

城市道路路面结构层以下病害检测

文 / 张为铮 江苏南京地质工程勘察院

摘要: 道路是城市交通系统的重要组成部分,作为连接城市的交通纽带,城市道路的安全性与稳定性直接关系到城市发展与交通安全,由于城市道路每天处于高强度压力下,因而导致城市道路结构容易产生病害,影响城市道路安全性与稳定性,导致交通事故的产生几率增加。因而针对城市道路路面结构层以下的病害问题需要管理单位加以重视,运用先进检测技术定期对路面进行检测,通过检测技术探查安全隐患并及时加以处理,从而保障城市交通系统安全。

关键词: 城市道路;路面结构层;病害;检测

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.12.049

引言

随着我国城市化建设的脚步不断加快,市政道路也成为新时代衡量城市发展水平的重要指标,对于城市和居民而言,城市道路不仅直接展现城市面貌,同时也与居民的生活质量息息相关。由于城市道路每天通行车辆数量多,因而城市道路每天承受的压力非常大,如果缺少科学检测和养护就会导致城市道路路面结构出现各类病害问题,同时路面结构材料也容易出现老化、磨损等现象,进而严重影响城市道路的安全性和稳定性,导致安全隐患的产生几率增大。因而管理单位需要定期通过检测技术对城市道路进行检测,了解城市道路实际情况和潜在隐患并及时处理,从而保证城市道路稳定性,提高使用质量和安全。

一、路面结构病害检测的重要性

路面结构病害检测对于城市发展建设和交通稳定具有关键影响。近年来得益于我国经济水平的提升,我国机动车保有量持续增多,对城市道路质量提出了更高要求。部分城市道路每天承受的压力非常大,尤其对于部分交通主干道而言,如果缺乏病害检测就会导致结构层产生变形、损伤等病害问题,一旦发生坍塌、断裂等情况就会引发交通事故,对社会稳定和民生安全带来消极影响。因而需要道路管理单位提高对病害检测技术的重视和应用,定期通过检测技术对城市道路进行检修,从而保证城市道路质量达到标准要求,为城市交通安全提供更好的保障^[1]。

二、路面结构病害检测技术的主要内容

城市道路质量检测是日常维修检查的重点,通常质量检测主要针对城市道路的外观和内部缺陷进行检测,外观检测是指对城市道路各个部位的外观损坏程度进行检测,城市道路每天行驶的车辆数量多,导致城市道路长时间处于高强度压力下,行驶压力直接作用于城市道路的路面上,会导致城市道路外观出现损坏,因此需要定期对城市道路进行检测和维护,将损坏部位及时修补。除此之外检测还要对城市道路的整体形态进行检测分析,从而明确城市道路的受力情况及应力集中区域,从而对重点部位进行严格检测。路面检测内容包括路面宽度、平整度、中线偏位参数等,除此之外还要对路面的摩擦系数和路面弯沉情况进行检测。部分道路在长时间使用后路面会产生明显车辙,

尤其在冬季和夏季时段产生车辙会对路面整体平整度和结构层带来损伤,因而需要管理单位定期检查,并及时将车辙修补避免影响城市道路整体质量和结构稳定性^[2]。

而在内部缺陷检测方面,检测重点多为城市道路的内部结构腐化问题,例如混凝土裂缝、蜂窝状结构和孔洞等,内部缺陷对城市道路的安全性影响非常大,同时由于难以直接观测因而导致潜在风险高,往往难以及时检测并处理。因而需要管理单位通过无损检测技术对内部缺陷进行探查,从而在不破坏内部结构的前提下保证城市道路的应用质量。

除此之外,针对路面结构层下方路基、地基也需要进行检测,部分环境的地下水活动较为频繁,因而容易对路基产生腐蚀现象。或部分地基的承载力较弱,容易形成孔洞、裂缝影响路面稳定性,因而针对路面结构层以下区域也需要进行严格检测并及时维护。

三、城市道路路面结构层以下的常见病害

(一) 路面开裂

裂缝是路面最常见的病害之一,在路面施工阶段引发裂缝现象的主要原因多为外部因素和施工因素两种。其中外部因素包括环境温度变化过大、长时间降雨等,例如如果施工环境的气温在短时间内迅速升高或降低,就会导致路面内部产生温度应力,进而导致路面整体受力失衡引发裂缝。沥青材料由于温度变化产生疲劳现象,沥青材料自身拉伸能力减弱、松弛能力下降,进而产生裂缝现象。除此之外如果施工工艺不足,在摊铺、碾压等过程存在质量问题,或者使用沥青材料质量不达标等同样也会导致产生裂缝的几率升高,如下图1所示^[3]。



图1 路面裂缝

(二) 路面沉降

沉降现象同样是路面的常见病害之一, 沉降现象的产生原因是施工区域的整体地基稳定性不足、承载能力不够, 因而在施工后由于上层路面自身重量过大, 导致地基层无法承担巨大压力, 进而出现土壤结构损坏, 而路面就会产生不均匀沉降现象, 同时在沉降后路面产生裂缝的几率也会显著升高。除此之外, 如果施工过程中存在施工工艺不达标的情况也会导致路面沉降。例如沥青温度不够、混合材料配料不均匀、碾压次数不足等都会影响路面的平整度和强度, 进而引发沉降现象影响路面使用寿命^[4]。

(三) 路基变形

路基变形是路面结构层以下常见的病害种类, 通常引发路基变形的原因多由于路面结构层重力较大, 或每天通行车辆数量过多, 由于动荷载对路基结构施加的压力过大因而引发路基变形。不仅容易产生滑坡、坍塌等情况, 同时还会导致路基材料损坏, 导致后续返工增加维护成本。同时由于部分位置的路基结构变形, 或者路面结构层以下长时间存在大量积水。除此之外如果路基所在位置的下方土壤结构承载力不足, 例如施工土壤环境为软土地基、倾斜地基时也会导致路基结构由于长期腐蚀产生变形, 进而影响路基结构的承重能力, 在道路路面上会出现明显坑槽, 影响正常通车, 如下图 2 所示。



图 2 路面坑槽

四、城市道路路面结构层以下病害的常用检测技术

(一) 视觉检测技术

视觉检测技术在城市道路路面结构层病害检测中的应用频率较高, 得益于近年来人工智能技术与数字技术的高速发展, 路面病害检测也由传统人工检测逐渐向智能检测方向转变。视觉检测技术是基于无人机技术与通信技术所诞生的新型病害检测技术, 通过无人机设备对城市道路进行摄影扫描, 并将采集信息图像传输到控制系统中进行自动分析, 以此来精确探查疑似存在病害的区域。当路面结构层以下存在病害时, 道路路面同时也

会产生特殊变化, 例如路面偏移、平整度降低等, 而通过无人机进行精确识别即可快速定位病害区域。同时无人机检测的效率非常高, 因而多应用于各类大型城市道路病害检测工作中^[5]。

视觉检测技术的实现主要依赖于图像处理技术, 无人机通过高精度传感器采集路面图像信息并传输给控制系统, 由图像处理技术对路面图像进行去噪、增强对比度等处理, 而后由人工智能模块负责对图像进行筛选, 从图像中筛选出病害特征并传输给管理人员, 以此来实现对结构层以下病害的快速识别。与传统检测方式相比, 视觉检测技术具有更高的检测效率和精确度, 因而能够为后续道路修复工作提供数据支撑。

(二) 激光检测技术

激光检测技术同样在城市道路检测中被广泛应用。激光检测法的原理是通过高精度激光测距仪对路面进行自动扫描, 通过激光反射的时间来计算路面的实际高程, 从而根据实际高程来评估路面平整度。除此之外, 还可以利用激光扫描仪器对路面结构层进行扫描, 通过激光散斑扫描技术在路面投射出散斑图案, 而后根据散斑图案分析路面存在异常的位置, 以此来精确找出结构层以下存在的病害问题。激光检测技术的优势在于无需和路面及结构层进行直接解除, 同时检测精度高、效率高, 能够对各类路面结构层常见病害进行精确检测^[6]。

(三) 地质雷达检测技术

地质雷达技术的应用原理是通过发射脉冲电磁信号进行信息数据采集, 当发射的脉冲电磁信号在介质中遇到探测目标后, 就会迅速产生反射信号, 并沿着前进的路线返回, 最终达到地质雷达的接收机设备中, 而接收机设备在接收到反射信号后将信号传递给示波器, 由示波器按照反射信号的实际情况进行成像, 从而根据信号的传输速度、介质种类、传输时间等相关因素计算出实际探测目标与地质雷达设备的真实距离, 从而起到检测效果。地质雷达技术不仅能够用于对路面病害进行检测, 同时还能够有效检测路基、结构层以下部位, 因而具有非常高的应用频率。

在地质雷达检测开始前需要工作人员根据实际需求设置好相应的各项参数, 防止影响最终成像的精确度, 并提前设置好设备参数。目前我国道路检测中常用的地质雷达设备多为美国 SIR 地质雷达设备, 拥有 800 次/秒的扫描速率, 能够有效提高检测效率和精确度。地质雷达常用的检测模式包括连续检测、中心点检测、单点检测和透视检测等几种, 在选择时需要根据实际情况进行设置, 在接收到反射信号后需要工作人员对数据信息进行校准和检验, 并将信号中存在的噪声全部去除, 防止对最终成像造成干扰。在得到最终图像后, 工作人员根据图像分析出结构层以下存在的病害问题并及时加以维修。

（四）超声波检测技术

超声波检测技术主要利用超声波对路面结构层以下位置进行检测。由于超声波具有非常强的穿透性，因而能够直接穿过路面结构层进行检测且不会损伤道路路面材料，因而具有较高的应用灵活性。超声波穿过介质材料时的行进速度与介质材料强度存在特定关系，当介质材料强度越大时超声波的行进速度也会越高，因而通过超声波速度即可对介质材料强度进行检测，从而精确探明内部结构是否存在缺陷或强度质量问题，因而在结构层内部裂缝、孔洞和结构层以下病害的检测中超声检测技术具有较好应用效果。除此之外在钢筋材料检测中，超声波检测技术也具有较高适用性，能够对钢筋老化、锈蚀程度进行检测，通过超声波探明钢筋出现锈蚀的部位和具体锈蚀程度，从而为后续检修维护提供数据支撑^[7]。

（五）材料检测技术

对于城市道路而言，施工材料是直接决定道路质量的关键，而在检测中针对道路施工材料也需要进行严格检测。通常我国常见城市道路多有沥青、混凝土材料施工，混凝土材料的常用检测方法多为声波检测技术，声波检测的原理是通过声波在路面结构中传递，从而通过接收反射声波的方式检测出路面结构层以下存在的病害问题，例如针对结构层以下裂缝、孔洞等病害均能够通过声波检测技术进行探查。如果路面结构层及以下部位存在缺陷，就会导致反射声波的速度、频率和振幅发生变化，此时采用专业设备接收反射波后，即可利用数字设备计算出桥梁的内部缺陷位置和缺陷大小，以此来起到检测效果^[8]。

（六）路面损伤检测技术

道路结构层如果存在病害隐患，就会导致路面整体性能下降、受力平衡被打破，因而也会导致路面在实际使用中的受损情况加重。因而在进行结构层以下检测时还要对路面的损伤情况进行检测。路面损伤检测多采用探地雷达设备，通过探地雷达设备向检测路面发射电磁波，检测人员使用配套的软件接收反射电磁波，并利用分析系统对得到的信息数据进行分析，通过收集到的介电常数和实时波速，分析系统能够快速计算出该检测沥青路面的整体厚度，同时还能够对结构层以下内部出现病害的部位和结构层内部整体含水量进行检测，从而明确路面实际情况并为后续维修提供数据支撑。

五、城市道路路面结构层以下病害的修补方式

（一）坑槽修补措施

当路面结构层以下部位出现病害后，由于局部区域承载力减弱因而会导致路面产生坑槽。此时需要维修人员对原有路基结构层进行恢复，通过更换路基材料、修补变形部位等方式重新恢复路基结构层的承载能力，而后针对道路路面的坑槽进行修补。修补方式例如更换材料、热再生

处理等，使用专用的路面修复设备将坑槽部位的沥青材料进行回收，而后通过加热的方式使沥青材料重新破碎，并在原有材料中加入适量再生剂、沥青和集料，而后经过搅拌混合后重新铺筑在路面上即可完成修补。

（二）路基下沉修补措施

路基下沉的引发原因多为路基结构长时间受到较大压力导致发生形变，或由于路面结构层以下存在大量积水，导致路基结构长时间被腐蚀影响承载能力，从而产生下沉问题。针对此类病害的修补措施多采用更换路基材料的方式进行施工。在修补过程中需要施工人员注意，在修补前需要明确具体产生下沉现象的位置并提前做好标记，而后通过专业设备检测下沉部位的高度和其他正常路面的高度，保证经过修补后路面整体高度保持一致、平整度达标。在实际修补中施工人员可以使用水准仪首先检测路面的平整度和高度，而后设计施工方案后对病害路基进行加固、更换，并在修补后重新对路面各项参数指标进行检测，确认无误后即可完成修补。

结语

综上所述，新时代城市道路作为影响城市交通安全的重要设施，需要管理单位提高对道路检测技术的重视度，通过科学检测技术定期对道路路面及结构层以下部位进行检测，明确道路的实际情况和潜在风险并及时加以处理，从而避免病害问题不断扩大最终影响道路整体质量和安全性。同时针对道路路面结构层以下的重点部位需要管理单位提前制定检测养护制度，并科学选择适合的检测技术，在不损伤路面结构的前提下精准检测病害区域，从而为城市道路的使用提供更好的保障。

参考文献

- [1] 李兴峰. 公路路面病害检测方法研究[J]. 交通科技与管理, 2025, 6(01): 58-60.
- [2] 郑濠金. 道路现场检测技术在路面病害诊断中的应用[J]. 运输经理世界, 2024, (31): 134-136.
- [3] 曹林梅. 市政道路沥青混凝土路面病害与检测技术[J]. 建材发展导向, 2024, 22(17): 28-30.
- [4] 胡德雄. 探地雷达在路面隐性病害检测中的应用研究[J]. 现代交通技术, 2021, 18(04): 20-25.
- [5] 王钊栋, 彭勇均, 熊春龙. 三维探地雷达在路面内部病害检测中的应用[J]. 黑龙江交通科技, 2020, 43(12): 3-5.
- [6] 卢海根. 公路路面病害检测与治理方案研究[J]. 运输经理世界, 2024, (30): 144-146.
- [7] 王杨杨. 公路路基路面病害检测及治理措施分析[J]. 交通科技与管理, 2024, 5(13): 124-126.
- [8] 黄慰里. 路面三维病害自动检测技术研究[J]. 上海公路, 2024, (02): 20-24+253-254.