

# Exploration and Practice of Energy-saving and Consumption-reducing Technologies in the Cryogenic Air Separation Process

Shimei Liu

Inner Mongolia Huineng Coal Chemical Industry Co., Ltd., Erdos, Inner Mongolia, 017000, China

## Abstract

In industrial production, the cryogenic air separation process is a crucial step, primarily used for separating components such as oxygen and nitrogen from the air. However, this process is often accompanied by substantial energy consumption, imposing significant pressure on both corporate operating costs and the environment. With the intensification of the global energy crisis and the enhancement of environmental awareness, achieving energy conservation and consumption reduction in the cryogenic air separation process has become a current research hotspot. This paper aims to explore energy-saving and consumption-reducing technologies in the cryogenic air separation process. Through practical applications, it analyzes the impacts of these technologies on corporate operating costs, resource utilization efficiency, and environmental protection.

## Keywords

Cryogenic air separation process; Energy-saving and consumption-reducing technologies; Process flow optimization; Advanced control system

## 空分深冷过程中节能降耗技术的探索与实践

刘士美

内蒙古汇能煤化工有限公司, 中国·内蒙古 鄂尔多斯 017000

## 摘要

在工业生产中,空分深冷过程是一个重要的环节,它主要用于将空气中的氧气、氮气等组分进行分离。然而,这一过程往往伴随着大量的能源消耗,给企业的运营成本和环境带来了不小的压力。随着全球能源危机的加剧和环保意识的提升,如何在空分深冷过程中实现节能降耗已成为当前研究的热点。本文旨在探讨空分深冷过程中的节能降耗技术,通过实践应用,分析这些技术对企业运营成本、资源利用效率以及环境保护等方面的影响。

## 关键词

空分深冷过程;节能降耗技术;工艺流程优化;先进控制系统

## 1 引言

空分深冷技术作为工业生产中分离空气组分的关键环节,其能耗问题一直备受关注。随着全球能源危机的日益严峻和环保要求的不断提高,如何在保证生产效率的同时,降低空分深冷过程的能耗已成为行业发展的重要议题。因此,探索和实践节能降耗技术,对于提升空分深冷过程的能效、降低企业运营成本以及促进可持续发展具有重要意义。

## 2 空分深冷过程能耗现状分析

空分深冷过程主要基于低温精馏原理,通过降低温度使空气中的氧气、氮气等组分实现分离。然而,这一过程往

往伴随着大量的能源消耗,主要源于空压机组、膨胀机和冷却系统的运行,以及气体分离塔中的传质和传热过程。<sup>[1]</sup>传统的空分深冷技术存在能耗高、效率低等问题,给企业的运营成本和环境保护带来了不小的挑战。

### 2.1 传统空分深冷技术的能耗问题与挑战

传统的空分深冷技术虽然能够实现空气组分的高效分离,但在能耗方面存在显著问题。一方面,空压机组、膨胀机和冷却系统的运行效率有限,导致大量能源被浪费。例如,空压机组在压缩过程中会产生大量的热能,这些热能往往未能得到有效利用,而是被排放到环境中。另一方面,气体分离塔内的传质和传热过程也面临诸多挑战。传统的塔板或填料层设计往往存在传质效率低、压降大等问题,导致分离过程中需要消耗更多的能源。此外,传统空分深冷技术还受到原料空气质量、操作条件等多种因素的影响,使得能耗波动

【作者简介】刘士美(1987-),女,中国内蒙古赤峰人,本科,工程师,从事空分深冷技术研究。

较大,难以实现稳定控制。

这些问题不仅增加了企业的运营成本,也对环境保护构成了严峻挑战。随着全球能源危机的加剧和环保意识的提升,如何在保证生产效率的同时,降低空分深冷过程的能耗已成为当前亟待解决的问题。因此,探索和实践节能降耗技术,优化空分深冷过程,提高能源利用效率,已成为行业发展的重要方向。

## 2.2 空分深冷过程节能降耗的重要性与紧迫性

空分深冷过程节能降耗的重要性不言而喻。首先,从经济角度来看,降低能耗意味着减少运营成本,提高企业的竞争力。在能源价格不断上涨的背景下,节能降耗已成为企业实现可持续发展的关键途径。其次,从环保角度来看,空分深冷过程作为高能耗行业之一,其节能降耗对于减少温室气体排放、保护生态环境具有重要意义。随着全球气候变化问题的日益严峻,节能降耗已成为国际社会普遍关注的焦点。

此外,空分深冷过程节能降耗的紧迫性也不容忽视。随着工业化进程的加速推进,对工业气体的需求不断增长,空分深冷行业的规模也在不断扩大。然而,传统的空分深冷技术已难以满足日益增长的能源需求和环保要求。因此,加快节能降耗技术的研发和应用,推动空分深冷行业的转型升级,已成为当务之急。<sup>[2]</sup>

综上所述,空分深冷过程能耗现状分析表明,传统的空分深冷技术在能耗方面存在显著问题,给企业运营和环境保护带来了巨大挑战。因此,探索和实践节能降耗技术,优化空分深冷过程,提高能源利用效率,已成为行业发展的重要方向。这不仅有助于降低企业运营成本,提高竞争力,还对于保护生态环境、实现可持续发展具有重要意义。

## 3 节能降耗技术探索

针对空分深冷过程的能耗问题,国内外学者和企业展开了广泛的探索。这些探索涵盖了工艺流程优化、先进控制系统应用、高效设备与材料选择以及余热回收利用等多个方面。通过调整空压机组、膨胀机和冷却系统的运行参数,优化气体分离塔的结构设计,以及采用智能化控制技术,可以显著降低能耗。同时,选用高效的离心式空压机、优质换热材料等,也能提高设备能效,进一步降低运行成本。

### 3.1 工艺流程优化与设备调整:深度挖掘节能潜力

针对空分深冷过程的能耗问题,工艺流程的优化和设备参数的调整成为节能降耗的首要途径。在工艺流程方面,通过深入分析空分深冷过程中的能量流动和转换机制,研究者们发现了一系列可以优化的环节。例如,通过调整空压机组的工作点,使其运行在更为高效的状态,可以显著减少电能消耗。同时,优化膨胀机的设计,提高膨胀效率,降低膨胀过程中的能量损失,也是节能的重要手段。

在设备参数调整方面,研究者们对空压机组、膨胀机

和冷却系统的运行参数进行了细致的研究。通过调整压缩机的转速、压力比等参数,可以使其工作在最佳效率点,减少不必要的能耗。对于膨胀机,通过优化其入口压力和温度,以及膨胀比等参数,可以进一步提高其效率,降低能耗。此外,冷却系统的优化也是节能降耗的关键。通过采用更为高效的冷却方式,如闭式循环冷却系统,可以减少冷却过程中的水耗和能耗。

### 3.2 先进控制系统应用:智能化引领节能新风尚

随着信息技术的快速发展,先进控制系统在空分深冷过程中的应用日益广泛。这些系统通过实时监测设备运行状态、工艺参数和环境条件,可以实现对整个过程的精确控制。通过采用智能化控制技术,如分布式控制系统(DCS)、可编程逻辑控制器(PLC)等,可以实现对空压机组、膨胀机和冷却系统等关键设备的精确调节,使其始终运行在最佳状态。

此外,先进控制系统还可以实现对气体分离塔的精确控制。通过实时监测塔内温度、压力和流量等参数,可以及时调整操作条件,优化分离过程。同时,这些系统还可以根据原料空气的质量变化,自动调整操作参数,确保分离过程的稳定性和高效性。

### 3.3 高效设备与材料选择:技术创新引领节能潮流

在空分深冷过程中,设备和材料的选择对于节能降耗具有至关重要的作用。通过选用高效的设备和优质的材料,可以显著提高能效,降低运行成本。

在空压机组方面,高效的离心式空压机已成为主流选择。这些设备通过采用先进的压缩技术和材料,可以显著提高压缩效率,降低能耗。同时,这些设备还具有运行稳定、维护方便等优点,进一步降低了运行成本。

在换热材料方面,研究者们开发了一系列高效、耐用的换热材料。这些材料具有高热导率、低阻力等特性,可以显著提高换热效率,降低能耗。同时,这些材料还具有耐腐蚀、耐高温等优点,可以确保换热设备的长期稳定运行。

## 4 节能降耗技术实践应用

在实践应用方面,许多企业已经成功地将节能降耗技术应用于空分深冷过程中。

### 4.1 先进控制系统的实践应用与能效提升

在空分深冷过程中,先进控制系统的应用已成为节能降耗的重要手段。这些系统通过实时监测设备运行状态和工艺参数,实现了对整个过程的精确控制,从而显著提高了能效。<sup>[3]</sup>

先进控制系统通过集成传感器、执行器和数据处理算法,能够实时监测空压机组、膨胀机、冷却系统以及气体分离塔等关键设备的运行状态。通过对这些数据的分析,系统可以自动调整设备的工作参数,如转速、压力、温度等,以确保其始终运行在最佳状态。这种自适应调节机制不仅减少了低负荷运行时的能量浪费,还提高了设备的整体能效。

此外,先进控制系统还能够根据原料空气的质量变化、环境温度等外部条件,自动调整工艺参数,以确保分离过程的稳定性和高效性。例如,当原料空气中的氧气含量发生变化时,系统可以自动调整分离塔的操作条件,以保持恒定的氧气产量和纯度。这种灵活性不仅提高了生产效率,还进一步降低了能耗。

在实践应用中,许多企业已经成功地将先进控制系统应用于空分深冷过程中。通过实时监测和精确控制,这些系统显著提高了设备的能效,降低了运行成本。同时,这些系统还为企业提供了实时的能耗数据和分析报告,为后续的节能降耗工作提供了有力的支持。

#### 4.2 工艺流程优化与设备选型的节能实践

工艺流程优化和设备选型是空分深冷过程中节能降耗的另一重要途径。通过深入分析空分深冷过程的能量流动和转换机制,研究者们发现了一系列可以优化的工艺流程和设备选型方案。

在工艺流程优化方面,企业通过调整空压机组、膨胀机和冷却系统的运行参数,以及优化气体分离塔的结构设计,实现了能量的高效利用。例如,通过调整空压机的转速和压力比,可以使其工作在更为高效的状态;通过优化膨胀机的入口压力和温度,可以进一步提高其效率;通过采用闭式循环冷却系统,可以减少冷却过程中的水耗和能耗。

在设备选型方面,企业注重选用高效、节能的设备。例如,选择具有高效压缩技术的离心式空压机,可以显著降低能耗;选用优质的换热材料,可以提高换热效率,减少能量损失;采用先进的膨胀技术和材料,可以进一步提高膨胀机的效率。

#### 4.3 余热回收技术的实践应用与能源循环利用

余热回收技术是空分深冷过程中节能降耗的重要手段之一。通过安装余热回收装置,企业可以将高温废气中的热能进行回收再利用,实现了能源的循环利用。

在空分深冷过程中,膨胀机和冷却系统会产生大量的高温废气。这些废气中蕴含着丰富的热能,如果直接排放到环境中,不仅会造成能源的浪费,还会对环境造成污染。因此,企业采用余热回收技术,将这些废气中的热能进行回收

再利用。

余热回收装置通常包括热交换器和热回收系统两部分。热交换器用于将废气中的热能传递给工作介质,如蒸汽或热水;热回收系统则用于将工作介质中的热能进行再利用,如用于供暖、发电或驱动其他设备。

通过余热回收技术的应用,企业不仅减少了能源的浪费,还降低了环境污染。同时,这些回收的热能还可以为企业创造额外的经济效益。例如,将回收的热能用于供暖或发电,可以降低企业的能源成本;将回收的热能用于驱动其他设备,可以提高企业的生产效率。

在实践应用中,许多企业已经成功地将余热回收技术应用于空分深冷过程中。通过安装余热回收装置,这些企业实现了能源的循环利用,降低了能耗和运营成本。同时,这些企业还积极探索余热回收技术的创新应用,为空分深冷过程的节能降耗提供了更为广阔的空间和可能。

## 5 结论

综上所述,空分深冷过程中节能降耗技术的探索与实践对于提升能效、降低运营成本以及促进可持续发展具有重要意义。通过工艺流程优化、先进控制系统应用、高效设备与材料选择以及余热回收利用等技术的不断探索和实践,企业可以显著降低空分深冷过程的能耗,提高经济效益和环境效益。未来,随着技术的不断进步和创新,空分深冷过程的节能降耗潜力将进一步被挖掘,为实现更加高效、环保的工业生产贡献力量。同时,政府和企业也应加强合作,共同推动节能降耗技术的发展和應用,为空分行业的可持续发展提供有力支持。

#### 参考文献

- [1] 张志康, 聂晨华. 节能减排视域下深冷分离技术在空分系统中的应用探析[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2023(6): 40-43.
- [2] 王鹏. 浅析十万等级空分装置开车前管道节能吹扫方法[J]. 当代化工研究, 2023(14): 101-104.
- [3] 孙玉庆, 张新海, 荆凯. 直接空冷系统节能降耗技术措施探讨[J]. 电力勘测设计, 2019(3): 33-38.