

ICS 13.100
CCS C 72



团 体 标 准

T/FSI 177—2024

氟化工企业安全生产规范

Safety production specification for fluorine chemical enterprises

2024-12-30 发布

2025-01-31 实施

中国氟硅有机材料工业协会 发布
中国标准出版社 出版

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 安全生产技术规定	2
附录A(资料性) 氟化工企业典型安全控制要求	8
附录B(资料性) 氟碳化学品、含氟聚合物、含氟精细化学品等机氟化物生产安全控制要求	12
参考文献	25

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国氟硅有机材料工业协会提出。

本文件由中国氟硅有机材料工业协会标准化委员会归口。

本文件起草单位：中化蓝天集团有限公司、浙江衢化氟化学有限公司、山东东岳高分子材料有限公司、中蓝晨光成都检测技术有限公司、中蓝晨光化工研究设计院有限公司。

本文件主要起草人：杨宏波、陶萍萍、何勇、毕作伟、白军伟、周远建、惠元元、刘志伟、安立怀。

氟化工企业安全生产规范

1 范围

本文件规定了氟化工企业安全生产的基本要求,包括工艺安全技术安全、反应安全风险评估、工程设计、自动化控制及安全仪表系统、消防及应急控制措施、仓储管控、操作规程等方面的要求。

本文件适用于无机氟化物、氟碳化学品、含氟聚合物、含氟精细化学品生产企业的安全生产管控。

本文件不适用于含氟类炸药的安全生产管控。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB 16297 大气污染物综合排放标准
- GB 30871 危险化学品企业特殊作业安全规范
- GB 36894 危险化学品生产装置和储存设施风险基准
- GB/T 37243 危险化学品生产装置和储存设施外部安全防护距离确定方法
- GB 50058 爆炸危险环境电力装置设计规范
- GB 50160 石油化工企业设计防火标准
- GB 50187 工业企业总平面设计规范
- GB 50489 化工企业总图运输设计规范
- GB/T 50493 石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计标准
- GB 50779 石油化工建筑物抗爆设计标准
- GB 51283 精细化工企业工程设计防火标准
- GB 55037 建筑防火通用规范
- GBZ 2.1 工作场所有害因素职业接触限值 第1部分:化学有害因素
- AQ/T 3034 化工过程安全管理导则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

氟化工 **fluorochemical industry**

以氟化氢或其他含氟材料为基础的化工行业。

注:包含无机氟化工、有机氟化工。其中无机氟化工包含氟化氢生产、氟化铝、六氟磷酸锂等产品,用于机械、电子、冶金等行业的重要原料;有机氟化工如含氟制冷剂、氟塑料、氟橡胶、氟树脂等产品,以其耐化学品、耐高低温、耐老化、低摩擦、绝缘等优异的性能,多用于军工、化工、机械等领域。

3.2

间歇工艺 **batch process**

所有物料一次性加入设备中,完成操作的工艺。

3.3

半间歇工艺 semi-batch process

打底物料一次性加入设备中,其余物料分段或持续加入到设备中完成操作的工艺。

3.4

连续工艺 continuous process

原料连续进入设备而产品连续排出的工艺。

3.5

氟化工工艺上下游装置 upstream and downstream unit of fluorination process

与氟化反应装置(单元)通过管道相连的各类生产装置和储存设施。

注:包含聚合、加氢、氯化、溴化、裂解、洗涤、压缩、精馏等。

3.6

反应安全风险评估 safety risk assessment of chemical reaction

评估工艺热失控及其相关后所带来的风险。

3.7

自加速分解温度 self accelerating decomposition temperature;SADT

一定包装规格的化学物质在 7 日内发生自加速分解的环境温度,是在实际应用过程中最高允许的环境温度。

3.8

储存系数 storage coefficient

实际储存的液体氟化氢体积与储罐(槽)总容积的比值。

注:由于氟化氢沸点为 19.5℃,其储存容器的气相空间内通常伴有氟化氢的气液相转换过程,储存系数是对于氟化氢储罐(槽)的储存系数。

4 安全生产技术规定

4.1 工艺技术安全

4.1.1 国内首次使用的氟化工工艺,应经过省级人民政府有关部门组织的安全可靠性论证。

4.1.2 建设氟化工项目应采用成熟可靠的化工工艺,不应使用国家明令淘汰的落后工艺。

4.1.3 涉及氟化工工艺过程、生产装置、现场设施、管道和仪表流程布局应与设计图纸一致。

4.1.4 企业发生生产安全事故或行业内同类工艺装置发生事故时,企业应结合事故原因,对本单位装置进行隐患排查和工艺安全审查,包括反应安全风险评估、工艺危害分析、操作规程、设备设施及安全仪表的完整性等,完善并落实安全措施。

4.1.5 优先选用自动化水平高的连续化工艺技术,新建涉及危险化工工艺的氟化工生产建设项目,经评估工艺条件满足超重力、微通道、管式、环流等连续化技术要求的,优先采用连续化生产工艺,提升本质安全水平。

4.2 反应安全风险评估

4.2.1 涉及的氟化工反应应按规定进行反应安全风险评估,确定反应工艺危险度等级。

4.2.2 涉及氟化、氯化、重氮化、过氧化、硝化工艺的生产过程应进行有关产品生产工艺全流程的反应安全风险评估,应包括以下几个方面:

- a) 反应安全风险评估应包括物料分解热评估、失控反应严重度评估、失控反应可能性评估、失控反应风险可接受程度评估和反应工艺危险度评估;

- b) 相关原料、中间产品、产品、副产物以及废弃物的热稳定性测试；
- c) 原料处理、分布化学反应、产品分离、蒸馏、干燥、储存等单元操作的安全风险评估；
- d) 干燥过程还应考虑粉尘爆炸风险；
- e) 储存的化学品如果具有热敏性，则应重点评估该物质在当前包装规格下的自加速分解温度(SADT)，即一定包装材料和尺寸的反应性化学物质在实际应用过程中的最高允许环境温度。

4.2.3 对于反应工艺危险度 3 级及以上的工艺，应对工艺进行优化或者采取有效的控制措施。当常规控制措施不能奏效时，应重新进行工艺研究或工艺优化，改变工艺路线或优化反应条件，减少反应的热累积程度，实现化工过程本质安全。

4.2.4 存在涉及工艺参数、工艺路线、物料种类配比等发生重大变更情况，应重新按规定开展反应安全风险评估。

4.3 工程设计

4.3.1 涉及氟化工反应的项目应由具备化工石化医药、石油天然气(海洋石油)等相关工程设计资质的设计单位进行设计，并在设计中严格遵循危险化学品建设项目的设计规范和标准。当化工项目涉及“两重点一重大”(指重点监管危险化学品、重点监管危险工艺、重大危险源)时，应具有综合甲级资质或者化工石化专业甲级设计资质的化工石化设计单位设计。

4.3.2 涉及“两重点一重大”的生产装置和储存设施应设置满足安全生产要求的紧急切断装置和自动化控制系统、安全仪表系统、可燃气体和有毒气体检测报警系统。

4.3.3 工艺发生变更时，应结合热风险评估结果，对工艺与装置进行工艺危害分析，制定并落实风险管控措施。

4.3.4 涉及重点监管工艺如氟化、氯化工艺设计应按照重点监管危险化工工艺安全控制要求，进行工艺危害分析，结合危险与可操作性分析(HAZOP 分析)、保护层分析(LOPA 分析)、安全仪表系统定级(SIL 定级)分析结果，设置安全保护设施。应采用危险与可操作性分析(HAZOP)技术对生产储存装置进行工艺安全风险辨识分析，一般每 3 年进行一次。氟化工企业常见工艺和单元操作安全控制要求详见附录 A、附录 B。

4.3.5 应按照 GB/T 37243 的要求开展外部安全防护距离评估核算。外部安全防护距离应满足 GB 36894 确定的个人风险和社会风险基准要求。

4.3.6 生产区的现场布局应与总图一致，要求如下。

- a) 企业控制室或机柜间与装置的防火间距应满足 GB 55037 的要求；控制室面向具有火灾、爆炸危险性装置一侧不应有门窗、孔洞，并应满足防火防爆要求。
- b) 变、配电站不应设置在甲、乙类厂房内或贴邻，且不应设置在爆炸性气体、粉尘环境的危险区域内。供甲、乙类厂房专用的 10 kV 及以下的变、配电站，当采用无门、窗、洞口的防火墙分隔时，可一面贴邻，并应符合 GB 50058 的规定。
- c) 具有甲乙类火灾危险性、粉尘爆炸危险性、中毒危险性的厂房(含装置或车间)和仓库内不应设置办公室、休息室、外操室、巡检室，不应在现场集中交接班。
- d) 涉及甲乙类火灾危险性的生产装置控制室、交接班室原则上不应布置在装置区内，确需布置的，应按照 GB 50779 的要求进行抗爆设计、建设和加固。

4.3.7 应根据生产工艺流程及各组成部分的生产特点、火灾危险性、地形、风向、交通运输等条件，按生产、辅助、公用、仓储、生产管理及生活服务设施的功能分区集中布置。平面布置间距、竖向布置及防火间距应满足 GB 50160、GB 50187、GB 50489、GB 51283、GB 55037 等的要求。

4.3.8 以燃烧爆炸风险为主的氟化工装置宜按装置露天或半露天进行布置，以腐蚀、中毒风险为主的氟化工装置宜按封闭式或半封闭式设计。相应的工艺流程设计、系统设备的选型与布置等应与之相适应。

4.3.9 氟化工装置设备等在生产正常运行中可能泄漏部位，低点排放的部位周围，以及在开停工、检修过

程中可能有可燃、有毒、腐蚀性等液体泄漏、溢流的设备区周围,应设置高度不低于 150 mm 的围堰和导液设施。

4.3.10 物料倒流会产生危险的设备管道,应根据具体情况设置自动切断阀、止回阀或中间容器等。可燃、有毒介质的管道,应当在安全阀或者爆破片装置的排出口装设导管,将排放介质进行妥善安全处理(如吸附、水碱洗、火炬、焚烧炉等),不应直接排入大气。有可能产生火焰蔓延的放空管和管道间还应设置阻火器、水封等阻火设施。

4.3.11 对存在含氟化氢、氯气、溴、一氟一氯甲烷等有毒有害介质,以及甲 B 类、乙 A 类可燃液体的工艺过程应设置密闭取样或密闭循环取样系统。

4.3.12 喷淋消减用水、喷淋冷却水、消防水幕、灭火蒸汽和事故用惰性气体管道等宜优先设置远程自动控制阀;如确需设置人工控制阀,应设在距危险点较远和便于操作的地点,且有明显标识。洗眼器、淋洗器的用水应与生产用水管路分开设置,以免受到污染。

4.3.13 安全阀适用于清洁、无颗粒、低黏度流体。凡安装安全泄压装置而又不适合安装安全阀的场所,应安装爆破片或安全阀与爆破片串联使用。

4.3.14 有可燃气体或有毒气体和粉尘泄漏的封闭作业场所应设计良好的通风系统,保证作业场所中的危险物质的浓度不超过有关规定的限定值,并设计必要的检测和自动报警装置。

4.3.15 依据《关于加强化工安全仪表系统管理的指导意见》,执行功能安全相关标准要求,设计符合要求的安全仪表系统。

4.3.16 生产装置或罐区应配备工艺尾气收集处理系统,并满足如下要求。

- a) 有毒物料尾气处理设施应经过具备国家规定资质等级的设计单位进行正规设计。
- b) 尾气处理设施应能做到设备运行状态自动监控、工艺参数自动监测和排放指标连续检测。尾气经过处置后符合 GB 16297 的要求方可排放。
- c) 氟化工艺与不同工艺尾气或物料排入同一尾气收集或处理系统时,应进行风险分析。
- d) 使用多个化学品储罐尾气联通系统的,应建立化学品反应矩阵,经安全论证合格。不应将混合后可能发生化学反应并形成爆炸性混合气体进行混合排放。
- e) 处于备用状态的有毒气体的应急处置系统应设置远程和就地一键启动功能,吸收剂供应泵、吸收剂循环泵、尾气风机应设置备机,备用泵应具备低压或者低流量自启动功能。
- f) 尾气吸收系统应纳入一级用电负荷进行管理。

4.3.17 槽车、钢瓶充装作业物料应配备自动切断,槽车充装应使用万向管道充装系统,周边设置自动喷淋、抽风吸收等应急装置。

4.3.18 氟化氢包装、卸料和储存系统应安装故障检修所需的负压吸收装置。

4.3.19 氟化氢管道不应穿越除厂区(包括化工园区、工业园区)外的公共区域。

4.4 自动化控制及安全仪表系统

4.4.1 生产装置和储存设施应按要求实现自动化控制;涉及硝化、氯化、氟化、重氮化、过氧化工艺装置的上下游配套装置,应实现原料处理、反应工序、精馏精制和产品储存(包装)等全流程自动化控制及机械化生产,最大限度地减少现场人员。

4.4.2 氟化反应工艺应根据工艺危害分析结果采用如下设计。

- a) 氟化反应操作中,要严格控制氟化物浓度(控制氟化反应器称重或液位)、投料配比、关键助剂/催化剂配比、氟化剂进料速度、反应温度、副产物采出量、换热介质流量、合成产物中关键杂质含量、精馏分离系统温度、压力等重点参数进行监控,设置自动化控制系统和报警联锁装置。
- b) 设置投料配比设自动比例调节控制装置和联锁装置。
- c) 温度、压力与釜内搅拌、氟物流量、氟化反应釜夹套换热介质进口阀形成联锁控制的措施,设置超温超压等控制指标异常切断进料、热媒,打开冷却系统和泄压系统等联锁。对于带搅拌的

釜式反应器,应设搅拌器电流远传指示,实现搅拌器运行状况的监测和联锁,搅拌系统故障停机时应联锁切断进料并采取必要的冷却等措施。

- d) 对于温度低不反应导致累积效应的氟化工艺,应设置氟化反应器温度低与氟化剂加入量限制联锁。
- e) 结合氟化反应各种异常工况,计算最大允许进料流量和时段累积量,液体氟化剂设置必要在线监测系统及固定的不可超调的限流措施,设置最大允许流量联锁控制措施。固体氟化剂设置自动投料及不可超调的控制措施。
- f) 对于装置中因工艺参数失控而引起的过压、危及设备或管道时,除了设置自控、联锁系统外,还应设置防爆膜、安全阀、高压阀、单向阀、紧急排空阀、紧急切断装置等其他安全设施。

4.4.3 精馏(蒸馏)系统应采取自动化控制,对进料量、热媒流量、塔釜液位、回流量、塔釜温度等主要工艺参数进行自动检测、远传、报警,应具备自动控制功能,应具备超压排放或泄漏应急处置设施,设置塔系统压力、温度报警联锁,超压具备切断塔釜热媒及物料的紧急切断功能。

4.4.4 氟化工生产装置自动化控制系统应设置不间断电源,安全仪表系统宜设置冗余不间断电源,后备电池的供电时间不小于 30 min。

4.4.5 含有氟化氢等酸性介质的换热设备应在线检测管道中冷却或加热介质的氟离子含量或 pH 值等。

4.4.6 应根据工艺危害分析[如危险与可操作性分析(HAZOP)等]和风险分析[如保护层分析(LOPA)等]确定 SIL 等级要求,设置符合要求的安全仪表系统。安全仪表系统的安全仪表功能(SIF)应通过 SIL 等级验证。

4.4.7 重点监管危化工艺系统(含同一车间内的其他设施)应设立紧急停车系统;在控制室设紧急停车按钮(停车按钮有防误操作保护罩),控制室内控制系统应设置声、光报警设备。

4.4.8 有毒气体密闭空间的事故排风系统,应当与设置在密闭空间内的有毒气体检测系统联锁启动,同时也能够在室外或远程启动。生产或使用化学有害因素作业和储存场所,空气中最高允许浓度应符合 GBZ 2.1 的要求。

4.4.9 涉及可燃和有毒有害气体泄漏的场所,应按 GB/T 50493 设置检测报警装置,应符合如下要求:

- a) 可燃气体和有毒气体检测报警信号发送至有人值守的现场控制室、中心控制室等进行显示报警;
- b) 检测报警装置现场具备声光报警功能,确保现场人员接收到异常信息能及时撤退;
- c) 可燃气体和有毒气体泄漏检测报警系统应独立于基本过程控制系统。

4.4.10 对安全联锁、紧急停车等相关的电气、仪表、阀门等,落实并定期进行校验、功能测试、泄漏测试等。

4.4.11 自动化控制系统历史数据记录额保存时间不少于 90 d,视频监控记录保留时间不少于 30 d。

4.5 消防及应急控制措施

4.5.1 根据工艺控制难易和物料危险性,合理设置减缓措施,反应系统应至少采取下列一种对系统有效的持续减缓措施(除泄压泄爆外,采用以上减缓措施的阀门应能够远程控制):

- a) 紧急冷却;
- b) 控制减压;
- c) 抑制淬灭;
- d) 骤冷浇灌;
- e) 倾泻排放;
- f) 泄压泄爆。

4.5.2 若采用倾泻排放系统,应设置事故应急釜/槽。应急釜/槽应根据物料特性选择合适措施,如设置有效的冷却搅拌系统,或有淬灭剂或抑制剂等。泄放后物料燃烧、爆炸风险较高时,应急釜/槽宜设置在

车间外围。

4.5.3 泄压泄爆措施经核算后,无法满足泄压要求的,在 SIL 定级中不能作为独立保护层使用。

4.5.4 消防给水系统、消防水源、消防管网布置、消防泵房及消防泵设置、消防水池(罐)、各类灭火系统、冷却设施、灭火器配置、灭火药剂及其储存等的设计,应符合国家相关防火标准的要求。

4.5.5 消防水泵、稳压泵、消防泡沫泵应分别设置备用泵。

4.6 仓储管控

4.6.1 按照国家标准分区分类储存危险化学品,不应超量、超品种、超期储存危险化学品,并尽可能减少储存量。

4.6.2 储存氟化氢、液氯、溴素、氟单质的场所应设置应急槽且有效容积不应小于最大储罐的容积。新建罐区的应急储罐宜采用低位应急槽,紧急状态下利于自流倒料,且保持应急槽处于空置状态,应急倒料阀应设置为远程控制阀。

4.6.3 新建构成重大危险源的液氯、氟化氢等剧毒(高毒)危化品储罐应实行封闭化管理,并设置自动尾气吸收处理系统。液氯储存及使用场所应配备氯气捕消器等应急物资。

4.6.4 储存沸点低于 45℃的甲 B 类液体宜选用压力或低压储罐;储存 15℃时的蒸气压力 >0.1 MPa 的液体应选用压力储罐,或设置伴冷设施。

4.6.5 氟化氢储罐(槽)储存系数不大于 0.8,每个储罐应设置两种不同测量原理液位检测仪表。

4.6.6 原料、中间产物、成品、危废等存储设施应有完整的物料标识和周知卡,包装容器上应张贴相应的标签。

4.6.7 危险固废堆放场所、消防应急事故水收集池、罐区等防火堤内壁及地坪应做好防渗漏等措施。

4.6.8 化学品仓库、危废仓库宜根据仓储物料的自加速分解环境温度(SADT)要求,设置红外热成像等环境温度监测、报警及应急处置设施。

4.7 操作规程

4.7.1 应建立工艺安全信息档案,全面收集并确保相关管理人员和岗位员工熟知生产过程涉及的化学物料特性、工艺和设备等方面的安全生产信息,及时更新。包括收集所有工艺中使用和产生的化学品的毒理学数据,包括急性和慢性毒害数据(经口、吸入、皮肤、眼睛)并制定允许的暴露限值。

4.7.2 企业应制订操作规程,并明确工艺控制指标。现场表指示数值、分散控制系统(DCS)控制值应与操作规程、工艺卡片控制值应保持一致。

4.7.3 操作规程应至少包括开车、正常操作、临时操作、异常处置、正常停车和紧急停车的操作步骤与安全要求,以及工艺参数的正常控制范围及报警、联锁值,偏离正常工况的后果、预防措施和步骤。

4.7.4 应定期对岗位人员开展操作规程培训和考核,核对考核内容与所培训的操作规程的符合情况。

4.7.5 连续操作的反应、精(蒸)馏、浓缩等工艺,应对氟化物、副产物的浓度以及物料成分比例进行规定和控制,并定期分析检测。

4.7.6 定期对岗位人员进行操作规程培训,岗位人员应掌握工艺控制指标的范围、重要设备的操作及操作过程所涉及的技术、安全、维护和应急等方面的知识,并对操作规程的掌握程度进行定期考核。

4.7.7 设企业应每年对操作规程进行适用性和有效性审核,至少每 3 年对操作规程进行 1 次全面修订。企业发生生产安全事故、事件或行业内同类工艺装置发生事故时,应及时对操作规程进行审查;工艺技术、设备设施等发生变更或风险分析提出修订要求时,应及时组织对操作规程中的相应内容进行修订。

4.8 人员防护

4.8.1 涉及氟化氢或氢氟酸的作业现场装卸、取样、开关阀门等操作人员应该佩戴防护面屏、耐氟化氢或氢氟酸的轻型防护服和防护手套。

4.8.2 处置氟化氢、氢氟酸等有毒、腐蚀性介质泄漏紧急情况时,应急处置人员应戴正压式空气呼吸器,穿气密型化学防护服。现场应配备 2 套及以上正压式空气呼吸器和密型化学防护服。

4.8.3 设备管路检修前,应进行彻底清洗和置换。应配备必要的个人防护用品,包括防毒面具、防护手套、耐酸胶鞋、护目镜、空气呼吸器、防护服及应急药品等。

4.8.4 操作人员进入剧毒(如八氟异丁烯等)残液房间内操作时应全程佩戴正压式呼吸器。

4.9 过程安全管控

4.9.1 氟化工艺生产企业应建立隐患排查、分级管控制度。企业人员按照隐患排查要求进行隐患排查管控。同类企业发生影响较大事故时,应及时进行事故类比隐患专项排查。

4.9.2 装置操作人员现场巡检间隔不应大于 2 h,涉及重大危险源和氟化工艺的生产、储存装置和部位的操作人员现场巡检间隔不应大于 1 h。

4.9.3 应定期对工艺过程、作业活动、设备设施、作业环境等进行风险辨识评估、定级,编制管控措施,记录评估结果。

4.9.4 企业应制定工艺报警处置程序,发生工艺报警后,岗位员工应按规定进行及时有效处置,并如实记录,并对报警原因进行分析。

4.9.5 现场就地液位计应标有最高安全液位。

4.9.6 充装操作时应设置警戒区域,并有明显的警示标识,非操作人员不应进入。

4.9.7 企业应制定危险作业许可制度,规范动火、进入受限空间、动土、临时用电、高处作业、断路、吊装、抽堵盲板等特殊作业的安全条件和审批程序,特殊作业应符合 GB 30871 的要求。

4.9.8 检维修前:进行危险、有害因素识别,编制检维修方案,办理工艺、设备设施交付检维修手续;对检维修人员进行安全培训教育,检维修前对安全控制措施进行确认,为检维修作业人员配备适当的劳动防护用品,办理各种作业许可证。对检维修现场进行安全检查,检维修后办理检维修交付生产手续。

4.9.9 系统性检修时,同一作业平台或同一受限空间内不应超过 9 人。

4.9.10 企业应按照 AQ/T 3034 的要求,建立变更管理制度。变更应分类、分级管理,实行申请、审批、实施、验收程序。分析辨识变更(包括变更后)产生的安全风险,制定并落实安全风险管控措施。变更后企业应对相关规程、图纸资料等安全生产信息及时更新,并组织相关人员教育培训和考核。

4.9.11 企业应根据工艺条件及物质的危险性编制相应的应急预案,并在相关操作岗位放置应急处置卡,每年至少组织一次综合应急预案演练或者专项应急预案演练,每半年至少组织一次现场处置方案演练。

4.9.12 企业应设置紧急救援站或有毒气体防护站(点),明确毒物救治方法,配备急救药品;或与就近有救援能力的医院签订救援协议。

4.9.13 装置出现泄漏等异常状况时,应严格控制现场人员数量。

4.9.14 对氟化工艺属性不明的副产物进行鉴定,不应违规堆存、随意倾倒、私自填埋等,将有关信息告知相关方,确保副产物贮存、运输、处置安全。

附 录 A

(资料性)

氟化工企业典型安全控制要求

A.1 无机氟化物生产安全控制要求

无机氟化物产品是机械、电子、冶金等行业的重要原料和辅料,在无机氟化物中,氟化氢制备是基础行业,其次是作为铝电解工业生产原料的氟化铝、冰晶石等氟化盐产品,然后是新能源产业中的含氟锂电基础原料。本附录主要列举一下主要产品生产过程安全控制要求。

A.2 氟化氢生产工艺

氟化氢生产工艺见表 A.1。

表 A.1 氟化氢生产工艺

项目	内容
工艺简介及特点	<p>1.工艺简介： 目前工业上氢氟酸生产主要为萤石—硫酸法,其主要工艺为:原料萤石精粉(氟化钙)和硫酸、烟酸混合进入反应转炉加热反应产生氟化氢气体,经过洗涤、冷却、冷凝、精馏、脱气得到无水氟化氢产品,副产品为氟硅酸和含氟石膏;另外尚有氟硅酸—硫酸法等工艺。</p> <p>2.萤石—硫酸法生产氟化氢工艺的主要特点如下： 1)设备的腐蚀严重。腐蚀主要集中在反应回转炉、粗馏塔及相连接的管道上； 2)氟化氢具有强腐蚀性、高毒,在生产、贮存、运输、使用等过程中,容易因泄漏、操作不当、误接触以及其他意外而造成危险； 3)萤石与硫酸反应的温度要求较高,反应转炉的温度最高可达600℃,在高温条件下反应转炉、烟道气循环风机的机械传动正常运行容易受到影响； 4)反应转炉使用煤气发生炉作为热源,或者使用天然气作为热源,局部具有易燃易爆的危险； 5)原料萤石及副产石膏均为固体,在固体物料的输送过程易产生粉尘； 6)反应系统处于微负压状态</p>
主要设备	<p>氟化氢装置的主要设备包括:预反应器、反应转炉、脱气塔、精馏塔、洗涤塔、硫酸(发烟硫酸)储罐、氟化氢储罐等</p>
主要控制要求	<p>1.重点监控的工艺参数： 反应转炉的温度、压力;反应转炉的混酸(硫酸/发烟酸)进口比例及总流量、萤石粉进料量;脱气塔、精馏塔的液位、温度;塔顶压力等。</p> <p>2.安全控制的基本要求： 反应转炉的温度、压力的报警和连锁;储槽液位的报警连锁;反应转炉萤石粉和混酸的比例控制和连锁;紧急冷却系统;氟化氢泄漏检测报警装置。</p> <p>3.宜采用的控制方式： 紧急停止投料连锁控制;反应系统、脱气系统、精馏系统分别设置了紧急情况一键停车;置负压产生设施(如负压风机变频或负压风机进口调节阀等)与回转反应炉炉头负压的自调节装置;塔压力过高停止进料打开泄压阀门自动往受槽泄压、切断塔釜热媒;煤气炉装置紧急停电自动打开水封阀门;燃气加热炉应设置火焰监测和熄火保护连锁设施;成品罐区中成品泵一键停车等</p>

表 A.1 氟化氢生产工艺（续）

项目	内容
主要安全设施(措施)	1. 氟化氢生产装置及煤气发生装置应采用半敞开式结构;其结构宜采用钢结构或钢筋混凝土结构。 2. 高温设备如热风炉、回转炉、高温循环风机等应采取有效的隔热措施。 3. 无水氟化氢转炉应设尾气抽吸风机,收集的气体与酸中间罐的排气经吸收、洗涤排放。 4. 回转炉应根据其操作工况选择防腐材质,条件受限时可采用局部防护措施。 5. 氟化氢生产装置的供电应满足二级负荷的要求。 6. 对可能存在化学烧伤危险的作业区域,应就近设置救护箱,并配备相应的应急药品和冲洗用具。 7. 粉料仓、渣仓及易产生粉尘的场所应设置除尘设施。 8. 煤气燃烧炉点火前应对炉内气体的含氧量进行检测,并对供气管道内的气体加以高空排放,加热的炉膛采用氮气进行置换,含氧量小于2%后方可点火

A.3 氟化铝及氟硅酸钾生产工艺

氟化铝及氟硅酸钾生产工艺见表 A.2。

表 A.2 氟化铝及氟硅酸钾生产工艺

项目	内容
工艺简介及特点	1. 工艺简介: 氟化铝生产是由氢氧化铝经计量用螺旋送进氟化铝反应器与通入的 HF 气体混合,启动用天然气加热(反应为放热反应),同时鼓入空气使物料在炉内形成沸腾状。物料于炉内换热并进行反应,生成氟化铝,产品经螺旋排料机送到冷却器冷却。炉气从反应器顶部经旋风器进行气固分离,固体经螺旋送往冷却机冷却后回收产品。 氟硅酸钾生产首先在带搅拌的溶解池溶解氯化钾,经过滤后储存待用。然后将来自氟硅酸罐区的氟硅酸与水(生产循环后使用母液)稀释至指定浓度。氯化钾和稀释后的氟硅酸在一定温度下进行合成反应,反应一定时间后得到氟硅酸钾料浆,过滤后的软膏经干燥得到氟硅酸钾产品。 2. 氟化铝及氟硅酸钾生产的主要特点如下: 1) 干法生产氟化铝是一种在悬浮或流态化状态下,以气态氟化氢与固态氢氧化铝直接反应生成氟化铝的工艺; 2) 生产过程中使用固体粉料物质,在固体物料的输送过程易产生粉尘; 3) 过程中使用粉料仓、流化床等设备对密封性要求较高,容易出现密封失效; 4) 使用的氟化氢具有强腐蚀性、高毒,在生产、贮存、运输、使用等过程中,容易因泄漏、操作不当、误接触以及其他意外而造成危险; 5) 反应前期需要使用天然气加热,氟化铝生产属于放热反应,热量控制不当存在超温超压风险; 6) 氟化铝生产过程气固相反应,容易出现分布不均,传质、传热不均等情况; 7) 氟化铝、氟硅酸钾生产过程产生含 HF、HCl 尾气,存在强腐蚀性和毒性,同时对设备腐蚀性较强
主要设备	氟化铝装置的主要设备包括:氢氧化铝料仓、硫酸槽、净化塔、冷凝器、氟化氢再沸器、氟化氢过热器、精馏塔、硫酸吸收塔、反应器等。 氟硅酸钾装置的主要设备包括:配酸槽、合成母液储槽、氯化钾储槽、氯化钾溶解池、结晶池、氢氟酸储罐、包装除尘器等
主要控制要求	1. 重点监控的工艺参数: 流化床、氟化氢汽化器的温度、压力;系统的真空度;天然气燃烧状态;精馏塔的液位、温度,吸收塔液位、压力等。

表 A.2 氟化铝及氟硅酸钾生产工艺（续）

项目	内容
主要控制要求	<p>2.安全控制的基本要求： 流化床的温度、压力的报警和连锁；储槽液位的报警连锁；反应热量的控制；紧急冷却系统、紧急泄放系统；氟化氢泄漏检测报警装置。</p> <p>3.宜采用的控制方式： 紧急停止投料连锁控制；氟化氢汽化器、流化床等分别设置了紧急情况一键停车；设置负压产生设施（如负压风机变频或负压风机进口调节阀等）系统超压连锁；天然气燃料炉设置长明灯和火焰监测器，以便及时观察天然气的燃烧情况，同时还设有熄火保护装置，杜绝火焰熄灭，天然气泄漏</p>
主要安全设施（措施）	<p>1.氟化铝、氟硅酸钾生产装置应采用半敞开式结构；其结构宜采用钢结构或钢筋混凝土结构。</p> <p>2.高温设备如氟化氢汽化器、流化床、燃烧室等机应采取有效的隔热措施。</p> <p>3.设尾气抽吸风机，收集的气体与酸中间罐的排气经吸收、洗涤排放。</p> <p>4.增设了水幕设施，当氟化氢泄漏时，开启水幕，可有效吸收泄漏的氟化氢气体。</p> <p>5.氟化氢生产装置的供电应满足二级负荷的要求。</p> <p>6.对可能存在化学烧伤危险的作业区域，应就近设置救护箱，并配备相应的应急药品和冲洗用具。</p> <p>7.粉料仓、渣仓及易产生粉尘的场所应设置除尘设施。</p> <p>8.天然气燃烧炉点火前应对炉内气体的含氧量进行检测，并对供气管道内的气体加以高空排放</p>

A.4 六氟磷酸锂生产工艺

六氟磷酸锂生产工艺见表 A.3。

表 A.3 六氟磷酸锂生产工艺

项目	内容
工艺简介及特点	<p>1.工艺简介： 六氟磷酸锂生产工艺主要分为五氯化磷反应、六氟磷酸锂合成、结晶等工艺。 五氯化磷反应工艺是由人工将来自原料仓库的原料五氯化磷一次性加料至反应釜后，再将水氟化氢按照一定速度加到反应釜中，与反应釜中的五氯化磷反应，生成五氯化磷、氯化氢及氟化氢混合气体，通过调节氟化氢进料速度，控制反应进程。 六氟磷酸锂合成是将氟化锂溶液溶解后，输送至合成釜中，开启搅拌，然后通入前一步反应生成的五氯化磷混合气，混合气中五氯化磷与釜内氟化锂溶液发生合成反应，生成六氟磷酸锂合成液。 结晶过程是将反应生成的六氟磷酸锂粗品，通过换热介质进行换热，使其按照降温曲线进行结晶。析出六氟磷酸锂固体。</p> <p>2.六氟磷酸锂生产的主要特点如下： 1)五氯化磷生产、六氟磷酸锂生产工艺属于间歇工艺，均需要采用单次投料方式进行； 2)生产过程中使用固体五氯化磷，暴露在空气中极易挥发； 3)涉及的盐酸、氢氟酸属于酸性腐蚀品，氢氧化钠属于碱性腐蚀品； 4)使用的氟化氢具有强腐蚀性、高毒，在生产、贮存、运输、使用等过程中，容易因泄漏、操作不当、误接触以及其他意外而造成危险； 5)涉及的五氯化磷、公用物料导热油、载冷剂二氯甲烷为可燃物质这些物质一旦泄漏，并与空气形成混合气体，遇明火、高热可能发生火灾爆炸； 6)反应过程涉及的氟化工艺属于危险化工工艺，氟化反应是放热反应。工艺过程中温度、物料流量、压力的控制不合理，设备的质量问题、管线的破损，导致泄漏，检测报警、连锁装置失效，作业场所通风不良等均可能导致中毒窒息事故</p>

表 A.3 六氟磷酸锂生产工艺（续）

项目	内容
主要设备	六氟磷酸锂装置的主要设备包括:无水氟化氢储罐、反应混酸槽、结晶混酸槽、冷凝塔、紧急吸收塔、溶解釜、反应釜、合成釜、PF ₅ 缓冲罐等
主要控制要求	<p>1.重点监控的工艺参数: 溶解釜温度、压力;五氟化磷反应系统氟化氢加料速率控制;反应系统、合成系统的温度、压力控制;结晶系统温度控制等。</p> <p>2.安全控制的基本要求: 五氟化磷、六氟磷酸锂反应系统温度、压力的报警和联锁;储槽液位的报警联锁;反应热量的控制;紧急冷却系统、紧急泄放系统;氟化氢泄漏检测报警装置。</p> <p>3.宜采用的控制方式: 五氟化磷反应系统设置氟化氢紧急停止投料联锁控制;反应釜、合成釜内搅拌、氟化物流量、氟化反应釜夹套冷却/加热介质形成联锁控制,设立紧急停车系统,当釜内温度或压力超标或搅拌系统发生故障时自动停止加料,并实施有序停车</p>
主要安全设施(措施)	<p>1.六氟磷酸锂生产装置宜采用封闭式厂房结构,避免含氟化氢等物质泄漏扩散,同时设置可靠的通排风系统。</p> <p>2.五氟化磷反应系统设置氟化氢紧急停止投料联锁控制,超温超压时停止投料。</p> <p>3.六氟磷酸锂合成系统设置温度、压力、泄漏紧急联锁控制。</p> <p>4.设尾气抽吸风机,收集的气体与酸中间罐的排气经吸收、洗涤排放。</p> <p>5.增设水幕设施,当氟化氢泄漏时,开启水幕,可有效吸收泄漏的氟化氢气体。</p> <p>6.氟化氢生产装置的供电应满足二级负荷的要求。</p> <p>7.对可能存在化学烧伤危险的作业区域,应就近设置救护箱,并配备六氟灵、敌氟灵、烫伤膏等药品</p>

附录 B

(资料性)

氟碳化学品、含氟聚合物、含氟精细化学品等机氟化物生产安全控制要求

有机氟化工产业链错综复杂,主要可分为氟碳化学品(如含氟制冷剂、热泵工质、灭火剂、发泡剂、清洗剂等)、含氟聚合物(氟树脂、氟涂料、氟橡胶等)、含氟精细化学品(含氟医药农药中间体、含氟表面活性剂、含氟液晶化学品等)。大多具备耐化学性、耐高低温、耐老化、低摩擦、绝缘等优异的性能,其生产过程大多涉及氟化、氟聚合、氯化、溴化、加氢、裂解、氧化等工艺,还涉及洗涤、压缩、蒸(精)馏等单元操作,每个环节均有其共性的安全生产控制要求,详见表B.1~表B.10。

表 B.1 氟化反应工艺

项目	内容
工艺简介及特点	<p>1. 氟化工艺简介: 氟化是化合物的分子中引入氟原子的反应,涉及氟化反应的工艺过程为氟化工艺。氟与有机化合物作用多为放热反应,放出大量的热可使反应物分子结构遭到破坏。氟化剂通常为无水氟化氢、氟气、卤族氟化物、惰性元素氟化物、高价金属氟化物、氟化钾等。在氟化工领域,氟化剂一般为无水氟化氢。</p> <p>2. 氟化工艺危险特点: 1) 反应物料具有燃爆危险性; 2) 氟化反应多为放热反应,不及时排出反应热量,易导致超温超压,引发设备爆炸事故; 3) 多数氟化剂具有强腐蚀性、高毒,在生产、贮存、运输、使用等过程中,容易因泄漏、操作不当、误接触以及其他意外而造成危险; 4) 在液相氟化反应后期,催化活性下降,需要排出氟化反应器,此液体是一种酸性强烈的混合物,其中除有催化剂外,还有少量的氟化氢、氯化氢及氯气、并含有有机溶剂,遇潮湿的空气立即生成大量白色烟雾并迅速扩散,对设备和人体造成毒害及腐蚀性损害</p>
主要设备	氟化装置工艺设备主要包括气固(液)相氟化设备、缓冲计量容器及其相关的换热设备
主要控制要求	<p>1. 重点监控工艺参数: 气固相氟化反应:氟化反应器壳层进出口温度,管层不同位置的温度;反应物料预热温度,加热介质温度;反应器导热介质加热器电热管温度、壁温及加热功率;反应器顶部、底部压力;反应器进料流量、配比;氟化氢计量槽的液位/重量等。 液相氟化反应:氟化反应釜内温度和压力、重量;反应釜搅拌速率;反应物料的配比;冷却/加热系统中介质的温度、压力、流量;氟化氢计量槽的液位/重量等。</p> <p>2. 安全控制的基本要求: 气固相氟化反应:反应器温度、压力的报警和联锁;反应物料流量的控制;反应热源的切断;安全泄放系统;事故状态下氟化氢吸收中和系统可燃和有毒气体检测报警装置等。 液相氟化反应:氟化反应釜温度、压力的报警和联锁;反应物料的比例控制;搅拌的稳定控制;反应热源的切断;安全泄放系统;事故状态下氟化氢吸收中和系统;可燃和有毒气体检测报警装置等。</p> <p>3. 宜采用的控制方式: 气固相氟化反应:反应器顶部压力/温度与反应器进料成联锁关系;反应器物料预热器、反应器导热介质加热器加热功率自动控制;反应器超温超压后自动停止加氟化剂,并实施有序停车。 液相氟化反应:将氟化反应釜内温度、压力与釜内搅拌、氟化物流量、氟化反应釜夹套冷却/加热介质形成联锁控制,在氟化反应釜处设立紧急停车系统,当氟化反应釜内温度或压力超标或搅拌系统发生故障时自动停止加料,并实施有序停车</p>

表 B.1 氟化反应工艺（续）

项目	内容
主要安全设施(措施)	<p>1. 氟化反应器应设置多点温度测量控制系统,并具有报警、调节、控制、联锁功能,对反应冷却或加热系统实现自动调节;氟化反应器压力应实现远传控制。</p> <p>2. 氟化设备布置在封闭式厂房内时,应采取防止可燃气体和腐蚀性气体积聚,并具有防爆、泄压等措施,应配套吸风和事故氟化氢吸收处理装置,其事故通风机应与设置的有毒气体或可燃气体检测、报警装置联锁。</p> <p>3. 当氟化装置设置在有爆炸危险的甲、乙类厂房内时,为氟化反应器供热的电热煤炉可布置在车间边缘,并用非燃烧材料的实体防火墙隔离,其门窗之间的距离及电气设备应符合《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》的规定。氟化反应器的燃气或燃油热煤炉应独立设置。</p> <p>4. 涉及易燃易爆物料的氟化装置的设备、管道应设置氮气保护或置换系统。</p> <p>5. 氟化装置应设置紧急排泄气体收集、处理系统。</p> <p>6. 氟化装置的中间贮罐、计量槽等其装量不宜大于最高液位的80%,高高液位的报警的设定高度不应大于容器容积的85%。</p> <p>7. 输送含氟化氢的管道作业结束,应采取保护措施,防止管道处于满液封闭状态。</p> <p>8. 涉及氟化氢含水介质的换热作业场所,其换热温度控制应高于该介质露点温度。</p> <p>9. 氟化反应器的冷却、加热介质不应选用与生产物料可反应的介质。当生产工艺需要时,应采取相应的保护措施。</p> <p>10. 熔盐加热系统应结合氟化反应器布置设置防堵塞、防凝固措施。并宜在反应器壳体上设置放空管及氟化氢检漏设施。</p> <p>11. 氟化装置的废渣应密闭装卸处理,涉及液化废弃物装运的按液化烃和高毒类物质要求防护设计。</p> <p>12. 生产污水应送入污水装置处理,并应架空输送,禁止排入其他污水系统。禁止将氟化氢气体直接排入大气。</p> <p>13. 氟化装置各楼层设置冲淋洗眼器、洗手池。</p> <p>14. 液相氟化氢管道采用厚壁管道,采用氩弧焊打底并加强焊接,其管道弯头至少半年测厚一次。</p> <p>15. 氟化反应器及附属接管宜采用高等级材质(蒙耐尔、镍基合金等)</p>

表 B.2 氟聚合工艺

项目	内容
工艺简介及特点	<p>1. 聚合工艺简介: 聚合是一种或几种小分子化合物变成大分子化合物(也称高分子化合物或聚合物,通常分子量为$10^4\sim 10^7$)的反应,涉及聚合反应的工艺过程为聚合工艺。聚合工艺的种类很多,按聚合方法可分为本体聚合、悬浮聚合、乳液聚合、溶液聚合等。在氟化工领域,主要为氟化物聚合,典型的有:四氟乙烯悬浮法、分散法生产聚四氟乙烯;四氟乙烯(TFE)和偏氟乙烯(VDF)聚合生产氟橡胶和偏氟乙烯-全氟丙烯共聚弹性体(俗称“26型氟橡胶或氟橡胶-26”)等。</p> <p>2. 聚合工艺主要特点如下。</p> <p>1) 聚合装置中除了特别危险的四氟乙烯等单体外,也有三乙胺等易燃液体。此外,聚合所用的引发剂为过氧化物,遇热会自动分解并伴随放热和释放出氧气,如与有机物混合则易产生爆炸。</p> <p>2) 聚合原料具有自聚和燃爆危险性;聚合反应是自加速反应,如反应过程失去控制,一旦形成就无法再使反应终止,特别是四氟乙烯作为极容易聚活泼烯烃,自由基聚合时,反应速度快,聚合放热量大。如果反应过程中热量不能及时移除,随物料温度上升,过度的热量积聚,同时压力迅速增高,在很短的时间内就能超出聚合釜所能承受的限度发生“爆聚”。</p>

表 B.2 氟聚合工艺 (续)

项目	内容
工艺简介及特点	<p>3)聚合所用的引发剂一般是无机过氧化物,也有使用有机过氧化物,有机过氧化物比无机过氧化物更不稳定,温度稍高就能发生分解,甚至爆炸。平时一定要保存在低温环境下,多余的引发剂应及时送回冰箱或冷藏室内。</p> <p>4)不饱和含氟单体大多具有毒性甚至剧毒,且不像氯、氟等容易被识别,过程控制、残液处理等稍有不当,极易发生中毒事故</p>
主要设备	聚合装置工艺设备包括:聚合反应釜,计量槽、储槽、反应产物冷却器、反应产物储槽等
主要控制要求	<p>1.重点监控工艺参数: 聚合反应釜内温度、压力,聚合反应釜内搅拌速率;单体进料(流)量;引发剂流量;冷却水流量;料仓静电、可燃气体监控等。</p> <p>2.安全控制的基本要求: 反应釜温度和压力的报警和联锁;反应釜的温度调节;紧急冷却系统;紧急切断系统;紧急加入反应终止剂系统;搅拌的稳定控制和联锁系统;可燃气体置换系统,可燃和有毒气体检测报警装置;高压聚合反应釜设有防爆墙和泄爆面等。</p> <p>3.宜采用的控制方式: 反应物料的配比;反应釜内搅拌器远程控制、运行状态监视、故障报警;将聚合反应釜内温度、压力、搅拌器电流与聚合单体进料阀、引发剂进料阀、聚合反应釜夹套冷却水进水阀形成联锁,设立紧急停车系统。当反应超温、搅拌失效或冷却失效时,能及时加入聚合反应终止剂</p>
主要安全设施(措施)	<p>1.聚合反应器应与相邻设备或厂房隔离并设电视监视设备运转,相应的生产操作应采用DCS等远传控制系统,正常生产时,禁止人员进入。</p> <p>2.聚合釜应按压力容器相关规定设置超压保护,聚合反应器应采用爆破片,泄放管线不应有弯头,并应设远传紧急泄压设施。</p> <p>3.聚合反应系统应有下列设施:报警和紧急停车设施,连续聚合反应系统应设自动切断引发剂(催化剂)和单体进料的设施,聚合反应器应设自动加入稀释剂、冷却剂、终止剂的联锁设施,终止剂加料罐应有低液位报警。</p> <p>4.聚合反应器搅拌桨叶和散热系统的循环泵应有备用电源。</p> <p>5.进行聚合反应前,应进行釜内氧含量的测定。</p> <p>6.聚合用引发剂、催化剂、助剂等的存放室应满足储存温度、湿度的要求,储存设备应具备防止突发情况的应急保护措施。氧化剂和还原剂不应得同室存放。氧化剂和有机过氧化物在装置内的存放量不应超过一日用量和生产所需的缓冲用量;单体贮槽应设置冷却设施,并设有防自聚控制措施。</p> <p>7.聚合系统宜设事故泄放罐,经分离所携带的泡沫、聚合物、液滴后,方可排入尾气处理系统</p>

表 B.3 氯化工艺

项目	内容
工艺简介及特点	<p>1.氯化工艺简介: 氯化是化合物的分子中引入氯原子的反应,主要包括取代氯化、加成氯化、氧氯化等。</p> <p>在氟化工领域,氯化反应主要是以氯原子取代氢原子,或者用氯加成烯烃、炔烃等。如以乙炔和氯气为原料生产氟化工领域的重要上游原料三氯乙烯、偏氯乙烯,四氯乙烯等;甲烷氯化物的生产;三氟一氯乙烷与液氯加热氯化反应生成三氟二氯乙烷等;氯气与锑、锡等金属反应。</p>

表 B.3 氯化工艺（续）

项目	内容
工艺简介及特点	<p>2.氯化工艺主要特点如下：</p> <p>1)是放热反应,尤其在较高温度下进行氯化,反应更为剧烈,速度快,放热量较大；</p> <p>2)所用的原料大多具有燃爆危险性；</p> <p>3)氯气本身为剧毒化学品,氧化性强,储存压力较高,多数氯化工艺采用液氯,生产过程是先气化再氯化,一旦泄漏危险性较大；</p> <p>4)氯气中的杂质,如水、氢气、氧气、三氯化氮等,在使用中易发生危险,特别是三氯化氮积累后,容易引发爆炸危险；</p> <p>5)生成的氯化氢气体遇水后腐蚀性强；</p> <p>6)氯化反应尾气可能形成爆炸性混合物</p>
主要设备	氯化装置工艺设备主要包括氯气缓冲计量容器、氯化设备及其相关联的换热设备等
主要控制要求	<p>1.重点监控的工艺参数：</p> <p>氯气缓冲罐的压力、氯化反应釜的温度和压力；氯化反应釜搅拌速率；反应物料、氯化剂进料流量及配比；冷却系统中冷却介质的温度、压力等；氯化反应尾气组成等。</p> <p>2.安全控制的基本要求：</p> <p>氯化设备温度和压力的报警和联锁；反应物料的比例控制和联锁；搅拌的稳定控制；进料缓冲器；紧急进料切断系统；紧急冷却系统；安全泄放系统；事故状态下氯气吸收中和系统；可燃和有毒气体检测报警装置等。</p> <p>3.宜采用的控制方式：</p> <p>将氯化温度、压力与釜内搅拌、氯化剂流量、氯化反应釜夹套冷却水进水阀形成联锁关系,设立紧急停车系统</p>
主要安全设施(措施)	<p>1.对于半敞开式氯化装置厂房结构,应充分利用自然通风换气条件;不能采用自然通风的场所,应采用机械通风,但不宜使用循环风。对于全封闭式氯化装置厂房结构,应配套吸风和事故氯气吸收处理装置。</p> <p>2.原则上氯气缓冲罐容积不应小于用氯的第一级设备容积,缓冲罐底设有排污口,应定期排污,排污口接至碱液吸收池;缓冲罐应布置在用氯的第一级设备临近处或高于用氯设备;布置在气化站的缓冲罐或低于用氯设备,应防止管道积液产生虹吸倒灌。</p> <p>3.进反应釜的氯气管道(液下氯分布器),应设置氯气止回阀或增加高度(提高倒流时液柱高度),宜采用气化氯负压信号与反应釜氯气切断阀连锁控制,防止物料倒灌。</p> <p>4.所有管道不应在积聚液氯时密闭,应确认无液氯后方可关闭管道阀门;管道、法兰、阀门材质应满足常温下液氯气化产生的低温状态和强度。</p> <p>5.不应使用橡胶垫片作为管法兰、设备法兰和结构件密封。干燥氯系统禁止使用钛材,碳钢在干氯工艺过程中使用时,应保持在限定的温度范围,当工艺过程的温度超过 149℃,应采用比碳钢更耐氯气高温腐蚀的材料。</p> <p>6.液氯管道应尽可能减少弯头,并设过滤设施,应在管道的低点设置清扫接口,清扫排气应处理后排放。</p> <p>7.氯气与铋、锡等金属反应的物料接触设备应选用镍基材质。</p> <p>8.液氯设施的安全技术和事故氯吸收安全技术要求建议按《关于氯气安全设施和应急技术的指导意见》执行</p>

表 B.4 溴化工艺

项目	内容
工艺简介及特点	<p>1. 溴化工艺简介： 溴化是化合物的分子中引入溴原子的反应，涉及溴化反应的工艺过程为溴化工艺。溴化的重要反应：溴与烯烃和炔烃在一定条件下，发生加成反应，生成溴代烷；溴在一定条件下与芳烃、烷烃发生取代反应，生成溴代芳烃和溴代烷烃，溴水与醇发生取代反应，生成溴代烷；溴在氟化工比较经典的工艺如：F23与溴发生反应生成1301灭火剂。</p> <p>2. 溴化工艺主要特点： 1) 溴的腐蚀性极强、泄漏后气体易沉积难以扩散；溴的比重较大，流体输送困难；溴的渗透性非常强，溴能穿透很多非金属； 2) 溴具有强氧化性；与易燃物和有机物接触会发生剧烈反应，甚至引起燃烧； 3) 溴的取代反应温度高，对材质的要求苛刻； 4) 溴化反应的其他原料如芳烃、烷烃等还具有易燃易爆、毒性</p>
主要设备	溴化装置工艺设备包括：溴储槽、溴计量槽、溴化釜、反应管(器)、溴回收设施、除氟器、反应产物冷却器及反应产物储槽等
主要控制要求	<p>1. 重点监控工艺参数： 液溴高位槽的液位和界面液位、液溴的称重计量、原料气化器的温度和液位；反应管(器)的温度和压力；溴化冷却器出口温度；非溴物料的流量和压力；回收塔的上、中、下等多点温度；氯气的流量。</p> <p>2. 安全控制的基本要求： 溴化气化器、反应器的温度、压力的报警和联锁；紧急冷却系统；安全泄放系统；事故状态下溴气吸收中和系统；可燃和有毒气体检测报警装置等。</p> <p>3. 宜采用的控制方式： 气化器的温度与加热介质联锁；反应器的压力与物料的流量联锁；反应器的温度与反应器的加热设施联锁；氯气流量与回收系统的出口温度差联锁</p>
主要安全设施(措施)	<p>1. 储存或输送溴介质的设备、管道及其接触的仪表等，应根据介质的特殊性采取防腐蚀、防泄漏措施，输送溴介质等腐蚀性物料的管道不宜埋地敷设。接触到溴的设备、阀门一般采用钢衬四氟、钢衬F46、衬铅等。</p> <p>2. 含溴介质的测量仪表管线，应有相应的隔离、冲洗、吹气等防护措施。</p> <p>3. 应配备适量的设备防腐检测、检查工具及便携式溴化物、可燃有毒气体检测报警仪。</p> <p>4. 含溴介质的储罐、泵、管道等应按其特性选材，其周围地面、排水管道及基础应作防腐处理。</p> <p>5. 涉及采用石英玻璃等非金属材料质的溴化装置在设计时应同时考虑设备、防爆、防泄漏、防腐措施，管线的耐压等级较操作公称压力等级提高一个等级。</p> <p>6. 采用石英等非金属材料制作的溴化高温反应器其周围不应设置可能泄漏急剧降温的冷媒介质设备，如采用水、冷冻水等换热器、储罐，以及水喷淋设施。如无法避免时应对反应器进行有效保护。</p> <p>7. 溴化反应釜、气化器布置场所宜采用密闭负压作业，在不能密闭的毒逸散口，采取局部通风排毒等措施。</p> <p>8. 溴素的卸料和输送宜采用液位差输送，或者采用氮气加压输送。对含溴介质的输送应采用密闭装卸、输送，当采用输送泵时宜采用无泄漏泵，填料函或机械密封周围应设置安全防护罩，其泵房与其他泵房应分隔设置。</p> <p>9. 从设备及管道排放的含溴气体或液体，应加以收集、处理，其回收系统应保持常开，含溴介质的排放不应采用明渠排放。</p> <p>10. 含溴介质的管道应有坡度，不应出现袋状，应少用阀门，避免死角；含溴介质的排液阀门，应设双阀。</p> <p>11. 每台溴化反应器应设气相和液相的紧急泄放管道，分离出气体应排入尾气处理系统。</p>

表 B.4 溴化工艺（续）

项目	内容
主要安全设施(措施)	<p>12. 封闭的溴化装置场所应设置通风排毒、净化系统,使作业场所及其周围环境尘毒浓度达到卫生标准;必要时可增加机械送风,保证新鲜、洁净的空气送到工人作业点或呼吸带。</p> <p>13. 溴化反应排出的气体应经统一收集,溴介质的成品罐、成品中间罐、粗品罐、不合格产品罐、催化剂沉降罐、废水罐等含溴介质容器应氮封或水封,其呼吸阀的排气应集中处理,尾气应高空排放,排空高度应符合环境影响评价的要求。</p> <p>14. 溴素装卸过程中现场应配备一定数量的硫代硫酸钠颗粒</p>

表 B.5 加氢工艺

项目	内容
工艺简介及特点	<p>1. 加氢工艺简介: 加氢是在有机化合物分子中加入氢原子的反应,涉及加氢反应的工艺过程为加氢工艺,主要包括不饱和键加氢、芳环化合物加氢、含氮化合物加氢、含氯(氟)化合物加氢、含氧化合物加氢等。在氟化工领域,加氢工艺主要应用在氟精细化学品的生产方面。</p> <p>2. 加氢工艺主要特点: 1) 反应物料具有燃爆危险性,氢气的爆炸极限为4%~75%,具有高燃爆危险特性; 2) 加氢为强烈的放热反应,氢气在高温高压下与钢材接触,钢材内的碳分子易与氢气发生反应生成碳氢化合物,使钢制设备强度降低,发生氢脆; 3) 催化剂再生和活化过程中易引发爆炸; 4) 加氢反应尾气中有未完全反应的氢气和其他杂质在排放时易引发着火或爆炸</p>
主要设备	加氢装置工艺设备主要包括氢气钢瓶、缓冲器、气固(液)相加氢设备等
主要控制要求	<p>1. 重点监控的工艺参数: 气固相加氢反应:催化剂床层温度;氢气流量;反应物料的配料比;系统氧含量;导热介质流量;氢气压缩机运行参数等 气液相加氢反应:加氢反应釜温度、压力;加氢反应釜内搅拌速率;氢气流量;反应物料的配料比;系统氧含量;反应釜导热介质流量等。</p> <p>2. 安全控制的基本要求: 温度控制和温度、压力的报警联锁;反应物料的比例控制和紧急切断系统;氢气的紧急切断系统;紧急冷却系统;搅拌的稳定控制系统;循环氢压缩机停机报警和联锁;安全泄放系统;氢气检测报警装置等。</p> <p>3. 宜采用的控制方式: 气固相加氢反应:气固相加氢反应器的温度和反应物料的进料阀成联锁关系,设立紧急停车系统,当温度超标时,停止加氢原料进料,泄压并急冷。 气液相加氢反应:将加氢反应釜内温度、压力与釜内搅拌电流、氢气阀门、夹套冷却介质进口阀形成联锁关系,设立紧急停车系统。当加氢反应釜内温度或压力超标或搅拌系统发生故障时自动停止加氢,泄压,并进入紧急状态</p>
主要安全设施(措施)	1. 氢气使用区域应通风良好。保证空气中氢气最高含量不超过1%(体积)。采用机械通风的建筑物,进风口应设在建筑物下方,排风口设在建筑物上方。

表 B.5 加氢工艺 (续)

项目	内容
主要安全设施(措施)	<p>2. 氢气有可能积聚处或氢气浓度可能增加处宜设置固定式可燃气体检测报警仪。可燃气体检测报警仪应设在监测点(释放源)上方或厂房顶端,其安装高度宜高出释放源0.5 m~2 m且周围留有不小于0.3 m的净空,以便对氢气浓度进行监测。可燃气体检测报警仪的有效覆盖水平平面半径,室内宜为7.5 m,室外宜为15 m。</p> <p>3. 禁止将氢气系统内的氢气排放在建筑物内部。建筑物顶内平面应平整,防止氢气在顶部凹处积聚。建筑物顶部或外墙的上部应设气窗或排气孔。排气孔应设在最高处并朝向安全地带。</p> <p>4. 在氢气管道与其他相连的装置、设备之间应安装止回阀。界区间阀门宜设置有效隔离措施,防止来自装置、设备的外部火焰回火至氢气系统。</p> <p>5. 氢气管道应采用无缝金属管道,管道的连接应采用焊接或其他有效防止氢气泄漏的连接方式。管道应采用密封性能好的阀门和附件,管道上的阀门宜采用球阀、截止阀。阀门材料的选择应符合GB 50177—2005《氢气站设计规范》中表12.0.3的规定,管道上法兰、垫片的选择应符合GB 50177—2005中表12.0.4的规定。管道之间不宜采用螺纹密封连接,氢气管道与附件连接的密封垫,应采用不锈钢、有色金属、聚四氟乙烯或氟橡胶材料,禁止用生料带或其他绝缘材料作为连接密封手段。氢气管道应设置分析取样口、吹扫口,其位置应能满足氢气管道内气体取样、吹扫、置换要求;最高点应设置排放管,并在管口处设阻火器;湿氢管道上最低点应设排水装置。</p> <p>6. 氢气放空管应设阻火器。阻火器应设在管口处。放空管的设置,应符合下列规定:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 应引至室外,放空管管口应高出屋脊1 m; 2) 应有防雨雪侵入和杂物堵塞的措施; 3) 压力大于0.1 MPa时阻火器后的管材,应采用不锈钢管。 <p>7. 室内氢气管道不应敷设在地沟中或直接埋地,室外地沟敷设的管道,应有防止氢气泄漏、积聚或窜入其他地沟的措施。</p> <p>8. 氢化反应的催化剂与物料的分宜应与空气隔绝,应选用密闭式的过滤器,该过滤器使用前充氮并设安全阀。</p> <p>9. 反应温度是加氢反应器的工艺控制的主要参数,温度的检测点分布应均匀,宜设置多点温度测量控制系统,并具有报警、调节、控制、联锁功能,对反应冷却或加热系统实现自动调节;采取分段冷却提高传热效率;设置足够的冷却面积,设置进料原料流量与反应器床层温度的检测联锁。</p> <p>10. 严格控制原料与氢气的比例,设置报警与联锁装置。</p> <p>11. 反应系统停运后,应用盲板或其他有效隔离措施隔断与运行设备的联系,应使用符合安全要求的惰性气体进行置换吹扫及保护。反应系统投料前,应进行氧含量测定。</p> <p>12. 可能产生氢气泄漏的场所,其电气设备防爆级别应为II C,其组别应综合考虑该场所可能存在的其他可燃介质选用较高的等级</p>

表 B.6 裂解工艺

项目	内容
工艺简介及特点	<p>1. 裂解工艺简介:</p> <p>在氟化工领域,裂解装置有一至四个碳原子低级含氟烃类的裂解,如二氟一氯甲烷或三氟甲烷汽化、预热后经热裂解产生四氟乙烯单体;四氟乙烯和八氟环丁烷热裂解生产六氟丙烯单体;1,1-二氟-1-氯乙烷经热裂解脱氯化氢得偏氟乙烯;二氟乙烷经裂解生产氟乙烯;全氟正丙氧基丙酰氟热裂解生产全氟正丙氧基乙烯基醚等。</p>

表 B.6 裂解工艺（续）

项目	内容
工艺简介及特点	<p>2. 裂解工艺主要特点：</p> <p>1) 反应物料往往具有燃爆危险性；裂解反应为吸热反应，涉及断链、脱氢、或脱氯化氢、氟化氢等；并伴随有一次反应和二次反应等；</p> <p>2) 热裂解为高温反应，在反应过程中伴随有歧化反应，易导致反应失控产生碳和高沸物等等堵塞反应器，需要向生产的单体中加阻聚剂或稀释剂等；</p> <p>3) 在高温(高压)下进行反应，装置内的物料温度一般超过其自燃点，若漏出会立即引起火灾；</p> <p>4) 在高温下有些反应物在反应器进口处、或管道上自聚而堵塞；因反应器管壁温度过高，而不能继续运行下去，应进行清焦，否则会烧穿管道，裂解气外泄，引起裂解反应器的爆炸；</p> <p>5) 反应的选择性决定反应的得率，副产物的高低不仅影响产量，而且涉及反应工艺的安全；</p> <p>6) 反应的物料、中间产物及产品等的毒性程度对反应的安全性影响很大</p>
主要设备	裂解装置工艺设备主要包括裂解反应器设备、原料供应系统以及供热设备、缓冲计量容器及其相应的换热设备等
主要控制要求	<p>1. 重点监控工艺参数：</p> <p>裂解反应器的进料流量；裂解反应器的温度、压力；供热系统的进料流量；稀释剂（蒸汽）流量；燃料油（气）压力、流量；电加热器的功率、壁温；急冷器（余热锅炉）的温度、压力、液位等参数。</p> <p>2. 安全控制的基本要求：</p> <p>裂解反应系统的进料压力、流量控制报警与联锁；裂解反应系统温度报警和联锁；紧急冷却系统；紧急切断系统；再生压力的分程控制；温度的超驰控制；再生温度与外加热器负荷控制；急冷器（余热锅炉）液位的控制；锅炉（过热炉）的熄火保护；可燃与有毒气体检测报警装置等。</p> <p>3. 宜采用的控制方式：</p> <p>将引风机电流与裂解反应系统进料阀、供热系统的进料阀、稀释蒸汽阀之间形成联锁关系，一旦引风机故障停车，则裂解反应系统自动停止进料并切断燃料供应，但应继续供应稀释蒸汽，以带走炉膛内的余热。</p> <p>将燃料油（气）压力与燃料油（气）进料阀、裂解反应系统进料阀之间形成联锁关系，燃料油（气）压力降低，则切断燃料油（气）进料阀，同时切断裂解反应系统进料阀。</p> <p>分离系统应安装安全阀和放空管，低压系统与高压系统之间应有逆止阀并配备固定的氮气装置、蒸汽灭火装置。</p> <p>将裂解反应系统与锅炉给水流量、稀释剂（蒸汽）流量之间形成联锁关系；一旦水、电、蒸汽等公用工程出现故障，裂解反应系统能自动紧急停车。</p> <p>急冷器（余热锅炉）汽包液位采用液位、补水量和蒸发量三冲量控制。</p> <p>带明火的锅炉（过热炉）设置熄火保护控制</p>
主要安全设施(措施)	<p>1. 应严格控制裂解装置的反应温度和系统的物料的停留时间。</p> <p>2. 根据物料特性控制温度防止物料结碳和自聚，可采用加入惰性气体如 CO₂、HCl、水蒸气等措施。</p> <p>3. 由于部分物料的裂解产物在氧气存在时易发生游离基，应严格控制反应体系中的氧含量。</p> <p>4. 高温、含水、含氟、含氯等各种介质的复杂环境对于设备、管道的选材应严格按规范选材；如采用部分水蒸气稀释裂解，则裂解管本身就受到电加热，此时管子容易被局部烧坏。</p> <p>5. 裂解装置的废渣应密闭装卸处理，裂解反应体系的废液应经高温焚烧等达标处理不应污染环境。</p> <p>6. 应采取防止精馏塔内单体自聚、爆聚的措施，定期检测精馏系统内水分、氧含量等，并记录</p>

表 B.7 氧化工艺

项目	内容
工艺简介及特点	<p>1.氧化工艺简介： 氧化是指有电子转移的化学反应中失电子的过程，即氧化数升高的过程。多数有机化合物的氧化反应表现为反应原料得到氧或失去氢。涉及氧化反应的工艺过程为氧化工艺。常用的氧化剂有：三氧化硫、次氯酸钠、氧气等。</p> <p>2.氧化工艺主要特点： 1)反应原料及产品一般具有燃爆危险性、有的原料有毒； 2)氧化反应具有强放热性，反应情况复杂，固定床反应器床层温度分布受到传热效率的限制可能产生较大温差，局部区域出现飞温，导致火灾爆炸； 3)反应气相组成容易达到爆炸极限，具有闪爆危险； 4)部分氧化剂具有燃爆危险性，氧化剂如遇高温或受撞击、摩擦以及与有机物、酸类接触，皆能引起火灾爆炸； 5)部分氧化剂如三氧化硫、氯磺酸具有强腐蚀性，易造成设备腐蚀或人身伤害及环境污染等； 6)反应过程中扩散速度不快，反应产物若积聚在催化剂表面导致深度氧化的连串反应；产物中易生成过氧化物，化学稳定性差，受高温、摩擦或撞击作用易分解、燃烧或爆炸； 7)反应杂质具有危险性；在反应过程中易结焦引起设备和管道堵塞等</p>
主要设备	氧化装置工艺设备主要包括气固(液)相氧化设备、缓冲计量容器及其相应的换热设备
主要控制要求	<p>1.重点监控工艺参数： 氧化反应器(釜)内温度和压力；氧化反应釜内搅拌速率；氧化剂流量；反应物料的配比；气相氧含量等。</p> <p>2.安全控制的基本要求： 反应器(釜)温度和压力的报警和连锁；反应物料的比例控制和连锁及紧急切断系统；紧急断料系统；紧急冷却系统；气相氧含量监测、报警和连锁；安全泄放系统；可燃和有毒气体检测报警装置等。</p> <p>3.宜采用的控制方式： 将氧化反应器(釜)内温度和压力与反应物的流量、氧化反应器(釜)冷却水进水、紧急冷却系统形成连锁，当氧化反应器(釜)内温度、压力超标或搅拌系统发生故障时自动停止加料并紧急停车</p>
主要安全设施(措施)	<p>1.反应温度是氧化反应器的工艺控制的主要参数，温度的检测点分布应均匀，宜设置多点温度测量控制系统，并具有报警、调节、控制、连锁功能，对反应冷却或加热系统实现自动调节；采取分段冷却提高传热效率；设置足够的冷却面积，设置进料流量与反应器床层温度的检测连锁。</p> <p>2.严格控制原料气与空气、氧气的混合比例，设置氧含量分析的安全连锁报警装置。</p> <p>3.在氧化反应的富氧管道设置在线氧分析仪，进行在线监测，并连锁控制。</p> <p>4.设置氮气保护系统，宜设事故泄放罐。</p> <p>5.在原料混合器、氧化反应器等易形成爆炸性混合物的设备上配备安全泄放设施和安装爆破片等泄爆装置。</p> <p>6.在反应器的气态进料管道，以及放空管道上安装阻火器。</p> <p>7.氧化装置的废渣应密闭装卸处理，涉及过氧化物的残留物处理应注意其受热、振动分解爆炸的危险性</p>

表 B.8 含氟化学品洗涤净化工艺

项目	内容
工艺简介及特点	<p>1.工艺简介： 洗涤净化装置是指氟化反应后的气体处理，HCl经冷凝干法分离或经除去氟化氢的混合气体进入盐酸吸收塔用水循环吸收HCl，制取较高品质的副产品盐酸。而不被吸收的有机物料则进入水洗塔、碱洗塔用水、NaOH溶液液液分离、中和其中残余的酸性杂质，然后送入粗品气柜。通常含有目标产品、原料及氯化氢、水等介质，工艺过程通常以低压的气相状态存在，操作温度多为小于65℃。本作业环节属非危险工艺。</p> <p>2.工艺主要特点： 生产过程的副产物盐酸是强酸，防腐蚀是本岗位的重点，由于酸中还含有少量氢氟酸以及溶剂产品等，因此输送用的管道和贮存用的容器，其材质十分关键。在此岗位上操作的人员应防止与其接触。 氢氧化钠是强碱，在操作时最要注意的是不要与眼睛或黏膜部位接触。容易造成泄漏之处为泵的密封、出口处阀门，装卸过程的管道接口等。 水洗塔、碱洗塔、石墨吸收器、换热器等设备内均为腐蚀介质，应防设备震动、腐蚀、温差大造成脆裂，使腐蚀介质泄漏危害</p>
主要设备	水洗塔、碱洗塔、干燥塔、相应的容器及输送泵
主要控制要求	<p>1.重点监控工艺参数： 水洗塔的塔釜温度及液位；碱洗塔的塔釜温度及液位；干燥塔的塔顶温度；水洗泵出口流量；碱洗泵出口流量；进出塔的气体压力；气柜缓冲罐液位；粗品气柜的液位；压缩机出口的温度及压力；碱洗塔碱液酸碱度等。</p> <p>2.安全控制的基本要求： 水洗塔、碱洗塔的塔釜液位报警，防气体进入压缩机的措施。</p> <p>3.宜采用的控制方式： 水洗泵、碱洗泵出口稳流控制</p>
主要安全设施(措施)	<p>1.水洗塔、碱洗塔等净化装置应室外或敞开式布置。</p> <p>2.含酸物料的设备应集中布置在一个区内，其周围应设围堰和明显的安全标志。区内应设冲洗设施和洗眼器。</p> <p>3.含酸物料的设备 and 管道应能自流排净，并流入专设的排出物接收罐。</p> <p>4.副产的盐酸不应在装置的设备区内进行灌装。</p> <p>5.挥发性酸(盐酸、硝酸、氢氟酸等)储罐的呼气应设水、碱洗吸收或经水封再排入大气。净化系统设超压液封系统、液封的泄放气，以及爆破片释放气等不可直接排放应引入废气回收处理系统。</p> <p>6.不应采用原水供水洗塔使用，吸收水应对NH₄⁺含量加以控制。</p> <p>7.碱洗塔使用的循环碱液浓度应定期检测，碱液储罐宜一开一备，碱液量应符合系统所需的最大用量。</p> <p>8.应严格控制水洗塔、碱洗塔、石墨吸收器的介质进料温度，气体介质的进出口应设压力指示。</p> <p>9.石墨吸收器应严格控制介质及冷却介质的温差，石墨吸收器的接管应有缓震设施</p>

表 B.9 含氟化学品压缩单元操作

项目	内容
工艺简介及特点	<p>1. 压缩、冷凝工艺简介： 压缩工艺是指通过电力传动机械装置对气态物料做功，减小体积以达到提高压力的目的。常用的压缩机根据工作方式不同可分为离心压缩机、隔膜式压缩机、往复式压缩机及螺杆压缩机等。本节所指压缩机不包括空气压缩机。 冷凝工艺是指利用冷媒介质(冷却水、冷冻水等)通过换热设备对气态物料进行冷却，使其中低沸点的物料达到冷凝温度而冷凝成液态的过程。 压缩、冷凝工艺在氟化工领域是常用的气相物料处理的中间过程。</p> <p>2. 压缩、冷凝工艺的主要特点： 1) 部分压缩物料为具有易燃、易爆、有毒、腐蚀性的气体，要求压缩机防爆、防腐蚀且密闭性能要好； 2) 部分压缩介质属于产品，因产品品质的要求，需要采用无油压缩机； 3) 气体压缩后容易产生高温、高压的危险； 4) 压缩机组运行时发出较大的噪声，且震动较大； 5) 压缩机组需定期轮换检修，在有连续运行要求的场所需考虑备机； 6) 在冷凝工艺中，冷凝器的选材要符合介质防腐要求。一些不凝性气体也存在易燃易爆、有毒有害的危险。不凝气体的排放要符合工艺、环保及安全要求</p>
主要设备	压缩、冷凝装置工艺设备主要包括压缩机及配套设施、冷凝换热器等
主要控制要求	<p>1. 重点监控的工艺参数： 压缩机气相出口的温度、压力；压缩机冷却水进口压力、温度；储气罐的压力；冷媒流量、温度、压力；冷凝介质温度、液位等；大型压缩机的轴温、轴震动、轴位移、油压、油温等参数。</p> <p>2. 安全控制的基本要求： 压缩机出口温度和压力的报警和联锁；压缩机停机报警和联锁；加装安全阀、爆破片等安全设施；有毒气体、可燃气体的报警等。</p> <p>3. 宜采用的控制方式： 压缩机出口温度压力与压缩机运行联锁；安全泄放系统；冷媒流量与冷凝介质压力流量的联锁；大型离心压缩机组设置防喘振等系统保护控制</p>
主要安全设施(措施)	<p>1. 活塞式压缩机与储气罐之间，应装止回阀。在压缩机与止回阀之间，应设排入密闭系统的紧急放空管。活塞式压缩机与储气罐之间不应装切断阀。当需装设时，在压缩机与切断阀之间应装设安全阀。</p> <p>2. 离心压缩机的排气管上应装设止回阀与切断阀。在压缩机与止回阀之间，应设排入密闭系统紧急放空管。</p> <p>3. 储气罐上应装设安全阀。</p> <p>4. 压缩机运行前，气路系统、水冷系统、润滑系统、传动系统、操纵机构、电力系统等有关零部件要符合相应的安全要求。输送液化物料应注意物料的特性控制冷却温度防止出现缸体产生液击。</p> <p>5. 压缩机开机前要做好各项检查，包括检查电器及控制设备是否符合开机要求，检查各流程是否符合开机要求，检查各阀门开关是否正确等。</p> <p>6. 可燃气体压缩机的布置及其厂房的设计应符合下列规定： 1) 可燃气体压缩机宜布置在敞开或半敞开式厂房内； 2) 单机驱动功率等于或大于 150 kW 的甲类气体压缩机厂房不宜与其他甲、乙和丙类房间共用一幢建筑物； 3) 压缩机的上方不应布置甲、乙和丙类工艺设备，但自用的高位润滑油箱不受此限； 4) 比空气轻的可燃气体压缩机半敞开式或封闭式厂房的顶部应采取通风措施； 5) 比空气轻的可燃气体压缩机厂房的楼板宜部分采用钢格板；</p>

表 B.9 含氟化学品压缩单元操作（续）

项目	内容
主要安全设施(措施)	<p>6)比空气重的可燃气体压缩机厂房的地面不宜设地坑或地沟;厂房内应有防止可燃气体体积聚的措施。</p> <p>7.冷凝换热流程应采用逆流换热,冷媒自下而上、热流自上而下地进入气化换热设备。</p> <p>8.冷凝器的传热应注意物料的冷凝温度的控制,保持冷凝器出口管径及其冷凝面积的设置与装置的生产能力相适应。</p> <p>9.冷凝器应设高点放空,防止不凝气体体积聚。其大小应与工艺要求相符。</p> <p>10.氟化氢、氯化氢气体的往复式压缩机管道应尽量沿地面布置,在工艺条件允许的情况下,压缩机厂房内的吸排气管道的管径可适当放大一个等级,压缩机房外的吸排气管道仍按工艺要求设计。</p> <p>11.压缩机吸排气管道的走向应平直顺畅,尽量少设弯头。管道拐弯处宜采用曲率半径大于或等于1.5倍公称直径的弯头,不宜采用急弯。</p> <p>12.压缩机管道支架型式应为固定支架、管卡或卡箍型管托,不能采用简单支托和吊架。管卡宜采用扁钢制作,管道与管卡或卡箍之间应加垫石棉橡胶垫,卡箍型管托与其生根部位应焊接固定。支架位置应合理选择,阀门和其他重量较集中的部位附近应设置支架。</p> <p>13.压缩机防振支架宜设独立基础,尽量避免生根在压缩机基础和厂房的梁柱上</p>

表 B.10 含氟化合物蒸(精)馏单元操作

项目	内容
工艺简介及特点	<p>1.蒸(精)馏工艺简介: 蒸馏一般分为普通精馏和萃取精馏等;普通蒸馏是一种热力学的分离工艺,它利用混合液体或液-固体中各组分沸点不同,使低沸点组分蒸发,再冷凝以分离整个组分的单元操作过程,是蒸发和冷凝两种单元操作的联合;萃取精馏是需在混合物中加入影响气液平衡的添加剂(萃取剂等)第三组分改变原组分间的相对挥发度而达到分离要求的特殊的精馏。</p> <p>2.蒸(精)馏工艺主要特点: 1)蒸(精)馏工艺是一个设备、工艺管线复杂、高自动化控制的过程,蒸(精)馏塔的辅助设备多,涉及塔釜再沸器、塔顶冷凝器、泵、罐、换热器,以及热媒管道、塔顶物料、底物料等系统; 2)蒸(精)馏控制温度过高,易出现超压爆炸、液泛、冲塔、过热分解及自燃的危险,甚至操作失控而引起爆炸;温度过低则有淹塔的危险; 3)高温的蒸(精)馏设备内若遇其他低沸点的物料进入瞬间大量气化因内压骤升而出现爆炸火灾; 4)由于萃取精馏中常常涉及低沸点的有机物,因此在萃取精馏设备系统应防止存在明火,注意系统物料在管道内高速流动产生静电;若装置的设备接地不良或断开,静电得不到及时导除可能放电产生电火花,引起爆炸和燃烧事故; 5)干法分离、氢氟酸共沸分馏等涉及强腐蚀性介质。在高温、腐蚀性介质状态下长期工作,易发生腐蚀穿孔。壁厚减薄,进而失去承载能力或发生泄漏,引起火灾</p>
主要设备	蒸(精)馏装置工艺设备主要包括蒸(精)馏塔设备,以及配套的塔釜再沸器、塔顶冷凝器、泵、罐、换热器等设备
主要控制要求	<p>1.重点监控工艺参数:蒸(精)馏塔热媒的流量、温度、压力;进塔物料的温度、流量;塔底、塔中、塔顶温度;塔中压力;塔顶采出温度、流量,塔釜液位、塔顶冷却器温度;冷却器冷媒的流量、精馏塔顶回流量(非易自聚物料)等。</p> <p>2.安全控制的基本要求:塔釜的温度调节及报警连锁;塔釜的液位调节;可燃和有毒气体检测报警装置等。</p>

表 B.10 含氟化合物蒸（精）馏单元操作（续）

项目	内容
主要控制要求	3.宜采用的控制方式:塔釜液位与塔进料流量的串级控制;塔顶回流罐液位与塔顶产品采出量串级控制;塔顶采出量与塔回流量的比例控制;塔釜温度高限与热媒进口阀门连锁等
主要安全设施(措施)	<ol style="list-style-type: none"> 1.防止塔因超压而损坏需设置塔顶安全阀,安全阀可设置在塔顶或塔顶气相馏出物的管道上;对于设有事故放空阀的塔或容器,其安全阀可不设置旁通阀。 2.塔顶冷媒系统的输送泵及其制冷系统的用电负荷应为二级负荷。 3.塔底管道上的法兰、阀门不设在狭小的裙座内。 4.釜底输送泵与塔底的吸液口的高度差应满足泵气蚀余量的需要。 5.塔顶换热器的冷媒进口管线上宜装止回阀,塔底再沸器的安装高度应满液操作需要。 6.塔径超过DN300的塔宜设塔内的气液再分布器。 7.干法分离、氢氟酸共沸分馏等腐蚀性介质的蒸馏(精馏)在分馏过程中应注意其介质的危险性、超压以及材料的选择等。 8.蒸(精)馏装置应具有完备的温度、压力、流量仪表控制装置,高低限位报警装置。 9.对于涉及易燃易爆萃取剂的系统当发生泄漏、停电、停冷媒等紧急情况时应将系统内的物料迅速转移到安全卸料罐等安全设备中以防止装置的超温超压;安全卸料罐宜设置在装置邻近的安全区域。 10.涉及高毒类介质的蒸馏系统在操作平台检修阀门处应设置移动式负压吸风管

参 考 文 献

- [1] GB/T 33000 企业安全生产标准化基本规范
 - [2] GB/T 42300 精细化工反应安全风险评估规范
 - [3] GB 50177—2005 氢气站设计规范
 - [4] GB 50219 水喷雾灭火系统技术规范
 - [5] HG 20231 化学工业建设项目试车规范
 - [6] HG/T 30033 氟化氢生产安全技术规范
 - [7] 关于加强化工安全仪表系统管理的指导意见(安监总管三〔2014〕116号)
 - [8] 关于氯气安全设施和应急技术的指导意见(中国氯碱工业协会〔2010〕协字第 070 号)
-