

团体标准

T/ITS 0281-2024

高速公路营运巡查与指挥调度 无人驾驶航空器应用规范

Expressway operation inspection and command and dispatch - Application
Specification for unmanned aircraft

2024-12-26 发布

2025-01-01 实施

中国智能交通产业联盟 发布

中国智能交通产业联盟

目次

前言 错误！未定义书签。

引言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语 2

5 总则 3

6 系统要求 3

7 应用场景 9

8 任务执行要求 11

9 数据管理要求 12

10 异常情况处置要求 13

11 维护保养要求 14

附录 A （资料性） 高速公路无人机营运巡查应用流程 16

附录 B （资料性） 高速公路无人机指挥调度应用流程 17

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。

本文件由中国智能交通产业联盟（C-ITS）提出并归口。

本文件起草单位：广东利通科技投资有限公司、广东高速科技投资有限公司、中路高科交通科技集团有限公司、广州中科云图智能科技有限公司、重庆渝微电子技术研究院有限公司、浙江中控信息产业股份有限公司、北京信安世纪科技股份有限公司、顺丰科技有限公司、特路（北京）科技有限公司、苏州未来智能交通产业研究院。

本文件起草人：邢万勇、罗燕忠、吴穗湘、王国平、李超亮、陈春谊、张晓亭、李骁一、刘正坤、漆奇、汤灏、陈振豪、焦靖伟、刘平、田瑞青。

引 言

随着无人驾驶航空器技术的快速发展，以及推动高速公路行业无人驾驶航空器应用的国家、省级等政策文件密集出台，无人驾驶航空器越来越广泛应用于高速公路的建管养运服等业务场景中。无人驾驶航空器具有监测范围广、机动灵活、不受空间限制等优势，使用无人驾驶航空器能够快速飞抵现场、获得实时航拍视频和图像，在桥梁、边坡等复杂环境下也能高效作业，从而有效地缓解或者解决相关问题，是助力高速公路行业高质量发展的有效手段。

在高速公路无人驾驶航空器应用需求不断增长和应用场景不断丰富的趋势下，提高无人驾驶航空器在高速公路应用的规范度具有显著的必要性和迫切性。本标准的应用可为高速公路的无人驾驶航空器应用提供参考，提升无人驾驶航空器应用水平 and 应用安全性，进一步释放无人驾驶航空器科技力量，为高速公路行业提质增效。

本文件依据国家有关法律、法规，借鉴国内外相关经验制定。随着相关技术的发展，将适时对本标准作修订。

高速公路营运巡查与指挥调度 无人驾驶航空器应用规范

1 范围

本文件规定了高速公路营运巡查与指挥调度无人驾驶航空器应用的总则、系统要求、应用场景、任务执行要求、数据管理要求、异常情况处置要求、维护保养要求。

本文件适用于无人驾驶航空器在高速公路营运巡查与指挥调度中的应用。

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 42590 民用无人驾驶航空器系统安全要求
- GB/T 18894 电子文件归档与电子档案管理规范
- GB/T 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求
- GB/T 32907 信息安全技术 SM4分组密码算法
- GB/T 35275 信息安全技术 SM2密码算法加密签名消息语法规范
- GB/T 38152 无人驾驶航空器系统术语
- MH/T 1069 无人驾驶航空器系统作业飞行技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

无人驾驶航空器 unmanned aircraft

没有机载驾驶员、自备动力系统的航空器，简称为“无人机”。

3.2

任务载荷 mission payload

无人驾驶航空器携带的完成指定任务的设备或装置。

[来源：GB/T 38152，定义 6.1.1]

3.3

无人机机巢 unmanned aerial dock

为无人机提供存储、起降平台、通信、电能补给、载荷装卸、环境监测、视频监控等功能的装置，简称为“机巢”。一般由主控系统、机电模块、通信模块、监控模块和起降平台等组成。

3.4

无人机跳飞 unmanned aerial flight hopping

无人机不仅限在单一机巢起降，而是可以从某一机巢起飞，执行跳飞航线到另一机巢完成降落、充电等操作。

3.5

无人机驾驶员 unmanned aircraft pilot

对无人驾驶航空器的操作负有必不可少职责并在飞行期间实时操纵飞行控件的人。

[来源：GB/T 38152，定义10.4.1]

3.6

辅助作业人员 auxiliary operator

指定的训练有素的人员，通过目测无人机，协助无人机驾驶员安全实施飞行任务。

3.7

任务规划 mission planning

根据无人机的飞行性能、任务目标和任务环境等定制无人机执行任务的过程。

3.8

飞控系统 flight control system

用于实现无人机的设备接入、航线规划、任务规划、飞行调度、飞行监测、数据管理等功能的软件系统，使无人机按高速公路业务场景需求执行飞行任务。

3.9

监管系统 supervision and management system

用于实现无人机的飞行安全监测与风险预警的软件系统，以保障无人机在高速公路安全可靠运行。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

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

RAW：未经处理格式（Raw Image Format）

ETC：电子不停车收费系统（Electronic Toll Collection）

ISO：感光度（International Standardization Organization）

EV：曝光值（Exposure Value）

5 总则

5.1 高速公路营运巡查与指挥调度无人驾驶航空器应用是将无人机应用于高速公路的管理、养护、营运等业务场景，利用无人机进行高速公路路网运行监测、基础设施监测、应急指挥调度等。

5.2 高速公路营运巡查与指挥调度无人驾驶航空器应用主要构成包括无人机硬件和软件系统，以及应用场景、任务执行、数据管理、异常情况处置、设备维护保养等方面。

5.3 无人驾驶航空器在高速公路营运巡查与指挥调度中的应用流程可参照附录 A 和附录 B。

6 系统要求

6.1 系统组成

高速公路营运巡查与指挥调度无人驾驶航空器应用系统应由无人机、机巢、任务荷载、飞控系统、监管系统等组成。

6.2 无人机

6.2.1 一般规定

6.2.1.1 无人机安全要求应符合 GB 42590 的规定。

6.2.1.2 无人机应支持接收飞控系统的飞行任务数据，按规定动作执行飞行任务。

6.2.1.3 无人机的飞行坐标、速度、高度、电量、通信信号等飞行状态数据，以及采集的视频、图像等数据应支持传输给飞控系统。

6.2.2 技术要求

6.2.2.1 支持相机关键参数自定义功能，可包括 ISO、EV 曝光值、焦距、测光模式、曝光速度、画幅比例、畸变矫正等。

6.2.2.2 应记录无人机、任务荷载的状态信息及日志。

6.2.2.3 应具备异常情况报警和记录功能，包括动力故障、传感器故障、任务设备故障等，飞行控制、电池电压等信号模块或部件发生故障时，地面控制站上应通过明显的声光报警提示，出现影响飞行安全问题应禁止飞行。

6.2.2.4 宜具备扩展加装边缘计算接口，以及实时影像数据的远程回传接口。

6.2.2.5 宜通过自备通讯链路或通过电信运营商网络进行数据传输。

6.2.2.6 自动执行航点数量应高于 200 个。

6.2.2.7 应具备高精度定位功能，宜支持北斗卫星定位信号。

6.3 机巢

6.3.1 一般规定

6.3.1.1 应支持与飞控系统进行数据交互，支持接收飞控系统的飞行任务数据，并发送给无人机、任务荷载，控制无人机、任务荷载按规定动作执行飞行任务。

6.3.1.2 应支持将绑定的无人机数据传输给飞控系统，包括无人机的飞行坐标、速度、高度、电量、通信信号等飞行状态数据，以及采集的视频、图像等数据。

6.3.2 技术要求

6.3.2.1 外观结构应符合以下要求：

- a) 机巢应有安全的打开方式，并配备必要的警示标识，可根据需要进行围蔽；
- b) 机巢应具备控制常规机电动作的实体按钮或触控屏，具备打开机巢、关闭机巢、复位、远程/本地控制、急停按钮；
- c) 机巢应配备防雷及漏电保护装置，具备故障检修口，在出现电气或机械故障时可手动开展检修作业；
- d) 防护等级应不低于 IP55。

6.3.2.2 电能补给应符合以下要求：

- a) 应采用充电或换电的方式；
- b) 在高频次应用场景中，宜采用换电方式。

6.3.2.3 通讯监控功能应符合以下要求：

- a) 机巢外部应安装视频监控设备，内部根据需要安装，能够实时查看机巢或环境信息；
- b) 机巢应具备影像实时传输、无人机平台和任务设备的测控数据上传和下载功能；
- c) 机巢宜同时具备自备通讯链路和电信运营商网络通信控制的功能。

6.3.2.4 气象感知功能应符合以下要求：

机巢应配备气象检测装置，检测风速、风向、温湿度、降雨量等气象信息。

6.3.2.5 应具备日志、状态数据记录功能。

6.3.2.6 应支持有线、无线通信方式。

6.3.2.7 无人机机巢系统宜具备跳飞功能。

6.3.2.8 宜具备自动清洁功能。

6.3.2.9 信息安全应符合以下要求：

- a) 机巢通信网络应具备身份鉴别、信道加密等安全措施，防止数据在通信过程中被窃听、截获和篡改。
- b) 机巢主控模块对机巢采集的视频、图像及状态等信息，应按照业务角色不同，设置严格的访问权限，并具有登录用户身份标识和鉴别能力。

6.3.3 布设选址要求

6.3.3.1 一般规定

应根据应用场景需求预选机巢布设位置，并对预选布设位置执行敏感区域分析、危险源分析、高精度定位信号测试、通讯信号测试等，满足要求的位置可布设机巢。

6.3.3.2 布设位置预选

6.3.3.2.1 机巢布设位置预选应根据无人机应用场景的覆盖目标，结合机巢的覆盖性能进行选择。预选位置应从以下因素进行考虑：

- a) 应有良好的交通、施工、运维条件，具备通电、通网的条件；
- b) 应尽量远离山体、大范围水域，确保定位精度。

6.3.3.2.2 高速公路的机巢部署位置宜在以下位置进行预选：

- a) 一类：收费站、服务区、管理中心等业主自有建筑（含生活区，隧道口配电房及附属建筑等）。此类场地具有施工方便、交通便利、运维便捷、设备存放安全性高、网络及供电稳定性高等特点；
- b) 二类：高速公路设备门架附近 30 米范围内建设。此类场地根据一类选址无法满足覆盖范围后，作为补充选址点。此类场地通过门架取电取网，具有网络及供电稳定性高、施工便捷、无人机信号传输通视效果较好等特点；
- c) 三类：高速公路设备门架、高速公路建筑控制区范围内的铁塔类杆塔建设。此类场地根据一类、二类选址无法满足覆盖范围后，作为补充选址点；
- d) 其他选址：高速公路建筑控制区范围外通过租赁物业建设。此类场地根据一类、二类、三类选址无法满足覆盖范围后，作为补充选址点。

6.3.3.3 敏感区域分析

应根据国家和行业相关规定，分析作业区域的空域情况，对作业区域的敏感区域进行分析，充分考虑飞行安全和公众利益。

6.3.3.4 危险源分析

布设前应了解区域内所有危险源的位置及安全距离，危险源指固定存在或临时存在的对无人机飞行存在碰撞风险的物体或区域。包括风筝、热门的航拍地点、航模飞行场地、工地吊塔、吊车、广告氢气球、高压电塔、通讯信号塔、超高建筑、雷击频发区等。

6.3.3.5 高精度定位信号测试

在机巢部署所在位置，通过实测确认高精度定位信号情况。测试项目应包括：

- a) 部署位置的实时电离层活跃等级处于中等或以下；
- b) 实际飞行，确认高精度定位信号情况，检查是否存在失锁并做好记录；
- c) 卫星数量宜在 30 颗以上。

6.3.3.6 通讯信号测试

通讯信号测试应符合以下要求：

- a) 应远离强电磁波干扰场地，如雷达站、微波站、手机通信基站、无人机干扰设备等，需保持200米以上距离；
- b) 机巢安装位置四周应无明显反射物，避免反射产生多径影响无人机无线电通讯系统正常工作（反射物包括但不限于大楼玻璃幕墙、铁皮屋顶、楼顶大面积太阳能板、楼顶金属广告牌等）；
- c) 手动操作无人机飞至作业高度，以机巢为原点绕飞一周，观察无人机的信号强度。当信号强时可继续飞远，信号变弱时需及时远离干扰源。测试过程中尽量保持信号发射端与接收端处于通视无遮挡的环境状态；
- d) 需要进行无人机跳飞的区域应进行异地降落测试。

6.4 任务荷载

6.4.1 一般规定

6.4.1.1 应至少包括可见相机任务荷载设备，根据高速公路无人机应用场景需求，以及无人机可挂载的任务荷载数量，可选择配备红外热像仪、激光雷达、喊话器、探照灯、热成像、激光雷达、抛投装置等。

6.4.1.2 应支持接收飞控系统的飞行任务数据，按规定动作执行飞行任务。

6.4.1.3 应支持将采集的视频、图像等数据传输至飞控系统。

6.4.2 技术要求

6.4.2.1 可见光相机

可见光相机应符合以下要求：

- a) 支持拍摄图像和视频，相机有效像素不低于2000万；
- b) 支持不低于5倍光学变焦，支持自动对焦；
- c) 相机拍摄间隔优于2秒；
- d) 距离目标10米距离，能够清晰分辨毫米级的目标；
- e) 具备广角、夜视拍摄功能。

6.4.2.2 红外热像仪

红外热像仪应符合以下要求：

- a) 响应波段： $8\sim 14\mu\text{m}$ ；
- b) 分辨率不低于 640×480 ；
- c) 输出帧率不低于9Hz；
- d) 高增益测温范围不低于 -20° 至 150°C ；

- e) 对角线视场角小于 60° ；
- f) 噪声等效温差（NETD）不低于 $60\text{mk@f}/1.0$ ）；
- g) 测温精度满足在 $20\sim 100^{\circ}\text{C}$ 以内误差小于 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 或 $\pm 2\%$ ，以较大误差的为准；
- h) 支持实时最高测温及传递温度信息；
- i) 支持拍照及录像，且照片包含原始温度信息，有明确的格式解析接口，可以用于二次分析；
- j) 工作环境温度范围： $-20^{\circ}\text{C}\sim +50^{\circ}\text{C}$ ；
- k) 数字变焦倍数 ≥ 5 。

6.4.2.3 激光雷达

激光雷达应符合以下要求：

- a) 扫描测程 $\geq 300\text{m}@50\%$ （激光雷达发射光束到 300 米的距离可以看清不低于 50% 光线反射率的物体）；
- b) 支持回波数 ≥ 3 ；
- c) 角度分辨率 ≤ 0.03 ；
- d) 测距精度 ≥ 3 厘米@150 米；
- e) 发射频率 $\geq 200\text{kHz}$ ；
- f) IMU 更新率 $\geq 150\text{Hz}$ ；
- g) 点云数据率单回波 ≥ 200000 点/秒；
- h) 存储卡容量 $\geq 128\text{GB}$ 。

6.4.2.4 喊话器

喊话器应符合以下要求：

- a) 具备广播模式实时喊话、音频广播、声卡广播等模式；
- b) 传声距离 $\geq 150\text{m}$ ；
- c) 10cm 处扬声器的输出音量 ≥ 130 分贝。

6.4.2.5 照明装置

照明装置应符合以下要求：

- a) 可满足夜间作业需求；
- b) 支持跟随相机变焦及转动相机方向光束随至；
- c) 支持聚光和泛光，可锁定捕捉移动物体，持续照射跟踪；
- d) 照射距离 ≥ 200 米。

6.5 飞控系统

6.5.1 一般规定

6.5.1.1 应提供无人机飞行服务功能，实现无人机接入、调度、监控、数据管理等。

6.5.1.2 应支持接入无人机、机巢、任务荷载等设备。

6.5.1.3 应支持与无人机、机巢、任务荷载等硬件设备及监管系统进行数据交互。

6.5.2 技术要求

6.5.2.1 设备管理功能要求

应支持无人机、机巢、任务荷载等设备信息登记、注销管理功能。

6.5.2.2 航线规划功能要求

应支持基于GIS电子地图选点规划航线，包括设置航线起点、途经点、终点，并为航点设置相关参数，包括飞行高度、飞行速度、偏航角、执行动作等，应支持航线风险检测和告警功能，风险信息宜包括限飞区、航线交叉碰撞、障碍物等。

6.5.2.3 任务管理功能要求

应支持飞行任务规划功能，包括设置任务执行时间、选择飞行航线等，应支持任务风险检测和告警功能，风险信息宜包括飞行航线冲突、气象异常信息（如雨雪、大风、冰雹等恶劣天气）等。

6.5.2.4 飞行调度功能要求

飞行调度功能满足以下要求：

- a) 应支持在GIS电子地图上通过不同标记标识在线或离线状态无人机、机巢；
- b) 应支持飞行航线下发功能，指挥无人机按规定动作执行飞行任务；
- c) 应支持显示无人机和机巢基本信息飞行参数信息；
- d) 应支持同时或切换显示实时直播视频画面和飞行轨迹跟踪画面功能；
- e) 应支持远程手动、就地手动控制和全自主模式，三种控制模式可相互切换，包括操纵无人机返航、悬停、前/后/左/右移动、上升/下降、左/右旋转等功能，控制云台相机变焦和抓拍图片，控制喊话器实时播报语音等；
- f) 宜具备跳飞功能，支持控制无人机在不同机巢进行起降；
- g) 宜具备集群控制功能，支持同时控制无人机的数量不少于10套。

6.5.2.5 飞行监测功能要求

飞行监测功能满足以下要求：

- a) 应支持监测执行中飞行任务的设备信息、飞行状态、任务状态、驾驶员信息；
- b) 应支持执行中飞行任务的风险信息监测和告警功能，风险信息宜包括气象异常信息、侵入限飞区、飞行航线冲突等。

6.5.2.6 视频直播功能要求

视频直播功能满足以下要求：

- a) 应支持单路视频全屏播放及拼接屏宫格形式播放视频，最大同时播放视频路数应不少于 6 路；
- b) 应支持直播视频与 GIS 电子地图之间任意切换及在 GIS 电子地图展示无人机飞行轨迹。

6.5.2.7 数据查看功能要求

数据查看功能满足以下要求：

- a) 应支持基于时间、高速公路、驾驶员等对历史飞行任务进行查询；
- b) 应支持回放历史飞行任务，支持以 GIS 电子地图模式查看无人机拍摄的视频、图像和飞行轨迹。

6.5.2.8 驾驶员管理功能要求

驾驶员管理功能满足以下要求：

- a) 应支持驾驶员信息新增、修改、删除操作，应支持为驾驶员关联飞行执照信息；
- b) 驾驶员信息应包括姓名、所属单位、证照等级、签发日期、过期日期、执照类型等。

6.5.2.9 限飞区管理功能要求

应支持基于 GIS 电子地图自定义限飞区、展示限飞区信息，应支持从外部数据源导入机巢、军事管理区、重点防控区域等基本限飞区数据。

6.5.2.10 系统安全要求

飞控系统应满足 GB/T 22239 的第三级安全要求。

6.6 监管系统

6.6.1 一般规定

6.6.1.1 应能为高速公路单位提供无人机飞行安全保障功能。

6.6.1.2 应支持与飞控系统进行数据交互，为飞行任务提供安全风险监测、安全风险预警信息。

6.6.2 系统技术要求

6.6.2.1 可支持新增、修改、删除航行情报操作，航行情报类型宜包括气象情报、电磁干扰情报、飞行任务情报，应支持发布航行情报，设置情报的有效期、发布时间、接收单位。

6.6.2.2 可支持飞行任务安全监测，监测并识别黑飞任务、失联任务、飞行碰撞、侵入限飞区、航行情报等安全风险，应支持通过不同标记标识监测到的安全风险，并发送告警信息给无人机。

6.6.2.3 监管系统应满足 GB/T 22239 的三级安全要求。

7 应用场景

7.1 应用场景分类

7.1.1 日常巡查

对高速公路主线、桥梁、隧道等关键路段进行巡查，及时发现并报告道路拥堵、交通事故等异常情况，结合搭载红外摄像头实现夜间巡查，确保交通安全畅通。

7.1.2 定点监控

对高速公路关键路段进行不间断的高空定点监控，提供高清画面，搜索发现地面可疑人员、车辆，并将视频图像实时传输至飞控系统。

7.1.3 交通状态监测

利用无人机搭载的任务荷载，对高速公路上的车流量进行实时监测，为交通指挥调度提供数据支持。

7.1.4 辅助交通疏导

在交通拥堵时，通过无人机通过搭载的相机、喊话器模块，高空侦察道路交通拥堵状况，实时回传到监控中心，监控中心做出精准判断并通过喊话器远程指挥交通疏导。

7.1.5 事故勘测处置

交通事故发生后，无人机可搭载喊话器快速升空，迅速到达事故现场，对事故现场进行详细勘查，通过喊话设备告知车主迅速撤离事故现场，远程指导车辆快速移动至应急车道，并恢复道路正常秩序，有效减轻道路拥堵，避免二次事故发生，并可挂载救援物资，迅速送达事故现场，为救援人员提供及时的物资支援。

7.1.6 交通违章监测

监测并记录高速公路上的交通违法行为，进行拍摄取证，包括高速违停、车辆超速、违规变道、违法停车、逆行、占用应急车道、应急车道行车、行人违法上路等违章行为，重点针对高危或特殊环境下的拍照取证与辅助执勤，降低执勤人员的作业风险。

7.1.7 道路设施监测

对高速公路的路面状况、交通标志标线、安全防护设施等进行监测，检查路面是否有破损、障碍物、积水、结冰或其他可能影响行车安全的因素，及时发现并报告道路损坏、标志缺失等问题。

7.1.8 道路施工监测

通过定期航拍，监测道路施工的进展，保证施工期间道路通行安全有序，提高施工期间的通行效率及施工区行车安全，及时发现潜在的安全隐患与交通瓶颈，迅速调整道路施工计划，确保施工期间道路通行安全。

7.1.9 设施维护检查

定期维护检查高速沿线的ETC门架、摄像头、情报板、高杆灯、护栏、边坡、照明设施等基础设施的状态。

7.2 应用场景要求

7.2.1 航线要求

7.2.1.1 任务执行单位应提前向辖区所属空管部门报批飞行任务计划，履行空域申请手续，并严格遵守相关规定。在取得任务许可批复后，规划安全航线，确保执行任务区域的完整性。

7.2.1.2 完成航线规划后宜进行路径验证，主要对安全性进行检查，在外业检测前需基于软件对航线进行安全性自动检测，确保航线的安全可靠。

7.2.1.3 应定期对航线进行复核和更新，以适应环境变化和新的飞行要求。

7.2.2 人员要求

7.2.2.1 无人机驾驶员应符合 MH/T 1069 中规定要求。

7.2.2.2 无人机驾驶员应熟悉应急处置流程，确保在紧急情况下能够迅速、准确地做出反应。

7.2.2.3 由无人机驾驶员在高速公路现场操控无人机作业的，除无人机驾驶员外，宜配备1名辅助作业人员。辅助作业人员应由训练有素的人员担任，协助无人机驾驶员安全、有效实施飞行，应配备即时通讯设备。

7.2.3 空域要求

飞行空域和飞行活动应符合国家和行业相关规定。通过通信基站或者互联网进行无人机中继飞行、分布式飞行或者集群飞行均需提出飞行活动申请。

7.2.4 气象要求

在飞行任务执行前应同时考虑无人机、任务荷载、机巢等对气象的要求，确保无人机在合适的气象条件下作业。在大风、大雾、大雨、冰雹、强电离层干扰、强对流等恶劣天气下不得执行飞行任务。

7.2.5 通讯要求

作业环境应具备良好的通讯条件，通讯通道中尽量避开大型障碍物，尽快避免大型无线电发射设备，特殊环境应使用电信运营商网络通讯。

7.2.6 应急预案要求

应制定突发情况预案，包括无人机失控、紧急降落、通信中断、电池电量不足等情况下的应对措施。

8 任务执行要求

8.1 任务执行前准备要求

- 8.1.1 任务执行人员应明确任务目标和要求。
- 8.1.2 应检查任务区块及周边情况，确认没有影响飞行安全的因素，必要时应增加现场勘查环节。
- 8.1.3 应对执行任务的无人机、机巢、任务荷载、软件系统完成各项检查。
- 8.1.4 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。
- 8.1.5 起飞后保持飞机短暂悬停，利用电池内部发热、自身充分预热，降低电池内阻。
- 8.1.6 任务现场及车辆上宜配备急救箱，并应定期检查、补充或更换。
- 8.1.7 起飞时，无关人员应远离起飞地点 20 米以外。
- 8.1.8 无人机起飞后保持悬停的时长应不少于 2 秒。

8.2 任务执行中管理要求

- 8.2.1 当无人机运转时，应禁止触摸，并远离任何正在运转的设备，驾驶员以外的人员不应擅自操作无人机。
- 8.2.2 作业过程中，作业人员之间应保持联络畅通，起飞和降落时应与无人机保持足够的安全距离，避免站在起飞和降落的方向或航线正下方。
- 8.2.3 不宜在高速公路路面正上方飞行，如需应急飞行的，应尽快飞离。
- 8.2.4 任务执行中不应使用可能对无人机通信链路造成干扰的电子设备。
- 8.2.5 无人机驾驶员应注意观察无人机状态、现场天气变化，必要时根据突发情况预案进行处理。

8.3 任务结束后整理要求

- 8.3.1 应有必要的飞行作业记录，记录方式可为人工记录、本机数据记录、监管平台记录等。应至少以其中一种记录方式留档存储，并对操作的完整性校验或其他防篡改功能。
- 8.3.2 应清理现场，核对设备和工器具清单，确认现场无遗漏。
- 8.3.3 应将无人机、电池、遥控器等安全运回存放地存放，无人机运输应人机分离。
- 8.3.4 应加强线路台账、航图等保密资料管理，对涉密载体的收发交接、流转传阅、复制使用、保存等全流程应规范进行。

9 数据管理要求

9.1 采集要求

- 9.1.1 采集数据前，无人机和机巢在通信前应获得对应系统的身份认证。
- 9.1.2 采集数据过程中，宜实时传输采集数据。
- 9.1.3 采集数据结束后，应检查数据采集过程中是否出现设备断电等异常工况，并确认任务完成情况，应检查数据文件质量、数值应正常、完整，若出现数据记录缺失，应进行补飞或重飞。
- 9.1.4 宜对采集的数据进行数字签名，签名算法应符合 GB/T 35275 的规定。

9.2 传输要求

9.2.1 传输过程中，应确保各类数据不丢失、不泄露、不被篡改和伪造。

9.2.2 应采用传输层安全保护，确保数据传输的安全性。如采集现场没有远程传输数据的条件，采集设备应具备临时存储能力。

9.2.3 数据传输时宜采用加密算法，加密算法应符合 GB/T 32907 的规定。

9.3 存储要求

9.3.1 成果数据宜与其他数据类型隔离存储。

9.3.2 应根据数据管理制度，建立严格的访问控制机制，仅授权人员可以访问和处理存储的数据。

9.3.3 应采用密码技术保证数据存储的完整性和机密性，防止未经授权的访问和数据泄露。

9.3.4 宜采用多重备份策略，将数据存储在不同的物理位置，以防止数据丢失。

9.4 使用要求

9.4.1 应严格控制数据访问范围，按照最小必要原则对用户访问进行授权。

9.4.2 应对数据使用情况进行全流程记录，包括但不限于人员、时间、内容、用途等。

9.4.3 应采用密码技术保证应用的访问控制信息的完整性。

9.4.4 对采集的数据进行智能识别或人工框选等方式标注等交通事件、边坡病害等信息时，需保持原图片不动，并创建副本文件进行标注。

9.5 存档要求

9.5.1 数据存档应满足 GB/T 18894 规定要求，应采用统一的格式，便于后续的检索和使用。

9.5.2 在系统掉电、设备故障、特殊工况时，应能避免数据遭受破坏或数据丢失。

10 异常情况处置要求

10.1 设备故障处置

10.1.1 飞行过程中，若遇到通信链路长时间中断，且在预计时间内仍未返航，应根据无人机失联前最后的地理坐标和机载追踪器发送的报文等信息及时寻找。

10.1.2 飞行过程中，若遇到电量/油量不足、导航失效等突发情况时，应立即控制无人机返航，或在附近安全区域就近降落，确保飞行安全。

10.1.3 飞行过程中，若遇到无人机失去动力等机械故障，应控制无人机在安全区域紧急降落。

10.1.4 飞行过程中，若遇到无人机出现报警故障无法恢复，应立即停止任务，操作无人机返航。

10.1.5 飞行过程中，若任务荷载出现故障，且影响作业质量时，应立即中止飞行，控制无人机返航。

10.1.6 飞行过程中，若发生坠机事故，应立即上报，保留飞行记录、日志等关键数据并分析事故原因，妥善处理无人机残骸并防止次生灾害发生。

10.1.7 应制定特殊故障的处理操作流程和安全管理制，驾驶员应熟悉常见问题的处理方法和流程，

应定期对故障工况进行培训和演练。

10.2 特殊工况处置

10.2.1 飞行任务区域出现雷雨、大风等可能影响作业的突变天气时，应及时评估任务安全性，控制无人机返航或就近降落，以确保无人机安全。

10.2.2 无人机执行飞行任务时，若遭遇鸟类、其他无人机等空中障碍物的攻击或干扰，应及时评估作业的安全性，在确保安全后方可继续执行作业，否则应立即启动无人机避让或返航程序。

10.2.3 无人机飞行时卡滞在障碍物中或操作失灵，应立即关闭动力，终止任务。

10.2.4 无人机执行飞行任务时，若遥控提示电磁干扰，可能是该空域附近有强磁场效应或者高压线（塔），此时应提升飞行高度，及时脱离该区域。

10.2.5 无人机执行飞行任务时，若驾驶员出现身体不适等情况，应及时控制无人机安全降落并使用替补驾驶员。若无替补驾驶员，应立即控制无人机返航降落，中止本次任务。

10.2.6 若遇航空主管部门发布空域管制要求，应立即停止任务，待管制结束，重新申请。

10.2.7 无人机执行飞行任务时，若出现人身伤害、道路设施损坏等意外事故，应立即停止任务、保护现场、及时通知相关部门，进行妥善处理。

11 维护保养要求

11.1 一般规定

11.1.1 应制定定期保养计划，按计划开展维护保养工作。

11.1.2 应定期清洁无人机、机巢、任务荷载和电池等设备的外露部分。

11.1.3 应定期对无人机、机巢、任务荷载和电池等设备进行检查、清洁、润滑、紧固，确保状态正常。

11.2 无人机维护保养要求

11.2.1 应定期检查各部件完整性，确保无变形、缺损、异物等，紧固连接部位，及时更换损坏部件。

11.2.2 数据存储空间不足时应进行清理。

11.3 机巢维护保养要求

11.3.1 机巢长期不使用，应定期检查设备状态。如有异常现象，应及时调试或维修。

11.3.2 应根据机巢生产厂商维护保养相关规定，结合机巢布设地理位置、气候特点及机巢使用情况，制定定期保养计划。

11.4 任务荷载维护保养要求

11.4.1 应定期检查任务荷载各部件完整性，确保无变形、缺损、异物等，及时更换损坏部件。

11.4.2 应定期检查任务荷载是否安装到位，确保无松动情况。

11.4.3 应定期检测任务荷载性能，如云台相机变焦、对焦、拍照、录视频等是否正常，画面是否清晰。

11.5 电池维护保养要求

11.5.1 应严格遵循电池制造商提供的充放电指导，避免过度充电和放电，以确保电池的使用寿命和安全性。

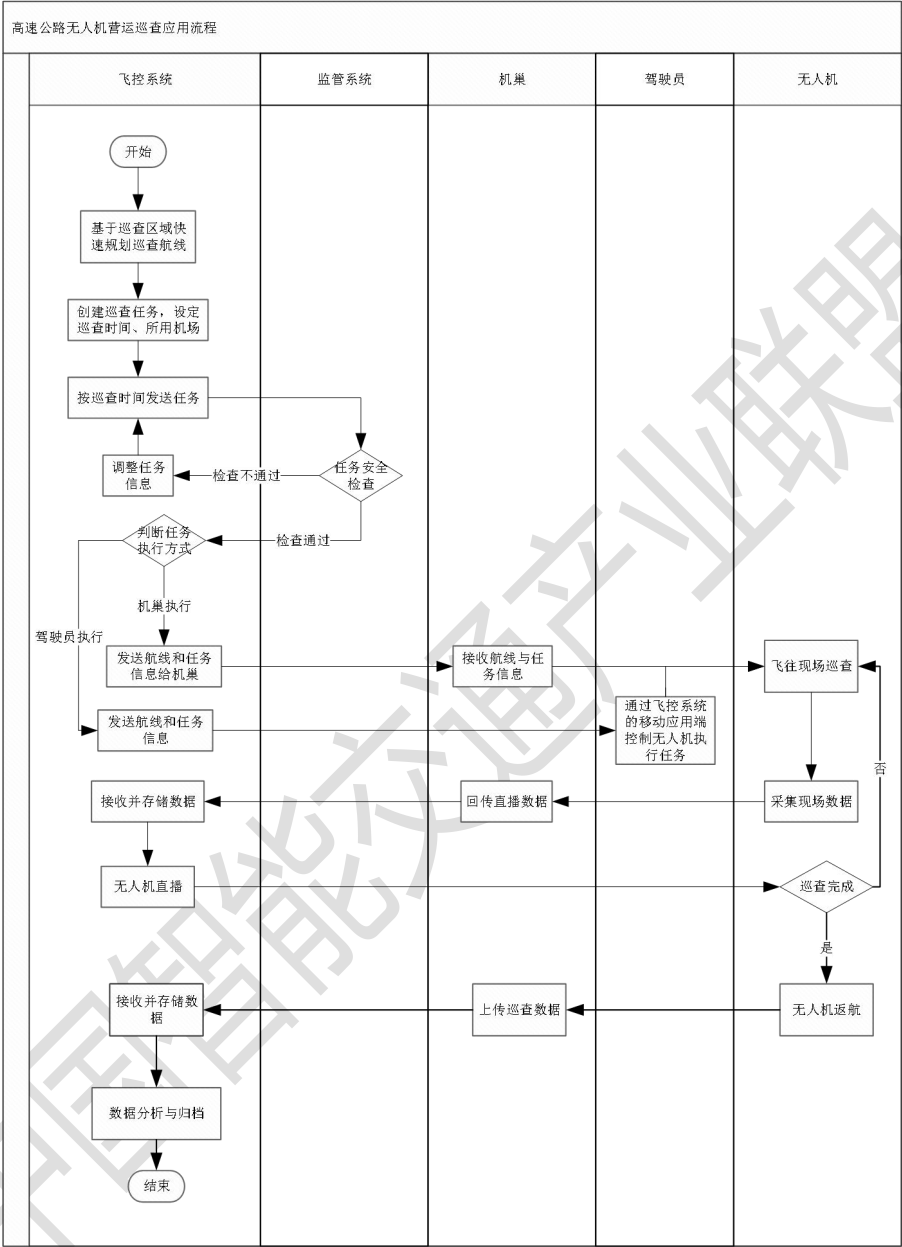
11.5.2 电池应存储在温度适中、通风干燥的环境中，远离热源和易燃易爆物品，长期不使用时应保持在 40%至 65%的电量范围内。

11.5.3 应定期检查电池外观，禁止使用有破损、漏液或严重变形的电池，以防止安全隐患。

11.5.4 在低温环境下使用电池时，应进行预热处理并采取保温措施，同时适当缩短飞行时间，以确保电池性能和飞行安全。

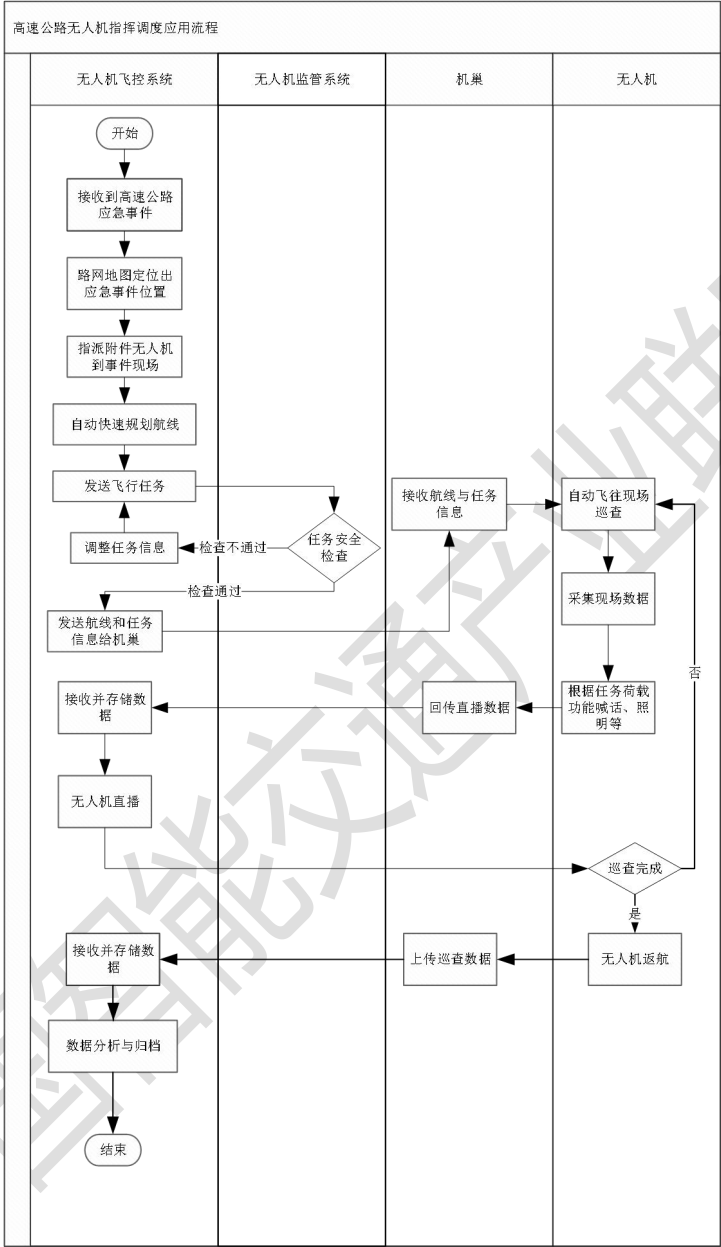
11.5.5 应建立电池使用记录制度，包括充放电次数、存储条件等信息，并定期进行维护保养。

附录 A
(资料性)
高速公路无人机营运巡查应用流程



图A.1 高速公路无人机营运巡查应用流程

附录 B
(资料性)
高速公路无人机指挥调度应用流程



图B.1 高速公路无人机指挥调度应用流程

中国智能交通产业联盟
标准

高速公路营运巡查与指挥调度 无人驾驶航空器应用规范
T/ITS 0281-2024

北京市海淀区西土城路 8 号（100088）
中国智能交通产业联盟印刷
网址：<http://www.c-its.org.cn>

2025 年 1 月第一版 2025 年 1 月第一次印刷