



# BIM 技术在京杭运河长江口门段 航道整治中的应用

邬德宇<sup>1</sup>, 赵建豪<sup>2</sup>, 郭扬扬<sup>1</sup>, 郭松<sup>2</sup>, 田会静<sup>1,2</sup>

(1. 中交天津航道局有限公司, 天津 300042; 2. 中交(天津)生态环保设计研究院有限公司, 天津 300461)

**摘要:** 航道整治工程具有岸线距离长、地形变化大、涉及构筑物多和施工影响因素复杂等特点, 存在工程计量不精确、技术交底不明确和 BIM 建模繁冗等问题。针对航道工程复杂工况条件下 BIM 模型创建的难题, 依托京杭运河长江口门段航道整治项目, 基于 Autodesk 平台采用 Civil 3D、Revit、部件编辑器和 Dynamo 可视化编程, 研究 BIM 技术在航道整治工程中的应用, 实现地形曲面创建和编辑、三维航道模型及护岸模型创建, 并对护岸创建方法进行比选, 总结形成了 BIM 技术在航道整治过程中的应用流程, 以期为类似项目建设提供参考。

**关键词:** 护岸工程; 航道整治; 部件编辑器; Dynamo; Revit; Civil 3D

中图分类号: U 656.5

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)06-0188-06

## Application of BIM technology in regulation of channel from the Grand Canal to the Yangtze River

WU De-yu<sup>1</sup>, ZHAO Jian-hao<sup>2</sup>, GUO Yang-yang<sup>1</sup>, GUO Song<sup>2</sup>, TIAN Hui-jing<sup>1,2</sup>

(1. CCCC Tianjin Dredging Co., Ltd., Tianjin 300042, China;

2. CCCC (Tianjin) Eco-Environmental Protection Design & Research Institute Co., Ltd., Tianjin 300461, China)

**Abstract:** The channel regulation project has the characteristics of long coastline, large terrain change, many structures involved, and complex construction factors. There are some problems such as inaccurate engineering measurement, uncertain technical information, and redundant modeling of BIM. To solve the problem of creating a BIM model under complex working conditions of waterway engineering, relying on the waterway improvement project at the entrance channel from the Grand Canal to the Yangtze River, and based on the Autodesk platform, using Civil 3D, Revit, subassembly composer, and Dynamo visual programming, we research the application of BIM technology in waterway regulation engineering, realize the creation and editing of terrain surface, 3D waterway model, and bank protection model creation, compare the method of bank protection creation, and form the application process of BIM technology in the waterway regulation process, hoping to provide references for the construction of similar projects.

**Keywords:** revetment engineering; channel improvement; subassembly composer; Dynamo; Revit; Civil 3D

随着经济社会的快速发展和日益增长的航运需求, 内河航道整治的建设规模不断扩大, 航道等级逐渐提高对疏通航道、稳定河道、防止水土流失以及防洪等具有重要意义<sup>[1-2]</sup>。在航道工程的设计、施工和运行维护各阶段, 传统的实施方法已不能满足工程建设的强度和精度要求, 航道整

治工程建设逐步趋向智慧化。基于 BIM 技术的三维建筑信息模型具有可视化、虚拟化、协同管理、成本和进度控制等方面的优势, 可提高工程质量和投资效益<sup>[3]</sup>。

目前, 对 BIM 技术在航道整治工程中的应用研究多集中在护岸模型创建和土石方量计算上,

采用的方法多以 Civil 3D 软件为主,应用点较为单一。袁丽莎<sup>[4]</sup>以长江 12.5 m 深水航道工程为例,使用 Civil 3D 等软件在三维建模、工程量计算、图纸交付等方面进行了应用研究;金瑞等<sup>[5]</sup>介绍如何运用 InfraWorks、部件编辑器等软件,进行数字地形的建立和航道标准化部件定制等内容;李锐等<sup>[6]</sup>通过对 Civil 3D 进行二次开发,优化了疏浚工程量输出和批量出图功能,并提出内河航道疏浚工程 BIM 正向设计思路;杨彪等<sup>[7]</sup>基于协同平台,实现了软件专业内部及专业间的协同设计工作,并基于 Civil 3D 对曲面、地质模型和护岸结构设计进行了应用。本文以京杭运河长江口门段航道整治工程为例,采用 Civil 3D、部件编辑器、Revit

等软件,完成地形及航道模型的构建,对护岸创建方法进行比选分析,研究 Dynamo 二次开发在 BIM 模型创建中的相关应用。

## 1 工程概况

京杭运河长江口门段航道整治工程位于江苏省扬州市,起自施桥船闸止于六圩长江口,全长 5.37 km,主要建设内容为水上方开挖、水下方疏浚、新建护岸等工程。其中,新建护岸结构以格宾护岸和桩基承台式护岸为主。受地质条件和河岸走势影响,施工区域分散,护岸类型较多,靠泊护岸间隔布置使得航道断面多变,断面过渡较为复杂(图 1),给项目建设带来较大压力。

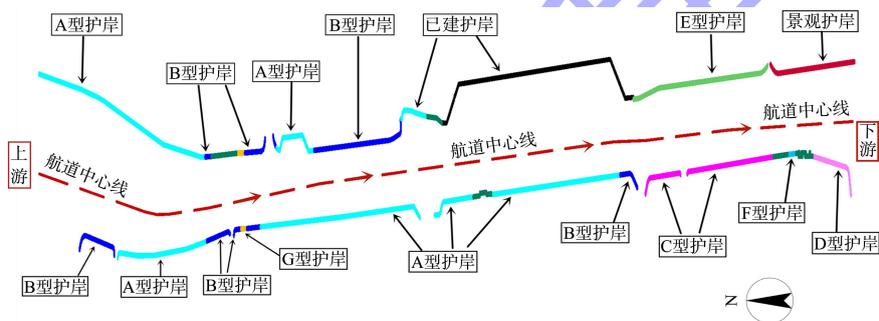


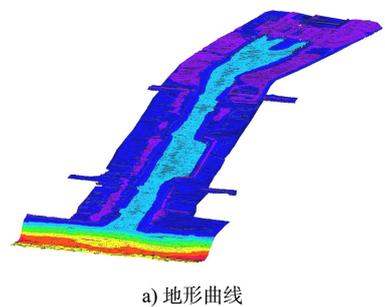
图 1 护岸类型分布

## 2 BIM 建模应用

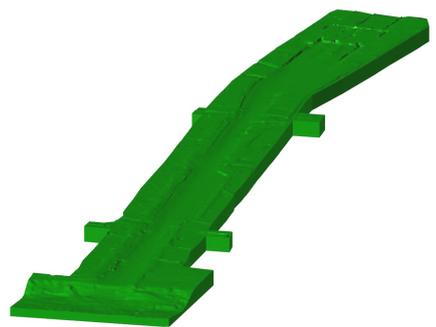
### 2.1 地形曲面创建

项目区域地形复杂且为带状分布,附近待迁区域较多,其中包含了大量的勘测信息,导致传统施工平面图对地形体现不直观<sup>[8]</sup>,不利于施工交底和 BIM 工作的后续开展。而 Civil 3D 软件具有较好的地形处理能力,通过将测绘文件数据或者传统二维图纸信息转换为三维曲面,进而生成三维实体,使得工程地形一目了然。

本项目通过全站仪和 RTK 等设备采集地形测绘数据以及水下水深数据,在 Civil 3D 中,采用三角网曲面算法创建工程前地形曲面,结合已有的等高线、高程点、地物水系等数据,修正曲面信息来提高曲面精度。同时将三维工程前曲面转化为三维实体(图 2),构建了工程前地貌骨架模型,为后续的模式搭建和土石方量统计提供依据。



a) 地形曲线



b) 地形实体

图 2 工程前三维地形模型

### 2.2 三维航道模型构建

项目涉及水下疏浚和航道整治，其中系泊护岸多且在河道两岸交替分布，部分护岸底部因靠泊需要，需要对航道边线进行延伸和特定开挖，因此在航道模型构建过程中，还须考虑各段护岸护底的实际走势。通过下列方式进行三维航道模型构建：

1) 通过使用部件编辑器，结合疏浚及护岸结构信息，采用可视化编程方式创建航道断面<sup>[9]</sup>，

最小高程/m	最大高程/m	颜色	面积/m <sup>2</sup>
-4.00	-3.00	■	835 375.99
-3.00	-2.00	■	27 746.19
-2.00	-1.00	■	27 856.63
-1.00	0.00	■	27 967.08
0.00	1.00	■	175 632.68
1.00	2.00	■	18 108.10
2.00	3.00	■	16 290.19

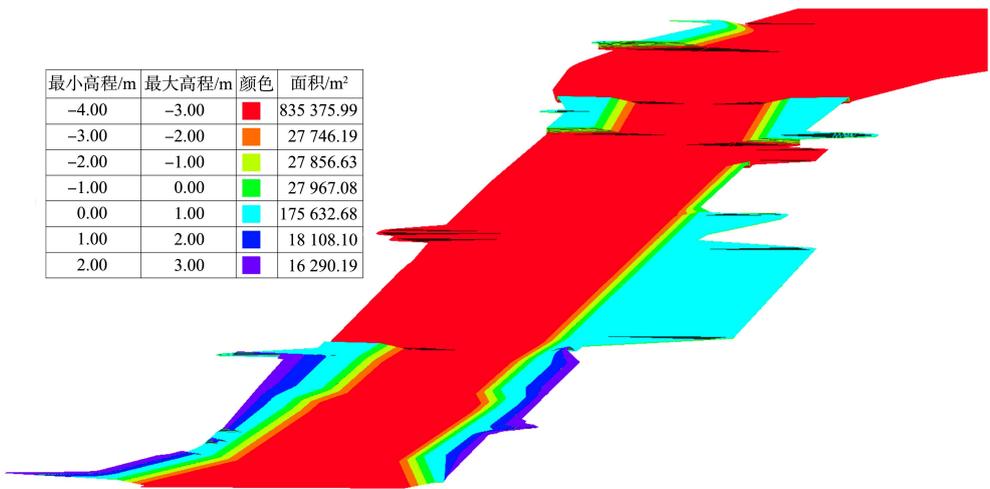


图3 三维设计航道曲面

3) 采用部件编辑器创建各个护岸边线部件，采用如上的方式进行放样得到护岸曲面，最后与工程前曲面、航道曲面进行整合。整合过程中需对疏挖部位进行合理判别，对低于设计疏浚断面

建立具有点、连接代码和逻辑目标的标准化航道部件。通过精确定位航道中心线和底边线，并创建对应的路线偏移和设计纵断面，明确各护岸对应的桩号值。

2) 将航道部件导入到 Civil 3D 中并创建多个“装配”构件，使用“道路”放样功能，通过代码和逻辑目标自动找寻航道边线和高程信息进行精确放样，并使用连接代码提取得到设计航道曲面(图3)。

的地形予以保留，高于设计疏浚断面的地形进行替换，使之更符合工程后实际情况，并最终得到工程后地形曲面(图4)。

最小高程/m	最大高程/m	颜色	面积/m <sup>2</sup>
-7.00	-5.00	■	251 698.20
-5.00	-3.00	■	572 946.39
-3.00	-1.00	■	83 849.36
-1.00	1.00	■	123 113.03
1.00	3.00	■	79 380.04
3.00	5.00	■	41 464.09
5.00	7.00	■	22 365.51
7.00	9.00	■	525.11

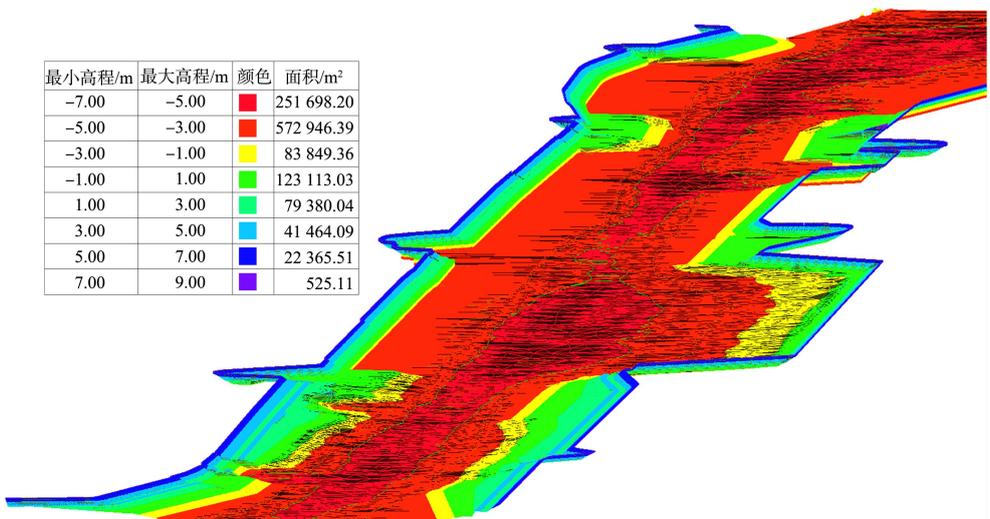


图4 工程后三维地形曲面

通过 Civil 3D 建立三角网体积曲面, 将工程前、后地形曲面分别作为基准曲面和对照曲面, 可直接进行曲面间的土石方量计算。相对于传统

的断面法, 其计算效率和精度均有所提高, 并能够直观展现三维土石方量分布情况(图 5), 解决了以往技术交底不明确的问题。

最小高程/m	最大高程/m	颜色	面积/m <sup>2</sup>
-14.00	-12.00	■	3 096.89
-12.00	-10.00	■	10 659.79
-10.00	-8.00	■	14 264.98
-8.00	-6.00	■	32 340.40
-6.00	-4.00	■	98 764.29
-4.00	-2.00	■	130 212.10
-2.00	0.00	■	235 971.60
0.00	2.00	■	647 589.30
2.00	4.00	■	2 092.00
4.00	6.00	■	346.72
6.00	8.00	■	3.45

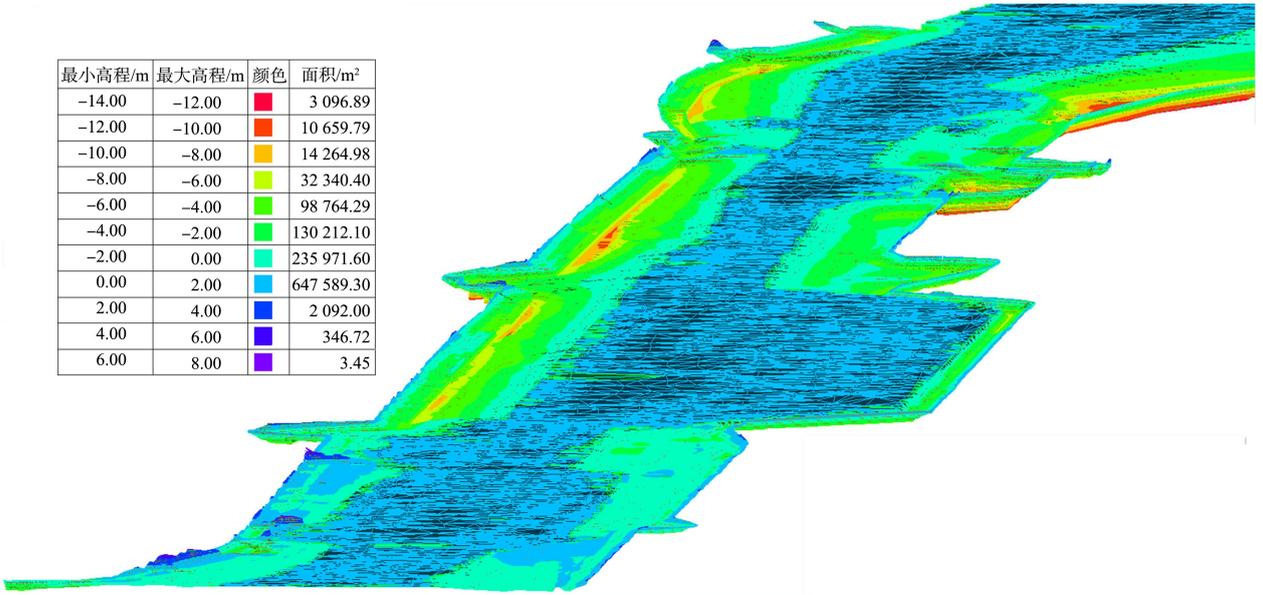


图 5 三维土石方量分布情况

### 2.3 护岸模型创建比选

#### 2.3.1 采用 Civil 3D 创建护岸模型

已有研究对护岸 BIM 模型的构建多基于 Civil 3D 软件, 并结合部件编辑器进行护岸断面编辑<sup>[10-12]</sup>。本文基于参数化设计理念, 通过在部件

编辑器中定义输入输出参数、增加逻辑目标以及添加点、连接、造型代码的方式, 建立了护岸结构断面(图 6), 通过 Civil 3D 的“道路”放样方式, 沿指定路线和高程生成三维护岸模型(图 7)。

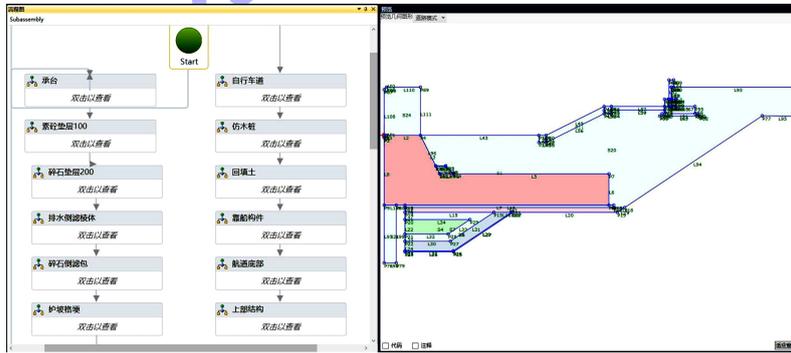


图 6 部件编辑器编辑的护岸断面

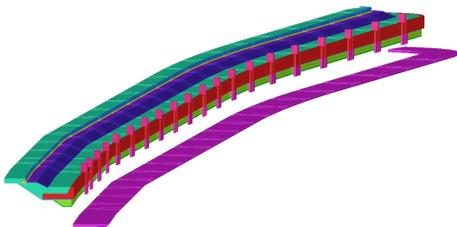


图 7 Civil 3D 生成的三维护岸模型

从图 6~7 可知, 利用 Civil 3D 创建的护岸模型为连续分布且在转折条件下过渡较好。该方法具有以下优点: 1) 模型对地形的适应性较好, 可根据高程和偏移路线, 通过“道路”生成的方式来指定放样, 创建的模型同地形可自动关联和动态更新, 减少了后续因地形变化导致的模型重建;

2)采用部件编辑器进行护岸断面结构创建,并可以通过改变输入、输出参数进行结构尺寸的调整,减少了后续设计变更的影响。因此建议在地形走势复杂的条件下使用该方法。

Civil 3D 创建的模型具有如下不足:1)三维模型多为实体模型,在结构材质上体现较差,须后期添加实体材质和结构属性,并对后续结构划分、施工计量、模型展示和属性传递等造成较大困难;2)护岸结构断面变化较大,须通过添加多个“装配”的方式进行结构断面的增加,需要手动输入各“装配”桩号值进行单个添加,增加工作量;3)钢板桩和灌注桩数量较多,在创建间隔布置下的灌注桩和连续布置下的钢板桩有较大难度,需要后续联合其他建模软件进行整合搭建;4)在结构工程量统计上,Civil 3D 软件中多通过设置采样线和定义特性集的方式进行计算,其计算精度多依赖于采样线的布置间距,在精确统计工程量上还有待提高。

### 2.3.2 采用 Revit 创建护岸模型

受限于水运工程结构的特殊性,针对该领域的 Revit 构件族较少。本文结合设计需求和施工需要创建了各护岸构件参数化族,并通过改变族、实例和项目参数来驱动构件尺寸、物理和外观等属性,避免了族的重复创建,提高了建模效率<sup>[13]</sup>。图 8 为采用 Revit 建立的护岸模型。

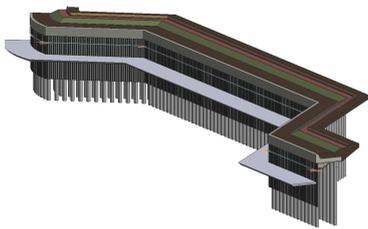


图 8 Revit 生成的三维护岸模型

通过对比发现,依托 Revit 以构件族的方式搭建护岸模型具有如下特点:1)相较于 Civil 3D 软件创建的模型,其精细度极大提高;以族的方式进行模型搭建能适应多类型护岸结构,且更大程度上保留了构件的属性信息,可为后续工程的建养管理提供信息支撑;2)相较于 Civil 3D 软件可快速添加实体材质和结构等属性信息,不需要后

续通过其他软件来赋予材质信息,并且通过明细表导出结构工程量也更为方便。

比较可知:Revit 软件所建立的护岸模型能弥补 Civil 3D 软件在模型上的欠缺,但在地形契合度上,Revit 建立的 BIM 模型略有不足,可提前结合 Civil 3D 的曲面编辑对地形进行修整。因此,决定采用 Revit 软件搭建本项目新建护岸。

### 2.4 Dynamo 二次开发

本工程桩数量较多,其桩长、桩径因护岸类型和地质因素而不尽相同。因护岸走势曲折,所以如何能快速、精确、批量地沿护岸走势建立灌注桩和钢板桩是本工程建模的重点和难点。由于 Dynamo 可视化程序与 Revit 的 BIM 模型能即时联动,对复杂几何、参数式造型设计等工作都能有很好的支援<sup>[14]</sup>。使用 Dynamo 可视化编程软件对 Revit 进行二次开发,实现了对灌注桩沿给定路线、给定间距下快速放样建模;钢板桩在指定路线放样过程中,通过实时计算切角和切向量,解决了复杂路线钢板桩放置问题,实现沿特定路径、特定角度、特定间距的钢板桩布置方式(图 9)。通过该方法,在 BIM 模型中快速创建了约 4 000 根灌注桩、8 000 根钢板桩和 15 000 根木桩,使得模型创建速度和精度得到极大提高。

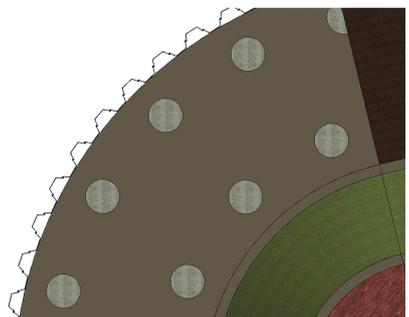


图 9 采用 Dynamo 完成的模型创建

BIM 模型在施工计量应用中,各构件的编号唯一性是实现计量支付的前提。Revit 软件只能手动查询各构件的 ID 值,通过 Dynamo 可视化编程软件,自动提取护岸各构件的 ID 值并附加在构件属性中(图 10),解决了以往只能单一查询各构件 ID 值的问题,还能通过工程量清单

方式直接导出, 为施工计量支付和 4D 施工模拟提供属性支撑。



图 10 护岸构件 ID 值

### 3 结论

1) Civil 3D 具有较好的地形处理能力, 通过将测绘文件数据或者传统二维图纸信息转换为三维曲面, 完成工程前地貌骨架模型的构建, 并为后续的模式搭建和土石方量统计提供依据。

2) 使用部件编辑器可建立具有点、连接代码和逻辑目标的标准化航道部件, 结合 Civil 3D 的“道路”放样功能, 可对复杂航道三维模型进行创建。

3) 对于护岸 BIM 模型的创建, 当结构较为单一且与不规则地形衔接紧密时宜采用 Civil 3D 进行创建; 若护岸结构复杂多变, 则宜采用 Revit 进行创建, 同时使用部件编辑的方式对工程后地形进行修正, 使地形同模型契合紧密。

4) 对于复杂布置且工程量较大的 BIM 模型, 通过 Dynamo 进行可视化编程并与 Revit 进行即时联动, 能快速、精确、批量地进行创建。

### 参考文献:

- [1] 郭涛. BIM 技术在航道建设中的作用[J]. 水运工程, 2018(12): 21-25.
- [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] 陈洋, 余美娟. BIM 技术应用于航道整治工程的分析研究[J]. 中国水运(下半月), 2020, 20(1): 150-151.
- [4] 袁立莎. BIM 技术在航道整治工程中的应用研究[J]. 港工技术, 2016, 53(4): 20-24.
- [5] 金瑞, 朱明, 肖春红. BIM 技术在航道整治设计中的应用[J]. 人民珠江, 2017, 38(11): 65-67, 71.
- [6] 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.
- [7] 杨彪, 侯勇, 李家华, 等. Civil 3D 在深圳 LNG 项目护岸设计中的应用[J]. 水运工程, 2019(9): 201-205.
- [8] 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.
- [9] 梁凯旋. Civil 3D 结合部件编辑器在水利工程中的应用[J]. 西北水电, 2016(4): 82-86, 92.
- [10] 邢桂杰. BIM 技术在航道整治工程中的应用研究[J]. 建筑技术开发, 2019, 46(16): 115-117.
- [11] 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.
- [12] 王鹏, 杨建东. BIM 技术在新九河段航道整治二期工程设计中的应用[J]. 水运工程, 2018(9): 21-24, 32.
- [13] 朱茜, 包腾飞. BIM 技术在拱坝工程中的应用研究[J]. 水利水电技术, 2019, 50(4): 107-112.
- [14] 罗嘉祥, 宋珊, 田宏钧. Autodesk Revit 炼金术—Dynamo 基础实战教程[M]. 上海: 同济大学出版社, 2017.

(本文编辑 郭雪珍)

(上接第 170 页)

### 参考文献:

- [1] 长江航道局. 内河通航标准: GB 50139—2014[S]. 北京: 中国计划出版社, 2014.
- [2] 四川省交通勘察设计研究院有限公司. 岷江(龙溪口至宜宾)航道整治工程可行性研究报告[R]. 成都: 四川省交通勘察设计研究院有限公司, 2017.
- [3] 中交第一航务工程勘察设计院有限公司. 港口与航道水文规范: JTS 145-1—2015[S]. 北京: 人民交通股份有限公司, 2015.
- [4] 刘涛. 基于 Matlab 水位-流量关系曲线的高水延长[J]. 南方农业, 2015, 9(27): 240-242.

(本文编辑 郭雪珍)