

# 融合三维地质体的 Revit 精细化基坑建模

郝峰

(山东省第四地质矿产勘查院, 山东 潍坊 261021)

**摘要:**首先通过正交试验优选出 Revit 基坑支护结构模型无缝连接 Civil 真三维地质体模型的融合方案,解决了当前 Revit 难以直接创建真三维地质体模型的难题;在此方案基础上,探索并总结出一系列诸如桩、锚、面层等常用基坑支护结构的精细化建模方法;最后结合实际工程案例,对基坑支护综合模型在辅助设计方面做了 BIM 理念下的初步应用研究;周边环境条件三维具现与漫游展示,支护结构与周边已建地下预制桩碰撞检查,工程量精确统计,不同支护结构空间交界节点设计优化,地下水位面、软弱风化基岩面及淤泥层三维空间展布状态剖切观察,导出可用于指导精确测量放线的二维 CAD 支护桩位平面图等。

**关键词:**真三维地质体;精细化;基坑建模;支护设计;BIM;Civil 3D;Revit

**中图分类号:**TU473 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2019)10-0067-08

## Revit fine foundation pit modeling fusing three-dimensional geological body

HAO Feng

(Shandong Provincial No. 4 Institute of Geological and Mineral Resources Survey,  
Weifang Shandong 261021, China)

**Abstract:** Firstly, through orthogonal experiment, this paper optimizes the fusion scheme for seamless connection of the Revit model for the foundation pit supporting structure and the Civil real three-dimensional geological model; thus, solving the difficulty for Revit to directly create the real three-dimensional geological model at present. On the basis of this scheme, a series of fine modeling methods for common supporting structures of foundation pits such as pile, anchor, surface and layer are explored and summarized. Finally, in the context of actual project cases, the preliminary application research of the comprehensive model for supporting structures of foundation pits under the BIM concept is carried out in the field of computer aided design: three-dimensional concretization and roaming display, collision check of supporting structures and the surrounding underground precast piles, accurate calculation of work quantity, design optimization of space intersection joints of different supporting structures, sectional observation of the three-dimensional spatial attitudes of the groundwater table, the poor weathered bedrock surface and the silt layer, the two-dimensional CAD supporting pile position plan which can be used to guide accurate measurement and setting-out, etc.

**Key words:** real three-dimensional geological model; refinement; foundation pit modeling; support design; BIM; Civil 3D; Revit

## 0 引言

BIM(建筑信息模型, building information model)理念和技术因具有可视化、协调性、模拟性、优化性、出图性等优势,在基坑工程中具有广泛的应用前景。目前 BIM 在基坑工程的应用中多局限于指导施工<sup>[1]</sup>或展示施工过程<sup>[2]</sup>,基坑辅助设计方面

的应用比较少,且所建三维支护结构模型多为粗线条、框架示意图性质,不易分类精确统计土方、钢筋、砼、锚杆、面层等体积、质量、长度、面积、根数等工程量,较难满足设计概算、施工图预算等对工程量精确统计的需求。贯彻实施 BIM 理念和技术的一条重要途径就是各种商业 BIM 软件的开发与应用。而

收稿日期:2019-05-21; 修回日期:2019-09-03 DOI:10.12143/j.tkgc.2019.10.012

作者简介:郝峰,男,汉族,1970年生,研究员,地质工程专业,硕士,主要从事地基与基础设计与施工研究工作,山东省潍坊市潍城区向阳路2375号山东地矿四院,haofeng103wf@163.com。

引用格式: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.

可以直接适用于基坑支护辅助设计方面的国产商用 BIM 软件尚处于初步开发阶段,已量产并正式投入商用的极少,且其采购与维护成本往往较为昂贵,一般小型企业难以承受;利用通用的商用 BIM 软件进行二次编程开发又要求开发人员具备较丰富的计算机、岩土、结构等专业知识<sup>[3-6]</sup>,这些均不利于 BIM 在基坑工程中推广应用,故当前乃至今后一段时期内,探索面向基坑支护辅助设计的通用软件之间的融合,不失为一条便于 BIM 理念推广应用的综合解决方案。

创建三维支护结构 BIM 模型目前应用较多的软件就是 Autodesk 公司 Revit 软件,该软件较为流行的版本是 2016 年版,该版软件优点是成熟、灵活、方便,提供有大量各类建筑模型族库,非常适宜于创建各种类型的建筑模型并辅助设计<sup>[7]</sup>,缺点是难以利用岩土勘察报告提供的地质剖面数据直接创建实际地层均具有起伏面的真三维空间地质体模型,往往只能以其平均厚度用“平板”类的模型依次上下叠合来大概模拟诸地层,对透镜体或地层局部缺失的情况更是缺乏有效的建模手段。

创建三维地质体模型目前也有较多的软件,如 Civil 3D、ArcGIS<sup>[8]</sup>、MapGIS 等,而 Civil 3D 在创建真三维 BIM 空间地质体模型方面具有突出的优势<sup>[9]</sup>,该软件同样是 Autodesk 公司推出,目前较为流行的版本也是 2016 年版,该版软件非常适宜于创建各种类型的市政基础设施模型,它可以利用岩土勘察报告提供的地质剖面数据适当处理后直接创建具有地层起伏面或地层局部缺失等的真三维空间地质体模型,但它在三维支护结构体系模型创建以及后续 BIM 应用方面不如 Revit 成熟、灵活、方便。

如果把上述两软件各自的优点结合在一起,将会是一个较好的解决方案。而两者有机融合、实现无缝连接的可实施的方案尚未见有关文献介绍。本文拟通过正交试验来比选出最优融合方案,要求由 Revit 创建的三维支护结构模型融合进由 Civil 3D 创建的三维地质体模型后仍能在 Revit 中对所有图元进行流畅编辑。

基坑支护综合 BIM 模型融合创建方案确定后,为实现可按不同材质、不同结构类型、不同施工工艺等分类查询、精确统计工程量、碰撞检查时互可识别、自动配筋等目的,本文对桩、锚<sup>[10]</sup>、面层等常用基坑支护结构如何选择合适的方法来创建精细化的

Revit 单体模型做了详细地探索与优化。

基坑支护综合 BIM 模型创建完成,可进行 BIM 理念下的基坑支护辅助设计,本文以青岛市某基坑支护设计为案例,简要介绍了 BIM 辅助基坑支护设计的初步应用情况。

## 1 融合方案比选正交试验

### 1.1 试验目的及要求

优选 Civil 3D 三维地质体模型与 Revit 三维支护结构模型实现无缝连接的融合方案,要求由 Revit 创建的三维支护结构模型融合进由 Civil 3D 创建的三维地质体模型后仍能在 Revit 中对该基坑支护综合 BIM 模型所有图元进行流畅地剪切或连接、赋予各地层抗剪强度参数属性等编辑操作。

### 1.2 试验过程及结果

Revit 基坑开槽土方边界建模采用“体量法”方案,它既可用于创建挖除土方后的基坑模型、实现基坑开挖土方精确算量、基坑侧壁面层建模,又可实现与其它实体图元的剪切或连接关系。文中首先采用剪切法和连接法分别进行了基坑开槽土方边界实心体量模型和空心体量模型创建试验。

Civil 3D 三维地质体建模可采用“从曲面提取实体法”方案,而该实体法又包括 3 种具体建模思路:深度法、固定高程法、在曲面处法;同时,软件生成实体后还可将其转换为“体量元素”。

Civil 3D 模型与 Revit 模型间可通过 IFC 格式文件进行连接融合。IFC 格式为通用 BIM 标准,Civil 3D 可将其创建的三维地质体模型以“实体(三维)”为对象导出为 IFC 格式文件,Revit 打开该 IFC 格式文件后可实现在位编辑。

最后再用创建好的 Revit 基坑开槽土方边界实心体量模型和空心体量模型分别与 Civil 3D 以“实体(三维)”为对象导出的 IFC 格式的 Civil 3D 三维地质体模型进行可流畅编辑融合试验。试验结果详见表 1。

试验结论:Revit 基坑开槽土方边界建模优先采用连接法创建的实心体量模型方案,Civil 3D 三维地质体建模针对不同对象分别优先采用实体法创建的正常连续地层模型方案、内插虚拟尖灭勘探点法创建的透镜体或局部缺失地层模型方案、固定高程法创建的场平层模型方案、0.1 m 薄层法创建的地下水模型方案。

表 1 基坑支护综合 BIM 模型融合方案比选正交试验结果

Table 1 Orthogonal experiment table for comparison and selection of fusion schemes of the comprehensive BIM model for foundation pit supporting

Civil 3D 三维地质体建模方案		Revit 基坑开槽土方边界建模方案			
		实心体量模型		空心体量模型	
		剪切法	连接法	剪切法	连接法
正常连续地层	实体法 体量元素法	×	√	×	×
透镜体或局部缺失地层	0 厚度虚拟层法(在曲面处法)	×	×	×	×
	内插虚拟尖灭勘探点法(在曲面处法)	×	√	×	×
场平层	深度法	×	×	×	×
	固定高程法 在曲面处法	×	√	×	×
地下水体	0 厚度法(深度法)	×	×	×	×
	-0.1 m 薄层法(深度法)	×	√	×	×
	饱和地层全包络法(在曲面处法)	×	×	×	×

## 2 精细化基坑建模

本文以青岛市某基坑支护设计 BIM 应用为案例简要介绍精细化基坑建模过程。

### 2.1 宏观步骤

第一步:创建 Civil 3D 三维地质体模型。

第二步:统一 Civil 3D、Revit 两软件在该项目上的坐标基点。

第三步:创建 Revit 各单体模型,分别单独新建周边环境(管线、建筑物等)体量、基坑开槽土方边界体量、锚杆(索)套组之锚筋、锚固段、锚头等族。

第四步:创建 Revit 基坑环境及开槽边界综合模型,布置已创建的周边环境体量、周边已建预制桩基础族、开槽土方边界体量等。

第五步:无缝融合三维地质体创建 Revit 基坑支护综合 BIM 模型。

### 2.2 具体流程

#### 2.2.1 准备工作

建模前,落实岩土勘察报告、周边已建或在建的建(构)筑物及其基础资料、周边已建地下管线资料、拟建主楼及地下车库总平面图、基础图等。

根据勘察单位提供的勘察软件导出的原始文本类勘察数据,利用 Excel 等工具分层提取所有勘探点坐标、孔口及各地层底面高程、地下水位高程等三维地质点数据,并分层转换生成具有特定排列格式的 Civil 3D 可识别导入的“.txt”类型“点文件”。当拟建三维地质模型边界内存在透镜体或某层局部缺失时,可利用 CAD 软件在勘察点平面布置图中人为内插添加一定数量的虚拟尖灭勘探点,并在已生成的各层“点文件”中补充这些满足该点顶底面尖灭条件的三维数据。

#### 2.2.2 Civil 3D 创建三维地质体模型

(1)新建 Civil 文件,命名并保存。

(2)创建地层曲面:在 Civil 3D 工作空间界面下利用已准备好的“点文件”顺序新建并命名各地层曲面(地下水位曲面宜最后创建);注意,每生成一个曲面,均应检查该曲面有无明显异常的高程凹凸点(俗称“飞点”<sup>[11]</sup>)。创建的地层曲面模型参见图 1。

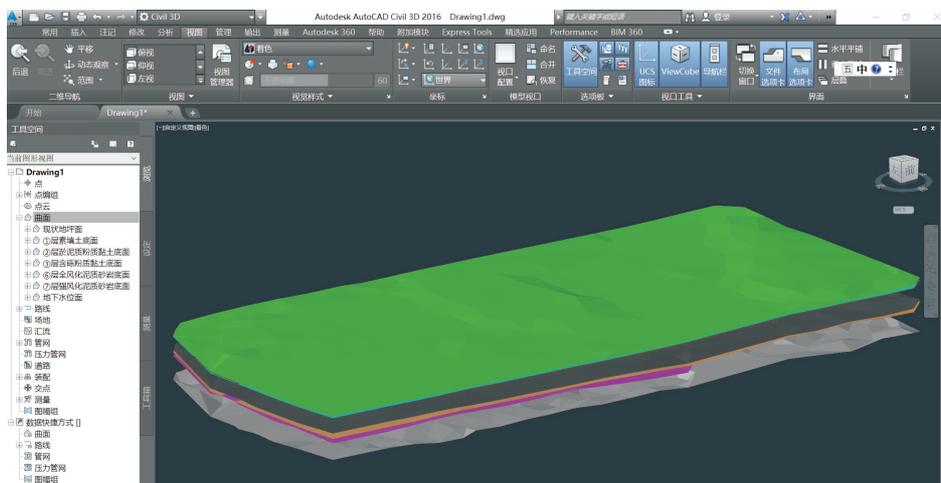


图 1 Civil 三维地层曲面模型

Fig.1 Civil three-dimensional stratum surface model

所有地层曲面生成后,选定某个合适的勘探点为坐标基点,记下其 X、Y 值。

(3)从曲面提取生成实体。

地层实体(含正常连续地层、透镜体或局部缺失地层)创建:利用“从曲面提取实体”功能生成由选定的顶底两个曲面所包络的某层地层实体;以此类推,直至建完所有地层实体。

场平层实体创建:利用“在固定高程处”功能来提取一层挖方或填方整平层实体。

地下水实体创建:用一小薄层实体来模拟整个地下水水体,利用“深度”功能生成由地下水位曲面向下延伸 0.1 m 深度所包络的一小薄层实体;检查并删除无关对象,只留下一个符合条件的实体。

所有实体生成完毕,逐个删除所有曲面对象,仅保留实体对象;可转换至三维建模工作空间界面,利用“剖切”命令实现仅保留基坑影响范围边界内的那部分实体。创建的三维地质体模型参见图 2。

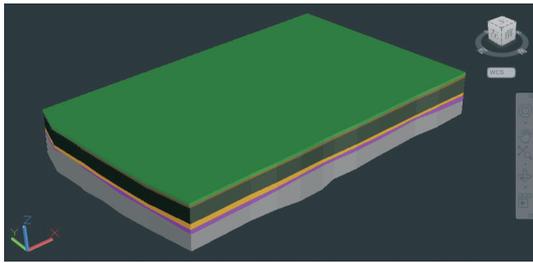


图 2 Civil 三维地质体模型

Fig.2 Civil three-dimensional geological body model

(4)导出为 IFC 格式文件:利用“导出”→“IFC”功能,将“对象”中的“实体(三维)”,输出为“.ifc”格式的项目文件。

### 2.2.3 Revit 创建基坑支护结构模型

(1)按上节第 2 条所记录的基点坐标值设置下述各建模过程所需的 Revit“项目基点”;计算 Revit“测量点”与该 Revit“项目基点”坐标差值,Revit“测量点”可通过按此差值在 Revit 中平移来实现定位。

(2)单体模型创建。

周边已建或在建(构)筑物采用外建概念体量“公制体量→实心体量”创建。

周边已建预制桩基础采用系统载入族“结构→柱→预制混凝土→预制方形柱”创建。

基坑开槽土方边界采用外建概念体量“公制体量→实心体量”创建;注意,建模尺寸应考虑桩间网喷边界。

基坑环境及开槽边界综合模型采用“建筑样板”为模板新建项目文件创建,布置已创建的周边环境体量、周边已建预制桩基础族、开槽土方边界体量。成果模型参见图 3。

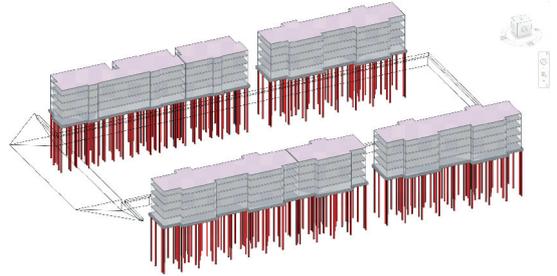


图 3 基坑环境及开槽边界综合模型

Fig.3 Comprehensive model for the foundation pit environment and excavation boundary

支护灌注桩、帷幕搅拌桩、坑底内侧被动区加固搅拌桩采用系统载入族“结构→基础→桩—混凝土圆形桩”创建。

桩顶异形冠梁采用系统载入族“结构→框架→混凝土→墙下条形基础—坡形截面底板”创建。

锚杆(索)套组之锚筋、锚固段、锚头分别采用外建族“公制常规模型→结构基础类别”创建。

网喷面层(单向斜倾时)采用系统族“结构→基础→板→结构基础:楼板→基础底板”创建;网喷面层(多向斜倾时)采用系统族“体量→面模型→屋顶→基本屋顶”创建;网喷面层(桩间、垂直时)采用系统族“墙→墙:结构→基本墙”创建。

基底垫层采用系统族“结构→基础→板→结构基础:楼板→基础底板”创建。

坡顶截水台采用系统族“墙→墙:结构→基本墙”创建。

坡顶护栏采用外建族“公制常规模型→结构基础类别”创建。

经验小结:(1)支护结构尽量使用“结构类别”的系统族或系统载入族创建,这样既省力又便于后续自动布筋及抽筋算量;(2)锚杆(索)套组之锚筋、锚固段、锚头应分别单独建模,最后在创建基坑综合模型时可通过“创建组”来完成锚杆(索)组装,这样既便于分类统计工程量,又便于快速复制、阵列等,组装模型效果参见图 4;(3)同为“基础类别”的图元间软件不自动识别碰撞冲突;“基础类别”的图元与“结构类别”的图元之间、同为“结构类别”的图元之间软件可自动识别碰撞冲突。

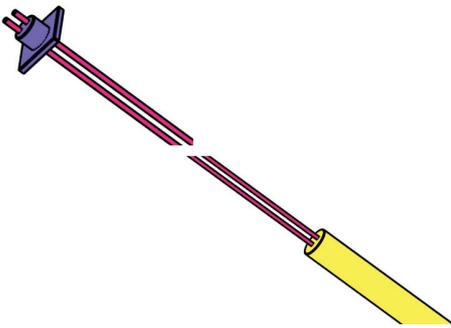


图 4 锚杆(索)组模型

Fig.4 Anchor rod (anchor cable) assembly model

### 2.2.4 无缝融合创建 Revit 基坑支护综合 BIM 模型

(1) Revit“打开”2.2.2 节已建的 IFC 文件,利用平移“测量点”功能将模型移至正确位置。

(2) 利用“在位编辑”命令逐层“分解”并添加或赋予各层重度、粘聚力、内摩擦角抗剪强度参数及材质、颜色等属性。

当场地整平层有挖有填时,场平层实体须删除整平实体中的整平标高以上的多余实体及多余元素。

(3) 以“作为组载入”方式“插入”基坑环境及开槽边界综合模型项目文件,将插入的综合模型平移定位到正确位置后,再将其“解组”;然后用“解组”后其中的“基坑开槽土方边界体量”图元分层剪切已逐层分解并赋属性的“三维地质体”图元,创建生成挖除土方后的基坑模型。

(4) 利用已建的族及系统族、系统载入族等精确定位布置各种基坑支护结构单体模型,完成基坑支护综合 BIM 模型的创建,最终模型参见图 5。

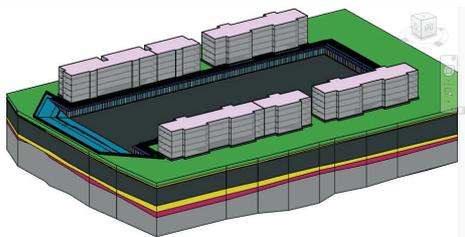


图 5 Revit 基坑支护综合 BIM 模型

Fig.5 Comprehensive BIM model for Revit foundation pit supporting

经验小结:(1)当打开某个视图中看不到模型时,切换到三维视图一般就能看到;必要时可通过调整剖面符号位置、“查找相关视图”、“缩放全部以匹配”、“显示隐藏的图元”、设置相关视图的“可见性/图形替换”、鼠标滚轮缩放等方法找到该模型,Revit 软件默认打开的 IFC 图元为“常规模型”;(2)“项目

基点”和“测量点”默认为隐藏,可通过“显示隐藏的图元”来将其显示出来,并可在该界面下进行相关的坐标值设置与图元平移等;(3)可充分利用“临时隐藏/隔离”、多窗口(WT)、“图形显示选项”等命令,以提高工作效率;(4)观察三维效果时,宜设置“图形显示选项”为:“不显示边”、“着色”或“一致的颜色”、“使用反失真平滑线条”等。

## 3 BIM 辅助设计

青岛市三木·文澜府地下车库基坑项目水文地质、工程地质、环境地质条件均较复杂;周边紧邻已(在)建建筑及其预制桩基础且与基坑工程互相交叉施工流水作业、开挖影响深度内存在厚层淤泥质土及顶底面起伏较大的软弱风化基岩、地下水埋藏浅等,基坑安全等级一级,工程规模较大。设计中针对不同的支护单元条件采用了“支护灌注桩+预应力锚索、悬臂灌注桩、放坡网喷、格栅式搅拌桩帷幕+坑内明排水、坑底内侧被动区搅拌桩加固”等综合支护与止排水方案。支护设计初步方案论证时采用常规二维平面设计法,发现不能满足某些特殊要求,最终方案设计及施工图设计时采用了 BIM 辅助设计法,在三维具现、碰撞检查<sup>[12]</sup>、空间节点设计优化、工程量精确统计、导出二维 CAD 施工图<sup>[13]</sup>等方面取得了较好的应用效果。

### 3.1 三维具现

专家评审及设计交底时灵活运用“临时隐藏/隔离”、“剖面框”、“材质-透明度”等命令,对基坑 BIM 模型进行了 3D 具现、漫游展示等;实现了或宏观展示周边环境、或单独展示某些支护结构、或剖切展示某些须重点关注的淤泥层顶底面、地下水面、软弱风化基岩面等空间分布状态等等应用目的。如,“临时隐藏”三维地质体图元后整个基坑支护结构体系设计方案模型参见图 6。

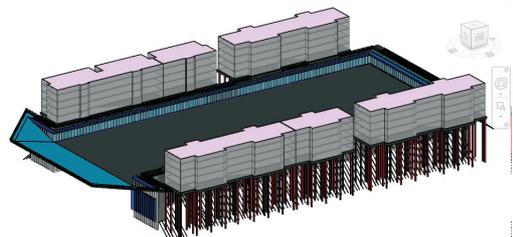


图 6 基坑支护结构体系模型

Fig.6 Structure system model for foundation pit supporting

### 3.2 碰撞检查

案例中锚索及格栅式帷幕搅拌桩分别与周边已建或在建预制桩的碰撞冲突是辅助设计的检查和调整重点。

锚索与周边已建预制桩碰撞检查方法:一种是间接法,为保证桩锚之间的协调,尽量满足一桩一锚设计目的,采用以“桩位”定“锚位”思路,间接转换为“支护桩与周边已建或在建预制桩”在锚索延伸方向

上一一对应的空间满足性检查,以立面人工检查法为主;另一种是直接法,直接对“锚索与已建预制桩”进行两类别自动碰撞检查。本案例中采用了第一种间接方法。

格栅式帷幕搅拌桩与周边已建或在建预制桩碰撞检查以结合自动生成并可导出的“冲突报告”采用平面检查法为主,参见图7、图8。

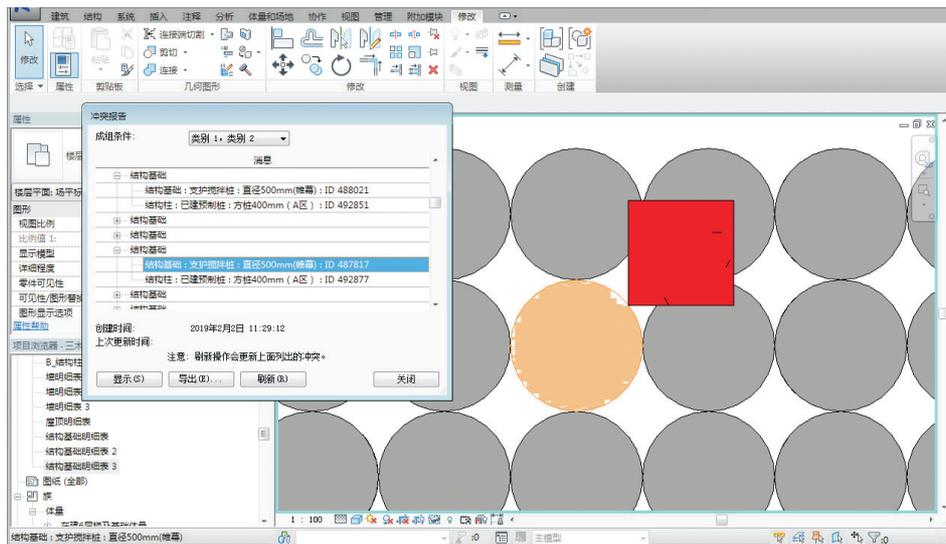


图7 “格栅式帷幕搅拌桩与周边已建或在建预制桩”自动碰撞平面检查法界面

Fig.7 Interface of the plane inspection method of automatic collision between grid type curtain mixed piles and surrounding underground precast piles completed or under construction

5	结构柱:已建预制桩:方桩400mm(A区):ID 493663	结构基础:支护搅拌桩:直径500mm(帷幕):ID 483946
6	结构柱:已建预制桩:方桩400mm(A区):ID 493663	结构基础:支护搅拌桩:直径500mm(帷幕):ID 483962
7	结构柱:已建预制桩:方桩400mm(A区):ID 493676	结构基础:支护搅拌桩:直径500mm(帷幕):ID 484010
8	结构柱:已建预制桩:方桩400mm(A区):ID 493676	结构基础:支护搅拌桩:直径500mm(帷幕):ID 484026
9	结构柱:已建预制桩:方桩400mm(A区):ID 493704	结构基础:支护搅拌桩:直径500mm(帷幕):ID 484154
10	结构柱:已建预制桩:方桩400mm(A区):ID 493650	结构基础:支护搅拌桩:直径500mm(帷幕):ID 484445
11	结构柱:已建预制桩:方桩400mm(A区):ID 493650	结构基础:支护搅拌桩:直径500mm(帷幕):ID 484447
12	结构柱:已建预制桩:方桩400mm(A区):ID 493650	结构基础:支护搅拌桩:直径500mm(帷幕):ID 484461

图8 导出的“格栅式帷幕搅拌桩与周边已建或在建预制桩”冲突报告

Fig.8 Conflict report of grid type curtain mixing piles and surrounding underground precast piles completed or under construction

根据碰撞检查结果,对发生冲突的结构图元一一进行调整优化,直至解决所有冲突,完成最终成果的创建。

### 3.3 空间节点设计优化

二维状态下不同支护结构交界(尤其存在拐角时)空间节点设计一直是困扰专业设计人员的难题,一是极易忽略该节点,二是需要设计人员具有很好的空间想象力;而在三维状态下则既可轻易发现该节点问题,又不需要设计人员具有很好的空间想象

力,能够“所见即所得”地解决节点问题。该案例中,早期原二维设计就忽略了西北角“南北向桩锚垂直支护与东西向天然放坡网喷支护结构”交界节点问题,而在三维建模过程中立时就直观地发现了该节点存在连接问题,经过造价、工期、空间占用等方面多方案比较论证,最终采用了悬臂桩拐出方案,优化了该节点连接设计,参见图9。

### 3.4 工程量精确统计

基坑支护方案设计阶段及施工图设计阶段所对

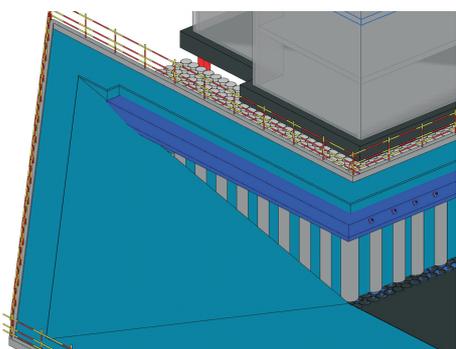


图 9 桩锚垂直支护与天然放坡网喷支护结构交界节点优化设计  
Fig.9 Optimum design of intersection joints between the vertical support of piles and anchors and the natural sloping net spray supporting structure

应的设计概算、施工图预算都对工程量精确统计有相关要求,利用 Revit“明细表”功能可轻松自动完成土方、钢筋、砼、桩、锚杆、面层等体积、重量、长度、根数、面积等诸多指标的分类精确统计,参见图 10。

### 3.5 导出二维 CAD 施工图

根据碰撞检查结果调整设计后,支护桩及相应的锚索平面位置将变得不规律,为便于精确指导施工时的支护桩及锚索测量放线工作,案例中利用 Revit 导出二维 CAD 图纸功能,创建支护桩及锚索测量放线二维 CAD 平面图并提交给建设单位,避免了因现场作业时甚至作业完成时才发现碰撞而浪费大量人力、物力、财力、时间。

<基坑支护工程量统计明细表>				
A	B	C	D	E
支护结构名称	结构材质	长度	体积	合计
冠梁族(多弯梁): 桩顶冠梁	商砼 C30	377.700 m	242.519 m <sup>3</sup>	1
坡顶护栏(横杆): 钢横杆 φ48×3.5	钢管(红黄相间)	1632.000 m	2.802 m <sup>2</sup>	272
坡顶护栏(立杆): 钢立杆 φ48×3.5	钢管(红黄相间)	384.000 m	0.695 m <sup>2</sup>	256
基础底板: 翻边网喷面层	网喷面层(C20)	99.673 m	57.849 m <sup>2</sup>	1
支护搅拌桩: 直径500mm(帷幕)	水泥土	94525.500 m	17881.250 m <sup>3</sup>	6519
支护搅拌桩: 直径500mm(坑底加固)	水泥土(底加固)	0.000 m	3543.572 m <sup>3</sup>	2380
支护灌注桩: 直径800mm(A1-4)	商品砼(C30)	760.000 m	380.202 m <sup>3</sup>	38
支护灌注桩: 直径800mm(A1-3)	商品砼(C30)	3828.000 m	1924.132 m <sup>3</sup>	232
预应力锚索钢绞线(A区): 钢绞线(A区)	钢绞线	21780.000 m	2.807 m <sup>2</sup>	726
预应力锚索锚固段(A区): 锚固段(A区)	水泥砂浆	2904.000 m	50.788 m <sup>3</sup>	242
预应力锚索锚头垫板: 锚头垫板(A区)	钢板	48.400 m	0.194 m <sup>2</sup>	242
预应力锚索锚头夹具: 锚头夹具(A区)	钢材	0.000 m	0.143 m <sup>2</sup>	242

图 10 基坑支护工程量统计明细  
Fig.10 Calculation of work quantity of foundation pit supporting

## 4 结语

(1)融合三维地质体的 Revit 精细化基坑建模方案在青岛市三木·文澜府项目地下车库基坑支护辅助设计中取得了较好的应用效果。

(2)融合 Civil 3D 创建真三维地质体模型、Revit 创建三维支护结构体系模型各自优势,创建基坑支护综合 BIM 模型是当前乃至今后一段时期内的一条通往基坑支护辅助设计简捷综合解决方案的途径。

(3)Revit 创建基坑支护结构单体模型时,只有选择合适的方法,才能达到合理、快速、方便、精细的建模目的。

(4)基坑支护方案设计及施工图设计时利用 BIM 辅助设计,可在三维具现、碰撞检查、空间节点设计优化、工程量精确统计、导出二维 CAD 施工图等方面取得较好的应用效果。

(5)如何利用基坑支护综合 BIM 模型进行包含

真三维地质体参数的支护结构体系有限元计算分析<sup>[14-15]</sup>尚是亟待进一步探索研究的课题。

## 参考文献(References):

[1] 刘剑峰. BIM 在深基坑施工中的应用[J]. 施工技术, 2017, 46(S1): 506-509.  
LIU Jianfeng. Application of BIM in deep Foundation Excavation Construction [J]. Construction Technology, 2017, 46(S1): 506-509.

[2] 吴清平, 时伟, 戚铎钟, 等. 超大深基坑 BIM 施工全过程模拟与分析研究[J]. 工程建设, 2013, 45(5): 20-24.  
WU Qingping, SHI Wei, QI Huazhong, et al. The whole process BIM simulation and analysis research of extra large deep foundation pit construction [J]. Engineering Construction, 2013, 45(5): 20-24.

[3] 孟凡利. 基于钻孔数据的三维地层模型构建方法研究[D]. 西安: 西安科技大学, 2006.  
MENG Fanli. Research on constructing way of 3D stratum model based on drill data [D]. Xi'an: Xi'an University of Science and Technology, 2006.

[4] 何满潮, 李学元, 刘斌, 等. 工程岩体三维构模中钻孔数据处理方法[J]. 岩石力学与工程学报, 2005, 24(11): 1821-1826.

- HE Manchao, LI Xueyuan, LIU Bin, et al. Study on processing method of drilling data for three-dimensional modeling of engineering rock mass[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2005, 24(11):1821-1826.
- [5] 赵洪波,何远信,张俊岭.三维地质建模应用于以钻代槽的方法研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(10):166-170. ZHAO Hongbo, HE Yuanxin, ZHANG Junling. Application of three-dimensional geological modeling in drilling instead of trenching[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018, 45(10):166-170.
- [6] 向昆明,刘汪威,陈剑崧,等.三维地质建模在土耳其天然碱对接井设计中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(10):2-6. XIANG Kunming, LIU Wangwei, CHEN Jianyao, et al. Application of 3D geological modeling in Turkey Trona Solution Mining Project design[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012, 39(10):2-6.
- [7] 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. Application of BIM technology in the deep excavation engineering design[J]. Construction Technology, 2015, 44(S1):773-776.
- [8] 宋仁波,王细元,王月香,等.基于GIS协同AutoCAD和Google SketchUp的三维地质建模方法研究[J].工程地质学报,2013,21(5):709-715. SONG Renbo, WANG Xiyuan, WANG Yuexiang, et al. GIS coordinating AutoCAD and Google SketchUp based 3D geological modeling method[J]. Journal of Engineering Geology, 2013, 21(5):709-715.
- [9] 陈晓曦.AutoCAD Civil3D三维地质建模方法初探[J].地球,2013,203(3):94-96. CHEN Xiaoxi. A preliminary study on AutoCAD Civil 3D geological modeling method[J]. The earth, 2013, 203(3):94-96.
- [10] 高升,邓小云.锚杆式挡土墙的Revit族创建与应用[J].土木工程信息技术,2015,7(1):90-94. GAO Sheng, DENG Xiaoyun. Creation and application of Revit Family of anchor rod retaining wall[J]. Journal of Information Technology in Civil Engineering And Architecture, 2015, 7(1):90-94.
- [11] 李强,龚翼,陈伟.Autodesk Civil 3D在精确地形建模中应用的几点体会[J].水利规划与设计,2008(1):51-53. LI Qiang, GONG Yi, CHEN Wei. Some experiences in the application of Autodesk Civil 3D in accurate terrain modeling[J]. Water Resources Planning and Design, 2008(1):51-53.
- [12] 胡宇琦.浅谈BIM技术在深基坑中的应用[EB/OL]. [http://www.lcbim.com/h-nd-963.html#\\_np=103\\_337](http://www.lcbim.com/h-nd-963.html#_np=103_337); 2017-05-23/2019-02-01. HU Yuqi. Application of BIM technology in deep foundation pit[EB/OL]. [http://www.lcbim.com/h-nd-963.html#\\_np=103\\_337](http://www.lcbim.com/h-nd-963.html#_np=103_337); 2017-05-23/2019-02-01.
- [13] 彭曙光.BIM技术在基坑工程设计中的应用[J].重庆科技学院学报(自然科学版),2012,14(5):129-131. PENG Shuguang. Application of BIM technology in the excavation engineering design[J]. Journal of Chongqing University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2012, 14(5):129-131.
- [14] 刘远亮.基坑开挖对邻近地铁隧道影响的Midas GTS三维数值模拟分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(1):70-72. LIU Yuanliang. Midas GTS 3D numerical simulation analysis on influence of foundation pit excavation to subway tunnel[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2013, 40(1):70-72.
- [15] 杨生彬,刘志伟.深基坑复合支护技术三维数值模拟研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(11):32-34. YANG Shengbin, LIU Zhiwei. 3D numerical simulation study on composite supporting technology of deep foundation pit[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2010, 37(11):32-34.

(编辑 周红军)

## (上接第61页)

- [10] 方俊,石智军,李泉新,等.顶板高位定向大直径长钻孔钻进技术与装备[J].矿业研究与开发,2015,35(7):92-97. FANG Jun, SHI Zhijun, LI Quanxin, et al. Drilling technology and equipments on directional high level and long borehole with large diameter in roof[J]. Mining Research and Development, 2015, 35(7):92-97.
- [11] 赵建国.煤层顶板高位定向钻孔施工技术与发展趋势[J].煤矿科学技术,2017,45(6):137-141. ZHAO Jianguo. Construction technology and development tendency of high level directional drilling in seam roof[J]. Coal Science and Technology, 2017, 45(6):137-141.
- [12] 朱弘杰.高位钻孔与采空区埋管联合抽放技术的数值模拟[J].山西焦煤科技,2019,43(1):11-13. ZHU Hongjie. Numerical simulation of combined drainage technology with high level borehole and gob pipe laying[J]. Shanxi Coking Coal Science & Technology, 2019, 43(1):11-13.
- [13] 王耀锋,聂荣山.基于采动裂隙演化特征的高位钻孔优化研究[J].煤炭科学技术,2014,42(6):86-91. WANG Yaofeng, NIE Rongshan. Study on high level borehole optimization based on evolving characteristics of mining induced fracture[J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(6):86-91.
- [14] 闫保永.高位定向长钻孔钻进工艺研究[J].煤炭科学技术,2016,44(4):55-58. YAN Baoyong. Study on drilling technique of high level directional long borehole[J]. Coal Science and Technology, 2016, 44(4):55-58.
- [15] 林柏泉,李庆钊,杨威,等.基于千米钻机的“三软”煤层瓦斯治理技术及应用[J].煤炭学报,2011,36(12):1968-1973. LIN Baiquan, LI Qingzhao, YANG Wei, et al. Gas control technology and applications for the three-soft coal seam based on VLD-1000 drilling systems[J]. Journal of China Coal Society, 2011, 36(12):1968-1973.

(编辑 韩丽丽)