

空分技术进展与低温精馏效率优化研究

赵 启

浙江巴陵恒逸己内酰胺有限责任公司 浙江 杭州 310000

摘要:空分技术,即空气分离技术,是工业生产中不可或缺的关键技术之一。近年来,随着科技的进步和工业化需求的提升,空分技术取得了显著进展。其中,低温精馏技术作为空分领域的重要分支,其效率优化成为研究热点。本文综述了空分技术的最新进展,并重点探讨低温精馏效率优化的关键技术和方法。通过改进热交换器设计、应用高性能保温材料以及集成自动化与智能化控制系统等手段,低温精馏效率得到显著提升,为化工、医药、冶金、电子等行业的高质量气体供应提供有力保障。

关键词:空分技术;低温精馏;效率优化;化工产业

引言:空分技术,作为工业生产中获取高纯度气体的重要手段,一直以来都备受瞩目。近年来,随着科技的飞速进步和工业化需求的日益增长,空分技术取得了显著进展。其中,低温精馏技术作为空分领域的核心,其效率优化成为当前研究的热点。本文旨在综述空分技术的最新进展,并深入探讨低温精馏效率优化的策略与方法,以期对相关领域的发展提供理论支持与实践指导。

1 空分技术概述

1.1 空分技术基本原理

空分技术,即将空气中的各组分进行分离,生产氧气、氮气和氩气等气体的一套工业设备与技术。其核心原理是利用空气中各成分的沸点差异,通过低温精馏实现氧气与其他气体的分离。具体来说,环境空气首先通过空气压缩机被压缩,然后进入净化系统,去除其中的水分、二氧化碳、碳氢化合物和杂质,确保系统内气体的纯净性。净化后的压缩空气通过板式换热器及膨胀机制冷后逐步冷却到接近液态状态,一部分空气被液化,主要成分(氧、氮、氩)进入气液共存状态。液化空气进入低温精馏塔,利用氧气、氮气和氩气的沸点差异(氮气约为 -196°C ,氧气约为 -183°C ,氩气约为 -186°C),通过精馏实现成分分离。中压塔顶部获得高纯度的氮产品,低压塔低部获得高纯度氧产品。空分技术不仅限于生产氧气、氮气和氩气,还可以分离出稀有气体如氦、氖、氪、氙、氡等,这些气体在特定领域具有独特的应用价值。例如,氦气在光学仪表、稀有金属冶炼、发射火箭等方面有重要应用;氖气则用于霓虹灯及作为电子工业的填充介质。

1.2 空分技术应用领域

空分技术在多个领域有着广泛的应用,具体包括但不限于以下几个方面:(1)工业领域。在钢铁制造中,氧气

用作燃烧助剂,显著提高燃烧效率和温度,从而降低能源消耗并提升生产效率。氧气还用于合成氨、乙烯、甲醇等化工产品的生产中,作为氧化剂或原料参与氧化反应。氮气则用于保护性气体、食品包装和电子制造等方面;(2)能源领域。空分技术为能源行业提供氧气,用于燃料燃烧和能源转换,例如煤炭气化和石油炼制^[1];(3)环保领域。氧气还用于废水处理、烟气脱硫和固体废物焚烧,提高环保效率;(4)医疗领域。医用氧气广泛用于医院和急救设备,支持患者呼吸并治疗缺氧性疾病。液态氧储运的便利性使其成为偏远地区医疗用氧的首选;(5)其他领域。空分技术还应用于玻璃制造、造纸工业和食品保鲜中,例如在玻璃窑炉中助燃,在纸浆漂白中作为氧化剂,以及用于气调保鲜技术。稀有气体如氦、氖、氪、氙、氡等也在各自特定领域发挥着重要作用。

2 空分技术最新进展

2.1 高效空分装置的研发

近年来,随着科技的进步和工业的发展,高效空分装置的研发取得显著进展。以杭氧集团股份有限公司为例,该公司为宝丰能源内蒙古煤制烯烃示范项目精心配套的6套11万标准立方米/小时空分装置,不仅采用自主研发的高压铝制板式换热器和大口径分子筛切换三杆阀等核心部件,更在设计 and 建设上实现了多项突破。这些空分设备不仅提高生产效率,还降低能耗和成本,为国产特大型空分装备的发展树立了新的标杆。国内空分行业已经步入高速发展期,6万等级、8万等级甚至更高等级的空分设备正成为广大空分设计人员的研究课题。这些高效空分装置的研发和应用,不仅提高气体的分离效率,还降低生产成本,推动空分技术的进一步发展。

2.2 自动化与智能化技术的应用

随着智能化技术的不断发展,空分设备行业正逐步向智能化制造转型。通过引入人工智能技术,空分设备的自动化程度和智能化水平得到了显著提升。智能化技术的应用为空分设备行业带来了新的商业模式和发展机遇。例如,通过智能运营中心实时监控与过程追溯,可以确保装备运行稳定、节能环保。智能化技术还可以实现设备的远程监控和故障诊断,提高设备的维护效率和使用寿命。

2.3 空分技术的模块化与小型化发展

随着工业自动化的深入和市场需求的变化,空分技术的模块化与小型化发展成为了重要趋势。模块化设计使得空分设备可以更加灵活地组装和拆卸,降低了运输和安装成本。小型化设计使得空分设备可以更加便捷地应用于各种场景,如偏远地区、船舶、飞机等。模块化与小型化发展的空分技术不仅提高设备的灵活性和便携性,还降低生产成本和能耗。这使得空分技术可以更加广泛地应用于各个领域,推动空分技术的普及和发展^[2]。

3 低温精馏效率优化的关键技术

在低温精馏过程中,效率的优化是提高气体分离程度、降低能耗以及提升整体经济效益的关键。这一过程涉及多个环节的精细调控和技术创新,其中高效热交换器设计、低温保温材料的应用以及自动化与智能化控制系统的集成,构成了优化低温精馏效率的三大核心技术。

3.1 高效热交换器设计

高效热交换器是低温精馏系统中的核心组件,其设计直接关系到空气预冷、液化及精馏过程中的热效率。传统热交换器在面临高压、低温及高流速的工作条件时,往往存在热损失大、压力降高、维护成本高等问题。设计高效、紧凑、耐用的热交换器成为提升低温精馏效率的首要任务。现代高效热交换器设计采用了诸如铝制板翅式、螺旋缠绕式等结构,这些结构能极大增加换热面积,同时减少流体流动阻力,从而提高换热效率。采用先进的传热强化技术,如翅片表面特殊处理、流体扰动设计等,可进一步增强换热性能。材料选择上,耐腐蚀、高强度且导热性能优良的材料(如钛合金、铝合金等)被广泛应用,以适应极端工作环境。高效热交换器的应用显著降低空气预冷和液化过程中的能耗,减少热损失,使得更多能量被有效利用于气体液化,从而提高整个精馏系统的效率。紧凑的设计减少占地面积,降低设备成本,为低温精馏装置的模块化、小型化发展提供了可能。

3.2 低温保温材料

低温精馏过程中,保持低温环境的稳定性至关重要

要。任何不必要的热传导都会导致能耗增加和精馏效率下降。因此选用高性能的低温保温材料,构建有效的隔热屏障,是优化低温精馏效率的另一关键。低温保温材料需具备低导热系数、高抗压强度、良好的化学稳定性和长期使用下的尺寸稳定性。常用的低温保温材料包括珠光砂、多层绝热材料(MLI)、泡沫塑料、气凝胶、真空绝热板等。这些材料通过减少热传导、对流和辐射,有效隔离外部环境对低温系统的热干扰。高性能保温材料的应用极大地减少热损失,延长液化空气的保持时间,降低再液化能耗。保温层的优化设计和安装还减少冷桥效应,提高系统的整体热效率。在极端气候条件下,保温材料的选择和应用更是直接关系到低温精馏装置的稳定运行和能效表现。

3.3 自动化与智能化控制系统的集成

随着信息技术的飞速发展,自动化与智能化控制系统在低温精馏领域的应用日益广泛。这些系统通过精确监测和控制各项工艺参数,实现了对精馏过程的精细化管理,显著提升操作效率和产品质量。自动化控制系统通常包括数据采集与监控系统(SCADA)、过程控制系统(PCS)、先进过程控制(APC)以及预测性维护系统。这些系统能够实时监测温度、压力、流量等关键参数,并根据预设算法自动调节阀门开度、压缩机转速等,以维持最佳操作条件。智能化方面,利用大数据分析、机器学习等技术,系统能够预测故障趋势,提前采取措施,避免非计划停机,保障生产连续性和安全性^[3]。自动化与智能化控制系统的集成显著提高低温精馏过程的稳定性和可控性,减少人为操作误差,提升产品质量和能效。通过优化操作策略,系统能够在保证产品纯度的基础上,最大限度地降低能耗,延长设备寿命,智能化技术的应用还促进远程监控和维护,降低运维成本,提升了整体运营效率。

4 低温精馏效率优化在化工产业中的应用

在化工产业中,低温精馏技术的效率优化不仅关乎生产成本与产品质量,更是推动产业升级、提升整体竞争力的关键因素。通过优化低温精馏过程,企业能够更高效地生产出各类高纯度气体,满足化工、医药、冶金、电子等多个行业对高质量气体的迫切需求。

4.1 化工生产中的原料气体供应

化工生产过程中,原料气体的纯度与稳定性直接关系到最终产品的质量与生产效率。低温精馏技术作为生产高纯度气体的主要手段之一,其效率优化对于确保化工生产的原料气体供应至关重要。通过优化低温精馏过程,企业能够显著提高原料气体的制备效率。例如,

采用先进的热交换器设计与保温材料,可以大幅度降低能耗,同时提升气体液化效率,确保原料气体的稳定供应。自动化与智能化控制系统的集成,使得原料气体的制备过程更加精准可控,减少了人为操作带来的误差,进一步提升原料气体的纯度与稳定性。低温精馏效率的优化不仅提升原料气体的制备效率,还有效降低生产成本。通过精确控制各项工艺参数,企业能够最大限度地减少能耗与物料浪费,提高资源利用率。这对于化工企业来说,意味着更高的经济效益与更强的市场竞争力。原料气体的纯度与稳定性是化工产品质量的重要保障,低温精馏效率的优化,使得企业能够生产出更高纯度的原料气体,从而满足高端化工产品的生产需求,提升整体产品质量与附加值。

4.2 医药制造中的高质量气体需求

医药制造行业对高质量气体的需求极为严格,尤其是在生物制药、疫苗生产等领域。低温精馏技术的高效运用,为医药制造提供了稳定、可靠的高质量气体供应。医药制造过程中,高纯度氧气、氮气等气体的应用广泛。通过优化低温精馏过程,企业能够生产出符合GMP(良好生产规范)要求的高纯度气体,确保医药产品的无菌生产与质量控制。在生物制药与疫苗生产过程中,无菌环境至关重要。低温精馏技术的高效运用,不仅提供了高纯度的气体,还有助于维持生产环境的无菌状态,降低污染风险,提升医药产品的安全性与有效性。医药制造行业对生产效率与成本控制有着极高的要求。低温精馏效率的优化,使得企业能够在保证产品质量的前提下,提高生产效率,降低生产成本,增强市场竞争力。

4.3 冶金工业中的高纯度氧气供应

冶金工业中,高纯度氧气的应用极为广泛,是提升冶炼效率、降低能耗的关键因素。低温精馏技术的效率优化,为冶金工业提供了稳定、高效的高纯度氧气供应。在钢铁冶炼、有色金属冶炼等过程中,高纯度氧气作为氧化剂,能够显著提高冶炼效率,降低能耗。通过优化低温精馏过程,企业能够生产出更高纯度的氧气,进一步提升冶炼效率与产品质量。冶金工业是能源消耗与环境污染的重点行业^[4]。低温精馏效率的优化,使得企业能够在保证冶炼效率的同时,减少能源消耗与废弃物

排放,实现绿色生产,符合可持续发展的要求。高纯度氧气的稳定供应,不仅提升冶金工业的生产效率与产品质量,还为企业带来显著的经济效益。节能减排与环保措施的实施,也为企业赢得良好的社会声誉,提升企业的社会责任感与品牌形象。

4.4 电子行业中的高纯度氮气与氧气应用

电子行业对高纯度气体的需求日益增长,尤其是在半导体制造、液晶显示面板生产等领域。低温精馏技术的效率优化,为电子行业提供了稳定、可靠的高纯度氮气与氧气供应。在半导体制造过程中,高纯度氮气与氧气作为保护气、反应气等,对芯片的性能与稳定性至关重要。通过优化低温精馏过程,企业能够生产出符合电子行业要求的高纯度气体,确保半导体产品的质量与可靠性。液晶显示面板生产过程中,高纯度氮气与氧气同样发挥着重要作用。电子行业对生产效率与成本控制有着极高的要求。低温精馏效率的优化,使得企业能够在保证产品质量的前提下,提高生产效率,降低生产成本,满足电子行业对高质量、高效率、低成本气体的迫切需求。

结束语

综上所述,空分技术的进展与低温精馏效率的优化研究对于推动工业发展具有重要意义。随着科技的不断发展,空分技术将持续创新,为各行业提供更加高效、节能、环保的气体分离解决方案。未来,应继续加强空分技术领域的基础研究与应用开发,推动低温精馏效率的优化升级,为实现工业绿色发展、可持续发展贡献力量。同时加强国际合作与交流,共同推动空分技术的全球化发展。

参考文献

- [1]刘丽文.空分精馏塔工况波动技术分析[J].石油化工应用,2021,40(08):108-110+113.
- [2]邢文俊.信息技术在空分行业安全管理中的应用[J].化工管理,2021(19):75-76.
- [3]刘福明.深冷空分装置工艺优化分析研究[J].现代工业经济和信息化,2024,14(03):261-263.
- [4]郭震.深冷空气分离装置工艺特点及设计原则探究[J].低碳世界,2021,(17):245-246.