



Dynamo 可视化编程平台 在船闸工程设计建模中的应用^{*}

罗吉忠

(四川省交通勘察设计研究院有限公司, 四川 成都 610017)

摘要: 针对水工结构三维正向设计软件适配度低、手动建模工作量大、二次开发门槛高的问题, 引入 Dynamo 可视化编程平台, 并结合键为船闸工程进行研究。在已建 BIM 模型库的基础上, 将船闸轴线及坝轴线作为定位边界条件, 调用 Dynamo 节点放置船闸构件形成整体模型。之后利用 Dynamo 与 Revit 的良好互通性修改模型参数, 建立完整的 BIM 模型。结果表明 Dynamo 平台的可视化功能降低了二次开发难度、参数化功能减少了手动重复劳动, 为 BIM 技术在船闸工程设计中的应用提供了思路。

关键词: BIM(建筑信息模型); REVIT; Dynamo; 船闸工程

中图分类号: U 641

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2023)S1-0129-04

Application of Dynamo visual programming platform in design and modeling of navigation lock engineering

LUO Ji-zhong

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

Abstract: 3D forward design software with a hydraulic structure features low adaptability, heavy workloads of manual modeling, and a high threshold for secondary development. In order to address these issues, this paper introduces a Dynamo visual programming platform and studies Qianwei navigation lock engineering. Based on an established BIM model library, the paper uses the axis of the navigation lock and that of the dam as positioning boundary conditions and calls Dynamo nodes to place navigation lock components, so as to form an overall model. After that, the paper employs the positive interoperability between Dynamo and Revit to modify the model parameters and establishes a complete BIM model. The results show that the visualization of the Dynamo platform lowers the difficulty of secondary development, and the parameterization reduces manual repetitive labor, which provides ideas for the application of BIM technology in navigation lock engineering design.

Keywords: BIM(building information modeling); REVIT; Dynamo; navigation lock engineering

BIM 技术最早兴起于建筑行业, 它将建筑中各相关信息作为数据底座, 通过模型和属性关联的方式建立工程模型, 应用数字仿真技术模拟项目真实信息, 做到所见即所得。近年来, 我国的 BIM 技术逐渐从建筑行业向交通工程领域过渡, 在水运工程全生命期的项目实践中均取得了良好

的应用效果。颜红亮等^[1]将 BIM 技术应用于船闸工程金属结构的设计模块中, 利用参数化和数据库技术完成了船闸金属结构的 BIM 设计, 大幅提高了设计效率和设计质量; 李玲君等^[2]以秦淮河上的洪蓝船闸为例, 在三角闸门的施工图设计中应用 BIM 技术开展了碰撞检查、工程量统计、可

收稿日期: 2022-06-13

*基金项目: 四川省交通运输厅科技项目(2021-B-02)

作者简介: 罗吉忠(1988—), 男, 硕士, 从事水运工程及 BIM 相关研究。

视化建模并出图等工作，达到了优化设计的目的；樊金甲等^[3]在船闸工程投资管理中应用 BIM 技术辅助投资管理，基于赢得值法开发了 BIM-5D 辅助工具，提高了项目投资管理水平；刘江林等^[4]应用 REVIT 软件将船闸工程拆分为若干子模型，采用动态链接的方式实现协同设计，并编制了《船闸 BIM 设计指南》，为 BIM 技术在船闸工程全生命期的应用提供了参考；张耀坤^[5]以岷江犍为航电枢纽为例，在船闸工程施工监理过程中应用 BIM 技术，起到了较好的管理控制效果；周超等^[6]分析了 BIM 技术在施工中的实际应用情况，总结了 BIM 技术对于工程质量的意义，为后续工程的建设提供了理论指导。

1 建模技术路线

Dynamo 可视化编程平台是一款基于 REVIT 的参数化编程工具，其基础单元为节点，通过组合多个简单节点的方式实现复杂的功能。Dynamo 中的节点互相连接以形成可视化编程流程中的实体，由输入、输出、结果显示 3 部分组成，见图 1。流程为节点与节点间的连线，是面向过程编程的具现，通过流水作业实现了建模逻辑的层层递进。



图 1 节点示意

Dynamo 可视化编程平台提供丰富的节点库（图 2），涵盖内建指令、核心命令、几何运算、OFFICE、数学运算、REVIT 操作等，其中常用的是几何运算库和 REVIT 操作库。几何运算库可以创建点、线、面、体和网格，还可以进行几何布尔运算，配合三维预览导航实时显示创建的对象并自动更新几何构件，在进行概念设计时作用突出；REVIT 操作库可以调用 REVITAPI，也可以识别并操作 REVIT 中的几何元素（实例化的族）和非几何元素（包括视角、高程、轴网、材质等）。

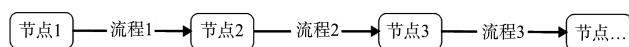


图 2 Dynamo 建模流程

本文将船闸工程设计建模分为 4 个模块，每个模块有自己的节点集合，其中定位构件模块调用 Point. ByCoordinates 节点创建定位点，调用 Line. ByStartPointEndPoint 节点创建船闸轴线和坝轴线，调用 Vector. Zaxis 节点和 Plane. ByOriginNormal 节点创建高程。模型实例化模块调用 Family Types 获得 REVIT 族库，调用 FamilyInstance. ByPoint 节点放置闸首、闸室等构件，调用 StructuralFraming. BeamByCurve 创建引航道，如遇桩基础可调用 StructuralFraming. ColumnByCurve 节点实现桩基实例化。模型参数化模块调用 Element. SetParameterByName 节点修改模型参数。扩展功能模块开放性较高，主要使用 Python Script 节点，弥补了其他节点功能的局限性，此节点实为嵌入型 IronPython 脚本，可编写 Python 程序，实现结构计算、方案比选等更高层次的循环或抽象，为方案优化提供了技术支持。Dynamo 建模路线见图 3。

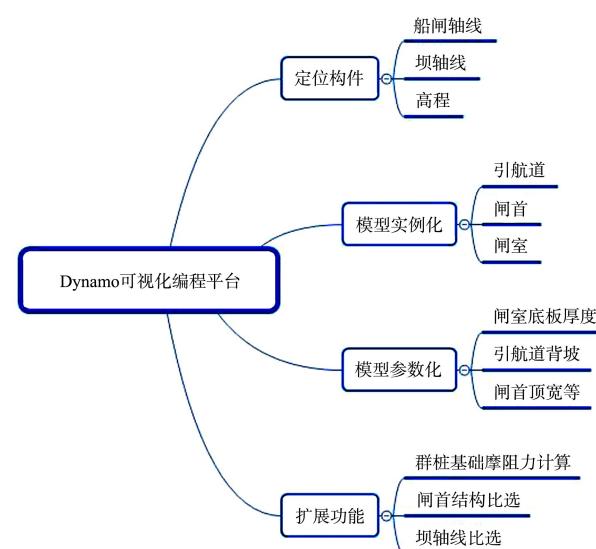


图 3 Dynamo 建模路线

2 犍为船闸 Dynamo 应用

2.1 工程概况

岷江犍为航电枢纽工程位于岷江下游乐山市犍为县境内，枢纽工程等级为二等，工程规模为大(2)型。工程开发任务为“以航运为主，结合

发电, 兼顾供水、灌溉, 并促进地方经济社会发展”。枢纽主要建筑物包括船闸、泄洪冲砂闸、发电厂房、混凝土重力坝、鱼道、开关站和库区防洪堤等。坝址以上控制流域面积 12.69 万 km², 坝址多年平均流量 2 520 m³/s。枢纽正常挡水位为 335.00 m, 水库总库容 2.28 亿 m³, 渠化岷江Ⅲ级航道 20.2 km, 建设Ⅲ级船闸和装机容量 500 MW 电站各 1 座, 可通行 2×1 000 t 船队。犍为船闸尺度为 220 m×34 m×4.5 m, 水级 19 m, 单向年过闸货运量 1 474.67 万 t。犍为船闸模型见图 4。



图 4 犍为船闸模型

2.2 参数化族库

犍为船闸的主要水工建筑物包括上下闸首内外边墩、闸室内外闸墙、上下游引航道的内外引墙以及靠船墩, 附属结构有浮式系船柱、爬梯、

橡胶护舷、栏杆等。首先将上述结构创建为 REVIT 族, 并形成族库(图 5)。族是对 BIM 模型的归类, 是不同参数值的某一类图元的集合。对于上下闸首内外边墩, 可设置闸首顶宽、闸首底宽、闸首高度等参数; 对于闸室内外闸墙, 可设置闸室顶宽、闸室背坡、底板厚度等参数; 对于上下游引航道, 可设置引航道顶宽、引航道背坡、墙踵、墙趾等参数; 附属结构可设置非几何参数作为可变属性, 例如材料、油漆颜色、生产厂家等, 以丰富模型信息。建族的方式有两种: 1) 手动建立公制常规模型。2) 调用 Dynamo 提供的建立实体节点创建 Solid, 例如 Solid. ByLoft 节点通过在输入横截面闭合曲线之间放样来创建实体; Curve. SweepAsSolid 节点沿路径曲线扫掠该闭合曲线以创建实体, 再利用 IronPython 脚本将其转化为族。方法 1 建模速度快, 可用于常规混凝土构件; 方法 2 对三维曲线的适应性更强, 可用于创建输水廊道等异形结构。

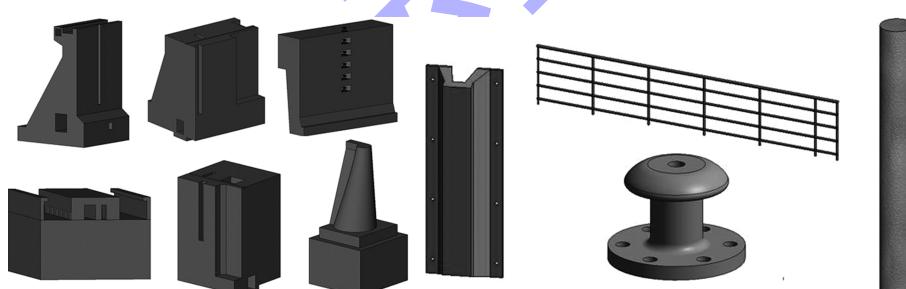


图 5 犍为船闸参数化族库示例

2.3 建模过程

1) 在创建船闸模型前, 需要定位船闸各构件的相对位置, 本项目定位构件所需初始条件为船闸轴线与坝轴线, 受 REVIT 软件建模范围限制, 超远距离的构件会造成模型失真, 建议使用相对坐标, 即船闸放置于项目基点附近, 以保持模型显示精度。根据船闸轴线与坝轴线的交点确定上闸首的位置, 其顶高程与坝顶高程一致。之后自上而下分别确定闸室、下闸首、上下游引航道的相对位置, 其中闸室及引航道为分段布设。由于定位点相对固定, 且需保留小数点后 4 位, 建议将定位线及控制点等作为输入条件存入 EXCEL 表

格。Dynamo 节点库中的 OFFICE 库提供 EXCEL 读写功能, 可通过 File Path 节点→File. FromPath 节点→Excel. ReadFromFile 节点获取数据。

2) 在确定各构件相对位置后, 需要识别 REVIT 族库中的族, Dynamo 节点库中的 Family Types 节点存储了 REVIT 族库中的所有族并按名称排序。对于闸首、闸室等单体构件, 调用 FamilyInstance. ByPoint 节点放置模型, 此时模型由一个控制点定位, 方向为正北向, 还需使用 Geometry. Rotate 节点将其旋转为沿船闸轴线方向; 对于上下游引航道等使用拉伸命令创建的族, 调用 StructuralFraming. BeamByCurve 节点按直线或曲线线性扫掠形成; 系船柱、爬梯

等附属结构建模方式与闸首相同。

3) 模型放置完成后, 开始调整模型参数, Element. SetParameterByName 节点可以设置模型参数, 其参数名称均为字符串类型, 而参数值需区分浮点型或字符串型。设置参数的节点一次仅能修改一个参数, 对于参数较多的模型实例化较困难, 因此引入 Code Block。Code Block 是 Dynamo 的核心, 提供新建、执行、查询 3 种操作模式, 可以用于建模全过程。Dynamo 节点的所有功能和互动都与 Code Block 有一对一的关系, 可以通过 DesignScript 语言(一种简单可读的编程语言)将多个节点或流程转化为代码块来加速项目执行。此处使用 Code Block 将闸首、闸室的所有参数通过 DesignScript 语言实例化, 简化了建模流程, 降低

了建模难度。

4) 至此, 建模工作已经完成, 模型在三维空间中顺利展示。但由于项目存在多个结构方案、多个坝轴线比选的情况, 因此需要调用 Python Script 节点, 使用 Python 语言编写程序。利用 Dynamo 自动识别族名称的特性, 将不同方案的闸首、闸室等结构按名称区别后作为输入条件, 可实现多结构方案比选; 将坝轴线定位点作为输入项, 可实现多坝线比选; 还可利用 Python 的循环遍历功能实现重复构件(如群桩基础)的定位; 也可把数学公式写入 Python 程序实现结构计算的功能。总之, Python Script 节点定义的属性和方法为船闸工程设计建模提供了二次开发的实现手段。键为船闸 BIM 模型创建程序见图 6。

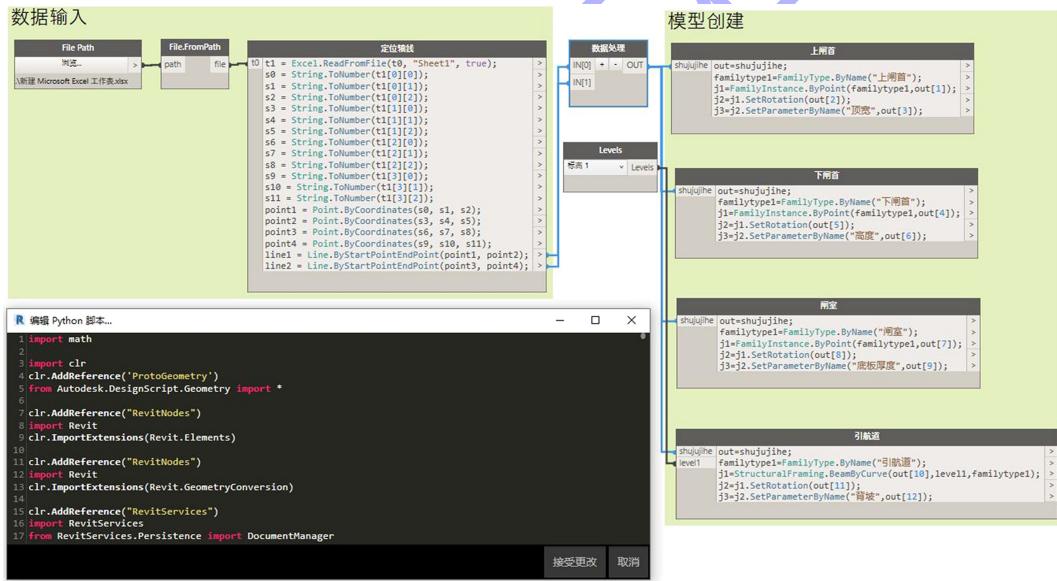


图 6 键为船闸 BIM 模型创建程序

3 结论

1) 本文建立了键为船闸族库, 包含了闸首、闸室、引航道、附属结构等族, 使用 Dynamo 可可视化编程平台调用族库, 利用其自动识别族名称的特性, 按定位点和族类型放置模型, 像搭积木一样自上而下构建了键为船闸 BIM 模型, 结果表明利用 Dynamo 调用 REVIT 族库进行三维模型搭建是可行的。

2) Code Block 能够对应绝大多数的 Dynamo 节

点, 使其翻译为 DesignScript 程序, 从而缩短建模流程, 解决了纯节点建模重复节点过多、手动工作量过大的问题。同时, Dynamo 提供“节点至代码”功能, 一键转化节点为简单明了的 DesignScript 语句, 可用于全过程、全流程的探索式建模方案设计。

3) 除自带的 Code Block 节点外, Dynamo 还支持 Python Script 节点, Python 语言提升了 Dynamo 的可扩展性, 为项目方案比选、结构比选和更进一步的结构计算提供了可能性。 (下转第 137 页)