

道路机场与桥隧工程中的安全监测与维护技术

许念东

山东省公路桥梁建设集团有限公司 山东 济南 250000

摘要: 道路机场与桥隧工程是现代交通网络的重要组成部分,其安全性直接关系到公众的生命财产安全。本文概述了道路、机场与桥隧工程的主要安全风险,探讨了安全监测技术及其应用,包括结构健康监测、地面沉降与变形监测、路面状况监测、隧道变形与渗漏监测等,并展望了安全监测与维护技术的未来发展趋势。

关键词: 道路机场;桥隧工程;安全监测;结构健康监测;环保与可持续性

引言:道路机场与桥隧工程作为现代交通网络的重要组成部分,对经济发展和社会进步具有深远影响。这些工程在建设和运营过程中面临着诸多安全风险,如地面沉降、路面破损、隧道变形与渗漏等。实施有效的安全监测与维护技术至关重要。本文旨在探讨道路机场与桥隧工程中的安全监测与维护技术,为工程实践提供参考。

1 道路机场与桥隧工程的安全风险概述

1.1 道路工程的主要安全风险

道路工程作为城市交通的主要组成部分,其安全风险不容忽视。地面沉降与变形是道路工程中常见的问题之一。由于地质条件、地下水位变化以及施工质量等多种因素的影响,道路地基可能会发生沉降,导致路面不平整,甚至产生裂缝。这种沉降和变形不仅影响道路的通行能力,还可能对行驶的车辆造成损坏,增加交通事故的风险。路面破损与裂缝也是道路工程中的一大安全隐患。随着交通流量的不断增加和车辆荷载的反复作用,路面材料会逐渐老化、磨损,形成破损和裂缝。这些破损和裂缝不仅影响道路的美观性,还可能使雨水渗入路基,加速路基的损坏,进一步威胁道路的结构安全。交通流量与荷载影响也是道路工程必须考虑的安全风险。随着城市化进程的加快,交通流量不断增加,车辆荷载对道路的压力也越来越大。如果道路的设计和施工不能满足实际交通需求,就可能导致路面损坏、交通拥堵等问题,严重时甚至可能引发交通事故。

1.2 机场工程的主要安全风险

机场作为航空交通的枢纽,其安全风险同样不容忽视。跑道沉降与不平整是机场工程中常见的问题。跑道是飞机起降的重要设施,其平整度和稳定性对飞行安全至关重要。如果跑道发生沉降或不平整,就可能导致飞机在起降过程中发生颠簸,甚至引发事故。停机坪与滑行道破损也是机场工程中的一大安全隐患。停机坪是飞机停放和维修的场所,滑行道则是飞机在机场内移动的

通道。如果这些设施发生破损,就可能影响飞机的正常停放和移动,进而威胁飞行安全。飞行区设施损坏同样不容忽视^[1]。飞行区包括跑道、停机坪、滑行道以及导航设施等,这些设施的完好性对飞行安全至关重要。如果飞行区设施发生损坏,就可能导致飞机无法正常起降或导航,严重时甚至可能引发空难。

1.3 桥隧工程的主要安全风险

桥隧工程作为连接两岸或穿越山岭的重要交通设施,其安全风险更为复杂。桥梁结构损伤与老化是桥隧工程中常见的问题。桥梁在长期使用过程中,会受到风、雨、雪等自然因素的侵蚀,以及车辆荷载的反复作用,导致结构损伤和老化。这些损伤和老化不仅影响桥梁的承载能力,还可能威胁桥梁的结构安全。隧道变形与渗漏也是桥隧工程中的一大安全隐患。隧道在开挖和运营过程中,可能会受到地质条件、地下水位变化等多种因素的影响,导致隧道结构变形或渗漏。这种变形和渗漏不仅影响隧道的通行能力,还可能对隧道内的设施和人员造成威胁。地质灾害与突发事件也是桥隧工程必须考虑的安全风险。桥隧工程往往处于地质条件复杂的区域,容易受到地震、滑坡、泥石流等地质灾害的影响。突发事件如火灾、爆炸等也可能对桥隧工程造成严重破坏。在桥隧工程的设计和施工过程中,必须充分考虑这些安全风险,采取相应的防范措施,确保工程的结构安全和运营安全。

2 安全监测技术及其应用

2.1 结构健康监测技术

结构健康监测技术是一种集传感器技术、数据采集、数据处理与分析以及结构状态评估与预警于一体的综合技术。这一技术的核心在于通过布置在结构上的传感器,实时或定期地采集结构响应数据,如应力、应变、振动、温度等。传感器技术是结构健康监测的基础。随着科技的进步,传感器的种类和性能也在不断提

升。从传统的电阻应变片、加速度计,到如今的光纤传感器、无线传感器网络,传感器技术的每一次革新都极大地推动了结构健康监测技术的发展。这些传感器能够精确地感知结构的变化,为数据采集提供准确可靠的原始信息。数据采集是结构健康监测的关键环节。通过传感器采集到的原始数据,需要经过专门的采集系统进行收集、存储和传输。这些数据不仅包括了结构的静态响应,如应力、应变等,还包括了结构的动态响应,如振动频率、振幅等。数据采集系统的性能和稳定性直接影响到后续数据分析和处理的准确性。数据处理与分析是结构健康监测的核心。通过对采集到的数据进行预处理、特征提取和模式识别,可以揭示结构的状态变化和发展趋势。例如,通过对振动数据的频谱分析,可以识别出结构的固有频率和阻尼比,进而评估结构的刚度和阻尼特性。同时,通过数据挖掘和机器学习技术,还可以从海量数据中提取出有价值的信息,为结构状态评估提供科学依据。结构状态评估与预警是结构健康监测的最终目标。通过对处理后的数据进行分析 and 比较,可以评估结构当前的状态,并预测其未来的发展趋势。一旦发现结构存在异常或潜在的安全隐患,就可以及时发出预警信号,为工程的维护和修复提供决策支持。

2.2 地面沉降与变形监测

地面沉降与变形是道路和机场工程中常见的问题。为了准确监测地面的沉降和变形情况,人们采用了多种监测技术。GPS(全球定位系统)与沉降传感器监测是一种常用的地面沉降监测方法。通过在地面上布置GPS接收器和沉降传感器,可以实时或定期地测量地面的高程变化。GPS技术具有高精度、全天候、全球覆盖等优点,能够准确地反映地面的沉降情况。而沉降传感器则可以通过测量土壤或基础的沉降量,来评估地面的稳定性^[2]。地面雷达与激光扫描技术也是地面沉降与变形监测的重要手段。地面雷达通过发射电磁波并接收其反射信号,可以探测地下土层的结构和变化。激光扫描技术则利用激光束对地面进行扫描,获取地面的三维形貌数据。这些技术可以非接触地测量地面的沉降和变形,具有高效、准确的特点。监测数据处理与沉降分析是地面沉降与变形监测的关键环节。通过对采集到的数据进行处理和分析,可以揭示地面的沉降规律和变形特征。例如,通过时间序列分析,可以评估地面的沉降速率和趋势;通过空间分析,可以揭示地面沉降的空间分布和影响因素。

2.3 路面状况监测

路面状况直接影响到道路的通行能力和行车安全。为了准确评估路面的状况,人们采用了多种监测技术。

路面破损检测与评估是路面状况监测的重要内容。通过人工巡查或自动检测设备,可以对路面的破损情况进行全面、细致的调查。破损类型包括裂缝、坑洼、剥落等,每种破损类型都对路面的使用性能和使用寿命产生不同程度的影响。通过评估路面的破损程度和范围,可以为路面的维护和修复提供科学依据。裂缝是路面常见的破损类型之一。为了准确监测裂缝的发展情况,人们采用了裂缝监测技术。通过布置在路面上的裂缝传感器或利用图像处理技术,可以实时或定期地测量裂缝的宽度、长度和深度。这些数据可以为裂缝的修复和加固提供决策支持。路面材料性能监测也是路面状况监测的重要组成部分。路面材料的性能直接影响到路面的使用性能和使用寿命。通过定期检测路面材料的强度、硬度、耐磨性等性能指标,可以评估路面的耐久性和稳定性。一旦发现路面材料性能下降或存在安全隐患,就可以及时采取修复或加固措施。

2.4 隧道变形与渗漏监测

隧道作为地下交通工程的重要组成部分,其安全稳定至关重要。为了确保隧道的安全运营,人们采用了多种监测技术来监测隧道的变形和渗漏情况。隧道变形监测是隧道安全监测的重要内容。通过布置在隧道内壁或周边的变形传感器,可以实时或定期地测量隧道的变形量。这些数据可以为隧道的稳定性评估提供科学依据。一旦发现隧道存在异常变形或潜在的安全隐患,就可以及时采取修复或加固措施。渗漏是隧道常见的安全问题之一。为了准确监测隧道的渗漏情况,人们采用了渗漏监测技术。通过布置在隧道内壁或周边的渗漏传感器,可以实时或定期地检测隧道的渗漏量和渗漏位置^[3]。这些数据可以为隧道的防水处理提供决策支持。隧道结构健康评估是隧道安全监测的最终目标。通过对隧道的变形、渗漏等数据进行综合分析和评估,可以判断隧道的整体健康状况和未来发展趋势。一旦发现隧道存在安全隐患或需要维修加固的地方,就可以及时采取措施确保隧道的安全运营。

3 安全监测与维护技术的未来发展趋势

3.1 新材料与新技术应用

在安全监测与维护技术领域,新材料与新技术的出现为工程结构的健康监测和维护开辟了新路径。传统传感器在精度、稳定性和耐久性上的局限,已难以满足当前监测需求。相比之下,新型高性能传感器,诸如光纤传感器和无线传感器网络,凭借高精度、高灵敏度、长寿命及易集成等特性,正逐步成为该领域的主力军。这些传感器能实时、准确采集工程结构的应力、应变、温

度、振动等物理参数,为数据分析和状态评估奠定坚实基础。先进的数据采集技术,如高速数据采集卡和云存储,显著提升了数据处理效率和存储能力。在材料科学领域,碳纤维复合材料、形状记忆合金等新型材料应运而生,它们轻质、高强、耐腐蚀,能大幅提升工程结构的承载力和耐久性。在加固技术方面,粘贴碳纤维布、外包型钢等新型方法因其施工简便、效果显著而得到广泛应用。这些新材料和技术的运用,不仅增强了工程结构的安全性,也有效延长了其使用寿命。人工智能与大数据分析技术的融合为安全监测与维护带来了革命性变革。机器学习和深度学习等算法通过分析大量监测数据,能自动识别工程结构的异常状态,并预测其未来发展趋势。大数据分析技术则能从海量数据中提取有价值信息,为工程结构的维护和修复提供科学支撑。

3.2 监测与维护系统集成化

随着工程规模的扩大和复杂性的增加,监测与维护系统的集成化已成为必然趋势。多源数据融合与集成监测技术的出现,使得不同来源、不同类型的监测数据能够有机地结合在一起,形成一个完整的监测体系。这种集成化的监测方式,不仅提高了数据的准确性和可靠性,也便于数据的统一管理和分析。维护决策支持系统优化是监测与维护系统集成化的另一个重要方面。传统的维护决策往往依赖于工程师的经验和判断,存在一定的主观性和不确定性。而维护决策支持系统则能够通过实时分析和处理,为工程师提供科学的维护建议。这种系统化的决策支持方式,不仅提高了维护效率,也降低了维护成本^[4]。远程监控与智能调度技术的快速发展,为工程结构的监测与维护提供了全新的手段。通过远程监控技术,工程师可以实时掌握工程结构的状态信息,及时发现并处理潜在的安全隐患。智能调度技术也能够根据工程结构的实际需求和维护计划,合理安排维护资源和时间,提高维护工作的针对性和有效性。

3.3 环保与可持续性考虑

在安全监测与维护技术的发展过程中,环保与可持续性已成为不可忽视的重要因素。监测与维护过程中的

环保措施的实施,对于保护生态环境、减少资源浪费具有重要意义。例如,在监测设备的选型和使用过程中,应优先考虑那些具有低能耗、低污染、易回收等特点的设备。在维护过程中也应采取环保的施工方法和材料,减少对环境的破坏和影响。可持续性材料与技术的应用,是安全监测与维护技术环保与可持续性发展的重要方向。随着环保意识的提高和可持续发展理念的深入人心,越来越多的可持续性材料被开发出来,并在工程领域得到了广泛应用。这些材料不仅具有优良的物理性能和耐久性,还能够减少资源消耗和环境污染。在安全监测与维护技术中,可持续性材料的应用不仅能够提高工程结构的安全性和稳定性,还能够促进环保和可持续发展。绿色维护与修复技术是安全监测与维护技术环保与可持续性发展的另一个重要方面。传统的维护与修复方法往往会产生大量的废弃物和污染物,对环境造成严重的破坏。而绿色维护与修复技术则能够采用环保的施工方法和材料,减少废弃物的产生和污染物的排放。这种技术还能够充分利用可再生资源 and 能源,提高资源利用效率和环保效益。

结束语

道路机场与桥隧工程的安全监测与维护技术是保障交通安全网络运营的重要手段。随着科技的不断进步和工程需求的不断变化,安全监测与维护技术也在不断发展和创新。未来,新材料与新技术的应用、监测与维护系统的集成化以及环保与可持续性考虑将成为安全监测与维护技术发展的重要方向。

参考文献

- [1]艾海林,张东旭.道路机场与桥隧工程施工中的安全风险识别与控制[J].交通运输工程学报,2023,20(2):112-118.
- [2]白林敏.浅谈道路机场与桥隧工程施工质量控制[J].建筑技艺,2023,99(3):56-60.
- [3]张栋.机场跑道和连接道路设计的安全性能分析与改进[J].城市建设理论研究(电子版),2024(11):163-165.
- [4]章荣显.道路桥梁隧道工程施工中的难点及改进措施[J].住宅与房地产,2020(29):148-149.