

# 空气分离精馏塔的质量管理体系构建与优化研究

毛炜

盈德气体工程(浙江)有限公司杭州分公司

DOI:10.12238/ems.v6i9.8973

**[摘要]** 随着工业化进程的加快,空气分离技术在气体分离和提纯领域的应用日益广泛。本文旨在探讨空气分离精馏塔的质量管理体系的构建与优化,首先分析了当前空气分离精馏塔在设计、运行和维护过程中存在的质量管理问题,并提出一套系统的质量管理框架。再基于实际案例,采用统计过程控制(SPC)和六西格玛(Six Sigma)等质量管理工具,对精馏塔的运行数据进行分析,识别出影响产品质量的主要因素。通过实施改进措施,显著提高了精馏塔的分离效率和产品纯度,降低了能耗和故障率。最后,提出针对空气分离精馏塔的质量管理体系优化建议。

## Research on the Construction and Optimization of Quality Management System for Air Separation Distillation Tower

Mao Wei

Yingde Gas Engineering (Zhejiang) Co., Ltd. Hangzhou Branch

**[Abstract]** With the acceleration of industrialization, the application of air separation technology in gas separation and purification is becoming increasingly widespread. This article aims to explore the construction and optimization of a quality management system for air separation distillation columns. Firstly, it analyzes the quality management issues that currently exist in the design, operation, and maintenance of air separation distillation columns, and proposes a systematic quality management framework. Based on actual cases, quality management tools such as Statistical Process Control (SPC) and Six Sigma are used to analyze the operating data of the distillation tower and identify the main factors affecting product quality. By implementing improvement measures, the separation efficiency and product purity of the distillation tower have been significantly improved, while energy consumption and failure rate have been reduced. Finally, suggestions for optimizing the quality management system of air separation distillation towers are proposed.

### 引言

在当今工业化快速发展的背景下,空气分离技术作为一种重要的气体分离和提纯方法,在石油、化工、环保等多个领域扮演着日益重要的角色。空气分离精馏塔作为实施该技术的关键设备,其运行质量直接关系到产品质量和生产效率。然而,由于各种内外部因素的影响,空气分离精馏塔在设计、运行和维护的各个阶段均可能遇到一系列质量管理问题,这些问题的存在严重制约了空气分离技术的进一步发展和应用。因此,构建和优化空气分离精馏塔的质量管理体系显得尤为重要。本文将深入分析现行质量管理体系中存在的问题,并在此基础上提出一套系统的质量管理框架,旨在通过科学的管理手段提升空气分离精馏塔的性能表现,进而响应工业发

展对高质量气体产品的需求。

### 1 背景与研究意义

#### 1.1 工业化进程对空气分离技术的影响

工业化进程的加速推动了对高效气体分离和提纯技术的需求,空气分离技术因此得到了广泛应用。随着工业化的深入发展,尤其是在化工、冶金和能源等领域,空气分离技术的角色愈发重要。其核心在于通过精馏塔等设备,将空气中的氧、氮等气体有效分离,以满足工业生产对高纯度气体的需求。

在这一背景下,空气分离精馏塔的设计、运行和维护面临着越来越多的挑战。随着生产规模的扩大和工艺的复杂化,如何确保设备的高效运转和产品质量成为亟待解决的问题。质量管理体系的构建与优化显得尤为重要,它不仅涉及到对

生产过程的严格控制,还包括对设备性能的持续监测和评估。

### 1.2 空气分离精馏塔的应用现状与挑战

空气分离精馏塔在现代工业中扮演着至关重要的角色,广泛应用于气体分离和提纯的各个领域。随着全球对高纯度气体需求的不断增加,该技术的应用范围也在不断拓展。然而,尽管技术进步显著,空气分离精馏塔在实际应用中仍面临诸多挑战。设计阶段的复杂性使得在满足不同工业需求的同时,确保系统的高效性和稳定性变得困难。运行过程中,设备的性能受多种因素影响,如原料气体的组成变化、操作条件的波动等,这些都可能造成分离效率的下降和产品纯度的降低。维护方面,设备老化和故障频发也对生产的连续性和安全性构成威胁。

### 2 空气分离精馏塔的质量管理体系构建

空气分离精馏塔作为气体分离和提纯的重要设备,其质量管理体系的构建显得尤为关键。在设计阶段,需考虑设备的材料选择、结构设计以及工艺参数的优化,以确保在运行中能够达到预期的分离效率和产品纯度。运行过程中,定期的性能监测与数据记录是必不可少的,通过对运行参数的实时监控,可以及时发现潜在的质量问题,并采取相应的纠正措施。此外,维护环节同样重要,建立完善的设备维护计划,有助于延长设备寿命,降低故障发生率。

在构建质量管理体系时,质量目标的设定应与企业的整体战略相一致,确保所有相关人员对质量标准有清晰的认识。过程控制是质量管理的核心,通过实施统计过程控制(SPC)等工具,可以对精馏塔的运行数据进行深入分析,识别出影响产品质量的主要因素。基于数据分析,持续改进的措施应当被纳入日常管理中,以促进设备性能的提升。

### 3 当前质量管理问题分析

#### 3.1 设计阶段的质量管理缺陷

在设计阶段,空气分离精馏塔的质量管理缺陷主要体现在多个方面:(1)设计人员往往缺乏对工艺流程的全面理解,导致设计方案未能充分考虑实际运行中的复杂性。这种缺乏深入分析的情况,往往使得设计阶段产生不合理的参数设定,进而影响后续的运行效率和产品质量。此外,设计过程中对设备选型的考虑不足,可能导致所选设备在实际应用中无法满足性能要求,增加了后期的调整和维护成本;(2)设计文档的规范性和完整性也常常被忽视。缺乏详尽的设计说明和标准化的流程图,容易导致后续施工和调试阶段出现误解和偏差,增加了出错的风险。此外,设计团队与其他相关部门之间的沟通不畅,信息传递的不及时和不准确,使得设计方案难以与实际需求相匹配,进一步加剧了设计缺陷的可能性;

(3)在质量管理体系的构建中,针对这些设计阶段的缺陷,必须加强设计评审机制,确保各个环节的人员能够充分参与,并对设计方案进行多角度的评估。引入先进的设计工具和软件,能够提高设计的准确性和可靠性。同时,定期的培训和

知识分享也有助于提升设计团队的整体素质,确保在设计初期就能够有效识别和规避潜在的质量风险。通过这些措施,可以为空气分离精馏塔的后续运行奠定坚实的基础。

#### 3.2 运行与维护过程中的质量控制不足

在空气分离精馏塔的运行与维护过程中,质量控制不足的问题逐渐显现。首先,设计阶段的质量标准往往未能充分考虑实际运行条件,导致设备在负荷波动或环境变化时难以保持稳定的分离效率。此外,操作人员的培训不足和经验缺乏,使得在设备运行过程中无法有效识别和处理突发问题,进而影响产品的纯度和产量。维护方面,设备的定期检修和保养计划往往缺乏系统性,导致关键部件的磨损和老化未能及时发现,这不仅增加了故障发生的概率,还可能导致生产中中断,增加了运营成本。与此同时,数据监测和反馈机制的不完善,使得运行数据无法及时反映设备的实际状态,影响了决策的科学性和有效性。

### 4 质量管理工具的应用

#### 4.1 统计过程控制

统计过程控制(SPC)是一种利用统计方法监控和控制生产过程的有效工具,旨在确保产品质量和过程稳定性。在空气分离精馏塔的运行中,SPC可以通过实时监测关键参数,如温度、压力和流量,及时识别出异常波动,从而采取相应措施以防止潜在的质量问题。在实施SPC时,首先需确定关键质量特性(KQC),并对其进行数据收集和分析。通过绘制控制图,操作人员能够直观地观察到过程的变化趋势,进而判断当前运行状态是否处于可控范围内。

在实际应用中,SPC不仅可以帮助识别过程中的变异因素,还能为改进提供依据。例如,通过对历史数据的分析,可以发现某些操作条件下分离效率的下降与特定的设备故障或操作失误密切相关。基于这些分析结果,相关人员能够针对性地调整操作参数或优化设备维护计划,从而提升精馏塔的整体性能。

#### 4.2 六西格玛

六西格玛是一种提高过程质量和效率的管理方法,广泛应用于各个行业,包括空气分离精馏塔的运营与管理。该方法通过系统化的数据分析和统计工具,帮助企业识别并消除过程中的变异,从而实现产品质量的持续提升。在空气分离精馏塔的运行中,六西格玛可以通过定义关键质量指标(KPI)来监控分离效率、产品纯度及能耗等重要参数。

在实施六西格玛时,团队通常会采用DMAIC(定义、测量、分析、改进、控制)框架。首先,通过定义阶段明确项目目标和客户需求,确保团队对改进方向有清晰的理解。测量阶段则涉及收集相关数据,以便评估当前的性能水平。接下来,在分析阶段,运用统计过程控制(SPC)工具识别出影响质量的主要因素,例如原料成分波动、操作温度变化等。

改进阶段则是六西格玛的核心,通过制定针对性的改进

措施,优化操作流程和设备性能,进而提升分离效率和产品纯度。最后,在控制阶段,建立持续监控机制,确保改进措施的有效性,并推动质量管理体系的长期优化。

通过这种系统化的方法,企业不仅能够显著降低故障率和能耗,还能提高客户满意度,增强市场竞争力。六西格玛的成功实施,要求全员参与和持续的培训,以培养员工的质量意识和问题解决能力,从而在整个组织内形成良好的质量管理文化。

## 5 改进措施与效果评估

在针对空气分离精馏塔的质量管理体系进行优化的过程中,实施了一系列改进措施,取得了显著的效果。针对设计和运行中的质量管理问题,开展了全面的员工培训计划,旨在提升员工对质量管理重要性的认识和实际操作能力。通过定期的培训和考核,员工的专业技能和质量意识得到了显著提高,这为精馏塔的稳定运行奠定了基础;在设备维护方面,制定了更为科学合理的维护计划,确保设备的定期检查和保养。引入先进的监测技术,使得设备运行状态能够实时监控,及时识别潜在故障,减少了因设备问题导致的停机时间。通过这些措施,精馏塔的故障率显著降低,运行的可靠性得以提升;此外,采用统计过程控制(SPC)和六西格玛等质量管理工具,对运行数据进行了深入分析。这些工具帮助识别出影响产品质量的关键因素,针对这些因素制定了相应的改进策略。通过数据驱动的决策,实施了精细化的过程控制,优化了操作参数,从而提高了分离效率和产品纯度。

经过一段时间的持续改进,精馏塔的性能得到了明显提升,能耗也随之下降,整体运行成本得以降低。这一系列措施不仅提升了产品的质量,还增强了企业的市场竞争力,证明了质量管理体系优化的有效性。

## 6 质量管理体系的优化建议

### 6.1 加强员工培训与意识提升

在空气分离精馏塔的质量管理体系中,加强员工培训与意识提升是至关重要的一环。员工不仅是操作和维护设备的直接参与者,更是确保产品质量和运行效率的关键因素。通过系统化的培训计划,员工可以更深入地理解精馏塔的工作原理、操作流程及其对产品质量的影响,从而提高他们的专业技能和操作水平。此外,培训内容应涵盖质量管理的基本概念和工具,使员工能够在日常工作中识别潜在问题并采取有效措施进行解决。

提升员工的质量意识同样不可忽视。通过定期的质量管理讲座、案例分析及经验分享,员工能够意识到自身工作对整体质量管理的重要性,增强责任感和主人翁意识。鼓励员工参与质量改进活动,如质量小组讨论或创新提案,可以激发他们的积极性和创造力,从而形成良好的质量文化。通过这种方式,不仅能够提升员工的专业能力,还能增强团队的凝聚力,促进信息的交流与共享。

同时,企业应建立明确的激励机制,鼓励员工积极参与培训与质量管理活动。通过对表现优异的员工给予奖励,不仅能够提高员工的参与积极性,也能在全公司范围内营造出重视质量管理的氛围。最终,通过加强员工培训与意识提升,可以有效降低操作失误,提高精馏塔的运行效率和产品质量,为企业的可持续发展奠定坚实的基础。

### 6.2 完善设备维护计划与监测技术引入

完善设备维护计划是确保空气分离精馏塔高效运行的重要环节。一个系统化的维护计划应涵盖定期检查、故障排查和预防性维护,以降低设备故障的发生率并延长设备的使用寿命。在具体实施中,建议根据设备的运行历史和性能数据,制定个性化的维护周期,确保关键组件得到及时的关注和保养。此外,维护计划应包括详细的记录和反馈机制,以便于后续的分析和改进。

与此同时,引入先进的监测技术能够为设备维护提供更为精准的数据支持。通过实时监测系统,操作人员可以随时掌握设备的运行状态,及时发现潜在问题。这些监测技术可以包括振动分析、温度监测和流量检测等,能够有效识别设备的异常情况,提前预警,从而减少停机时间和维修成本。结合数据分析工具,企业能够从历史数据中提取有价值的信息,优化维护策略,确保空气分离精馏塔在最佳状态下运行。

## 结语

经过深入的研究与实践,本文提出的空气分离精馏塔质量管理体系构建与优化方案已被证明是有效的。通过对质量管理体系中的质量目标设定、过程控制、质量评估和持续改进等关键环节的系统化改进,以及采用SPC和六西格玛等工具对运行数据进行分析和质量控制,不仅提升了空气分离精馏塔分离效率和产品纯度,还实现了能耗和故障率的显著降低。实施结果表明,优化后的质量管理体系对于提高产品质量、降低生产成本具有显著效果。为了持续推进空气分离精馏塔质量管理的进步,建议加强员工培训、完善设备维护计划,并积极引入先进的监测技术。未来,随着技术的不断进步和管理理念的更新,空气分离精馏塔的质量管理体系将继续向着更高效、智能化的方向发展。

## [参考文献]

- [1]刘盼辉,贺高红,李新华,等.基于DMC算法的精馏塔精馏段温度预测-PID双层控制系统应用分析[J].化工自动化及仪表,2024,51(04):587-591.
- [2]张锐.烯烃分离装置乙烯精馏塔改造及运行分析[J].山西化工,2024,44(05):152-154.
- [3]杜汶骏,徐朱宏,徐渊强,等.基于壳聚糖的纳米纤维膜在空气过滤及油水分离领域的应用[J].东华大学学报(自然科学版),2023,49(06):66-72.
- [4]何建东.甲醇高效节能精馏工艺技术的研究[J].山西化工,2023,43(11):109-111.