

# 参数化桩构件在基坑支护工程 BIM 建模中的应用

李中元<sup>1</sup> 高如<sup>2</sup> 程熙竣<sup>1</sup>

(1. 中国电建集团市政规划设计研究院有限公司, 珠海 519000;  
2. 中国电建集团昆明勘测设计研究院有限公司, 昆明 650051)

**【摘要】**随着中国开启“十四五”规划新征程, 建筑工程行业也将贯彻落实创新驱动发展的伟大政策。城市超高层建筑的发展推动了对地下空间的开发与利用, 基坑开挖范围随之增大、基坑开挖深度也随之增加。为了保证施工期间基坑内主体结构的安全并最小化对基坑周边环境的影响与扰动, 使得“桩+内支撑”的支护方式得以广泛应用。当支护方案采用如大型环向内支撑、钻孔灌注桩以及三轴搅拌桩等在内的多型支护构件时, 使得传统 CAD 制图在表达设计意图方面存在较大困难。通过 Revit 创建的参数化构件创建基坑支护结构 BIM 三维模型, 不仅能全方位且可视化地表达方案设计阶段的设计意图, 而且还能在后续深化设计阶段快速修改构件参数, 从而实现模型、工程量及图纸的联动修改, 设计工作也因此获得提质增效。

**【关键词】** BIM; 基坑支护工程; 参数化桩构件; 联动修改

**【中图分类号】** TU551.4; TU17 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1674-7461(2022)06-0128-05

**【DOI】** 10.16670/j.cnki.cn11-5823/tu.2022.06.22

## 引言

随着改革开放, 中国高层建筑和超高层建筑呈现出雨后春笋般的发展<sup>[1,2]</sup>。高层及超高层建筑的发展也推动了对地下空间的开发与利用, 基坑开挖范围随之增大、开挖深度随之增加, 于是产生了大量深基坑工程, 这给工程设计和施工带来了巨大挑战<sup>[3]</sup>。基坑开挖与支护涉及到岩土工程、结构工程和排水工程等等, 是一门综合性学科<sup>[4]</sup>, 旨在保证处在施工期位于地下的主体结构安全稳定并最小化对基坑周边的影响和扰动。

在深基坑支护工程采取的众多措施中, “桩+内支撑”的支护方式得到广泛应用<sup>[5]</sup>。“桩+内支撑”的联合支护构型因节点构造、空间分布的复杂性让 CAD 绘制二维图纸表达存在困难<sup>[6]</sup>。

BIM 作为全新设计工具, 为“桩+内支撑”的基坑工程的发展倍添动力。

## 1 工程概况及基坑周边环境

昆明某民建项目建设分新建、改扩建两个部分。项目建成后将形成以生物医药产业为主, 集创新、孵化、服务为一体的新型智慧化创新空间, 项目效果如图 1 所示。



图 1 某民建项目(方案建成效果)

**【第一作者】** 李中元(1991-), 男, 工程师, 主要研究方向: BIM 技术应用与研究、岩土工程与结构设计。

**【通讯作者】** 程熙竣(1986-), 男, 高级工程师, 主要研究方向: BIM 技术研究与应用。

场地位于某大厦及西南侧某广场地块,新建地下室为两层地下室,基坑开挖深度约 11m,基坑周长约 460m。新建两层地下室与现状一层地下室设置连接通道,连接通道基坑开挖深度约 6m,基坑周长约 40m,基坑与周边构筑物位置关系如图 2 所示。

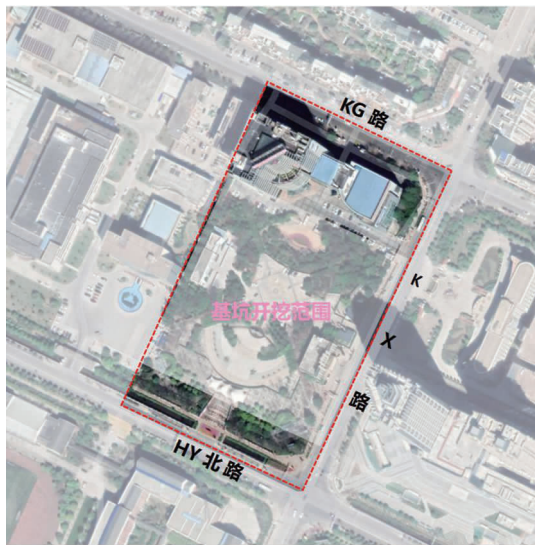


图 2 基坑周边环境

基坑北邻现状建筑及 KG 路,该建筑为 13F 高层,分 A 座和 B 座。A 座共 13F,B 座共 4F。该建筑为一层地下室,深度约 5m,基础为桩基础,新建地下室基坑开挖边线距离原有地下室约 8m。基坑南抵已建市政道路—HY 北路,主干道宽度约 20m,基坑边线距离人行道约 50m,距离用地红线约 35m。基坑西靠 LR 大厦,该建筑为 6 层混凝土结构,基坑开挖边线距离该建筑约 14m,距离用地红线约 7m。基坑东接已建市政道路—KX 路,主干道宽度约 20m,基坑变形距离人行道及红线约 8m。

## 2 工程分析及支护方案

### 2.1 岩土工程问题分析

本基坑支护项目存在如下岩土工程问题:

(1)不利地质条件。除顶部素填土层外,基坑开挖范围内主要由软黏土、淤泥质土、泥炭质土、等组成,对基坑开挖极其不利;

(2)基坑周边地物保护。基坑北侧 13 层建筑及基坑西侧 LR 大厦均距基坑较近,需重点控制基坑开挖变形对其的影响;

(3)基坑周边管线保护。周边分布较多的市政道路管网,基坑开挖过程中要考虑对它们的保护。

### 2.2 基坑支护方案

一方面场地周边环境复杂,建(构)筑物及市政管线较多。另一方面基坑开挖范围内坑底以下一定深度存在软黏土、淤泥质土及泥炭质土,地质条件较差,基坑不具备大放坡开挖条件。根据类似工程经验,本基坑可采用垂直支护结构包含:灌注桩+止水桩支护、地下连续墙、SMW 工法。

本基坑开挖较深,地质条件较差,要重点保护周边建(构)筑物及管线,决定采用灌注桩+止水桩的支护结构形式。常用的止水桩有高压旋喷桩、搅拌桩,综合考虑止水效果、安全及经济性,拟采用  $\phi 650@450$  三轴搅拌桩作为止水帷幕。

综上所述,新建地下室基坑支护方案拟采用顶部放坡+ $\phi 1000@1300$  灌注桩+ $\phi 650@400$  三轴搅拌桩+一道砼支撑的支护方案,为最大程度保证施工作业面,内支撑采用圆环支撑。新建地下室与改扩建地下连接通道,基坑开挖深度较浅,宽度不大,采用钢板桩+钢支撑的支护结构形式。先施工新建地下室基坑,再施工连接通道基坑。

## 3 基坑主体支护结构 BIM 应用

### 3.1 项目 BIM 应用概述

本项目为中电建昆明院在“十四五”时期开启业务转型期间通过充分调研与市场开拓依托自身技术优势和品牌口碑承揽的 BIM 信息化实施项目,本文仅论述对投标方案的 BIM 信息化应用,因此只涉及支护桩、止水桩、坑内支撑及立柱桩等基坑支护主体结构的 BIM 应用,包括截排水沟、疏干井等附属设施在内的构件不在投标方案 BIM 应用范围内<sup>[7-9]</sup>,基坑支护主体结构 BIM 模型如图 3 所示。

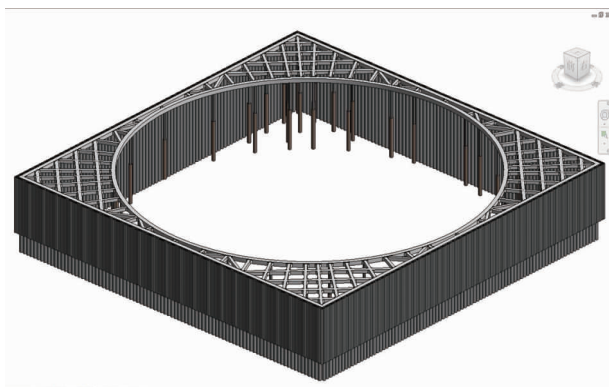


图 3 基坑支护投标方案 BIM 模型

### 3.2 参数化支护桩构件

传统的 Revit 项目创建经常需要调用软件自带的建筑柱、结构柱。建筑柱通常作装饰柱用,结构柱通常作承重柱用,并在后续施工图阶段进行配筋等结构深化设计应用。

两种柱构件均属于 Revit 自带的系统族,二者的放置方式分为:平面视图下单个位置点击放置;平面视图下轴网交叉处全局性放置。

通过拉伸创建实体、定义尺寸参数、阵列成组参数化、放置过程参数化测试创建了圆形截面基坑支护桩单元,构件参数包含桩径、桩长、桩间距、桩个数、结构材质,上述参数均反应在构件属性栏并联动计算体积工程量,如图 4 所示。

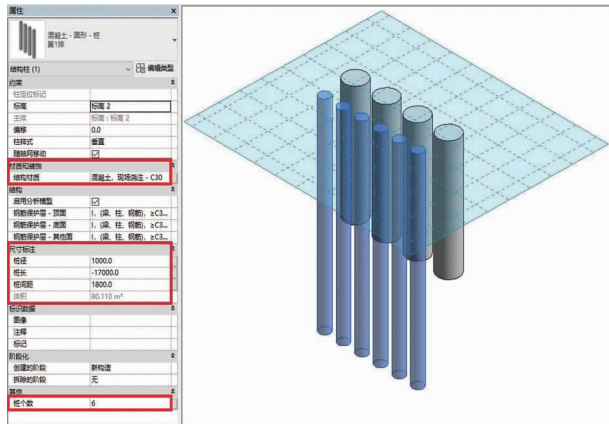


图 4 基坑支护桩 BIM 参数化构件

采用自定义基坑支护桩参数化构件可快速创建并根据后续深化设计要求快速修改各段支护桩、止水桩的参数并联动模型、工程量、图纸的同步更新,为下一阶段的 BIM 信息化、数字化应用打下坚实的基础<sup>[10]</sup>。

### 3.3 参数化内支撑构件

内支撑杆件共四类,尺寸及材质如表 1 所示。

表 1 支撑截面表

支撑杆件	尺寸(宽 mm × 高 mm)	混凝土等级
ZCL1 支撑梁 1#	1200 × 1000	C30
ZCL2 支撑梁 2#	1000 × 800	C30
ZCL3 支撑梁 3#	800 × 800	C30
GL 冠梁	1200 × 1000	C30

GL 用于连接基坑四周起支护作用的钻孔灌注桩的桩顶部形成冠梁; ZCL1 用于组成距坑底 7 600 mm 半径为 55 000 mm 的 360° 环向内支撑; ZCL3 用于组成径向内支撑,作用是连接环向内支撑和灌注桩顶的冠梁, ZCL2 用于 GL 与 ZCL3 的连接以及相邻 ZCL3 之间的连接,每个内支撑构件交点需加腋,加腋宽度为 500 mm。

考虑到该项目包含环形支撑梁且需要考虑支撑梁间相交时自动进行剪切处理避免工程量重复计算,因此采用 Revit 自带的系统族——墙:结构来创建支撑梁。

复制基本墙并将类型重命名为 ZCL1-1 200 × 1 000,墙厚设置为 1 200 mm,底部设置为自设计标高偏移 -1 000 mm,顶部与设计标高对齐,按照 55 000 mm 半径绘制环向内支撑。

复制基本墙并将类型重命名为 ZCL3-800 × 800,墙厚设置为 800 mm,底部设置为自设计标高偏移 -900 mm,顶部设置为自设计标高偏移 -100 mm,根据设计布设定位的参照平面与基坑四周桩中心线参照平面的交点绘制支撑梁 3#。

复制基本墙并将类型重命名为 ZCL2-1 000 × 800,墙厚设置为 1 000 mm,底部设置为自设计标高偏移 -900 mm,顶部设置为自设计标高偏移 -100 mm,根据设计径向参照平面与基坑四周桩中心线参照平面的交点绘制支撑梁 2#。

内支撑梁交点自动剪切效果如图 5 所示。后续支撑梁尺寸可根据深化设计要求直接修改顶/底标高及偏移、墙厚即可同步更新模型、工程量和图纸。

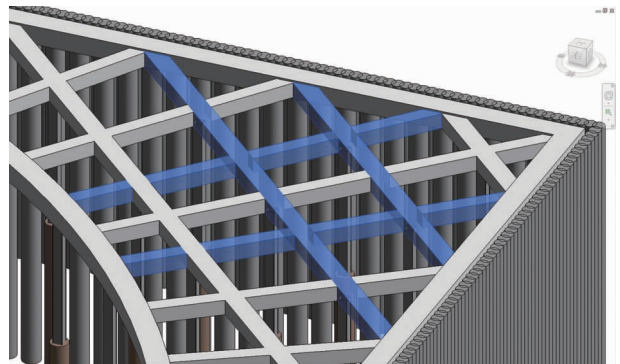


图 5 ZCL2 与 ZCL3 相交自动剪切

### 3.4 内支撑梁端加腋

为了增强内支撑梁交叉连接处的刚度与强度,需对交叉梁端采取加腋处理,加腋宽度为 500 mm,

厚度为 800mm, 为了方便明细表工程量统计分类准确清晰, 采用内建模型并修改族类型为墙的方式创建基于轴对称的一侧加腋构件并通过镜像快速创建全局范围内的支撑梁加腋构件, 如图 6 所示。

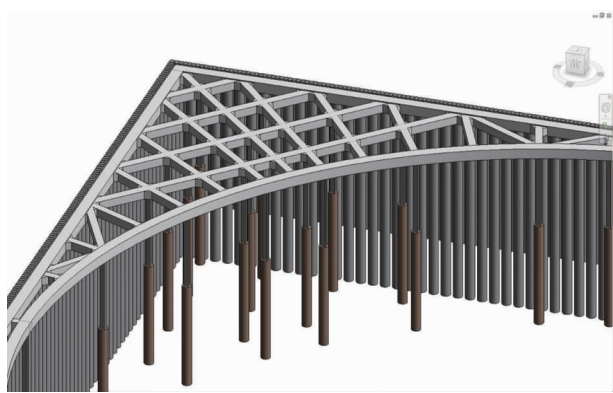


图 6 基坑西北角支撑梁交叉连接加腋

### 3.5 创建构件明细表

通过创建明细表将内支撑、基坑支护桩作为两个类别分别进行工程量统计, 快速而准确地获得该方案下各型措施对应的工程量, 再考虑上造价信息便可获得方案设计阶段的投资概算, 为方案的比选提供量化指标, 为工程的数字化、信息化实践提供强大支撑。

## 4 结论

本文以昆明某民建项目投标阶段基坑支护方案为案例, 结合项目投标阶段的设计要求, 运用 Revit 软件创新性地提出了利用自定义的基坑支护桩 BIM 参数化构件并结合系统墙构件的自动剪切优势创建“桩 + 内支撑”基坑支护模型, 模型、工程量和图纸均可根据不同设计阶段的深化及优化要求修改参数并联动更新, 为接下来的项目初步设计、施工图设计乃至竣工验收后的运维阶段提供数字化和信息化保障, 本文的研究成果表明:

(1) 并非每一个项目都需特定化地定制族库,

由于 Revit 软件自带的许多系统族构件具有良好的性能和特点, 可以很好地适应和解决基坑支护设计中存在的问题, 例如本文提到的墙自动剪切和环形内支撑均可依靠墙构件较圆满地实现;

(2) BIM 应用并非一蹴而就, 而是应根据不同的工程阶段应用不同的深度的模型, 但应充分考虑前序阶段与后续之间的衔接递进关系, 为设计方案的深化和调整留下足够的空间;

(3) 本文的建模路径证实了采用基坑支护 BIM 参数化构件结合系统墙构件能够快速创建“桩 + 内支撑”基坑支护参数化三维模型。

希望通过本次研究, 能够在基坑支护工程中能更加有针对性地运用 BIM 信息化技术解决实际中的难题, 并且对 BIM 在基坑支护领域的研究能够提供一些实践性思考和宝贵的经验。

### 参考文献

- [1] 徐培福, 王翠坤, 肖从真. 中国高层建筑结构发展与展望[J]. 建筑结构, 2009(9):28-32.
- [2] 汪大绥, 包联进. 我国超高层建筑结构发展与展望[J]. 建筑结构, 2019,49(19):11-24.
- [3] 王文渊. 基坑支护水平内支撑结构布置及稳定性分析[D]. 南昌大学, 2020.
- [4] 吴洋. 基坑支护的优化设计与应用研究[D]. 南京: 南京大学, 2013.
- [5] 姜林海, 刘帅, 黄钜君, 等. 基于 BIM 技术的复杂深基坑支护设计分析[J]. 人民长江, 2021.
- [6] 陈晓凤. 基于 BIM 技术的基坑支护设计[D]. 东南大学, 2019.
- [7] 杨敏, 赵军. BIM 技术在深基坑工程中的应用探讨[J]. 工程地质学报, 2014, 22(s1):407-412.
- [8] 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(S1):773-776.
- [9] 谭佩. BIM 信息可视化技术在基坑工程中的应用[D]. 硕士学位论文. 广州: 广州大学, 2016.
- [10] 孙博. 基于 Revit 的基坑工程参数化设计[D]. 大连理工大学, 2019.

# Application of Parameterized Pile Element in BIM Modeling of Foundation Pit Support Engineering

Li Zhongyuan<sup>1</sup>, Gao Ru<sup>2</sup>, Cheng Xijun<sup>1</sup>

(1. *PowerChina Municipal Engineering Corporation Ltd., Zhuhai 519000, China;*  
2. *PowerChina Kunming Engineering Corporation Ltd., Kunming 650051, China*)

**Abstract:** As China start the new journey of 14th Five-Years-Plan, AEC industries also need to act in an innovative way. The growing of super high-rise buildings in cities promotes the development of underground spaces, which results in expansion and deepening of excavation of foundation pit. For keeping the safety during the construction and to minimize the risks, it adopts the method of "pile + internal support" as a way of retaining and protection of foundation excavation. It is quite difficult to use CAD to deliver the project design because there consists multiple complex structure. Through adopting Revit to create parametric 3D components, it cannot only comprehensively visualize project design, but can also quickly make the modification in modelling, quantification, and construction documents. As a results, the quality and the efficiencies of design can be increased.

**Key Words:** BIM; Foundation Pit Support Engineering; Parameterized Pile Elements; Interactive Modification