

公路试验检测中无损检测技术的应用与发展

张 媛

内蒙古自治区交通运输科学发展研究院 内蒙古 呼和浩特 010051

摘 要：公路试验检测中，无损检测技术以其非破坏性、高效性和精确性成为保障公路工程质量的重要手段。本文综述了超声波检测、光纤传感检测、探地雷达检测和图像检测等无损检测技术在公路试验检测中的应用案例，分析这些技术如何有效监测公路结构的状态、识别潜在缺陷，并讨论无损检测技术的发展趋势，包括技术融合、智能化和高效化。无损检测技术的应用不仅提高公路工程的检测效率和准确性，还为公路的维护和管理提供科学依据。

关键词：公路试验检测；无损检测技术；发展

1 无损检测技术在公路试验检测中的必要性

无损检测技术在公路试验检测中的必要性不容忽视。随着公路建设的快速发展，确保公路结构的安全性、耐久性和行驶舒适性成为了至关重要的任务。传统的检测方法往往需要破坏公路结构的一部分来进行取样和分析，这不仅耗时费力，还可能对公路的正常使用造成不便甚至损害。相比之下，无损检测技术能够在不破坏公路结构的前提下，对公路的质量、缺陷和损伤进行准确、快速的检测。无损检测技术通过利用声波、电磁波、红外线等物理手段，对公路材料内部的缺陷和损伤进行探测和评估。这些技术具有高度的灵敏度和准确性，能够发现传统检测方法难以察觉的微小缺陷。无损检测技术还能够实时监测公路的使用状态，及时发现潜在的安全隐患，为公路的维护和保养提供科学依据。在公路试验检测中，无损检测技术的应用范围广泛，它可以用于检测公路路面的平整度、压实度、强度等关键指标，确保路面的质量符合设计要求。无损检测技术还可以用于检测公路桥梁、隧道等结构的完整性和稳定性，及时发现并处理潜在的安全风险。

2 无损检测技术在公路试验检测中的应用优势

2.1 不破坏结构完整性

无损检测技术在公路试验检测中的首要应用优势在于其不破坏结构的完整性，这一点对于公路的长期维护和运营至关重要。传统的检测方法往往需要取样分析，这往往意味着要对公路进行一定程度的破坏，不仅增加修复成本，还可能对公路的结构稳定性造成不利影响^[1]。而无损检测技术则通过非侵入式的方式，如利用超声波、电磁波、红外线等物理特性，对公路材料内部的缺陷和损伤进行探测和评估，避免因检测造成的结构破坏。这种方法不仅保护公路的完整性，还确保公路在检测过程中的安全性和稳定性，使得公路能够在检测后继

续正常使用，减少因检测而带来的交通中断和不便。

2.2 检测效率高

在公路建设和维护过程中，时间往往是非常宝贵的资源。传统的检测方法通常需要较长的时间来完成，因为它们可能需要逐一检查每个可能的缺陷点，而且还需要对取样进行实验室分析。无损检测技术则能够大幅度提高检测速度。无损检测技术还可以实现实时监测，使得公路管理部门能够及时发现并处理潜在的安全隐患，避免事故的发生。这种高效率的检测方式不仅缩短工期，还提高检测工作的灵活性和响应速度，为公路的及时维护和保养提供有力支持。

2.3 准确性与可靠性强

无损检测技术在公路试验检测中的准确性和可靠性同样令人瞩目。借助先进的检测仪器和数据分析方法，无损技术能够精确测量公路材料的物理特性和内部结构状态，从而准确判断公路是否存在缺陷、损伤或老化现象。这些检测仪器通常具有高度的灵敏度和分辨率，能够捕捉到微小的变化，如材料内部的微小裂纹或缺陷。无损检测技术还能提供量化的检测结果，如缺陷的深度、位置和大小等，这些数据对于后续的维修决策至关重要。与传统的检测方法相比，无损检测技术具有更高的准确性和可靠性，能够更准确地评估公路的实际状况，为公路管理部门提供更准确的决策依据，确保公路的长期安全运行。

3 无损检测技术在公路试验检测中的应用

3.1 超声波检测技术

超声波检测技术是一种基于超声波在材料中传播特性的无损检测方法，它通过向被测材料发射超声波，并接收和分析反射回来的超声波信号，来判断材料的内部结构和缺陷情况。在公路试验中，超声波检测技术主要应用于公路路面和桥梁结构的检测。对于公路路面，

超声波检测技术可以检测路面的厚度、层间粘结情况以及是否存在空洞或裂缝等缺陷。通过将超声波传感器放置在路面上,并发射超声波信号,这些信号会穿透路面各层,并在遇到不同材料界面或缺陷时发生反射。通过分析反射信号的强度和时间差,可以精确测量路面的厚度,并判断各层之间的粘结是否良好。如果存在空洞或裂缝等缺陷,超声波信号在缺陷处会发生明显的反射和散射,从而可以准确识别缺陷的位置和大小^[2]。在桥梁结构检测中,超声波检测技术同样发挥着重要作用,桥梁作为公路的重要组成部分,其结构安全性直接关系到公路的通行能力和安全性。超声波检测技术可以检测桥梁的混凝土内部是否存在空洞、裂缝或腐蚀等缺陷,以及钢筋的锈蚀程度和位置。通过将超声波传感器固定在桥梁表面,并向内部发射超声波信号,可以接收到来自混凝土内部和钢筋的反射信号。通过分析这些信号的频率、振幅和相位等特征参数,可以判断桥梁结构的内部健康状况,及时发现潜在的安全隐患。

3.2 光纤传感检测技术

光纤传感技术利用光纤作为传输介质,通过测量光纤中光信号的强度、相位、频率等参数的变化,来检测被测对象的物理或化学变化。对于公路结构的应变监测,光纤传感技术可以实时监测桥梁、隧道等结构的应力分布情况,及时发现结构受力异常或疲劳损伤等问题。通过将光纤传感器嵌入到结构内部或粘贴在结构表面,可以测量结构在荷载作用下的应变变化。这些应变数据可以用于评估结构的承载能力和安全性,为结构的维护和管理提供科学依据。光纤传感技术还可以用于监测公路结构的温度和湿度变化,温度和湿度是影响公路结构性能和耐久性的重要因素。通过将光纤传感器布置在公路结构的关键部位,可以实时监测结构内部的温度和湿度变化,及时发现异常情况并采取相应的维护措施。光纤传感检测技术具有灵敏度高、抗干扰能力强、传输距离远等优点,在公路试验检测中发挥着重要作用。

3.3 探地雷达检测技术

在公路试验检测中,探地雷达检测技术主要应用于公路路基和地下管线的检测。对于公路路基的检测,探地雷达技术可以探测路基的分层结构、含水量、压实度等参数,以及是否存在空洞、裂缝或软弱夹层等缺陷。通过将探地雷达天线放置在路面上,并向地下发射电磁波信号,这些信号会在遇到不同介质界面时发生反射。通过分析反射信号的强度、频率和相位等特征参数,可以判断路基的结构组成和健康状况。在地下管线检测中,探地雷达技术同样发挥着重要作用。地下管线是公

路基础设施的重要组成部分,其位置和走向对于公路的施工和维护至关重要。探地雷达技术可以精确探测地下管线的位置、深度和走向,以及是否存在破损或泄漏等问题。通过将探地雷达天线在地面移动,并接收反射回来的电磁波信号,可以绘制出地下管线的三维图像,为管线的维护和管理提供科学依据。

3.4 图像检测技术

图像检测技术是一种基于图像处理和计算机视觉技术的无损检测方法,它通过拍摄被测对象的图像,并利用图像处理算法对图像进行分析和处理,来检测被测对象的缺陷和异常情况。对于公路路面的检测,图像检测技术可以检测路面的裂缝、坑洼、磨损等缺陷。通过将高清摄像头安装在车辆上,对公路路面进行拍摄,并利用图像处理算法对图像进行分析和处理,可以自动识别出路面的缺陷位置和类型。这些缺陷数据可以用于评估路面的质量状况,为路面的维修和保养提供科学依据。在交通标志检测中,图像检测技术同样发挥着重要作用。交通标志是公路交通安全的重要组成部分,其完整性和清晰度直接关系到交通流的安全性和效率。图像检测技术可以自动检测交通标志的存在、位置和清晰度等参数,及时发现交通标志的损坏或遮挡等问题。通过将摄像头对准交通标志进行拍摄,并利用图像处理算法对图像进行分析和处理,可以自动识别和判断交通标志的状态,为交通管理和维护提供有力支持^[3]。

4 无损检测技术在公路试验检测中的应用案例分析

4.1 案例一

在高速公路建设工程中,无损检测技术发挥了至关重要的作用。以某新建高速公路项目为例,该项目全长数十公里,涉及多种复杂地质条件和施工技术。为了确保工程质量,项目团队采用了多种无损检测技术进行全程监控。在路基施工过程中,项目团队利用探地雷达技术对路基的分层结构和压实度进行了无损检测。通过在地表布置探地雷达天线,并向地下发射高频电磁波,成功获取了路基内部的结构信息和压实度数据。这些数据为项目团队提供实时的路基质量反馈,帮助他们及时调整施工工艺和参数,确保路基的稳定性和耐久性。在路面施工过程中,项目团队采用超声波检测技术和图像检测技术对路面的厚度、平整度和裂缝等关键指标进行无损检测。超声波检测技术通过向路面发射超声波信号,并接收反射回来的信号,成功测量路面的厚度和内部缺陷情况。而图像检测技术则通过拍摄路面图像,并利用图像处理算法对图像进行自动分析和处理,准确识别路面的裂缝和坑洼等缺陷。这些检测数据为项目团队提供

了精确的路面质量信息,帮助他们及时采取维修和保养措施,确保路面的平整度和行车安全性。项目团队还利用光纤传感技术对高速公路沿线的温度和湿度进行实时监测。通过布置光纤传感器,项目团队能够实时获取公路沿线的温度和湿度数据,为公路的维护和管理提供了科学依据。

4.2 案例二

在桥梁工程中,无损检测技术同样发挥着重要作用。以某大型跨江桥梁为例,该桥梁结构复杂,施工难度大,对工程质量的要求极高。为了确保桥梁的安全性和耐久性,项目团队采用多种无损检测技术进行全程监控。在桥梁施工阶段,项目团队利用超声波检测技术和磁粉检测技术对桥梁的焊缝和钢板等关键部位进行无损检测。超声波检测技术通过向焊缝和钢板发射超声波信号,并接收反射回来的信号,成功测量了焊缝的质量和钢板的厚度等参数。而磁粉检测技术则通过在焊缝表面施加磁场,并利用磁粉显示焊缝表面的缺陷情况。这些检测数据为项目团队提供了精确的焊缝质量信息,帮助他们及时发现焊缝缺陷并采取相应措施进行修复。在桥梁运营阶段,项目团队采用探地雷达技术和光纤传感技术对桥梁的结构健康状态进行实时监测。探地雷达技术通过向桥梁内部发射高频电磁波,并接收反射回来的信号,成功获取桥梁内部的结构信息和潜在缺陷情况。而光纤传感技术则通过布置光纤传感器,实时监测桥梁的应变、温度和湿度等参数,为桥梁的维护和管理提供科学依据。项目团队还利用图像检测技术对桥梁的外观进行定期检测。通过拍摄桥梁的外观图像,并利用图像处理算法对图像进行自动分析和处理,项目团队能够及时发现桥梁表面的裂缝、锈蚀和脱落等异常情况。这些检测数据为桥梁的维修和保养提供有力支持,确保桥梁的安全性和耐久性。

5 无损检测技术在公路试验检测中的发展趋势

无损检测技术在公路试验检测中的发展趋势呈现出多元化、智能化和高效化的特点。未来,无损检测技术将更加注重多种技术的融合应用。例如,将超声波检测

技术、光纤传感技术、探地雷达技术和图像检测技术等有机结合,形成一套完整的无损检测体系,实现对公路结构从表面到内部的全方位、多层次检测。这种融合应用不仅能够提高检测的准确性和可靠性,还能降低检测成本,提高检测效率^[4]。智能化是无损检测技术发展的另一大趋势,随着人工智能、大数据和云计算等技术的不断成熟,无损检测技术将更加注重数据的收集、分析和处理。通过智能化算法和模型,无损检测技术能够实现对公路结构健康状态的实时监测和预警,及时发现潜在的安全隐患,为公路的维护和管理提供科学依据。智能化技术还能提高检测人员的工作效率和安全性,降低人为因素对检测结果的影响。高效化也是无损检测技术发展的重要方向,随着公路建设的不断推进和交通流量的不断增加,对公路试验检测的要求也越来越高。无损检测技术需要不断提高检测速度和精度,以满足公路建设和维护的迫切需求。未来,无损检测技术将更加注重设备的便携性、易操作性和自动化程度,以提高检测效率和质量。

结束语

综上所述,无损检测技术在公路试验检测中发挥着不可替代的作用。随着科技的进步和公路工程需求的变化,无损检测技术将持续创新和发展。未来,有理由相信,无损检测技术将更加智能化、高效化,为公路工程质量保障提供更加强有力的支持。公路行业应紧跟技术前沿,充分利用无损检测技术的优势,推动公路工程的可持续发展。

参考文献

- [1]郭晋波.关于无损检测技术在公路工程中的应用[J].黑龙江交通科技,2023,46(02):179-181.
- [2]桂慧清.无损检测技术在公路工程中的应用及趋势[J].交通世界,2021,(36):82-83.
- [3]李晓红,刘宝泉.工程基桩无损检测技术及应用研究[J].水利与建筑工程学报,2023,16(1):14-19.
- [4]黄志华,吴坤,杨世杰,等.地电阻率法在工程基桩检测中的应用研究[J].岩土力学,2020,41(5):135-141.