



# 国土空间规划体系下 BIM 技术 在港口规划中的应用

姚海元<sup>1,2</sup>, 薛天寒<sup>1</sup>, 齐越<sup>1,2</sup>, 王达川<sup>1</sup>, 张民辉<sup>1</sup>

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

**摘要:** 国土空间规划体系的构建, 明确要求港口规划等相关专项规划的有关技术标准应与之衔接, 叠加至国土空间规划“一张图”。传统港口规划维度仍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, 全生命周期规划管理的技术体系尚未建立, 空间分析和定量优化水平落后, 已难以适应国土空间规划体系的新要求。BIM 作为一种集成工程各种信息的数据模型, 是一种全新的涉及规划、设计、建造及运营管理的方法, 也是一种能够解决国土空间资源相关规划的统筹、衔接问题的有效技术手段。梳理国内外 BIM 技术在工程领域的应用情况, 指出港口规划领域应用 BIM 技术所面临的应用架构缺失、空间规划技术手段发展滞后、应用标准体系欠完善等问题, 进而提出未来 BIM 技术在港口规划中的应用方向, 包括促进 BIM+GIS 融合发展、拓展港口规划方案优化视角、有效衔接相关领域控制性详细规划成果等, 以推动 BIM 技术应用于港口工程全过程方案优化和科学决策。

**关键词:** 水路运输; 国土空间规划; BIM; GIS; 港口规划

中图分类号: TU 98; U 651

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)04-0147-06

## Application of BIM technology in port planning under national spatial planning system

YAO Hai-yuan<sup>1,2</sup>, XUE Tian-han<sup>1</sup>, QI Yue<sup>1,2</sup>, WANG Da-chuan<sup>1</sup>, ZHANG Min-hui<sup>1</sup>

(1. Transport Planning and Research Institute, Ministry of Transport, Beijing 100028, China;

2. Tianjin University, Tianjin 300072, China)

**Abstract:** The construction of the national spatial planning system clearly requires that the technical standards of port planning and other related special planning should be connected to it and superimposed on the “one map” of national spatial planning. The traditional port planning dimension remains at the level of two-dimensional layout, and the means of multi-dimensional multi-source spatial information analysis is missing. The technical system of whole life cycle planning and management has not been established, and the level of spatial analysis and quantitative optimization is backward, which is difficult to adapt to the new requirements of the territorial spatial planning system. As a data model that integrates various information of engineering, BIM is a brand-new method involving planning, design, construction, and operation management. It is also an effective technical means that can solve the problems of overall planning and connection of land and space resources related planning. This article summarizes the application of BIM technology in the field of engineering at home and abroad, and points out the specific problems faced by the application of BIM technology in the field of port planning, such as the lack of application architecture, the lag in the development of spatial planning technology, and the need to improve the application standard system. The application direction of technology in port planning including promoting the integrated development of BIM+GIS, expanding the perspective of port planning scheme optimization, and effectively linking

the detailed control results in related fields, etc., is put forward to promote the application of BIM technology in the whole process of port engineering scheme optimization and scientific decision-making.

**Keywords:** waterway transportation; national territory development plan; BIM; GIS; port planning

十八大以来，生态文明建设持续推进，能源、水、土地等战略性资源管控持续强化。国家层面陆续出台多项政策，以强化国土空间规划引领和资源管控。中共中央、国务院于 2019 年 5 月发布《关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》，明确要求将主体功能区规划、土地利用规划、城乡规划等空间规划融合为统一的国土空间规划，实现“多规合一”，逐步形成全国国土空间开发保护“一张图”。同时，该指导意见也明确要求相关专项规划的有关技术标准应在编制和审查过程中，加强与有关国土空间规划的衔接及“一张图”的核对，批复后纳入同级国土空间基础信息平台，叠加到国土空间规划“一张图”上。

根据《港口法》和《港口规划管理规定》，港口规划应当根据国民经济和社会发展的要求以及国防建设的需要编制，体现合理利用岸线资源的原则，符合城镇体系规划，并与土地利用总体规划、海洋功能区划等相衔接、协调。其中，港口总体规划作为国土空间规划体系中的专项规划，其核心作用是一方面通过研究明确港口资源空间开发与保护的合理方案，促进港口资源的有序开发和有效保护，另一方面则是提出行业诉求，为自然资源部门开展国土空间规划、统筹协调相关行业的空间需求提供基础。因此，港口总体规划的内容应包括港口岸线利用规划、港区划分和分工、水陆域布置、港口界限以及集疏运等配套设施规划方案。

随着信息化技术在社会各行业中的广泛应用，以制造业为代表的生产效率和产品质量大幅提升，率先普及应用了信息模型技术，将传统依靠二维图纸的生产作业流程转变为基于三维信息模型的生产作业流程。欧特克(Autodesk)公司于 2002 年提出“building information modeling”概念，简称 BIM。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，是一种全新的规划、设计、建造及运营管理方法，同时也是一种可应用于规划、设计、建造、管理的数字化技术。BIM 自问世以来，应用方向逐步拓展，在建筑行业内率先得到广泛认可和深度实践，并被公认为是提高建筑行业工作效率的有效工具之一，可以用来支持沟通(数据共享)、协调(数据融合)、模拟(应用预测)和优化(反馈优化等)。在港口工程领域，BIM 技术应用主要集中于单体工程结构的设计、施工方面，而在港口规划方面鲜有应用。

## 1 国内外 BIM 技术应用情况

美国、英国、新加坡等国家都制定了 BIM 发展规划，对 BIM 发展目标、协作建模流程、数据交换格式等均作出详细规定，推动 BIM 技术在建筑行业的全面普及<sup>[1]</sup>。在我国，BIM 的推广应用也成为建筑行业未来发展的趋势和转型升级的抓手，国家层面也出台了系列推广应用 BIM 的文件，推动形成 BIM 技术体系和应用框架。

对于 BIM 技术应用，M. Yalcinkaya<sup>[2]</sup>采用 latent semantic analysis (LSA) 方法梳理了现阶段 BIM 技术研究的发展模式和应用趋势；张建平等<sup>[3]</sup>研发形成了面向施工的 BIM 模型系统及配套 4D 项目管理软件等；孙少楠等<sup>[4]</sup>探讨了 BIM 技术在大型水利工程中的应用，提出利用 BIM 技术解决水利工程建筑物因选型独特而带来的技术性复杂、设计效率低等问题。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<sup>[5]</sup>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<sup>[6]</sup>对 BIM 在水运工程上的应用及问题进行了总结，但在港口规划层面，应用 BIM 为框架的研究还基本处于空白阶段。

## 2 面临的主要问题

### 2.1 港口 BIM 应用体系架构存在缺失

目前, BIM 应用集中在单体建筑的设计、施工阶段。上海、北京等城市要求较大规模的市政基础设施工程等工程项目应在勘察、设计或施工阶段应用 BIM 技术, 鼓励生产运营维护等其他阶段应用 BIM 技术。

BIM 的核心价值是全过程、全生命周期的管理与服务。由于设计和施工领域 BIM 的工具性、协同性优势突出, 研究应用相对广泛, 而更加注重公用性、约束性、整体性的规划层面应用几近空白。而在港口领域, 目前 BIM 在码头设计、航道工程和港口配套工程已经形成一定的生产能力, BIM 技术应用范围涵盖了设计、施工、咨询服务等阶段。但在空间规划阶段, BIM 的应用尚未得到足够重视, 导致 BIM 的集成应用全流程中缺少了规划环节(图 1), 设计、施工等后期阶段存在超出规划范围的风险, 管控手段缺失, 管理能力不足, 无法形成工程全生命周期管控成效。

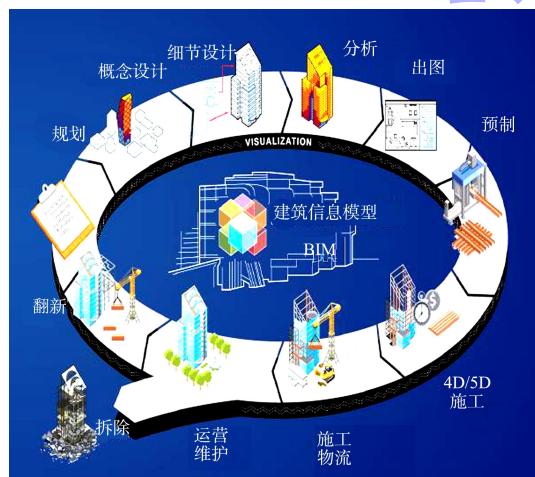


图 1 BIM 模型应用于工程各环节

### 2.2 港口空间规划技术手段滞后

BIM 技术在城乡规划领域的应用已经日益成熟, 是空间规划的未来发展趋势。例如, 雄安新区规划建设 BIM 管理平台即是以“全程在线、高效便捷, 精准监测、高效处置, 主动发现、智能处置”为原则, 以数字化城市规划、建设、管理一体化创新模式为目标的数字城市规建管智能审

批平台, 通过建立不同阶段的城市空间信息模型和循环迭代规则, 形成数字城市与现实城市同步规划、同步建设的基础构架。

国外在港口规划方面应用 BIM 提出“孪生港城”的理念, 即对应着实体港城中的港口、建筑和其他基础设施, 再造出一座虚拟港城。孪生港城将是智慧港口与智慧城市融合, 能够看到未来港城的样貌, 每一个港口方案、建设项目落地之前, 都能够预先检验其实施后的效果和观感。通过虚实双生的港城模型, 每一次的规划调整、方案变化都能够提前预判对港城整体格局的影响。

可以看出, 在建立统一国土空间规划体系的大背景下, 空间规划的技术手段愈发成为有机衔接国土空间规划的主要考量。港口作为水陆运输节点, 多重空间功能交汇, 涉及多部门、多规划叠加, 对空间分析和规划技术要求更高。当前, 我国港口空间规划还停留在二维平面布置层面, “多规合一”的技术基础薄弱, 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。同时, 港口空间规划成果仅包括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, 缺少统一的空间信息模型, 无法预先研判规划实施完成后的效果和影响。此外, 港口空间规划是基于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, 随着时间推移, 经常出现规划难以实施的情况, 导致港口规划修订、调整频繁。

### 2.3 港口空间规划层面缺少 BIM 应用标准

为规范水运工程信息模型应用、统一信息模型应用基本要求, 交通运输部发布了 JTS/T 198-1—2019《水运工程信息模型应用统一标准》、JTS/T 198-2—2019《水运工程设计信息模型应用标准》和 JTS/T 198-3—2019《水运工程施工信息模型应用标准》, 在设计和施工层面明确了信息模型应用标准。随着 BIM 在港口工程的深入应用, 规划层面的需求日益凸显, 否则规划的指标体系难以在设

计和施工阶段约束落实。

港口规划、设计和施工是成体系的，平面设计和施工图也是在规划图纸的基础上逐步深化形成的。目前 BIM 应用标准体系中缺少对港口空间规划层面的统筹考虑。

### 3 BIM 技术在港口规划中的应用方向

#### 3.1 创新港口空间规划技术方法, 拓展港口规划方案的优化视角

《港口总体规划编制内容及文本格式》实施 10 余年来, 港口规划方案的制定主要是在规划区域水、陆域测图基础上, 形成二维港口平面规划方案, 导致空间要素信息不完整, 可视化水平不高, 仅能从港口谈港口, 无法从更多维度、更多视角进行规划方案的优化。

而基于港口规划的 BIM 模型, 可为规划、建设等提供多属性、多维度的规划可视化分析系统, 实现全生命周期管理(图 2), 提高港口规划的空间可视化分析能力, 推动规划方式从二维到三维的转变, 通过多维度空间表达和分析, 弥补传统二维设计方法的不足, 从而优化规划方案, 提高港口规划水平(图 3)。例如 Hjelseth 等<sup>[7]</sup>将 BIM 设计模型与数据库中的气候数据相结合, 从而进行气候评估和适应性设计。

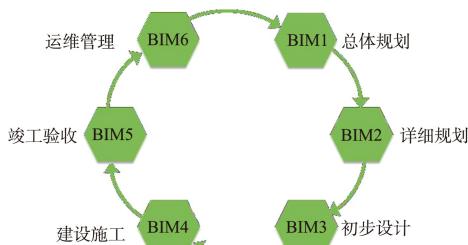


图 2 港口全生命周期 BIM 应用



图 3 基于 BIM+GIS 的建筑物视域分析

此外, 应从港口规划实际需要出发, 逐步构建规划层面的 BIM 构件库, 研究形成 BIM 规划指标的自动提取规则集, 形成构建港口空间规划信息模型的构建和参数化方法体系。例如, 从港城空间协调的角度, 分析提出港口环境影响、空间尺度优化、安全影响等方面的评价指标, 形成多维空间分析技术, 为港口空间方案优化和定量评价影响指标提供技术支撑。

#### 3.2 促进 BIM+GIS 融合发展, 提升港产城一体化规划的科学性

根据交通运输部 2006 年印发的《关于港口总体规划编制内容及文本格式的通知》, 港口总体规划文本中必须有“相关规划关系”的章节, 论述港口总体规划与土地利用规划、城市总体规划、海洋功能区划、江河流域综合利用规划的关系。因此, 港口规划也需要从港区选址到规划方案制定的各个环节中, 充分统筹考虑区域城市发展、产业集聚、海洋保护开发的现实情况, 科学划定港口规划边界, 合理制定港口规划方案, 促进港产城一体化发展。

根据《交通运输部办公厅关于组织开展 2019 年度交通运输行业重点科技项目清单申报的通知》, 在重点创新研发项目“多源多维数据支持的综合立体交通网规划关键技术研究及示范应用”中, 明确要求研发“基于 GIS+BIM 的港口规划协同设计技术及标准”; 在交通信息化领域, “支持推广应用基于 GIS+BIM 的港口规划、设计及管理决策系统”。交通运输部还将《BIM 在港口规划中的应用研究》作为 2019 年度交通运输行业重点科技项目予以支持。

GIS 用于管理宏观尺度下的空间数据, BIM 则侧重构建微观尺度下的三维规划模型。已有研究人员开发了常见的语义模型, 如 IFC (Industry Foundation Classes) 和 CityGML (City Geography Markup Language), 能够实现 BIM 与 GIS 系统之间数据提取、整合多个模型的数据等<sup>[8-10]</sup>。当前信息技术使得港口规划的研究从传统的二维延展至三维乃至更高维度, 赋予更多的属性信息, 可以通

过精准地理坐标匹配, 使规划方案更易落地, 空间展现更加直观, 相关规划衔接更加便捷。通过 BIM 与 GIS 的融合, 探索基于模型构件的组块生成技术, 可以使港口规划兼顾宏观与微观, 真正实现规划的编制协同, 以提高规划智慧化水平、空间分析及可视化能力, 如图 4~6 所示。

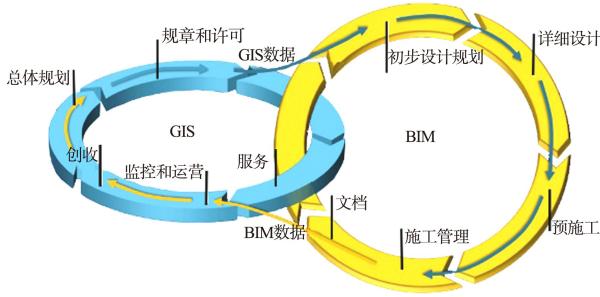


图 4 工程全生命周期



图 5 基于 BIM+GIS 的港口选址



图 6 意大利威尼斯港口规划方案 BIM 模型

### 3.3 有效衔接相关领域控详规成果, 统筹空间资源的具体利用方案

根据《港口规划管理规定》, 港区、作业区的控制性详细规划的编制, 应当优化港区水陆域总体布局, 统筹安排港区内集疏运、给排水、供电、通信信息、安全监督、口岸管理、环境保护等配套设施的布置, 并与城市规划的相关设施协调、衔接。近年来, 城市、交通、国土、水利等相关行业, 均大力推进 BIM 技术在工程全生命周期中的应用, 在项目的策划和规划阶段即开始大量应用。

传统港口规划使用二维制图方式, 难以有效地与城市规划等相关规划的具体布局方案衔接,

特别是管道、电缆等细部设施布置方案。在国土空间规划体系下, 港口规划不再是单一的码头作业区规划, 而是需要与城市、国土、水利等相关规划在空间资源利用方面更好地衔接与协调, 有效对接更多行业三维规划及设计成果(图 7), 进行规划碰撞检查, 保证规划的协调性和可行性。



a) 码头



b) 筒仓

图 7 散货码头及筒仓堆场 BIM 模型

### 3.4 完善水运工程标准体系, 适应水运工程全流程管理需要

目前, 在已发布的水运工程标准体系及 BIM 相关标准中, 缺乏港口规划阶段信息模型的内容和要求, 因此需要在《水运工程信息模型应用统一标准》的基础上, 对港口规划阶段的 BIM 应用标准进行专项扩充, 以满足港口工程全生命期不同阶段的 BIM 应用需求, 补强水运工程模型体系中不可或缺的一个重要环节, 进一步充实完善水运工程行业 BIM 技术应用标准体系, 规范 BIM 在水运工程规划阶段中的应用行为, 实现各工作阶段数据共享与传递。

同时, 在相关规范标准的指导下, 逐步建立完善港口规划 BIM 通用构件族库, 促进港口规划模型标准化、参数标准化、制图标准化、配色标准化等, 以便于港口规划人员高效便捷地进行港口规划中的水域、泊位、堆场、道路、设备等设施构件

的三维布置，利用参数化建模相关工具，快速搭建出港口规划 BIM 模型，充分发挥港口规划人员的规划知识和规划经验，提高规划效率和质量。

## 4 结论

1) 在建立国土空间规划体系的背景下，传统港口规划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，难以适应未来复杂场景下港城空间规划设计要求，须更加注重多空间要素的协调分析，亟需系统解析港口空间规划时空演变机理，完善形成以港口空间信息模型为支撑的全生命周期规划理论，全面提升空间分析和定量优化能力水平。

2) 探索 BIM 技术在港口规划中的应用，建立港口空间信息模型(Port Information Modeling, 简称 PIM)通用族库，通过集成 GIS 地理信息技术，形成规划层面深度集成和互动反馈技术方案，构建融合多源多维信息、能够全时空感知、全要素联动、全周期结合的 PIM 模型，建立港口空间规划分析定量指标和方法体系，从而提高港口空间规划的技术水平。

3) 在港口空间规划应用 BIM 技术基础上，未来进一步利用数据挖掘和深度学习对港口及区域复杂时空要素进行定量测度，融合动态优化、仿真优化和多目标优化等算法模型，提出适用于复杂空间场景下的全生命周期港口空间规划理论，对于完善国土空间规划体系下港口空间规划理论具有重要意义。

(上接第 101 页)

## 参考文献：

- [1] 李志云, 郭国平. 关于弯曲河道对船舶通航影响的研究及对策[J]. 中国水运(理论版), 2007, 5(3): 8-9.
- [2] 曹玉芬, 周华兴. 船闸布置在弯道凹凸岸附近时通航条件分析[J]. 水利水运工程学报, 2012(4): 77-81.
- [3] 李焱, 郑宝友, 卢文蕾, 等. 引航道与河流主航道的夹角对通航条件影响试验[J]. 水道港口, 2009, 30(1): 42-48.
- [4] 卢文蕾. 船闸口门区与连接段为弯道时的通航条件[J]. 水运工程, 2009(10): 107-111, 117.
- [5] 李平. 引航道口门区水流数值模拟研究[J]. 企业技术开

## 参考文献：

- [1] 翟建宇. BIM 在建筑方案设计过程中的应用研究[D]. 天津: 天津大学, 2014.
- [2] YALCINKAYA M, SINGH V. Patterns and trends in Building Information Modeling (BIM) research: a latent semantic analysis[J]. Automation in construction, 2015, 59: 68-80.
- [3] 张建平. BIM 在工程施工中的应用[J]. 中国建设信息, 2012(20): 18-21.
- [4] 孙少楠, 张慧君. BIM 技术在水利工程中的应用研究[J]. 工程管理学报, 2016, 30(2): 103-108.
- [5] 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.
- [6] 倪寅. BIM 技术在水运工程中的应用[J]. 水运工程, 2018(4): 128-133, 166.
- [7] HJELSETH E, THIIS T K. Use of BIM and GIS to enable climatic adaptations of buildings[M]. ALAINZ. eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction: ECPPM, Abingdon: Taylor Francis Group, 2008: 409.
- [8] KIM H Y. Implementing a sustainable decision-making environment: cases for GIS, BIM, and big data utilization[J]. Journal of KIBIM, 2016, 6(3): 24-33.
- [9] GIUDICE M, OSELLLO A, PATTI E, BIM and GIS for district modeling[C]//MAHDADI A, MARTENS B, SCHERER R. Proceedings of the 10th European Conference on Product and Process Modeling. Vienna: [s.n.] 2014.
- [10] PARK S H, KIM E. Middleware for translating urban GIS information for building a design society via general BIM tools[J]. Journal of Asian architecture and building engineering, 2016, 15(3): 447-454.

(本文编辑 郭雪珍)

发(学术版), 2018, 37(4): 35-38, 46.

- [6] 李茜希, 韩昌海, 汪罗. 泄水闸泄流方式对引航道口门区水流的影响[J]. 水电能源科学, 2018, 36(2): 128-131.
- [7] 黄明红, 韩巍巍, 吴澎. 船闸引航道隔流墙的布置[J]. 水运工程, 2016(11): 162-166.
- [8] 王建平, 邢方亮, 陈奕芬. 弯曲河道船闸口门区通航水流条件优化[J]. 水运工程, 2019(11): 86-91.
- [9] 朱卫国, 何贞俊. 大藤峡水利枢纽船闸上引航道口门区水流条件模型试验[J]. 水运工程, 2017(9): 137-143.

(本文编辑 王璁)