

基于BIM技术的桥梁工程运维管理平台构建研究

陈国佳

(江苏森尚工程设计研究院有限公司, 江苏 南京 210000)

摘要:对基于BIM技术的沪通长江大桥项目运维管理平台的平台构架和具体搭建步骤进行了探讨。通过研究合理的运维管理平台构架和功能模块,为运维阶段桥梁的信息化和智能化养护奠定科学基础;通过研究合适的能筛选和整合项目各阶段产生的数据,并将这些格式、来源、表现形式都不同的数据换为一个统一的运维阶段需要的BIM模型及数据的方法,为提高运维管理平台的工作效率和管理精度,降低数据丢失风险,做出有益探讨。

关键词: BIM技术;桥梁工程;运维管理;多源数据

中图分类号: U445

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)04-0158-05

0 引言

桥梁工程项目的全生命周期包括前期规划与可行性调研、设计、施工、运维、废除共五个阶段^[2]。运维阶段不仅整个周期中所占比重最高的阶段,也是占总建设成本最高的阶段^[3]。因此,为保证桥梁在其漫长的设计使用年限内能经受行车荷载和复杂自然条件考验,降低维护成本和安全风险,及时了解桥梁各构件和设备状态,从而制定对应的维护计划必不可少。

传统的运维和养护需要维护人员查询项目的图纸、使用指导和维修记载等^[4],这些信息往往以纸质文件形式分布在不同的承包商手中,难以实时更新,彼此间也缺乏关联,导致传统的后期维护过程繁琐且效率低下,极易发生错漏。

为解决包括运维管理在内的项目设计、施工、维护环节存在的弊端,BIM技术应运而生。这是一种以三维立体建模技术为底层构架,包含工程各方所需数据的信息模型^[5]。这些数据涵盖结构和构件的几何数据,也包括其物理属性、状态、造价等信息^[6],可使各参与单位在同一平台上进行实时编辑和数据共享,使得维护方可以实时整合、更新和同步项目所有信息。能有效减少维护时的资源消耗,提高运维效率和运维精度。

1 国内外研究现状

BIM技术的理论和应用研究最早起步于建筑领

域,而被引入道桥领域的时间较晚,目前在设计与施工阶段的研究正日趋完善,如在理论研究方面,H.M.等人^[7]提出了BIM项目的建造流程,C.S.等人^[8]提出了可扩展的架构系统,并阐述了施工过程的4D模拟。Dang N S等人^[9]开发了基于BIM技术的桥梁运维系统,可实时获取数据与图像,并生成和实时上传病害与损伤报告。在实际应用方面,在布里格里河谷斜拉桥和卡塔尔多哈大桥的设计与施工阶段,BIM技术也被广泛应用,但对运维阶段的实际应用仍较为空白。

综上所述,当前国内外对BIM技术在桥梁工程中的应用研究更多聚焦在设计阶段,对在运维阶段的研究偏理论,缺乏对BIM技术在桥梁工程运维阶段实际应用案例的讨论。因此,本文希望依托沪通长江大桥项目,对基于BIM技术的运维管理平台的平台构架和具体搭建步骤进行探讨,为运维阶段桥梁的可视化和智能化养护的实际应用及推广提供参考。

2 工程概况

沪通长江大桥(见图1)位于长江江苏段,南起张家港市、北通南通市,是中国自主研发设计的全球首座横跨千米的公铁两用斜拉桥。

沪通长江大桥全程11.072 km,由航道桥(分主航道与专用航道桥)、联络桥和引桥三部分组成。其中正桥5.831 km,南引桥3.370 km、北引桥长18.71 km。具有桥型全、体量大、多项技术世界领先的特点。大桥于2014年3月动工,2019年9月实现两端汇首,2020年7月1日建成投入使用。

收稿日期: 2021-08-02

作者简介: 陈国佳(1985—),男,硕士,高级工程师,从事公路、市政规划设计管理工作。



图 1 沪通长江大桥

3 建设阶段 BIM 模型构建

由于沪通长江大桥项目桥型全、体量大、难度高、协作单位多、协同管理难度大,建设指挥部从项目全生命周期的应用角度出发,自主研发了BIM平台,形成了“极简平台+可插拔模块”的应用方式,其技术架构见图2。

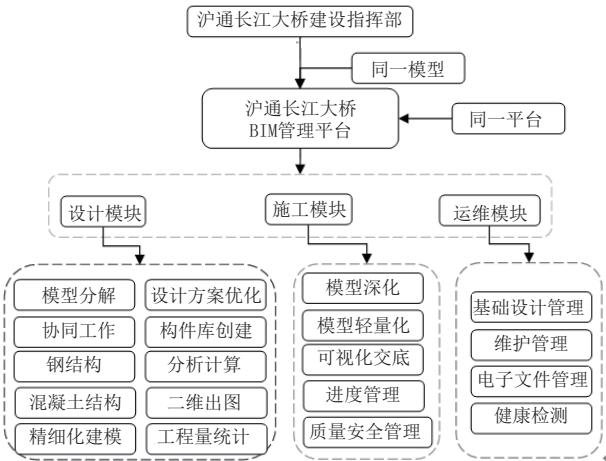


图 2 沪通长江大桥 BIM 应用技术架构图

项目选择了擅长钢结构建模的 TEKLA 软件。依托施工图和施工需求编制了建模标准,统一了不同阶段的 LOD 等级和构件命名规则等,以降低模型管理和使用时的难度。其底层整体采用 C/S (Client/Server) 模式开发,共包括施组编制、进度跟踪、可视化交底、工程量统计、设计变更管理、施工监控、健康监测、架桥机监控、焊缝质量管理、数字化预拼装 10 大功能模块。通过使用云平台,用户通过 PC 端和移动端访问系统云端,实现协同工作。项目的分层架构见图3。

4 建设阶段与运维阶段模型间的数据传递

构建一个统一的运维养护管理平台,首先需要筛选和整合项目前期阶段产生的数据,将这些格式、来源、表现形式都不同的数据换为一个统一的、运维阶段需要的模型和数据,从而保证信息的一致性,也能避免不必要的工作量,降低数据丢失风险,实现信息



图 3 系统分层架构图

集成、共享、更新和管理,促进各参与单位的信息交流和共享,达到对全过程的精准控制,为管理和决策提供帮助。

在沪通长江大桥项目中,运维管理平台的数据转化和传递过程可概括为:多源数据的补充与筛选,多源数据的输出、整合与校验,和多源数据的传递三个步骤。

4.1 多源数据的筛选与补充

桥梁工程的 BIM 模型涉及多个阶段的数据和信息,上一阶段的信息在下一阶段未必会被应用。如果这些信息流转到下一阶段,会降低信息查看和利用的效率。多源数据补充与筛选的目的就是剔除运维管理阶段不需要的数据,加入运维阶段必须的数据,以降低不必要的信息量,提高养护精度和管理效率。

以项目建设阶段主梁的 BIM 模型向运维阶段的信息筛选与补充为例(见表1),建设阶段的主梁模型包含桥梁设计依靠的主要技术标准、结构设计特点、项目特点、构件信息以及施工信息等。到了运营阶段,桥梁项目整体模型中会进一步输入桥梁所处区域环境的监测信息,如风速、温度等。而对于施工要点等施工建造信息,则会予以剔除。

4.2 多源数据的整合、输出与校验

由于项目中使用的 BIM 软件种类繁多,这些软件有的侧重钢结构建模,有的侧重电气建模,各软件采用的底层数据结构和框架不同,数据单位和表现方式有所差异,生产出的数据格式也相去甚远。因此,在数据转换前需要确定统一的中间数据格式,避免在数据传递时出现前后数据不一致,以及数据丢失。

4.2.1 导出前统一文件格式

为解决上述问题,沪通长江大桥项目运维平台统一采用了 IFC 标准。IFC 是一种文件格式,有很好的

表 1 沪通长江大桥项目主梁信息继承表

项目要素		设计阶段	施工阶段		运维阶段
			制造加工阶段	架设施工阶段	
项目整体信息	主要技术标准	添加	继承	继承	继承
	桥梁设计特点	添加	继承	继承	继承
	桥梁项目特点	添加	继承	继承	继承
几何信息	路线信息	添加	继承	继承	继承
	断面信息	添加	继承	继承	继承
	跨径信息	添加	继承	继承	继承
	支座信息	添加	继承	继承	继承
	一般非几何信息	添加	继承	继承	继承
主梁整体信息	材料拓展非几何信息	物理性能指标	添加		
		设计强度指标	添加		
		疲劳强度指标	添加		
	受力非几何信息	承载能力极限状态受力	添加	继承	继承
		疲劳受力	添加	继承	继承
		刚度分析	添加		
		计算验算结果	添加	继承	继承
	计量非几何信息		添加	继承	继承
			继承	继承	继承
			继承	继承	继承

平台独立性,在各个平台均能被识别。在数据传递时,先将某种模型的数据转换为 IFC 数据文件,能最大限度避免因软件或系统差异导致的信息错漏与前后不一致,IFC 标准也因此成为串联各个工程阶段、各家参建单位及各个 BIM 软件之间的桥梁。

4.2.2 导出 IFC 标准数据文件时存在的问题

本文通过 IFC 文件在 BIM 模型中的读取和导出测试,总结了会导致 IFC 文件在不同 BIM 模型间出现错漏和信息不一致时的三种情况:

- (1)不同 BIM 模型使用了不同的表述方式和字符对同一结构部件的属性进行描述;
- (2)BIM 软件无法完全读取其他 BIM 软件导出的 IFC 文件中的所有实体及其属性;
- (3)实际工程项目涉及的信息和面对的情况纷繁复杂,当前的 IFC 标准还无法描述所有项目需要的所有信息。

4.2.3 导出 IFC 标准数据文件后的校验

在导出 IFC 文件后,需要对导出的 IFC 文件进行校验。首先,从不同的 BIM 软件中各自生成 IFC 文件。其次,对这些生成的 IFC 文件中的信息进行分类。再来,将提取的实体属性性值,并输入校验系统进行校验,判断信息中心是否包含用户所需的数据(如几何形状、颜色、材料等),以及判断文件中采用的信息描述是否符合 IFC 的基本框架。最后,校验系

统可将检验结果输出。

以图 4 所示的变电站模型为例,通过校验系统校验变电站中所有的 38 种电气设备,校验完成后得到的校验结果的 result 和 summary 的部分内容见表 2。

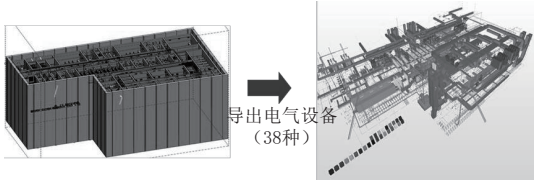


图 4 沪通长江大桥项目变电站三维模型及其中电气设备模型

表 2 校验结果

编号	族类型	实体名称	实体属性	是否存在	属性值
#891629	电缆桥架	Ife Building Element Proxy	管理 - 安装日期	T	NA
			管理 - 出厂编号	T	NA
			管理 - 出厂日期	T	NA
			管理 - 电压等级	T	NA
			管理 - 设备名称	T	NA
			管理 - 生产厂家	T	NA
			管理 - 使用环境	T	NA
			管理 - 所属回路	T	NA
			管理 - 投运日期	T	NA
			管理 - 运行班组	T	NA
			管理 - 运行部门	T	NA

4.3 多源数据的传递

沪通长江大桥项目各阶段的 BIM 模型汇集的桥梁设计、施工、巡检等各个环节的业务管理信息数据通常以数据库的方式存储与传输。即不同阶段的模型和通过连接同一个数据库服务器的同一张表进行数据交换。当模型 A 请求模型 B 处理数据的时候,模型 A 输入一条数据,模型 B 选择模型 A 插入的数据进行处理,具体过程见图 5。而业务数据的交换主要依赖基于数据库的数据接口方式进行。

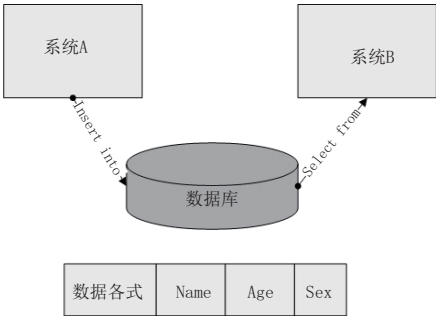


图 5 沪通长江大桥项目变电站三维模型及其中电气设备模型

5 运维管理平台的总体架构

5.1 运维管理平台的基本目标

由于受到行车荷载和各种自然因素的影响,在

桥梁的使用寿命内,内部的损耗会逐渐积累,如果不加以维护,会引发突发性的破坏。因此运维人员需要定期巡检,并进行及时养护,以保护大桥安全运营。因此平台需要辅助管理人员,随时监测桥梁状况,为桥梁的养护提供决策依据。

5.2 运维管理平台的功能模块

为满足上述目标,沪通长江大桥项目运维管理平台构建了四个功能模块:后台管理、资产管理、任务管理、BIM智慧大屏,框架见图6。

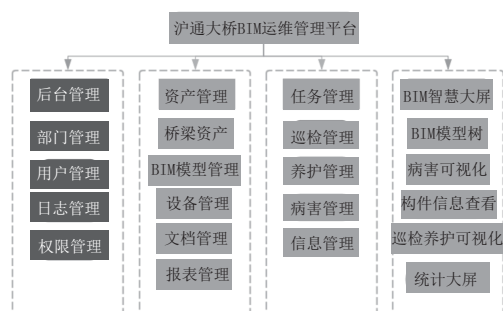


图6 养护管理平台简要框架

5.2.1 后台管理

后台管理是实现所有功能的一个基础模块,包括部门管理、用户管理、日志管理和权限管理。实现用户角色的设置、用户权限的分配、用户操作记录的存储。

5.2.2 资产管理

资产管理的功能主要是对桥梁资产管理、设备管理、BIM模型管理、文档管理和报表管理。

(1)桥梁资产管理。为运维提供一套完整的桥梁资产信息,便于后期监测资产的生命周期与完整数据。

(2)设备管理。授权用户可以统计资产类型和数量,还可以通过设备名称、编码、等信息查找对应设备,设备管理偏向记录设备生命周期完整数据。

(3)BIM模型管理。实现BIM模型的发布、模型的分类,对模型高亮、场景、GIS位置、相机视角等进行设置。

(4)文档管理。对文档进行统一的保存,展示。可通过后台权限进行上传、查看、删除、下载等操作。传感器的报废更换、大桥上的重大预警记录、巡检月度考核、定期检查传感器等数据可通过文档分类进行展示。

(5)报表管理。统一管理系统数据导出功能,可按照对应分类和筛选条件进行导出。

5.2.3 任务管理

任务管理主要是对巡检任务、养护任务、病害查询、信息发布的全过程管理,使得各参与方不仅能够

全面了解任务信息状态、而且能够系统提升任务管理能力。

(1)巡检管理。根据添加的巡检计划进行巡检任务的新增。巡检任务可通过选择时间任务地点添加人员等在后台的编辑操作进行任务的下放和内容的添加。任务下放至小程序端,巡检人员可通过小程序的信息进行扫描反馈桥梁巡检信息。

(2)养护管理。新建、查看养护计划、养护任务,还可查看养护计划、养护任务的状态,方便管理员查看责任方,可对养护计划、任务进行实时监督。

(3)病害管理。对巡检过程中发现对病害进行录入、可以查询病害描述已经病害应对措施。对已有病害数据进行统计。

(4)信息发布。主要是对情报板、告警等发布的信息或预备发布的信息进行统一管理,可根据信息状态筛选出对应的信息列表,同时可查看信息关联的模型三维模型上体现播放点。

5.2.4 智慧大屏

BIM智慧大屏主要是将巡检、养护数据可视化、展示健康监测结果,健康监测研究包括环境、设备、桥梁本体的静态数据和动态数据的显示。对应急数据及时展现,并可以查看数据大屏统计信息。

(1)构建信息查看。通过BIM模型树,控制具体模型显示,以及视角调整。点击模型构建,模型高亮显示,并弹出BIM信息框,显示构建详细信息。

(2)病害查看。在BIM模型对应位置,显示病害介绍,对BIM主体进行高亮显示。通过不同颜色,区分病害严重程度。

(3)巡检养护查看。在对应路段,显示巡检任务,包括巡检类型、巡检路段、巡检人员。显示当前养护进度,包含作业人员,养护路段可视化等

(4)健康监测。健康监测包括对多种监测数据的展示,以及健康监测评价的显示。常见的监测包括:桥梁数据监测,通过设置风险区段,按照不同颜色显示为正常、轻微、中度、危险等不同状态。当超出阈值时,显示报警提示。动态数据采集和展示的主要内容包括:振动数据、动应变数据、动挠度数据等。交通流量监测,包括数据接收及管理、地图数据处理及分析、地图及数据的发布。不仅对交通数据进行直观、生动的显示,还可以提供最新的查询和分析,进而为交通流量分析提供决策和支持。桥梁安全监测,通过现代测试技术对桥梁结构进行长期在线监测,并有效利用监测信息评估桥梁结构状态。

(5)应急管理。当发生紧急事件时,大屏在弹出红色预警框,并定位到 BIM 模型具体位置,可及时查看到紧急事件,填写处理联系负责人和处理意见,实时进行上报处理。

6 结 语

本文的研究可分为两部分:

第一部分研究了多源数据在设计施工阶段 BIM 模型和运维阶段 BIM 模型之间的传递方法。该部分对能整合各 BIM 模型产生的多源数据的向 IFC 标准数据文件做了深入研究;针对 BIM 模型数据导出 IFC 标准数据文件时,数据表达不一致的成因进行了分析;针对多源数据的筛选原则和校验方法进行了探讨。最终得出了构建运维管理平台时合理的数据传递策略。

第二部分探讨了运维管理平台的总体构架和需要具备的功能模块。平台需要充分利用 BIM 可视化的技术,强化信息技术与桥梁养护需求的深度融合,在基于 BIM 技术的沪通长江大桥建养管理平台上,开发可视、可解析、可辅助养护决策的大跨桥梁养护模块,实现 BIM 技术在桥梁全寿命周期的应用,围绕提升大跨桥梁状况的监控评估技术水平的需求,构建既有桥梁信息仿真模型,实现桥梁监测结果可视化呈现。

参考文献:

- [1] 陈国佳. BIM 技术在公路工程中的应用研究[J]. 建筑知识, 2017, 19(6):14.
- [2] 陈广军, 张慧君, 吕冰冰. BIM 技术在项目运维阶段的应用研究[J]. 中州大学学报, 2016, 33(4):120-124.
- [3] 施晨欢, 王凯, 李嘉军. 基于 BIM 的 FM 运维管理平台研究——申都大厦运维管理平台应用实践[J]. 土木工程信息技术, 2014(6):50-57.
- [4] 王廷魁, 赵一洁, 张睿奕. 基于 BIM 与 RFID 的建筑设备运行维护管理系统研究[J]. 建筑经济, 2013, 373(11):113-116.
- [5] 洪磊. BIM 技术在桥梁工程中的应用研究[D]. 成都:西南交通大学, 2009.
- [6] 李红学, 郭红领, 高岩, 等. 基于 BIM 的桥梁工程设计与施工优化研究[J]. 工程管理学报, 2012, 26(6):48-52.
- [7] H.M.Shin, H.M.Lee, S.J.Oh, etc. Analysis and Design of Reinforced Concrete Bridge Column Based on BIM [J]. Procedia Engineering, 2011(14):2160-2163.
- [8] K. M. Lee, Y. B. Lee, C.S. Shim, etc. Bridge information models for construction of a concrete box-girder bridge [J]. Structure and Infrastructure Engineering, 2012(8):687-703.
- [9] Dang N S, Shim C S. BIM authoring for an image-based bridge maintenance system of existing cable-supported bridges[J]. IOP Conference Series Earth and Environmental Science, 2018, 143(1): 012032.
- [10] 杨玲玲. BIM 技术在铁路基础设施智能运维中的应用及前景分析[J]. 现代城市轨道交通, 2021, 33(4):96-102.
- [11] 陈国佳. 一种用于路桥建筑物检测的应变片安装装置: 中国, CN202021193672.6[P]. 2021-05-25.

(上接第 137 页)

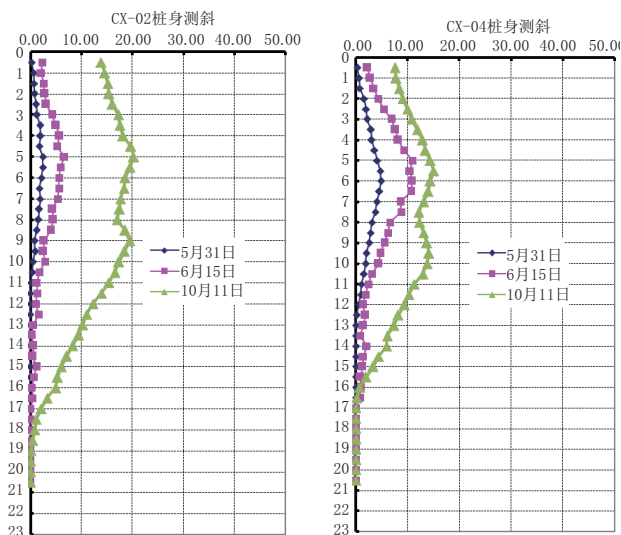


图 12 典型桩身测斜曲线

由此可见,类似地层下的深基坑工程的止水、降水设计方案和施工工法是项目成败的关键因素,前期方案阶段在进行全方位的比选后,建议有条件的地区进行原位试验以确保设计方案合理可行。

参考文献:

- [1] 岩土工程勘察报告书[R]. 西安:机械工业勘察设计院有限公司, 2020.
- [2] 刘国彬, 王卫东. 基坑工程手册[M]. 2 版. 北京:中国建筑工业出版社, 2009.
- [3] 杨光华. 深基坑支护结构的实用计算方法及其应用[M]. 北京:地质出版社, 2004.
- [4] 李广信. 高等土力学[M]. 北京:清华大学出版社, 2002.
- [5] JGJ 120—2012, 建筑基坑支护技术规程[S].