

在役桥梁质量安全管理

朱佳俊, 李可用

辽宁工业大学经济管理学院, 辽宁 锦州

收稿日期: 2023年5月27日; 录用日期: 2023年6月17日; 发布日期: 2023年6月30日

摘要

为提高我国桥梁服役阶段的质量安全, 查阅了相关文献, 结合本人现场学习经历, 提出了两点保证桥梁服役期间质量的方法, 并且就桥梁常见病害总结了常规的修缮措施。首先要在桥梁关键位置设置24小时检测设备, 实时收集、传输数据; 再建立桥梁的BIM模型使得桥梁整体可视化, 然后在该基础上建立LSTM和ARIMA数学模型预测桥梁病害, 缩短病害从发生到修复的时间; 最后就桥梁易发生的病害提出了规范、科学的措施, 从而提高我国在役桥梁的质量安全。

关键词

桥梁, 质量安全, BIM

Quality and Safety Management of Bridges in Service

Jiajun Zhu, Keyong Li

School of Economics & Management, Liaoning University of Technology, Jinzhou Liaoning

Received: May 27th, 2023; accepted: Jun. 17th, 2023; published: Jun. 30th, 2023

Abstract

In order to improve the quality and safety of bridges in China's service stage, I reviewed relevant literature, combined with my on-site learning experience, put forward two methods to ensure the quality of bridges during service, and summarized the conventional repair measures for common bridge diseases. First of all, 24-hour detection equipment should be set up at key positions of the bridge to collect and transmit data in real-time; Then establish the BIM model of the bridge to visualize the bridge as a whole, and then establish the LSTM and ARIMA mathematical models to predict bridge diseases and shorten the time from disease occurrence to repair. Finally, standardized and scientific measures are proposed for diseases that bridge is prone to improve the quali-

ty and safety of bridges in service in China.

Keywords

Bridge, Quality and Safety, BIM

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

国外的学者对于桥梁质量安全管理已经有了较为丰富的研究, 其研究主要着重点包括桥梁施工期间的质量规范、新型建筑材料的运用、利用现代信息管理技术构建桥梁模型进行大数据预测, 以及现代管理技术和管理系统对在役桥梁进行质量安全管理。我国多数学者着重于桥检制度的改革以及社会主义市场经济的改革, 以此来推动桥梁质量安全管理的进步。除此之外, 有部分学者提出桥梁的全寿命周期的质量安全管理, 以及提高桥检人员的素质、业务能力和运用无人机对员工难以到达的地方进行检测。还有少部分学者创新性提出一桥一档案的思想, 根据每座桥梁提出其独特的养护方案。

在役桥梁的质量管理是一个长期的、持续的过程。桥梁的质量固然与施工建设的过程密不可分, 然而在动辄百年的运营期间, 长年累月的风吹雨淋、自然灾害、交通事故等等不可控因素都会对桥梁造成损害。目前在役桥梁的质量管理还存在不足, 诸如检测效率低、检测成本高、维修弄虚作假等等。为满足在役桥梁质量管理的需要, 本文提出质量管理方法, 为我国在役桥梁的质量管理提供指导。

2. 在役桥梁工程运营过程的监视和测量

2.1. 桥梁外观检测内容

桥梁的年检需要对桥梁结构、外观等规范规定的所有部件进行检测, 并且要按照规定使用配套的检测设备。通过桥梁检测报告结果, 能够清晰明朗地反映出桥梁的质量安全状况, 既能查清楚病害又能为维护提供依据[1]。

1) 桥面系内容

沥青混凝土桥面有无裂缝、网裂、坑槽、松散、露骨、车辙、波浪拥包、泛油、沉陷; 伸缩装置有无松动、变形、异常声响、跳车、高差、沉积物、破损; 排水管有无堵塞、残缺、损坏; 人行道有无破损、栏杆、护栏破损、照明损坏、标志、标线不清晰或残缺, 是否需要更换。

桥面系的检测耗费的时间较长, 且高速公路桥梁车流量大、车辆行驶较快, 因此行车道的病害调查成为了难点。因此可以将需要检测的桥面分割为若干个小区域, 逐个检查, 在保证桥检员安全的同时也减少对来往车辆的影响。

2) 上部结构内容

梁(板)是否存在裂纹, 该裂纹属于哪种类型的裂纹; 铰缝表面是否存在剥落现象; 横向联系表面是否存在剥落、露筋, 蜂窝缺陷等现象; 横隔梁整体有无裂缝, 连接钢板处是否发生断裂; 钢束锚固区段混凝土表面有无裂缝; 混凝土预应力锚头裂缝状况; 箱梁内有无杂物、水迹, 空气流通是否流畅; 板式橡胶支座是否存在老化、开裂, 破损等现象; 梁(板)表面能否观测到蜂窝、麻面等表现缺陷; 钢支座组件功能

是否完好, 有无发生位移、转角超限现象湿接缝是否存在剥落、渗水; 翼缘桥面板现浇段是否存在裂纹。

混凝土箱梁的重点检查重点和关键: 箱梁受拉、受剪、反弯点、受力最大、体内预应力钢束锚固区、沿预应力筋方向和施工质量存在问题处的裂缝并判断损坏情况。

3) 下部结构内容

盖梁整体有无裂缝, 裂缝处有无液体渗出; 盖墩整体有无裂缝、变形, 表面能否看的混凝土露筋、蜂窝、风化耐久性病害等表观缺陷; 台背填土有无沉降裂缝或挤压隆起; 墩台及帽梁表面混凝土有无冻胀、风化开裂等现象; 空心墩的水下通水孔通畅与否; 墩台顶面有无杂物堆积; 砌体排水孔是否通畅, 防水层是否完好; 基础状态是否良好; 翼(耳)墙是有没有破损、塌陷; 石砌墩台有整体是否完整, 有无破损; 锥(护)坡是否存在下沉现象。

2.2. 桥梁材质检测内容

1) 混凝土抗压强度

依据代表性原则选取平整的主梁和桥墩作为混凝土回弹测区, 混凝土回弹测区均为面积 400 cm^2 的正方形, 每个测区平均分为 16 个小区域, 每个小区域都进行一次混凝土回弹测试, 并在 16 个小区域中随机选 3 个进行混凝土碳化深度的检测。

2) 钢筋定位及保护层厚度

测试上部承重构件和下部承重构件, 上部和下部分别测量 8 个区域。钢筋的位置要画图记录, 保护层的厚度文字记录。

3) 混凝土电阻率

测试上部承重构件和下部承重构件, 上部和下部分别测量 8 个区域。

3. 建立失效控制方案

3.1. 构建 BIM 构梁运营质量管理体系

3.1.1. 建立桥梁 BIM 模型

使用 BIM (Building Information Modeling) 技术对桥梁建模能提高桥梁养护的水平。BIM 具有建模精度高、可视化展示、互通性好、信息共享、建模数据一致性高等优点, 通过 BIM 建立桥梁的质量管理系统能够让桥梁出现的病害直观、准确地出现在屏幕上, 不仅提高了桥梁检测的速度也提高了准确度, 能极大地缩短从桥梁产生病害 - 发现病害 - 处理病害的时间, 减少桥梁病害进一步扩大的可能性, 从而保障桥梁在服役期间的质量安全[2]。

BIM 技术在桥梁领域还有很多不成熟的地方, 其中一个主要问题是模型数据信息缺乏兼容性无法在软件中传递。为解决这个问题可以使用 IFC (Industry Foundation class) 标准。IFC 标准包含了建筑工程所有的各种信息数据, 具有出色的数据处理能力。一些大型桥梁包含的构件数量繁多, 如梁板数据、横隔板数据、湿接缝数据、墩柱数据、伸缩缝数据、承台数据等, 因此在模型中进行数据传输时, 不同的软件或版本不同可能导致数据传输不兼容的后果。而 IFC 标准能最大限度地处理数据, 从而解决 BIM 建模面临的信息交换问题。BIM 桥梁模型设计步骤如图 1 所示。

桥梁的种类繁多且差异性大, 要结合桥梁的结构形式, 构建的类型、外形、数量综合考虑建模。先确定桥梁的结构类型再对桥梁的构件进行分类, 判断每个构件所需要的控制元素后才能组合出桥梁的整体框架。

建模后要对模型进行数据检测, 检测的内容主要有三个部分, 分别是: 完整性检测、正确性检测以及合规性检测。完整性检测主要核对桥梁模型中构件的数量是否有遗漏、构件是否符合《公路工程设计

信息模型应用标准》的规范要求；正确性检测主要核对模型构件与对应的 IFC 标准的联系是否合理，以及桥梁各个部件的尺寸大小、约束关系、位置是否正确；合规性检查主要核桥梁构件模型的技术指标是否合格，比如梁板混凝土的厚度、钢筋的直径、墩柱间距、伸缩缝的间距等，该项检查标准要立足于相关桥梁工程技术规范要求[3]。

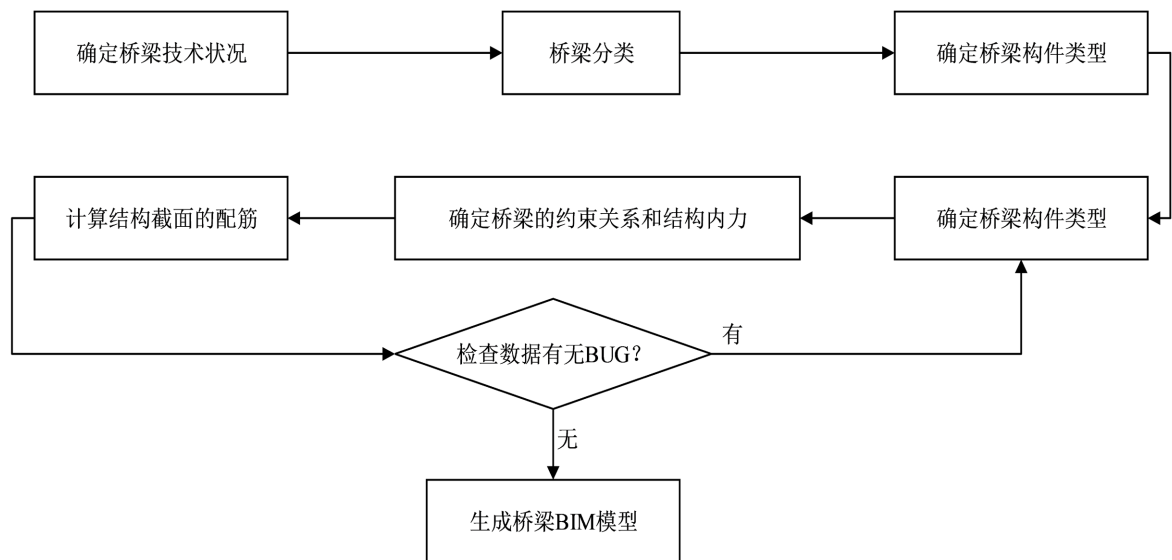


Figure 1. Bridge BIM model component step diagram

图 1. 桥梁 BIM 模型构件步骤图

3.1.2. 病害预测系统

桥梁病害预测系统是一项重要的技术，它可以帮助我们更好地了解桥梁的状况，从而有效地预防和控制桥梁病害的发生。它的优点在于，提高桥梁的安全性和可靠性，降低维护和修复成本，延长桥梁的使用寿命。通过预测和发现桥梁的病害，可以实现自动监测和优化维护策略，同时促进技术创新，提高行业的技术水平和效率。

本系统通过实时监测桥梁内部构件的温差和刚性，实时传输数据，然后构建 LSTM 和 ARIMA 模型根据已有数据的规律对未来桥梁状况进行预测。结合 BIM 模型可视化的特点，能够让桥梁监测人员清晰地发现近期内桥梁可能出现故障的位置，并且能够具体到是哪个传输设备发出的信号。在给予桥梁监测人员预警信号的同时，也能够方便桥检人员之后对桥梁的检修，缩小检查范围，极大地减少了桥检人员的工作量，提升工作效率。病害预测系统的运作流程如图 2 所示。

在桥梁 BIM 模型的基础上建立了病害预测系统后，通过在桥梁关键位置设置监控设备(如机动车道附近安装应力传感器、桥墩中部轴线位置安置静力水准仪检测水位等)，将桥梁各个位置的技术状况数据化，再根据这些数据用计算机进行仿真模拟，预测桥梁未来可能发生的破坏情况，并且反馈到 BIM 模型，更直观具体地展现病害的位置和损坏程度，从而及时采取补救措施，保证在役桥梁的质量安全。

桥梁病害预测系统的运行流程包括收集桥梁的历史数据，利用机器学习技术对数据进行分析，建立模型，根据模型预测桥梁的病害发展趋势，并及时采取有效的维护措施，以防止桥梁病害的发生。

构件病害预测系统的目的是实时检测桥梁结构状态，当桥梁在异常天气情况下或者大型交通事故发生时能够立刻发出预警，因此该系统的建立需要在广泛收集该桥梁的地质、地理、交通、气候数据之上。为保证病害预测系统预警的准确性、及时性，给工作人员提供最快速、完整的信息，系统主要检测的内

容为以下几个方面:

- 1) 正常环境下气候湿度、温度, 交通流量的大小, 以及桥梁结构的状态。
- 2) 长期不间断检测桥梁主要受力构件的性质变化。
- 3) 各种因素对桥梁主体造成的损伤。
- 4) 重型卡车、货车通过桥梁的频率, 以及其对桥梁带来的负荷。
- 5) 测量中央跨径垂直方向的变化程度, 从而计算桥梁有无沉降或隆起。
- 6) 桥梁内部构建与外界的温差。

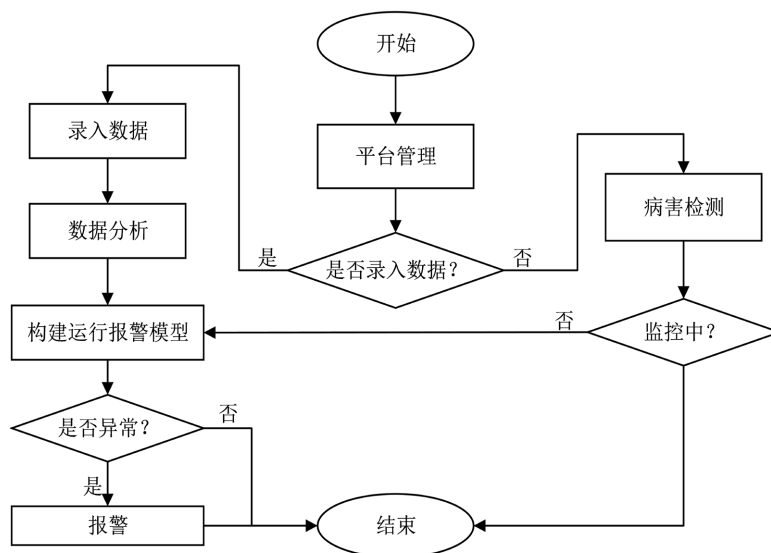


Figure 2. Bridge disease prediction flowchart
图 2. 桥梁病害预测流程图

3.2. 修缮措施

对桥梁上部结构、下部结构和桥面系结构容易发生病害的位置(如梁板、桥面铺装、伸缩缝等)提出了规范的处理方法, 保证桥梁服役期间的运营质量安全。

3.2.1. 上部结构修缮措施

1) 梁板

梁板混凝土出现的麻面、剥落、空洞等情况, 其解决方法为: 铲掉表面破损的混凝土, 然后用膨胀水泥等混凝土材料重新浇筑破损处。

梁板出现钢筋外露、生锈等情况, 建议增加或修复混凝土保护层, 解决方法为: 先清除钢筋表面混凝土以及钢筋表面锈迹, 然后在钢筋表面刷阻锈剂, 再用环氧树脂小石子等材料重新灌注, 最后在混凝土表层涂抹环氧树脂涂料防止氧化。

梁板出现裂缝则根据裂缝的宽度采取不同的修补手段。小于 0.15 mm 的裂缝, 要使用渗透性较强的材料, 如甲凝、环氧树脂等材料对裂缝表面封闭处理; 大于 0.15 mm 的裂缝则用水泥砂浆进行密封。此外对于裂缝宽度过大的缝隙, 除了密封措施还要使用纤维布对裂缝附近进行加固[4]。

2) 支座

支座的破损多种多样, 有老化开裂、剪切变形、位置串动、脱空等。通常简单快捷的处理方法是更换新支座, 先在支座附近的梁底放置千斤顶, 待支座不受力后进行更换。

3.2.2. 下部结构修缮措施

1) 墩台、盖梁

对于墩台、盖梁出现的裂缝处理方法为：先扩大基础或者增加桩基数量来加固地基，然后根据缝隙的宽度采取不同的材料进行密封。

2) 墩台基础

对于河床标高下降以及水流冲刷导致基础掏空，其解决措施为：先重新浇筑基础被掏空的部分，然后在基础附近增加防冲刷构造物。

对于基础滑动、倾斜，其解决措施为：在台背处再打入斜向排桩从而增强填土的密实度，如果是拱桥则建议增设翼墙从而增加桥梁截面大小。

对于基础出现的裂缝，解决方案与墩台、盖梁一致。

3) 翼墙、耳墙

对于翼墙、耳墙出现的鼓胀、松动等情况，其解决方法为：先将鼓胀的土壤清除，用干燥的沙砾土回填，然后检查排水设施是否完好，修复鼓胀部位；如果是墙体本身的质量问题，则要拆除重建。

3.2.3. 桥面系修缮措施

1) 桥面铺装

对于出现的小面积坑洞、凹槽等采用局部凿补法：先将破损部位附近的铺装层凿开，直到露出骨料为止，然后用清水冲刷，将断面处理好后再填补含有粘结材料的水泥砂浆，最后重新进行桥面铺装。

对于年代长或者交通压力剧增的桥梁采用桥面补强加固法：在旧桥梁面板上铺设混凝土补强层，这样不仅能修补原本桥梁的裂缝和剥落，还能够增加桥梁的承载能力。

2) 伸缩缝

伸缩缝出现不同病害要采取不同的修补手段。如果是锌铁板的老化、破损，则要拆除换新的铁板。如果填充材料发生老化，要先把附近的杂物、土壤清理干净，然后填入新的接缝材料。如果钢板发生变形并伴随螺栓脱落，则要将其拆下，更换新的膨胀节。如果钢板破裂，要先清洗表面，然后重新焊接。

3) 排水系统

对于损坏的排水管道或其他部件，需要及时更换。对于出现漏水的部位，需要进行修补，可以采用填缝剂或其他密封材料进行修补。对于堵塞的管道，需要使用高压水枪或其他清洗工具清理管道内的杂物和污垢。

4. 结语

本文详述了桥梁服役阶段桥梁质量状况检测的内容，只有全面地对桥梁进行检测才能够保证检测结果的科学性和准确性。此外，本文提出建立以桥梁 BIM 模型为基础的病害预测系统，借助 BIM 的可视化特性，对桥梁病害的发生进行预测，从而缩短桥梁病害发生至修缮的时间，并且归纳了桥梁常见病害的科学处理方法，为我国中小型桥梁的质量安全管理提供借鉴，促进我国物流业安全、持续性发展。

参考文献

- [1] 胡嘉峰. 新形势下提高道路桥梁养护质量的措施[J]. 门窗, 2019(11): 161-162.
- [2] 蒋浩鹏, 姜谔男. 基于 BIM 技术的桥梁模型设计及信息处理研究[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2021, 40(12): 82-89.
- [3] 祝兵, 张云鹤, 赵雨佳, 张家玮, 刘彦明. 基于 BIM 技术的桥梁工程参数化智能建模技术[J]. 桥梁建设, 2022, 52(2): 18-23.
- [4] 江长华. 市区桥梁病害分析及养护管理对策探讨[J]. 建材与装饰, 2016(45): 234-235.