

· 信息技术 ·



基于 BIM 的内河限制性航道护岸工程 数智化设计技术及应用

王伟正, 牛作鹏

(中交第二航务工程勘察设计院有限公司, 湖北 武汉 430071)

摘要: 针对内河限制性航道护岸工程传统设计存在的二维表达不直观、设计效率低下、出图算量流程复杂等问题, 采用 BIM、GIS 等技术进行二次开发, 形成系列基于 BIM 的护岸工程数智化设计技术, 实现三维地形曲面内插优化、护岸前沿线自动生成及护岸工程模型参数化快速创建、出图算量等, 并依托项目开展技术成果验证及设计成果数字化交付, 提升了护岸工程 BIM 设计效率, 拓展了设计成果数智化应用领域, 可为同类项目实施数智化工作提供借鉴。

关键词: 内河限制性航道; 护岸工程; BIM; 二次开发; 数智化

中图分类号: U612

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2024)03-0140-07

Digital and intelligent design technology for restricted waterway revetment engineering in inland rivers based on BIM

WANG Weizheng, NIU Zuopeng

(CCCC Second Harbor Consultants Co., Ltd., Wuhan 430071, China)

Abstract: In response to the traditional design issues of restricted waterway revetment engineering in inland rivers, such as lack of intuitive two-dimensional expression, low design efficiency, and complex mapping and calculation processes, this article adopts BIM, GIS, and other technologies for secondary development to form a series of BIM based digital design technologies for revetment engineering. It realizes the optimization of three-dimensional terrain surface interpolation, automatic generation of the front and side lines of the revetment, rapid parameterization creation of revetment engineering models, and mapping and calculation. And relying on the project to carry out technical achievement verification and digital delivery of design achievements, it improves the efficiency of BIM design for revetment engineering, expands the application field of digital intelligence of design achievements, and provides reference for the implementation of digital intelligence work in similar projects.

Keywords: restricted inland waterway; revetment engineering; BIM; secondary development; mathematical intelligence

近年来, 多家设计和研究机构已开展 BIM 技术在航道工程的研究及应用, 杨彪等^[1]在深圳某 LNG 项目护岸工程设计中应用 Civil 3D 软件, 有效提高设计精度和沟通效率; 王展等^[2]使用部件编辑器, 采用逻辑目标和条件判断对复杂断面结

构进行部件建模; 王伟等^[3]通过部件编辑器对组成护岸横断面的点、线、面进行护岸工程参数化设计; 张心泽等^[4]在杭平申线航道桐乡段护岸工程中运用 BIM 技术进行护岸模型创建和运维管理。因内河限制性航道工程属于大型开放式连续复杂

收稿日期: 2023-07-19

作者简介: 王伟正 (1975—), 男, 教授级高工, 从事水运工程设计及研究工作。

工程, BIM 技术应用难度大, 研究多集中在土石方量计算和断面创建上, 应用点较为单一^[5], 并缺少标准化、参数化的设计构件库, 复用率低, 设计效率不高, 且无法照搬建筑行业的 BIM 研究方法。

本文针对内河限制性航道护岸工程传统设计的不足, 研究基于 BIM 的护岸工程数智化设计技术, 实现三维地形曲面内插优化、护岸前沿线自动生成, 及护岸工程模型参数化快速创建、出图算量、设计成果数字化交付等数智化设计及应用。技术成果可促进护岸工程数智化设计, 具有工程应用价值。

1 传统设计方法

1.1 内河限制性航道护岸工程特点

内河限制性航道是指相对于长江航道而言, 断面尺度较小、形状比较规则、水流平稳、河道冲淤变化较小的航道, 其护岸工程是一项大型开放式连续复杂工程, 工程路线长, 各分段结构形式和地形地貌各异。内河航道的水流速度较慢, 但河道宽度相对较窄, 因此护岸工程需要考虑河道的狭窄程度以及船只通行的安全性。同时, 内河航道的水位变化较大且水质较差, 需要考虑水位变化对护岸工程的影响, 及水质对护岸工程的腐蚀和损坏, 以保证护岸工程的稳定性和安全性。

1.2 传统设计现状

护岸传统设计和工程量计算常采用二维制图软件开展, 需要大量的手工绘图和计算, 并依赖于设计师的知识经验, 容易出现设计不合理, 需要进行多次修改和验证, 以致设计效率低下。

1) 二维表达不直观。护岸工程设计仍停留在二维图纸阶段, 对具有高程信息的地形、航道、

护岸等表达不够直观, 护岸断面多且需结合地形, 查看对应断面需花费大量时间, 效率低下。

2) 设计方案变更处理复杂。护岸结构断面形式丰富, 不同护岸形式各有优缺点, 且各项目对护岸工程的要求各不相同, 每次进行方案调整、变更时, 项目制图、工程量计算等工作均需重新进行, 设计效率低, 设计成果沟通不流畅。

3) 出图流程复杂。在传统设计中, 为了绘制准确的图纸, 需要手动添加大量的采样线、横断面、纵断面等参数。这些参数的添加和绘制需要经过多个步骤和环节, 增加了出图的复杂性。

4) 工程量计算精度低。传统设计多采用典型断面工程量乘以距离计算工程量。当遇到护岸弯曲、地形起伏或交接过渡时, 常因无法捕捉到这些复杂地形的细节和变化, 导致工程量计算难度大。

2 数智化设计技术

2.1 技术路线

针对内河限制性航道护岸工程传统设计现状, 本文综合采用 BIM、GIS、HTML5/WebGL 等技术, 研发岸线生成、模型创建、出图算量等系列护岸工程数智化设计技术。实现基于克里金插值法 (Kriging) 处理离散的航道地形数据, 并基于优化后的地形曲面, 结合设计参数研发护岸前沿线自动生成、护岸参数化建模、出图算量等设计工具, 利用 BIM+GIS 集成技术实现场景数据和护岸模型数据集成, 并基于 HTML5/WebGL 技术实现模型轻量化及 WEB 页面展示, 打破各 BIM 软件之间的壁垒, 实现模型移交、属性移交、图纸移交等设计成果数字化交付。数智化设计技术路线见图 1。

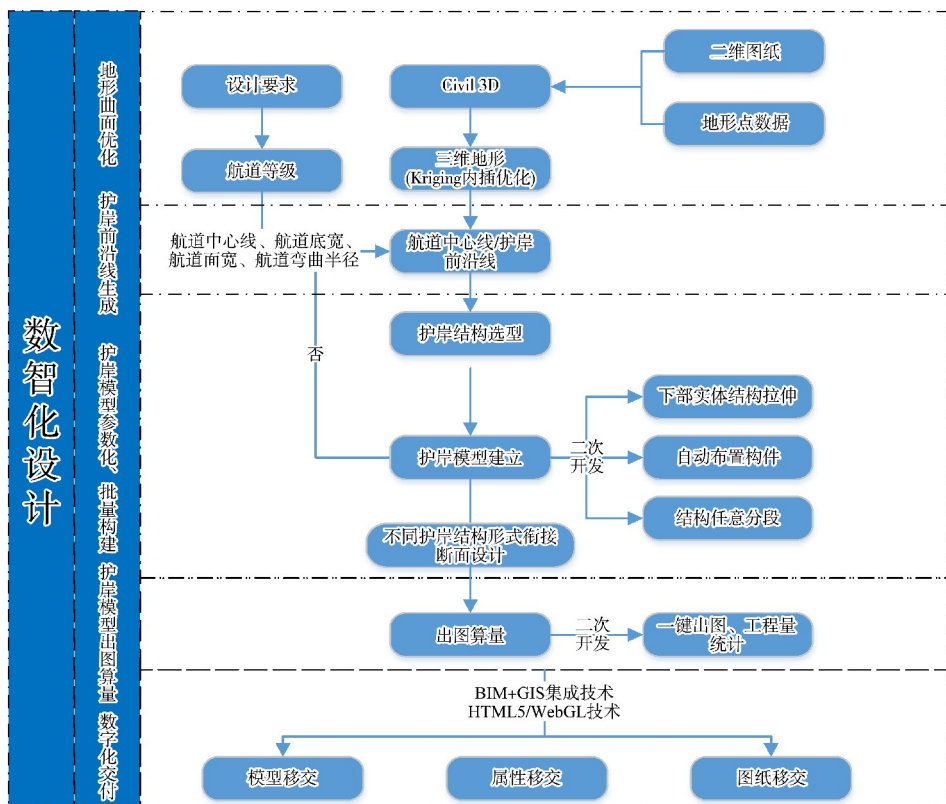


图 1 数智化设计技术路线

2.2 技术研发

本文基于 BIM 进行二次开发,实现三维地形曲面内插优化、护岸前沿线自动生成,及护

岸工程模型参数化快速创建、出图算量、设计成果数字化交付等系列数智化设计技术,见图 2。

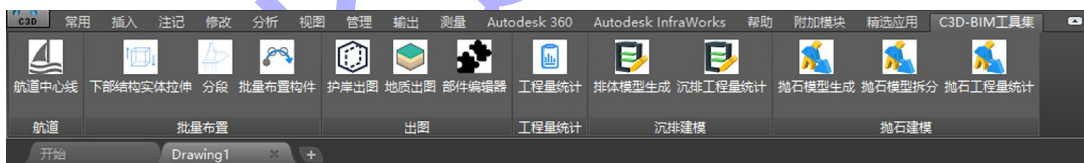


图 2 自研的数智化设计工具

1) 三维地形曲面内插优化。针对航道工程存在的离散地形数据或地形数据空值区域导致所创建地形曲面不够光滑、会出现深凹或凸起的问题,本文采用 Kriging 对航道区域离散的地形数据进行直接内插填补,再通过 BIM 技术构建航道三维地形曲面模型,实现地形曲面优化。

2) 护岸前沿线自动生成。护岸前沿线是护岸工程定位的关键线路,其选定需要综合考虑航道等级、航道中心线、航道底宽、航道面宽、航道交叉点和周边构筑物以及取排水口信息。本文基于 BIM 进行二次开发,结合设计参数、三维地形曲面完成航道中心线和护岸前沿线自动生成,可

为现有地形的护岸位置与走向确定提供参考。

3) 护岸参数化设计。构建内河限制性航道护岸工程参数化部件库,实现设计参数与纵断面关联,通过变更输入参数、输出参数等实现护岸的参数化设计及模型快速创建,并基于 BIM 深化数智化设计研发,实现护岸工程下部实体结构批量拉伸、自动化布置、结构任意分段,并基于所创建护岸模型实现一键出图及实体工程量提取。

4) 数字化交付。基于 HTML5/WebGL 技术实现模型轻量化及 WEB 页面展示,打破各 BIM 软件之间的壁垒,可进行设计成果数字化交付、多角度动态展示,及任意角度观察工程整体面貌或局

部特征, 增强用户的沉浸式体验, 促进方案思路高效传递, 拓展 BIM 设计成果数智化应用领域。

3 工程应用

本文以浙北某内河限制性航道工程为例, 进行应用验证。该航道工程的航道里程为 5.01 km, 护岸共计 6 424.54 m, 包括新建护岸和加固护岸。新建护岸采用混凝土劈离块形式, 而加固护岸采用钢板桩或塑钢板桩进行加固。通过开发的设计工具, 对三维地形曲面内插优化、护岸前沿线自动生成、护岸工程模型快速创建、出图算量和数字化交付等方面进行了应用验证, 提高了设计效率。

3.1 三维地形曲面内插优化

依托项目地形数据较为离散, 甚至存在一些地形数据空值区域, 为避免所创建三维地形曲面失真、精度低等问题, 鉴于实测地形点的离散分布总体上有明显的规律可循, 选择利用 Kriging 预先处理离散的航道地形数据, 可靠填补地形数据空值区域, 之后将插值后的地形数据导入 Civil 3D 进行集成, 实现内插优化后的三维地形曲面生成。

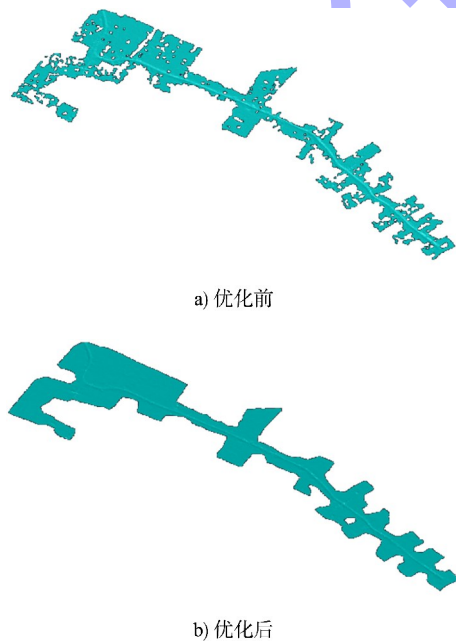


图3 三维地形曲面内插优化前后对比

3.2 护岸前沿线自动生成

根据依托项目航道等级、航道中心线、航道底宽、航道面宽、航道交叉点等要求, 输入设计所需的航道转弯半径和中心线偏移距离参数, 即可生成现有地形条件下的航道中心线和护岸前沿线。所生成的航道中心线与老旧航线偏移较小, 且护岸前沿线可基于输入参数和三维地形自适应生成, 不仅能确定护岸工程定位走向和护岸前沿高程, 也可在设计人员提供设计参考, 极大提高了设计效率, 见图 4。

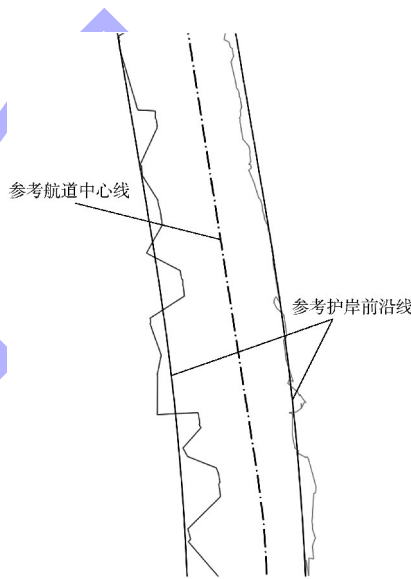


图4 参考航道中心线和护岸前沿线生成

3.3 护岸参数化设计

基于 Civil 3D 构建内河限制性航道护岸工程参数化部件库, 整合挡板式护岸、格宾石笼形式、混凝土劈离块形式、桩基斜坡式等典型参数化部件, 其设计参数可通过变更输入参数、输出参数等实现护岸的参数化设计及模型快速创建, 见图 5。

绘制对应平面封闭图形并进行竖向拉伸, 实现混凝土劈离块形式护岸的钢板桩和水泥土搅拌桩模型快速创建, 并按设计间隔要求实现钢板桩模型批量布置, 极大提高护岸设计效率, 见图 6、7。

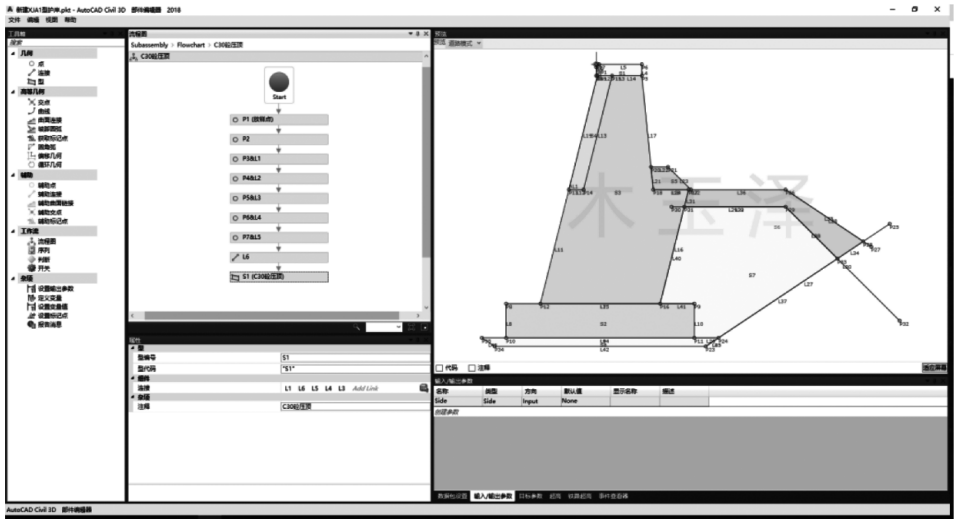


图 5 混凝土劈离块形式参数化部件

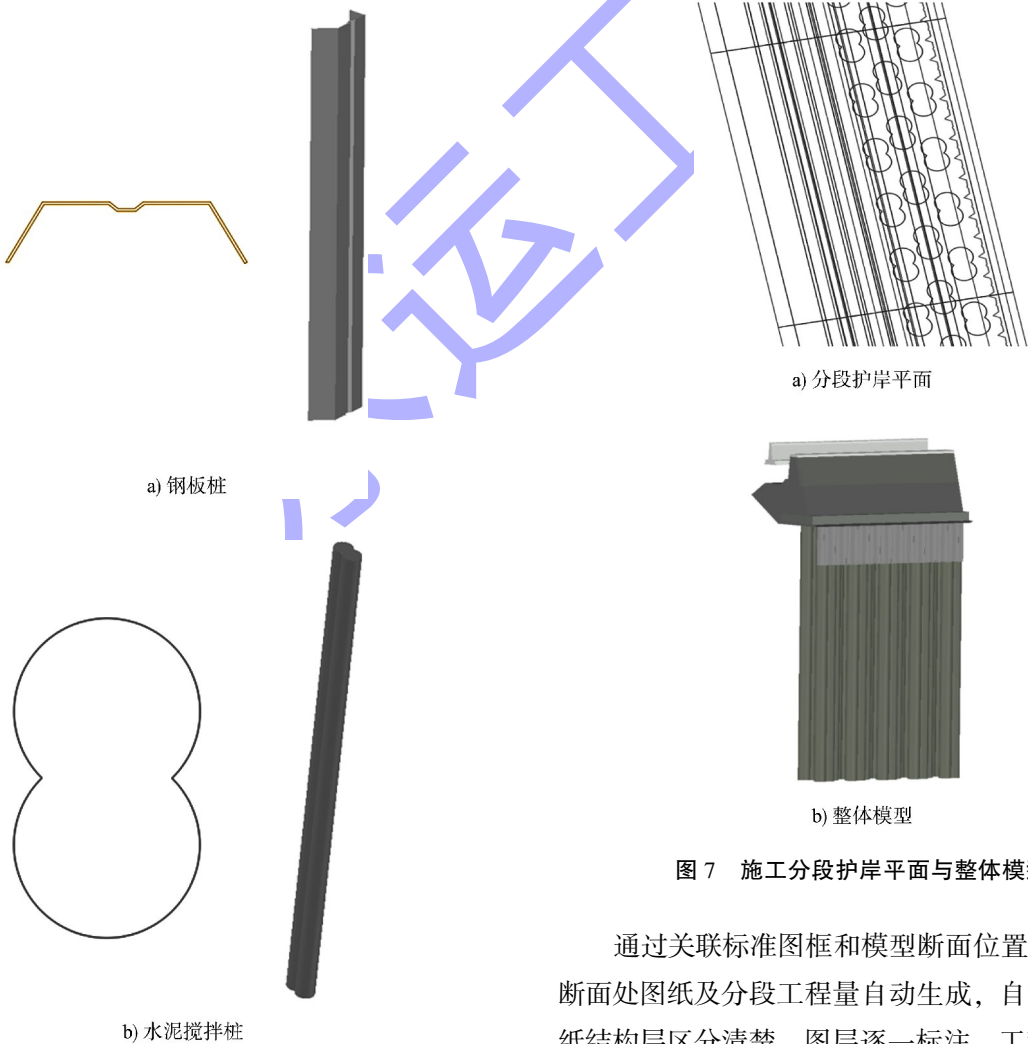
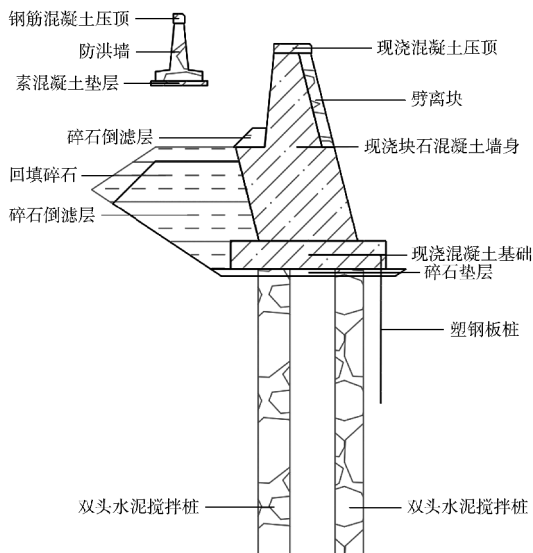


图 6 钢板桩、水泥搅拌桩平面与实体模型

图 7 施工分段护岸平面与整体模型

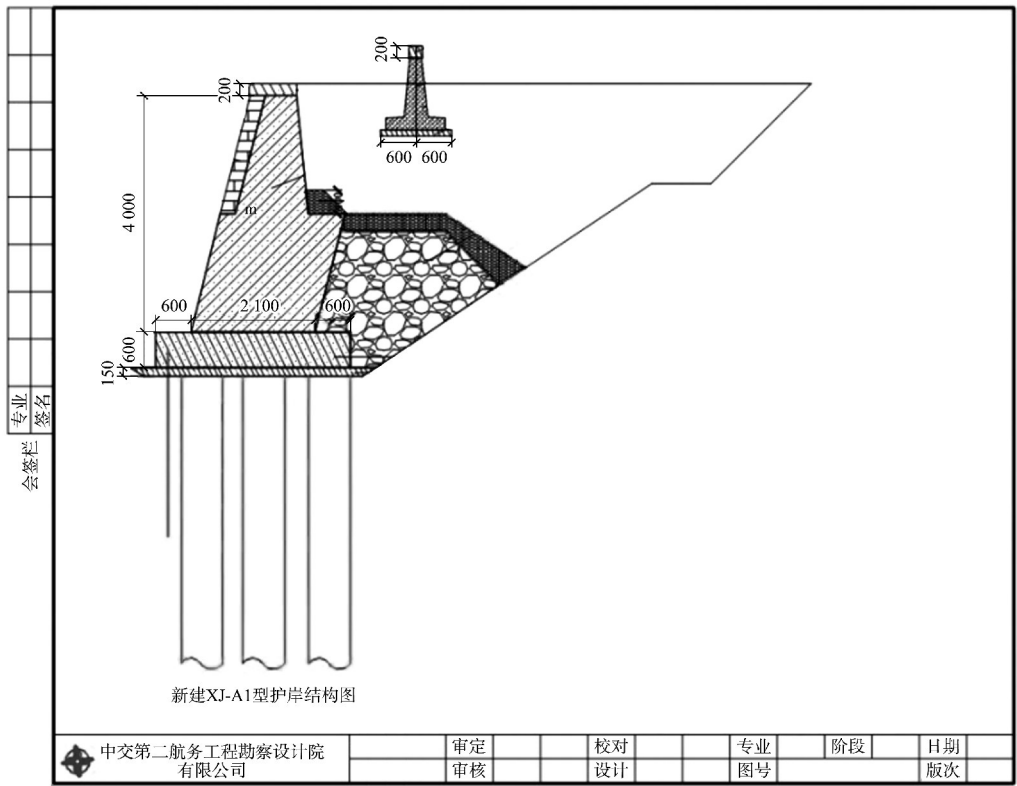
通过关联标准图框和模型断面位置，实现模型断面处图纸及分段工程量自动生成，自动生成的图纸结构层区分清楚，图层逐一标注，工程量列表显示，打通 BIM 数智设计最后环节，见图 8~10。



a) 护岸BIM模型出图及自动标注

护岸模型(沉降缝分段)-处理明细表				
编号	构件图层	构件颜色	分组构件数量	分组构件总体积
1	防洪墙	256	1	5.21
2	素混凝土垫层	256	1	1.20
3	钢筋混凝土压顶	256	1	0.47
4	塑料板桩	42	13	0.30
5	双头水泥搅拌桩	3	16	202.25
6	现浇混凝土压顶	256	1	1.59
7	现浇混凝土基础	256	1	19.80
8	现浇块石混凝土墙身	256	1	59.45
9	劈离块	256	1	5.15
10	碎石倒滤层	256	2	47.61
11	回填碎石	3	1	10.69
12	碎石垫层	256	1	5.89

b) 基于BIM的工程量统计



c) 标准化出图

图 8 BIM 数智设计图纸及工程量自动生成

3.4 数字化交付

综合采用 BIM+GIS 集成技术，实现基于 HTML5/ WebGL 技术的模型轻量化及 WEB 页面展示，实

现了模型、属性、图纸等设计成果数字化交付，并增强了用户对设计方案的沉浸式体验，促进了设计思想传递及成果共享，见图 9。

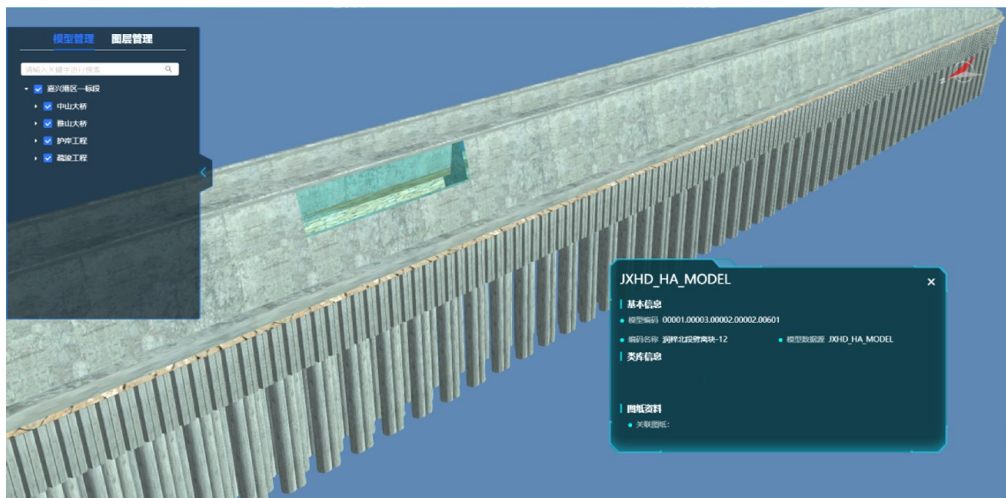


图 9 基于 BIM+GIS 的数字化交付

4 结语

1) 结合设计需求, 依托浙北某内河限制性航道工程, 研发系列基于 BIM 的护岸工程数智化设计工具, 实现护岸前沿线自动生成、护岸工程下部结构实体拉伸、模型任意剖切及标准出图等功能, 实现参数化快速建模及基于 Kriging 的三维地形曲面优化, 提升了护岸工程 BIM 设计效率。

2) 综合采用 BIM、GIS、HTML5/WebGL 等技术, 实现 BIM 模型与设计业务数据联动, 实现护岸模型 WEB 页面轻量化展示及数字化交付, 促进设计成果共享, 拓展了设计成果数智化应用领域。

3) 研发的基于 BIM 的护岸工程数智化设计技术解决了内河限制性航道护岸工程传统设计的不足, 并在依托项目中进行了应用验证, 取得良

好的应用效果, 成果可为其他类似工程提供参考。

参考文献:

- [1] 杨彪, 侯勇, 李家华, 等. Civil 3D 在深圳 LNG 项目护岸设计中的应用[J]. 水运工程, 2019(9): 201-205.
- [2] 王展, 姜月菊, 于艺林, 等. Autodesk Civil 3D 软件在复杂断面结构建模中的应用[J]. 施工技术, 2018, 47(S1): 1524-1526.
- [3] 王伟, 杨志. BIM 技术在内河航道设计中的应用[J]. 水运工程, 2019(7): 193-197, 236.
- [4] 张心泽, 范存琼, 吴松华, 等. BIM 技术在杭平申线航道桐乡段护岸工程中的运用[J]. 港口科技, 2019(3): 44-48.
- [5] 田会静, 赵建豪, 李兴建, 等. BIM 技术在马鞍山河段护岸整治中的应用[J]. 水运工程, 2020(S1): 174-180.

(本文编辑 王传瑜)

(上接第 63 页)

- [4] 高延辉, 陈培, 张煜, 等. 天津港北港池 C 段自动化集装箱码头总体布置设计[J]. 水运工程, 2022(6): 78-83, 105.
- [5] 彭骏骏, 梁浩, 刘汉东. 钦州港全自动化集装箱码头装卸工艺系统设计[J]. 水运工程, 2022(10): 85-89.
- [6] 单佳, 倪敏敏, 边志成. 自动化集装箱码头新型布局下的海侧路口交通组织研究[J]. 水道港口, 2021, 42(3): 404-409.

- [7] 深圳市人民政府. 深圳市人民政府深圳市综合交通“十四五”规划[R]. 深圳: 深圳市人民政府, 2022.
- [8] 吴沙坪, 何继红, 罗勋杰. 洋山四期自动化集装箱码头装卸工艺设计[J]. 水运工程, 2016(9): 159-162, 166.
- [9] 张立斌, 李刚. 高水水中转比例下的自动化集装箱码头堆场装卸工艺方案比较[J]. 水运工程, 2019(5): 78-83, 151.

(本文编辑 王传瑜)