深基坑支护施工技术及安全风险防控研究

刘德新

（惠州市产投建筑工程有限公司，广东 惠州 516000）

摘 要 深基坑支护是地下工程施工的主要工序，施工工况复杂，风险大，直接影响到基坑安全及周边建筑物的安全。本文具体介绍了土钉墙、排桩、地下连续墙、微型钢板桩四种支护类型的操作要点，分析了从开挖到支护、排水、监测整个过程的安全风险点，并提出相应的工序控制、跟踪监控、隐患排查、应急预案等防范措施，旨在为防止坍塌、位移、渗漏水等事故的发生，指导施工现场的规范化、安全化作业提供借鉴。

关键词 深基坑支护；土钉墙支护；排桩支护；地下连续墙支护；微型钢板桩支护

中图分类号：TU473.2 **文献标志码**：A **DOI**：10.3969/j.issn.2097-3365.2026.28.017

0 引言

随着城市建筑高层化与地下空间开发的规模化推进，深基坑工程的开挖深度与跨度持续增大，作业场地受限、周边管线密集交错、地层情况复杂等问题日益凸显，对支护施工的质量管控与安全管理提出了更高要求。深基坑支护施工属于临时性高危作业环节，作业顺序紧凑、受水文地质及人为操作影响较大，是地下工程管理的重中之重和最危险的部分，目前施工现场存在施工方式不当、作业时间安排不合理、风险预测不足、预防措施落实不到位等现象，很容易造成基坑偏移、边坡坍塌、地下水渗流等问题。本文以现场实践为主线，对常用支护施工的主要技术要点进行归纳总结，对整个施工过程中的安全风险进行梳理排查，提出对应性、可操作性的预防措施，从而达到提高深基坑工程的安全管理水平的目的。

1 深基坑主流支护施工关键技术

1.1 土钉墙支护施工技术

土钉墙适用于均匀土质、地下水位较低、坑深6 m～12 m的一般土层基坑，有施工方便快捷、价格便宜、适用性强等特点，是民用建筑基坑工程中最常见的支护方式，施工的主要难点是分层分段进行，控制好钻孔、注浆、挂网喷射混凝土三个重要环节。

现场施工严格按照分层开挖的要求，每层挖深不得超过 1.5 m，严禁一次挖到底，开挖完之后立即修坡，坡面要平整、无松动石块，防止边坡暴露过久。钻孔施工使用小型钻机，根据设计间距、角度、深度准确施工，钻孔倾斜度稳定在 10°～15°，孔径、孔深偏差值不得大于 ±50 mm，钻孔后清除孔内残渣、杂物，防止注浆通道堵塞。土钉选用螺纹钢，在安装过程中保证居中放置，保证钢筋保护层厚度符合要求。注浆采取常压注浆方式，使用水泥砂浆，注浆饱满、密实，不能出现空洞、空鼓现象，注浆结束后进行养护。然后铺设钢筋网片，网片连接长度不得小于 200 mm，绑好之后就可以进行混凝土喷射，厚度控制在 80 mm～100 mm，分两次进行喷射，每层喷射厚度均匀，不能有裂缝、剥落现象，施工完毕后及时浇水养护，保证支护结构的强度足够。

1.2 排桩支护施工技术

排桩支护适合软土、杂填土等复杂地质，基坑使用深度一般在 8 m～18 m左右，刚度大、变形小、止水性能好，在靠近道路、管道、建筑物等危险地段的深基坑中应用广泛，现场施工以钻孔灌注桩为主体，重点抓好成孔、钢筋笼安装、混凝土浇筑、桩间止水四个方面的实际操作。

施工准备时准确放样定位桩位，桩位偏差在 50 mm以内，采用旋挖钻机干法施工或泥浆护壁法成孔，根据土层情况调整施工进度，软土层慢进尺、硬土层匀速推进，防止塌孔、缩径等问题出现。成孔后对孔深、孔径、垂直度等进行检测，合格后进行清孔，孔底沉渣不得超过 100 mm。钢筋笼集中预制作业，现场采用多点吊放技术顺利下放入孔，避免碰撞孔壁，保证钢筋笼处于中间位置，保护好保护层厚度，焊接点饱满，无夹渣裂缝等现象发生。水下混凝土浇筑采用高标号混凝土，坍落度控制在 200 mm～220 mm之间，采用

作者简介：刘德新（1974-），男，本科，工程师，研究方向：建筑工程管理。

导管式连续灌注的方式进行施工，导管埋设深度控制在2 m～6 m之间，杜绝断桩、夹渣、桩身不一致等质量问题出现[1]。桩身成型之后，迅速进行桩间的高压旋喷止水帷幕施工，封闭桩间间隙，阻挡地下水渗透，保证基坑内干燥作业环境。

1.3 地下连续墙支护施工技术

地下连续墙支护刚度最大、止水效果最佳，适用于超深基坑、富水砂层、承压水层及周边环境敏感的工程，可以做到“两墙合一”，既起到临时支撑又作为永久建筑的作用，施工精度要求高，主要控制好成槽、泥浆护壁、钢筋笼起吊、水下混凝土浇筑四个方面。

现场施工先施工导墙，确保导墙垂直、平整，作为成槽施工的参考标准。使用成槽机分段挖掘槽段，槽段长度保持在4 m～6 m，施工过程中始终采用泥浆护壁，不断地调节泥浆的比重、黏度等参数，防止槽壁的坍塌。成槽结束后对槽底进行清理，沉渣厚度不超过50 mm。钢筋笼整体成型，采用扁担梁多点吊装，垂直度偏差在1%左右，准确对准槽段的位置。水下混凝土浇筑作业持续进行，导管间距小于等于3 m，相邻槽段的混凝土面差小于等于0.5 m，新旧槽段之间通过接头箱隔开，确保接缝紧密防水[2]。在整个施工过程中严格控制槽段误差以及混凝土浇筑的密实度，防止出现渗流、墙面变形等质量问题。

1.4 微型钢板桩支护施工技术

微型钢板桩是一种常用的刚性支护方式，用于3 m～8 m的基坑，尤其适合于城市中的狭窄空间、邻近的老建筑物、临时性的抢险救灾等情况，具有施工占地面积小、形成速度快、无需等待养护期、可周转使用等特点，在城区中的小型深基坑中使用优势明显。主要实操要点包括桩位的布置、打桩过程中的控制、支撑的搭设、拔桩的过程以及桩孔的回填等内容。施工前需要对场地进行平整、对地下的管线进行核实，测量好桩位，对进场的钢板桩锁口进行检查，对于已经出现的变形部位进行修复等工作。用小型振动打桩机进行施工，做到慢沉轻振，严格控制桩身的垂直度偏差≤0.5%，保证桩体之间的锁口连接紧密，杜绝渗漏水、漏土的情况发生[3]。打桩完成后立即布置型钢支护结构，使其均匀地分担土的侧压力，防止基坑侧壁发生变形过大的现象。在基坑的施工及回填工作完成之后，用对称拔出的方法进行拔出钢板桩，一边拔一边回填土，及时将桩孔空隙夯实，避免出现后期地面沉降的情况发生，确保支护全过程的施工安全。

2 深基坑施工核心安全风险

2.1 土方开挖施工风险

土方开挖是基坑危险多发环节，在施工现场最常见的违规现象是超挖、快挖、无次序开挖，有的施工单位为了赶工期，违反了“分层分段对称均衡”的原则，一次性挖得太深，造成支护体系无法及时发挥作用，使坡面土体应力集中释放造成坡面裂缝、滑移等问题发生，开挖过程中机械使用不当碰擦、挤压已有的支护体系导致桩体变形、土钉脱落、墙面破损等情况出现，在基坑开挖之后坡体暴露的时间太长并且没有任何的保护措施，受到风吹雨淋以及外力的影响容易产生局部塌方、土体滑落等。在软土地层开挖时，由于土体固结的速度较慢而又过快地开挖导致基坑整体的下降、侧墙的大幅位移等问题发生。

2.2 支护施工工序风险

支护施工质量缺陷是后期发生安全事故的主要原因之一，主要是施工过程中忽视管理造成的。土钉墙施工过程中，钻孔深度不够、注浆不充分、混凝土养护不到位等因素，使得土钉锚固力不够、支护面层产生裂缝，不足以阻挡土体侧压力；排桩施工过程中，孔底沉渣过厚、混凝土浇筑不连续、钢筋笼偏位等原因，容易造成桩身承载力不足、断桩、桩身倾斜，导致局部支护失效；地下连续墙施工过程中，槽段接缝封闭不严、沉渣未清理干净，会造成墙体出现渗漏水、管涌等现象。同时，支护顺序落后于开挖顺序，挖后未及时支护，两工序之间的时间差太久，大大增加了基坑失稳的概率。

2.3 地下水诱发施工风险

地下水是深基坑工程建设中的主要安全隐患之一，现场降水、止水作业不当易造成重大安全事故。富水地层中进行深基坑作业时，降水井布置不当、降水过快或者过慢都会导致基坑内外水位差失稳，造成周边地表塌陷，基坑侧面渗水。止水帷幕施工存在缝隙、损坏会出现少量渗漏的现象，如果巡视不及时，渗漏处继续扩大，就会出现涌水、涌沙的现象，侵蚀掉基坑底部的土层导致基坑整体倒塌。另外，雨季施工期间没有做好基坑截排水工作，地表上的雨水灌入基坑中去，浸润了坡面的土体，降低了土体的强度，造成了坡面滑坡、支护体系失稳的现象发生。

2.4 现场作业与监测滞后风险

施工现场人员违章作业、机械管理不到位、监控不到位是主要的隐患类型。作业人员未正确佩戴防护

用品、边坡坡顶违规堆放超重物品、在危险距离内行走作业易造成坠落、土方坍塌等伤人事件；大型开挖、起重机械作业半径控制不力、违章越过基坑边缘扰动边坡土体；大部分施工现场存在监控形式化现象，不能按照时间节点及时监测支护位移、沉降、水位变化，监测数据延迟、报警信号不能及时发现，不能提前预防基坑变形隐患，小隐患演变为重大安全隐患。

3 基于现场实操的安全风险防控措施

3.1 严控土方开挖标准化施工

严格实行分层开挖、随挖随支作业方式，根据支护类型、土质条件确定每层开挖深度，一般土层每层开挖高度不超过1.5 m,软土、富水地区控制在1 m以内，严禁超挖、乱挖、快挖。开挖应采取对称、平衡作业方式，由基坑中间向两侧分层推进，防止一侧开挖产生较大侧向力集中效应。规范机械操作顺序，挖掘机、吊车等设备工作距离基坑边缘不小于 2 m，严禁机械触碰支护结构、扰动坡壁土体。减少坡壁暴露时间，开挖完毕后四个小时内必须做好相应段的支撑工作，不能及时支撑的坡面铺盖防雨布、设置临时防护栏。基坑周围不得堆载，土料、物资等距离基坑边 3 m 以上，严格控制堆载量，防止土壤侧向力过大导致滑坡现象发生[4]。

3.2 强化支护施工全过程质控

对不同支护方式落实专项质量保证措施，从根源上预防工程质量问题。土钉墙施工应控制钻孔质量，钻孔结束后应清除孔内杂物，注浆用定量灌注方式保证浆液满盈，喷射砼厚度一致，养护期不少于 7 天，养护期间禁止破坏边坡；排桩施工应全程监控成孔质量，不断优化钻进参数，严格控制沉渣厚度，混凝土灌注过程中不能有任何停顿，完成后要对桩身进行逐个检测；地下连续墙施工应加强对槽段清理、接缝密封、混凝土灌注等环节的管理，施工结束后进行渗水检查，及时堵塞细小的漏洞。配备专职质检人员全程旁站施工，对每一个步骤、每一个区域分别检验，合格后才能进行下一道工序，避免不合格的施工步骤带来隐患。

3.3 落实地下水专项防控作业

根据场地水文地质条件，提前安装降水、止水、排水设施，提前 7 天～ 10 天开始进行降水作业，缓慢降水，控制好降水速度，密切关注地下水位变化，保持水位稳定低于开挖面 1 m 以上，提高止水帷幕施工质量。完成后进行气密试验、渗漏检测，发现缺陷及时进行灌浆处理。在基坑顶部设置排水沟、挡水墙，在基坑底部设置集水井、排水管道。建立完善的排水网络，在雨季期间 24 小时不间断排水，防止坑内积水浸泡基坑。在富水砂层、承压水地层中增加临时灌浆加固层，切断地下水渗透路径，防止管涌、流沙等事故发生[5]。

3.4 完善动态监测与现场管控机制

建立施工现场全时段动态监测系统，合理布置监测点，重点监测支护结构水平位移、基坑周围土体沉降、地下水位、边坡裂缝四个方面的内容，一般情况下一天监测一次,在施工高峰期及下雨天加密至每天2次～3次。制定分级警报界限，监测数据临近报警值就必须停工检查，及时进行支撑加固、回填、注浆等加固措施。严格落实安全管理制度，工作人员必须正确佩戴好防护用具，禁止在边坡边缘违规作业、停留等。规范大型机械设备的操作规程，划出作业禁区和警戒区，设置防护栏杆、警示标志。每天都要进行班前安全技术交底、班后隐患排查，建立隐患台账，做到隐患闭环治理，防止同类事故再次发生。

4 结束语

本文聚焦深基坑支护施工现场实操，系统梳理土钉墙、排桩、地下连续墙、微型钢板桩四种常见支护形式的施工流程，详细阐明各工艺环节的关键技术要点与对应质量控制标准；同时精准覆盖土方开挖、支撑搭设、降水运维及现场作业全工序，全面识别并归纳各环节的危险点源，针对每一类风险源提出可落地的全方位防范措施。深基坑支护施工安全的核心在于对细节的严格把控，只有在每一步施工过程中做到有据可依、步步为营，真正实现防患于未然，第一时间处置现场发现的各类隐患，才能切实保障深基坑工程的整体施工质量与作业安全。

参考文献：

[1] 龙江 . 复杂城市环境下深基坑支护与施工优化技术研究 [J]. 中国建筑金属结构 ,2025,24(04):85-87.
[2] 柴锋建 . 高层建筑深基坑施工存在的问题及其解决措施研究 [J]. 中国建筑装饰装修 ,2025(06):168-170.
[3] 白树标 , 黄震 . 建筑工程中深基坑支护施工技术的优化与实践研究 [J]. 全面腐蚀控制 ,2025,39(04):112-117.
[4] 黄亮 , 侯积伟 . 深大基坑预应力装配式支护体系力学性能与施工协同优化研究 [J]. 中文科技期刊数据库 (引文版) 工程技术 ,2025(10):45-48.
[5] 郑晋溪 . 复合支护措施下深基坑开挖稳定性分析及支护优化研究 [J]. 福建建筑 ,2025(06):44-49.