

市政道路路基隐患无损检测技术对比及适用性分析

陈洪利 闫 钊

中建八局第二建设有限公司 山东 济南 250014

摘 要: 本文围绕市政道路路基隐患及无损检测技术展开。介绍了常见的路基隐患类型,包括路基沉降、路基空洞、路基含水量异常和路基压实度不足;阐述了常用无损检测技术的原理,如地质雷达检测技术、地震波反射法等;然后从技术性能、经济性和操作复杂性等方面对不同技术进行对比分析;最后从路基隐患类型、地质条件和道路场景三个维度分析了各技术的适用性,旨在为市政道路路基隐患检测提供全面的技术参考。

关键词: 市政道路;路基隐患;无损检测技术;适用性分析

1 市政道路路基常见隐患类型

1.1 路基沉降

路基沉降是市政道路常见的隐患之一。均匀沉降通常是由于地基长期受压,在自然因素作用下逐渐压实导致的,一般对道路整体结构影响相对较小,但若沉降量过大,仍可能影响道路的平整度和使用功能。不均匀沉降则更为复杂,它可能是由于地基土质不均匀、地下水位变化、施工质量控制不当等原因引起的。不均匀沉降会导致道路出现裂缝、错台等病害,严重影响道路的行车安全和舒适性,甚至可能引发交通事故。

1.2 路基空洞

路基空洞也是较为严重的隐患。地下空洞可能是由于地下管线渗漏、地下水位下降导致土体流失,或者是施工过程中回填不密实等原因形成的。松散区域则可能是由于路基填料质量不佳、压实度不足,在长期车辆荷载作用下逐渐松散形成的^[1]。路基空洞和松散区域会降低路基的承载能力,当车辆荷载作用时,可能导致路基突然塌陷,对道路和行车安全造成极大威胁。

1.3 路基含水量异常

路基含水量对路基的强度和稳定性有着重要影响。含水量过高时,土体的颗粒间结合力减弱,路基强度降低,容易出现塑性变形,导致道路沉降和变形。含水量过低时,土体变得干燥、松散,也难以保证路基的稳定性。路基含水量异常可能是由于地下水位变化、排水不畅、降雨过多等原因引起的。

1.4 路基压实度不足

路基压实度是衡量路基施工质量的重要指标。压实度不足会导致路基的孔隙率增大,土体的密实度降低,从而降低路基的承载能力和稳定性。在车辆荷载的反复作用下,压实度不足的路基容易出现沉降、变形等病害,影响道路的使用寿命。

2 常用市政道路路基隐患无损检测技术原理

2.1 地质雷达检测技术

地质雷达检测技术作为一种基于电磁波传播原理的高效无损检测方法,在市政道路路基检测领域发挥着关键作用。它借助专门的发射装置,向地下介质发射高频电磁波脉冲。这些电磁波在地下传播时,如同在复杂迷宫中穿行,一旦遇到不同电性介质的界面,就会发生反射和折射现象。反射波会携带地下介质的信息返回地面,被精心布置的接收天线捕获。技术人员通过对反射波的旅行时间、幅度和波形等关键信息展开深入分析,能够精准推断地下介质的结构和性质。凭借这一特性,该技术可有效检测出路基中的空洞、裂缝、含水量异常等隐患。而且,地质雷达检测技术具备检测速度快、分辨率高、对地下结构反映直观等诸多优点,能在短时间内获取详细的地下信息,为市政道路路基的质量评估和隐患排查提供有力支持,因而被广泛应用于市政道路路基检测工作。

2.2 地震波反射法

地震波反射法是一种巧妙利用人工激发地震波在地下介质传播特性来检测路基隐患的技术手段。在实际操作中,工作人员会在地面合理设置震源,通过特定方式激发地震波。这些地震波如同地下世界的信使,在地下介质中传播。当它们遇到不同波阻抗的界面时,就会发生反射现象,反射波随后返回地面,被灵敏的检波器接收^[2]。技术人员会对反射波的传播时间、振幅和频率等参数进行细致分析,这些参数就像隐藏着地下秘密的密码,通过解读它们,能够准确确定地下界面的位置和性质,进而检测出路基中的空洞、软弱层等隐患。地震波反射法适用于检测深度较大的路基隐患,能深入地下探查潜在问题。不过,它对检测场地的条件要求较为苛刻,需要有一定的激发和接收空间,以确保检测数据的

准确性和可靠性。

2.3 瞬态瑞雷面波法

瞬态瑞雷面波是一种独特的沿地表传播的弹性波，其传播速度与地下介质的物理力学性质紧密相连，就像一把能打开地下世界奥秘的钥匙。瞬态瑞雷面波法通过在地面巧妙激发瞬态冲击力，产生瑞雷面波。随后，利用多个检波器接收不同位置的瑞雷面波信号，这些信号如同地下介质传递的信息载体。技术人员会对接收到的瑞雷面波信号进行分析，绘制出频散曲线。通过对频散曲线的深入研究和反演，能够获取地下介质的剪切波速度剖面。这一过程就像是在为地下介质绘制一幅详细的“画像”，从而清晰了解路基的分层结构和物理力学性质，精准检测出路基的压实度、软弱层等隐患。瞬态瑞雷面波法具有检测效率高、对场地适应性强等显著优点，能在不同环境下快速完成检测任务。

2.4 电磁感应法

电磁感应法是基于电磁感应原理的一种实用无损检测方法，在市政道路路基检测中有着独特的应用价值。它通过发射装置发射交变电磁场，这个交变电磁场如同一个无形的“探测网”，当它遇到地下导体时，会在导体中产生感应电流。而感应电流又会产生二次电磁场，这个二次电磁场就像导体发出的“信号”。通过专门的接收装置接收二次电磁场信号，技术人员就能对信号进行分析，从而准确判断地下导体的位置、形状和电性特征。在市政道路路基检测中，电磁感应法主要用于检测地下金属管线、钢筋等的位置和分布情况。同时由于管线渗漏等可能会引发路基隐患，通过检测金属管线的情况，也可以间接判断路基中是否存在相关隐患，为道路的安全运行提供保障。

2.5 红外热成像技术

红外热成像技术是一项利用红外探测器接收物体表面辐射红外能量，并将其转换为可见图像的先进技术。在自然界中，物体的温度不同，其辐射的红外能量也存在差异，就像不同温度的物体散发着不同强度的“热量光芒”。红外热成像仪就像一个神奇的“温度相机”，能够直观地显示出物体表面的温度分布情况，将看不见的红外能量转化为清晰可见的图像^[3]。在市政道路路基检测中，当路基存在空洞、含水量异常等隐患时，会导致局部热传导性能发生变化，进而使表面温度出现差异。红外热成像技术能够敏锐地捕捉到这种温度差异，就像侦探发现细微线索一样，从而发现路基隐患。该技术具有非接触、快速、直观等优点，能在不接触道路的情况下快速完成检测，但它的检测结果受环境温度、光

照等因素的影响较大，在实际应用中需要综合考虑这些因素。

3 不同无损检测技术的对比分析

3.1 技术性能对比

地质雷达检测技术分辨率高，能够准确检测出微小的路基隐患，如小尺寸的空洞和裂缝，但对检测环境要求较高，电磁干扰会影响检测结果。地震波反射法检测深度大，适用于检测深层路基隐患，但分辨率相对较低，对浅层小隐患的检测能力有限。瞬态瑞雷面波法检测效率高，能够快速获取路基的物理力学性质信息，但对复杂地质条件的适应性有待提高。电磁感应法对地下金属物体的检测效果好，但只能检测导体，对非导体隐患无法检测。红外热成像技术能够直观显示温度异常区域，但受环境因素影响大，检测结果的准确性需要进一步验证。

3.2 经济性对比

地质雷达检测设备的价格相对较高，检测成本也较高，包括设备购置、维护和检测人员培训等费用。地震波反射法需要专业的震源设备和检波器，设备成本也较高，但检测效率较高，在一定程度上可以降低单位检测成本。瞬态瑞雷面波法设备成本相对较低，操作简单，检测成本较低。电磁感应法设备价格较为适中，检测成本较低。红外热成像技术设备成本因型号和性能而异，但总体来说，检测成本相对较低，不过在复杂环境下可能需要多次检测以提高准确性，从而增加成本。

3.3 操作复杂性对比

地质雷达检测技术需要专业的操作人员进行数据采集和处理，操作相对复杂，需要对检测参数进行精确设置，以保证检测结果的准确性。地震波反射法操作也较为复杂，需要合理布置震源和检波器，并且对数据采集和处理要求较高。瞬态瑞雷面波法操作相对简单，只需在地面设置检波器，激发冲击力即可进行检测，数据处理也相对容易^[4]。电磁感应法操作简便，只需将探测仪在地面移动即可检测地下金属物体。红外热成像技术操作简单，只需使用红外热成像仪对道路表面进行扫描即可获得图像，但图像分析需要一定的专业知识和经验。

4 市政道路路基隐患无损检测技术的适用性分析

4.1 基于路基隐患类型的适用性

针对路基沉降这一常见且危害较大的问题，多种无损检测技术各有其独特作用。地质雷达检测技术通过发射高频电磁波，依据反射波信息分析路基的分层结构和压实度。若某层压实度不均或结构出现异常变化，就可能预示着沉降隐患。瞬态瑞雷面波法同样能发挥作用，

它通过分析瑞雷面波的频散曲线反演地下介质信息,了解路基分层结构和压实度,进而判断沉降情况。地震波反射法在检测深层路基沉降方面表现出色,其利用人工激发地震波,通过分析反射波参数确定深层地下界面位置和性质,能精准发现深层路基沉降。对于路基空洞,地质雷达检测技术凭借对不同电性介质界面的敏感探测,可准确确定空洞位置和大小。红外热成像技术则通过检测温度异常辅助发现空洞,当空洞导致局部热传导改变,表面温度出现差异时,它就能敏锐捕捉。对于路基含水量异常,地质雷达检测技术和瞬态瑞雷面波法可通过分析介质电性和物理力学性质来推断,因为含水量变化会影响这些性质。而路基压实度不足时,瞬态瑞雷面波法和地质雷达检测技术都能有效检测,为道路维护提供依据。

4.2 基于地质条件的适用性

在不同的地质条件下,各种无损检测技术的适用性存在明显差异。在土质均匀的地基中,地质雷达检测技术、地震波反射法、瞬态瑞雷面波法、电磁感应法和红外热成像技术都能较好地发挥检测功能,获取准确的地下信息。然而,在土质复杂、存在多种介质的地区,地质雷达检测技术会受到电磁干扰,不同介质对电磁波的吸收和反射差异大,导致检测结果准确性降低。地震波反射法在岩石地层中传播效果良好,岩石的波阻抗差异明显,反射信号清晰。但在软土地区,地震波衰减较快,传播距离受限,检测深度和分辨率都会受到影响。瞬态瑞雷面波法对土质适应性较强,但在含水量变化较大的地区,含水量会影响地下介质的物理力学性质,进而使检测结果出现一定偏差。电磁感应法受地质条件影响较小,不过它主要适用于检测地下金属物体,功能相对单一。红外热成像技术在干燥、通风良好的环境下检测效果佳,能清晰显示温度差异,但在潮湿、多雾的环境中,温度差异可能被掩盖,影响检测结果的准确性。

4.3 基于道路场景的适用性

在不同的道路场景中,需要选择合适的无损检测技术以满足检测需求。在城市主干道检测时,由于交通流

量大,检测时间有限,必须选择检测效率高、操作简便的技术。瞬态瑞雷面波法检测速度快,对场地适应性强,能在短时间内获取大量数据;红外热成像技术非接触、快速直观,可迅速扫描道路表面,发现潜在隐患,二者都适合城市主干道检测^[1]。对于高速公路,其路基质量要求极高,检测精度是关键。地质雷达检测技术分辨率高,能详细了解路基内部结构;地震波反射法可检测深层路基情况,二者结合能提供更准确的检测结果,保障高速公路的安全运行。在桥梁引道等特殊路段,需要综合考虑路基和桥梁结构的检测。地质雷达检测技术可检测路基隐患,电磁感应法能检测地下管线情况,二者结合使用能全面掌握该路段的状况。在老旧道路改造检测中,道路历史情况复杂,可能存在多种隐患,单一技术难以全面了解路基状况,因此需要多种技术综合应用,从不同角度检测路基,为道路改造提供科学依据。

结束语

综上所述,市政道路路基隐患无损检测技术各有优劣。不同技术在技术性能、经济性和操作复杂性上存在差异,且基于路基隐患类型、地质条件和道路场景的适用性也不尽相同。在实际检测中,应根据具体情况合理选择检测技术,必要时综合运用多种技术,以全面、准确地检测路基隐患,保障市政道路的质量与安全,促进城市交通的顺畅运行。

参考文献

- [1]翁秀信.改性水泥碎石基层材料在市政道路中的应用研究[J].建筑机械化,2024,45(10):118-121.
- [2]林清泉.市政道路路基用土和路面基层材料试验检测探析[J].新城建科技,2024,33(07):136-138.
- [3]张尔明.公路路基路面无损检测技术研究[J].黑龙江交通科技,2021,44(02):184-185.
- [4]张新帅.市政道路无损检测技术的综合应用[J].大武汉,2023(24):281-283.
- [5]张镇,郭允海.无损检测技术在市政道路路基路面中的应用[J].模型世界,2024(23):137-139.