

流塑淤泥层格栅地下连续墙施工技术

单国威 刘 昊 房 谷
江苏省水利建设工程有限公司 江苏 扬州 225000

摘 要：文章聚焦流塑淤泥层格栅地下连续墙施工技术，分析该地层高含水量、高压缩性及低渗透性对施工的影响，详细阐述施工准备、成槽工艺、钢筋笼制作与吊装、混凝土浇筑等关键技术要点。针对槽壁坍塌、钢筋笼上浮、混凝土夹泥等常见问题，提出分级处置与预防措施。合理规划方案、严控技术参数与质量，可解决流塑淤泥层施工难题，保障工程质量与安全。

关键词：流塑淤泥层；格栅地下连续墙；施工技术

引言

流塑淤泥层以高含水量、低强度及高压缩性为典型特征，在此类特殊地质条件下开展格栅地下连续墙施工，面临槽壁稳定性差、结构变形控制难等诸多挑战。槽壁坍塌、钢筋笼上浮等施工风险，严重威胁工程进度与安全。随着地下空间开发向复杂地质区域延伸，深入研究流塑淤泥层格栅地下连续墙施工技术，探索针对性施工工艺与质量控制措施，对突破地质约束、保障工程顺利实施具有重要的现实意义。

1 流塑淤泥层地质对施工的影响剖析

流塑淤泥层独特的地质特性，给格栅地下连续墙施工带来了诸多严峻挑战。流塑淤泥层具有极高的含水量，土体近乎处于饱和状态，这导致其强度极低。在格栅地下连续墙成槽过程中，土体自身难以维持稳定。抓斗等成槽设备在挖掘时，极易因土体强度不足而引发槽壁变形。这种变形并非简单的局部位移，而是会随着挖掘深度的增加而不断累积，严重时甚至会导致槽壁坍塌，影响施工进度，还会危及周边环境安全。该地层的高压缩性也是施工的一大难题。在地下连续墙施工及后续基坑开挖过程中，流塑淤泥层会在荷载作用下产生较大的压缩变形。这种变形会造成墙体本身的不均匀沉降，还会使相邻土体发生侧向位移。对于格栅地下连续墙来说，这种不均匀变形会破坏墙体的整体结构稳定性，降低其作为围护结构的承载能力和防渗性能，流塑淤泥层的渗透性低，使得泥浆护壁效果难以长久维持。在成槽过程中，泥浆需要填充土体孔隙，形成一层泥皮以保护槽壁。由于淤泥层渗透性差，泥浆中的水分难以有效排出，泥皮形成缓慢且质量不佳。这会导致泥浆护壁强度不足，无法有效抵抗土体压力和水压力，增加了槽壁坍塌的风险。在流塑淤泥层中进行格栅地下连续墙施工，必须充分考虑这些地质因素的影响，采取针对性

的技术措施。

2 格栅地下连续墙施工关键技术

2.1 施工准备

在流塑淤泥层开展格栅地下连续墙施工，施工准备阶段是确保后续作业顺利实施的基础。详尽的地质勘察工作是首要任务，需运用钻探、静力触探等多种勘测手段，精确获取流塑淤泥层的空间分布、厚度数据，以及土体的压缩模量、抗剪强度等物理力学参数。这些数据是构建施工方案的核心依据，通过对其分析，可合理规划墙体深度、配筋形式等关键参数，同时为施工设备选型提供支撑，如根据土体强度特性选择适配功率的成槽设备。场地预处理方面，平整作业需达到特定标准，消除地面高差，为施工机械创造稳定的运行环境。临时设施搭建应兼顾施工流程与设备操作需求，合理布局材料堆放区、设备停放区及泥浆循环系统区域。其中，泥浆制备系统布置至关重要，其需结合现场地形，科学规划泥浆池、搅拌设备及输送管道的位置，以实现泥浆高效制备与循环利用。泥浆性能直接影响成槽质量，选用高纯度膨润土作为主要材料，配合纤维素、聚丙烯酰胺等添加剂，通过精确配比优化泥浆性能。严格把控泥浆的比重参数，使其在1.05-1.20区间浮动，确保既能产生有效压力支撑槽壁，又不会对后期清孔造成阻碍；粘度控制在18-28s范围内，增强泥浆护壁的黏结性；含砂率限制在3%以内，降低对槽壁的磨损。同时建立泥浆性能动态监测机制，每小时进行一次性能检测，根据实际情况及时调整配比，维持泥浆的稳定护壁效能^[1]。

2.2 成槽工艺

(1) 流塑淤泥层复杂力学特性对成槽施工形成技术挑战，采用液压抓斗与冲击钻复合成槽工艺可实现优势互补。液压抓斗以高扭矩挖掘能力快速剥离淤泥质土体，完成初始槽段开挖；针对局部硬夹层或障碍物，冲

击钻通过高频冲击破碎功能实现精准处理,有效提升成槽效率与成型质量。(2)成槽过程中需严格控制施工参数以保障槽壁稳定性。基于土体流变特性研究,将抓斗挖掘速度限定在0.5-1.0m/min区间,可有效降低土体扰动程度,避免因施工荷载突变引发槽壁坍塌。垂直度控制采用超声波测槽仪进行全流程动态监测,通过回波信号构建三维槽壁模型,以 $\pm 0.3\%$ 精度实时捕捉偏差,触发纠偏机制后,利用设备液压调节系统实现抓斗或冲击钻的姿态校准。(3)泥浆循环系统的优化配置是维持槽壁稳定的核心要素。正循环或反循环工艺驱动泥浆在槽段、存储池及处理单元间形成闭合回路,配合振动筛与旋流器多级固液分离装置,实现沉渣高效清除,确保泥浆悬浮性能稳定。建立泥浆性能动态监测体系,依据含砂量、比重等指标变化,及时补充新鲜泥浆,持续维持护壁效果。

2.3 钢筋笼制作与吊装

钢筋笼作为格栅地下连续墙的受力骨架,其制作与吊装质量直接关系到墙体的承载性能。制作环节需严格遵循设计图纸与规范要求,对钢筋的牌号、直径、数量进行精准把控,确保钢筋连接符合工艺标准。在流塑淤泥层施工场景下,考虑到土体的高侧压力,需针对性优化钢筋笼结构设计,通过增加加强筋的数量、增大其直径,或采用桁架式加强结构,提升钢筋笼整体刚度与抗变形能力。加强筋间距加密至1.0-1.2m,并与主筋采用焊接或机械连接方式牢固结合,形成稳定的空间受力体系。吊装前的准备工作是保障作业安全与质量的前提。对吊点位置进行力学计算,依据钢筋笼重心分布与起吊方式,合理确定吊点数量与布局,通常采用4-6点吊装方案。对吊点处的钢筋进行局部加强处理,通过增设加劲板、补强钢筋等措施,提高吊点区域的抗撕裂能力。选用与钢筋笼重量、尺寸匹配的吊车与吊具,吊车的额定起重量需大于钢筋笼重量的1.5倍,并对钢丝绳、卸扣等吊具进行承载力检测,确保其性能满足吊装要求。钢筋笼吊装选用双机抬吊或单机抬吊回转法,起吊时先缓慢使笼水平离地,再竖直吊起。下放期间,借助全站仪、垂球监测,偏差超50mm即暂停校正,同时控制下放速度在0.3-0.5m/min,防止碰撞^[2]。

2.4 混凝土浇筑

(1)地下连续墙实体结构形成的关键在于混凝土浇筑,施工采用导管法进行水下作业,各环节均需精细化把控。导管布局需依据槽段几何参数优化,间距宜控制在3-4m,以此保障混凝土在槽段内的均匀扩散填充。施工前需对导管开展水密性测试,通过封闭导管注入清

水,施加0.6-1.0MPa压力并保压15min,检测接头处渗漏情况,确保导管密封性能达标。(2)混凝土配合比设计需契合流塑淤泥层施工特性,选用中低热硅酸盐水泥,掺配高效减水剂与矿物掺合料,优化拌合物工作性能。将坍落度严格控制在 $200\pm 20\text{mm}$,使混凝土兼具良好流动性、填充性及水下抗离析能力。浇筑过程中,通过实时监测混凝土面标高动态调控导管埋深,维持2-6m的合理埋深区间。埋深不足易引发泥浆侵入形成夹泥缺陷,埋深过大则阻碍混凝土流动扩散,影响成型质量。(3)保障浇筑作业连续性是规避断墙风险的核心要点。需科学规划混凝土供应方案,确保搅拌站产能与浇筑速率匹配,配备备用生产及运输设备应对突发状况。施工时控制相邻导管混凝土面高差不超过0.5m,实现均衡浇筑以消除浇筑盲区。详细记录浇筑方量与时间数据,对异常工况即时分析处置,确保地下连续墙结构完整性与施工质量^[3]。

3 施工常见问题及应对措施

3.1 槽壁坍塌

在流塑淤泥层开展格栅地下连续墙施工时,槽壁坍塌是威胁施工安全与质量的主要风险。该地层高含水量、低抗剪强度的特性,使得槽壁土体处于力学不稳定状态,极易受施工扰动影响。泥浆性能劣化是引发坍塌的重要诱因,当泥浆比重低于 1.05g/cm^3 或粘度不足18s时,无法形成有效护壁压力与致密泥皮,导致土体侧向压力突破临界值;泥浆含砂率超过4%会加剧槽壁冲刷磨损,削弱其稳定性。成槽速度过快同样是关键因素,若抓斗挖掘速率超过1.0m/min,土体瞬时应力释放会产生较大扰动,破坏原有应力平衡,引发坍塌。针对槽壁坍塌问题,需构建分级处置体系。当出现轻微坍塌迹象,如槽内泥浆液面下降速度加快、返浆含砂量异常增加时,立即暂停成槽作业,对泥浆性能指标进行全面检测。若判定为泥浆性能不达标,迅速添加膨润土与纤维素,将泥浆比重调整至 $1.05-1.20\text{g/cm}^3$,粘度提升至18-28s,并加强泥浆循环净化,降低含砂率。针对槽壁坍塌,轻度时采用回填法处理,以塑性指数高的粘土与水泥土按1:1-1:3混合,分层回填(每层30-50cm)压实,待土体强度达0.3-0.5MPa后再施工。严重坍塌则终止作业,清除土体后重新护壁成槽,后续施工需严控成槽速度,加强槽壁监测保稳定。

3.2 钢筋笼上浮

(1)流塑淤泥层格栅地下连续墙混凝土浇筑时,钢筋笼上浮现象频发,其机理在于混凝土对钢筋笼产生的上浮力超越了钢筋笼自重与摩阻力总和。混凝土浇筑速

率与导管理深是关键影响因素,当浇筑速度逾 $6\text{m}^3/\text{h}$,混凝土流动产生的冲击力和浮力增强,促使钢筋笼上移;导管理深超过 6m 时,混凝土流动受阻,在笼底形成过大上托力。钢筋笼吊点布置欠妥、固定不牢等定位缺陷,亦加剧了上浮风险。(2)针对钢筋笼上浮,需采取多维度控制策略。实时监测发现上浮趋势后,应将混凝土浇筑速度调整至 $2\sim 4\text{m}^3/\text{h}$,暂停导管提升操作,保障混凝土在钢筋笼底部均匀扩散,平衡上浮力。借助液压千斤顶或配重块等机械加压装置,在钢筋笼顶部施加 $1.2\sim 1.5$ 倍于笼重的反作用力,维持稳定下压状态。对已发生上浮的钢筋笼,于混凝土初凝前,利用吊车配合钢丝绳实施缓慢下拉复位,并同步监测垂直度,规避变形风险。(3)为从源头预防钢筋笼上浮,施工准备阶段应优化吊装设计,采用4-6点对称吊装方案,在钢筋笼顶部设置定位筋与导向架并与导墙稳固连接。施工过程中严格把控浇筑参数,将导管理深控制在 $2\sim 6\text{m}$,每浇筑 $2\sim 3\text{m}^3$ 混凝土进行一次不超过 1m 的导管提升,确保混凝土均匀扩散,降低对钢筋笼的不利作用^[4]。

3.3 混凝土夹泥

混凝土夹泥缺陷会降低地下连续墙的整体性与抗渗性能,严重影响工程质量。在流塑淤泥层施工中,混凝土浇筑不连续、导管理深失控以及混凝土上升速度不均是导致夹泥的主要因素。当混凝土供应中断时间超过30分钟,已浇筑混凝土表面会形成硬化层,后续浇筑时泥浆易混入混凝土内部形成夹泥;导管理深小于 2m 时,混凝土无法有效覆盖导管口,泥浆易倒灌进入混凝土;而相邻导管混凝土面高差超过 0.5m ,会导致混凝土流动不均衡,形成浇筑盲区,引发夹泥现象。为规避混凝土夹泥问题,需实施全过程质量管控。在混凝土浇筑前,建

立可靠的供应保障体系,配备备用搅拌站与运输车辆,确保混凝土供应的连续性。优化导管布局,根据槽段宽度合理设置导管间距,一般控制在 $3\sim 4\text{m}$,并在浇筑前进行水密性试验,确保导管密封性能良好。在混凝土浇筑环节,借助实时监测系统以5-10分钟为间隔,动态追踪混凝土面上升高度,据此灵活调控导管理深与浇筑速度,将相邻导管混凝土面高差严格控制在 0.3m 以内,实现混凝土均匀上升。针对混凝土夹泥问题,依缺陷深度分级处理:浅层夹泥在终凝前用高压水枪清除后补浇;深层夹泥则经地质雷达或超声定位,采用水泥-水玻璃双液浆钻孔注浆加固,确保墙体质量达标。

结束语

流塑淤泥层格栅地下连续墙施工技术的应用,需充分考量地层特性,将地质勘察、施工工艺与质量控制紧密结合。通过优化泥浆性能、复合成槽工艺、科学吊装钢筋笼及规范混凝土浇筑等关键技术,辅以系统的问题应对措施,能够有效解决施工难题。该技术的实践与完善,为复杂地质条件下地下连续墙施工积累经验,推动地下工程施工技术的发展与创新。

参考文献

- [1]崔利新.超深厚流塑淤泥质地层中桩基工程施工工艺的应用[J].门窗,2023(13):106-108.
- [2]魏朝西,杨勇.流塑淤泥地质大长径比嵌岩桩施工常见问题分析[J].广东土木与建筑,2023,30(1):85-87.
- [3]刘国山,朱连臣,汪正斌,刘雷,吴振宇,张学义.搅拌桩固壁技术在淤泥质地层地下连续墙施工中的应用[J].铁道建筑,2020,60(10):111-115.
- [4]刘国良.深厚流塑淤泥地质桩基事故处理及预防途径[J].建材与装饰,2019(25):232-233.