

钻孔灌注桩施工过程中的质量控制与安全管理

常 磊

河南坤元建设工程有限公司 河南 三门峡 472000

摘 要：钻孔灌注桩作为建筑工程中常用的基础形式，其施工质量与安全管理直接影响工程整体稳定性。本文围绕钻孔灌注桩施工流程，系统分析各阶段质量控制要点，包括施工准备阶段的图纸审阅、护筒埋设及泥浆制备，成孔阶段的钻机就位、垂直度控制及防塌孔措施，清孔、钢筋笼制作安装及水下混凝土灌注阶段的关键技术标准。同时，针对施工中设备故障、地质风险、人员操作失误及天气影响等安全隐患，提出设备维护、地质勘察、人员培训、应急预案等系统性安全管理措施，旨在为提升钻孔灌注桩施工的可靠性与安全性提供理论参考与实践指导。

关键词：钻孔灌注桩；施工过程中；质量控制；安全管理

引言：钻孔灌注桩因适应性强、承载力高且工艺成熟，在多类工程中应用广泛。但其施工隐蔽性强、工序复杂，易受地质、设备、人员等因素影响，可能出现孔壁坍塌、钢筋笼偏移等质量缺陷，威胁结构安全，同时存在机械伤害等安全隐患。因此，探讨施工各环节质量控制要点、建立安全管理体系，对保障工程质量、降低风险和提升效益意义重大。

1 钻孔灌注桩施工概述

钻孔灌注桩是一种通过机械钻孔成孔，再向孔内放置钢筋笼、灌注混凝土形成的深基础形式，广泛应用于工业与民用建筑、桥梁、港口等工程领域。其施工原理是利用钻机在地基土中钻出桩孔，在孔内放入预先制作好的钢筋笼，并通过导管在水下灌注混凝土，使混凝土充满桩孔并包裹钢筋笼，形成具有较高承载能力的桩体。这种施工方法具有诸多优势，它能适应不同地质条件，在软土、砂土、碎石土等各类地层中均可施工；无需大型开挖设备，对周边环境的影响小；且桩长、桩径可根据设计要求灵活调整，能满足不同工程的承载需求。但钻孔灌注桩施工过程较为复杂，成孔、清孔、钢筋笼制作安装、水下混凝土灌注等工序环环相扣，任一环节出现问题都可能影响桩身质量^[1]。

2 钻孔灌注桩施工过程中的质量控制

2.1 施工准备阶段的质量控制

2.1.1 认真审阅设计图纸

设计图纸是钻孔灌注桩施工的核心依据，审阅时需重点核查桩位坐标、桩径、桩长、持力层要求等关键参数，对比地质勘察报告，分析土层分布、地下水位及特殊地质情况，判断设计方案的可行性。同时，关注图纸中的技术说明与施工要求，明确混凝土强度等级、钢筋笼配筋等细节，对图纸中存在的矛盾或疑问及时与设计

单位沟通确认，避免因理解偏差导致施工错误，从源头保障施工质量符合设计标准。

2.1.2 护筒埋设的质量控制

护筒作为钻孔灌注桩施工的重要设施，其埋设质量直接影响成孔精度与孔壁稳定性。埋设前需准确测量桩位，采用挖坑法或压入法将护筒垂直埋设，确保其中心与桩位中心偏差不超过50mm，护筒倾斜度不大于1%。护筒埋深在粘性土中不小于1m，砂土中不小于1.5m，顶部应高出地面0.3m或地下水位1.5-2m，四周用粘土分层回填夯实，防止护筒周围渗水或移位，为后续钻孔作业提供稳定的导向与护壁支撑。

2.1.3 泥浆制备的质量控制

泥浆性能是维持孔壁稳定、悬浮钻渣的关键因素。制备泥浆时，应选用优质膨润土、水及添加剂按比例配制，严格控制泥浆的比重、粘度、含砂率等指标。一般来说，泥浆比重在1.1-1.3之间，粘度控制在18-22s，含砂率不大于4%。施工中根据不同地层条件动态调整泥浆性能，在易坍塌的砂层适当提高泥浆比重与粘度，通过定期检测与调整，确保泥浆护壁效果，防止孔壁坍塌，保障钻孔施工顺利进行。

2.2 成孔阶段的质量控制

2.2.1 钻机就位的质量控制

钻机就位的精准度直接影响成孔质量，就位前需依据桩位放线标记，采用全站仪或经纬仪复核桩位坐标。通过调整钻机底座的水平度与垂直度，确保钻机天车、转盘中心与桩位中心三点一线，偏差控制在20mm以内。同时，利用枕木或钢板稳固钻机基础，防止钻进过程中因地基沉降导致钻机移位或倾斜。就位后需再次复核钻机位置与水平状态，经监理验收合格后方可开钻，为后续成孔作业奠定基础。

2.2.2 钻孔垂直度的质量控制

钻孔垂直度关系到桩身承载性能, 施工中需采取多重措施保障。选用带有导向装置的钻头与钻杆, 钻进过程中实时监测垂直度, 可采用测斜仪或垂球进行测量, 每钻进2-3m检查一次, 偏差超过1%时立即纠偏。针对软硬不均地层, 应控制钻进速度, 慢速钻进以减少钻头摆动; 在易斜孔段, 可通过回填片石或粘土重新钻进, 修正孔壁垂直度。通过动态监测与及时纠偏, 确保成孔垂直度满足设计与规范要求。

2.2.3 防止孔壁坍塌的质量控制

孔壁坍塌是成孔阶段的常见风险, 需从泥浆性能与钻进工艺两方面防控。严格把控泥浆配比, 根据不同地层特性调整比重、粘度与含砂率, 在砂层等易塌孔地层适当提高泥浆比重至1.2-1.3, 增强护壁能力。同时, 合理控制钻进速度, 避免因转速过快或进尺过猛破坏孔壁土体平衡。若发现孔内泥浆面下降、气泡增多等塌孔征兆, 立即停止钻进, 加大泥浆补给并回填粘土或水泥-膨润土混合物, 待孔壁稳定后再继续施工, 确保成孔安全。

2.3 清孔阶段的质量控制

2.3.1 清孔方法的选择

清孔方法需根据成孔工艺、地质条件及沉渣要求灵活选用。常见方法包括换浆法、抽浆法和掏渣法。换浆法适用于各类地层, 通过注入新鲜泥浆置换孔内悬浮钻渣的泥浆, 操作简便且对孔壁扰动小; 抽浆法利用空气压缩机或砂石泵抽取孔底沉渣, 效率高, 多用于大直径桩孔; 掏渣法则通过掏渣筒直接清除孔底粗颗粒钻渣, 适用于冲击钻成孔且沉渣粒径较大的情况。

2.3.2 清孔质量的标准

清孔质量需严格符合设计与规范要求, 主要控制指标包括沉渣厚度、泥浆性能等。对于端承桩, 沉渣厚度应不大于50mm; 摩擦桩沉渣厚度不超过100mm; 抗拔、抗水平力桩沉渣厚度不超过200mm。泥浆指标方面, 清孔后泥浆比重应控制在1.03-1.10, 粘度17-20s, 含砂率小于2%。施工中采用测绳测量沉渣厚度, 泥浆性能测试仪检测泥浆指标, 确保各项参数达标。

2.4 钢筋笼制作与安装阶段的质量控制

2.4.1 钢筋笼制作的质量控制

钢筋笼制作需严格把控钢筋材质、加工尺寸与焊接质量。钢筋进场时, 应检查产品合格证、力学性能检测报告, 确保其规格、型号符合设计要求, 并按规范进行抽样复检。加工过程中, 主筋间距误差控制在 $\pm 10\text{mm}$, 箍筋间距误差在 $\pm 20\text{mm}$ 以内, 钢筋笼直径误差不超过 $\pm 10\text{mm}$, 长度误差控制在 $\pm 50\text{mm}$ 。焊接采用电弧焊或套

筒连接, 焊缝长度、饱满度及搭接长度需满足规范, 主筋连接接头错开布置, 同一截面内接头数量不超过主筋总数的50%, 通过精细化加工保障钢筋笼整体强度与稳定性。

2.4.2 钢筋笼安装的质量控制

钢筋笼安装需确保定位准确、固定可靠。吊装前检查钢筋笼外观质量与标识, 采用两点或多点吊装防止变形。下放过程中, 控制钢筋笼中心与桩孔中心偏差不超过50mm, 保持垂直下放, 避免碰撞孔壁。钢筋笼顶部标高需符合设计要求, 采用吊筋或型钢将其固定在孔口, 防止灌注混凝土时上浮或下沉。

2.5 水下混凝土灌注阶段的质量控制

2.5.1 导管的质量控制

导管是水下混凝土灌注的关键设备, 其质量与安装直接影响灌注效果。选用壁厚均匀、内径一致(通常为200-350mm)的钢导管, 使用前需进行水密承压和接头抗拉试验, 确保导管密封性与连接强度。导管内壁应光滑无裂缝, 接头处橡胶密封圈完整无破损, 防止灌注时漏浆。安装时导管底部距孔底300-500mm, 通过测量孔深精确控制导管下放长度, 并采用吊车或钻机辅助设备保持导管垂直居中, 为混凝土顺利灌注提供保障。

2.5.2 混凝土的质量控制

水下混凝土需具备良好的和易性与流动性。严格控制配合比, 选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥, 粗骨料粒径不大于导管内径的1/6且不超过40mm, 细骨料采用中砂, 确保混凝土坍落度在180-220mm之间。施工中按批次检测混凝土强度、坍落度及扩展度, 避免因离析、泌水导致堵管或断桩。同时, 控制混凝土初凝时间不小于6小时, 保障灌注过程连续, 防止因混凝土性能不达标影响桩身质量。

2.5.3 灌注过程的质量控制

灌注过程需严格把控首灌量、导管埋深及灌注速度。首灌时确保混凝土埋住导管底部1m以上, 形成有效隔水层, 防止泥浆混入混凝土。灌注过程中, 实时监测导管埋深, 保持在2-6m范围内, 避免导管拔出混凝土面造成断桩或埋管事故。控制灌注速度匀速连续, 避免因速度过快导致钢筋笼上浮或混凝土冲顶。同时, 准确测量混凝土面上升高度, 做好灌注记录, 确保桩顶标高高于设计标高0.5-1m, 保证桩身强度满足设计要求^[2]。

3 钻孔灌注桩施工过程中的安全管理

3.1 施工过程中的安全隐患分析

3.1.1 设备安全隐患

钻孔灌注桩施工设备长期高负荷运转, 易出现部件磨损、老化问题。钻机传动装置若缺乏维护, 皮带、链

条可能断裂,导致机械伤害;钢丝绳磨损严重未及时更换,存在钢筋笼吊装时断裂坠落风险;电气系统绝缘层破损、接地不良,易引发触电事故;液压系统管路老化渗漏,可能造成设备失控,危及现场人员安全。

3.1.2 地质安全隐患

复杂地质条件是施工安全的重大威胁。在流沙层、淤泥层等软弱地层钻孔,易发生孔壁坍塌,掩埋施工人员与设备;遇地下溶洞、暗河,可能导致钻头掉落、钻机倾覆;承压水地层若处理不当,可能引发突涌,破坏孔壁稳定,造成周边地面沉降,危及临近建筑物安全。

3.1.3 人员操作安全隐患

人员违规操作是安全事故的重要诱因。钻机操作时未按规程佩戴防护用具,可能被旋转部件卷入;钢筋笼吊装时指挥不当,易引发碰撞事故;混凝土灌注时随意调整导管,可能导致导管堵塞或拔空,造成断桩;特种作业人员无证上岗,缺乏专业操作技能,增加事故发生概率。

3.1.4 天气安全隐患

极端天气对施工安全影响显著。暴雨天气易引发场地积水、泥泞,导致设备陷车、人员滑倒;大风天气超过6级时,钻机稳定性下降,可能发生倾覆;雷电天气下,未安装避雷装置的设备与高耸钢筋笼易遭雷击;高温天气使施工人员中暑风险增加,同时加速设备部件老化,降低机械可靠性。

3.2 安全管理的措施

3.2.1 设备管理与维护

建立完善的设备管理档案,对钻机、起重机等大型设备进行定期巡检与专项维护。每日施工前检查传动装置、钢丝绳、液压管路等关键部件,记录磨损情况并及时更换老化零件;每周对电气系统进行绝缘检测与接地电阻测试,确保用电安全;每月开展设备性能全面评估,对液压系统、制动装置等进行压力测试与功能调试。同时,严禁设备带病作业,通过规范化维护延长设备使用寿命,降低机械故障引发的安全风险。

3.2.2 地质勘察与施工方案制定

施工前委托专业单位开展详细地质勘察,采用钻探、物探等多种手段探明地层结构、地下水位、溶洞分布等情况,形成完整地质报告。根据勘察结果,组织专

家论证施工方案,针对软弱地层、岩溶区域等特殊地质条件,制定专项防护措施,如采用钢护筒穿越流沙层、注浆加固溶洞等。施工中动态监测地质变化,及时调整施工参数,确保方案科学合理,规避地质风险对施工安全的影响。

3.2.3 人员培训与安全意识提升

定期组织全员安全培训,针对不同岗位开展专项技能教育。对钻机操作员、起重机司机等特种作业人员,严格执行持证上岗制度,通过理论与实操考核确保其熟练掌握设备操作规范;对普通工人进行安全交底,讲解施工中的风险点与应急逃生知识。同时,开展安全警示教育,通过案例分析强化全员安全意识,建立奖惩机制,对违规操作行为严肃处理,对安全表现优异者给予奖励,营造良好安全施工氛围。

3.2.4 应急预案制定与演练

结合施工特点与潜在风险,制定涵盖坍塌、触电、机械伤害等事故类型的应急预案。明确应急组织机构与人员职责,储备充足的应急物资,如救生设备、消防器材、急救药品等。定期组织应急演练,模拟事故场景,检验预案可行性,提升施工人员应急反应与自救互救能力。演练后总结经验,优化应急预案,确保在突发事故发生时,能够快速响应、有效处置,最大限度降低人员伤亡与财产损失^[3]。

结束语

钻孔灌注桩施工质量与安全管理贯穿工程全流程,对保障建筑基础稳固、人员生命安全意义重大。通过施工准备、成孔、清孔、钢筋笼制作安装及水下混凝土灌注等阶段的精细化质量把控,可有效规避桩身缺陷风险;同时,针对设备、地质、人员及天气等安全隐患,落实设备维护、地质勘察、人员培训与应急管理等措施,能显著提升施工安全水平。

参考文献

- [1]江申.桥梁工程钻孔灌注桩施工质量控制[J].交通世界,2021(20):140-141.
- [2]贾志超.基础工程中钻孔灌注桩施工质量控制分析[J].居业,2021(07):106-107.
- [3]高翔.浅谈港口施工中钻孔灌注桩施工的质量控制[J].船舶物资与市场,2021(06):89-90.