

基于程序开发的桥梁工程 BIM 正向设计研究

陈 旺 戴建国

(上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海 200092)

【摘 要】在工程的设计阶段,BIM 技术只是起到辅助作用。利用 BIM 技术进行正向设计是 BIM 的发展瓶颈。本文选取实际的桥梁工程项目,以专业设计流程为核心,对桥梁工程 BIM 正向设计展开研究。依托 BIM 软件平台 CATIA,围绕设计过程中的线形创建、构件定位、结构选型与参数赋值等进行分析研究,开发相关程序,实现了 BIM 软件平台与设计流程的结合,深化了 BIM 技术在桥梁工程设计阶段的应用。

【关键词】桥梁工程;正向设计;程序开发;线形创建;构件定位;结构选型与赋值

【中图分类号】TU17 **【文献标识码】**A

【版权声明】本文被《土木建筑工程信息技术》、中国知网重要会议论文全文数据库(CPCD)收录上网,未经授权严禁登载。

引言

近年来,在政府部门的积极推动和工程各参与方的研究应用下,BIM 技术取得了一定的发展。然而,现阶段的 BIM 模型大多是利用设计人员绘制的二维图纸成果进行逆向三维建模所得。在工程的设计阶段,BIM 技术只是起到辅助作用,并没有真正的融入到工程设计流程中,成为广大设计人员的设计工具。利用 BIM 进行工程的正向设计是 BIM 技术的发展瓶颈,也是急需突破的一个重点和难点。

因此,本文选取上海某桥梁匝道项目,以桥梁专业的设计流程为核心,依托 BIM 软件平台 CATIA,对桥梁工程的 BIM 正向设计进行研究。如图 1 所示,该项目主要结构为预制预应力后张刚接空心板梁,盖梁与立柱也采用预制装配结构。通过本次研究深化 BIM 技术在桥梁工程设计阶段的应用,推动桥梁工程三维设计的发展。

1 总体技术路线

利用 BIM 进行桥梁工程正向设计的目的是借助 BIM 技术的优势进一步提高设计的质量和效率,其落脚点仍然是设计。而设计的重点主要包括以

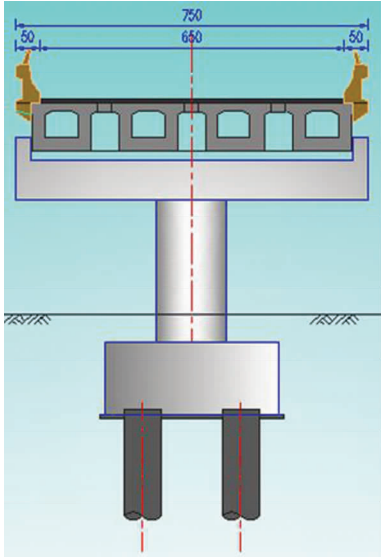


图 1 工程结构形式

下两部分内容:一是确定工程构件在项目中的位置;二是确定工程构件的型式和构造。同时,本次研究的依托软件 CATIA 的建模思路是“骨架+模板”^[1],与设计的内容基本吻合。其中,骨架主要是指三维空间中创建的点、线、面、坐标系等几何元素。它为模板的实例化提供了关键的参考条件,模板随着骨架的变化而改变,两者之间是驱动与被驱

【作者简介】 陈旺(1992-),男,工程师,设计师,主要研究方向:桥梁工程 BIM 应用;戴建国(1973-),男,教授级高级工程师,部门总工程师,主要研究方向:桥梁设计、桥梁工程 BIM 应用。

动的关系。

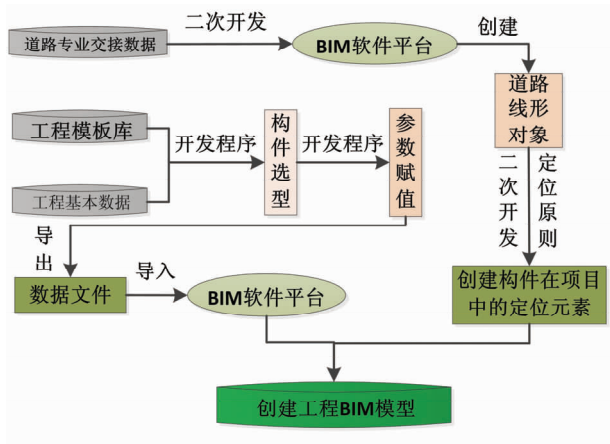


图2 总体技术路线

如图2所示,结合设计流程与软件的建模思路,制定本次研究的总体技术路线。技术路线可以分为道路线形创建、桥梁构件定位、构件结构选型与参数赋值、BIM模型创建等四部分,其中线形创建和构件定位解决的是桥梁构件的位置问题。对上述的四部分内容进行研究,开发相关程序,实现BIM软件平台与设计流程的结合。

2 道路线形与定位元素创建

2.1 道路线形创建

桥梁专业设计的基础是道路专业交接的道路设计成果数据。但是,直接利用CATIA现有的功能并不能快速、准确地创建道路线形,尤其是复杂的道路平曲线。对此,通过对CATIA二次开发的研究以及道路线形设计数据的分析,可以利用二次开发的方式进行专业间数据的快速、准确交接。

2.1.1 软件二次开发研究

作为一款强大的工程软件,CATIA提供了两种二次开发的方式:进程内应用程序方式和进程外应用程序方式^[2]。由于本次开发涉及到与外部数据文件的交互,同时,为了增加用户操作的简便性,本次研究选取第二种开发方式,即进程外应用程序方式。针对进程外应用程序的开发方式,CATIA提供了组件应用架构(CAA)的开发方式。这种开发方式功能强大,但是十分复杂,需要进行专业的培训学习。由于CATIA提供了组件对象模型(COM)支持,因此可以通过.Net平台引入COM组件进行开发。综上,本次以Visual Studio 2010为平台,以C#

为编程语言进行CATIA软件的二次开发。通过引用CATIA软件提供的二次开发接口组件文件,编写窗体程序,调用相关的接口函数,利用道路线形设计的数据文件直接在CATIA中生成平曲线和竖曲线。

2.1.2 程序功能开发

程序功能分为道路平曲线创建以及道路竖曲线创建两部分,两部分程序操作流程基本一致:

(1)连接CATIA软件:程序运行的第一步要建立开发的程序和CATIA软件之间的连接,以便程序能够调用软件的命令。

(2)获取数据创建位置:CATIA软件利用结构树的形式来组织项目的数据。因此,在创建道路线形前也要先在树结构上选定具体的位置,然后运行程序获取树结构的位置。这样,程序后续运行产生的数据便会出现在指定位置。

(3)线形数据的读取:道路专业交接的数据文件有其专业的数据组织方式和格式,在程序开发前要充分理解这些数据的所代表的专业意义。然后,在程序中分别按照文件的格式读取线形数据,在如图3所示的程序界面上展示,用于下一步的线形创建。



图3 道路平曲线数据读取

(4)创建道路线形:读取文件的数据之后就是要按照这些数据的几何本质来进行线形的创建。分析线形的几何本质,结合CATIA的功能制定出程序的逻辑流程,调用相关的函数创建道路线形。

2.2 定位元素创建

定位元素用来确定构件的空间位置,基础是道路中心线。逆向建模方式是直接从设计图纸中直接获取构件的三维空间位置信息,不存在设计的过程。所以,该部分要研究的就是在BIM软件中实现

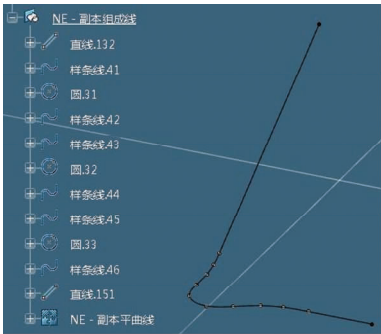


图 4 道路平曲线创建

项目设计流程、确定构件位置的方法。同时,研究利用 CATIA 的编程接口使定位设计过程快速化、批量化的方法。

首先是项目的上部结构刚接空心板梁的划板定位。在设计过程中,通过划板的操作来确定板梁的片数、位置、宽度等布置信息。通过对划板流程和规则的研究分析,将其转化为可以用程序表达的计算方法。然后,利用 CATIA 的知识工程语言编写程序脚本,在 CATIA 中进行划板操作,具体的程序流程如图 5 所示。运行程序,经过循环计算和判断,直接在 CATIA 中绘制划板示意图,同时记录板梁的位置数据。

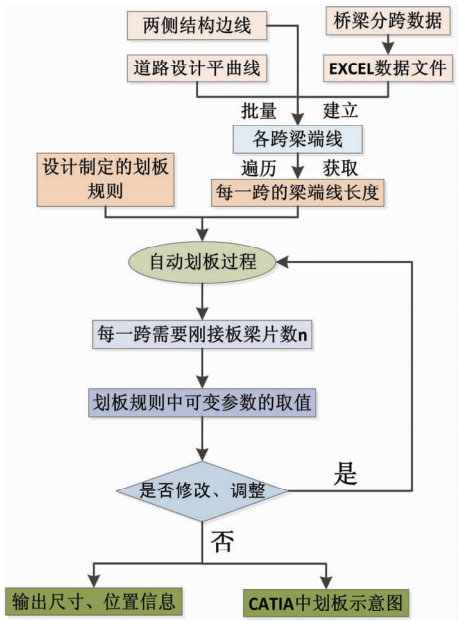


图 5 CATIA 划板流程示意图

对于项目的桥墩定位,根据定位规则编写脚本程序。运行程序,获取桥墩中心位置的道路中心线和地面线高程;然后结合设计参数和规则计算在程

序中计算出盖梁、立柱、承台等的位置数据;最后,调用函数批量创建如图 7 所示的定位坐标系。

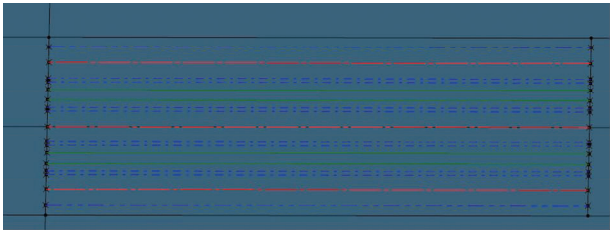


图 6 CATIA 划板示意图

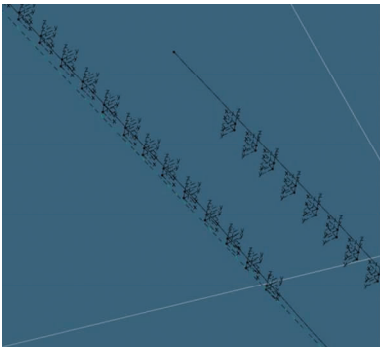


图 7 桥墩定位坐标系

3 构件结构选型与参数赋值

直接利用 BIM 软件即可以进行桥梁工程构件的结构选型与参数赋值。但是需要设计人员学习掌握 BIM 软件,而且操作的过程比较繁琐,容易出错,进而导致工作质量和效率的下降。因此,本次研究以参数化的工程模板为基础,以桥梁工程设计流程为核心进行构件结构选型与参数赋值程序的开发。程序是设计人员和 BIM 软件对接的工具,利用程序可以直接按照熟悉的设计流程进行操作。不但可以免去设计人员学习 BIM 软件的复杂过程,又可以利用程序流程对操作的规范性进行约束,提高工作的效率和质量。如图 8 所示,构件选型与参数赋值程序根据功能需要开发了四项功能。

3.1 工程模板维护

模板库需要根据工程需求进行更新和维护。因此,开发工程模板维护功能,由模板库维护人员使用,进行工程模板的增加、修改、删除等操作。

如图 9 所示为程序主界面,可以分为四块区域:
(1)模板库组织结构:依据桥梁工程专业的分类,将模板以结构树的方式进行组织展示。如图 10

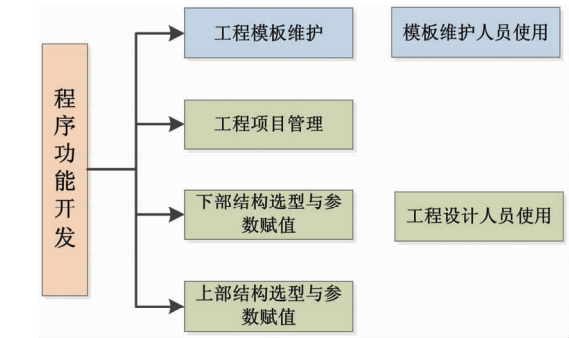


图 8 程序功能开发

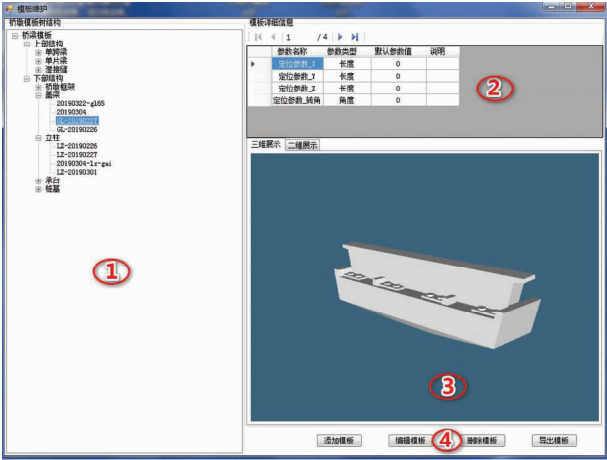


图 9 模板维护程序主界面

所示,模板库中的模板共分为两类:一类是框架模板(单跨梁框架、桥墩框架),这种模板只用来表示其所包含的工程构件的种类和个数信息,并不包含具体的构件型式和参数信息。比如,一个桥墩框架模板主要的信息就是其所包含的盖梁、立柱等构件的个数信息,至于桥墩具体的型式和构造参数信息则要通过另一类模板,也就是组件模板(盖梁、立柱)来表达。

(2)模板参数信息:在模板库树结构上选择一种模板,便会在界面区域 2 的列表中展示该模板的参数信息,主要包括参数名称、参数类型(长度、角度、字符串等)、默认参数值等。

(3)模板可视化展示:在模板库树结构上选择一种模板,程序中的可视化工具便会解析从数据库中获取的文件数据,在界面区域 3 通过三维模型和二维图纸相结合的方式展示该模板的构件型式。

(4)模板操作:该区域主要是模板的增加、编辑、删除、导出四个命令按钮。如图 11 所示为模板增加/编辑程序界面,程序使用人员可以利用该界

面添加或者编辑模板的基本信息和参数信息。

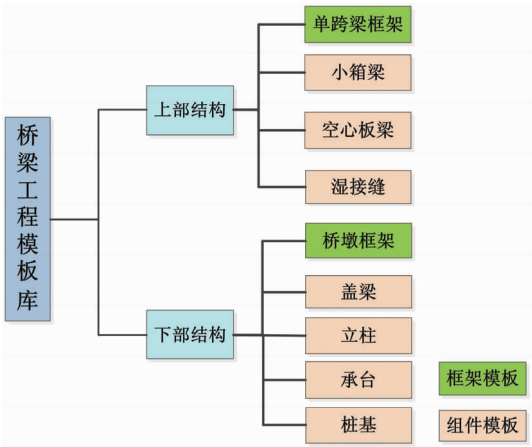


图 10 模板库组织结构示意图

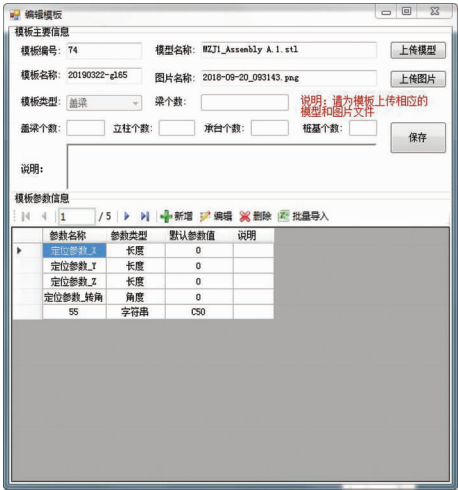


图 11 模板增加/编辑界面

3.2 项目管理功能

该功能由工程项目的设计人员使用,程序界面如图 12 所示,可以进行项目的增加、编辑、删除等。同时,此界面也是设计人员进行项目构件选型和参数赋值操作的入口:针对一个新项目,需要先利用项目管理功能添加项目,然后才能通过命令按钮进入结构选型与参数赋值程序进行操作。

3.3 结构选型与参数赋值功能

通过对桥梁工程结构设计流程的分析研究,使用整体框架和组件的逻辑流程进行程序的开发。按照该程序的操作流程,设计人员可以进行结构的构件选型和参数赋值。以桥墩结构为例,使用该程序时,将桥墩结构看作整体框架,盖梁、立柱、承台、桩基等结构构件看作是构成整体框架的各个组件。

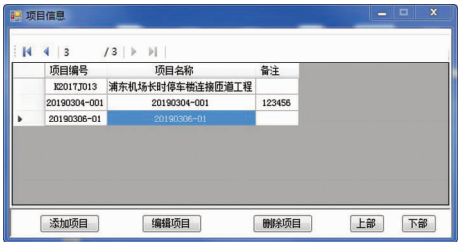


图 12 项目管理界面

如图 13 所示,为该部分程序的运行流程图。设计人员使用程序时需要先选择某一墩位的整体桥墩框架模板,这一步主要确定的是该墩位桥墩结构中包含的盖梁、立柱等各类工程组件的个数。然后,再从模板库中为各类组件选择需要的工程模板,并根据模板的参数信息赋予合适的参数。操作完成后将数据导入到 CATIA 中作为建模的模板类型参数表。

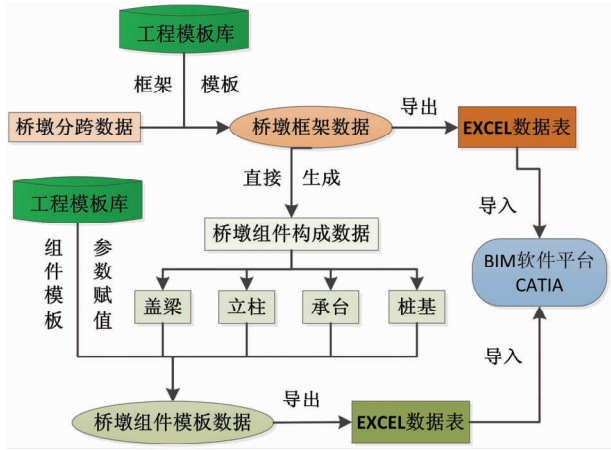


图 13 程序运行流程图

如图 14 所示,为下部结构选型与参数赋值程序界面。进入该界面后程序会首先加载模板库中桥墩结构的工程模板,以便设计人员进行项目构件模板的选择。

(1)桥墩框架数据:如图 15 所示,为程序界面中的桥墩框架数据部分。初始的桥墩框架数据包括墩号、桩号、跨径等基本信息。设计人员可以通过批量导入的方式将这些基本信息录入到程序中,也可以逐条添加。针对这些墩位基本信息,用户要在模板库中为其选择需要的桥墩框架模板。

(2)桥墩组件数据:如图 16 所示,为程序界面中的桥墩组件数据部分。初始的桥墩组件数据包括墩号、组件类别、编号等信息。组件的基本信息

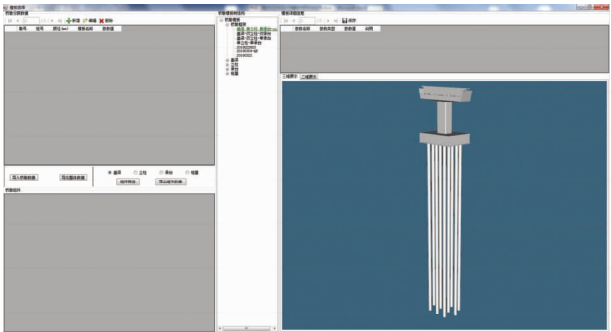


图 14 结构选型与参数赋值程序界面

墩号	桩号	跨径 (m)	模板名称	参数值	更新内容
EP-1	S430H004.677	4677	盖梁_单立柱_单承台-est		
EP-2	S430H031.677	27000	盖梁_单立柱_单承台-est		
EP-3	S430H055.677	27000	盖梁_单立柱_单承台-est		//桥墩组件需要更新
EP-4	S430H085.677	27000			
EP-5	S430H115.677	30000			
EP-6	S430H145.677	30000			
EP-7	S430H175.127	175127			

图 15 桥墩框架数据

与桥墩框架的信息处于联动状态,不能人为进行修改调整。在选择桥墩框架模板时,程序便会按照框架模板描述的各类组件的个数自动创建组件的基本数据。后续如果框架数据发生了变更修改,组件数据也会进行相应的联动更新。对于列表中的盖梁、立柱等组件数据,根据项目实际需要选择组件模板,然后进行参数赋值。

墩号	桩号	跨径 (m)	模板名称	参数值	模板名称	参数值	模板名称	参数值	模板名称	参数值
EP-1	立柱	1	等截面矩形立柱	2000, 52, 150	0	0	0	0	0	0
EP-1	承台	1								
EP-1	桩基	1								
EP-2	盖梁	1								
EP-2	立柱	1	等截面矩形立柱	2000, 52, 150	0	0	0	0	0	0
EP-2	承台	1								
EP-2	桩基	1								
EP-3	盖梁	1								
EP-3	立柱	1	等截面矩形立柱	2000, 52, 150	0	0	0	0	0	0
EP-3	承台	1								
EP-3	桩基	1								

图 16 桥墩组件数据

(3)模板更新检测功能:工程构件的模板选择和参数赋值都是基于模板来操作的。如果模板发生改变,项目的模板数据与模板库中模板信息便无法对应。因此,程序设置了模板更新检测功能。如果存在不对应的记录,程序则会将列表中的记录标注为红色,并且给出具体的原因,指导用户进行修

改更新。

4 工程 BIM 模型创建

BIM 模型创建是一个调用模板构件按照一定的流程组成工程整体模型的过程。通过上述的工作确定了构件的位置、类型和构造,工作的成果数据也将作为模型创建的输入数据。构件模板是基础,定位元素骨架和模板类型参数表为驱动,在 CATIA 中编写程序脚本将三者结合起来,实现批量、快速的模型创建工作。如图 17 所示,为本项目两条桥梁匝道的工程 BIM 模型。

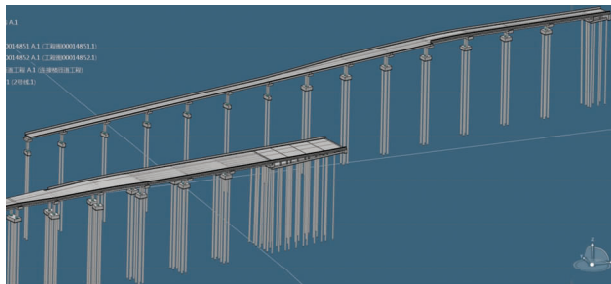


图 17 工程 BIM 模型

5 总结

本次研究针对实际的工程项目,依托 BIM 软件平台 CATIA,围绕项目设计过程中的线形创建、构件定位、结构选型与参数赋值等进行分析研究。开发相关程序,解决了研究过程中的一些难点、重点问题,提高工作的质量和效率,实现了 BIM 软件平台与设计流程的结合。本次研究深化了 BIM 技术在桥梁工程设计阶段的应用,形成了桥梁工程 BIM 正向设计的方法体系,有利于推动桥梁工程三维设计的发展。

参考文献

[1] 黄俊炫,张磊,叶艺. 基于 CATIA 的大型桥梁三维建模方法[J]. 土木建筑工程信息技术, 2012, 4(4): 51-55.
[2] 胡挺,吴立军. CATIA 二次开发技术基础. 北京:电子工业出版社, 2006.

Study on BIM Forward Design of Bridge Engineering Based on Program Development

Chen Wang, Dai Jianguo

(Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China)

Abstract: During the design stage of engineering, the BIM technology is always playing merely a supporting role. Using BIM technology for forward design has been a bottleneck of BIM development. This paper selects an actual bridge engineering project as example to study the BIM forward design of bridge engineering, focusing on the professional design process. By using CATIA, a BIM software platform, the study and analysis are conducted on the line style creation, component positioning, structural type selection and parameter assignment, and other key points in the design process. Relevant programs are developed to realize the combination of BIM software platform and the design process, which deepens the application of BIM Technology in bridge engineering.

Key Words: Bridge Engineering; Forward Design; Program Development; Line Style Creation; Component Positioning; Structural Type Selection and Parameter Assignment