

· 信息技术 ·



BIM+GIS 数据融合在码头工程中的应用*

牛作鹏, 邹艳春

(中交第二航务工程勘察设计院有限公司, 湖北 武汉 430071)

摘要: 针对码头项目地形环境复杂、建设面积大、涉及专业多等特点, 存在地形数据不够精确、施工协同管理效率低下、项目数据无法传递等问题, 围绕 BIM+GIS 数据融合、融合数据处理及应用等开展研究, 并基于国产 GIS 平台进行二次开发, 实现模型轻量化、模型数据赋码、Web 服务一键发布等, 实现融合数据驱动数字化业务管理, 形成一套码头工程 BIM+GIS 融合数据应用方案。以某码头项目为例, 将研究成果在码头建设设计阶段和施工阶段开展数字化应用验证, 提高了码头项目数字化管理水平, 亦为码头项目全生命周期管理提供一种思路。

关键词: BIM+GIS; 数据融合; 数字化

中图分类号: U656.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2024)04-0138-07

Application of BIM+GIS data fusion in terminal engineering

NIU Zuopeng, ZOU Yanchun

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

Abstract: In response to the complex terrain environment, large construction area, and multiple disciplines involved in the dock project, there are issues such as inaccurate terrain data, low efficiency of construction collaborative management, and inability to transmit project data. This paper focuses on BIM+GIS data fusion, fusion data processing and application, and conducts secondary development based on domestic GIS platforms to achieve model lightweight, model data coding, and one click web service publishing etc., to achieve digital business management driven by fusion data, and form a set of BIM+GIS integrated data application solutions for terminal engineering. This article takes a certain dock project as an example to conduct digital application verification of research results in the design and construction stages of dock construction, which improves the digital management level of dock projects, and also provides a way of thinking for the full life cycle management of dock projects.

Keywords: BIM+GIS; data fusion; digitization

近年来, 国家和地方部门相继发文, 加强应用 BIM、GIS、大数据、5G、互联网等信息技术。在各项政策的推动下, 众多从业人员开始关注 BIM 和 GIS 技术的发展, 并开展集成技术及数据融合应用, 以实现更大价值。目前, BIM+GIS 数据融合已经成为数字化建设和智慧城市发展的重要趋势, 众多学者已基于 BIM+GIS 融合数据在城市规划、基础设施管理和建筑设计等多个领域开展应用, 实现城市空间分析、土地利用规划和交

通网络设计等城市规划管理, 并利用 BIM+GIS 数据融合开展建筑设计应用, 进行建筑物的位置选择、环境分析和可持续设计等。

唐鑫^[1]基于 BIM+GIS 技术开展内河高桩码头设计应用研究, 阐述部分 BIM+GIS 融合技术的方法, 整合工程三维环境和设计方案, 实现 BIM 轻量化交付和 BIM 深化应用, 减少方案变更次数, 提高设计品质和沟通效率; 赵杏英等^[2]进行 BIM+GIS 融合方法、数据储存、数据表达研究, 以主流

收稿日期: 2023-07-27

*基金项目: 湖北省科技计划重点研发专项(2023BAB013)

作者简介: 牛作鹏(1985—), 男, 正高级工程师, 从事 BIM 咨询、智慧工程、BIM+GIS 技术应用及研发等数字化实施工作。

的 Bentley BIM 设计平台和 SuperMap 及 Skyline 三维 GIS 平台为研究对象,对 BIM 与 GIS 集成融合中的关键技术进行研究与分析,通过开发数据转换插件实现了 BIM 与 GIS 的无缝融合;孙少楠等^[3]针对水利水电项目进行了基于 BIM+GIS 的全生命周期建设管理研究,将 BIM 模型、倾斜摄影数据等多源数据融合接入到三维 GIS 平台上进行集成,实现微观与宏观、虚拟与现实结合的多层次、多维度的信息融合,构建了一个三维可视化的交互环境。相比于建筑行业,BIM+GIS 融合技术在水运工程领域的应用起步较晚,同时针对码头全生命周期建设中的应用也相对较少。

综上,本文拟通过分析 BIM 数据与 GIS 数据融合现状,以某码头项目作为研究对象,研究基于 SuperMap 的 BIM 数据与 GIS 数据融合方法及应用,并基于融合数据进行数字化管理,形成一套码头工程 BIM+GIS 融合数据应用方案,旨在为类似码头项目数字化应用提供借鉴。

1 BIM+GIS 数据融合现状

1.1 行业应用现状

BIM (building information modeling) 即建筑信息模型,是在建筑工程项目中运用三维数字技术,将各类相关的工程数据组成数据模型,并以模型为载体,记录建筑工程的几何信息和非几何信息,集成全生命周期中的全部信息和属性^[4-5]。运用 BIM 技术能够实现项目数字化管理,有效提高工程质量、缩短工期以及降低建筑成本,目前已在各领域得到广泛应用。GIS 技术 (geographic information system) 即地理信息系统,是以地理空间为基础,综合计算机科学、地图学等,采用地理模型分析方法,可实时提供动态地理信息的技术。BIM 和 GIS 是两种不同的技术和数据模型,两者的融合可为城市规划、基础设施管理和建筑设计等领域带来巨大的价值,但 BIM+GIS 数据融合仍面临一些挑战,如数据格式和标准的统一性、数据更新和维护的及时性,及数据安全和隐私保护等问题。

目前,GIS 数据采集方法逐渐多元化,从而使

GIS 数据也多样化,但相对于 BIM 数据而言,GIS 数据更加侧重于建筑物外部形态以及外界环境的处理,缺乏对建筑物内部数据的描述,导致模型数据整体精细度不高。因现有 GIS 系统与主流 BIM 平台融合度较低,BIM 与 GIS 的数据融合已成为国内研究的热点,目前 BIM+GIS 研究方向以 IFC 数据集成到 CityGML 中为主,但还处于起步和探索阶段。BIM 数据与 GIS 数据融合主要存在数据格式标准不一、坐标系不同、几何信息和材质颜色等数据丢失等问题,以致 BIM 与 GIS 深度融合的领域、专业范围有限。

1.2 码头工程应用现状

码头工程是一个需要考虑复杂空间要求的领域,包括船舶停靠区、货物存储区和设备布置等,与其他建筑行业相比,码头工程具有一些特殊的要求,如水深、波浪和潮汐等,为了满足这些要求,技术人员通常基于 BIM 和 GIS 集成技术,利用地理信息数据和水文数据,进行水动力学分析和模拟,通过评估码头结构的稳定性和安全性,可以提前发现潜在的问题并进行优化设计。在码头工程的规划和设计阶段,为了更好地理解和优化码头空间布局,常常需要进行不同方案的对比和评估,设计师通常将 BIM 和 GIS 技术结合起来,将不同方案的数据进行整合和可视化展示,帮助决策者更好地理解 and 比较各个方案的优劣,提供科学的决策支持^[6-7]。在施工阶段,码头工程通常涉及复杂的施工流程和多个参与方,如土建、机电和船舶等,为了更好地协调各个参与方的工作,可使用 BIM+GIS 技术实现施工进度可视化和实时监控。在运维阶段,码头工程还需要对大量的设备和设施进行管理和维护,通过 BIM+GIS 技术建立数字化的设备管理系统,实现对设备的追踪和维护,提高设备的利用率和管理效率。

综上所述,码头工程领域已经开始应用 BIM+GIS 技术,并结合码头工程的特点和需求,进一步拓展了 BIM+GIS 技术在码头工程中的应用范围。这些应用可以提高码头工程的设计和施工效率,降低工程风险,并推动码头工程的可持续发展。

2 BIM+GIS 数据融合及应用

2.1 BIM+GIS 数据融合

BIM 与 GIS 融合的目的是 BIM 数据与 GIS 数据的互融互通, 实现集中管理、无缝浏览、相互操作、统一分析, 实现关键在于多源异构的 BIM 数据和 GIS 数据的深度融合。BIM 数据主要包含模型数据、空间数据、属性数据, BIM 模型数据表达建构物的几何形状、材质信息, 通过顶点、贴图数据实现, BIM 属性数据包括材料、型号、工程量、进度计划、巡查记录等。GIS 数据主要包含空间数据、属性数据, 通过 (x, y, z) 坐标和对应的坐标系实现 GIS 空间数据所表达的空间点、线、面的顶点空间位置, GIS 属性数据则表达空间点、线、面所表征的几何、人文、经济等属性信息。

根据 BIM 与 GIS 数据的特点, 二者融合步骤见图 1。将待融合的 BIM 和 GIS 数据按图 1 的数据分类方法分类组织, 并针对不同类型的数据经过数据格式转换、坐标转换和数据关联等操作步骤, 实现 BIM 数据转换为 GIS 可以兼容的数据格式, 并将 BIM 与 GIS 数据统一到相同坐标系及关联,

实现数据层面的融合。最后, 基于融合后的 BIM 和 GIS 数据, 可实现一体化无缝的管理、浏览、操作、分析等功能应用。

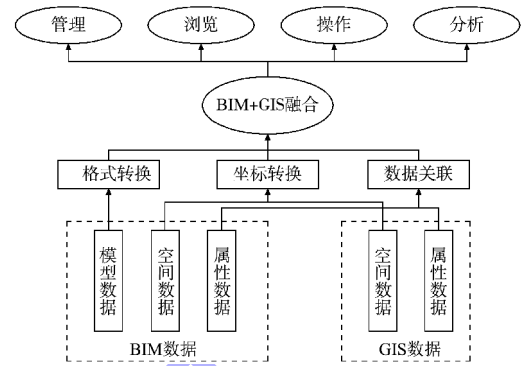


图 1 BIM+GIS 数据融合

2.2 融合数据处理

针对 BIM+GIS 数据融合的技术应用, 本文基于 SuperMap 进行二次开发, 实现对导入 GIS 平台的 BIM 模型数据进行编码和统一管理, 建立一体化的数据体系, 实现 GIS+BIM+编码的数据融合, 为实现数据可视化管理及应用提供数据支撑, 如图 2 所示。

序号	行数据名	分类代码	数据点名称	数据点编号	Value	Layer	objColor	objHandle	模型编码	模型描述
1	新建1.0.0.0	0-000.000	0-127.53	1.9739174715	zjhd-受电设施	250-250-250	100619	00001.00003.00003.00001.00009	受电设施	
2	新建1.0.0.0	0-000.000	0-127.53	4.9491918919	zjhd-受电设施	250-250-250	100621	00001.00003.00003.00002.00010	受电设施	
3	新建1.0.0.0	0-000.000	0-127.53	44.852030505	zjhd-受电设施	250-250-250	100623	00001.00003.00003.00001.00043	受电设施	
4	新建1.0.0.0	0-000.000	0-127.53	3.0881105387	zjhd-受电设施	250-250-250	100625	00001.00003.00002.00002.00023	受电设施	
5	新建1.0.0.0	0-000.000	0-127.53	1.548174028078	zjhd-受电设施	250-250-250	100627	00001.00003.00004.00002.00032	受电设施	
6	新建1.0.0.0	0-000.000	0-127.53	0.93445401005	zjhd-受电设施	250-250-250	100629	00001.00003.00004.00001.00042	受电设施	
7	新建1.0.0.0	0-000.000	0-127.53	9.4124618813	zjhd-受电设施	250-250-250	100631	00001.00003.00004.00001.00018	受电设施	
8	新建1.0.0.0	0-000.000	0-127.53	4.4442482987	zjhd-受电设施	250-250-250	100633	00001.00003.00001.00005.00018	受电设施	
9	新建1.0.0.0	0-000.000	0-040.84	1.4443994366	zjhd-房屋建筑	250-250-250	100634	00001.00003.00003.00001.00029	房屋建筑	
10	新建1.0.0.0	0-000.000	0-040.84	19.4957232254	zjhd-房屋建筑	250-250-250	100636	00001.00003.00001.00006.00214	房屋建筑	
11	新建1.0.0.0	0-000.000	0-040.84	54.4943816029	zjhd-房屋建筑	250-250-250	100638	00001.00003.00002.00001.00209	房屋建筑	
12	新建1.0.0.0	0-000.000	0-040.84	5.0966651787	zjhd-房屋建筑	250-250-250	100640	00001.00003.00002.00002.00019	房屋建筑	
13	新建1.0.0.0	0-000.000	0-040.84	1.4849313230	zjhd-房屋建筑	250-250-250	100642	00001.00003.00004.00002.00005	房屋建筑	
14	新建1.0.0.0	0-000.000	0-040.84	4.9302077902	zjhd-房屋建筑	250-250-250	100644	00001.00003.00004.00003.00020	房屋建筑	
15	新建1.0.0.0	0-000.000	0-119.85	19.3402511341	zjhd-房屋建筑	250-250-250	100749	00001.00003.00004.00001.00046	房屋建筑	
16	新建1.0.0.0	0-000.000	0-040.84	5.6484884033	zjhd-房屋建筑	250-250-250	100646	00001.00003.00001.00005.00014	房屋建筑	
17	新建1.0.0.0	0-000.000	0-119.85	1.5687806173	zjhd-房屋建筑	250-250-250	100745	00001.00003.00003.00001.00081	房屋建筑	
18	新建1.0.0.0	0-000.000	0-119.85	19.362035102	zjhd-房屋建筑	250-250-250	100747	00001.00003.00001.00006.00020	房屋建筑	
19	新建1.0.0.0	0-000.000	0-119.85	40.130662021	zjhd-房屋建筑	250-250-250	100757	00001.00003.00004.00001.00046	房屋建筑	
20	新建1.0.0.0	0-000.000	0-119.85	8.091340242	zjhd-房屋建筑	250-250-250	100751	00001.00003.00002.00002.00007	房屋建筑	
21	新建1.0.0.0	0-000.000	0-119.85	1.0861204951	zjhd-房屋建筑	250-250-250	100753	00001.00003.00004.00002.00049	房屋建筑	
22	新建1.0.0.0	0-000.000	0-119.85	10.93392732	zjhd-房屋建筑	250-250-250	100755	00001.00003.00004.00003.00041	房屋建筑	
23	新建1.0.0.0	0-000.000	0-119.85	40.130662021	zjhd-房屋建筑	250-250-250	100757	00001.00003.00004.00001.00046	房屋建筑	
24	新建1.0.0.0	0-000.000	0-119.85	8.091340242	zjhd-房屋建筑	250-250-250	100759	00001.00003.00001.00005.00002	房屋建筑	
25	新建1.0.0.0	0-000.000	0-142.34	0.3356278491	zjhd-手架设施	250-250-250	100800	00001.00003.00003.00001.00025	手架设施	
26	新建1.0.0.0	0-000.000	0-142.34	4.4254409126	zjhd-手架设施	250-250-250	100802	00001.00003.00001.00006.00187	手架设施	
27	新建1.0.0.0	0-000.000	0-142.34	13.138971784	zjhd-手架设施	250-250-250	100804	00001.00003.00002.00001.00172	手架设施	
28	新建1.0.0.0	0-000.000	0-142.34	1.9544057313	zjhd-手架设施	250-250-250	100806	00001.00003.00003.00001.00026	手架设施	
29	新建1.0.0.0	0-000.000	0-142.34	0.4201133204	zjhd-手架设施	250-250-250	100808	00001.00003.00004.00002.00020	手架设施	
30	新建1.0.0.0	0-000.000	0-142.34	2.3943237377	zjhd-手架设施	250-250-250	100810	00001.00003.00004.00003.00024	手架设施	
31	新建1.0.0.0	0-000.000	0-142.34	10.241491838	zjhd-手架设施	250-250-250	100812	00001.00003.00004.00001.00029	手架设施	
32	新建1.0.0.0	0-000.000	0-142.34	1.2392020176	zjhd-手架设施	250-250-250	100814	00001.00003.00001.00001.00187	手架设施	
33	新建1.0.0.0	0-000.000	0-120.24	1.4255638345	zjhd-绿地设施	250-250-250	100914	00001.00003.00003.00001.00020	绿地设施	
34	新建1.0.0.0	0-000.000	0-120.24	20.2658097007	zjhd-绿地设施	250-250-250	100916	00001.00003.00001.00006.00176	绿地设施	

图 2 基于 GIS 的编码工具

面对 BIM 模型数据量大的问题, 本文从模型显示和模型存储两方面开展 BIM 模型轻量化技术研究, 结合 Unity3D 平台对融合后的 BIM 模型数据进行简化, 解决了大数据量 BIM 模型加载问题, 实现三维场景性能优化及平台展示效果提升。并

基于 SuperMap 进行二次开发, 研发了 BIM 模型与 GIS 场景服务自动发布系统, 实现 Web 服务一键发布系统, 简化了 BIM 模型和 GIS 场景服务发布流程, 为 BIM+GIS 数据融合应用提供底层技术支撑, 如图 3 所示。

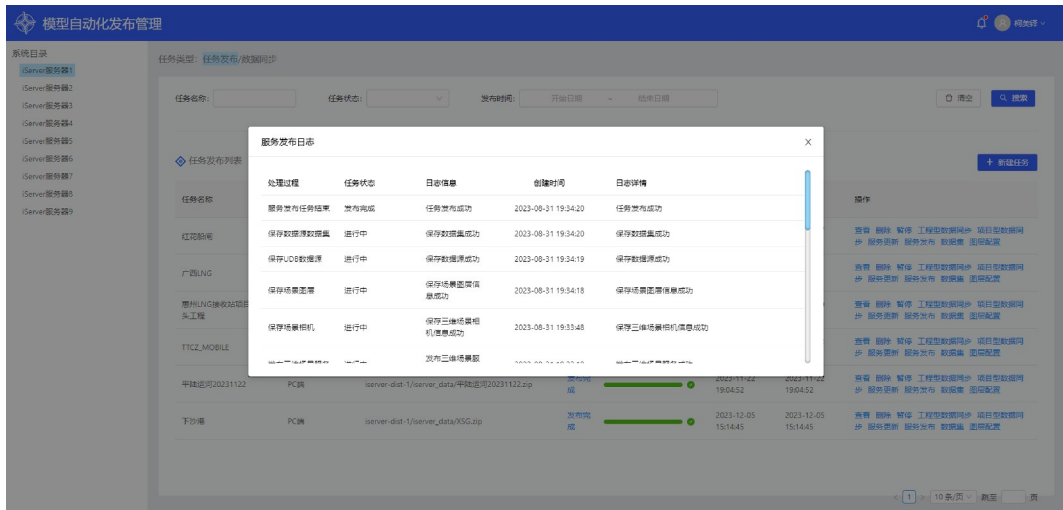


图 3 BIM 模型与 GIS 场景服务自动发布系统

2.3 BIM+GIS 数据融合应用

2.3.1 数据管理

根据建设项目需求和各专业特点进行 BIM 模型参数化创建, BIM 模型包含几何、非几何、材质等属性参数, 变更相应设计参数即可实现对模型的快速修改。将 BIM 模型通过 SuperMap 插件导出成 .udbx 格式文件进入 SuperMap 中, GIS 数据直接在 SuperMap 中进行加载, 实现 BIM+GIS 数据融合, 并可将融合数据导出统一格式, 便于融合数据的集中管理。同时基于 SuperMap 将融合模型赋予独立编码, 为项目进行数字化管理奠定基础。

2.3.2 方案对比

码头项目周边水域、地形情况复杂, 传统二维平面图不能清晰地反映码头位置与地形之间的关系, 基于 BIM+GIS 融合技术, 通过无人机倾斜摄影、RTK 技术, 采集真实的地理测绘信息, 建立三维地形场景, 实现地形场景与码头模型融合, 通过三维动态展示、融合模型三维剖切, 并综合成本、环境、安全等因素, 进行码头方案对比, 辅助论证方案的可行性。基于 BIM+GIS 融合数据进行方案比选, 能够减少设计变更, 从源头上减少安全隐患, 方便后续施工管理, 降低项目成本。

2.3.3 施工管控

施工过程中, 依托设计阶段赋予的独立编码,

可将融合模型层级细化, 进行进度、质量、安全数字化管理。模型构件唯一编码的管理模式可将进度、质量、安全管理的相关信息关联到最小单元, 并可通过融合数据定位至真实坐标, 实现管理信息可追溯目的, 同时通过模型不同颜色反映进度、质量、安全问题的处理情况, 使项目管控更直观、更清晰、更准确。

3 工程应用

池州港乌沙港区公用码头工程位于池州市乌沙镇长江太子矶河段右岸, 下游距池州市约 13 km, 距下游池州长江公路大桥约 1.6 km, 码头共建设 8 个 5 000 吨级通用泊位, 项目涵盖总图航道、港工结构、装卸工艺和公用工程等专业内容, 采用 Revit、Civil 3D、Inventor 等软件进行各专业模型创建。

因项目涉及码头工程多专业多平台 BIM 模型, 同时也需地形地貌等 GIS 数据作为现状环境数据, 项目模型种类多、数据量大, 拟通过 SuperMap 将 BIM 模型与 GIS 数据融合, 实现融合数据统一管理, 同时基于融合数据进行展示、分析以及信息整合, 实现 BIM+GIS 融合数据在项目建设过程中的应用, 提高码头项目数字化管理水平。

3.1 数据管理

依托项目采用无人机倾斜摄影技术采集项目周边环境、既有道路和护岸等 GIS 数据，采用 Revit、Civil 3D、Inventor 软件建立水工结构、机电管线、机械设备、土建结构、道路等专业 BIM 模

型。通过 SuperMap 进行 BIM+GIS 数据融合(图 4)，并赋予融合模型独立编码(图 5)，不仅解决了既有环境与码头结构融合问题，同时可为全生命周期项目管理奠定基础。

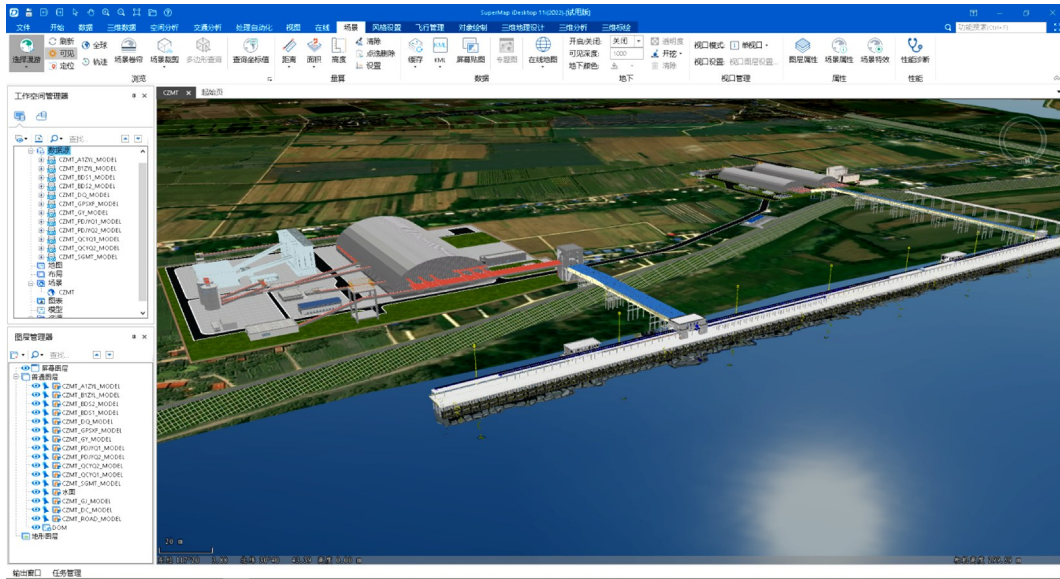


图 4 BIM+GIS 融合数据源

序号	类别	材质	额定电压	族	光源个数	功率	类型ID	主体ID	面积	池州码头编...	池州码头编码
2032	常规模型			ZL1			234274	-1	17.167	纵梁	0001.0001.0001.0014.0004.0005
2033	常规模型			ZL1			234274	-1	17.167	纵梁	0001.0001.0001.0014.0004.0003
2034	常规模型			ZL1			234274	-1	17.167	纵梁	0001.0001.0001.0014.0004.0001
2035	常规模型			QBL1			255981	-1	15.110	前边梁	0001.0001.0001.0014.0007.0008
2036	常规模型			QBL1			255981	-1	15.110	前边梁	0001.0001.0001.0014.0007.0007
2037	常规模型			QBL1			255981	-1	15.110	前边梁	0001.0001.0001.0014.0007.0006
2038	常规模型			QBL1			255981	-1	15.110	前边梁	0001.0001.0001.0014.0007.0005
2039	常规模型			QBL2			257023	-1	15.240	前边梁	0001.0001.0001.0014.0007.0004
2040	常规模型			QBL2			257023	-1	15.240	前边梁	0001.0001.0001.0014.0007.0003
2041	常规模型			QBL2			257023	-1	15.240	前边梁	0001.0001.0001.0014.0007.0002
2042	常规模型			QBL2			257023	-1	15.240	前边梁	0001.0001.0001.0014.0007.0001
2043	常规模型			HL6			232326	-1	176.266	横梁	0001.0001.0001.0014.0003.0001
2044	常规模型			HL4			227868	-1	155.853	横梁	0001.0001.0001.0014.0003.0005
2045	常规模型			HL1			221071	-1	184.665	横梁	0001.0001.0001.0014.0003.0009
2046	常规模型			HL2			224860	-1	146.767	横梁	0001.0001.0001.0014.0003.0008
2047	常规模型			HL2			224860	-1	147.367	横梁	0001.0001.0001.0014.0003.0007
2048	常规模型			HL2			224860	-1	147.367	横梁	0001.0001.0001.0014.0003.0006
2049	常规模型			HL2			224860	-1	147.547	横梁	0001.0001.0001.0014.0003.0004
2050	常规模型			HL2			224860	-1	147.547	横梁	0001.0001.0001.0014.0003.0003
2051	常规模型			HL2			224860	-1	147.547	横梁	0001.0001.0001.0014.0003.0002
2052	常规模型			PHC桩1			219955	-1	64.403	PHC桩	0001.0001.0001.0014.0002.0045
2053	常规模型			PHC桩			218990	-1	64.410	PHC桩	0001.0001.0001.0014.0002.0044
2054	常规模型			PHC桩			218990	-1	64.410	PHC桩	0001.0001.0001.0014.0002.0042
2055	常规模型			PHC桩			218990	-1	64.410	PHC桩	0001.0001.0001.0014.0002.0043
2056	常规模型			PHC桩			218990	-1	64.410	PHC桩	0001.0001.0001.0014.0002.0041
2057	常规模型			钢管桩			215201	-1	141.981	钢管桩	0001.0001.0001.0014.0001.0018
2058	常规模型			钢管桩			215201	-1	141.981	钢管桩	0001.0001.0001.0014.0001.0017
2059	常规模型			PHC桩1			219955	-1	64.403	PHC桩	0001.0001.0001.0014.0002.0040
2060	常规模型			PHC桩			218990	-1	64.410	PHC桩	0001.0001.0001.0014.0002.0039
2061	常规模型			PHC桩			218990	-1	64.410	PHC桩	0001.0001.0001.0014.0002.0037
2062	常规模型			PHC桩			218990	-1	64.410	PHC桩	0001.0001.0001.0014.0002.0038
2063	常规模型			PHC桩			218990	-1	64.410	PHC桩	0001.0001.0001.0014.0002.0036
2064	常规模型			钢管桩			215201	-1	141.981	钢管桩	0001.0001.0001.0014.0001.0016
2065	常规模型			钢管桩			215201	-1	141.981	钢管桩	0001.0001.0001.0014.0001.0015

图 5 数据编码

3.2 方案对比

如图 6 所示, 依托项目将 BIM+GIS 模型发布到自研设计可视化共享平台进行方案对比, 针对码头位置、引桥位置和机械设备布置, 从项目经

济性、施工难度、整体布局等多个角度进行对比分析。在三维环境中进行方案展示、对比讨论, 清晰直观地展现项目整体情况, 减少设计变更, 降低项目成本。

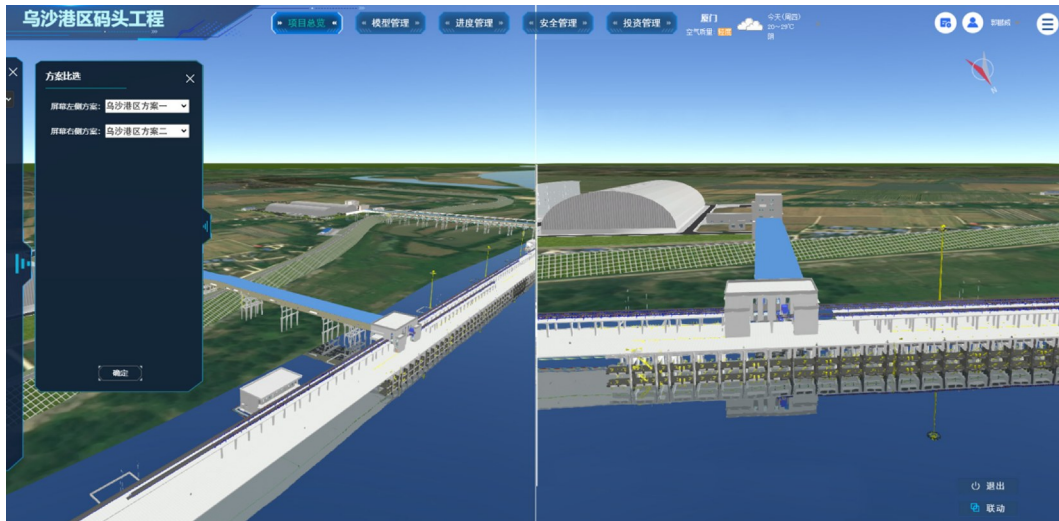


图 6 方案比选

3.3 施工管控

依托项目基于 SuperMap 对 BIM+GIS 数据进行独立赋码, 并发布至数字化施工管控平台, 通过

管控中心动态展示施工管控业务数据, 辅助实现项目进度管理、安全管理等数字化施工管控应用, 提升项目管理数字化水平, 见图 7。



图 7 管控中心

依托项目实现了 BIM 模型的在线预览及与进度管理、安全管理业务数据的交互。用户可以多角度、全方位地展示工程进度, 并进行进度总览、总进度计划和 4D/5D 模拟等操作。同时, 还可以

根据项目模型树或底部隐患数据定位隐患发生地点, 通过不同颜色展示整改迫切性和是否完成整改的情况。见图 8、9。

