

双氧水生产装置的安全环保优化技术研究

吴彬¹ 程佳² 李开冉²

1. 山东祥安安全技术服务有限公司; 2. 山东腾达技术咨询有限公司

摘要: 双氧水装置在化工生产中具有重要地位,但其生产过程中存在的安全和环保问题一直困扰着企业的稳定运行和可持续发展。本文分析了双氧水装置的现状,提出了一系列工艺优化、安全设施新增、自动化与智能化升级以及绿色改造措施,旨在提高装置的本质安全性、环保水平和生产效率。通过主装置碱系统外移、萃余液在线分析装置的应用、废水回收利用系统的引入和 VOC 排放治理等改造,不仅显著提升了装置的安全管理水平,还达到了节能降耗和资源循环利用的效果。改造后的装置实现了安全、环保、经济效益的全面提升,为双氧水装置的绿色生产提供了新的解决方案和示范。

关键词: 双氧水装置;安全提升;绿色改造;资源回收

在双氧水装置的运行中,传统工艺存在工艺流程复杂、装置自动化水平低、安全监控手段不足以及污染物排放管理薄弱等问题。这不仅增加了生产风险,还限制了绿色生产技术的应用与推广^[1]。以鲁西地区某工厂为例,其双氧水装置在自查与专家评估后,发现系统存在碱洗塔布局不合理、萃余液在线检测设备缺失以及 VOC 排放超标等诸多问题。这些问题直接影响了装置的长周期稳定运行和企业的环境合规性。为应对上述挑战,本文从双氧水装置的安全提升与绿色改造入手,提出了包括工艺优化、安全设施新增、自动化技术升级和环保治理在内的综合性改进策略。通过这些改造措施,不仅能降低生产中的安全风险,还能实现节能降耗和环境保护,为化学工程领域的可持续发展提供借鉴。

1 双氧水装置的生产现状与问题分析

1.1 双氧水生产工艺流程概述

双氧水的工业生产主要采用蒽醌

法,该方法以蒽醌及其衍生物为载体,通过氢化、氧化和萃取等工艺步骤生成双氧水。其典型工艺流程包括 3 个主要步骤:氢化、氧化和萃取。

在氢化阶段,首先将蒽醌溶于有机溶剂(如甲苯或混合芳烃),在催化剂(如钨催化剂)的作用下进行氢化反应,生成蒽醇。随后在氧化阶段,将氢化产物蒽醇通入氧气或空气进行氧化,生成双氧水和蒽醌,蒽醌在此过程中可循环使用^[2]。最后,通过萃取和精制工艺,将生成的双氧水从有机相中萃取到水相中,再经后续处理如过滤、干燥等工序得到成品双氧水。蒽醌法的优势在于原料利用率高,蒽醌可多次循环使用,副产物少。

1.2 安全环保隐患分析

双氧水装置的安全性直接关系到工厂的稳定运行和人员的安全。通过对生产现状的深入分析,主要发现以下几个方面的安全隐患:首先是萃余液含量管理不足的问题。由于萃取塔的操作条件不稳定,萃余液中过氧化氢的浓度往

往超标,这种情况容易导致设备内积料或塔内反应剧烈,甚至可能引发闪爆事故。此外,萃余液的高浓度也会缩短后续设备如白土床和氢化塔的使用寿命,增加设备故障和安全事故的风险。其次是安全设施的缺失。目前部分装置缺乏必要的在线检测和泄压装置,例如在线过氧化氢浓度分析仪、安全阀或爆破片等关键设施配置不足。这使得系统在异常情况下难以及时检测和处置,从而增加了生产风险^[3]。

双氧水装置在运行过程中会产生一定量的废水、废气和固废,如果未能妥善处理,这些污染物不仅会造成资源浪费,还可能对环境和公众健康造成威胁。通过对现状的分析,双氧水装置存在以下几个主要的环保问题:首先是废水处理问题。在双氧水生产过程中,萃余液和其他排水中含有较高浓度的有机物和过氧化物,而传统的污水处理系统难以完全降解这些污染物,导致排放水质不达标,对周边水体环境产生潜在的污染风险。其次是挥发性有机化合物

(VOC)的排放问题。

2 双氧水装置的安全提升策略

2.1 工艺流程优化

2.1.1 主装置碱系统外移

为了提升双氧水装置的安全性,首先对工艺流程中的碱系统进行外移。碱系统主要包括碱洗塔、水洗塔及内部碱性物料处理设备。由于双氧水装置的工艺设计中存在碱性物料与酸性物料混存的情况,极大增加了工艺系统中的安全隐患。特别是在生产过程中,如果碱性

物料与酸性物料发生混合,将可能引发剧烈的化学反应,甚至导致泄漏、闪爆等严重的安全事故。

外移碱系统的过程中,需要新建独立框架以支持碱洗塔、水洗塔和相关管线的重置。这一改造能够有效地避免酸碱混存,降低设备因腐蚀或操作不当而引发安全事故的风险。主装置碱系统流程如图1所示。

2.1.2 配制釜的优化与扩增

配制釜在双氧水生产过程中扮演着重要的角色,其主要用于葱醌溶液的

制备。然而,现有配制釜的设计在布局和容量上存在不合理之处,导致其难以满足生产需求,进而影响系统的整体安全和效率。为此,配制釜的优化与扩增成为提升双氧水装置安全性和运行效率的重要环节^[4]。

在此次改造中如图2所示,首先对现有的两台配制釜进行外移,使其脱离主装置的核心区域。这不仅符合安全指南中“配制釜不得与主装置混存”的要求,还为后续的生产操作提供了更加宽松的空间环境,从而减少因操作不便而带来的安全隐患。由于现场空间狭小、操作不便,在拆卸和迁移过程中还将特别考虑周边环境的安全性,避免在危险区域动火操作。

将配制釜的数量由原来的2台增至3台,以满足当前和未来的生产需求。增加配制釜的数量可以有效地提高生产过程的连续性,尤其在更换白土床的过程中,增加的配制釜能使系统在维护时保持较高的生产效率,避免因物料供应不足而导致生产中断。此外,新增的配制釜将配备自动化加料装置,

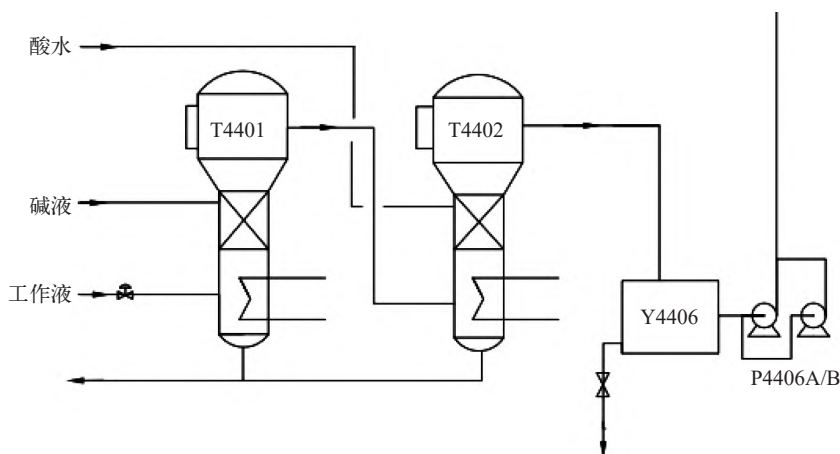
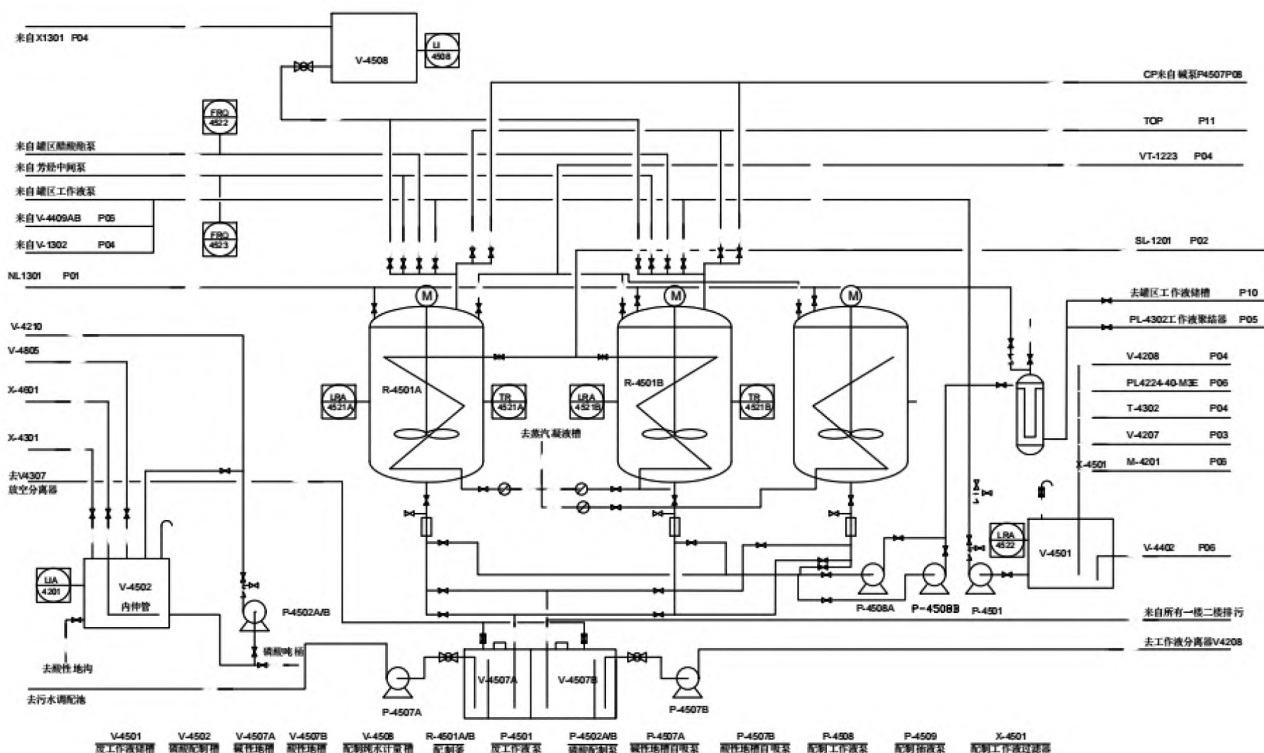


图1 主装置碱系统流程图



操作的频次,从而减少人为失误可能引发的安全风险^[5]。

2.2 安全设施的新增

2.2.1 萃余液在线分析装置的应用

双氧水装置的萃取工艺中,萃余液的过氧化氢含量是影响设备安全和运行效率的关键因素。为有效降低萃余液含量过高带来的安全隐患,新增萃余液在线分析装置是必要的改进措施之一。萃余液中双氧水浓度若过高,容易导致萃取塔内发生积料,继而可能引发双氧水的分解反应,甚至出现萃取塔闪爆事故。此外,过量的双氧水进入后续的白土床和氢化塔,可能导致设备超压,严重时可能引发爆炸。

在改造过程中,将在萃余液出料管线上增设在线过氧化氢浓度检测仪,并实现连锁控制功能。具体来说,当萃余液中过氧化氢的浓度超过 0.3 g/L 时,系统将自动触发紧急停车程序,确保设备和人员的安全。在线分析仪将采取“三取二冗余”方式来进行数据校验,从而提高检测的可靠性和准确性。原有系统中已配备了一台在线分析装置,但考虑到设备的连锁需求和系统可靠性,计划新增两台在线分析装置,以实现连锁点的冗余。

新增的萃余液在线分析装置将大幅提高装置的本质安全性。通过实时监测萃余液中的双氧水浓度,能够及时预警可能存在的安全隐患,避免因浓度失控而导致的装置爆炸事故。此外,这些在线分析装置的引入还将为装置的长周期运行提供保障,减少因萃取不稳定而导致的生产波动。总的来说,萃余液在线分析装置的应用,将显著提升双氧水装置的安全控制能力和运行效率,确保工艺过程的安全、稳定运行。

2.2.2 系统性安全泄压措施的实施

为了提高双氧水装置的安全性,系统性安全泄压措施的实施是不可或缺的改造内容之一。双氧水作为一种强氧化剂,其反应过程中的温度和压力管理非

常重要,特别是在生产过程中如设备堵塞或反应失控时,及时泄压显得尤为关键。通过增设安全泄压装置,可以有效防止设备超压事故的发生,保障装置的本质安全。在此次改造中,将在双氧水装置的氢化系统和后处理系统的过滤器以及白土床上增设安全阀,以确保系统在出现超压时能够及时释放压力。这些安全阀的增设将有助于预防因压力积累而引发的设备破裂、双氧水分解等严重事故。安全阀将安装在过滤器和白土床的近端管线上,并设置了自动感知压力变化的装置,以在超过设定值时迅速启动。通过这种方式,泄压措施能够在设备遇到异常情况时自动响应,最大程度地保障设备和人员的安全。

3 双氧水装置的绿色改造策略

3.1 资源回收与再利用

3.1.1 废水回收利用系统

在双氧水生产过程中,废水的产生是不可避免的,其中含有一定量的有机物和过氧化氢。如果这些废水未得到妥善处理,不仅浪费资源,还会对环境产生潜在危害。

此次改造中,将通过在系统中新增储罐、机泵和相关管线,将废水回收至氧化塔进行再利用。这些新增的储罐用于收集内部的废水以及萃余液聚结器的排水,通过泵将这些废水输送至氧化塔中进行二次利用。这样可以显著降低系统内废水的产生量,减少对污水处理设施的压力。此外,通过利用原有的配制釜作为缓冲罐接收废水,可以有效整合现有设施,避免重复投资,实现水资源的循环利用。

3.1.2 隔油池油相回收装置

双氧水装置在生产过程中会产生大量的含油废水,而这些废水中的油相通常难以处理,直接排放会对环境造成污染,也是一种资源浪费。在此次改造中,将通过在隔油池中增设储罐和泵等设备,对油相进行独立收集与处理。具

体来说,隔油池中的油相会被抽取至专用的储罐中,在储罐中静置分离出水相和油相,水相则排入后续处理单元或进行外送。油相经过泵输送至盛装氧化铝的容器中,通过循环过滤实现油相的净化。氧化铝再生处理后的油相可以直接回收利用,这不仅减少了对新鲜油的需求,还降低了生产成本。对于经过再生处理的油相,如果在压力升高到一定程度时,氧化铝装置会按照白土床进行处置,进一步确保回收处理过程的安全性和有效性。隔油池油相回收装置的引入还能够显著提高配制釜的利用效率,降低其工作量。通过减少工作液的污染负荷,配制釜的清洗频次也将显著下降,一般来说可减少清洗时间长达 15 天,这对于保持系统内的稳定平衡至关重要。隔油池的油相回收装置可以与碱性系统和配制系统共同建立在同一框架上,通过共享设备和人力资源,进一步降低企业的运行成本和管理复杂性。

3.2 污染治理措施

3.2.1 VOC 排放控制与治理

双氧水装置在生产过程中会产生大量的挥发性有机化合物(VOC),这些物质不仅会对环境空气质量产生不良影响,还会直接威胁到周边人群的健康。在本次改造中,主要通过对事故池及地槽周边进行封闭处理来实现 VOC 的有效控制。为了防止 VOC 的无序排放,将在事故池和酸碱地槽的周边增设抽风装置,将密封棚内的有害气体集中抽出并处理。这些有害气体将通过风机被引导至高空排放或送入炉子中进行燃烧处理,以确保挥发性有机物的浓度符合国家环保标准,减少对环境的污染。

3.2.2 密封处理的应用

双氧水装置在运行过程中,因其涉及酸性、碱性和挥发性物料的处理,存在多处可能导致环境污染的风险。尤其是事故池、隔油池和地槽,这些区域在原始设计时仅考虑了安全排放问题,而忽略了对于环保的要求,这使得装置在

运行过程中产生较大的异味和挥发性有机物 (VOC) 排放。在本次绿色改造中, 将在事故池及酸碱地槽区域增设密封棚子, 以实现异味和挥发性物料的控制。将这些气体送至高空排放或导入到炉子进口进行焚烧处理, 以消除异味并减少 VOC 的排放。这一改造措施不仅能够有效控制挥发性物料的排放, 还能显著改善车间内和周边环境的空气质量, 减少工人暴露在有害气体中的风险。

4 改造效果评估

4.1 安全性提升分析

双氧水装置的改造措施显著提升了生产系统的本质安全性, 尤其是在关键工艺环节和设备安全管理方面。通过主装置碱系统的外移和配制釜的优化, 装置内酸碱物料的隔离得到了有效加强, 减少了因物料混合而可能引发的化学反应风险, 从而降低了设备损坏和安全事故的发生概率。这一措施使工艺布局更加合理, 消除了传统布局中存在的显著隐患, 确保了系统在长期稳定运行中的安全性。新增的萃取液在线分析装置和系统性安全泄压装置, 为生产过程提供了更强的实时监控能力。在线分析装置的引入, 使得萃取液中的过氧化氢含量能够得到持续监测, 并在超出安全范围时立即采取自动应对措施, 避免因浓度失控引发的装置事故。安全泄压装置的增设也使得系统在压力超标时能够迅速释放, 预防因超压导致的设备爆裂和双氧水分解事故。这些关键设备的新增, 使得安全管理从原有的事后应急处置转向了实时监控和预防为主, 提升了整个生产系统的本质安全性。

4.2 环保效益评估

通过实施一系列绿色改造措施, 双氧水装置的环保效益得到了显著提升。废水回收利用系统的引入, 使得装置产生的废水能够得到二次利用, 有效减少了废水的排放量。改造后, 通过将废水引入氧化塔中进行再利用, 不仅降低了

污水处理设施的压力, 还减少了对外部水资源的需求。这种水资源的循环使用, 使得双氧水生产的水资源利用率大幅提高, 减少了企业的环境影响。在挥发性有机化合物 (VOC) 的排放控制方面, 新增的密封处理和抽风系统显著降低了事故池和酸碱地槽周边的 VOC 排放。这些措施改善了车间和厂区的空气质量, 减少了 VOC 对环境和员工健康的影响。

4.3 经济效益分析

双氧水装置的改造措施在安全和环保效益之外, 也为企业带来了显著的经济效益。工艺流程的优化和设备改造有效提高了生产效率, 减少了因设备故障和工艺不稳定而导致的停机时间。配制釜的增设与优化, 使得生产过程中的白土床更换更加顺畅, 减少了因物料供应不足而导致的生产中断。自动化加料装置的应用显著降低了人工操作的频次, 提高了生产的连续性和可靠性。

这些工艺改进措施直接提升了设备的利用率和生产效率, 减少了人工成本和维护成本。资源的回收与再利用也带来了显著的经济效益。例如, 废水回收利用系统不仅减少了污水处理费用, 还通过水资源的二次利用降低了生产用水的需求, 节约了大量的水资源成本。隔油池油相回收装置的引入, 通过对油相的再生处理实现了物料的循环利用, 减少了新鲜油的采购量, 降低了生产原料的成本消耗。此外, VOC 排放控制和密封处理等环保措施的实施, 减少了企业因超标排放而可能面临的环境处罚, 降低了企业的环保合规风险。

能源优化措施的实施也是经济效益提升的重要方面。通过对热交换系统、溶剂循环和电气系统的节能改造, 装置的能耗得到了有效降低。变频控制技术的应用, 使得设备可以根据工况自动调节运行速度, 减少了不必要的能耗, 进一步降低了生产成本。加上节能灯具和其他节能设备的使用, 企业的整体能源

消耗显著减少, 节约了大量的能源成本。

总体来看, 双氧水装置的改造不仅提高了生产系统的安全性和环保水平, 也为企业创造了显著的经济效益。从提高生产效率、减少资源消耗到降低能耗, 改造措施全面推动了企业的经营效益提升, 为实现绿色和高效的生产提供了坚实的保障。这些经济效益不仅增加了企业的利润, 还增强了企业在市场中的竞争力, 是企业可持续发展的重要推动力。

5 结语

通过对双氧水装置进行一系列安全提升与绿色改造, 本文实现了生产系统的多方面改进。改造后的双氧水装置, 不仅在本质安全性上大幅提升, 减少了生产过程中可能出现的各种安全隐患, 还在环保方面取得了显著成效, 实现了废水回收、VOC 控制和资源循环利用。此外, 改造还带来了显著的经济效益, 通过提高生产效率、降低能耗和资源消耗, 增强了企业的市场竞争力。这些改造措施使双氧水装置在生产过程中更具安全性和环保性, 也为其他化工装置的绿色转型提供了有益的借鉴。

参考文献:

- [1] 徐占杰. 化工安全技术与环境风险评估分析 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44 (21): 1-3.
- [2] 魏伟. 石油化工安全技术与安全控制探讨 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44 (21): 130-132.
- [3] 刘毅, 叶睿博. 石油化工安全生产风险控制的关键技术 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44 (20): 13-15.
- [4] 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.
- [5] 田晴. 化工安全与环保多元化教学模式的研究探索 [J]. 化纤与纺织技术, 2022, 51 (08): 197-199.