

# 废水罐改造技术在化学工程中的经济效益 与环境友好型实践探索

张祥木 袁 泉 (烟台德润液晶材料有限公司, 山东 烟台 264000)

**摘 要:** 废水罐改造技术目的是提升废水处理效率与环境保护水平, 同时实现经济效益的最大化。文章通过对传统废水罐存在的问题进行深入剖析, 设计并实施了一套废水罐改造方案。改造后的废水罐提高了废水处理效率, 降低了运营成本, 且有效减少了有害物质排放, 对改善生态环境具有积极作用。文章为化学工程领域废水处理技术的创新提供了新思路, 对于推动化学工业可持续发展具有重要意义。

**关键词:** 废水罐; 化学工程; 改造技术; 经济效益; 环境友好

**中图分类号:** X703      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1674-5167 (2025) 016-0082-03

## Exploration of the economic benefit and environmental friendly practice of wastewater tank transformation technology in chemical engineering

Zhang Xiangmu, Yuan Quan (Yantai Derun LCD Material Co., LTD., Yantai, Shandong 264000, China)

**Abstract:** The purpose of waste water tank transformation is to improve the efficiency of wastewater treatment and environmental protection, and maximize the economic benefits. By analyzing the problems of traditional wastewater tank, a set of wastewater tank transformation scheme is designed and implemented. After the transformation, the wastewater tank improves the efficiency of wastewater treatment, reduces the operating cost, and effectively reduces the discharge of harmful substances, which plays a positive role in improving the ecological environment. This paper provides a new idea for the innovation of wastewater treatment technology in the field of chemical engineering, which is of great significance for promoting the sustainable development of chemical industry.

**Key words:** Wastewater tank; Chemical Engineering; Transformation technology; Economic benefits; Environmentally friendly

在化学工业快速发展的背景下, 废水处理问题成为制约化学工业可持续发展的重要因素之一。废水罐作为废水处理系统中的关键环节, 其性能与效率直接关系到整个废水处理系统的效果。传统废水罐在设计上存在结构不合理、材料不耐腐蚀、操作复杂等问题, 这些问题限制了废水处理效率的提升。因此, 对废水罐进行改造升级, 以提高其废水处理能力、降低运营成本并减少环境污染, 成为化学工程领域亟待解决的重要课题。

### 1 碱性废水处置的现状与难题

#### 1.1 碱性废水的特性

碱性废水通常指 pH>9 的工业废水, 主要来源于纺织、造纸、化工、金属加工等行业<sup>[1]</sup>。其核心特征包括: ①高碱性物质浓度, 如氢氧化钠、碳酸钠等强碱或弱酸盐类, 导致水体腐蚀性强, 直接排放会破坏生态系统酸碱平衡; ②污染物成分复杂, 常含重金属离子 (如  $\text{Cr}^{3+}$ 、 $\text{Ni}^{2+}$ )、有机污染物 (如酚类、表面活性剂) 及悬浮物, 形成胶体或乳浊液体系; ③可生化性差, 高 pH 值会抑制微生物活性, 常规生物处理工艺难以直接应用; ④水量波动大, 部分行业存在间歇

性排放特征, 增加处理系统稳定性控制难度。

#### 1.2 油水分离的技术现状及困境

碱性废水油水分离常用技术包括: 重力分离法, 利用密度差分层, 但乳化油和溶解油处理效率低; 气浮法, 微气泡吸附油滴上浮, 需投药但易二次污染; 膜分离技术, 如超滤和反渗透高效截留油滴, 但膜易污染, 运行成本高<sup>[2]</sup>; 吸附法, 用吸附剂去溶解油, 吸附容量有限且再生难。当前技术面临共性问题: 一是乳化油稳定性高, 需预处理破乳; 二是高盐高碱环境腐蚀材料, 缩短设备寿命; 三是处理成本与效率难平衡, 高浓度含油废水需多级组合工艺。

#### 1.3 工作液损耗与环境后果

流失的工作液通常含有矿物油、合成酯、表面活性剂及极压添加剂 (如硫、磷化合物), 导致废水 COD (化学需氧量) 高达数万 mg/L, BOD/COD 比值 <0.1, 生物降解性极差<sup>[3]</sup>。环境影响主要表现为, 一方面, 土壤污染, 碱性物质导致土壤板结、盐碱化, 抑制植物生长; 另一方面, 水体富营养化, 油类物质覆盖水面阻碍氧气溶解, 表面活性剂增加有机物溶解度, 加剧水生生物毒性; 另外, 生态链破坏, 长期暴

露可能引发微生物群落结构失衡，甚至通过食物链传递威胁人类健康。

2 废水罐改造方案设计

2.1 废水罐管口改造

废水罐管口设计是改造的关键，图 1 列出了管口数据，包括符号、直径、压力、法兰标准及形式等。改造设计需遵循严格标准，确保废水罐高效稳定运行。依据 HG/T20615—2009 标准，所有接口采用 WN 型 RF 法兰连接，选用 316L 不锈钢抵御腐蚀<sup>[4]</sup>。核心管口包括：水相排液口 N1（DN100，CL150 级，快开阀门），工艺介质排出口 N2（底部倾斜面，重力引流），顶部氮气补给口 N4（双阀组，维持微正压）。管口布局遵循功能分区：原料进口 N6（顶部偏心进料，导流管 500mm，配合折流板混合分离），油相 outlets N5（罐体中上部，液位传感器控制球阀）。所有接管与罐体焊接处 100% 射线探伤，焊缝表面粗糙度达标。易产生气阻的管口（如 N3）设计导流叶片，控制气体流速防气蚀。

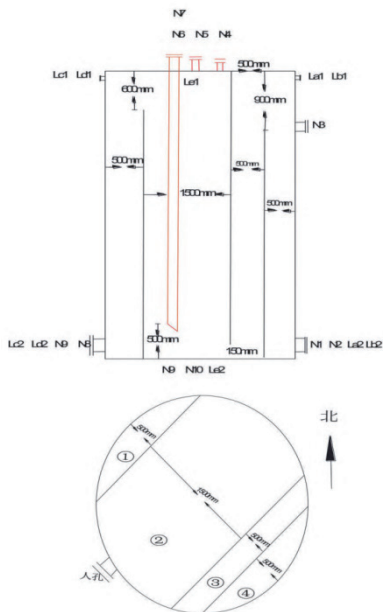


图 1 废水罐的管口改造

2.2 废水罐内部改造

废水罐内部流场优化关键在于三道导流隔板系统。隔板 45 度倾斜布局（西南 - 东北向），将罐体分为三级处理区域：前端初级集油区利用油水密度差初步分离；中部强化分离区配扰流板，延长废水停留时间至 45-60 分钟；后端精处理区设斜板沉淀装置，油水分离效率超 85%。隔板用 304L 不锈钢激光切割，厚 6mm，与罐体全熔透焊接，着色探伤确保无泄漏。结构方面，每道隔板配两组支撑：横向 DN15 不锈钢管为主支撑，纵向 DN20 加强筋辅助，形成 400mm 网格支撑，抗压强度达 1.2MPa。支撑

管件内衬四氟乙烯，耐碱腐蚀寿命超 8 年。导流孔（ $\phi 30\text{mm}@150\text{mm}$ ）平衡压力差，防隔板变形。中部设检修通道，450mm×600mm 矩形人孔，304 不锈钢法兰连接，8+6 螺栓紧固（长边 8 颗 M12，短边 6 颗 M10），配聚四氟乙烯垫片，承压 $\geq 0.6\text{MPa}$ 。人孔下缘距罐底 400mm，便维护且防沉积物堵塞。CFD 仿真显示，改造后流场均匀度从 0.48 提至 0.79，罐体死角问题改善。

3 改造施工要点

3.1 施工材料

废水罐改造工程材料选型严格遵循设计规范与工况需求，重点考虑抗腐蚀、承压及耐久性。隔板用 1500×600×4mm 的 304/304L 不锈钢板，适应 pH12-14 碱性环境。法兰组件按 HG/T20592 标准，DN80/50/20/25 规格满足各管径连接，CL150 压力等级适应 0.6MPa 工况。阀门系统同材质球阀，DN80/50 配蜗轮蜗杆传动，DN20/25 手柄直驱调节。管道为 304/304L 无缝钢管，DN80 主管壁厚 4mm，承压 1.6MPa；DN20/15 变径管偏心异径减阻力。材料采购执行 GB/T14976 标准，附材质证明及探伤报告，核查 Cr $\geq 18\%$ 、Ni $\geq 8\%$  等。安装时，不锈钢部件 TIG 焊接，焊缝酸洗钝化，表面粗糙度 Ra $\leq 12.5\mu\text{m}$ ，确保密闭抗腐。详见表 1。

表 1 主要材料清单

序号	材料名称	规格	材质	数量
1	法兰 / 片	DN80、CL150	304/304L	10
2	法兰 / 片	DN50、CL150	304/304L	6
3	法兰 / 片	DN20/25、CL150	304/304L	8
4	阀门 / 台	DN80、CL150	304/304L	5
5	阀门 / 台	DN50、CL150	304/304L	5
6	阀门 / 台	DN20/25、CL150	304/304L	4
7	无缝钢管 / m	DN80	304/304L	5.5
8	无缝钢管 / m	DN50	304/304L	1
9	无缝钢管 / m	DN20/25	304/304L	1
10	无缝钢管 / m	DN20/15	304/304L	20
11	不锈钢板 / m	1500mm×600mm	304/304L	29.66/35
		D=4mm		

3.2 施工要求

罐体预处理时，按设计图纸激光切割 304L 不锈钢板，精度 $\pm 1\text{mm}$ 。罐顶开  $\Phi 1500\times 200\text{mm}$  进料通道，坡口加工  $30^\circ\pm 5^\circ$ ，便于吊装。管口改造采用电动铰刀精加工，保证法兰面平面度 $\leq 0.1\text{mm}$ 。焊接实施三级质控：先焊隔板支撑，用 TIG 焊，电流 90-120A，速度 80-100mm/min，由内至外，东北侧先焊，UT 检测合格后焊中部隔板。人孔区分段跳焊，每段 150-200mm，间隔 $\geq 10$  分钟，减变形。焊缝 100% 目视检查，余高 0.5-2mm。受限空间作业遵 GB30871-

2022, 作业前 30 分钟测气, 氧气 19.5%–23.5%, 硫化氢 < 10ppm。双监护, 每 2 小时复测, 配长管呼吸器 ( $\geq 300\text{L}/\text{min}$ )、防爆检测仪 ( $\pm 5\%\text{FS}$ )。现场备应急三脚架、安全标识, 夜间用防爆 LED 照明 ( $\geq 100\text{lux}$ )。验收执行三级检验: 焊缝外观检查, 焊脚  $\geq 6\text{mm}$ , MT 检表面缺陷; 整体强度试验, 气压 0.8MPa, 保压 30 分钟压降  $\leq 0.02\text{MPa}$ ; 表面处理验收, 蓝点法检钝化膜, 每平方厘米蓝点  $\leq 4$  个。

## 4 投用操作方案

### 4.1 准备工作

第一, 需对废水罐进行全面检查, 并检查罐内是否有残留物或杂质, 必要时进行清理。第二, 确认废水罐的附属设备, 如液位计、压力表等是否处于正常工作状态, 并进行校准和测试。第三, 还需准备必要的工具和防护用品, 确保操作人员的安全。在投用前, 制定详细的操作规程和应急预案, 并对操作人员进行培训, 确保其熟悉操作流程和应急措施。第四, 与相关部门协调, 确认废水来源、水质、流量等参数, 确保废水罐的设计处理能力与实际需求匹配, 避免超负荷运行。

### 4.2 运行操作

先打开废水罐的进液阀门, 缓慢引入废水, 同时密切监控液位变化。在进液过程中, 要实时监测废水的 pH 值、温度、压力等参数, 确保其在设计范围内。随后启动搅拌设备(如有), 确保废水在罐内均匀混合, 避免沉淀或分层。对于有加热或冷却需求的废水罐, 需根据工艺要求调节温度, 确保废水处理效果。在运行过程中, 定期检查罐体及附属设备的运行状态, 记录相关数据, 并进行分析。运行结束后, 关闭进液阀门, 停止搅拌设备, 并对罐内废水进行处理或转移。最后, 清理现场, 做好设备维护和保养工作。

## 5 废水罐改造技术的经济效益分析

废水罐改造工程的经济效益可通过全生命周期成本 (LCC) 模型进行量化评估。以某化工机械制造企业为例, 改造总投资为 128 万元, 其中设备购置费占比 45%, 施工安装费 32%, 其他费用 23%。改造后系统运行成本明显降低: ①油水分离效能从 68% 提升至 92%, 年回收工作液约 320t, 按市场价 8500 元/吨计算, 年直接收益 272 万元; ②化学药剂消耗量减少 40%, 年节约成本 18.6 万元; ③设备故障率下降 65%, 维护费用降低 24 万元/年。投资回收期约为 0.78 年, 内部收益率 (IRR) 达 137%。从间接经济效益看, 系统稳定性提升使生产连续性提高, 减少因设备故障导致的停产损失约 50 万元/年。改造后废水排放达标率从 82% 提升至 100%, 避免环保罚款及信用损失约 30 万元/年。通过能源管理系统优化, 吨水能耗从 0.85kWh

降至 0.58kWh, 年节电 1.2 万度。经敏感性分析, 当工作液回收率波动  $\pm 10\%$  时, 项目净现值 (NPV) 仍保持正值, 显示较强抗风险能力。

## 6 废水罐改造技术的环境友好型实践

在污染减排方面, 改造后石油类污染物去除率从 55% 提升至 89%, COD 浓度由 2800mg/L 降至 350mg/L, 达到《污水综合排放标准》(GB8978–1996) 一级标准。年减少危险废物产生量约 180t, 降低土壤及地下水污染风险。资源化利用方面, 采用“重力分离+膜过滤”组合工艺, 使工作液回收率提高 37%, 年回收量相当于减少 210t 新鲜切削液消耗。分离后的水相经深度处理后回用率达 65%, 年节约水资源 1.3 万吨。

环境管理创新体现在: ①安装在线监测系统, 实时传输 pH、流量等数据至环保平台; ②设置应急中和池 (容积 50m<sup>3</sup>), 确保事故状态下废水不外排; ③罐体采用环氧树脂防腐涂层 (厚度  $\geq 300\mu\text{m}$ ), 寿命周期内无泄漏风险。某化工园区应用案例显示, 改造后周边土壤盐碱化程度下降 2.3 个 pH 单位, 地下水监测点石油类指标从 0.8mg/L 降至 0.1mg/L, 达到《地下水质量标准》(GB/T14848–2017) III 类标准。该技术通过工艺革新与管理优化的协同效应, 实现了环境效益与经济效益的双赢, 符合循环经济发展理念。

## 7 结语

废水罐改造技术针对传统废水罐的诸多问题, 从管口、内部结构等方面进行优化, 经严谨施工与科学操作, 实现了良好的经济效益与环境效益。降低运行成本、缩短投资回收期, 还大幅减少污染物排放, 提升资源回收利用率。未来, 应持续深化该技术研究, 结合新兴工艺, 进一步提升处理效果与智能化水平, 为化学工业的绿色可持续发展提供更有力的技术支撑, 推动行业在环保与经济协同发展道路上稳步前行。

### 参考文献:

- [1] 徐林, 谯兴芹. 环保工程中废水罐改造技术研究 [J]. 流程工业, 2024(09):60-63.
- [2] 张斌. 化学工程中废水罐改造技术研究 [J]. 石化技术, 2024, 31(08):178-179.
- [3] 马慧娟, 钮艳, 顾艳红, 等. pH 值对高盐废水罐用 304 不锈钢的点蚀行为影响 [J]. 腐蚀科学与防护技术, 2018, 30(04):381-388.
- [4] 王星厚. 氯乙烯装置中废水罐防腐衬里的改进 [J]. 中国氯碱, 2006(11):43-45.

### 作者简介:

张祥木 (1988—), 男, 汉族, 山东莒县人, 本科, 初级职称, 研究方向: 化学工程。

袁泉 (1995—), 男, 汉族, 湖北黄冈人, 本科, 中级职称, 研究方向: 有机化学。