 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v8i6.10637

# Exploration of Key Technologies for Deep Foundation Pit Support Construction in Building Engineering

**Jinwen Liao**

Middling Coal Jiangnan Construction Development Group Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510000, China

**Abstract**

With the accelerated development of urbanization, the problem of land scarcity is becoming increasingly severe. The utilization of underground space has become a trend, and deep foundation pit projects are becoming larger and more complex. As an important means to ensure the stability of foundation pits and the safety of the surrounding environment, deep foundation pit support construction technology is crucial for ensuring project quality, construction safety, and economic efficiency. This article mainly introduces the importance of deep foundation pit support construction technology, specifically describes the main construction processes of three common support methods: pile anchor support, underground diaphragm wall, and soil nailing wall, and discusses corresponding improvement measures based on their respective applicable conditions, deformation compatibility, and information management, aiming to provide reference for similar projects.

**Keywords**

deep foundation pit; supporting construction; key technology; pile anchor support; underground diaphragm wall; deformation control

# 建筑工程深基坑支护施工关键技术探究

廖锦文

中煤江南建设发展集团有限公司，中国 · 广东 广州 510000

**摘　要**

随着城市化进程加速发展，土地紧缺问题日益严重，地下空间利用已成趋势，而深基坑工程也越来越大、越来越复杂。作为保证基坑稳定性和周围环境安全的重要手段，深基坑支护施工技术对于保证工程质量、施工安全以及经济效果至关重要。本文主要介绍了深基坑支护施工技术的重要性，具体讲述了桩锚支护、地下连续墙以及土钉墙三种常见支护方法的主要施工工艺，并在此基础上结合各自的适用条件、变形协调性和信息化管理等方面探讨了相应的改进措施，旨在为相似项目起到借鉴作用。

**关键词**

深基坑；支护施工；关键技术；桩锚支护；地下连续墙；变形控制

## 1 引言

随着现代城镇化建设的发展，在大量出现高层建筑以及地下综合体的情况下，基坑工程也朝着更深、更大、更复杂的方向发展。而深基坑开挖破坏原有地层应力状态，支护不合理容易造成坑壁失稳、地面沉降、邻近建筑物产生位移等问题。支护结构不仅要承受土压力、水压力，还要限制其位移以保证附近管线正常运行及行车安全等。因此，如何合理运用及改进深基坑支护技术是摆在每一个工程师面前的问题。

【作者简介】廖锦文（1987–），男，中国广东五华人，本科，工程师。

## 2 深基坑支护施工的技术意义

### 2.1 保障基坑开挖过程中的结构安全

深基坑开挖使坑壁土体侧限应力解除，容易产生侧向位移甚至失稳。支护结构对土体进行挡土以及提供支撑抵抗水平荷载，控制坑壁变形，保证围护结构变形处于允许范围内，避免出现作业面破坏或者支撑破坏情况发生，在软弱或者高水位地层条件下，支护与止水共同作用可以有效防止出现流砂、管涌等渗透破坏，给坑内施工营造一个良好条件，从而减少事故发生概率。

### 2.2 减小对周边环境的不利影响

城市密集建成区内深基坑往往紧邻建筑、管线及道路，开挖容易造成不均匀沉降、管线破坏等问题 [1]。支护施工通过设置刚度大、连续封闭的支撑结构，起到隔断作用，避免对坑外土体影响。科学布设支撑并安排施工工序，可以有效控制坑壁水平位移以及坑底隆起，使得环境变形不超过允许

范围。因此，深基坑支护施工对于保证工程与周围环境相协调至关重要。

### 2.3 提升地下空间开发的经济效益

合理设计并施工支护结构可以改进基坑开挖方法，减少超挖及回填量，节约工程费用。支护结构与地下室外墙合并成为“两墙合一”，可节省材料及时间成本。根据实际情况选择经济合理的支护形式，防止过于保守而造成的浪费。合理的支护施工还可以避免事故发生，减少应急处理以及赔偿等问题的发生。从整个寿命周期考虑，恰当地使用支护技术有利于保证质量和节约资金，提高地下工程建设总体水平。

## 3 深基坑支护施工关键技术

### 3.1 桩锚支护施工技术

桩锚支护由支护桩及土层锚杆构成，是目前较为常用的一种方法。支护桩一般为钻孔灌注桩或者人工挖孔桩，在基坑周围按一定距离分布，起到抵抗水平力作用的竖向悬臂构件，在施工过程中注意桩位、垂直度以及桩径，成孔后应及时放入钢筋笼并灌注混凝土以避免孔壁坍塌。锚杆施工是在支护桩完成后紧接着开展的工作，利用钻机在预定位置钻孔，插入钢绞线或钢筋然后灌注水泥浆形成锚固体，锚杆张拉锁定是整个过程的关键环节，根据监测情况分阶段施加预应力，使锚杆受力传到支护桩上及稳定的地层中，在桩顶处设置冠梁把所有的支护桩连成一体，提高整体性。此法适合土质良好、基坑较深的情况，在软土地基上则应配合止水帷幕一起施工。

### 3.2 地下连续墙支护施工技术

地下连续墙是深基坑围护结构，有良好的整体性、较大的刚性和良好的防渗性能。先在基坑周围分段挖出一个槽段，用泥浆护壁以保证槽壁稳定，避免坍槽，在成槽的同时用超声波检测仪对槽壁的垂直度以及宽度进行检查，如果超差马上进行纠正。钢筋笼是一次成型后整体下放到槽内的，在起吊的时候要确定它的中心并在合适的位置加上平衡吊点以免变形。混凝土浇筑用导管法由底部向顶部连续进行，导管的埋设深度一般为 2 ~ 4m，保证混凝土的密实性而不掺杂泥沙 [2]。相邻两个槽段之间用接头管或者工字钢来连接达到防水的目的。地下连续墙不仅可以承受水土压力还可以作为地下室墙体，大大降低工程费用。此方法适用于大于 15m 深且周围环境要求高的深基坑项目，在含水量大的地区效果最佳。

### 3.3 土钉墙支护施工技术

土钉墙是在原位土体内布置大量土钉并与喷射混凝土面层联合而成具有一定刚度类似重力式挡墙结构的挡墙。施工按“分层开挖、分层支护”进行，每次开挖一般不超过 1.5 ~ 2.0m。开挖后立即刷坡，及时用初次喷射混凝土封闭坡面，防止土体风化以及局部塌落。土钉成孔用洛阳铲或者小型钻机成孔，在成孔后插入钢筋并灌注水泥浆，灌注压力一般为水压力的 1 ~ 2 倍，以保证浆液充实孔壁间隙。再铺设钢筋网并与土钉末端焊接好后，再喷射混凝土至设计厚度。土钉墙施工速度较快、机械较简单、成本较低而且能够适应各种地形情况，但是要求土质有一定的自稳能力，不能用于地下水位较高、软土地段或者流沙地区等。

## 4 深基坑支护施工关键技术探究

### 4.1 地质条件适应性的优化探究

不同的地质情况下，支护的技术参数需要相应做出改变以达到最佳的效果，在软弱的地层中，桩锚支护应该加大桩的间距、加大桩的直径以及增加锚杆的数量来增加整体性，在一般情况下桩的间距为 1.5 米左右，可以将其缩小到 1.0 至 1.2 米，桩的直径也应由原来的 600 毫米加大到 800 毫米以上，锚杆的数量也要根据基坑的深度增加到三到四排，同时要注意泥浆的比例以及钻孔的速度，泥浆的比例要保持在 1.15 至 1.25 之间，钻进的速度不能超过每分钟 0.5 米，以防出现缩径或者塌孔。对于地下连续墙来说，在砂卵石中的时候要用大尺寸的抓斗并且要做好前期的灌浆工作，灌浆的材料应选择水泥 - 水玻璃双液浆，压入的压力要在 0.5 至 1.0MPa 之间，提前挤密松散的卵石，减少槽壁坍塌的风险；而在岩石中就要用冲击钻或者铣槽机来进行开挖，冲击钻是用来打碎大块的岩石，而铣槽机用来修整槽壁，使槽壁的偏斜不超过 1/300。至于土钉墙是否适用，则是要看该处土体的粘聚力以及内摩擦角，如果粘聚力大于 20kPa 而且内摩擦角大于 15° 那么就可以在粉质粘土或硬塑粘土里设置长度在 6 至 8m 的土钉；但是在松散的填土中就要加大土钉密度到间距为 0.8m，并且增设一些竖向的小型的混凝土预制桩来进行加固。

在工程实际应用中，应依据详细的勘察报告进行分层土工试验，得到较真实的各项物理力学性质，例如各种土层的重度、黏聚力、内摩擦角、压缩模量、渗透率等，取样间隔一般为 1.5 ~ 2m，以便使所取得的数据能够较好地反映地层实际情况。建立相应的数值分析模型比较各种不同的支护方案，在开挖过程中对周围环境产生的影响，用位移场、应力场以及塑性区域分布作为评判标准，选出最为适合该地段的地基情况的一种支护方式。同时，在进行模型计算时要采用最恶劣的情况下的水文条件，比如雨水季节地下水位上涨 1.5 ~ 2m 来考察支护结构的安全稳定性。而对于一些复杂的地质情形，最好是在施工之前先做一段代表性地段的工艺性试验桩或者试验锚，在现场进行加载试验确定设计参数是否合理，如果有必要的话再做适当修正。经过勘探—设计—试验—反馈这一系列的工作，支护方案与地质情况相吻合，在保证安全的基础上尽量减少不必要的费用开支或者避免由于参数选取不当而带来安全隐患。

### 4.2 变形控制的协调性探究

支护结构变形控制的核心是保证支护系统内部以及支护与土体之间变形协调一致，在桩锚支护中，锚杆预应力施

加顺序和大小会对桩顶弯矩产生影响，因此要采取由上而下、分层分级的方式施加预应力，防止由于应力集中造成桩体开裂或者局部过度变形，即先从上到下逐层施加预应力，每层锚杆按设计锁定荷载的 30%、60%、100% 分级施加，每级保持 2 ~ 3 分钟后观察下沉情况再继续下一步工作 [3]。同时还要根据基坑开挖进度及时调整各道锚杆锁定荷载，比如第一道锚杆锁定荷载可取设计值的 80%，第二、三道锚杆取 100%，最后一道锚杆可取 110%，使得桩顶水平位移沿深度方向呈平滑曲线变化，最大位移发生在基坑中间稍上部。此外，还要注意地下连续墙与内支撑刚度相适应问题，支撑布置位置不宜选择在墙面弯矩最大处，支撑施加预应力也要与墙背土压力相等，一般取设计轴力的 50% ~ 70% 作为初次预紧力，然后随着墙体位移逐渐变化而逐步增加预紧力。

土钉墙变形协调体现在分层开挖和分层支护的时间配合上，每次开挖深度不宜大于 1.5 ~ 2.0m，且下层开挖应在上层土钉注浆体强度达到设计强度 75% 以上后方可进行；喷射混凝土面层应连续施作，厚度宜为 80 ~ 100mm，使土钉承受力能通过面层传给周围土体而不致产生面层裂缝；坑内被动区土体加固也可起到协调变形作用，可用高压旋喷桩或注浆法提高基底土抗力，使被动区土体压缩模量增至原状土的 2 ~ 3 倍，从而减小坑底隆起以及墙脚位移。对软土地基大范围深基坑可采用盆式开挖与分区卸荷相结合的方法施工，在中间部分首先开挖成临时卸载坑，然后依次向四周开挖，利用时间效应使土体有足够时间排水固结而减少瞬时变形量。另外，还应对基坑外侧超载加以限制，如堆放材料、设置临时道路等荷载不应超过设计要求，距离基坑上边缘不小于该基坑深度的一倍半。通过锚杆预应力调整、支撑刚度适应性选择、分层支护时间配合以及被动区加固等一系列手段使整个支护结构由点到面逐渐趋于协调一致，将基坑变形控制到规范规定以内，保证基坑本身及其周围环境安全。

### 4.3 监测信息化的动态控制探究

施工监测是进行信息化施工、指导动态设计的有效方法。对深基坑监测宜设置包括支护结构内力、水平位移、沉降、地下水位以及周围环境等全面监测系统。测点布置应以重点为主，在基坑阳角处、支撑节点处及其附近建筑物处，并且要足够密，水平位移测点间距不宜大于 15 ~ 20m，沉降测点间距不宜大于 20 ~ 25m。测斜管应置于支护桩或地下连续墙内，其埋置深度宜大于桩（墙）长，以获得沿竖向的水平位移变化情况。支撑轴力监测采用振弦式钢筋应力计或应变计，在支撑主筋上安设，每个支撑截面不少于 4 ~ 6 只。地下水位监测井应在基坑外侧布置，距离围护构件约 0.5 ~ 1.0m 左右，井深一般小于基础底面标高以下 2 ~ 3m。随着开挖深度加大而加强，开挖初期每天测量 2 ~ 3 次，当开挖达到 5m 以上时每天至少一次，在重要工况下如支撑拆除或者浇筑底板等情况下需要连续观测（每隔 2 ~ 4h 一次）。监测数据应及时整理汇总，在 4h 内报告有关单位。

通过对监测数据进行实时收集，绘制位移—时间曲线并与预警值比较。一般情况下预警值取设计控制值的 60%（黄色预警）、80%（橙色预警）、100%（红色预警）。一旦出现每日位移大于 3mm 或者总位移超过预警值时，应立即发出警报，查找原因并及时处理，比如增加临时支撑、改变开挖方式或进行地层补偿注浆。同时将监测结果反馈给设计、施工方，形成“监测—分析—决策—调整”闭环管理流程：监理单位负责对监测数据进行复核，设计单位根据实际情况给出支护参数或者加固建议，施工单位按照设计要求进行施工并在下次监测时对其效果进行评估。对于自动化监测系统，可以使用无线数据采集器加云端服务器的形式来完成数据采集、无线传输以及报警功能，监测周期可根据需要设置成每隔 30 分钟一次，报警信息将以短信及 APP 形式发送到相关人员手机上，响应速度可控制在 15 分钟以内。通过全面监测体系加上闭环管理方法相结合，使整个支护过程一直处于受控之中，在很大程度上防止由于基坑坍塌或者周围地面沉降过大而导致的安全问题发生，达到“边施工、边监测、边反馈、边优化”。

## 5 总结

深基坑支护施工对于保证结构安全、减少对周围环境影响以及提高经济效益都非常重要。桩锚支护、地下连续墙和土钉墙这三种方法均有各自的特点和适用范围，在具体使用时要根据实际情况进行选择。技术改进的重点是地质条件匹配性、位移协同控制以及信息化施工监控等，充分利用地质条件、结构力学分析及现场信息可以较好地解决工程中不确定性问题。未来针对更深层次基坑以及更加复杂的环境条件，支护技术还需从材料、工艺及智能化等方面进行革新发展。

## 参考文献

[1] 魏志斌.建筑工程施工中深基坑支护施工技术的应用[J].北方建筑,2026,11(02):125-129.

[2] 房超.建筑工程施工中深基坑支护施工技术的应用[J].城市建设,2026,(10):69-71.

[3] 滕孝基.深基坑支护施工技术在建筑工程中的应用探讨[J].全面腐蚀控制,2026,40(03):400-402.