

基于 3DEXPERIENCE 平台的钢桥主梁的 BIM 快速建模方法应用实践

王 宁

(北京市市政工程设计研究总院有限公司, 北京市 100082)

摘 要: 基于京雄永定河大桥项目, 针对大桥钢主梁模型创建过程中存在的构件数量多、节点构造复杂等问题, 以达索的 3DEXPERIENCE 平台为基础, 使用“骨架 + 模板”的方式, 配合 3DEXPERIENCE 平台中的知识工程模块, 提出了快速建立参数化的钢主梁模型的建模方法。该方法可大大的减轻了建模工作量, 提高了工作效率。

关键词: BIM 技术; 3DEXPERIENCE 平台; 钢桥主梁; 建模方法

中图分类号: U442.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)12-0236-04

0 引 言

随着三维技术的快速地发展以及应用需求的不断提高, 建筑信息模型(BIM)技术近些年开始广泛应用于工程领域之中。BIM (Building Information Modeling) 是一种应用于工程设计建造管理的数据化手段, 通过建立可视化的三维模型, 整合工程项目相关信息, 实现信息在项目的设计、施工和运维的全生命周期过程中的共享、传递和应用, 提高工程项目的管理水平。尤其对于大型复杂的工程项目, 仅仅凭借二维形式的设计很难描述复杂构件的形状以及各个构件之间的相对关系, 需要通过 BIM 技术建立三维数据模型完成相应的设计表达。BIM 技术在实现协同设计、三维建模、仿真模拟等方面具有不可替代的优势^[1-3]。

3DEXPERIENCE 平台是达索公司在以往产品基础上推出的一款包含了设计、仿真、管理等一系列软件协同环境, 其核心技术特点就是平台内软件与软件之间的信息交互流动无缝衔接。其中的基础建模模块能够实现空间线形复杂结构的建模, 相比其他的 BIM 软件, 可较好解决大型复杂异形结构划分、构件参数化建模、模型组装等问题^[4]。配合平台中的其他功能模块, 可以对桥梁模型进行的仿真模拟与运维管理^[5]。

1 工程概况

京雄高速跨永定河大桥由主桥、东引桥、西引桥组成, 桥梁全长 1 620 m。主桥为飞燕式中承系杆拱桥, 与永定河河道中线斜交角 90°, 主跨 300 m, 两侧边拱跨径 50 m, 辅助孔跨径 60 m, 主桥全长 520 m。京雄高速上跨永定河特大桥作为京雄高速控制性的节点工程。其方案目前采用主跨 300 m 的中承式系杆拱桥, 由于景观的需求使其拱肋变截面扭曲, 加大了设计、加工制造和施工建造的难度。同时大桥项目构件节点连接数量多且构造复杂, BIM 设计工作量大。

2 大桥钢主梁建模方法

大桥钢主梁钢构件组成, 涉及到的钢构件种类多, 数量大。同时, 大桥钢主梁的结构具有重复性, 如隔板横梁等结构在钢主梁中是交替重复出现的。根据以上提到的特点, 本文采用“骨架 + 模板”建模方法, 通过骨架条件的定位, 利用模板可重复生成模型的特点, 实现钢主梁模型的快速创建, 该方法已经在多篇文章中提出并使用^[6-7]。

骨架的作用是通过点、线、面、轴系等空间几何元素对模型构件进行定位, 确保构件之间位置关系的正确。模板作用是以骨架提供的定位要素作为输入条件, 在模型空间中快速生成对应结构的实体模型。该方法的难点在于根据构件的结构特点确定模板的制作逻辑。因为不同的建模思路, 会对模板的输入条件造成影响, 从而导致骨架形式的千差万别。图 1 为钢

主梁使用“骨架 + 模板”建模方法建立大桥钢主梁模型的总体技术路线图。

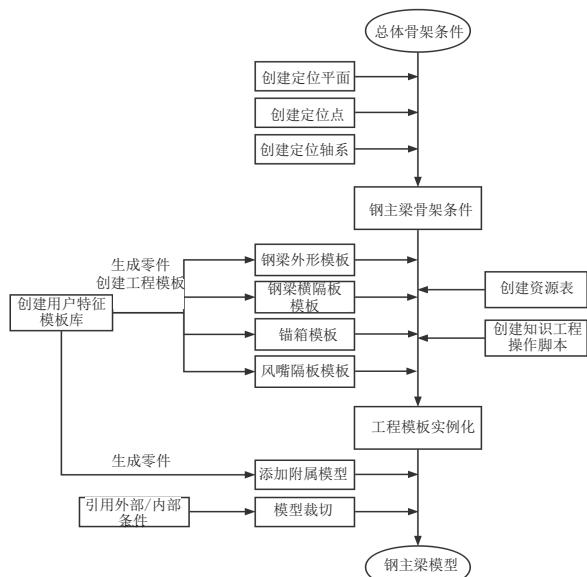


图 1 钢主梁建模技术路线图

3 钢主梁构件的组织与分类

3DEXperience 平台中目前主流的结构组织形式是零件到产品,通过对最终产品逐层的划分,在不同的级别建立对应的产品或零件,从最底层的零件向上聚合为产品,再由同级别的产品聚合成上一级别的产品,最后聚合形成最终的产品。这种方式建立了构件的层次概念,明确了构件之间的逻辑关系,使得模型在后期的使用过程更为便捷。因此,在建模之前如何对钢梁中的各个构件进行组织十分重要。

本文没有按照施工中对钢主梁的分段方式直接对结构进行划分,而是在施工分段的基础上,根据钢梁的结构所具的特点,向下一级进行了划分。这里将钢主梁划分成纵向构件、横向构件、风嘴内部构件和其他构件四大类。纵向构件主要为顺桥向结构尺寸跟随路线变化的构件,如钢梁的顶板、壁板、纵向加劲肋,横向构件则为与路线方向正交的相关构件,主要为横隔板及横隔板上的构件。风嘴内部构件由于包含锚箱使得与钢梁横向构件的变化不统一所以单独列出,其他构件则由各种附属的构件组成。对钢主梁划分后所得到的结构树如图 2 所示。

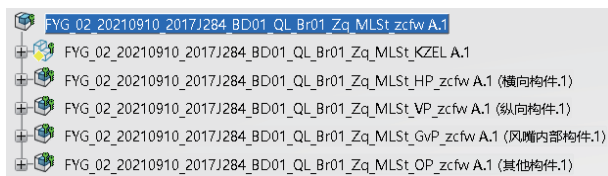


图 2 钢主梁产品结构树

这样对结构划分在保证施工分段的前提下,将沿线路变化不一致的纵向结构与横向结构进行了区分,使得在设计发生调整时,模型修改更为简单便捷,不必牵一发而动全身。

4 钢主梁构件模板的创建

3DEXPERIENCE 平台根据模板实例化的位置,可将模板分为两类:特征模板和工程模板。特征模板是对于零件内部各种要素进行实例化的模板,分为超级副本和用户特征。用户特征模板可以将建模过程封装起来,只提供了可调控的参数内容,在简化了模板内容显示的同时,也避免了其他使用者对模板的无意修改,保证了模板的稳定性。超级副本则完整地保留了模板中的所有内容,便于使用者查看其中的逻辑。工程模板则是用于零件和物理产品实例化的模板。

因此,将模板分为上下两个层次,基本的形状通过用户特征模板创建,然后零件中实例化用户特征模板创建具体的工程模板,最后再通过工程模板实例化创建主梁模型。钢主梁中虽然有各种不同的钢构件,但在建模时可以根据各构件的形状特征分类为几种形状,如与路线相关的纵向构件,只需建立一种用户特征模板即可,在创建具体的构件时,只需调整输入条件即可。相对于直接创建工程模板而言,虽然在过程中多了一个层次,但也省去了在创建多个类似构件时重复的操作,从而实现了建模效率的提升。具体过程如图 3 所示。

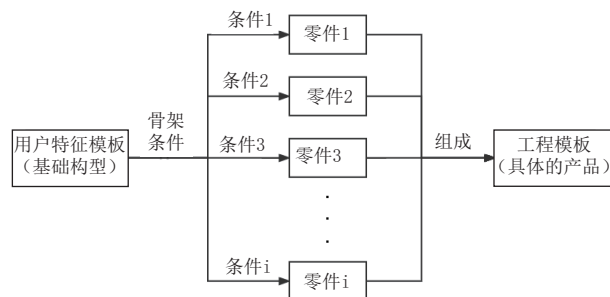


图 3 用户特征模板到工程模板流程图

此外,在创建模板时需要采用参数化设计的方式,通过为模型构件添加可调的控制参数,实现参数化目的。当模型的特征造型使用参数化时,它不仅可以随时调整产品形状和尺寸,而且可以随时调整产品的结构和特征,同时实现尺寸驱动和特征驱动^[8]。图 4 展示了参数化模板的制作流程。

可添加的参数有多种类型,如尺寸、字符串、布尔类型等,还可创建公式,增加各个参数之间的关

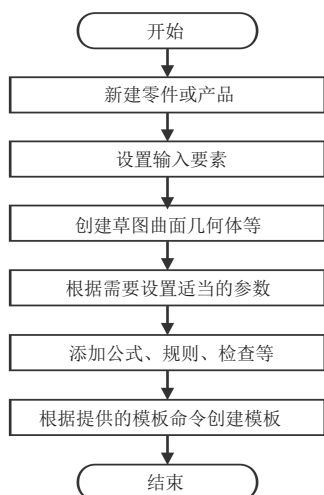


图 4 参数化模板制作流程图

联,可以通过知识工程模块中的规则检查等命令,创建逻辑判断等更为复杂的逻辑关系。这样通过模板生成的构件将会带有控制参数,在设计发生大小尺寸等方面发生改动时,模型能够快速通过参数进行调整。图 5 中的右侧结构树的参数集节点展示了顶板 U 肋构件中的控制参数。

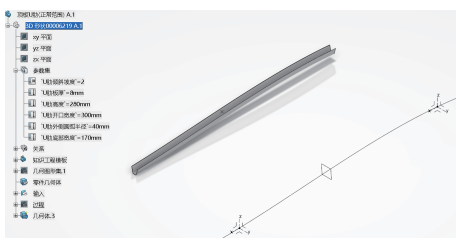


图 5 创建完成的顶板 U 肋模板

5 建立模板库

由于钢主梁涉及的构件类型众多,而且需要根据模型分类与组织创建特征模板和工程模板,导致需要建立的模板数量庞大。而且 3DEXPERIENCE 平台是基于服务器的,所有创建的文件都位于数据库中,查找文件时需要手动进行搜索,给使用与修改模板造成了极大的不便。因此需要建立模板的库文件,以方便各类模板的使用和管理。

3DEXPERIENCE 平台中所提供的目录应用程序来对模型和模板进行归类与管理。图 6 展示了目录文件对模板文件的管理形式。

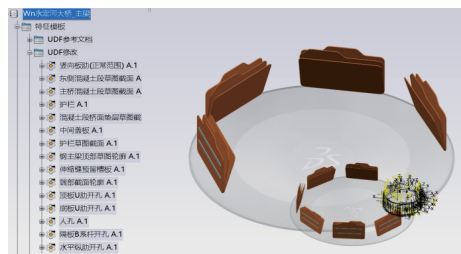


图 6 目录应用程序对模板文件的管理

通过目录应用程序中左侧的结构树,可在目录根节点下插入新的章节,还可在已有的章节中创建新的章节,而在右侧展示窗口中会以文件夹的形式进行显示。可以根据需求创建不同的章节目录,再将创建好的模板按类别添加到对应章节下,在以后使用模板时,只需打开创建目录应用程序,找到对应的模板使用即可。

6 编写自动化脚本

知识工程语言(EKL),是在知识工程模块的核心语言。通过 EKL 语言,以编写代码的方式,可以在 3DEXPERIENCE 平台中,自动化地实现一些繁杂的操作^[9]。对于大桥的钢主梁,除了两端的构造需要与其他结构进行衔接而较为不同,其余部分都是相同构件的重复,但要逐个创建生成这些重复的构建,需要大量的精力和时间。所以这里通过编写 ELK 语言脚本的方式,以骨架要素和工程模板为输入条件,自动化的生成钢桥主梁标准段部分的模型。

知识工程模块所包含的“知识工程阵列”、“操作”等命令都可编写自动化生成脚本,而操作命令提供了人机交互的功能,在创建模板实例化时更为灵活,所以这里选择“操作”命令,使用 EKL 语言进行自动化脚本的编写。如图 7 所示,在隔板节点下建立了知识工程规范检查,工作指令中为 EKL 语言编写的脚本程序,资源表中包含了实例化过程中要用到各种资源模板。

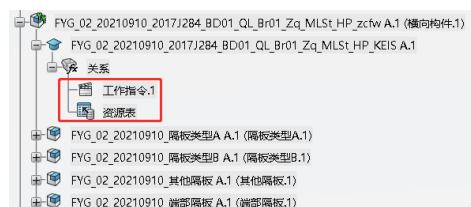


图 7 在结构树中创建的知识工程规范

执行工作指令,选择生成的位置、定位要素和模板资源,即可自动的生成构件,图 8 展示了通过工作指令根据定位轴系自动化所生成的中横梁隔板 A。



图 8 由工作指令在骨架上自动化生成的中横梁隔板 A

自动化脚本可以提高效率,减轻工作量。随着模板复杂度的增加,实例化的时间也会随之增长,相对

于手动实例化,自动化脚本将每个构件实例化所需的时间聚合在了一起自动完成,避免了个人精力的无效浪费。同时也避免了在每次实例化模板时,手动选择模板输入条件的过程。

将大桥钢主梁的各个构件模板在骨架上分别进行实例化,再根据钢主梁与拱肋的接触关系,对模型进行切割,形成的最终模型如图 9、图 10 所示。

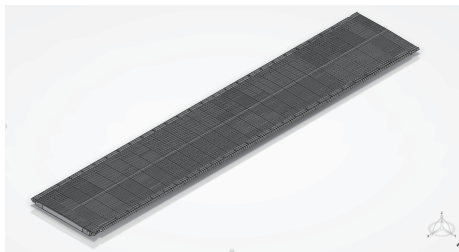


图 9 大桥钢主梁 BIM 模型(俯视)

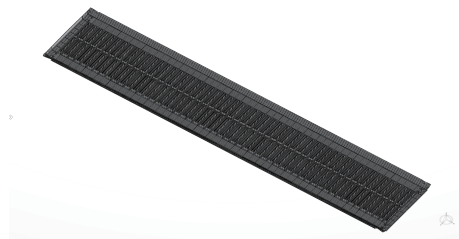


图 10 大桥钢主梁 BIM 模型(仰视)

7 结 语

在永定河大桥项目上运用 BIM 技术的建模实践,验证了“骨架+模板”方法创建桥梁 BIM 模型的可行性。同时,进一步根据钢主梁构件的特点,对模

型进行组织和分类,明确了模板的制作逻辑,降低了各个构件之间的相互影响。通过建立两个层次的模板,大大减少了中间建模的重复步骤。运用 EKL 语言编写脚本,使大量模板自动化生成。以上对于建模时的处理方法可以应用到相似的工程项目中,优化建模流程,从而实现建模效率的提高。此外,对于大量的构件模板,建立模板库文件,将不同类型的模板集中起来进行分类与管理,有效避免了在数据库中搜索模板的时间问题。

参考文献:

- [1] 张静嫒,包腾飞.基于 3DEXPERIENCE 平台的水利工程 BIM 应用[J].人民长江,2020,51(S2):108-111,169.
- [2] 刘智敏,王英,孙静,等.BIM 技术在桥梁工程设计阶段的应用研究[J].北京交通大学学报,2015,39(6):80-84.
- [3] 李红学,郭红领,高岩,等.基于 BIM 的桥梁工程设计与施工优化研究[J].工程管理学报,2012,26(6):48-52.
- [4] 廖林,周应华,瞿浩,等.基于 CATIA 的桥梁 BIM 参数化建模技术研究及应用[J].现代城市轨道交通,2021,4(3):79-85.
- [5] 蒋平江,杨凯,曾绍武,等.BIM 技术在金沙江双线特大桥施工中的应用研究[J].铁道标准设计,2018,62(8):78-84.
- [6] 黄俊炫,张磊,叶艺.基于 CATIA 的大型桥梁三维建模方法[J].土木工程信息技术,2012,4(4):51-55.
- [7] 吴露方.基于 BIM 的桥梁全生命周期管理研究初探[J].土木工程信息技术,2013,5(6):17-21.
- [8] 卢飞,任有峰,李永华.三维 CATIA 软件在桥梁工程设计中的应用[J].西北水电,2014,4(4):100-103,110.
- [9] 齐成龙,冯沛,宋树峰,等.基于达索 3D 体验平台的预应力混凝土连续梁桥建模方法[J].铁道建筑,2015(10):64-69.

(上接第 221 页)

(2)现行规范采用刚性拉压杆模型计算得到的压杆压力值较实际情况略偏大,拉、压杆刚度比对其影响程度较小。

(3)采用柔性拉压杆模型计算得到的拉杆力精度更高,与实体有限元模型结果更为接近,当采用有限元模型得到的主应力方向进行修正时,则基本上完全吻合。

(4)工程设计中对短悬臂盖梁结构可采用柔性拉压杆模型进行抗裂验算,计算简单,思路明晰,能满足工程精度要求,采用规范规定的压杆方向计算结果更偏于安全。

参考文献:

- [1] 中交公路规划设计院有限公司.《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》应用指南[M].北京:人民交通出版社,2018.
- [2] Yun Y M, Kim B H. Two-dimensional grid strut-tie model approach for structural concrete [J]. ACI Struct. Eng. J. 2008.
- [3] 陶齐宇,张义志.混凝土结构的拉-压杆模型设计方法[J].西南公路,2017.
- [4] JTG 3362—2018.公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].
- [5] GB 50010—2010,混凝土结构设计规范(2015 年版)[S].
- [6] SL 191—2008,水工混凝土结构设计规范[S].
- [7] 贺志启.混凝土桥梁 D 区的力流传递机制及参数化设计理论[D].南京:东南大学,2013.