

寒区道路病害轻量化巡检技术规程

(征求意见稿)

联系单位：哈尔滨工业大学

联系人：殷允飞

联系方式：18846142746

联系邮箱：yunfeiyin@hit.edu.cn

草案完成时间：2026.05.07

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

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 总体要求	1
5 设备要求与安装	4
6 检测方法 with 数据处理	5
7 数据传输与存储	7
8 设备验收与检测报告	8
附 录 A （资料性） 寒区道路病害检测明细表	10

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。

本文件由黑龙江省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：哈尔滨工业大学、交通部科学研究院、哈尔滨市标准化研究院、黑龙江省交通运输厅、黑龙江省交通运输信息和科学研究中心、黑龙江省交通规划设计研究院集团有限公司、黑龙江省交通投资集团有限公司。

本文件主要起草人：董泽蛟、殷允飞、马宪永、蔡赫、周涛、高宁、曹丽萍、齐志鑫、姜锋、周紫君、赵国强、樊笑宇、计伟帅、张劲松、陈江川、吕文吉、王保龙、刘元浩、王晶。

寒区道路病害轻量化巡检技术规程

1 范围

本文件规定了寒区道路路面病害轻量化巡检的基本规定、设备要求与安装、检测方法与数据处理、数据传输与存储、设备验收与检测报告等要求。

本文件适用于寒区各等级沥青道路路面病害的轻量化检测工作。

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 17626.3 电磁兼容试验和测量技术第3部分：射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 18894 电子文件归档与电子档案管理规范
- GB/T 26764 多功能路况快速检测设备
- GB/T 38931 民用轻小型无人机系统安全性通用要求
- GB 50026 工程测量标准
- JJG 233 压电加速度计检定规程
- JTG 5210 公路技术状况评定标准
- JT/T 1415.3 交通运输数据资源交换与共享第3部分：数据格式与接口
- JT/T 1415.4 交通运输数据资源交换与共享第4部分：数据实时传输

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

寒区路面病害

受寒区冻融循环、季节性冻土冻胀融沉、积雪融水侵蚀、极端低温收缩开裂等特殊自然条件，叠加交通荷载共同作用，造成的道路路面破损、结构损伤与功能退化现象。

3.2

轻量化巡检

采用小型化、便携易部署、操作简便的专用设备，针对寒区道路路面病害开展灵活、高效的巡查与检测作业。

4 总体要求

4.1 一般规定

4.1.1 寒区道路病害轻量化检测内容应包括路面病害及环境辅助信息，检测项目与优先级应符合 JTG

5210 的规定，并在此基础上涵盖寒区典型路面病害。

4.1.2 路面病害检测内容应分为常见病害和寒区病害，具体可涵盖以下类型：

- a) 常见病害：裂缝类病害包括横向裂缝、纵向裂缝、网状裂缝等；变形类病害包括车辙、沉陷、拥包等；破损类病害包括坑槽、松散、剥落、修补破损等；
- b) 寒区病害：冻胀、融沉等。

4.1.3 对坑槽、波浪等视觉特征不明显的路面病害，应采用激光辅助深度成像技术，强化病害特征、提升识别辨识度。

4.1.4 环境辅助信息应包括检测区域的大气温度、湿度、积雪厚度、冰层厚度等，为病害成因分析提供依据。

4.1.5 检测数据应包含病害的类别、位置（经纬度）、尺寸（长度、宽度、深度、面积）、严重程度等级等关键信息。

4.2 检测区域

4.2.1 检测区域选择应遵循“代表性、易操作”原则，确保覆盖道路关键路段及病害高发区域。

4.2.2 应优先选择以下区域作为重点检测区域：

- a) 海拔高度2000米以上的高寒高海拔路段、季节性冻土路段、积雪结冰频发路段；
- b) 急弯、陡坡、桥面、隧道进出口、交叉口等特殊路段；
- c) 地质灾害多发路段、养护薄弱路段；
- d) 改扩建公路竣工验收路段、在役公路定期检测路段。

4.2.3 检测区域与单元划分应符合 JTG 5210 相关规范要求。检测区域应避免施工、交通管制路段及强风、暴雪、浓雾等极端天气路段，规避安全隐患并保证检测精度。

4.2.4 检测频次应优先遵循 JTG 5210 相关规定，结合黑龙江省寒区气候特征、交通流量、养护运维需求及道路病害发展规律，制定差异化巡检频次。针对以下时段与路段，宜适当提高巡检频次：

- a) 寒区病害高发时段，重点为冻融循环高发期、积雪消融期；
- b) 特殊地质路段，主要为季节性冻土、多年冻土分布路段；
- c) 高危通行路段，包含积雪结冰频发、路面易滑路段。

4.3 设施设备

4.3.1 寒区道路病害轻量化检测系统应由数据采集模块、数据传输模块、数据处理模块及终端展示模块组成，检测设备选择应满足寒区低温、冰雪、强紫外线等恶劣环境的使用要求，具备良好的抗低温、抗干扰、防水防尘性能。

4.3.2 检测设备包括车载轻量化检测设备和无人机轻量化检测设备，根据检测场景组合使用：

- a) 常规路段路面病害检测以车载轻量化检测设备为主；
- b) 有高空视角检测需求、复杂地势路段（如大纵坡、临崖路段）及巡检车易造成交通干扰的路段，宜以无人机轻量化巡检设备为主开展检测。

4.3.3 设备应符合轻量化、便携化要求，便于安装、拆卸和运输，车载设备不应影响车辆正常行驶，无人机设备应具备灵活起降能力。

4.3.4 针对黑龙江省-30℃及以下极端低温工况，寒区作业设备应配置标准化低温防护套件：标配密闭防寒保温罩、智能恒温加热模块、低温专用储能辅电组件

4.3.5 寒区现场作业前检测设备应完成设备低温调试与预热，设备巡检期间电量需满足低温环境下剩余电量管控要求，确保检测过程稳定可靠。

4.3.6 本系统功能配置应符合 JTG 5210 相关技术要求。设备需具备多源数据同步采集能力，适配寒区低温恶劣工况，保障图像、点云、定位及环境数据同步采集精度与实时关联存储性能；支持有线、无

线双模数据传输，具备本地离线缓存、数据备份及断网自动续传机制，提升寒区野外无网、弱网环境下的数据传输可靠性与安全性；集成智能分析算法，满足寒区路面病害自动识别、分类、参数提取及等级评估的实时处理时效要求；同时具备数据可视化、病害定位标注、报表生成及检测结果查询导出功能，适配寒区道路巡检工程应用需求。

4.4 工作流程

4.4.1 前期准备：

- a) 明确检测任务及范围，核对检测路段桩号、道路等级、路面类型及历史病害数据，掌握检测路段气温、积雪覆盖状况，划定重点检测单元，制定适配气温环境的作业计划；
- b) 检查车载、无人机轻量化检测设备及配套模块（含供电、低温防护、定位设备）的完整性与性能状态，完成低温环境下设备预热、调试与续航能力检测，按要求完成设备校准并填写校准记录，落实设备防冻、保温防护措施；
- c) 掌握检测区域交通状况、地形条件及环境风险，提前协调交通管制事宜，配备必要的安全防护装备（如反光背心、警示标志、防寒保暖装备、冰雪路面防滑用具），做好极端低温作业应急保障准备。

4.4.2 设备部署与调试：

- a) 车载设备：将激光雷达、高清相机等检测设备按规范牢固安装固定于检测车辆，做好设备低温防冻与保温防护，连接数据采集模块与寒区适配供电系统；完成设备低温预热、同步性、定位精度及数据传输链路调试，确保低温环境下各项性能满足检测要求；
- b) 无人机设备：选取无积雪结冰、开阔安全的区域作为起降点组装无人机，搭载检测传感器与定位模块，完成机载设备低温预热、电池保温及续航能力校验；调试飞行控制系统、低温环境避障功能及数据回传链路，结合寒区气象条件预设航点航线及飞行参数，完成严寒环境试飞校验，确保设备适配低温作业场景。

4.4.3 数据采集作业：

- a) 按划分的检测单元依次开展作业，车载设备沿检测路段匀速行驶（车速适配设备采集频率），无人机按预设航线飞行，同步采集图像、点云、定位及环境辅助数据；
- b) 作业过程中实时监控设备运行状态及数据采集质量，发现设备故障、数据异常或突发环境变化时，立即暂停作业，采取故障排查、应急避险等措施，记录异常情况处理方式；
- c) 重点检测区域加密采集频次，对疑似病害点位进行二次复核采集，确保数据完整性与准确性。

4.4.4 数据处理流程：

- a) 作业完成后，通过数据传输模块将采集数据导入后台处理系统，利用智能化算法完成病害自动识别、分类、参数提取及严重等级评估；
- b) 安排专业人员对算法处理结果进行人工复核，修正误判、漏判病害，补充完善病害关键信息，形成初步检测成果；
- c) 同步整理设备运行记录、环境参数记录及异常处理记录，与检测数据关联归档。

4.4.5 数据存储规范：

- a) 按规范格式编制检测报告，附病害明细统计表、现场影像资料、数据处理过程记录等附件；
- b) 对检测数据、报告及相关资料进行分类存储与备份，确保数据可追溯；
- c) 按规定时限向道路检测委托单位提交检测成果。

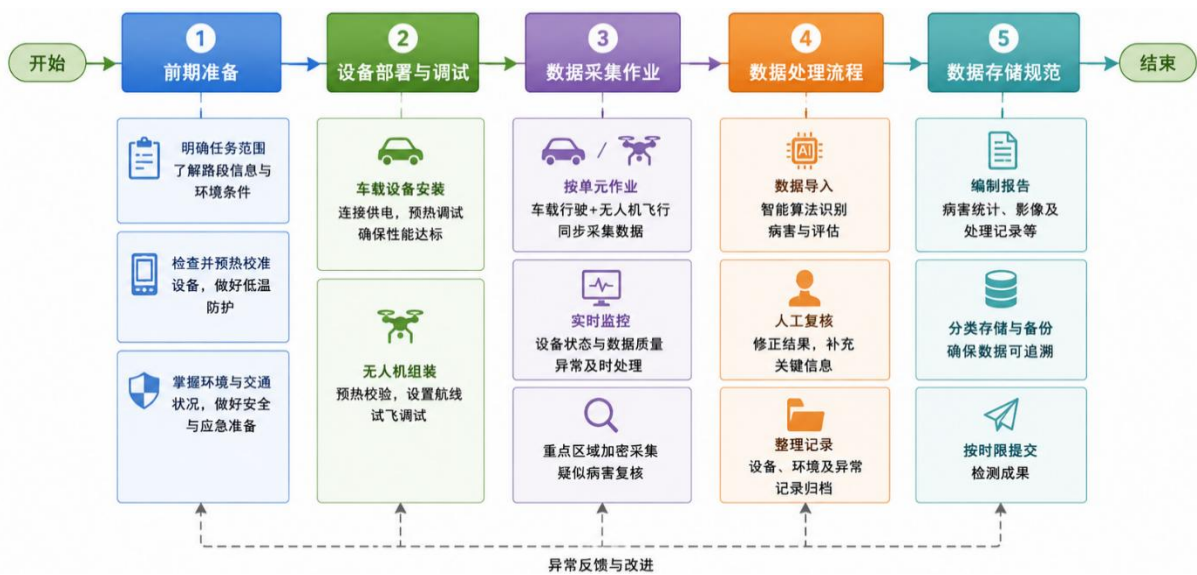


图1 轻量化巡检整体工作流程

5 设备要求与安装

5.1 车载检测设备技术要求

5.1.1 车载轻量化检测设备的性能参数应满足 GB/T 26764 的相关要求。各传感器工作温度范围应覆盖寒区极端低温环境，车载设备核心传感器工作温度范围不应窄于 $-40^{\circ}\text{C}\sim+60^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度适应范围不应窄于 5%RH~95%RH（无凝露）。设备应通过不少于 50 次 -30°C 至 $+25^{\circ}\text{C}$ 的冻融循环试验，试验后各项性能指标偏差不应超过初始值的 10%。

5.1.2 高清相机有效像素不应低于 500 万，地面采样距离（GSD）不应大于 1.0mm/pixel。相机应配备自动除霜加热装置，在 -30°C 环境下除霜时间不应超过 5min，防护等级不应低于 IP65。

5.1.3 GPS/北斗定位模块应支持多系统多频率定位，具备差分定位能力。寒区高纬度地区定位平面精度不应大于 0.5m，高程精度不应大于 1.0m。在 -30°C 环境下，冷启动定位时间不应超过 60s，定位精度偏差不应超过常温指标的 20%。

5.1.4 加速度传感器用于路面平整度数据采集，应安装在车辆左轮和右轮轮迹带位置。传感器校验方法应按 JJG 233 的规定执行，采集频率不应低于 640Hz。在 -30°C 环境下，传感器零点漂移不应超过满量程的 $\pm 0.5\%$ ，灵敏度偏差不应超过 $\pm 2\%$ 。

5.1.5 温度传感器测量范围不应窄于 $-50^{\circ}\text{C}\sim+60^{\circ}\text{C}$ ，测量精度不应低于 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，响应时间不应超过 30s。寒区冬季检测时，环境温度数据应与病害检测数据同步记录，采集间隔不应大于 10s。

5.1.6 数据采集仪应兼容各传感器数据输入，具备多源数据同步采集能力。供电设备应与车辆电源适配，具备过载和短路保护功能。

5.2 无人机检测设备技术要求

5.2.1 无人机轻量化检测设备的系统安全性要求应符合 GB/T 38931 的规定。

5.2.2 无人机平台应具备垂直起降、自主航线飞行、失控返航及低电量返航等功能。抗风等级、防护等级应满足室外复杂环境作业需求。飞行控制系统应支持航点飞行、环绕飞行、倾斜摄影等多种模式。

5.2.3 寒区低温环境下，无人机电池续航能力会显著衰减。在 -20°C 环境下，电池续航时间不应低于常温标称续航时间的 60%。飞行过程中应实时监控电池电量与温度，当电池温度低于 -10°C 或电量降至 30%时应立即执行返航。无人机起飞前应对电池进行预热，预热后电池温度不应低于 15°C 。

5.2.4 高分辨率相机有效像素不应低于 2000 万，支持变焦和防抖功能。在 -20°C 环境下，相机自动对焦响应时间不应超过常温的 1.5 倍。镜头应配备加热除霜装置，除霜功率不应低于 2W。

5.3 寒区环境适应性补充要求

5.3.1 设备应具备抗电磁干扰能力，射频电磁场辐射抗扰度应符合 GB/T 17626.3 的规定。在公路沿线高压线路、通信基站等电磁环境复杂区域使用时，应确保数据采集稳定可靠。

5.3.2 寒区冬季作业期间，受极端温度变化和冰雪路面颠簸影响，传感器参数易发生漂移，光学镜头易产生凝霜结冰。作业前应做好镜头除霜处理，镜头加热装置应在 5 min 内将镜头表面温度升至露点温度以上 5°C 。设备从 -30°C 低温环境转入常温环境时，应在密闭防潮容器中缓慢回温，回温时间不应少于 30min，防止内部凝露损坏电路。

5.3.3 设备外露金属部件应做防锈蚀处理。橡胶密封件应采用耐低温硅橡胶或氟橡胶材质，脆化温度不应高于 -50°C ，确保在寒区极端低温下密封性能有效。设备整机防护等级不应低于 IP54。

5.3.4 寒区设备在长期存放期间应置于干燥、恒温的环境中，避免低温和潮湿造成元器件老化或电池不可逆损伤。设备重新启用前应进行全面性能检查和标定。

5.4 设备布设与安装

5.4.1 车载设备布置应覆盖检测车道宽度。高清相机安装位置及角度应参照 GB/T 26764 的要求，确保清晰拍摄路面细节。设备应采用具备减震功能的专用支架固定，防止行驶颠簸影响检测精度。

5.4.2 无人机设备应根据检测区域合理规划飞行航线。相邻航带和航向的重叠率应满足航测规范要求，保证检测覆盖无盲区。传感器布置应保证无人机重心平衡。

5.4.3 定位模块与加速度传感器应就近安装，减少信号传输延迟，确保定位数据与检测数据精准同步。温度传感器应布置在通风良好、无遮挡的位置，避免阳光直射或热源干扰。

5.4.4 寒区严寒天气下，车载设备安装时应做好线缆防冻保护，采用耐低温材质的防护套管包裹线缆，防止低温导致线缆硬化、脆裂或脱落。接插件应采用防冻锁紧结构，防止低温振动松脱。

5.4.5 安装完成后应进行调试与试运行。车载设备应进行道路试跑测试，确认传感器稳定性和数据同步性。无人机应在空旷场地进行悬停测试和短距离飞行测试，检查飞行姿态、定位精度及数据采集质量。

5.5 设备标定

5.5.1 设备安装后应开展初始标定，设备维修改造后应立即重新标定。常规工况下应按周期定期标定。寒区冬季作业时段（11 月至次年 3 月），受极寒温度变化和冰雪路面颠簸扰动易引发传感器参数漂移，应适当缩短标定周期。

5.5.2 相机标定应包括内参标定和外参标定。内参标定采用标定板获取焦距、主点坐标、畸变系数等参数。外参标定应确定相机与定位模块的相对位置关系。寒区标定作业时，应注意标定板表面不得有凝霜、积雪或水渍，以免影响标定精度。

5.5.3 定位模块标定应采用差分定位方式，在已知坐标的控制点上进行，标定流程及精度要求应符合 GB 50026 的规定。

5.5.4 加速度传感器校验方法应按 JJG 233 的规定执行。

5.5.5 标定过程应做好记录，包括标定日期、标定人员、标定方法、标定结果及误差分析等信息。标定记录应与设备档案一并保存。标定不合格的设备不得投入使用。

6 检测方法与数据处理

6.1 一般规定

- 6.1.1 检测算法应适应寒区道路复杂环境，具备抗冰雪反光、阴影、低温噪声等干扰的能力，兼顾检测精度与处理效率。算法应支持多种病害类型同时检测，并可根据实际检测需求扩展病害类别。
- 6.1.2 算法应具备自学习能力，支持通过新增标注数据更新模型参数，持续提升对寒区新型病害和复杂场景的识别能力。
- 6.1.3 算法输出结果应包含病害类别、位置坐标、尺寸参数及严重程度等级。病害严重程度分级应符合 JTG 5210 的规定。针对寒区典型病害（冻胀、融沉），应在 JTG 5210 分级体系基础上，结合冻胀隆起高度、融沉沉降量等寒区特征指标进行补充分级。
- 6.1.4 算法在寒区低温环境下对核心病害的识别能力不应明显低于常温环境，低温环境下算法识别准确率下降幅度不应超过 5 个百分点。车载实时检测算法处理速度不应低于每秒 30 帧（基于 1920×1080 分辨率图像），无人机批量数据处理速度不应低于每小时 2000 张影像。
- 6.1.5 常温环境下，病害识别准确率应满足 JTG 5210 第 6.3.4 条的规定。在冰雪反光、低光照、阴影等寒区典型干扰场景下，算法的虚警率不应高于 10%，漏检率不应高于 8%。算法应支持在 -30℃ 环境下车载终端本地运行，处理延迟不应超过常温环境的 1.5 倍。

6.2 病害识别与评价

- 6.2.1 识别出的裂缝、坑槽等病害的尺寸和面积，应按照 JTG 5210 计算路面损坏状况指数（PCI）。路面平整度宜采用加速度传感器数据换算国际平整度指数（IRI），并按 JTG 5210 计算路面行驶质量指数（RQI）。
- 6.2.2 针对冰雪覆盖路面的病害检测，宜采用多源数据融合技术，结合可见光图像与其他传感器数据，突出冰雪下的病害特征，提升复杂环境下的识别能力。对于冰雪覆盖较厚无法直接识别的路段，应在积雪消融后进行补充检测。
- 6.2.3 寒区春季冻融交替期是路面病害集中爆发的关键时段，融雪水下渗加速路基软化和路面破损。检测结果应结合检测时段的冻融状态进行分析，区分冻融期临时性病害与永久性结构损伤，为养护决策提供科学依据。
- 6.2.4 检测设备宜采用智能化算法对路面病害进行自动识别，在图像上进行病害标注，生成结果图像。算法处理结果应经专业人员人工复核，修正误判、漏判病害后形成最终检测成果。
- 6.2.5 寒区道路特有的翻浆病害多发生于春融期，表现为路基含水量急剧升高导致承载力骤降、路面局部沉陷变形。检测时应重点关注路面纵向不规则沉降和车辙带软弹变形等翻浆先兆特征，并与常规坑槽病害加以区分。
- 6.2.6 裂缝类病害识别应区分龟裂、块状裂缝、纵向裂缝和横向裂缝，损坏分类及程度判定应符合 JTG 5210 第 5.2.1~5.2.4 条的规定。其中，龟裂按面积计算，损坏程度分为轻度（主要裂缝块度 0.2m~0.5m，平均裂缝宽度小于 2mm）、中度（主要裂缝块度小于 0.2m，平均裂缝宽度 2mm~5mm）和重度（主要裂缝块度小于 0.2m，平均裂缝宽度大于 5mm）三级。纵向裂缝和横向裂缝按长度计算，损坏程度分为轻度（主要裂缝宽度小于或等于 3mm）和重度（主要裂缝宽度大于 3mm）两级。寒区冬季低温收缩裂缝多表现为横向裂缝，检测时应重点关注裂缝间距和发展趋势。
- 6.2.7 变形类病害识别应区分车辙、沉陷和波浪拥包，损坏分类及程度判定应符合 JTG 5210 第 5.2.5~5.2.7 条的规定。其中，沉陷按面积计算，损坏程度分为轻度（沉陷深度 10mm~25mm，行车无明显颠簸感）和重度（沉陷深度大于 25mm，行车有明显颠簸感）两级。车辙按长度计算，损坏程度分为轻度（车辙深度 10mm~15mm）和重度（车辙深度大于 15mm）两级。波浪拥包按面积计算，损坏程度分为轻度（波峰波谷高差 10mm~25mm）和重度（波峰波谷高差大于 25mm）两级。
- 6.2.8 破损类病害识别应区分坑槽、松散和修补破损，损坏分类及程度判定应符合 JTG 5210 第 5.2.8~5.2.11 条的规定。其中，坑槽按面积计算，损坏程度分为轻度（坑槽深度小于 25mm，或面积小于 0.1m²）和重度（坑槽深度大于或等于 25mm，或面积大于或等于 0.1m²）两级。松散按面积计算，损坏程度

分为轻度（路面表面细集料散失、脱皮、麻面等）和重度（路面表面粗集料散失、脱皮、麻面、露骨、表面剥落）两级。

6.2.9 寒区典型病害的损坏程度分级，JTG 5210 未涵盖的病害类型按以下规定执行。冻胀病害按处计算，损坏程度分为轻度（隆起高度不大于 10mm，影响长度不大于 5m）、中度（隆起高度 10mm~30mm，影响长度 5m~20m）和重度（隆起高度大于 30mm，或影响长度大于 20m，伴有纵向裂缝）三级。融沉病害按处计算，损坏程度分为轻度（沉降量不大于 15mm，无明显裂缝）、中度（沉降量 15mm~40mm，伴有轻微裂缝）和重度（沉降量大于 40mm，伴有严重裂缝或坑槽）三级。

6.2.10 翻浆病害按处计算，损坏程度分为轻度（路面局部弹软，无明显变形）、中度（路面弹软明显，出现轻微沉陷和波浪，沉陷深度不大于 20mm）和重度（路面严重弹软变形，沉陷深度大于 20mm，路面破损冒浆）三级。

6.2.11 在-30℃及以下低温环境中，病害识别算法对常见病害的识别准确率应参照 JTG 5210 第 6.3.4 条的规定，寒区低温环境下可适当放宽。裂缝类病害的检出率不应低于 90%，坑槽类病害的检出率不应低于 92%，寒区特有的冻胀和融沉类病害的检出率不应低于 85%。病害定位精度偏差不应大于 0.5m，病害面积量测误差不应超过±15%。

6.3 数据采集

6.3.1 车载设备沿检测路段匀速行驶，行驶速度应满足 GB/T 26764 的要求。寒区冰雪路面条件下，行驶速度应适当降低，确保行车安全和采集质量，避免急加速、急刹车导致设备抖动影响数据精度。

6.3.2 无人机应采用航点飞行模式，飞行高度应根据病害检测精度需求合理设定，在满足检测要求的前提下优先降低航飞高度以提升影像清晰度。寒区边境区域的道路检测作业，航飞高度应从严把控，兼顾病害采集精度与边境区域管控要求。

6.3.3 数据采集应在适宜的环境条件下进行，作业环境条件应符合 GB/T 26764 的规定。路面有明显积雪覆盖时应暂停路面检测。寒区环境下作业温度下限可放宽至-30℃（配备低温防护装置条件下）。图像采集分辨率不应低于 1920×1080 像素，定位数据采集频率不应低于 1Hz。

6.3.4 采集数据应包括图像数据、定位数据和环境数据，并添加唯一标识，关联采集时间、设备编号、道路名称、桩号等元数据信息，便于数据管理与溯源。

6.4 数据预处理

6.4.1 图像数据预处理应包括去噪、畸变校正、图像配准和光照均衡等步骤，保留病害细节，改善低光照和强反光图像的质量。单幅图像预处理时间不应超过 100 ms，批量预处理速度不应低于每小时 5000 帧。

6.4.2 寒区冰雪覆盖环境下，宜采取白平衡调整、对比度增强等措施，突出冰雪覆盖下的病害特征。冬季采集的图像常因积雪反光导致局部过曝，应针对性进行光照补偿处理。

6.4.3 预处理后的数据应进行质量检查，剔除模糊、畸变严重、病害特征不明显的的数据，确保后续算法处理的有效性。质量检查结果应记录在案，作为数据质量追溯的依据。

7 数据传输与存储

7.1 数据传输

7.1.1 数据传输应保证完整性、安全性和准确性，传输过程中应避免数据丢失、篡改或延迟。数据传输格式与接口应符合 JT/T 1415.3 的规定，实时传输协议应符合 JT/T 1415.4 的规定。

7.1.2 传输过程中应建立数据校验与重传机制。接收端收到数据后应验证完整性，校验失败时请求重传；传输中断后恢复连接时应从断点处继续传输，避免数据重复上传。

7.1.3 寒区偏远路段常存在无网络覆盖区域。车载设备本地缓存容量不应小于 1TB，应支持不少于 72h 作业周期内采集数据的本地缓存存储。网络恢复后应自动续传，续传成功率不应低于 99.5%。数据传输速率在有线连接下不应低于 100Mbps，无线传输不应低于 20Mbps。无人机设备飞行结束后应通过有线方式将存储数据导出至地面终端。

7.1.4 检测数据宜上传至道路养护管理部门指定的管理平台，作为养护决策依据。

7.2 数据存储

7.2.1 数据存储应采用本地存储与异地备份相结合的方式，定期备份，防止数据丢失。存储数据应分类管理，包括原始采集数据、预处理后数据、检测结果数据及设备运行记录等。电子档案存储与管理应符合 GB/T 18894 的规定。

7.2.2 因寒区道路病害受冻融循环长期影响，病害发展具有季节性和累积性特征。检测数据保管期限应参照 GB/T 18894 的分级规定执行：检测结果数据、检测报告及病害分析资料的保管期限不应少于定期 30 年；原始采集数据（含图像、点云、定位数据）的保管期限不应少于定期 10 年；关键路段、重大病害及冻土区路段的检测数据宜永久保存。数据存储设备应在 -30°C 环境下正常读写，存储介质年故障率不应高于 0.5%。

7.2.3 同一路段不同季节、不同年度的检测数据应建立关联索引，便于纵向对比分析。寒区道路宜按春融期、夏季稳定期、秋季预冻期、冬季冰冻期四个时段分类归档检测数据，支撑冻融循环对路面性能影响的长期跟踪研究。

7.2.4 数据存储介质应满足寒区环境要求，固态存储介质优于机械硬盘。存储设备应具备断电保护功能，防止寒区供电不稳定导致数据损坏。

8 设备验收与检测报告

8.1 现场测试与验收

8.1.1 检测设备投入使用前，应进行现场检测精度验证。验证路段应包含多种典型病害类型，路段选取及验证方法参照 GB/T 26764 的规定执行。

8.1.2 现场验收应包括以下项目：

- a) 数据采集完整性：连续采集作业期间数据应无丢失，采集成功率应满足 GB/T 26764 的要求；
- b) 定位精度：在已知坐标控制点上测试，定位误差应满足 GB 50026 的相关要求；
- c) 病害检测精度：与人工检测结果对比验证，检测设备识别结果与人工识别结果的偏差应在允许范围内；
- d) 平整度检测精度：路面平整度等重复性试验和相关性试验方法应符合 GB/T 26764 的规定。

8.1.3 寒区低温环境验收应在冬季典型低温条件下进行，检验设备在极端低温下的启动性能、持续运行能力和数据采集稳定性。设备应能在寒区典型低温环境下正常启动、连续稳定运行，数据采集精度不应明显下降。验收合格的设备方可用于寒区冬季作业。

8.1.4 无人机设备现场验收应包括飞行稳定性（按规划航线飞行偏差应在允许范围内）、低温续航能力和数据采集质量（图像清晰、无明显模糊畸变）等项目。

8.1.5 验收过程中应同步测试设备在寒区典型复杂场景下的性能表现，包括积雪覆盖路面、强反光冰面、阴影遮挡路段等场景。在上述复杂场景下，设备性能应满足基本检测要求。

8.1.6 验收应填写验收记录，记录各项测试的实测数据和判定结论，验收合格后签署验收报告。不合格项目应限期整改后重新验收。

8.1.7 验收合格的检测设备宜进行一定周期的试运行，跟踪设备在寒区不同季节实际工况下的运行表现。试运行期间应记录设备故障率、数据采集质量波动等信息，形成试运行评估报告后正式投入使用。

8.2 检测报告

- 8.2.1 检测完成后应编制检测报告。检测报告应包括检测概况、病害检测结果、结果分析与评价、养护建议及附件等内容。
- 8.2.2 检测概况应详述检测组织实施情况，包括检测人员、设备型号及校准状态、检测路线、检测时长，以及寒区特殊环境下的作业保障措施和设备低温防护方案。
- 8.2.3 病害检测结果应按病害类型分类记录，包含病害位置（桩号、车道）、类型、量化参数（长度、宽度、面积等）及严重程度等级等信息。严重程度等级划分应符合 JTG 5210 的规定，寒区典型病害的分级应按本规程第 6 章的补充要求执行。
- 8.2.4 结果分析应结合历史检测数据，分析病害成因和发展趋势，评估对道路通行安全及使用寿命的影响，按 JTG 5210 划分路段技术状况等级。寒区应重点分析冻融循环对病害发展的影响规律，识别病害高发路段和高发时段。
- 8.2.5 养护建议应根据病害状况及评价结果，提出针对性养护措施及优先级。寒区应重点明确冻融病害的专项养护方案，包括最佳养护时间窗口和寒区适用的养护材料与工艺建议。
- 8.2.6 检测报告应重点体现寒区特色，记录冰雪覆盖、冻胀、融沉、翻浆等典型病害的检测结果，同步说明检测时低温、积雪等环境条件对检测精度的影响及应对措施。
- 8.2.7 检测报告应配套寒区道路病害检测明细表（见附录 A）。报告及附件（含电子文档和纸质文件）应同步归档，归档期限和管理要求应符合 GB/T 18894 的规定。
- 8.2.8 多年冻土区和季节性冻土区的检测报告应标注冻土类型和冻深信息，分析冻土退化对路面病害的潜在影响，为冻土区道路养护和改建提供基础数据。
- 8.2.9 同一路段连续多年的检测报告宜进行汇编分析，形成路段病害发展档案，建立病害趋势预测模型，为预防性养护决策提供科学依据。

附录 A

(资料性)

寒区道路病害检测明细表

A.1 寒区道路病害检测明细

寒区道路病害检测明细表见表A.1。

表A.1 寒区道路病害检测明细表

序号	病害编号	检测单元	病害位置	病害类型	量化参数	严重程度等级	检测方式	照片编号	备注
1									
2									
3									
验收负责人:		验收人:		记录人:		复核人:		年 月 日	