

岩土工程基础施工中的深基坑支护技术应用

文 / 林友海 深圳市建设综合勘察设计院有限公司

摘要：深基坑支护技术作为岩土工程基础施工的关键环节，其重要性愈发凸显。它不仅直接关系到工程本身的结构安全与稳定性，还对周边建筑物、地下管线等环境要素有着不可忽视的影响。本文深入剖析了岩土工程基础施工中深基坑支护技术的应用情况，全面阐述了常见的桩板式、地下连续墙、土钉墙、内支撑等深基坑支护类型及其独特特点。同时，结合工程案例探讨了深基坑支护技术的应用措施，旨在为岩土工程基础施工中深基坑支护技术的科学合理应用提供具有实践指导意义的参考依据。

关键词：岩土工程基础；深基坑；支护；土钉墙

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.10.020

引言

在当今社会经济快速发展的大背景下，城市化建设呈现出蓬勃发展的态势。为了满足城市人口增长和功能多元化的需求，高层建筑如雨后春笋般拔地而起，地下空间也得到了广泛的开发利用，如地下商场、停车场、地铁等。在这些建设项目中，岩土工程基础施工是至关重要的基础环节。而深基坑作为基础工程的重要组成部分，其施工质量直接影响到整个工程的安全性和稳定性。深基坑支护技术的合理应用，能够有效防止土体坍塌、控制基坑变形，为后续的基础施工创造良好的条件。然而，由于岩土工程的地质条件复杂多变，以及周边环境的日益复杂，深基坑支护技术在应用过程中面临着诸多技术难题和挑战，亟待我们深入研究和解决。

一、常见深基坑支护类型及其特点

（一）桩板式支护结构

桩板式支护通常是由支护桩、挡土板组成。支护桩可采用钻孔灌注桩、预制桩等形式。以钻孔灌注桩为例，该工艺主要是在施工现场指定位置钻孔，之后向孔内吊放钢筋笼并浇筑混凝土而成桩。其原理是凭借桩身和周围土体的摩擦力以及桩端的端承力抵抗土体侧压力。挡土墙安装在支护桩的外侧，主要起到直接挡土、辅助止水的作用^[1]。

桩板式支护结构具有整体性好、刚度大等优势，可适用于各类复杂的土质条件以及不同深度的基坑项目。但该支护方案成本相对更高、施工周期较长，并且由于施工期间可能会产生较大的振动、噪声，会影响周边环境^[2]。

（二）地下连续墙支护结构

地下连续墙是一种在地面上采用专门的成槽设备，沿着深基坑周边曲线，在泥浆护壁条件下开挖出一条狭长的深槽，并在沟槽内下放钢筋笼，再通过导管法在水下浇筑混凝土，最终形成一道连续的钢筋混凝土结构墙体。

地下连续墙施工工艺具有刚度大、较好的止水性、对周围环境不会产生较大影响等优势，适用于城市中心等建筑密集区域。但地下连续墙施工技术要求较高、施工成本较高。

（三）土钉墙支护结构

土钉墙支护结构是由土钉、钢筋网、喷射混凝土面层组成。土钉是一种细长的杆件，可通过钻孔、插筋、注浆等工艺将其设置在土体内，与土体形成复合体，共同抵抗土体的侧压力。在土体表面上铺设钢筋网，并喷射混凝土形成面层覆盖在钢筋网上，起到加强土体稳定性和保护土体表面的作用。

土钉墙支护结构具有成本低、施工简单、工期短等优势。然而，土钉墙的整体刚度相对较小，对变形的控制能力有限，不适用于变形要求较高的工程项目。并且在地下水较为丰富的区域，会影响土钉的抗拔力。

（四）内支撑支护结构

内支撑体系可采用钢支撑或混凝土支撑等方式。其中，钢支撑具有安装和拆除便捷、可重复使用的优势，可极大缩短施工周期，降低工程施工成本。同时，钢支撑的刚度相对较小，在一些对变形要求较高的项目中需要增加支撑密度或采用其他强化措施。混凝土支撑具有稳定性好、刚度大等特点，能提供可靠的支撑力。但混凝土支撑的施工周期相对更长，需要一定的养护时间，且拆除难度较大，一般要采用爆破或机械破碎等方式，增大了施工期间噪声和粉尘^[3]。内支撑支护结构适用于各类土质条件和不同深度基坑，特别是对于变形控制要求较高的深基坑工程，有较强的适应性。

二、深基坑支护技术的应用措施——以“排桩+内支撑”为例

（一）工程概况

某城市中心区域的商业综合体项目规划地下3层、地上20层。如图1所示，项目基坑开挖深度达15m，平面尺寸为长100m、宽80m。项目场地位于城市繁华地段，周边环境极为复杂。北侧紧邻一栋10层居民楼，基础为筏板基础，埋深4m；东侧有一条重要的市政供水管道，埋深1.5m；西侧距离3层商业建筑约8m，基础为条形基础；南侧为城市主干道。在地质勘察方面，该区域地层自上而下依次为杂填土（厚度约2m）、粉质黏土（厚度约6m）、粉土（厚度约8m）。地下水位较高，稳定水

位约在地面以下 2m 处，地下水类型主要为潜水，水位受季节影响较小。

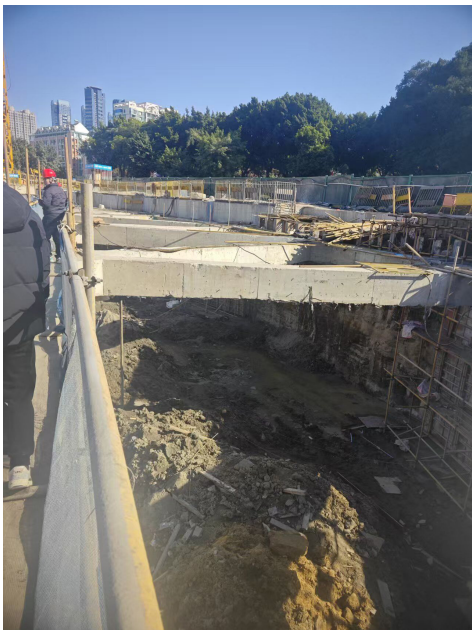


图 1 施工现场示意图

(二) 施工前准备工作

1. 地质勘察

针对该商业综合体项目，专业地质勘察团队采用先进的勘察手段，如钻探、静力触探、标准贯入试验等，全面深入探测基坑周边的地层结构。通过钻探取出岩芯样本，清晰了解到地层自上而下依次为杂填土、粉质黏土、粉土的分布情况，精准测定各个土层厚度。同时，对岩土力学性质进行测试分析，包括土的密度、含水量、抗剪强度、压缩模量等指标，这些数据为后续支护结构设计提供了坚实、可靠的基础。再者，还对地下水位进行细致勘察，确定稳定水位约在地下 2m 左右，以及地下水位来兴、补给来源等，为制定有效的降水、止水方案提供了重要依据^[4]。

2. 周边环境调查

在本项目中，对周边建筑物进行了详细的调查，包括北侧紧邻的 10 层居民楼，明确其基础为筏板基础，埋深 4m，以及建筑物的结构类型、建成年代等信息；东侧的市政供水管道，确定其埋深 1.5m，管径大小和材质等；西侧距离 3 层商业建筑约 8m，了解其基础为条形基础及建筑的使用情况；南侧的城市主干道，掌握其交通流量、路面结构等信息。通过这些详细的调查，评估了基坑施工可能对周边环境产生的影响，如土体变形可能导致建筑物的沉降、倾斜，地下水位变化可能对地下管线造成破坏等，从而提前制定相应的保护措施。

(三) 施工措施

1. 支护方案选择

该区域地层自上而下依次为杂填土（厚度约 2m）、粉质黏土（厚度约 6m）、粉土（厚度约 8m），地下水位较高，稳定水位约在地面以下 2m 处。排桩选用直径

1000mm 的灌注桩，桩长 25m，能够穿透杂填土、粉质黏土和部分粉土层，深入到相对稳定的地层中，获得可靠的支撑力^[5]。项目周边环境极为复杂，北侧紧邻 10 层居民楼（筏板基础，埋深 4m），东侧有重要市政供水管道（埋深 1.5m），西侧距离 3 层商业建筑约 8m（条形基础），南侧为城市主干道。排桩 + 内支撑的支护形式具有较好的可控性，通过合理设置内支撑，可以有效控制排桩的变形，减少对周边建筑物和地下管线的影响。内支撑采用混凝土支撑，共设置 3 道，分别位于地下 1m、地下 6m、地下 11m 处，分层支撑方案可均匀分散排桩所承受的压力，进一步降低基坑变形对周边环境的潜在危害。综合考虑该商业综合体项目的复杂地质条件、周围环境，通过对比相关支护工艺优缺点，最终决定采用排桩 + 内支撑的支护方案，如图 2 所示。



图 2 支护施工现场示意图

2. 材料质量控制

钢筋选用符合行业质量标准的 HRB400 级钢筋，具有韧性好、强度高，可满足支护结构的受力要求。钢筋入场时，除了要严格检查材料的质量证明文件，还需要按照规范要求进行抽样检验，包括拉伸试验、弯曲试验等，以检测其力学性能是否达标。同时，水泥采用了强度等级为 42.5 的普通硅酸盐水泥，对其安全性、凝结时间等关键性能指标进行检测，确保水泥质量安全可靠。砂石等原材料应严格按照设计标准要求进行检验，控制器含泥量、颗粒级别等指标，保证材料质量达标，为后续施工奠定基础。

3. 施工工艺控制

采用旋挖钻机进行成孔作业，成孔过程中应保持钻机的稳定，控制成孔速度。根据地质条件，在杂填土中控制成孔速度为 0.5-0.8m/min，粉质黏土中为每分钟 0.3-0.5m/min，粉土中为 0.2-0.4m/min，防止出现塌孔现象。成孔深度需达到设计桩长 25m，成孔直径应保证

不小于 1000mm，成孔垂直度偏差控制在 1/300 以内。成孔后，及时进行清孔，将孔底沉渣厚度控制在 50mm 以内，采用测绳测量沉渣厚度，确保沉渣清理干净。制作钢筋笼时，严格按照设计标准进行加工、焊接，使用专业钢筋笼成型机。钢筋笼主筋采用 HRB400 级钢筋，直径 22mm，数量 20 根，箍筋采用直径 10mm 的 HPB300 级钢筋，间距 200mm，加强筋直径 16mm，间距 2000mm，保证钢筋笼尺寸精度、钢筋连接牢固可靠。在混凝土浇筑期间，使用导管法进行水下混凝土浇筑，导管直径 250mm，混凝土坍落度控制在 180-220mm，浇筑速度控制在 30-40m³/h，严格控制混凝土浇筑量，保证混凝土密实度、浇筑质量^[6]。

在混凝土支撑施工当中，需根据设计标准确定支撑位置与尺寸。严格控制混凝土的配合比，通过试验方法确定最佳的水泥、砂、石、水以及外加剂的使用比例，保障混凝土强度满足设计要求。支撑模板选用了优质的钢模板，在安装期间应控制模板的平整度、垂直度，保持模板间连接紧密，以防出现漏浆问题。混凝土浇筑期间，使用插入式振捣器对其振捣，按照一定的顺序、间距进

行操作，确保混凝土振捣密实度，以免产生麻面、蜂窝等质量问题。同时，做好混凝土养护工作，在完成浇筑工作后及时覆盖保湿养护材料，定期浇水保湿，保持混凝土在适宜的温度、湿度条件下硬化，提升混凝土整体强度、耐久性。

4. 监测措施

在基坑开挖期间，做好支护结构和周围环境的实时监测，是保障工程安全的重要手段。在排桩上每隔 10m 设置一个位移监测点，使用高精度全站仪监测水平位移量，实时掌握排桩变形状况。在周围建筑上，按照规范标准每栋设置至少 6 个沉降观测点，使用精密水准仪进行沉降监测，时刻关注建筑物的沉降变化情况。对地下水位的监测则在基坑周边合理设置 8 个水位观测井，采用水位监测仪实时监测地下水位的升降情况。通过这些全面、系统的监测措施，及时获取准确的数据，并根据监测结果及时调整施工方案，确保基坑支护工程的安全和周边环境的稳定^[7]。

(四) 施工效益

本综合体项目工程深基坑支护效益如表 1 所示。

表 1 深基坑支护施工效益

效益类型	具体描述	成果
安全性方面	排桩有效抵御土体侧压力，内支撑合理控制排桩变形，周边环境得到有效保护	排桩最大水平位移 23mm（设计允许值 30mm）；周边建筑物最大沉降 8mm，处于允许范围；地下水位变化未对周边环境造成明显影响
工期方面	前期准备充分，工序衔接紧密，整体工期未因深基坑支护施工延误	按计划工期完成深基坑支护施工，未出现因支护施工导致的工期延长情况
经济性方面	在满足工程安全和质量要求前提下，合理选择材料与优化工艺，有效控制成本	与其他可能支护方案相比，成本降低约 10%，实现较好经济效益

排桩 + 内支撑的支护方案在复杂地质条件和周边环境下能够有效地保证基坑的安全和稳定，同时在工期和成本控制方面也取得了较好的效果。但在施工过程中也发现，混凝土内支撑的施工周期较长，一定程度上影响了整体工期。后续在类似项目中，可以考虑采用钢支撑等可快速安装的支撑形式，以进一步提高施工效率。

结语

综上所述，深基坑支护技术在岩土工程基础施工中起着至关重要的作用。合理选择和应用深基坑支护技术，对于保证工程的安全与稳定、保护周边环境具有重要意义。在实际工程中，应根据工程的特点和要求，结合地质条件和周边环境情况，选择合适的支护结构类型，并加强施工过程中的质量控制和监测检测。同时，随着科技的不断进步，深基坑支护技术也在不断发展和创新，我们应关注其发展趋势，积极应用新技术、新材料和新方法，提高深基坑支护工程的质量和水平。

参考文献

[1] 李东. 深基坑支护技术在岩土工程施工中的应用分析 [J]. 科海故事博览, 2024(10): 10-12.
 [2] 杨磊. 深基坑支护技术在岩土工程施工中的应用 [J]. 工程与管理科学, 2023, 5(5): 28-30.
 [3] 张谊鹏. 岩土施工的深基坑支护设计要点及其施工技术研究 [J]. 中国新技术新产品, 2024(12): 82-84.
 [4] 范欣然. 岩土工程基础施工中深基坑支护技术的应用 [J]. 数码精品世界, 2023(6): 381.
 [5] 张欣. 深基坑支护技术在岩土工程基础施工中的应用研究 [J]. 建材发展导向, 2023, 21(22): 109-112.
 [6] 李瑞宇. 岩土工程基础施工中深基坑支护技术的应用 [J]. 四川建材, 2023, 49(8): 80-82.
 [7] 章锐. 深基坑支护技术在岩土工程基础施工中的应用研究 [J]. 江西建材, 2023(1): 307-308.

作者简介：林友海（1988—），男，福建省泉州市人，本科，中级工程师，研究方向：岩土工程勘察、设计。