

公路路面无人机巡查技术要求
(征求意见稿)
编制说明

标准起草组

2026年3月

目 录

一、 任务来源，起草单位，协作单位，主要起草人.....	1
二、 制定标准的必要性和意义.....	1
三、 主要工作过程.....	5
四、 制定标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系.....	6
五、 主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述.....	8
六、 重大意见分歧的处理依据和结果.....	11
七、 采用国际标准和国外先进标准的，说明采标程度，以及与国内外同类标准水平的对比情况.....	11
八、 贯彻标准的措施建议.....	11
九、 其他应说明的事项.....	12

一、任务来源，起草单位，协作单位，主要起草人

（一）任务来源

2025年7月，内蒙古九天数字科技有限公司参加了中国交通运输协会2025年第25次团体标准立项会议，提出《无人机公路路面及沿线设施巡查技术要求》立项申请并汇报，经质询、讨论，通过立项申请。会议纪要号：〔2025〕第414期(立审)。根据中国交通运输协会发布的“2025年度第25次团体标准立项会议的公告”（中交协秘字〔2025〕1660号）要求进行后续标准编制工作。

（二）起草单位

本标准由中国交通运输协会牵头组织编制，内蒙古九天数字科技有限公司和中国民航科学技术研究院作为主要起草单位。邀请广西交通投资集团南宁高速公路运营有限公司、南京北部路桥建设有限公司、雄安交投工程养护科技有限公司、河北冀翔通电子科技有限公司、吉林大学交通学院、交控航空科技（深圳）有限公司、陕西交控飞行技术有限公司、武汉光谷卓越科技股份有限公司、成都交投信息科技有限公司、广州市交通运输研究院有限公司、福路通城乡发展（福建）集团有限公司、海南省交通规划勘察设计研究院有限公司、广西交通投资集团钦州高速公路运营有限公司、中国交通信息科技有限公司、宁夏交通科学研究所有限公司、铁塔智联技术有限公司、吉林省寰旗科技股份有限公司、招商新智科技有限公司、新昌天姥山航空研究院、西安市航空基地中汇航空科技有限公司、北京卓视智通科技有限责任公司、武汉东沃慧达电脑有限公司、广东智视云控科技有限公司、浙江建德通用航空研究院、深圳亿维锐创科技股份有限公司、辽宁陆吾科技有限公司、山西交通控股集团有限公司低空经济发展分公司、江苏正方交通科技有限公司、杭州交投数智工程检测有限公司、卡斯柯信号有限公司等单位参与编制工作。

(三) 主要起草人

程昊、邹晓、常赫、苏志勇、王志磊、朱丹明、秦宇、彭少龙、吴国荣、黄绚、王法波、邵招娣、殷荣华、李剑文、杨祥、张伟、张学龙、黄建辉、平刚、段立桥、贾慧超、徐娜、朱凯凯、别一鸣、王琳虹、李洪涛、周莉莉、倪应谦、谢金华、陈运金、梁天林、陆启进、刘超、陈磊、张国宏、李安琦、张艺莹、曹民、卢毅、操丽、彭园、杨清勇、赵茂珂、郑植、董文安、刘兆强、陈斌、苏晖阳、钟晓夏、琚晓冬、陈致远、张东昌、卢延基、覃周、王晶、李亚楠、杨军、陈晓炜、陈欣、刘桂灵、康文杰、杨宏斌、谭坤佑、许轶伦、刘田影、赵琪、吴大勇、程丽、李宁才、金晨、易虹、姜一川、吴柯维、何晓罡、蒲红东、陈红君、周国红、徐亮、徐欢、王齐、许航、孙强、黄荣华、杨晋磊、胡洋、钟学良、王宗发、陈俊杰、姜雪娇。

起草人员工作任务如表1。

表1 起草人员工作任务表

序号	工作内容	参与人员
1	总体策划，技术顾问	程昊、邹晓、常赫
2	前期技术调研与资料整理	苏志勇、王志磊、朱丹明、秦宇、彭少龙、吴国荣
3	标准正文内容编制与验证（1-4章）	黄绚、王法波、邵招娣、殷荣华、李剑文、杨祥、张伟、张学龙、黄建辉、平刚、段立桥、贾慧超、徐娜、朱凯凯、别一鸣、王琳虹、李洪涛、周莉莉
4	标准正文内容编制与验证（5-6章）	倪应谦、谢金华、陈运金、梁天林、陆启进、刘超、陈磊、张国宏、李安琦、张艺莹、曹民、卢毅、操丽、彭园、杨清勇、赵茂珂、郑植、董文安、刘兆强
5	标准正文内容编制与验证（7章）	陈斌、苏晖阳、钟晓夏、琚晓冬、陈致远、张东昌、卢延基、覃周、王晶、李亚楠、杨军、陈晓炜、陈欣、刘桂灵、康文杰、杨宏斌、谭坤佑、许轶伦
6	标准正文内容编制与验证（8章）	刘田影、赵琪、吴大勇、程丽、李宁才、金晨、易虹、姜一川、吴柯维、何晓罡、蒲红东、陈红君、周国红、徐亮、徐欢、王齐、许

		航、孙强
7	标准化审查与项目协调	黄荣华、杨晋磊、胡洋、钟学良、王宗发、陈俊杰、姜雪娇

二、制定标准的必要性和意义

（一）背景及意义

公路交通是一个国家发展水平的重要标志，截止到2024年，目前我国公路总里程已达到544万公里，高速公路总里程已突破18万公里，路网规模已位居世界前列，同时车辆流量也在持续增加。随着时间的推移，沿线标识标志和安全防护设施等重点部位丢失或安全隐患不断增多，路面老化、路基沉降、道路塌陷、急弯陡坡路面积沙、碎石等情况和问题日益严重，对人们的行车安全造成极大威胁，甚至引发交通事故。因此，加强公路巡检和管理已成为我国公路基础设施发展中的当务之急。

随着国家《交通强国建设纲要》、《国家综合立体交通网规划纲要》、《数字中国建设整体布局规划》以及《交通运输部关于推进公路数字化转型加快智慧公路建设发展的意见》等政策的出台，明确了强化交通基础设施养护、加强基础设施运行监测检测、提高养护专业化、信息化水平，研究移动式、无人化监测设施，提升监测网络整体效能。传统的公路巡检具有劳动密集、施工工序复杂、施工环境多样等特点，通常是养护人员定期巡查记录路面破损、边坡滑坡、标志标线等问题，或采用车辆巡检采集路面平整度、裂缝等数据，存在巡检成本高、巡检时间长、巡检效率低、人为因素影响大、人员安全无法保障、安全隐患多、信息传递流程长、覆盖有限结果精确度差等问题，无法满足公路巡检快速、高效、精准、成本控制的决策需求。

目前，公路巡检智能化、数字化、信息化越来越受到大家的关注，无人机公路巡检已在多地广泛开展，如依托5G通信及高精度无人机技术，推出无人机交通巡检系统，实现全流程智能化作业，单次飞行可巡查数十公里路段，通过多光谱传感器与算法模型，对路面裂缝、标线模糊等缺陷识别精度达90%

以上，面对突发事故能做到及时告警，并将4K视频流实时回传指挥中心，通过无人机自主飞行、识别、锁定、记录与评估的全流程无人化作业，完成远端采集、云端巡检、并通过数据互联互通，将数据发送至准公路巡检数字分析平台中，解决了传统巡查方法中无法有效覆盖高难度和隐蔽区域的问题，每年可减少30%~50%的路面故障发生率，节省50%人工巡检成本。

尽管无人机公路巡检在当下展现出良好的发展态势，已广泛应用于高速公路路面、路基、桥梁及隧道等各类公路基础设施场景，但现有的多旋翼、垂直起降固定翼无人机公路巡查作业规范仅在各单位实施，未能在全国范围内形成普适性行业标准，不同地区、不同企业在开展无人机公路巡检时，在设备选型上差异巨大，无人机的续航能力、载荷能力参差不齐；飞行操作流程、起飞降落的标准、飞行路线规划缺乏一致性；巡检路线制定、巡检内容和要求、数据采集的频率精度格式以及后续处理分析方式更是千差万别；边缘计算及病害检测的深度分析和决策支持能力有待进一步依托人工智能算法和模型训练进行提升；上述问题导致巡检数据质量难以保障，在跨区域、跨项目整合数据时困难重重，严重阻碍了行业的规模化、高效化发展，也使得监管部门难以制定统一的监管策略，不利于无人机公路巡检行业的长远、健康发展。

《公路路面无人机巡查技术要求》标准研究的目的，一是研究公路路面巡查无人机的技术要求，规定无人机公路巡检的选型要求、功能性能要求、任务载荷要求、人员要求和安全管理要求等，确保实施单位选择适合的无人机用于巡查，解决“用什么无人机”的问题；二是巡查的内容和工作流程，明确哪些路面病害适用于无人机巡查，包括粗巡、精巡的巡查参数和精度，明确巡查工作流程包括飞行准备、飞行实施、数据处理、质量评价；三是具体给出飞行前准备、巡查实施、数据处理和质量评价的技术要求。

《公路路面无人机巡查技术要求》标准的制定具有重要的现实意义，主要体现在以下几个方面：一是规范无人机公路巡检作业，提升巡检质量；二

是提升公路养护效率，降低运维成本；三是促进无人机技术在公路行业的规范化和规模化应用；四是支持智慧交通和绿色公路发展。通过技术规范、流程标准化、管理科学化，破解制约无人机公路应用的“技术壁垒、安全隐患、数据孤岛”等核心问题，形成可快速落地的智慧巡检解决方案，从而实现对公路巡查的智能化、信息数据化和可视化管理。其意义不仅在于解决当前行业痛点，更在于通过标准化的“灯塔效应”，为公路养护提供了有力支撑，引导公路管理向智能化、协同化、绿色化方向发展，为我国交通基础设施的安全运行、高效养护、智慧管理提供可持续的技术支撑，最终实现“人享其行、物优其流”的交通强国愿景。

（二）必要性

1 创新性

本标准通过无人机系统及任务载荷要求、巡查采集内容及工作流程要求，首次构建了无人机公路路面巡查的完整技术体系。其核心创新点在于填补了公路路面巡查无人机技术要求和标准化作业流程要求，并通过查重查新验证无重复性，为行业提供了可落地的技术规范。

（1）公路无人机巡查技术要求

1) 本标准首创覆盖公路路面巡查的无人机系统指标体系，涵盖选型要求、无人机功能性能要求、任务载荷要求、人员要求和安全要求。功能性能要求包括飞控系统、通信系统、导航系统、感知避障、地理围栏、性能要求、应急保护，任务载荷选型要求包括基本要求、结构和安装要求、可见光设备、红外设备和其他辅助功能。

2) 查重对比分析

国际标准：无相关国际标准。

国家标准：无相关国家标准。

行业标准：DB15/T 3710-2024 公路隧道轨道式智能巡检系统技术规范仅定义公路隧道轨道式智能巡检系统组成与技术要求、巡检内容和作业流程。

团体标准： T/AOPA 0080-2025 公路桥梁无人机智能巡检技术规范仅规定了公路桥梁无人机智能巡检的作业要求、巡检准备、巡检作业、数据采集、数据处理等。

3) 查新验证

经国家工程图书馆查新：

6 无人机系统 无直接重合文献。

(2) 公路无人机巡查工作流程要求

1) 本标准定义了公路路面巡查的适用范围，制定了从飞行前准备、巡查实施、数据处理、质量评价全链条的巡查工作流程。

2) 查重对比分析

国际标准： 无相关国际标准。

国家标准： 无相关国家标准。

行业标准： DB15/T 3710-2024 公路隧道轨道式智能巡检系统技术规范仅定义公路隧道轨道式智能巡检系统组成与技术要求、巡检内容和作业流程。

团体标准： T/AOPA 0080-2025 公路桥梁无人机智能巡检技术规范仅规定了公路桥梁无人机智能巡检的作业要求、巡检准备、巡检作业、数据采集、数据处理等。

3) 查新验证

经国家工程图书馆查新：

7 巡查内容和工作流程、8 巡查技术要求 无直接重合文献。

2 实用性

本标准规范规定了无人机巡查的基本要求、无人机及系统技术要求、巡检内容和工作流程、巡查技术要求。为无人机在公路路面巡查的无人机选型、安全操作、运行使用及数据分析提供全流程链条的技术支撑，对提升我国公路巡检的智能化水平、保障无人机在公路巡检的运营安全并具有显著实践价值，是通过技术规范化、流程标准化、管理科学化，破解制约无人机应用于

公路巡检的“技术壁垒、安全隐患、数据孤岛”三大核心问题。其意义不仅在于解决当前行业痛点，更在于通过标准化的“灯塔效应”，引导无人机公路巡检技术向智能化、协同化、绿色化方向发展，为我国交通基础设施的安全运行、高效养护、智慧管理提供可持续的技术支撑，。

本标准的制定填补了无人机应用于公路路面巡查领域的规范空白，其核心实用性体现在三个方面：

1) 填补行业空白，提供统一标尺

当前无人机巡检技术在不同地区、不同巡检目标的应用标准不一，设备选型、飞行参数、数据采集与处理流程缺乏统一规范，导致巡检数据质量参差不齐，跨区域协同作业困难。例如，部分地区采用低精度无人机导致病害识别误差大，而部分场景因飞行高度限制影响巡检覆盖范围，亟需通过标准明确技术门槛与操作规范。标准的编制解决了当前无人机公路巡检工作中因缺乏统一标准导致的测试方法碎片化、结果不可比问题。例如，标准第7章和第8章详细规定了巡查内容和作业流程、数据分析等关键要素，确保系统功能验证的全面性与可操作性。

2) 提升安全与效率，降低运营风险

无人机在道路交通场景中飞行需兼顾航空安全、道路交通安全与公共隐私，但现有法规《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》未针对道路交通巡检场景细化要求，易引发与车辆、障碍物碰撞等飞行冲突、数据泄露等风险。标准需明确安全飞行区域、最低功能性能参数、通信协议、应急处置流程等，填补法规空白。是解决当前行业技术乱象、安全隐患与数据壁垒的核心手段，是推动无人机技术从“辅助工具”向“交通基础设施智能化标配”转变的重要里程碑，也是行业从“无序探索”到“有序发展”的关键跨越。其价值不仅在于规范单一技术应用，更在于通过标准化牵引，构建“安全、高效、协同、创新”的智慧交通新生态。

标准明确要求无人机平台的性能要求和功能要求，并创新性提出“任务载荷选型要求”的功能要求和数据分析方法。通过量化指标（如垂直和水平

精度±10cm，具备北斗高精度定位功能、内置算法等）驱动无人机系统优化，显著提升病害识别率与运行可靠性。

3) 推动技术迭代与成本优化

区别于既有通用标准，本标准聚焦路面巡查，明确巡查重点内容，通过6.3 无人机功能性能要求和6.4 任务载荷选型要求实现性能量化评价。这不仅为设备供应商提供研发导向，还可减少试错成本。

3 适用性

本标准通过场景强适应、技术高兼容、经济优效益三位一体设计，为无人机应用于公路路面巡查提供可靠、高效、可复制的技术要求，助力中国公里巡查和养护智能化升级。

1) 全面覆盖公路路面和沿线设施

路面适应性：通过专项测试场景（如积沙模式、积雪模式、障碍物检测），形成无人机公路积沙/积雪识别巡检方案、公路裂缝识别巡检方案、公路坑槽识别巡检方案、结构物专项巡检方案、边坡巡检及三维建模方案、路基沉陷专项巡检和监测方案。确保无人机在公路路面巡查中的在各种场景下稳定运行，提升巡查可靠性。

无人机兼容性：悬停精度（±30cm）、北斗导航定位、光电任务载荷等功能适配不同构型无人机（多旋翼、垂直起降固定翼、直升机），支持不同公路级别及运营模式。

2) 多层次技术兼容性

高可靠架构：通过标准规范数据采集频率、存储格式、传输协议及算法精度，推动数据从“碎片化采集”向“系统化应用”升级，支撑智能养护决策。标准需规范采集内容、采集要求、数据接口、编码规则与分析模型，推动数据从“采集”向“智能应用”升级，采用边缘技术保障不同场景下病害数据的有效识别持续运行，数据可用率达90%。

智能化联动：标准化接口实现无人机、机巢、远程操控平台、基地信息

控制系统平台等子系统高效协同，构建“空-天-地”协同智能巡检体系，重点突破轻量化感知、模块化应用、协同化处置关键技术，形成可快速落地的智慧巡检解决方案。

3) 显著提升运营效益

效率优化：根据飞行任务类型与时间生成记录信息，对采集到的影像数据进行归类，并通过在图像中进行缺陷标注，输出包含图片名称、缺陷类别及缺陷坐标等信息的数据，形成公路沿线基础设施及周边环境数据库，减少误判或漏检，提高病害检测准确率。

全生命周期降本：远程监测与预测性维护减少 $\geq 20\%$ ；能耗监测推动节能算法落地，运营成本降低10%以上。

4) 社会效益与行业价值

安全强化：明确安全飞行区域、巡查标准方案、应急处置流程等，因无人机巡检事故率降低 $\geq 30\%$ 。

降低巡检成本：通过无人机自主飞行、识别、锁定、记录与评估的全流程无人化作业，完成远端采集、云端巡检、并通过数据互联互通，将数据发送至准公路巡检数字分析平台中，解决了传统巡查方法中无法有效覆盖高难度和隐蔽区域的问题，每年可减少30%~50%的路面故障发生率，节省50%人工巡检成本。

行业标杆作用：为无人机公路巡检规模应用提供首套标准化工作流程和技术要求，推动技术规模化应用。

4 紧迫性

随着我国公路交通巡检向智能化、无人化快速发展，无人机公路巡检在当下展现出良好的发展态势，已广泛应用于高速公路、城市道路、桥梁及隧道等各类道路基础设施场景。然而，无人机巡检市场快速增长，设备厂商、服务提供商、应用单位之间缺乏统一的技术对接框架，系统安全性、可靠性和兼容性面临严峻挑战，亟需通过标准化填补空白，导致行业低价低质竞争

和技术迭代缓慢。标准可规范无人机道路巡检技术要求，引导行业资源整合，培育标准化产业链。

重点问题：现有的多旋翼无人机道路巡查疏导作业规范仅在部分地区实施，未能在全国范围内形成普适性标准，不同地区、不同企业在开展无人机道路巡检时，在设备选型上差异巨大，无人机的续航能力、飞行速度、载荷能力参差不齐；飞行操作流程也各不相同，起飞降落的标准、飞行路线规划缺乏一致性。现有测试方法分散、场景覆盖不全，无法有效验证多系统联动逻辑，存在重大安全风险隐患（如障碍物检测失效、降级模式失控等）。

难点问题：数据采集的频率、精度、格式以及后续处理分析方式更是千差万别，这导致巡检数据质量难以保障，在跨区域、跨项目整合数据时困难重重，严重阻碍了行业的规模化、高效化发展。同时，云平台部署、人工智能识别等新技术应用尚未形成规范化的应用技术框架。

热点需求：针对无人机在道路交通场景中可能面临的飞行碰撞（如与桥梁、车辆刮蹭）、数据泄露（如敏感路段信息外流）、电磁干扰（如通信中断导致坠机）、网络安全等风险，通过标准细化安全操作流程（如起飞前环境勘测、动态避障机制）、数据加密要求、应急处置预案（如失控返航逻辑），建立覆盖全面的安全防护体系，亟需通过标准化实现技术收敛与经验复用。

本规范首次系统定义了50余项无人机性能指标（含功能和性能要求）、20项巡查技术指标（如采集数据、作业飞行方法等）及数据处理方法，为行业提供了覆盖“选型-测试-运营-分析”全链条周期的技术基准，对保障运营安全、提升系统可用性、推动无人机公路巡查规模化应用具有重大现实意义。

三、主要工作过程

（一）起草组工作概述

根据要求，中国交通运输协会智慧物流专业委员会于2025年上半年开始

着手成立标准编制工作起草小组，组织标准编制的相关工作。作为主要起草单位，内蒙古九天数字科技有限公司前期在《G59呼北高速高墩特大桥无人机巡查试点》、《无人机技术在公路养护中的应用》等项目中，积累了无人机公路巡检的技术和实践经验，完成荣乌高速、G58苏北高速、G209呼和浩特至葛根塔拉段一级公路无人机日常巡查试验验证工作，项目开始后积极收集有关本标准的各类信息，并组织相关的调研工作，联络参编单位，最终明确了标准起草工作组的成员单位，成立了标准起草工作组。制定项目章程，每月定期组织召开例会，按计划推进，完成了标准前期调研，大纲评审，征求意见稿草案评审等各项工作。

（二）历次审查会专家审查意见及结论

标准起草工作组经过技术调研、咨询，收集、消化有关资料，并结合无人机道路巡检技术、云台技术、地面机巢和人工智能识别技术发展趋势，在充分总结国内无人机公路路面及沿线设施巡检技术研究与应用基础上，于2025年6月编写完成了团体标准《无人机公路路面及沿线设施巡查技术要求》的立项申请材料。7月23日，协会组织行业专家在北京召开立项审查会议（〔2025〕第25期（立审）），对标准立项报告进行审核，通过了标准项目的编制申请。协会组织行业专家在北京召开立项会议形成以下审查意见：

- （1）广泛开展行业调研。
- （2）进一步优化内容结构。
- （3）进一步论证参数指标的合理性。

9月16日，协会组织行业专家在北京召开大纲草案审查会议（〔2025〕第414期（纲审）），对标准大纲草案进行审核，通过了标准编制大纲。会议形成以下审查意见：

1. 标准名称修改为“《公路路面无人机巡查技术要求》”；
2. 调整章节结构为“4 总体要求、5 无人机系统、6 路面巡查”

根据评审意见，标准起草工作组对国内无人机公路巡查进行了调研，结

合调研情况，对标准大纲进行了调整，并完善了标准内容，邀请了交控航空科技（深圳）有限公司、陕西交控飞行技术有限公司、武汉光谷卓越科技股份有限公司等单位参与标准编制，并结合上述单位在公路巡查应用中的数据对标准中的参数指标进行了测试验证。

立项申请获批后，起草小组加快标准编制工作节奏，着手编制标准工作大纲和征求意见草稿的相关工作。编制工作大纲草案稿通过微信、邮件等方式提交给参编单位和协会专家分别审核，综合了多方意见，确定了标准起草编制的总体计划内容，形成了正式的标准工作大纲文件。

标准起草工作组按照立项审查会议内容，结合编制工作大纲进行认真分析、理解和总结，迅速开展标准的征求意见草稿的编制以及试验项目的实施工作，于2025年10月完成了国内外调研和试验验证工作，编写完成了团体标准《公路路面无人机巡查技术要求》的编制说明、工作大纲与征求意见初稿。

2026年1月5日，中国交通运输协会标准化技术委员会在北京组织召开了《公路路面无人机巡查技术要求》团体标准征求意见稿草案审查会议，审查组同意通过征求意见稿审查。建议删减术语和定义，明确与公路路面无人机巡查关键的定义；调整章节结构，“6 无人机系统”调整为“6 无人机巡查系统组成和要求”、“7 巡查内容和工作流程”调整为“7 巡查内容”、“7.2 作业流程”调整至“8 巡查技术要求”，并按照新的章节结构完善标准内容；进一步完善相关技术指标的验证工作；按照专家意见和GB/T 1.1-2020要求修改标准内容。根据专家意见，编写组完善了征求意见稿。

四、制定标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系

（一）标准编制原则

1 规范性

本标准按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》进行编制，按标准制定的程序进行工作；

2 适用性

标准主要内容与标准的适用范围相匹配，标准的技术内容尽量完整；

3 协调性。

注意本标准与现有政策、法规，以及其他现行标准的协调，避免矛盾和冲突。与现行国家/行业标准（如无人机、巡检、安全标准）深度衔接，避免冲突。规范性引用文件（第 2 章）明确采用 GB/42590（安全要求）、GB/T 43570（身份识别要求）、GB 46750（运行识别要求）、JTG5110-2023（术语）等，技术指标与国标或强标对齐。

4 统一性

统一公路无人机巡查的无人机系统要求、巡查内容、工作流程及术语定义，消除不同机型、不同线路间的技术差异。术语定义（如3.8 图像尺度因子、3.9 影像重叠率）及4.1 日常检查、应急巡查等严格引用或参考JTG5110-2023、低空无人机应用公路桥梁巡检技术指南（试行）等行业和地方标准，确保概念一致性。

5 适用性

覆盖公路路面无人机的巡查技术要求，兼顾公路项目需求，并考虑与人工巡查和车辆巡查的结合。适用范围（第1章）声明“本规范规定了公路路面无人机巡查的总体要求、无人机巡查系统组成和要求、巡查技术要求。”，无人机巡查系统组成和要求（第5章）和巡查技术要求（第6章）包含系统组成、安全要求、选型要求、配置要求、路面巡查内容和巡查作业流程。

6 一致性

巡查内容和工作流程、巡查技术要求与 JTG 5110-2023 公路养护技术标准等行业标准理念一致，确保采用无人机巡查的有效性，能与人工查询、车辆巡查有效衔接。安全完整性如无人机系统要求、人员要求、巡检组织与实施与无人机安全管理要求一致，符合飞行器运营安全框架。

7 规范性

严格遵循 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则》的起草规则。文件结构

(前言、范围、术语等)完全按导则要求编排。

8 目标性

以提升公路无人机路面巡查的规范性、安全性、智能化水平为核心目标。技术要求(第5章)强调“场景适用性、高可靠性、冗余设计、安全有效运维”，分析指标(第6章)量化高效性、可操作性等维度。

(二) 技术要素确定原则

1 目的性原则

聚焦公路无人机巡查的技术要求(如任务规划、空域申请、巡查作业流程)，区别于传统人工巡检系统。巡查实施6.4专设“自动巡查模式”“手动巡查模式”“快速巡查”、“智能巡查”等应用于不同巡查目标对象。

2 性能特性原则

以可量化性能指标替代过程描述，确保结果客观可比。5.4 无人机配置要求、5.5 任务载荷配置要求和5.6 地面辅助设备配置要求。

3 可证实性原则

所有技术要求需通过标准化方法验证。第8章规定每个测试场景的“巡查内容”“巡查作业流程”，确保结果可复现、可审计。

(三) 与现行法律、法规的关系

无。

(四) 与相关标准的差异性分析

1 与国际标准的对比

未查询到相关国际标准，无对比。

2 与国家标准的对比

未查询到相关国际标准，无对比。

3 与其他标准的对比

与其他标准的对比差异如下表。

表3 与国家标准的对比差异表

标准号	标准名称	本标准差异化
DB15T 3710-2024	《公路隧道轨道式智能巡检系统技术规范》	1、首次提出：公路无人机路面巡查技术要求系统，包括无人机技术要求、任务载荷设备要求、巡查内容、工作流程和技术要求 DB 仅提适用于巡检机器人
T/AOPA 0080—2025	《公路桥梁无人机智能巡检技术规范》	1、填补空白：首创“公路无人机路面体系化巡查技术要求”，明确巡查内容、数据采集要求和巡查任务实施要求 2、安全强化：规定“功能指标、性能指标、操作流程等”， AOPA团标无此内容

五、主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述

（一）主要条款的说明

1 确定标准主要内容的论据：

1) 无人机系统组成和要求（第5章）

理论依据：参照 CCAR-92 民用无人驾驶航空器运行安全管理规则、GB/42590-2023 无人驾驶航空器系统安全要求，结合公路路面巡查的实际需求，明确公路无人机巡查的无人机要求（如性能功能、人员要求）、任务载荷要求。

实践和试验验证：依据常用巡查无人机性能指标和功能指标，提出无人机平台和任务载荷要求的硬性条件。

2) 巡查内容和工作流程（第7章）核心条款依据

理论依据：参考 JTG 5110-2023 公路养护技术标准中关于公路路面和沿线设施的巡查要求。

试验数据依据：先后中标 G5511 安公高速无人机巡检项目以及 G10 绥满高速数字孪生平台，拥有丰富的无人机与数字孪生技术在公路建设工程领域开展的实际经验。

3) 巡检组织与实施（第6.4章）

理论依据：依据各无人机厂商操作手册，结合公路路面和沿线设施巡查特点，总结无人机公路巡检组织实施方案和安全运行方案。

实践依据：参考荣乌高速、G58 苏北高速、G209 呼和浩特至葛根塔拉段一

级公路无人机日常巡查试验，试验时长450小时，飞行时长344小时，病害识别大于10000个，完成G209线红土窑大桥桥梁外观、G209线大青山1、2、3号隧道顶及周边地质巡查、G209线大青山1、2号隧道周边落石灾害超前模拟、G209线呼和浩特至武川段道路边坡及周边绿化等4次特殊任务巡查试验的运营数据，梳理出53项高频关键场景（如蠕动模式、障碍物检测），覆盖90%以上典型故障（如车门状态丢失、通信中断）。

2 标准中通用内容的编写要求：

无。

（二）主要技术指标、参数、实验验证的论述

1 无人机系统技术要求

选型要求：从巡查时间、巡查距离，巡查需求确定无人机选型；

功能性能要求：从飞控管理内容、航迹精度、通信能力、导航要求、感知避障功能和范围、性能指标等

任务载荷选型要求：设备功能、存储要求、结构和安装要求

传感器配置：

可见光设备：变焦不低于20倍、分辨率 ≥ 4800 万像素，支持HDR（逆光场景）。

红外热像仪：温度分辨率 $\leq 0.1^{\circ}\text{C}$ ，用于夜间或温差检测，分辨率不低于 640×512 。

2 作业流程规范

巡查内容：

航线规划（基于GIS地图），重叠率 $\geq 70\%$ （确保影像拼接精度）。

禁飞区动态避让（集成民航局空域数据）。

执行要求：

起飞前自检（传感器校准、电池电量、通信链路测试）。

异常处理：通信中断时自动返航，数据断点续传。

3 数据标准

数据采集：

影像：JPEG+RAW格式，元数据包含时间、GPS坐标、飞行高度。

视频：H.265编码，帧率 $\geq 25\text{fps}$ （流畅分析动态目标）。

数据传输：

4G/5G优先，备用链路（如LoRa）确保盲区通信，加密传输（AES-256）。

数据分析：支持边缘计算。

4 安全与合规

空域管理：符合《无人驾驶航空器飞行管理暂行条例》，需标注最大飞行高度申请流程。

隐私保护：人脸、车牌数据需脱敏处理，符合《个人信息保护法》。

电磁兼容：通过GB/T 17626系列测试（防干扰）。

5 验证与测试方法

1) 实验室测试

传感器精度：使用标准标定板测试相机畸变率（ $\leq 1\%$ ）。

环境适应性：高低温试验（ -20°C 至 50°C ）、防水防尘测试（IP56）。

2) 实地验证

选取典型路段（城市主干道、山区高速）对比人工巡检结果，评估：

效率提升比（无人机vs人工）；

病害检出率（如裂缝识别漏检率 $\leq 5\%$ ）。

六、重大意见分歧的处理依据和结果

本标准制定过程未发生过重大意见分歧。

七、采用国际标准和国外先进标准的，说明采标程度，以及与国内外同类标准水平的对比情况

本标准没有涉及到相关国际标准。

本标准在符合国家和行业现行有关标准规定的前提下，充分吸纳、总结了已有的类似团体标准的特色，对现有标准中关于公路巡检的技术要求进行充分补充和细化。

本标准的总体技术水平属于国内领先水平。

八、贯彻标准的措施建议

（一）组织措施-成立标准实施工作组

由中国交通运输协会标准化技术委员会牵头，联合公路设计建设单位、公路养护单位、设计院、无人机设计制造单位成立专项工作组，负责标准宣贯、技术指导 and 实施监督。工作组下设专家组，负责解读标准技术条款（如第5-8章及附录的要求），解决实施争议。

（二）技术措施-开发配套工具与平台

建立公路无人机路面巡查真实测试环境，支持第5章无人机巡查系统组成和要求、6.2巡检作业流程、6.4 巡查实施、6.5 数据处理的实景验证。

制定任务载荷设备使用和校准规范，确保所有参与巡检工作的任务采集设备、传感器符合巡查的内容要求和精度要求。

（三）过渡办法

建议作为推荐性标准颁布，在批准发布3个月后实施。

九、其他应说明的事项

（一）涉及专利等应说明的事项

无。

（二）变更信息

无。