

DOI: 10.7672/sgjs2025020118

# BIM技术在核电工程信息管理与业务协同中的应用\*

贺卫兵<sup>1</sup>, 杨尚<sup>1</sup>, 王浩丞<sup>2</sup>, 徐照<sup>2</sup>

(1. 中国核工业华兴建设有限公司, 江苏 南京 210000; 2. 东南大学土木工程学院, 江苏 南京 210000)

[摘要] 核电工程施工阶段管理水平直接关系到核电项目运行安全,进而影响能源开发及公众生命财产安全,其重要性不言而喻。然而,目前核电工程施工过程中仍面临诸多难点问题,如复杂的工程环境、多专业协同设计效率低下及施工过程信息化水平不足等,这些问题可能导致施工质量隐患,从而威胁核电站的长期安全运行。基于此,以BIM技术和平台开发为基础,针对核电工程施工中的关键问题进行深入分析,构建核电工程施工阶段BIM管理平台,结合Web端的三维可视化交互功能与协同 workflow,实现GIS+BIM融合,提升核电工程施工阶段的信息交互和管理水平,从而为保障核电站的安全运行提供支撑。

[关键词] 信息化;核电工程;建筑信息模型;建造阶段;协同设计;管理平台

[中图分类号] TU17

[文献标识码] A

[文章编号] 2097-0897(2025)02-0118-08

## Application of BIM Technology in Nuclear Power Engineering Information Management and Business Collaboration

HE Weibing<sup>1</sup>, YANG Shang<sup>1</sup>, WANG Haocheng<sup>2</sup>, XU Zhao<sup>2</sup>

(1. China Nuclear Industry Huaxing Construction Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu 210000, China;

2. Civil Engineering Department, Southeast University, Nanjing, Jiangsu 210000, China)

**Abstract:** The management level of nuclear power engineering construction phase is directly related to the operation safety of nuclear power projects, which in turn affects the energy development and the safety of public life and property, and its importance is self-evident. However, the construction process of nuclear power project still faces many difficult problems, such as complex engineering environment, low efficiency of multi-disciplinary collaborative design, and insufficient level of informationisation of the construction process. These problems may lead to construction quality hazards, which may threaten the long-term safe operation of the nuclear power plant. Based on this, taking BIM technology and platform development as the basis, an in-depth analysis of the key problems in nuclear power project construction is conducted, a BIM management platform for the construction phase of nuclear power project is built. Combined with the 3D visual interaction function and collaborative workflow of the Web terminal, the integration of GIS+BIM is realized, and the level of information interaction and management in the construction phase of the nuclear power project is improved, so as to provide support for guaranteeing the safety of nuclear power plant operation.

**Keywords:** information; nuclear power engineering; building information modeling (BIM); construction stage; collaborative design; management platform

## 0 引言

核电工程项目的建造水平直接决定了项目的

安全性和经济效益,尤其是施工阶段,作为连接设计与运营的关键环节,其管理质量对项目交付水准及后期运营安全具有至关重要的影响。然而,当前核电工程施工管理中存在诸多挑战,如信息化水平不足、施工过程中多专业协同不畅及施工质量控制

\* 江苏省建设系统科技项目(2021ZD25)

[作者简介] 贺卫兵,高级工程师,E-mail: hwb1@163.com

[收稿日期] 2024-05-20

难度大等问题,这些问题对核电工程的顺利交付和安全运行构成潜在威胁。近年来,核电工程相对于传统建筑工程具有更高的复杂性、安全性和精度要求。核电工程涉及多专业深度协作、精密设备的安装调试及严格的质量和安全管理,施工过程中任何微小的失误都可能对后期的运行安全造成不可逆的影响。因此,提升施工阶段的管理效率和质量控制水平,成为核电工程建设的核心挑战。此外,核电工程施工阶段“数据孤岛”现象仍然严重:核电工程建设项目规模大、工期长,国内尚未有核电工程建设项目 EPC 总承包的优秀案例。单位间和业务间的技术壁垒、管理流程障碍等因素,导致核电工程项目施工阶段普遍存在“数据孤岛”现象。因此,要实现核电工程项目施工阶段的全数字化,仍需解决很多核心问题<sup>[1]</sup>。

核电工程数字化的实现必须依托基础设计及相关软件研发。目前,核电工程施工阶段的数据协同与流转主要通过基于 STEP 技术的 IFC 实现,而复杂领域普遍存在数据丢失、不可信等质量问题,这些问题构成严重的技术壁垒。因此,要使数字化技术在核电工程中获得更广泛的信任和应用,这些技术还需要更进一步成熟和简化<sup>[2]</sup>。

本文以 BIM 技术为核心,探讨 BIM 在核电工程施工管理中的应用,旨在解析施工管理对象并贯通管理层级,从而推动数字核电工程建设,实现施工管理的数字化转型。

## 1 核电工程施工阶段 BIM 技术应用现状

建筑信息模型 (building information modeling, BIM) 技术近年来在建筑行业中的应用越来越广泛,在提升协同效率、优化施工流程、降低成本等方面具有显著优势。特别是在核电工程中, BIM 技术通过提供多维数据的集成平台,可有效应对多专业协作复杂性问题,实现设计、施工与运营阶段的数据贯通,显著提升施工管理精准度与效率。此外,随着核电工程项目规模的扩大和技术复杂性的提高,传统工程管理方法已无法完全适应核电工程的特殊需求。因此,如何充分利用 BIM 技术应对核电工程的独特挑战,优化核电工程施工管理流程,是当前亟待解决的关键问题。

尽管 BIM 技术在提升核电工程建造效率、保障施工安全和优化成本控制的应用已取得一定成效,但现有研究和实践中仍存在诸多不足。目前, BIM 技术在核电工程管理中的定位尚不清晰,实施方法也缺乏系统性和针对性。面对核电工程的高复杂性和高安全性需求,现有方法往往力不从心。核电

工程多专业协同效率有待提升,且在复杂施工环境下,动态信息集成和实时反馈能力尚未实现,这些问题严重制约了 BIM 技术在核电工程全生命周期中的进一步应用。因此,针对现有方法的不足,探索更完善的 BIM 应用策略和实施路径,成为提升核电工程施工管理水平的重要方向。

目前, BIM 技术在核电工程中的应用研究多集中于设计和运维阶段,而传统建筑行业 BIM 应用主要聚焦于施工阶段。这种差异主要源于核电工程特殊性。首先,核电工程的设计阶段需满足高度复杂的工艺要求和严苛的安全规范;其次,在运维阶段,核电工程需要长期稳定运行且安全性要求极高。然而,施工阶段作为连接设计与运维的关键环节,其 BIM 应用潜力尚未被充分挖掘。施工过程中的复杂环境、多方协作和动态变化为 BIM 技术的深度应用提供了广阔空间,也对其提出了更高的要求。

核电工程施工阶段项目管理是一个动态过程,施工过程主线工期节点排布紧密、施工质量要求高,进度节点和建造质量始终是投资方和运营方关注的重点<sup>[3]</sup>。利用可视化、数字化的 BIM 技术有利于结合各项工程数据,赋能工期管理、质量管控。

在核电工程施工过程中, BIM 作为工程项目的数字底座发挥着重要作用。例如,漳州核电项目通过引入一套具备模型浏览、装配等功能的 BIM 协同管理平台,解决了用户数量限制问题,降低了现有平台使用成本<sup>[4]</sup>。工程建设施工阶段会产生海量的多维度工程数据,但数据复杂且难以被高效、科学利用,因此如何高效收集、分析、存储、管理工程数据,建立施工阶段可视化管理平台,实现工程数据高效管理与应用成为研究热点之一<sup>[4]</sup>。海南昌江核电厂构建了基于 BIM, GIS 的数字孪生技术信息管理平台,有效提高了施工期管理效率,降低了事故风险<sup>[5]</sup>。因核电工程规模庞大、技术标准高、安全质量要求高、工程期限短,在复杂的核电工程中引入 BIM 技术可提升核电工程施工管理水平,优化工作流程,提升项目精细化管理能力,如“华龙一号”三代核电工程数字化管理平台。

核电工程施工管理正逐步向信息化、智能化方向转变<sup>[6-7]</sup>,融合应用各类现代化信息技术,建立工程质量管理体系或平台是当前各核电工程实施施工管理工作的主要方式<sup>[8]</sup>。

## 2 核电工程管理平台构建

借助 BIM 技术的可视化功能和数据优势,能轻松获取工程各维度相关信息。然而,在信息的修改与反馈过程中,现有定期联合评审、调整、复审等的

传统审查方式,已无法满足高效管理和高质量发展需求,导致社会资源和工程成本浪费。多专业协调通常依赖于经验丰富的工作人员隐性知识,缺乏定量化和标准化工作流程。因此,亟需建立一个面向核电工程设计与施工的信息协同平台。该平台应具备实时协同设计、智能化审查、多专业数据集成、工程变更管理等核心功能,以提升设计效率、减少错误、加强质量控制。为实现上述功能目标,需重点解决编码与数据标准的统一、平台整体架构设计及各模块功能的实现等关键技术问题。

## 2.1 核电工程 BIM 模型编码和数据标准

BIM 模型作为工程数字底座的核心载体,其模型深度需满足各阶段不同管理需求。核电工程建设阶段的 BIM 模型精度需达到 LOD300 以上,以确保构筑物的详细尺寸和几何特征的准确性。同时,BIM 模型不仅承载几何属性,还需包含丰富的非几何信息,包括材料、人员、设备等信息。核电工程对精度和数据完整性的高要求及信息类型的多样化,导致模型数据体量庞大、结构复杂。因此,为实现对这些信息的高效管理与调用,必须采用标准化的编码规则对模型进行统一划分和组织。

通过核电工程标准化的工程分解结构(EBS)规则及编码,能实现模型单元与系统管理单元的统一,并将 BIM 模型与施工管理系统、技术管理系统及 P6 进度管理系统进行有机对接,从而满足多维度信息高效集成与动态展示的需求。

EBS 分解基于核电工程项目的施工特点,通过分层组织和标准化编码,将工程单元与 BIM 模型构件及管理系统数据进行匹配,从而实现多维度信息的高效集成与动态展示。将复杂的核电工程划分为多个层次清晰、内容明确的工程单元,便于管理和控制。通过标准化的结构层级,增强项目管理的条理性,提高了数据关联性和一致性,方便模型与计划、成本等信息的协同与追溯。

平台提供的可视化数据库配置,允许管理员通过必要设置完成模型与数据库表的关联。用户选择 EBS/模型后,平台会根据预设条件显示和分类汇总相应数据。这使用户能根据所选 EBS/模型筛选模型源数据并允许用户根据业务需求自由配置所需字段。同时,平台支持数据按 EBS 及部分字段进行分类汇总。

在施工前期的设计与交底环节,需考虑核电工程项目设计和施工特性。研究基于 BIM 的模块化建模方法,建立标准化零件库,以提高核电工程设计的规范化程度。同时,基于国家发改委牵头建立

的标准化零组件库平台,对基于各种建模软件生成的 BIM 模型进行分类入库,进而提升核电建设标准化水平,为“数字化核电”的建设打下良好基础。

核电系统是一个涉及众多专业和技术的复杂系统,数据传递复杂且工作量大。因此,构建专为核电工程设计的部品部件 BIM 模型库,将极大地推动数字化核电标准体系的发展。而数字化核电标准体系的构建,涉及核电科研、设计、采购、施工、调试、运行和退役等阶段,也包括各阶段间的数据传递,是实现“数字化核电”的重要前提。

## 2.2 平台架构设计

为满足核电工程发展需求,本文研究了核电工程 BIM 管理平台的架构设计,明确了 BIM 技术在项目管理工具和方法中的定位,并探索了当前及未来核电工程项目的 BIM 技术应用模式和管理机制。平台设计了基于 BIM 的可视化工序逻辑分析与施工方案模拟功能,通过三维模型进行动态分析并优化施工流程,为施工过程的精确管理提供了依据;基于数字孪生技术的土建施工智能监控与质量检测模块,实时采集现场数据并与 BIM 模型联动,实现了施工进度和质量状态的可视化管理,同时结合数据预警功能,提升了现场监控的智能化水平;业务数据与 BIM 模型的深度集成则依托 EBS 编码规则,实现了多维度信息的高效关联和动态展示,解决了“数据孤岛”问题,支持进度管理和资源分配的全流程优化。在此基础上,平台架构以大数据、云计算和模型轻量化技术为核心,提供了面向核电工程复杂需求的高效数据处理能力和模块化扩展能力,为多场景下的应用提供了可靠保障。如图 1 所示,BIM 综合管理平台业务架构主要涵盖服务平台、技术支持及核心功能。

在功能模块中,平台通过数据管理与处理模块,支持施工数据的高效采集、存储和分析,为多专业协同和动态展示提供基础。平台中的资源调配模块利用云计算技术,确保计算资源的弹性分配和任务的高效执行,从而满足复杂工程环境下的高性能需求。此外,模型轻量化模块通过对 BIM 模型数据的优化与压缩,大幅提升了模型的加载与渲染速度,降低了系统资源消耗,同时增强了平台对多场景操作的适应能力。在此基础上,平台进一步拓展了核心功能,包括模型渲染、图形和数据重构、进度模拟自动化、文件自动关联、监控管理、动态数据源配置等。这些功能的实现使平台能灵活地应对核电工程设计与施工中的信息化与智能化需求。

核心功能的整合使用户能快速渲染 BIM 模型、

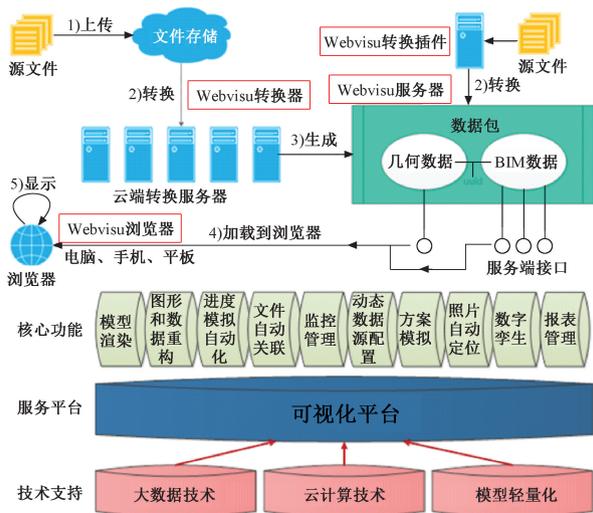


图1 核电工程管理平台设计架构

Fig. 1 Design framework of nuclear power project management platform

灵活重构和编辑数据、自动模拟建筑施工过程、自动关联和管理项目文件、实时监控和管理建筑项目、灵活配置数据来源、进行方案模拟和比较、自动定位照片中的建筑物、实现建筑项目的数字孪生，并生成各种报表和分析结果，帮助用户全面了解项目进展，及时发现问题并做出正确决策。

## 2.3 平台功能设计

### 2.3.1 模型渲染

在模型渲染功能中，如图2所示，平台通过对模型文件进行轻量化处理实现快速渲染。轻量化过程涉及对模型数据的优化和压缩，减少非必要细节，同时保留关键信息，提高渲染速度并减少硬件负担。通过这种方式，平台能快速响应用户操作请求，包括基本视图操作（如剖切、定点定轴旋转、缩放、平移等）及更复杂的应用需求（如标记、碰撞检查、施工模拟和漫游等），这些功能都能在流畅的渲染体验中得以实现。

构件编码时，平台根据模型构件归属关系、编码规则及公司内部工程结构分解规则进行系统化编码重构。平台根据预设规则对模型构件进行分类和分组，然后生成一个树状目录，便于用户浏览和管理。此外，也会依据这些重构规则生成新的模型组合，使整个模型结构更符合工程项目实际需求。

每个模型构件属性均经过了系统编码，这些编码不仅包括构件本身信息，还反映了构件间上、下级关系。BIM引擎通过这些编码和关联关系，自动生成一个结构树，展示模型构件层次关系和属性信息。这种结构树不仅提升了模型可视化效果，还为工程管理人员提供了一个直观的结构框架。



图2 管理平台中三维模型渲染

Fig. 2 3D model rendering in management platform

在族属性重构方面，用户可根据项目需求对模型中的族属性进行自定义设置。平台通过解析模型，根据属性规则识别同一族的属性，从而支持对这些属性进行选择展示和统一管理。同时，用户还可根据具体项目需求添加自定义族属性，增强模型灵活性和适应性。总之，这一系列技术的成功实现，提高了模型渲染和编码重构效率，增强了工程项目管理和协作能力，为项目顺利实施提供了坚实的技术支持。

### 2.3.2 进度模拟自动化

为提高项目进度管理效率和灵活性，如图3所示，平台设计了一个综合的进度管理系统。该系统集成了P6进度计划系统，并提供了2种灵活配置方式，即配置数据库和HTTP接口。这2种方式可满足用户在不同场景下对数据集查询的需求，并确保查询结果与BIM模型进行有效关联，从而实现进度的可视化展示与模拟。

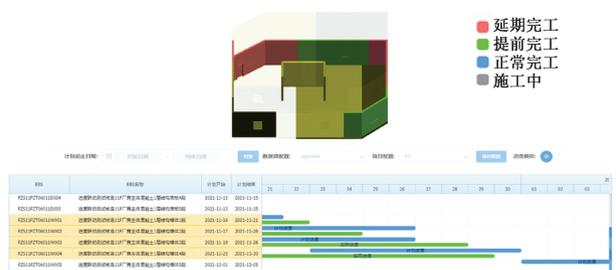


图3 工程进度计划模拟

Fig. 3 Project schedule simulation

在配置数据库方式下，系统为用户提供了一个可视化的配置界面。用户可通过该界面配置与数据库的连接参数，并通过编写SQL语句查询所需数据集。这种方式的优点在于其高自定义性和直接性，尤其适用于具备一定数据库查询能力的用户。通过编写SQL，用户可灵活指定查询条件，获取包含EBS编码字段的进度数据集。这一字段是后续进度与BIM模型构件关联的关键。

HTTP接口方式提供了更为动态和自动化的数

据查询手段。用户通过配置 HTTP 请求的各项参数,包括请求地址、请求方式(如 GET, POST)、请求体等,访问 P6 系统提供的接口,从而实时查询最新进度数据。相较于配置数据库方式,HTTP 接口方式更适合与 P6 系统集成,并能在数据动态变化的情况下,确保数据时效性和准确性。在这种方式下,同样需确保查询到的数据集包含 EBS 编码字段,这样才能与 BIM 模型实现后续关联。

当数据查询到位后,系统通过对这些进度计划与 BIM 模型构件中的 EBS 编码进行匹配,实现了进度计划与 BIM 模型构件的自动关联。通过这一步,用户可在 BIM 模型中直观看到与实际进度计划对应的构件信息,从而实现进度可视化展示,从而无需手动进行复杂的关联操作。系统自动化的匹配机制将 BIM 模型与进度计划紧密结合,为后续进度管理和展示打下了坚实基础。

进度模拟自动化功能则进一步提升了该系统在项目管理中的实用性。通过获取 P6 系统中计划及实际开始和结束日期,系统能将这些时间信息与 BIM 模型关联。结合 EBS 编码匹配,系统能在 BIM 模型中模拟实际施工进度。用户可通过可视化方式,对比计划进度与实际进度差异,及时发现进度延误或超前问题。这种直观进度比较不仅提高了管理效率,还为项目决策提供了重要依据。无论是在项目进度监控、管理还是决策过程中,用户均能利用该系统提供的工具,实现高效、直观的项目管理。

### 2.3.3 数字孪生

通过数字孪生技术,平台实现了土建施工智能监控和质量检测的可视化管理。①在系统配置方面,通过数字孪生配置模块,可选择并导入轻量化 BIM 模型,并设置模拟时间轴及关键帧动画,实现模型渲染展示和动态模拟。②在数据采集方面,系统支持多种数据源采集方式,包括数据库查询和 Excel 数据导入,以应对监测点类型和数据项的不确定性。在数据处理阶段,系统可对采集到的数据进行灵活处理,包括计算规则的设置和预警配置的定义,以满足项目管理需求。③在数据展示和势场模拟方面,系统利用 BIM 模型自动匹配监测点位置,并根据数据预警值,以图标和颜色深浅方式在模型中标注监测状态,并实现了基于模型构件的势场模拟,从而实现对土建施工智能监控和质量检测的可视化管理。另外,由于项目需求,需在项目现场不同位置拍摄大量照片,为方便照片的管理和查看,支持批量导入照片并自动定位。但需确定照片格

式及照片所包含的经纬度和海拔信息,支持批量导入的照片自动定位,并可在管理平台预览。

## 2.4 平台关键技术

### 2.4.1 多格式 BIM 模型解析与轻量化处理

Revit, PDMS, IFC 等主流 BIM 模型格式因其数据标准与结构的差异性,在核电工程应用中常面临跨格式协同与模型转化的挑战。基于此问题,平台开发了一种支持多格式输入的统一解析架构。通过参数化解析模型几何信息,实现对构件的细粒度识别与精准表达。模型轻量化处理技术则进一步优化了数据流通与存储效率,即应用三角面片精简算法对几何数据进行高效压缩,从而减小存储体积;此外,应用基于相似性检测的拓扑优化算法,识别并消除重复构件及冗余信息,使模型在保持工程精度的同时,显著降低了加载和处理时的计算资源消耗。

### 2.4.2 模型 Web 端渲染

在核电工程中,平台需具备跨设备的即时访问和实时呈现能力,这对其可用性构成了关键挑战。为此,平台在 Web 渲染技术中融合了多层优化设计。①平台全面兼容包括 Chrome, IE11, Edge, Safari, Firefox 等在内的 HTML5 标准浏览器,并覆盖了计算机、手机、平板等多种硬件终端,满足了不同场景下的接入需求。②平台通过引入流化加载(streaming rendering)技术,实现了大规模 BIM 模型的分块加载及边加载边渲染,显著提升了复杂模型的加载速度与用户交互体验。

在性能优化方面,平台基于 WebGL 技术构建了一套分布式渲染管线,合理分配服务器端的高强度计算任务与客户端的轻量化交互任务。这不仅支持复杂 BIM 模型在低性能设备上的流畅运行,还通过深度整合 Web 应用与 .NET 系统,实现了跨业务平台的无缝协作能力。

## 3 核电工程管理平台实施

### 3.1 基于 BIM 技术的核电工程信息管理

在核电建设项目中,如何有效进行非几何化信息的管理,给传统建造方法带来了很大挑战。核电工程的非几何化信息类型多样且关联性强。与传统建筑项目相比,核电工程不仅涉及土建与机电等常规领域,还需管理大量涉及核能设备的专有信息,如核反应堆参数、辐射防护要求及设备运行数据等。这些信息通常需跨学科整合,不同专业间的数据标准和表达方式存在显著差异,导致信息在交换和共享过程中容易出现错误或遗漏。

其次,核电工程对信息的实时性和精度要求极

高。由于核电项目的施工和运行直接关系到核安全,任何非几何化信息的偏差可能对项目安全性造成重大影响。因此,相较于传统建筑行业,核电工程需更加精细化的非几何信息管理能力。

此外,核电工程通常具有较长的建设周期和复杂的多阶段管理需求,非几何化信息需贯穿项目全生命周期(设计、施工、运维、退役阶段)。相比之下,传统建筑行业的非几何信息复杂程度较低,大多数信息可通过简单的表单或文件进行管理。然而,核电工程需要对非几何化信息进行全方位的分、归档和动态更新,以满足不同阶段对信息的多维度需求。传统的建设项目信息在存储、修改、删除、调用等环节均存在较大问题,严重制约着建设项目总体管理水平。而协同项目管理平台通过 Web 和手机 APP 进行方案、图纸、资料、试验、三维交底及技术巡查等功能的综合管理,从根本上解决了这一问题。

BIM 平台的实施以三维信息模型的导入为基础,通过几何轻量化与非几何信息结构化存储,提升数据加载效率和模型准确性。模型导入后,平台通过功能模块支持关键技术应用,如属性查询、空间测量、场地布局及方案优化。针对核电工程的复杂性,平台利用 3D 建模引擎,提供可视范围分析、淹没分析、倾斜度分析等工具,辅助设计与施工优化。通过参数化配置与动态数据更新,平台实现了设计阶段与施工需求的深度融合,为核电工程全生命周期管理提供技术支撑。

利用 BIM 技术模拟核电工程管理全生命周期中,可减少方案讨论和过程变更的工作量,大大降低试验成本。另外,通过构建 BIM 管理协同平台,利用可视化引擎和协同设计工作模式,可逐步实现贯穿于设计、施工和运维阶段的完整 BIM 数据管理链条。这个链条取代了二维图纸数据,形成从二维到三维的协同管理场景。将 BIM 理论与核电工程管理经验相结合,形成新的管理体系,覆盖整个上、下游产业链,充分利用工程数据,实现以专业为主导的“专业+BIM”的行业转型。最终,辅助管理者完成更科学高效的设计、决策和监管,助力核电工程项目管理水平的提升。

### 3.2 BIM 模型关联

核电工程管理平台不仅提供在线预览功能,还能与 Revit 模型实现无缝关联。用户只需单击该模式即可直接浏览相应方案,也可通过该模式浏览相应模型,从而达到双向交互的目的。现场负责人通过使用手机 APP,可对工程中出现的技术问题进行

实时上传、修正,提高了工程的标准化程度及安全性。

此外,平台结合 5G 工地物联网技术,实时监管施工现场数据,大大减少了监管延迟。这一新模式的引入显著提升了施工管理效率和质量,为核电工程顺利完成提供有力支持。

以 GIS 为工具,集成矢量、栅格、倾斜摄影、点云等多源数据,建立 BIM 数据的统一格式转换和存储方法,解决 BIM 数据标准化、轻量化、安全性和处理效率低等难题。在此基础上,融合倾斜摄影、地形、图像和三维管道等多源信息,建立基于 GIS 的智能建设管理平台。区别于传统数学模拟模型,数字孪生技术可实现虚实互动,并具备实时更新和动态演变能力,从而准确绘制核电建设情景的动态变化。

基于 BIM+GIS 时空模型,对核电工程建设过程中的建筑物、设备及人员的基础信息、施工动态、安全运行状况等重要信息进行映射。同时,将实时监测(预警)数据、智能分析结果和不同类型分析数据进行集成,并将其与 GIS、BIM 等数据进行融合分析,实现 2~3 个维度的互动操作。

## 4 应用案例

### 4.1 工程概况

三澳核电站项目为“华龙一号”核岛土建工程项目,规划建设 6 台百万千瓦级压水堆核电机组,一期将建 2 台机组。依托于核电工程管理平台,加载 BIM 模型如图 4 所示。

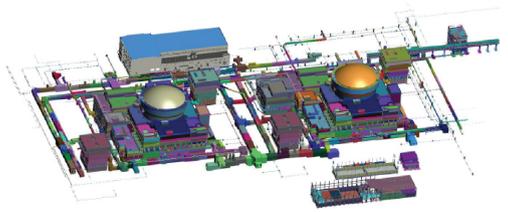


图 4 三澳核电站项目 BIM 模型

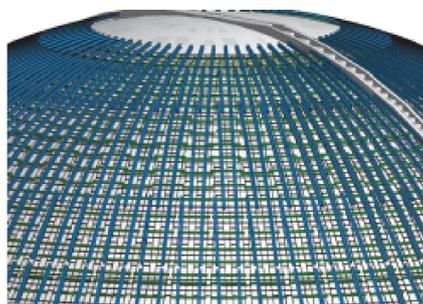
Fig. 4 BIM model of San'ao Nuclear Power Plant project

### 4.2 BIM 管理平台应用

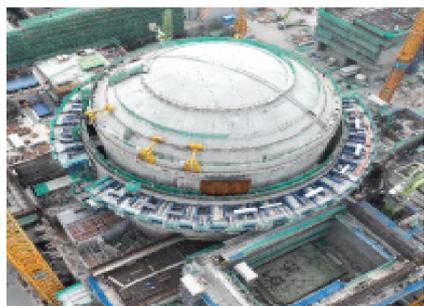
该项目安全壳穹顶采用双曲面铝合金模板施工技术,施工工艺复杂、精度标准要求高,传统的设计模式耗时长、人工成本高。为此,项目构建 BIM 综合管理平台,实现了业主、设计、施工、监理等各方及各设计专业在平台上的协同设计和项目管理。通过平台的参数化建模与协同设计模式,完成了安全壳穹顶的高精度 BIM 模型设计。平台通过多专业数据集成与标准化接口,实现了多方协同与实时交互,解决了信息孤岛问题。参数化建模有效描述

了复杂几何结构,提高了设计精度与效率。协同设计模块则通过冲突检测和版本管理,确保模型一致性与数据共享。

平台的轻量化处理技术还支持大规模模型的快速加载与动态调整,结合实时可视化工具,实现了设计优化与高效迭代。最终模型不仅用于设计验证,还为施工阶段提供了精确数据支撑,如图 5 所示。



a 参数化建模

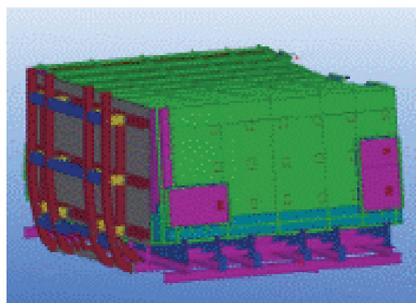


b 穹顶施工效果

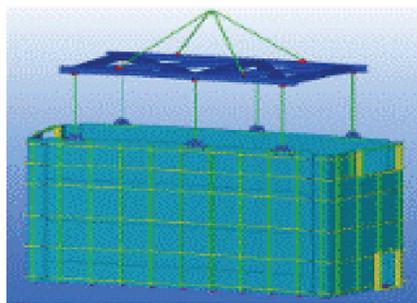
图 5 安全壳穹顶

Fig. 5 Containment dome

利用动态模拟数字仿真技术,对总体施工部署和各施工阶段的复杂工艺节点进行模拟仿真和预演,如翻转工装、吊装工装等,如图 6 所示。通过管理平台加载的可视化 BIM 模型可与图纸联动,快速锁定图纸及变更清单,通过模型查询设备的使用历史和维护记录,提升编制方案的工作效率。例如,通过平台发起的预埋件加工计划,可快速获取预埋件清单,简化业务流程,工作效率可提升 50%,如图 7 所示。通过平台的工程进度模拟技术,将工程实际进展与计划数据实时关联。平台利用 BIM 模型与进度管理系统的动态集成,基于 EBS 编码对构件与进度节点进行精确匹配,实现了施工进度的可视化推演与自动化调控。多方数据通过平台统一接口交互,支持实时更新和偏差分析,帮助识别关键路径并优化工序安排。最终,该技术有效缩短了施工总工期 3 个月,显著提升了进度管理的科学性与精度。



a 翻转工装



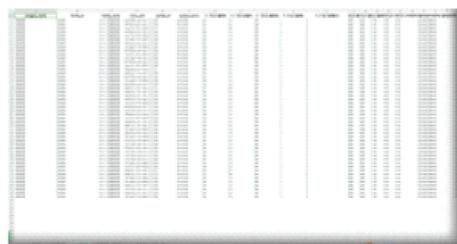
b 吊装工装

图 6 复杂工艺节点模拟

Fig. 6 Simulation of complex process joints



a 三维可视化模型



b 结构化数据表单

图 7 快速获取结构化数据表单

Fig. 7 Structured data form quickly obtained

## 5 结语

1) BIM 技术作为工程项目数据载体,能以数字化方式直观呈现工程整体和局部状况。通过对比分析现场实际施工状况与设计模型,提前发现施工质量隐患问题,及时采取质量管控措施,有效避免后续出现质量缺陷或返工等问题。

2) 在核电工程施工中, BIM 技术通过数字化模拟对施工流程进行精确推演和优化,为施工人员提供直观的工序展示和操作要点的可视化指导。此

外,通过动态模拟复杂节点和关键工序,平台显著提高了施工人员对作业流程和质量标准的理解,减少了操作误差。

3)通过建立核电工程 BIM 管理平台,并结合 BIM 模型和 Web 平台开发技术,利用其可视化、交互性的综合优势,提高了工程决策和科学监督的管理水平。这满足了系统化管理和智能化操作需求,完成了协同设计、施工进度管理、运维数据管理等工作。该平台协调了各利益相关方和各建造环节,为工程项目交付提供了管理方法和技术支撑。

#### 参考文献:

- [ 1 ] 叶奇蓁. 中国核电发展战略研究[J]. 电网与清洁能源, 2010, 26(1):3-8.  
YE Q Z. Research on China's nuclear power development strategy[J]. Power system and clean energy, 2010, 26(1):3-8.
- [ 2 ] 叶奇蓁, 苏罡, 黄文, 等. 中国核能现代化发展战略[J]. 科技导报, 2022, 40(24):20-30.  
YE Q Z, SU G, HUANG W, et al. China's nuclear energy modernisation and development strategy [ J ]. Science and technology review, 2022, 40(24):20-30.
- [ 3 ] 宋大鹏. BIM 技术在核电站土建施工中的综合应用概述[J]. 智能建筑与智慧城市, 2022(6):93-95.  
SONG D P. Overview of the comprehensive application of BIM technology in civil construction of nuclear power plants [ J ]. Intelligent building & smart city, 2022(6):93-95.
- [ 4 ] 黄岁锋, 郭云峰, 楼铮辉, 等. 漳州核电“华龙一号”BIM 协同管理平台应用研究[J]. 中国核电, 2022, 15(6):917-921.  
HUANG S F, GUO Y F, LOU Z H, et al. Application research on BIM collaborative management platform of Zhangzhou Nuclear Power Hualong No. 1 [ J ]. China nuclear power, 2022, 15(6):917-921.
- [ 5 ] 金国龙, 张永来, 田吟雪, 等. 核电取水隧道信息管理平台的研发与应用[J]. 建筑技术开发, 2023, 50(7):1-3.  
JIN G L, ZHANG Y L, TIAN Y X, et al. Research and application of information management platform for nuclear power water intake tunnel [ J ]. Building technology development, 2023, 50(7):1-3.
- [ 6 ] 王珏龙, 李俊华. BIM 技术在建筑工程管理中的应用研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023(20):72-74.  
WANG J L, LI J H. Application of BIM technology in construction engineering management [ J ]. Theoretical research in urban construction, 2023(20):72-74.
- [ 7 ] 王飞跃, 孙奇, 江国进, 等. 核能 5.0: 智能时代的核电工业新形态与体系架构[J]. 自动化学报, 2018, 44(5):922-934.  
WANG F Y, SUN Q, JIANG G J, et al. Nuclear power 5.0: new form and architecture of nuclear power industry in the intelligent era [ J ]. Acta automatica sinica, 2018, 44(5):922-934.
- [ 8 ] 孙大鹏. BIM 技术在工业建筑工程施工管理中的应用分析[J]. 中国建筑装饰装修, 2023(4):57-59.  
SUN D P. Application analysis of BIM technology in construction management of industrial building engineering [ J ]. Interior architecture of China, 2023(4):57-59.