

基于 Dynamo 的预制箱梁 BIM 模型 参数化建模技术

张胜超 郭新贺 鲍大鑫

(中铁建工集团有限公司建筑工程研究院,北京 100160)

【摘要】为了推进路桥工程建设领域的信息化进程,提高道路桥梁工程的建设管理水平,特对桥梁参数化建模技术展开深入研究。本文通过深入剖析基于 Revit 的可视化编程插件 Dynamo 的工作原理,结合参数化建模的应用实例,提出了一种基于 Dynamo 插件的预制箱梁 BIM 模型参数化建模方法,实现了预制箱梁 BIM 模型的快速精准建模,避免了缓和曲线段预制箱梁建模过程中以直代曲产生的误差,大大提高了建模的效率及建模精度,为类似工程的 BIM 建模工作提供了技术支持。

【关键词】 BIM Dynamo; 参数化建模; 预制箱梁

【中图分类号】 TU17 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1674-7461(2021)03-0107-05

【DOI】 10.16670/j.cnki.cn11-5823/tu.2021.03.16

引言

BIM 技术正在全球范围内推动传统建筑行业产生重大变革,其可视化、协调性、模拟性、优化性、可出图性等特点得到越来越多设计及施工技术人员认可。在房屋建筑、大型公共建筑、市政工程领域, BIM 技术在设计、施工阶段应用案例较多,建模软件与应用方案也较为成熟,但在桥梁工程设计、施工中的应用案例和文献尚少。随着 BIM 技术近年来在公路、铁路、市政等建设领域的不断探索与应用,越来越多的 BIM 技术工作者投入到参数化建模技术的研究中来,研究成果也如雨后春笋般涌现。

国外对基于 Dynamo 的参数化建模技术的研究较早,相关技术也较为成熟。如 Christian Koch 等^[1]提出了一种隧道信息建模框架,集成了四个相互关联的子域模型和链接的项目性能数据; Kettil E^[2]把参数化设计方法应用到桥梁的设计过程中进行研究,提出了桥梁参数模型及其参数的获取方法。近

几年国内在基于 Dynamo 的参数化建模技术领域的研究也逐渐增多。陈浩翔^[3]针对预应力变截面连续梁桥的特点与参数化设计的优势,对预应力连续梁桥的参数化建模设计进行了相关研究,提出了完整的参数化设计在初步设计阶段的应用流程;田斌华^[4]以新弯隧道工程为例,对公路隧道的 BIM 模型进行了参数化建模研究,提出了一种隧道构件参数化建模算法,实现了隧道构件模型快速创建与自动布置;程霄等^[5]以 Dynamo 为切入点,对装配式建筑领域的参数化建模技术进行了研究,讨论了预制构件参数化设计的可行性与优势;吴生海等^[6]以运城文化艺术活动中心为例,对非线性曲面建筑进行了参数化建模技术研究。

国内外目前在基于 Dynamo 的参数化桥梁 BIM 模型建模技术领域已经有一定研究,但多集中于现浇预应力箱梁和预制 T 梁的参数化建模技术,对于预制箱梁的参数化建模技术研究的相关文献较少。因此探索一种能快速精确建模且能实现参数化设

【作者简介】 张胜超(1989-),男,工程师,主要研究方向: BIM 参数化设计、基于 BIM 技术的装配式建筑智慧建造技术、装配式建筑信息化技术;郭新贺(1978-),男,高级工程师,主要研究方向:装配式建筑设计、基于 BIM 技术的装配式建筑智慧建造技术、装配式建筑信息化技术。

计的预制箱梁 BIM 建模方法具有重要意义。

1 Dynamo 简介及参数化建模优势

1.1 Dynamo 简介

Dynamo 是 Autodesk 公司推出的一款典型的树状架构的基于可视化编程软件,其代码的最小单位为节点(Node),用户在节点的左边连线输入(Input)数据,再从节点的右边输出(Output)结构,层层节点,依次逻辑相连,最终构成一个完整的脚本。Dynamo 最大的好处是能够让用户调用 Revit 的 API,从而让用户能够在 Revit 中实现快速建模、参数化设计、能批量处理模型信息等操作。Dynamo 与 Rhino 上的插件 Grasshopper 类似,与 Grasshopper 相比其优势在于可以依附于 Revit,通过调用 Revit 的数据来管理模型信息,数据结构灵活性更佳。另外相对于纸上利用 Revit 建模,Dynamo 在实现参数化设计方面有着更大的优势。其缺点在于运算速度较慢,节点较多的时候,每次修改数据,整个程序都需要重新运行,比较耗费资源。

1.2 Dynamo 参数化预制箱梁模型建模技术的应用优势

Dynamo 参数化预制箱梁模型建模技术具备以下三方面优点:

1) 避免了传统建模方法中大量人工操作的不可控因素,真正实现了桥梁 BIM 模型的快速精准建模,减少了建模的工作量,极大地提高建模工作效率;

2) 通过参数化建模,智能化驱动的构建方式,实现了真正意义上的数字信息模型,使模型信息更具备可控性;

3) Dynamo 节点包具有一定的开放性,数据源文件和数据运行平台可以根据不同项目实际情况进行更改和调整,具有较强的适用性和推广性。

2 预制箱梁 BIM 模型参数化建模解决思路

基于 Dynamo 的预制箱梁 BIM 模型参数化构建体系主要包括三方面内容:构建预制箱梁参数化族、编制基础数据源文件、搭建数据运行平台程序。

2.1 构建预制箱梁参数化族

通过建立逻辑关系严谨的预制箱梁参数化族,不仅可以减少族库中构件族的数量,还可以减少模

型建模的工作量,使数据与模型之间建立逻辑关系,最终达到用数据驱动模型的目的,从而提高建模工作的效率和质量。

2.2 编制基础数据源文件

基础数据源文件的编制,需要将项目设计的基础图形文件、数据文件编码转换为程序能够识别的数据库形式。该基础数据库涵盖的项目设计信息应具有完整性和全面性,如桥梁的线路数据、预制箱梁的尺寸信息、预制箱梁的变量信息等,以 Excel 数据表为承载形式。另外,该基础数据库的构建必须遵循统一的规则标准,根据运行平台的具体情况编制,并能够被后续数据运行平台导入和识别。如:预制箱梁参数化族文件中的参数项应与基础数据库 Excel 表中内容遵循统一的标准,以实现数据接口的兼容。

2.3 搭建数据运行平台程序

(1) 数据运行平台的内容

Dynamo 数据运行平台主要包括三方面内容:基础数据源 Excel 表的读取;数据运算和处理;可视化输出。

(2) 数据运行平台搭建的原则

Dynamo 数据运行平台搭建必须要有严格的逻辑关系支撑,并根据项目实际的设计特点而定。具体在预制箱梁模型构建的过程中,应遵循“线路处理—主体拼装—细节把控”的整体思路进行搭建。

3 预制箱梁桥 BIM 模型参数化建模实例

3.1 某高速公路工程概况

某高速公路特大桥,设计双向六车道,桥宽 34.5m,设计行车速度 120km/h。全线桥梁总计 27 座,桥梁总长为 10 244.382m,互通式立交桥桥梁总计 25 座,桥梁总长为 7 614.74m,特大桥 2 座,长度 2 629.642m。上部结构形式为预制箱梁、现浇箱梁及钢混合叠梁。全桥共 91 联 316 跨,预制部分占 165 跨,预制箱梁共计 834 片,跨径包括:30m、29.952m、29.364m、28m、30.5m。箱梁伸缩缝分别采用 80 型浅埋伸缩缝及 160 型梳齿型伸缩缝。

3.2 构建预制箱梁参数化族

预制箱梁参数化族的构建中,以“自适应公制常规模型”为族样板,主要考虑到以下五个方面:

- 1) 箱梁的类型,包括左边梁、中梁、右边梁;
- 2) 预制箱梁的横坡;

- 3) 伸缩缝的类型,包括 80 型伸缩缝、160 型伸缩缝;
- 4) 变宽段、曲线段的梁端角度;
- 5) 细部构造,如滴水槽、泄水孔、堵头板、湿接缝、横隔板等。

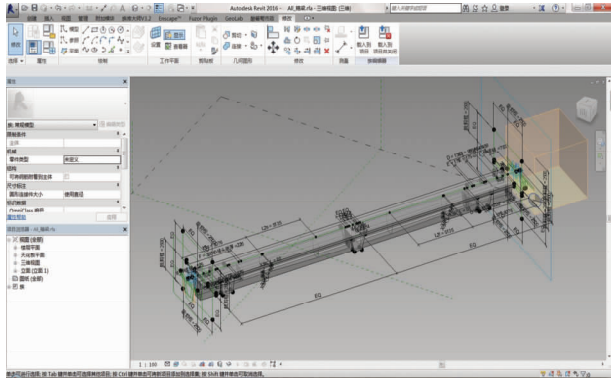


图 1 预制箱梁自适应参数族

该预制箱梁参数化族由 2 个空间自适应点进行控制,其中限制条件参数 2 个,用来控制梁体为左边梁、右边梁、中梁以及梁段 80 型伸缩缝、160 型伸缩缝的形态;结构尺寸参数 39 个,其中实例参数 20 个,这部分参数需要根据每个箱梁实例进行数据调整,逻辑参数 19 个,该部分参数根据公式受其它实例参数驱动,这 39 个结构尺寸参数共同驱动小箱梁的结构外形尺寸;材质参数 3 个,分别用来控制小箱梁主体、堵头板、堵头砣的材料性质。

3.3 编制基础数据源文件 Excel 表

基础数据源文件 Excel 表的编制是 Dynamo 参数化预制箱梁建模中最基础的部分,同时也是最关键的部分。预制箱梁数据源文件 Excel 表的基础数据由 Civil3D 软件根据实际线路导出,后由 BIM 工程师依据项目图纸设计信息进行补充完善。预制箱梁数据源文件 Excel 表分为桥梁左线和桥梁右线,每条线的的数据内容包括:序号、桩号、三维点坐标值等参数。

3.4 搭建预制箱梁 BIM 模型数据运行平台

数据运行平台的搭建是预制箱梁 BIM 模型参数化建模中的关键环节。Dynamo 参数化的建模方法要求建模过程中的每个步骤都要有严格的逻辑关系支撑。预制箱梁 BIM 模型主体结构部分数据运行平台的搭建,主要包括以下四部分内容:

- 1) 读取路线 Excel 数据源文件生成三维路线曲线,完成坐标转换和分组;

Station	X	Y	Z	PS	TF	TO
0+00.00	0	0	31.55	481884.369	482467.1694	602.8004
0+25.00	24.9269	-1.9104	31.211	3369706.782	3369682.148	-24.6343
0+50.00	49.8538	-3.8207	30.95	0	460	460
0+75.00	74.7807	-5.731	30.767			
1+00.00	99.7076	-7.6414	30.662			
1+21.12	120.7636	-9.255	30.634			
1+25.00	124.6345	-9.5517	30.635			
1+50.00	149.5614	-11.462	30.686			
1+75.00	174.4883	-13.3723	30.815			
2+00.00	199.4152	-15.2827	31.023			
2+25.00	224.3421	-17.193	31.308			
2+50.00	249.269	-19.1033	31.071			
2+75.00	274.1959	-21.0137	32.113			
3+00.00	299.1228	-22.924	32.632			
3+25.00	324.0497	-24.8343	33.23			
3+43.91	342.9044	-26.2793	33.734			
3+44.14	343.1352	-26.297	33.74			
3+80.00	348.9766	-26.7447	33.902			
3+75.00	373.9035	-28.655	34.571			
4+00.00	398.8304	-30.5653	35.203			
4+25.00	423.7574	-32.4757	35.799			
4+50.00	448.6843	-34.386	36.357			
4+75.00	473.6112	-36.2963	36.978			
5+00.00	498.5381	-38.2066	37.363			
5+25.00	523.465	-40.117	37.611			

图 2 对 Civil 3D 中导出点文件进行整理

- 2) 读取预制箱梁参数化族数据文件,实现族文件精准定位与分组;
- 3) 处理数据文件,生成桥梁整体模型;
- 4) 填补横隔板、湿接缝等现浇构件,完成桥梁主体结构拼装。

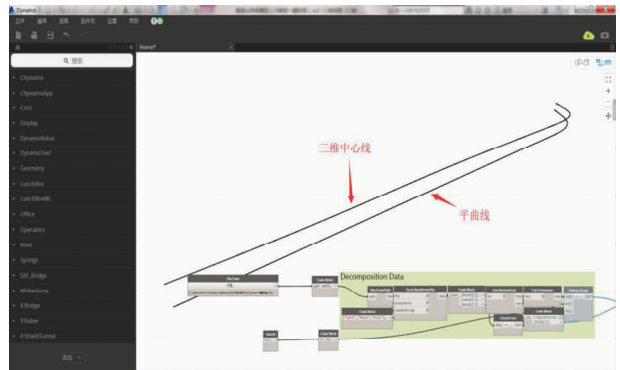


图 3 运用 Dynamo 读取表格数据创建精确的平曲线、三维中心线

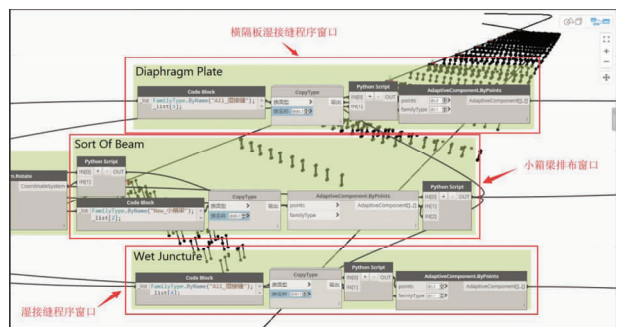


图 4 Dynamo 预制箱梁参数化族数据驱动

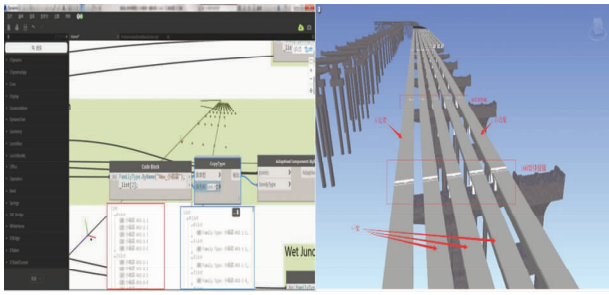


图 5 运用 Dynamo 读取参数化族数据生成桥梁模型

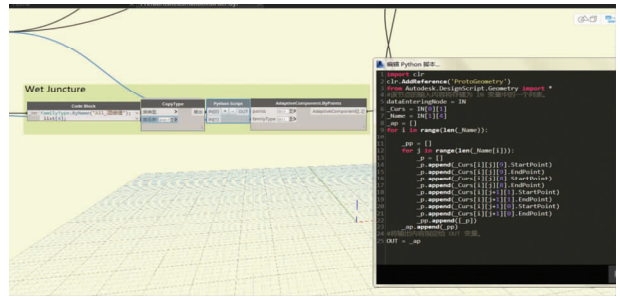


图 7 采用 Python 编程将族实例以一定规则放置在空间中

3.5 关键技术方案 - Revit 二次开发编程

Dynamo 中的节点是通过紧密的逻辑关系保持联系的,但对于相对复杂的逻辑关系如条件、函数、循环等,直接用节点来表达比较困难且容易出现错误,因此采用 Python Script 节点进行二次开发编程非常重要。Python Script 节点提供了编辑 Python 脚本的功能,通过书写 Python 代码可以直接解决复杂的逻辑关系,做到事半功倍的效果。

在基于 Dynamo 的预制箱梁 BIM 模型的实践中,笔者编写并总结了一套基于 Python 的参数化预制箱梁自动排梁节点包,使得预制箱梁 BIM 模型可以通过基本设计参数的输入和该节点包的应用得以快速精准完成。该 Python 节点包内容包括:读取 Excel 数据去编排空间坐标,在空间坐标系中创建点元素(见图 6);获取表格数据,按规则生成族实例名称,再以名称及名称的列表维度生成族实例,将族实例以一定规则放置在空间中(见图 7);通过“预埋件”思维,拾取参数化族中的“线”,进一步创建空间相对位置的湿接缝、横隔板(见图 8)。

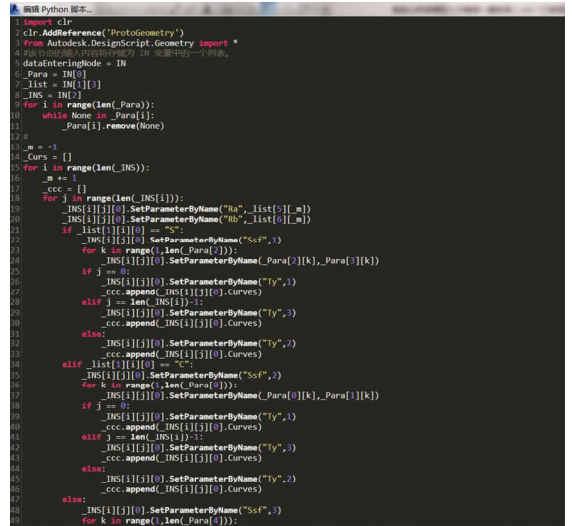


图 8 采用 Python 编程对小箱梁族实例进行参数修改并拾取小箱梁“预埋件”

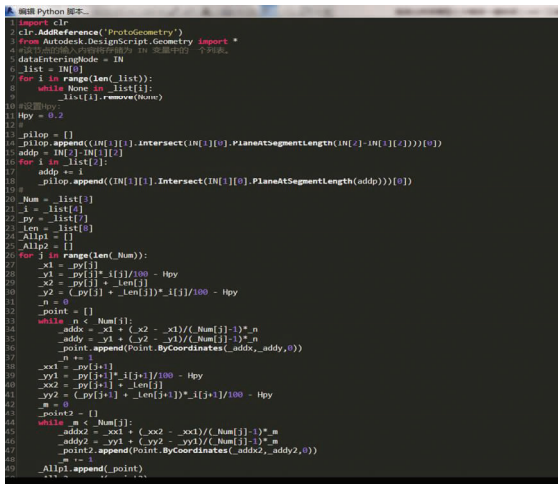


图 6 采用 Python 编程将 Excel 数据编排为空间坐标

4 总结

本文对基于 Dynamo 插件的预制箱梁 BIM 模型建模技术进行了初步的探索和应用,编写了一套完整的基于 Revit + Dynamo 平台的可调节、易操作、高精度、标准化的预制箱梁 BIM 模型搭建方法。该方法扩大了 Revit 可用的建模范围,为 BIM 模型的研究,提供了一种新的方向。Dynamo 可视化编程语言的灵活性、代码的开源性,也为 BIM 技术的发展提供了无限可能性。但是目前该方法只是在预制箱梁主体结构 BIM 模型层面上的建模应用,包含其他附属构造的桥梁建模方法仍然需要进一步的探索和完善。

参考文献

[1] Christian Koch, AndreVonthron, Markus Konig. A Tunnel

- Information Modelling Framework to Support Management, Simulations and Visualisations in Mechanised Tunnelling Projects[J]. *Advances in Engineering Software*, 2017, 83: 78-90.
- [2] Kettil P, Wiberg N E . Application of 3D Solid Modeling and Simulation Programs to a Bridge Structure[J]. *Engineering with Computers*, 2002, 18(2) :160-169.
- [3] 陈皓翔. 基于 BIM 的预应力变截面连续梁桥参数化设计与应用[D]. 广州大学, 2019.
- [4] 田斌华. 公路隧道 BIM 参数化建模方法与可视化研究 [D]. 山东大学, 2019.
- [5] 程霄, 王辉. Dynamo 可视化编程在预制装配式构件中的应用[J]. *四川建筑*, 2018, 2:25-27.
- [6] 吴生海, 刘陕南, 刘永晓, 等. 基于 Dynamo 可视化编程建模的 BIM 技术应用与分析[J]. *工业建筑*, 2018, 48(2) :35-38, 15.
- [7] 林金华, 林武, 吴福居. 可视化编程在 BIM 参数化建模中的应用技术[J]. *工程建设与设计*, 2018, (11) : 276-278.
- [8] 李庶安, 王喆, 孔晨光, 等. Dynamo 在桥梁缓和曲线段建模应用研究[J]. *公路交通科技(应用技术版)*, 2019, 15(4) :165-167.
- [9] 车冠宇, 毛伟栋. Revit + Dynamo 参数化隧道模型构建体系探析[J]. *公路交通科技(应用技术版)*, 2018, 14(4) :246-248.

Parametric Modeling Technology of PREfabricated Box Girder BIM Model Based on Dynamo

Zhang Shengchao, Guo Xinhe, Bao Daxin

(*Research Institute of Archite Tural Engineering of China Railway Construction Engineering Group, Beijing 100160, China*)

Abstract: In order to promote the informatization process of road and bridge construction and improve the management level of road and bridge construction, parametric bridge modeling technology is studied in depth. In this paper, through an in-depth analysis of the working principle of the Revit-based visual programming plug-in Dynamo, combined with the application examples of parametric modeling, a method of parametric modeling of the precast box girder BIM model based on the Dynamo plug-in is proposed, and the BIM model of the precast box girder is realized. The rapid and accurate modeling avoids the error caused by the direct substitution of the curve in the modeling process of the prefabricated box girder of the relaxation curve section, which greatly improves the modeling efficiency and modeling accuracy, and provides technical support for the BIM modeling work of similar projects.

Key Words: BIM; Dynamo; Parametric Modeling; Precast Box Girder