

氟化工装置的工艺设计探析

杨舒但（乳源东阳光氟有限公司，广东 韶关 512700）

摘要：化学品生产企业中，氟化工机械设备属于必要工艺装置之一，设备性能与产品质量直接相关，甚至在其中起关键性作用。优化企业氟化工装置性能成为提升经济效益、促进企业健康稳定发展的重点。本文从氟化工装置特点以及材料选择原则入手，分析氟化工装置的工艺流程并从安全角度出发对其中的要点进行探究，在提升工作安全性的同事提升产品质量，为氟化工企业健康平稳发展提供参考。

关键词：氟化工；工艺装置；工艺设计

我国经济发展步伐加快，科学技术水平也得到了极大提升，我国化工设备行业在此背景下发展前景广阔。当前我国多数化工产品已经达到国际标准，在国际市场中获得了更大的竞争力^[1]。

化工机械设备工艺的完善对于企业稳定有序发展有关键意义，直接关系到企业产品质量，可为企业带来良好社会及经济效益。

1 氟化工装置的材料选择原则及氟化工艺特点

1.1 氟化工装置的材料选择原则

1.1.1 经济实用

设备制作材料的选择需做到实用性强，这是因为设备材料需与实际应用的工艺相结合，将材料特性最大化发挥，不同材料使用的制作工艺有明显差异，只有将最合适的材料应用于生产制作才能保证产品符合实际需求^[2]。除实用性外，人员在进行材料选择时还要将成本考虑在内，在保证质量的前提下控制材料购置的成本，实现成本的降低，为企业带来更大经济效益。

1.1.2 防腐蚀性强

钢铁是化工机械设备的最主要材料，而化工企业长期将设备置于室外或酸性气体环境下就会造成设备因长期暴晒或腐蚀出现生锈状况，氟化工装置更是如此，腐蚀问题更为明显^[3]。因此，相关技术人员需将防腐蚀工作融入到工作的每一个环节，以此有效解决腐蚀问题。人员在使用设备前可于设备表面涂抹防锈漆，使用过程中也需尽量避免设备表面水汽的存在等，通过多种措施减少腐蚀的发生。但是，氟化氢具有强腐蚀性，单一防腐蚀措施无法有效保证关键工艺设备正常运行，特别是对于处于高腐蚀、高温环境下的导气箱、反应转炉等，防腐蚀不到位将在很大程度上影响设备正常使用^[4]。除前述的防腐蚀措施外，在设备材料选择环节就重视防腐蚀性强材料的的选择成为必然，哈氏合金、不锈钢材均是常用防腐蚀材料。

1.2 氟化工艺特点

①连续性：氟化工艺生产操作具有连续性特点，进出料以及产品生产均选择自动控制；②腐蚀性：氟化工艺的最大特点之一就是腐蚀性强，氟化氢、含氟盐以及氯化氢等均为强腐蚀物质，目前尚未发现耐氟化氢腐蚀的金属，而对于含氟盐以及氯化氢则只有石墨、非金属

等才可耐腐蚀^[5]；③高温性：氟化工艺生产环境具有高温性特点，这是因为生产一般采用高温热媒、蒸汽以及电加热；④毒害性：无水氟化氢为剧毒，对人体有极大危害，一旦沾到皮肤将立刻腐蚀至骨骼，且机体超量吸入后将迅速丧失生命体征。不仅如此，无水氟化氢在常压条件下的沸点为19℃，易挥发，一旦发生泄漏将造成严重后果，必须加强管理；⑤燃爆性：氟化产品在常规条件下并不具有可燃性，但是其原料则易燃易爆，因此在生产过程中仍具有燃爆性，且工艺操作的高压条件增加了物理爆炸发生的可能性。

2 氟化工装置的工艺流程

2.1 原料准备

氟碳化学生产的原料主要有两类，均有较大危险系数，需要格外注意安全防护。一类无水氟化氢，部分时候还需液氯，二者均为剧毒品，需重点监管。另外两种物质具有较低的重大危险源临界量，若生产过程中二者达到二级重大危险源就必须在常规控制措施外依据相关管理规定进行安全仪表系统的装设^[6]。另一类为含氯烷烃或烯烃，该类物质具有易燃易爆的特点，且毒性较大，因此在运送、储存时需要在达到流体输送要求基础上进行防燃防爆防毒工作。

2.2 氟化反应

2.2.1 气相法

反应进料气相，催化剂选择分子筛，浸渍金属铬，按照反应热效应进行反应器的选择，既可为固定床也可为列管式固定床。于反应器列管填充固相催化剂，为保证反应温度，壳程充填传热热媒，对反应混合物进行热回收，去氯化氢分离单元。

2.2.2 液相法

反应进料液相，催化剂选择高价铈氯化物，于反应釜中加入催化剂，高价铈氯化物经汽化氟化生成氟铈，在氟化塔中反应混合物继续转化，去氯化氢分离单元^[7]。液相法不需要过高的压强与温度，反应器中的原料会与液相催化剂结合转化为氟烃，未完全反应的物质会上升至塔顶，在回流冷凝后会与气相传质传热，回流至反应器。

2.3 氯化氢干法分离

氯化氢具有沸点低的特点，常规冷媒无法有效分离

氯化氢,故而工业中常选择低温精馏工艺对氯化氢实施分离,制冷剂制冷后可保证较低蒸发温度,制备精馏塔顶冷媒。这一方法被叫做干法分离工艺,以此与氯化氢低压水洗法相区分,且此方法具有氯化氢纯度高、耐腐蚀性强的优势。

2.4 酸性介质脱除

经过 2.3 步骤后反应混合物仍存在部分氯化氢与氟化氢,此时多对其实施水碱洗法分离,萃取剂选择水,通过氢氟酸、盐酸以及氢氯氟烃等比重的不同洗涤反应混合物。完成后含氢氟酸和盐酸的萃取液自水洗塔顶流出,氟烃则会因为比重大自底部排出,继续进行稀碱液洗涤后可获得氟烃混合物。

2.5 精馏分离

酸性介质脱除后的混合物粗品可进一步进行精馏分离,根据混合物沸点的不同选择不同精馏方法,若沸点有明显差异则可选择常规精馏工艺予以分离,若沸点相近则可置入萃取剂实施萃取精馏分离,也可选择置入共沸介质实施共沸精馏^[8]。

2.6 脱水纯化

经上一步骤后所得物质仍可能因为含水量未达标准而不能满足性能需求,此时需进行脱水纯化,分子筛以及硅胶是常用吸附剂。

2.7 氯化氢降膜吸收制酸

脱水纯化可实现氯化氢的彻底分离,后将其通过降膜吸收制成盐酸。

3 氟化工装置布置要点及环保、防护要点

3.1 布置要点

①功能分区:在进行工程设计时需要根据工艺过程的不同予以功能分区,以此提升生产管理的便捷性。按照功能可分为原料区、氟化反应区、水碱洗区、降膜吸收区、产品纯化区等,集中布置,在方便生产、提升安全性的同时便于管理;②干湿分离:水碱洗区、降膜吸收区等需要用水的区域较为潮湿,而其他区域则需要干燥的条件,因此在空间布置时需要做到干湿分离,避免水分对工艺介质处理造成负面影响;③动静分开:氟化工装置具有噪声大的特点,可能会对其他工作造成影响,因此噪声较大的区域可集中布置,与其他区域隔离开;④防毒措施:氯气、氟化氢等有一定的毒性,在空间布置时可相对集中,以便毒性气体检测发挥更大作用,并及时进行喷淋,减少危害扩散;⑤高温独立:多种加热器在氟化工装置使用和生产中也发挥重要作用,为高温操作,可远离其他区域集中布置。

3.2 安全环保要点

①重点监管危化品:重点监管的危化品包括无水氟化氢、液氯等,此类物质临界量少,较易达到重大危险源临界量,危险系数大,因此需要按照相关标准进行安全仪表的配备;②高度危害气体:高度危害气体包括无水氟化氢、氯气、氯化氢等,或含有剧毒,或高腐蚀性,

因此需重视防腐蚀防毒工作的进行,配备气体检测报警仪,人员在进行相关操作时需要穿着防化服;③重点监管的危化工艺:重点监管的危化工艺包括氟化、氯化工艺,需要按照相关条例和标准进行安全仪表的设置;④易燃易爆介质:氟化产品原料多具有易燃易爆的特点,为提升使用安全性可进行可燃气体检测报警仪的设置。

3.3 防护要点

氟化氢、氯气等危险系数较大,在过程中可能会发生诸多意外,因此除需要进行合理的分区规划和充分考虑安全因素外,氟化工装置还需要将特殊安全防护考虑其中。输送无水氟化氢等的法兰接头可选择合适的防喷罩;对可能发生氯气、氟化氢泄露的区域需进行稀碱液喷淋或者水雾喷淋的设计,通过中和毒性介质减少危害,避免扩散;人员在进行管道检修时需要做好防护工作,必要情况下穿戴重型防护服;在氯气、氟化氢泄露风险区进行巡视时要注意使用有毒气体检测仪。

4 结语

氟化工业在新时代背景下得到了长足发展,社会对于相关机械设备也有了更高的要求,氟化工企业必须认清发展趋势,从材料选择、氟化制作、防护工作等环节入手,全面提升工作质量、改善制作技术,以此提高企业综合实力,增强核心竞争力,保证企业高效、平稳发展。

参考文献:

- [1] GB/T 11023-2018.《高压开关设备六氟化硫气体密封试验方法》国家标准解读[J].国家市场监督管理总局,中国国家标准化管理委员会,2021(08):133-136.
- [2] 凌建,汪向军,薛修海,邓福亮,沈亚峰.六氟化硫开关类设备的现场检修浅述[J].电力设备管理,2020(02):55-56+75.
- [3] 吴展锋,常腾飞,吴斌.一起 1000kV GIS 设备六氟化硫气体泄漏分析与处理[J].电工电气,2020(02):35-38.
- [4] 丁道军,戴挈军,等.六氟化硫气体在电力设备使用中的危害及对策[J].电力设备管理,2020(01):107-108.
- [5] 王刘芳,刘伟,祁炯,苏镇西,邵丽骅.六氟化硫混合绝缘气体电气设备检测技术的研究及现场应用[J].安徽化工,2017,43(03):75-79.
- [6] 邹庄磊,李丽,李华亮,唐念,杨震洋.六氟化硫电气设备室通风设计问题探讨[J].暖通空调,2016,46(12):138-141.
- [7] 李华亮,李丽,陈敏,等.六氟化硫电气设备室通风安全性研究[J].贵州电力技术,2016,19(10):25-27+32.
- [8] 吴佳峻,董文坚,等.基于图像识别技术的 GIS 设备六氟化硫泄漏监测装置[J].科技展望,2016,26(14):56-57.

作者简介:

杨舒但(1992-),男,汉族,广东和平县人,本科学历,职称:助理工程师,研究方向:化工方向。