

公路桥梁检测质量控制与检测技术应用

文 / 周雪婷 深圳市盐田港建筑工程检测有限公司

摘要：公路桥梁是公路线路构成部分，具工程造价高、工艺复杂、质量要求更加严格等特点，加强公路桥梁试验检测，并确保检测结果客观性、真实性与准确性，更有助于保障公路桥梁工程质量可靠性及其耐久性。目前我国公路桥梁检测技术有了较大发展，技术类型明显增多，为公路桥梁检测提供了强有力的技术支持，但是公路桥梁检测质量影响因素非常多，因此本文主要分析公路桥梁检测质量控制与检测技术应用，以期促进公路桥梁检测水平全面提升。

关键词：公路桥梁检测；质量控制；检测技术应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.19.058

引言

在诸多原因促进下，现阶段的地面交通愈加繁忙，不断提升的日常交通量，对公路桥梁结构安全性与稳定性提出更大挑战，在公路桥梁工程建设过程中落实行之有效的公路桥梁检测作业，可以及时发现和处理各种问题，从而确保公路桥梁工程质量达到相关要求标准。由于传统检测技术较易出现误差，因此检测单位需要积极学习和掌握超声波检测及无线电检测等新型检测技术的具体应用，并多方面探讨加强公路桥梁工程检测质量控制的有效策略，以便保证公路桥梁检测作业高质量完成。

一、公路桥梁检测质量控制的意义

公路桥梁工程在进行施工时，会有各种因素影响公路桥梁的功能，不利于公路桥梁的后期运营，这些因素包括工程设计、施工工序、材料的选择以及后期养护等。因此，在进行建设时，业主方、建设方以及施工方都需要引起重视，需要积极的配合各方工作，检测施工过程中存在的质量问题，但是会由于检测工作量较大，如果仍然使用传统的检测方法，检测效率较低、并且无法达到理想的效果，获得的检测结果的准确性也不能得到保障。目前，公路桥梁检测方法比较落后，没有形成完善的质量检测体系，不能发现施工过程中出现的潜伏性以及隐蔽性的问题。如果不能够及时的处理这些问题，就可能致使后期运行的风险增加，导致施工的成本上升，增加了维修的工作量，损害了公路桥梁工程的效益，也容易发生交通事故。正因如此，参与建设的各个单位需要认识到先进检测技术的重要性，引进先进的检测方法技术，对于公路桥梁工程中可应用的技术，包括低应变检测技术、静载荷试验检测技术以及声波透射检测技术

等，需要提升目前的检测水平，提高公路桥梁工程质量控制的效果。

二、公路桥梁工程检测技术的应用

(一) 超声波检测技术

超声波检测技术作为一种先进的无损检测技术，在公路桥梁工程质量检测中得到了广泛的应用。该技术利用高频声波穿透被检测物体，通过分析声波反射、散射和衰减的特性，来判断物体内部的结构、缺陷和性能。在公路桥梁检测中，超声波检测技术主要用于混凝土结构的内部缺陷检测、钢筋保护层厚度测量、混凝土强度估算等方面。

具体来说，超声波检测的过程是通过在被检测构件表面耦合两个超声换能器，一个发射超声波，一个接收反射回来的超声信号。超声波在混凝土中传播时，遇到内部的空隙、裂缝等缺陷会产生反射，通过分析反射波的时间、幅度和频率特性，就可以确定缺陷的位置、大小和性质。同时，超声波在混凝土中的传播速度与混凝土的弹性模量和密度有关，通过测量超声波的传播时间，可以估算出混凝土的强度（如图1）。

在实际应用中，超声波检测需要对桥梁结构的多个位置进行扫描和测量，通常采用网格划分的方式，逐点进行检测。检测前需要对混凝土表面进行处理，使其平整光滑，并涂抹耦合剂以利于超声信号的传播。检测过程中要注意保持换能器与混凝土表面的良好耦合，避免因接触不良引入误差。检测得到的数据需要进行专业的分析和处理，通过与标准值对比，综合评估构件的质量状况。

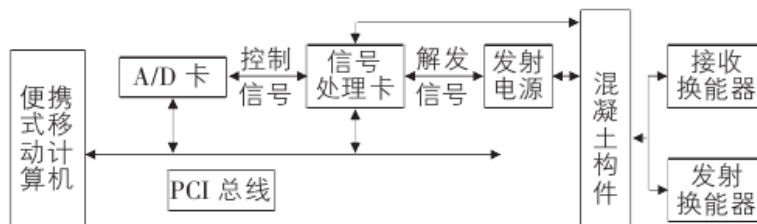


图1 超声波检测技术的原理示意图

（二）无线电检测技术

无线电检测技术的优势在于能够判断出公路桥梁结构中存在的损伤位置以及损伤的程度，能够快速地排查公路桥梁工程中的安全隐患，主要包括射线检测和电磁检测两种。射线检测利用 X 射线或 γ 射线穿透钢结构，在底片上呈现内部的缺陷影像，可以发现焊缝气孔、夹渣、未焊透等缺陷。电磁检测则利用电磁感应原理，通过向钢结构表面施加交变磁场，检测漏磁信号的变化，可以发现表面和近表面的裂纹、折叠等缺陷。与射线检测相比，电磁检测对缺陷的定位更加准确，同时避免了射线的辐射危害。

在桥梁检测中，无线电检测一般采用便携式设备，现场对关键部位进行逐一扫描。对于疑似损伤的部位，还需要进一步的清理和表面处理，以提高检测的灵敏度和可靠性。检测结果通过专用软件进行分析，可以直观地显示缺陷的位置、长度和深度等关键参数，为评估钢结构的受损程度提供量化依据。

无线电检测技术的优势在于，它能够快速、准确地发现钢结构的各类损伤，特别是一些肉眼难以观察到的内在缺陷。通过对关键部位的重点检测和长期监测，可以及时掌握钢结构的健康状态，预警安全隐患。这对于制定桥梁维修加固方案，延长桥梁使用寿命具有重要意义。同时，无线电检测设备操作简便、检测效率高，可以实现桥梁的常态化检测，减少人工检测的劳动强度和安全风险。

（三）光纤传感技术

目前，光纤传感技术获得了快速的发展，该技术的原理是通过将某些外部的物理量转换成能够被设备检测到的光信息，这些信息能够由光纤传感器装置接收，能够获得被检测的物体状态数据。光纤传感器的核心是敏感元件，它可以对外界的应变、温度、振动等物理量产生响应，引起光信号的调制。常用的敏感元件有光栅、法布里-珀罗腔、微弯曲等结构。当桥梁受力变形时，粘贴在关键部位的光纤传感器会产生应变，导致光栅周期或腔长的改变，进而引起反射光谱的波长漂移或强度变化。通过解调光谱信号，就可以实现应变的高灵敏检测。

光纤传感技术的一大优势在于，光纤本身具有良好的物理化学特性。它质地轻盈、抗电磁干扰、耐高温、耐腐蚀，且电绝缘性能优异。这使得光纤传感器可以长期稳定地工作在恶劣的桥梁环境中，不受温度、湿度、电磁等因素的影响。同时，光纤传输损耗低，一根光缆可以串联多个传感器，实现大范围、多点分布式监测，大大简化了桥梁的布线和施工难度。

在实际应用中，光纤传感器常被集成到桥梁的关键构件中，如主梁、桥墩、桥面等。通过对不同监测点的

数据进行采集和分析，可以实时掌握桥梁各部位的受力状态和变形规律。一旦发现异常数据，如应变突变、振动加剧等，就预示着桥梁可能存在损伤或超载风险，需要及时预警和处置。此外，光纤传感监测数据经过长期积累，可以建立桥梁的健康档案和评估模型，为桥梁的日常养护和决策管理提供科学依据。

（四）探地雷达检测技术

在公路桥梁的病害检测中，路面下的空洞、脱空等内部缺陷一直是难点所在。这类缺陷肉眼难辨，对交通安全威胁极大，一旦发展成塌陷将造成重大事故。针对这一难题，探地雷达检测技术应运而生。作为一种电磁波无损检测方法，探地雷达凭借其独特的穿透性和成像能力，在桥面病害检测中大放异彩。

探地雷达的工作原理是向地下发射高频电磁脉冲，并接收由地下介质反射回来的信号。不同物质的电磁特性差异会引起反射信号的变化，通过分析反射信号的时间、幅度和波形特征，就可以判断地下介质的种类和状态（如图 2）。在桥面检测中，当雷达波遇到空洞、脱空等低密度异常体时，会产生明显的反射波，在雷达图像上呈现出特征性的高亮区，据此可以确定缺陷的平面位置和埋深。

探地雷达检测的过程通常是用车载或手推式天线阵列，沿桥面纵横方向连续扫描。超宽带天线辐射的电磁波穿透桥面，在空洞等缺陷处反射回来，接收天线捕获反射信号并传输到控制器进行处理。随着天线的移动，一系列的雷达剖面图被连续记录下来，最终合成三维立体的雷达图像。这种图像直观形象，可以清晰显示桥面下方的缺陷分布和规模。

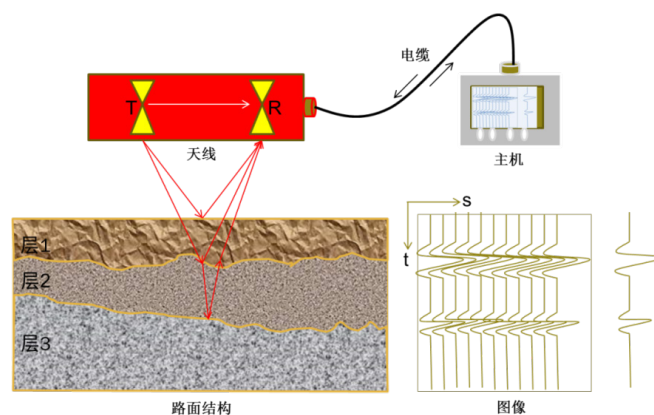


图 2 探地雷达组成及原理示意图

三、公路桥梁工程检测质量管控的措施

（一）优化公路桥梁工程检测质量的措施

1. 确定质量检测周期

在对公路桥梁的质量进行检测时，为了能够提高工程质量的控制效果，在测量时需要根据实际情况进行调整。首先是桥梁所处路段的交通状况，包括车流量、车

辆超载率、交通事故频次等,交通越繁忙、超载越严重的路段,检测周期就应该相应缩短。其次是桥梁自身的技术状况,如桥龄、荷载等级、已知病害类型和严重程度等,对于老旧桥梁、重载桥梁以及存在明显病害的桥梁,需要加密检测频次。此外还要考虑环境气候、施工工艺、材料性能等其他影响因素,针对性地制定差异化的检测计划。一般公路桥梁的检测周期为三年一次。新建公路桥梁投入使用后,一年时间内需要进行一次全面的检测。在进行检测时,需要根据公路桥梁构件、性能、材料等的不同,制定合适的检测周期,以提高质量控制水平。

2. 控制公路桥梁施工检测质量

公路桥梁投入运营后的许多问题,大多是由于施工过程中存在的缺陷以及问题所导致的。因此,在进行公路桥梁施工时必须对施工现场的质量进行控制,采用有效的技术检测措施,提高建设施工的安全性。施工质量检测贯穿于桥梁建设的全过程,从原材料进场、构件预制、现场安装到工序验收,每一个环节都要做到严把质量关。施工前,要对原材料进行抽样检测,确保水泥、钢筋、砂石等关键材料的强度、含量等指标满足设计要求。在构件预制阶段,要重点控制混凝土配合比、浇筑工艺、养护条件等因素,避免出现蜂窝、裂缝等缺陷。现场施工时,要加强对关键工序的旁站检查,如钢筋绑扎、模板支设、混凝土浇筑等,发现问题及时整改。

对于影响桥梁安全的重要环节和隐蔽工程,要由监理工程师和质检员共同实施专项检查,形成闭环管理。比如桥梁的基础施工,要严格控制桩位偏差、桩身完整性等指标,并通过低应变反射波法等无损检测手段进行验收。而对于先张法预应力施工,要重点检测张拉应力、锚具位置等数据,确保体外预应力符合设计要求。

3. 使用先进的试验检测仪器

在进行公路桥梁的质量检测控制时,需要使用相关的设备、仪器进行检测。需要充分的分析该工程项目的特点,选择合适的仪器和设备,并且使用的仪器和设备必须满足国家标准的要求。对于投入使用的设备,需要定期进行检查和维护,如果检测设备不合格,需要立即停止使用。每台仪器都需要制定该设备的档案信息,并制定合适的养护措施,使操作人员能够严格的执行进行设备的检测。先进的试验检测仪器还要与信息化管理手段相结合。通过在检测设备上配置传感器、数据采集器等物联网元件,实现检测数据的自动采集、无线传输和云端存储,减少人工录入误差。对海量检测数据进行分类、挖掘、分析,建立桥梁质量评估模型和预警体系,实现质量问题的早发现、早预警、早处置。

(二) 根据检测成果进行全面质量控制

1. 制定完善的责任监察制度

为了使公路桥梁线路顺利的投入使用,要对公路桥梁的施工过程进行全面的检查,并做好技术的监督工作。公路桥梁工程正式施工之前,需要对待施工的区域的地形进行勘察,并编制出完善的施工方案,为后续的施工工作打好基础。但是目前存在部分施工单位并没有发挥施工规范的约束作用,使工程容易出现质量问题,导致公路桥梁无法顺利的投入使用。因此,需要重点对公路桥梁的质量进行检测,并配合相关部门的定期检查,建立完善的施工制度以及规范,指导施工人员的施工,并落实责任制,划分明确的分工。另外,在抽查控制单元时,需要严格地按照事前、事中、事后三个环节进行。

2. 施工全过程的质量控制

在对公路桥梁工程进行检测时,施工单位除了需要自行进行检查以外,还需要接受政府部门以及监理部门的监督和管理,按照检测的要求以及监督管理机制进行,这样才能够获取准确的质量检测结果。对于公路桥梁在施工过程中遇到的问题,能够及时地采取有效的控制措施,加强质量控制的效果。施工单位需要在工程的实际情况出发,制定系统的质量检测制度以及质量检测要求,实现施工全过程的质量控制,提高施工质量控制的效果。需要高度重视道路桥梁的监管工作,制定完善的道路桥梁质量监控管理体系。需要根据道路桥梁的不同特点,将公路桥梁的部件按照重要性进行划分,可以划分为核心部件、重要部件以及普通部件。最后,需要根据获取的检测结果,制定合理的公路桥梁养护对策,确保公路桥梁的质量。

结语

总之开展公路桥梁工程检测,可以为公路桥梁施工质量管理与控制提供参考依据,在提高施工质量等方面能够发挥重要作用,所以必须确保检测数据的客观性、全面性、真实性与准确性,为了做到以上要求,公路桥梁工程检测单位很有必要详细分析掌握各种先进检测技术的优缺点及具体运用,并落实科学有效的公路桥梁工程检测质量管控措施。

参考文献

- [1] 戴文远. 新时期公路桥梁检测质量控制与检测技术应用实践分析[J]. 工程技术:文摘版, 2016, 000(002): 00173-00173.
- [2] 孟令强. 公路桥梁检测质量控制与检测技术应用分析[J]. 城市建设理论研究:电子版, 2015, 000(019): 516-517.
- [3] 李伟. 公路桥梁检测质量控制与检测技术应用分析[J]. 引文版: 工程技术, 2016, 000(005): P. 144-144.