

建筑工程施工技术及现场施工管理探究

朱文静 刘俊生*

山东鲁广工程项目管理有限公司

摘要:为进一步提高建筑工程的施工技术规范化和现场施工管理水平,文章以某房建工程为背景案例,首先介绍了深基坑基本情况,指出深基坑支护及土方开挖方案,总结了施工技术要点;然后从施工规划、施工质量、施工安全、施工进度4个方面,详细阐述了基于BIM的现场施工管理方法。希望通过本文,为类似工程项目的施工技术及管理提供工作提供参考,全面实现预期管理目标,提高施工综合效益。

关键词:建筑工程;基坑支护;土方开挖;施工技术;现场管理

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.12.011

一个工程项目在建设过程中,施工技术和现场管理是两个重要内容,前者决定了施工质量高低,后者影响安全、进度、造价等要素。随着城镇化进程加快,房地产行业面临良好的发展前景,建筑“四新技术”得到推广应用,同时也对施工控制管理提出新的要求^[1]。BIM作为建筑学、工程学和土木工程专业的新工具,在建筑工程施工技术与现场管理中的运用更加深入,在提高效率、控制成本、规避风险、保证质量等方面发挥出重要意义。以下结合笔者实践,探讨了施工技术要点及现场施工管理方法。

一、工程概况

某房建工程项目,由多栋高层建筑、裙房及地下车库组成,总建筑面积约16.5万 m^2 ,其中地上部分11.7万 m^2 、地上部分4.8万 m^2 。该建筑采用钻孔灌注桩基础,主体设计为框架-剪力墙结构,总工期为36个月。本工程规划地下2层,场地平整后的标高为385.40m,基底标高为371.80m,基坑最大开挖深度为13.6m,属于深基坑作业。

基础施工阶段,深基坑施工特点包括:①基坑规模大、开挖深度大,存在较高的安全风险,且施工期间容易对周边居民生活带来噪声污染。②基坑内的土方开挖受到环境、设备、支护方案的干扰,采用外坡道出土方式,土方外运进度缓慢。③基坑支护和土方开挖作业时间长,且基坑内局部有地下水渗出,很容易发生变形。综合考虑安全、进度、质量等因素,通过方案比选最终决定采用土钉+支护桩+锚索支护体系,并采用BIM技术对现场施工全过程加强管理。

二、深基坑支护及土方开挖施工技术

(一)深基坑支护方案

深基坑采用土钉+支护桩+锚索支护体系。其中,土钉支护方案:坡比为1:0.3,钻孔后安放土钉并注浆,挂设直径6.4mm、间距200mm的钢筋网,并喷射厚度80mm的C20混凝土。支护桩支护方案:设计支护桩352根,有效桩长20m,桩径为800mm,相邻桩的距离为1600mm,桩身采用C30混凝土。锚索支护方案:普通锚索的轴向拉力值、预应力锁定值分别是250kN和200kN,设计孔深

23.5m、孔径150mm,入射角为20°。高强锚索的轴向拉力值、预应力锁定值分别是300kN和240kN,设计孔深18.2m、孔径350mm,入射角为20°。注浆使用普通硅酸盐水泥浆,强度等级为M20,设计水灰比为0.5。

(二)土钉支护施工技术要点

以土钉支护为例,工艺流程是施工准备→刷坡→成孔→土钉安放→注浆→挂网喷射→成品保护,施工技术要点总结如下:

1. 施工准备

熟悉设计图纸,了解现场施工环境,落实技术交底,向施工班组负责人较低关键部位的质量要求。按照设计要求进行注浆工艺试验、土钉抗拉拔试验,通过验证确定最佳工艺参数。检查各类原材料,看有无产品合格证,确保材料性能符合设计和规范要求。基坑分层开挖,深度不超过土钉位置以下50cm,分层完成喷锚作业,不稳定边坡每一排成孔后及时注浆,以减小对边坡的扰动。

2. 刷坡

要想获得良好的土钉支护效果,必须保证刷坡面平顺,要求技术人员做好测量工作,以基坑底部边线和高程为准,3m为一个断面放出边坡开口点,所有开口点连线成为开口线。刷坡作业时,根据开口线先刷出标准坡槽、再横向刷坡,动态监测校验,以满足边坡的平顺度要求。

3. 成孔

准确放出孔位并标记,结合土层条件选择合适的钻孔机具。钻孔作业中,重点控制好误差,相邻孔距水平方向的误差 ≤ 50 mm,垂直方向的误差 ≤ 100 mm;孔深偏斜尺寸 \leq 土钉长度的3%;实际孔深不小于设计深度,且不超过设计深度的1%^[2]。钻孔结束后及时清孔,对孔位、孔径、孔深等技术指标进行检查,形成原始记录,经监理工程师验收合格后才能安放土钉。

4. 土钉安放

成孔后及时安放土钉,以提高边坡的稳定性,避免发生塌孔问题。首先检查钢筋外观质量,确保平直,去除表面锈迹和油渍;搭接时采用焊接工艺,焊接长度 ≥ 500 mm或钢筋直径的30倍。在杆体的轴线方向上,间隔2m设置对中支架,以保证土钉居于钻孔的中心位置。

5. 注浆

土钉安放后,将孔内的杂物清理干净,连接注浆管道并检查有无堵塞、破损等情况,尤其对接口处加固处理,加水湿润管道。注浆材料采用水泥浆,水灰比为0.4,水泥浆随拌随用,在初凝前用完。注浆采用孔底注浆法,确保注浆饱满,注浆压力为0.2MPa,在孔口处设置排气管和止浆塞,当孔口溢浆即停止注浆。

6. 挂网喷射

注浆完成后,挂设直径6.4mm、间距200mm的钢筋

网，并喷射厚度80mm的C20混凝土，分两层喷射，喷射过程中采取有效措施保证泄水孔不被堵塞。混凝土喷射结束，检查面层厚度在每个断面上至少60%不小于设计厚度，且厚度最小值不小于设计厚度的50%^[3]。

7. 成品保护

土钉支护后即可开挖土方，应开挖中使用机械设备，为防止设备碰触土钉造成应力损失，应做好成品保护工作。注浆作业后养护时间至少7天，当强度值达到设计值的75%以上，才能开挖下层土方。混凝土喷射完成后及时养护，养护时间至少7天，采用洒水保湿、喷涂养护剂等方法。

(三) 土方开挖方案

先确定下口和上口开挖边线，其中下口开挖边线是支护桩的内边线，上口开挖边线是按照1:0.3的坡比进行放坡的水平距离。结合基坑实际情况，从场地标高下挖2m围护施工，自上向下分层开挖，每一层开挖深度不超过围护桩腰梁位置3.5m。土方开挖工艺流程：测量放线→基坑排水→分层开挖→弃土运输，施工技术要点总结如下：

1. 测量放线

根据施工图纸和业主提供的水准点，在施工场地内设置2个水准基点，采用二等水准仪闭合联测，得到水准点的高程，进而确定每一层土方开挖标高。在施工场地内布设高程控制网，注意保护平面和高程控制点，设置显眼标记，防止施工人员和机械设备破坏。基坑的上口和下口开挖边线放出后，撒上白石灰，指导后续施工作业开展。

2. 基坑排水

地质勘察结果显示，施工场地内的地下水位为12~15m，而基坑最大开挖深度为13.6m，必须采取降水排水措施。首先在基坑四周和底部设置降水井，然后在顶部开挖排水沟，其宽度为250mm、坡度为2%，内壁使用20mm后的水泥砂浆硬化处理。排水沟内的水汇入集水坑，最终进入现场排水网。

3. 分层开挖

土方分层开挖，开挖步骤是：①开挖首层土方，深度为2m；②围护桩冠梁施工，开挖第2层土方，深度为2m；③第一道腰梁及旋喷锚索施工，开挖第3层土方，深度为3m；④第二道腰梁及旋喷锚索施工，开挖第4层土方，深度为3.5m；⑤第三道腰梁及旋喷锚索施工，开挖第5层土方，深度为3.1m。开挖作业采用机械开挖+人工开挖方法，注意避开降雨天气；开挖完成后及时进行桩基和支护施工，缩短基坑暴露时间，以保证基坑边坡稳定性^[4]。

4. 弃土运输

土方开挖采取分层、分段、集中施工方法，当天施工、当天清场；挖掘的土方及时清理，不能及时清理的进行覆盖。开挖基坑与地面之间设置围挡，运输土方的车辆采用密闭车型，或现场采取喷淋措施防止扬尘。在施工现场进出口，分别设置车辆清洗装置，对运输车辆的车身、车轮进行保洁，确保车辆出施工场地时不将泥土带出。运土车辆在等待装土时，车身尽量靠近围挡

处，以减小车辆荷载对基坑的作用。当日施工结束后，在场地和周围道路保洁洒水，防止建筑垃圾和泥土等影响道路整洁，避免二次扬尘污染。

三、深基坑支护开挖现场施工管理方法

2020年7月，住建部联合十三个部门联合印发了《关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见》，提出加快推动新一代信息技术与建筑工业化技术协同发展，在建造全过程加大BIM技术的应用。BIM是建筑信息模型，通过建立虚拟的建筑工程三维模型，利用数字化技术为模型提供全面的建筑工程信息，为现场施工及管理提供支持。BIM具有可视化、协调性、模拟性、优化性和可出图性的特点^[5]。本工程中，因深基坑规模大、施工工艺复杂且安全风险高，遂采用BIM开展现场施工管理，具体应用介绍如下。

(一) 施工规划管理

1. 建立三维模型

运用Revit三维建模软件，结合深基坑设计图纸建立三维模型，主要包括围护结构、土钉墙、支护桩、锚索等内容。具体操作如下：①确定深基坑工程的红线，在红线处设置围护结构。②确定土钉墙和支护桩的位置，根据设计图纸设置主要技术参数。③对锚索进行识别，并设置主要参数。④确定土方开挖的施工平台和运输道路。第五步，对整个深基坑工程模型进行预览，完成细节调整与优化。

2. 施工平面布置

建立基坑的三维模型后，再布置现场施工平面。结合深基坑施工工序，平面布置主要经历三个阶段：①场地平整和支护施工作业；②土方开挖和外运；③基础施工。在不同施工阶段，动态调整平面布置情况，建立不同的BIM模型，对场地布置进行指导以提高施工效率^[6]。

3. 施工现场模拟

结合工期要求，利用BIM模型模拟施工任务，自定义任务理性，通过外部链接导入施工任务。创建任务模型，并挑选所需任务，两者匹配后开始模拟，模拟后导出施工动画，标注重点环节。另外，分别在施工前、中、后三个环节，经终端设备采集数据并分析，识别危险源输入系统中，见图1。

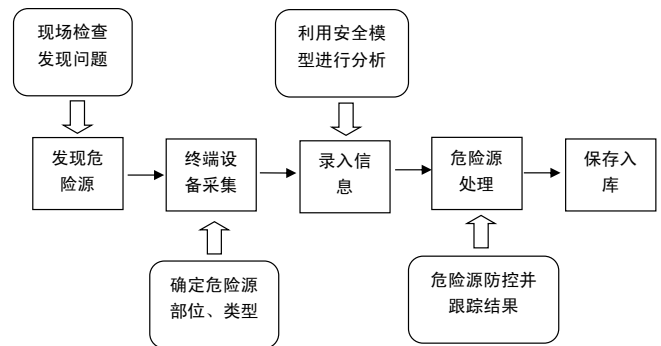


图1 利用BIM识别危险源的流程图

(二) 施工质量管理

1. 可视化施工

应用BIM实现支护桩的可视化施工，具体操作方法

如下：①在Revit软件中建立支护桩模型，输入桩的主要技术参数，如桩径、有效桩长、桩身混凝土等。②根据桩的三维模型，对施工工序、关键节点、工艺要求进行交底，利用动画演示，方便施工人员准确掌握。③根据现场施工进度，对桩的三维模型进行调整，标注出已经完成的灌注桩。④辅助开展成桩的质量验收工作。

2. 开展碰撞检查

本工程中，锚索的长度为20~26m，位于阳角处的锚索因入射角度和标高相同，在同一个空间内可能发生碰撞。在二维图纸或CAD软件上，无法对碰撞问题进行检测和预警，进而影响施工质量和支护效果。为解决这一问题，利用BIM对锚索建模并开展碰撞检查，可清晰观察到每根锚索的位置、长度和入射角度，及时发现存在碰撞的锚索，并在模型中进行调整。《建筑基坑支护技术规程》（JGJ 120-2012）中，要求钻孔的倾斜角度偏差≤3°，根据这一要求进行调整即可，从而优化锚索施工方案，避免出现群锚效应^[7]。

（三）施工安全管理

1. 人机定位

在深基坑出入口、工作面和重点区域，安装人机定位系统，对人员和车辆的出入流量进行统计。配套基础数据服务器和监控中心，实现人机流量数据的自动采集与分析，并且将数据传输至数据库。一旦出现安全问题如人员超限、机械荷载超限，系统及时发出预警信号。

2. 基坑实时监测

深基坑支护和土方开挖施工中，要制定监测方案，

确定监测内容、点位和频率，根据监测数据评估深基坑的稳定性。本工程中，将监测数据添加到深基坑的三维模型中，利用BIM的可视化功能对深基坑的变形进行实时监测。同时设置三级预警值，一旦监测数据超过预警值，就会自动发出警报，提示施工班组及时处理，避免出现边坡倾倒、坍塌等事件。见表1。

表1 深基坑监测项目及预警值

监测项目	监测点数	一级预警值	二级预警值	三级预警值
支护结构水平位移	32	20mm	40mm	50mm
支护结构竖向位移	32	20mm	40mm	50mm
周边地表竖向位移	60	30mm	40mm	50mm
地下水位	8	6000mm	-	-
周边建筑竖向位移	36	建筑地基变形允许值 × 0.8		
周边管线竖向位移	18	30mm		

3. 危险源识别

利用安全监测模块，对现场环境、气候水文、工艺技术等因素进行监测，通过安全检查将结果输入BIM模型，并与数据库中的安全数值进行对比，主要包括：①太阳辐射、风力、温度、湿度；②施工场地的氧气浓度、可燃气体浓度、有毒气体浓度；③管线变形监测、立桩垂直位移、边坡位移等^[8]。若有超出安全范围的危险源，系统自动生成预警信息，在显示屏上呈现出危险源信息及管控办法，见表2。

表2 施工现场危险源的评估处理方法

危险程度	极其危险	高度危险	显著危险	一般危险	稍有危险
预警等级	1级	2级	3级	4级	5级
预警颜色	红色	橙色	蓝色	黑色	绿色
处理方法	及时停止作业	立即整改	需整改	需注意	可接受
处理人员	项目经理、总工、技术人员	总工、技术人员	技术人员	技术人员	技术人员或不处理

（四）施工进度管理

根据现场环境和施工阶段的变化，对现场平面布置进行动态调整。针对基坑支护、土方开挖、模板工程、基础施工等作业，利用BIM模拟施工，优化人、机、料各项资源的配置，帮助施工班组提前熟悉施工工艺和质量要求。另外，在BIM平台上编制施工进度计划，结合现场施工情况每日进行更新，达到信息共享和远程控制的目标。

四、结语

综上所述，保证建筑工程的施工质量，必须从施工技术和现场管理两个方面入手。文章结合深基坑工程案例，总结了基坑支护和土方开挖的施工技术要点，基于BIM技术下介绍了现场施工管理方法，最终取得满意效果。未来工程项目建设中，应积极推广BIM技术，优化施工组织和技术方案，加强现场管控力度，如此才能提高综合效益，推动我国建筑行业高质量发展。

参考文献

[1]王念.新时期建筑施工技术及施工现场管理研究

[J].建材与装饰,2023,19(19):103-105.
 [2]王建军.现阶段建筑工程施工技术及其现场施工管理研究[J].建材与装饰,2021,17(18):20-21.
 [3]唐文林.建筑施工技术与施工现场管理的相关研究思考[J].城市建设理论研究(电子版),2023(16):65-67.
 [4]李雪文.运用BIM技术进行深基坑施工现场的安全管理[J].建设科技,2023(22):90-92.
 [5]霍永刚.建筑工程深基坑土方开挖及支护施工技术分析[J].建材发展导向,2023,21(9):157-159.
 [6]郝建朋,魏鹏浩,彭斌,等.深基坑支护及土方开挖施工关键技术分析--以某商业广场为例[J].科技创新与应用,2023,13(24):173-176.
 [7]林伟.市政工程施工中深基坑开挖支护关键技术[J].工程建设与设计,2023(9):238-240.
 [8]程周炳,闫艳艳,唐敏,等.建筑工程施工中深基坑支护施工技术管理研究[J].科技创新与应用,2023,13(29):177-180.