

深基坑复杂地质下冲击成孔灌注桩施工工艺优化

李智武

南华大学附属第七医院（湖南省荣军优抚医院）

摘要：冲击成孔灌注桩凭借对复杂地层的较强适应性，在深基坑工程中应用广泛，但复杂地质条件下，传统施工工艺易出现塌孔、偏孔、卡钻、桩身质量不佳等问题，影响工程进度与施工安全。本文结合深基坑复杂地质（岩溶、孤石、淤泥质土层等）的施工痛点，从施工准备、成孔、清孔、钢筋笼安装及混凝土灌注等关键工序，提出接地气、可落地的工艺优化措施，摒弃理论化空谈，结合现场施工实际完善操作流程，解决传统工艺存在的实操难题，提升冲击成孔灌注桩的施工质量和效率，为同类深基坑复杂地质工程施工提供实操参考。

关键词：深基坑；复杂地质；冲击成孔灌注桩；施工工艺；优化措施

引言

随着城市建设向地下空间延伸，深基坑工程日益增多，施工环境愈发复杂，地质条件也呈现出多样化、不规则的特点，岩溶、孤石、淤泥、砂层等复杂地质现象频发。冲击成孔灌注桩因能有效破碎坚硬岩层、适应各类复杂地层，成为深基坑基础施工的主要方式之一，但传统施工工艺在复杂地质面前，往往存在操作不规范、应对措施不足等问题，不仅影响施工进度，还易留下安全隐患。基于此，结合现场施工实际，针对复杂地质下的施工难点，对冲击成孔灌注桩施工工艺进行优化，增强工艺的针对性和可操作性，确保深基坑基础施工安全、高效推进，具有重要的现场实操意义^[1]。

一、深基坑复杂地质下冲击成孔灌注桩施工痛点

（一）成孔质量把控难度大

复杂地质中，岩溶地层易出现漏浆、塌孔，孤石地层易导致偏孔、卡钻，淤泥质土层则易发生缩颈、孔壁坍塌。传统施工中，对不同地质的适配性不足，冲程、泥浆指标等参数设置不合理，未根据地层变化及时调整施工方式，导致成孔垂直度、孔径偏差较大，后续桩身质量难以保证，且处理返工难度大、成本高。

（二）施工效率偏低

复杂地质下，传统施工工艺缺乏针对性的钻进策略，遇到孤石时盲目冲击，不仅效率低下，还易损坏钻具；遇到溶洞时未提前采取预处理措施，出现漏浆后

再返工处理，延误施工进度。同时，清孔不彻底、钢筋笼安装偏差等问题，也会导致二次返工，进一步降低施工效率，增加施工成本^[2]。

（三）安全隐患突出

深基坑施工本身空间有限、风险较高，复杂地质下，塌孔、卡钻、埋钻等事故发生率大幅提升，若处理不当，易引发人员伤亡、设备损坏等安全事故。此外，泥浆排放、钻渣处理不规范，不仅污染环境，还可能因泥浆流失导致周边土体沉降，影响周边建筑物和管线安全。

二、深基坑复杂地质下冲击成孔灌注桩施工工艺优化措施

（一）施工准备阶段优化

施工准备是保障施工质量的基础，核心是做好地质复核和设备、材料准备，避免盲目施工。一是优化地质勘察，在原有地质报告基础上，对深基坑范围内的桩位进行超前钻探，精准摸清岩溶、孤石、淤泥层等复杂地质的分布范围、规模，明确各地层的特性，为后续工序参数设置提供依据，避免因地质勘察不细致导致的施工失误。二是优化设备选型与调试，根据复杂地质特点，选用适配的冲击钻机，针对孤石地层选用高强度十字型钻头，针对淤泥层选用管型钻头，提前检查钻具、钢丝绳等部件的完好性，进行试运转调试，确保设备运行稳定，减少施工中设备故障的发生^[3]。三是优化泥浆制备，摒弃传统单一泥浆配方，根据不同地层特性调整泥浆指标，针对砂层、岩溶地层，增加泥浆粘度和比重，提升护壁效果，防止漏浆、塌孔；针对淤泥层，适当降低泥浆比重，避免泥浆过稠导致钻渣难以排出，同时配备泥浆净化设备，及时清除钻渣，保证泥浆性能稳定。

（二）成孔工序优化

成孔是冲击成孔灌注桩施工的核心工序，优化重点是根据地层变化调整钻进参数，针对性解决塌孔、偏孔、卡钻等问题。一是优化钻进冲程与速度，采用“分层钻进、动态调整”的方式，开孔阶段采用小冲程、慢速度，确保孔口成型规整，防止孔口坍塌；进入孤石地层时，采用重锤慢击的方式，逐步破碎孤石，避免盲目冲击导致偏孔、卡钻，破碎后及时清理钻渣；进入岩溶地层时，若遇到小型溶洞，采用片石与粘土按比例回填，反复冲击形成泥石护壁，直至不再漏浆后再继续钻进；若遇到大型溶洞，采用钢护筒跟进法，一边冲孔一边下沉钢护筒，隔绝溶洞内流塑填充物和地下水，确保成孔顺利^[4]。二是优化垂直度控制，在钻机就

位时，严格调整钻机水平和垂直度，钻进过程中，每钻进一定深度就采用全站仪检测垂直度，若出现偏孔，及时回填片石至偏孔段上方，采用小冲程反复扫孔，直至垂直度达标，避免偏孔导致桩身受力不均。三是优化钻渣处理，采用“勤取渣、及时清”的原则，每钻进一段距离就打捞钻渣，不仅能提升钻进效率，还能通过钻渣判断地层变化，及时调整施工参数，同时将钻渣集中堆放、规范处置，避免污染环境。

（三）清孔与钢筋笼安装优化

清孔和钢筋笼安装直接影响桩身质量，优化重点是杜绝清孔不彻底、钢筋笼安装偏差等问题。一是优化清孔工艺，采用“二次清孔”方式，第一次清孔在成孔后立即进行，采用泥浆循环法将孔底钻渣排出，确保孔底沉渣厚度符合要求；第二次清孔在钢筋笼安装完成、导管下放后进行，再次循环泥浆，清除钢筋笼安装过程中掉落的杂物和沉渣，避免沉渣影响桩身与地基的结合力，清孔后及时灌注混凝土，防止孔底沉渣再次堆积。二是优化钢筋笼安装，提前根据桩长、孔径制作钢筋笼，确保钢筋笼尺寸精准，焊接牢固，避免出现焊缝不饱满、钢筋间距偏差等问题；安装时采用双吊点吊装，控制吊装速度，避免钢筋笼碰撞孔壁导致孔壁坍塌，同时在钢筋笼底部焊接“倒刺”，防止混凝土灌注时钢筋笼上浮，安装到位后及时固定，确保钢筋笼垂直度和中心位置准确。

（四）混凝土灌注优化

混凝土灌注是确保桩身密实度的关键，优化重点是保障灌注连续性和密实度，避免出现断桩、夹泥等质量缺陷。一是优化混凝土制备，选用适配复杂地质的混凝土，确保混凝土和易性良好，避免出现离析、泌水现象，根据施工环境调整混凝土凝结时间，防止灌注过程中混凝土初凝导致堵管。二是优化灌注操作，采用导管法水下灌注，导管使用前进行水密性试验，避免导管漏水导致断桩；灌注时，确保首盘混凝土量充足，使导管底部埋入混凝土一定深度，防止泥浆进入导管；灌注过程中，匀速提升导管，控制导管埋深，避免埋深过浅导致泥浆混入，或埋深过深导致导管堵塞，同时观察混凝土灌注情况，及时处理灌注过程中出现的异常问题。三是优化桩顶处理，灌注至设计标高以上一定高度，确保凿除浮浆后，桩顶混凝土质量达标，避免出现桩顶疏松、强度不足等问题。

三、优化工艺的应用效果

将优化后的施工工艺应用于深基坑复杂地质冲击成孔灌注桩施工中,有效解决了传统工艺存在的痛点问题。成孔质量显著提升,塌孔、偏孔、卡钻等事故发生率大幅降低,成孔垂直度、孔径偏差均控制在规范要求范围内;施工效率明显提高,减少了返工次数,缩短了施工工期,降低了施工成本;安全隐患得到有效管控,施工过程中未发生安全事故,周边环境和建筑物安全得到保障。同时,优化后的工艺操作简单、接地气,不需要复杂的设备和技术,便于现场施工人员掌握和执行,适用于各类深基坑复杂地质下的冲击成孔灌注桩施工,具有较强的实操性和推广价值。

结论

深基坑复杂地质下,冲击成孔灌注桩施工工艺的优化,核心是结合现场地质实际和施工痛点,针对性完善各关键工序的操作流程,摒弃理论化、形式化的优化措施,注重工艺的实操性和接地气。通过施工准备、成孔、清孔、钢筋笼安装、混凝土灌注等工序的优化,有效解决了塌孔、偏孔、施工效率低、安全隐患突出等问题,提升了施工质量和效率,降低了施工成本和安全风险。在实际施工中,应根据具体的复杂地质特性,灵活调整优化措施,确保工艺适配性,为深基坑基础施工提供可靠保障,推动冲击成孔灌注桩施工技术在复杂地质条件下的进一步完善和应用。

参考文献

- [1]关振长,刘城铭,吕杨,宁茂权.复杂地质条件下临江深基坑施工力学特性研究[J].工程地质学报,2026,34(01):410-418.
- [2]王展翔.复杂地质条件下深基坑降水技术的应用[J].四川水泥,2026,(01):123-124+127.
- [3]罗家伟.复杂地质条件下深基坑支护与顶管施工技术研究[J].建筑机械,2026,(01):288-291.
- [4]崔文腾.复杂地质条件下深基坑工程支护体系优化与智能监测技术研究[J].价值工程,2026,45(02):94-96.