



# BIM+GIS+倾斜摄影融合技术 在双桥枢纽工程中的应用

张丽媛<sup>1</sup>, 郝有新<sup>1</sup>, 蒋荣清<sup>2</sup>, 张 岩<sup>1</sup>, 王 帅<sup>1</sup>

(1. 中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007; 2. 国家电力投资集团有限公司, 北京 100050)

**摘要:** BIM、GIS、倾斜摄影作为独立技术在工程领域发挥着各自的作用, 但缺乏融合应用的实践经验。BIM技术聚焦于工程尺度上的建筑信息, GIS技术关注城市、流域尺度上的资源信息, 倾斜摄影旨在高精度反映特定区域的真实景象。技术融合将有效拓展工程建设信息的辐射范围, 辅助工程决策, 优化建设方案, 提升工程建设品质。对BIM、GIS、倾斜摄影的融合技术进行研究, 并以双桥枢纽工程为例, 在GIS平台下实现了BIM模型、实景模型与空间数据匹配、模型可视化展示与交互、工程漫游, 为BIM+GIS+倾斜摄影在水运工程的应用提供示范经验, 为构建更大场景的信息模型奠定基础, 为实现城市级、流域级数字化工程管理提供支撑。

**关键词:** BIM; GIS; 倾斜摄影; 水运枢纽

中图分类号: U 612

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2022)02-0172-07

## Application of BIM+GIS+oblique photography in Shuangqiao hydro-junction project

ZHANG Li-yuan<sup>1</sup>, HAO You-xin<sup>1</sup>, JIANG Rong-qing<sup>2</sup>, ZHANG Yan<sup>1</sup>, WANG Shuai<sup>1</sup>

(1.CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China;

2.State Power Investment Corporation Limited, Beijing 100050, China)

**Abstract:** BIM, GIS, and oblique photography contribute independently to the engineering field, but their integration lacks practical experience. BIM focuses on engineering-scale building information; GIS technology focuses on resource information at the urban and watershed scale; oblique photography aims to reflect the real scene of a specific area with high precision. Technical integration will effectively expand the radiation range of engineering construction information and assist engineering decision-making. It helps optimize the construction plan and improve the quality of engineering construction. This paper probes into the integration of BIM, GIS, and oblique photography. Exemplified by Shuangqiao hydro-junction project, the paper matches the BIM model, diorama and spatial data, model data visualization and interaction, and engineering roaming under the GIS platform. The research provides a demonstration experience for the application of BIM + GIS+oblique photography in waterway engineering and gives support for the realization of digital project management at urban and watershed levels.

**Keywords:** BIM; GIS; oblique photography; hydro-junction

随着我国经济的快速发展, 工程建设大型化和复杂化的趋势明显, 设计、建造、管理的难度不断增加。使用数字化手段对工程全生命期信息进行整合, 可以大幅提高工程效益和工程价值。

BIM(building information modeling, 建筑信息模

型技术)最早于2002年引入工程建设行业, 目前已在工程全生命周期过程中得到广泛应用<sup>[1-2]</sup>, BIM模型集成的建设信息也已经逐步与项目管理系统深度结合<sup>[3-4]</sup>。

GIS(geographic information system, 地理信息系

统)是在计算机软、硬件的支持下,对地球表层空间中的有关地理分布数据进行采集、存储、管理、运算、分析、显示和描述的技术系统<sup>[5]</sup>。GIS技术在空间环境信息分析及可视化方面具有显著优势,因此被广泛应用于城市规划、土地利用、防震减灾等领域<sup>[6-8]</sup>。

倾斜摄影测量使用无人机搭载多镜头倾斜摄影影像传感器进行地形测绘并获得高清影像,具备便携、易用、节约人工、模型精度高的特点<sup>[9-10]</sup>,主要应用于测绘、设施巡检、国土资源及古建筑管理等领域。

BIM、GIS、倾斜摄影技术相对独立、各有特点。BIM技术聚焦于工程尺度上的建筑信息, GIS技术关注城市、流域尺度上的资源信息, 倾斜摄影旨在高精度反映特定区域真实景象。虽然BIM、GIS、倾斜摄影技术在工程建设领域发挥了各自的价值并积累了实践经验,但其融合应用尚缺乏案例检验。

BIM、GIS、倾斜摄影技术的融合将拓展工程建设信息的辐射范围,辅助工程决策,提升工程建设品质<sup>[11-13]</sup>: GIS技术可以辅助BIM模型搭建周边地理环境的大场景,提高建筑信息完整性;

BIM模型作为三维GIS的重要数据来源之一,能够让三维GIS从宏观走向微观、从室外走向室内,从而实现精细化工程管理。倾斜摄影技术可以进一步提高工程建设范围内现状地形数据的精度与可视性。

本文旨在研究BIM+GIS+倾斜摄影的融合技术,并结合枢纽工程的典型案例详细展示实际应用效果。应用成果将为构建更大场景的信息模型奠定基础,为实现城市级、流域级数字化工程管理提供支撑。本文选用的软、硬件平台如表1所示。

表1 选用的BIM、GIS、倾斜摄影软、硬件平台

技术	软、硬件	实现功能
BIM	Bentley公司系列软件	BIM模型创建
倾斜摄影	大疆经纬M300 RTK+DG3PSDK 无人机	获得倾斜摄影数据
	WIT3D、3Dmax、Photoshop	创建三维实景模型
GIS	超图(Supermap)	数据融合

## 1 BIM+GIS+倾斜摄影融合技术

### 1.1 BIM模型创建

BIM模型涵盖结构、电气、给排水等多个专业,专业模型创建应使用专业建模软件。以Bentley平台为例,专业建模软件及其功能如表2所示。

表2 BIM建模专业软件(Bentley平台)

序号	软件	应用专业	软件功能及特点
①	MicroStation	(公共)	创建和管理二、三维模型
②	MR-Geo	地质	创建和管理地质模型
③	ShipLock Designer	船闸水工	参数化创建船闸水工模型
④	OpenPlant Modeler Connect	工艺管线	创建和管理给排水、暖通等专业管线
⑤	BRCM	电气	创建电气管线和设备并管理器信息
⑥	OpenBuilding Designer	建筑	创建和管理建筑模型
⑦	OpenRoads Designer	道路	创建和管理航道、道路等线性工程模型
⑧	Project Wise	(协同)	创建各专业信息共享互通的软件环境

表2中,①MicroStation通常被称为通用平台,虽然它具备②~⑦项专业软件所涵盖的基础功能,但其建模效率及对模型的管理能力随着专业化程度的加深而显著降低。因此,一般当项目进入设计深化阶段后,只有采用专业软件才能够敏捷有效地完成模型创建并达到管理精度的要求。

各专业创建的BIM模型进行组装时需要根据标准规范<sup>[14]</sup>要求,按照“模型文件—结构组装—专业组装—单体分装—项目总装”的顺序以参考方式逐级装配,最终形成总装文件。

### 1.2 三维实景模型创建

三维实景模型的创建流程如图1所示。

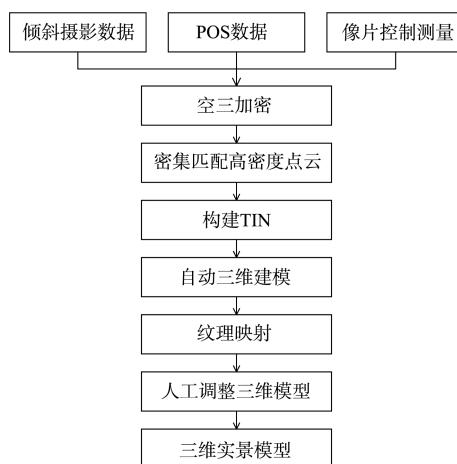


图 1 三维实景模型创建流程

1) 倾斜摄影数据、POS 数据获取、像片控制测量<sup>[15]</sup>。无人机低空摄影测量可以实现厘米级导航定位和高清影像。在无人机飞行作业时,由 POS(定位定姿系统)同步存储其位置和姿态数据。为了将航摄资料与大地成果联系起来,需要进一步使用像片控制测量解析像片控制点的大地坐标和刺点位置。像片控制点的量测精度直接影响数字产品的精度,因此进行倾斜摄影测量前,需要对像片控制点的布设和测量进行详细规定。

2) 空三加密: 通过室内作业对控制点加密,求得加密点的高程和平面位置,以进一步提高地形的精度。

3) 密集匹配高密度点云: 基于影像空间相对关系形成具有空间准确位置的同名点点云,以形成 DSM(Digital Surface Model)、DEM(Digital Elevation Model)、DOM(Digital Orthophoto Model)。

4) 构建 TIN: 基于点云形成地形三角网(TIN)。

5) 自动三维建模: 基于三角网形成地形模型。

6) 纹理映射: 根据三角网中每个三角形的空间位置,自动映射最佳视角的影像作为模型纹理。

7) 人工调整三维模型: 修正由于拍摄视角盲区造成的漏洞,或由于影像质量问题引起的匹配错误等问题。

8) 三维实景模型: 通常采用 OSGB 数据格式反映三维实景模型的创建成果,并采用 12 层的分层显示技术(Level of Details,以下简称 LOD)保证地物模型及建筑物细部特征清晰显示。

### 1.3 GIS 平台数据融合

1) BIM 模型数据融合。目前,以 Bentley 为代表的 BIM 软件平台数据格式和软件接口相对封闭,通过中间格式进行数据对接时容易丢失几何对象及其空间关系、属性、材质,因此需要对模型进行轻量化处理。具体的数据融合步骤如下。

① BIM 模型解析: 深度遍历 .dgn 文件,采用抽壳技术,精准提取几何模型并完整地导出模型的属性和材质,使模型能够在 GIS 平台实现几何运算和分析;

② 模型轻量化: 采用 LOD 技术将几何模型解析出不同的显示精度和显示细节,大幅减少三角面片数以及摒弃模型的隐藏特性、约束信息等非必要信息,加快系统图形处理和渲染的速度,提升模型在 GIS 中的浏览体验;

③ GIS 数据模型重构: 在 GIS 平台对由设计模型解析出的数据进行重构,无损还原 BIM 模型,集成属性信息;

④ 无人值守自动导出: 将重构模型导出到制定目录后, GIS 软件工具可以实时监测到并根据用户的设置参数形成三维 GIS 文件。

2) 三维实景模型融合。三维实景模型的数据体量较大,为了使其在 GIS 平台上流畅地加载、显示,需要应用三维缓存技术进行数据融合,即按照不同分辨率或比例尺分割成不同的图像集合并保存在相应文件结构下,同时配套建立空间索引文件,具体的实施流程如图 2 所示。图 2 中, .osgb 文件为三维实景模型数据文件, .xml 文件记录了模型数据的坐标系和坐标值。

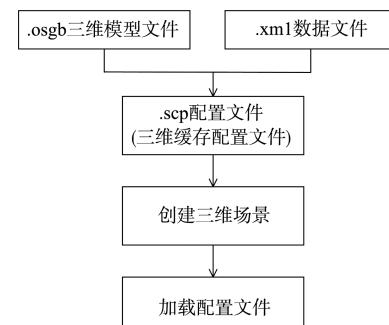


图 2 三维实景模型融合流程

### 1.4 成果应用

BIM+GIS+倾斜摄影的应用可以贯穿工程的全

生命周期。在策划阶段, 通过地理空间分析成果, 比选不同方案的开挖工程量、征地拆迁面积、评估对既有建筑物的影响; 在设计阶段, 通过可视化展现工程方案, 复核疏浚航道与原河道衔接的流畅性、结构方案的合理性, 不断优化设计方案; 在施工阶段, 基于“进度 BIM 模型”“成本 BIM 模型”, 动态展示施工过程; 在运维阶段, 结合地形地势进行洪水预测, 或结合监控数据, 对航道水深、结构物的健康状态进行实时监测。

## 2 应用实例

### 2.1 双桥枢纽工程概况

通海港区—通州湾港区疏港航道是由新江海河、东灶新河与通吕运河共同形成通江达海的水运通道, 其地理位置如图 3 所示。双桥枢纽是新江海河、东灶新河段航道段改建的重要节点工程, 由船闸和节制闸组成, 船闸建设规模为  $200.0\text{ m} \times 23.0\text{ m} \times 4.5\text{ m}$ (长×宽×门槛水深), 节制闸中孔宽 6 m, 边孔宽 5 m, 总净宽 16 m。

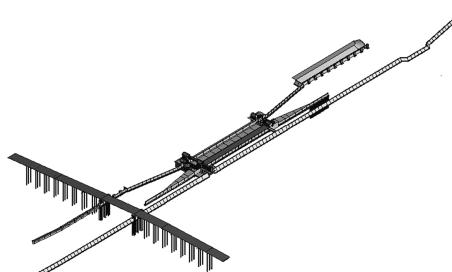


图 3 双桥枢纽工程地理位置

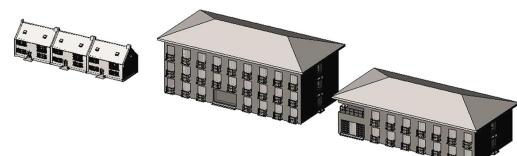
### 2.2 BIM+GIS 融合成果展示

#### 2.2.1 BIM 模型

BIM 模型创建效果如图 4 所示, 建模精度为 LOD 200。



a) 整体模型



b) 管理区模型

图 4 双桥枢纽 BIM 模型创建

#### 2.2.2 三维实景模型成果

三维实景模型创建以五镜头倾斜航摄影像数据为基础, 利用像片控制测量成果进行空中三角测量, 根据像片控制点对倾斜摄影空三结果进行

二次平差,以保障数据成果的绝对精度,最后采用 WIT3D 倾斜建模软件进行实景三维模型创建,

技术要求见表 3,三维实景模型的创建效果如图 5 所示。

表 3 实景模型创建的技术要求

工作内容	要求	平台及软件
倾斜摄影测量	面积 5.4 km <sup>2</sup> ,分辨率高于 3 cm	飞机:经纬 M300 RTK
像片控制测量	测区内地面按照每 1.5 万~2.5 万像素间进行布设	相机:DG3PSDK
实景三维模型成果制作	平面中误差<0.4 m;高程误差<0.3 m	WIT3D、3Dmax、Photoshop



图 5 三维实景模型创建



图 6 BIM+GIS+倾斜摄影模型融合效果

### 2.2.3 BIM+GIS+倾斜摄影融合应用成果

BIM 模型及倾斜摄影模型在 GIS 平台下的融合应用成果如图 6 所示。图中 A 区为 BIM 模型成果,可视化展示工程的建设内容和建成后的成果;B 区为三维实景模型成果,真实、高精度反映工程周边地物的分布状态;C 区为 GIS 平台原始天地图数据文件,分辨率相较倾斜摄影偏低,给出工程影响范围外的地貌及其他地上物的大致情况。

对比图 5、6 可以看出,工程建成后,原航道拓宽,并且为了满足通航宽度和高度条件,原跨河桥梁附近及其上、下游的陆域将被疏浚,跨河桥梁将被改建。工程建成后能够与原地物自然过渡、良好衔接,体现了和谐、绿色的建设理念。

为了掌握工程建设具体指标, GIS 平台应具备查询、统计、分析功能。图 7 显示了在 GIS 平台上对 A 区进行特性查询的应用效果。



图 7 GIS 平台模型特性查询

从图 7 可以看出,船闸口门宽度为 23 m,上游辅导航墙侧直线段长度为 153 m,船闸左岸管理区的面积约为 6 700 m<sup>2</sup>。后期还可以根据需求查

询各结构物体积、引航道宽度、船闸一节制闸轴线距离等。图 8 显示了在 GIS 平台进行属性查询及展示的应用效果。



图 8 GIS 平台模型属性效果

从图 8 可以看出, 通过 GIS 平台, 可以迅速掌握船闸等级、年通过能力、设计水位等工程的特征指标参数, 有利于对方案的合理性进行初步判断。后期还可以根据需求展示各结构物指标, 包括结构类型、高程、平面尺寸、工程量等, 为优化设计、施工准备奠定基础。

### 2.3 讨论

通过工程实例的应用效果可以看出, BIM+GIS+倾斜摄影融合能够有效结合宏观场景与微观工程, 展现工程有、无对比的建设效果, 显著提升方案的可视化程度。同时将建设指标与模型挂钩, 增强了信息管理强度, 有利于更好地服务工程决策和实施。由于融合技术实施路线较长, 在应用时涉及众多的技术细节, 为提高融合成果质量, 推荐使用以下技巧。

1) 采用图层管理 BIM 模型材质。BIM 模型创建涉及结构、金属结构、电气、给排水等多个专业, 常应用混凝土、钢材、PVC 塑料等多种材料, 同种材料还会进一步区分规格、型号、等级。采用图层对不同材质的模型进行分类管理, 有利于后期 BIM 模型作为整体在 GIS 平台融合后, 对模型的材质、纹理进行调整。

2) 采用贴图增强模型显示效果。对地面交通标志(如标识线等)或道路铺面(如操场跑道、自行车道等)等采用贴图的方式能够极大地增加模型的美观程度。

3) 合理选择镶嵌方法。在 GIS 平台进行多维数据融合的过程被称为镶嵌。镶嵌方法有 3 种: ①平面覆盖; ②融合镶嵌; ③清除替换。

平面覆盖是将拟建工程所在位置的地物平面化后, 使用工程 BIM 模型覆盖平面化数据, 以反映拆除、场地平整等过程。

融合镶嵌是对同一区域有多组数据集时, 通过计算选取某一组数据集同时删除另一组数据集的方法。该方法常用于使用拟建工程模型替换现状模型、使用高精度数据替换低精度数据, 或使用用户创建的地形模型(常为 TIN 三角网)替换现状三维地形数据。这种方法运算时间较长, 进行地形融合时, 对由用户创建的三角网精度要求较高, 即要求其必须完整、连续。当三角网中间存在孔洞时, 会形成地形混乱交错的效果(图 9)。

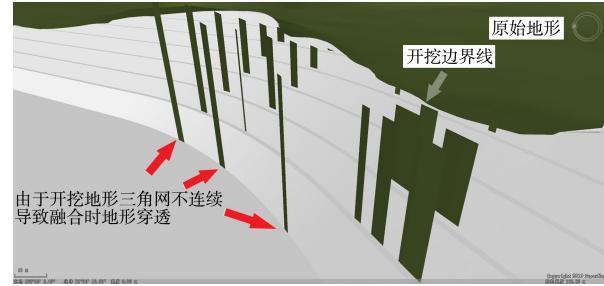


图 9 三角网不连续时融合镶嵌的效果

清除替换是确定拟建工程的边界后提取其边界线, 将边界线内部的原始地形数据清除, 替换为用户创建的模型数据, 清楚替换方法的应用场景与融合镶嵌相同, 由于其逻辑简单, 省去了边界区域内的融合运算, 不仅极大地减少了计算量, 提高了运算速率, 还大幅降低了对三角网地形的精度要求, 显示效果也明显优于融合镶嵌方法。根据项目特点合理选择融合镶嵌方法才能达到最优的效果。

### 3 结论

1) BIM+GIS+倾斜摄影融合共分为 4 步: BIM 模型创建、三维实景模型创建、数据融合、成果应用。

2) BIM 模型的创建通常需要由专业软件完成; 三维实景模型需要由倾斜摄影获取的高清影像数据通过控制测量、空三加密、构建三角网、纹理映射等系列运算处理形成; BIM 模型和三维实景模型作为数据源, 在 GIS 平台实现融合。

3) BIM 模型在 GIS 平台融合前需要进行轻量化处理, 实景模型在 GIS 平台融合前需要应用三维缓存技术并生成相应的配置文件。

4) BIM+GIS+倾斜摄影技术能够有效结合宏观场景与微观工程, 展现工程有无对比的建设效果, 显著提升方案的可视化程度。同时将建设指标与模型挂钩, 增强了信息管理强度, 有利于更好地服务工程决策和实施。

5) 融合应用时, 应合理使用图层、贴图, 选取适当的镶嵌方法, 以提升融合成果的质量。

### 参考文献:

- [1] 邵光华.BIM 技术在建筑设计中的应用研究[D].青岛: 青岛理工大学, 2014.
- [2] 李勇.建设工程施工进度 BIM 预测方法研究[D].武汉: 武汉理工大学, 2014.
- [3] 甘露.BIM 技术在施工项目进度管理中的应用研究[D].大连: 大连理工大学, 2014.

(上接第 157 页)

3) 基于 Unity 3D 二次开发手动控制漫游功能, 同时利用 3 次样条函数设置飞行路径, 开发自动飞行漫游功能, 最终实现航道工程 BIM+GIS 三维数据加载渲染和高质量、高逼真漫游效果兼得。

4) 开发的漫游系统在长江武汉—安庆段 6 m 水深航道整治工程中得到应用, 在信息沟通交流和对外宣传展示均起到较好的作用, 对 BIM+GIS 技术在航道工程中的推广应用具有重要意义。

- [4] 崔宗举.基于 BIM 的工程项目管理研究[D].郑州: 中原工学院, 2017.
- [5] 胡祎.地理信息系统(GIS)发展史及前景展望[D].北京: 中国地质大学(北京), 2011.
- [6] 刘星雨, 种培芳.基于 GIS 分析的西北地区土地利用与景观格局演变研究: 以甘肃省兰州市为例[J].园林, 2021, 38(4): 89-97.
- [7] 葛之刚.基于 GIS 的人居生态环境最优空间布局系统设计[J].现代电子技术, 2021, 44(8): 128-132.
- [8] 侯平舟.GIS 技术在水文地质领域的应用研究[J].科技风, 2021(11): 129-130.
- [9] 刘洋.无人机倾斜摄影测量影像处理与三维建模的研究[D].抚州: 东华理工大学, 2016.
- [10] 周杰.倾斜摄影测量在实景三维建模中的关键技术研究[D].昆明: 昆明理工大学, 2017.
- [11] 刘延宏.基于 BIM+GIS 技术的铁路桥梁工程管理应用研究[J].交通世界(运输·车辆), 2015(9): 30-33.
- [12] 熊欣, 杨克华, 赵喜锋, 等.BIM+GIS 在高速公路智慧建造中的关键技术[J].中国公路, 2020(10): 112-113.
- [13] 苏本谦, 于德湖, 孙宝娣, 等.水利工程信息化与 BIM+GIS 融合应用的研究进展[J].青岛理工大学学报, 2020, 41(5): 126-132.
- [14] 中交第二航务工程勘测设计院有限公司.水运工程设计信息模型应用标准: JTS/T 198-2—2019[S].北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2019.
- [15] 郭忠磊.倾斜摄影测量技术在城市 1:500 地形图测量中的应用[J].现代测绘, 2019, 42(5): 58-60.

(本文编辑 郭雪珍)

### 参考文献:

- [1] 赵晓松.基于 Untiy 3D 的可视化虚拟仿真实验平台的设计与开发[D].西安: 西安电子科技大学, 2017.
- [2] 王鹏, 杨建东.BIM 技术在新九河段航道整治二期工程设计中的应用[J].水运工程, 2018(9): 21-24, 32.
- [3] 郭涛.BIM 技术在航道建设中的作用[J].水运工程, 2018(12): 21-25.
- [4] 王成龙.基于 Unity 3D 的 BIM 云平台架构设计及功能研发[D].青岛: 青岛理工大学, 2019.
- [5] 朱惠娟.基于 Unity3D 的虚拟漫游系统[J].计算机系统应用, 2012, 21(10): 36-39, 65. (本文编辑 郭雪珍)