

# 全自动车载落锤式弯沉仪在 G312 线石河子至沙湾改扩建工程中的检测应用研究

赵映勇

哈密赤诚公路试验检测有限责任公司 新疆哈密 839000

DOI:10.32629/ems.v8i5.20221

**[摘要]** 依托 G312 线石河子至沙湾改扩建工程既有道路检测资料, 围绕全自动车载落锤式弯沉仪在长距离旧路结构评价中的应用展开分析。检测结果表明, K3+350~K53+164 段 48 车道公里代表弯沉值介于 14.65~61.51 (0.01mm), 平均值 33.42, 变异系数 34.069%, 结构状态离散性较为明显。结合压实度、CBR、抗滑、病害及芯样强度等资料综合判读后可见, 该设备在识别薄弱区段、支撑旧路利用分级与补强决策方面具有较高适用性, 但检测结论仍需置于多指标协同框架下加以校核与解释

**[关键词]** 全自动车载落锤式弯沉仪; G312 线; 改扩建工程; 弯沉检测; 旧路评价; 结构强度

随着干线公路改扩建由规模扩张转向性能提升, 旧路能否利用、利用到何种程度, 往往取决于结构响应而非表面完好程度。G312 线石河子至沙湾段既有道路检测中, 弯沉、压实度、CBR、抗滑与病害调查同步展开, 说明工程判定已不再依赖单项经验, 而更强调结构指标之间的相互印证; 在这一背景下, 自动化弯沉检测因兼具连续性、效率性与动态荷载模拟优势, 其工程价值愈发突出。

## 一、G312 线石河子至沙湾改扩建工程既有道路检测背景与全自动车载落锤式弯沉仪应用基础

### (一) 工程既有道路检测任务构成及弯沉检测的核心地位

G312 线石河子至沙湾改扩建工程处于既有道路再利用与结构重构并行推进的阶段, 检测工作的价值, 已不止于掌握表面病害, 更在于为旧路利用边界、补强强度分区及结构方案优化提供依据<sup>[1]</sup>。结合既有资料可见, 项目检测内容覆盖弯沉、压实度、CBR、横向力系数、路面破损、路基技术状况及芯样强度等多个方面, 形成了由结构指标、功能指标与材料指标共同支撑的评价体系, 其中弯沉检测覆盖 48 车道公里, 检测范围最广、关联最强, 因而成为判断旧路整体承载状态的关键环节。

### (二) 全自动车载落锤式弯沉仪的检测机理及其对改扩建工程的适应性

全自动车载落锤式弯沉仪借助瞬时冲击荷载模拟行车受力, 并同步采集路面动态响应数据, 由此获得更接近实际服役状态的结构信息; 与传统离散式检测相比, 其优势不只体

现在速度提升, 更体现在数据连续、结果稳定、桩号对应清晰, 尤其适合长距离改扩建项目中旧路结构差异的快速识别。对 G312 线这类路线较长、结构类型复杂、局部病弱段分布不均的工程而言, 该设备能够把检测由点状判断推进到线性分析, 使后续分段利用、重点补强与设计修正建立在更完整的数据基础之上, 技术适配性较为突出。

## 二、全自动车载落锤式弯沉仪在 G312 线石河子至沙湾项目中的检测实施与数据分析

### (一) 检测实施条件与现场组织方式

G312 线石河子至沙湾改扩建工程沿线长度较大, 旧路服役年限、结构组合形式与局部修补历史并不完全一致, 若仍沿用人工抽点为主的检测方式, 既难保证时效, 也不利于识别结构响应沿线变化的连续特征。全自动车载落锤式弯沉仪在本项目中的投入, 恰好适应了这一工程现实: 一方面, 检测车在既定桩号范围内连续行进, 荷载施加、位移采集与数据记录同步完成, 检测链条被压缩在较短作业时间内, 现场组织由此更加紧凑; 另一方面, 弯沉数据能够按桩号顺序连续对应, 后期无论是对高值段、波动段还是过渡段进行复核, 均具备较清晰的定位基础。

从工程检测的角度看, 设备自动化程度的提高, 并不意味着现场控制可以放松, 相反, 对前置准备的要求更高<sup>[2]</sup>。检测前需结合路线交通条件、路面清洁状况与气温变化统筹作业时段, 使落锤加载状态、传感响应状态和车辆运行状态保持相对稳定; 检测过程中, 桩号换算、车速控制、重复值

核验与异常段复测同样不可忽视,只有把这些环节处理扎实,后续获得的代表弯沉值才具备足够的解释力。G312线项目处于改扩建前期旧路再评价阶段,检测工作本身便承担着为结构利用分区服务的任务,因此,现场组织不只是技术安排,更是一种服务设计与施工决策的基础性工作。

值得注意的是,改扩建工程中的旧路检测,往往面临“表面状态较复杂、结构差异较隐蔽”的双重特点,尤其是拼宽段、局部补强段以及交叉口附近路段,外观上未必表现出明显异常,而在荷载作用下却可能呈现不同的弯沉响应。借助车载连续检测,结构变化不再只能依靠经验推断,而是能够借助沿线数据曲线真实显现出来,这种由“点状认知”向“线性识别”转变的检测思路,正是全自动车载落锤式弯沉仪在本项目中体现出的重要价值。

### (二) 检测流程控制与关键技术环节

就本项目而言,全自动车载落锤式弯沉仪的应用重点,并不只是完成若干数据采集动作,而在于构建一套相对完整的“实施—校核—分析”链条,使检测结果既能反映路面结构的真实响应,又能满足后续工程判定需要。落锤加载时,模拟的是车辆荷载瞬时作用下路面结构的动态变形,采集到的不仅是单一位移值,更是结构整体受力后的响应特征,因此,设备标定、加载稳定性与传感系统灵敏度便成为结果可信度的基础。

本项目检测范围跨越多个典型路段,结构条件不尽一致,检测流程中最具技术含量的环节,恰是对复杂路段的识别与控制。对于强度较均匀的常规段,连续采集后的统计结果通常较为平稳,代表值能够较好反映路段平均水平;而在拼接段、修补段及部分旧病害路段,弯沉曲线往往会局部抬升、突变甚至短距离反复波动,这类现象若不结合现场核查加以辨析,极易造成误判。借助设备自动记录与人工复核相配合,可以把偶发干扰数据与真实结构异常区分开来,也使

检测从“有数据”进一步迈向“能判定”。

在这一过程中,数据完整性控制尤为重要。连续检测带来的最大优势,是样本量充足、空间分布密集,但样本一旦增多,异常值筛查、同类路段归并、温度影响校核等工作也随之加重。若仅机械提取高值与低值,而不分析其出现位置、持续长度和周边路段的协同性,数据价值便会被削弱。G312线项目检测实践表明,自动化检测设备真正的优势,并非简单替代人力,而是让技术人员将精力从重复性采集转移到数据甄别与工程解释之上,由此提升旧路评价的深度与效率,工程检测工作的主动性也随之增强。

### (三) 弯沉结果分布特征及与其他指标的协同判读

从检测结果看,本项目代表弯沉值最小为14.65,最大为61.51,平均值为33.42,变异系数达到34.069%,沿线结构响应差异较为明显,这说明旧路路面虽总体具备一定承载基础,但不同区段在长期交通荷载与环境作用下已形成不平衡状态。若只看平均值,容易得到“整体尚可”的笼统判断;而把高值段、低值段及波动段拆解开来观察,旧路结构的真实面貌便更加清晰。像K29+000~K30+000段代表弯沉值相对较低,说明该区段结构受力较为稳定;K49+000~K50+000段代表弯沉值明显偏高,则提示该处可能存在基层疲劳、层间协同减弱或局部结构薄弱等问题,这类差异恰是改扩建设计最需要捕捉的信息。

仅凭弯沉值作判断,仍不足以完成旧路利用分级。正因为如此,将弯沉结果与压实度、CBR、芯样强度等指标联动分析,便具有现实意义。压实度大多处于95.6%~99.3%之间,CBR主要分布于35.0%~52.2%之间,说明路基整体密实性和基本承载条件并不差;在这样的背景下,部分高弯沉区段的形成,更可能与路面结构层长期疲劳、基层局部损伤或旧补修段材料差异有关,而不是路基整体性失稳所致。为了更直观地呈现不同指标之间的相互关系,可将主要检测结果概括如表1。

表1 G312线石河子至沙湾既有道路主要检测指标对照表

指标项目	检测结果特征	工程判读意义
代表弯沉值	14.65~61.51, 平均 33.42, 变异系数 34.069%	反映路面结构响应差异, 是旧路利用分区的重要依据
压实度	95.6%~99.3%	路基密实状态总体较好, 为结构判定提供基础参照
路基 CBR	35.0%~52.2%	路基承载能力整体稳定, 可辅助排除大范围路基失稳因素
水稳基层抗压强度	4.11~11.32 MPa	可用于识别基层强度离散及局部疲劳风险
面层劈裂强度	0.84~1.28 MPa	为路面材料性能评价与补强方式选择提供依据

由表1可以看出,弯沉指标在本项目中起到的是“统领性识别”作用,压实度、CBR和材料强度指标则承担“辅助验证”功能,二者并非彼此替代,而是相互补充。举例而言,若某区段弯沉值偏高,而压实度与CBR保持正常,则结构问题大概率集中于基层或面层体系本身;若弯沉值偏高且伴随CBR偏低,则应进一步关注该区段路基支撑条件是否存在弱化。这样的协同判读,既提高了检测结论的准确性,也使后续设计不必对整段道路一概而论,而能够根据结构差异实施更具层次的处治方案。

### 三、全自动车载落锤式弯沉仪检测成果在改扩建决策中的应用价值与优化方向

#### (一) 弯沉检测成果对旧路利用评价和补强设计的支撑作用

在改扩建工程中,旧路是否保留、以何种方式保留,判断依据若仅停留于表面破损与局部病害,往往容易出现“外观可用而结构不足”或“局部病害明显但整体仍具利用潜力”的偏差<sup>[3]</sup>。全自动车载落锤式弯沉仪的价值,恰在于将这种判断由经验印象转化为结构响应判读,使旧路利用边界更清晰、补强决策更从容。结合G312线石河子至沙湾段检测结果来看,代表弯沉值沿线差异较大,说明不同路段在长期服役后形成了较为明显的承载分层,这种差异并非消极信号,反而为分区处治提供了依据——强度较稳的区段可提高旧路资源利用效率,弯沉偏大的区段则可提前纳入补强重点,设计由此更具针对性。

例如,K29+000~K30+000段代表弯沉值较低,若同时结合压实度、CBR及芯样强度等指标保持在较合理区间,则该类路段在改扩建中具备较好的利用基础;而K49+000~K50+000段弯沉值明显偏高,即便表面功能未出现同步恶化,也应在结构层补强、基层处治或局部重构上给予更高关注。由此可见,弯沉检测并不是孤立的数据采集行为,而是连接旧路评价、设计修正和施工安排的重要枢纽。

借助连续检测成果,设计单位可以更合理地确定补强厚度与处治边界,施工单位也能够据此优化资源投放顺序,既减少无效加固,也避免薄弱区段处治不足,检测结果与工程实施之间,由此建立起更积极、更顺畅的衔接关系。

#### (二) 基于本工程实践的技术局限与推广应用建议

从本工程应用效果看,全自动车载落锤式弯沉仪在长距

离既有道路检测中表现出明显优势,连续性强、效率较高、结果便于分段统计,这些特点使其非常契合干线公路改扩建对旧路快速评价和结构精细判别的现实需求。不过,弯沉值本质上反映的是综合响应,材料老化、层间结合状态、温度变化以及局部补修差异,都会对结果产生影响,因此检测结论仍需置于多指标联动框架中加以解释,这并非其局限所在,恰恰说明该技术具备与其他检测手段协同增效的空间。

依托本项目经验,更具推广意义的做法,在于把自动化弯沉检测纳入“结构强度—表观病害—材料性能”一体化评价体系中。对弯沉高值区段,可同步核查芯样强度与病害分布,提高薄弱段识别精度;对弯沉平稳而表面病害较重的区段,则可进一步区分功能性修复与结构性补强,避免处治手段简单化<sup>[4]</sup>。以G312线部分区段为例,个别路段横向力系数与技术状况指数仍保持较好水平,但弯沉响应已出现偏大趋势,这类情况若能在改扩建前得到识别,结构隐患便可前移处置,工程主动性明显增强。

#### 结语:

面向改扩建工程质量控制的新要求,旧路评价愈发强调连续识别、精准分区与协同决策,全自动车载落锤式弯沉仪所体现出的,不只是检测手段的更新,更是公路结构判定理念的前移与深化;借助更真实的受力响应、更完整的数据链条,旧路利用由经验估计走向定量支撑,补强处治也由粗放安排转向精细落位,随着检测、设计与施工之间衔接不断紧密,其在干线公路改扩建中的应用价值,还将持续显现。

#### [参考文献]

[1]张晋武.落锤式弯沉仪在路基弯沉检测中与贝克曼梁的关联性测试分析[J].中华建设,2026,(01):165-167.

[2]谭伟明.基于落锤式弯沉仪的路基表面弯沉试验技术分析[J].北方建筑,2025,10(05):135-138.

[3]陈爱莉.落锤式弯沉仪在公路工程检测中的应用[J].甘肃科技纵横,2021,50(06):50-52+64.

[4]乔大放.落锤式弯沉仪在公路检测中的实践与分析[J].建材与装饰,2018,(02):271.

作者简介:赵映勇,出生年份:1987.07,男,汉族,籍贯:甘肃白银,学历:本科,职称:工程师,主要研究方向:公路工程质量试验检测。