

# 基于 Revit 的钢筋混凝土主体结构的 工程量清单计价

史佳琳<sup>1</sup>, 王 丰<sup>1</sup>, 郭中正<sup>2</sup>, 陈芃妍<sup>1</sup>

(1. 大连民族大学 土木工程学院, 辽宁 大连 116650;

2. 三一筑工科技股份有限公司 筑享云智能研究院, 北京 102200)

**摘要:**为了实现工程量清单计价在 BIM 平台的集成,以 BIM 主流软件 Revit 为平台,提出一种直接 Revit 模型,进行钢筋混凝土框架主体结构的工程量快速提取和造价计算方法,并在此基础上通过 Revit API 开发了 Revit 结构算量计价系统。通过该系统直接提取 Revit 主体结构模型中的钢筋、混凝土和模板工程量,并将主体结构模型中的材料属性与相关清单项目自动匹配,快速完成主体结构模型的造价计算,形成工程量计价清单表格。通过对一幢五层的钢筋混凝土框架结构进行算例分析,演示了本文方法的操作过程,验证了基于 Revit 二次开发进行工程算量计价的可行性。通过与广联达算量计价软件的计算结果进行比较分析,本研究开发的 Revit 结构算量计价系统能够直接、快速地得到较准确的结果。

**关键词:**BIM; Revit 二次开发; 算量; 工程量清单计价

**中图分类号:**TU 201 **文献标志码:**A

## Revit – based Bill of Quantities Pricing of Reinforced Concrete Main Structures

SHI Jia – lin<sup>1</sup>, WANG Feng<sup>1</sup>, GUO Zhong – zheng<sup>2</sup>, CHEN Peng – yan<sup>1</sup>

(1. School of Civil Engineering, Dalian Minzu University, Dalian Liaoning 116650;

2. Zhuxiangyun Intelligence Research Institute, Sanyi Construction Technology Co., Ltd, Beijing 102200)

**Abstract:** In order to realize the integration of bill of quantities pricing in BIM, using the mainstream BIM software, Revit, as the platform, a method is proposed for calculating project quantity and cost of reinforced concrete main structure directly based on the Revit software, and a system of bill of quantities pricing installed in Revit is developed based on Revit API. Through the system, the quantities of reinforcement, concrete and formwork of Revit model can be extracted directly, and the material properties in Revit model can be automatically matched with the relevant bill items, so as to complete the cost calculation of main structure model quickly and form the bill of quantities. An example of a five – story reinforced concrete frame structure is analyzed to demonstrate the operation process of this method, which verifies the feasibility for calculating project quantity and cost based on the redevelopment of Revit. By comparing with the calculation results of Glodon software, the system we develop can get accurate results directly and quickly.

**Key words:** BIM; redevelopment of Revit; quantity calculation; bill of quantities pricing

收稿日期:2021-07-21;最后修回日期:2021-08-01

基金项目:国家民委中青年英才培养计划项目(0908210012)。

作者简介:史佳琳(1997-),女,辽宁抚顺人,大连民族大学土木工程学院硕士研究生,主要从事 BIM 的二次开发及应用研究。

通讯作者:王丰(1976-),男,回族,辽宁沈阳人,教授,博士,主要从事工程结构抗震和基于 BIM 的地震灾害管理研究,E-mail:win\_0803@163.com。

BIM技术在土木工程建设领域正在被广泛的推广和应用。BIM作为建筑信息的载体可以直接获取建筑模型的几何信息,进而可以得到工程造价所需要的工程量信息。目前基于BIM的工程算量主要有两种方式:(1)将BIM模型导入算量软件中进行计算;(2)通过BIM二次开发直接提取建筑结构模型的工程量。国内目前广泛使用的算量商用软件能够将BIM模型导入其平台中进行计算,但是需要进行软件之间的模型数据转换,而在转换过程中可能会出现数据丢失等情况。基于BIM二次开发进行工程算量不需要重新建模或数据转换,有利于提高效率和准确性,且能够实现在工程变更时BIM模型与工程量、计价结果的同步改变,体现BIM的集成化和协同工作的特点,所以正成为该领域的研究和应用热点<sup>[1-2]</sup>。

目前,Revit作为一款BIM主流软件在相关研究及应用中受到广泛认可。Revit可以自动生成工程量明细表,但明细表以模型构件作为独立单元分项列出,项目划分过细且杂乱无序,与中国清单计价规范要求的工程量清单表不符,不便于后续套用单价进行计价工作<sup>[3]</sup>。Revit提供了应用程序开发接口Revit API,很多学者通过API接口对Revit进行二次开发以实现工程的算量和计价功能。林韩涵等<sup>[4]</sup>(2015年)在Revit中开发了可输出混凝土工程量的算量插件。裴艳等<sup>[5]</sup>(2016年)对比分析各类BIM算量工具,证实通过BIM二次开发设计的算量插件在工程量计算中具有优势。Krzysztof<sup>[6]</sup>(2017年)强调了在设计阶段BIM模型录入信息详细程度的重要性,信息越详细则工程量清单计价的结果就越准确。于鑫等<sup>[7]</sup>(2019年)开发了Revit的三维钢筋算量插件,在钢筋工程中得到了广泛应用;高东东等<sup>[8]</sup>(2020年)利用Revit二次开发提取模型中的构件属性信息,根据清单计价规则实现工程量清单编制。

通过文献研究可知,以往对钢筋混凝土主体结构的相关研究中缺少模板的快速算量和计价的研究工作。本文针对钢筋混凝土框架建筑的主体结构,提出了直接基于Revit的工程量提取和造价计算方法,并通过Revit API开发了Revit结构算量和计价系统。

## 1 Revit模型工程量提取

### 1.1 混凝土工程量提取

在使用Revit建模过程中,默认的构件体积扣

减规则为板扣减柱和梁,柱扣减梁。而在国内工程量清单计价规范中,扣减规则与Revit建模相反,为柱扣减梁和板,梁扣减板。王茹等<sup>[9]</sup>针对此问题对Revit进行二次开发,通过自动切换构件之间连接顺序的方法实现了体积扣减规则的重置,以符合我国清单规范。本文也采用这种方法来提取Revit模型中的混凝土工程量。

### 1.2 钢筋工程量提取

相比Revit软件中自带的钢筋建模功能,应用Revit速博插件能够快速批量的布置钢筋。本文针对应用Revit速博插件布置钢筋的情况,通过Revit二次开发实现了钢筋工程量的快速提取。

在Revit模型中,构件和钢筋是相互独立的。当选取某一构件时,不能将该构件内部的钢筋一同选中,所以需要先识别出构件内部的钢筋。可以通过GetHostId命令判断钢筋和构件之间是否有所属关系。若钢筋所属于当前构件,可将其存放至对应集合中。然后使用LookupParameter命令提取钢筋直径和钢筋长度,并根据钢筋容重计算出每根钢筋的重量。按照钢筋型号进行分类求和即可得到钢筋工程量。

### 1.3 模板工程量提取

Revit结构模型中没有模板元素,所以无法直接从模型中提取模板工程量。需要根据混凝土构件与模板的接触面尺寸信息计算模板工程量,并要扣除相交构件的重叠部分,具体计算规则如下:

(1)柱模板只有侧板,计算柱模板面积需扣除梁与柱搭接处的梁截面面积,板与柱搭接处的模板重叠面积很小,此处忽略不计。计算方法为:柱底面周长 $\times$ 柱高度-梁柱搭接处重叠面积。

(2)梁模板由两个侧板和一个底板组成,计算梁模板面积时需扣除梁与板搭接处的板截面重叠面积。计算方法为:梁高 $\times$ 梁长 $\times 2 +$ 梁宽 $\times$ 梁长-梁板搭接处重叠面积。

(3)剪力墙两侧布置模板,墙面面积 $\times 2$ 即为剪力墙模板面积。

(4)楼板只有底部需要模板,切换构件剪切顺序后的楼板无重叠部分,不需要扣减,提取的楼板面积即为楼板的模板工程量。

提取模板工程量的难点在于对柱、梁、板交接处模板重叠面积的处理。以柱构件为例,提取柱构件模板面积时,应扣除与之相连的梁截面的面积。在Revit模型中,柱和梁之间相接触但并不相交,无法直接获取与柱相交的梁。本文首先获取柱构件

的四个侧面,并分别对四个侧面创建新的拉伸实体,如图 1。然后利用 ElementIntersects SolidFilter 过滤器筛选与拉伸实体搭接的梁构件,获取到的梁构件就是与柱相交的梁,梁的截面面积即为计算柱模板工程量时需扣除的重叠面积。

2 Revit 模型清单计价

由于在 Revit 中没有项目编码、综合单价等清单要素属性,所以在 Revit 中完成了工程量提取之后仍无法直接进行造价计算,需根据《建设工程工程量清单计价规范》<sup>[10]</sup>为各分项自动匹配清单要素信息。

本文结合清单中各个要素相互对应的特点,将清单库文件中的清单要素数据读取到 Revit 计价窗口中,并从 Revit 模型中提取结构模型的材料信息,通过数据匹配找到对应的清单要素,工作路径如图 2。具体方法为:将 xls 格式的清单数据库文件导入 Revit 计价窗体中,提取 Revit 模型中各构件的结构材料属性,为结构材质匹配对应的清单项目,建立模型材质与清单项目的匹配关联之后,调取前文所获得的工程量数据,即可生成符合清单计价规范要求的工程量清单和工程量清单计价表。

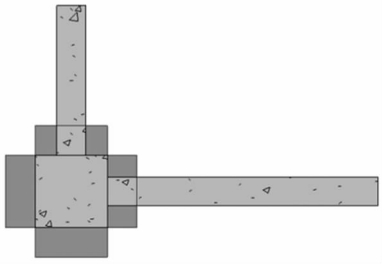


图 1 创建柱的拉伸实体

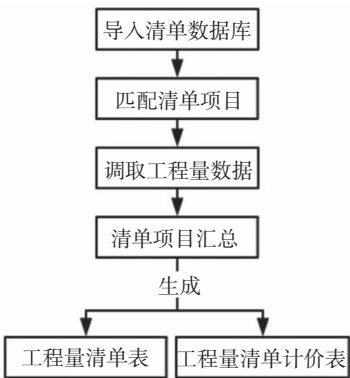


图 2 Revit 清单计价的实现路径

清单数据库文件中包含柱、梁、板、墙构件的混凝土、模板、钢筋等清单项目,并记录了每一个清单项目的编码、名称、项目特征描述、计量单位、综合单价等清单要素信息。根据清单要素一一对应的

特性,结合工程量的计算方法,定义专门用来接收并存储清单要素的类 Project,它是匹配清单和存储数据的重要媒介,Project 类的属性信息见表 1。

表 1 Project 类的属性

属性类型	属性名称	表示内容
string	Code	项目编码
string	Name	项目名称
string	Describe	项目特征描述
string	Unit	计量单位
double	Quantity	工程量
double	Price	综合单价

使用 Project 类,一方面可以用来读取清单数据,另一方面,可以存储汇总计算后的 Revit 模型工程量数据。这保证了数据格式的一致性,简化了工程量与数据库的匹配过程。通过汇总 Project 类中存放的清单项目即可生成工程量清单和清单计价表。使用 System. Windows. Forms 命名空间下的 SaveFileDialog 方法根据需求进行导出操作。

基于 Revit API 开发的钢筋混凝土结构的结构算量计价系统如图 3。“结构材质”树形菜单展示了当前文档中所选模型构件的混凝土、模板、钢筋材料信息。“清单项目”列表框显示导入的清单项目名称。为构件材质匹配清单项目,对应关系显示在“匹配信息”文本框中。点击“查看工程量”按钮便可进入工程量展示界面,查看生成的工程项目清单表和工程项目清单计价表如图 4。

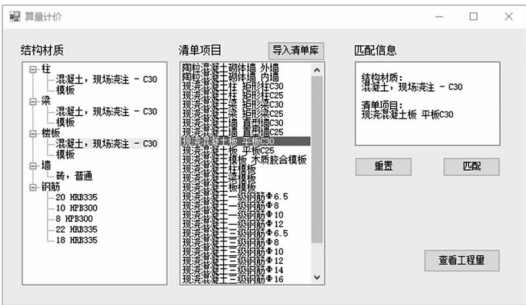


图 3 算量计价操作界面

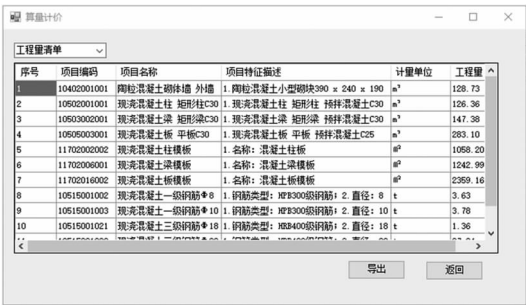


图 4 工程量清单结果界面

3 算例分析

为验证所开发的 Revit 算量计价系统的适用性和准确性,针对一幢五层的钢筋混凝土框架结构进行了工程量计算和清单计价。该算例结构总高度为 19.5 m 建筑面积 2620.8 m<sup>2</sup>。结构中的柱、梁和楼屋面混凝土强度均为 C30,构件中纵向钢筋均为 HRB335,箍筋均为 HPB300。算例结构的 Revit 模型如图 5。

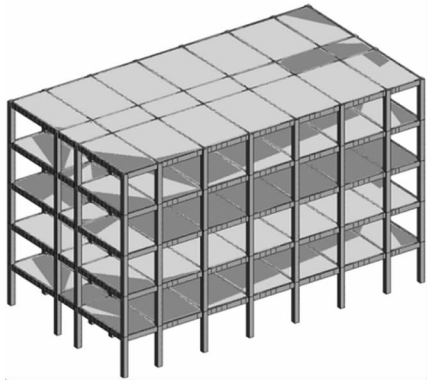


图 5 算例工程的 Revit 模型

分别使用 Revit 算量计价系统和广联达算量软件的进行结构工程量计算,主要结果见表 2。由

表 2 可知,两种方法所得结果量差不足 1%,分析产生差额的原因如下:

混凝土工程量部分,Revit 算量计价系统提取的梁、柱工程量与广联达软件基本相同,提取的楼板工程量偏小。原因在于使用 Revit 算量计价系统进行算量时,依据我国清单规范对模型构件的剪切顺序进行了修改,提取的楼板混凝土工程量为扣减了与梁柱重叠部分之后的楼板体积,而广联达软件中没有对楼板重叠部分进行扣减。

模板工程量部分,Revit 算量计价系统提取的梁、楼板模板工程量与广联达软件相同。提取的柱模板面积相比广联达软件偏大,量差为 0.96%,误差原因为计算柱模板工程量时没有扣除柱与楼板连接处的楼板截面面积。

钢筋工程量部分,Revit 中的钢筋模型是使用速博钢筋插件布置的,由于钢筋布置的精确程度不同,速博插件布置的钢筋无法与广联达中钢筋完全一致,而钢筋工程量的统计又依赖于 Revit 中的钢筋实体模型,因此提取的钢筋工程量存在少许误差。

通过 Revit 结构算量计价系统得到的清单计价表如图 6。

表 2 Revit 算量计价系统与广联达算量软件的工程量计算结果对比

项目名称	计量单位	Revit 算量计价系统工程量	广联达软件 工程量	量差率/%
C30 混凝土矩形梁	m <sup>3</sup>	126.36	126.367	0.01
C30 混凝土矩形柱	m <sup>3</sup>	147.38	147.375	0.00
C30 混凝土有梁板	m <sup>3</sup>	283.1	283.604	0.18
柱模板	m <sup>2</sup>	1058.2	1 048.12	0.96
梁模板	m <sup>2</sup>	1 242.99	1 242.99	0.00
楼板模板	m <sup>2</sup>	2 359.16	2 359.16	0.00
HPB300 级钢筋 Φ8	t	3.634	3.657	0.63
HPB300 级钢筋 Φ10	t	3.779	3.783	0.11
HRB335 级钢筋 Φ18	t	1.294	1.283	0.86
HRB335 级钢筋 Φ20	t	27.335	27.129	0.76
HRB335 级钢筋 Φ22	t	6.241	6.186	0.89



图 6 工程量清单计价结果界面

4 结 论

为了实现工程算量和计价工作在 BIM 平台上完成,本文针对钢筋混凝土结构提出了一种基于 Revit 模型的结构工程量计算和造价计算方法,并通过 Revit API 开发了 Revit 结构算量计价系统。通过该系统可以直接提取 Revit 结构模型中的钢筋、混凝土和模板工程量,能够将模型中的材料属性与所建数据库中的清单项目自动匹配,并自动完成结构部分的

造价计算,形成算量清单和计价清单。

分别采用本文开发的系统和广联达算量计价软件对一幢五层钢筋混凝土框架算例模型进行计算和比较分析表明,采用本研究开发的 Revit 结构算量计价系统可直接、快速地得到较为准确的工程量清单和计价清单,也验证了直接基于 BIM 进行结构算量计价的可行性。

### 参考文献:

- [1] MARIA MARTINE – ROJAS, NICOLAS MARIN, M. AMPARO VILA MIRANDA, et al. An intelligent system for the acquisition and management of information from bill of quantities in building projects[J]. Expert Systems with Applications, 2016, 63(3): 284 – 294.
- [2] MARZENA LENDO – SIWICKA, KATARZYNA PAWLUK, ARKADIUSZ KOWALCZYK et al. Bill of quantities and quantity survey of construction works of renovated buildings – case study[J]. Open Engineering, 2019, 9(1): 350 – 358.
- [3] 史松峰,顾闻,朱春叶,等. 基于 BIM 的变电站清单与工程量自动生成的研究[J]. 土木建筑工程信息技术

术, 2018, 10(2): 56 – 59.

- [4] 林韩涵,周红波,何溪. 基于 BIM 设计软件的工程量计算实现方法研究[J]. 建筑经济, 2015(4): 59 – 62.
- [5] 裴艳,王君峰. 基于 BIM 技术的精细化算量实现方法研究[J]. 工程经济, 2016(4): 39 – 44.
- [6] KRZYSZTOF ZIMA. Impact of information included in the BIM on preparation of Bill of Quantities[J]. Procedia Engineering, 2017, 208: 203 – 210.
- [7] 王茹,方超,王柳舒. 基于我国清单计价规范的 Revit 模型工程量提取[J]. 图学学报, 2017, 38(3): 447 – 452.
- [8] 于鑫,蒋绮琛,李鑫. 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(3): 38 – 43.
- [9] 高东东,尹宗胜,龚啸. 基于 BIM 的工程量清单编制系统构建[J]. 土木建筑工程信息技术, 2020, 12(3): 79 – 82.
- [10] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB50500 – 2013 建设工程工程量清单计价规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2013.

(责任编辑 王楠楠)

(上接第 440 页)

### 3 结 论

通过 ABAQUS 软件对钢筋混凝土柱 – 钢梁组合框架建立温度场和力学模型,得到温度场温度变化云图和应力云图,分析框架结构在真实火灾下的耐火性能,梁柱节点竖向位移、水平位移以及梁跨中挠度变化、应力变化等,并对比 ISO 标准升温曲线与真实火灾曲线数据下,各项参数的不同点,得到以下结论:

(1) 梁跨中挠度。FDS 曲线下Ⅲ区域梁的跨中挠度变化最大,Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ区域均未达到耐火极限;ISO 曲线下Ⅱ区域梁的跨中挠度变化最大,Ⅰ区域未达到耐火极限,Ⅱ、Ⅲ区域达到耐火极限,耐火极限 = 8690 s = 2.41 h。

(2) 钢梁应力。钢梁腹板火灾下应力变化最大,且在真实火灾下比 ISO 曲线下应力变化更大。

(3) 柱顶竖向位移。两种曲线下Ⅰ区域竖向位移最大,FDS 曲线下Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ区域均未达到耐火极限,ISO 曲线下,Ⅱ、Ⅲ区域未达到耐火极限,Ⅰ区域测点 B 达到耐火极限。

(4) 梁柱节点水平位移。两种温度曲线下,水

平位移由于中柱四面受火,边柱三面受火,呈对称分布。Ⅱ区域水平位移变化最大。

### 参考文献:

- [1] 章晴雯. 型钢混凝土轴压柱的抗火性能分析[D]. 西安:西安建筑科技大学, 2010.
- [2] 吕俊利,董毓利,杨志年. 受火条件下整体结构中组合梁破坏形态研究[J]. 沈阳建筑大学学报, 2010, 26(5): 823 – 827.
- [3] HONG S, VARMA A H. Analytical modeling of the standard fire behavior of loaded CFT columns[J]. Journal of Constructional Steel Research, 2009, 65(1): 54 – 69.
- [4] 马云玲,白晓红,吴军,等. 火灾高温下钢筋混凝土连续梁非线性数值分析[J]. 河南科技大学学报(自然科学版), 2010(1): 50 – 53 + 117.
- [5] 韩林海,宋天诣. 钢 – 混凝土组合结构抗火设计原理[M]. 北京:科学出版社, 2012.
- [6] 彭驰. 高层钢管混凝土柱 – 钢梁组合框架耐火性能研究[D]. 包头:内蒙古科技大学, 2019.
- [7] 中国国家标准化管理委员,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 建筑构件耐火试验方法:第 1 部分:GB/T9978.1 – 2008[S]. 北京:中国标准出版社, 2008.

(责任编辑 王楠楠)