

无损检测技术在公路桥梁中的应用研究

刘雨田

中国水电建设集团十五工程局有限公司 陕西 西安 710000

摘要: 本文聚焦无损检测技术在公路桥梁中的应用。首先阐述其核心内涵与科学性、全面性、经济性三大应用原则。接着介绍超声波、回弹法、雷达等常用技术及应用要点,分析其在桥面铺装、主梁、桥墩与桥台等不同结构部位的具体应用。随后指出应用中存在检测技术有局限、人员水平参差、环境干扰大等问题,并提出多种技术融合、加强人员培训、优化检测环境等针对性解决措施,为公路桥梁无损检测工作提供参考。

关键词: 无损检测技术;公路桥梁;结构检测;结构评估;应用研究

引言:公路桥梁作为交通基础设施的关键组成部分,其结构安全与耐久性直接关系到交通运输的顺畅与安全。无损检测技术凭借其非破坏性、高效性等优势,在公路桥梁检测领域得到广泛应用。然而,不同无损检测技术有各自应用范围与局限,检测人员专业水平参差不齐,检测环境复杂多变,都给检测工作带来挑战。深入探究无损检测技术在公路桥梁中的应用,分析存在的问题并提出解决措施,对于保障公路桥梁结构安全、提升检测工作质量具有重要意义。

1 无损检测技术的核心内涵与应用原则

无损检测技术作为公路桥梁检测领域的关键技术手段,有着严谨且专业的内涵。它明确要求在不破坏被检测对象结构完整性、不干扰其正常使用性能的严格条件下,综合运用物理、化学等多学科相关方法,对被检测对象的内部结构、材料性能以及损伤情况展开全面且深入的检测、分析与评估。这一系列技术构成了一个有机整体,其核心特征“非破坏性”具有重大意义。它使得在不影响桥梁结构原有力学性能和功能的前提下,能够精准识别结构损伤的位置、类型和程度,并通过量化分析,为桥梁结构的科学维护与高效管理提供坚实可靠的数据支撑,是保障公路桥梁长期安全运行的重要技术保障^[1]。

在公路桥梁检测实践过程中,无损检测技术的应用必须严格遵循三大核心原则。科学性原则是基础,要求检测人员依据桥梁的结构类型,如常见的梁式桥、拱式桥、悬索桥等,以及材料特性,像混凝土、钢材等不同材料的物理和化学性质,还有使用年限等关键因素,精心挑选适配的检测技术和制定合理的检测方案。只有如此,才能确保检测数据真实、准确、可靠,为后续的分析决策提供正确依据。全面性原则强调检测范围要全面覆盖桥梁的关键结构部位,涵盖主梁、桥墩、桥台、桥面铺装、支座等各个部分,杜绝出现任何检测盲区,从而

确保对桥梁整体状况有完整、清晰的了解。经济性原则则是在保证检测精度和效果的基础上,合理规划检测技术与流程,通过优化资源配置、提高检测效率等方式,有效控制检测成本,实现检测工作性价比的最大化,为公路桥梁检测工作的可持续发展提供有力支持。

2 公路桥梁中常用的无损检测技术及应用要点

2.1 超声波检测技术的应用要点

超声波检测技术是基于超声波的传播特性,通过向被检测对象发射超声波,利用超声波在不同介质、不同结构中的反射、折射、衰减规律,来判断结构内部损伤情况的一种检测技术。该技术具有检测精度高、检测速度快、操作便捷、成本较低等优势,主要应用于公路桥梁的混凝土结构、钢结构检测中,重点检测结构内部的裂缝、孔洞、夹层、混凝土密实度、钢结构焊缝缺陷等^[2]。

在应用过程中,需注意两个核心要点。(1)检测前的准备工作,需对检测仪器进行校准,确保仪器的检测精度,同时清理检测表面,去除表面的灰尘、油污、疏松层等,保证超声波能够顺利传入结构内部;(2)检测过程中的操作控制,需合理选择超声波探头的频率与尺寸,根据被检测结构的厚度与材料特性,调整探头的耦合剂,确保探头与检测表面的良好耦合,避免因耦合不良导致检测数据失真。(3)在检测混凝土结构时,需避开钢筋密集区域,减少钢筋对超声波传播的干扰,提高检测结果的准确性。

2.2 回弹法检测技术的应用要点

回弹法检测技术是基于混凝土的回弹值与抗压强度之间的相关性,通过回弹仪测量混凝土表面的回弹值,结合混凝土的碳化深度,来推算混凝土抗压强度的一种检测技术。该技术操作简单、便携性强、检测成本极低,无需复杂的检测设备与检测流程,主要应用于公路桥梁混凝土结构的强度检测,包括主梁、桥墩、桥台、盖梁等混

凝土构件的强度评估。

其应用要点主要包括三个方面。(1) 回弹仪的选择与校准, 需根据混凝土结构的强度等级, 选择合适量程的回弹仪, 检测前需对回弹仪进行标准校准, 确保回弹值的测量精度; (2) 检测点的布置, 检测点需均匀分布在被检测构件的表面, 避开构件的棱角、裂缝、蜂窝、麻面等缺陷部位, 同时避开钢筋外露区域, 每个检测构件的检测点数量需满足相关检测要求, 确保检测数据的代表性; (3) 碳化深度的测量, 回弹值测量完成后, 需在检测点处钻取混凝土芯样, 测量混凝土的碳化深度, 结合回弹值, 通过相关计算公式, 推算出混凝土的抗压强度, 避免仅通过回弹值推算强度导致的误差。

2.3 雷达检测技术的应用要点

雷达检测技术是利用电磁波的传播特性, 通过雷达天线向被检测对象发射高频电磁波, 电磁波在结构内部传播过程中, 遇到不同介质界面或损伤部位时会发生反射, 通过接收反射电磁波的信号, 分析信号的幅值、相位、传播时间等参数, 来判断结构内部的损伤情况与介质分布的一种检测技术。该技术具有检测速度快、检测范围广、可实现连续检测、无接触检测等优势, 主要应用于公路桥梁的桥面铺装、路面基层、混凝土结构内部缺陷的检测。

应用过程中的核心要点的包括两个方面。(1) 检测参数的调整, 需根据被检测结构的材料特性、厚度, 合理调整雷达的发射频率与检测速度, 频率越高, 检测精度越高, 但检测深度越浅, 反之, 频率越低, 检测深度越深, 但检测精度越低, 需根据实际检测需求进行平衡; (2) 检测数据的分析, 雷达检测会产生大量的检测数据, 需通过专业的数据分析软件, 对反射电磁波信号进行处理与分析, 区分正常结构信号与损伤信号, 避免将结构内部的正常构造误判为损伤, 同时准确识别损伤的位置、大小与形态。

3 无损检测技术在公路桥梁不同结构部位的具体应用

3.1 桥面铺装的无损检测应用

桥面铺装是公路桥梁的表层结构, 直接承受车辆荷载的冲击与摩擦, 同时受环境因素的影响较大, 易出现裂缝、松散、剥落、积水、层间剥离等损伤, 影响桥梁的通行舒适性与结构安全性。针对桥面铺装的检测, 主要采用雷达检测技术与红外热成像检测技术。雷达检测技术可快速检测桥面铺装的厚度、密实度, 以及内部的裂缝、空洞、层间剥离等损伤, 检测过程中无需封闭交通, 可实现连续检测, 大幅提高检测效率。红外热成像检测技术则基于不同介质的热传导特性, 通过检测桥面

铺装表面的温度分布, 识别桥面铺装的积水、层间剥离等损伤, 因为积水与正常铺装材料的热传导系数不同, 层间剥离部位会形成热阻隔, 导致表面温度与周边区域存在差异, 通过红外热成像仪可清晰呈现这种温度差异, 从而精准定位损伤位置^[3]。

3.2 主梁结构的无损检测应用

主梁是公路桥梁的核心承重结构, 承担着车辆荷载与自身重量的传递任务, 其结构完整性直接决定桥梁的承载能力, 主梁易出现的损伤主要包括混凝土裂缝、钢筋锈蚀、混凝土碳化、钢结构焊缝缺陷、结构变形等。针对主梁结构的检测, 需结合多种无损检测技术, 实现全面检测。对于混凝土主梁, 主要采用超声波检测技术与回弹法检测技术, 超声波检测技术用于检测主梁内部的裂缝、孔洞、夹层等缺陷, 回弹法检测技术用于评估主梁混凝土的抗压强度, 同时可结合碳化深度测量, 全面了解混凝土的老化程度; 对于钢筋混凝土主梁, 可采用雷达检测技术检测钢筋的分布、间距与保护层厚度, 判断钢筋是否存在外露、锈蚀等情况; 对于钢结构主梁, 主要采用超声波检测技术检测焊缝缺陷, 包括裂纹、未焊透、夹渣等, 确保焊缝的连接强度, 同时可采用红外热成像检测技术检测钢结构的锈蚀情况。

3.3 桥墩与桥台的无损检测应用

桥墩与桥台是公路桥梁的支撑结构, 承担着主梁传递的荷载, 并将荷载传递至地基, 其稳定性直接影响桥梁的整体安全性, 桥墩与桥台易出现的损伤主要包括混凝土裂缝、混凝土风化、钢筋锈蚀、结构倾斜、基础沉降等。针对桥墩与桥台的检测, 主要采用超声波检测技术、回弹法检测技术与红外热成像检测技术。超声波检测技术用于检测桥墩、桥台内部的裂缝、孔洞、混凝土密实度等缺陷, 尤其是桥墩的水下部位, 可采用水下超声波探头, 实现水下无损检测; 回弹法检测技术用于评估桥墩、桥台混凝土的抗压强度, 判断混凝土的老化与风化程度; 红外热成像检测技术用于检测桥墩、桥台表面的裂缝与钢筋锈蚀情况, 钢筋锈蚀会产生热量, 导致锈蚀部位表面温度高于周边区域, 通过红外热成像仪可精准识别; 对于桥墩与桥台的倾斜与基础沉降, 可结合位移检测仪器, 实现对结构变形的精准检测。

4 无损检测技术在公路桥梁应用中存在的问题及解决措施

4.1 存在的主要问题

(1) 检测技术的局限性问题, 不同的无损检测技术具有不同的应用范围与检测优势, 同时也存在一定的局限性, 例如回弹法检测技术受混凝土表面状态、碳化深

度的影响较大,检测精度有限;雷达检测技术受结构材料、环境干扰的影响较大,易出现误判。单一的检测技术难以实现对桥梁结构的全面、精准检测,若检测技术选择不当,会影响检测效果。(2)检测人员的专业水平参差不齐,无损检测技术的应用需要检测人员具备扎实的专业知识,熟悉不同检测技术的原理、操作要点与数据分析方法,同时具备丰富的实践经验,能够准确识别检测数据中的异常信号,判断结构损伤情况。目前,部分检测人员的专业知识不足、实践经验欠缺,易出现操作不规范、数据分析不准确等问题,影响检测数据的可靠性。(3)检测环境的干扰问题,公路桥梁的检测环境较为复杂,受车辆通行、天气条件、环境温度等因素的干扰较大,例如车辆通行产生的振动会影响检测仪器的稳定性,雨天、高温、低温等天气条件会影响检测技术的检测效果,环境中的电磁干扰会影响雷达检测技术、超声波检测技术的信号传输,导致检测数据失真^[4]。

4.2 针对性的解决措施

针对检测技术的局限性,需采用多种检测技术融合应用的方式,结合桥梁结构的特点与检测需求,选择两种或多种适配的检测技术,相互补充、相互验证,提高检测的全面性与精准性。例如,在混凝土主梁检测中,可将回弹法检测技术与超声波检测技术结合使用,利用回弹法快速测量混凝土强度,利用超声波检测技术检测混凝土内部缺陷,结合两种检测结果,实现对混凝土结构的全面评估。针对检测人员专业水平参差不齐的问题,需加强对检测人员的培训与管理,建立完善的培训体系,定期组织检测人员参加专业培训,重点培训检测技术的原理、操作规范、数据分析方法等内容,同时开展实践教学,提高检测人员的实践操作能力与数据分析能力。此外,可建立检测人员考核机制,对检测人员的专业水平进行定期考核,考核合格后方可开展检测工作,确保检测人员的专业素养满足检测需求。

4.3 检测环境干扰的应对措施

为有效应对检测环境干扰,需从多方面采取针对性举

措。在时间与流程规划上,要精准把握车辆通行规律,合理避开高峰时段,同时在检测区域显著位置设置警示标志,明确提示过往车辆,最大程度降低车辆通行对检测工作的干扰。天气因素也不容忽视,应依据天气预报,提前规划检测工作安排,尽量避开雨天、高温、低温等恶劣天气。若因特殊情况必须在特殊天气下检测,要为检测仪器配备防雨罩、隔热或保暖装置等防护措施,保障仪器稳定运行,确保检测效果^[5]。选用抗干扰性能卓越的检测仪器,并依据现场环境特点优化检测参数,削弱环境干扰对检测信号的影响,提升检测数据的可靠性。此外,检测前要对检测环境展开全面细致排查,及时清理可能产生干扰的杂物、障碍物等,为检测工作营造良好的环境条件。

结束语

无损检测技术在公路桥梁检测中发挥着不可替代的关键作用。尽管当前应用面临检测技术局限、人员水平差异、环境干扰等诸多问题,但通过多种检测技术融合、强化人员培训管理以及有效应对环境干扰等针对性措施,可显著提升检测的全面性、精准性与可靠性。未来,随着科技的不断进步,无损检测技术将持续创新发展,为公路桥梁的结构安全评估与维护管理提供更有力的技术支持,保障公路桥梁长期稳定运行,助力交通事业高质量发展。

参考文献

- [1]张永红.无损检测技术在公路桥梁检测中的应用[J].交通世界,2024,(Z1):229-231.
- [2]胡少峰.高精度无损检测技术在高速公路桥梁施工中的应用[J].中阿科技论坛(中英文),2024,(10):79-83.
- [3]贺昌波.基于超声波的公路桥梁工程混凝土施工无损检测技术[J].交通世界,2024,(14):176-178.
- [4]迟嘉陵.无损检测技术在道路桥梁试验检测中的应用分析[J].运输经理世界,2024,(04):100-102.
- [5]钱锋.无损检测技术在公路桥梁裂缝判定中的应用研究[J].建筑技术开发,2023,50(01):117-120.