

# 深基坑支护施工技术相关研究

江辉

江西省核工业地质调查院

**摘要：**深基坑支护工程直接影响整个建筑稳定性及周围环境的安全性，随着各类高层、大厦的修建，对基坑开挖深度也逐渐增加，基坑工程更加复杂，其支护工作技术的应用需要进一步优化。本文以实际工程为案例，展开对深基坑支护工程中各项技术的应用分析，目的在于详细了解各项技术落实的要点，坚决杜绝违规行为，并讨论深基坑支护技术中相关注意事项，解决施工中的不稳定因素，提升操作规范性，以供参考。

**关键词：**深基坑；支护施工；技术研究

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.08.013

**引言：**深基坑支护施工受周围环境影响较大，整个过程技术含量较高，需要结合工程实际情况，根据相关报告了解目标建设区域特点，并制定针对性的施工方案，整个流程按步骤落实，规范操作行为避免出现疏漏影响工程整体稳定性。常见的深基坑支护技术包括土钉墙支护技术、混凝土灌注桩技术、连续墙施工技术、深层搅拌桩技术。

## 一、工程案例

本次项目为高层建筑，位于某市铁路交通附近，且右侧临近湖泊，土质情况相对复杂，采用独立基础加筏板的方式。基坑深度设置为5.9m，局部位置需要扩大开挖，尤其针对西南角部分约挖深8.3m，并设置电梯井，最大深度控制在-10m，土方量约30000m<sup>3</sup>。前期勘察报告显示，存在大量风化泥浆、泥质粉砂岩等，位置在-0.5m~-3.1m，遇水容易崩解，周围存在地下水，平均水位-2.4m。以上情况表明施工位置地质情况相对复杂，为保证土层稳定性，需要做好深基坑支护工程，保证边坡稳定及周围建筑安全。

## 二、深基坑支护施工技术应用

### （一）土钉墙支护技术

土钉墙支护技术应用原理在于利用土体自身的稳定性，一边开挖、一边支护，有效降低成本，具有环保价值和经济性价值。在计算软件中输入工程的各项参数信息，分析开挖深度、放坡角度、土钉长度、倾斜角等。以案例工程为例，根据基坑周围环境和现场分析来看，放坡角度设置为10°，设计土钉倾斜度为15°，直径为100mm，内配钢筋竖向间距为2m，且面层混凝土板墙厚度控制在80mm—100mm之间，并配置钢筋网。针对土钉

墙施工的要点展开分析，如下所示：

（1）分层开挖。为保证土钉支护结构稳定，先在开挖线1m以内进行初挖，采用深度分层的形式，后在技术人员引领下完成开挖线内的挖掘工作。技术人员需与施工人员做好交底，尤其注意机械操作，保证坡度、平整度与设计要求相一致，避免超挖。

（2）针对土体中的粉质岩土，需要采用钻孔注浆的方式，孔径早100mm以上，并在所埋设的22根钢筋中上设置导向支架，间距控制在2—3m左右。

（3）施工过程中用潜孔钻钻孔注浆，针对土体中的杂填土和卵石、岩石层等，采用DN48×3.0钢管，以此为代替材料打入土层，钢管前端设置扩孔筋，倾斜参数为15°。在钢管前2/3部分钻出浆孔，孔间距和直径分别控制为300mm和8—10mm，为保证其牢固性，需要在孔的边缘部分焊接倒刺。

（4）土钉墙注浆过程中采用常压注浆，控制在0.2-0.4MPa，水泥浆比例为1：0.5-0.55即可，搅拌时间控制在3min以上，过程中需根据实际情况适量加水，完成后开始匀速注浆并向外拉灌浆管，当孔口有溢出说明注浆完成，并在出口处覆盖袋子避免影响其质量。每间隔30min左右需对泥浆管道进行润滑处理，使用稀水泥材料即可。

### （二）混凝土灌注桩施工技术

混凝土灌注桩施工技术是深基坑工程质量的决定性技术，需要展开重点研究。目前，混凝土灌注桩施工技术的应用需要保证做到三点。第一，保证基坑牢固，在施工前期需要确认墙体是否坚固，是否满足灌注条件。第二，确定孔距及孔内情况，保证孔内不存在堵塞方可进行施工，降低塌孔风险。第三，需要根据工程实际情况进行边坡防护设计，明确混凝土强度要求，包括板、梁、拱、壳及悬臂挂件等，其中不同结构的跨度也具有不同的设计要求<sup>[1]</sup>。在实际施工之前需要检验土方开挖情况，以及基坑壁位置、坡度等是否符合设计情况，随时进行深度检测。完成土钉的第一步支护后，可继续进行第二步支护，做好深度、位移及土体沉降的测量，在混凝土强度允许范围内继续开挖，最后通过人工方式进行基坑内壁的处理及养护，完成钢筋网片绑扎工序，同时进行沉降观测。

### （三）连续墙施工技术

地下连续墙技术是现代建筑作业中常见的基坑支护技术，其技术流程主要为：导墙→挖槽→钢筋加工→钢筋笼吊放→混凝土浇筑，为保证其质量，需要各项工序按部就班落实，结合实际施工环境进行调整。

### 1. 导墙技术

在对现场深基坑开展导墙施工技术时，深度和宽度一般控制在1.5m和200mm，本次工程选择C20混凝土强度，针对施工土层中存在的地下水问题，利用土壁代模施工避免水渗漏，提升导墙稳定。详细施工技术应用流程如下：

(1) 技术人员与施工人员进行技术交底，根据地下连续墙的坐标信息，利用白灰线进行定位，确保测放位置精准。

(2) 根据定位信息挖掘土方，并在挖掘时控制导墙纵轴线平行度，参数为10mm。

(3) 导墙施工落实过程中需根据技术交底完成钢筋绑扎工序，本次研究选择HRB400钢筋材料，提升模板牢固性。

(4) 完成钢筋绑扎及布置工序后，利用混凝土灌注，采用泵车浇筑方式选择C30级别混凝土进行振捣及养护工序，最终要求导墙内墙垂直度在5%以内。

### 2. 开槽成槽技术应用

深基坑连续墙施工中，开槽技术应用液压抓斗、洗槽机等设备，设计深度为16.5m，槽段单元控制在6—8m，并由专人负责泥浆管理，控制黏度、含砂率以及pH数值等参数，确保其性能符合设计标准。成槽施工技术应用需要注意以下几点关键内容：

(1) 成槽施工过程务必符合施工设计标准，优先进行土质分段规划，并根据连续墙设计位置进行标注。

(2) 在划线的基础上展开挖掘工序，本次研究设计中选择5SG40A型成槽机开挖，整个过程根据水平仪控制垂直度，避免开挖行为偏移。

(3) 在成槽开挖过程中控制轴线位偏差，保证参数在30mm以内，且厚度控制在20mm内，整个开槽过程保证机械匀速运作，降低对周围土地的扰动影响。

(4) 以上工序均完成后还需进行清底作业，在钢筋孔下放之前清理成槽阶段所残留的废弃物和泥渣，避免影响后续施工。针对清底参数的控制，保证孔底泥渣高度在100mm以下，若不符合，则需进行多次清理直至满足条件。

### 3. 钢筋笼制作及下放

为保证地下连续墙施工安全，选择使用寿命长、稳定性高的钢筋混凝土结构，首先需要进行钢筋笼焊接，按照工程需求进行切割与连接，再将其下放至槽内。针

对本次工程的研究，可将钢筋笼长度参数设置为33m，定位块设计距离为3m，围绕钢筋笼完成绑扎，并进行桩体连接。针对钢筋笼焊接工序需包含智能焊接饱满，由下至上焊接，并处理好焊渣保证与混凝土充分握裹受力。在下放之前需要优先进行质检，包括长度、规格、主筋、箍筋、钢筋数量、间距、焊接质量等，保证有2个以上起吊点，下沉状态保持静态垂直。完成沉放后需要进行固定，避免后续混凝土浇筑过程中出现上浮情况。

### 4. 混凝土浇筑技术

混凝土浇筑工序是地下连续墙建设的后期环节，其浇筑质量直接关乎工程质量和经济。在落实时务必注意浇筑速度<sup>[2]</sup>。本次针对深基坑项目的研究选择应用导管浇筑法完成地下连续墙的混凝土浇筑工序，直径设计为300mm，坍落度设计为200±20mm。浇筑过程中导管与孔底间距30—50cm，保证混凝土充盈系数在1—1.5之间，确保连续墙稳定。

### (四) 深层搅拌桩技术

深层搅拌桩技术应用在深基坑支护施工中主要与其他桩型混合，提升基坑内部及周围土体的稳定，经常用于一些粉质、含水量高、地基松软的位置，其原理在于对松软地基进行固化，加入固化剂以提升地基强度，实现加固。在这一技术中，关键之一在于硬化剂的选择，一般来说会采用水泥和石灰，能够有效提升土壤硬度，具有污染小、成本低的优势，经济价值较高。本次工程中针对土壤含水层、粉质砂土的情况，该方式的应用不仅能够硬化地基土质，同时满足深基坑支护结构的抗渗性需求，降低能耗。在施工前，需要优先进行现场勘察，了解是否存在网线及其他设施，避免影响周围的交通、网络及用水需求。针对水泥深层搅拌桩在支护结构中的应用，详细流程如下：

(1) 根据实际需求采用水泥搅拌桩和钢管桩相结合的方式，由钢管支撑基坑支护，形成大截面支护桩体，并根据深度选择悬臂方式或上部固定的方式。本次研究中，要求采用定位卡，并将误差控制在50mm以内，确保设备的导向架与搅拌轴均垂直于地面，误差控制在1%。

(2) 配合比问题是进行水泥深层搅拌桩施工的难点部分，需要优先对土壤中的含水量和有机质含量展开调查分析，确保测量数据满足施工条件，在此基础上通过试验的方式增加外加剂，并对结果进行对比，选择最优配合比，完成后在钻孔桩周围进行试桩，满足强度需求后可投入施工。在浆液配置环节，本次研究选择32.5R矿渣硅酸盐水泥，水泥用量以桩长为基准，每

米70kg,水灰比为1:0.5-0.55,保证每次搅拌时间在3min以上。

(3) 搅拌过程需要符合工艺标准,确保水泥深层搅拌桩质量,维持深基坑稳定。为使土体和水泥浆充分搅拌,在水泥桩成桩阶段进行两次钻进。其中,第一次钻进时,泥浆液从搅拌叶出口喷出,采用顺时针方向进行注浆,注浆时长以桩长为准,注浆后需保证喷浆5min后方可停止,并采用逆时针方向搅拌。第二次钻进采用与第一次相同的方式进行注浆,直至注浆量达到设计位置停止,再进行逆时针搅拌<sup>[3]</sup>。桩机钻进速度和喷浆速度分别在1m/min和0.8m/min以内,喷浆压力和喷浆量分别控制在1.0-1.4MPa和30L/min。整个搅拌过程中若存在软土包情况,需要及时清除避免影响搅拌质量。

(4) 完成设计后需要确定荷载方案,其中换填层深度设计为1.7m,上部分施工荷载控制为5kN/m<sup>2</sup>,针对桩体长度的计算需要结合基坑的实际深度与荷载情况,确定入原土层长度为3m,针对桩体平面的布置中,较浅的部分采用单排布置方式,其余较深的则应用双排布置以提升稳定性。

(5) 在完成水泥桩后需立即进行钢管安装,采用振冲模式,钢管支护直径设计为500mm,混凝土土桩的设计采用悬臂形式,在实际应用过程中考虑到土层滑移问题,整个坡面的侧向压力更大,可根据需求设置水平锚杆。

在实施深层搅拌桩技术时,务必严格根据设计标准检验桩位、桩长、数量以及喷浆量等,重点检验水泥用量、搅拌速度、搅拌次数及深度等,做好停浆处理。

### (五) 锚杆及锚喷支护技术

锚杆支护原理在于利用钻孔的方式穿过岩层,并借助锚固力量对不稳定的岩体进行固定,详细技术步骤如下:

(1) 在钻孔之前需优先标注孔位,并设计排水沟应对地下水,完成定位后需调平机座,做好立轴、导索以及倾角等设计。完成钻孔后需要进行清孔处理,先用清水洗孔并插入锚索。

(2) 针对锚杆的制作与安装,需要优先对预应力锚杆进行除锈、防腐处理,依次涂抹环氧防腐漆冷底子油、环氧玻璃钢,待干燥后缠绕聚乙烯塑料薄膜。扎紧锚杆杆体,清理钢绞线避免使用中出現黏结情况。

(3) 放置杆体时可將注浆管一同放入,放入的管需要与孔底保持50—100mm的距离。注浆过程要求水泥泥浆抗压强度在25MPa以上,必要时添加外加剂,浇筑时间控制在4min以内。为保证注浆压力,可设置止浆装

置。完成预应力锚杆使用后还需养护4—6天,再落实后续施工。

针对锚喷支护技术的应用,在完成锚杆施工工序后喷第二层混凝土,再进行养护。施工前需要对坡面进行修整,清理松散土质,保证基坑边坡顺滑以便喷锚作业。先在基坑边坡表面喷射水泥素浆,提升其黏结性,再设置钢筋网。第一层厚度控制在3—4cm,喷浆过程需保证锚喷设备与坡面垂直,距离控制在0.6—1.0m左右,待到终凝后进行第二层喷射。若经过终凝期1h后,需要在二次喷射前先清洗第一层的表面再进行喷射<sup>[4]</sup>。待第二层终凝结束,24h后对混凝土表面进行养护。整个过程需重点关注混凝土凝固时间及喷射厚度。

### 三、深基坑支护技术应用管理措施

建筑工程在深基坑施工建设过程中需要落实精细化、全过程管理,在施工前期需要对现场展开全面调查,再制定详细且针对性的施工方案。在施工现场需设计显眼标识、标语,确保清晰规范。针对施工质量方面,需要遵循设计标准同步进行质量检验,检查灌浆材料、锚杆、钢筋等结构。施工期间需要在现场及周围建筑中安装仪器检测,保证不存在塌陷问题。若施工过程中出现降雨,需要实时监测地下水位情况及渗透率,做好排水处理。

### 结束语

综上所述,随着技术的进步和建筑工程质量需求的提升,深基坑支护施工技术类型也逐渐增多,在实际应用中需要结合工程的实际需求及目标建设区域地质情况选择最佳方案。本次研究中所提及的案例,最佳方案为连续墙施工,能够满足对周围环境稳定性的需求,同时对地下水条件和土层条件都十分友好,具有一定经济价值。

### 参考文献

- [1] 陈建生. 房建工程中的深基坑支护施工技术应用[J]. 中国建筑金属结构, 2022(12): 49-51.
- [2] 于舒洋. 建筑工程中深基坑支护施工技术探讨[J]. 砖瓦, 2022(12): 137-139+143.
- [3] 周勇. 房屋建筑工程中深基坑支护施工技术的应用分析[J]. 工程技术研究, 2022, 7(23): 74-76.
- [4] 陈泉靖, 薛甲伟. 复杂环境下建筑深基坑支护施工技术研究[J]. 城市建筑, 2022(S1): 60-62.

作者简介: 江辉(1981年8月—),男,汉族,安徽安庆人,大学本科学历,高级工程师,研究方向:岩土工程、工程地质。