

桥梁健康监测系统在高速公路运营养护中的应用分析

甘 陈

(广西新发展交通集团有限公司, 广西 南宁 530000)

摘 要 在高速公路桥梁的长期运营与维护过程中, 确保其结构的安全性与稳定性是至关重要的。为了有效预防和及时应对桥梁结构可能出现的各类病害, 提升桥梁的整体性能和延长使用寿命, 引入桥梁健康监测系统成为一种高效且科学的手段。本文聚焦于桥梁健康监测系统, 深入探讨其在桥梁养护管理工作中的核心应用要点及优势, 相较于传统养护体现出先进性, 旨在为今后高速公路养护行业推动智能化桥梁养护提供参考意见和理论指导。

关键词 桥梁养护; 桥梁监测系统; 养护管理; 智慧监测系统

中图分类号: U446; U418

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)12-0019-03

1 研究背景

桥梁健康监测系统基于物联网、大数据和云计算技术, 对桥梁的主体结构安全及桥位环境进行全方位的监测, 同时为高速公路运营方提供相应的解决方案。桥梁健康监测系统通过主控服务器(机房)轻松地调用桥梁与周边环境的海量监测数据, 可视化掌握桥梁实时运行状况、病害程度和交通通行情况等, 全面、系统地掌握桥梁结构的健康状态, 为管理人员对桥梁进行及时和恰当的养护与维修提供科学的依据^[1]。

随着桥梁使用年限的不断增长, 复杂的自然环境让其结构受到不同程度的老化, 加之日渐增长的交通量让桥梁承受更大的交通荷载, 桥梁各部位难免会出现各类病害问题。这些问题若不能及时发现并处置, 将严重威胁到桥梁的安全运行, 甚至可能发生重大交通事故^[2]。

目前我国桥梁健康检测相当长一段时间主要依赖于人工巡检的方式, 这种方法在一定程度上能够发现桥梁存在的问题, 但其也存在较大的局限性。

1.1 主观性强

桥梁健康检测与检测技术人员的经验、能力和工作态度有很大的关系, 检查人员的主观判断可能存在较大差异, 导致检测结果无法明确具体数量。

1.2 效率低

在人工巡检的过程中, 不仅需要投入大量的人力资源, 还需要消耗相当多的物力和时间成本。由于人力巡检的局限性, 这种检测方式只能进行间断性的测量, 无法实现连续不断的监测的高效性。此外, 桥梁巡查工作通常需要借助多种工具和设备来进行辅助检

测, 例如使用望远镜、裂缝测量仪等专业设备。然而, 即便使用了这些工具, 人工巡检仍然无法实现全天候、全方位的实时监测, 这使得桥梁的安全隐患难以被及时发现和处理^[3]。

1.3 反应慢

在面对突发事件(例如超载、撞击、自然灾害等)的情况下, 仅仅依赖人工巡检往往无法及时掌握桥梁的当前病害状况以及其未来可能的发展趋势。由于无法迅速评估桥梁的受损情况, 将导致抢修工作的延误, 进而影响桥梁的安全性和使用效率。

1.4 检测的深度有限

由于检测手段和工具的精度有限, 许多细微的病害问题往往难以被察觉。这些不易察觉的问题中, 有些可能会被忽视, 而这些被忽视的问题往往可能是引发重大事故的前兆。为了确保桥梁的安全运行, 我们需要一种更为精确和全面的检测方法。

桥梁健康监测系统通过集成先进的传感器技术、数据采集与分析算法以及远程监控技术, 能够实现桥梁结构状态的全面、实时监测。这种系统能够捕捉到传统检测手段难以发现的细微病害, 从而提前预警潜在的安全隐患。相比传统检测手段, 桥梁健康监测系统具有显著的优势。

首先, 它能够提供更精确的数据, 帮助工程师更好地评估桥梁的健康状况。

其次, 它能够实现 24 小时不间断的实时监控, 确保桥梁在任何时刻都处于受控状态。

最后, 通过远程监控技术, 工程师可以随时随地

获取桥梁的最新状态信息，大大提高了工作效率。

2 桥梁健康监测系统

桥梁健康监测系统通过在桥梁结构的关键部位布设一系列传感器监测点，全天候实时地对桥梁所承受的环境荷载、运营荷载、结构特征以及结构响应等关键参数进行持续的监测^[4]。这些传感器能够捕捉到桥梁在各种荷载作用下的细微变化，确保数据的全面性和准确性。同时，通过运用各种先进的数据分析方法，如机器学习、大数据分析等，对收集到的监测数据进行深入的智能分析，能够有效地评估不同桥梁结构的健康状况。这种评估不仅能揭示桥梁当前的健康状况，还能预测其未来的趋势，确定可能存在的损伤部位，为桥梁的养护管理提供可靠的数据支撑和科学依据^[5]。

为了确保监测的全面性和准确性，根据桥梁结构的特点以及管养需求，对桥梁进行全方位的对称监测。监测项目涵盖了多个方面，包括但不限于车辆荷载、船舶撞击、应变、变形、位移、裂缝等。车辆荷载监测能够评估桥梁在不同车辆通行时的受力情况，确保桥梁在正常运营中的安全性。船舶撞击监测则关注桥梁在船舶通行时可能遭受的撞击风险，及时发现潜在的安全隐患。应变监测能够捕捉桥梁在荷载作用下的应力变化，变形监测则关注桥梁在长期使用过程中可能出现的几何变化。位移监测则记录桥梁在荷载作用下的位移情况，确保桥梁的稳定性和安全性。裂缝监测则通过高精度的图像识别技术，实时捕捉桥梁表面裂缝的发展情况，及时发现并处理潜在的结构损伤。通过这些综合监测项目，桥梁健康监测系统能够全面掌握桥梁的健康状况，为桥梁的科学养护和管理提供坚实的基础^[6]。

2.1 监测系统软件设计

桥梁健康监测系统采用单桥项目管理的方法，以桥梁为主线，专注于单一项目的实施操作。该系统具备实时监测功能，能够实时跟踪桥梁的健康状况；数据分析功能，能够对收集到的数据进行深入分析，以便发现潜在的问题；告警推送功能，能够在发现异常情况时及时向相关人员推送告警信息，确保问题能够得到及时处理。通过这些功能的综合运用，桥梁健康监测系统为决策的科学化、治理的精准化和服务的高效化提供了有力的支持和保障。

2.2 桥梁状态评估及养护技术建议

系统通过实时监测桥梁的动态响应（如振动、应

力变化等）和静态参数（如结构尺寸、材料特性等），结合环境条件和交通载荷的监测数据，能够全面捕捉桥梁结构的疲劳损伤信息。大数据分析技术的应用，使得系统能够对这些海量数据进行深度挖掘和分析，揭示出疲劳损伤的发生机制、发展和影响。显示桥梁整体健康度及结构构件健康度的评估结果，直观展示桥梁健康状况，提供养护技术建议。

2.3 全生命周期信息化管理

在桥梁的整个生命周期中，包括设计阶段、施工阶段、运营阶段以及维护阶段，都会产生大量的重要资料。这些资料不仅是桥梁历史和现状的重要依据，也是确保桥梁安全运营的关键。通过数字化，可以建立一个全面的桥梁信息管理系统，该系统能够实时监控和评估桥梁的健康状况，从而实现对桥梁全生命周期的全面把控。通过这种方式，相关部门可以更加高效地进行桥梁的维护和管理，确保桥梁的安全和稳定，延长其使用寿命。

2.4 设备管理

实时监控和掌握设备的在线状态，进一步加强设备的精准管理。通过将设备的远程安装、配置、调试以及故障处理等各类信息集中整合到一个统一的平台中，我们能够实现真正意义上的远程管理。这样不仅提高了管理效率，还确保了设备运行的稳定性和可靠性。

2.5 视频监控

通过在桥台等位置安装传感器及摄像头，测定车辆过桥时的信息，通过算法识别提取车速、轴距等信息，反算车辆总重及轴重，实现车辆动态称重及车牌抓拍，接入实时监控视频，多角度分析现场实际测量场景。

2.6 结构及环境监测分析

对桥梁结构的变化、响应、作用及桥位环境进行监测，支持对数据的异常标注、数据分析、曲线处理，满足不同业务场景下的需求。

2.7 健康评估报表自动化

按照养护人员的需求定期（每月/每季度）自动生成监控报表，实现自动化监测。

2.8 智能报警与评估模块

预警是桥梁健康监测系统的核心功能。对于预警的模块来说，主要是发现桥梁异常情况下向养护管理人员通过短信、电话、邮箱等发出警报处理，系统分析该参数、阈值、分级、通知方式等做出处理，根据预先设定的应急处理措施进行分析，将数据的分析、

状态评估以及安全机制相结合做深入分析和研究,系统提出桥梁现状评价,结合专业人员的现场分析,更加科学有效地解决问题。

3 桥梁健康监测系统在长达桥梁养护中的应用

桥梁健康监测系统融合了北斗卫星导航系统、4G/5G、大数据和桥梁专业技术,建立以桥梁结构状态在线监测、桥梁养护管理为核心的结构健康监测系统。系统可以全天采集桥梁的静态、动态、环境影响、实时载荷等数据,给桥梁安全预警、安全分析评估提供数据支撑,可以让养护人员及时了解结构缺陷与损伤,并评估分析其在所处环境条件下的可能发展势态及其对结构安全运营造成的潜在风险。实现桥梁养护管理工作的数字化和智能化,有效降低结构管理养护成本,延长桥梁的使用寿命。

4 智慧监测系统的优化

桥梁健康检测系统融合了物联网、大数据计算和人工智能等先进技术,形成了一个智能自动化的监控系统。这种系统在高速公路养护管理领域有着广泛的应用,使得养护运营中的预警和决策变得更为科学和及时。从高速公路桥梁养护工作实际出发,桥梁健康系统与边缘计算、云物融合、大数据与 AI 算法、5G 技术等领域进行深度融合,可以更快速精准地做出决策响应。

然而,桥梁健康监测系统的发展也面临着一些挑战。

1. 建设成本和后续运维成本是一个不可忽视的问题。在部分山区高速的桥梁占比较高,设置健全的桥梁健康检测系统需要投入大量的资金,如何准确检测大量的桥梁时如何平衡成本的支出,是一个亟待解决的问题。

2. 系统的互通性也是一个挑战。由于各家养护单位因公司管理的方式、桥梁的结构、设计理念等不同,健康检测系统种类繁多,缺乏统一的标准,影响了设备之间的互操作性,养护人员可能要面临使用两个甚至多个系统,这无异于增加了工作量,背离了创建系统方便管养理念,各平台都要面对技术融合的复杂性。有多种技术关系融合时,如何充分利用各种技术的优势,提高系统的整体性能,是一个需要深入研究的问题。

3. 养护人员的调动和系统持续更新也是一个挑战。桥梁健康监测系统的发展需要跨多学科的人才支持,同时,随着技术的不断迭代,现场养护人员也需要不断地跟随系统的更新内容持续学习。桥梁健康监测系统给高速公路运营养护桥梁带来了更加科学先进的管

理方式,但也面临着以上诸多的挑战。为了让系统更加贴合养护工作实际情况,需要针对上述这些问题采取对应的措施,不断优化系统,进一步提高桥梁健康监测系统的实用性。

5 结束语

桥梁健康监测系统在高速公路养护中的应用主要从以下三个方面体现:

1. 桥梁健康监测系统对比传统检测有明显的优势,能够进行实时、全天候监测,达到动态监测的目的,并且数据精度比人工检测的高。经过对桥梁的结构变化、环境因素、外部荷载等方面的数据进行分析,合理地发出预警信息,在各种桥梁的安全隐患前期萌发时做到提前防范和处置,提高了通行质量和安全性,在高速公路桥梁养护运营中产生积极的作用。

2. 桥梁健康监测系统在数据的收集和分析处理方面有着明显的优势,但是也有一定的问题,比如健康监测是基于传感器的数据进行分析处理,若传感器故障或者收集的数据不全面则可能传递不准确的信息,无法全面了解桥梁的运行情况,所以还要组织专业技术人员开展各类检测,结合两种方式的结果全面分析,为提高桥梁运营的安全性奠定基础。

3. 建立一套桥梁的全生命周期信息化管理模式,这是保障桥梁安全运行、延长使用寿命、降低维护成本的重要手段。通过数字化和集成化管理,可以快速、准确地获取桥梁的各类信息,提高管理效率,丰富的数据资源为制定科学决策提供了依据。未来,随着技术的不断进步和高速公路的不断拓展,桥梁健康监测系统将发挥更加重要的作用。

参考文献:

- [1] 宁雷涛.智慧监测系统在桥梁健康管理中的应用[J].集成电路应用,2024,41(04):136-137.
- [2] 侯恩厚,王能威,甘超,等.桥梁健康监测系统在桥梁日常养护中的应用[J].交通科技与管理,2023,04(24):19-22.
- [3] 彭虹霖,陈新.健康监测系统在桥梁运营中的应用[J].黑龙江交通科技,2024,47(01):102-106,111.
- [4] 潘顺兴,龚小俊.桥梁管养中结构健康监测应用分析[J].运输经理世界,2022(36):129-131.
- [5] 关淑萍,邱鹏,郑淑倩,等.桥梁信息管理与健康监测系统设计与开发[J].城市道桥与防洪,2023(12):181-184.
- [6] 尹玉龙.运营期高速公路桥梁健康监测系统设计实例分析[J].中国水运:下半月,2023,23(09):121-122,144.