

# 基于Revit的基坑工程造价计算插件开发与应用研究

蒋先平<sup>1</sup>, 王晓密<sup>2</sup>, 谭家秀<sup>2</sup>, 卢艺伟<sup>1</sup>, 王文军<sup>1</sup>, 刘磊磊<sup>\*3,4,5</sup>, 张绍和<sup>3,4,5</sup>

(1. 中国有色金属长沙勘察设计院有限公司, 湖南长沙 410011;

2. 湖南师范大学地理科学学院, 湖南长沙 410081;

3. 有色金属成矿预测与地质环境监测教育部重点实验室(中南大学), 湖南长沙 410083;

4. 湖南省有色资源与地质灾害探查湖南省重点实验室, 湖南长沙 410083;

5. 中南大学地球科学与信息物理学院, 湖南长沙 410083)

**摘要:**针对目前Revit软件对基坑工程造价计算功能的缺失,提出将基坑工程建筑信息模型(BIM)全过程构件族类化,并利用Revit API二次开发技术实现基坑工程造价自动化计算。首先,利用Revit平台建立基坑工程BIM模型构建族类库,实现基坑工程支护结构族类参数化;然后,对基坑工程造价计算流程进行分析,利用Revit API二次开发技术自动获取基坑工程项目BIM模型中各类构件参数,并结合基坑工程造价计算公式,实现实际工程量计算、定额套用、数据的显示与输出等功能;最后,以长沙市某基坑工程为例,开展实际工程项目的自动化造价计算,验证上述基于Revit的基坑工程造价计算插件的可行性。结果表明,本文开发的Revit造价计算插件可以基于导入的基坑工程BIM模型实现自动化造价计算,且与人工计算结果吻合良好。这一技术的实现,弥补了Revit软件在基坑工程造价计算以及基坑工程造价方面功能的不足,提高设计人员的工作效率,为进一步扩展BIM技术在基坑工程中的应用打下良好基础。

**关键词:** Revit API; 基坑工程; 工程造价; BIM

**中图分类号:** TU47 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-9686(2022)02-0145-08

## Development and application of a plug-in for calculation of foundation fit project cost based on Revit

JIANG Xianping<sup>1</sup>, WANG Xiaomi<sup>2</sup>, TAN Jiaxiu<sup>2</sup>, LU Yiwei<sup>1</sup>,

WANG Wenjun<sup>1</sup>, LIU Leilei<sup>\*3,4,5</sup>, ZHANG Shaohe<sup>3,4,5</sup>

(1. China Nonferrous Metals Changsha Investigation and Design Research Institute Co., Ltd, Changsha Hunan 410011, China;

2. School of Geographic Science, Hunan Normal University, Changsha Hunan 410081, China;

3. Key Laboratory of Metallogenic Prediction of Nonferrous Metals and Geological Environment Monitoring, Ministry of Education (Central South University), Changsha Hunan 410083, China;

4. Hunan Key Laboratory of Nonferrous Resources and Geological Hazards Exploration, Changsha Hunan 410083, China;

5. School of Geosciences and Info-Physics, Central South University, Changsha Hunan 410083, China)

**收稿日期:** 2021-06-29; **修回日期:** 2021-10-11 **DOI:** 10.12143/j.ztgc.2022.02.020

**基金项目:** 国家自然科学基金青年项目“基于有限勘察数据的边坡稳定可靠度分析与失稳机制研究”(编号:41902291);湖南省自然科学基金青年项目“考虑地层边界不确定性和参数空间变异性的边坡可靠度分析与失稳机制研究”(编号:2020JJ5704);教育部地质类专业教学指导委员会新工科项目“基于BIM和VR技术的地质工程学科实践教学模式研究”(编号:2020Y09)

**第一作者:** 蒋先平,男,汉族,1980年生,高级工程师,主要从事复杂地质条件下的岩土工程设计方法方面的研究工作,湖南省长沙市雨花区振华路579号康庭园1栋101号,41555767@qq.com。

**通信作者:** 刘磊磊,男,汉族,1987年生,副教授,地质工程专业,博士,从事地质灾害防治与风险控制相关的研究工作,湖南省长沙市麓山南路932号,csulll@foxmail.com。

**引用格式:** 蒋先平,王晓密,谭家秀,等. 基于Revit的基坑工程造价计算插件开发与应用研究[J]. 钻探工程, 2022, 49(2): 145-152.

JIANG Xianping, WANG Xiaomi, TAN Jiaxiu, et al. Development and application of a plug-in for calculation of foundation fit project cost based on Revit[J]. Drilling Engineering, 2022, 49(2): 145-152.

**Abstract:** In view of the lack of the function for cost calculation of foundation pit project in the current Revit software, this paper proposes using the Revit API secondary development technology is to realize the automatic calculation of foundation pit project cost based on the foundation pit project building information modeling (BIM) component family. Firstly, Revit platform is used to establish the BIM model of a foundation pit project and realize the parameterization of the family class of supporting structures of foundation pit projects. Then, with the knowledge of calculation process of foundation pit project cost, the Revit API secondary development technology is used to automatically obtain the parameters of various components in the BIM model of foundation pit project, and to realize the actual quantity calculation, quota application, display and output of data, etc., based on the calculation formula of foundation pit project cost. Finally, taking a foundation pit project in Changsha city as an example, the automated cost calculation of the actual project is carried out to verify the feasibility of the above Revit-based foundation pit project cost calculation plug-in. The results show that the Revit cost calculation plug-in developed in this paper can achieve automatic cost calculation based on the imported BIM model of foundation pit project, and the results match well with manual calculation. The implementation of this technology makes up for the inadequacy of Revit software in the calculation of foundation pit project cost and foundation pit project cost, improves the efficiency of designers and lays a good foundation for further expanding the application of BIM technology in foundation pit projects.

**Key words:** Revit API; foundation pit; project cost; BIM

## 0 引言

BIM (Building Information Modeling) 是一项三维信息化技术,用于管理建筑工程全生命周期信息<sup>[1-4]</sup>,在国内外得到了广泛应用<sup>[5-6]</sup>。成本控制一直是工程建设中的重要环节,在基坑工程建设中也不例外。随着BIM技术的发展,基于BIM技术的工程造价分析与应用,能够实现面向基坑工程施工全过程的工程造价实时计算,得到了国内外学者的广泛关注<sup>[7-8]</sup>。

目前,BIM技术在我国工程造价中的应用已经逐渐发展起来,但仍处在一个相对初级阶段<sup>[9-10]</sup>。国内常用于造价计算的软件有广联达、鲁班等,但这些传统造价计算软件,建模能力较差,存在部分复杂构件无法创建、无法识别、信息丢失的问题<sup>[11]</sup>,难以满足实际工程尤其是基坑工程等复杂构件较多的土建工程项目的造价计算需求。而Revit是以BIM技术为基础的建模软件,其凭借自身强大的建模和信息处理能力、优越的三维仿真功能、完备的工程数据模型,目前已成为众多BIM工程师进行BIM建模的首选软件<sup>[12-14]</sup>。在工程造价计算方面,Revit模型包含众多造价计算相关信息,如长度、面积、体积等,其精确度和信息化程度高,对工程造价计算可起到极大的辅助作用,在减少造价计算误差、造价工程量计算方面大有可为。在技术方面,Revit API (Revit应用程序接口)的持续发展完善,促进了其功能的不断强大,支持着BIM技术的应用拓展<sup>[15-16]</sup>。然而,目前Revit软件尚缺乏对建立的BIM模型进行自动造

价计算的相关功能,一定程度上阻碍了其发展与应用。国外学者在该方面做了较早的尝试,且已经取得较好的应用效果,但由于我国与国外采用的工程量计算规则、定额、建筑法律法规等存在较大区别<sup>[17-19]</sup>,直接应用国外Revit插件存在“水土不服”的问题,需要对软件进行大量的参数更改,仍然需要耗费大量的人力物力。

因此,本文面向基坑工程施工全过程,基于Revit基坑工程的外族类和Revit API,开发设计适用于我国工程环境的基坑工程Revit造价计算插件。具体地,根据基坑工程各个阶段的造价计算需求,以Revit 2019平台为基础、VS2017为IDE、C#为开发语言进行二次开发,开发的功能主要包括模型参数获取与转换、定额套用、数据的显示与输出等功能,最终实现特定基坑工程项目模型的自动化造价计算。

## 1 研究方法

本文方法实现的技术路线如图1所示。首先,根据基坑工程施工全过程,梳理出一般基坑工程中的工艺流程涉及的构件类别(见表1)。根据国内定额标准文件,包括《湖南省建筑工程消耗量标准(基价表)上册》《全国统一建筑工程基础定额土建上册》等,明确清单中各个类别的计价标准及计算公式。然后,一一进行清单中的类别与Revit的族类的对应,明确各个实体构件在Revit中涉及的类别、族以及族类型,及其在造价计算过程中需要获取的参数。

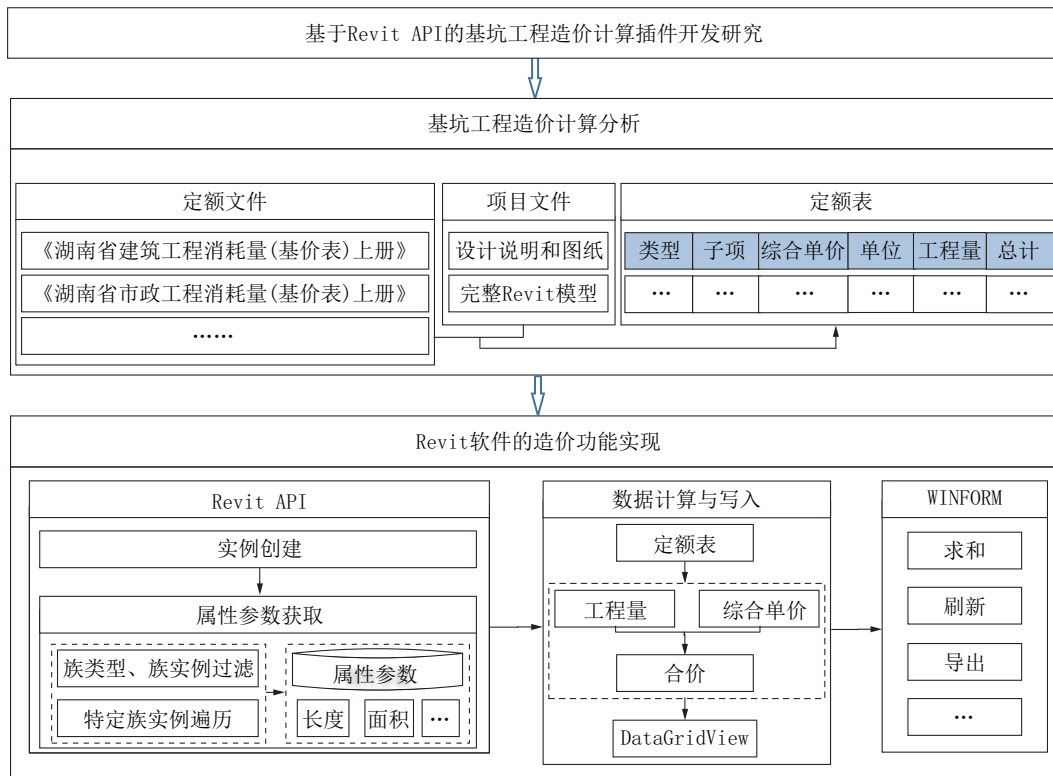


图 1 本文方法实现流程

Fig.1 Flow chart of the proposed method

表 1 构件类别统计

Table 1 Construction category

序号	构件类别	序号	构件类别
1	喷射砼护面	10	钢管柱
2	土方	11	斜撑
3	截排水沟	12	排桩
4	土钉	13	立柱
5	锚杆	14	拉森钢板桩
6	锚索	15	底板
7	止水帷幕	16	反力墩
8	冠梁	17	反力桩
9	腰梁		

在开始使用 Revit API 之前,进行以下准备工作:(1)安装 Revit 系列软件,并安装相应二次开发工具 AddInManager 和 RevitLookup;(2)安装具有相应 .NET Framework 环境的 IDE。其中,AddInManager 工具不受版本的限制,在不同的 Revit 软件之间可以进行使用,而 Revit Lookup 工具则需要与 Revit 软件相对应。

根据不同构件的造价计算需求进行不同参数

(长度、面积等)的获取,其中根据 Revit API 的特点,通过不同的方法实现对 Revit 族项目参数与实例参数的获取;然后利用获取的参数数据,进行一定的计算,转换为工程造价所需的工程量、综合单价、合价与合计;最终通过 VS2017 中 DataGridview 控件,将计算的数据以表格的形式显示出来,包括类别、子项、工程量、单位、综合单价、合价等列数据,造价结果通过 textBox 控件进行显示。

## 2 开发实现

### 2.1 开发环境

Revit API 属于类库文件,只有在 Revit 软件运行的时候才能运行,RevitAPI.dll 和 RevitAPIUI.dll 为其 2 个关键程序集。Revit API 的文档操作需要依托于事务(Transaction),只有包含在事务中的修改操作才能在文档中执行,且写入文档在事务提交之后。在功能拓展与访问方面,Revit API 制定了相应机制和规范:访问 Document(文档)、Element(图元)、Parameter(参数)等的方法接口包含在 RevitAPI.dll 中;开发插件制作外部命令与应用(IExternal-

Command 和 IExternalApplication 相关接口)、图元选择、界面制作(IExternalEventHandler 相关接口)等相关接口都包含在 RevitAPIUI.dll 中。

本文以 REVIT2019 软件为基础,选取 Microsoft Visual Studio2017 作为开发工具(包含 .NET Framework4.7)、C# 作为开发语言进行二次开发。Revit API 允许开发者使用任何一种与 .NET 兼容的语言进行二次开发,目前在用的所有编程语言几乎都可以与 .NET 兼容,开发语言和开发环境的选择多样。在开发环境的选择上,VS2017 包含 Revit2019 软件二次开发所需的 .NET Framework 4.7 框架,拥有大部分软件开发生命周期中的工具,是目前使用最为广泛的 Windows 平台开发环境;在开发语言的选择上,主要是以 C# 语言为多数,C 或者 C++ 语言的使用相对较少,而 VB 则更少。

## 2.2 工程量计算

参数获取是工程量计算的基础。本次二次开发涉及的参数包括族的实例参数与类型参数。实例参数的作用对象具有唯一性,即一个实例参数只影响一个实例,当修改实例参数时只对当前选中的对象或者将要放置的对象有效,不会影响到其余图元,其获取主要有 2 种方法:LookupParameter 和 get\_Parameter。与实例参数不同,一个族类型的所有实例的类型参数均相同,也就是说,任意族类型参数的修改都会影响该族类型下所有已经存在和以后生成的实例。类型参数的查看也需要通过 RevitLookup 插件,但需要进入 GetValidTypes 方能查看。此外,类型参数的获取也比实例参数复杂,结合 GetValidTypes 方法和 LookupParameter 方法获得族的所有类型参数,然后通过判断获得指定的族类型参数。

参数获取为工程量的计算打下了基础,获得了原始的数据,接下来就需要将参数转换为实际可用的工程量。不同的计量单位下,工程量的计算方式也会有所差异。计价定额涉及的计量单位包括体积、面积、长度、质量、数量,下面以质量为计量单位的工程量计算为例进行论述。

在工程造价中,一般涉及到钢筋、钢等结构的支护都会存在以质量为单位的工程量计算。例如土钉、锚杆和锚索,其定额子项制安就是使用 T 作为计量单位。通过获取钢构件的体积参数,通过计算模型,将其转换成为工程量所需的质量。工程量计算整体流程如图 2 所示。

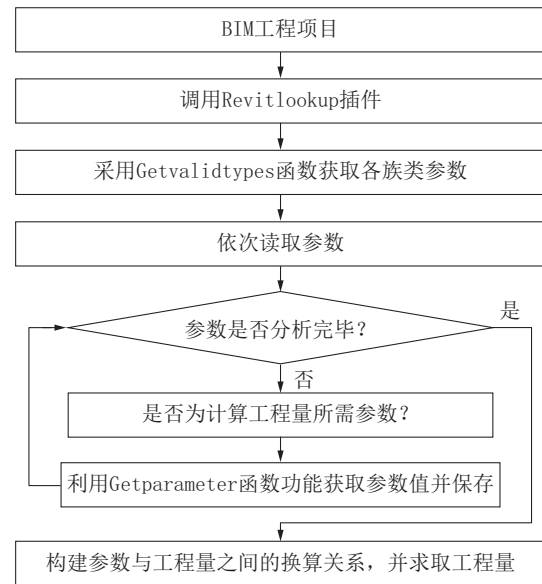


图 2 工程量计算流程

Fig.2 Calculation flow of the engineering quantity

## 2.3 造价计算

在造价计算的过程中,构件的单价存在单价固定和可变 2 种情况,故单价的计算分为 2 种情况进行:一是单价固定,即直接给定单价,在计算时直接进行调用;二是单价可变,即根据计算出的工程量数据,实时进行单价计算。为保证单价数据存储过程中的准确性,结合前文实体构件与 Revit 族类的对应关系,自动化实现构件的单价数据与相应清单计价表中类别相对应并存储于适当位置。清单计价表中的工程量与单价数据写入结束后,利用在 VS2017 中下载的 FreeSpire.XLS NuGet 程序包,将清单计价表中的数据写入 DataGridView 控件,并进行显示。计算 DataGridView 控件中工程量与单价列,得到各个类别的合价,最终通过对各合价进行求和,得到当前基坑工程项目造价结果。

针对不同工程中部分单价可能发生变动的问题,DataGridView 控件的单价列数据可双击实时进行更改。同时设计刷新功能,通过按钮实时刷新数据造价数据。在 2.2 节工程量计算的基础上开展造价计算的整体流程如图 3 所示。

## 3 应用案例

为验证本文二次开发插件的可行性,将其应用于某实际基坑工程项目中。该基坑位于长沙市内,场地四周较高中间低,标高 36.64~43.47 m。基坑

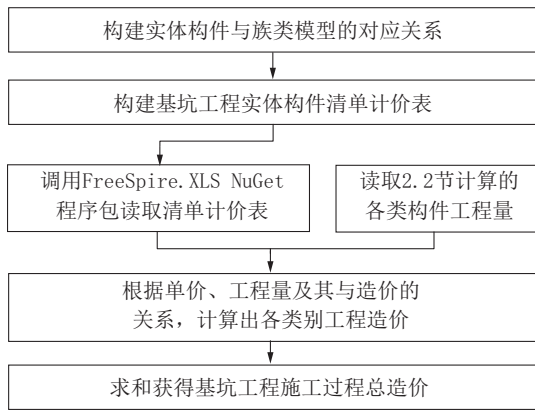


图 3 造价计算流程

Fig.3 Calculation flow of the cost sheet

分为南北 2 个部分,北侧地下层数为 2 层,南侧地下层数为 1 层,基坑周边环境较为复杂,如图 4 所示。基坑支护长度约 435 m,一共分为 10 段,采用放坡+复合土钉墙支护、人工挖孔灌注桩+锚索、自然放坡+喷射砼支护相结合的基坑支护方案。基坑施工过程中,包含土方开挖、锚杆锚索、基坑底板浇筑、高压喷射砼护坡、腰梁冠梁、止水帷幕等工序。



图 4 基坑及其周围环境示意图

Fig.4 The foundation pit and its surroundings

为模拟施工过程,将整个基坑开挖和支护分为 10 个阶段,建立了 10 个开挖和支护过程模型,如图 5 所示。其中,第一阶段初步进行少量土方开挖,同时添加锚杆、人工挖孔桩等支护;第二阶段,在第一阶段的基础上继续进行土方开挖以及土钉和锚杆的施工,在这一阶段人工挖孔桩支护没有增加;第三阶段,继续进行土方开挖,增加土钉、锚杆和人工挖孔桩的数量,使用锚索支护;第四阶段,与第三阶段的施工工艺相同,继续进行挖方、土钉、锚杆、锚索、人

工挖孔桩等工作;第五阶段,除人工挖孔桩施工停止外,继续第四阶段的各个工艺施工;第六阶段,同第五阶段;第七阶段,同第六阶段;第八阶段,停止进行锚杆锚索与人工挖孔桩支护的施工,继续土方开挖和土钉的施工;第九阶段,进行土方开挖;第十阶段,进行土方开挖、锚杆锚索、基坑底板浇筑、高压喷射砼护坡、腰梁冠梁、止水帷幕等工序的施工。

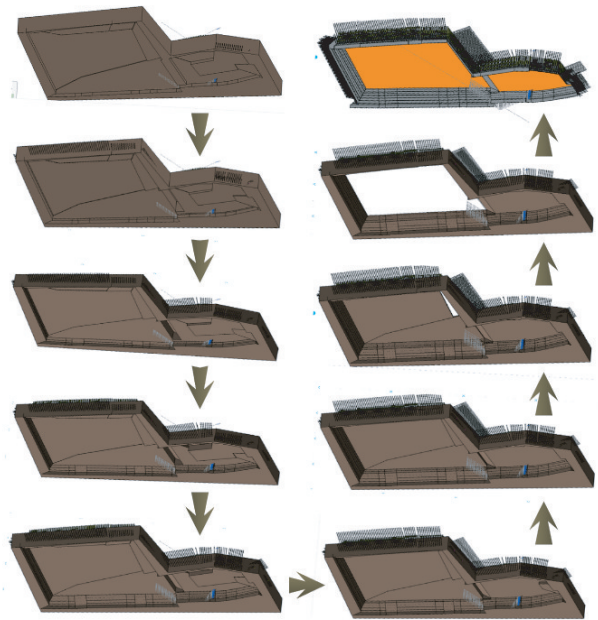


图 5 基坑施工阶段与流程

Fig.5 Construction phases for the foundation pit

针对上述 10 个支护过程,利用开发的造价计算插件即可实时计算基坑工程各个阶段的造价。例如第一阶段:土方开挖体积 20470 m<sup>3</sup>,花费的直接工程费 237925.27 元;支护锚杆 66 m,锚杆锚具 30 个,直接工程费 63046.56 元;人工挖孔桩体积 74.5 m<sup>3</sup>,直接工程费 36627.73 元。因此,在第一阶段,总的造价为 339599.56 元,具体如图 6 所示。类似地,利用该插件可以求出任意基坑施工阶段的工程造价。由于篇幅有限,本文仅给出最后一个阶段的工程造价计算结果(图 7),最后一个阶段完成则表明整个基坑工程施工结束,因此图 7 中计算所得的工程造价即为整个基坑工程造价,即 20465422.38 元,与项目实际进行的人工造价计算误差仅约 2%。

实际施工过程中,在设计的基础上可能因碰撞等问题进行微小调整,进而使得 BIM 模型与工程设计内容存在微小差异,所以实际工程预算经费与基

基坑造价						
刷新	输出	查找:			合计:	339599.560
类别	子项	工程量	单位	综合单价(元)	合价(元)	
土方开挖						237925.27
	挖掘机挖土、自卸汽车运土...	20.47	1000m³	11623.12		237925.27
基坑底板						0
	混凝土浇筑	0	10m³	4677.99		0
土钉						0
	土钉成孔	0	100m	2493.94		0
	土钉注浆	0	100m	2612.23		0
	土钉制安	0	t	5840.07		0
锚杆锚索						63046.56
	锚杆锚索成孔	0.66	100m	4870.11		3214.27
	锚杆注浆	0.66	100m	2731.57		1802.84
	锚索注浆(>15m)	0	100m	7440.79		0
	锚杆制安	9.32	t	5840.07		54429.45
	锚索制安	0	t	9470.38		0
	锚索张拉	0	100根	3451.65		0
	锚头	30	个	120		3600
止水帷幕						0
	泥浆制作	0	10m³	476.02		0
	清底置换	0	10m³	5452.47		0
	泥浆护壁钻孔桩	0	孔	1393.41		0
圆形桩						38627.73
	人工挖孔桩桩芯浇筑	7.45	10m³	4063.53		30273.3
	人工挖孔桩成孔(普通土)	7.45	10m³	1121.4		8354.43
腰梁冠梁						0
	现拌砼梁	0	10m³	4806.52		0
	槽钢腰梁	0	t	8435.92		0
高压喷射砼护坡						0
	砼厚120mm	0	100m²	16129.6		0
	砼厚60mm	0	100m²	11552.6		0

图6 基坑施工第一阶段造价计算结果

Fig.6 The calculated budget for the first phase of the foundation pit construction

基坑造价						
刷新	输出	查找:			合计:	20465422.380
类别	子项	工程量	单位	综合单价(元)	合价(元)	
土方开挖						966694.89
	挖掘机挖土、自卸汽车运土...	83.17	1000m³	11623.12		966694.89
基坑底板						930218.31
	混凝土浇筑	198.85	10m³	4677.99		930218.31
土钉						5978732.38
	土钉成孔	68.25	100m	2493.94		170211.4
	土钉注浆	68.25	100m	2612.23		178284.7
	土钉制安	964.07	t	5840.07		5630236.28
锚杆锚索						11052316.85
	锚杆锚索成孔	105.48	100m	4870.11		513699.2
	锚杆注浆	69.96	100m	2731.57		191100.64
	锚索注浆(>15m)	35.52	100m	7440.79		264296.86
	锚杆制安	986.87	t	5840.07		5763389.88
	锚索制安	443.7	t	9470.38		4202007.61
	锚索张拉	2.22	100根	3451.65		7662.66
	锚头	918	个	120		110160
止水帷幕						139365.27
	泥浆制作	5.88	10m³	476.02		2799
	清底置换	5.88	10m³	5452.47		32060.52
	泥浆护壁钻孔桩	75	孔	1393.41		104505.75
圆形桩						325337.02
	干作业机械成孔(<15m)	36.43	10m³	8930.47		325337.02
腰梁冠梁						703293.88
	现拌砼梁	16.61	10m³	4806.52		79836.3
	槽钢腰梁	72.6	t	8887.57		623457.58
高压喷射砼护坡						369463.78
	砼厚120mm	22.82	100m²	16129.6		368077.47
	砼厚60mm	0.12	100m²	11552.6		1386.31

图7 基坑施工第十阶段造价计算结果

Fig.7 The calculated budget for the last phase of the foundation pit construction

于造价计算插件计算的结果存在微小差异是合理的。值得说明的是,由于实际工程中材料市场价格和劳动价格的波动,该插件计算结果可能与实际存在一定的差异,但用户可以自定义修改软件设置的默认单价,因而仍可满足实际需求。

#### 4 结论

传统的基坑造价计算,在模型和造价计算方面存在矛盾:优秀的算量软件难以支持繁杂的三维模型,而传统的建模软件往往不支持造价计算功能,导致造价人员的工作依旧复杂繁琐。本文针对Revit软件缺少造价计算功能的问题,利用Revit API进行二次开发,实现Revit软件自动化造价计算功能与应用,得到的结论如下:

(1)通过总结一般基坑工程及施工过程中涉及的构件及工艺分析,统计了应用于基坑工程造价计算的构建族类体系;

(2)详细设计了基于Revit API进行基坑工程造价自动计算的二次开发环境、计算思路和 workflows;

(3)利用Revit API二次开发,实现了基坑工程各类构件参数的自动读取和自动换算成实际工程量的功能,完成了对输入Revit基坑模型的造价计算,并通过实际工程案例验证了本文开发的软件插件的可行性与准确性。研究成果初步完善了Revit对基坑工程进行造价计算的功能,可为基坑工程施工提供指导。

#### 参考文献(References):

- [1] 郝峰.融合三维地质体的Revit精细化基坑建模[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(10):67-74.  
HAO Feng. Revit fine foundation pit modeling fusing three-dimensional geological body[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(10):67-74.
- [2] 华国栋.建筑方案BIM正向设计方法浅析[J].智能建筑与智慧城市,2021(6):86-88.  
HUA Guodong. Brief analysis of BIM positive design for architecture scheme[J]. Intelligent Building & Smart City, 2021(6): 86-88.
- [3] 陈献友,李芬花,赵萌萌,等. BIM技术在渡槽设计中的应用[J].水利技术监督,2021(6):63-67.  
CHEN Xianyou, LI Fenhua, ZHAO Mengmeng, et al. Application of BIM technology in aqueduct design[J]. Technical Supervision in Water Resources, 2021(6):63-67.
- [4] 程马遥,曾洋. BIM技术在地铁工程中的数据库建立及其应用[J].山东农业大学学报(自然科学版),2021,52(1):115-119.  
CHENG Mayao, ZENG Yang. The application of BIM technology in the establishment of database of subway project[J]. Journal of Shandong Agricultural University (Natural Science Edition), 2021,52(1):115-119.
- [5] 唐红,孔政,龙腾.建筑信息建模技术在武汉某超大型深基坑工程中的应用[J].工业建筑,2016,46(11):197-200,174.  
TANG Hong, KONG Zheng, LONG Teng. Application of BIM technology in a super deep excavation project in Wuhan[J]. Industrial Construction, 2016,46(11):197-200,174.
- [6] 慕冬冬,付晶晶,胡正欢,等. BIM技术在深基坑工程设计中的应用[J].施工技术,2015,44(S1):773-776.  
MU Dongdong, FU Jingjing, HU Zhenghuan, et al. Applications of BIM technology in the deep excavation engineering design[J]. Construction Technology, 2015,44(S1):773-776.
- [7] 丁沂. BIM在建设工程造价管理中的适用性分析[J].江西建材,2021(5):257,259.  
DING Yi. Applicability analysis of BIM in construction cost management[J]. Jiangxi Building Materials, 2021(5):257,259.
- [8] 鲁忠华. BIM在铁路工程造价管理中的应用探讨[J].铁路工程技术与经济,2021,36(3):61-63.  
LU Zhonghua. Discussion on application of BIM in railway engineering cost management[J]. Railway Engineering Technology and Economy, 2021,36(3):61-63.
- [9] 齐聪,苏鸿根.关于Revit平台工程量计算软件的若干问题的探讨[J].计算机工程与设计,2008,29(14):3760-3762.  
QI Cong, SU Honggen. Research on some questions about quantities calculation software of Revit [J]. Computer Engineering and Design, 2008,29(14):3760-3762.
- [10] 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.  
WANG Ru, FANG Chao, WANG Liushu. Extract quantities of the Revit model based on China's list valuation specification [J]. Journal of Graphics, 2017,38(3):447-452.
- [11] 林文敏,吉祥,陈继东.关于BIM技术在工程造价管理中应用的思考[J].建设监理,2019(7):41-43,60.  
LIN Wenmin, JI Xiang, CHEN Jidong. Consideration on the application of BIM technology in construction cost management [J]. Project Management, 2019(7):41-43,60.
- [12] 郭思怡,陈永锋.建筑运维阶段信息模型的轻量化方法[J].图学学报,2018,39(1):123-128.  
GUO Siyi, CHEN Yongfeng. Simplification method of information modeling in the building project operation and maintenance stage[J]. Journal of Graphics, 2018,39(1):123-128.
- [13] 张鹏飞,杨福瑞,雷晓燕,等.基于Revit平台的高速铁路大跨斜拉桥工程算量系统研发[J/OL].铁道标准设计:1-6[2021-06-14]. https://doi.org/10.13238/j.issn.1004-2954.202007140007.  
ZHANG Pengfei, YANG Furui, LEI Xiaoyan, et al. Research

- and development of engineering calculation system for long span cable stayed bridge of high speed railway based on Revit platform [J/OL]. *Railway Standard Design*: 1-6 [2021-06-14]. <https://doi.org/10.13238/j.issn.1004-2954.202007140007>.
- [14] 朱致远,牛志伟,张宇,等. Revit二次开发在水闸工程挡土墙设计中的应用[J]. *人民长江*, 2021, 52(2):117-121.  
ZHU Zhiyuan, NIU Zhiwei, ZHANG Yu, et al. Application of Revit secondary development in retaining wall design of sluice engineering[J]. *Yangtze River*, 2021, 52(2):117-121.
- [15] 钟辉,李驰,孙红,等. 面向BIM模型二次开发数据提取与应用技术[J]. *沈阳建筑大学学报(自然科学版)*, 2019, 35(3): 560-566.  
ZHONG Hui, LI Chi, SUN Hong, et al. Research on secondary development data extraction and application technology for BIM model[J]. *Journal of Shenyang Jianzhu University (Natural Science)*, 2019, 35(3):560-566.
- [16] 薛忠华,谢步瀛. Revit API在空间网格结构参数化建模中的应用[J]. *计算机辅助工程*, 2013, 22(1):58-63.  
XUE Zhonghua, XIE Buiyng. Application of Revit API in parametrization modeling of spatial grid structure[J]. *Computer Aided Engineering*, 2013, 22(1):58-63.
- [17] 桑冲. 基于Revit的软件二次开发在地铁结构BIM正向设计中的应用研究[J/OL]. *土木工程信息技术*:1-10[2021-06-29]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5823.tu.20210201.1005.003.html>.  
SANG Chong. Application of customization of software based on Revit in the design of subway BIM structure[J/OL]. *Journal of Information Technology in Civil Engineering and Architecture*: 1-10 [2021-06-29]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5823.tu.20210201.1005.003.html>.
- [18] 蔡崇庆,张雪晴,蔡亚桥. 基于Revit二次开发的地铁车站大系统参数化设计研究[J]. *铁路技术创新*, 2021(1):1-7.  
CAI Chongqing, ZHANG Xueqing, CAI Yaqiao. Research on parametric of large system of metro station based on Revit secondary development[J]. *Railway Technical Innovation*, 2021(1):1-7.
- [19] 赵全斌,王昌辉,程浩. 建筑业Revit二次开发技术研究进展[J]. *山东建筑大学学报*, 2021, 36(1):83-89.  
ZHAO Quanbin, WANG Changhui, CHENG Hao. Research progress of secondary development technology of Revit in construction industry[J]. *Journal of Shandong Jianzhu University*, 2021, 36(1):83-89.

(编辑 周红军)