



基于 Civil 3D 的航道整治 BIM 设计平台开发

金 瑞, 肖春红, 朱 明, 高 超, 肖 怡, 胡唯哲

(四川省交通勘察设计研究院有限公司, 四川 成都 610017)

摘要: 针对传统航道整治设计工作无专业辅助工具、生产效率低下、分工协作困难、图纸绘制和工程量计算误差大、方案变更困难、信息化水平低等问题, 进行提高设计工作生产效率及质量的研究。采用 C# 语言及 SAC 可视化程序对 Civil 3D 平台进行二次开发, 研发出一套适用于航道整治设计的专业平台, 实现了智能化出图算量、河床演变分析、BIM+GIS 合成等功能, 极大地提高了生产力、优化设计流程、转换设计重心、提升设计品质。

关键词: BIM; 航道整治设计; 二次开发; C#; 专业软件

中图分类号: U 61

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)04-0169-06

Development of BIM design platform for waterway regulation based on Civil 3D

JIN Rui, XIAO Chun-hong, ZHU Ming, GAO Chao, XIAO Yi, HU Wei-zhe

(Sichuan Communication Surveying & Design Institute, Chengdu 610017, China)

Abstract: Aiming at the problems of traditional waterway regulation design, such as lack of professional auxiliary tools, low production efficiency, difficulty in the division of labor and cooperation, large error in drawing and engineering quantity calculation, difficulty in scheme change, and low level of informatization, we research improvement of the production efficiency and quality of design work. Adopting the method of secondary development of Civil 3D platform with C# language and SAC visualization program, we develop a set of professional software for waterway regulation design, which solves the problems of intelligent mapping calculation, riverbed evolution analysis, BIM + GIS synthesis, etc., and greatly improves the productivity, optimizes the design process, changes the design focus, and improves the design quality.

Keywords: BIM; waterway regulation design; secondary development; C#; professional software

传统航道整治没有专业辅助工具, 信息化水平低, 工程设计人员需要花费大量时间手动剖切断面, 使用 EXCEL 公式法统计工程量, 不仅分工协作困难, 图纸绘制和工程量计算误差大、容易出错, 而且方案变更时工作量大、方案优化困难, 不利于设计信息在施工及后期维养阶段的传导。落后的航道整治设计技术与日益发展的水运建设速度严重不匹配, 行业内亟需一种新的技术来颠覆传统设计工期长、效率低的局面, 从而保证设计质量、提升设计品质、提高工作效率。

近年来, BIM 技术在航道整治设计工作中逐渐应用并发展, 国内各大设计院也都在不断探索适合自己的设计方法。但是目前 BIM 技术在航道整治设计中的应用仅停留在 Civil 3D 应用的粗浅阶段^[1-4], 剖切的断面不能满足施工图的要求, 开发的部件通用性不强, 不具备智能化出图、算量、调整方案等功能, 国外亦无相关航道专业软件研发。此外在实际使用中, 经常会遇到经过反复操练但效果仍无法达到预期的情况, 因此需要系统且具有专业针对性的二次开发。

收稿日期: 2020-07-23

***基金项目:** 四川省交通运输厅科技项目(2018-B-07)

作者简介: 金瑞(1984—), 女, 硕士, 高级工程师, 从事港口与航道工程设计及水力学研究。

1 BIM 正向设计的引入

航道整治包括疏浚、筑坝、铺排以及护岸等工程措施，整治建筑物受地形变化影响通常没有规则的形状和固定的结构形式，工程设计中须精确计入原始地形。而对于涉及大量重复性工作的工程项目，借助三维模型软件进行设计并协助输出设计成果可显著提高设计工作效率。Civil 3D 软件是为土木与基础设施行业提供的三维设计解决方案，但常规 Civil 3D 软件存在操作复杂、专业贴合度不足等问题，亟需结合行业特点研发适用于航道整治工程的 BIM 专业化设计平台和方法。

2 BIM 设计平台专业软件研发思路和方法

采用 Visual Studio 平台，通过 C#程序^[5-6]对 Civil 3D 进行二次开发，研发出一套符合行业生产习惯的航道整治工程 BIM 设计平台，更改按钮名称为行业专有名词，开辟航道整治设计专业版块。

另外，将固定的步骤写入程序后台，使复杂过程简单化、零散操作流程界面化。界面操作当前步骤高亮显示，常用行为习惯写进部件，标签样式制作成模板，使用者在无需专业培训的情况下也能很好地使用该平台，实现了航道整治智能化出图、算量、校核、优化方案、BIM+GIS 展示等功能，提高了平台的推广与应用率。BIM 设计平台专业软件开发的内容主要包括以下几部分：1) 航道整治设计专业版块；2) 部件的封装、加载与更新；3) 符合行业标准的施工图模板封装、加载与更新；4) 测绘地形及地勘的快速创建与处理；5) 一键界面化整治建筑物的平纵横设计；6) 一键界面化工程量的统计、校核与输出；7) 一键河床演变横断面的批处理和冲淤分析统计；8) 一键界面化 BIM 结合 GIS 三维仿真设计坐标系转换；9) 工作中常遇到的一些问题的处理。见图 1。

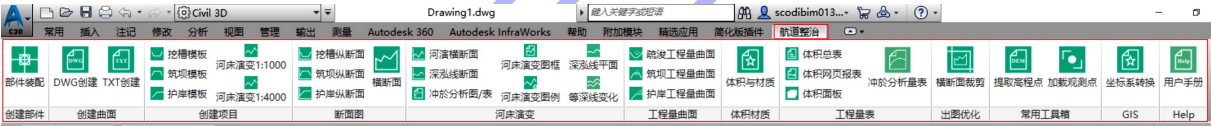
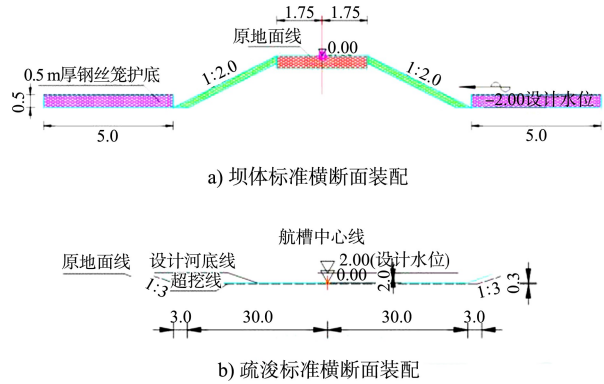


图 1 航道整治设计专业软件界面

2.1 部件及模板开发

部件即 Subassembly Composer (SAC)，格式为 pkt，是 Civil 3D 提供给用户的一个功能强大且简单易用的可视化程序创建和编辑工具，可用于各种整治建筑物结构体的横断面设计。每个部件的构造和行为详细信息包含输入参数、输出参数、目标参数和编码图的列表和描述，将多种部件进行拼装后可以完成各个结构体标准横断面的设计。在搭建可视化结构程序的同时，预留行业标准化出图、计算工程量及结构材质所需的全部代码，为后续定制出图标准模板、计算各部分工程量和 Infraworks 三维仿真展示等预留接口。模板是使用 Civil 3D 创建项目文件的基础，格式为 dwt。模板是 pkt 文件的补充与约束，pkt 文件是自定义模板的基础，通过模板文件对项目文件中的图层、颜色、

字体、线型线宽等进行规范，使项目中模型、图纸、表格标准统一。dwt 文件自定义内容包括纵断面显示样式、横断面显示样式、标签标注样式、代码集样式、表格图例样式、设计规范嵌套、出图样式等，满足水运行业相关编制办法和规范，符合施工图出图要求。pkt 文件配合 dwt 模板效果见图 2。



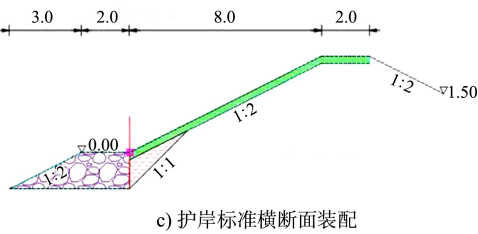


图 2 整治建筑物部件装配在模板中的效果展示 (单位: m)

本次开发引进 Visual Studio 平台, 通过 C#语言逐行写入 Civil 3D 安装路径下 3 处注册表信息及植入部件组装信息, 将新建的部件选项板 XML 结构树程序封装进 Civil 3D 自带的 Tool Palettes, 并将模板文件封装进程序后台, 点击相关按钮即可新建需要的模板, 或弹出组装好的航道整治专属装配选项板, 文件的升级和更新可控, 既保护了文件的私密性, 又减少了用户拷贝、新建、加载及组装的步骤。

2.2 地形及地质模块开发

Civil 3D 自带方法创建曲面时, 需要把用到的等高线或高程点图层隔离或提取出来, 在地形较长、数据量很大的情况下, 电脑容易出现长时间的卡顿情况。经过本平台开发后, 一键点击便能得到所需的曲面, 大大节省了曲面的创建时间。同样, 也可以通过按钮一键点击生成地勘分层图, 在横断面图中添加为采样源, 即可得到带地质勘探数据的横断面图。

2.3 平面、纵断面、横断面设计开发

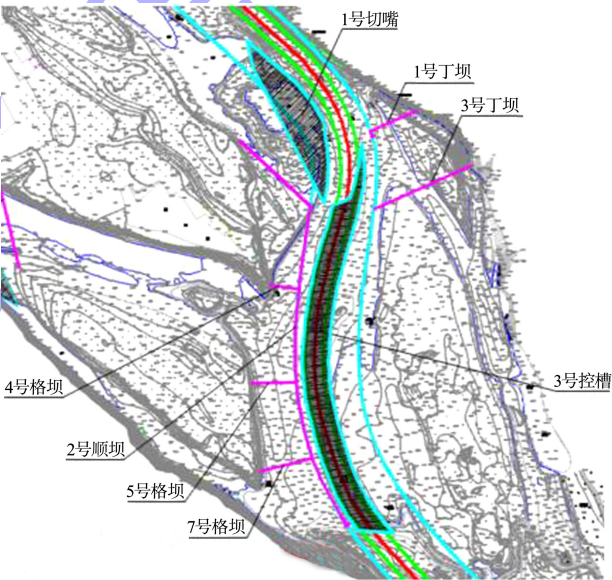
在 Civil 3D 中, 用户可以通过常用选项板中的一系列下拉按钮, 通过创建路线-曲面纵断面-创建道路-创建采样线-创建横断面图等 5 个步骤完成从路线到横断面的创建。在创建纵断面过程中, 需要手动添加如设计水位、设计河底、超挖等繁多的参数, 容易出错。

针对这些问题, 本平台采用 C#程序, 将整个过程中用到的步骤精简出来, 集中在一个弹窗内,

按照操作流程先后顺序排列, 用户只需按照高亮提示自上而下完成界面即可, 无需培训也可完成相关工作。工作流程优化见图 3, 一键平面、纵断面、横断面设计效果见图 4。



图 3 二次开发后操作界面



a) 实测地形方案布置



b) BIM+GIS方案布置

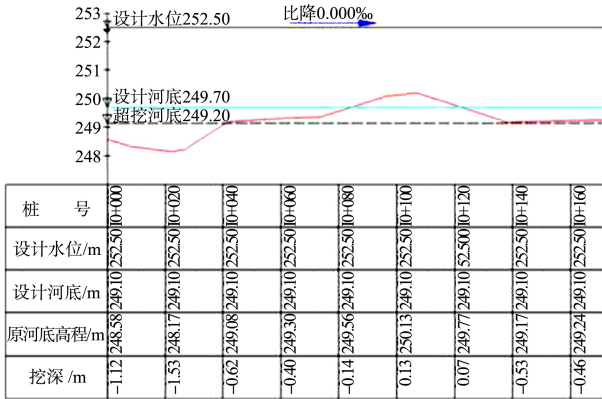
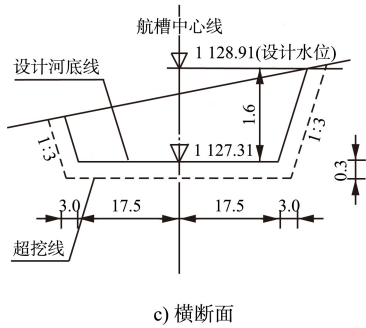


图 4 BIM+GIS 展示及智能化出图效果

2.4 工程量统计与校核开发

在常规的 Civil 3D 工程量计算过程中，首先需要用户对照使用说明为各种材质的轮廓点及连线添加数量繁多的部件预留代码(图 5)，然后创建大量计算工程量所需二维三角网曲面和三维体积曲面。当遇到有大量的整治建筑物需要创建的项目时，相同的机械操作会频繁出现，严重影响生产效率。为了给用户提供了便利，本平台为每个结构形式设置一个按钮，一键点击后繁琐而重复的工作便会在后台自行完成。

工程量校核与数据输出也是航道整治设计中的重要环节，但在 Civil 3D 自带的选项板中，用户往往无法通过某些按键快速实现以上功能。本平台分别为各种数据表格自设置了一个按钮，并把一系列的操作精简后串连起来，明确提示用户操作流程，不需要用户费精力学习与记忆。

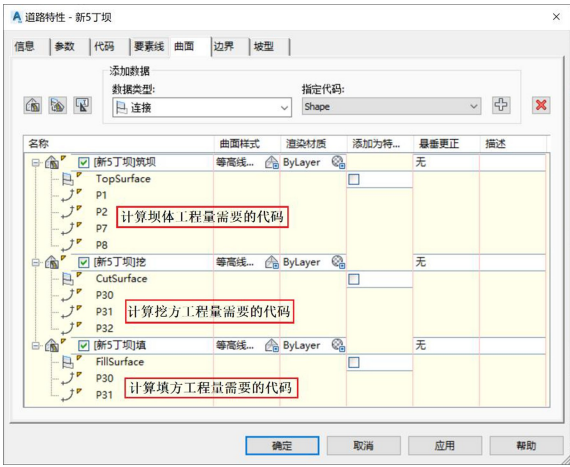


图 5 未做二次开发时计算工程量需要添加的代码

2.5 河床演变开发

在传统的河床演变横断面图绘制过程中，需要先均匀地手工布置好横断面位置及宽度，如果遇到几十公里的长河段，则这个过程要花费大量时间。本平台只需布置一条河道中心线，设置横断面宽度，即可一键生成排列整齐的全河段河床演变横断面图。在冲淤分析量的计算中，需要用户先找出以往出图习惯的冲淤色卡和色阶分布表，以此为参照来做不同冲淤深度的量表，按照出图习惯选取 11 个色阶为例，需要设置 33 个值，机械而繁琐。经过本平台开发后，只需要选择要分析的地形曲面，程序即可在后台自行生成出需要的冲淤平面分布图及量表。

2.6 常用工具箱开发

针对落差大的陡峭岸坡等特殊地形，传统设计中横断面全部显示出整个地面形状，浪费了大量的图纸空间。为了出图美观且节约图纸，需要手动剪切并排版，而当面对大量的横断面时，后期排版会消耗较长的时间。经过二次开发后，只需点选要修改的横断面，再找到对应的纵断面，一键即可整体修改全部横断面图(图 6)。此外，常用工具箱还增加了航道整治设计工作中经常用到的提取高程点和加载观测点的功能。

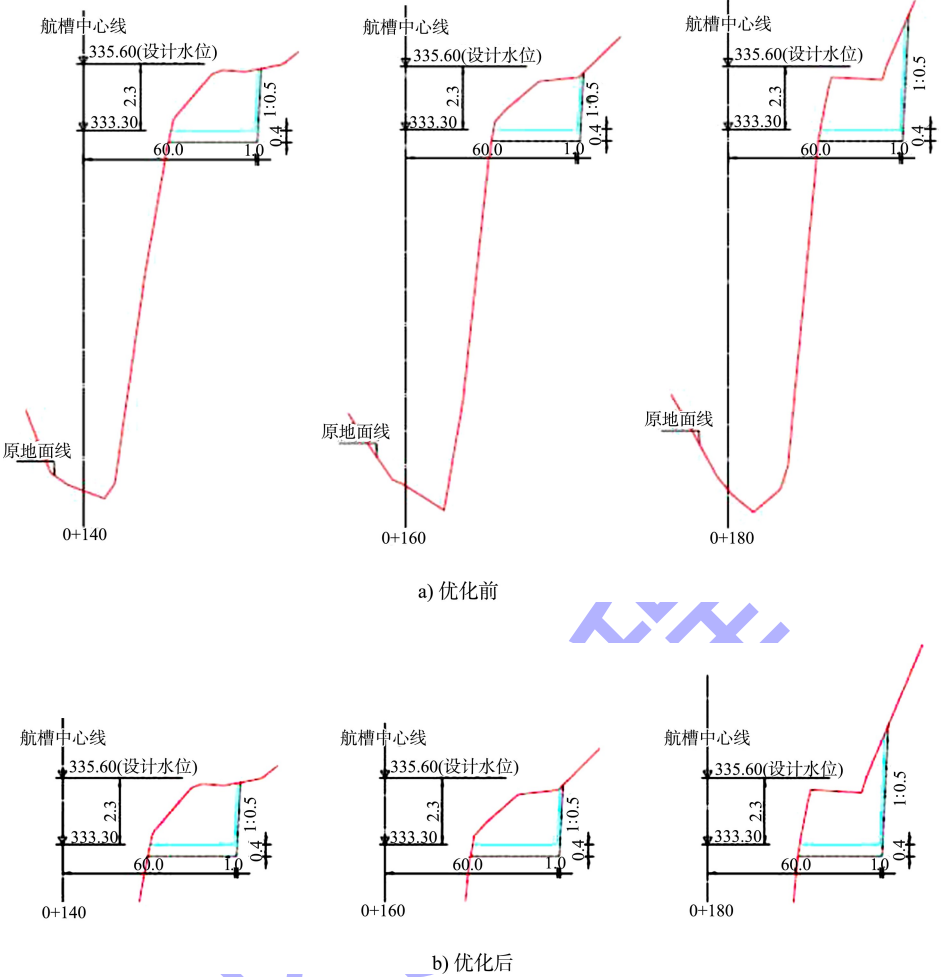


图 6 横断面优化前、后对比

2.7 BIM+GIS 开发

Infraworks 作为 GIS 数据的展示平台，能够展示航道整治这类大型综合基建项目的地形地貌、几何尺寸、环境因素等，从而进行宏观 GIS 数据与微观 BIM 模型的信息交互分析。

在实际项目中，地形图坐标系多为独立坐标系，通常具有特定的中央子午线和投影高程。若要将该坐标系下的元素转换到 WGS84 经纬度坐标系，传统的坐标转换方法是首先将该独立坐标系下的图形通过坐标系参数转换到国家标准坐标系下，然后再转换到经纬度坐标系。该方法虽然精确，但是在实际操作中存在以下问题：1) 部分地形图坐标系参数未知；2) 坐标系转换操作专业性强，一般设计人员无法完成；3) 转换过程涉及的图形平移、旋转、缩放和投影变换，操作过程繁琐。

为解决以上问题，本平台自主开发一个自定义

义坐标系方法用于解决独立坐标系到经纬度坐标系的转换，一键点击坐标系转换按钮，导入特征点在测绘地形图中的坐标和在卫星地形图中的经纬度即可创建。该方法通过选取 2 个特征点，对特征点的平面坐标和对应的经纬度坐标计算出该地区的大致坐标转换关系，得到一个适用于项目的自定义坐标系。该坐标系精度取决于特征点的选取精度，虽然总体精度不如参数转换，但是对于三维建模精度已足够，其内部的几何精度依然由原坐标系下的几何精度决定，与自定义坐标关系不大。自定义坐标系通过 2 个特征点就能计算一个项目到经纬度坐标的大致转换关系，不需要理解地形图坐标系参数，使用中可以随时导入设计数据，不需要复杂的平移缩放旋转和坐标变换。开发后的坐标系转换界面见图 7，BIM+GIS 匹配后效果见图 8。



图 7 自定义坐标系

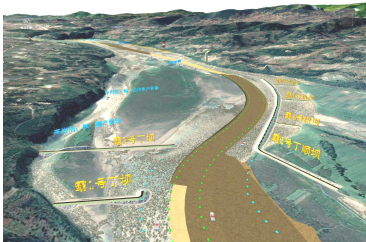


图 8 整治建筑物三维仿真

3 应用案例

以岷江(龙溪口枢纽—宜宾合江门)航道整治工程为例,该工程全长 81 km,河道宽度从 400~2 000 m不等,按照内河Ⅲ级航道标准建设。创建地形曲面用高程点创建的方式,传统方法需要 195 s,开发后的按钮一键点击创建曲面仅需要 5 s;创建纵断面,选取其中一条 2 km 的挖槽为例,手动创建用时 200 s,程序按钮创建用时 40 s;统计工程量,选取其中一条 300 m 的筑坝为例,手动统计用时 200 s,程序按钮统计用时 10 s;河床演变,以其中一段长约 2 km 滩险为例,选取 6 个年份的江道地形图,每 200 m 剖一个断面,未做开发时用时 300 s 完成,本平台只需要点击按钮选取一条江道中心线,并点选每个年份的线型样式,50 s 即得到排列整齐的河演断面图;同样,未做开发时要得到冲淤分析分布彩图以及量表用

时240 s,本平台只需要 20 s 即可完成。

4 结论

1) Civil 3D 平台的二次开发并应用,提高了生成效率,精简了设计流程,复杂的操作简单化、按钮化,常用的功能一键即可解决,把更多的时间从繁杂的出图算量中解放出来,用于优化设计方案,提高设计品质。

2) 界面友好的平台减少了使用者培训的时间,在不需要花大量时间培训操练的情况下,使用者通过符合专业设计习惯的航道整治版块按钮,一键即可得到想要的的数据,极大地提高了生产效率,提升了 BIM 平台软件的应用普及率。

3) 平台应用推进了航道整治技术从二维向三维设计的转换,为建筑物信息在整个生命周期中的传递奠定了基础。

参考文献:

[1] 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.
[2] 郭涛,余青容,宋成果.航道整治工程 BIM 关键技术研究及应用[J].水运工程,2018(11): 1-4.
[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.
[4] 刘擎波,刘晗晗.Civil 3D 在长江深水航道整治二期工程中的应用[J].港工技术,2017, 54(1): 93-96.
[5] 王磊.AutoCAD Civil 3D.NET 二次开发[M].上海: 同济大学出版社,2018.
[6] 曾洪飞,卢择临,张帆.AutoCAD VBA&VB.NET 开发基础与实例教程[M].2 版.北京: 中国电力出版社,2017.

(本文编辑 郭雪珍)

(上接第 107 页)

[4] 何良德.一种船闸闸室结构的新型式[J].水利水电科技进展,1997(6): 31-33.
[5] MATTHIAS L, LUKAS H, CHRISTOPH S, et al .Lösungsansätze für den Neubau der höchsten Sparschleuse der Welt[J]. Bautechnik, 2019, 96(8): 609-616.
[6] 吴新云.高水头省水船闸整体式闸室结构优化研究[D]. 南京: 河海大学, 2020.
[7] 交通部重庆公路科学研究所.斜拉桥热挤聚乙烯高强

钢丝拉索技术条件: GB/T 18365—2001[S].北京: 中国标准出版社, 2001.
[8] 闵朝斌.京杭运河穿黄工程探析[J].水运工程, 2015(4): 139-144.
[9] 韩巍巍, 刘晓玲, 袁和平.京杭运河山东段全线通航可行性分析[J].水运工程, 2016(S1): 98-102.
[10] 沈英武.弹性地基梁和框架分析文集[M].北京: 水利出版社, 1980.
(本文编辑 王璁)