

# 加氢裂化装置自动反冲洗过滤器故障分析及实施对策

穆博

陕西延长石油(集团)有限责任公司延安炼油厂, 陕西 延安 727406

**[摘要]**为解决加氢裂化装置中自动反冲洗过滤器的故障问题, 此文针对故障类型及成因展开分析, 细分为机械故障、操作问题及外部因素三个方面进行详细讨论。在此基础上, 此文进一步提出了一系列解决对策, 包括设备维护与优化、操作参数调整、技术改进和升级以及培训与管理等, 旨在提高过滤器的运行效率和可靠性。通过这些对策的实施, 可以显著降低故障率, 提升加氢裂化装置的整体稳定性和经济效益, 希望为相关从业人员提供一定的参考。

**[关键词]**加氢裂化装置; 自动反冲洗过滤器; 故障类型; 成因; 技术改进

DOI: 10.33142/ect.v2i5.12149

中图分类号: TE96

文献标识码: A

## Fault Analysis and Implementation Countermeasures of Automatic Backwash Filter in Hydrocracking Unit

MU Bo

Yan'an Refinery of Shaanxi Yanchang Petroleum (Group) Co., Ltd., Yan'an, Shaanxi, 727406, China

**Abstract:** In order to solve the problem of automatic backwash filter failure in hydrocracking units, this article analyzes the types and causes of failures, and discusses them in detail from three aspects: mechanical failures, operational problems, and external factors. On this basis, this article further proposes a series of solutions, including equipment maintenance and optimization, operation parameter adjustment, technical improvement and upgrading, as well as training and management, aimed at improving the operational efficiency and reliability of filters. Through the implementation of these measures, the failure rate can be significantly reduced, the overall stability and economic benefits of the hydrocracking unit can be improved, so as to provide some reference for practitioners.

**Keywords:** hydrocracking unit; automatic backwash filter; fault type; causes; technical improvements

### 引言

加氢裂化装置是炼油过程中关键的部分, 其性能直接影响到炼厂的经济效益和生产安全。在装置运行过程中, 自动反冲洗过滤器扮演着重要角色, 负责清除原料中的杂质, 保证反应过程的顺利进行。然而, 过滤器在运行过程中经常遇到各种故障, 这些故障不仅影响生产效率, 还可能导致更严重的设备损坏或生产事故。因此, 对加氢裂化装置中自动反冲洗过滤器的故障类型及成因进行深入分析, 并制定有效的解决对策, 对于保证生产安全、提高经济效益具有重要意义。

### 1 加氢裂化装置自动反冲洗过滤器故障类型及成因

#### 1.1 加氢裂化装置自动反冲洗过滤器故障类型概述

加氢裂化装置中自动反冲洗过滤器的故障类型多样, 主要可以归纳为物理堵塞、机械损伤、系统控制失效及过滤效率下降四大类<sup>[1]</sup>。这些故障类型的出现, 不仅影响过滤器的正常运行, 还可能导致整个加氢裂化装置的效率降低, 甚至停机, 无法正常使用, 具体故障类型如下:

(1) 物理堵塞是最常见的故障类型之一。物理堵塞通常由于过滤介质中杂质含量超标, 特别是大颗粒杂质的存在, 长时间积累导致过滤孔隙被堵塞。堵塞的直接后果是过滤流速的降低甚至完全停止, 相关数学表达式如下:

$$Q = A \cdot \Delta P / \mu \quad (1)$$

在公式(1)中,  $Q$ 表示流速,  $A$ 表示过滤面积,  $\Delta P$ 表示过滤前后的压差,  $\mu$ 表示流体的动力黏度。根据表达式呈现的数学关系可知, 当过滤面积因堵塞减少时, 流速( $Q$ )也随之减少。

(2) 机械损伤故障发生于过滤器的物理结构受到损害, 例如过滤网破裂或过滤元件脱落。这类故障常因材料疲劳、制造缺陷或是外部冲击导致。机械损伤不仅减少了过滤效率, 还可能使未经过滤的原料直接进入加氢裂化系统, 影响产品质量。

(3) 系统控制失效涉及过滤器自动反冲洗系统的控制问题, 包括传感器故障、控制逻辑错误或是执行机构(如阀门)失灵。控制系统的失效导致无法及时进行反冲洗, 从而使过滤器长时间处于堵塞状态, 降低过滤效率和装置的整体运行效能。

(4) 过滤效率下降则是由于过滤介质老化、选材不当或是反冲洗不彻底等原因导致。过滤介质的孔隙结构和表面性质随时间改变, 失去了原有的过滤效果。效率下降不仅影响过滤质量, 还会增加能耗, 导致整个系统的运行成本上升。

#### 1.2 加氢裂化装置自动反冲洗过滤器故障成因分析

##### 1.2.1 机械故障

机械故障主要由过滤器本体或其组成部件的物理损伤

所致。常见的机械故障包括过滤元件破裂、支撑结构变形和密封件老化。这些故障大多源于材料疲劳、长期承受超出设计压力的工况或是因腐蚀作用导致材料性能下降。例如，过滤元件破裂可能是由于反复的压力冲击或是物料中硬质颗粒的磨损作用。过滤元件的损坏不仅直接影响过滤效率，还可能导致未过滤杂质进入后续工序，影响整个系统的安全和稳定运行。密封件老化则常因长期接触高温、高压或是化学性介质，导致材料性能降低，从而失去密封功能，造成泄漏。基于数学关系的分析如下，考虑到金属材料在反复应力作用下的疲劳寿命可通过S-N曲线(应力-寿命曲线)描述，即：

$$N = \sigma^k \quad (2)$$

在公式(2)中，N表示疲劳寿命， $\sigma$ 表示应力幅值，k表示材料的疲劳指数。

基于此公式可以预估部件在特定工况下的寿命，为选材和设计提供依据。

### 1.2.2 操作问题

操作问题是导致过滤器故障的另一重要因素，包括但不限于错误的操作流程、不当的维护保养和反冲洗设置不合理等<sup>[2]</sup>。例如，如果操作人员未能根据过滤器的负荷情况调整反冲洗频率，可能导致过滤器在高负荷运行时未能及时清洗，造成严重的堵塞。此外，错误的启停操作也可能引发压力冲击，损伤过滤器组件。维护保养不当，如更换过滤元件时未按规程操作，也会造成后续运行中的故障。通常来说，若要解决操作问题引起的故障，需考虑过滤器运行的动态特性，例如，通过计算流体动力学(CFD)模拟过滤器内流场的分布，分析不同操作条件对过滤效率和压力分布的影响。通过优化操作流程和设置，可以有效减少操作错误带来的风险。

### 1.2.3 外部因素

外部因素对过滤器的运行同样有重大影响，主要包括原料质量的波动、环境条件的变化和化学腐蚀等。原料中杂质含量的突然增加会加重过滤负担，导致过滤器快速堵塞。环境温度的变化可能影响密封材料的弹性，从而导致泄漏。化学腐蚀则主要与原料或清洗过程中使用的化学品性质有关，不同的化学环境可能加速过滤器部件的损坏。针对外部因素引起的加氢裂化装置自动反冲洗过滤器故障，可以通过引入质量控制机制来监控原料的质量，确保其在可接受的范围内波动。同时，选择适合特定环境条件和化学性质的材料，可以有效提高过滤器的抗腐蚀能力和环境适应性。

## 2 针对加氢裂化装置自动反冲洗过滤器故障的解决对策

### 2.1 设备维护与优化

针对加氢裂化装置自动反冲洗过滤器的故障，设备维护与优化是核心对策之一。通过定期维护、性能监测与技术升级，可以有效预防故障发生，提升过滤器的运行效率和可靠性<sup>[3]</sup>。具体来说：

(1) 定期维护。实施定期的检查和计划是保证过滤器稳定运行的基础。维护计划应包括对过滤元件的清洗或更换、密封件的检查和更换、检查过滤器的整体结构是否存在损伤或腐蚀。例如，过滤元件的清洗周期可依据实际运行情况和过滤负荷进行调整，以避免因过度使用而导致的堵塞或损伤。

(2) 性能监测。引入先进的监测技术，如压差传感器、流量计等，对过滤器的运行状态进行实时监控。通过分析压差变化可以及时发现过滤效率下降或堵塞的迹象，相关数学逻辑表达式如下：

$$\Delta P = P_{\text{入口}} - P_{\text{出口}} \quad (3)$$

在公式(3)中， $\Delta P$ 是过滤器两端的压力差， $P_{\text{入口}}$ 和 $P_{\text{出口}}$ 分别为过滤器入口和出口处的压力。当压差超过设计阈值时，即可采取相应措施，如启动反冲洗或更换过滤元件。

(3) 技术升级。对过滤器组件进行技术升级，使用更高效、耐用的材料，以提高过滤器的性能和抗腐蚀能力。例如，采用具有更高机械强度和更好化学稳定性的过滤介质，可以减少机械损伤和化学腐蚀的风险。此外，改进过滤器的设计，如优化反冲洗机制，可以提高清洗效率，减少由于清洗不彻底导致的堵塞问题。

(4) 预防性维护策略。基于性能监测数据，采用预防性维护策略，通过数据分析预测故障发生的可能性和时间，提前进行维修或更换部件。这种基于条件的维护策略，相比传统的周期性维护，可以更有效地减少突发性故障，降低维护成本。

通过上述维护与优化措施的实施，可以显著提升加氢裂化装置自动反冲洗过滤器的运行稳定性和效率，减少故障发生的频率，延长设备使用寿命，从而保障加氢裂化过程的连续性和安全性。

### 2.2 操作参数调整

操作参数的优化调整对于确保加氢裂化装置自动反冲洗过滤器的高效和稳定运行至关重要。合理设置操作参数可以显著提高过滤效率，减少故障发生，延长设备使用寿命。具体的调整要素如下：

(1) 反冲洗频率。反冲洗是维持过滤器正常工作的重要措施，其频率应根据过滤器的实际工作负荷和压差变化来调整。可以设定一个压差阈值，当监测到的压差达到该值时触发反冲洗<sup>[4]</sup>。具体的数学关系是，如果 $\Delta P \geq \Delta P_{\text{阈值}}$ ，则启动反冲洗，其中 $\Delta P_{\text{阈值}}$ 是预设的压差触发点。

(2) 反冲洗持续时间和流量：反冲洗的效果不仅取决于反冲洗的频率，还与每次反冲洗的持续时间和流量有关。过短的反冲洗时间或过小的流量可能无法彻底清除过滤介质上的积累物，而过长的时间或过大的流量则可能造成资源浪费。因此，需要根据过滤介质的类型、过滤器的大小和过滤负荷来优化这些参数，确保反冲洗效率既可达到要求，又能尽量控制成本。

(3) 入口压力和流量控制：过滤器的入口压力和流

量直接影响过滤效率和过滤介质的寿命。过高的入口压力可能导致过滤介质的压缩变形或损坏,而过高的流量则可能导致过滤介质表面的快速堵塞。通过精确控制入口压力和流量,可以在保证过滤效率的同时,延长过滤介质的使用寿命。这通常通过安装精确的流量控制阀和压力调节器来实现,同时利用实时监测数据调整控制设定。

(4) 温度控制。对于某些特定的过滤介质和过程,过滤效率可能受到温度的影响。温度过高或过低都可能影响过滤效果或过滤介质的稳定性。因此,对于敏感的过滤过程,需要通过加热或冷却系统来维持过滤器内的温度在一个适宜的范围内。

通过对上述操作参数的精确控制和优化调整,可以显著提高加氢裂化装置自动反冲洗过滤器的运行效率和可靠性,减少维护需求和运营成本。实施这些措施需要依托于强大的数据监测系统和灵活的控制策略,以实现过滤器运行状态的实时响应和调整。通过这种方式,可以确保过滤器在不同工况下均能保持最佳的过滤性能。

### 2.3 技术改进和升级

对加氢裂化装置自动反冲洗过滤器进行技术改进和升级是提高系统整体性能与可靠性的有效手段。通过采用新材料、改进设计和引入先进技术,可以显著降低故障率,提升过滤效率,延长设备寿命。具体来说:

(1) 过滤材料的创新。采用先进的过滤材料,如纳米材料、合成高分子材料等,能提供更高的过滤精度和更长的使用寿命。新型过滤材料通常具有更好的化学稳定性和机械强度,能够抵抗高温、高压和腐蚀性化学品的影响。例如,采用具有特定孔径分布的纳米过滤膜,可以实现对微小颗粒的高效拦截,同时保持较低的压力损失<sup>[5]</sup>。

(2) 设计优化。通过对过滤器结构进行优化设计,如改进过滤元件的布局、提高反冲洗效率等,可以提高过滤器的运行性能和维护便利性。例如,采用模块化设计,令过滤元件的更换和清洁更为简便快捷。同时,优化反冲洗系统设计,确保反冲洗水流能够均匀覆盖过滤介质的每个部分,从而彻底清除积聚的杂质。

(3) 自动化与智能化。引入自动化控制和智能化管理技术,如物联网(IoT)技术、大数据分析和机器学习算法,可以实现对过滤器运行状态的实时监控和智能预测。通过安装多种传感器收集运行数据,并利用数据分析技术优化运行参数,不仅可以提前预测和诊断潜在的故障,还可以根据过滤器的实际工况自动调整操作参数,实现更高效和稳定地运行。

### 2.4 培训与管理

在确保加氢裂化装置自动反冲洗过滤器高效稳定运行的多项措施中,员工培训与管理策略的实施同样占据着不可或缺的地位。通过系统的培训计划和有效的管理方法,可以提高操作人员的技能水平,确保设备按照最佳实践运

行,从而降低故障率,提升整体运行效率。具体来说:

(1) 定制化培训计划。根据不同员工的岗位职责和技能水平,设计定制化的培训计划。培训内容应覆盖过滤器的基本工作原理、操作规程、维护保养知识、故障诊断与处理技巧等。通过理论学习和实践操作相结合的方式,加深员工对设备运行机制的理解,提高其解决实际问题的能力。

(2) 实施持续教育。随着新技术的不断引进和工艺的持续优化,定期组织持续教育和技能更新培训变得尤为重要,不仅有助于员工掌握最新的行业知识和技术动态,还能激发其对工作的热情和创新思维。

(3) 强化安全意识。在所有培训活动中,强化安全操作的意识是极其关键的一环。确保每位员工都能够理解和遵守安全规程,认识到安全生产的重要性,能够在遇到紧急情况时采取正确的应对措施。

(4) 效能监控与反馈。建立一个全面的效能监控系统,定期评估培训效果和员工的工作表现。通过设置明确的绩效指标和定期的绩效评估,不仅可以量化培训的效果,还能及时发现培训计划和 workflows 中的不足,为持续改进提供依据。

## 3 结语

通过对加氢裂化装置自动反冲洗过滤器故障类型及成因的系统分析,及提出针对性的解决对策,可以有效地提高过滤器的运行可靠性和装置的整体稳定性。维护与优化、操作参数调整、技术升级以及人员培训等对策的实施,将对降低故障率、提升运行效率产生积极影响。未来,随着技术的进步和运维经验的积累,加氢裂化过程中自动反冲洗过滤器的维护与管理将更加科学化、系统化,进一步推动炼油行业的发展和创新发展。

### [参考文献]

- [1] 陈晓林. 加氢裂化装置新氢压缩机活塞杆失效分析及处理措施[J]. 石化技术, 2024, 31(2): 54-56.
  - [2] 李贵军, 单广斌, 张艳玲. 加氢裂化装置热高分气换热器失效分析与对策[J]. 安全、健康和环境, 2023, 23(12): 6-10.
  - [3] 李济辰, 薛楠, 李明. 加氢裂化装置大型化的优化设计与应用研究[J]. 当代化工, 2023, 52(11): 2689-2693.
  - [4] 于洋洋, 阿拉·涅夫佐洛娃 A. Б. Невзорова, 格里戈里·彼得里辛 Г. В. Петришин. 加氢裂化装置高压进料泵机械密封泄漏故障分析及系统改造[J]. 辽宁化工, 2023, 52(10): 1487-1489.
  - [5] 周健. 加氢裂化装置自动反冲洗过滤器故障分析及实施对策[J]. 中国设备工程, 2023(14): 163-165.
- 作者简介: 穆博(1983.5—), 男, 毕业院校: 西安石油大学, 所学专业: 机械设计制造及其自动化, 当前工作单位: 陕西延长石油(集团)有限责任公司延安炼油厂, 职务: 设备工程师, 职称级别: 中级工程师。