

水利水电工程施工建筑信息模型应用探索

李 宗 宗 ， 孟 凡 朋 ， 山 继 红 ， 林 思 学

(中国水利水电第十工程局有限公司,四川 都江堰 611830)

摘 要:阐述了对水利水电工程施工过程中投标、方案规划与编制、现场实施、工程完工后的工程量结算、总结、移交等阶段应用建筑信息模型技术进行的探索,采用多个软件和平台的灵活运用,实现了提高项目管理效率、水平和信息化程度的目的。

关键词:建筑信息模型;水利水电工程;施工;软件

中图分类号:TV7;TV22;TV512;TV52 **文献标识码:** B **文章编号:**1001-2184(2022)02-0122-04

Exploration of BIM Application in Construction of Water Conservancy and Hydropower Project

LI Zongzong, MENG Fanpeng, SHAN Jihong, LIN Sixue

(Sinohydro Bureau 10 Co., LTD, Dujiangyan, Sichuan, 611830)

Abstract: Through the exploration of BIM technology in bidding, scheme planning and preparation, project implementation, settlement after project completion, summary and handover in the construction process of water conservancy and hydropower project, this paper adopts flexible use of multiple software and platforms, and realizes the purpose of improving project management efficiency, proficiency and informationization level.

Key words: BIM; water conservancy and hydropower project; construction; software

1 概 述

建筑信息模型(Building Information Modeling,简称 BIM)技术肇始于房建项目,目前其应用最成熟、市场最完善的行业也是房建工程。而水利水电工程以其复杂的地形、地质、场地、道路、水文等外部条件和结构复杂、个体差异大、专业类别多、标准化程度低等结构特点,在应用 BIM 技术方面存在较大难度。

结合自身实践,在水利水电工程施工过程中对投标、方案规划与编制、现场实施、工程完工后的工程量结算、总结、移交等阶段对 BIM 技术的应用进行了研究和探索,以寻找提高水利水电工程管理水平途径和方法。

2 软件及平台的选择

目前整个建筑业市场 BIM 技术正处于上升期。在欧美国家,BIM 技术的应用已较为普及,而国内的应用也大都都需要用到 Autodesk、Bentley、Catia 等欧美国家公司的核心技术产品。在我国,BIM 技术方兴未艾,广联达、鲁班等软件公司推出了一系列建模软件和平台软件,理念提升、

技术迭代、版本更新速度让人应接不暇。同时,结合 IOT、5G、传感器、图像识别、VR、云计算等技术,“BIM 以一种‘更智慧’的方法来改进工程各干系组织和岗位人员相互交互的方式”^[1],以提高交互的明确性、效率、灵活性和响应速度。

但就水利水电工程施工而言,BIM 应用的实现在没有有针对性地进行二次开发或者深度匹配的前提下更适宜扁平化的管理平台架构和多软件协同操作模式。管理平台的扁平化一方面要求用于项目管理的广度覆盖水利水电工程施工全专业和全生命周期,包括较房建专业更特质化的地质、水文、复杂的地形地貌、地下工程等工程信息处理;另一方面要求平台兼容信息模型在运行过程中逐步细化和更新,包括结构尺寸的细化和多专业的逐步补充和完善。多软件协同包括但不限于核心建模软件,如 Autodesk、Bentley、Catia、BIM-MAKE 等产品、GIS、遥测信息、专业设备厂家提供的工业模型、勘测数据、通用的建模软件如 SketchUp、Fuzor、Lumion 等。

软件及平台的应用要点在于如何在现今技术水平和产业生态下灵活运用各个软件和平台的优

势以实现水利水电工程前述特征的管理需求,文中的论述并不限于某一产品,而是从需求出发,探索实现的可能性和途径,在实际运用过程中可以灵活取舍、博采众长,以实现展示效果和管理要求为目的。阐述了在水电工程项目建设过程中各阶段对软件及相关平台的选择。

2.1 投标阶段

鉴于投标阶段时间紧、任务重,工程信息量少、来源单一,因此,BIM的应用以全局展示、场地布局、分析主要结构和施工顺序为主。

水利水电工程的原始地形及土石方工程、道路工程可以用 Autodesk Civil 3D 进行处理。Civil 3D 架构于 AutoCAD 之上,同时集成了地理信息系统软件 Map 3D,对于 CAD 图纸和数据的处理相互兼容,“对于处理招标文件提供的 CAD 图纸可以直接识别带高程信息的等高线、点图元、图块等数据信息”^[2]。带矢量信息的 PDF 文件经过格式转换后也可以直接识别。识别出的地形数据赋值于三角网曲面,可以生成较为详细的三维曲面模型,

曲面模型是一个单独的对象模型,可以根据显示样式设置任意显示为工程设计和规划所需要的等高线、边界、地形点、三角网等信息,并进行高程、坡度、流域、纵断面、流径、汇流等分析,加之卫星地图贴图后显示为真实的地形地貌模型,最大限度地还原了现场真实情况。在生成的曲面模型基础上创建出场地模型,其中,利用要素线和放坡工具可以创建出土石方挖填模型,在用该挖填模型生成相对原始地形曲面的挖填曲面后,即可计算出挖填体积、生成挖填方案和断面图,并可利用工具进行挖填平衡规划。通过曲面剪切,可以生成场地整平挖填后的地形曲面,便于后续施工布置。

利用路线、装配和道路等工具相互配合可以进行道路、隧道的设计和规划,实现指定路线的挖填放坡、指定起始点的路线规划、道路线形拟合、道路设施装配等功能,所生成的模型可以实时进行驾驶模拟和碰撞分析,生成施工方案、断面图和工程量计算。

平整场地后,临时设施的布置可以采用 revit 场地布置模块或广联达场地布置软件进行设计,可以采用自带模型库和云端模型库,也可以导入

草图大师(SketchUp)的 su 格式模型,“su 模型是主流模型格式,模型来源丰富,可以满足工程需求”^[3]。

投标阶段的主体结构模型采用 CAD 三维实体或 revit 模型均可。CAD 建模更为灵活,而 revit 建模更为专业和规范,亦便于后续施工阶段的扩展和细化。

对于模型的整合,上述软件均可实现。SketchUp 以其兼容性好、市面上模型组件、专业插件多、支持格式多、显示效果丰富等特点值得推荐。

模型的后期渲染展示亦采用 Autodesk infraworks、lumion 等软件,可实现实时观察场景效果,出图速度快,水景逼真,树木真实饱满,后期效果较好。施工模拟动画采用 Autodesk Navisworks、Fuzor 等软件,可实现 BIMVR 展示、4D 施工模拟、施工现场动态展示和施工机械碰撞检查等功能。

2.2 方案编制阶段

项目进场后,根据现场实际情况和设计图纸编制实施阶段的施工组织设计和单项施工方案,可以在投标阶段的 BIM 模型基础上添加实测数据和设计细节,细化模型、优化布置、在模型上添加详细的施工方案、工艺流程、进度计划、质量安全控制要点等,并在此基础上进行可视化安全技术交底和作业指导。

在这一过程中,需要提前考虑 BIM 施工过程中水利水电工程的特殊性,特别是发电厂房具有内部结构复杂、层间高差大、孔洞临边多、专业类别多、建筑物布置复杂等特点,建模之前,就应考虑专业、分层和流水段的划分,规范模型工具和命名规则,确保后期应用统一规范。

(1)模型分专业建立,设定统一的项目原点,包括 revit 中的项目原点位置和图纸中(0,0,0)坐标的对应关系,各专业可独立建模。对于所对应的各个建筑物,如安装间、主机间、副厂房等也可单独建立模型以减少系统资源的占用、分工操作以加快建模速度。在模型建立完成后,可以采用复制或插入链接的形式合并模型以形成一个完整的建筑模型进行后期输出操作。

(2)规范命名规则。在分工建模的前提下,需要规范构件名称和编号的规则以方便后期的引用

操作。其中包括建筑物的名称和编号、分层的命名和编号、轴网和标高的命名和编号、具体构件的名称和编号等。由于其在各个专业中并不完全一致,因此,提前规范和明确可以减少后期的混淆和返工。

(3)统一材质和贴图。模型的材质将影响到后期工程量的统计和流水段的关联,贴图影响后期模型漫游、渲染的整体效果和质量。建模之初统一材质有助于加快建模速度并提高模型质量。材质要根据项目管理的深度进行统一规划,例如混凝土需不需要细分到标号、配合比、级配、坍落度、施作方式、模板类型等,或者按照工程量清单/单价划分等。细分可以加大管理深度,但会降低模型的容错性和适配性,增加管理的难度,甚至造成管理脱节。因此,选择合理的材质深度至关重要。亚曼苏水利枢纽试运行以结构类型粗分材质,比如混凝土仅划分为现浇和预制两种,与项目管理的适配性较好,但项目管理偏于粗糙,因此,可以考虑更细一步按强度标号进行划分。贴图应考虑到工程的整体外观,选定两种以内可以达到较好的出图效果。

(4)水利水电工程建筑不同于房建项目,其分层和隔间不明晰,BIM 建模与轴网和标高的契合度不高。建议采用建立建筑物轮廓线参照轴网、建筑物控制高程如机组安装高程、尾水管转折点高程参照标高的方法,建模时设置相对标高偏移值的方法可以实现任意结构快速建模。

(5)鉴于水工建筑物异型结构较多而无法使用建模软件默认的柱、梁、板等集成功能,可以采用内建模型或外建族予以实现。例如 T 形梁、牛腿、异型柱等,可以在族编辑器中根据其结构特点建立参照平面,利用族编辑器中提供的拉伸、融合、旋转、放样、放样融合和可以进行布尔运算的空心形状、几何图形运算等建立模型,并将对齐参照平面的图形要素进行锁定,而对参照平面间的几何参数设置为标签参数,将构件间的参数或同一构件参数间的逻辑关系或技术要求通过数学公式进行约束和自动更新。对于重复性结构或公式曲线设施如球形网架、流道等可以采用 Revit 自带 Dynamo 插件进行可视化编程建模,采用该方法建立的参数化族在载入到建筑物模型中后,可以根据设计要求设置结构的具体参数以达到快

速、准确建模的效果。

(6)尾水管、蜗壳等流道结构可以根据设计单线图建立专用族以便于再次使用。建立这种族的时候一定要区分可剖切族和不可剖切族。如尾水管、蜗壳等可采用结构框架和常规模型这种可剖切族。而面对流道结构则可按轴线和剖面分别建立,以嵌套族的方式合并,也可以在轴线上绘制不同角度和位置的参照平面,再分别在参照平面上绘制剖面,路径采用样条曲线进行拟合,采用放样融合命令生成模型,可以最大程度满足流道要求。

(7)发电厂房最复杂的结构是机墩风罩,其体型复杂、孔洞多、二期预留多,因此,其建模可以采用内建模型进行建模。内建模型工具同族编辑器,但可以借用主体结构的轴网和标高。其建模的主要步骤同建族,孔洞和二期以空心形状建立,可以保证内建模型的整体性和完整性。

2.3 现场实施阶段

该阶段主要利用 BIM 5D 平台以模型为核心“进行项目进度、质量、安全、成本等管理”^[4]。由于目前该平台产品主要以房建为主,在水利水电工程中移植应用这些管理工具就需要灵活变通,结合水工建筑物的特点,以有效实施项目管理为目标,通过拆分、融合某些功能和工具,将管理覆盖到施工现场的方方面面。

(1)进行项目管理,首先要在模型的基础上加载流水段的划分信息。房建的流水段划分较为明确,其以楼层和分区为界。而水工建筑物的分层分区不明晰,需要在建模之初就考虑建筑物的整体施工分层分块,建立流水段时,按照能全勿缺、宁粗勿模糊的原则,以施工分层和施工缝为界进行流水段的划分。在将作业细分到工序的部分,可以根据现场的实际情况将一个流水段划分为若干仓号,以牺牲管理细度的代价换回水利水电工程 BIM 管理的灵活性和准确性。

在此基础上,对于发电厂房以外的线性工程,如渠道工程管理中可以按结构特点划分为若干个甚至仅为一个大的流水段,在将作业细分到工序的部分换成按具体分块或施工缝或班组进行划分,即可以保证项目管理与现场的准确结合。

(2)流水段关联进度计划需要将进度计划按流水段划分进行相应的细化和调整。关联流水段和相关责任人也可替换为关联作业队或班组以便

于现场灵活管理。关联完成后,系统自动将任务下发给责任人并提醒责任人每天用手机录入现场对应的施工进展情况,自动在模型上更新进度情况。

(3)在模型准确的情况下,更新进度后平台即可自动更新工程量、成本、产值等情况。因此而要求现场录入的数据需及时、准确、连贯。

(4)数据录入后,平台自动生成的日报、周报、月报及其他按人材机分类汇总的现场情况和数据分析模型可以直接用于项目管理汇报,为项目决策提供依据和参考。

(5)质量情况以现场用手机录入的情况为主,在手机端点选关联相应流水段和责任人,可以将现场质量问题、形象面貌、奖惩等信息直接发送相关责任人和管理决策层,追踪责任人进行整改后还会发送审核人进行验收审核。对于质量的实测实量,可以关联智能设备针对图纸中或操作规范中的参数要求进行现场实测实量,实时上传系统平台,对实测实量数据进行自动统计分析;对于不满足规范要求的部位将直接发送责任人进行整改。

(6)安全情况的录入与质量类似,以手机现场实时录入安全隐患、安全问题和奖惩的情况为主。另有一项安全的要求是定点巡视,下达任务时生成二维码,要求责任人定期到现场相应部位进行巡视、扫描二维码并记录观测情况。

(7)成本管理主要采用录入工程量清单中的单价并关联模型后,平台根据现场每天实时录入的进展情况实时更新已完成工程量、发生成本和产值,生成周期报表和统计分析图表等。

2.4 工程完工阶段

工程完工阶段需要提交的成果包括实际完成工程量、结算报表、完工报告、总结、工程资料等。基于 BIM 技术的移交清单包括由 BIM 5D 实施过

程中通过大数据分析提炼得到的“工程量汇总表与产值报表、质量报表、安全报表、成品模型效果图,以及包括全部施工数据的数字工程移交”^[5]。

本阶段成果在前述阶段数据完整、操作及时准确的前提下利用平台算法和机制可直接生成和输出,为工程完工移交提供数据支撑。

3 结 语

通过对水利水电工程施工过程中各阶段 BIM 技术应用的探索可以看出,在水利水电工程施工过程中应用 BIM 技术具有以下特点:应用该技术需要贯穿其生命周期,循序渐进,逐步细化、环环相扣、要求数据完整准确;其涉及多专业、全数据支撑,需要多个软件和平台匹配、支持,需要各个部门和专业的人员相互配合、协作。该项技术的实施,实质上是将传统项目管理集成于模型信息化这一核心上,其应用有利于提高项目的管理水平和信息化程度。因此,在水利水电工程施工中应用 BIM 技术具有较好的推广价值和前景。

参考文献:

[1] 丁烈云,等. BIM 应用·施工[M]. 上海:同济大学出版社, 2015.

[2] 张建平,等. 信息化土木工程设计—Autodesk Civil 3D[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2005.

[3] 刘占省,等. BIM 技术与施工项目管理[M]. 北京:中国电力出版社,2015.

[4] 张旭,李晓波. 水利水电工程施工中 BIM 技术的应用[J]. 居舍, 2021,41(18):51—52.

[5] 闫晓虹. BIM 在水利水电工程施工中的应用[J]. 工程技术研究,2019,44(24):98—99.

作者简介:

李宗宗(1984-),男,河南洛阳人,高级工程师,学士,从事水利水电工程建设施工技术与管理工
作;
孟凡朋(1986-),男,黑龙江牡丹江人,工程师,学士,从事水利水电建设建设施工技术与管理工
作;
山继红(1973-),男,四川德阳人,工程师,从事水利水电建设建设施工技术与管理工
作;
林思学(1987-),男,四川崇州人,助理工程师,从事矿山施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

(上接第 121 页)

[5] 徐强. 缅甸联邦 MTT 金铜矿床成矿地质特征[J]. 地质学刊,2011,35(4):375-378.

[6] 郭忠正,杨文金,李刚. 缅甸蒙育瓦铜矿 L 矿床成因分析[J]. 世界有色金属,2020,35(1):293+295.

[7] 张海坤. 缅甸主要金属矿床的分布及地质特征[J]. 华南地质与矿产,2019,35(1):68-75.

作者简介:

马松华(1982-),男,湖南株洲人,工程师,硕士,从事工程项目施工技术与管理工
作;
宋自平(1979-),男,四川威远人,项目总工程师,正高级工程师,从事土木工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)