

# 基于BIM的数字建造工业化平台中业务管理的多源数据集成关键技术研究

张献聪

(乌鲁木齐市投资城市基础设施建设中心,新疆 乌鲁木齐 830000)

**摘要:**随着BIM技术的不断发展,BIM平台在施工全过程的应用逐渐丰富。集成整合平台背后全生命周期的工程数据,并将数据传递至工程建造各个环节当中进行应用,是BIM平台发挥作用的本质。如何在工程的全生命周期收集和整理工程数据库,并传递至各个工作流程中发挥作用,是开展BIM平台建设的重点。以乌鲁木齐市东进场高架道路工程为实例,重点研究BIM平台中工程数据库的建立,分析如何在项目的设计阶段和施工过程中采集工程数据,并将工程数据库应用于项目管理。

**关键词:**工程数据库;多源数据;BIM平台;信息化集成;全生命周期

**中图分类号:** TP319

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2024)06-0293-05

## 0 引言

新时代新征程,以中国式现代化全面推进强国建设、民族复兴伟业,实现新型工业化是关键任务。然而,在信息技术和互联网浪潮的席卷下,全球工业体系正在发生巨大变革,传统工业化模式已经无法满足现代社会的发展需求,数字化、智能化、数智化等正成为工业发展的关键。《“十四五”建筑业发展规划》中明确提出,大幅提升建筑工业化、数字化、智能化水平,绿色建造方式加快推行,基本建立智能建造与新型建筑工业化协同发展的政策体系和产业体系等目标。

数字建造和工业化成为当今建筑业发展的两大趋势。数字建造侧重于数字化技术和信息化手段在建筑全生命周期中的应用,旨在提高建设效率和质量。工业化强调通过标准化、大规模生产等方式,优化建筑生产过程,降低成本,并实现可持续性发展。随着数字建造技术理论和工业化的发展,建筑信息模型(BIM)技术和预制装配式建筑逐渐成为一种新型的建设方式<sup>[1]</sup>。

数字建造是智能建造和智慧建造的本质支撑,是指利用先进的信息技术、物联网技术和人工智能

技术等手段,实现建筑工程设计、施工、运维、移交的全过程数字化<sup>[2]</sup>。工业化强调通过标准化、大规模生产等方式,优化建筑生产过程,降低成本,并实现可持续性发展。如何将数字建造和工业化有机地结合起来,是当前需要解决的重要问题之一。

在传统的建造过程中,设计数据通过图纸向施工过程传递,施工工艺通过交底文件向施工班组传递,质量资料通过纸质文件进行存留,信息流转存在效率低、系统性误差大等问题。将BIM的信息化优势和数字建造的自动化、工业化优势相结合,能够提升各环节的效率和准确度<sup>[3]</sup>。

目前在将BIM和数字建造、工业化相结合的工程案例中,存在比较多的各环节之间信息流转不畅的问题<sup>[4]</sup>,包括设计信息向工业化设备的传递、施工现场管理信息向各单位各部门间的传递、工程全生命周期的信息存留归档等问题。本文将对数字建造工业化平台中的数据集成、数据流转等问题进行研究。

## 1 数字建造数据结构

### 1.1 数字建造的数据体系

数字建造的数据体系涉及从设计到竣工交付的全生命周期的各类信息数据,包括设计单位提供的设计图纸和文本中涵盖的全部设计信息、施工单位提供的施工技术交底和交底等全部施工信息、工业化施工设备需要的各类工程数据、施工现场发生的各类问题及相应解决方式等全部施工管理信息,以及施工过程

收稿日期:2023-11-30

基金项目:2021年度交通运输行业科技项目(2021-ZD-012)

作者简介:张献聪(1987—),男,本科,高级工程师,从事市政道桥工程管理、基于BIM平台的数字建造研究工作。

中产生的各类质量资料等施工文档。

上述信息和数据种类繁多,通过建立以单个工程构件的单个工序为最小单元的树结构,即WBS编码体系<sup>[5]</sup>,可将各类数据按构件和工序两个维度进行划分整理,数据通过区域或构件或工序的编码相互关联。通过数据库的建立将各类数据有序整理存放。在各类业务流程中,可以按需查找和调用。

结合项目的具体情况,搭建项目级的、可扩展的编码规则和编码体系。在设计阶段搭建以构件为最小划分单元的EBS编码体系<sup>[6]</sup>,并将设计信息和模型与每个构件编码进行关联。在施工阶段,再将EBS编码按工序继续划分形成WBS编码体系,并将施工信息关联至各工序。特殊的,若某个工序需要施工自动化生产设备,还需将数据转换成设备支持的格式。施工过程中发生的各类管理信息,包括质量资料和各类表单等,也关联至某一个或几个工序或构件。

从设计阶段开始到竣工阶段结束,整个数据库以编码体系为框架,不断扩充和完善数据内容,并供各个相关的工作流程调用。

## 1.2 数据体系中各类数据的标准

基于BIM的数字化建造工业平台中,数据库是以WBS编码体系为框架搭建的。其中的各部分数据内容需符合其各自的规范标准要求。

设计阶段通过EBS编码体系对构件进行划分,并对每个构件赋予设计信息。EBS构件编码是给每个构件赋予唯一的识别码,作为信息传递的通用识别符号。构件分类是依附于工程类型的。结合项目的实际情况,构件编码可由项目代码、工程代码、区段代码、专业代码、分部代码、分项代码、位置代码、序号代码等段落组成<sup>[8]</sup>。

施工阶段,在以EBS编码体系为框架的数据体系的基础上,对每个构件的工序进行划分,最终形成以WBS编码体系为框架的数据库。WBS即工作分解结构(work breakdown structure)以可交付成果为导向对项目要素进行分组,是工程项目管理实践的重要内容之一。在EBS构件编码的基础上,增加工序代码段落,形成完整的WBS编码体系。结合项目实际,构件工序需与该类构件的实际建造流程、检验批等一一对应。每条项目数据都直接或间接地对应信息编码。通过信息编码作为工程数据库的识别码,对各类数据信息进行集成,实现工程信息数据的使用、维护、共享。

## 2 数字建造数据流转<sup>[7]</sup>

### 2.1 资料协同:图纸文档与模型关联

项目进行过程中涉及的图纸文档资料,需要按照国家有关建设项目档案管理标准,对项目图纸文档进行标准化分类。在已搭建的数据库体系中,设计单位将每个构件的设计信息都与构件一一对应分类整理导入数据库中。特殊的,模型作为可视化的设计信息,成为构件编码的载体。

在可视化的操作界面中,通过查找三维模型找到指定的构件;也可以在构件编码列表中,通过逻辑关系找到指定的编码。找到了特定的构件或编码后,就能调取其各类相关的数据和信息,供各工作流程使用。

### 2.2 进度管控:工序报工与模型关联

在进行施工进度管理的过程中,需要对构件的每个工序进行管控。每个工序都有其施工的工作时长和期限,通过WBS编码的确定,每个构件的各个工序的总时长也随之确定。按施工计划对某个构件的某个工序进行施工时,将该施工过程的记录,包括工序报工、施工过程的数据影像资料,都通过自动或人工的方式存储到数据库中相应构件相应工序的节点,与其EBS编码和WBS编码关联,同时也与可视化模型相关联。

基于数据库中的工序数据,通过平台中的进度管理功能模块,实现对每个构件每个工序的进度把控。进度管控包括构件是否按进度计划进行开工、构件或工序是否按工期完成、某工序完成后下一工序是否及时开工。通过这种方式对工程进度进行精细化的掌控,对于临期的条目进行重点监管,辅助项目进度按计划进行。

### 2.3 质量管理:检验批资料与模型关联

施工过程中产生的各类数据文档,也都关联至所选的构件或工序上,如某个特定构件的交底资料或某个特定工序的质量资料等。

在构件施工过程中,通过人工或自动的方式记录施工过程的关键数据,数据包括但不限于检验批中所需的数据。这部分数据将作为施工质量的记录,并与相应的设计值进行自动比对,校验施工结果是否符合设计符合、是否符合相关的标准要求。记录的数据除了作为施工过程信息存储在数据库中,还将用于生成检验批资料。生成的检验批资料与工序一一对应,并与构件编码关联。

与设计信息的调用方式相同,通过模型作为构件编码的载体或直接检索编码列表的方式,去定位并查看或导出检验批资料。

### 2.4 现场管理:现场问题与模型关联

在施工现场的管理过程中遇到的各类问题,包括相应的闭环管理解决过程或未解决原因等,也在工程数据库的集成范围内,与构件的编码和可视化模型互相关联。一方面帮助问题在相关方之间流转直至解决,另一方面在竣工交付时提供清晰可查的工程数据。

通过平台中的现场管理功能模块,对项目现场中发生的质量、安全等各类问题进行人工或自动上传,形成基础数据。经过平台中预设的人员职责分工和处理流程,将问题数据流转至相关方的处理人员进行解决,并返回处理结果,实现现场的闭环管理。整个解决问题的过程,也将存储到数据库中,形成完整可查的工程管理数据。

### 2.5 构件跟踪:预制构件二维码标识

前述的以WBS编码体系为框架的工程数据库,所有的数据都关联至构件或工序的编码中,并以可视化模型为载体进行查看。特别的,在预制装配的工程项目中,将预制构件的编码以二维码的形式展示在现场实体构件上,能够实现将后台的数据库与现场的构件相关联。

以实体构件的二维码为媒介,通过平台功能,现场人员能够访问工程数据库中关于该构件的全部所需要的信息。具体的应用场景包括施工人员在建造或安装时查看设计信息、管理人员查看或上传该构件的相关问题等。

### 2.6 智能建造:设计信息向工业化设备传递

基于数据库中构件的设计数据,通过数据处理后向工业化设备传递。将构件的钢筋信息传递至智能钢筋加工中心,实现钢筋网片化加工为目标的全自动上料行车、全自动机械手搬运、全自动网片弯折、全自动锯切工序。以数据库中构件的设计尺寸为依据,借助装配式桥梁专用高精度模板及工装设备,实现桥梁立柱的竖向预制及快速拼装,盖梁、小箱梁的快速拼装。

## 3 数字建造数据集成

### 3.1 数据集成基础

目前项目建设的全生命周期过程中,产业链中的各方数据不流通,呈现出一个个“数据孤岛”,严重

影响了工程质量和效率。为了解决这个问题,我们在项目前期就搭建了工程数据库的框架。随着项目各个阶段的进行,不断地对框架进行完善,并通过平台功能集成各个来源的工程信息,对数据库的内容进行填充。

### 3.2 数据源

数据集成的数据源包括设计阶段产生的BIM模型,依附于模型的几何信息和非几何信息、设计图纸和其他设计资料等,施工阶段产生的分部分项划分数据、施工过程的数据记录和影像资料、各类质量表单等。

设计数据通过平台的图纸文档管理和模型管理等模块进行上传。施工数据通过平台的进度、质量、安全等各个功能模块进行上传或填报。填报的方式包括人工录入或自动读取机械设备数值等。

### 3.3 数据集成

项目全生命周期产生的各类数据,具有数据量大、数据种类多、与工程实体构件高度关联等特点。需要将数据有序地存储在平台的数据库中,方能供业务模块统一调用。

在数据存储时,以编码体系为基础,再结合数据类型的代码,形成“构件编码\_数据类型”的数据存储键值,存放具体的工程数据,实现数据集成。数据地址与数据内容的映射关系示例如图1所示。工程数据实现了有序集成。



图1 数据地址与数据内容的映射关系示例

## 4 数字建造案例

工程数据库建立后,不仅用于工程建造直接相关的业务流程,也用于项目信息展示。通过平台中的各个管理模块的展示功能,供管理者查看各类数据的统计成果,辅助管理者进行决策。

### 4.1 数据集成可视化

施工过程中,施工现场会持续产生各类工程数据,其中也包括偶尔发生的质量、安全等方面的问题

题。各类问题经过业务模块录入平台后,有序地存储在平台数据库的指定位置。

通过平台中的“全景 3D”模块,调取设计模型、设计属性数据,以及现场记录的常规施工过程数据或施工问题记录。通过模块中的筛选功能,可以借助可视化场景按需求分类展示基于构件的形象进度、施工问题等全部工程信息。在“进度 3D”中,按照数据库中构件工序的完成状态,对构件赋予不同的可视化效果,展示现场的形象进度。对于数据库中录入的现场发生的质量、安全等方面的问题,根据数据库中问题与构件的对应关系,在可视化场景中对地标注在相应构件的位置。帮助管理人员快速确定问题发生的空间位置和来龙去脉,便于管理人员对问题进行处置。全景 3D 中对待处理施工问题的展示如图 2 所示,在界面中,既能准确定位问题发生的位置,又能在界面右侧看到问题的详情。

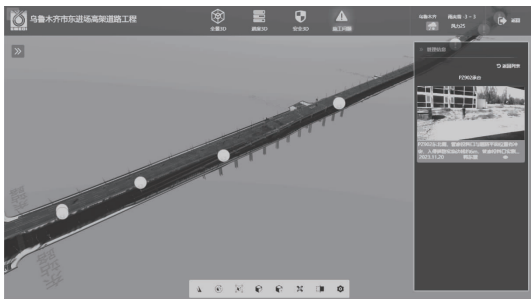


图 2 全景 3D 中对施工问题的展示

#### 4.2 集成数据分析

由于各类工程数据体量庞大,经过集成处理后形成分析图表,能够更方便快捷地让管理人员了解项目进展,辅助管理人员做出决策。工程管理过程中,管理人员重视的管控内容包括进度管理、质量管理、安全管理等。

根据管理人员的管控需求,将工程数据库中已录入的相关信息进行分类统计,直观地展示各项指标的进展情况、各类问题的统计数量等。例如,平台中的形象进度指标统计展示如图 3 所示。通过后台数据处理,将各个构件的进度数据进行统计,并按类别整理,体现各类型构件的进度完成情况。通过数据集成展示让项目管理人员了解各项工作的进度,辅助管理人员进行决策。

工程数据库的建立也让工业化平台更高效地运作。各功能模块之间的数据调用通过工程数据库作为媒介,替代了过去的功能模块间点对点的连接,逻辑更加清晰。同时增加了各类数据的复用性,减少了各模块间数据重复录入的情况。

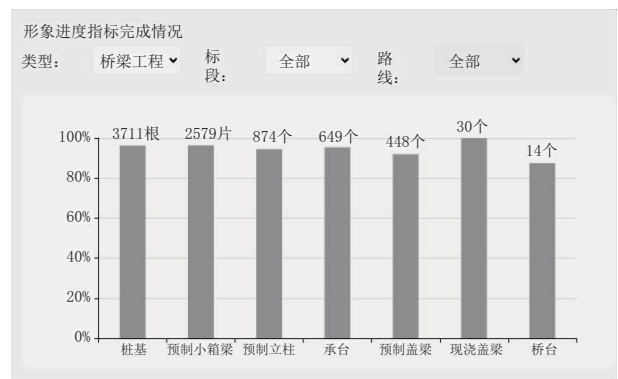


图 3 进度看板中进度统计信息的展示

#### 4.3 数据集成交付

高架工程工作范围广,涉及专业多,在工程全生命周期的数据量庞大。通过工程数据库的建立,以及全生命周期过程中的数据维护,最终能够形成数据完整、逻辑清晰的工程数据库,解决工程数据存储和调用难度大的问题。随着项目的进行,相关的业务流程在进行时,既要从数据库中调取所需的工程数据,又会产生新的工程信息存储到数据库中,直至项目结束。数据库本身也能够作为工程全生命周期建设的数字化成果,实现数字化交付。

#### 5 数字建造存在问题

(1)数据采集方面。在数据采集的实际过程中,目前仍存在人工采集工作量大的问题,依靠自动化设备、批处理程序或传感器进行采集的工程数据并不多,导致信息采集效率较低。

(2)自动化生产方面。构件生产数据自动导入工业设备的技术路线不够完善,数据传输过程仍需技术人员手动设置数据参数,没有完全发挥出自动化生产设备的优势。

(3)数字化交付方面。虽然在竣工时已经能够构建完整的工程数据库,但是目前受政策制约,在竣工阶段无法实现资料全数字化交付,仍需交付纸质资料。

#### 6 结论与展望

本文通过实际项目中的工程数据库的建立进行了研究和分析。结合数字建造工业化平台中的业务模块,对多源数据的集成与应用进行探索,现得出以下结论。

(1)市政高架快速路工程是城市中重要的建设工程,具有建设时间长、工程影响大、参与专业多等特征,在进行数字化建造的过程中,涉及的数据和信

息种类多、数据量大,通过搭建以 WBS 编码体系为逻辑框架的数据库,可以清晰地整理工程中的各类数据。

(2)工程数据库的框架和内容应具有可扩充性。随着工程的进展,能够按照项目的精细化管控要求深化数据结构。例如从设计阶段到施工阶段,信息的划分由按构件划分深化为按工序划分。工程建设过程中,既要使用数据库中的信息进行生成建设,又要将建设过程和建设结果产生的信息填充到数据库中,直至工程竣工为止。全生命周期的工程数据库完成后,能够供竣工验收或运维养护调用,实现全生命周期的可管控、可查询。

(3)工程建设平台需要具备采集、存储、调取、分析、集成展示工程数据库的功能。工程数据库的内容和精度需满足各项业务流程的需求,并按照各相关业务中最高精度执行,以避免数据精度不足造成数据重复采集。通过对数据的集成处理,能够有效地辅助管理人员了解项目情况并进行决策。

相信随着自动化设备研发的进步,自动化施工

和自动化信息采集能够进一步减少人的工作量。随着电子认证相关技术的发展,数字化资料的可信度也会提高。

参考文献:

[1] 陈文宝,魏志松,张航,等.BIM技术在装配桥梁工程中的应用[J].北京交通大学学报,2019,3(4):65-70.  
[2] 刘占省,孙啸涛,史国梁.智能建造在土木工程施工中的应用综述[J].施工技术(中英文),2021,50(13):40-53.  
[3] 陈翀,李星,姚伟,等.BIM技术在智能建造中的应用探索[J].施工技术(中英文),2022(20):104-111.  
[4] 戴成元,陈链盘,梁邦勋,等.基于BIM的工程建造信息化管理模式研究[J].建筑经济,2021(9):10-14.  
[5] 许时颖.城市轨道交通工程WBS和BIM模型分解及编码的研究与应用[J].施工技术(中英文),2022,51(5):15-18.  
[6] 余健俊,成虎,蒋黎距.工程系统分解结构(EBS)及其应用方法研究[J].建筑经济,2013(10):35-39.  
[7] 张基成,孙杰.BIM管理平台在快速路项目建设中的应用[J].城市道桥与防洪,2021(10):172-176.  
[8] 张琪峰,袁超,黄杰.基于EBS构件编码的工程进度可视化管控方法[J].城市道桥与防洪,2022(8):156-159.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿邮箱:cdq@smedi.com 电话:021-55008850 投稿网站:<http://www.csdqyfh.com>