

· 信息技术 ·



基于 BIM 和 GIS 的航道整治建筑物 维护分析方法

余青容, 郭 涛, 宋成果

(长江航道规划设计研究院, 湖北 武汉 430040)

摘要: 针对航道整治建筑物维护分析手段单一、定量分析缺乏、系统性评估不足的问题, 提出一种基于 BIM 和 GIS 的航道整治建筑物维护分析方法, 实现整治建筑物损毁的定量分析和评价。将研究成果应用在界牌水道整治建筑物维护管理中, 验证了 BIM 和 GIS 技术在整治建筑物维护管理应用的可行性, 实现了三维展示、建筑物损毁分析、航道演变分析、整治建筑物状况分析等功能, 解决了整治建筑物维护分析手段单一、系统性评估不足的问题, 可为航道整治建筑物的维护管理提供有效的手段。

关键词: BIM(建筑信息模型); GIS(地理信息系统); 航道整治建筑物; 维护分析

中图分类号: U 617

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2022)09-0152-04

A maintenance analysis method

based on BIM and GIS for waterway regulation buildings and its application

YU Qing-rong, GUO Tao, SONG Cheng-guo

(Changjiang Waterway Institute of Planning and Design, Wuhan 430040, China)

Abstract: Considering the problems of single maintenance analysis means, lack of quantitative analysis, and insufficient systematic evaluation of waterway regulation buildings, this study proposes a maintenance analysis method for waterway regulation buildings based on building information modeling (BIM) and the geographic information system (GIS) to quantitatively analyze and evaluate the damage to regulation buildings. The research results are applied to the maintenance and management of Jiepai waterway regulation buildings, which verifies the feasibility of BIM and GIS technologies in the maintenance and management of regulation buildings. Moreover, the method achieves the functions of three-dimensional display, building damage analysis, waterway evolution analysis, and analysis of regulation building conditions and solves the problems of single maintenance analysis means and insufficient systematic evaluation of regulation buildings. The proposed method provides an effective means for the maintenance and management of waterway regulation buildings.

Keywords: BIM; GIS; waterway regulation buildings; maintenance analysis

随着内河航道整治工程数量越来越多、体量越来越大, 其对保障航道水深和船舶安全通行的作用也越来越重要, 因此迫切需要完善航道整治建筑物的分析方法, 进一步提升建筑物维护分析的准确性。目前, 航道整治建筑物日常维护分析手段单一, 一般采用 2 次测图对比, 分析时段较

片面, 缺乏历史测图的趋势分析; 航道建筑物级别评估以定性分析为主, 且只针对单一建筑物, 缺乏定量化指标和所有整治建筑物分析结果的统筹对比, 评估系统性不足^[1]。以上存在的问题一定程度上影响了整治建筑物维护修复的及时性和经济性。

BIM 技术以信息模型为载体, 在项目全生命周期过程中进行信息共享和传递, 实现精细化建设目标。近年来, BIM 技术在航道工程领域得到了快速发展, 已成功应用于多个航道整治工程的设计和施工阶段, 并取得一定成效, 如长江下游安庆河段航道整治二期工程、长江干线武汉—安庆段 6 m 水深航道整治工程等, 并尝试在戴家洲水道、黑沙洲水道的整治建筑物维护中对 BIM 技术应用开展更深入的探索^[2-3]。

笔者在梳理航道整治建筑物维护管理流程及需求的基础上, 提出了一种基于 BIM 和 GIS 的航道整治建筑物维护分析方法。利用 BIM 和 GIS 技术, 集成航道整治建筑物前期设计和维护过程中的监测成果, 有利于整治建筑物损毁分析、河床演变预测分析和整治建筑物状况分析。以界牌水道为例, 应用该方法基本解决了航道整治建筑物状况维护分析的问题, 可为航道整治建筑物的维护管理提供有效的手段。

1 BIM+GIS 在航道工程中的应用

随着 BIM 技术向工程全生命周期的完整应用扩展, 在航道工程维护阶段应用 BIM 技术是必然趋势^[4]。BIM 与 GIS 集成应用可提高长线工程和大规模区域性工程的管理能力。目前, 长江干线已竣工航道整治建筑物约 400 多处, 且今后建筑物数量还将不断增加, 数量庞大, 维护管理难度大。为便于今后精确、科学地实施建筑物维护, 最好的办法便是深度融合 BIM 数据和 GIS 数据, 将大场景和精细化的模型数据进行集成, 实现基于 GIS 的全线宏观管理、基于 BIM 的精细管理相结合的多层次管理。

2 基于 BIM 和 GIS 的航道整治建筑物维护分析方法构建

结合新时期长江干线航道整治建筑物维护管理的业务需求, 提出了基于 BIM 和 GIS 的航道整治建筑物维护分析方法, 见图 1。基于 BIM+GIS 平台, 集成航道整治建筑物前期设计和维护过程中的监测成果, 实现了整治建筑物三维展示、损

毁分析、河床演变预测分析和整治建筑物状况分析等功能^[5]。

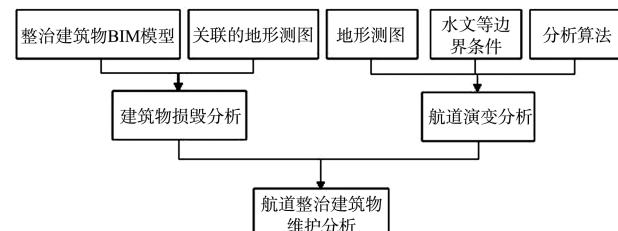


图 1 基于 BIM 和 GIS 的航道整治建筑物维护分析方法流程

2.1 构建整治建筑物 BIM 模型

对于设计或施工期已有 BIM 模型的整治建筑物, 直接进行 BIM 模型数据对接, 实现整治建筑物 BIM 模型信息的完整传递; 对于没有 BIM 模型的整治建筑物, 则需重新进行 BIM 设计, 得到整治建筑物 BIM 模型。

2.2 集成地形观测资料

收集整治建筑物 BIM 模型设计过程中依据的地形测图和工程竣工测图; 收集历史多个时期的整治建筑物观测资料, 包括整治工程竣工时的整治建筑物地形高程测图、整治工程竣工后多个选定时间点的整治建筑物地形高程测图、当前的整治建筑物地形高程测图。基于 GIS 平台, 集成整治建筑物多个历史时期的地形观测资料。

2.3 整治建筑物损毁分析

首先, 通过自动识别整治建筑物 BIM 模型的外边界范围, 确定损毁分析的地理范围。然后, 选取整治工程竣工时的建筑物地形高程测图和当前测图, 在 BIM 模型的外边界范围内, 通过三角网格地形分析方法对河床冲淤进行分析, 将竣工时的建筑物地形高程测图与当前测图相比, 地形曲面凸起的部分即为地形淤积部位, 凹陷的部分即为地形冲刷部位。

根据上述计算结果得出: 地形淤积部位, 默认工程达到了预期效果, 判断建筑物没有损毁; 地形冲刷部位, 则认为工程没有达到预期效果, 判断建筑物在冲刷部位有损毁, 冲刷的体积即是整治建筑物的损毁体积。整治建筑物损毁分析可直观反映建筑物的损毁量, 与传统人工分析相比, 自动化程度更高、分析范围更精确, 可显著提升

分析效率和准确度。

2.4 航道演变分析

首先设定航道演变分析的基础数据和各类边界条件。基础数据包括水道范围(河流中的一个断面到另一个断面的水域范围)内的航道初始地形和地形三角网格;边界条件包括水道范围内的航道演变分析起止地理范围、航道演变分析起止日期、航道出入口水流量以及航道水文泥沙边界条件。

对上述边界条件,利用压力耦合方程组的半隐式方法 SIMPLE 算法和基于有限体积格式的 HLLC 算法进行演变计算,得到预测的航道地形高程曲面数据,通过航道地形高程曲面与水流表面高程数据(水流表面高程数据在一个水道内为定值)的差值,得到航道水深变化情况,若航道水深较初始时期变小,则航道尺度条件变坏,否则航道尺度条件变好。利用航道演变分析结果,一方面可基于 GIS 平台动态展示地形及水深的变化过程,另一方面也可为建筑物修复等级评估提供航道条件定量指标。

3 案例应用

3.1 水道概况

界牌河段上起杨林山、下至石码头,全长 38 km,为顺直放宽分汊型河段,目前枯水期最小维护水深为 4.2 m。界牌河段历史上为典型的长顺直河段,遵循顺直河段交错边滩平行下移的周期性演变规律,在历史上主流摆动频繁,航道条件极为恶劣。为解决水道的通航问题,先后实施了界牌河段综合治理工程、界牌河段航道整治二期工程,修建丁坝 14 座,新淤洲鱼嘴 1 处,护滩带 3 条,左岸护岸工程 1 处。

对界牌水道采用 BIM 和 GIS 的航道维护分析方法,研发了整治建筑物维护分析示范平台,实现了三维展示、建筑物损毁分析、航道演变分析、建筑物技术状况分析等功能,探索长江航道整治建筑物全寿命周期信息化管理应用流程,为实现全线航道整治建筑物基于 BIM+GIS 技术进行维护分析管理奠定基础。

3.2 三维场景的构建

三维场景的构建需要集成 BIM 模型数据和 GIS 数据。BIM 模型数据是指使用 Auto desk civil 3D 软件构建整治建筑物 BIM 模型,见图 2。GIS 数据包括工程周边的 DEM 数据和 DOM 数据,DEM 数据根据工程设计过程中的地形测图、工程竣工测图以及多个时期工程周边区域维护性测图所生成,包括不同时期的工程周边 DEM,用于建筑物损毁分析和航道演变分析;DOM 数据多采用卫星影像数据,通过格式转换、坐标转换、属性数据关联方法,实现整治建筑物 BIM 模型数据与 GIS 数据的集成,构建航道三维场景,见图 3。

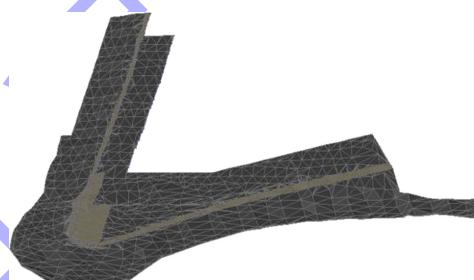


图 2 界牌水道鱼嘴整治建筑物 BIM 模型



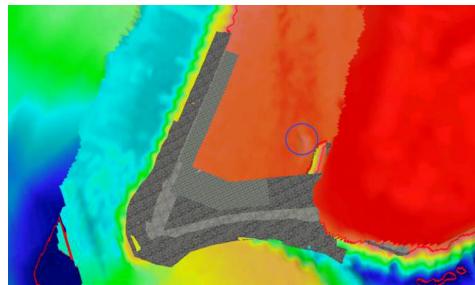
图 3 界牌水道鱼嘴整治建筑物周边 GIS 数据构建三维场景

3.3 整治建筑物损毁分析

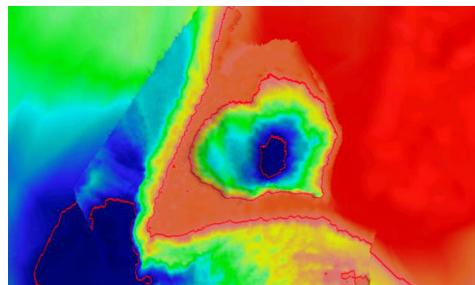
选取 2003—2018 年 5 个不同时期的地形测图,选定计算区域,通过三角网格地形分析方法,对新淤洲鱼嘴工程周边区域的损毁情况进行冲淤对比分析,计算冲淤面积和最大水深,推算建筑物损毁量,计算结果见表 1;并根据冲淤分析结果进行地形着色,在三维 GIS 场景上可直观展示损毁情况^[6],见图 4。结果显示:鱼嘴头部及两侧受冲态势明显,受常年水流的淘刷已形成局部较大的冲刷坑,并逐年增大,该处整治建筑物损毁趋势明显。

表1 不同时期新淤洲鱼嘴建筑物损毁计算结果

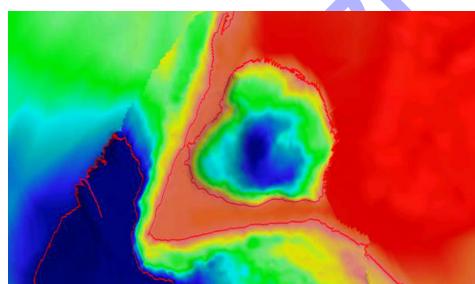
测图时间	水凼面积/万m ²	水凼内部最大水深/m
2003年7月	0	0
2008年10月	5.027 8	18.4
2011年8月	6.117 3	13.8
2017年7月	6.407 3	13.7
2018年10月	6.508 5	13.7



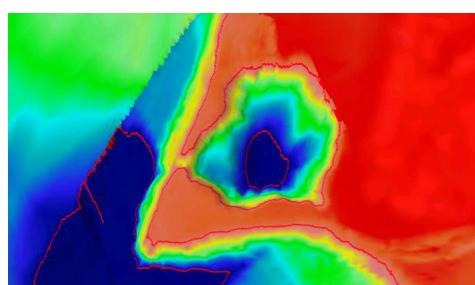
a) 2003年7月出现水凼雏形(圆圈位置)



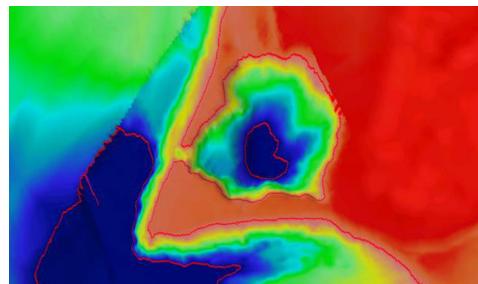
b) 2008年10月水凼扩大



c) 2011年8月水凼进一步扩大



d) 2017年7月水凼左侧出现垮塌变形

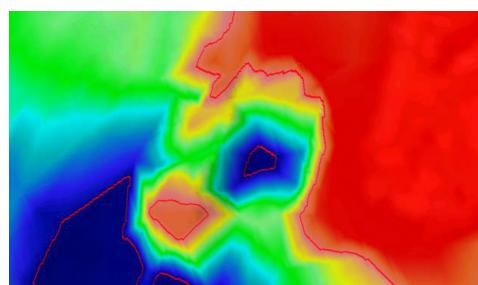


e) 2018年10月水凼坍塌变形范围扩大

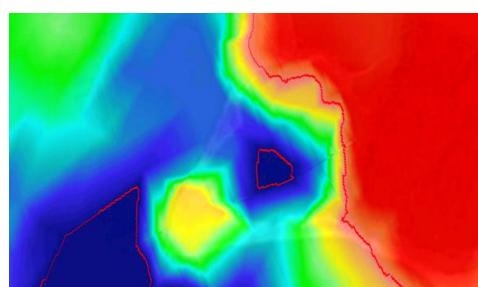
图4 不同时期新淤洲鱼嘴整治建筑物损毁效果

3.4 航道演变分析

针对有损毁的新淤洲鱼嘴整治建筑物,采用数模分析预测航道地形高程曲面数据。根据分析结果,在平台上实现三维河床演变动态展示,分析演变后航道水深变化情况,以及建筑物损毁对航道条件的影响程度。预测结果(图5)显示:支汊冲刷发展,主航道分流减小,航道条件恶化,一旦贯穿,左汊(新堤夹)口门过水断面将急剧扩大,进流更顺畅,分流增大,不仅破坏鱼嘴完整性,还将导致岸滩崩退,影响滩槽稳定。



a) 鱼嘴左侧贯穿态势加剧



b) 鱼嘴贯穿, 分流增大

图5 整治建筑物损毁预测结果