



BIM技术在船闸人字闸门设计中的应用

李超军, 叶雅思, 彭厚德, 付平

(湖南省交通规划勘察设计院有限公司, 湖南长沙410200)

摘要: 针对人字闸门传统二维设计方法及表达形式局限的问题, 结合澧水青山船闸工程, 运用BIM技术模块化、参数化、协同化特性开展人字闸门设计, 创建人字闸门BIM模型并进行碰撞检查、工程出图及自动算量, 生成多种可视化设计成果, 从而降低工程技术人员的设计强度, 有效避免了设计变更及产品返工问题。BIM技术相较于传统二维设计模式, 能有效提升人字闸门的设计效率与图纸质量, 降低沟通成本, 把控工程造价。

关键词: 人字闸门; BIM设计方法; 碰撞检查; 工程出图; 自动算量; 可视化成果

中图分类号: U641.3+31

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2024)10-0164-06

Application of BIM technology for design of miter gate of ship lock

LI Chaojun, YE Yasi, PENG Houde, FU Ping

(Hunan Provincial Communications Planning, Survey & Design Institute Co., Ltd., Changsha 410200, China)

Abstract: In view of the problem of the limitation of the traditional two-dimensional design method and the presentation for the miter gate, combining with the Qingshan ship lock project in the Lishui River, we design the miter gate based on the BIM characteristics of modular, parametric and collaborative, create BIM models of miter gates, carry out collision checking, engineering drawings export, and automatic engineering quantity statistics, and generate a variety of visual design results. The application can reduce the design intensity of the designers, and effectively avoid the design changes and rework problems. Compared with the traditional 2D design mode, the use of BIM technology for the miter gate design can effectively improve the design efficiency and quality of drawings, reduce the cost of communication, control the cost of the project.

Keywords: miter gate; BIM design method; collision check; engineering drawing export; automatic engineering quantity statistics; visual results

近年来, 信息化革命发展迅猛, 建筑信息模型 (building information modeling, BIM) 技术在水运工程设计领域逐步深入融合^[1-3]。借助BIM技术能有效解决传统二维设计的局限性, 改变传统的设计思路与方法, 形成新的设计应用技术路线。当前, 许多学者分别就浮式检修门、三角闸门、平面钢闸门、浮式系船柱等常见船闸金属结构运用BIM技术进行了相关研究及应用^[4-7], 但针对人字闸门的BIM技术应用较少。人字闸门结构复杂、零部件众多, 采用传统的CAD二维设计方法, 图

纸绘制及工程量统计较为繁琐, 且容易出现“错漏碰缺”, 设计效率和质量均有待提升。本文以澧水石门—澧县航道建设工程青山船闸为例, 基于BIM技术开展船闸人字闸门设计, 旨在提高其设计效率和质量, 为人字闸门技术研究与应用提供借鉴。

1 工程概况

青山枢纽工程位于湖南省常德市石门县境内, 建设内容包括新建1座2000吨级船闸以及改建青山枢纽左汊泄水闸, 是澧水石门—澧县航道建设

收稿日期: 2024-01-09

作者简介: 李超军 (1992—), 男, 硕士, 工程师, 从事水运工程设计和BIM技术研究。

工程主要控制性工程, 其船闸总体 BIM 模型见图 1。青山枢纽船闸级别为 II 级, 闸室的有效尺寸为 $200\text{ m} \times 34\text{ m} \times 4.5\text{ m}$ (长 \times 宽 \times 门槛水深)。船闸工作闸门采用人字闸门, 上、下闸首人字闸门单扇门叶尺寸分别为 $19.82\text{ m} \times 13.62\text{ m} \times 2.5\text{ m}$ (长 \times 高 \times

厚)、 $19.82\text{ m} \times 18.52\text{ m} \times 2.5\text{ m}$ 。人字闸门是船闸工程的重要部件, 若因设计质量问题造成返厂、返工, 将对船闸施工进度产生重大影响, 因此运用 BIM 技术解决其在设计、制造、安装过程中的痛点问题非常必要。

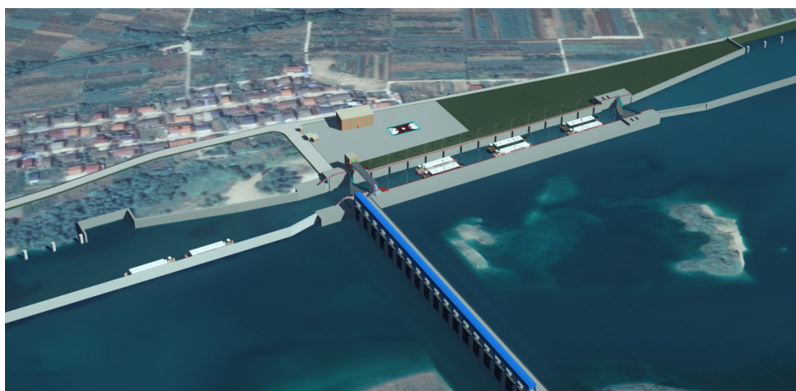


图 1 青山枢纽船闸总体 BIM 模型

2 人字闸门 BIM 设计思路和方法

2.1 模块化设计

模块是根据功能和结构特征划分的模块化设计和制造单元, 具有相对独立性以及一定的通用性、互换性^[8]。模块化设计方法指通过不同的新项目逐步完善人字闸门各 BIM 模块的迭代更新与

积累, 使通用模块标准化、系列化, 进而快速实现人字闸门 BIM 正向设计, 有效提升设计效率。运用 BIM 技术对人字闸门进行模块划分, 依次创建闸门零部件 BIM 模型并自下而上逐级装配, 可得到人字闸门的 BIM 总成模型, 见图 2。

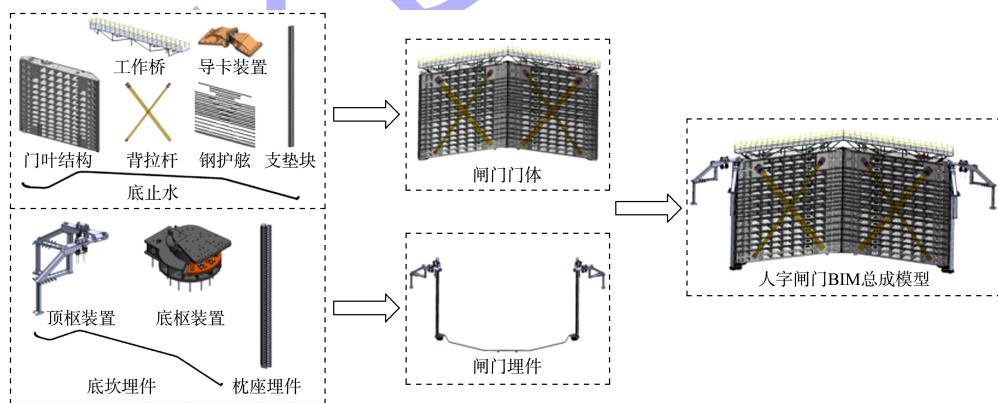


图 2 人字闸门模块化设计与装配

2.2 参数化设计

参数是 BIM 模型的关键要素, 参数化设计是 BIM 技术应用的一个重要手段。人字闸门结构参数关联错综复杂, 施工图绘制繁琐且易发生“错漏碰缺”。在口门宽度一定的情况下, 闸门门叶结构设计主要是调整主梁间距和尺度规格, 运用 BIM 技术实现门叶结构参数化设计后, 开展新项目或

优化设计过程中, 调整主梁间距和板件尺寸即可自动更新生成满足设计要求的 BIM 模型, 工程图纸和工程量自动更新, 设计效率与质量均显著提升。以底枢“蘑菇头”为例(图 3), 运用 BIM 参数化设计, 直接更改其特征参数即可实现二次设计与修改, 直观、高效又准确。

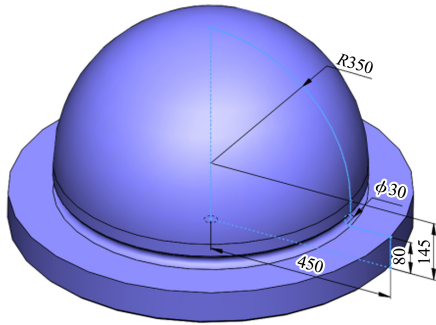


图3 “蘑菇头”参数化设计 BIM 模型 (单位: mm)

2.3 协同化设计

协同化设计是基于 BIM 技术的新型设计模式，

实现了传统二维串行设计模式向三维并行设计模式的转变。人字闸门结构复杂，专业接口与内部接口众多，传统的 CAD 二维设计模式下，接口对接及校审十分繁琐。以人字闸门各部件间协同设计为例，可明确门叶结构、顶枢、底枢、工作桥等零部件边界条件并指定不同人员设计，最终在协同平台汇总装配，协同设计思路见图 4。可视化交互与实时更新使得专业间协作更加高效畅通，有效避免了由设计意图理解不一致、参数修改沟通不及时、接口信息传递不充分等原因造成的设计变更和返厂、返工。

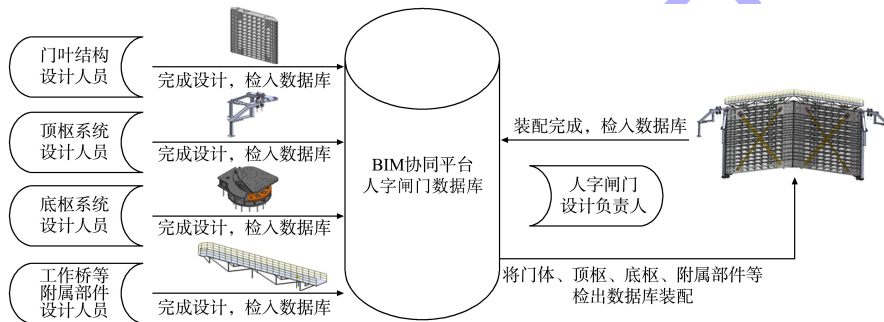


图4 人字闸门各部件间的协同设计思路

3 人字闸门 BIM 设计路线及成果应用

3.1 模型创建

3.1.1 门叶结构

基于模块化、参数化、协同化设计方法，运用 BIM 软件 Solidworks 逐级创建人字闸门及其零部件三维模型。

青山船闸下闸首人字闸门门叶结构由 15 道主梁、纵梁、门轴柱、斜接柱、背拉杆、防撞钢护舷和工作桥等组成，创建门体结构 BIM 模型见图 5。门叶设置单层背拉杆，每层背拉杆设主背拉杆 3 根、副背拉杆 2 根，顶部设置工作桥，门轴柱和斜接柱截面形式为开口式，采用连续式支、枕垫兼作侧止水使用。

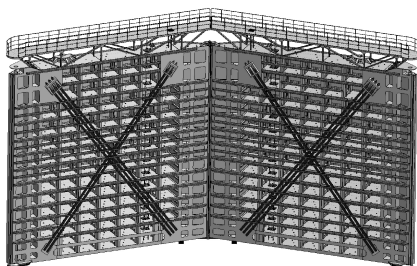


图5 人字闸门门体结构 BIM 模型

3.1.2 顶枢系统

顶枢系统主要由 A、B 拉杆，A、B 拉架，顶枢座，楔形块，调节螺杆，轴及轴套等组成，创建顶枢系统 BIM 模型见图 6，门体结构通过顶枢轴与顶枢连接从而实现其绕轴运转。顶枢系统通过拧动套在楔形块中的调节螺杆，可使楔形块上、下移动，从而调整 A、B 拉杆的轴向长度，以控制门叶的整体倾斜，保障闸门的安装精度。

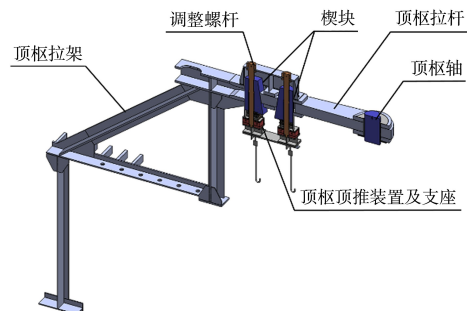


图6 人字闸门顶枢系统 A 拉架剖视 BIM 模型

3.1.3 底枢系统

底枢系统主要由承轴槽、球瓦、蘑菇头、磨

菇头垫板和底枢座等组成, 通过承轴槽与闸门螺栓连接固定。创建底枢系统 BIM 模型见图 7, 蘑菇头通过半包围蘑菇头垫板将其卡在底枢座上, 球瓦与承轴槽过盈配合固定。球瓦与蘑菇头间隙配合并绕蘑菇头旋转以实现闸门的运转。

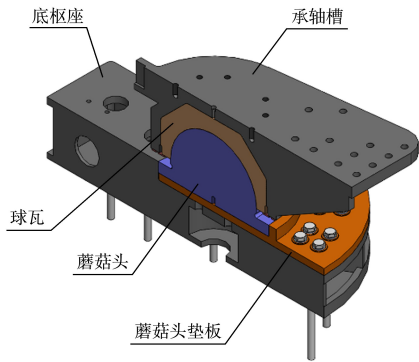
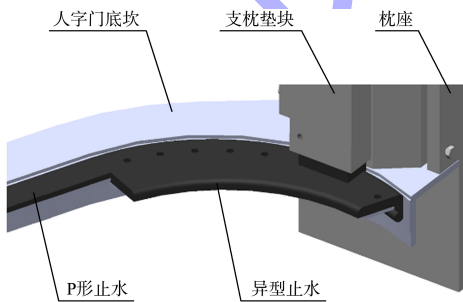


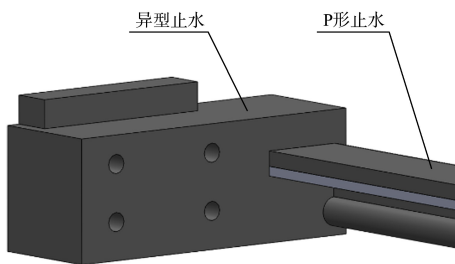
图 7 人字闸门底枢系统剖视 BIM 模型

3.1.4 止水系统

人字闸门止水系统采用钢柔结合的模式。侧止水采用钢止水, 底止水采用 P 形止水, 为使侧止水与底止水能够有效衔接并确保止水效果, 在门轴柱处和斜接柱底部分别采用异型橡胶过渡, 且分段连接处采用热接处理。止水系统异型橡胶连接设计方案见图 8。



a) 门轴柱处异型橡胶连接设计



b) 斜接柱底部异型橡胶连接设计

图 8 人字闸门止水系统 BIM 模型

3.2 碰撞检查

人字闸门结构复杂, 传统的 CAD 二维设计方法很难完全规避“错漏碰缺”, 并且图纸的校核、审核工作量大, 设计、制造及安装过程中容易出现设计变更及返厂、返工问题, 致使工期受阻, 造成经济损失。

运用 BIM 技术创建人字闸门三维模型, 可直接生成模型干涉结果报表, 并在 BIM 模型中以不同颜色显示区分, 闸门结构“错漏碰缺”排查率可达到 100%, 对施工图设计查漏补缺、优化改进意义重大, 也为后期的制造、安装有序开展提供了技术保障。以顶枢系统为例, 对 BIM 模型进行碰撞检查, 见图 9。排查后确认显示干涉项均为螺栓与螺孔的配合, 顶枢系统碰撞检查正常。

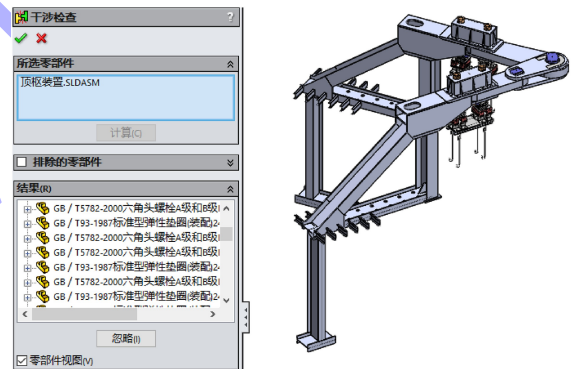


图 9 顶枢系统碰撞检查界面

3.3 工程出图

传统 CAD 二维设计的图纸风格各不相同, 不利于图纸审阅。基于 BIM 技术设定企业工程图纸标准模板, 可标准化视图、注解、注释及各类表格的格式, 图纸绘制更加规范。运用 BIM 技术, 可基于人字闸门三维参数化模型直接导出工程图 (图 10), 生成结构三视图及必要的剖视图、轴测图、局部大样图等视图, 根据需要添加尺寸标注、焊缝、序号等注解注释, 然后导出材料明细表, 完成图纸绘制后直接导出 pdf 文件打印出版, 无需再返回 CAD 中调整。方案优化时修改部分结构参数, 工程图纸同步关联自动更新。

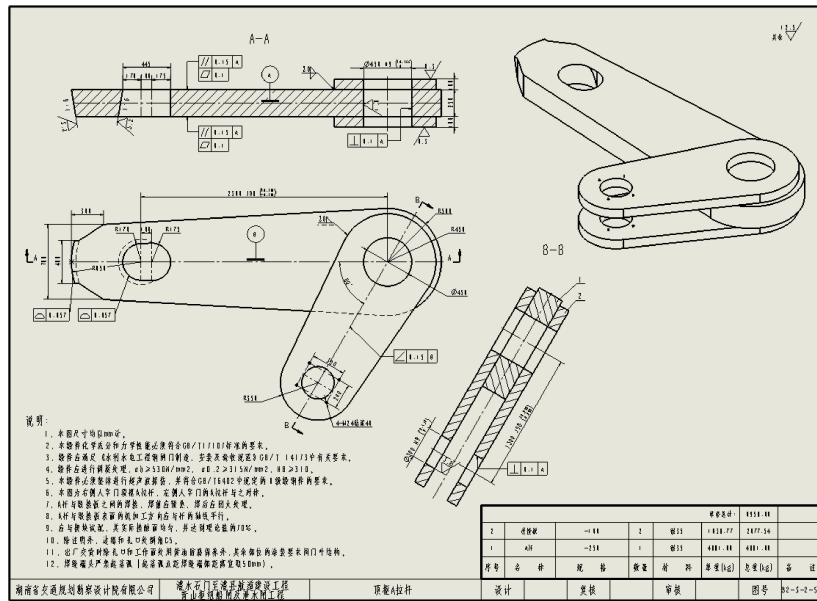


图 10 BIM 软件出图实例

3.4 自动算量

运用 BIM 技术绘制人字闸门施工图纸时可同步导出材料明细表，自动计算整理各零部件质量、数量及总质量等工程量信息，结构修改时工程量表同步更新，节省了工程量统计时间；此外，还可基于 BIM 模型提取质量属性，获得结构

的质量、表面积、重心等关键信息，对人字闸门工程量统计、防腐面积计算等意义重大。以青山船闸下闸首人字闸门门体结构为例(图 11)，提取质量属性得到闸门质量 687 t，防腐面积 9 800 m²，可帮助设计人员更加精准地把控结构设计与工程造价。

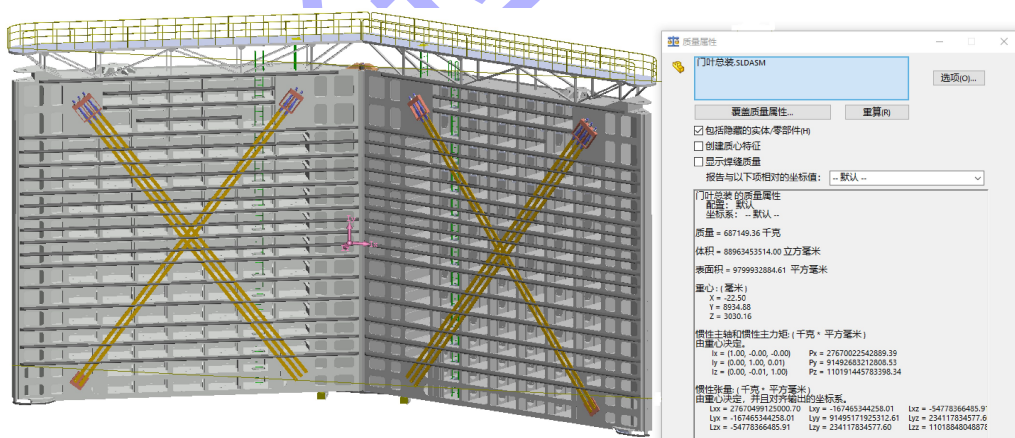


图 11 人字闸门门体质量属性界面

3.5 可视化成果交付

传统二维设计模式下的设计成果通常以二维图纸及文字报告的形式呈现，参建各方无法直观地了解人字闸门的复杂结构，给制造、安装及运维管理带来一定难度。运用 BIM 技术在可视化环境下创建人字闸门 BIM 模型并导出工程图纸，生

成各类分解及装配视图(图 12)、动画视频、三维 pdf 文件或 exe 文件(图 13)等各类通用格式文件，实现方案汇报、设计评审、设计交底、施工指导、教育培训等环节的 BIM 可视化应用，设计成果交付形式多样，便于相关从业人员高效、便捷、精准地掌握设计意图，大幅降低沟通成本。

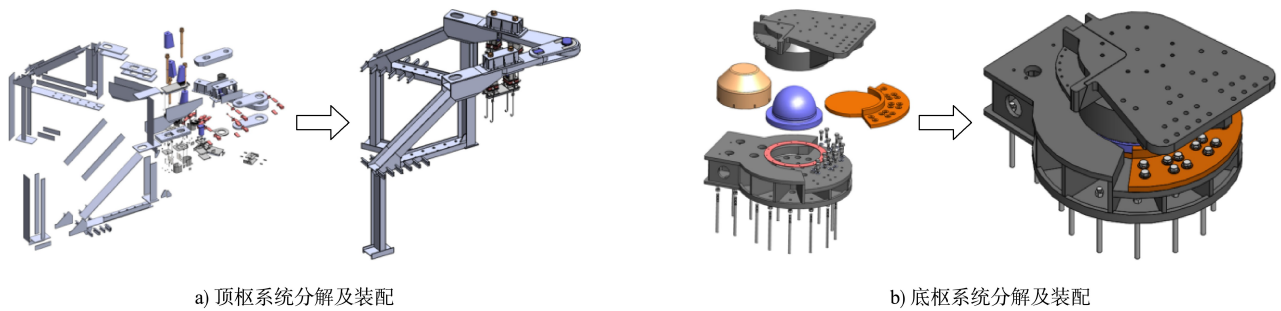


图 12 人字闸门可视化设计应用

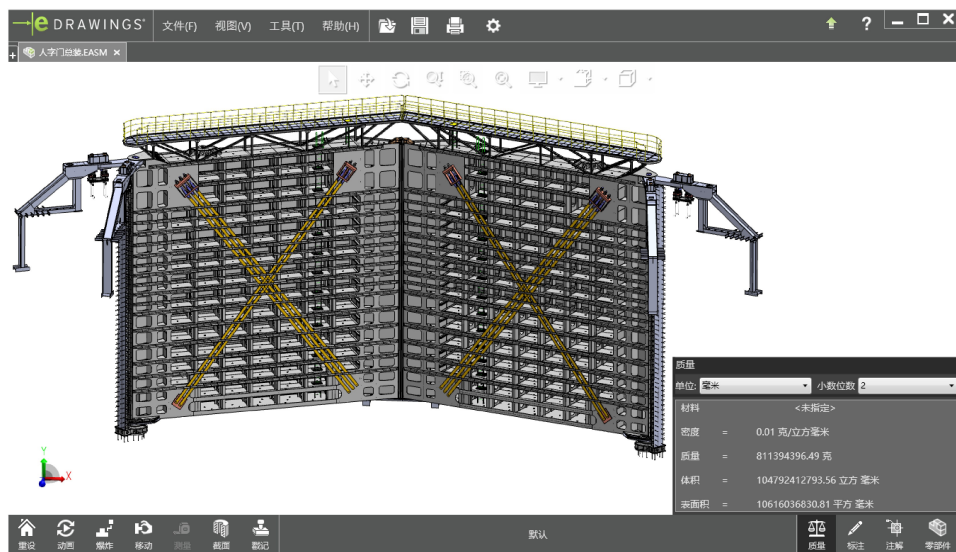


图 13 人字闸门设计成果交付界面

4 结论

1) 基于人字闸门 BIM 模型的碰撞检查,“错漏碰缺”排查率达到 100%,能规避方案变更之外的其余变更,设计变更减少 98% 以上,有效控制设计质量及工程造价。

2) BIM 技术可实现人字闸门工程出图,基于工程图标准模板导图,绘图效率显著提升,且工程图纸更加统一、规范。

3) 人字闸门设计过程中,运用 BIM 技术自动算量,可节省 95% 以上的工程量统计时间,减轻工程技术人员的工作强度。

4) 人字闸门 BIM 可视化设计成果形式多样,便于工程技术人员高效、便捷、精准地掌握设计意图,大幅降低沟通成本。

5) 运用 BIM 开展人字闸门设计,可突破传统 CAD 二维设计的局限性,将工程技术人员从繁琐的施工图设计修改及图纸校审中解放出来。基于模块化、参数化、协同化等方法对人字闸门各模块通用化、系列化设计,不断完善 BIM 构件库,能降低沟通成本,显著提升设计效率和质量,控制工程造价,可为类似工程的设计提供参考。

参考文献:

- [1] 钱丽,刘松,孙子宇,等. BIM 技术在水运基础设施的应用及发展战略[J]. 水运工程, 2017(10): 80-85.
- [2] 陶书东,李树海,刘成鑫,等. 大型船闸金属结构 BIM 技术的应用[J]. 水运工程, 2018(1): 123-128.

(下转第 187 页)