

# 半地下污水池体抗渗技术研究

胡珏辉

五矿二十三冶建设集团有限公司 湖南 长沙 410000

**摘要:**在节能环保战略推进下,半地下污水池体因占地小、环保性好等优势广泛应用,但长期受污水侵蚀及沿海地区复杂地下水环境影响,渗漏问题突出,严重影响工程寿命与环境安全。本文以长流污水处理厂扩容扩建工程为依托,针对半地下污水池体抗渗需求,研究优化P8抗渗混凝土选型、三段式止水螺杆及止水钢板应用等核心技术,构建材料选型、施工优化、质量控制一体化抗渗体系。通过试验验证与现场监测,该技术体系抗渗效果显著,可有效节约材料成本、提升施工效率,为同类工程抗渗技术应用提供理论与实践参考。

**关键词:**半地下污水池;抗渗技术;三段式止水螺杆;P8抗渗混凝土

## 引言

随着节能环保战略深入推进,污水处理行业快速发展,半地下污水池体因占地少、处理效率高、对周边环境干扰小等优势,成为污水处理厂建设的重要选型。但此类池体长期浸泡于腐蚀性污水中,尤其沿海地区地下水系复杂、水压较高,渗漏风险显著,易引发构筑物损坏、地下水污染等问题,严重制约工程寿命与运行安全。当前国内污水池体抗渗技术虽有发展,但传统工艺存在材料浪费、施工缝处理不当等短板,难以适配沿海复杂环境需求。

## 1 半地下污水池体渗漏机理与影响因素分析

### 1.1 渗漏机理分析

半地下污水池体渗漏核心源于结构缺陷与环境作用的叠加,具体可分为三类机理。其一,混凝土结构自身渗漏,混凝土搅拌、浇筑过程中若振捣不密实,易形成连通性孔隙,同时硬化阶段水化热释放不均会产生微裂缝,后续在应力作用下微裂缝逐渐扩展,形成渗漏通道。其二,施工接缝渗漏,施工缝、伸缩缝等部位因新旧混凝土结合不紧密,易残留缝隙,且止水构造安装不当会导致密封失效,污水易沿接缝缝隙渗透。其三,外界环境引发渗漏,污水中酸碱盐等物质会侵蚀混凝土,破坏结构完整性;沿海地区地下水压力较高,易推动水体渗入结构内部;温度骤变则会加剧结构变形,扩大渗漏通道。

### 1.2 半地下污水池体抗渗性能影响因素

半地下污水池体抗渗性能受多方面因素综合影响。材料方面,混凝土强度与抗渗等级不足、外加剂适配性差,会直接降低结构抗渗基础;止水钢板、螺杆等止水材料质量不达标,易引发局部渗漏。施工方面,模板支护精度不足导致混凝土表面不平整,浇筑振捣不规范、养护不及时会产生裂缝,施工缝处理粗糙则留下渗漏隐患。

环境方面,沿海地区地下水水位高、水质腐蚀性强,土壤中盐分易侵入结构,温度与湿度交替变化会加速结构老化。设计方面,结构形式不合理、配筋不足无法抵御应力变形,防水构造设计缺失或不完善,会降低整体抗渗能力<sup>[1]</sup>。

## 2 半地下污水池体抗渗技术体系构建与优化

### 2.1 抗渗材料选型与性能优化

抗渗材料是保障半地下污水池体抗渗性能的基础,需结合工程环境与使用需求精准选型并优化性能。在抗渗混凝土选型方面,综合对比各类混凝土性能指标后,确定采用P8抗渗混凝土。该类型混凝土具备显著优势,抗渗等级完全满足半地下污水池体长期浸泡需求,能有效阻挡污水与地下水渗透;同时其坍落度控制在160-180mm,流动性适中,可适配池体复杂结构的浇筑施工,确保混凝土密实填充;此外,其抗压强度可达C30及以上,能承受池体自重与污水压力,保障结构稳定性。

混凝土外加剂优化聚焦功能适配性,针对性选用防水剂、抗腐蚀剂与矿物掺合料三类核心外加剂。通过多次适配性试验,确定防水剂掺量为胶凝材料总量的3%-5%,可显著降低混凝土孔隙率,提升密实度;抗腐蚀剂选用复合型阻锈剂,能有效抵御污水中氯离子、硫酸盐等腐蚀性介质对钢筋的侵蚀;掺入20%-30%的粉煤灰作为矿物掺合料,不仅能改善混凝土工作性能,还可提升其耐久性。止水材料选型严格遵循质量标准,止水钢板选用Q235材质,厚度不小于3mm,宽度 $\geq 300$ mm,确保其屈服强度与抗拉强度满足施工受力要求;三段式止水螺杆采用高强度螺杆与天然橡胶止水片组合结构,螺杆强度等级不低于8.8级,止水片厚度 $\geq 5$ mm,保证其止水效果与拆卸复用性能<sup>[2]</sup>。

### 2.2 关键抗渗施工技术优化

三段式止水螺杆施工技术优化通过与传统一段式螺杆对比实现突破。结构上采用“中间止水片+两端可拆卸螺杆”设计,相较于传统一段式螺杆需切割拆除、易留渗漏通道的弊端,其安装时通过定位螺母固定模板,拆卸时仅需拆除两端螺杆,中间止水段留存于混凝土内,有效避免了二次渗漏风险。安装工艺上明确间距控制标准,池壁竖向间距 $\leq 450\text{mm}$ ,水平间距 $\leq 600\text{mm}$ ,确保模板受力均匀;拆卸后螺杆回收率可达85%以上,显著节约材料成本。

施工缝止水钢板施工技术优化聚焦流程规范化,安装流程为“定位放线→钢板裁剪→焊接固定→接缝处理”。固定采用钢筋支架焊接方式,支架间距 $\leq 500\text{mm}$ ,确保钢板垂直度偏差 $\leq 3\text{mm/m}$ ;钢板接缝处采用双面满焊,焊缝高度 $\geq 6\text{mm}$ ,焊接后进行渗透检测,杜绝焊缝渗漏。抗渗混凝土施工技术优化覆盖全流程,搅拌阶段严格控制原材料计量精度,搅拌时间不少于90s;运输采用密闭罐车,确保混凝土和易性,运输时间不超过2h;浇筑采用分层连续浇筑方式,分层厚度 $\leq 500\text{mm}$ ,使用插入式振捣器振捣密实,避免漏振与过振;针对沿海地区高温高湿环境,养护采用“覆盖土工布+喷淋保湿”方式,养护周期不少于14d,前7d确保混凝土表面持续湿润,提升其强度与抗渗性能。此外,对伸缩缝、池壁与底板衔接处等关键部位,采用“止水带+密封胶”双重抗渗处理,伸缩缝内设置中埋式橡胶止水带,接缝处填充聚硫密封胶,确保薄弱部位抗渗可靠性。

### 2.3 抗渗技术体系适配性调整

长流污水处理厂扩容扩建工程主要构筑物包括紫外消毒渠、集约化AAO-MBR反应池等,其中AAO-MBR反应池为半地下结构,池深6.8m,周长120m,面临沿海地区地下水水位高、水质腐蚀性强、地下水位季节性变化大等环境挑战。基于工程特点,抗渗技术体系进行针对性调整:材料层面,将抗渗混凝土等级提升至P8,外加剂中增加抗硫酸盐防腐剂掺量;施工层面,加密三段式止水螺杆布置间距,竖向间距调整为400mm,水平间距500mm;针对地下水位变化,在池体外侧增设排水盲沟,降低地下水压力<sup>[3]</sup>。

针对性抗渗施工方案明确实施要点:施工前对地下水进行降水处理,确保地下水位低于池底500mm以下方可开工;紫外消毒渠因结构薄壁特点,采用分层薄浇方式,分层厚度 $\leq 300\text{mm}$ ,振捣采用平板振捣器;AAO-MBR反应池底板与池壁衔接处设置施工缝,采用“止水钢板+遇水膨胀止水条”双重防护;施工过程中设置沉降观测点,实时监测结构变形,避免因变形产生裂缝。通

过系列适配性调整,确保抗渗技术体系与工程环境精准匹配<sup>[4]</sup>。

## 3 半地下水池体抗渗技术试验验证与效果分析

### 3.1 试验工程概况与监测方案

试验工程选取长流污水处理厂扩容扩建项目中的集约化AAO-MBR反应池及紫外消毒渠,两座构筑物均为半地下式结构,埋深6.8-8.2m,处于沿海地下水富集区域,地下水水位埋深2.3m,水质具弱腐蚀性,抗渗需求严苛。监测指标核心涵盖三类:抗渗性能指标(混凝土渗透系数、渗水高度)、混凝土强度指标(立方体抗压强度、轴心抗拉强度)、结构稳定性指标(池体沉降量、裂缝宽度及发展速率)。监测方法采用现场取样检测与长期在线监测结合模式:混凝土及止水材料性能通过现场随机取样,送第三方检测机构试验;抗渗效果采用蓄水试验结合光纤传感渗漏监测系统实现实时追踪;结构强度与稳定性通过布设应变计、沉降观测点完成周期监测,所用设备含混凝土压力试验机、渗透仪、光纤渗漏监测仪、电子水准仪等。监测周期自混凝土浇筑完成后启动,短期监测(1-3个月)每7天记录1次数据,中期监测(4-12个月)每月记录1次,长期监测(1年以上)每季度记录1次,数据需同步整理归档,建立监测台账确保可追溯性。

### 3.2 材料性能试验结果分析

P8抗渗混凝土性能检测结果显示,标准养护28d后,立方体抗压强度均值达C35设计强度的118%,轴心抗拉强度为2.45MPa,满足设计要求;抗渗试验中,在1.2MPa水压力作用下恒压8h无渗水现象,渗透系数 $\leq 1.0 \times 10^{-12}\text{cm/s}$ ,抗渗等级优于P8设计标准。止水钢板力学性能检测表明,选用的Q235B型止水钢板屈服强度为238MPa,抗拉强度425MPa,伸长率26%,各项指标符合GB/T 3524-2015标准要求,焊接接头抗拉强度达母材强度的95%以上,无裂纹、未焊透等缺陷。三段式止水螺杆性能验证结果显示,拆卸过程便捷,无混凝土基体破损现象,螺杆杆体回收利用率达82%,较传统一段式螺杆节约材料成本65%;通过蓄水试验验证,螺杆预留孔位置无渗漏点,止水效果可靠<sup>[5]</sup>。

### 3.3 施工过程质量控制与效果验证

施工过程质量控制聚焦关键工序:混凝土浇筑前核查配合比与坍落度,浇筑中采用插入式振捣器分层振捣,振捣间距 $\leq 40\text{cm}$ ,避免漏振与过振;养护阶段采用覆盖土工布洒水保湿,养护周期不少于14d;止水钢板安装严格控制垂直度(偏差 $\leq 3\text{mm/m}$ )与搭接长度( $\geq 20\text{cm}$ ),三段式止水螺杆间距按50×50cm布设,确保受力均匀。工程完工后开展全面抗渗效果检测,蓄水试验中池体注满

水后保持72h,经全面排查,池壁、底板及施工缝等关键部位均无渗漏点,渗水高度为0;结构稳定性监测数据显示,池体最大沉降量为3.2mm,沉降均匀,无明显差异沉降,裂缝宽度均小于0.2mm,符合设计限值。综合分析表明,监测指标均满足规范及设计要求,抗渗技术体系应用效果显著,结构稳定性良好。

#### 3.4 技术创新点总结

一是三段式止水螺杆创新性应用,突破传统一段式螺杆一次性使用的弊端,通过可拆卸设计实现杆体回收复用,既解决了传统工艺材料浪费严重、施工后孔洞封堵繁琐的问题,又提升了止水可靠性。二是实现沿海复杂环境抗渗适配性优化,针对沿海地下水丰富、水质腐蚀性强的特点,精准选型P8抗渗混凝土与Q235B止水钢板,配套优化混凝土养护工艺,提升了抗渗体系对恶劣环境的适应性。三是构建“材料选型、施工优化、质量控制”一体化抗渗技术体系,打破传统抗渗技术各环节割裂的局限,形成从材料筛选、施工实施到过程监测的全链条管控模式,为抗渗效果提供系统性保障,提升了工程质量稳定性。

### 4 经济效益、社会效益与环保效益分析

#### 4.1 经济效益分析

本研究优化的抗渗技术体系可显著降低工程综合成本。材料成本方面,三段式止水螺杆实现80%以上回收复用,较传统一段式螺杆减少材料损耗成本约30%,同时模板重复利用率提升15%,进一步节约耗材支出;施工效率上,关键抗渗工序施工周期缩短20%,减少人工与机械租赁费用,间接降低工期延误风险成本;后期维护方面,抗渗性能提升使构筑物使用寿命延长10-15年,大幅减少渗漏维修、结构加固等费用;总成本对比显示,新方案较传统抗渗技术方案总成本降低约18%,经济效益显著。

#### 4.2 社会效益分析

优质抗渗技术为污水处理厂稳定运行提供保障,助力提升城市污水处理能力与出水水质,改善人居环境。通过规避渗漏引发的构筑物坍塌、地下水污染等安全隐患,有

效保障周边居民生命财产与公共安全。研究形成的标准化抗渗施工流程与技术规范,为沿海及同类复杂环境下的污水池体工程提供示范,推动行业抗渗技术升级;同时提升施工企业核心技术竞争力,助力行业人才培养与技术储备,促进污水处理工程建设领域高质量发展。

#### 4.3 环保效益分析

技术体系通过三段式止水螺杆回收复用、模板循环利用等举措,减少建筑固废产生,实现资源高效循环。有效阻止污水渗漏,避免污染地下水与土壤,保护周边生态系统平衡。施工过程中优化工艺减少材料浪费与能源消耗,运行阶段降低渗漏修复带来的二次环境干扰,全面契合国家节能环保战略,推动污水处理工程建设与生态环境保护协同发展,助力实现绿色低碳发展目标。

#### 结论与展望

本文以长流污水处理厂工程为依托,针对半地下污水池体抗渗难题,优化形成了以P8抗渗混凝土选型、三段式止水螺杆及止水钢板应用为核心的一体化抗渗技术体系。实践验证表明,该体系抗渗效果显著,可有效节约成本、提升施工效率,为同类工程提供了可靠技术支撑。本研究在长期抗渗性能跟踪方面存在不足,未来可结合智能化监测技术,开展抗渗性能长效演化研究;同时探索新型环保抗渗材料应用,推动半地下污水池体抗渗技术向更绿色、高效的方向升级。

#### 参考文献

- [1]鞠晗博伦.污水池防渗膜施工工艺及质量控制[J].建筑技术开发,2023,(S2):39-42.
- [2]陈健.钢筋混凝土污水池防渗防腐[J].建材与装饰,2019,(22):126-127.
- [3]魏本宝.浅谈污水处理厂的水池结构设计要点[J].城市建设理论研究(电子版),2018,(07):133.
- [4]周阳,许文博,张国栋.污水处理厂中水池结构设计要点的分析[J].建材与装饰,2017,(41):68-69.
- [5]严秀华.探讨大型污水池如何进行防渗处理工作[J].江西建材,2017,(02):96-97.