

# 基于 BIM 技术的高层建筑超深基坑支护方案优化 与施工管控研究

李汉强

晟华建设咨询有限公司肇庆分公司 广东 肇庆 526200

**【摘要】**：本文聚焦高层建筑超深基坑施工中的支护难题与管控痛点，引入 BIM 技术构建三维可视化模型，通过模拟分析不同支护方案的受力变形特性，实现支护结构参数的优化匹配。同时依托 BIM 平台整合施工进度、资源配置与风险预警模块，建立动态管控体系，为超深基坑施工的安全性、经济性与高效性提供技术支撑，探索 BIM 技术在基坑工程领域的标准化应用路径。

**【关键词】**：BIM 技术；超深基坑支护；方案优化；施工管控

DOI:10.12417/3083-5526.25.05.010

## 引言

超深基坑作为高层建筑工程的前置关键环节，其支护结构合理性与施工管控水平直接影响工程整体安全与效益。传统支护方案设计多依赖经验判断，存在参数匹配度不足、风险预判滞后等问题，且施工过程中各环节协同性差，易引发安全隐患与资源浪费。随着建筑信息化技术发展，BIM 技术的三维建模、模拟分析与协同管理优势逐渐凸显，为解决超深基坑工程痛点提供了新的技术思路。

## 1 BIM 技术在超深基坑支护方案优化中的应用基础

### 1.1 BIM 技术在超深基坑支护方案优化中的应用基础

#### 1.1.1 基于 BIM 的超深基坑地质条件三维可视化建模方法

立足场地勘察获取的地质信息，将地层分布、岩土体特性及地下水赋存状态等抽象数据，转化为 BIM 软件可识别的参数化构件。按照地层自然分层逻辑，逐一构建对应三维实体模型，还原不同岩土体在空间内的连续分布形态，消除传统二维图纸中地质信息割裂分散的局限。

通过赋予各地层实体与实际匹配的物理属性，关联岩土体力学参数与水文特征，使地质模型兼具可视化表达与数据承载功能。在建模过程中，同步整合场地周边建筑物、地下管线等外部环境信息，将其与地质模型进行空间叠加，直观呈现超深基坑施工区域的整体地质环境全貌。

#### 1.1.2 依托 BIM 模型实现支护结构受力与变形的模拟分析流程

将初步拟定的支护结构形式转化为 BIM 参数化模型，与已构建的地质环境模型进行空间耦合，使支护结构与周边岩土体形成统一的分析载体。调用 BIM 软件内置的力学分析模块，基于设定的施工工况，对支护结构与岩土体的相互作用过程进行动态模拟<sup>[1]</sup>。

实时捕捉支护结构在土方开挖、支护架设等阶段的受力变化与位移发展趋势，同步生成对应阶段的应力云图与变形曲线。将模拟过程中产生的受力峰值、位移极值等关键数据与预设控制指标进行对比，定位支护结构中受力集中与变形异常的区域，为后续方案调整提供精准的分析依据。

#### 1.1.3 基于 BIM 模拟结果的支护方案参数迭代优化逻辑

依据 BIM 模拟分析得出的支护结构受力与变形特征，锁定支护方案中存在冗余或不足的参数环节。针对受力过载区域，调整支护构件截面尺寸或布设密度，强化局部承载能力；针对变形超出允许范围的部分，优化支护结构的空间布置形式，增强整体刚度。

将调整后的支护参数重新输入 BIM 模型，再次开展施工全过程力学模拟，对比优化前后的支护结构受力与变形数据。反复校验参数调整的合理性，直至支护结构各项性能指标满足预设要求，同时实现支护材料用量与施工成本的合理平衡，最终形成适配场地地质条件的最优支护方案。

## 2 超深基坑支护方案优化的 BIM 技术实现路径

### 2.1 多支护方案的 BIM 三维模型构建与对比框架

依托 BIM 技术的参数化建模功能，将超深基坑支护涉及的各项构件信息进行关联整合，搭建与实际工况匹配度极高的三维模型。建模过程中，同步纳入基坑周边地形地貌、地下管线分布以及相邻建筑基础结构等隐性约束条件，确保模型能够完整映射基坑施工所处的复杂环境<sup>[2]</sup>。不同支护方案的模型构建遵循统一的信息标准，保证各类方案在几何形态、空间布局等维度具备可比性。

基于搭建完成的三维模型，构建可视化的对比框架，直观呈现不同支护方案在空间占用、结构协调性等方面的差异。通过模型的动态视角切换，挖掘不同支护结构对周边环境可能产

生的潜在影响，为后续方案筛选提供直观的判断依据。对比框架聚焦支护结构与周边环境的适配性，而非单纯的结构形式优劣，使对比过程更贴合工程实际需求。

## 2.2 结合 BIM 模拟数据的支护方案经济性与安全性综合评价指标

从 BIM 模拟输出的全周期施工信息中，提取与支护方案成本相关的各类隐性要素，涵盖材料损耗、工序衔接时长以及设备调度频率等内容，将其转化为可量化的经济性评价指标。这些指标突破传统造价计算仅关注显性成本的局限，覆盖方案实施过程中易被忽视的隐性成本，使经济性评价更具全面性。

以 BIM 模拟得到的结构受力变形数据为基础，建立安全性评价指标体系，重点关注支护结构在不同施工阶段的应力分布、位移变化以及整体稳定性表现。将模拟数据与行业安全阈值进行关联比对，识别支护方案中可能存在的安全隐患点。经济性与安全性指标并非独立存在，而是通过权重分配形成综合评价体系，使评价结果能够兼顾工程实施的成本控制与风险防范双重需求<sup>[3]</sup>。

## 2.3 基于 BIM 优化的超深基坑支护结构最终方案生成方法

对经综合评价筛选出的较优支护方案，依托 BIM 技术的参数化调整功能，针对评价过程中暴露的局部缺陷进行针对性优化。调整过程中同步更新模型的关联信息，确保优化后的结构在几何形态、受力性能等方面保持一致性。优化聚焦方案与实际工况的适配性调整，而非对方案整体结构的颠覆性修改，保证优化过程的高效性。

将优化后的支护方案与周边环境模型进行整合校验，验证方案在复杂工况下的可行性。校验过程纳入施工过程中的动态约束条件，模拟方案实施过程中可能出现的各类场景，确保最终生成的支护方案能够适配工程全周期的施工需求。最终方案的生成并非单一最优解的输出，而是兼顾可行性、经济性与安全性的平衡结果，契合超深基坑工程的复杂实施逻辑。

# 3 基于 BIM 技术的超深基坑施工管控体系构建

## 3.1 整合进度、成本、安全维度的 BIM 施工管控信息平台搭建

将进度管控要素拆解为工序衔接逻辑、作业面流转节奏与资源调配时序，依托 BIM 模型的空间信息载体属性，嵌入对应工序的时间节点参数，让各施工环节的先后排布不再依赖纸面图表的静态罗列，而是转化为模型内部可动态推演的关联关系。不同专业的作业流程被具象化为模型中构件的生成顺序与搭接路径，各分包队伍的作业范围与衔接节点通过模型图层的划分与联动清晰呈现，避免因界面模糊导致的工序冲突。

成本管控维度的信息整合，围绕施工资源的使用场景展开，将材料、设备与人工的消耗基准与 BIM 模型中的构件建立绑定关系，每一类构件的生成对应预设的资源投入区间。当实际施工中的资源消耗偏离预设区间时，模型可自动捕捉差异

并生成反馈，让成本管控从事后核算转向过程中的动态感知。安全管控的核心要素以规则形式嵌入模型，针对超深基坑施工中涉及的临边作业、重型设备运行等场景，在模型中划定安全作业边界与预警阈值，让安全管控要求不再是孤立的条文，而是与施工操作场景直接关联的空间约束规则<sup>[4]</sup>。

## 3.2 依托 BIM 模型的基坑施工过程动态监测与数据传输机制

以 BIM 模型为数据集成框架，将基坑施工涉及各类监测对象转化为模型中的可感知节点。支护结构的变形状态、地下水位的波动情况、周边地表的沉降趋势等监测数据，不再以独立报表形式存在，而是实时映射到对应模型构件的属性参数中，让抽象的监测数值转化为可直观查看的模型状态变化。监测设备的布设位置在模型中精准定位，其监测范围与覆盖区域通过模型的空间可视化功能清晰呈现，确保监测点的布设无盲区且与支护结构的受力薄弱区域匹配。

数据传输的链路围绕模型的信息流转逻辑构建，前端监测设备采集的原始数据经过初步筛选后，按照模型构件的编码规则自动匹配到对应位置，避免人工录入可能出现的错配与延迟。模型内部的信息校验机制会对传输数据进行合理性验证，剔除因设备误差导致的异常数值，确保进入管控环节的数据具备可靠性。经过校验的数据通过模型的共享端口同步至各管理端口，设计、施工、监理等参与方可基于同一模型查看实时监测信息，打破信息传递的层级壁垒，让各方对基坑施工状态的感知保持同步。

## 3.3 基于 BIM 预警模块的超深基坑施工风险实时响应流程

BIM 预警模块的风险识别逻辑，依托预设的风险关联规则运行，将超深基坑施工中可能出现的支护结构应力超标、支撑体系变形超限等风险场景，拆解为模型中可量化的参数变化阈值。当监测数据触发对应阈值时，预警模块会自动定位风险发生的空间位置，关联该位置对应的施工工序与涉及的作业队伍，让风险源的锁定不再依赖人工排查，而是通过模型的空间关联功能直接呈现。

风险响应流程的启动与推进基于预警信息的分级触发展开，不同等级的预警对应预设的响应动作清单。一级预警触发时，预警模块自动推送风险信息至现场管理人员的终端，同步在模型中高亮显示风险区域并标注关联的安全应急措施；二级预警启动后，模块会联动调整相关工序的推进节奏，暂停风险区域周边的非必要作业，待风险排查完成后再恢复流程。

# 4 BIM 技术在超深基坑施工管控中的落地应用要点

## 4.1 超深基坑施工各参与方的 BIM 协同作业模式

依托 BIM 平台搭建协同作业环境，打破各参与方之间的信息壁垒，使设计意图、施工要求与监测数据能够在同一载体中实现流转与共享。设计方将支护结构的参数与构造逻辑嵌入 BIM 模型，施工方结合现场工况对模型进行深化调整，监测方

同步将基坑变形、应力变化等信息关联至模型对应部位，各方基于同一模型开展工作，避免信息传递过程中出现偏差与遗漏。

协同作业围绕模型的动态更新展开，各参与方根据职责权限对模型进行针对性修改与补充，所有操作痕迹与版本迭代均被平台记录，确保模型始终反映基坑施工的最新状态。不同专业的技术人员能够在模型中直观查看交叉作业界面，提前识别管线冲突、工序衔接不畅等问题，通过线上沟通完成方案调整，将协调工作前置至施工准备阶段，减少现场返工与窝工情况的出现。

#### 4.2 基于 BIM 模型的施工资源精准配置与调度方法

将施工资源的属性与使用要求录入 BIM 模型，使各类资源的数量、规格、进场时间与使用部位在模型中得到清晰呈现。结合基坑施工的工序安排与进度计划，模型可自动匹配对应阶段所需的资源类型与数量，根据施工面的拓展节奏调整资源供给的强度与频率，使资源投放与施工需求保持同步，避免资源闲置或供应不足影响施工推进<sup>[5]</sup>。

基于模型模拟不同工况下的资源使用场景，预判资源调度过程中可能出现的冲突与瓶颈，提前调整资源分配方案。针对基坑支护施工中大型设备的作业空间需求，在模型中规划设备行走路线与吊装区域，协调不同设备的作业时间，避免交叉作业引发的空间冲突。通过模型对资源使用情况进行动态追踪，实时掌握资源消耗速率与剩余存量，根据实际施工进度调整资

源补充计划，实现资源使用效率的最大化。

#### 4.3 BIM 技术下超深基坑施工资料的数字化管理方式

将基坑施工过程中产生的技术交底文件、隐蔽工程验收记录、材料检验报告等资料与 BIM 模型进行关联，使每份资料都能对应到模型中的具体构件或施工部位。通过模型定位即可快速调取对应部位的所有相关资料，替代传统的纸质档案查阅方式，减少资料检索的时间成本，确保资料调用的准确性与便捷性。

依托 BIM 平台建立施工资料的数字化归档体系，对资料的生成、审核、流转与存储进行全流程管控。所有资料以电子形式存储于云端服务器，设置多层权限保障资料安全，仅授权人员可对资料进行查看与修改。施工结束后，BIM 模型与关联的施工资料共同构成完整的基坑施工数字档案，为后续的竣工验收、运营维护以及同类工程的参考提供系统化的信息支持。

### 5 结语

本文通过对 BIM 技术在超深基坑支护优化与施工管控中的应用研究，明确了 BIM 技术从方案设计到施工落地的全流程应用路径。依托 BIM 的可视化模拟实现了支护方案的精准优化，通过协同管控平台提升了施工过程的动态管理能力，有效弥补了传统基坑工程的不足。研究表明，BIM 技术能够提高超深基坑工程的设计合理性与施工管控效率，为类似工程提供可借鉴的数字化解决方案。

#### 参考文献：

- [1] 张学峰.BIM 技术在超高层建筑深基坑施工中的应用浅析[J].中国设备工程,2021,(09):21-22.
- [2] 牟洋,黄前勇,吴国栋.BIM 技术在超高层建筑深基坑施工中的应用浅析[J].智能建筑与智慧城市,2022,(07):124-126.
- [3] 马歆雅,程文良.BIM 技术在超高层建筑深基坑施工中的应用研究[J].智能建筑与智慧城市,2022,(11):90-92.
- [4] 杨东红.高层建筑超大深基坑土方开挖与支护技术的应用[J].建材发展导向,2023,21(20):148-150.
- [5] 王克慧,毕晓波,张洪宽.BIM 技术在超高层建筑深基坑施工中的应用[C]//中国图学学会建筑信息模型 (BIM) 专业委员会,中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司.第十届全国 BIM 学术会议论文集.中建八局浙江建设有限公司,;2024:98-102.