



三角闸门自动化设计 BIM 技术应用

李玲君

(华设设计集团股份有限公司, 江苏 南京 210014)

摘要: 针对三角闸门复杂抽象、绘图工作量大等问题, 基于秦淮河洪蓝船闸工程和魏村枢纽扩容改建工程的 BIM 技术应用经验, 根据结构特点和施工顺序将三角闸门进行拆解, 通过总体参数和局部参数的设置进行分块参数化。不断调试, 以精简的输入条件和可变参数创建工程模板 UDF, 并基于 UDF 提取工程量, 巧妙运用知识工程阵列批量化处理类似构件, 提高了建模效率, 实现了三角闸门的自动化、标准化、参数化设计。

关键词: 结构拆分; 总体参数; 局部参数; UDF; 知识工程阵列

中图分类号: U 641

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2022)01-0169-04

Application of BIM technology in automatic design of triangle gate

LI Ling-jun

(China Design Group Co., Ltd., Nanjing 210014, China)

Abstract: Aiming at the problems of complication and heavy drawing workload of the triangle gate, based on the BIM technology application experience of Qinhuai River Honglan ship lock and Weicun hub expansion and reconstruction project, the triangle gate is disassembled to seven parts according to the structural characteristics and construction sequence, and the lumped parameter model is established by setting the overall parameters and local parameters. Through continuous debugging, the engineering templates are created with simplified input conditions and variable parameters, and the engineering quantity is extracted based on UDF. The batch processing of similar components is used by knowledge engineering rules capture skillfully, which greatly improves the modeling efficiency and realizes the automation, standardization and parametric design of triangle gate.

Keywords: structure splitting; overall parameter; local parameter; user defined feature; knowledge engineering rules capture

三角闸门由左、右各 1 扇绕垂直轴转动的三角形或扇形门扇构成, 不但能承受双向水头, 而且能在闸门上、下游存在一定的水位差(动水)时启闭, 使用灵活, 尤其适用于受潮汐影响的船闸^[1-2]。近年来, 三角闸门已成为江苏省沿江船闸建设中最常用的工作闸门形式。这种曲面异形空间结构, 受力杆件布置复杂抽象^[3-6], 结构形式也呈现出多样化、复杂化的趋势, 传统的二维方式主要存在以下问题: 1) 金属结构

零部件种类繁多, 难以统一标准化设计, 绘图工作量大; 2) 杆件的布置复杂抽象, 构件关系纵横交错, 二维图纸难以清晰地表达设计意图; 3) 建设单位对项目提出更高的质量要求和管理工作要求, 使传统的技术捉襟见肘; 4) 设计资料稍有变动图纸即需要重新调整, 同步投影视图和调整尺寸标注耗费大量的时间, 设计效率低下。目前, 日趋成熟的 BIM 技术为扭转上述局面带来契机^[7]。

收稿日期: 2021-02-26

作者简介: 李玲君(1990—), 女, 硕士, 工程师, 从事水工结构设计。

1 BIM 技术发展概况

BIM (building information modeling, 建筑信息模型)^[8-9], 通过三维数据模型模拟建筑物的属性信息, 能数字化、可视化地呈现工程项目的全生命周期, 从而提升勘察设计和施工质量, 提高项目的运营管控水平^[10-11]。由于 BIM 技术具有信息共享、三维可视的优势, 近年来已经在房建、给排水和桥梁等工程领域广泛应用, 正逐步取代传统二维图纸, 给设计行业带来技术革命^[12-13]。然而水利水电、水运行业金属结构专业设计多数仍停留在二维 CAD 阶段^[14], 二维图纸对形状规则、结构简单的人字闸门、横拉闸门还能比较顺利地完

成, 但对三角闸门这种曲面异形空间结构, 目前的技术依然捉襟见肘。三角闸门的设计结合了钢结构设计和传统意义上的机械设计, 其中止水、顶枢、底枢偏向于机械设计, 门叶、桁架、防撞系统偏向于钢结构设计。在现阶段, 行业内还没有能实现立体桁架结构与传统机械零部件设计结合并统一实现参数化的成功案例。

因此, 笔者依托秦淮河航道洪蓝船闸工程 (Ⅳ级通航建筑物, 最大设计船型为 500 吨级) 和魏村枢纽扩容改建工程 (Ⅲ级通航建筑物, 最大设计船型为 1 000 吨级) 中的三角闸门设计思路, 结合三角闸门的结构形式、建设规模以及受力特点, 将 BIM 技术应用于闸门正向设计, 建立具有普适性的三角闸门标准化模型, 解决复杂工程技术难题, 克服传统二维图纸的弊端。

2 BIM 技术应用

2.1 闸门拆分

单扇三角闸门包含 3 400 余个零部件, 1.8 万余个参数。为了精简三角闸门的输入条件, 力求以最精简的要素控制整扇闸门的自动化生产, 根据结构特点和施工顺序对闸门进行拆分, 将闸门门体结构分成面板系、钢桁架、止水、端柱、工作桥、防撞系统和顶底枢等子部件 (图 1), 每个子部件再细分成可以参数化的零件, 实现分块参数化, 提高建模和装配效率, 避免个别参数修改更新后出现循环错误。

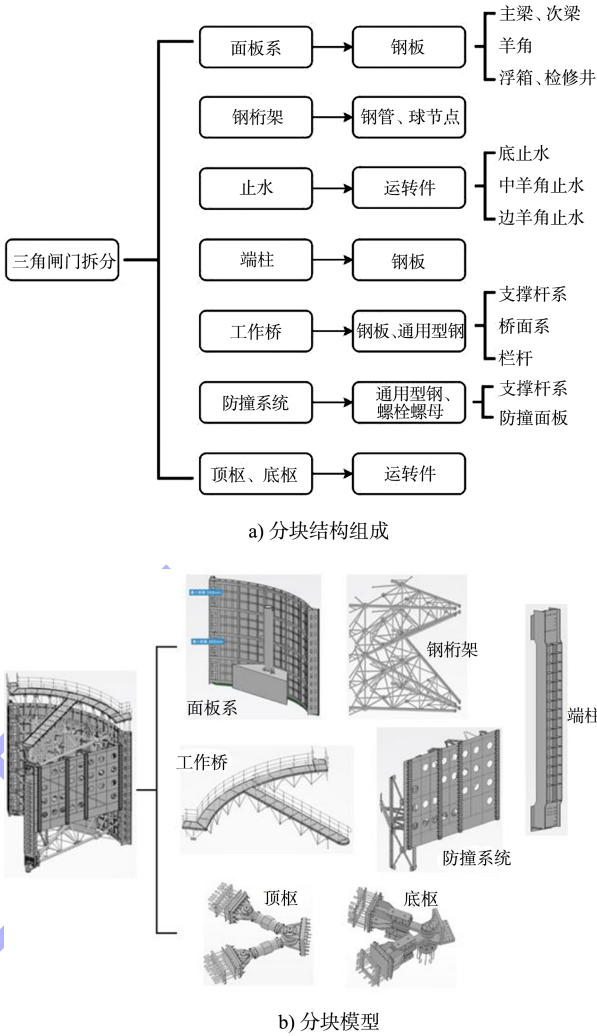


图 1 闸门分块

2.2 参数化设置

BIM 在工程设计中的核心优势在于可视化和参数化。通过修改参数方便、快速地修改设计成果。在一个模型中, 参数是通过尺寸的形式来体现的。当所有参数都通过表达式关联后, 只要管理页面调整数值, 模型中相关零件的造型尺寸和装配关系就会随之自动改变, 从而提高设计效率。当设计输入条件变化时, 能自动生成三维模型和更新工程图, 保证设计模型和图纸间快速、一致地修改。但是一扇三角闸门包含万余个参数, 如何对所有参数进行梳理、归类、分区, 以实现模型的快速响应和更新, 是闸门自动化设计的重点和难点。通过不断调试, 笔者将闸门参数分为总体参数和局部参数。总体参数为驱动闸门整体尺寸的控制参数, 针对不同项目具有可修改、易复用属性, 比如闸门分片高度、口门宽度等, 见图 2。

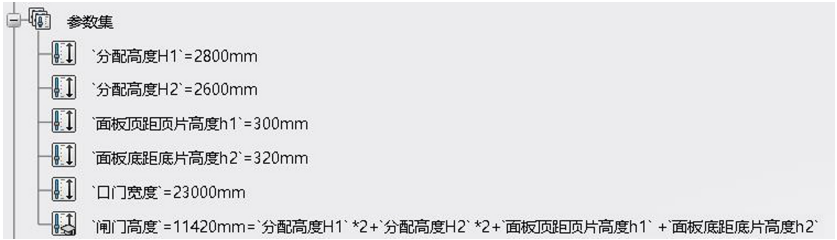


图 2 总体参数

局部参数为驱动子部件尺寸的控制参数，对闸门整体结构不会产生影响，比如面板系次梁间距、钢桁架钢管的直径、工作桥面板系的高度、防撞结构的面板高度等。对于所有具有依附关系的参数，

通过关系表达式链接，不再单独设置参数，比如当设计水位改变导致闸门分片高度发生改变时，通过设置关系表达式“闸门面板高度 = \sum 闸门分片高度”，实现“一处修改，处处更新”，如图 3 所示。



图 3 局部参数与约束关系

2.3 工程量输出

BIM 模型中每一个零部件都具有独特的属性信息，在统计工程量的过程中需要有选择性地输出这些属性信息。一切工程量统计的基础都是稳定的 UDF(user defined feature)，即基于用户特征创建的工程模板。UDF 是针对同类型构件创建的带参数的工程模板，以钢桁架为例，同类型构件均为无缝钢管，UDF 的输入条件为 2 个控制曲面和 1 条钢管中心线，可变参数为钢管直径和壁厚(图 4)。

基于 UDF 的创建，针对金属结构施工图工程量统计范围，对每一个 UDF 的名称、尺寸规格(长、宽、高)、体积、数量、质量等信息进行统计输出，调用零件公式 smartVolume (elem)、length(曲线)、area(曲面)等测量函数提取需要的工程量内容，在知识工程报告中统计输出(图 5)。这种基于

BIM 模型统计的工程量高效、准确，精度达 0.1%，大大减少了设计人员的工作量。

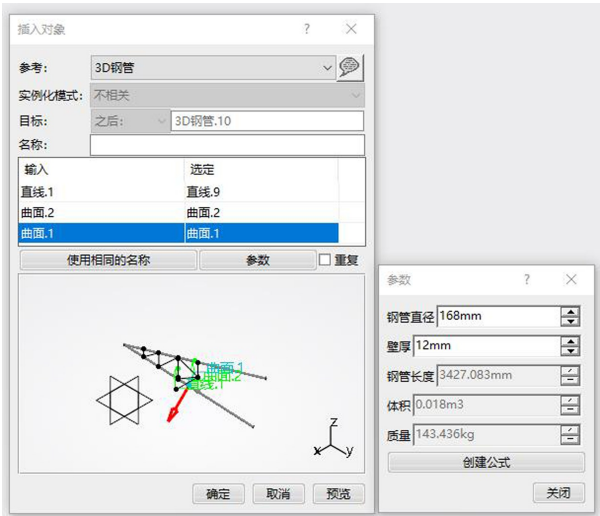


图 4 钢管 UDF 示例



图 5 知识工程报表

2.4 基于知识工程阵列的二次开发

对于 UDF 输入条件类似、可批量化处理的结 构，不需要重复调用用户特征生成实例化，可以 通过知识工程阵列的使用，元素批量化生成，减 少了 BIM 建模的工作量。以三角闸门的主桁架为 例，对于限制曲面相同的无缝钢管，在知识工程 阵列中调用创成式函数，二次开发编写程序语言 （图 6），一次性批量化生成主要构件，极大地提 高了工作效率。

```
let Fea(Feature)
let i(Integer)
let L1(List)
L1= '列表.1'
i=1
for i while i<=L1.Size()
{
    Fea=CreateOrModifyTemplate("资源1",几何体.3',关系\知识工程阵列.1\列表.1',i)
    Fea.SetAttributeObject("直线.1",L1.GetItem(i))
    Fea.SetAttributeObject("曲面.1","有序几何图形集.1\曲面.1")
    Fea.SetAttributeObject("曲面.2","有序几何图形集.1\曲面.2")
    Fea.SetAttributeDimension("钢管直径",140mm,"Length")
    Fea.SetAttributeDimension("壁厚",10mm,"Length")
    EndModifyTemplate(Fea)
    Fea.Name="钢管"+i
}
```

图 6 知识工程阵列二次开发

3 结语

1)根据三角闸门的结构特点和施工顺序进行 拆分，分块拆分、整体组装的方式是自动化生成

闸门同时减少循环错误的基础；

2)基于设计人员的丰富经验，对所有参数进 行梳理、分类，最终提取出 5 个总体参数，每个 子部件 1~5 个局部参数，以精简的要素控制结构 几何尺寸的生成，是三角闸门 BIM 自动化设计中 最复杂的部分；

3)一个稳定的 UDF 是生成三角闸门的最小组 成单元，根据工程量统计内容从 UDF 中输出需要 的属性信息，生成知识工程报表，高效准确；

4)对于可批量化处理的构件，通过知识工程 阵列调用创成式函数，二次开发编写程序语言， 一次性批量化生成主要构件，极大地提高了工作 效率。

参考文献：

[1] 徐世昌,于尧.三角闸门的应用与研究[J].上海水务, 2015, 31(3): 44-46.

[2] 陈文辽,常苏华.立柱式(钢结构)三角闸门设计[J].水 运工程, 1995(10): 16-24.

[3] 董顾春,朱召泉.大型水闸三角闸门的优化设计[J].水 利水运工程学报, 2013(2): 83-86.

[4] 朱义宏,钱俊峰,施冬梅.沿海地区船闸枢纽三角闸门的 设计心得[J].治淮, 2014(6): 28-29. (下转第 178 页)