

建筑施工中基坑围护与桩基工程的防水施工技术研究

夏鹏彬

上海荟霖建设工程有限公司, 上海, 201600;

摘要: 基坑围护与桩基工程作为建筑地下结构施工的核心环节, 其防水施工质量直接决定地下结构耐久性与整体工程安全性。本文结合当前建筑施工技术规范与工程实践, 剖析基坑围护、桩基工程防水失效的核心诱因, 系统阐述止水帷幕、结构自防水、节点密封等关键防水技术的应用原理与施工要点, 针对复杂地质条件下的防水难题提出优化管控策略, 旨在完善地下工程防水施工体系, 提升基坑与桩基防水可靠性, 减少渗漏病害发生, 为同类工程施工提供技术参考。

关键词: 基坑围护; 桩基工程; 防水施工; 止水帷幕; 结构自防水; 渗漏防控

DOI: 10.69979/3029-2727.26.05.023

引言

城市化进程推进带动高层建筑、地下空间开发项目持续增多, 基坑深度与施工复杂度不断提升, 地下水渗流对基坑围护、桩基结构的侵蚀风险加剧。防水施工作为地下工程防控渗漏、保障结构稳定的关键工序, 若工艺管控不当、节点处理疏漏, 极易引发桩头渗漏、围护结构接缝渗水等问题, 既影响施工进度, 又会降低结构使用寿命。基于此, 本文结合工程实践与技术规范, 深入探究基坑围护与桩基工程防水施工技术, 细化施工管控要点, 推动地下工程防水质量稳步提升。

1 基坑围护与桩基工程防水施工核心影响因素

1.1 地质与水文条件的制约作用

建筑工程施工现场的地质构造、地下水埋深、水压大小及土层渗透系数, 是影响防水施工效果的先天因素。富水砂层、断层破碎带等特殊地质, 地下水渗流速度快、补给充足, 会大幅提升防水施工难度; 地下水位季节性波动、承压水压力过大, 易突破防水屏障, 导致围护结构与桩基部位出现渗漏通道。部分场地土层不均匀沉降, 还会破坏防水层整体性, 加剧防水失效风险^[1]。施工前若未全面勘察水文地质参数, 防水方案与现场实际脱节, 会直接导致防水体系失效。

1.2 防水材料选型与性能把控偏差

防水材料的适配性与质量达标度, 是防水施工成效的物质基础。当前基坑与桩基防水常用材料涵盖防水混凝土、止水带、防水涂料、防水卷材、注浆浆液等, 不同材料的适用场景、性能指标存在显著差异。若盲目选用防水材料, 如在高压水环境采用低抗渗等级混凝土、低温环境选用耐候性差的防水涂料, 会降低防水体系耐

久性; 材料进场时未严格执行复检流程, 劣质材料、过期材料投入使用, 会从源头埋下渗漏隐患, 后期修复成本极高。

1.3 施工工艺与节点管控疏漏

施工工艺的规范性、关键节点的精细化处理, 是防水施工质量的核心保障。基坑围护结构中, 地下连续墙接缝、咬合桩咬合面、旋喷桩搭接处, 以及桩基工程中的桩头、声测管、承台衔接部位, 均为防水薄弱点。混凝土浇筑振捣不密实、止水材料安装错位、搭接宽度不足、注浆压力不达标等工艺问题, 会破坏防水结构连续性; 施工工序衔接不当、交叉作业干扰, 也会导致防水层破损, 形成隐性渗漏路径。

1.4 后期维护与监测缺失

防水施工完成后, 若缺乏常态化监测与针对性维护, 会加速防水体系老化失效。基坑开挖、主体结构施工过程中, 机械碰撞、土方开挖扰动易造成防水层破损, 未及时排查修复会扩大渗漏范围; 未定期监测地下水位变化、围护结构沉降及渗漏情况, 无法提前预判防水风险, 小范围渗漏易演变为大面积涌水, 危及施工安全与结构稳定^[2]。

2 基坑围护工程防水施工技术应用

2.1 止水帷幕防水施工技术

止水帷幕是基坑外围阻水的核心屏障, 适用于高水位、强渗透性地层, 通过构建连续密闭的阻水结构, 阻隔地下水向基坑内部渗流。常用工艺包括水泥土搅拌桩止水帷幕、高压旋喷桩止水帷幕、地下连续墙止水帷幕三类, 需结合地质条件、基坑深度合理选型。水泥土搅拌桩适用于软土、粉质黏土地层, 通过深层搅拌设备将

水泥浆与原状土均匀拌合,形成整体性强的止水墙体,施工时需严控水泥掺量、搅拌转速与提升速度,确保桩体搭接密实、无断缝。高压旋喷桩适用于砂层、卵石层等复杂地质,采用高压射流切割土体并注入水泥浆液,形成圆柱状桩体,桩间搭接宽度不小于150mm,注浆压力、提升速度需根据土层渗透系数动态调整。地下连续墙止水帷幕兼具支护与止水功能,适用于深大基坑,施工时严控槽壁垂直度、混凝土浇筑质量,接缝部位采用十字钢板止水、预埋注浆管二次注浆,杜绝接缝渗漏。

2.2 围护结构自防水施工技术

围护结构自防水依托混凝土自身密实性实现阻水,是基坑防水的基础防线,核心在于优化混凝土配合比与施工管控。选用低水化热水泥,掺加粉煤灰、矿粉等掺合料替代部分水泥,降低混凝土水化热;控制水胶比不大于0.38,掺入高效减水剂与膨胀剂,提升混凝土抗渗等级与抗裂性能,抗渗等级不宜低于P8。混凝土浇筑采用分层连续浇筑工艺,严控振捣时间与力度,避免蜂窝、麻面、孔洞等缺陷;施工缝部位设置止水钢板或遇水膨胀止水条,凿毛清理基层后再浇筑后续混凝土,确保新旧混凝土结合紧密^[3]。养护阶段采用保湿养护工艺,养护时间不少于14d,避免混凝土干缩开裂。

2.3 围护结构外侧柔性防水施工技术

外侧柔性防水作为自防水的补充防线,适用于高压、复杂地质基坑,常用高分子自粘防水卷材、聚合物水泥基防水涂料。施工前对围护结构墙面进行找平处理,清除浮渣、油污,修补凹凸缺陷,确保基层平整干燥。防水卷材采用满粘法铺设,搭接宽度不小于100mm,接缝处采用热熔或胶粘密封,阴阳角部位增设防水附加层;防水涂料分多遍涂刷,每遍涂刷方向垂直,总厚度达到设计要求,固化前避免触碰破损。柔性防水层外侧砌筑保护墙或铺设保护层,防止后续土方回填、机械作业破坏防水层。

2.4 围护结构渗漏应急处理技术

针对基坑围护结构已出现的渗漏问题,需根据渗漏程度采取针对性封堵技术。轻微渗漏采用封堵砂浆、速凝水泥直接封堵;缝隙渗漏采用埋管引流+注浆封堵工艺,先埋设导流管排出积水,再注入水泥-水玻璃双液浆封堵缝隙;大面积涌水采用帷幕补强注浆+内侧封堵结合方案,在围护结构外侧钻孔注浆,填充土体孔隙与结构裂缝,同步在内侧设置防水封堵层,彻底阻断渗流路径^[4]。注浆施工严控浆液配比、注浆压力与注浆量,避免浆液扩散不足或过度挤压土体。

3 桩基工程防水施工技术应用

3.1 桩基结构自防水施工技术

桩基混凝土自防水是防控桩身渗漏的核心,需从原材料、配合比、浇筑全流程管控。选用质地坚硬、级配合理的骨料,严格控制骨料含水量;混凝土配合比经实验室试配确定,抗渗等级不低于P8,掺入防水剂、减水剂提升密实性,大直径桩基宜采用缓凝型混凝土,避免浇筑过程出现冷缝。钻孔灌注桩施工时,严控孔底沉渣厚度不大于50mm,混凝土灌注采用导管法,连续灌注、勤提导管,杜绝断桩、夹泥现象;预制桩基桩身混凝土浇筑密实,桩端、桩侧无裂缝,进场前逐根检测抗渗性能,不合格桩体严禁使用。

3.2 桩头防水施工技术

桩头是桩基与承台衔接的防水薄弱点,渗漏风险极高,需采用刚性与柔性结合的防水工艺。桩头破除时采用环切工艺,避免损伤桩身钢筋与混凝土,清理桩头浮渣、松动混凝土,将桩头表面打磨平整^[5]。桩头根部设置遇水膨胀止水条,紧贴桩身固定牢固;桩头表面涂刷水泥基渗透结晶型防水涂料,渗透结晶材料可深入混凝土内部封堵毛细孔;桩头与承台衔接部位,增设防水卷材附加层,卷材延伸至承台底面并与底板防水层搭接密实,形成闭合防水体系。

3.3 桩基细部节点防水施工技术

桩基声测管、注浆管等细部节点,需采取专项防水处理。声测管安装时确保管壁密封、接头焊接严密,管内灌满清水后封堵管口,避免混凝土浆液灌入;声测管与桩基混凝土衔接部位,缠绕遇水膨胀止水条,防止地下水沿管壁渗流^[6]。桩基承台与桩身衔接处,凿毛基层后涂刷界面剂,浇筑承台混凝土时严控振捣质量,避免衔接部位出现缝隙;底板防水层延伸至承台侧壁,与桩头防水层搭接密封,杜绝节点渗漏。

3.4 桩基周边土体止水加固技术

针对富水地层中的桩基工程,需对桩基周边土体进行止水加固,阻断地下水绕渗路径。常用工艺为高压旋喷桩、袖阀管注浆,沿桩基周边布置注浆桩,形成环形止水帷幕。注浆浆液选用水泥浆或水泥-水玻璃双液浆,根据土层渗透系数调整浆液稠度与注浆压力,确保土体孔隙充分填充,降低土层渗透性。施工前进行试注浆,确定合理注浆参数,避免注浆压力过大导致桩基偏移,确保止水加固与桩基结构安全兼顾。

4 基坑围护与桩基工程防水施工质量管控措施

4.1 前期勘察与方案优化管控

依托专业勘察队伍开展全域水文地质摸排,精准采集地下水位、孔隙水压力、土体渗透特性及地质构造等核心参数,着重排查富水砂层、裂隙发育带等易渗漏隐患区段。结合工程基坑开挖深度、桩基布设形式及场地工况,编制专项防水施工技术方,细化防水材料适配标准、施工工序流程、细部节点处理方案及突发渗漏应急处置预案;组织行业专家开展方案评审与技术论证,针对方案薄弱环节迭代优化工艺参数,保障方案贴合现场施工条件,具备极强的落地性与实操性。

4.2 材料质量全流程管控

构建防水材料进场核验、抽样复检、现场仓储的闭环管控机制,筑牢防水施工质量第一道防线。所有进场防水主材须附带完整的产品合格证明、性能检测报告及出厂合格证,进场后严格依照现行规范开展抽样送检,重点核验材料抗渗性能、拉伸强度、耐老化性等关键指标,凡检测不合格材料一律清退出场,严禁流入施工环节。现场仓储实行分区分类堆放,落实遮阳、防雨、防潮防护措施,防水涂料、注浆堵漏材料严格管控存储环境温度与保质期,杜绝材料性能劣化;施工前再次复核材料状态,确保投入使用的各类材料完全契合设计与规范要求。

4.3 施工过程精细化管控

以工序管控为核心,推行技术交底前置与全程旁站监理双重管控模式,夯实过程施工质量。施工前期针对作业班组开展专项技术交底,明晰各工序施工标准、质量管控要点及安全操作规范,确保作业人员吃透技术要求^[7]。针对止水帷幕施工、桩基混凝土浇筑、阴阳角及穿墙管节点密封等关键工序,安排监理人员全程旁站监督,实时记录施工参数,及时纠偏违规操作行为。强化工序交接验收管控,执行上道工序验收合格方可转序的硬性要求,重点核查防水层搭接宽度、止水构件安装精度、混凝土浇筑密实度等指标,完整留存验收资料;针对多专业交叉作业场景,制定专项防护方案,严防防水层、止水结构遭受机械碾压或人为破损。

4.4 质量检测与监测管控

施工完毕后实施多层次质量检测与全周期动态监测,实现防水质量闭环管控。通过闭水试验、喷淋透水试验核验防水层密闭性能,采用超声波无损检测技术排查桩基及围护结构混凝土密实度,借助红外热成像、负

压检漏技术精准定位隐性渗漏隐患,发现质量缺陷立即落实整改返修。施工全过程搭建智能化监测体系,定期观测地下水位变化、基坑沉降位移、结构形变及渗漏情况,设定分级预警阈值,一旦监测数据突破限值,即刻启动应急处置预案,全方位保障防水体系完整性与工程结构安全。

5 结论

基坑围护与桩基工程防水施工是一项系统性工程,受地质条件、材料性能、施工工艺、管控水平等多重因素影响,核心在于构建“防、堵、控”一体化防水体系。止水帷幕、结构自防水、节点精细化处理等技术的规范应用,配合全流程质量管控,可有效防控渗漏风险,提升地下结构防水可靠性。针对复杂地质、超深基坑等特殊工程,需进一步优化防水工艺,研发高性能防水材料,同时完善监测预警体系,推动防水施工从被动修复向主动防控转变,持续提升建筑地下工程防水质量与结构耐久性。

参考文献

- [1] 范科飞. 软土地层深基坑围护桩施工安全控制研究——以南京某能源站工程为例[J]. 房地产世界, 2025, (23): 143-145.
- [2] 曾云嵘, 吴瀛灏. 浅基坑开挖及桩基施工对邻近隧道影响数值模拟研究[J]. 建材技术与应用, 2025, (05): 1-7.
- [3] 张志禄. 干湿循环下膨胀土基坑围护桩侧压力计算方法研究[D]. 兰州交通大学, 2025.
- [4] 曹洋, 朱超. 复杂环境下基坑围护结构优化设计与施工关键技术研究[J]. 工程机械与维修, 2025, (06): 116-118.
- [5] 祝旭锋. 污水处理厂扩建中桩基及基坑围护施工技术探究[J]. 现代工程科技, 2025, 4(10): 69-72.
- [6] 季伟. 濒海软土地区超大、超深基坑工程桩基围护施工工艺研究[J]. 建筑施工, 2025, 47(05): 771-776.
- [7] 汪明元, 过锦, 俞建霖, 等. 基坑开挖诱发邻近桩基水平变形的理论分析方法[J]. 建筑结构, 2025, 55(05): 142-147.

作者简介: 夏鹏彬 (1997.11-), 男, 汉, 籍贯: 上海市青浦区, 学历: 大专, 职称: 无, 研究方向: 建筑施工。