

# 双氧水精制工序停用的工艺优化及节能降本效果探究

连晓瑜 郭庆军 马佳佳

(山西兰花科技创业股份有限公司新材料分公司)

**摘 要:**为响应化工行业绿色低碳发展及企业降本增效需求,本着深入挖潜装置节能降耗能力的目标,车间通过与同行业厂家沟通,与生产部门深入研究,结合后工序实际运行情况,在保证己内酰胺产品质量的前提下,开展工序停用的工艺优化实践与效果评估。通过保证双氧水生产工况稳定,各项指标平稳,改进工序衔接与输送控制等措施,保障下游己内酰胺产品质量的前提下,实现精制工序完全停用。结果表明:工序停用后,双氧水总碳含量稳定控制在 $\leq 150\text{ppm}$ ,己内酰胺产品纯度、挥发性碱含量等关键指标均符合GB/T13254-2017国家标准。年节约成本达193.23万元,同时减少操作人员配置,生产效率显著提升。本次探究了双氧水精制工序停用的技术可行性与经济合理性,为同类化工企业高能耗工序的精简优化提供了数据支撑与实践范例。

**关键词:**双氧水精制;工序停用;工艺优化;节能降本;己内酰胺;国家标准;精简优化

## 1 研究背景

双氧水(过氧化氢)作为己内酰胺生产过程中的关键氧化剂,其纯度与杂质含量直接影响下游产品的质量稳定性与生产效率。在传统己内酰胺生产工艺中,双氧水精制工序通过树脂吸附技术去除总碳等有机杂质,通常需将双氧水总碳含量控制在 $\leq$

60ppm,以满足后续反应需求。然而,双氧水精制工序长期运行存在显著短板:树脂定期更换与处置成本高昂,再生过程消耗大量纯水、蒸汽等能源,同时产生废水排放,不仅增加企业运营成本,也与国家“双碳”战略及化工行业绿色转型要求相悖。

在此背景下,如何在保障产品质量的基础上,实现高成本、高能耗工序的优化甚至精简,成为化工企业提升核心竞争力的关键因素。目前,行业内研究

多聚焦于精制技术的升级替代(如新型树脂研发、膜分离技术应用等),但针对“工序停用”这一极端优化方向的实践研究较为匮乏,尤其缺乏结合具体企业生产实践系统性数据验证与方案总结。

## 2 原双氧水精制工序详情

### 2.1 工艺过程

来自萃取工序的双氧水经过净化塔去除杂质后存于稀品槽,由泵送至精制工序双氧水冷却器降温后,进入吸附塔底部,自下而上流经塔内吸附树脂,进行一级吸附,初步除去其中有机杂质。双氧水自塔顶部流出至一级双氧水中间槽,由双氧水一级泵送至另一个吸附塔,自下而上流经塔内吸附树脂层,进行二级吸附。二级吸附后的双氧水自吸附塔顶留出,经双氧水过滤器滤除其中的机械杂质后流至成品双氧水罐,再由成品双氧水泵送到及内酰胺工段使用。树脂塔共设计5台树脂塔,一组三台,三台树脂塔2台串联使用,经过85%流量使用,一台再生备用,另外一组2台,一台再生备用,一台单独使用,经过15%流量一级吸附直接到成品双氧水罐。塔顶、塔底设置转换版,用以连接塔内物料进出管线。这样可以实现每台吸附塔的任意转换,可保证吸附塔流经一种物料时,其余物料管线与吸附塔断开,避免危险物料接触,保证安全生产,取样分析流出树脂塔的总碳含量,当吸附剂能力明显下降后,切换树脂塔,并对原吸附塔进行再生处理。再生剂选用甲醇,使用过的再生剂(甲醇)经甲醇回收系统精馏提纯,以重复使用。

### 2.2 运行参数

树脂使用周期为2年,双氧水精制工序正常运行过程中,平均1月切换一次树脂塔。切换一次树脂塔,需纯水120m<sup>3</sup>,需0.6MPa蒸汽60t,所需开泵电量310KW·h,切换时损失双氧水约5t,废水产生量

约130t,根据运行时费用计:纯水10元/t,蒸汽130元/t,电费0.45元/KW·h,双氧水成本680元/t,废水处理费用10元/t,综上所述切换一次树脂塔,所需费用为1.3839万元,每年切换树脂塔的费用约为15.23万元(按330天有效生产天数计)。

### 2.3 控制主要指标

原工艺要求双氧水总碳含量≤60ppm,浓度≥27.5%,经树脂塔双氧水温度≤35℃。

### 2.4 成本结构

主要包括树脂采购成本、树脂处置成本、再生能耗成本、专职人工成本及设备维护成本。

## 3 工艺调整方案设计与实施

### 3.1 调整原则

(1)质量优先:确保工序调整后,双氧水质量满足己内酰胺生产要求,产品合格率不低于调整前,对己内酰胺工段安全生产没有负面影响;

(2)安全稳定:分阶段推进调整,循序渐进,边实验边观察,加强己内酰胺指标分析,避免出现己内酰胺产品质量问题,避免生产中断或设备故障,保障运行安全;

(3)效益最大化:在质量与安全前提下,最大化降低成本与能源消耗;

### 3.2 具体调整措施

#### 3.2.1 上游双氧水制备装置参数优化

(1)氢化度的稳定控制:将蒽醌法制备双氧水氢化深度稳定控制≤35%,减少蒽醌降解及副反应生成的有机杂质;

(2)生产双氧水工作液的净化,改造了工作液过滤系统,提升了过滤效果,减少了产品中水溶性有机杂质;

(3)净化塔芳烃定期补加,根据工作液组分变化及双氧水有机炭含量,及时调整,保证指标合格,不

影响后续工段。

### 3.2.2 分阶段停用方案

第一阶段(2023年5月20日-6月5日):减少树脂塔运行数量至2台,保证过树脂塔流量控制在15t/h,其余过副线直接进成品罐,此阶段每日检测精制双氧水出口总碳含量为70-80ppm,己内酰胺产品均为优等品,确认指标稳定;

第二阶段(2023年6月6日-6月20日):仅保留1台树脂塔备用,精制双氧水流量约6t/h,降低运行负荷,精制双氧水总碳含量为80-100ppm,持续监测指标变化,此阶段己内酰胺产品均为优等品;

第三阶段(2023年6月21日起):正式停用所有树脂塔,双氧水总碳含量140-150ppm,持续关注己内酰胺产品均为优等品,进入稳定运行与常态化监测阶段。

### 3.3 调整过程中总碳含量变化

各阶段双氧水总碳含量监测结果显示:第一阶段(2台树脂塔运行),总碳含量稳定在70-80ppm,己内酰胺产品质量符合标准;第二阶段(1台树脂塔备用),总碳含量波动范围为80-100ppm,己内酰胺产品质量符合优等品标准;第三阶段(完全停用),经1年稳定运行,总碳含量在140-150ppm之间,平均值为145ppm,完全控制在 $\leq 150$ ppm的目标范围内,己内酰胺产品质量符合国家标准(优等品),与停用精制工序前无差异。

## 4 经济效益与能耗分析

在保证生产安全及产品质量的前提下,切出双氧水精制工序,可为公司带来如下效益:

(1)树脂采购成本:原工艺年采购成本为5台 $\times 16\text{m}^3/\text{台} \times 4.15\text{万元}/\text{m}^3 \div 2 = 166$ 万元,工序停用后该成

本完全消除;

(2)树脂处置成本:按0.3万元/ $\text{m}^3$ 处置单价计算,年处置成本为5台 $\times 16\text{m}^3/\text{台} \times 0.3\text{万元}/\text{m}^3 \div 2 = 12$ 万元,工序停用后消除;

(3)再生消耗成本:年消耗纯水、蒸汽、电力及废水处理等费用合计15.23万元,工序停用后全部节约;

(4)人工与维护成本:减少1名专职操作人员,年节约人工成本6万元,设备维护成本降低2万元,合计节约8万元。

## 5 结论

本此实践验证了“上下游协同控杂替代单一精制工序”的技术可行性,其核心在于精准把握产品对原料杂质的耐受阈值,打破了“必须精制除碳”的传统认知。该方案具有零投资、高回报、可持续的特点,本此停用精制工序突破“技术替代式优化”的传统思路,探索“工序精简式优化”的可行性,通过揭示上下游工序协同调控对杂质控制的作用机制,明确双氧水总碳含量的合理控制阈值,为同类精制工序的优化提供了新的理论视角与数据支撑,对本企业实践可行,直接实现年成本节约超190万元,降低能源消耗与环保处理压力,提升生产流程稳定性;响应国家绿色低碳政策,推动化工行业从“技术升级降本”向“流程精简增效”转型,助力行业可持续发展。

### 参考文献:

- [1]武金锋. 双氧水纯化工艺比较及选择[J]. 化工生产与技术, 2020, 26(01): 33-35+9. DOI: CNKI: SUN: HG-SC.0.2020-01-013.
- [2]王 犇,陈萌萌,张帆. 过氧化氢提纯净化技术研究进展[J]. 无机盐工业, 2019, 51(06): 1-4+10.