

丁辛醇装置配套残液与尾气回收工艺优化探讨

魏 丹

阳煤集团淄博齐鲁第一化肥有限公司 山东 淄博 255400

摘 要: 丁辛醇装置配套残液与尾气回收工艺对降低装置消耗意义重大。本文先阐述各相关装置与丁辛醇装置的关联及对回收工艺的影响,接着分析残液与尾气回收工艺现状及存在的问题,包括回收效率低、流程复杂、能耗高、存在污染等。最后从工艺流程、回收技术、能量利用、设备选型与改进等方面探讨优化方向,以实现降本增效、绿色环保的优化目标。

关键词: 丁辛醇装置;残液回收;尾气回收;工艺优化

引言: 丁辛醇作为重要的化工原料,在工业生产中应用广泛。丁辛醇装置生产过程中会产生残液与尾气,其中含有大量可回收利用的有效组分。配套的残液与尾气回收工艺,对于降低装置消耗、提高资源利用率、减少环境污染至关重要。然而,当前回收工艺存在诸多问题,制约了丁辛醇装置的整体效益提升。因此,深入探讨其优化方向具有重要的现实意义。

1 各相关装置与丁辛醇装置的关联及对回收工艺的影响

1.1 空分装置

空分装置是丁辛醇生产系统的核心供气单元,承担多等级气体供应任务,直接关联丁辛醇装置稳定运行与回收工艺高效开展。高压氧气主要输送至煤气化装置,为原料煤转化提供必要反应条件,间接支撑丁辛醇装置原料合成气稳定产出;氮气应用于全厂开车吹扫、置换、机封保护及触媒升温还原等关键环节,仪表空气与工厂空气则保障丁辛醇装置及回收工艺相关设备正常运转。气体供应稳定程度直接影响回收工艺操作稳定性,供气参数波动会导致回收系统工况失衡,干扰有效组分分离效果,增加工艺调整难度,甚至影响回收工艺连续运行。

1.2 煤气化装置

煤气化装置是丁辛醇生产的原料源头,原料煤经高温高压气化反应转化为以 H_2 和 CO 为主要成分的粗合成气^[1]。该转化过程依托煤的热化学转化原理,通过控制反应温度、压力及气化剂比例,实现原料煤高效转化,生成的粗合成气为后续变换、净化及丁辛醇合成提供核心物质基础,是整个生产链条的前提保障。粗合成气成分波动会对回收工艺产生潜在影响,组分比例偏差会改变后续净化过程负荷,干扰回收工艺中有效组分分离效果,导致回收系统需频繁调整操作参数,适配原料成分变化。

1.3 变换及热回收装置

变换及热回收装置核心功能是调整气体组分比例并实现能量回收,与丁辛醇装置及回收工艺存在紧密能量与物质关联。一氧化碳变换反应依托催化作用,使粗合成气中 CO 与水蒸气发生转化反应,生成 H_2 和 CO_2 ,调整气体中 H_2/CO 比,使之满足丁辛醇合成工艺要求。热回收过程针对变换反应释放的大量热能进行回收,回收的热能可用于回收工艺加热环节,提升能量利用效率,减少外部能源消耗,热回收效率高直接关系回收工艺能耗水平,影响工艺整体经济性。

1.4 低温甲醇洗装置

低温甲醇洗装置采用物理吸收原理,对变换气中的酸性气体进行脱除处理,核心是利用甲醇在低温条件下对 CO_2 、 H_2S 、 COS 等酸性组分的高溶解度,实现气体深度净化。净化后的气体纯度直接影响后续回收工艺中有效组分回收效果,酸性气体脱除不彻底会导致杂质在回收系统中累积,影响回收产品质量,还可能对回收设备造成腐蚀,缩短设备使用寿命,进而干扰回收工艺稳定运行。

1.5 制氢装置

制氢装置采用PSA制氢技术实现氢气分离与提纯,依托吸附剂对混合气体中不同组分的吸附容量差异,实现 H_2 与其他杂质高效分离,最终制取纯度99.9%的 H_2 。该 H_2 直接输送至丁辛醇装置用于加氢反应,纯度与供应稳定性对丁辛醇合成反应及回收工艺均有显著影响。氢气纯度不足会导致反应副产物增加,改变残液与尾气组分构成,增加回收工艺处理难度;供应不稳定会导致回收系统工况波动,降低有效组分回收效果,影响工艺整体稳定性。

2 丁辛醇装置配套残液回收工艺现状分析

2.1 残液的来源及成分特点

丁辛醇装置生产过程中,残液主要来源于丁醛合成

及精馏分离等核心工序。丁醛合成工序中,丙烯、合成气与氢气在催化剂作用下发生加成反应,反应不完全会产生重组分副产物,这些副产物随反应产物进入后续精馏分离工序;精馏分离阶段用于分离正丁醛与异丁醛,操作过程中部分高沸点组分无法通过精馏实现有效分离,最终形成残液排出系统。残液成分以高沸点有机化合物为主,主要包含未反应完全的丁醛、丁醇、辛醇等目标产物,同时含有少量醛类衍生物、醇类异构体及重组分聚合物,成分复杂且沸点差异较大,给后续回收分离带来一定难度,其成分组成与丁辛醇合成反应条件及精馏操作参数密切相关。

2.2 现有残液回收工艺流程

现有残液回收工艺遵循“收集-预处理-分离提取”的核心流程有序开展,如图1所示。残液收集环节通过专用管道系统,将丁醛合成、精馏分离等各工序产生的残液统一输送至残液储罐,实现残液集中管控,避免分散排放造成的物料浪费与环境影响。预处理环节主要针对残液中的机械杂质进行去除,通过过滤、沉降等方式分离残液中的固体颗粒物,减少杂质对后续分离设备的磨损与堵塞,保障回收工艺稳定运行^[2]。分离提取环节是残液回收的核心,采用精馏分离技术,依据残液中各组分沸点差异,通过控制精馏塔温度、压力等操作参数,实现目标组分与重组分杂质的分离,分离得到的有效组分可回送丁辛醇主装置重新利用,剩余重组分则作为废料进行后续处理。



图1

2.3 现有工艺存在的问题

回收效率偏低是现有残液回收工艺的主要短板,受分离技术及设备性能限制,残液中部分低含量有效组分难以被充分捕捉与分离,导致这部分可利用组分随残液废料排放,造成物料浪费,也降低残液回收的资源化价值,与丁辛醇装置降本增效的生产需求存在差距。工艺流程复杂程度较高同样制约工艺优化发展,现有工艺各环节衔接需严格控制操作参数,预处理与分离提取环节配备多种专用设备,设备之间协同操作要求严苛,任一

环节出现操作偏差都会影响整个回收工艺的运行效果,且流程设计缺乏灵活性,难以快速适配残液成分的波动变化。工艺能耗较高也是现有工艺的突出问题,分离提取环节需消耗大量热能用于精馏塔升温,这些热能使用后大多直接排放,未实现有效回收再利用,同时各环节能量消耗缺乏统筹规划,能量分配不均衡,进一步提升工艺整体能耗,增加丁辛醇装置生产运行成本。

3 丁辛醇装置配套尾气回收工艺现状分析

3.1 尾气的来源及成分特点

丁辛醇装置生产过程中,尾气主要来源于丁醛合成、精馏分离、加氢反应及残液回收等各核心工序^[1]。丁醛合成工序中,原料气反应不完全会产生少量未参与反应的丙烯、氢气及一氧化碳,这些气体随反应尾气排出;精馏分离环节中,低沸点组分易挥发形成尾气,包含少量丁醛、丁醇等轻组分;加氢反应及残液回收过程也会伴随少量气体排放,共同构成丁辛醇装置尾气体系。尾气成分以可燃性气体为主,主要包含氢气、一氧化碳、丙烯等有效组分,同时含有少量醛类挥发物、醇类挥发性物质及微量酸性气体,成分相对复杂且组分含量波动较大,其中有效组分具备回收利用价值,而微量有害组分若直接排放会造成环境影响,其成分构成与丁辛醇生产各工序操作参数密切相关。

3.2 现有尾气回收工艺流程

现有尾气回收工艺以“收集-净化-回收”为核心流程,各环节有序衔接、协同运行。尾气收集环节通过密闭管道系统,将丁辛醇生产各工序产生的尾气统一汇总,输送至专用尾气缓冲罐,实现尾气集中收集与暂存,避免尾气泄漏造成的物料浪费与安全隐患。净化环节是尾气回收的关键前置步骤,主要针对尾气中的微量杂质及有害组分进行处理,通过吸附、洗涤等技术去除尾气中的酸性物质、固体颗粒物及挥发性有害有机物,减少杂质对后续回收设备的腐蚀与堵塞,保障回收工艺稳定运行。回收环节采用吸附分离或冷凝分离技术,依据尾气中各组分的物理化学性质差异,实现有效组分与杂质的分离。

3.3 现有工艺存在的问题

尾气中有效组分回收不完全是现有工艺最突出的问题。受回收技术及设备性能限制,尾气中部分低浓度有效组分难以被充分捕捉与分离,导致这部分组分随尾气排放,不仅造成物料浪费,还降低尾气回收的资源化价值,与丁辛醇装置降本增效的生产目标不符。尾气处理过程中的环境污染问题同样不容忽视,现有净化工艺对尾气中微量有害组分的去除效果有限,部分未被完全净

化的有害气体排放后,会对周边环境造成潜在影响,难以满足绿色化工生产的环保要求。工艺能耗较高也是现有尾气回收工艺的主要短板,尾气净化与回收环节需消耗大量电能与热能,且能量使用过程中缺乏合理统筹,大部分能量未实现回收再利用,导致工艺整体能耗偏高,增加丁辛醇装置的生产运行成本。

4 残液与尾气回收工艺优化方向探讨

4.1 工艺流程优化

简化残液回收工艺流程需立足现有工艺短板,结合残液成分特点与回收目标,整合冗余环节、优化操作衔接^[4]。可通过合并预处理与分离提取中的重复操作,减少设备投入与操作步骤,摒弃不必要的中间缓冲环节,实现残液从收集到回收的高效衔接,降低工艺操作复杂度与管控成本。优化过程中需兼顾工艺稳定性,确保简化流程不会影响残液中有效组分的分离效果,同时提升工艺调整灵活性,更好适配残液成分波动。整合尾气回收工艺环节需围绕“收集-净化-回收”核心流程,打破各环节独立运行模式,实现各环节操作参数的统筹匹配。可将尾气收集与缓冲环节进行整合,减少尾气滞留时间,降低泄漏风险;优化净化与回收环节的衔接流程,避免中间输送过程中的组分损耗,提升尾气回收整体效率,实现工艺环节的协同高效运行。

4.2 回收技术改进

采用新型分离技术是提高残液和尾气中有效组分回收率的核心路径。针对残液成分复杂、沸点差异较大的特点,可引入膜分离或萃取分离等新型技术,替代传统精馏分离技术,强化低含量有效组分的捕捉与分离,提升残液回收的资源化利用率。针对尾气中低浓度有效组分难以回收的问题,可采用吸附-解吸一体化技术或低温精馏技术,优化组分分离效果,减少有效组分流失。引入先进的净化技术可有效改善尾气处理效果,结合尾气中有害组分特性,采用高效吸附材料与深度洗涤技术,强化微量酸性气体、挥发性有害有机物的去除,降低尾气排放对环境的影响,同时减少杂质对回收设备的损害,为有效组分回收提供保障,契合绿色化工生产要求。

4.3 能量利用优化

实现残液和尾气回收过程中的能量梯级利用,需基

于各环节能量需求差异,合理分配与回收利用能量。残液分离提取环节消耗的热能可回收用于预处理环节升温,尾气冷凝回收环节产生的冷能可用于尾气净化降温,形成能量循环利用体系,减少能源浪费。优化能量分配模式,根据各环节能耗特点,合理调配电能与热能供给,避免能量冗余消耗。回收工艺与其他装置的能量耦合优化可依托丁辛醇生产系统整体能量布局,将回收工艺与变换及热回收、低温甲醇洗等装置进行能量联动,利用其他装置的余热、余压为回收工艺提供能量支撑,同时将回收工艺产生的能量回送其他装置循环利用,实现整个生产系统能量的高效统筹,降低整体能耗。

4.4 设备选型与改进

根据优化后的工艺要求,科学选择适配的回收设备是保障优化效果的关键。针对现有设备存在的性能短板,开展针对性改进工作,对设备结构进行优化设计,提升设备对组分分离的精准度与效率;加强设备密封性能改进,减少残液与尾气泄漏,降低物料浪费与安全隐患;优化设备运行参数,提升设备适配性,确保设备能够长期稳定运行,为回收工艺优化提供硬件支撑,推动残液与尾气回收工艺实现降本增效、绿色环保的优化目标。

结束语

通过对丁辛醇装置配套残液与尾气回收工艺的全面分析,明确了现有工艺存在的问题。从工艺流程优化、回收技术改进、能量利用优化以及设备选型与改进等多方面提出的优化方向,具有较强的针对性和可操作性。落实这些优化措施,有望提升残液与尾气回收效率,降低工艺能耗,减少环境污染,推动丁辛醇装置实现更高效、更环保的生产运营,提升整个生产系统的综合效益。

参考文献

- [1]关鹏.浅析丁辛醇装置经济运行[J].天津化工,2022,36(1):17-19.
- [2]郝坤.丁辛醇装置丁醛异构物塔分离操作分析[J].石化技术,2023,30(6):271-273.
- [3]霍其雷,李伟,刘鑫,等.丁辛醇装置辛醇提质改造的工业应用[J].石化技术,2024,31(11):12-15.
- [4]宁川.丁辛醇装置弛放气有效组分回收技术刍议[J].石油石化物资采购,2022(22):52-54.