



# BIM 技术在船闸金属结构设计中的应用优势

李超军, 叶雅思, 刘志敏

(湖南省交通规划勘察设计院有限公司, 湖南 长沙 410200)

**摘要:** 传统的船闸金属结构二维设计具有绘图算量工作量大、设计周期长、专业协同局限、复杂结构绘图识图难等问题, 运用 BIM 技术可统一金属结构设计路线, 基于标准模板完成 BIM 模型创建、有限元计算、工程图纸导出等, 实现金属结构 BIM 正向设计。BIM 技术具有模块化设计、协同设计、参数化设计及可视化设计等特性, 利用其开展船闸金属结构设计可缩短设计周期, 推进产品标准化、系列化进程; 促进专业间协作; 实现参数的驱动修改与自动更新; 精准表达、传递设计意图。实践表明, 与传统的二维设计模式相比, 运用 BIM 技术进行船闸金属结构设计能有效提升设计效率与质量, 实现信息的高效传递与集成管理, 优势显著。

**关键词:** 船闸金属结构; BIM 技术; 模块化设计; 协同设计; 参数化设计; 可视化设计

中图分类号: U641

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2024)04-0145-05

## Application advantages of BIM technology in metal structure design of ship lock

LI Chaojun, YE Yasi, LIU Zhimin

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

**Abstract:** Traditional 2D design of ship lock metal structure has problems such as large drawing calculation workload, long design cycle, limited professional collaboration, and difficulty in drawing and reading complex structures. BIM technology can be used to unify the design route of metal structure, complete BIM model creation, finite element calculation, engineering drawing export, etc., based on standard templates, and realize forward design of metal structure BIM. BIM technology has the characteristics of modular design, collaborative design, parametric design and visual design, and using it to carry out the metal structure design of ship lock can shorten the design cycle, promote the process of product standardization and serialization, promote inter-professional collaboration, realize the driving modification and automatic update of parameters, and accurately express and convey design intent. Practice shows that compared with the traditional 2D design mode, the use of BIM technology for ship lock metal structure design can effectively improve the design efficiency and quality, and realize the efficient transmission and integrated management of information, which has significant advantages.

**Keywords:** ship lock metal structure; BIM technology; modular design; collaborative design; parametric design; visual design

近年来, 工程建设行业对于设计效率和设计质量的要求越来越高, 业主对品质工程的决心与精细化要求日益增强, 项目的复杂程度不断增加, 传统二维设计模式的局限性不断放大, 工程管理的漏洞与弊端日益凸显。BIM 技术应用于水运工程可大幅提高工程建设各阶段的数智化程度, 引

领管理模式、设计方法产生重大变革。然而限于 BIM 技术的发展现状和设计人员对 BIM 的掌握程度, 目前尚无法全方位、深层次地实现 BIM 的正向设计, 大部分企业及工程人员仍局限于简单的翻模, 未能深度挖掘 BIM 的应用价值。

国内许多科研院所已经在水运工程 BIM 正向

收稿日期: 2023-07-24

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。

设计领域进行积极探索,钱丽等<sup>[1]</sup>提出 BIM 技术在水运基础设施的应用及发展战略,陶书东等<sup>[2-3]</sup>开展了大型船闸金属结构 BIM 技术的应用研究及基于模块化理念的船闸金属结构设计探索,李玲君<sup>[4]</sup>实现了三角闸门自动化设计,严沾谋<sup>[5]</sup>研发了基于 BIM 技术的平面钢闸门三维设计计算和出图一体化软件,李超军等<sup>[6]</sup>总结了 BIM 技术在船闸金属结构全生命周期中的应用。本文就 BIM 技术在船闸金属结构设计中的技术特性和应用优势进行分析总结,以期水运行业进一步推动 BIM 正向设计提供启发。

1 设计标准统一

1.1 设计路线

船闸金属结构设计时,可运用 BIM 技术对设计路线进行统一。首先创建 BIM 模型,然后基于 BIM 模型进行有限元计算分析,结合计算结果优化分析后,最终输出工程模型并导出工程图纸、编制设计报告,见图 1。

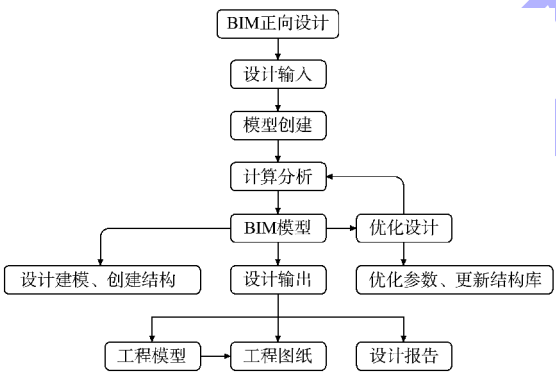


图 1 船闸金属结构 BIM 正向设计技术路线

运用 BIM 技术可根据设计输入资料进行三维正向设计,拟定初步方案,然后通过自下而上的建模方法创建各个模块,装配成参数化 BIM 模型,方案经审核无误后进一步细化结构,避免设计失误造成的重复性工作及施工图返工。基于 BIM 模型可进行结构有限元计算,优化设计方案,最后导出工程模型及图纸。在新建类似工程设计或已建工程改造设计时,可调取已有 BIM 模型优化设计参数,生成新的 BIM 方案,快速实现船闸金属结构设计。

1.2 设计模板

采用传统的 CAD 二维设计模式时,因不同设计人员的绘图习惯不同,往往出现同一个工程甚至同一册图纸的格式及表述大相径庭的情况,增大了校核审核、优化设计以及读图识图的难度。运用 BIM 技术,设计人员可根据企业标准,制定符合专业习惯的标准模板。在进行船闸金属结构设计时,可创建 BIM 集成化模块,制定零件、装配体及图纸模板,包括标准图框、标题栏、明细表等一套标准体系,设定字体、字号、线粗、零部件序号、表面粗糙度、形位公差、焊接符号等关键要素标准,最后基于标准模板创建 BIM 模型并导出工程图,自动计算工程量,实现图纸绘制的规范化,有效提升绘图效率与质量。

2 技术手段多样

2.1 模块化设计

船闸金属结构设计过程中,对某一类金属结构进行分析规划,将具有一定功能特征和结构特征的零部件划分为设计制造的基本单元,设计出一系列模数化和分块化的零部件模型,即模块化设计。

船闸金属结构设计时,根据功能和结构特征可实现对金属结构零部件的模块划分(表 1),基于不同 BIM 模块的创建和组合,可快速实现该结构 BIM 的正向设计。

表 1 某船闸主要金属结构模块划分

结构类别	模块划分
人字闸门	闸门:门叶结构、背拉杆、导卡装置、底止水、钢护舷、支垫块、工作桥等
	埋件:顶枢装置、底枢装置、枕座埋件、底坎埋件、防撞装置、锁定装置等
浮式检修闸门	闸门:门叶结构、止水、滑块、侧导轮、底导轮、爬梯、护栏、系船环等
	埋件:底槛、侧槛、侧轨、底轮埋件、限位装置埋件等
工作阀门	阀门:门叶结构、止水、主滚轮装置、侧滚轮装置等
	埋件:主轨、侧轨、反轨、底槛、端槛、门楣等
检修阀门	阀门:门叶结构、止水、主滑块、反滑块、侧轮、充水阀等
	埋件:主轨、侧轨、反轨、底槛、端槛、门楣等
浮式系船柱	柱体:浮筒、人孔盖、系缆架、连杆、法兰盘、横向滚轮、纵向滚轮等
	埋件:导轨、护角、限位装置等

以某船闸人字闸门为例，闸门结构可划分为门叶结构、背拉杆、导卡装置、底止水、钢护舷、支垫块、工作桥等模块，埋件可划分为顶枢装置、底枢装置、枕座埋件、底坎埋件、防撞装

置、锁定装置等模块。人字闸门设计时通过创建或调取参数匹配的模块进行装配，可快速生成满足设计要求的 BIM 模型(图 2)，有效提升设计效率。

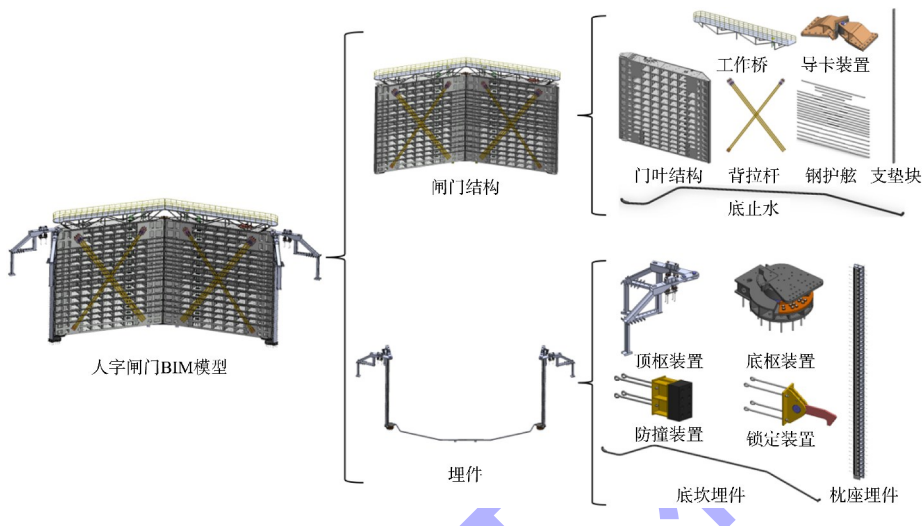


图 2 某船闸人字闸门模块化设计

运用 BIM 技术进行模块化设计，关联模块间应具备一定的逻辑衍生关系，并预留统一的接口，经过反复实践，不断优化更新，积累形成模块构件库。模块构件库累积到一定程度后，数据集成与迭代传承效果显著提升，可帮助提高制造工艺水平，缩短设计、制造、安装周期，产品更新换代快，助推金属结构标准化、系列化进程。模块化设计可提升零部件的通用性、互换性，维修更加方便，船闸金属结构运营过程中某一模块出现故障时可直接更换备品备件，避免或缩短停航时间，降低社会影响。

### 2.2 协同设计

BIM 协同设计是一种设计模式和流程的变革。运用 BIM 技术进行船闸金属结构协同设计，首先商定各设计人员的设计边界条件，初步建立各自负责的 BIM 模型，同步检入设定的数据库中，由项目负责人装配成套。各设计人

员协同设计，通过权限设置，各设计人员均可在本地工作空间开展自己设计权限范围内的模块设计，然后上传至数据库平台，实时更新，实现协同设计。

以船闸工作阀门为例(图 3)，在明确设计边界条件后，分别指定不同的设计人员设计门叶结构、止水、主滚轮装置、侧滚轮装置，同时检入设定好的工作阀门 BIM 模型数据库，由工作阀门设计负责人检出装配并审核，设计人员可直接在 BIM 总装模型中查看并修改自己负责的模块，实时优化更新，协同完成工作阀门的设计。基于协同化设计，同一项目组的不同成员可跨越时间、空间的限制，同时在同一个平台进行 BIM 协同设计，设计成果实时交互，专业间协作更加紧密、畅通，有效规避了专业接口冲突，避免因信息传递不充分、沟通不及时等原因造成的设计变更。

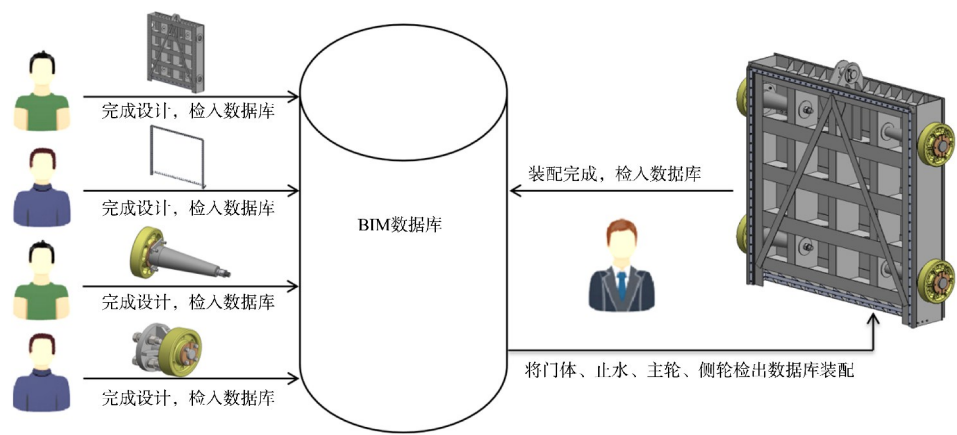


图 3 某船闸工作阀门协同设计流程

2.3 参数化设计

参数化设计就是将零部件的定量参数信息通过参数关联变量化，使之能够根据设计意图快速调整，通过对变量参数赋值快速获取参数不同的同类 BIM 模型。

船闸金属结构通常为非标结构，设计初期零部件的外形及尺寸具有一定的模糊性，各零部件的参数信息需要在装配验证、性能分析等校验后才能确定，因此创建的 BIM 模型应具备易于修改的特性。在船闸金属结构设计过程中，应对每个零部件就总体尺寸、定形尺寸、定位尺寸进行分类梳理，根据结构特性确定哪些参数需要优化修改，哪些参数遵循一定的逻辑关系随自变量的修改而变化，建立模型的参数关联，以此创建参数化 BIM 模型。合理的参数化设计能提升 BIM 模型的通用性，方案优化时直接修改相关自变量参数，可实时驱动更新 BIM 模型，工程图纸同步更新，使金属结构与图纸修改变得高效便捷。

以船闸浮式检修闸门为例，根据闸门结构特征梳理零部件参数之间的逻辑关系，可建立参数化 BIM 模型。如图 4 所示，当闸门总体尺寸需要修改时，在已有闸门 BIM 模型的基础上，直接修改主梁间距值便可驱动参数更新，设计效率显著提升。

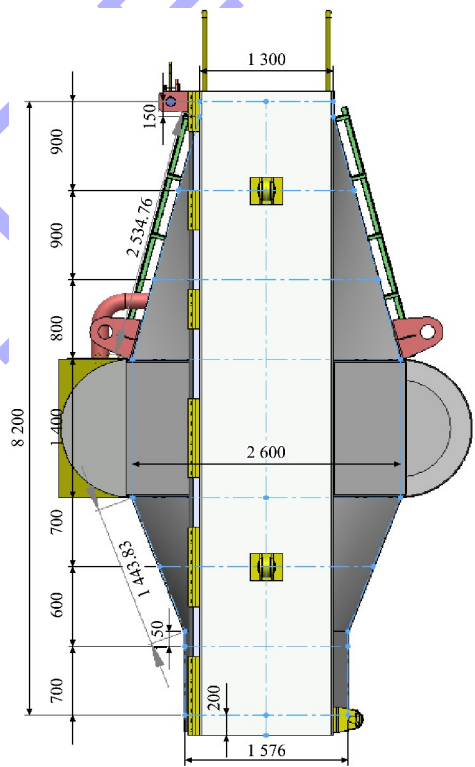


图 4 某船闸浮式检修闸门参数化 BIM 模型（单位：mm）

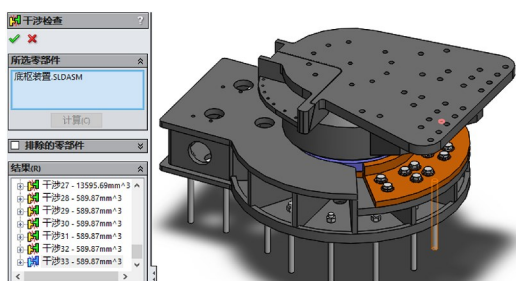
2.4 可视化设计

可视化设计是指设计人员运用 BIM 技术基于三维可视化环境进行产品设计，并将设计成果可视化呈现的一种设计手段。可视化设计避免了传统的 CAD 二维设计的晦涩难懂，运用 BIM 技术的各种可视化功能，可完成产品的设计、计算、成图、计量、校审、汇报等操作，精准表达、传递设计意图。

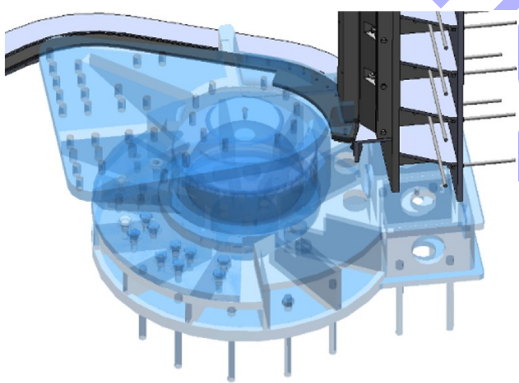


BIM 可视化设计应用优势主要体现在基于可视环境下的三维参数化设计、隐藏/透明查看、三维渲染、干涉检查、间隙验证、模型漫游、爆炸视图拆分解读、动画演示安装情景、动态观测运动机理、施工安装指导、3DPDF 数据传输阅览等方面。

以某船闸人字闸门为例(图5)对底枢 BIM 模型进行干涉检查,显示干涉 33 处,排查后确认均为螺栓与螺孔的配合,属于正常现象。人字闸门底枢处异形止水橡胶的装配关系复杂,一直是相关从业人员的认知痛点,通过隐藏/透明等可视化技术手段,使得复杂的空间结构变得清晰明了。



a) 底枢装置干涉检查



b) 异形止水可视化呈现

图5 某船闸人字闸门关键零部件可视化设计

### 3 应用优势显著

#### 3.1 设计效率与质量显著提升

开展船闸金属结构设计时,传统的 CAD 二维设计模式绘图工作量大,处理空间复杂的结构设计手段局限,施工图设计修改易发生错漏碰缺,设计精度及设计意图传递难以得到保证;同时专业间沟通效率低、容易因为沟通不及时出现接口冲突问题,导致设计返工。利用 BIM 技术的模块化、协同化、参数化、可视化特性,结构设计缺

陷能直观地暴露出来,避免了一些低级的设计失误;同时 BIM 模型可无缝连接有限元计算软件,实现结构仿真计算;通过特定的模板导出的图纸,视图中的结构及线条表达专业且统一;随着模型库的不断积累完善,可基于已有 BIM 模型开展参数化设计,图纸通过模型导出,各视图及参数之间绝对闭合,直接生成工程量明细表,设计效率显著提高。

#### 3.2 信息集成、存储与传递更加完备

信息是 BIM 模型的灵魂,是 BIM 模型与效果图、照片等其它表现形态的根本区别。传统的 CAD 二维设计模式下, CAD 图纸作为金属结构的信息存储载体,其集成、存储与传递管理具有一定的局限性。采用 BIM 模型作为金属结构信息的存储载体,可集成、存储、传递于其全生命周期中。从方案策划到施工图设计的产品信息均可集成于 BIM 模型,建造施工后加载建造信息则形成 BIM 竣工模型,可辅助运维管理,实现信息的高效传递与集成管理。

### 4 结论

1) 采用传统的二维设计模式开展船闸金属结构设计时,因设计人员绘图习惯的不同,图纸的格式及表述往往大相径庭,增大了校核审核、优化设计以及读图识图难度。运用 BIM 技术可实现金属结构设计路线的统一,基于制定的标准模板创建 BIM 模型、完成有限元计算、正向设计导出工程图纸,能有效提升设计效率与质量。

2) BIM 技术具有模块化设计、协同设计、参数化设计及可视化设计等特性。针对船闸金属结构设计,模块化设计可缩短设计周期、促进产品迭代、推进其标准化、系列化进程;协同设计能实现设计成果实时交互,专业间协作更加紧密、畅通;参数化设计能实现参数的驱动修改与自动更新,工程图纸实时更新,大大降低设计的工作强度;可视化设计能使复杂的空间结构在可视化环境下变得清晰明了,精准传递、表达设计意图。

(下转第 161 页)