

基于 BIM 技术的隧道工程自动算量方法

赵彦磊 纪淑营 苗传栋

(96786 部队,北京 102200)

【摘要】针对当前使用 Revit 软件建立隧道掘进模型效率低、生成算量复杂等问题,在软件现有功能基础上创新建模方法提高了建模速度;结合参数化族实现模型的可重复使用;使用明细表功能实现了自动算量,提升了 BIM 技术在隧道施工过程中的应用能力。利用结构梁族断面可参数化和绘制简便的特点,创建参数化梁族。在 Revit 软件中可利用断面参数化梁族通过拾取轴线命令快速绘制隧道掘进模型。利用面墙和面屋顶绘制多层喷射混凝土模型,为 4D 施工模拟提供了方便。通过墙与拱顶明细表可快速得到喷射混凝土方量。利用幕墙嵌板族绘制单根锚杆模型从而实现了锚杆模型的参数化,提高了建模效率。利用钢筋网片命令解决了侧墙钢筋网绘制困难的问题,通过改变钢筋网片参数可实现对钢筋网尺寸的控制,方便得到工程算量并提高了模型的可控性。

【关键词】BIM 技术; BIM 应用; 自动算量; 参数化族; 快速建模

【中图分类号】TU17 **【文献标识码】**A

【版权声明】本文被《土木工程信息技术》、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

BIM 技术因其所具备的可视化、协调性、模拟性和可优化性等特点,目前广泛应用于城市规划和建设中,特别是在三维可视化建模和工程量计算方面的优势给施工带来了极大的方便。在隧道施工过程中,可通过 BIM 技术实现工程算量、施工模拟、技术交底、成本管理等应用,这些都是以 3D 模型为基础,因此如何在保证模型细度和准确性的基础上实现快速建模从而提高工作效率显得尤为重要^[1]。在我们生活中,除常见的单一断面的公路、铁路隧道以外,还有许多断面种类多、工程量大、结构复杂的隧道工程,比如重庆涪陵 816 地下工程、白鹤滩水电站、八达岭长城地下高铁站等。在对此类复杂隧道工程进行建模时,以往的建模方法较为落后,建模效率低。Revit 软件作为目前最常用的 BIM 建模软件,相比于其他建模软件,其在隧道工程建模方面有着明显的优势,特别是其参数化族建模和明细表算量等功能给复杂隧道工程建模和算量提供了便利。本文通过发散式思维,充分挖掘建模软件现有功能,创新建模方法,利用参数化族和系统自带

族进行快速建模,利用软件既有的明细表功能实现了自动算量,方法简单高效。

目前在隧道工程建模和算量方面的研究主要集中于利用辅助软件和插件或者基于建模软件的二次开发应用。比如,张恺韬应用 Revit 软件和 Dynamo 编程插件对山岭隧道三维模型建模简化进行研究,建立了山岭隧道参数化和宏操作的建模程序,节约了隧道三维建模时间,提高建模效率,但此方法过于依赖插件,对建模人员要求更高,普适性较差^[2]。庞思雨等人提出了一种基于 BIM 技术的隧道参数化建模方法,此方法是断面参数化族的拓展应用,在提高多断面隧道工程建模效率方面仍有值得优化的地方^[3]。以往在进行工程算量时主要通过人工套取算量公式进行计算,不仅速度较慢,还无法保证数据的准确性。于鑫等人提出基于 Revit 的二次开发实现三维钢筋算量方法,此方法较为复杂,且对建模人员的编程能力要求较高^[4]。莫自庆等人通过对广联达 GCL 等第三方算量软件进行研究发现其劣势是模型交互过程中易漏项、错项,并且难以实现一些复杂异性构件的建模^[5]。本文在第 2 至第 5 章中按照隧道施工顺序阐述隧道掘扩

【作者简介】 赵彦磊(1983-),男, BIM 工程师,主要研究方向:地下工程 BIM 技术。

和锚网喷支护的建模方法。

1 以结构框架(梁族)为基础的快速掘扩模型建模方法

隧道工程因其断面形式和洞室类型众多,而且它们又根据围岩级别和断面位置不同而进行不同程度的超挖^[6]。以往在建立隧道掘进模型时主要通过以下两种方法,一是在 Revit 内部通过内建模型进行 3D 断面拉伸,此方法只能针对单一断面建模,且绘制较为繁琐需要进行大量重复性工作,效率较低。二是通过建立参数化 2D 隧道轮廓族,再在项目中进行放样操作建立常规模型,此方法可以针对不同断面参数来绘制不同断面的掘扩模型,但绘制依旧较为繁琐,效率较低^[3]。

为解决上述两种方法存在的问题,现创新性地使用结构梁族进行建模。结构梁在 Revit 中功能十分强大,可以对其截面尺寸添加约束条件来实现断面参数化建模,并且在绘制结构梁时方法简便多样,既可以直接绘制路径也可以通过拾取线的方式任意绘制结构梁的形状,实现了 3D 参数化建模。考虑到结构梁在 Revit 中的可编辑性和绘制简便性,完全满足隧道掘进施工模型要求,因此本文重点介绍利用梁族建立隧道掘扩模型。本章以侧墙拱顶式断面隧道为例讲解快速掘扩模型的建模方法。

表 1 隧道掘扩模型建模方法对比

建模方法	优点	缺点
内建模型建模方法		建模效率低、模型调整难度大
断面参数化族建模方法	模型重复利用	建模效率低
结构梁族快速建模方法	快速高效、自动 算量、模型重复利用	

1.1 以梁族为基础的断面参数化族的建立

参数化建模的优势在于当参数值改变时,整个系统会随之改变,从而得到不同的输出结果,只要模型关联的逻辑固定,设计者可以根据需要改变任意参数来得到需要的反馈,从而实现参数驱动模型以及模型的重复使用^[7]。断面参数化族是通过对参照平面添加尺寸参数,并将断面轮廓与参照平面进行锁定约束,从而实现对断面轮廓的参数化控制。

第一步,在 Revit 软件中新建“公制结构框架—

梁和支撑”族文件。因为原有族中在梁的两端预留调节距离,为使建立的掘扩模型算量准确,应解除原有限制(如图 1),而后进入立面右视图绘制掘扩断面。

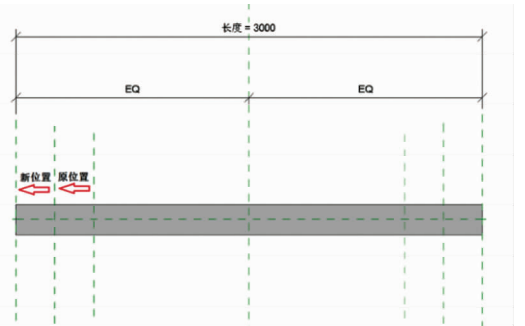


图 1 更改系统族长度约束

第二步,创建断面轮廓线。首先根据断面设计要求,建立相应参照平面并进行尺寸标注和添加参数。而后根据创建的参照平面绘制结构梁截面轮廓,并将轮廓与参照平面进行对齐锁定。

第三步,参数化族的检验。通过修改族参数检测断面是否会发生改变,根据设计需要新建不同断面尺寸的族类型并载入项目中。

1.2 利用结构梁族绘制隧道掘扩模型

在绘制隧道掘扩模型前可在 Revit 项目中链接隧道设计 CAD 图纸,而后依据图纸中的轴网使用拾取线命令进行绘制。在绘制过程中可根据设计要求通过改变断面参数来绘制不同断面的模型(如图 2)。

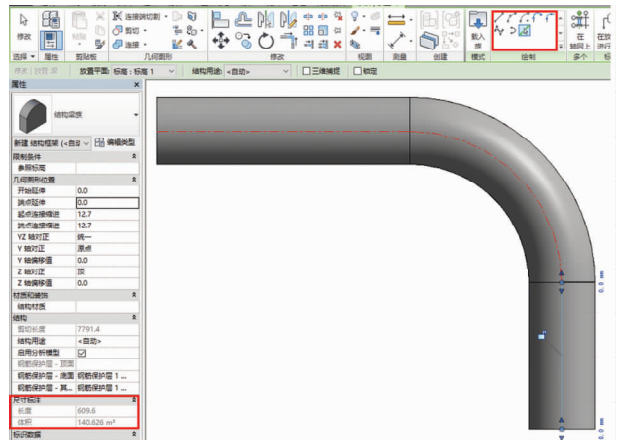


图 2 利用拾取线方式绘制掘扩模型

1.3 结构梁族建模方法的应用

使用结构梁族进行建模的优势在于建模速度

快,可快速形成三维模型进行可视化展示;也可通过零件拆分的方式进行施工阶段划分,进而用于施工模拟(如图3);同时可以利用结构框架明细表进行自动算量得到隧道掘扩阶段的工程量(如图4)。

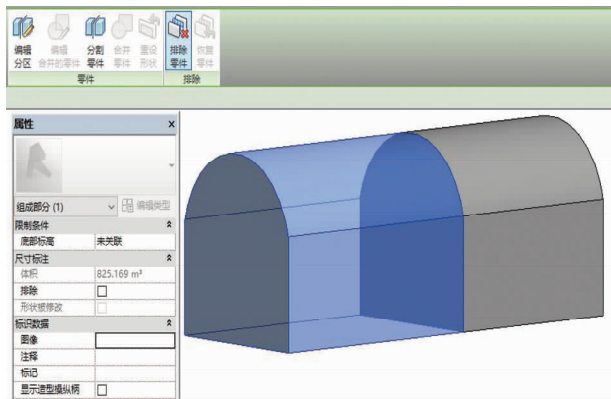


图3 对隧道掘扩模型进行零件分割

结构框架明细表			
A	B	C	D
族	族与类型	体积	长度
结构梁断面族	结构梁断面族:	269.35 m³	11500

图4 隧道掘扩模型明细表

2017年7月,运用此方法,对一新建工程通过手工算量团队与BIM建模自动算量比对测试,掘扩算量相似99.3%,衬砌算量相似99.7%。2018年,对同一在建工程,60人运用此方法进行BIM建模算量比对测试,掘扩算量相似99.9%以上。2018年10月,以同一试点工程为原型,组织21人分别使用三种方法进行建模,通过测试发现使用第一种建模方法大约需要一个月的时间,使用第二种建模方法大约需要一周时间,使用第三种方法建模大约只需要5个小时,建模效率提高了50倍以上,模型在建立后通过点击梁族明细表即可快速得到隧道掘扩工程量,真正实现了建模即出工程量。

2 利用面墙、面屋顶快速创建喷射混凝土模型

因面墙和面屋顶具备在异性体量上通过拾取面的方式创建墙和屋顶的功能,因此可在三维视图下分别拾取已建成掘扩模型的侧墙和拱顶来实现喷射混凝土快速建模,保证了掘扩模型和喷射混凝土模型的吻合和数据的准确。

土模型的吻合和数据的准确。

2.1 侧墙、拱顶喷射混凝土模型绘制方法

在绘制侧墙喷射混凝土模型时,选择功能区“墙一面墙”命令,在属性栏中,根据设计要求新建面墙并编辑面墙属性,而后选择喷射混凝土附着的面,完成侧墙喷射混凝土模型绘制(如图5)。

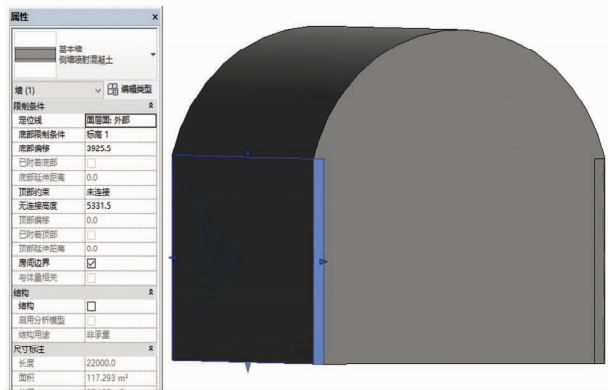


图5 利用拾取面方式绘制侧墙喷射混凝土

同理,选择面屋顶命令绘制拱顶喷射混凝土模型。在绘制时应取消“选择多个”命令,在绘制完成后发现拱顶与侧墙有部分重合,为保证模型数据准确性,将拱顶的椽截面形式改为正方形双截面(如图6)。

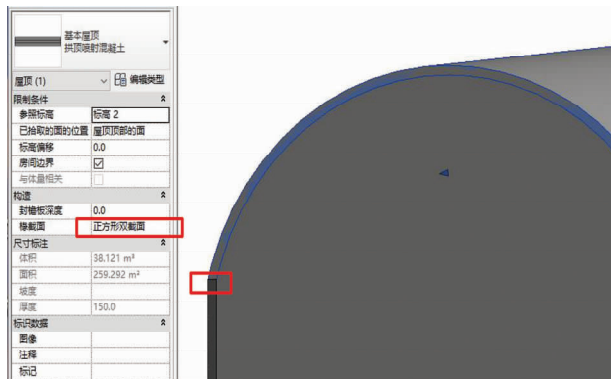


图6 更改拱顶的椽截面形式

2.2 建模方法的优点与应用

在实际施工过程中根据围岩等级不同往往需要进行多次喷射混凝土支护,每一次喷射混凝土的厚度也有所差异,如何应用BIM技术进行技术交底,以三维可视化模型指导施工是进行BIM研究的一项重要工作^[8-9]。利用面墙和面屋顶建立的喷射混凝土模型的优势不仅仅在于快速建模和自动算量,还可以通过拆分零件的方式对喷射混凝土模型

进行分层从而实现模拟多层喷射支护施工。

以往一般利用以下公式进行图 7 所示的喷射混凝土工程量计算, 不仅计算过程繁琐, 还容易出现错误导致算量不准。

$$V_{\text{喷射侧1}} = 0.05 * h_2 * 2 * L_{\text{断面}} \quad (1)$$

$$V_{\text{喷射侧2}} = (dp - 0.05) * h_2 * 2 * L_{\text{断面}} \quad (2)$$

$$V_{\text{喷射拱1}} = 0.05 * R_2 * \theta_2 * 2 * L_{\text{断面}} \quad (3)$$

$$V_{\text{喷射拱2}} = (dp - 0.05) * (R_2 - 0.05) * \theta_2 * 2 * L_{\text{断面}} \quad (4)$$

端墙喷射砼按毛洞面积乘以厚度计算。

dp ——喷射砼厚度, $L_{\text{断面}}$ ——断面长度

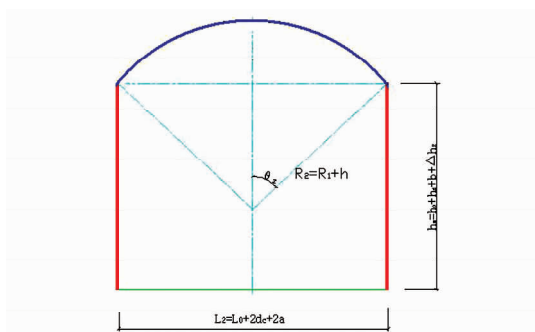


图 7 断面喷射混凝土示意图

利用面墙和面屋顶绘制喷射混凝土模型时, 喷射混凝土的层数和每层的厚度由墙和拱顶结构层的数量和每层的厚度决定, 从而实现了模型的自由控制(如图 8)。通过编辑墙和拱顶结构层层数以及每一层的厚度和材质, 而后利用材质提取明细表得到每一层喷射混凝土的体积, 即可实现侧墙拱顶喷射混凝土自动算量(如图 9), 同时多层喷射混凝土模型方便进行施工模拟(如图 10) [10]。



图 8 对侧墙进行分层编辑

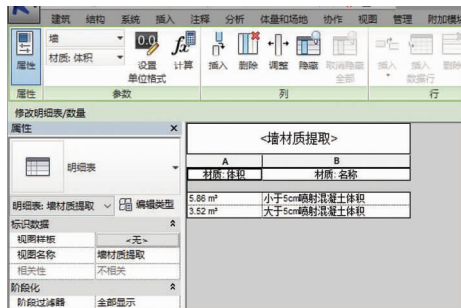


图 9 侧墙喷射混凝土明细表

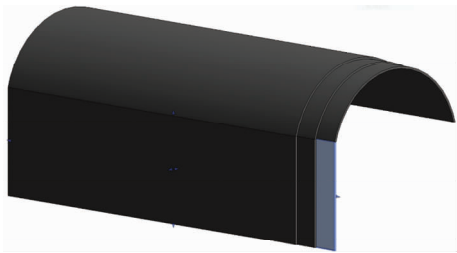


图 10 侧墙与拱顶喷射混凝土模型三维图

3 利用幕墙和玻璃斜窗快速创建锚杆模型

以往在绘制类似锚杆这种有规律、大数量的模型时通常使用阵列命令, 但在隧道施工模型中由于拱顶是曲面, 使用阵列命令绘制锚杆较困难并且难以保证模型的准确性。考虑到幕墙和玻璃斜窗中嵌板网格尺寸具备可编辑性, 并且可以通过公制幕墙嵌板族来实现单根锚杆模型参数化, 因此创造性地使用幕墙嵌板族绘制锚杆模型(如图 11)。

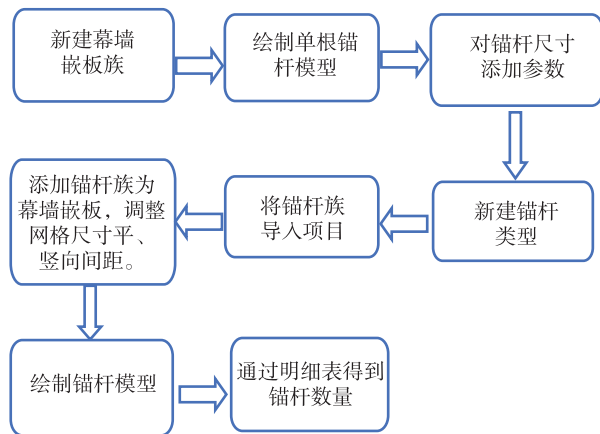


图 11 利用幕墙嵌板族绘制锚杆模型流程图

3.1 新建幕墙嵌板族

在 Revit 软件中通过“公制幕墙嵌板族”创建锚

杆参数化族。在软件中,对锚杆直径、锚杆内部和外出长度进行参数化即可实现对锚杆直径、锚杆长度、锚杆注入长度的自由控制(如图 12)。

参数	值	公式	锁定
构造			
构造类型		=	
材质和装饰			
完成		=	
尺寸标注			
锚杆内部长度	2000.0	=	<input type="checkbox"/>
锚杆外部长度	200.0	=	<input type="checkbox"/>
锚杆直径	40.0	=	<input type="checkbox"/>
锚杆长度	2200.0	=锚杆内部长度 + 锚杆外部长	<input type="checkbox"/>

图 12 锚杆三维模型图

3.2 绘制侧墙与拱顶锚杆并进行工程算量

在绘制时,幕墙嵌板类型选择单根锚杆族,通过拾取面墙、面屋顶的方式绘制幕墙和玻璃斜窗(如图 13)。通过创建幕墙嵌板明细表即可实现锚杆数量的自动算量(如图 14)。相较于以往的阵列建模方法,利用此方法绘制锚杆时,同一工程锚杆模型建模时间从三天缩短为半小时。

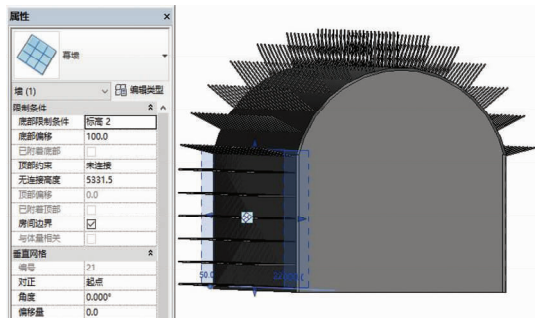


图 13 单根锚杆参数化族

<锚杆明细表>	
A	B
族与类型	合计
锚杆族: 锚杆族	132
总计: 132	132

图 14 锚杆明细表

4 利用钢筋网区域快速绘制钢筋网模型

钢筋网是隧道掘扩模型中的难点,直接在掘扩模型上绘制钢筋工作效率低,本章将介绍利用钢筋网片区域绘制隧道钢筋网模型的自动算量方法。受 Revit 软件功能的限制,钢筋网片只能基于结构

墙进行绘制,我们参照第二章中的方法创建结构面墙,保证了钢筋网模型与掘扩模型的关联性。然后选择钢筋网区域命令,在指定区域绘制钢筋网片。

利用钢筋网片绘制钢筋网不仅方便自由选择绘制区域,还可以根据设计需要调整钢筋网主筋方向、主筋和分布筋密度、钢筋搭接接头长度等参数。可以通过所需钢筋的切片质量利用钢筋网区域明细表得到钢筋网总质量(如图 15)。相较于单根绘制钢筋,利用钢筋网区域命令绘制钢筋网是利用软件自带的区域性绘制功能,实现了钢筋绘制从线到面的转变,同一工程钢筋网建模时间从以往单根绘制需要 10 小时缩短为网片绘制需要 1 小时。

<钢筋网区域明细表>		
A	B	C
族与类型	切片的总质量	主体总数
结构钢筋网区	128.62 kg	1

图 15 钢筋网明细表

5 结语

受软件功能影响,Revit 软件更倾向于地上建筑的建模,本文立足 BIM 技术在隧道工程中的实际需求创新了建模方法。本文第一个创新点是立足隧道施工过程中掘扩和锚网喷支护两个阶段,针对不同施工过程中的各个隧道部件,开发 Revit 软件现有功能并结合参数化建模研究出一套隧道掘扩模型自动算量建模方法,大大提高了建模的效率和准确度。本文另一创新点在于所建立的三维模型集成了构件信息,通过明细表的方式可以自动得到隧道掘扩方量、喷射混凝土方量、锚杆数量、钢筋网质量等信息,实现了自动算量。

本文所论述的隧道工程自动算量方法于 2017 年在我内部某工程进行试点并论证总结,2018 年开始在内部多个地下工程推广应用,目前在我内部工程技术交底、施工模拟和工程算量等应用中发挥了重要作用。

参考文献

[1] 赵璐, 翟世鸿, 陈富强, 等. BIM 技术在铁路项目隧道施工中的应用研究[J]. 施工技术, 2016, 45(18): 10-14.

[2] 张恺韬. 基于 BIM 技术的隧道参数化建模与应用研究[D]. 西南交通大学, 2018.

- [3] 庞思雨, 张驰. 一种基于 BIM 技术的隧道参数化建模方法[J]. 隧道建设, 2018, 38(2): 239-246.
- [4] 于鑫, 蒋绮琛, 李鑫, 等. 基于 Revit 二次开发实现三维钢筋算量[J]. 土木建筑工程信息技术, 2019, 11(3): 38-43.
- [5] 莫自庆, 阎梦晴. BIM 算量与传统算量差原因分析[J]. 山西建筑, 2018, 44(26): 214-215.
- [6] 方超. 基于 Revit 的钢筋混凝土结构信息提取研究[D]. 西安建筑科技大学, 2017.
- [7] 张渤龙, 李晓龙. 基于 Revit 的 BIM 技术在地下结构建模及施工中的应用研究[J]. 桥隧工程, 2017, (4): 232-234.
- [8] 梁嘉鸿, 蒋芬, 黄志钦, 等. 广西乐百弄衣隧道企业级 BIM 技术应用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2019, 11(1): 84-96.
- [9] 许东风, 周婷等. 采用新奥法的隧道 BIM 施工模拟研究与应用[J]. 施工技术, 2019, 48(6): 30-35.
- [10] 李君君, 李俊松, 王海彦. 基于 BIM 理念的铁路隧道三维设计技术研究[J]. 现代隧道技术, 2016, 51(1): 6-10.

BIM-Based Automatic Calculation Method of Tunnel Engineering

Zhao Yanlei, Ji Shuying, Miao Chuandong

(96786 Troops, Beijing 102200, China)

Abstract: In view of the current problems of low efficiency and complex calculation existing in establishing tunnel excavation model by using Revit software, this paper innovates the modeling method on the basis of existing functions of the software, improving the modeling speed. The parameterized component family contributes to the reusable model, and the detailed list function contributes to the automatic operand, both resulting in better application of BIM technology in the tunnel excavation and construction. In that the structural beam possesses parametric cross sections, and can be drawn easily, it is used to create parametric beam family. The section parametric beam family is then applied in Revit to rapidly draw the tunnel excavation model by picking up axis command. Both the surface wall and surface roof families are applied to create models for multi-layer sprayed concrete, which provides convenience for the 4D construction simulation. The detailed lists of wall and vault are used for instant calculation of the concrete quantity for spray. The curtain panel family is used for the modeling of single anchor, making the model parameterized, which improves the modeling efficiency. The command of reinforcement mesh is applied to solve the difficulties in drawing reinforcement mesh of side wall. By changing the parameters of steel mesh, the size of steel mesh can be controlled, leading to easy obtaining the calculation quantity and better controllability of the model.

Key Words: BIM Technology; BIM Application; Automatic Calculation; Parameterized Family; Instant Modeling