



基于 BIM+GIS 的港口空间规划 及设计技术方法^{*}

薛天寒¹, 金哲飞¹, 姚海元^{1,2}, 齐越¹, 王达川¹, 苏孟超¹

(1. 交通运输部规划研究院, 北京 100028; 2. 天津大学, 天津 300072)

摘要: 鉴于当前港口空间规划及设计技术方法难以满足信息化、智慧化发展的要求, 探讨 BIM+GIS 技术在港口空间规划及设计上的应用方向, 提出基于 BIM+GIS 的港口空间规划及设计技术架构, 通过建立包含 BIM 模型及平台、GIS 分析模型及平台、模型渲染与展示平台的 BIM+GIS 规划设计集成平台, 将 BIM 模型和 GIS 环境深度融合, 实现宏观尺度下空间数据和微观尺度下信息模型的统一, 并进行空间分析、仿真分析、辅助设计和渲染展示。研究成果提高了港口规划设计方案的空间可视化和分析水平, 为在国土空间规划体系下做好港口规划及设计工作提供了技术支持。

关键词: 港口; BIM+GIS; 空间规划; 空间设计

中图分类号: U 65

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2022)05-0159-05

Technical method of port spatial planning and design based on BIM and GIS

XUE Tian-han¹, JIN Zhe-fei¹, YAO Hai-yuan^{1,2}, QI Yue¹, WANG Da-chuan¹, SU Meng-chao¹

(1. Transport Planning and Research Institute, Ministry of Transport, Beijing 100028, China; 2. Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: In view that the current technical methods of port spatial planning and design are difficult to meet the requirements of information and intelligent development, we discuss the innovation direction of port spatial planning and design technology based on BIM and GIS technology, and put forward the technical framework of port spatial planning and design based on BIM and GIS. Through establishing the BIM and GIS planning and design integration platform including BIM model and platform, GIS analysis model and platform, model rendering and display platform, we deeply integrate BIM model and GIS environment, realize the unification of spatial data at macro scale and information model at micro scale to implement the spatial analysis, scene analysis, auxiliary design and rendering display. The research results improve the spatial visualization and analysis ability of planning and design scheme, and provide a technical support for port planning and design under the land spatial planning system.

Keywords: port; BIM and GIS; spatial planning; spatial design

港口的空间规划和设计是指导港口发展的空间蓝图, 是岸线使用和码头建设的基本依据。作为港口范围内安排空间开发利用的规划设计方案, 面对多规合一的趋势, 为保证可实施性, 港口的空间规划和设计必须解决与相关规划的空间协调、

方案衔接及成果互认问题。传统的规划和设计重点是进行二维平面布置, 难以适应未来精细化设计要求和复杂环境下的约束。因此, 在信息化、数字化、智慧化为代表的科技革命背景下, 港口规划和设计技术方法亟需创新, 建立统一的规划

收稿日期: 2021-09-01

^{*}基金项目: 国家重点研发计划项目(2020YFE0201200)

作者简介: 薛天寒(1993—), 男, 硕士, 工程师, 从事港口规划研究工作。

通讯作者: 姚海元(1988—), 男, 博士研究生, 工程师, 从事港口工程平面规划、交通系统仿真和战略政策研究。

设计平台，融合分析所有空间信息，在多维度、多约束的场景下形成科学合理和协调高效的港口空间规划设计方案。

BIM+GIS 技术是空间规划和设计的重要发展方向，具备一定的研究基础，在城市规划方面已得到较为广泛的应用。唐小龙等^[1]提出城市建设中基于 BIM+GIS 技术的综合信息平台建设方案；郑涛^[2]以地理设计与 BIM 系统为基础，提出城乡规划编制技术与方法变革的基本方向。在港口领域，BIM 技术已经广泛运用在设计、施工等过程，孙俊峰等^[3]在珠海港高栏港区集装箱二期工程建设中运用 BIM 协同共享技术；倪寅^[4]对 BIM 在水运工程上的应用及问题进行了总结；姚海元等^[5]探讨了在国土空间规划体系下 BIM 技术在港口规划中的应用。但在规划设计层面，以 GIS+BIM 为框架的研究还基本处于起步阶段。

为此，本文以 BIM+GIS 技术为基础，思考其在港口空间规划及设计上的应用方向和技术框架，建立 BIM+GIS 规划设计集成平台并进行空间分析和辅助设计，以期为港口空间规划和设计技术革新提供参考，提升规划设计的技术水平。

1 BIM+GIS 技术概述

1.1 BIM 技术

BIM 是以三维数字技术为基础、集成建设工程各种相关信息的工程数据模型，同时又是一种可应用于规划、设计、建造、管理的数字化技术。BIM 的核心内涵是通过建立虚拟的建筑工程三维模型，利用数字化技术，为这个模型提供完整的、与实际情况一致的建筑工程信息库，侧重于对单体建筑、局部空间的精细表达。在港口工程中，常用于对独立作业区进行平面布置和详细设计，应用效果见图 1。



图 1 BIM 在港口作业区设计中的应用效果

1.2 GIS 技术

GIS 指地理信息系统，是以采集、储存、管理、显示和分析地球表面与空间、地理分布有关的数据的综合计算机信息系统，是一种分析和处理海量空间数据的技术。GIS 多用于管理宏观尺度下的空间数据，例如我国已经基于 GIS 平台建立了中国港口资源监测管理系统，管理分析港口的岸线和泊位数据。其应用效果见图 2。

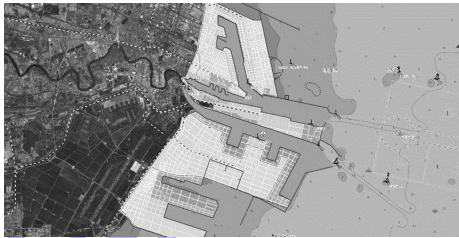


图 2 GIS 在港口资源监测中的应用效果

1.3 BIM+GIS 技术

BIM 专注于建筑本身，更关注建筑项目本身及其内部细节，这些构成了相对微观层面的数据；而 GIS 则专注于建筑外部的地理空间信息，多用于生成地形等宏观层面的信息。两者的结合可以建立一个基于数据集成的建筑环境综合视图，拓展了港口规划研究的维度，赋予港口各要素多维的属性信息，提升空间分析和可视化能力。

由于 BIM 和 GIS 数据的创建、管理、分析、存储和可视化的方式不同，考虑到坐标系统、焦点范围和数据结构的差异，2 个系统间的数据结构之间存在不兼容的地方。因此，BIM 和 GIS 数据之间的统一和交互是两者深度集成应用的关键。目前集成技术已经取得一定发展，在城市规划等领域得到应用。

2 港口空间规划技术架构

2.1 存在的问题

1)港口空间规划维度尚停留在二维平面布置层次，多维多源空间信息分析手段缺失，对区域空间系统性适应性分析考虑不足；

2)港口空间规划成果满足于规划文本和平面图纸，规划的实施只能通过个别指标进行控制，

难以全面把控设计建设运营阶段存在的不确定因素, 缺少建立统一的空间信息模型, 无法预先感知规划实施完成的效果和影响;

3)港口空间规划是固定时间节点的蓝图设计, 不具备与实施进展同生的时间维度, 缺少全生命周期规划管理的技术体系, 随着时间进程较大概率出现难以实施的状况, 规划调整修订频繁。

2.2 发展方向

在国土空间规划体系下, 港口空间规划需要拓展时空维度, 在更大的空间尺度上分析适应性, 在更长的时间尺度上分析可行性, 这些要求决定了编制技术的创新方向。

1)以 GIS 为整合平台。GIS 具有整合、转换和分析能力, 由于统一坐标系和统一规划体系等要求, 规划编制成果整合到 GIS 是必然趋势。由于 CAD 等平台在绘制规划、设计方案方面的优势, 会在规划编制过程中继续存在, 但是最终规划成果整合到 GIS 平台上。基于 GIS 平台, 围绕规划方案的空间分析能够得到准确体现, 并为规划方案优化提供反馈。建立以 GIS 为中心的空间分析、符合性分析、冲突分析等技术框架和指标评价体系, 是未来主要发展方向。

2)以 BIM 为模型基础。传统规划方案以二维

平面为展现形式, 所规划和展现的空间要素有限, 难以适应复杂空间场景需求。BIM 的核心内涵是通过建立虚拟的建筑工程三维模型, 利用数字化技术, 为这个模型提供完整的、与实际情况一致的建筑工程信息库。目前, BIM 在港航工程设计、施工及运营阶段已经形成一定的生产能力, 为在规划阶段应用奠定了基础。通过明确规划阶段的 BIM 模型技术体系, 实现全过程、全生命周期的管理与服务, 对于强化规划实施监督和加强资源管控具有重要意义。

3)形成 BIM 与 GIS 的交互。对 BIM 数据和 GIS 数据进行格式转换、坐标转换和数据关联等处理后, 实现多源异构的数据融合。BIM 中构建的多维信息模型应能在 GIS 中进行空间分析和属性统计, GIS 中分析的结果和技术要求应反馈在 BIM 中, 进行方案优化。通过 BIM+GIS 数据集成和空间分析, 实现空间漫游、属性查询、日照分析、剖切分析等功能。

2.3 技术架构

基于 BIM 和 GIS 相应的技术特征, 技术架构主要包括 3 部分: 1) 规划设计 BIM 模型及平台; 2)GIS 分析模型及平台; 3)模型渲染与展示平台。技术架构见图 3。

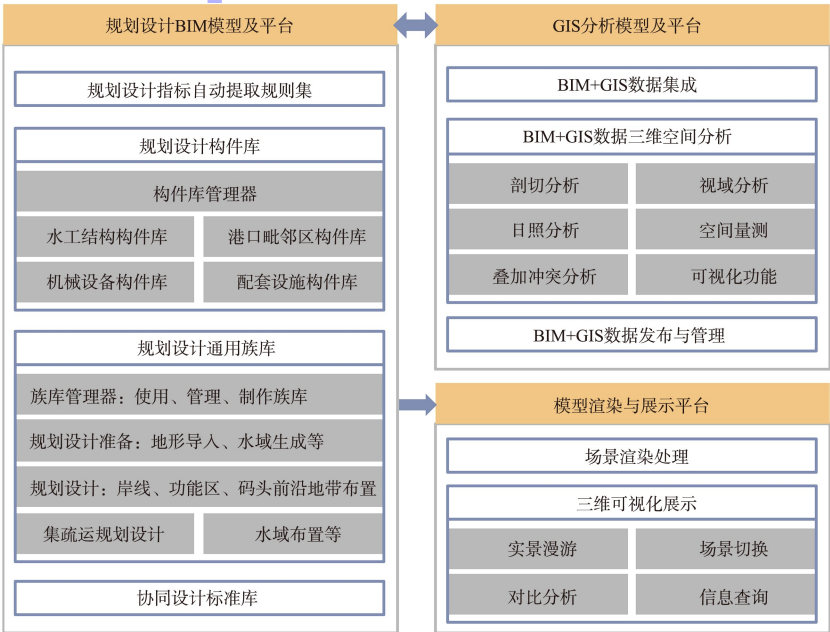


图 3 BIM+GIS 港口空间规划设计技术架构

规划设计 BIM 模型及平台是基于 Revit 等 BIM 软件开发的规划设计参数化建模平台，包含协同设计标准库、规划设计通用族库、构件库和指标提取规则集等模块，实现规划设计准备、岸线规划布置、功能区布置、码头前沿地带布置、集疏运规划和指标提取等功能，辅助完成对整个港区区域的建模工作。

GIS 分析模型及平台是基于 Arc GIS 等 GIS 软件开发形成，主要提供 BIM+GIS 数据集成、BIM+GIS 数据三维空间分析、BIM+GIS 数据发布与管理，并把相关处理结果反馈给 BIM 港口规划指标进行设计修改与校正。

模型渲染与展示平台将规划 BIM 模型导入，提供不同视角，实现实景漫游、场景切换、对比分析、信息查询等功能。

3 实例研究

3.1 BIM 模型及平台

在规划设计准备阶段，包括链接 CAD、水域生成和地形导入 3 大功能，识别水位高程和创建地形，实现二维平面要素属性的三维化展现。

在泊位规划设计阶段，包括岸线布置、码头布置、泊位布置 3 大功能。岸线布置是明确码头前沿线；码头布置是依托码头中心线生成码头结构类型和附属装卸设备；泊位布置包括顺岸泊位布置和蝶形泊位布置，其中顺岸泊位布置依托泊位中心线和选择的船型，通过内置根据规范确定的不同船型安全间距自动计算逻辑，实现泊位的布置，而蝶形泊位布置依托引桥中心线、码头前沿线和选择的船型，通过内置不同船型的蝶形泊位尺度自动计算逻辑，实现蝶形泊位的布置。基于 BIM 的码头布置见图 4。

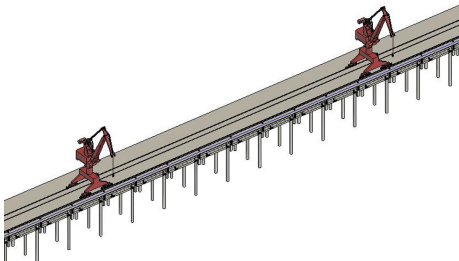


图 4 基于 BIM 的码头布置

在功能区布置阶段，对堆场、堆料及其他功能区进行布置。堆场布置中根据预设好的参数和自行设置的尺度自动生成堆场，堆料布置是根据货种对不同堆场进行自动布置。

集疏运规划设计阶段包括创建道路、生成路口、生成铁路、布置桥梁 4 大功能。建立道路、铁路和桥梁的参数化族库，在选定中心线后根据设定尺度生成。根据选定交叉的道路和平交、立交类型生成不同路口。

设置规划设计指标自动提取功能，采用预定义规则集的方式，实现提取项目中建好模型的岸线、堆场、功能区和泊位的各类参数，包括岸线长度、泊位个数、各功能区面积、泊位通过能力、装卸设备个数及类型等，并将同类型的参数汇总。

3.2 GIS 分析模型及平台

3.2.1 模型集成

将 BIM 模型导入 GIS 系统后，利用 GIS 系统实现大场景的地形、影像、倾斜、点云及 BIM 模型的整合，融合空间信息和地理信息，并加载生态红线、国土空间规划、道路交通规划等相关规划。

3.2.2 空间分析

空间分析包括协调性、填挖方、剖切、视域、天际线和视线分析等。

协调性分析指对规划设计方案和其他相关规划、自然条件之间进行分析，检查规划冲突和规划与地质地形等条件的不适应性。

挖填方分析指通过 BIM 规划模型和三维现状模型的叠加进行挖填平衡计算，分析出挖填方量和空间分布情况。

视线分析指确定穿过由表面和可选多面体数据集组成的障碍物的视线的可见性，分析结果见图 5。

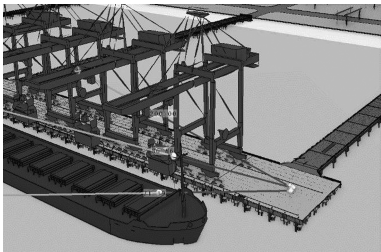


图 5 视线分析结果

视域分析指相对于某个观察点, 基于一定的水平、垂直视角及指定范围半径, 分析该区域内所有通视点的集合, 分析结果见图 6。

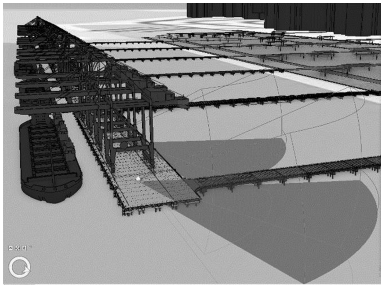


图 6 视域分析结果

剖切分析指根据指定的剖面线, 输出剖面线与地形数据的表面高程沿某条线(截面)的变化, 或剖面线所截的模型建筑物、地下管线等的轮廓线, 分析结果见图 7。

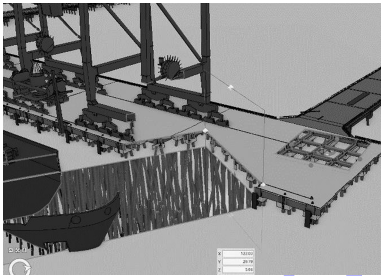


图 7 剖切分析结果

3.2.3 仿真分析

基于 BIM 和 GIS 的集成模型, 结合相应交通仿真、污染物扩散、船舶操纵模拟等仿真模型, 从船舶通航、码头生产、集疏运、安全环保等角度进行多维仿真分析, 进一步评价规划设计的科学合理性。在集疏运方面, 结合 TransCAD 和 TransModeler 等软件, 对港口集疏运进行量化分析, 包括道路适应性和道路仿真两个模块组成, 实现数据读取、计算、评价、仿真、成果展示等功能, 拓展 BIM 和 GIS 集成模型的分析维度。

3.3 模型渲染与展示平台

基于 Unity 等软件, 将规划设计 BIM 模型导入平台进行渲染, 形成对成果的多维展示和分析。提供不同视角对港区的实景漫游, 进行图文热点的展示, 并开展日照变化和不同天气下的展现。日照变化分析结果见图 8。

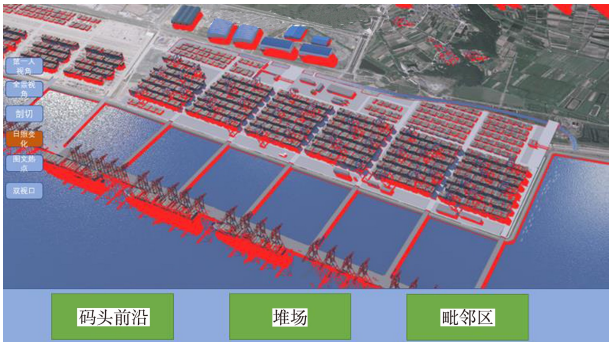


图 8 日照变化分析结果

4 结论

1) 基于 BIM+GIS 技术, 探讨港口空间规划及设计技术的创新方向, 提出 BIM+GIS 港口空间规划设计技术架构, 对于在国土空间规划体系背景下做好港口规划及设计工作具有重要意义。

2) 通过建立 BIM+GIS 的规划设计平台, 将 BIM 模型和 GIS 环境深度融合, 实现宏观尺度下的空间数据和微观尺度下的三维模型的统一, 进行空间分析、场景分析、辅助设计等, 提升了规划设计技术水平, 提高规划设计方案的空间可视化和分析能力。

3) 作为建设生命周期的一部分, 规划设计阶段的 BIM+GIS 平台应继续深化, 与建设、运营和管理阶段衔接, 实现全生命周期管理。

参考文献:

[1] 唐小龙, 张宜华, 邓声波. 基于 BIM+GIS 在城市建设中的应用研究[J]. 地理空间信息, 2019, 17(2): 59-61, 10.

[2] 郑涛. 城乡规划编制技术与方法革新: 基于地理设计与 BIM 的思考[C] //中国城市规划学会、东莞市人民政府. 持续发展 理性规划: 2017 中国城市规划年会论文集. 北京: 中国城市规划学会, 2017.

[3] 孙俊峰, 王东魁, 魏世桥. 面向港航工程的 BIM 协同共享技术[J]. 港口科技, 2019(8): 24-31.

[4] 倪寅. BIM 技术在水运工程中的应用[J]. 水运工程, 2018(4): 128-133, 166.

[5] 姚海元, 薛天寒, 齐越, 等. 国土空间规划体系下 BIM 技术在港口规划中的应用[J]. 水运工程, 2021(4): 147-152.

(本文编辑 郭雪珍)