

# 公路工程中道路桥梁的桩基施工检测技术

赵继学

甘肃智通科技工程检测咨询有限公司

DOI:10.32629/btr.v8i11.4992

**[摘要]** 本文以解决桩基检测专业性、复杂性难题为目标,系统探究静载荷试验、高低应变动力检测、声波无损检测、钻芯取样检测等主流技术的应用逻辑与实践要点。研究明确了各类检测技术的适用场景、优势局限及优化路径,提出“多技术协同、全过程管控、信息化支撑”的检测体系构建方案。结果表明,科学组合检测技术、强化过程质量控制、融入智能技术手段,可显著提升桩基检测的精准度与效率,为道路桥梁工程质量保障提供可靠技术支撑。

**[关键词]** 公路工程; 道路桥梁; 桩基施工; 检测技术; 质量管控

中图分类号: U495 文献标识码: A

## Pile Foundation Construction Inspection Technology for Road and Bridge in Highway Engineering

Jixue Zhao

Gansu Zhitong Science and Technology Engineering Inspection Consulting Co., Ltd.

**[Abstract]** Aiming at solving the professional and complex problems in pile foundation inspection, this paper systematically explores the application logic and practical key points of mainstream technologies such as static load test, high and low strain dynamic testing, ultrasonic nondestructive testing, and core drilling sampling inspection. The study clarifies the applicable scenarios, advantages, limitations and optimization approaches of various inspection technologies, and puts forward a construction scheme of the inspection system featuring "multi-technology coordination, whole-process control and information-based support". The results show that the scientific combination of inspection technologies, strengthening of process quality control and integration of intelligent technical means can significantly improve the accuracy and efficiency of pile foundation inspection, providing reliable technical support for the quality assurance of road and bridge engineering.

**[Key words]** highway engineering; road and bridge; pile foundation construction; inspection technology; quality control

### 引言

随着我国公路交通基础设施建设规模持续扩大,道路桥梁结构形式日趋复杂,桩基作为隐蔽性核心承载构件,其施工质量控制难度不断提升。近年来桥梁安全事故统计显示,桩基缺陷、承载力不足问题是引发工程隐患的主要诱因。桩基埋设于地下,施工过程易受地质条件、工艺操作等多重因素影响,其质量无法通过外观直接判定,必须依赖专业检测技术进行精准评估。

#### 1 桩基施工检测的核心价值与现实挑战

##### 1.1 核心价值

桩基承载着道路桥梁上部结构的全部荷载,其质量可靠性直接关系工程使用寿命与运营安全。科学的桩基检测能够及时发现桩身裂缝、夹泥、沉渣超标等施工缺陷,为质量整改提供明确依据,避免缺陷隐患长期累积引发结构失稳。通过检测数据可

精准评估桩基承载能力,验证设计方案的合理性,确保桩基性能与工程实际需求匹配。检测过程形成的完整数据链条,能够为后续工程维护、技术优化提供基础支撑,推动道路桥梁工程建设质量的持续提升。

##### 1.2 现实挑战

桩基检测的隐蔽性特点增加了技术实施难度,地下地质条件的复杂性导致检测环境不稳定,易对检测结果产生干扰。随着桥梁工程规模扩大,桩基承载要求不断提高,对检测技术的精度与可靠性提出更高标准。部分检测技术存在操作流程复杂、成本较高或适用范围受限等问题,单一技术难以实现桩基质量的全面评估。检测人员专业素养参差不齐、设备校准维护不及时等因素,也可能影响检测数据的准确性。

#### 2 主流桩基施工检测技术的实践应用与优化

## 2.1 静载荷试验技术

静载荷试验技术通过模拟桩基实际受力状态，为评估桩基承载能力提供最直接可靠的依据。该技术在桩顶逐级施加垂直荷载，利用精密位移传感器实时监测桩体竖向位移变化，通过分析荷载-沉降曲线特征确定桩基极限承载力与允许承载力。试验过程需严格遵循加载分级原则，确保每级荷载作用下位移稳定后再进行下一级加载，保障数据的真实性。

该技术的核心优势在于结果直观、可信度高，但实施过程中面临明显局限。大型反力装置与专业加载设备的使用，导致检测成本较高，单桩检测周期通常为3至7天，难以适应大规模快速检测需求。场地条件对反力桩布置与锚固系统设计的限制，也使其应用场景受到一定约束。优化实践中，可将该技术作为控制性检测手段，与其他快速检测方法配合使用，在关键桩基或地质复杂区域重点应用，同时通过改进加载设备便携性、优化试验流程等方式降低成本、缩短周期。

## 2.2 高低应变动力检测技术

高低应变动力检测技术基于应力波传播原理，通过分析应力波在桩身的反射特征实现桩基质量评估，两类技术各具侧重又相互补充。低应变动力检测通过小型激振锤在桩顶产生脉冲波，配合高精度加速度传感器采集反射波信号，能够快速识别桩身缺陷位置与类型，操作简便、成本较低，适用于大规模桩基完整性筛查。

高应变动力检测采用重锤跌落方式施加较大冲击力，通过测量桩顶力与速度响应，既能评估桩身完整性，又可推算桩基静态承载力，尤其适用于场地条件受限无法开展静载荷试验的场景。该技术对检测人员专业素养要求较高，需借助专业数据采集系统与分析软件进行信号处理。实际应用中，检测人员需充分考虑桩身材质均匀性、地质条件等因素对波传播的影响，通过规范操作减少环境噪声干扰。将高低应变技术结合使用，可实现“快速筛查+精准验证”的检测目标，提升检测结果的全面性与可靠性。

## 2.3 声波无损检测技术

声波无损检测技术凭借非破坏性优势，在大直径灌注桩检测中应用广泛，其核心原理是利用声波在不同介质中的传播特性差异判断桩身质量。检测前需在桩基浇筑过程中沿桩身周向均匀布置声测管，检测时通过发射换能器与接收换能器的同步移动，形成声波扫描剖面，记录传播时间、波幅、频率等关键参数。

该技术能够精准发现混凝土内部细微缺陷、密实度不均等问题，检测效率高且结果直观，通过数据处理可生成清晰的缺陷分布成像图。其局限性主要体现在声测管预埋增加工程成本，且检测结果易受声测管间距、垂直度影响。优化方向上，可通过改进声测管材质与安装工艺，提高其稳定性与耐久性，同时引入智能化信号分析算法，增强对复杂缺陷的识别能力，降低环境因素对检测结果的干扰。

## 2.4 钻芯取样检测技术

钻芯取样检测技术通过专业钻探设备获取桩身连续混凝土芯样，是直接反映桩基内部真实状况的重要手段。检测过程需严格控制钻进速度与水流量，避免芯样破损，确保获取高质量样本。通过对芯样的试验分析，可直接测定混凝土抗压强度，判断混凝土密实度与均匀性，准确测量桩底沉渣厚度，识别持力层岩土性质。

该技术虽属于破坏性检测，但在验证其他无损检测结果、评估桩底持力层状况等方面具有不可替代的优势。为降低对桩基性能的影响，钻孔位置需经过精准规划，取样后必须按规范进行封堵处理。实际应用中，该技术常作为可疑部位的验证手段，与声波无损检测、低应变检测等方法配合使用，形成多维度检测验证体系，提升质量评估的准确性。

## 3 桩基施工检测的全过程质量控制体系

### 3.1 检测方案精准制定

检测方案的科学性是保障检测效果的前提，方案制定需全面考量工程实际情况。技术人员需深入分析桥梁规模、结构形式、使用要求等工程特点，明确检测范围与深度；充分调研施工现场地层分布、地下水位、土质特性等地质条件，为检测方法选择提供依据。

根据检测目的区分常规质量验收与专项检测，常规验收按规范确定检测比例与方法，专项检测需增加检测密度并选用高精度技术。对于重要桥梁工程，应采用“多层次协同检测”策略，先通过低应变动力检测等快速方法进行普查，对异常部位再用声波无损检测进行精细排查，必要时辅以钻芯取样验证，实现检测效率与精度的平衡。

### 3.2 检测过程规范实施

设备管理是检测过程控制的关键环节，所有检测仪器必须定期进行校准与维护，确保传感器灵敏度、信号采集系统采样频率等关键参数符合规范要求。检测前需进行设备性能现场验证，尤其针对高精度检测项目，要确保设备在实际工况下的稳定性与可靠性。

检测人员的专业能力直接影响检测质量，相关人员需熟练掌握各类检测技术原理与设备操作方法，深入理解行业规范要求。通过定期专业培训与实践演练，提升检测人员的技术水平与应急处置能力，复杂检测项目需由经验丰富的技术人员进行指导监督。数据记录应采用电子化手段，详细记录检测环境、操作步骤、异常情况等信息，建立数据复核机制，确保原始数据的完整性、可追溯性与准确性。

### 3.3 数据分析科学严谨

数据分析是将检测数据转化为工程判断的核心环节，需综合运用统计学方法与工程经验，确保评估结果客观可靠。数据预处理阶段，需对原始数据进行筛选、异常值识别与修正，如对高低应变检测信号进行滤波处理，消除环境噪声影响；对声波检测原始波形进行标准化处理，便于横向对比分析。

根据不同检测技术特点选择适配的数理统计模型，静载荷试验数据分析可通过回归分析建立荷载-沉降关系模型，高低应

变检测则采用波动理论模型分析应力波传播特征。模型参数选择与边界条件设定需结合工程实际情况,确保贴合现场工况。发现异常数据时,需全面排查仪器设备状态、操作流程规范性、环境干扰因素等,对无法常规解释的数据,及时采取补充检测措施,通过多技术交叉验证得出最终评估结论。

#### 4 桩基检测技术的创新发展方向

##### 4.1 智能检测技术融合

智能传感器技术的发展为桩基检测带来新突破,分布式光纤传感技术能够实现桩身应力应变的连续实时监测,获取更全面的桩基受力状态数据,为性能评估提供精准支撑。无人机巡检技术可配合地面检测设备,实现对桥梁桩基周边环境与外露部分的快速排查,提高检测覆盖范围与效率。

大数据与人工智能算法的应用,让检测数据处理更加智能化。通过构建历史检测数据库,利用机器学习算法挖掘质量缺陷形成规律,能够提前预判潜在风险。智能信号分析系统可自动识别声波、应力波信号中的异常特征,提高缺陷识别的准确率与效率,减少人为判断误差。

##### 4.2 信息化管理体系构建

建立专业化桩基检测信息管理系统,实现检测全过程电子化管控,涵盖数据采集、存储、分析、报告生成等功能模块,推动检测工作标准化与规范化。系统应支持检测数据的远程传输与共享,方便建设、施工、监理等各方实时掌握检测进展,及时沟通处理质量问题。

利用系统的大数据分析功能,对不同工程、不同区域的桩基检测数据进行汇总分析,发现质量问题共性特征与区域性规律,为工程设计优化、施工工艺改进提供科学依据。信息化管理体系还可实现检测设备、人员资质、检测流程的全流程追溯,强化责任落实,推动检测质量持续提升。

##### 4.3 检测标准化与协同化

完善桩基检测标准体系,针对不同地质条件、桩型结构、工程等级,制定差异化检测技术规范,明确检测方法选择原则、操

作流程要求、质量评定标准,为检测工作提供统一依据。加强行业内技术交流与合作,推广先进检测经验与创新成果,促进检测技术水平整体提升。

推动检测技术协同化发展,打破单一技术应用局限,构建“无损检测为主、破坏性检测为辅、智能技术为支撑”的协同检测模式。通过不同技术的优势互补,实现桩基质量的全方位、多角度评估,提高检测结果的可靠性。同时,加强检测与设计、施工环节的协同配合,将检测数据及时反馈至设计优化与施工调整中,形成“设计-施工-检测”闭环管控体系。

#### 5 结语

桩基作为道路桥梁的核心承载构件,其质量直接关乎工程安全与长远运营。本文通过对主流检测技术的实践分析与体系构建,为桩基质量管控提供了系统性解决方案。随着智能技术与信息化手段的深度融合,桩基检测将朝着精准化、高效化、协同化方向持续发展。未来,需进一步完善检测标准体系,强化技术创新与跨环节协同,将检测贯穿于设计、施工全流程,以更科学的管控模式防范质量风险,为我国公路交通基础设施的高质量建设与可持续发展筑牢技术根基。

#### [参考文献]

- [1]林海波.浅析公路工程中道路桥梁桩基施工的检测技术[J].智能建筑与工程机械,2021,3(1):86-87.
- [2]张海艳.公路工程中道路桥梁的桩基检测技术分析[J].中国地名,2025(5):0205-0207.
- [3]高阳.公路工程中道路桥梁的桩基施工检测技术[J].江苏建材,2024(4):124-125.
- [4]姜显印.公路工程中道路桥梁的桩基施工检测技术解析[J].环球首映,2020(7):94-94.

#### 作者简介:

赵继学(1987--),男,甘肃人,毕业于甘肃林业职业技术学院建筑工程技术专业,中级工程师,现任职于甘肃智通科技工程检测咨询有限公司,担任试验检测师。