

水利工程施工建设期 BIM 技术应用与研究

吝江峰,王海俊,陈蕾蕾

(江苏省水利勘测设计研究院有限公司,江苏扬州 225127)

摘要:以新孟河奔牛枢纽工程为例,详细分析施工模型协同方式、施工模型族命名规则,BIM模型拆分标准,设定了与施工过程相关的基本信息,并通过二次开发完成了施工信息的快速赋值与提取,从而实现在施工过程中对枢纽单元工程质量、进度等方面管控,为BIM在水利工程中的深入应用提供参考与借鉴。

关键词:信息模型(BIM);施工建设期;二次开发;仿真模拟;进度控制

中图分类号:TU17 文献标识码:B 文章编号:1007-7839(2021)11-0046-05

Application and research of BIM technology in construction period of water conservancy project

LIN Jiangfeng, WANG Haijun, CHEN Leilei

(Jiangsu Water Conservancy Survey and Design Institute Co., Ltd., Yangzhou 225127, China)

Abstract: Taking Benniu hub project of Xinmeng River as an example, the collaborative mode of construction model, the naming rules of construction model family and the separation standard of BIM model was analyzed in detail, the basic information related to the construction process was set, and the rapid assignment and extraction of construction information through secondary development was completed, so as to realize the control of project quality and progress of hub units in the construction process, and provide reference for the in-depth application of BIM in water conservancy projects.

Key words: information modeling (BIM); construction period; secondary development; simulation; schedule control

建筑信息模型(building information modeling,简称“BIM”)技术是在计算机辅助设计(CAD)等技术基础上发展起来的多维建筑模型信息集成管理技术,是传统的二维设计建造方式向三维数字化设计建造方式转变的革命性技术。BIM具有直观可视性,能及时发现不同专业乃至多个单位在项目方案调整、决策、设计、实施等过程产生碰撞,协调多个专业和相关单位诉求,运用三维模型加项目的发展

时间在招投标和施工阶段可以进行4D模拟等。推行BIM技术应用,发挥其可视化、虚拟化、协同管理、成本和进度控制等优势,将极大地提升工程决策、规划、设计、施工和运营的管理水平,减少返工浪费,有效缩短工期,提高工程质量和投资效益。

2014年10月上海市政府正式发布《关于本市推进建筑信息模型技术应用的指导意见》,2015年5月深圳市建筑工务署发布了全国首个政府公共工

收稿日期:2021-05-08

基金项目:江苏省水利科技资助项目(2018067,2019012)

作者简介:吝江峰(1980—),男,高级工程师,硕士,主要从事水工设计、BIM运用及其二次开发工作。E-mail:linjf0215@

程 BIM 实施纲要和实施管理标准——《深圳市建筑工务署政府公共工程 BIM 应用实施纲要》和《深圳市建筑工务署 BIM 实施管理标准》。2018 年 1 月住建部发布《建设信息模型施工应用标准》,2019 年 10 月中国水利水电勘测设计协会撰写《水利水电工程设计信息模型交付标准》发布实施,2020 年 8 月江苏省水利设计院有限公司编制的江苏省地方标注《水利工程建筑信息模型设计规范》发布实施^[1]。各地各行业各单位均在推动 BIM 的运用, BIM 将会给国内建筑业带来一次巨大变革,水利行业开展三维 BIM 技术运用将是科技时代发展趋势。

近几年 BIM 技术优势得到建设方、设计方和施工方的认可,设计单位和施工企业相继成立自己的 BIM 中心和团队。但水利行业 BIM 应用案例较房建等其他行业少,施工建设期的 BIM 应用案例更少,如何在水利工程施工建设期充分应用 BIM 技术还亟需深入研究。本文结合新孟河延伸拓浚工程奔牛水利枢纽工程,采用 Revit 和 Navisworks 软件,研究分析水利工程施工建设期 BIM 应用流程,为 BIM 在水利工程中的深入应用提供参考与借鉴。

1 项目概况

新孟河延伸拓浚工程为国务院批复的《太湖流域水环境综合治理总体方案》中近期实施的重点工程之一,工程总长 116.69 km,总投资 105 亿元。奔牛水利枢纽工程位于新孟河与京杭运河交汇处,具有引水、排涝、防洪、通航等综合功能。奔牛水利枢纽工程主要由船闸、节制闸、京杭运河立交地涵和孟九桥等部分组成

船闸位于新孟河河道西侧,为 VI 级船闸,闸室有效长度为 135 m × 16 m × 3.45 m (长 × 宽 × 坎上水深),门槛高程 -0.70 m (吴淞高程,下同),采用门底输水方式,上卧式平面钢闸门,卷扬式启闭机启闭;节制闸位于新孟河河道东侧,建筑物等级 2 级,单孔,闸孔净宽 16.0 m,底板面高程 -0.70 m,上卧式平面钢闸门,卷扬式启闭机启闭;京杭运河立交地涵布置在新孟河入京杭运河口门东侧约 210 m 处,2 级水工建筑物,设计引水流量 565 m³/s,设计排涝流量为 498 m³/s,钢筋混凝土现浇箱涵结构,单孔尺寸为 8 × 6.5 m,共 12 孔,过水总面积为 618 m²;九桥为赔建桥梁,共分 2 段,其中:跨船闸和节制闸段总长 100 m,跨立交地涵引河段总长 165 m,公路等级为 3 级,设计荷载等级为公路 II 级,桥面总宽 10 m、净宽 7 m,装配式预应力空心梁

板结构,钻孔灌注桩基础。

船闸工程共划分为 14 个分部工程,324 个单元工程;节制闸工程共划分为 12 个分部工程,180 个单元工程;地涵工程共划分为 18 个分部工程,596 个单元工程;桥梁工程按共划分为 5 个分部工程,214 个单元工程。

2 BIM 协同模式

奔牛水利枢纽工程包括船闸、节制闸、京杭运河立交地涵和孟九桥等主要建筑物,涉及水工、金属结构、房建、电气等多专业,各个专业技术人员需要共同参与协作完成。Revit 中提供了项目工作集和链接文件 2 种协同模式。

在 Revit 中工作集将所有人的修改成果通过网络共享文件夹的方式保存在中央服务器上,并将他人修改的成果实时反馈给参与设计的用户,以便在设计时了解他人的修改和变更结果,工作集由项目经理在开始项目前设置完成,以确保所有用户具备相应的访问权限和修改权限。通过工作集可轻松实现同专业工作化整为零分配给多人工程完成,适合专业内部协同。

链接是将被的 Revit 文件链接到中心模型,配合使用 Revit 的碰撞检查功能完成构件间碰撞检查内容,适合专业间协同。可组建私有云或租用公共云将模型中心文件放在云平台,通过互联网实现异地访问、修改、建模与协同。

奔牛水利枢纽协同主要采用专业内部间工作集与专业之间链接相结合的方式,依托企业内部的云平台实现异地或多地协同设计及技术服务,协同工作见图 1 所示。

3 模型建立及拆分原则

施工 BIM 模型与设计模型存在差异,需要考虑施工工艺、施工步骤等因素,对设计模型进行拆分或者重建。模型拆分过细会加大建模工程量、增加中心文件体量使 Revit 浏览、修改变得卡、顿;模型拆分过粗不能满足施工模拟、质量控制、施工管理要求。通常施工 BIM 模型拆分须按单元、清单、工序综合考虑拆分。考虑到奔牛枢纽模型较多,为轻量化 Revit 模型构建和满足施工控制要求,经分析单元拆分满足施工模拟及控制要求^[2-4]。《奔牛水利枢纽工程项目划分表(调)》中部分单元工程名称及项目编码划分见图 2 所示。

在 Revit 文件中是通过族文件导入的方式建立

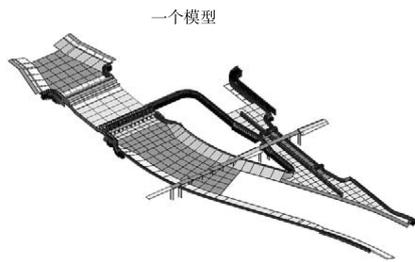


图 1 奔牛枢纽协同工作模式

单位工程名称	分部工程名称	单元工程名称	单元工程编号	备注
▲船闸工程 船闸(1+2)	▲船闸工程	上游冲墙基础Φ70cm劲性复合桩基础	XMH02-0110101	
		上游冲墙基础Φ70cm劲性复合桩基础	XMH02-0110102	
		上游冲墙基础Φ70cm劲性复合桩基础	XMH02-0110103	
		▲上游西倒墙基础Φ70cm厚地连墙基础	XMH02-0110104	
		▲上游西倒墙基础Φ70cm厚地连墙基础	XMH02-0110105	
		▲上游西倒墙基础Φ70cm厚地连墙基础	XMH02-0110106	
		▲上游西倒墙基础Φ70cm厚地连墙基础	XMH02-0110107	
		▲上游西倒墙基础Φ70cm厚地连墙基础	XMH02-0110108	
		▲上游西倒墙基础Φ70cm厚地连墙基础	XMH02-0110109	
		▲上游西倒墙基础Φ70cm厚地连墙基础	XMH02-0110110	
		▲上游西倒墙基础Φ70cm厚地连墙基础	XMH02-0110111	
		▲上游西倒墙基础Φ70cm厚地连墙基础	XMH02-0110112	
▲船闸工程 船闸(3+4)	▲船闸工程	下游冲墙基础Φ70cm劲性复合桩基础	XMH02-0110113	
		1#闸室底板Φ70cm劲性复合桩基础	XMH02-0110110	
		2#闸室底板Φ70cm劲性复合桩基础	XMH02-0110111	
		3#闸室底板Φ70cm劲性复合桩基础	XMH02-0110112	
		4#闸室底板Φ70cm劲性复合桩基础	XMH02-0110113	
		5#闸室底板Φ70cm劲性复合桩基础	XMH02-0110114	
		上游西倒墙1#墩	XMH02-0110201	
		上游西倒墙2#墩	XMH02-0110202	
		上游西倒墙3#墩	XMH02-0110203	
		上游西倒墙4#墩	XMH02-0110204	
		上游西倒墙5#墩	XMH02-0110205	
		上游西倒墙6#墩	XMH02-0110206	
上游西倒墙7#墩	XMH02-0110207			

项目划分编码示例如下：

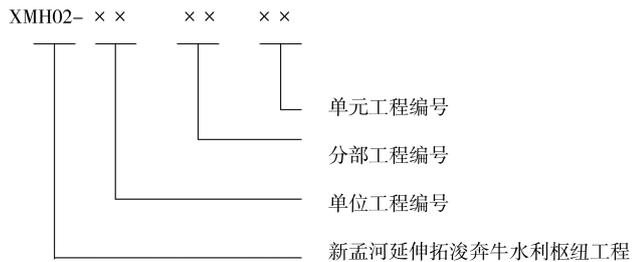


图 2 奔牛枢纽部分单元工程名称及项目编码划分

整体模型,奔牛枢纽项目涉及构件多,对应的族文件也多,为了方面族文件调整修改及管理,需要对族及实例建立一定的规则。奔牛枢纽族与族实例命名规则依据《水利工程建筑信息模型设计规范》DB32/T 3841-2020;分部_功能_材质_厚度,比如:闸首_垫层_C25_10cm;导航墙_垫层_C25_10cm;每个单元名称尽量为一个族文件,比如:地涵南侧2#东翼墙 Φ70 cm 劲性复合桩基础为一个相应族文件,如表 1 所示。

表 1 奔牛枢纽族与族实例命名规则

备注	构件类别	族样板	族类别	族文件命名		族类别命名	
				规划	举例	规划	举例
包含: 1.闸室封底 2.闸首封底 3.导航墙 4.U型槽 5.护坦 6.护底 7.护坡	地基基础	素混凝土垫层 砂石垫层	结构基础 (板) 楼板 结构	—	—	分部、功能、 材质、厚度	闸首底板 C25 280cm 导航墙垫层 C25-10cm 导航墙护底垫层 砂石-10cm
	现浇底板	—	结构基础(板)	—	—	分部、功能、 材质、厚度	闸首垫板 C25-280cm
	闸首底板二期 混凝土	基于线的公制 常规模型	结构基础(板)	分部、功能、 使用部位	闸首、二期 混凝土底板	材质、厚度	C25-280cm
边墩 10.7 以上, 上闸首 15.2 以下, 下闸首 14.6 以下归为输水廊道	现浇输水廊道、 墙体	—	楼板(结构)	—	—	分部、功能、 材质	闸首、输水廊道墙-C25
	现浇输水廊道、 倒角	公制轮廓- 主体	轮廓	分部、功能、 形状	闸首、倒角轮廓、 三角形	尺寸	50 × 50cm
	—	—	楼板边缘	—	—	分部、功能、 材质、形状、 尺寸	闸首、倒角混凝土 -C25-三角形- 50 × 50cm
	现浇输水廊道、 顶板(即 空箱底板)	—	楼板结构	—	—	分部、使用 部位、材质、 厚度	闸首、输水廊道 -C25-10cm
	现浇输水廊道、 二期混凝土	—	楼板结构	—	—	分部、功能、 使用部位、 材质、厚度	闸首二期混凝土门槽 底部C25 闸首二期混 凝土 门槽槽身
	现浇输水廊道、 门槽胸墙	公制结构框架	结构框架	分部、功能	闸首、门槽 胸墙	尺寸(宽度× 高度)	28 × 50cm

4 信息的录入及提取

施工 BIM 应符合施工工艺要求,方便建设管理,为施工阶段全方位服务的信息模型。BIM 模型只有关联相关信息才能为施工阶段服务。信息过多增加录入工程量,信息少不能有效为施工服务。经过分析设定 9 个参数:1) 单元工程名称; 2) 单元工程编号; 3) 计划开始时间; 4) 计划完成时间; 5) 施工开始时间; 6) 施工完成时间; 7) 质量检测信

息; 8) 施工责任人; 9) 备注。单元工程名称和单元工程编号与奔牛水利枢纽工程项目单元划分表一一对应, 计划开始时间、计划完成时间、施工开始时间、施工完成时间为施工进度和过程控制服务, 质量检测信息便于掌控工程质量, 施工责任人在施工质量出问题可以追溯。在 Revit 中通过设置项目参数与模型构件关联。

奔牛枢纽中总共有 49 个分部工程, 1 314 个单元工程, 单元信息的录入和查询麻烦, 本次通过 Revit 二次开发实现项目参数与模型构件关联与提取。

Revit 的应用程序编程接口 (Application Program Interface 以下简称“API”) 可用 Visual Basic、NET、C#、以及 C++/CLI 等任何与 .NET 兼容的编程语言进行编程。Revit 提供两种方式来扩展其功能: 一种方式是创建一个外部命令 (External Command), 这种方式由用户点击添加的命令按钮来启动二次开发生成的相应命令; 另一种方式是添加一个外部应用 (External Application), 即添加一个菜单或工具条, 二次开发生成的插件在启动和关闭 Revit 时自动执行, 经综合比较选用创建一个外部命令来实现构件信息的关联与获取。界面如图 3 ~ 5 所示。

根据单元工程名称、单元工程编号、质量检测信息、施工责任人、备注简单条件查询获取所需构件信息; 也可选择时间段 (月、季) 查询, 可以查询时

间段内计划完成单元、实际完成单元、提前完成单元、延期完成单元、提前开工单元、延期开工单元。查询完成后可以在众多模型中显示指定单元或全部单元, 亦可导出数据进一步分析应用。通过二次开发在 Revit 中无需导出到第三方管理平台也可实现指定时间段内进行单元状态统计, 获某一时间段计划完工、实际完工、计划开工、实际开工中的提前完工、延期完工等情况并以柱状图直观对比显示统计结果, 方便对施工过程的管控。

通过 Revit 二次开发实现在 Revit 软件中将施工信息与模型构件关联管理, 方便查询实时施工状态, 全面掌握模型构件现有状态 (工期、质量等), 从而实现在施工过程中对枢纽单元工程质量、进度等方面管控, 施工结束后向业主提供包含施工信息的 BIM 运维模型。

5 施工模拟

基于 Revit 的可视化灵活性的特点, 利用 BIM 技术建立建筑物的几何模型和施工过程模型, 可以实现施工方案的实时、交互和逼真模拟, 进而对已有的施工方案进行验证, 亦可根据现场条件和工程特点编制多种施工方案并进行对比优化得出最优方案^[5-6]。

施工模拟主要借助 Navisworks 软件实现。先从 Revit 软件中综合模型导出成 .nwc 格式的文件, 继

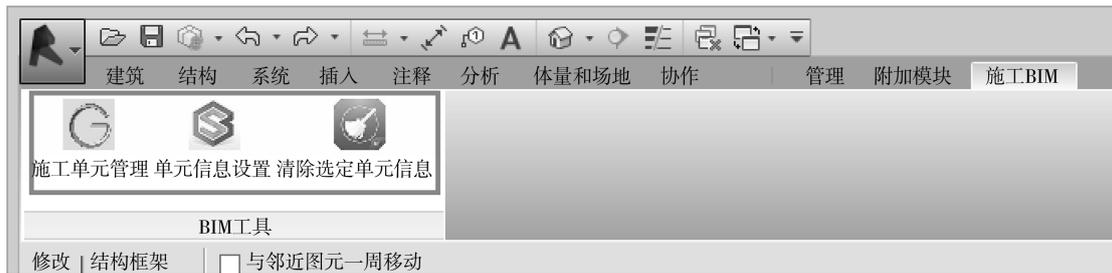


图 3 构件信息的关联与获取工具条



图 4 构件信息关联及结果



图5 构件信息查询窗体

而选择对应模型图元与施工进度数据关联,最后通过 Navisworks 软件中 TimeLiner 工具实现。虚拟施工模拟可以准确把控施工进度,优化使用资源和场地的合理的布置,对施工进度、资源统一的管理,有利于工期的缩短、成本的降低和质量的提高。避免了在施工过程中因为资源缺乏导致的项目的停工或施工的迟缓。有利于施工人员更有效的理解并施工,减少了因信息传递所出现的遗漏或误解,对施工进度的加快和项目质量的提升也是极好的,有利于项目组快速的决策。

TimeLiner 工具还支持通过配置单元的开始外观、结束外观、提前完工外观、延后完工外观直观形象展示施工进度计划与实际进度计划的差异。有利于施工人员在施工过程中全局掌控工程施工进程,亦可以施工完成单元工程为边界条件合理安排未完工单元的模拟及安排。

6 结论

本文以新孟河奔牛枢纽工程为例,详细分析施工模型建立标准、施工模型族命名规则,BIM模型

拆分标准,并将施工时间、施工质量与 BIM 模型关联,编制 Revit 二次开发施工信息快速赋值与查询插件,从而实现在施工过程中对枢纽单元工程质量、进度管控,施工结束后提供包含施工信息的 BIM 模型,为 BIM 在水利工程中的深入应用提供参考与借鉴。

参考文献:

- [1] DB32/T 3841 - 2020《水利工程建筑信息模型设计规范》[S].
- [2] 宦国胜. API 开发指南——Autodesk Revit[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2016.
- [3] 齐江峰, 徐鹏, 左威龙. 基于 Revit 在水利工程中常规注释、标识二次开发[J]. 河南科技, 2015(2):64-67.
- [4] 梁艳. 基于 BIM 的实时模型在施工中的应用研究[D]. 南昌:南昌大学, 2014.
- [5] 范兴晓. 施工企业 BIM 应用研究[D]. 西安:西安建筑科技大学, 2016.
- [6] 廖小烽, 王君峰. Revit 2013/2014 建筑设计火星课堂[M]. 北京:人民邮电出版社, 2013.