

DOI: 10. 20040/j. cnki. 1000-7709. 2023. 20230282

基于 Revit 二次开发的涵闸工程参数化建模与应用研究

胡 锦, 刘汉霞, 包振东, 徐海峰

(南京市水利规划设计院股份有限公司, 江苏 南京 210014)

摘要: 水利工程中的涵闸设计存在很多共性和重复的工作,为实现 BIM 设计在涵闸工程中的参数化应用,基于 Revit 平台,开展了涵闸工程参数化建模方法研究,以相关技术规范为依据,通过对 Revit 二次开发,研发了涵闸参数化建模系统,输入指定参数可完成模型的搭建、计算及出图,极大地提高了涵闸工程设计效率。研究结果实现了高标准的工程参数化设计,可为类似项目的 BIM 参数化设计提供技术参考。

关键词: BIM; Revit 二次开发; 涵闸设计; 参数化建模

中图分类号: TV222.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7709(2023)12-0211-04

1 引言

BIM 技术具有可视化、多专业协同、高仿真模拟、工程优化等优点,被认为是勘察设计领域的又一次设计革新^[1]。由于水利工程中异形结构较多,构件规格多样,结构计算复杂等因素,需要通过 Revit 软件进行二次开发来提高其在水利行业中的适用性^[2-3]。在此背景下,基于 Revit 软件,采用参数化建模的方式,创建了适用于涵闸工程的构件族库,并开发了涵闸参数化建模系统。该系统可辅助完成涵闸工程的三维设计,通过简单的界面操作,完成涵闸结构的选型和布置及细部结构的设计。同时,该系统结合涵闸构件族库,能够一键生成涵闸三维模型及全套二维图纸。涵闸参数化建模系统可为今后类似工程设计提供高效、准确的涵闸设计解决方案。

2 软件平台及开发模式

2.1 Revit API 类库

Revit 作为当前主流的 BIM 建模软件之一,主要运用于三维建模、施工模拟、工程管理等。然而,Revit 所提供的功能并不完全适应实际工程的需要,因此该软件开放了大量的命名空间、类库、属性和方法等,以便开发人员调用 Revit

API 中的模型创建方法,将繁琐的手动操作过程用代码快速执行^[4]。对于工程体量较大、规律性较强、复杂程度较高的模型,在实际应用中采用参数化处理,可以大幅提高设计效率;同时,还可通过编写代码来读取构件参数,进行相关的结构计算。

2.2 MVVM 软件架构模式

Model-View-ViewModel(MVVM)软件架构设计模式由数据模型层(Model)、视图层(View)和视图模型层(ViewModel)组成^[5]。Model 层用于存储数据并定义与数据相关的业务逻辑;View 层为用户提供可视化界面,实现了用户与程序之间的互动;ViewModel 层声明 Model 对象,实现 View 层与 Model 层之间的实时数据传输及相关操作命令的调用,是应用程序的核心^[6]。MVVM 模式通过设计分层和数据绑定等方式,达到同步调用数据与命令的目的,实现了对数据状态的统一管理,同时减少前端与后端之间的耦合性,易于程序的修改与维护。

2.3 WPF 用户界面框架

Windows Presentation Foundation(WPF)是微软推出的用户界面框架,属于 .NET 框架的一部分^[7]。WPF 提供了统一的编程模型、语言和框架,开发人员使用 XAML 作为 UI 描述语言创建窗口、按钮、图形等元素;使用 C# 等 .NET 语言编写应用程序的逻辑代码。WPF 的数据绑定功

收稿日期: 2023-02-28, 修回日期: 2023-03-29

基金项目: 江苏省水利科技项目(2021068)

作者简介: 胡锦(1992-),女,工程师,研究方向为水利信息化及 BIM 技术应用,E-mail:1394238175@qq.com

通讯作者: 刘汉霞(1983-),女,高级工程师,研究方向为水利工程设计及 BIM 技术应用,E-mail:735391731@qq.com

能将 UI 元素与程序的数据模型联系起来,一旦数据源发生变化,界面中对应控件的显示值也会随之改变,具有较好的动态互动性。

3 涵闸工程参数化设计实现方法

3.1 涵闸工程参数化设计流程

涵闸是修建在河道、堤防上的一种低水头挡水、泄水工程,其结构设计和布置受多个因素影响,如防洪标准、水位及地形地貌等。为了提高涵闸工程设计的效率和精度,开发了基于 BIM 技术的涵闸参数化建模系统。该系统以 Revit 软件为三维建模平台,构件族库为项目基础,结合外部程序开发,实现了涵闸工程的整体布置、细部结构设计、荷载计算和三维模型及二维图纸的自动生成等操作。同时,该系统基于 WPF 框架设计了友好清晰的交互界面,实现用户指令与模型参数的联动,提高了软件的可视化和交互性。

涵闸参数化建模系统的参数化设计流程见图 1。用户需在系统中定义涵闸工程的基本参数,包括涵闸类型、涵洞尺寸、闸门井类型等,也可从数据库中选取已有的项目参数。系统根据设定的参数在界面中的 Canvas 控件中生成对应的设计草图,便于用户预览。通过 Revit API 访问项目文档,对构件族进行参数的读取和修改,并将修改后的构件族导入到项目中进行装配,实现平面布置和细部结构设计。同时,系统还可以根据生成的模型进行荷载计算,以使用户进行设计优化。最后,用户可以根据需要将设计好的涵闸模型生成全套二维图纸,以供施工和验收使用。

Revit 软件中以拉伸、放样、放样融合、旋转等形式创建涵闸工程所需族库。族库中的单体构件均具备参数驱动的特性,可以通过修改参数值来改变构件的尺寸,从而满足不同的设计需求。为确保输出的工程量清单能作为概算编制的依据或参考,各个构件族的子族按照水利工程概算定额所对应的构件细分级别进行划分。涵闸构件族库见图 2。

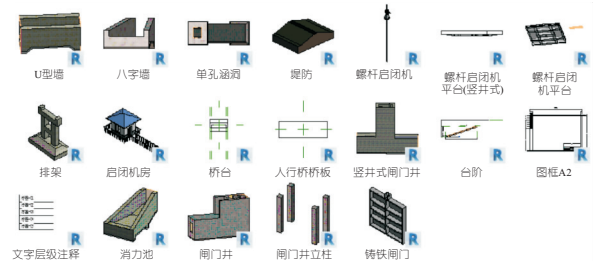


图 2 涵闸构件族库

Fig. 2 Culvert component family library

3.3 界面设计

软件界面设计作为系统与用户的主要接口,直接影响着用户的体验感,在设计用户界面时,需要根据数据类型选择合适的控件来呈现参数值。涵闸参数化建模系统所涉及的数据类型主要包括字符串类型(string)、双精度浮点类型(double)和布尔类型(boolean)。对于需要用户输入的 double 型参数,通常选择 WPF 中的 TextBox 控件,该控件允许用户输入小数,同时具备格式验证功能,确保输入数据的准确性。对于需要选择的 boolean 类型和 string 类型参数,则可以选用 WPF 中的 CheckBox 控件或 ComboBox 控件。这两种控件都可以很好地呈现参数值,并且提供了直观的用户操作方式,方便用户进行参数修改。各参数的默认值依据构件族或标准数据库进行预设,同时设置一些合理的限制条件,以避免用户输入不合理的数据。

3.4 视图模型

视图模型通过数据绑定功能实现与用户界面的双向绑定,从而对涵闸参数进行监听并及时更新用户界面中对应的数值。同时,视图模型还可以与数据模型进行双向交互,实现对涵闸参数值的修改和获取。当视图模型监听到用户界面的操作时,会及时更新数据模型中的数值,并将修改后的参数值映射到用户界面中。经视图模型处理后,设计人员的指令可以控制用户界面的行为。此外,视图模型还可以监听数据模型的变化,并在发生变化时向数据模型发送修改通知,以便及时更新涵闸的参数值。

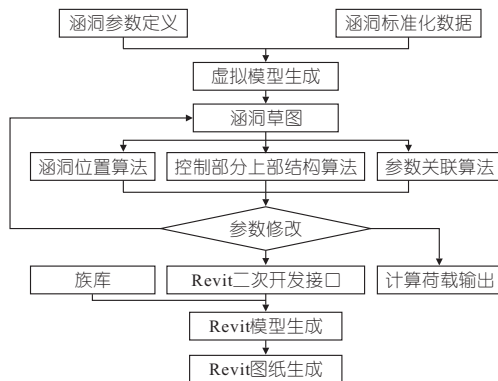


图 1 涵闸系统设计流程图

Fig. 1 Culvert system design flow chart

3.2 涵闸参数化族库

涵闸三维模型由多个构件组成,包括堤防、闸门井、八字墙、启闭机平台及启闭机房等单体模型。各单体构件的样式均遵照《穿堤涵洞设计通用图集说明书》的规定,采用常规模型样板,在

3.5 数据模型

数据模型通常由数据结构、数据操作和数据约束等组成。涵闸参数化建模系统中,数据模型用于表示涵闸的各种业务逻辑和数据修改方法。涵闸工程参数化设计主要包含的业务逻辑有涵闸参数关联、涵闸计算模块和基底应力计算模块。

3.5.1 涵闸参数关联

涵闸的设计过程中涉及的参数可达 190 多个,其中主要参数约 30 多个。参数化族库在实际使用中,由于各构件族之间的参数重复和参数无法联动等问题,导致参数赋值工作重复,工作效率低。以闸门井与启闭机平台为例,两个构件族中都包含“涵洞净宽 B”、“检修门槽宽 B3”、“检修门槽深 D2”等重复参数;同时,闸门井中的“上部侧墙长 L2”参数与启闭机平台中的“启闭机房长 L2”参数虽然名称不同,但互相关联,当其中一个值改变时,另一个值也会随之修改。为减少参数赋值时的重复操作,在后端程序中对重复和关联的参数进行整合,统一变量,有效提升了涵闸设计的效率。同时,参数的集成还有利于确保设计的一致性和准确性。

3.5.2 涵闸组合方案计算

涵闸组合方案计算模块能够根据系统所提供的堤防和涵洞主要参数进行计算分析,综合考虑涵洞的尺寸、承载能力及安全性等因素,向设计人员推荐合理的组合方案。该模块先确定涵闸的洞身长度,再进行后续的节数及单节长度计算。涵闸洞身长度计算公式为:

$$l_c = l_d - l_s - l_i - l_o \quad (1)$$

式中, l_c 为涵闸洞身长度; l_d 为堤防总长度; l_s 为闸门井长度; l_i 为进水口长度; l_o 为出水口长度。

根据《穿堤涵洞设计通用图集说明书》的建议,箱涵单节长度应在 8.0~12.0 m 之间,不得超过 15.0 m,也不应小于 4.0 m。箱涵节数(N)从第 1 节起,可以根据式(1)计算所得的涵闸洞身长度,推演出不同节数所对应的箱涵单节长度。箱涵单节长度计算公式为:

$$l = l_c / (Nm) \quad N = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$L = lm$$

式中, L 为箱涵单节长度; l 为依据计算结果向上取整; m 为箱涵精度; N 为箱涵节数; n 为箱涵最小单节长度对应节数。

箱涵承受的荷载通常包括垂直土压力、活荷载、箱涵自重、土的侧向压力及内外水压力等。为减小垂直荷载对涵闸结构的影响,在进行涵闸组合方案计算时,系统会筛除箱涵结构缝位于堤

顶下方的组合,为设计提供更合理的设计方案。

3.5.3 基底应力计算

基底应力计算模块用于计算涵洞底面在不同埋置方式和填土不同夯实度下的基底应力。箱涵的主要埋置方式分为上埋式和沟埋式,不同的埋置方式对应的涵洞垂直土压力计算有所不同。上埋式垂直土压力计算公式为:

$$Q_{\pm} = K_s \gamma H_d \quad (3)$$

式中, Q_{\pm} 为垂直土压力; K_s 为上埋式垂直土压力系数(地基为基岩时 K_s 取 1.37,地基为密实砂类土、坚硬或硬塑粘性土时 K_s 取 1.23;地基为中密砂类土或可塑粘性土时 K_s 取 1.06;地基为松散砂类土、流塑或软塑粘性土时 K_s 取 1); γ 为填土重度; H_d 为覆土高度。

在填土夯实较好情况下,沟埋式垂直土压力计算公式为:

$$B = H_1 m + B_2$$

$$Q_{\pm} = K_s \gamma H_d (B + B_1) / (2B_1) \quad (4)$$

式中, B 为与箱涵顶点齐平处槽宽; H_1 为涵洞洞身高度; B_1 为涵洞基底宽度。

在填土夯实较差的情况下,沟埋式开挖垂直土压力计算公式为:

$$B = H_1 m + B_2$$

$$Q_{\pm} = K_s \gamma H_d B / B_1 \quad (5)$$

汽车荷载计算公式为:

$$Q_{汽} = \frac{P}{(2H_d \tan 30^\circ + 1.6)(2H_d \tan 30^\circ + 2.4)} \quad (6)$$

式中, $Q_{汽}$ 为汽车荷载; P 为汽车重力。

箱涵自重荷载计算公式为:

$$Q_{自} = \gamma_c V_c / S_{底} \quad (7)$$

式中, $Q_{自}$ 为箱涵自重荷载; γ_c 为箱涵重度; V_c 为箱涵体积; $S_{底}$ 为箱涵底面积。

通过计算求得的垂直土压力、汽车荷载及箱涵自重荷载,可算出涵洞底面基底应力。涵洞底面基底应力计算公式为:

$$Q_{基} = 1.1 Q_{\pm} + 1.05 Q_{自} + 1.4 Q_{汽} \quad (8)$$

式中, $Q_{基}$ 为涵洞底面基底应力。

根据现场勘测结果选择合适的地基类型,设置涵洞的埋置方式、填土重度及填土夯实程度,同时还需要确定基槽开挖的坡比和边宽。系统支持梯形和多级阶梯型开挖断面设计,可对断面的阶数、阶梯坡比、平台宽、平台高程等参数进行设置。根据涵洞的埋置方式及填土夯实情况,在式(3)~(5)中选取适用公式,算出垂直土压力。最后,按照式(6)~(8),依次计算汽车荷载、箱涵自重荷载及涵洞底面基底应力。

