

· 信息技术 ·



BIM 地质建模在环保疏浚工程设计中的应用

王 帅¹, 王冠中¹, 陈证钢¹, 申 斌¹, 孙广东²

(1. 中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007; 2. 中国城乡控股集团有限公司, 北京 100029)

摘要: 环保疏浚项目在工程数字化与设计精细化方面有着更高的要求, 为有效变革与升级设计手段, 开展基于 BIM 技术的三维地质建模在该领域的应用研究。依托雄安新区白洋淀内源污染治理试点工程实践, 利用基于 MicroStation 平台研发的 MR-Geo 系统开展地质三维正向设计, 创建带有土体属性信息的地质模型, 实现疏挖方案比选、图纸输出、地质剖切分析、疏挖工序模拟等应用, 体现 BIM 技术在环保疏浚项目中对于提升设计质量和效率方面的价值, 为疏浚工程行业进一步推动 BIM 技术应用提供借鉴。

关键词: BIM; 地质建模; 环保疏浚; MR-Geo; 数字化设计

中图分类号: U 616

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)09-0136-06

Application of geological modeling based on BIM technology in environmental dredging design

WANG Shuai¹, WANG Guan-zhong¹, CHEN Zheng-gang¹, SHEN Bin¹, SUN Guang-dong²

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

2.China Urban-rural Holdings Group Co., Ltd., Beijing 100029, China)

Abstract: The study focuses on the application of 3D geological modeling based on BIM technology in the environmental dredging project, which has higher requirements on engineering digitization and design refinement, to change and upgrade the design approach effectively. Relying on the pilot project practice of endogenous pollution treatment for the Baiyangdian lake in Xiongan New Area, we carry out the three-dimensional forward design of geology using MR-Geo software developed based on the MicroStation platform. A geological model with attribute information of soil is created, with which the applications in the scheme comparison of dredging, drawing output, sectioning analysis of dredging model, and process simulation are realized. The value for the improvement of design quality and efficiency using BIM technology in environmental dredging projects is embodied, which provides a reference for the dredging engineering industry to further promote the application of BIM technology.

Keywords: BIM; geologic modeling; environmental dredging; MR-Geo; digital design

当前, 我国处于生态文明建设转型升级的关键时期, 疏浚作为水域治理的重要手段之一将更加注重生态性, 注重与环保技术紧密结合, 新兴的环保疏浚是行业生态化升级的重要转型方向。新一轮科技革命和产业变革对疏浚工程领域提出了更高要求, 全球疏浚行业正在进入以信息产业

为主导, 数字化、网络化、智能化融合发展的新时代, 利用先进技术手段实施工程全生命期智慧疏浚将成为发展趋势^[1-2]。

环保疏浚工程具有项目范围广、水下地质环境复杂多变等特点, 与传统疏浚工程相比, 环保疏浚在设计精细化程度上有着更高的要求^[3]。BIM

收稿日期: 2020-12-14

作者简介: 王帅(1983—), 女, 博士, 高级工程师, 注册土木工程师(港口与航道工程), 从事水运、市政工程 BIM 技术应用与研发工作。

技术应用于环保疏浚工程设计阶段,可以变革与升级设计手段,提高设计效率和成果质量。本文依托雄安新区白洋淀内源污染治理试点工程实践,开展基于 BIM 技术的三维地质信息模型在环保疏浚工程数字化与精细化设计中的应用,挖掘此类项目 BIM 技术应用价值。

1 工程概况

白洋淀内源污染治理试点工程位于安新县,作为雄安新区生态环保疏浚工程首期样板工程,项目包含南刘庄与采蒲台 2 个试点区,分别占地 1.12 km²和 0.59 km²。运用生态清淤、活水循环、原位修复和生态修复等内源治理技术对试点区域范围内源污染进行治理,雄安新区在全国率先提出“数字城市与现实城市同步规划、同步建设”的理念,要求全面推行 BIM 和 CIM 技术,实现工程建设全生命周期管理^[4]。在此背景下,项目合同中对于数字化模型(BIM/CIM)的建设、应用及交付均有明确要求。

本工程所在区域地形和地质情况复杂,围堰交错、坑塘密布。下淀面类型十分丰富,包括自由淀面、草林地、鱼塘、苇田等多种形式。由于试点区域内植物生长旺盛,给项目勘察、测量工作带来较大挑战。同时,为防止疏浚过程中对底泥层造成破坏而导致淀区水体流失,工程建设单位对于污染土的“分区-分层-分级”精确疏挖设计也提出了更高要求。受二维设计方式的局限,常规的地质分析难以实现对水下不可见区域的复杂地形以及地质体空间上的清晰表达,需要结合 BIM 技术手段开展更为精细化的设计,实现水下地质环境的数字化模拟。利用已有测绘勘探数据建立工程三维地质模型,并根据不同的淀面类型和疏挖作业方式进行详细分区,从而为项目设计方案的分析确定提供参考。本文以南刘庄试点区域为例,介绍本工程的 BIM 地质建模及应用过程。

2 基于 BIM 的地质模型构建

2.1 建模工具及流程

本工程采用中交水运规划设计院有限公司自主研发的 MR-Geo 地质三维设计系统(简称 MR-Geo 系统)实施 BIM 技术正向设计。该系统基于 Bentley MicroStation CE 平台二次开发^[5],由数据管理端和图形端两部分组成,包含数据输入输出及接口、三维建模、出图、成果分析工具集等功能模块。结合软件可容纳大体量模型、建模流程与国内勘查测量方法匹配、可无缝对接勘测数据库的特点,实现具有疏浚土属性信息的地质 BIM 模型创建、疏挖方案比选、图纸输出、地质剖面分析等功能^[6-7]。BIM 地质建模及应用主要包括三维地质体模型创建、关联疏浚土体信息、建立具有属性信息的地质 BIM 模型以及开展综合应用等基本流程,如图 1 所示。

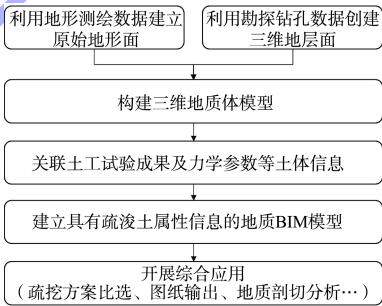


图 1 BIM 地质建模及应用基本流程

2.2 三维地质体创建

在 MR-Geo 系统数据库端,根据现场钻孔平面布置(图 2)及勘察测量数据对地层环境、钻孔布置、钻孔岩性分布和地质勘探线布置等信息进行录入和设置,待所有信息核对无误后,将测绘及勘探数据导入至系统图形端,利用开发的三维建模工具,采用克里金算法、幂函数加权算法等插值算法并结合布尔运算功能,建立本项目试点区域内包含水下原始地形面及各地层的三维地质体模型(图 3)。



图 2 试点区域钻孔平面布置

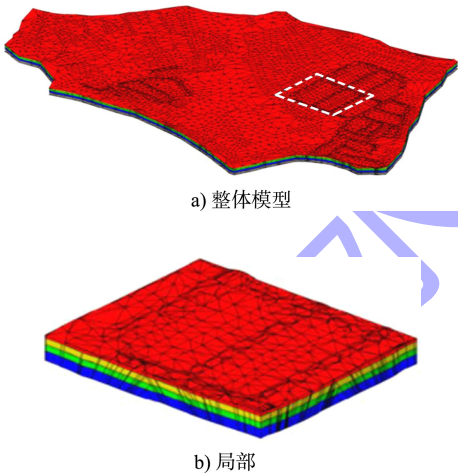


图 3 试点区域三维地质体模型

2.3 疏浚土属性信息关联

为实现设计成果及信息的有效传递、基于模型反映工程区域完整的地质信息，系统采用 EC XML 技术 (Engineering Content XML) 实现三维地质体模型与数据库中地勘数据、岩土试验数据、力学参数等疏浚土信息的自动关联。Bentley 推出此技术用以在设计文件承载互通多款旗下工程软

件的底层数据，可以表示工程数据的模板元数据或实例数据，同时开放接口 API，支持用户二次开发^[8]。本系统中，开发团队采用该技术保存地质数据到 dgn 文件中，并关联数据到相应的地质图形元素上，实现图形与数据的自动联动。地质信息可有选择地保存至 .dgn 文件中，便于模型后续分析应用，同时实现了无需安装插件即可使用 MicroStation 平台查看附有属性信息的三维地质模型。

2.4 地质 BIM 模型建立

为实现试点区域污染土“分区-分层-分级”精确疏挖的设计目标，将地质模型按不同清淤深度、清淤工艺等标准进行深化及切分，从而直观展示水域底泥污染程度的分布，为不同区域清理底泥深度的确定和不同水治理工艺方案的选择提供可视化的数据支持。每个疏挖作业区域用不同颜色和编号表示，同时各个区域的清淤工艺及分区编号记录在模型属性中，通过软件进行浏览查看。不同区域地质 BIM 模型如图 4 所示。

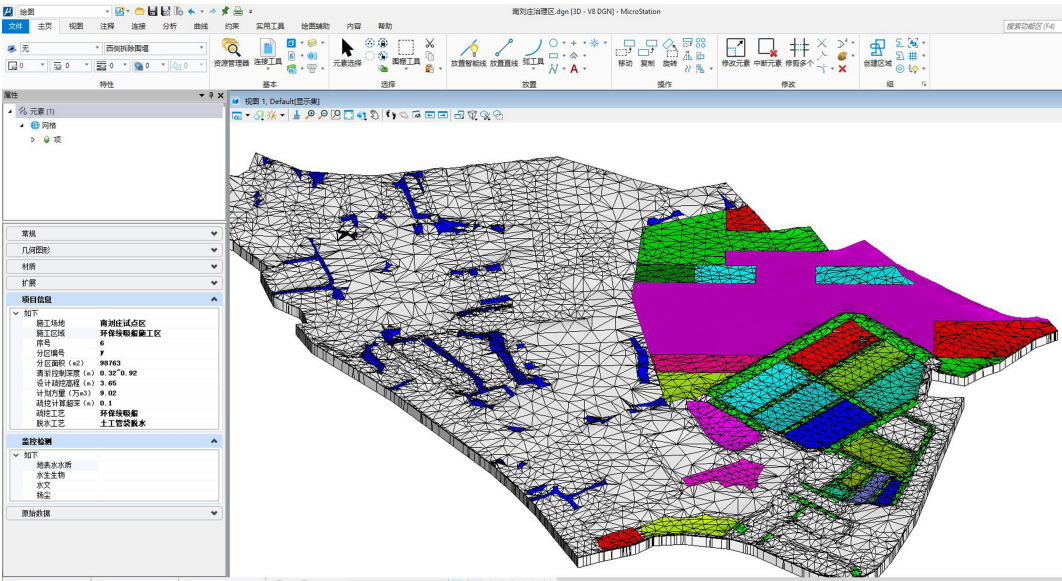


图 4 不同区域的地质 BIM 模型

3 地质模型应用

3.1 疏挖方案比选

三维地质模型能够全方位呈现地层环境和底泥污染程度分布情况,建立不同技术措施和施工方法的可视化方案,通过模型可直观表达设计意图及生态清淤工程量,为设计方案的分析 and 优化提供更加科学的判断依据,同时便于各参建方理解方案,提高沟通效率。

白洋淀内源污染治理试点工程依据目标水质标

准及相关规范,主要考虑 2 种设计方案:1)原位治理及生态清淤方案,即在原有环境中添加化学药剂降解部分污染物再进行生态清淤,清淤量较小;2)活水循环及生态清淤方案,即在淀区入水口及出水口适当加大挖深,增大水域流速,降低淀区污染物浓度,清淤量较大。应用 BIM 模型直观展示 2 种清淤方案对淀区水底地形的影响,并细致表现了不同区域的挖深及清淤量,为最终设计方案的确定提供参考。基于模型的不同疏挖方案如图 5 所示。

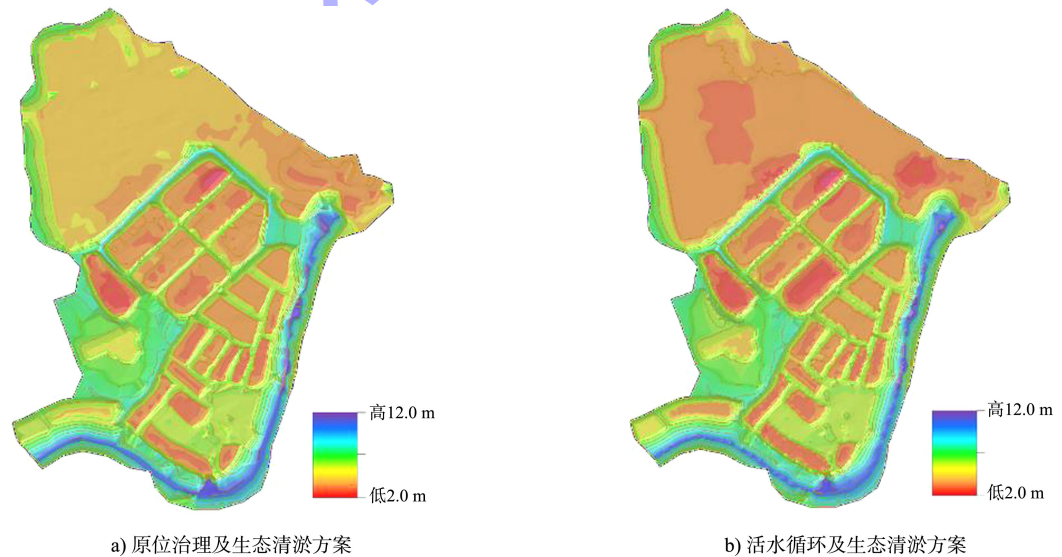
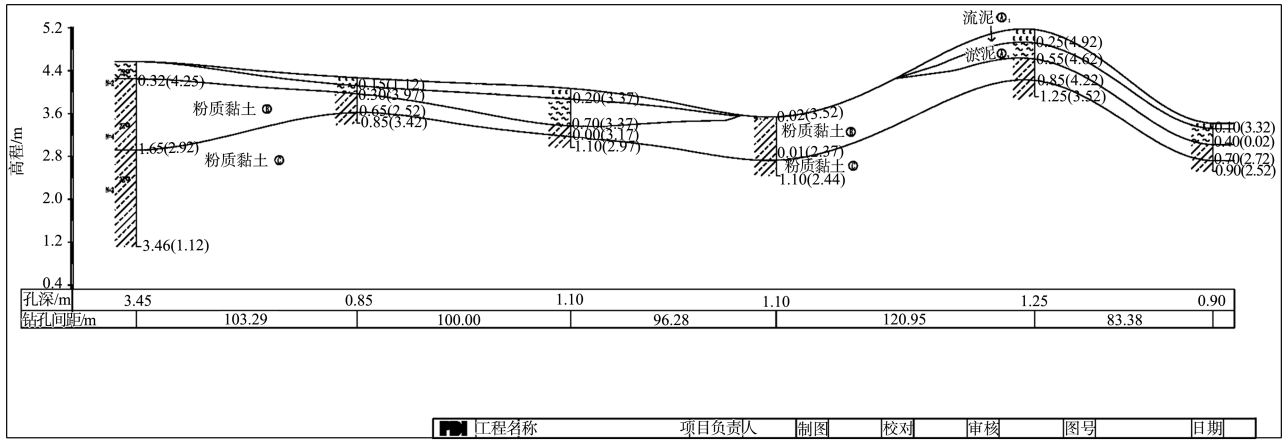


图 5 基于模型的疏挖方案比选

3.2 二维图纸输出

以应用 MR-Geo 系统建立地质三维模型为基础，可以沿钻孔排布设置剖面线，切割模型生成地质剖面图以及钻孔柱状图等二维图纸(图 6)。相较于传统设计方法，将“收集钻孔数据→整理成表→绘制钻孔柱状图等图纸→分析图纸→确定设计方案”这一复杂流程简化为“收集钻孔数据→生成三维地质体模型→确定设计方案→自动

生成钻孔柱状图等图纸”，在应用 BIM 技术直观展示工程区域复杂的三维地质情况的同时，实现了三维正向设计及出图，从而大大降低设计时间成本，更为高效地完成设计方案。在建立地质模型的过程中，同一高程下会出现透镜体、不同地层搭接等特殊情况，此时通过克里金插值计算的方式模拟地层的走向，建立较为真实的地质模型。



a) 工程地质剖面

工程名称		白洋淀内源污染治理试点工程					勘察单位				
钻孔编号		CPZK1		孔口坐标				初见水位		静止水位	
孔口标高		4.53 m						施工日期		--	
地层编号	成因时代	层底高程	层底深度	分层厚度	柱状图 1:10	岩土名称及其特性				取样位置	标贯击数
①淤泥		4.48	0.05	0.05							
②淤泥质粉质黏土		4.36	0.17	0.12							
③粉质黏土灰黄		4.11	0.42	0.25							
④粉质黏土褐黄		3.58	0.95	0.55							

b) 钻孔柱状图

图 6 基于 BIM 模型的二维图纸输出

3.3 地质剖切分析

白洋淀水域底泥环境复杂，污染土沉积厚度不均，过度疏挖可能造成底泥隔水层破坏，导致淀区水体流失。项目根据设计方案建立完工后地形面模型，应用设计地形面对三维地质体模型进

行水平方向切割，直观展示完工后的地层分布情况。同时，基于 BIM 模型进行地质剖面分析，三维展示疏挖程度，并显示所挖土层的详细信息，实现污染土的三维精确疏挖(图 7)。通过任意位置对地质 BIM 模型的剖切分析，复核各区域疏挖

设计深度,从而保证了项目设计质量。

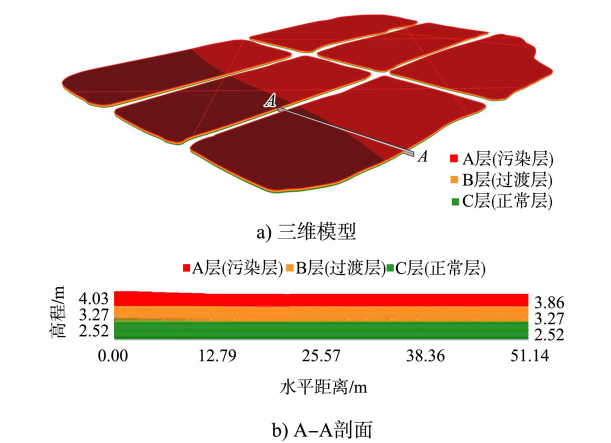


图 7 疏挖地质剖切分析

3.4 疏挖工序模拟

项目还实现了基于 BIM 模型的内源污染治理过程的 4D 工序模拟,在分区基础上附加疏挖工艺、施工顺序等信息,直观展示疏挖过程,实现工序方案推演(图 8)。结合环保疏浚工程特点,及时发现并调整设计中有待完善的作业区域,验证方案的合理性与可行性。对局部地质复杂的作业区域,进行 BIM 重难点工序方案模拟,生成方案模拟文件,便于与项目各参建方协调管理。

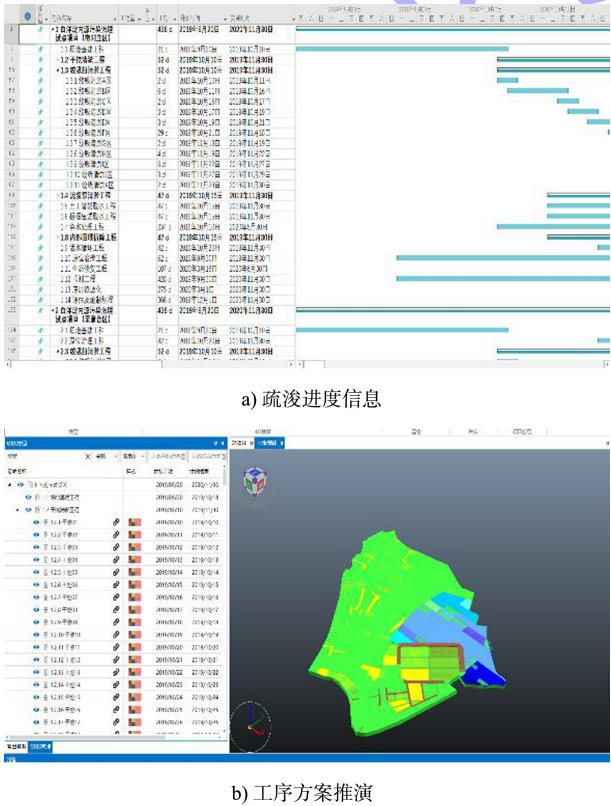


图 8 内源污染治理过程工序模拟

4 结论

1) 结合雄安新区白洋淀内源污染治理试点工程,实现基于 BIM 技术的三维地质建模在环保疏浚工程精细化设计中的应用,并开展 BIM 正向设计实践。

2) 利用自主研发软件创建带有土体属性信息的地质模型,实现疏挖方案比选、图纸输出、地质剖切分析、工序模拟等应用,体现了 BIM 技术在环保疏浚项目中对于提升设计效率和质量等方面的应用优势。

3) 当前,国家和政府层面积极引导我国基础设施建设向绿色智慧方向发展,在此背景下,笔者后续将进一步探索 BIM 技术在疏浚环保工程全生命期的应用价值,为促进行业转型升级、提质增效贡献力量。

参考文献:

[1] 赖灼森.疏浚企业转型升级发展路径研究[J].企业改革与管理,2019(11):130-131.

[2] 魏高峰.江河湖库污染内源治理中的环保疏浚[J].浙江水利科技,2002(6):78-79.

[3] 莫孝翠,杨开,袁德玉.湖泊内源污染治理中的环保疏浚浅析[J].人民长江,2003(12):47-49.

[4] 河北雄安新区管理委员会.雄安新区工程建设项目招标投标管理办法(试行)[R].保定:河北雄安新区管理委员会,2019.

[5] 梁旭源,宁长远,路巍,等.MicroStation CE 应用教程[M].北京:人民交通出版社股份有限公司,2019:1-12.

[6] 于凤树,吕凤华,刘宝华,等.基于 BIM 技术地质体三维模型构建关键技术研究[J].工程勘察,2018,46(8):37-40,50.

[7] 郑豪宁,豪杰.BIM 技术在岩土工程勘察中的应用[J].工程建设与设计,2020,46(21):181-183.

[8] Bentley Systems, Incorporated. ECXML Specification 2.0[R]. Philadelphia: Bentley Systems, Incorporated, 2015.

(本文编辑 郭雪珍)