

空分装置优化开车操作缩短开车时间

乐 凯 徐世安 石 林

杭氧集团股份有限公司 浙江 杭州 310000

摘 要: 空分装置的开车过程涉及复杂的系统操作与参数调控, 开车时间的长短不仅影响生产效率, 还关联着能耗及设备损耗。本文详细阐述空分装置的基本原理与常规开车流程, 深入分析影响开车时间的关键因素, 并针对性地提出优化开车操作的策略, 包括设备预冷、加温解冻、积液过程等环节的优化方法, 通过实际案例展示优化效果, 旨在为相关行业提供缩短空分装置开车时间的技术参考, 提升空分装置的整体运行效益。

关键词: 空分装置优化开车操作; 缩短开车时间; 关键因素; 策略; 案例分析

引言

空分装置作为工业领域制取氧气、氮气等气体的关键设备, 广泛应用于化工、冶金、医疗等众多行业。其开车过程是一个复杂且精细的操作, 涉及多个系统的协同启动、参数调试与工况稳定。传统的空分装置开车往往需要较长时间, 在此期间, 设备能耗高, 且因工况不稳定可能带来设备损耗风险。随着工业生产对高效、节能要求的不断提升, 优化空分装置开车操作, 缩短开车时间, 成为提高企业生产效率、降低运营成本的重要举措。深入研究空分装置的开车优化技术, 对于推动相关行业的可持续发展具有重要意义。

1 空分装置基本原理与常规开车流程

1.1 基本原理

空分装置主要基于低温精馏原理实现空气的分离。空气首先经过压缩、冷却, 去除其中的杂质和水分, 然后进入冷箱。在冷箱内, 空气通过一系列的换热器逐步被冷却至低温状态, 部分空气被液化。利用氧气和氮气等不同组分在低温下沸点的差异, 通过精馏塔进行多次精馏分离, 最终得到纯度较高的氧气、氮气产品。在双塔精馏系统中, 下塔主要进行初步的空气分离, 将空气分离为富氧液空和氮气, 上塔则进一步对富氧液空进行精馏, 得到高纯度的氧气和氮气。具体而言, 空气在进入下塔底部后, 自下而上与塔顶喷淋而下的液体进行热量和物质交换, 由于氮气沸点相对较低, 优先从液体中挥发出来, 在塔顶形成纯度较高的氮气, 而塔底则得到富氧液空。富氧液空再进入上塔, 重复类似的精馏过程, 最终在塔顶得到高纯度氮气, 塔底产出高纯度氧气。

1.2 常规开车流程

空分装置的常规开车流程包括多个步骤。首先是启动空气压缩系统, 将环境空气压缩至一定压力, 一般为0.5-1.0MPa左右, 同时启动空气预冷系统, 利用循环水和

冷冻水对压缩空气进行冷却, 降低其温度, 去除其中的大部分水分。接着, 开启分子筛纯化系统, 通过吸附剂吸附压缩空气中残留的水分、二氧化碳、碳氢化合物等杂质, 确保进入冷箱的空气纯净度。

随后进入冷箱的预冷阶段, 利用膨胀机产生的低温气体对冷箱内的设备和管道进行预冷, 逐步降低系统温度。当冷箱温度达到一定程度后, 开始进行积液操作, 通过调整膨胀机的制冷量、精馏塔的回流比等参数, 使冷箱内逐渐积累足够的液体, 为精馏过程提供物料基础。在积液过程中, 同时对精馏塔的压力、温度等参数进行精细调节, 当各参数稳定且产品纯度达到要求后, 空分装置进入正常生产运行状态。整个常规开车流程通常需要24-48小时, 甚至更长时间, 具体时间取决于装置规模、设备性能及操作熟练程度等因素。

2 影响空分装置开车时间的关键因素

2.1 设备预冷效率

设备预冷是开车过程中的重要环节, 其效率直接影响开车时间。冷箱内设备和管道的初始温度较高, 需要通过预冷使其快速降温至适宜的工作温度范围。预冷效率受到多种因素制约, 其中膨胀机的性能至关重要。膨胀机的制冷量决定了预冷过程中能带走的热量多少, 若膨胀机的制冷量不足, 将导致预冷速度缓慢。膨胀机的喷嘴、叶轮等部件的磨损或堵塞, 会影响其膨胀效率, 进而降低制冷量。预冷过程中的热量传递效率也不容忽视。冷箱内的换热器结构设计、换热面积以及换热介质的流动状态等, 都会影响热量从设备和管道传递到低温气体的速率^[1]。若换热器存在堵塞、泄漏等问题, 会严重阻碍热量传递, 延长预冷时间。

2.2 加温解冻时间

在空分装置停车后, 设备和管道内可能会残留水分、二氧化碳等物质, 在低温环境下会冻结, 因此在下

次开车前需要进行加温解冻。加温解冻时间过长会增加开车总时长。加温介质的温度和流量是关键因素。若加温介质温度过低或流量不足,无法提供足够的热量使冻结物快速融化,导致解冻时间延长。设备和管道的结构复杂程度也会对加温解冻产生影响。对于一些结构复杂、存在较多死角的部位,热量难以均匀传递,容易出现局部解冻缓慢的情况,从而影响整体的加温解冻效率。

2.3 积液过程的控制

积液过程是开车过程中耗时较长的阶段,其控制效果直接关系到开车时间。膨胀机的制冷量调节对积液速度影响显著。若膨胀机的制冷量不能根据积液需求及时、准确地调整,可能导致积液过慢或过快。制冷量不足,冷量供应不够,积液速度必然缓慢;而制冷量过大,可能会使精馏塔内的工况不稳定,影响后续的精馏效果,甚至需要重新调整参数,延误开车进程。精馏塔的回流比控制也十分关键。合适的回流比能够保证精馏塔内气液两相的良好传质传热,促进液体的积累。若回流比设置不合理,如回流比过小,塔内上升蒸汽量相对过多,液体蒸发过快,不利于积液;回流比过大,则会增加塔内的液体循环量,降低精馏效率,同样会延长积液时间。

2.4 系统参数调试与稳定

在空分装置开车过程中,需要对众多系统参数进行调试,使其达到稳定的运行状态。参数调试的复杂性和难度会影响开车时间。例如,精馏塔的压力、温度、液位等参数相互关联、相互影响,一个参数的调整可能会引发其他参数的变化,需要操作人员具备丰富的经验和精准的判断能力,才能快速将各参数调试到最佳状态。若操作人员对装置的运行原理和参数特性理解不深入,在调试过程中可能会出现反复调整、误判等情况,导致参数稳定时间延长。此外,仪表的精度和可靠性也会对参数调试产生影响。不准确的仪表测量数据可能会误导操作人员,使其做出错误的参数调整决策,进而延误开车进程。

3 优化空分装置开车操作的策略

3.1 设备预冷优化

(1) 定期对膨胀机进行维护保养,检查喷嘴、叶轮等关键部件的磨损情况,及时更换磨损严重的部件,确保膨胀机的膨胀效率。对膨胀机的控制系统进行优化,采用先进的控制算法,实现对膨胀机的制冷量精确调节。根据预冷过程中冷箱温度的变化速率和目标温度,自动调整膨胀机的转速、喷嘴开度等参数,使膨胀机始终在高效运行状态下提供适宜的制冷量。在膨胀机的选

型上,若条件允许,可选用新型高效膨胀机,其具有更高的膨胀效率和制冷量,能有效缩短预冷时间。(2) 对冷箱内的换热器进行定期加温吹扫,去除杂物,提高换热表面的清洁度,增强热量传递效果。优化换热器的结构设计,如增加换热面积、改进换热介质的流动路径,使换热更加均匀高效。采用高效的换热材料,提高换热器的导热性能。在预冷过程中,合理控制换热介质的流量和温度,根据冷箱内不同部位的温度需求,精确调节换热介质的分配,确保整个冷箱均匀、快速降温。

3.2 加温解冻优化

(1) 根据设备和管道的材质、结构以及冻结物的性质,合理选择加温介质。一般情况下,可选用干燥的热空气或氮气作为加温介质。精确控制加温介质的温度和流量,通过建立数学模型或参考以往经验数据,确定在不同工况下最佳的加温介质参数。在加温过程中,实时监测设备和管道内的温度变化,根据温度上升速率及时调整加温介质的参数,确保加温过程既快速又安全,避免因温度过高对设备造成损坏。(2) 对于结构复杂的设备和管道,采用分段加温、多点监测的方式^[2]。将设备和管道划分为若干区域,分别对每个区域进行独立加温,并在各区域设置温度监测点,实时掌握各部位的解冻情况。针对容易出现死角的部位,可采用特殊的加温工具,如加热棒、热风枪等进行局部强化加温,确保所有部位都能快速、均匀地解冻。同时,在加温过程中,适当对设备和管道进行振动或敲击,促进冻结物的脱落和融化,加快解冻速度。

3.3 积液过程优化

(1) 在积液初期,根据冷箱内的初始温度和目标积液量,计算出所需的膨胀机制冷量,并将膨胀机的制冷量设定在一个合适的初始值。在积液过程中,利用先进的自动化控制系统,实时监测冷箱内的温度、压力、液位等参数,根据这些参数的变化情况,通过调节膨胀机的转速、喷嘴开度等方式,精确调整制冷量。建立积液过程的数学模型,结合实际运行数据进行不断优化,使膨胀机的制冷量能够根据积液需求动态变化,既保证积液速度,又维持精馏塔内工况的稳定。(2) 在积液过程中,通过理论计算和实际调试相结合的方法,确定不同阶段适宜的精馏塔回流比。在积液初期,适当提高回流比,增加塔内的液体循环量,促进液体的积累;随着积液量的增加,根据精馏塔内的温度、压力分布情况,逐步调整回流比,使其达到最佳的精馏效果,保证产品质量的同时,加快积液速度。利用先进的色谱分析技术,实时监测精馏塔内气液组分的变化,根据组分分布情况

精准调整回流比。利用先进的仪表监测精馏塔内的气液流量、组成等参数,通过自动化控制系统实时调整回流泵的流量,精确控制回流比,减少人工干预带来的误差和时间浪费。采用变频调速技术,根据回流比的设定值自动调节回流泵的转速,实现对回流流量的精确控制,提高精馏塔的操作稳定性和积液效率。

3.4 系统参数调试优化

(1) 定期组织操作人员参加空分装置原理、操作技能以及参数调试等方面的培训课程,邀请行业专家进行授课和经验分享。通过理论学习、模拟操作和实际案例分析等多种方式,提高操作人员对空分装置的理解和操作水平。建立操作人员考核机制,对操作人员的理论知识和实际操作能力进行定期考核,考核结果与绩效挂钩,激励操作人员不断提升自身技能。开展操作人员之间的技术交流活 动,分享在参数调试过程中的经验和技巧,共同提高参数调试的效率和准确性。(2) 选用高精度、高可靠性的仪表用于空分装置的参数测量和控制。定期对仪表进行校准和维护,确保仪表测量数据的准确性。建立仪表故障预警系统,通过实时监测仪表的工作状态、测量数据的波动情况等,提前发现仪表可能出现的故障隐患,并及时进行处理。对仪表的安装位置进行优化,确保仪表能够准确测量所需参数,避免因安装位置不当导致测量误差。同时,采用冗余仪表配置,在关键参数测量点设置多个仪表,当一个仪表出现故障时,其他仪表仍能正常工作,保证参数测量的连续性和可靠性,为参数调试提供准确的数据支持。

4 优化开车操作的实际案例分析

中石化燕山分公司化工三厂拥有一套处理量为 $30000\text{m}^3/\text{h}$ 的空分装置,原有的开车流程较为传统,开车时间通常在48小时左右。随着企业生产规模的扩大和市场竞争的加剧,缩短空分装置开车时间成为提高企业生产效率和经济效益的迫切需求。该企业决定对空分装置的开车操作进行优化。

针对设备预冷环节,企业对膨胀机进行了全面检修和维护,更换了部分磨损的喷嘴和叶轮,并对膨胀机的控制系统进行了升级,采用先进的智能控制算法。同时,对冷箱内的换热器进行了化学清洗,优化了换热介

质的流动路径。在加温解冻方面,重新评估了加温介质的参数,将热空气的温度提高了 10°C ,流量增加了20%,并采用分段加温、多点监测的方式对设备和管道进行解冻^[1]。对于积液过程,建立了基于实际运行数据的数学模型,通过自动化控制系统精确调节膨胀机的制冷量和精馏塔的回流比。在系统参数调试方面,加强了对操作人员的培训,开展了多次模拟开车演练,并对仪表进行了全面校准和部分更换,提高了仪表的精度和可靠性。

经过一系列优化措施的实施,该空分装置的开车时间显著缩短。在优化后的首次开车中,开车时间缩短至30小时,相比原来减少了18小时。在后续的多次开车过程中,平均开车时间稳定在32小时左右。同时,由于开车过程中设备运行更加稳定,参数调试更加精准,产品质量得到了进一步提升,氧气纯度稳定在99.6%以上,氮气纯度达到99.99%。此外,开车过程中的能耗也有所降低,经统计,每次开车的能耗相比优化前降低了约15%,为企业带来了显著的经济效益和社会效益。

结束语

空分装置的开车操作优化对于缩短开车时间、提高生产效率、降低能耗具有重要意义。通过深入分析影响开车时间的关键因素,如设备预冷效率、加温解冻时间、积液过程控制以及系统参数调试等,并针对性地采取一系列优化策略,包括提升膨胀机性能、强化换热效率、优化加温介质参数和方式、精准控制膨胀机制冷量和精馏塔回流比、加强操作人员培训以及提升仪表可靠性等,能够有效实现空分装置开车时间的缩短。实际案例表明,优化后的空分装置开车时间可大幅减少,同时产品质量得到提升,能耗降低,为企业带来显著的经济效益和竞争力提升。

参考文献

- [1] 卢志鹏,代洪兵.空分装置优化开车操作缩短开车时间[J].中国化工贸易,2019,11(25):209.
- [2] 徐恒彪,康庆元,白玺.空分装置停开操作优化缩短停开车时间[J].云南化工,2018,45(1):220-221.
- [3] 郝鹏飞.缩短空分装置开车时间改造小结[J].氮肥技术,2022,43(3):14-17,35.