

# 《公路隐蔽病害多源遥感智能判识技术 规程》

## 编制说明

《公路隐蔽病害多源遥感智能判识技术规程》编制组

2026年2月

# 《公路隐蔽病害多源遥感智能判识技术规程》

## 编制说明

### 1. 任务来源

《公路隐蔽病害多源遥感智能判识技术规程》的任务来源是由中国智慧工程研究会批准立项，由贵州高速公路集团有限公司毕节营运管理中心、杭州临安钱王公路工程有限公司、徐州市贾汪区交通运输综合行政执法大队、杭州亲清检测技术有限公司、中铁长江交通设计集团有限公司、呼伦贝尔市交通运输综合行政执法支队、郑州市路通公路建设有限公司、呼伦贝尔市公路通行费征收中心、内蒙古赤峰市交通运输综合行政执法支队、丹东诚达公路工程监理咨询有限公司、陕西交通控股集团有限公司白泉分公司、缙云县交通投资集团有限公司、唐山交通建设试验检测有限公司、山东省机场管理集团有限公司、鄂伦春旗公路养护站、内蒙古虹安交通研究院有限公司、国才（北京）人力资源服务有限公司派遣至交科院检测技术（北京）有限公司、内蒙古富立工程有限公司、河北高速公路集团有限公司石黄分公司、呼伦贝尔市交投技术服务有限公司、内蒙古蒙马新能源有限公司、内蒙古远通工程监理有限公司、内蒙古海诚检测技术有限公司、北京市高速公路交通工程有限公司等单位起草编制。

### 2. 目的意义

本文件的制定旨在满足公路基础设施养护管理由“事后处治”向“预防性养护与主动治理”转型的迫切需求，针对公路隐蔽病害具有隐匿性强、发展过程渐进且突发失效风险高的特点，以及传统人工巡查与单一检测手段在覆盖范围、识别效率和结果一致性方面的局限，建立多源遥感数据驱动的智能判识技术规程。隐蔽病害常表现为路基含水异常、脱空与空洞、潜在沉降与不均匀变形、结构层间黏结失效及早期裂损等，其外显特征往往不明显，但在交通荷载、降雨融雪与温度循环作用下易快速演化并诱发结构性破坏。本文件通过规范多源遥感数据获取与融合、特征提取与智能识别、疑似病害分级判定与核查验证、成果表达与数据归档等技术要求，提升隐蔽病害发现的及时性、判识的准确性与处置决策的科学性，为公路管养单位、检测机构、科研与技术服务单位提供统一的工程化技术

依据。

### 3. 编制思路 and 原则

#### 3.1. 编制思路

本文件在编制思路上坚持以“多源数据互补验证与闭环处置”为主线，围绕隐蔽病害从“疑似发现—智能判识—现场核查—风险分级—处治建议—效果反馈”的全过程，构建适用于工程应用的技术路线。内容组织强调以公路资产特征与病害机理为基础，明确遥感数据类型与获取条件的适配关系，综合利用卫星遥感、航空/无人机航测、机载或车载激光雷达、合成孔径雷达干涉测量、热红外与多光谱影像以及地面移动测量等多源数据，形成对位移形变、几何变形、温度异常、水分异常与表观纹理变化的多维度感知。针对智能判识方法，强调算法应用应与工程可解释性相结合，在统一训练样本与标注规则、特征体系与阈值口径的基础上，形成可复现、可校核的判识流程，并通过现场核查与传统检测手段的交叉验证提高结论可信度，避免单一数据源或单一模型输出直接作为最终判定依据。

#### 3.2. 编制原则

本文件的编制遵循科学性与可验证性原则，要求病害判识指标、特征参数与模型输出具备明确物理或统计含义，并明确核查验证路径，确保判识结论可复核、可追溯；遵循一致性与标准化原则，统一多源数据预处理、坐标基准与精度控制、特征提取与融合规则、病害分级判定口径以及成果图件与报告表达方式，减少跨区域、跨单位应用中的差异；遵循实用性与可实施性原则，充分考虑公路现场作业条件、交通组织限制与成本约束，对数据获取频次、作业组织方式与核查抽检策略提出可落地要求；遵循可靠性与鲁棒性原则，强调在不同季节、光照、温度与降雨条件下的算法稳定性与误报漏报控制，通过质量控制与置信度机制提升工程可用性；同时遵循安全合规与数据管理原则，关注飞行与作业安全、数据安全与隐私保护以及成果归档与共享机制，确保技术应用符合相关管理要求。

### 4. 编制过程

本标准修订讨论会均采用线上征集专家意见的形式，线上会议共计 2 次，会议期间广泛听取专家意见，并形成意见汇总表。

## 5. 内容修订说明

本次修订重点围绕提升规程的工程适配性与智能判识结果的可信度进行了完善。修订中进一步明确了多源遥感数据的选型原则与适用边界，细化了数据获取、预处理与质量控制要求，强化了不同数据源在时间同步、空间配准与尺度一致性方面的控制要点，减少因数据融合误差导致的误判；对隐蔽病害特征体系与分级判定逻辑进行了优化，强调综合考虑形变趋势、异常持续性、空间聚集性与环境背景因素，提高分级判定的合理性；对智能模型训练、验证与更新机制的表达进行了强化，强调样本代表性、交叉验证与现场反馈闭环，推动模型持续迭代而非一次性固化；同时对核查验证与成果交付要求进行了补充完善，明确疑似病害清单、风险分区图、核查建议与处治优先级的表达方式，使判识成果能够直接服务于养护决策与资源配置，提升本文件在公路隐蔽病害预警与精细化管养中的应用价值。

T/WEA

团 体 标 准

T/WEA XXXX—2026

## 公路隐蔽病害多源遥感智能判识技术规程

Code of practice for intelligent identification technology of hidden  
highway defects based on multi-source remote sensing

(征求意见稿)

2026 - XX - XX 发布

2026 - XX - XX 实施

中国智慧工程研究会 发布



# 目 次

前言 .....	III
引言 .....	V
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 总体技术流程与原则 .....	2
5 数据获取与预处理要求 .....	3
6 特征提取与多源信息融合要求 .....	4
7 智能判识模型构建与验证要求 .....	6
8 判识结果分级与成果表达要求 .....	7
9 质量控制与安全管理要求 .....	9
10 成果应用与维护要求 .....	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。

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。

本文件由中国智慧工程研究会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：



## 引 言

公路基础设施在长期服役过程中，受交通荷载、自然环境和材料性能衰减等多重因素影响，易产生路基沉陷、路面结构层损伤、脱空、裂隙扩展及地下水异常等隐蔽性病害。此类病害往往具有发生位置隐蔽、早期表征不明显、发展过程渐进等特征，常规依赖人工巡查或单一检测手段的方式难以及时、准确识别，易导致病害累积放大，进而引发结构性损伤和运行安全风险。

随着遥感技术、传感技术和智能信息处理技术的快速发展，基于多源遥感数据的公路隐蔽病害探测与判识逐步成为提升公路检测效率和科学决策能力的重要技术方向。光学遥感、合成孔径雷达、激光雷达、地质雷达、无人机航测及车载检测等多种遥感与探测技术，在空间分辨率、探测深度、时间连续性和环境适应性等方面各具优势，通过多源数据的综合利用，可在宏观尺度与局部尺度上对公路结构状态进行多维感知，为隐蔽病害的早期识别和精细化分析提供技术支撑。

在实际应用中，多源遥感数据来源复杂、数据格式多样、时空分辨率差异显著，且公路隐蔽病害的响应特征受结构类型、地质条件、环境因素等多重因素影响，单纯依赖人工经验判读或简单阈值分析方法，难以满足大范围、快速化、精细化判识的需求。引入智能判识技术，通过特征提取、信息融合和模型分析手段，对多源遥感数据进行协同处理与综合判定，有助于提高隐蔽病害识别的准确性、一致性和可重复性，是实现公路病害智能化检测的重要途径。

目前，多源遥感技术和智能分析方法在公路隐蔽病害检测中的应用尚处于快速发展阶段，不同地区、不同项目在数据获取方式、处理流程、判识方法和结果表达等方面存在较大差异，缺乏统一的技术规程对多源遥感数据选取、处理方法、判识流程、结果判定和应用要求进行系统规范，制约了相关技术成果的工程化应用和推广。

本文件在总结公路隐蔽病害检测特点和多源遥感技术应用实践的基础上，结合智能判识技术的发展趋势，对公路隐蔽病害多源遥感智能判识的技术流程、数据要求、判识方法和结果应用提出统一的技术要求，旨在为相关技术在公路工程检测、养护管理和安全评估中的规范化应用提供依据，提升公路隐蔽病害识别的科学性和工程适用性。



# 公路隐蔽病害多源遥感智能判识技术规程

## 1 范围

本文件规定了公路隐蔽病害多源遥感智能判识总体技术流程与原则、数据获取与预处理要求、特征提取与多源信息融合要求、智能判识模型构建与验证要求、判识结果分级与成果表达要求、质量控制与安全管理要求、成果应用与维护要求等内容。

本文件适用于公路（含高速公路、一级及以下公路）隐蔽病害的多源遥感智能判识技术工作，包括普查、详查、专项检测及养护决策支撑等应用场景。

## 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 24356—2023 测绘成果质量检查与验收

DB11/T 1399—2017 城市道路与管线地下病害探测及评价技术规范

DG/TJ 08—2095—2024 公路技术状况评定标准

JTG 5210 公路技术状况评定标准

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**公路隐蔽病害** hidden highway distress

在常规外观巡查条件下不易直接发现或难以准确判定位置、范围和程度的公路结构性或地基性病害，包括但不限于路基沉陷、结构层脱空、基层与面层隐伏裂隙、地下水异常引起的软化与掏蚀等。

### 3.2

**多源遥感** multi-source remote sensing

综合利用不同平台、不同传感器或不同探测原理获取的空间信息与探测数据的技术体系，数据源可包括卫星遥感、航空遥感、无人机遥感、车载移动测量以及地质雷达等近地遥感与探测数据。

### 3.3

#### 数据融合 data fusion

对来自不同数据源的遥感或探测数据在时空对齐、尺度匹配与信息互补基础上进行联合处理与综合表达的过程，包括数据级融合、特征级融合与决策级融合等。

### 3.4

#### 智能判识 intelligent identification

利用规则方法、机器学习或深度学习等智能分析技术，对多源遥感数据中的病害响应特征进行自动或半自动识别、定位、分类与分级判定的过程。

### 3.5

#### 判识结果分级 identification grading

依据病害响应强度、空间范围、发展趋势及其对结构安全与运行服务水平的影响程度，对判识结果进行等级划分并形成处置建议的过程。

## 4 总体技术流程与原则

### 4.1 总体要求

公路隐蔽病害多源遥感智能判识应形成从数据获取到成果应用的闭环流程，流程应覆盖数据选型与采集、预处理与质检、特征提取与融合、模型训练与验证、判识结果分级与表达以及外业核查与成果更新等环节。

技术流程应与公路结构类型、病害机理特征、检测目标和精度要求相适配，应根据病害类型、区域条件与数据可获得性选择适宜的数据源组合与判识方法，并应对关键过程设置质量控制与可追溯记录。

### 4.2 技术原则

智能判识过程应坚持“多源互补、证据链闭合、可验证可复现”的原则，避免仅凭单一数据源或单一指标作出结论。

特征提取与模型构建应优先采用可解释、可校核的特征体系与判识逻辑；对采用黑箱模型的，应通过独立验证、置信度输出与外业核查机制保障结果可信。

判识结果表达应满足工程应用需要，应同时提供空间定位信息、范围信息、类型信息、等级信息及必要的不确定性描述，并应与后续核查、处置和养护决策衔接。

### 4.3 总体技术流程

公路隐蔽病害多源遥感智能判识总体技术流程见图1。图中实线表示主流程，虚线表示贯穿全过程的质量控制与外业核查。

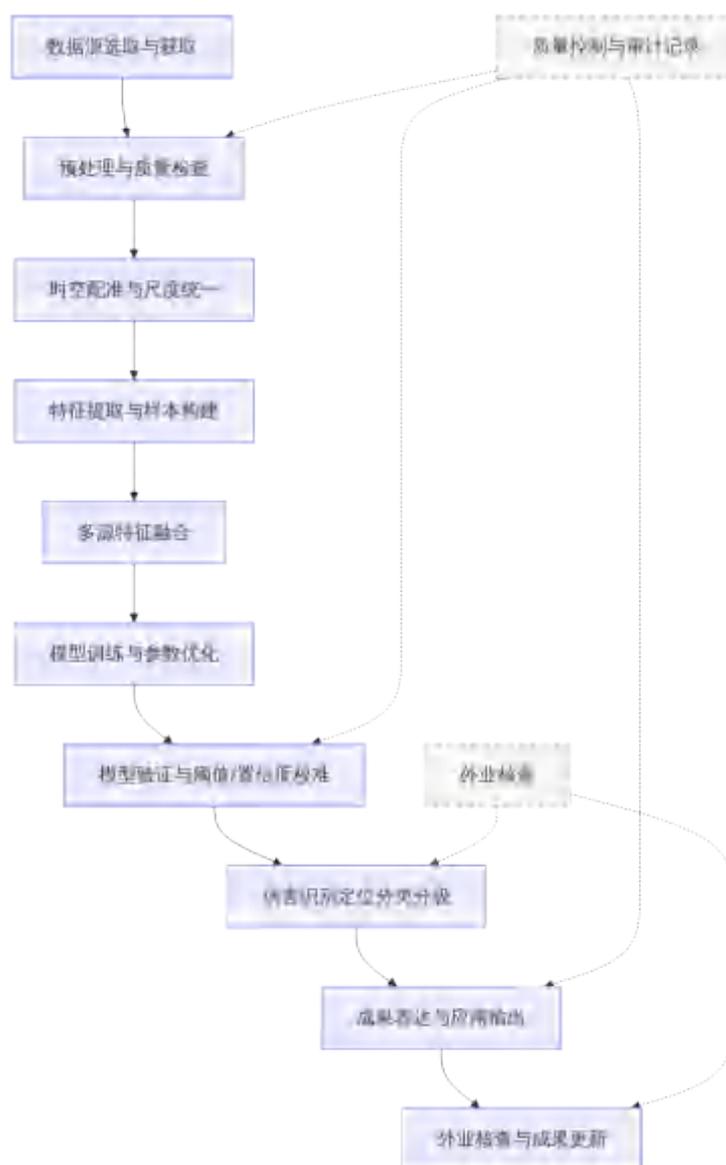


图1 公路隐蔽病害多源遥感智能判识总体流程图

## 5 数据获取与预处理要求

### 5.1 数据获取总体要求

公路隐蔽病害多源遥感智能判识所采用的数据应与判识目标、病害类型和空间尺度相匹配，应优先选用能够反映公路结构状态变化和潜在病害响应特征的数据源。

数据获取应满足时效性、完整性和可比性要求，同一判识单元内宜采用时间接近的数据组合；对时序分析场景，应明确数据获取周期并保证数据的一致性。

数据获取过程应形成完整记录，至少应包括数据来源、获取时间、平台与传感器类型、空间分辨率、覆盖范围、获取条件及质量状况等信息。

## 5.2 多源遥感数据类型

多源遥感数据可包括卫星遥感、航空或无人机遥感、车载移动探测数据以及近地探测数据等。不同数据源在空间分辨率、探测深度和适用病害类型方面存在差异，应根据工程需求进行合理组合。

常用多源遥感数据类型及其适用的公路隐蔽病害对象见表1。

表1 多源遥感数据类型与适用隐蔽病害对象对应表

数据类型	典型技术手段	主要判识信息	适用隐蔽病害类型
光学遥感	卫星影像、无人机航测	表面形变、纹理异常、色差变化	路面潜在裂隙、沉陷征兆
雷达遥感	InSAR、SAR	微小形变时序信息	路基沉降、结构变形
激光雷达	机载/车载 LiDAR	高精度三维形态	路面起伏异常、结构变形
地质雷达	GPR	结构层反射异常	结构层脱空、隐伏裂缝
车载检测	多传感器巡检	连续纵断与横断信息	局部病害定位与验证

## 5.3 数据预处理要求

多源遥感数据在进入特征提取与判识前应进行预处理，预处理内容应与数据类型相匹配。

光学与雷达遥感数据应进行辐射校正、几何校正和噪声抑制处理；激光雷达数据应进行点云去噪、分类与配准；地质雷达数据应进行去直流、增益、滤波和时间—深度转换等处理。

数据预处理应保留原始数据，不应覆盖原始文件；处理结果应形成独立数据版本并记录处理参数和处理流程。

## 5.4 时空配准与尺度统一

多源数据在融合分析前应进行时空配准，应统一坐标参考系统、时间基准和空间分辨率。

对分辨率差异较大的数据，应通过重采样或分区分析等方式实现尺度匹配，但不应人为放大数据精度。

时空配准精度应满足病害判识的最小识别单元要求，配准误差应进行评估并记录。

## 5.5 数据质量控制

数据应在预处理阶段进行质量检查，应识别缺失、畸变、噪声异常和覆盖不足等问题。

不满足质量要求的数据不应进入智能判识流程；确需使用的，应在判识结果中明确其不确定性。

数据质量检查结果应形成记录，并作为判识结果可靠性分析的重要依据。

## 6 特征提取与多源信息融合要求

### 6.1 总体要求

特征提取与多源信息融合应围绕公路隐蔽病害的形成机理和遥感响应特征开展，应从多源遥感数据中提取具有判别意义的空间、时间和结构特征，为智能判识提供稳定、有效的输入信息。

特征体系的构建应兼顾判识效果与工程可解释性，应避免仅依赖单一特征或单一数据源形成判识结论；多源特征的选取、组合与融合方式应形成可复现的技术路径。

## 6.2 特征提取要求

特征提取应根据数据类型和病害类型分类实施，不同遥感数据宜提取其最具代表性的响应特征。

光学遥感数据宜提取纹理特征、光谱指数、边缘特征和形态变化特征；雷达遥感数据宜提取形变速率、累积形变量和相干性特征；激光雷达数据宜提取高程变化、坡度变化和三维形态特征；地质雷达数据宜提取反射振幅、频谱特征和层位异常特征。

特征提取过程应形成记录，应明确特征来源、计算方法、参数设置及输出形式，特征结果应与原始数据建立关联关系。

## 6.3 特征标准化与筛选

在进入融合与建模前，应对特征进行标准化处理，以消除量纲差异和尺度影响。

特征筛选宜结合相关性分析、冗余分析和敏感性分析等方法，剔除对判识贡献度低或高度相关的特征；特征筛选过程应形成依据与记录。

特征筛选结果应保持相对稳定，涉及特征体系调整的，应重新开展模型验证。

## 6.4 多源信息融合要求

多源信息融合可在数据级、特征级或决策级开展，具体融合层级应根据数据可获得性、计算复杂度和工程应用需求确定。

数据级融合宜用于空间分辨率和时间尺度接近的数据源；特征级融合宜作为主要融合方式，用于整合多源遥感响应信息；决策级融合宜用于不同模型或不同数据源判识结果的综合判定。

融合方法的选择应考虑信息互补性和稳定性，应避免简单叠加造成噪声放大或误判风险。

## 6.5 典型特征类型与判识作用

多源遥感智能判识中常用特征类型及其在公路隐蔽病害判识中的主要作用见表2。

表2 特征类型与隐蔽病害判识作用对应表

特征类型	主要特征内容	判识侧重点	适用病害类型
形态特征	高程变化、沉降量、坡度异常	结构变形识别	路基沉陷、结构变形
光谱/纹理特征	反射率异常、纹理突变	表层异常判别	潜在裂隙、病害先兆
形变时序特征	形变速率、累积形变	长期演化趋势	渐进性沉降病害
结构反射特征	雷达反射异常、层位错动	内部结构异常	脱空、隐伏裂缝
综合判识特征	多特征融合指标	结果稳定性提升	复合型隐蔽病害

## 6.6 特征与融合结果管理

特征数据和融合结果应作为判识过程的重要中间成果进行管理，应支持版本控制和追溯查询。

特征更新、融合策略调整或参数变更应纳入变更管理，并应评估其对判识结果的影响。

## 7 智能判识模型构建与验证要求

### 7.1 总体要求

智能判识模型构建应以工程目标为导向，应明确判识任务类型（识别、定位、分类、分级或趋势预警）及其评价指标。模型构建应与数据来源、特征体系、样本规模和病害机理相适配，并应保证模型输出结果可验证、可解释、可追溯。

模型训练与应用应保持数据与流程的一致性，训练数据、验证数据与应用数据的获取条件、预处理方法、特征计算方法和融合策略应保持一致或可比；当上述条件发生变化时，应重新开展适用性验证。

### 7.2 模型类型与选用要求

判识模型可采用规则判别模型、传统机器学习模型或深度学习模型。模型选用应综合考虑数据规模、特征可解释性、部署复杂度与工程可维护性。

规则判别模型适用于样本规模有限、病害响应特征清晰且工程经验成熟的场景；传统机器学习模型适用于特征可稳定提取且样本数量能够支撑监督学习的场景；深度学习模型适用于数据量较大、图像或点云等高维数据特征显著且需要端到端学习的场景。

采用黑箱程度较高的模型时，应提供置信度输出、关键特征贡献分析或等效可解释性措施，并应通过独立验证与外业核查降低误判风险。

### 7.3 样本构建与标注要求

模型训练应建立样本库，样本应覆盖目标公路类型、结构类型、典型地质与环境条件以及主要病害类型。

样本标注应基于可靠依据，标注依据可包括外业核查、开挖验证、地质雷达精查结果、历史养护记录或其他具有可追溯性的证据链；标注应明确病害类型、位置范围、程度等级及标注可信等级。

样本应进行质量控制，应剔除数据质量不合格、标注不一致或证据不足的样本；样本版本应管理并可追溯。

### 7.4 数据集划分与训练控制

训练数据集、验证数据集与测试数据集应相互独立，宜采用分路段、分时间或分项目的方式进行隔离，以避免数据泄漏导致的评价偏高。

模型训练应记录关键参数与训练过程，至少应记录特征版本、融合策略、模型结构或算法类型、超参数设置、训练轮次、停止准则及训练环境信息。

模型训练过程中应采取过拟合控制措施，宜采用交叉验证、正则化、早停、数据增强或等效方法，并应对训练稳定性进行检查。

## 7.5 模型验证与评价指标

模型验证应覆盖准确性与工程适用性评价。对分类或分级任务，应至少评价准确率、召回率、F1值或等效指标；对定位或分割任务，应评价定位误差、交并比或等效指标；对趋势类任务，应评价预测误差与稳定性指标。

模型验证应进行分场景分析，至少应区分不同结构类型、不同地质条件、不同数据质量等级或不同交通环境条件下的判识表现。

模型验证结果应形成记录，并应明确模型适用范围、限制条件与不确定性来源。当验证结果不满足预设要求时，不应直接用于工程应用。

## 7.6 置信度与不确定性表达

模型输出应提供置信度或不确定性度量，置信度应与判识结果一起输出并用于结果分级与处置建议。

对低置信度或高不确定性结果，应采取加强核查、补充数据或采用多模型交叉验证等措施。必要时应将其作为疑似目标进入外业核查流程。

置信度阈值的设定应通过验证数据集进行校准，并应形成可追溯依据。

## 7.7 模型部署与更新

模型部署前应进行上线验证，验证应覆盖核心业务流程、接口调用、性能表现与安全控制。

模型更新应执行变更控制，更新触发条件可包括数据源变化、传感器更换、预处理流程调整、特征体系调整、样本库扩充或判识目标变化等；模型更新后应重新开展验证并保留版本记录。

模型运行应支持结果回溯与再现，应能够追溯到所使用的数据版本、特征版本与模型版本。

# 8 判识结果分级与成果表达要求

## 8.1 总体要求

判识结果应能够满足工程应用需要，应实现对隐蔽病害的空间定位、类型判定与等级划分，并提供必要的置信度或不确定性信息。

判识结果分级应与病害对结构安全、行车安全和服务水平的影响程度相衔接，应与外业核查、处置优先级和养护决策形成可执行的闭环机制。

## 8.2 判识结果构成

判识结果输出应至少包含以下要素：病害疑似位置、空间范围、病害类型、等级或风险级别、判识置信度、判识依据（数据源组合与关键特征/模型版本）及建议处置方式。

对涉及时序分析的判识结果，应输出形变或异常指标的时间序列特征、变化速率及趋势判定结论，并应标注时间窗口与数据获取周期。

### 8.3 分级原则与要求

判识结果分级应基于多源证据综合判定，分级依据宜包括异常响应强度、空间连续性或范围、时序演化特征、结构类型敏感性、周边环境风险因子及模型置信度等。

分级阈值或规则应通过验证数据集与工程核查结果进行校准，应形成可追溯依据；当阈值或规则调整时，应对历史结果的可比性影响进行说明。

分级过程中应避免仅以单一指标或单一数据源作出高等级结论；对高等级结论应具备更强证据链支撑，并应设置外业优先核查机制。

### 8.4 空间表达与成果格式

判识成果应提供空间化表达，宜以路线里程桩号与空间坐标双重定位，并应支持与公路资产管理或养护管理系统对接。

成果表达宜包括专题图、清单表、疑似病害分布统计以及典型目标说明等内容；成果格式应便于管理部门用于核查计划编制、处置方案制定与养护资金安排。

判识成果应明确空间精度与定位误差来源，定位误差评估应与数据分辨率、配准精度及融合策略相一致。

### 8.5 结果可信性与不确定性说明

判识结果应给出置信度等级或不确定性描述，置信度应与模型输出一致并经校准。

当数据质量不足、数据缺失、环境干扰显著或模型适用性存在限制时，应在成果中明确说明其影响，并应提出补充数据或加强核查的建议。

对低置信度结果不应直接形成高优先级处置结论，宜作为疑似目标进入复核或外业核查流程。

### 8.6 外业核查与闭环更新

判识结果应与外业核查工作衔接，应根据判识等级、置信度和风险因子确定核查优先级与核查方式。

外业核查结果应反馈至样本库与模型管理模块，用于样本更新、阈值校准与模型迭代；反馈过程应形成记录并可追溯。

当核查结论与判识结论不一致时，应开展原因分析，原因分析宜包括数据质量、配准误差、特征选择、模型偏差及环境干扰等因素，并应提出改进措施。

## 9 质量控制与安全管理要求

### 9.1 总体要求

公路隐蔽病害多源遥感智能判识应建立全过程质量控制体系，应覆盖数据获取、预处理、配准融合、特征提取、模型训练验证、结果分级表达与外业核查等环节，并形成完整的记录与追溯链。

质量控制应以“结果可核查、过程可复现、责任可追溯”为目标，应设置关键控制点和放行条件，对不满足要求的中间成果不应进入下一环节。

## 9.2 数据质量控制

数据质量控制应在数据获取与预处理阶段实施，至少应包括覆盖完整性检查、噪声与畸变识别、坐标与时间基准核对、关键元数据核查以及配准精度评估。

对受云雨、阴影、积雪、强电磁干扰或交通遮挡等影响明显的的数据，应进行标识并评估其对判识结果的影响；必要时应补采数据或调整数据源组合。

数据质量检查应形成记录，记录应包含检查项目、检查方法、判定结论、处理措施及责任人信息。

## 9.3 预处理与配准过程控制

预处理流程应标准化，关键处理参数应固定或可控，预处理结果应与原始数据建立对应关系，并应保留处理版本与参数清单。

时空配准应设定精度指标并进行验证，配准误差不应超过判识最小单元可接受误差，配准误差超限时应重新配准或调整融合策略。

对涉及重采样、插值或尺度变换的处理，应记录采用方法与参数，并应说明对精度与不确定性的影响。

## 9.4 特征提取与融合质量控制

特征提取应设置一致性检查，应验证特征输出的单位、范围、缺失率与稳定性；异常特征应识别并处置。

特征筛选与融合策略应可追溯，应保留筛选依据、融合方法选择理由以及特征版本信息；融合后特征应进行冗余与噪声检查，避免无效信息放大。

对关键特征或关键融合指标，应进行敏感性分析或等效验证，以评估其对判识结果的影响程度。

## 9.5 模型质量控制

模型训练与验证应遵循可复现原则，应记录数据版本、特征版本、模型版本、训练环境与关键参数。

模型验证应设置放行条件，未达到预设评价指标的模型不应进入工程应用；模型在不同场景下表现差异显著时，应明确适用范围并采取分场景模型或分区阈值等措施。

模型输出应进行合理性检查，至少应检查结果空间分布逻辑、异常聚集情况、置信度分布与已知病害点的符合程度；必要时应采用多模型交叉验证或人工复核。

## 9.6 成果复核与交付控制

判识成果交付前应进行复核，复核应覆盖定位信息、类型与等级一致性、置信度标注、成果格式与元数据完整性等内容。

成果应具备可追溯性，应能够追溯到数据源组合、数据版本、预处理与配准参数、特征版本、模型版本及分级规则版本。

成果交付资料应齐全，至少应包括成果说明、数据清单、处理流程说明、模型说明、验证记录、质量控制记录及必要的限制条件说明。

### 9.7 记录管理与审计追溯

全过程关键活动应形成记录，记录应真实、完整、可检索，并按项目或路段进行归档管理。

记录至少应包括数据获取记录、预处理记录、配准与融合记录、样本与标注记录、训练与验证记录、结果分级规则记录、外业核查记录及问题处置记录。

记录应支持审计追溯，必要时提供操作日志或变更记录，用于证明流程合规与结果可信。

### 9.8 外业核查与安全管理

外业核查应制定安全措施，应识别交通风险、施工风险、边坡与地质风险、高温低温风险及夜间作业风险等，并应落实安全防护与交通组织要求。

外业核查中涉及开挖、钻探、雷达精查或占道作业的，应按相关规定办理审批手续并设置安全警示与隔离措施。

外业核查与现场数据采集应保护既有设施和环境，核查记录应真实完整，并及时回传用于成果更新与模型迭代。

## 10 成果应用与维护要求

### 10.1 总体要求

判识成果应用应面向公路养护管理与安全风险管控需求，应将隐蔽病害识别结果转化为可执行的核查计划、处置优先级与养护决策依据。

成果应用应遵循“分级处置、闭环更新、动态维护”的原则，应建立判识—核查—处置—反馈的闭环机制，持续提升判识准确性与工程适用性。

### 10.2 普查与详查应用

在公路隐蔽病害普查场景中，判识成果应支持快速定位疑似病害点或疑似异常路段，应优先输出高风险目标清单，并应标注置信度与核查建议。

在详查场景中，判识成果应作为精细检测的指引，应结合地质雷达、钻探取样、开挖验证或其他检测手段对疑似目标进行复核，应形成核查结论并明确处置建议。

普查与详查结果应保持一致的定位基准与分级体系，确保跨阶段成果可比与可追溯。

### 10.3 养护决策支撑

判识成果应与养护决策流程衔接，应依据病害等级、空间范围、发展趋势和置信度，提出核查优先级与处置建议。

对高等级或快速演化的疑似病害目标，应优先纳入养护计划或应急处置范围，并应明确建议处置类型与建议时间窗口。

成果应用过程中不应以判识结果替代必要的工程核查与技术评定，判识成果应作为决策依据之一与其他检测评定结果综合使用。

### 10.4 风险预警与动态监测

对具备时序遥感数据条件的路段，应开展动态监测与趋势分析，宜设置预警阈值或预警规则，并应明确触发条件、告警等级与处置流程。

预警阈值或规则应经验证校准，并结合结构类型、地质环境与历史病害特征进行分区设定，阈值调整应记录依据并保持可追溯。

预警信息应包含位置、异常指标、变化趋势、置信度、建议核查方式与建议响应时限等要素。

### 10.5 成果更新与模型维护

判识成果应建立更新机制，更新触发条件可包括外业核查结论反馈、养护处置结果反馈、新数据获取、新病害类型出现或模型迭代更新等。

外业核查与处置结果应反馈至样本库，样本库更新应进行版本管理并保留证据链，基于更新样本开展模型再训练或阈值再校准的，应重新开展验证并形成记录。

模型与规则的更新应执行变更控制，应明确更新内容、影响分析、验证结论与适用范围，避免不同版本成果混用造成管理混乱。

### 10.6 系统对接与成果管理

判识成果宜与公路资产管理系统、养护管理系统或路网运行监测平台对接，对接数据应明确字段含义、坐标基准、里程基准、编码规则与更新频率。

成果管理应支持按路线、路段、里程区间、病害类型与等级等条件进行检索、统计与可视化展示，并应支持历史成果对比与趋势分析。

成果数据与成果文件应按规定归档保存，应保证可检索、可复核和可追溯。