

深基坑支护施工技术

冷棉

湖南省第四工程有限公司，湖南 常德 415000

DOI:10.61369/ME.2024080005

摘 要： 在建筑工程施工过程中，深基坑的开挖是一项危险性较大的工作，因为基坑开挖深度过深，周边环境不稳定，影响范围较广。同时，对基坑支护结构要求较高，因此，选择合适、合理的支护施工方案，显得尤为重要。本文通过结合实际施工案例，采用防护栏杆、土钉+挂网喷砼施工方式，具体分析了深基坑支护施工过程，结果表明，采取多种支护手段，才能保证基坑施工的安全。

关 键 词： 深基坑支护；施工技术；土钉+挂网喷砼

Construction Technology of Deep Foundation Pit Support

Leng Mian

Hunan Fourth Engineering Co., Ltd. Changde, Hunan 415000

Abstract： In the construction process of building engineering, the excavation of deep foundation pits is a high-risk work because the excavation depth of the foundation pit is too deep, the surrounding environment is unstable, and the impact range is wide. At the same time, there are high requirements for the foundation pit support structure, so it is particularly important to choose a suitable and reasonable support construction plan. This article analyzes the construction process of deep foundation pit support by combining actual construction cases and using protective railings, soil nails, and hanging net spraying concrete construction methods. The results show that adopting multiple support methods can ensure the safety of foundation pit construction.

Keywords： deep foundation pit support; construction technology; soil nail+hanging net spraying concrete

引言

目前，在我国建筑行业中，深基坑支护技术应用广泛，主要包括以下几种：（1）土钉墙支护技术^[1]；（2）钢板桩技术；（3）混凝土灌注桩技术；（4）钢管桩支护技术；（5）锚索技术；（6）深层搅拌桩支护技术；（7）新型高强度预应力钢绞线技术；（8）型钢支护技术；（9）喷射混凝土技术；（10）深层搅拌桩+旋喷桩技术。为了实现工程进度目标和质量目标，需要根据工程实际情况选择合适的支护技术，并在此基础上制定科学有效的支护措施，从而确保整个基坑工程施工安全，实现预期的经济效益和社会效益。

一、深基坑支护的设计与施工技术

（一）深基坑支护的设计

在深基坑工程中，采用支护桩支护是一种较为常用的方法，其作用是将土体与基坑隔离开来，使基坑土的应力得以释放。通常情况下，基坑支护桩的埋设深度要控制在1.5m左右，具体数量根据实际需要而定，但必须保证位置准确、数量合理。

对于多层建筑来说，地下水位一般比较高，这就要求基坑设置止水帷幕，从而有效降低地下水位，防止水渗入基坑内造成周边建筑物受到破坏。因此，在设计施工时应考虑到地下水位对施

工进度和安全的影响。通常情况下，施工单位会利用帷幕灌浆或真空排水等技术手段进行降水。

首先，应按图纸要求进行现场勘测，确定基础位置、基坑平面尺寸、开挖深度及基础形式；然后，根据地质勘察报告中的勘察资料，结合施工图纸中的平面布置图，计算出基坑底面积和基底面积；再根据土质类别、地层结构、地下水埋深、降水设备等因素，计算出所需的钻孔数量和长度。

其次，在完成以上工作后，还要制定出基坑止水帷幕的施工方

同时还要根据施工机械配置情况，合理安排各工序的施工顺序，并及时做好相关准备措施。

再次，按照相关规范要求，对施工人员进行交底，明确职责分工、操作要点、注意事项等，确保施工的顺利开展。

最后，在开始施工前，应按照《建筑基坑施工规程》中的规定，做好施工前的准备工作^[2]。包括：清理地面杂物，平整场地，制作孔口防护平台，搭设脚手架，安装泥浆池和滤水管，安装泥浆泵和抽砂机，铺设管线等。

（二）选择适合的材料

在进行深基坑支护桩施工时，首先要选择适合的材料，以便满足不同施工环境的需求。一般而言，可以使用钢管桩、钢筋混凝土桩、钢板桩等材料。其中，钢管桩具有承载力大、抗弯能力强、耐久性好等优点，但其价格相对较高；钢筋混凝土桩具有承载力高、耐久性好、节约成本等优点，但其刚度较小、延展性差，容易被腐蚀；钢板桩具有承载力大、造价低、安装方便等优点，但其刚度较大、延展性差，易发生变形。

（三）施工工艺流程

（1）放样定位：根据施工图和地质勘查报告，结合施工现场的实际情况，确定基础位置、基坑平面尺寸、基础形式、开挖深度、基底面积等参数。

（2）基坑降水：采用帷幕灌浆或真空排水技术，将基坑底部的水排出，以达到降低地下水位的目的。

（3）打桩：根据施工计划和地质勘查报告，制定出合理的打桩方案，并对钻机、泥浆泵、泥浆处理机、钻杆、钻头等设备进行检查和调试，确保各项性能指标符合设计要求。

（4）清孔：通过钻机加压，清除钻杆中的泥沙和石块等杂质，以保证成孔质量和成孔效率。

（5）钢筋笼制作：根据设计要求和施工图纸，制作钢筋笼架和箍筋，并进行焊接和绑扎。

（6）混凝土浇筑：按照混凝土浇筑工艺，将混凝土倒入钢筋笼内，并进行振捣和养护，直至达到设计强度为止。

（7）拔除护筒：当混凝土强度达到设计要求后，即进行拔除护筒的工作，以便于后续工序的施工。

（8）检查验收：对整个施工过程进行全面检查和验收，发现问题及时处理。

（四）质量控制措施

为了保证深基坑支护桩的质量，在施工过程中应严格执行相关规范和标准，加强对原材料的检验和监控，确保材料质量合格；同时，还应加强对施工工艺的控制，确保施工工艺科学合理；此外，还应加强对基坑支护效果的监测和分析，及时发现和解决问题，确保基坑支护安全可靠。

二、案例分析

（一）工程概况

某项目新建涂装车间厂房、外观检测厂房、实训基地厂房、交验间建安工程施工。涂装厂房长340m，宽95m，建筑占地

面积31295.45m²，建筑面积61362.78m²，建筑为三层钢框架结构，建筑高度23.9m，外观检测厂房为单层钢结构建筑，建筑物长120m，宽50m，建筑占地面积6068.16m²，建筑面积6068.16m²。实训基地厂房为单层门式钢架，建筑物长90m，宽60m，建筑占地面积5472.23m²，建筑面积5472.23m²。交验间为单层钢筋混凝土框架结构，建筑物长36.5m，宽8m，建筑占地300.94m²，建筑面积300.94m²。结合本项目所在地环境条件、工程地质、水文地质等条件分析，并在精准计算及技术经济综合对比后，基础支护采用防护栏杆、土钉+挂网喷砼施工方式，围护桩间距设置为1.2m。

（二）深基坑支护施工

1. 施工前准备

在深基坑支护施工前，需要进行一系列准备工作。首先，要对基坑周边环境进行详细勘察，了解地形地貌、建筑物分布等情况，为后续施工提供数据支持；其次，根据勘察结果进行基坑支护设计，确定合适的支护方案^[3]。同时，要进行施工组织设计，明确施工流程和安全措施；最后，要进行必要的施工现场准备，如清理、平整等。

2. 测量施工

（1）根据现场条件，控制点和基准点应移至未损坏的位置。开工前，应在审查后对其进行适当保护，并在施工过程中经常进行重新测试。（2）为确保施工测量的连续性和一致性，应在施工现场设置足够数量的俯视坐标控制点和高程基准。（3）坐标控制点和基准设置应每15天左右进行一次综合测量，以防止每个点的沉降或接触^[4]。（4）坐标控制网和水准点在测量放线后由监理工程师复核验收，作为工程测量放线的依据。

3. 防护栏杆施工

（1）防护栏杆采用48壁厚3.0mm的钢管组装而成。（2）栏杆立柱采用钢管立柱，每2m设置1根，埋深0.3m，露地面高度为1.2m。（3）防护栏杆设置在坡顶边线往水沟方向0.25m处。（4）栏杆设置上、中、下三道横杆，上杆平栏杆顶离基准面地面高1.2m，中杆离基准面地面高0.6m，下杆离基准面地面高0.10m。

4. 土钉+挂网喷砼

土钉支护施工工艺流程见图1所示：



图1：土钉支护施工工艺流程

（1）土方开挖

土钉墙土方必须分层分段开挖，严格做到开挖一层支护一层，上层未支护完，不得开挖下一层，应采用分段开挖，土方应分层开挖，每层开挖深度（对软土区域）不应大于1.0m，开挖水平分段长度约15m，分层开挖深度不得超过相应层土钉深度0.5m。且应间隔开挖，开挖后应及时对壁面进行修整，同时不得

在大雨天开挖施工。上层喷射混凝土面层达到设计强度70%后，方可开挖下层土方。

(2) 人工修坡

在挖掘机施工基本完成斜坡面后，采用人工修坡对松散的或干燥的无粘性土进行铲除；修整坡面，清除坡面浮土，坡面平整度控制在 $\pm 20\text{mm}$ 以内。

(3) 初喷混凝土面层

挖出的作业面修整后，应尽快喷射C20细石混凝土面层，初喷混凝土面层厚度约40mm。喷射混凝土配合比宜为水泥：石子：砂=1:2:2细石混凝土（重量比），石子粒径5~10mm的碎石，干净的中粗砂，含水量5%~7%，不得使用污水，根据施工时天气情况考虑是否加入适量的速凝剂。混凝土强度等级不低于C20，3天不低于10MPa。混合料的搅拌应采用强制式搅拌机；选用的空压机应满足喷射机工作风压和耗风量的要求，空压机风量不宜小于9m³/min以防止堵管，输料管应能承受0.8MPa以上的压力，并应有良好的耐磨性能。

喷射混凝土采用干式喷射工艺，干法喷射混凝土施工供水设施应保证喷头处的水压0.15~0.20MPa。喷射作业应分段分片进行，自下而上，喷头与喷面保持垂直，距离宜为0.6~1.0m；并保持砼表面平整，无干斑或滑移流淌现象，喷浆气压应根据混凝土喷射的距离进行调整。

喷射作业前，应对机械设备、管线等进行全面检查。坡面有水时，应做好导排工作。喷射作业开始时，先送风后开机，再给料；结束时，待细石混凝土喷完后，再关风[5]。喷射时喷头一般按螺旋式轨迹压半圈均匀缓慢地移动，喷射砼搭接长度20cm；回弹物不可重新喷射。现场根据开挖土质情况，喷射混凝土与挂钢筋网可以交替进行。

(4) 土钉定位成孔

土钉采用机械成孔法施工，成孔直径土钉80mm，倾角15°，梅花状布置，施工容许偏差：角度 $\pm 3^\circ$ ，孔径 $\pm 5\text{mm}$ ，孔距 $\pm 100\text{mm}$ 。成孔作业前，按设计位置测量和确定孔位，钻孔的长度比设计土钉长度长300~500mm，钻孔结束后，应从孔底向外继续清孔，时间至少10分钟。成孔时应有记录，随时掌握土层情况^[6, 7]。施工时如碰到障碍物而发生困难，可适当调整角度和位置，上下左右调节。钻孔完成后，及时安设土钉体并灌浆，以防塌孔。

(5) 土钉杆体制作及安装

土钉由钢筋杆体、水泥浆组成，杆体为1根48钢花管（壁厚3.5mm）（横向间距1.5m，竖向间距1.5m），L=6m；土钉插入孔内深度不应小于土钉长度的95%，亦不得超深，以免外露长度不足；在现场按设计长度截断或焊接；土钉钢筋接长采用双面搭接焊，焊接长度按搭接双面贴角焊5d。土钉制作安装，钢筋要求平直、无锈迹，长度须符合设计要求，其误差不超过 $\pm 200\text{mm}$ ，且应超出坡面约200mm^[8]。

(6) 注浆

土钉注浆采用P.O42.5R普通硅酸盐水泥，注浆体采用水灰比为0.5:1的水泥净浆，注浆浆液需加入0.05%（水泥用量）三乙醇胺，喷射混凝土需加入2%（水泥用量）速凝剂。水中不应含有影响水泥正常凝结和硬化的有害物质，不得使用污水；浆体28天强度不得低于20MPa，3天不低于10MPa^[9]。注浆压力不得低于0.5Mpa，采用一次常压注浆。

(7) 铺设面层钢筋网

钢筋网应在喷射一层混凝土后铺设，坡面铺设 $\phi 8@150 \times 150$ 钢筋网，初喷砼厚度40mm。铺设钢筋网后用22#铁丝绑扎，钢筋网与坡面的间隙大于30mm，钢筋网搭接长度不应小于300mm；并设置2 $\phi 16$ HRB400加强筋与主筋焊接牢固^[10]。坡顶部位钢筋网应向上下外翻约1000mm宽，钢筋网绑扎铺设完成后与插筋绑扎固定。

(8) 喷射混凝土面层

铺设面层钢筋网及设置泄水管后，应尽快喷射C20细石混凝土面层，喷砼面层厚度60mm。喷射混凝土配合比宜为水泥：石子：砂=1:2:2细石混凝土（重量比），石子粒径5~10mm的碎石，干净的中粗砂，含水量5%~7%，不得使用污水，根据施工时天气情况考虑是否加入适量的速凝剂。混凝土强度等级不低于C20，3天不低于10MPa。混合料的搅拌应采用强制式搅拌机；选用的空压机应满足喷射机工作风压和耗风量的要求，空压机风量不宜小于9m³/min以防止堵管，输料管应能承受0.8MPa以上的压力，并应有良好的耐磨性能。

5. 钻孔灌注桩

(1) 灌注桩的施工应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》(JGJ94-2008)的有关规定。(2) 灌注桩正式施工前，为了解施工控制参数，应进行试成孔，数量不宜少于2个。(3) 应采用间隔成桩的施工顺序，刚完成混凝土浇筑的桩与邻桩成孔安全距离不应小于4倍桩径，或间隔时间不少于36小时。(4) 为确保桩顶混凝土质量，桩顶泛浆高度不应小于500mm。(5) 桩身采用水下C30混凝土浇筑，钢筋的保护层厚度不小于50mm。(6) 混凝土充盈系数：1.03~1.3。(7) 桩身混凝土应一次连续浇筑成型，不留施工缝，待桩身混凝土达设计强度后，方可施工冠梁，冠梁施工时，应将桩顶浮浆、低强度混凝土及破碎部分清除。

三、结束语

深基坑支护施工是工程施工中的一个重要环节，不仅关系到基坑周围建筑物和地下管线的安全，也关系着整个工程的质量。因此，必须做好深基坑支护设计和施工控制工作，以确保施工的安全性和可靠性。通过上文对深基坑支护技术的分析，可以得出以下结论：

(1) 在进行深基坑支护设计时，要充分考虑地质条件、工程

特点等因素，并根据实际情况选择合适的支护方案。同时，要加强对基坑边坡的监测，及时发现异常情况，并采取有效措施进行处理。

（2）在进行深基坑施工时，要严格按照设计图纸和规范要求进行操作，确保各个工序的质量和安全。同时，还要加强对施工

人员的培训，提高他们的施工技能和安全意识。

（3）在深基坑开挖过程中，要注意保持土体稳定，避免出现不均匀变形。对于临近的建筑物和管线，要采取必要的防护措施。

参考文献

[1] 焦永胜. 建筑施工中深基坑支护技术进展 [J]. 石子科技, 2023, (03): 54-56.

[2] 曾德彬. 深基坑支护结构选型与施工技术实践 [J]. 中国建筑金属结构, 2023, 24(10): 16-18.

[3] 周伟平. 复杂土质条件下建筑深基坑支护施工技术研究 [J]. 中国建筑金属结构, 2023, 24(10): 88-90.

[4] 王硕, 高英武. 住宅基础施工中复杂地质深基坑支护技术研究 [J]. 中国建筑金属结构, 2023, 24(10): 7-9.

[5] 段会臣. 建筑工程施工中深基坑支护施工管理对策 [J]. 陶瓷, 2023, (05): 208-209.

[6] 张军. 建筑工程深基坑支护施工技术应用要点 [J]. 建材发展导向, 2023, 23(09): 79-81.

[7] 曹晓婧. 预应力高强钢绞线在深基坑支护中的应用 [J]. 四川水泥, 2023, (05): 93-95+106.

[8] 张支璨. 岩土工程中深基坑支护技术的应用 [J]. 四川水泥, 2023, (05): 144-146.

[9] 芮雨, 庄天鹏, 白阳, 等. 深基坑支护施工技术在建筑工程中的应用研究 [J]. 工程建设与设计, 2023, (09): 55-57.

[10] 王保荣. 临地铁位置深基坑支护工程的设计与施工研究 [J]. 价值工程, 2023, 44(13): 16-18.