

# 公路工程检测数据智能化分析与质量风险预警机制研究

万年青

湖北楚天卓越信息技术有限公司 湖北 宜昌 443000

**【摘要】**：为解决公路工程检测数据处理低效、质量风险预判滞后等问题，构建基于智能化技术的检测数据处理体系与质量风险预警机制。整合高精度检测数据，运用智能算法实现数据降噪、特征提取与精准分析，识别质量隐患关联因素，建立分级预警体系，实现风险提前预判、精准管控，提升公路工程质量监管的智能化水平与效率，为公路工程质量安全保障提供技术支撑。

**【关键词】**：公路工程；检测数据；智能化分析；质量风险预警

DOI:10.12417/2705-0998.26.03.054

## 引言

公路工程作为交通基础设施核心，其质量安全直接关系到公众出行与社会经济发展。当前，传统检测数据处理模式效率低下，难以快速识别潜在质量隐患，导致风险管控被动滞后。基于此，依托智能化技术破解检测数据处理瓶颈、构建科学高效的质量风险预警体系，成为推动公路工程质量监管升级的关键。结合现有检测技术发展现状，进一步探索检测数据智能化分析路径与风险预警方法，为公路工程质量安全筑牢保障。

## 1 公路工程检测数据处理现状与智能化需求分析

### 1.1 检测数据处理现状及现存瓶颈

当前公路工程检测数据涵盖路基路面压实度、弯沉值、平整度、混凝土强度等多类指标，数据来源涉及钻芯取样、雷达检测、超声波探测等多种手段，数据体量呈现规模化、多维度特征。传统处理模式以人工录入、手动计算为主，依赖检测人员经验完成数据校验与分析，存在显著短板。检测数据格式不统一，不同检测设备输出的数据接口差异较大，导致数据整合难度高，形成“数据孤岛”，难以实现多源数据的协同分析。同时，人工处理过程中易出现数据录入误差、计算偏差等问题，降低检测数据的准确性与可靠性。此外，传统处理方式响应速度缓慢，对于大规模检测数据往往需要耗费大量人力与时间，无法快速挖掘数据背后隐藏的质量隐患，导致质量风险预判滞后，难以满足公路工程质量实时管控的实际需求，制约了质量监管效能的提升。

### 1.2 智能化技术应用核心需求

结合公路工程质量监管实际，检测数据处理的智能化需求主要聚焦于数据处理效率、分析精度与风险预判能力三个核心维度。随着公路工程建设规模的扩大，检测数据量呈指数级增长，传统人工处理模式已无法适配高效管控需求，亟需通过智能化技术实现数据的自动化采集、清洗与整合，打破数据孤岛，提升数据处理的高效性与规范性<sup>[1]</sup>。在数据精准分析层面，亟需运用智能算法实现检测数据的降噪处理，剔除环境干扰、设备误差等无关因素影响，精准提取数据特征，挖掘不同检测指标间的关联关系，提升数据解读的科学性。同时，针对当前质

量风险预判滞后的问题，亟需依托智能化分析技术，构建精准的风险识别模型，实现对路基沉降、路面破损、结构裂缝等潜在质量隐患的提前感知，为质量风险的及时处置提供数据支撑，推动公路工程质量监管从“事后处置”向“事前预警、事中管控”转变，契合现代公路工程质量安全保障的核心需求。

## 2 公路工程检测数据智能化分析技术体系构建

### 2.1 多源检测数据整合与预处理

公路工程检测数据智能化分析的核心前提，是完成多源检测数据的高效整合与精准预处理，为后续智能化分析工作提供高质量、高可靠性的数据支撑，这也是破解传统检测数据处理瓶颈、提升质量管控效能的关键环节。结合公路工程现场施工与检测实际场景，全面整合钻芯法、核子密度仪、落锤式弯沉仪（FWD）、探地雷达（GPR）等各类主流检测设备输出的多维度、多类型检测数据，涵盖路基压实度、路面弯沉值、混凝土强度、桥梁结构完整性等核心管控指标。通过标准化数据接口设计与优化，统一各类检测数据的格式规范、编码规则与计量标准，有效打破不同检测设备、不同施工环节、不同管控部门之间的数据壁垒，实现路基、路面、桥梁等多结构、全流程检测数据的协同汇聚与集中管理<sup>[2]</sup>。预处理环节采用自适应滤波技术完成数据降噪处理，精准滤除检测过程中存在的温度干扰、设备振动、人为操作偏差等冗余信息，运用线性插值技术科学填补数据采集过程中出现的缺失值，通过异常值筛查技术精准识别并修正检测过程中因设备故障、操作失误导致的异常数据，切实确保检测数据的完整性、准确性与一致性。同时，采用数据归一化处理手段，将压实度、弯沉值、混凝土强度等不同量纲的检测指标转化为统一量化标准，有效消除量纲差异对后续分析结果的干扰，为后续数据特征提取、关联分析及智能化研判筑牢坚实基础，充分贴合公路工程多源检测数据处理的实际需求与质量管控要求。

### 2.2 智能分析技术选型与体系搭建

结合公路工程检测数据规模化、非线性、多维度的核心特征，立足路基、路面、桥梁等多结构检测实际，构建“数据特征提取-精准分析-结果反馈”的三级智能化分析技术体系，精准

适配工程全流程质量管控的实际需求。特征提取环节采用小波变换与特征筛选技术相结合的方式,有效滤除检测数据中的环境干扰与设备误差,精准挖掘检测数据中的关键特征,重点捕捉路面平整度波动特征、路基压实度分布特征、桥梁结构裂缝发展特征等核心指标,实现对质量隐患关联指标的精准识别与高效提取,为后续数据分析提供高质量特征支撑。数据分析阶段紧密结合公路工程现场检测实际,选型适配的智能分析技术,针对压实度、弯沉值、混凝土强度等结构化检测数据,采用智能聚类分析技术完成质量状况分级分类,针对路面破损图像、桥梁裂缝影像等非结构化数据,采用图像识别技术完成隐患精准识别与定位,通过数据关联分析技术深度挖掘不同检测指标间的内在联系,实现对工程质量状况的科学研判与精准评估。体系搭建过程中,融入边缘计算技术,实现检测数据的实时分析与本地处理,大幅减少数据传输延迟,确保分析结果能够快速反馈至质量管控终端,为后续质量风险预警提供精准、高效的技术支撑,全面提升检测数据智能化分析的实用性与针对性,推动公路工程检测数据处理模式向智能化、高效化、精准化转型,适配现代公路工程质量管控的升级需求。

### 3 公路工程质量风险预警机制设计与分级管控

#### 3.1 质量风险预警机制整体设计

公路工程质量风险预警机制的设计,以检测数据智能化分析结果为核心支撑,深度贴合公路工程施工全流程、多环节的管控实际,构建“数据采集-风险识别-预警触发-处置反馈”的闭环运行模式,确保预警工作的系统性与实效性。结合公路路基、路面、桥梁等核心结构的质量管控重点与实际需求,明确预警机制的核心功能是实现质量风险的提前感知、精准识别与及时处置,依托前期智能化分析后的多源检测数据,科学筛选出路基沉降、路面车辙、混凝土裂缝、压实度不达标、钢筋保护层厚度不足等核心风险关联指标,结合现行公路工程施工规范与质量验收标准,结合不同路段、不同结构的施工特点,合理明确各指标的预警阈值,精准确定科学可行的预警触发条件,避免预警过度或预警滞后的问题<sup>[3]</sup>。预警机制设计中融入实时数据传输技术,搭建高效的数据传输链路,实现检测数据与预警系统的无缝对接、实时同步,确保智能化分析后的异常数据能够快速触发预警信号,同时配套设计多渠道预警信息传输通道,涵盖短信、系统推送、声光报警等多种形式,确保预警信息可快速、精准推送至施工、监理、监管等相关责任主体,明确各主体的处置职责与响应时限,形成“数据支撑-风险识别-预警推送-处置落实-结果反馈”的完整链路,全面适配公路工程质量动态管控、精准管控的实际需求,为公路工程质量安全筑牢预警防线。

#### 3.2 风险分级标准与管控措施

结合公路工程质量风险的影响范围、危害程度及处置难

度,立足工程施工实际与质量管控要求,建立科学合理、可操作性强的风险分级管控体系,明确各级风险的判定标准与对应管控措施,着力提升风险管控的针对性与实效性,破解传统管控中“一刀切”的弊端。依据检测数据异常程度、质量隐患的危害等级及可能造成的后果,将公路工程质量风险划分为一般风险、较大风险、重大风险三个等级,明确各等级的具体判定标准,其中一般风险对应单个检测指标轻微超标,且超标幅度在规范允许偏差范围内,不影响工程整体质量与正常使用;较大风险对应多个关联检测指标同时出现异常,隐患具有一定扩散性,可能引发局部工程质量缺陷,影响局部结构稳定性;重大风险对应路基压实度、桥梁承载力等核心指标严重超标,隐患极具危害性,易导致工程结构失稳、坍塌等安全事故,威胁通行安全与工程使用寿命。针对不同等级的质量风险,制定差异化、精准化的管控措施,一般风险采用常态化巡检、数据跟踪监测的方式,定期核查指标变化趋势,做好动态管控;较大风险立即启动专项整改程序,暂停相关施工环节,组织专业技术人员全面排查隐患根源,制定针对性整改措施,落实整改责任,整改完成后经复核验收合格方可恢复施工;重大风险立即停工整改,同步启动应急处置流程,邀请行业权威专家开展专项评估,结合工程实际制定科学完善的专项整改方案,全程跟踪整改过程,确保隐患彻底消除、整改到位。通过分级管控、精准施策,推动公路工程质量管控从“事后被动处置”向“事前主动防控、事中精准管控”转变,切实防范各类质量安全风险,全面保障公路工程质量和通行安全。

### 4 智能化分析与预警机制在公路工程质量管控中的应用价值

#### 4.1 提升质量管控效率与精准度

智能化分析与预警机制在公路工程质量管控中的核心应用价值,在于有效破解传统管控模式的效率瓶颈,全面提升质量管控的精准度、规范性与实效性,为公路工程质量安全提供强有力的技术保障。传统公路工程质量管控模式高度依赖人工检测、手动记录与经验判断,不仅需要投入大量的人力、物力与时间成本,且易因检测人员专业水平差异、操作失误等人为误差,导致质量隐患漏判、误判,难以实现工程施工全流程、全方位的精准管控,无法满足现代公路工程规模化、精细化的管控需求。依托前期构建的检测数据智能化分析技术,可实现钻芯法、探地雷达等多源检测数据的自动化整合、自适应降噪与关键特征提取,快速完成压实度、弯沉值、平整度、混凝土强度等核心管控指标的精准分析与研判,大幅缩短数据处理周期,将原本需要数天的检测数据处理工作高效压缩至数小时,显著提升质量管控的效率与便捷性<sup>[4]</sup>。同时,预警机制可基于智能化分析得出的精准数据结果,实时捕捉路基沉降、路面破损、裂缝发展等潜在质量隐患,精准触发不同等级的预警信号,及时提醒相关责任主体采取防控措施,避免隐患进一步发展扩

大,彻底改变传统“事后整改、被动补救”的管控模式,实现质量隐患的早发现、早识别、早处置,有效提升公路工程质量管控的精准度与有效性,充分贴合公路工程现场施工与质量管控的实际需求,为工程质量安全筑牢防线。

#### 4.2 降低质量风险与管控成本

智能化分析与预警机制的应用,可有效降低公路工程质量风险,优化管控成本,为工程质量安全提供可靠保障。公路工程建设周期长、施工环节复杂,路基、路面、桥梁等结构的质量隐患若未能及时发现,易引发后期返工、维修,不仅增加施工成本,还可能影响工程使用寿命与通行安全。通过智能化分析技术,可精准挖掘检测数据中的风险关联信息,提前识别质量隐患的发展趋势,结合分级预警管控措施,针对性落实防控手段,从源头遏制重大质量隐患的发生,降低工程返工率与维修成本<sup>[5]</sup>。智能化体系可实现检测数据的数字化管理,减少人工录入、手动计算等环节,降低人力成本与人为误差带来的额外损耗,实现管控资源的优化配置。此外,该机制可推动质量

管控数据的共享共用,为施工、监理、监管等多方主体提供精准的数据支撑,提升协同管控效率,助力构建全方位、智能化的公路工程质量管控体系,推动公路工程建设向高质量、高效益、低风险方向发展。

#### 5 结语

本文围绕公路工程检测数据智能化分析与质量风险预警机制展开研究,针对传统检测数据处理低效、风险预判滞后等问题,构建了多源数据整合预处理的智能化分析体系,设计了闭环运行的质量风险分级预警与管控机制,并明确了其在质量管控中的应用价值。研究通过智能化技术破解了传统管控瓶颈,实现了检测数据高效处理与质量风险提前防控,有效提升了公路工程质量管控的智能化水平与效率。本文研究可为公路工程质量安全保障提供技术支持,后续可结合工程实际场景,进一步优化智能化技术应用方案,推动公路工程质量管控向更高效、更精准的方向发展。

#### 参考文献:

- [1] 段龙飞.公路工程路基路面施工质量试验检测要点[J].汽车周刊,2026,(04):226-228.
- [2] 梁棋.公路水泥混凝土强度试验检测技术的应用[J].汽车周刊,2026,(04):136-138.
- [3] 白王洁.公路工程高性能混凝土试验检测探讨[J].散装水泥,2026,(02):245-247.
- [4] 孙林忠.公路交通工程试验检测的质量控制要点分析[J].散装水泥,2026,(01):143-145.
- [5] 刘舒冰.公路工程混凝土结构现场检测技术研究[J].汽车周刊,2026,(02):18-20.