

# BIM 技术在石济黄河桥施工安全管理中的应用

张晓洋 林佳瑞 方继 杜仲云 胡振中 张建平

**摘要:** 研究针对石济黄河公铁两用桥工程体量大、制造精度高、施工工期紧、安全风险高的特点,探索 BIM 技术在桥梁施工安全管理方面的创新性应用,重点阐述基于 BIM 的工况管理、安全监控管理及分析等内容。研究结果表明,基于 BIM 的进行桥梁的施工安全监测与管理,可实现数据的动态集成及可视化,有效保障桥梁施工质量和安全,具有较为深远的应用意义和推广价值。

**关键词:** BIM; 工况管理; 安全监控; 桥梁施工; 信息集成;

**中图分类号:** U291.6

**文献标识码:** B

**文章编号:**

## 引言

众所周知, BIM 的出现,将引发整个 A/E/C (Architecture / Engineering / Construction)领域的一次彻底的变革<sup>[1]</sup>。近年来,我国桥梁业突飞猛进,桥梁施工安全逐渐成为业内人士关注的焦点<sup>[2]</sup>。将 BIM 技术应用于铁路桥梁中,能有效提高施工成效。

石济黄河公铁两用桥位于山东省济南市,跨越黄河主槽,其下层铁路为石济、邯济、胶济联络线铁路左、右线,上层公路为双向六车道公路。采用  $(128+3\times 180+128)$ m 刚性悬索加劲连续钢桁梁跨越黄河主槽,全长 798.3m,总重为 36249t,是我国首次建造的大跨度刚性悬索加劲连续钢桁梁公铁两用桥。本工程效果图及重难点分析如图 1 所示,由于面临工程体量大、制造精度高、施工工期紧、安全风险高等问题,因此拟引入 BIM 技术,对施工安全进行实时高效的管控。下面将结合本工程就 BIM 技术在桥梁施工安全管理方面的创新应用进行介绍。

## 1 基于 BIM 的工况管理

多年来,国内外对顶推施工进行了大量研究<sup>[3]</sup>和推广,顶推施工法在我国业已得到广泛发展。本项目中主桥采用顶推施工,顶推工况复杂,多达 62 个工况,每个工况所涉及的工况文件、数据、信息冗杂,管理难度大。

项目以 BIM 技术为基础,利用 BIM 模型统一管理各工况信息,并建立其与三维模型的关联。管理人员可以直观查询工况的基本信息、上传、查询和删除工况附件,实现数据文件的统一管理和可追溯性。同时,可通过时间点直接在三维平台中查询当前工况下的施工模型,进行可视化的交流和沟通,如图 2 所示,为用户带来极大便利,也为后续基于工况的数据动态集成和监控量测打下坚实的基础。



图 1 工程效果图及难点分析

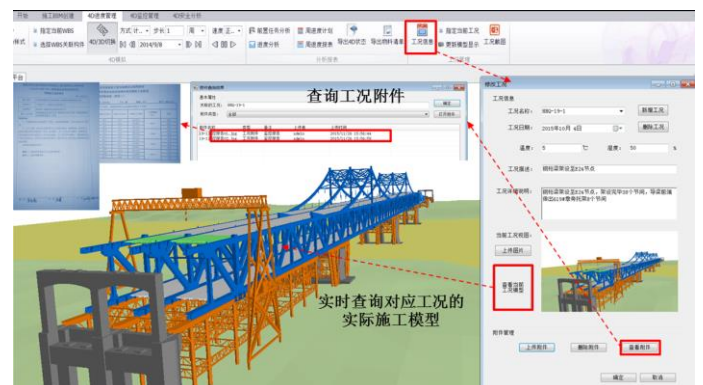


图 2 基于 BIM 的工况管理

## 2 基于 BIM 的安全监控

安全监控一直以来都是桥梁施工过程的一大难题，本研究将从测点布置、数据集成、分析评估三大方面来进一步阐述 BIM 技术在安全监控管理中的应用，为施工安全增添一份保障。

### 2.1 应力测点布置

应力监测是桥梁施工监控中重要的一环，监测方案中对测点的合理选取和布置显得至关重要。研究将测点与模型进行了关联，可以进行三维可视化的测点布置和查询，如图 3 所示，对于导梁、主桥以及临设结构上的测点可进行分类统计查询及管理，同时也为后续监控信息的动态集成奠定基础。

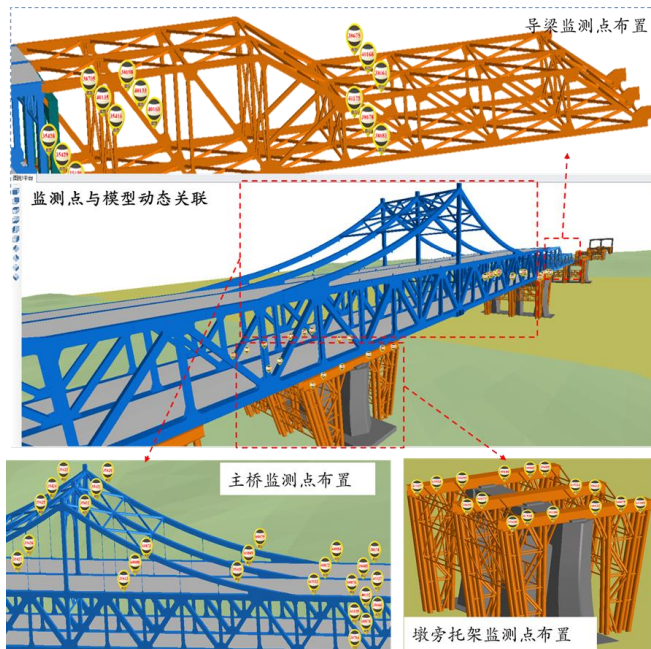


图 3 应力测点布置示意图

### 2.2 监控信息动态集成

实际施工过程中，随着各个工况的进行，会产生大量的监控数据，如何对这些数据进行合理管理和分析尤为重要。本研究在监测点中动态集成各个工况下该点的监控数据，进行统一管理。

将监控数据与监测点动态集成后，针对主桥和临设结构，可自动进行分类统计和分析，包括实测值、预警值的直观对比，可视化呈现监控结果等。基于清华大学 4D-BIM 系统<sup>[4]</sup>，一方面可以查询单个工况下所有监测点的受力情况，如图 4（上）所示，一方面可以分析单个监测点不同工况下的受力情况对比及该监测点所包含的基本信息和实测理论应力对比信息，如图 4（下）所示，这样可以实现横向和纵向的应力对

比分析，从而辅助施工管理人员现场决策。

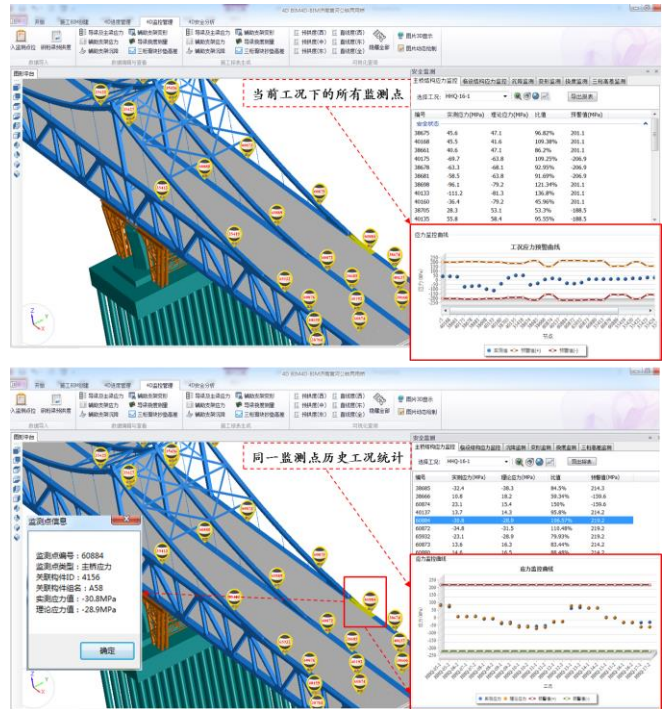


图 4 监测结果呈现

在监控信息动态集成的基础上，研究根据项目需求，实现了分类自动报表导出功能。系统可以导出任一工况下主桥结构或临设结构的应力监控、工况三维效果等数据，形成监控报告，辅助现场施工管理及资料存储，如图 5 所示，从而有效避免数据及信息的丢失，方便统一管理。



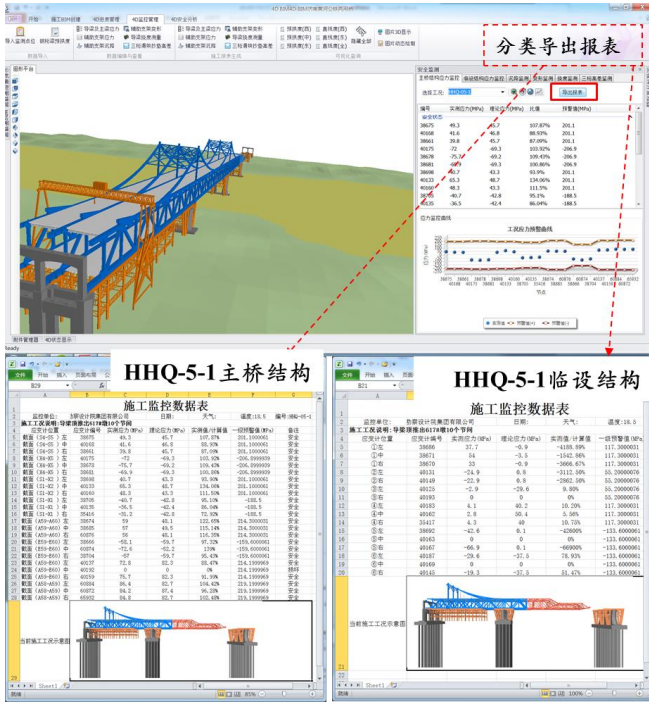


图 5 监控报表导出

## 2.3 综合分析及评估

在监控点数据集成的基础上，要对数据进行分析统计，从而真正实现监控信息集成的价值，同时也支持前后协同工作。本研究从分级预警、风险搜索及安全评估三方面进一步进行探索和应用，发挥其价值。

### 2.3.1 分级预警

在数据集成的基础上，针对每个工况下所有监测点受力情况，根据实测值、理论值以及预警值三者间的关系，制定分级标准，分为红色预警、橙色预警、黄色预警和安全状态，自动进行分级预警，并且可快速定位危险点在模型中的位置，方便现场人员及时进行查询、分析，如图 6 所示。

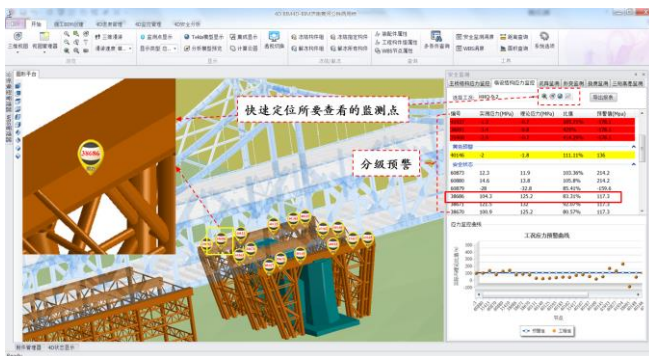


图 6 分级预警示意

### 2.3.2 风险搜索

将 Midas 理论计算结果及现场监控点检测结果，全部集成于平台中，可进行理论和实测分析，可分析全部工况下最危险杆件及其对应工况情况，并快速定位；也可分析指定工况下最危险杆件及其基本受力信息，并快速定位，如图 7 所示。这样一方面实现理论和实测情况的对比，一方面能够快速定位问题杆件，辅助现场校验审核。

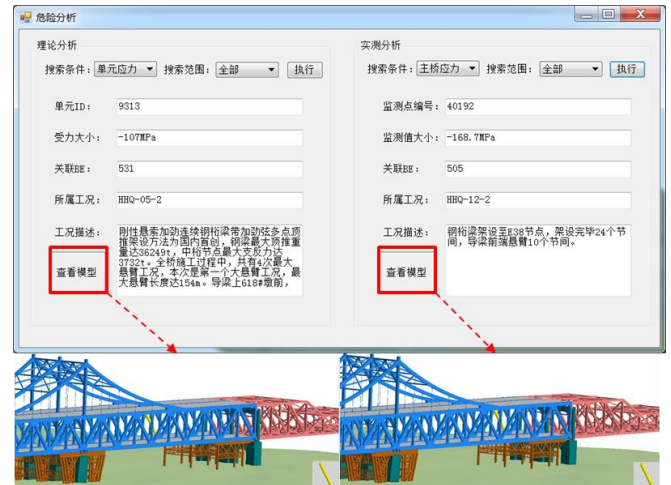


图 7 风险搜索分析

### 2.3.3 安全评估

将数据动态集成后，可根据评估标准及报告模板，综合分析各工况监控情况，并自动导出各工况所对应的安全分析报告，包括主桥安全分析报告和临设结构安全分析报告，如图 8 所示，辅助现场施工决策。



图 8 安全评估报告自动导出

### 3 结语

本研究将 BIM 技术运用于桥梁施工中,探索其在安全管理方面的创新性研究与应用。研究提出基于 BIM 的工况管理及安全管控,并进一步针对桥梁施工安全,从测点布置、数据集成及安全评估三大方面展开深入研究及应用,为施工现场质量安全管理带来新的手段和管理工具,有效提高质量安全管控效率。实际研究及应用表明:以 BIM 技术为基础,1) 综合利用三维可视化实现有效沟通,2) 通过数据动态集成支持数据动态分析与查询,3) 利用网络技术支持前后方协同分析,提高决策支持水平;可切实提高桥梁施工成效,改善施工质量安全,在类似项目中推广并深化应用相关,将进一步发挥其价值。

### 4 参考文献

- [1] Young N W, Jones S A, Bernstein H M, et al. The Business Value of BIM-Getting Building Information Modeling to the Bottom Line[J]. Bedford, MA: McGraw-Hill Construction, 2009.
- [2] 刘海营. 桥梁临时结构施工工况分析[J]. 中国高新技术企业, 2012(19):100-101.
- [3] 陈天艳. 黄河路高架桥顶推施工分析及现场监测研究[J]. 铁道建筑技术, 2015(09):18-21.
- [4] 林佳瑞, 张建平, 钟耀锋. 基于 4D-BIM 的施工进度-资源均衡模型自动构建与应用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2014(06):44-49.

附:

张晓洋: 清华大学, 硕士研究生, 北京, 100084, Email: zxy@bimer.cn

林佳瑞: 清华大学, 博士研究生, 北京, 100084, Email: jiarui\_lin@foxmail.com

方继: 中国中铁四局集团钢结构有限公司, 总工程师, 安徽 合肥, 230000, Email: fj9699@126.com

杜仲云: 中国中铁四局集团钢结构有限公司, BIM 室主任, 安徽 合肥, 230000, Email: 34339308@qq.com

胡振中: 清华大学, 副教授, 北京, 100084, Email: huzhenzhong@tsinghua.edu.cn

张建平: 清华大学, 教授, 北京, 100084, Email: zhangjp@tsinghua.edu.cn