港口与航道工程BIM建模方法

唐　鑫
中铁长江交通设计集团有限公司　重庆　401121

摘　要：港口与航道工程施工环境复杂、结构类型多样、受水文地质条件制约大，传统二维设计与建模方式精度不足、协同性差，难以适配工程建设精细化需求。本文以港口与航道工程BIM建模技术为研究对象，系统梳理BIM技术的基础理论与工程适配特性，规范建模前期准备流程，分别探究港口核心结构与航道专项工程的实操建模方法。同时研究多专业模型整合、碰撞校核与轻量化优化技术，形成一套适配水运工程的标准化BIM建模体系。研究可为港口航道工程数字化建模、施工管控及模型交付提供实操参考。

关键词：港口与航道工程；BIM 技术；三维建模；模型优化

引言：随着水运工程建设标准不断提升，港口与航道工程逐步向大型化、复杂化、精细化方向发展，传统建设模式存在信息割裂、模拟精度低、动态管控不足等诸多短板。BIM技术凭借信息化集成、三维可视化、动态仿真的技术优势，已成为水运工程数字化转型的核心技术。现阶段港口航道BIM建模缺乏统一、规范的实操方法，建模质量参差不齐。基于此，本文结合工程实际工况，系统性梳理各分项工程BIM建模方法与优化技术，为提升工程建模质量与数字化施工水平提供支撑。

1 港口与航道工程 BIM 技术基础与适配性分析

1.1 BIM技术核心原理剖析

BIM技术是以三维数字模型为基础的工程信息化管理手段，核心是实现工程信息的集成化、一体化管理。区别于传统二维图纸单一、分散的表达形式，BIM可将工程设计参数、构件属性、施工数据等各类信息整合至三维模型中，形成完整的工程信息体系。依托数据实时交互与可视化协同功能，工程建设各参与方可共享统一模型数据，同步更新工程信息，有效解决传统施工中图纸信息不对称、资料传递误差大、各专业沟通脱节等问题，消除工程建设中的信息孤岛，为各类复杂水利港口工程的精细化施工与管理提供技术支撑。

1.2 港口与航道工程特性对BIM的需求分析

港口与航道工程施工环境特殊、建设内容复杂，码头结构构件繁多、航道疏浚作业跨度大，同时受水文、地质、潮汐等多变自然条件影响，传统设计与施工管控方式难以满足工程精度要求。此类工程对地形模拟、结构设计、动态施工管控的要求极高，而BIM技术的三维仿真、精准建模、动态更新优势与工程建设需求高度契合。通过BIM模型可真实还原现场地形地貌与水工结构形态，精准模拟航道疏浚、码头施工全过程，实现工程风险提前预判与施工动态管控，有效弥补传统建设模式的短板，保障港口与航道工程建设的规范性与安全性[1]。

2 港口与航道工程 BIM 建模前期准备工作

港口与航道工程存在水域环境复杂、构筑物类型多样、地形数据量大等特点，BIM建模工作开展前，需完成系统化的前期准备，统一项目建模标准与基础数据，规范整体建模流程，保障后续模型构建的准确性与统一性，具体工作内容如下：（1）基础数据整理与预处理。全面收集工程测绘资料、地质勘察报告、水文观测数据、施工设计图纸等核心资料。针对原始数据存在的坐标偏差、数据缺失、格式杂乱等问题进行校对、修正与整合，剔除无效数据，统一数据格式，为三维建模提供真实、完整的原始数据支撑。（2）建模基准与精度规范设定。严格依据水运工程BIM相关行业标准，确定项目专属的平面坐标系、高程基准和度量单位。结合码头结构、航道地形、疏浚工程、附属设施等不同施工模块，划分差异化建模精度等级与模型层级，明确各专业建模细化标准。（3）标准化建模资源搭建。结合项目工程特点，搭建专属水工构件族库、项目样板文件及建模模板。统一构件命名规则、参数录入标准与模型存储格式，完善港口航道工程专属建模资源，规避多专业建模出现标准不统一、模型无法对接等问题[2]。

3 港口工程核心结构 BIM 建模方法

3.1 码头主体结构精细化建模方法

码头主体结构多为高桩梁板、沉箱、方块等水工结构，整体受力体系复杂、防水抗渗要求高、节点构造繁琐，建模严格以施工图纸、结构设计参数及水运工程建模标准为依据，实行分层、分构件、分工序精细化搭建。（1）按照桩基、桩帽、横梁、纵梁、面板、挡浪结构的施工顺序依次建模，严格对应结构尺寸、标高、轴

线间距、构件截面参数，全程杜绝尺寸简化、近似取值与模糊化建模处理，保证模型几何参数与设计文件完全一致。（2）针对码头普遍存在的倾斜桩基、变截面灌注桩、异形桩等特殊构件，采用坐标定点+参数化约束的建模方式，依据桩基平面坐标、倾斜度、桩顶桩底高程精准定位构件空间姿态，完全匹配现场实际成桩与施工工况。（3）细化构件连接节点建模，对梁柱交接、桩帽与桩基衔接、伸缩缝、沉降缝、止水构造等关键细部节点完整还原结构构造，不省略钢筋布置区域、预埋件、连接细部，保证模型结构传力逻辑、构造形式与实体工程高度统一。

3.2 港口堆场、道路及附属设施建模方法

港口堆场与道路属于大面积连片板式土工结构，平整度、坡度、分区接缝控制标准严格，附属设施涵盖排水、防护、限位及安全设施，建模以分区规整、标高统一、构件对位整齐为核心原则。（1）依据堆场功能分区、道路设计轴线划定独立建模范围，以总体平面控制轴线为基准锁定路网边界、堆场轮廓与分区边线，统一全场场地横坡、纵坡及各结构层面层标高参数，避免场地高低错落、坡度混乱。（2）按照土工施工层级分层建立地基垫层、基层、面层结构，严格区分碎石垫层、水稳基层、混凝土面层等不同材质结构，精准控制各结构层厚度、铺设范围与接缝位置，确保模型分层体系与现场施工工艺、设计图纸保持一致。（3）对排水沟、护轮坎、系船柱、防撞墩、沉降缝、伸缩缝等附属设施同步配套建模，严格按照施工平面布置坐标逐一定位布设，统一构件规格与安装标高，保障场地整体模型闭合完整、衔接连贯。

3.3 港口装卸设备、管线系统集成建模方法

港口管线系统品类繁杂、敷设密集，装卸大型设备点位集中、交叉干涉多，单一专业独立建模易出现空间冲突，需采用分系统独立建模、多专业统筹集成的方式开展建模工作。（1）按照给排水、消防喷淋、工艺管道、电气桥架、照明管线等专业分类单独建模，统一全场管线管径、管材、敷设标高、坡度参数，明确管线走向、转弯节点与支吊架布设形式，保证同系统管线参数统一规整。（2）针对岸桥、门机、皮带机等大型装卸机具，依据设备原厂图纸与设备基础施工图建立精细化设备模型，精准定位设备基础轮廓、预埋钢板、地脚螺栓的平面位置与埋设尺寸，保证设备与基础结构贴合匹配。（3）各专业系统单体建模完成后开展整体集成整合，全面核对管线与主体结构、设备基础、大型机具之间的空间位置关系，及时修正构件穿插、空间重叠、位置错位等建模偏差，实现土建、机电、设备多系统模型一体化集成。

3.4 港口工程模型参数化与轻量化建模技巧

港口工程整体模型构件数量庞大、重复构件多、场景范围广，单一固定式建模效率低、复用性差，需依托参数化建模与轻量化处理技术规范模型体系。（1）针对码头桩基、梁板、堆场板块、标准管线、常规附属构件等重复率高的构件，建立标准化参数化族库，固定构件截面、材质、构造等基础参数，仅通过调整长度、标高、间距等变量生成同类型构件，大幅提升建模标准化程度与复用效率。（2）严格分级控制模型建模细度，主体受力结构、关键节点按照高精度精细等级建模，次要附属构件、装饰性构件合理简化曲面弧度与细碎线条，保留核心工程参数与几何特征。（3）整体建模完成后统一开展轻量化处理，批量清理冗余构件、重复线条、无效参数与废面废点，在不降低模型精度、不丢失工程信息的前提下压缩模型体量，有效提升模型加载、视图浏览与多模型整合效率，满足工程验收、施工交底与资料交付的标准化要求[3]。

4 航道工程专项 BIM 建模方法

4.1 航道地形三维曲面建模方法

航道水下地形无规则、起伏变化大，三维曲面建模是航道BIM模型搭建的基础，全程依托实测测绘数据开展精细化构建。（1）整合航道沿线水下地形测点数据、断面测量数据，筛选有效高程点，剔除测量误差点位与无效冗余数据，保证基础测点数据的真实性与完整性。（2）采用曲面拟合建模方式，通过高程点构建不规则三角网，生成连续、完整的航道原始地形曲面，精准还原航道浅滩、深槽、边坡等复杂地形形态，不简化局部细微地形起伏。（3）结合航道设计红线范围裁切地形模型，匹配航道轴线、设计坡比，修正曲面褶皱、空洞、凹凸异常等建模问题，确保地形曲面精度符合水运工程建模规范。

4.2 航道疏浚、整治构筑物建模技术

航道疏浚与整治构筑物为航道核心人工结构，主要包含疏浚开挖体、丁坝、顺坝、护岸、潜坝等结构，建模以施工工艺和设计参数为核心依据。（1）疏浚工程建模严格按照设计开挖标高、开挖边坡、疏浚分区搭建实体模型，区分设计疏浚区域、超挖区域与预留土层，精准划分疏浚边界与工程量分区。（2）整治构筑物采用分构件独立建模模式，按照坝体基础、坝身、护面结构、压顶构件分层搭建，严格控制构件尺寸、坡度、材质参数，贴合现场浇筑与砌筑施工形式。（3）将人工整治结构与原始地

形模型精准叠加，校准结构基底与水下地形的贴合度，消除模型悬空、穿插、边界错位等建模问题。

4.3 通航建筑物及航标配套设施建模方法

航道通航及配套设施构件零散、分布跨度广，建模遵循定点布设、标准统一、完整覆盖的原则。（1）针对船闸、升船机等通航建筑物，按基础、主体墙体、启闭设备、输水廊道等结构分层建模，细化设备安装点位、预埋件、连接节点的尺寸与位置。（2）航标、灯桩、导标、警示浮标等配套设施，依据航道布设坐标逐一定位建模，统一构件标准参数，匹配不同河段、不同通航等级的设施规格。（3）完成单体构件建模后，沿航道线性走向整体排布，校核设施间距、布设高程与通航安全距离，保证配套模型与航道整体结构衔接统一。

4.4 水文动态数据与航道模型耦合建模方法

航道工程受水位、流速、潮汐等水文参数影响显著，静态模型无法满足工程管控需求，需实现水文数据与模型的动态耦合建模。（1）整理航道常年水位、汛期水位、潮汐变化、水流流速等实测时序数据，建立标准化水文数据数据库，统一数据采集周期与格式标准。（2）将静态航道结构模型与动态水文数据进行关联绑定，设置水位高程动态参数，实现不同工况下航道水域范围、水深状态的动态更新展示。（3）结合水文变化规律，校准航道通航水深、边坡浸泡范围等关键参数，完成动态模型校验优化，实现航道实体结构与水文环境的一体化建模[4]。

5 港口与航道工程 BIM 模型整合与优化技术

港口与航道工程涉及水工结构、航道地形、机电管线、通航设施等多个专业模型，各单体模型独立搭建后存在分区衔接错位、专业冲突、模型冗余等问题。模型整合与优化是统一全专业模型体系、保障模型精度与交付标准的关键环节，核心技术内容如下：（1）多专业分区模型整合拼接。以项目统一坐标系和高程基准为依据，对港口结构、航道曲面、设备管线等不同专业、不同区块的单体模型进行整体拼接。核对各模型边界衔接关系，修正分区建模产生的缝隙、重叠、错位等问题，统一各构件命名规则与信息层级，形成完整的项目整体BIM模型。（2）模型碰撞检测与结构优化。针对整合后的整体模型开展全方位碰撞核查，重点排查水工结构与管线、设备基础与预埋件、航道整治结构与水下地形的空间冲突。对检测出的硬碰撞、软碰撞问题分类记录，结合设计规范与施工工艺调整构件位置、尺寸及布设形式，完成模型结构合规性优化。（3）模型精度校验与轻量化处理。对照施工图纸及勘察数据，复核模型构件尺寸、标高、材质参数，补齐缺失信息、修正数据偏差。清理模型冗余构件、无效线条及重复参数，在保留核心工程信息的基础上简化细碎结构，缩减模型体量，满足工程展示、施工应用及模型交付的标准要求[5]。

结束语：本文梳理了港口与航道工程BIM建模的完整技术流程，明确了建模前期准备标准、港口结构与航道工程专项建模方法，总结了模型整合及优化的核心技术要点。针对水工结构、航道地形、管线设备等不同建模对象制定对应建模方案，解决了传统建模标准混乱、精度不足、模型兼容性差等问题。后续可结合具体工程项目，进一步优化动态水文耦合建模、智能化建模技术，持续完善港口航道工程BIM建模技术体系。

参考文献

[1]王娜.基于自适应多尺度混合建模的港口与航道三维地质建模与土方量自适应优化方法[J].水利技术监督,2026,(8):124-127.

[2]潘新颖,费华平,史宏达,等.高桩码头BIM孪生建模及有限元模型转换方法研究[J].水运工程,2023,(9):165-170.

[3]覃贤,廖敏.BIM参数化建模技术在港口工程设计中的运用分析[J/OL].中文科技期刊数据库（全文版）工程技术,2023,(4):171-174.

[4]付成峰.航道工程BIM模型与实景三维模型融合技术研究[J].珠江水运,2026,(4):46-48.

[5]朱宏磊,侯立强,蒋鹏飞,等.港口引桥形变的建筑信息模型(BIM)与多源遥感协同感知方法[J].工业建筑,2026,56(5):201-207.