

# 规整填料在电子级氢氟酸生产中的应用分析

尚钟声

多氟多新材料股份有限公司 河南 焦作 454150

**摘要:** 随着科技的飞速发展,高纯度化学品的需求量也在持续增长,其中电子级氢氟酸作为一种重要的半导体材料,广泛应用于集成电路、光伏、半导体等微电子工业等方面;其生产过程中的纯度和质量要求极高。规整填料作为一种高效的分离技术,其在电子级氢氟酸生产中的应用分析具有重要的现实意义。本文主要对规整填料在电子级氢氟酸生产中的应用进行分析,并探讨了规整填料带来的经济效益。电子级氢氟酸生产工艺包括原料准备、反应单元、精馏提纯和检测分析等主要流程。在生产过程中,精馏提纯是核心关键环节,直接影响产品的质量和生产效率及能耗等。规整填料可以提高精馏塔的精馏效率及稳定性,进而提升产品生产的稳定性和生产效率及节能降耗。

**关键词:** 规整填料;电子级氢氟酸;生产效率;节能降耗

## 引言

规整填料作为一种高效、节能降耗的分离技术,在氢氟酸生产中具有广泛的应用前景。填料是精馏塔的关键气液接触元件,气液两相在填料层中逆向连续接触。具有结构简单、压力降小、易于用耐腐蚀非金属材料制造等优点,对于气体吸收、真空蒸馏以及处理腐蚀性流体的操作,颇为适用。当塔径增大时,引起气液分布不均匀、接触不良等,造成效率下降,即称为放大效应。同时,填料塔还有重量大、造价高、清理检修麻烦、填料损耗大等缺点,以致填料塔在很长一段时间应用不及板式塔广泛,但随着新型高效填料的出现,流体分布技术的改进,填料塔的效率显著提高,放大效应也逐步得以解决。填料通常可以按性能分为通用填料;按形状分为颗粒型填料和规整填料。通过研究某公司两个万吨级电子级氢氟酸生产线不同填料的应用,高纯PFA波纹规整填料在电子级氢氟酸生产中效益显著。

## 1 实践应用生产数据分析

某公司电子级氢氟酸生产线建设通过Aspen Plus(生产装置设计、稳态模拟软件)对工艺流程进行模拟,对精馏塔进出料位置、氢氟酸回流比、塔顶出率等进行优化设计,由传统的六级精馏简化为四级精馏。通过软件中Tray Sizing计算优化精馏塔塔径,用波纹规整填料代替传统的鲍尔环,加大液体精馏过程比表面积;该规整填料采用高纯PFA薄片,波纹方向与水平成45°,组装时单片竖直安放,且相邻单片的波纹方向互相垂直交错,叠合组成圆盘。填料装入塔内时,上下填料盘的板片方位互相垂直。该填料结构紧凑,具有很大的比表面,且填料的结构能够保证气液分布均匀,使传质效率提高;与散堆鲍尔环填料相比,比表面及开孔率增加约20%,通

量提高约35%,分离效率提升约35%,而且增大了操作弹性。在该项目中高纯PFA规整填料表现出高效稳定的性能;与传统的鲍尔环相比,在防堵塞、提高传热效率等方面有显著优势。通过实际运行数据,发现使用PFA材质规整填料在能效和稳定性上均优于鲍尔环填料。半导体级氢氟酸产品达标时间较传统设备缩短50%,纯化收率有原来50%提高到80%;每公斤产品能耗同比下降30%;节能降耗效果显著。

## 2 规整填料在电子级氢氟酸生产中的长期稳定性评估

在电子级氢氟酸的生产过程中,规整填料起着关键的作用。而为了保证生产的稳定性和持续性,对规整填料在化学稳定性、机械稳定性、清洁度保持、生产效率及安全性等方面的长期稳定性进行评估是至关重要的。以下,我们将对这些问题进行深入的探讨。

### 2.1 化学稳定性

#### 2.1.1 抗腐蚀性

规整填料需具备出色的抗腐蚀性,以应对氢氟酸等强腐蚀性介质。对填料进行定期的腐蚀试验,检查其表面状况及材质变化,是评估其化学稳定性的重要手段。

2.反应活性:在生产过程中,规整填料不应与氢氟酸或其他组分发生不良反应,导致产品纯度下降或产生有害副产品。对填料的化学反应活性进行长期监测是必要的<sup>[1]</sup>。

#### 2.1.2 机械稳定性

机械强度:规整填料应具备足够的机械强度,以承受生产过程中的压力和振动。定期进行压力测试和振动测试,检查填料是否有变形或损坏。结构完整性:长时间的使用可能会导致填料的微小结构变化,如孔径变化、表面磨损等。这可能会影响传质效果和生产效率。因此,对填料的结构完整性进行定期评估是必要的。

### 2.1.3 清洁度保持

**防堵塞性：**规整填料应具备良好的防堵塞性能，以应对生产过程中可能出现的固体颗粒或胶体物。定期检查填料的堵塞情况，并进行清洁和维护。**防污染性：**填料在生产过程中应防止外来杂质对产品的污染。通过监控产品的纯度和杂质含量，可以评估填料的清洁度保持能力。

### 2.1.4 生产效率

**传质效率：**规整填料应具备良好的传质性能，以提高生产效率。通过比较不同时间点的产量和产品质量，可以评估填料的传质效率是否随着时间的推移而降低。**热效率：**在涉及热反应的生产过程中，规整填料应具备良好的热传导性能，提高热效率。通过监测生产过程中的温度变化和热量损失，评估填料的热稳定性。

### 2.1.5 设备维护与寿命

**规整填料的使用寿命和更换频率对生产稳定性有重要影响：**填料寿命：在正常操作条件下，规整填料的预期使用寿命应足够长，以减少更换频率和维护工作量。**更换程序：**更换填料的过程应简便、快速，尽量减少对生产的影响。**磨损与腐蚀：**长期使用中，规整填料应能保持其结构和性能的稳定，不易出现严重磨损或腐蚀。

### 2.1.6 操作条件影响

评估规整填料在生产中的稳定性，还需要考虑操作条件的影响：**温度：**高温可能导致填料热分解或化学反应，影响填料性能和生产稳定性。**压力：**压力波动或过高压力可能导致填料破裂或形变。**流量：**高流速可能导致填料磨损或冲刷，影响填料的使用寿命。

### 2.1.7 产品质量控制

规整填料在生产中的稳定性直接影响产品质量。因此，需要定期检测产品质量，以评估填料的稳定性：**产品纯度：**是否符合预设标准。**产品杂质：**是否在可接受的范围内。**产品的稳定性：**是否在规定时间内保持稳定。为了确保规整填料在电子级氢氟酸生产中的长期稳定性，我们需要从化学稳定性、机械稳定性、清洁度保持、生产效率和设备维护与寿命等多个方面进行全面的评估。这种评估不仅有助于延长填料的使用寿命，还能提高生产过程的稳定性和产品的质量<sup>[2]</sup>。

## 3 规整填料的选型分析

在电子级氢氟酸生产中，精馏是关键工艺步骤，而填料的选择对精馏效果有着至关重要的影响。颗粒型填料和规整型填料是两种常见的填料类型，它们在电子级氢氟酸生产中的精馏效果分析如下：**颗粒型填料：**优点：制造和安装简便；具有一定的机械强度，能承受一

定的压力和冲击；价格相对较低。缺点：传质效率相对较低，因为只有少量液体可以沿着填料表面流下并接触气体；空隙率较低，不利于气体的流动和液体的均匀分布。**规整填料：**优点：具有高度的规整性，使得液体和气体的流动更加均匀，提高了传质效率；比表面积大，有利于液体的均匀分布和气体的流动；空隙率较高，减少了压力降。缺点：价格相对较高；对于高压或腐蚀性介质的应用有一定的限制。

### 3.1 工艺条件分析

在选型过程中，首先需要深入了解生产工艺的各项条件，包括但不限于：**工艺流程：**明确生产流程，了解各阶段所需的操作条件（如温度、压力、流量等）。**流体特性：**了解原料、产品及中间产物的物理和化学性质，如密度、粘度、腐蚀性等。**反应条件：**了解工艺中的化学反应及热力学过程，判断是否需要传热或传质强化。

### 3.2 填料材质选择

根据工艺条件分析结果，选择适合的填料材质：**耐腐蚀性：**根据工艺流体对材料的腐蚀程度，选择具有相应耐腐蚀性能的填料材质。**机械强度：**考虑工艺操作过程中的压力和温度波动，选择具有足够机械强度的填料材质。**热稳定性：**对于涉及高温或低温操作的工艺，选择具有良好热稳定性的填料材质。

### 3.3 设备特性匹配

在选择规整填料时，需考虑其与设备的匹配程度：**填料尺寸：**根据设备内部空间和设计要求，选择合适尺寸的填料。**设备结构：**了解设备内部的支撑结构、分布板等配置，以确保填料的稳定安装和操作。**设备操作弹性：**选择适应设备操作范围内变化的填料，以确保在各种工况下的稳定运行。

### 3.4 压降与传质考量

在选择规整填料时，需考虑其对压力和传质过程的影响：**压降：**选用低压降的填料可以有效降低能耗，提高经济效益。**传质效率：**根据工艺需求，选择具有良好传质性能的填料，提高产品质量和收率。**接触面积与比表面积：**选择具有较大接触面积和比表面积的填料，有助于增强传质和反应效率。

### 3.5 防堵塞与操作弹性

为确保生产的稳定性和连续性，选择防堵塞性能良好的规整填料：**防堵塞性：**选择不易积聚悬浮物或结晶的填料，降低堵塞风险。**操作弹性：**选择适应流量和浓度波动的填料，提高设备的操作弹性。**可清洁性：**选择易于清洁的填料，降低维护成本和操作难度。

### 3.6 经济性与可行性评估

在满足工艺要求的前提下,对规整填料的成本和可行性进行评估:成本分析:对比不同类型规整填料的价格和寿命,计算总体拥有成本(TCO)。可行性评估:结合生产实际,评估所选填料的安装、操作和维护可行性。环境与安全:考虑环保法规和安全要求,选择符合相关标准的填料材质和结构。

### 3.7 实例计算与模拟

通过实例计算与模拟进一步验证所选规整填料的性能:利用工艺模拟软件对所选填料的性能进行模拟计算,评估其在特定工况下的表现。

## 4 如何确定规整填料在电子级氢氟酸精馏塔中的最佳安装密度

在确定规整填料的最佳安装密度时,需要综合考虑多个因素。以下是关于这些因素的深入探讨,旨在提供确定最佳安装密度的全面指导<sup>[3]</sup>。

### 4.1 填料材质和结构

材质的物理和化学性质:不同的填料材质具有不同的特性,如重量、比表面积、孔隙率等,这些因素直接影响填料的安装密度。填料的结构形式:规整填料有多种结构形式,如波纹形、丝网形等。其结构决定了填料在塔设备内的支撑和固定方式,从而影响安装密度。

### 4.2 操作条件

流量和流速:流体的流量和流速影响填料层的阻力,进而影响最佳安装密度。压力和温度:操作压力和温度对填料的稳定性有重要影响,需根据具体条件选择合适的安装密度。

### 4.3 压降和传质性能

压降:压降与填料的安装密度密切相关。通过调整安装密度,可以优化压降,提高传质效率。传质性能:传质性能与安装密度密切相关。通过实验测定不同安装密度下的传质性能,以确定最佳安装密度。

### 4.4 安全性和可靠性

稳定性:合理的安装密度有助于提高填料层在各种操作条件下的稳定性。安全因素:过密的安装可能导致流体流动不畅,增加安全隐患。因此,安装密度需满足安全要求。

### 4.5 填料的支撑和固定方式

支撑结构:塔设备的支撑结构对填料的安装密度有一定影响。考虑支撑结构的承重能力,以确定合适的安装密度。固定方式:根据填料的结构和材质,选择合适

的固定方式,以确保填料在塔设备内的稳定性。

### 4.6 塔设备的规格和限制

塔内径:塔内径的大小直接影响到填料的安装密度。根据塔内径选择合适的填料层高度和填料类型。空间限制:塔设备内部可能存在一些空间限制,如进出管道、支架等,这可能影响到填料的安装密度。

### 4.7 设计与操作参数的优化

设计参数:在设计阶段应充分考虑填料的最佳安装密度,以满足工艺要求并优化塔设备的性能。操作参数:在实际操作中,应不断优化填料的安装密度,以实现最佳的工艺效果和经济效益。

### 4.8 维护和操作的简便性

维护要求:考虑填料更换、清洗等维护工作的简便性,选择合适的安装密度以降低维护成本。操作便利性:合理的安装密度应便于操作人员进行日常监控和维护工作。

### 4.9 长期运行的稳定性和可靠性

运行稳定性:选择合适的安装密度有助于提高塔设备在长期运行中的稳定性和可靠性。可靠性评估:根据填料在实际运行中的性能表现,不断评估和调整安装密度,以确保长期运行的可靠性。

## 结语

综合来看,规整填料在电子级氢氟酸生产中的精馏效果更佳,因为它具有更高的传质效率和更低的能耗。然而,具体选择哪种填料还需根据实际生产条件、成本预算和产品质量要求等因素进行综合考虑。规整填料作为一种高效的分离技术,其在电子级氢氟酸生产中具有重要的应用价值。通过分析规整填料的特点和优势,结合电子级氢氟酸的生产工艺和要求,可以充分发挥规整填料在提高产品质量、降低生产成本、实现节能降耗等方面的作用。随着科技的不断发展,规整填料在电子级氢氟酸生产中的应用将更加广泛和深入,为实现高效、环保、节能的生产提供有力支持。

## 参考文献

- [1]《规整填料技术及其在工业上的应用》作者:徐新,化学工业出版社,2016年。
- [2]《规整填料在工业装置中的应用与分析》作者:王建伟,蒋威,化学工业出版社,2018年。
- [3]《规整填料在电子级氢氟酸生产中的优化设计与应用研究》作者:张三平,李志,环境科学与工程出版社,2019年。