

高层建筑施工深基坑支护加固技术研究

李占勇

中国二冶集团有限公司 内蒙古 包头 014000

摘要：高层建筑深基坑工程技术复杂、环境敏感，对支护加固要求高。本文阐述常见深基坑支护加固技术，如排桩、地下连续墙等的原理与特点，分析软土、砂土、岩石及复合地质条件下技术选择与优化措施。通过合理选型与优化，可提升支护加固效果，保障施工安全与周边环境稳定，为高层建筑深基坑工程提供技术与理论支持。

关键词：高层建筑；深基坑；支护加固技术

引言：随着我国城市化进程加快，高层建筑不断涌现，深基坑工程成为建筑施工前期关键环节。深基坑工程深度大、涉及范围广、施工周期长且地域性强，对支护加固技术要求严苛。不同地质条件下，基坑开挖面临的问题各异，选择合适的支护加固技术至关重要。本文深入探讨常见支护加固技术及不同地质条件下的技术选择与优化，以推动深基坑工程发展。

1 高层建筑深基坑工程特点及支护加固要求

1.1 深基坑工程特点

高层建筑深基坑工程是建筑施工前期的关键环节，具有显著的技术复杂性和环境敏感性。其深度通常超过5米，部分超高层建筑基坑深度可达20米以上，随着深度增加，基坑侧壁承受的土压力、水压力显著增大，对支护结构承载能力要求大幅提高。工程涉及范围广，不仅要考虑基坑本身的稳定性，还需兼顾周边建筑物、地下管线、道路等设施的安全，施工过程中任何微小变形都可能引发连锁反应。施工周期长，从基坑开挖到基础施工完成往往需要数月时间，期间需经历雨季、冬季等不同气候条件，降水、排水和防冻等措施需同步跟进^[1]。深基坑工程具有较强的地域性，不同区域地质条件差异大，同一城市不同地段的土层分布、含水量、承载力等参数也存在区别，导致施工方案需因地制宜制定，无法直接套用统一模式，这也增加了工程设计和施工的难度。

1.2 支护加固要求

高层建筑深基坑支护加固需满足稳定性、安全性、经济性和环保性等多重要求。稳定性要求是核心，支护结构必须能够抵御基坑侧壁的土压力、水压力以及施工荷载，防止出现边坡坍塌、位移等事故，确保基坑在整个施工期间保持稳定状态。安全性要求涵盖施工人员安全和周边环境安全，支护体系需具备足够的安全储备，同时要严格控制基坑变形量，将沉降、水平位移等指标控制在规范允许范围内，避免对周边建筑物基础、地下

管线造成破坏。经济性要求在保证安全的前提下，优化支护方案，合理选择材料和施工工艺，减少不必要的成本投入，实现技术与经济的平衡。环保性要求施工过程中减少对周边环境的影响，采取有效的降尘、降噪措施，妥善处理施工废水和废渣，避免污染土壤和地下水，符合绿色施工的相关标准。

2 常见深基坑支护加固技术原理与特点

2.1 排桩支护结构

排桩支护结构通过在基坑周边设置连续排列的钢筋混凝土桩或钢板桩，利用桩体的抗弯、抗剪能力抵御土压力和水压力，达到基坑支护的目的。其施工流程通常包括桩位放线、成孔、钢筋笼制作与安装、混凝土浇筑（或钢板桩打设）等环节，对于钢筋混凝土排桩，成孔方式可根据地质条件选择钻孔灌注桩、挖孔灌注桩等。该结构的特点的是承载能力强，适用于深度较大（通常8-20米）的基坑工程，桩体布置灵活，可根据基坑形状和周边环境调整桩距和桩径。钢筋混凝土排桩刚度大，变形控制效果好，能够有效保护周边重要设施；钢板桩则具有施工速度快、可重复利用的优势，适合工期紧张的项目。但排桩支护也存在不足，钢筋混凝土排桩施工周期相对较长，成孔过程中可能产生泥浆污染，需配套泥浆处理设施；钢板桩在软土地质中易出现倾斜、位移，且对周边振动影响较大，在居民区施工时需采取减振措施，同时其防渗性能较差，需配合止水帷幕使用。

2.2 地下连续墙支护结构

地下连续墙支护结构利用专用挖槽设备在基坑周边开挖狭长沟槽，在沟槽内吊放钢筋笼后浇筑混凝土，形成连续的钢筋混凝土墙体，通过墙体的整体刚度和强度抵御外部荷载，实现基坑支护。施工过程中需采用泥浆护壁防止槽壁坍塌，成墙后墙体厚度通常为600-1200毫米，深度可达30米以上，部分特殊工程墙体深度能超过50米。该结构的突出特点是整体性好、刚度大，抗渗性

能优异，无需额外设置止水帷幕，能有效隔绝地下水，适用于地下水丰富或有防渗要求的深基坑工程^[2]。墙体变形小，对周边建筑物和地下管线的影响小，可在城市繁华地段、密集建筑群中施工。地下连续墙还可兼作主体结构的地下室外墙，实现支护结构与主体结构的结合，减少材料浪费和施工工序。但该技术施工设备复杂，前期准备工作多，施工成本较高，挖槽过程中产生的泥浆量较大，处理难度高，且对施工队伍技术水平要求严格，施工周期相对较长。

2.3 土钉墙支护结构

土钉墙支护结构通过在基坑边坡土体中设置密集的土钉，将土钉与基坑坡面的钢筋网喷射混凝土面层结合，形成类似重力式挡土墙的复合支护体系，利用土钉与土体的界面摩擦力、土体之间的咬合作用以及面层的约束作用，共同抵御土压力，维持边坡稳定。施工时先开挖一定深度的基坑边坡，在坡面钻设土钉孔，插入土钉并注浆锚固，然后铺设钢筋网，最后喷射混凝土形成面层，分层开挖、分层支护直至基坑底。该结构的特点是施工工艺简单，无需大型机械设备，施工速度快，对场地空间要求低，适合中小型深基坑工程。材料用量少，施工成本低，且施工过程中产生的噪音、振动小，对周边环境影响小。但土钉墙支护的承载能力相对有限，适用于基坑深度较浅（通常不超过12米）、地质条件较好的黏性土、粉土或弱风化岩层等场地，在软土地质、砂土地质或地下水丰富的区域使用时，需配合降水、注浆加固等措施，否则易出现边坡失稳、滑坡等问题，且其防渗性能较差，需单独设置止水措施。

2.4 锚杆支护结构

锚杆支护结构通过在基坑侧壁土体中钻设钻孔，插入锚杆杆体，注入水泥浆或水泥砂浆使锚杆与土体固结形成锚固段，锚杆外端与排桩、地下连续墙等支护主体连接，通过锚杆的拉力平衡支护主体承受的土压力和水压力，从而保证基坑稳定。锚杆通常由锚固段、自由段和锚头三部分组成，锚固段深入稳定土层或岩层中，提供锚固力，自由段传递拉力，锚头通过锚具将锚杆固定在支护主体上。该技术的特点是能充分利用基坑周边土体的承载力，减少支护结构的截面尺寸和材料用量，降低施工成本。锚杆布置灵活，可根据支护需要调整锚杆的长度、角度和间距，适用于不同深度和地质条件的基坑工程，尤其在大型深基坑中应用广泛。施工过程中对周边环境影响较小，施工速度较快。但锚杆施工质量对支护效果影响极大，钻孔精度、注浆质量等关键环节需严格控制，在地下管线密集区域施工时，需提前勘察，

避免破坏管线，且部分地区对锚杆使用有限制要求。

2.5 水泥土搅拌桩支护结构

水泥土搅拌桩支护结构利用深层搅拌机械将水泥、石灰等固化剂与基坑周边土体强制搅拌，使固化剂与土体发生物理化学反应，形成具有一定强度和整体性的水泥土桩体，通过桩体的重力和抗剪能力抵御土压力，同时利用桩体之间的咬合作用形成止水帷幕，达到支护和防渗的双重效果。施工时搅拌机械沿基坑周边逐桩施工，桩体可采用单排、双排或格栅式布置，根据基坑深度和地质条件调整桩长和桩径。该结构的特点是施工设备简单，操作方便，施工过程中无振动、无噪音，对周边建筑物和环境影响小，适合在城市居民区或密集建筑群中施工。兼具支护和防渗功能，无需单独设置止水帷幕，施工成本较低，工期较短。但水泥土搅拌桩的强度相对较低，承载能力有限，适用于基坑深度较浅（通常不超过8米）、地质条件为软土、淤泥质土、粉质黏土等场地，在砂土地质中施工时，搅拌均匀性难以保证，桩体质量易受影响，且在地下水流量大的区域，防渗效果可能减弱，需采取加强措施^[3]。

3 不同地质条件下深基坑支护加固技术选择与优化

3.1 软土地质条件

软土地质具有含水量高、孔隙比大、压缩性高、承载力低、抗剪强度低等特点，基坑开挖过程中易出现边坡坍塌、基坑隆起、位移量大等问题，且软土的触变性和流变性会加剧基坑变形，对支护结构要求严苛。针对该地质条件，支护技术选择需重点关注变形控制和防渗性能。地下连续墙是较优选择，其整体性好、刚度大、防渗性强，能有效控制软土变形，保护周边环境，若基坑深度较大，可配合锚杆或内支撑系统进一步提高支护稳定性。对于中浅深度基坑，可采用水泥土搅拌桩格栅式布置，利用桩体整体性提高支护刚度，同时发挥其防渗作用，若基坑周边荷载较大，可在水泥土搅拌桩内侧增设排桩，形成复合支护体系。施工中需优化措施：一是控制开挖速度，采用分层、分段开挖，每层开挖深度不超过1.5米，分段长度不超过10米，减少软土暴露时间；二是加强降水排水，降低地下水位，减少水压力对基坑的影响；三是设置监测点，实时监测基坑位移、沉降和周边建筑物变形，及时调整支护参数。

3.2 砂土地质条件

砂土地质颗粒粗、孔隙大、透水性强，基坑开挖时易发生管涌、流砂等现象，且砂土抗剪强度受含水量影响大，干燥砂土稳定性较好，饱和砂土则易失稳，同时砂土对振动敏感，施工振动可能导致砂土液化。支护技

术选择需突出防渗和抗管涌能力，同时控制振动影响。地下连续墙因防渗性强、刚度大，适用于深度较大的砂土地质基坑，施工时需确保槽壁稳定，加强泥浆护壁质量。中浅深度基坑可采用排桩加止水帷幕的组合方式，排桩选用钻孔灌注桩，止水帷幕采用高压旋喷桩，两者紧密结合形成防渗体系。若基坑周边空间狭小，可采用土钉墙配合注浆加固，通过注浆提高砂土密实度和抗剪强度，增强土钉锚固力。优化措施：优先采用无振动施工工艺，避免使用打桩机等振动设备，减少砂土液化风险；加强降水，采用井点降水降低地下水位，降水过程中控制降水速度，避免引起周边地面沉降；在基坑底部设置反滤层，防止管涌发生，同时加强对基坑周边地下水位的监测。

3.3 岩石地质条件

岩石地质承载力高、抗剪强度大，基坑稳定性较好，但岩石硬度大，开挖难度高，且可能存在节理、裂隙发育情况，易发生落石、崩塌等事故，部分岩石地质还可能存在岩溶、地下水渗透等问题。支护技术选择需结合岩石特性和开挖难度，以安全高效为原则。对于完整性好、硬度高的岩石基坑，若基坑深度较浅，可采用放坡开挖配合坡面喷锚支护，通过喷射混凝土面层和锚杆固定坡面岩石，防止落石；若基坑深度较大或岩石节理发育，可采用排桩支护，排桩选用挖孔灌注桩或钻孔灌注桩，利用岩石的高强度提高桩体锚固效果，若存在地下水，可配合锚杆和止水帷幕。地下连续墙适用于深度大、地质复杂的岩石基坑，施工时需配备专业的岩石破碎设备。优化措施：采用控制爆破或机械破碎等方式开挖岩石，减少对岩石整体性的破坏；对岩石节理、裂隙进行注浆加固，提高岩石整体性和防渗性；在坡面设置防护网，防止小块岩石脱落，同时加强对岩石边坡的监测，重点监测节理发育情况和边坡位移。

3.4 复合地质条件

复合地质条件是指同一基坑范围内存在两种及以上

不同类型的地质层，如上部为软土、中部为砂土、下部为岩石，或存在夹层、透镜体等情况，地质条件复杂多变，不同地质层的工程特性差异大，给支护技术选择带来较大挑战，需兼顾不同地质层的稳定性要求。支护技术选择应采用复合支护体系，根据不同地质层的特点分段、分层设计支护方案^[4]。上部软土层可采用水泥土搅拌桩或排桩支护，控制软土变形；中部砂土层需加强防渗，采用高压旋喷桩止水帷幕配合排桩或土钉墙；下部岩石层可采用喷锚支护或排桩支护，利用岩石高强度提高支护稳定性。优化措施：一是进行详细的地质勘察，明确不同地质层的分布范围、厚度和工程特性，为支护设计提供准确依据；二是合理划分支护分段，确保不同支护段与对应地质层匹配；三是加强全过程监测，根据不同地质层的监测数据调整支护参数，同时做好各支护体系之间的衔接处理，确保整体支护效果。

结束语

高层建筑施工中，深基坑支护加固技术是保障工程安全与周边环境稳定的关键。不同地质条件需针对性选择与优化支护技术，通过合理选型、精细施工与有效监测，可提升支护效果。未来，随着技术发展，应持续创新支护加固技术，提高施工效率与质量，推动高层建筑深基坑工程向更安全、经济、环保的方向发展，为城市建设提供坚实保障。

参考文献

- [1]禹泽云.高层建筑施工深基坑支护加固技术研究[J].建筑技术, 2024, 55(5):542-546.
- [2]赵寰宇,刘明仁.高层建筑施工深基坑支护加固技术研究[J].大众科学, 2025, 46(14):121-123.
- [3]汪功伟.高层建筑施工深基坑支护加固技术研究[J].中国房地产业, 2025(21): 74-77.
- [4]林满.高层建筑施工深基坑支护加固技术研究[J].现代装饰,2024(28):95-97.