



# 基于 BIM 技术的内河航道设计 模块研发与应用\*

高源, 高鑫, 苏东升, 王帅, 商剑平

(中交水运规划设计院有限公司, 中交集团综合交通虚拟仿真应用技术研发中心(港口和城市), 北京 100007)

**摘要:** 针对当前内河航道工程设计效率低、设计工具链不完善、系统性差的问题, 基于 BIM 技术开展内河航道数字化设计模块开发与应用研究。采用 OpenRoads Designer 进行二次开发, 通过预置模板创建规则, 实现参数化建立航道及护岸断面模板功能, 护岸结构形式涵盖内河航道常用的重力式、斜坡式和桩基式结构; 通过建立航道里程段和断面模板对照表, 实现航道模型一键生成功能; 通过剖切三维 BIM 模型, 实现了断面法航道疏浚工程量、护岸回填工程量统计功能, 结合自定义标注的方法, 实现了航道疏浚横断面图批量自动绘制功能; 采用 WFP 界面技术, 形成模块化、流程化的内河航道数字化设计系统。依托具体工程进行系统应用, 结论表明使用该系统可在设计阶段节省 30%~50% 的人力。

**关键词:** 航道工程; BIM 二次开发; 护岸工程

中图分类号: U616; U617

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2025)08-0202-07

## Research and application of inland waterway design module based on BIM technology

GAO Yuan, GAO Xin, SU Dongsheng, WANG Shuai, SHANG Jianping

(CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., CCCC Comprehensive Transportation Virtual Simulation

Application Technology Research and Development Center(Port and City), Beijing 100007, China)

**Abstract:** In view of the current problems of low efficiency, incomplete design tool chain, and poor systematicness in the design of inland waterway engineering, research on the development and application of design modules for inland waterways is carried out based on BIM technology. Secondary development is carried out using OpenRoads Designer, and through the preset template generation rules, the function of parametrically establishing waterway and revetment section templates has been realized. The revetment structure types cover the commonly used gravity, slope, and pile foundation structures in inland waterways. By establishing a comparison table of waterway mileage sections and section templates, the one-click generation function of waterway models is realized. By slicing the three-dimensional BIM model, the statistical function of the dredging and embankment backfilling quantities by the section method has been achieved. Combined with the method of custom annotations, the function of batch automatic drawing the cross-sectional diagram of waterway dredging has been realized. Using WFP interface technology, a modular and process-oriented digital design system for inland waterways has been formed. The system has been applied based on specific projects, the conclusion shows that using this system can save 30%–50% of manpower in the design stage.

**Keywords:** waterway engineering; BIM secondary development; bank protection project

《国家综合立体交通网规划纲要》中提出建设“四纵四横两网”2.5万 km 国家高等级航道, 规划

了汉湘桂、浙赣粤水运大通道, 内河水运发展迎来前所未有的黄金机遇。“十四五”期间我国开启

收稿日期: 2024-11-27

\*基金项目: 国家重点研发计划项目(2023YFB2603800); 北京市科委支持科技服务业企业效能提升项目(20241219170508)

作者简介: 高源(1995—), 男, 硕士, 工程师, 从事港航工程设计与研究工作。

交通强国建设新征程,迈入综合交通发展的新时代,同时,对内河水运规划、设计、建设也提出更高要求。

目前,针对内河航道传统设计方法<sup>[1]</sup>效率低的问题,叶文欣<sup>[2]</sup>、董思远等<sup>[3]</sup>、王伟等<sup>[4]</sup>、李锐等<sup>[5]</sup>、王飞等<sup>[6]</sup>开展了基于BIM技术的数字化设计手段研究。依托Civil3D部件编辑器建立参数化航道断面部件,并通过预留的接口编写用于疏浚横断面标注的相关代码,可以实现航道三维建模、疏浚横断面绘制和标注等工作。但是,以上研究只适用特定工程或特定护岸结构形式,对于新的工程或护岸结构形式,仍需重新建立断面部件、编写接口代码进行断面图标注工作,通用性较差。单其宽等<sup>[7]</sup>采用OpenRoads Designer<sup>[8]</sup>进行了航道整治工程的建模,并通过二次开发优化工程量输出流程。金瑞等<sup>[9]</sup>基于Civil3D通过预置部件、模板以及界面化的开发等手段,形成航道设计 workflow,在一定程度上提高了通用性。然而,目前针对内河航道工程数字化设计研究的系统性研发仍然较少。

为了提升内河航道工程设计效率,形成能覆盖内河航道主要设计环节的系统性研发成果,本文基于OpenRoads Designer进行二次开发,针对航道工程各个环节,采用交互式设计,进行模块化和界面化研发,形成内河航道数字化设计系统。针对内河航道常见护岸结构类型,进行参数化研发,拓展系统的工程应用范围,使系统具备更高的通用性;在疏浚横断面图绘制方面,通过自定义定制各类标注内容,无需编写代码即可进行图纸标注工作;在工程量计算方面,不仅可通过断面法<sup>[10]</sup>计算疏浚工程量,还可进行回填土、回填抛石等护岸工程量的计算。

## 1 系统功能

本系统主要用于内河航道主体工程的设计,包括航道疏浚工程部分和护岸工程部分。系统分为资料导入、航道设计、护岸设计、成果输出4个模块,提供了建模、工程量计算和出图等功能,见图1,包括地形地质导入、航道轴线平纵面

设计、航道三维模型生成、护岸参数化设计、航道工程量统计、航道疏浚横断面图批量生成等主要设计功能。

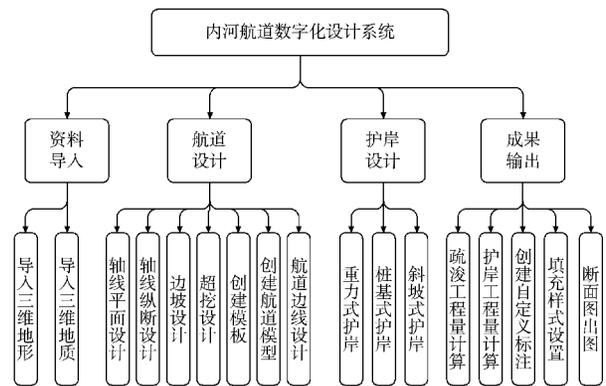


图1 系统功能

Fig. 1 System functions

### 1.1 资料导入

该模块用于导入三维地形网格模型和三维地质网格模型。三维地形模型是进行工程量计算、疏浚横断面图绘制的基础,三维地质模型是后续分土石方进行疏浚工程量统计的重要依据。

### 1.2 航道设计

该模块用于航道疏浚工程的设计。轴线平面设计用于动态且精确地绘制航道平面轴线,并赋予轴线里程属性。轴线纵断面设计用于为轴线的每一个里程点精确设置高程值,并基于这些高程数据生成轴线纵断面。通过边坡设计和超挖设计可确定设计开挖面和超挖面的断面形状。创建模板功能用于根据边坡设计参数、超挖设计参数等生成断面模板。创建航道模型用于通过指定起始里程和指定模板来构建三维航道模型,基于三维地形模型,将模板沿航道中心线进行拉伸放样,以地形模型作为边界条件,生成航道三维模型。航道边线设计用于将航道三维模型以航道左右边线为基准进行局部加宽。

### 1.3 护岸设计

该模块用于航道护岸工程的设计。本系统支持内河航道常见三大类型护岸结构的设计,分别为重力式护岸、斜坡式护岸和桩基式护岸。其中,重力式护岸包括素混凝土重力式、预制空心块体式等结构形式;斜坡式护岸包括格宾石笼式、石



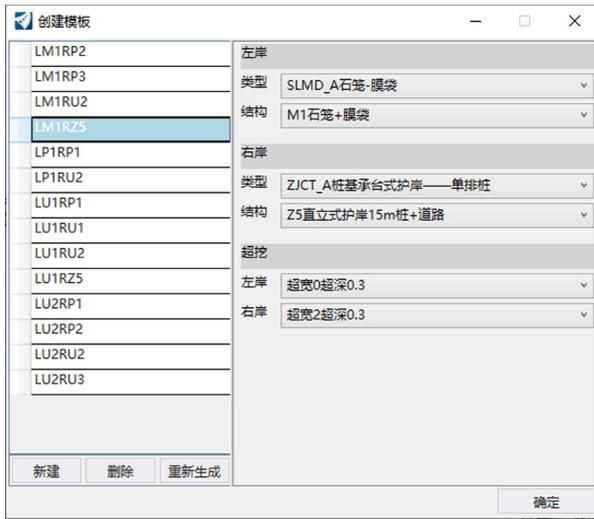


图 4 创建护岸断面模板界面

Fig. 4 Interface of creating bank protection section template

### 2.3.2 航道三维模型建立

创建航道模型的界面见图 5。通过输入起始桩号、终止桩号和模板名称, 可生成航道里程段和断面模板对照表。通过调用 ORD 平台提供的相关 API, 如 Corridor.AddTemplateDrop(), 可实现一键生成多段航道模型。



图 5 创建航道模型界面

Fig. 5 Interface of creating channel model

### 2.3.3 疏浚工程量计算

疏浚工程量计算功能的界面见图 6。通过剖切航道开挖面模型和三维地形模型, 可得到开挖断面线和地形断面线; 进而, 通过二维图形算法得到开挖断面的封闭图形, 实现疏浚断面面积的自

动统计和工程量计量。同理, 通过剖切超挖面模型, 可以得到含超挖的疏浚量。

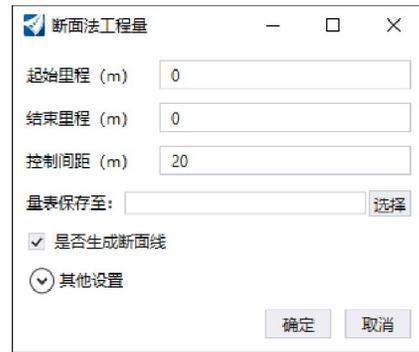


图 6 疏浚工程量计算界面

Fig. 6 Interface of dredging volume calculation

### 2.3.4 疏浚横断面图绘制

疏浚横断面图绘制功能的界面见图 7, 自定义标注功能的界面见图 8。基于剖切地形模型、开挖面模型、回填面模型、护岸模型, 可绘制疏浚横断面图中各类构筑物的断面线。通过自定义标注功能, 可预定义疏浚横断面图中的各类标注, 包括文字标注、水位标注、坡比标注、高程标注、尺寸标注、图块等。在进行自定义标注时, 需要先指定参考点的名称, 参考点的选取范围为断面模板中生成的特征点。参考点 CNL-CLL 代表断面模板中航道中心线上的点。基于剖切由航道断面模板拉伸形成的各种特征线, 可得到指定断面中各特征点的现实坐标; 进而, 在生成断面图时, 根据各特征点的现实坐标, 批量自动生成各类标注。基于各断面线的范围, 可以绘制网格、水尺等。此外, 还可根据实际工程需要, 进行图框设置以及图纸工程量表的绘制。



图 7 疏浚横断面图绘制界面

Fig. 7 Drawing interface of dredging cross-section diagram

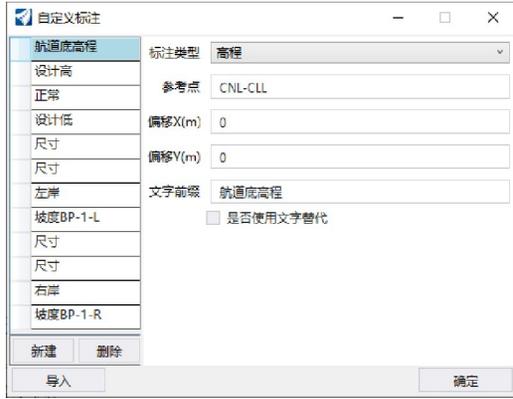


图 8 自定义标注界面

Fig. 8 Interface of custom annotation

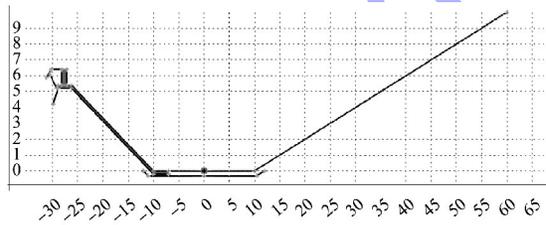
### 3 工程应用

湖西航道(上级湖)段全长约 64 km, 按照 II 级航道标准建设。部分设计方案见表 1。

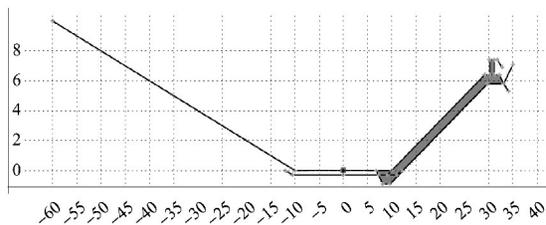
表 1 设计方案  
Tab. 1 Design scheme

起始里程	终止里程	左岸结构形式	右岸结构形式
K48+306	K49+925	膜袋+石笼护岸	1:5 疏浚
K49+925	K52+238	1:5 疏浚	抛石+石笼护岸
K52+238	K63+807	1:5 疏浚	1:5 疏浚

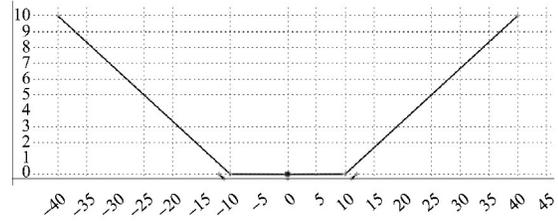
使用本系统进行护岸断面模板的参数化设计, 并生成航道断面模板, 见图 9。以此为基础, 建立航道三维模型, 见图 10。



a) K48+306~K49+925



b) K49+925~K52+238



c) K52+238~K63+807

图 9 断面模板

Fig. 9 Cross-section templates

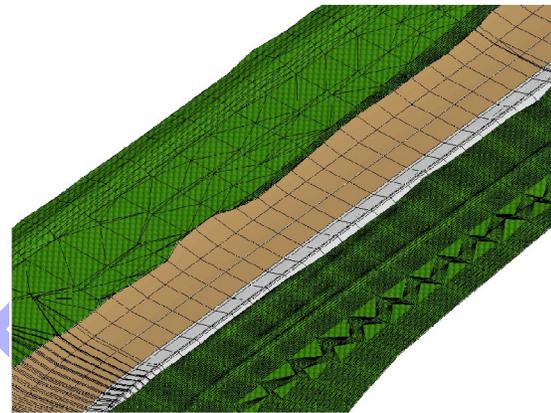


图 10 K48+306 ~ K49+925 航道及护岸三维模型

Fig. 10 Three-dimensional model of the

K48+306~K49+925 waterway and retaining wall

根据三维模型, 并按照项目要求以 40 m 为间距进行航道疏浚横断面绘制。系统绘制的断面见图 11。经对比, 使用传统方法, 人均每天可绘制约 100 个疏浚横断面图。使用此系统, 在资料齐全的情况下, 单人从建模到出图只需 1 d 即可完成上千个疏浚横断面图的绘制, 出图效率大幅提升。

根据航道模型进行疏浚及回填工程量计算, 节选的部分航道里程的工程量见表 2。与传统方法相比, 省略了工程人员在 CAD 中手动框围并量取面积的过程, 提升了算量效率。

此外, 由于多次方案变更所引起的绘图、工程量计算等修改工作所需的时间大为缩短。

综合对比发现, 相较于传统手工绘制的方法, 在此项目的整个设计阶段内, 出图算量所需要的时间由原来的 3~4(人×周), 缩短为约 2(人×周), 节省了 30%~50%的人力。

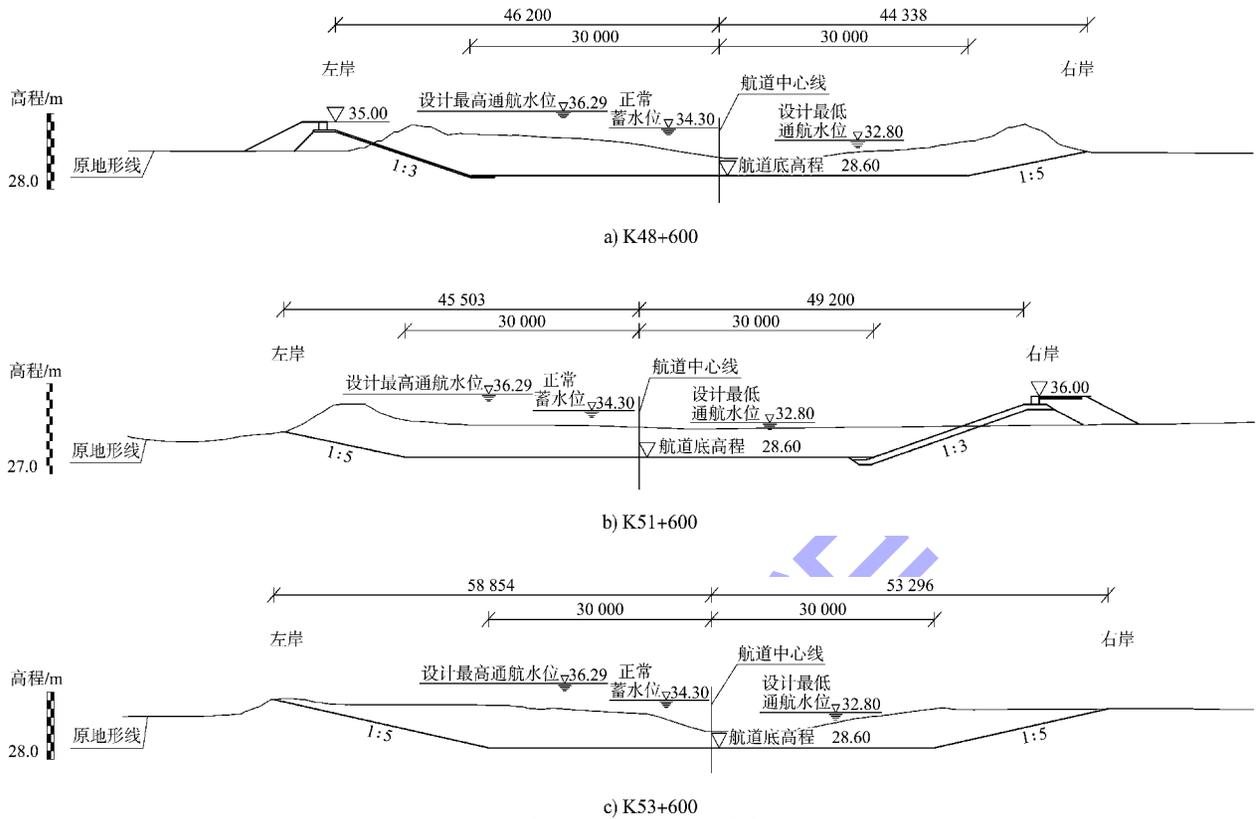


图 11 疏浚横断面 (尺寸: mm; 高程: m)

Fig. 11 Dredging cross-section (dimension: mm; elevation: m)

表 2 部分航道里程的工程量

Tab. 2 Quantity of partial waterway mileage

里程	间距/m	疏浚断面面积/m <sup>2</sup>	回填块石断面面积/m <sup>2</sup>	回填土断面面积/m <sup>2</sup>	疏浚量/m <sup>3</sup>	回填块石量/m <sup>3</sup>	回填土量/m <sup>3</sup>
K48+500	-	290.2	1.8	4.0	-	-	-
K48+520	20.0	290.7	8.4	6.6	5 808.6	101.9	105.6
K48+540	20.0	294.2	6.0	6.0	5 848.8	144.1	126.0
K48+560	20.0	303.3	0.0	2.4	5 974.9	60.0	84.4
K48+580	20.0	297.8	0.4	4.2	6 011.2	3.5	66.0
K48+600	20.0	286.8	14.3	14.8	5 845.9	146.5	189.8

#### 4 结论

1) 基于内河航道的主要设计环节, 采用 BIM 二次开发的手段, 研发具有三维建模、算量和出图功能的若干功能模块, 形成系统性研发成果, 为内河航道正向设计提供了解决方案。

2) 结合具体工程应用, 验证了通过自定义标注自动生成图纸标注的可行性和灵活性; 通过与

传统方法进行对比, 验证了出图和算量的高效性。在今后的工程应用中, 可为工程设计节省大量时间和人力成本, 同时, 更好地应对工程方案的修改。

3) 总结常用护岸结构形式, 不局限于某个工程, 研发参数化建立航道护岸模型功能, 拓宽系统的工程应用范围, 使研发成果更具通用性。

参考文献:

[1] 王涛,郑松,牛作鹏,等.内河限制性航道护岸工程 BIM 正向设计方法研究[J].港工技术,2023,60(1):38-42.  
WANG T, ZHENG S, NIU Z P, et al. Research on application of BIM in archives management of restricted inland river channel project [J]. Port engineering technology, 2023, 60(1): 38-42.

[2] 叶文欣. BIM 技术在航道疏浚工程设计中的应用研究[J].中国水运,2021(3):141-144.  
YE W X. Research on the application of BIM technology in design of channel dredging engineering[J]. China water transport, 2021(3): 141-144.

[3] 董思远,范海文,张金刚. BIM 技术在内河航道工程中的应用[J].水运工程,2019(11):127-132.  
DONG S Y, FAN H W, ZHANG J G. Application of BIM technology in inland waterway engineering [J]. Port & waterway engineering, 2019(11): 127-132.

[4] 王伟,杨志. BIM 技术在内河航道设计中的应用[J].水运工程,2019(7):193-197,236.  
WANG W, YANG Z. Application of BIM technology in inland waterway design[J]. Port & waterway engineering, 2019(7): 193-197, 236.

[5] 李锐,李正,王飞. BIM 正向设计在内河航道疏浚工程中的应用[J].水运工程,2019(12):123-126.  
LI R, LI Z, WANG F. Application of BIM forward design in inland waterway dredging engineering [J]. Port & waterway engineering, 2019(12): 123-126.

[6] 王飞,于康康,黄晔卉. BIM 在疏浚设计中的二次开发与应用[J].水运工程,2017(11):36-40.  
WANG F, YU K K, HUANG Y H. BIM secondary development and application on dredge design[J]. Port & waterway engineering, 2017(11): 36-40.

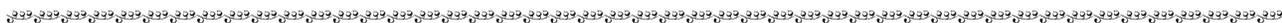
[7] 单其宽,吴艺文,朱程. BIM 技术在河道整治工程设计中的应用[J].人民珠江,2022,43(12):148-154.  
SHAN Q K, WU Y W, ZHU C. Application of BIM technology in design of river improvement project [J]. Pearl River, 2022, 43(12): 148-154.

[8] 刘晓彬,于敬舟.基于 OpenRoads Designer 的堤防三维设计应用[J].人民长江,2021,52(S1):151-154.  
LIU X B, YU J Z. Application of 3D design for embankment based on OpenRoads Designer [J]. Yangtze River, 2021, 52(S1): 151-154.

[9] 金瑞,肖春红,朱明,等.基于 Civil 3D 的航道整治 BIM 设计平台开发[J].水运工程,2021(4):169-174.  
JIN R, XIAO C H, ZHU M, et al. Development of BIM design platform for waterway regulation based on Civil 3D [J]. Port & waterway engineering, 2021(4): 169-174.

[10] 赵丽,陈懿强.基于 CIVIL 3D 航道疏浚量断面法计算的研究[J].港工技术,2018,55(3):17-20.  
ZHAO L, CHEN Y Q. Study on cross-section method for calculation of channel dredging amount based on CIVIL 3D [J]. Port engineering technology, 2018, 55 (3): 17-20.

(本文编辑 赵娟)



## 声 明

近期不断发现有人冒用《水运工程》编辑部名义进行非法活动,他们建立伪网站,利用代理投稿、审稿等手段进行诈骗活动。《水运工程》编辑部郑重声明,从未委托第三方为本编辑部约稿、投稿、审稿。《水运工程》编辑部唯一投稿网址:www.sygcc.com.cn,敬请广大读者和作者周知并相互转告。

《水运工程》编辑部