土木工程深基坑支护施工技术研究

李春来
智诚建科设计有限公司，河北 石家庄 050071

[摘要]深基坑支护施工是土木工程地下空间开发的关键环节，其质量直接影响主体结构安全与周边环境稳定。随着基坑深度增大、地质条件日趋复杂，支护施工面临诸多技术挑战，应用效果尚不理想，影响工程质量、安全与效益。深基坑施工存在土质条件复杂、地下水位高、周边建筑安全风险突出等问题。系统分析支护结构选型与施工技术要点，探讨地质条件、结构变形、地下水控制及周边环境等主要问题，提出勘察设计优化、质量控制强化、地下水监测管理及安全风险防控等技术措施，为深基坑支护施工提供理论与实践参考。

[关键词]深基坑；支护施工；地下连续墙
DOI：10.33142/sca.v9i10.20629 中图分类号：TU45 文献标识码：A

Research on Construction Technology of Deep Excavation Support in Civil Engineering

LI Chunlai
Zhicheng Jianke Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050071, China

Abstract: The construction of deep foundation pit support is a key link in the development of underground space in civil engineering, and its quality directly affects the safety of the main structure and the stability of the surrounding environment. With the increasing depth of foundation pits and increasingly complex geological conditions, support construction faces many technical challenges, and the application effect is not ideal, which affects the quality, safety, and efficiency of the project. The construction of deep foundation pits involves complex soil conditions, high groundwater levels, and prominent safety risks to surrounding buildings. Systematically analyze the selection of support structures and key construction techniques, explore geological conditions, structural deformation, groundwater control, and surrounding environment, and propose technical measures such as survey and design optimization, quality control enhancement, groundwater monitoring and management, and safety risk prevention and control, providing theoretical and practical references for deep foundation pit support construction.

Keywords: deep foundation pit; support construction; diaphragm wall

引言

城市化发展和地下空间开发利用的增多，使深基坑支护施工技术成了保证市政、房建工程安全的重要环节。高层建筑、地铁工程、地下综合管廊等大工程的建设使基坑工程向更深、更复杂的环境中发展。深基坑支护属于临时性或者永久性的围护结构，施工技术水平的好坏直接影响工程的安全、施工的进度和经济效益。但是由于地质条件的不确定性、水文环境的复杂性以及周围建筑物的敏感性等原因，深基坑支护施工技术风险远远大于一般的土建工程。怎样在保证基坑自身稳定的基础上，有效地控制地表沉降、保护相邻建（构）筑物的安全，已经成为工程界一直研究的课题。从技术概述、关键技术分析、主要问题剖析、优化控制措施等几个方面进行系统的论述，从而为深基坑支护施工提供技术上的指导。

1 深基坑支护施工技术概述

深基坑支护是为了保证地下结构施工和周边环境的安全，在基坑侧壁上设置支挡、加固和保护措施。支护体系一般由挡土和止水降水两部分组成，要承受土压力和水压力。根据基坑深度、地质情况、周围环境和施工要求，支护形式有放坡开挖、土钉墙、水泥土墙、排桩支护、地下连续墙、内支撑系统和锚杆支护等。深基坑支护施工有如下技术特点，临时性和永久性相结合的支护结构可以兼作地下结构，风险高度集中，支护失效会造成基坑坍塌、周边沉降等严重后果，综合性强，涉及多学科领域，时空效应明显，施工工序衔接要求高[1]。目前，深基坑支护技术研究的重点已经由原来的单一的承载力设计转变为现在的变

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

形控制、环境影响评价以及全过程动态监测等综合性的技术体系。经过综合比较地下连续墙、型钢水泥土搅拌墙和钻孔桩组合支撑等支护方式，创建起结构刚度加强、地下水共同控制以及实时监测反馈相融合的三维协同支护体系，是深基坑支护技术的发展方向。

2 深基坑支护施工的关键技术分析

2.1 深基坑支护结构形式选择

支护结构形式选择是深基坑工程施工的第一个环节，对工程的安全性、造价和工期有直接的影响。目前基坑工程实践中已经形成了多种成熟的支护结构类型，各种类型的支护结构在适用条件、工程经济性等各方面都有各自的特点，所以需要根据工程规模、周边环境、工程水文地质条件等综合因素来选择周边支护结构的形式。常见的深基坑支护结构以及技术特点如表 1 所示。

表 1　常用深基坑支护结构形式及适用条件

支护类型	适用深度	主要特点	适用条件
放坡开挖	≤5m	工艺简单、造价低	场地开阔、土质良好
土钉墙	5~15m	施工快捷、变形较大	安全等级二、三级
排桩支护	5~20m	刚度大、适用性强	各种地质条件
地下连续墙	≥15m	止水好、刚度大	深大基坑、环境敏感
水泥土墙	≤6m	兼有挡土止水功能	软土场地、深度较小
内支撑体系	配合排桩或地连墙	变形控制能力强	周边环境要求高
锚杆支护	适用于良好土层	提供锚固力	不宜用于软土层

支护结构选型要符合技术可行、经济合理、环境友好等要求。对安全等级为一级的深大基坑一般采用地下连续墙或者排桩加内支撑的组合支护形式。支挡式结构是以排桩、地下连续墙、锚杆或内支撑等形式构成的一种复合式支护形式，可分为锚拉式结构、支撑式结构、悬臂式结构、双排桩及支护结构与主体结构相结合的逆作法等，适用于结构安全等级为一级、二级、三级的基坑工程。在软土地区，基坑侧壁安全等级应为二级或三级，水泥土桩施工范围内地基土承载力不应大于 150kPa，基坑深度不应大于 6m。

2.2 深基坑支护施工技术要点

深基坑支护施工要严格控制好各个重要工序的质量。排桩支护要控制桩位偏差、垂直度和桩身完整性；地下连续墙施工时，导墙、泥浆护壁、槽段开挖、混凝土浇筑环环相扣，影响成墙质量[2]。内支撑系统施工要控制支撑标高、支撑与围檩的连接可靠性和预应力施加，支撑拆除要按照对称分级的原则进行，防止内力突然变化。土层锚杆施工要保证锚固段在稳定土层中，注浆饱满，张拉应力符合设计要求。土钉墙施工时，土钉打入角度、注浆压力和喷射混凝土厚度是控制的重点，它们的作用机理就是土体、土钉和混凝土面层三者共同起作用，以达到加固天然土体的目的。

3 深基坑支护施工中的主要问题分析

3.1 地质条件复杂对支护施工的影响

地质条件的复杂多变成了深基坑支护施工的第一大技术难题。我国地域辽阔，工程地质条件千差万别，软土、砂土、卵石层、风化岩等各种地层分布广泛。由于受到诸多因素的影响，建筑工程项目的深基坑支护施工技术应用效果并不理想，地质条件的不确定性是影响最大的一个因素。软土地区基坑施工存在高压缩性、低强度、流变性给支护结构变形控制带来的难题。滨海深厚软土地层深基坑工程中存在淤泥质黏土高压缩性、低渗透性以及流变特性造成的支护结构变形失稳和周边环境沉降的风险。砂土层施工易产生坍塌、管涌，必须采取有效的止水加固措施。岩层中施工的土压力小，但是成孔困难、施工进度慢。地质勘察工作精度影响支护方案是否可靠。勘察点位布置不合理、勘察深度不够、土体参数取值有误等都会造成支护设计不能体现实际地质情况，从而引起施工安全事故。地质水文勘察、风险评价工作要到位，才能保证深基坑支护施工的安全。

3.2 支护结构变形与稳定性问题

基坑开挖卸载时，支护结构受侧向土压力的作用而发生变形，当变形量超过允许值时，就会对周围环境造成威胁。支护结构变形有桩（墙）体水平位移、桩顶沉降、支撑轴力变化等，发展有明显的时空效应[3]。伴随着城市化的快速发展，高层建筑以及地下空间的开发利用越来越普遍，基坑周边环境也变得愈加复杂，变形控制的要求也越来越高。影响支护结构稳定性因素有设计计算参数选取错误，施工工序执行偏差，超挖或者长时间暴露，支撑架设不及时，基坑降水造成土体固结沉降等。支护结构失稳的极端表现形式就是整体倾覆或者底部隆起，一般和嵌固深度不够、被动区土体强度不够或者支撑体系失效有关。软土地区基坑底部卸荷回弹、隆起现象比较严重，应采用被动区加固或者降水固结来提高坑底土的抗力。

3.3 地下水控制与渗漏问题

地下水属于影响深基坑工程安全的重要因素。地下水位高于基坑底面时，如果没有采取有效的截水或者降水措

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

施，就会造成坑底管涌、流砂、坑壁坍塌等工程事故。地下水位在基坑底面之上时，采用降水、排桩加截水帷幕或者地下连续墙。止水帷幕施工质量缺陷为基坑渗漏主要原因。水泥土搅拌桩搭接宽度不够、桩体均匀性不好、冷缝处理不好的地方都会产生渗水通道。地下连续墙接头是渗漏的高发部位，接头管起拔时间不对、接头刷洗不到位等都会影响接头止水效果。降水施工可以降低地下水位、改善施工条件，但是也会引起周边地面沉降、建筑物不均匀沉降等环境问题，如地下水渗透、基坑变形、周围建筑物的影响等，在降排水方案的设计过程中要加以考虑。降水井布置、抽水流量控制和回灌措施的实施，是保证基坑安全和环境保护的技术手段。

3.4 周边环境及建（构）筑物影响问题

深基坑施工给周边环境带来的影响主要是地层位移导致的相邻建（构）筑物变形、地下管线破坏和道路交通干扰。城市核心区域基坑工程一般临近已有建筑、地铁隧道或者重要市政管线，施工扰动控制要求很高。不同类型的建（构）筑物对于基坑变形的敏感度不一样，砌体结构抗差异沉降能力较差，地铁隧道对水平位移的控制要求一般在毫米级，历史建筑的保护标准更高。支护结构参数优化难度大，变形监测和预警机制不健全造成环境风险评价有较大的不确定性。采用低扰动施工工艺、优化施工时段、加强文明施工管理，是减少深基坑施工环境影响的有效方法。

4 深基坑支护施工技术优化与质量控制措施

4.1 科学开展勘察与支护方案设计

准确的地质水文勘察为优化支护方案设计打下了基础。勘察工作要符合全面性、代表性以及准确性原则，科学安排勘探点位，保证勘察深度达到设计要求。对复杂的地质条件区，应采用钻探、物探和原位测试相结合的方式进行勘察，得到可靠的岩土参数。支护方案设计要以安全为先、经济合理、环境友好为原则。合理选择支护结构形式和参数，是提高支护工程经济性和安全性的重要途径。设计阶段要开展多方案技术经济比选，用有限元分析等数值模拟手段预测基坑变形趋势，给方案优化给予支撑。对环境敏感区可采用分区支护、分步开挖的方式，用时空效应控制地层位移。提出结构刚度加强、地下水共同控制、实时监测反馈三维协同支护体系，体现的是目前支护设计由单一结构计算向系统化、协同化方向发展的一种趋势。设计方案要确定施工监测控制指标，给施工过程的风险控制提供依据。

4.2 强化支护结构施工质量控制

施工质量控制是保证支护工程安全的关键部分，必须严格按照施工组织设计方案进行施工，执行技术交底制度，保证各个工序的施工符合设计和规范的要求。成孔质量控制主要从孔径、孔深、垂直度、孔底沉渣厚度等几个方面进行控制，钢筋笼制作和安装要保证规格、数量、间距、保护层厚度符合设计要求，混凝土浇筑应连续进行，防止断桩、夹泥。地下连续墙施工时，成槽质量、泥浆性能和混凝土浇筑高度属于质量控制的重点。内支撑施工要保证支撑轴线位置正确，支撑与围檩连接牢固，预应力施加符合设计要求。严格施工工序组织质量控制，实行工序验收制度。上一道工序验收不合格的，不得进入下一道工序施工。对容易出现质量通病的地方，比如止水帷幕搭接、接缝处理、锚杆注浆等，应制订专项质量控制措施并加以强化过程监管。

4.3 加强地下水控制与监测管理

地下水控制措施的优化要从截、降、排、回等各方面系统考虑。止水帷幕的设计要依照地质状况挑选恰当的工法和搭接宽度，保证连续性和均匀性。水泥土搅拌桩施工要控制钻进速度、喷浆压力和水泥掺量，保证桩体强度和止水效果。降水方案设计要进行抽水试验，确定合理的降水井数、井深和抽水流量。降水运行期间应依照监测数据及时改变抽水强度，防止因为过度降水造成地面沉降。回灌措施的实施要保证回灌水质和回灌压力合适，避免回灌造成次生地质灾害。地下水渗透、基坑变形、周围建筑物影响等都必须依靠系统的监测管理来加以控制。地下水位观测孔、坑内外水位监测点布置要科学合理，监测频率随施工阶段、水位变化而变化。

4.4 完善施工监测与安全风险防控体系

施工监测属于掌握基坑动态、预估危险的技术手段。监测方案要包含监测项目、测点布置、监测频率、预警阈值和应急响应措施等各方面内容。合理使用实时变形监测和预警系统可以发现异常变形并采取相应的措施。多源监测数据驱动的动态调整机制，创造性地创建起预警响应、机理反演、参数修正的闭环管理方式，达成支护结构内力均衡和地层变形精准把控的目的。监测数据要及时整理分析，绘制变形时程曲线，评价基坑的安全状况。安全风险防控体系要覆盖施工全过程。施工前进行风险辨识和评价，制定应急预案，施工过程中实行风险分级管理，加强对重要工序的旁站监督，发现异常情况立即启动应急响应，采取增设支撑、坑内回填、注浆加固等应急措施。保证施工

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

安全和周围环境的稳定，是深基坑支护施工安全风险防控的根本目的。

5 结语

深基坑支护施工技术属于土木工程领域的一项关键技术，发展水平的好坏直接决定地下空间开发的规模以及安全性。目前，深基坑工程向着更深的深度、更复杂的环境、更高的精度控制方向发展，支护结构选型多样化、施工技术精细化、监测预警智能化成了技术发展的主要趋向。本文对深基坑支护结构形式的选择进行了系统的分析，对地质条件、结构变形、地下水控制、周边环境影响等主要的技术问题进行了总结，并提出勘察设计优化、质量控制加强、地下水监测管理、安全风险防控等系统性的技术措施。深基坑支护施工技术不断更新发展，要依靠工程勘察、设计、施工、监测等各方面的协作，还要有理论创新和工程实践的相互促进。随着智慧工地、BIM 技术和物联网监测等新事物在建筑工程中被推广使用，深基坑支护施工技术也会向着更加安全、高效、绿色的方向发展，给城市地下空间的高质量开发利用赋予有力的技术支撑。

[参考文献]

[1]苗浩源.建筑工程施工中深基坑支护的施工技术分析[J].建材发展导向,2024,22(6):109-111.

[2]孙亮.土建基础施工中深基坑支护施工技术[J].中华建设,2024(8):172-174.

[3]张天宇.土木工程施工中深基坑支护施工技术的应用[J].居业,2026(2):19-21.

作者简介：李春来（1983—），男，汉族，河北唐山古冶区人，高级工程师，中国农业大学毕业，现就职于智诚建科设计有限公司，从事结构设计工作。

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.