

轨道交通隧道结构病害检测技术的应用及发展趋势分析

万连满

重庆市轨道交通(集团)有限公司 重庆 400000

摘要:在城镇化建设进程不断加快的过程中,轨道交通的建设数量不断攀升,为人们的日常出行提供了便利。但在长期运行过程中轨道交通会出现隧道结构病害,需要利用先进的检测技术进行病害检测。本文对轨道交通隧道结构常见病害及病害检测技术进行了简要分析,发现轨道交通隧道结构会出现裂缝、剥蚀以及钢筋锈蚀等病害,若不及时检测和处理会对轨道交通运行安全性产生较大影响。因此,需要根据具体病害选择合适的检测方法并灵活应用人眼检测、人工仪器检测等传统检测技术以及传感器检测、数字照相检测等先进的检测技术,提高病害检测效率与质量。

关键词:轨道交通;结构病害;病害检测

前言:

全面检测和处理隧道结构病害不仅可以保障轨道交通的安全运行,也可以增加交通运输行业的经济效益。因此,需要提高对轨道交通隧道结构病害检测的重视程度,深入研究各种病害检测技术并促进病害检测技术向先进化方向发展。

1 常见的轨道交通隧道结构病害

轨道交通指的是在城市中使车辆在固定导轨上运行的交通系统,主要包括地铁与轻轨等类型^[1]。常见的轨道交通是以电能为动力并通过轮轨进行运输的公共交通。隧道是轨道交通的关键构成部分,在轨道交通运行中占据着重要地位。但隧道结构会受到环境、列车运行等诸多因素的影响,所以可能会出现裂缝、剥蚀等病害。

1.1 裂缝

裂缝是轨道交通隧道结构中最常见的病害,会对轨道交通隧道结构的质量产生严重影响。例如,裂缝可能会降低隧道结构的耐压力,继而导致隧道出现坍塌等情况,而这不仅会降低列车运行的舒适性,也会增加列车运行的安全隐患。

1.2 剥蚀

在空气有害物质、雨水侵蚀、风化侵蚀、冻融侵蚀等因素的影响下,隧道结构可能会出现剥蚀等病害。剥蚀指的是隧道结构出现起皮、剥落甚至漏筋等现象,会降低隧道结构的耐久性、增加轨道交通的安全隐患。

1.3 钢筋锈蚀、混凝土氧化

除了裂缝、剥蚀等病害,隧道结构也会出现钢筋锈蚀、混凝土氧化等病害。而这些病害可能会加大钢筋体积、造成混凝土断裂、增加轨道交通的安全隐患。

2 轨道交通隧道结构病害检测技术的应用

2.1 根据隧道结构病害选择合适的检测方法

从人工巡检结果以及检测数据来看,轨道交通隧道病害主要包括两种类型,分别是明显性病害与隐蔽性病害,所以检测人员需要根据隧道结构的具体病害选择合适的检测方法。明显性病害指的是有具体表现形式的病害,例如衬砌裂缝、衬砌掉落、管片错台等,可以直接通过肉眼或仪器进行检测^[2]。隐蔽性病害指的是没有具体表现形式但会引发明显性病害的病害,例如横向位移、纵向沉降、收敛变形等,在检测这类病害时需要利用先进的仪器设备,从而增强检测结果的准确性。

2.2 灵活应用传统检测技术

传统检测技术即人工检测技术,主要包括人眼检测与人工仪器检测等,具有技术成熟、可靠性强等特点。但人工检测技术具有较强的主观性,且对检测人员的工作经验与专业能力有较高的要求,所以在应用人工检测技术时需要克服各种问题,保障检测结果的准确性与客观性。

第一,人眼检测技术。人眼检测技术指的是通过肉眼观察隧道结构病害、明确隧道结构病害的具体类型与形成原因,在渗漏水、衬砌裂缝、衬砌剥落等病害检测中发挥着重要作用。例如,检测人员可以通过巡检以及观察等方式判断隧道结构渗漏水的类型与严重程度、判断衬砌裂缝的宽度、判断衬砌剥落类型与严重程度。

第二,人工仪器检测技术。人工仪器检测技术指的是通过肉眼观察以及仪器检测等方式分析隧道结构病害的类型、严重程度与成因,在隐蔽性病害检测中占据着重要地位。例如,检测人员可以通过肉眼观察以及仪器拍照等方式判断隧道结构病害的类型与严重程度,也可以通过水准测量、全站仪测量等方式检测隧道结构的横向收敛病害、纵向沉降病害与水平位移病害,增强检测结果的准确性。

2.3 灵活应用新型检测技术

传统人工检测技术虽然较为成熟，但是主观性较强，所以需要灵活应用传感器检测、数字照相检测、激光扫描检测等新型检测技术。

第一，传感器检测技术。常用的传感器检测技术有分布式光纤传感器检测技术、无线倾角传感器检测技术、湿度传感器检测技术等，检测人员需要根据实际情况选择合适的传感器检测技术。第一，相比于普通传感器，分布式光纤传感器具有精度高、耐久性强等特点，所以检测人员可以利用分布式光纤传感器检测技术对隧道结构的纵向变形病害进行全面检测。第二，无线倾角传感器应用了无线传感器网络技术以及微机电系统技术，可以进行自动检测^[3]。所以检测人员可以利用这类传感器检测隧道结构的病害。第三，检测人员可以利用湿度传感器检测隧道结构的渗漏水病害，准确判断渗漏水病害的位置。第四，检测人员需要将传感器检测技术与无线通信技术结合起来，提高病害检测效率与质量。例如，检测人员可以在隧道结构中安装无线通信监测节点，为传感器技术的应用奠定基础。第五，检测人员应客观看待传感器检测技术。灵活应用传感器检测技术可以对隧道结构病害进行精密检测，但传感器的价格较高，且应用该技术需要在隧道中布设大量的电线。因此，检测人员需要根据实际情况判断是否应用传感器检测技术。

第二，数字照相检测技术。数字照相检测技术指的是利用数码相机或摄像机拍摄隧道结构的表面图像，之后利用图像处理技术检测隧道结构的裂缝病害与渗漏水病害。在应用数字照相检测技术时，检测人员需要利用专用的检测设备采集隧道结构的图像，并通过图像处理等方式判断隧道结构中是否存在病害。我国相关学者在数字照相检测技术的基础上提出了盾构隧道渗漏水自动检测技术，可有效提高检测效率与质量。在应用该技术时需要利用设备采集隧道结构的表面图像，之后分析渗漏水的边缘信息与裂缝宽度信息，从而判断渗漏水的严重程度。但数字照相检测技术对光源有较高的要求，如果闪光灯频繁闪烁就会对视觉效果造成较大影响，且通过数字照相只能获取局部信息，所以检测人员需要利用专用图像处理软件获取深层次信息。

第三，激光扫描技术。在隧道结构病害检测过程中应用激光扫描技术可以获取隧道结构的点云数据，继而为隧道结构变形状态的分析奠定基础。首先，检测人员可以利用激光扫描技术进行隧道结构的收敛变形检测。在检测过程中，检测人员需要利用激光扫描仪器采集隧

道结构的数据信息、利用数据信息构建三维模型、进行数据处理、最终输出成果^[4]。其次，检测人员可以利用激光扫描技术进行隧道结构的渗漏水、衬砌剥落、裂缝等病害的检测。在检测时检测人员需要利用三维激光扫描仪采集隧道结构的表面图像，之后判断隧道结构中是否存在渗漏水、裂缝等病害。此外，检测人员需要明确激光扫描检测技术的不足。激光扫描技术可以获取完整的点云信息，且可以在没有光源的情况下采集隧道表面图像，但在检测过程中需要移动激光扫描仪、处理大量的信息，所以检测人员需要判断是否应用该技术。

第四，手持式记录仪检测技术。手持式记录仪检测技术可以为人工巡检提供辅助，在病害检测中占据着重要地位。在巡检过程中，检测人员可以利用手持式记录仪记录隧道结构病害的具体信息以及隧道内表面展开图，并利用记录仪获取病害图像，为后续分析奠定基础。相比于其他检测设备，手持式记录仪具有便于携带、移动方便等优势，所以检测人员可以充分发挥其在病害检测中的作用。

第五，综合检测技术。单一的病害检测技术无法满足隧道结构病害检测需求，例如传感器检测技术的精准性较强，但传感器具有不可移动性，只能进行固定位置的检测，数字照相检测技术的成本较低，但图像处理难度相对较大。而将不同的检测技术结合起来可以实现不同技术的相互补充，有利于增强检测结果的准确性，因此需要将各种病害检测技术结合起来，充分发挥综合检测技术的作用。例如，检测人员可以将GRP5000设备与全站仪结合起来，对渗漏水、衬砌剥落等病害进行全面检测；可以利用MTI—100隧道检测车进行病害检测；可以利用同济大学病害检测车进行病害检测。

3 优化轨道交通隧道结构病害检测技术应用效果的策略

3.1 加强检测勘察

轨道交通隧道结构病害有多种类型，不同病害的检测需求不同，所以在应用检测技术前需要做好相应的勘察工作，为后续工作奠定基础。首先，检测人员在日常巡查过程中需要多观察轨道交通隧道结构的状态，判断隧道结构是否存在病害，若存在病害需及时进行检测，尽可能地减小病害的影响。其次，检测人员需定期进行重点勘察，明确检测技术的应用方法以及重点，增强技术应用的针对性。

3.2 科学设计检测方案

轨道交通隧道结构病害检测具有较强的专业性与系统性，需要完善方案的支持，否则会加大检测的盲目

性。为此检测人员应根据隧道结构的实际情况制定检测方案,增强检测技术应用的规范性。首先,部分隧道结构病害较为严重,所以工作人员应完善分期、分段检测方案,增强检测工作的条理性。其次,在制定检测方案时应明确检测目标并优化检测流程,充分发挥检测技术的作用。

3.3 加大技术应用的监督力度

从实际情况来看,大多数检测人员都具备丰富的人工检测经验,能够灵活应用人眼检测技术与人工仪器检测技术,但部分检测人员对新型检测技术的了解相对较少,在应用技术时可能会出现的问题,所以需要应用技术应用进行严格监督。一方面,应完善技术应用管理制度,对各种病害检测技术的应用方法进行详细阐述与明确规定,让检测人员严格按照制度开展检测工作。另一方面,应安排专业技术人员对技术应用过程进行监督与指导,及时发现并改进技术应用中的问题,增强技术应用的准确性。例如,部分检测人员应用激光扫描技术的经验较为匮乏,就可以安排专业的技术人员进行全程监督与讲解,让检测人员掌握正确的应用方法。

3.4 做好检测后的处理工作

进行轨道交通隧道结构病害检测主要就是为了明确病害类型并科学处理病害,所以在完成检测工作后需要做好病害的处理工作,充分发挥检测技术在病害处理中的作用。第一,利用混凝土裂痕修补技术处理病害。若通过病害检测技术发现隧道结构存在裂缝就需要根据隧道结构裂缝程度应用不同的混凝土裂痕修补技术。例如,若隧道结构裂痕在0.2cm以内就可以直接清理裂缝表面并涂抹适量的丙酮、混凝土等材料,促进裂缝的愈合。若裂缝在0.2cm以上就需要利用低压低速方式进行混凝土灌浆处理。第二,利用喷锚技术处理病害。若检测发现隧道整体存在严重问题就需要利用喷锚技术处理整体性病害,从而增强隧道结构的稳定性。

4 轨道交通隧道结构病害检测技术的发展趋势

4.1 智能化

在人工智能技术不断发展的过程中,隧道结构病害检测技术将呈现出智能化的特点。例如,在隧道结构病害检测技术中应用神经网络以及专家知识库可以提高病害检测技术的智能化分析能力与检测能力,增强病害检测结果的准确性^[5]。

4.2 自动化

近年来,我国自动化技术不断发展,自动化隧道结构病害检测设备不断增多。例如,隧道结构病害检测中的自动化传感器、自动化扫描仪等设备越来越多,提高了检测技术的自动化水平。

4.3 实时化

在传感器技术不断发展的过程中,全自动传感器会越来越多,可以实时提供检测结果,所以可以促进病害检测技术向实时化方向发展。

4.4 集成化

随着集成技术的发展,病害检测设备系统会呈现出集成化的特点,可以将多种功能结合在一起,例如将图像采集、数据采集、图像处理、信息分析等功能结合起来,为病害检测提供支持。

4.5 综合化

轨道交通隧道结构病害逐渐呈现出多样化、复杂化等特点,单一的检测技术无法满足不同病害的检测需求,所以专家学者对综合性检测技术进行了深入研究。

结语:

进行轨道交通隧道结构病害检测具有重要意义,可以推动轨道交通领域的快速发展。在进行病害检测时需要全面分析轨道交通隧道结构病害情况,根据实际情况选择合适的检测技术,充分发挥人眼检测、人工仪器检测等传统检测技术与传感器检测、激光扫描等新型检测技术的作用。同时,为了增强检测准确性应进一步研究病害检测技术,促进病害检测技术向智能化、自动化、实时化、集成化以及综合化方向发展。

参考文献:

- [1]孙敏捷.地铁隧道结构健康度多层次评价方法及工程应用分析[J].城市轨道交通研究,2021,24(S1):1-6.
- [2]张继清.城市轨道交通隧道服役性能评估与病害修复关键技术.天津市,中国铁路设计集团有限公司,2020-06-15.
- [3]徐鹏宇,唐超,王丽.轨道交通盾构隧道病害空间分布特征和自相关性研究[J].测绘通报,2021(08):93-96+110.
- [4]李梓豪,唐超.基于高清工业相机的盾构隧道裂缝智能识别算法分析[J].测绘通报,2021(08):83-87+101.
- [5]王剑宏,解全一,刘健,小泉淳.日本铁路隧道病害和运维管理现状及对我国隧道运维技术发展的建议[J].隧道建设(中英文),2020,40(12):1824-1833.