩旭、潘睿文、张捷、龙竞航、何斌、王泽灏、沈继军、李春梅、孙郁林、赵文兵。

轨道交通保护区无人机智能巡查技术规范

1 范围

本文件规定了轨道交通保护区无人机智能巡查的基本要求、巡查准备、巡查作业和数据处理。本文件适用于采用无人机或无人机搭载设备对轨道交通保护区进行的智能巡查作业活动。

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 30012-2013 城市轨道交通运营管理规范
GB 42590-2023 民用无人驾驶航空器系统安全要求
CH/Z 3001-2010 无人机航摄安全作业基本要求
MH/T 4055-2022 低空飞行服务系统技术规范
MH/T 1069-2018 无人驾驶航空器系统作业飞行技术规范
TB/T 30012-2024 铁路运营安全评估规范
DB11/T 1166-2024 城市轨道交通运营安全管理规范
DB11/T 1715-2020 城市轨道交通安全保护区测量技术规范
DB45/T 2523-2022 城市轨道交通运营安全管理规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

轨道交通保护区 rail transit protection zone

为了保障轨道交通设施安全运营，防止外部活动对轨道交通线路、设备及乘客安全造成影响，依法划定的特定区域。本文件所指轨道交通保护区包括城市轨道交通安全保护区与铁路安全保护区。

3.2

智能巡查 intelligent inspection

利用无人机或无人机搭载其他设备自动完成轨道交通保护区巡查任务，对巡查数据应用人工智能等算法或其他新技术进行自动识别、分析、分类，并依据预设规则发出预警或生成维护建议的技术手段。

3.3

数字底座 digital base

无人机智能巡查平台的数字底座指为无人机智能巡查平台提供统一数据管理、计算分析与服务支撑的基础性环境与能力集合。它以地理信息数据和设施三维模型为空间基底，融合空域、气象、实时巡查等多源动态数据，并集成数字孪生、物联网、大数据等核心技术，实现对轨道交通保护区全要素的数字化映射、感知、分析与决策支持。

4 基本要求

4.1 系统架构

轨道交通保护区运营管理宜搭建保护区无人机智能巡查系统，该系统应由无人机智能巡查平台、智能巡飞系统、任务载荷系统和综合保障系统组成，系统架构见图1。

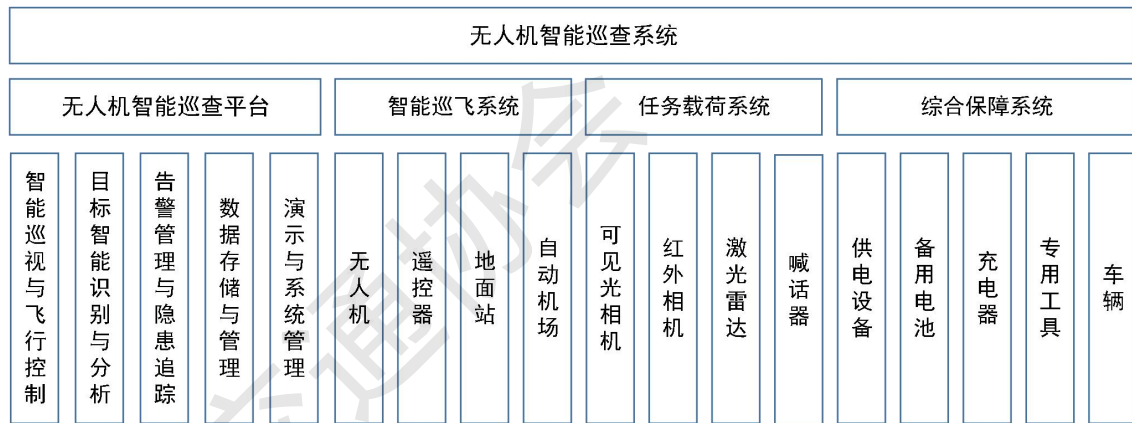


图 1 系统架构

4.2 无人机智能巡查平台

4.2.1 无人机智能巡查平台应具备与符合 MH/T 4055-2022 技术规范的低空飞行服务系统进行数据交互的能力，以实现飞行计划的申报、审批状态获取及飞行监管信息的接收。

4.2.2 无人机智能巡查平台应实现以下核心功能：

- a) 智能巡视与飞行控制；
- b) 多架无人机远程协同管控；
- c) 多用户、多任务的权限管理与指挥调度；
- d) 保护区目标识别物的智能识别与分析；
- e) 告警管理与隐患跟踪。

4.2.3 无人机智能巡查平台宜建立或集成数字底座。数字底座应嵌入含有矢量信息的三维数字模型。

4.2.4 无人机智能巡查平台应具备标准化的数据输出与接口能力，以便与相关的运营管理系统进行数据对接与业务集成。

- a) 对于城市轨道交通，平台宜预留与线网级或企业级轨道交通运维管理系统的对接接口；
- b) 对于国家铁路，平台宜预留与铁路工务安全生产管理系统、铁路防洪信息系统等专业生产管理系统的对接接口。

4.3 智能巡飞系统

4.3.1 智能巡飞系统是基于无人机平台执行巡查任务的集成系统，其典型硬件构成包括无人机、遥控器、地面站及无人机自动机场。

4.3.2 无人机的安全性应符合 GB 42590 的要求，宜采用纯电驱动的多旋翼机型。

4.3.3 无人机的续航与抗风性能应满足巡查任务要求。在常规作业环境下，单架次作业时间宜不低于 30 分钟，抗风能力宜不低于 5 级。

4.3.4 智能巡飞系统可根据作业模式与现场条件，选用无人值守自动机场、车载移动式机场或人工保障模式。

4.4 任务载荷系统

4.4.1 任务载荷系统应根据巡查业务需求配置，其性能应满足巡查任务要求。宜选用的设备类型包括但不限于可见光相机、红外相机、激光雷达、喊话器等。其中可见光相机像素应大于 2000 万、视频分辨率不低于 1080P@60fps。

4.5 综合保障系统

4.5.1 综合保障系统应包括供电设备、备用电池、充电器、专用工具等设备。

4.5.2 综合保障设备应具备高可靠性、良好适用性与完备性，其规格、存储、操作及维护流程应实现标准化与规范化管理。

4.6 通信要求

4.6.1 无人机系统应具备与无人机智能巡查平台之间的稳定、连续通信能力，确保在规划航线范围内，飞行状态数据与任务载荷数据的实时、可靠回传。

4.6.2 通信链路应支持至少一路视频流和一路遥测数据的并发传输。

4.6.3 在信号遮挡严重的区域，宜采用中继设备或预先部署通信网络等方式保障通信连续性。无人机应具备通信中断时的数据缓存与链路恢复后自动续传的能力。

4.6.4 通信链路具备加密传输能力，确保数据的保密性与完整性，防止信息泄露。

4.7 人员要求

4.7.1 巡查作业人员包括一般作业人员和无人机操作人员。巡查作业人员应熟悉无人机作业方法，具备轨道交通保护区巡查工作经验，熟悉航空、气象、地理等必要知识，掌握应急预案及处理能力，掌握《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》及本技术标准内容，理解并遵守国家、地方、行业安全生产的相关法律法规及操作规范。

4.7.2 无人机操作人员通过相应机型的操作培训，符合中国民用航空局对无人机驾驶员资质要求，并持对应机型无人机执照上岗。

4.7.3 巡查作业人员应身心健康，无犯罪记录。

4.7.4 巡查作业人员应具备突发情况处置能力，无人机飞行时不得对轨道交通运营造成影响。

4.8 环境要求

4.8.1 外场作业宜在良好天气下进行。雾、雪、大雨、大风、冰雹等恶劣天气不利于巡查作业的情况时，不应开展无人机巡查作业。宜在晴、多云、小雨（ $<5\text{mm/h}$ ）天气作业，风速不高于 10m/s ，能见度不低于 4km ，温度介于 $-10^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 。

4.8.2 起飞前，应确认现场风速符合该机型作业范围。

4.8.3 巡查区域处于狭长地带或大档距、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。

4.9 安全要求

4.9.1 无人机巡查作业应按照 MH/T 1069-2018 进行作业，发现保护区目标识别对象，应获取具体位置和范围，及时上报运营单位。上报的告警信息应提前与运营单位共同定义其类别、等级、上报流程和处置时限，并形成书面协议或纳入作业规程。

4.9.2 保护区无人机巡查作业应按照 CH/Z 3001-2010、GB/T 30012-2013 和 TB/T 30012-2024 中相关规定制定巡查作业的安全管理规范。

4.9.3 作业执行单位应熟悉巡查线路情况。工作区域、起降点及航线周边应避免无关人员干扰，必要时可设置安全警示区。

4.9.4 无人机巡查作业过程应确保轨道交通运营安全，避免对轨道交通保护区内的设施、设备及环境造成破坏。

4.9.5 无人机巡查作业应纳入运营单位的行车调度或施工维修计划统一管理，并在批准的作业时段内执行。

4.9.6 无人机起飞和降落时，应保证无人机与地面人员保持足够安全距离，作业人员不应站在其起飞和降落的方向前，不应站在无人机航线正下方。

4.9.7 作业过程不对轨道交通保护区内通行的车辆、人员及其他财产造成损失。

4.9.8 作业人员应对航线、采集数据、巡查内容等保密。

4.9.9 无人机应远离爆破、射击、烟雾、火焰、机场、人群密集区、高大建筑群、军事管制区、强无线电干扰源等可能影响飞行安全的区域。无人机应与变电站（所）、电厂、电气化铁路及城市轨道交通接触网等高压带电设备保持安全飞行距离。

5 巡查准备

5.1 现场勘察

5.1.1 作业人员应提前对轨道交通保护区及其周边实地勘察，了解周边建筑和基础设施、环境与地形

因素、空域限制、人员与活动情况、地面起降条件等方面，并检查巡查区域 GNSS(全球导航卫星系统)状况。

5.1.2 任务区域应根据作业无人机作业半径合理分段，各任务区段应分别选取无人机起降点。

5.1.3 在巡查区域内选取起降点，除不依赖卫星定位的飞行巡查外，应确保无人机在任务区域内与起降点地面控制站数据连接正常。

5.2 空域申请

5.2.1 现场作业应在适飞空域内开展飞行活动，非适飞空域内的飞行活动应取得空中交通管理部门的空域使用批复。

5.2.2 空域使用应按国家相关规定向属地空中交通管理部门申报飞行计划，并按飞行计划严格执行。

5.2.3 未经空中交通管理部门批准，不得在管制空域内实施无人驾驶航空器飞行活动。

5.2.4 无人机飞行应同步在监管平台报备，军用空域需额外向军方申请协同。

5.3 巡查方案

巡查方案应根据巡查任务、相关规范要求、待巡查区域及现场勘察等制定，应包括设备选型、航线规划、巡查方式、应急预案等。

5.4 作业准备

5.4.1 无人机飞行前应根据巡查任务目标、航线里程逐项开展设备检查、系统自检、航线核查，确保无人机处于适航状态。

5.4.2 机型应与无人机智能巡查平台连接，确保数据及图像回传正常。

5.4.3 供电设备、备用电池、充电器、专门工具及车辆等保障装备应准备到位。

6 巡查作业

6.1 巡查内容

6.1.1 轨道交通保护区无人机智能巡查分为试巡查和正式巡查，试巡查的巡查内容包括航线可行性验证、真实环境风险评估、设备与系统的匹配度测试、作业标准与应急预案建立。

6.1.2 城市轨道交通巡查对象包括但不限于挖掘机、吊机、推土机、打桩机、钻探机、重型运载车、土堆、基坑、异物侵限（如动物牛羊、非工作人员）等。

6.1.3 铁路保护区巡查对象包括但不限于：

a) 自然灾害类：山体滑坡、边坡溜坍、危岩落石、泥石流沟口、路基下沉、排水设施堵塞、防护栅栏破损；

b) 外部环境类：轻漂浮物（防尘网、塑料大棚）、倒树侵限、非法施工（邻近铁路的挖沙取土、爆破作业）、非法通道口；

c) 设施状态类：桥梁墩台、涵洞、隧道口仰坡、挡土墙、护坡、铁路设备。

6.1.4 具体飞行高度、巡查频率及其他检查要求可由运营单位结合有关法律法规和规范及自身巡查需求进一步明确制定。

6.2 起飞前检查

6.2.1 起飞巡查前，无人机操作人员应确认气象条件是否满足无人机飞行条件，预判无人机航线飞行时天气变化情况，达到要求时，执行航线飞行。不满足时，应结束此次巡查作业。

6.2.2 起飞巡查前，无人机操作人员应检查无人机结构、挂载及遥控信号，连接无人机智能巡查平台，应确保数据和图像实时回传正常。

6.2.3 起飞巡查前，无人机操作人员应查看无人机、遥控器等设备电量，是否满足航线巡查要求。

6.2.4 起飞巡查前，无人机操作人员应拍照或录像，测试动作结果。

6.3 巡查作业

6.3.1 除防撞无人机外，无人机与保护区待识别物宜保持不小于保护区的安全距离。

6.3.2 无人机操作人员应使用无人机智能巡查平台上传相应航线至无人机，无人机执行航线进行巡查

作业。

6.3.3 无人机巡查过程中，无人机操作人员应时刻关注无人机参数和信号情况，确保安全。

6.3.4 无人机巡查完成后，应做好记录，检查数据无误后再进行下个架次的巡查作业。

6.4 数据采集方式

6.4.1 保护区巡查数据采集方式宜以无人机自动采集为主，手动采集为辅，最终实现全自主采集。

6.4.2 数据采集应通过无人机智能巡查平台规划航线实现。

6.5 点云数据采集

6.5.1 点云数据 (point cloud data) 采集主要用于以下场景：

a) 为常态化巡查建立或更新高精度三维保护区数字底座模型；

b) 为无 GNSS 信号区域(如隧道口、密集建筑区)的巡查任务预先构建三维环境模型，以支持 SLAM(即时定位与地图构建)技术飞行；

c) 对于已有合格三维模型或建筑信息模型(BIM)的保护区地图，进行增量采集。

6.5.2 应使用无人机挂载激光雷达进行点云数据采集并建立模型。

6.5.3 应在建好的模型中规划航线，用于无 GNSS 场景下的巡查飞行。

6.5.4 在保护区外部区域，宜通过采集点云数据建立模型，为规划精准三维航线提供基础。

6.6 图像数据采集

6.6.1 应使用无人机搭载可见光相机拍照或录像以获取保护区图像数据。

6.6.2 相机像素应根据巡查和识别要求确定。图像视频传输保持实时观看和传输流畅。

6.6.3 图像采集距离应根据保护区识别场景，通过航线规划调整。

6.7 数据保存

6.7.1 原始数据及处理数据应加密保存并备份。数据保存期限应至少为 1 年。

6.7.2 图像存储文件应按保护区巡查图像存储要求命名。

6.8 设备故障处理

6.8.1 遇无人机电量不足时，应立即一键返航，确保安全。

6.8.2 遇无人机通信链路长时间中断，且预定时间内未返航时，应根据无人机失去联系前最后的地理坐标和机载跟踪器发送的报文等信息及时寻找。

6.8.3 遇任务设备出现故障且无法恢复时，应立即停止巡查作业，操作无人机返航。

6.8.4 遇无人机发生坠机事故时，应立即上报并妥善处理，应避免发生次生事故。

6.8.5 设备故障排查并妥当处理后，在满足安全要求的情况下，方可继续开展巡查工作。

6.9 应急处置

6.9.1 遇天气突变，不满足飞行条件时，应及时控制无人机返航或就近降落，以确保无人机安全。

6.9.2 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。

6.9.3 遇无人机操作人员身体不适，应由其他人员协助操作无人机返航。

6.9.4 遇空中交通管理部门发布空域管制要求时，应立即停止作业，返航。待管制结束后，重新申请作业航线。

7 数据处理

7.1 一般要求

7.1.1 告警宜包括无人机智能巡查平台系统告警、手机短信、APP 通知等方式，实现快捷响应。

7.1.2 数据处理可包括保护区内活动和事物的智能识别和人工识别。

7.1.3 保护区内目标物和活动的识别应确保过程可追溯，至少包括以下内容：

a) 目标自动/人工识别记录；

- b) 目标参数（如类型、位置、尺寸等）；
- c) 与历史数据的自动化比对分析及变化提示。

7.2 数据处理方法

- 7.2.1 智能识别内容应包括告警类型及位置、数量、尺寸等参数。
- 7.2.2 智能识别中的漏检、误检应采用人工识别改进。

7.3 巡查报告

- 7.3.1 巡查报告可采用人工智能自动生成和人工填写的方式。
- 7.3.2 巡查报告应符合保护区巡查要求，内容应覆盖包括保护区概况、巡查部位、巡查内容和方法、告警描述、巡查结果及结论。

参 考 文 献

- [1] DB11/T 1166-2024 城市轨道交通运营安全管理规范
 - [2] DB45/T 2523-2022 城市轨道交通运营安全管理规范
 - [3] DB11/T 1715-2020 城市轨道交通安全保护区测量技术规范
-