

# 基于 BIM 与物联网数据融合的公路养护工程交竣工检测精细化评价实践

杨海荣

云南百衡工程咨询有限公司

**摘要：**公路养护工程交竣工检测是保证公路养护质量、延长公路使用寿命、保障通行安全的重要环节，传统的检测评价模式存在着数据碎片化、评价维度单一、精度不高、流程繁杂等缺陷，不能满足现代公路养护精细化管理的要求。BIM 技术凭借可视化、参数化、全生命周期管理的优势，物联网技术依靠实时感知、数据互通、动态监测的特点，二者相融合给公路养护工程交竣工检测精细化评价赋予了新的技术途径。本文以公路养护工程交竣工检测的核心需求为出发点，梳理 BIM 和物联网数据融合的核心逻辑，建立基于二者融合的交竣工检测精细化评价体系，确定评价指标、评价流程和实施路径，探究融合技术在评价实践中的应用要点，破解传统评价模式的难题，给公路养护工程交竣工检测精细化、智能化发展赋予理论支撑和行动引领，助力公路养护管理朝着数字化、精准化方向迈进。

**关键词：**BIM 技术；物联网；数据融合；公路养护工程；交竣工检测；精细化评价

**DOI：**10.65976/3078-8145.2026.02.009

## 引言

伴随着数字化技术的迅猛发展，BIM（建筑信息模型）技术和物联网（IoT）技术在工程领域应用越来越普遍，给破解传统交竣工检测评价的难题赋予了可能。BIM 技术可以创建公路养护工程三维可视化模型，将工程设计、施工、养护等全生命周期的信息进行整合，从而达到工程信息的参数化管理和可视化展示的目的，物联网技术则依靠各种感知设备的安装，在现场实时获取养护工程的数据，并对数据进行传输、监测以及智能分析。二者的深度融合可以达到数据互通、优势互补的目的，把 BIM 的全生命周期信息管理能力和物联网的实时感知能力结合起来，冲破数据壁垒，加强交竣工检测评价的精细化、智能化程度。

## 1 BIM 与物联网数据融合在公路养护工程交竣工检测中的应用框架

### 1.1 融合应用的总体目标

基于 BIM 和物联网数据融合的公路养护工程交竣工检测精细化评价，总体目标就是打破传统的检测评价的局限，创建起一个包含数据采集、数据融合、数据处理、评价决策、成果应用的全流程精细化评价体系，从而达到交竣工检测的精准化、高效化、智能化的目的，具体目标有三个方面。

一是实现检测数据的全面整合，利用 BIM 和物联网数据融合的方式，把工程静态信息和动态检测数据

结合起来，创建统一的检测数据库，冲破数据壁垒，达成数据的共享和复用，二是改善评价的精细程度，依靠实时动态数据的采集与剖析，对养护工程各个部位、各个环节实施精确检测并展开全面评价，防止出现评价盲区和误差，三是改进评价速度和决策科学性，借助智能化的数据处理和可视化展现，削减人工干涉，缩减检测评价时间，给交竣工验收决定赋予准确、可信的支撑，而且给后续养护管理工作给予数据支撑。

### 1.2 融合应用的总体架构

根据 BIM 和物联网数据融合的公路养护工程交竣工检测精细化评价，总体结构由感知层、数据融合层、评价分析层和应用层四个部分组成，各个层次相互配合形成完整的融合应用体系，从而完成从数据采集到评价决策全过程的闭环管理。

感知层是数据采集的基础，主要是由各种物联网感知设备组成的，路面检测传感器、路基沉降传感器、桥涵应力传感器、温度湿度传感器、高清摄像头等，分布在公路养护工程的各个关键部位，实时采集路面平整度、路基强度、桥涵结构状态、施工环境等各类检测数据，给后面的数据融合和评价分析提供原始数据支持。感知层的主要任务就是保证数据采集的及时性、全面性、准确性，合理布置感知设备，消除检测盲区，提高数据采集精度。

数据融合层属于关键部分，主要是把物联网感知

层得到的动态数据同 BIM 模型里保存的静态数据融合起来,对它们实施清洗、标准化处理,从而达成数据互通共享的目的。该层的主要工作有两部分,第一部分是数据格式标准化,把不同种类、不同来源的数据(BIM 模型的参数数据、物联网的实时检测数据等)转换成统一的数据格式,消除数据异构性;第二部分是数据关联融合,把物联网采集到的动态数据同 BIM 模型中的对应构件联系起来,达成“模型-数据”联动的目的,让检测数据能在 BIM 模型里直观显示出来,方便之后的分析和评价。

评价分析层属于核心功能层,依靠融合过的统一数据体系创建出细致的评价模型,执行交竣工检测评价任务。本层的主要工作就是根据公路养护工程交竣工检测的规范要求来建立评价指标体系和评价标准,并用数据处理算法对融合数据进行分析、计算,判断工程质量是否满足要求,得出全面、准确的评价结果。同时该层还具有异常预警的功能,可以对检测数据中出现的异常值做出判断,从而及时发现质量上的隐患,帮助检测人员到现场去核查。

应用层是成果输出和应用的载体,主要将评价分析层的评价结果用可视化、标准化的方式输出,给交竣工验收决策、后续养护管理提供支持。应用层主要的应用场景包括 BIM 模型可视化展示,把检测数据和评价结果叠加在 BIM 模型上,直观反映工程质量状况,评价报告自动产生,根据评价结果自动生成标准化的交竣工检测评价报告,提高报告编制速度,数据共享和复用,把检测数据和评价结果保存到数据库里,给以后养护管理、工程复盘、技术优化提供数据支持。

## 2 基于 BIM 与物联网数据融合的交竣工检测精细化评价体系构建

### 2.1 评价体系构建的原则

全面性原则要求评价指标要涵盖公路养护工程的所有部位、各个环节,包括路面、路基、桥涵、附属设施等主要构件,还要考虑技术指标、过程指标和运营适应性指标,保证评价的全面性,防止出现评价盲区。二是精细化原则,评价指标要细化到具体的构件、检测项目上,利用 BIM 和物联网数据融合的优势,对构件质量做出准确的评价,提高评价的精度和针对性。三是科学性原则,评价指标的选择、评价标准的确定要符合公路养护工程交竣工检测相关规范和标准,结合融合数据特点,采用科学的评价方法和数据处理算法,保证评价结果的客观、准确。四为可操作性原则,评价体系要联系工程实际状况,充分考虑到 BIM 和物联网技术的应用可行性,评价流程简明扼要,易于操作,

数据采集和处理方便,利于检测人员的实际应用。

### 2.2 评价指标体系构建

根据以上原则,结合公路养护工程交竣工检测的主要内容,建立以 BIM 和物联网数据融合为基础的精细化评价指标体系,分为一级指标和二级指标两个层次,一级指标有 4 个主要方面,二级指标有 16 个具体的评价项目,全方位涵盖公路养护工程交竣工检测的各个方面。

(1) 路面工程是公路养护工程的主要部分,路面工程的质量好坏直接影响到公路的通行安全和使用寿命,该一级指标下设 4 个二级指标。一是路面平整度,用物联网传感器采集路面平整度数据,结合 BIM 模型中路面的设计参数来评价路面平整程度;二是路面抗滑性能,用感知设备采集路面摩擦系数等数据,评价路面抗滑能力,保证通行安全;三是路面破损状况,用高清摄像头和图像识别技术结合 BIM 模型识别路面裂缝、坑槽、车辙等破损情况,评价路面破损程度;四是路面厚度与压实度,用雷达检测设备采集路面厚度数据,结合 BIM 模型中的设计厚度和压实度标准,评价路面施工质量。

(2) 路基工程评价(一级指标)为路基是公路的基础,路基的稳定性影响公路整体质量,分为四个二级指标。一是路基沉降,利用沉降传感器实时监测路基沉降数据,参照 BIM 模型中路基的设计参数来评判路基的稳定情况;二是路基强度,借助承载力传感器获取路基的承载力数据,评判路基的承载能力;三是路基边坡稳定性,用倾角传感器、位移传感器搜集边坡位移、倾角等信息,联系 BIM 模型里的边坡设计参数,评判边坡的稳定状况;四是路基排水系统,用摄像头和流量传感器收集排水系统的运行数据,参照 BIM 模型里的排水设计方案,评判排水系统的合理性与有效性。

(3) 桥涵工程评价(一级指标)为桥涵工程是公路的重要附属设施,结构安全直接影响到公路通行安全,该一级指标下设 4 个二级指标。一是桥涵结构应力,用应力传感器采集桥涵主梁、墩柱等构件的应力数据,结合 BIM 模型中的结构设计参数,评价桥涵结构的安全性;二是桥涵裂缝状况,用高清摄像头和图像识别技术识别桥涵构件的裂缝情况,结合 BIM 模型评价裂缝的发展趋势和危害程度;三是桥涵支座状态,用位移传感器采集支座的位移数据,评价支座的工作状态;四是涵洞过水能力,用流量传感器采集涵洞过水流量数据,结合 BIM 模型中的涵洞设计参数,评价涵洞的过水能力与安全性<sup>[1]</sup>。

### 2.3 评价标准与评价方法

(1) 评价标准按照公路养护工程交竣工检测相关规范和标准,对每一个二级评价指标都制定出具体的评价标准,分为优秀、合格、不合格三个等级。评价标准的确定,根据 BIM 和物联网融合数据的特点,用融合数据为评价标准的主要依据,保证评价标准的准确性、针对性。以物联网采集到的平整度数据为基础,结合 BIM 模型的设计标准来确定优秀的、合格的和不合格的标准,路基沉降评价中,根据沉降传感器采集到的沉降数据,结合路基设计的沉降限值来制定分级评价标准。根据不同的公路养护工程类型、等级,可以对评价标准做出相应的调整,保证评价标准的适用性。

(2) 评价方法以 BIM 和物联网数据融合为基础,用定性评价和定量评价相结合、动态评价和静态评价相结合的方法来提高评价的准确性、科学性<sup>[2]</sup>。定量评价主要是根据物联网采集到的实时检测数据和 BIM 模型中静态参数的数据,用数据处理算法来计算出各个评价指标的得分,然后根据得分来确定评价等级;定性评价主要是结合检测人员的现场核查经验,对工程质量的细节问题、过程管控情况进行补充评价,保证评价的全面性。同时利用 BIM 模型的可视化特点,把评价结果同模型构件联系起来,从而达成评价结果的可视化展现,利于检测人员、管理人员直观了解工程质量状况,给评价决策赋予支持。

### 2.4 评价流程

根据 BIM 和物联网数据融合的公路养护工程交竣工检测精细化评价,按照前期准备、数据采集和融合、指标评价、结果分析、成果输出等过程来保证评价工作的顺利进行,具体内容如下。

第一步为前期准备。明确交竣工检测的范围、内容 and 要求,完善 BIM 模型,补充工程设计、施工、养护等全过程的静态信息,保证 BIM 模型的完整性、准确性;合理布置物联网感知设备,确定采集点位、采集频率、采集指标,完成设备调试,保证数据采集的及时性和准确性;制定评价方案,确定评价指标、评价标准、评价方法,组建评价团队,明确各个成员的职责<sup>[3]</sup>。

第二步就是数据采集和融合。利用物联网感知设备对公路养护工程各种动态检测数据进行实时采集,

路面、路基、桥涵、附属设施等各部分的检测数据;对采集到的原始数据进行预处理,消除异常数据、缺失数据的影响;将预处理后的动态数据和 BIM 模型中的静态数据进行融合,实现数据的关联和整合,建立统一的检测评价数据库。

第三步为指标评价。根据融合后的数据库,按照评价体系的要求,对每一个二级评价指标进行定量和定性的评价,计算出每个二级评价指标的得分,得出评价等级;汇总各个二级指标的得分,得到一级指标的得分,最后得出工程的整体评价结果,判断工程是否达到交竣工要求。对评价过程中出现的异常数据和质量问题进行现场核查,找出问题的原因并提出整改意见。

第四步就是结果分析。对评价结果进行详细的分析,找出工程质量的优点和不足,确定存在的质量问题及改进方向,利用 BIM 模型、物联网数据分析质量问题产生的原因,提出有针对性的整改措施和改进建议,对工程整体质量水平做出评价,为交竣工验收决策提供依据。

## 3 结束语

伴随着数字化技术的不断发展,BIM 和物联网数据融合的深度、广度会不断扩展,可以继续把人工智能、大数据等技术同 BIM 与物联网的数据融合结合起来,改进数据融合算法和评价模型,提高评价的智能化水平;并且加快技术标准的完善和推广,推动融合技术在公路养护工程交竣工检测中得到广泛的应用,为交通基础设施高质量发展提供有力的保障。由于本文属于理论论文,没有具体的数值以及案例分析,后续可以借助实际工程案例来检验评价体系的可行性和实用性,不断改良和完善评价体系和实践途径,促使公路养护工程交竣工检测精细化评价水平持续改善。

### 参考文献:

- [1] 颜鲁鹏,吴逸飞,陈波等.融合 BIM 与现实捕捉技术的高速公路病害检测信息化技术研究[J].中外公路,2020,40(02):300-306.
- [2] 相诗尧,郭长顺,张涛,等.BIM 融合多源异构数据在复杂环境高速公路设计中的应用[J].山东交通科技,2021,(02):85-86+93.
- [3] 瞿瑶.基于 BIM 的公路质量管理大数据分析研究[D].西南科技大学,2019.