

六氟磷酸锂生产线安全生产管控措施与风险防控研究

黄建超 梁巧红

多氟多新材料股份有限公司 河南 焦作 454000

摘要:六氟磷酸锂作为锂电池电解液的核心锂盐组分,其生产过程涉及强腐蚀介质、高压密闭工况与严苛的无水无尘操作要求,安全管控难度极大。本文围绕氟化氢溶剂法生产线的全流程运行特征,梳理工艺、介质、设备与作业环境层面的潜在风险,构建覆盖岗位作业、设备运维、现场秩序与人员行为的常态化管控体系,针对原料输送、合成反应等核心高危环节提出专项防控举措,配套建立动态隐患排查、人员素养提升等长效优化机制,为行业生产安全稳定运行提供实操性支撑。

关键词:六氟磷酸锂;生产线;安全生产;风险防控;管控体系

引言:新能源产业的快速扩张带动六氟磷酸锂市场需求持续攀升,行业产能规模不断扩大的同时,生产过程中的高毒强腐蚀、工况波动等安全问题也逐步凸显。不同于常规化工生产,六氟磷酸锂生产线对原料纯度、环境湿度与工况稳定性有着极为严苛的要求,任一环节的管控疏漏都可能引发介质泄漏、化学灼伤甚至中毒事故。结合行业现有生产运行实际,系统性梳理生产线全链条安全风险特性,搭建适配工艺特征的安全生产管控与风险防控体系,是当前行业稳健发展必须落实的核心工作。

1 六氟磷酸锂生产线生产工艺与安全风险特性

1.1 六氟磷酸锂生产线核心生产工序流程

六氟磷酸锂生产依托湿法合成核心工艺开展,整体工序具备连续性与密闭性特征。原料预处理为生产起始环节,对各类基础原料进行提纯、除杂与调质处理,剔除原料中混杂的杂质成分,保障后续合成反应的基础纯度。预处理完成后进入合成反应环节,各类原料在专用反应设备中发生定向化学反应,生成六氟磷酸锂粗品体系。反应结束后转入提纯精制工序,通过多级分离、净化操作,去除反应体系中的副产物与残留杂质,提升产品纯度^[1]。后续依次完成结晶、干燥、包装工序,对精制后的物料进行塑形、脱水与密封收纳,各工序衔接紧密,单一工序的运行波动会直接影响整条生产线的运行稳定。

1.2 生产过程介质危险特性分析

六氟磷酸锂生产全程涉及多种高危化工介质,各类介质具备差异化危险属性。生产所用原料多具备强腐蚀性,接触人体皮肤、呼吸道及眼部黏膜,会造成严重损伤。部分中间产物稳定性较差,储存与反应过程中易受温度、压力波动影响,出现分解、挥发现象。成品六氟

磷酸锂吸湿性极强,接触空气水分后会发生化学反应,产生具有腐蚀性的酸性物质。各类介质在密闭生产空间内挥发积聚,会形成危险介质氛围,提升生产过程的安全不稳定因素。介质本身的化学属性,是生产线安全风险的核心诱因之一。

1.3 生产线设备运行安全风险特征

六氟磷酸锂生产依赖各类高压、密闭化工设备,设备运行状态直接决定生产安全水平。反应类设备长期承载高压、强腐蚀工况,内壁构件易出现损耗、老化问题,运行稳定性会逐步下降。输送管道、密封配件长期接触腐蚀性介质,易出现磨损、密封失效等问题,引发介质泄漏问题。温控、压控等辅助设备长期高频运行,零部件易出现灵敏度衰减、运行失灵等问题,无法精准调控生产工况。各类设备的老化、失灵、损耗问题,会打破生产工况平衡,诱发各类安全隐患。

1.4 生产作业环境安全隐患特点

六氟磷酸锂生产线作业环境整体工况复杂,存在多重安全隐患。生产车间长期维持密闭或半密闭状态,通风换气条件受限,泄漏或挥发的危险介质易在空间内聚集。生产全程伴随温度、压力的动态变化,工况波动频次较高。车间内设备排布密集,作业空间相对紧凑,人员巡检、操作过程中易接触高危设备与介质。环境温湿度的持续变化,也会对设备运行状态、介质储存稳定性产生负面影响,各类环境隐患长期存在且相互交织,增加现场安全管控难度。

2 六氟磷酸锂生产线常态化安全生产管控体系构建

2.1 生产岗位标准化作业管控机制

六氟磷酸锂生产线各生产岗位对应不同操作内容,需要建立针对性的标准化作业管控机制。岗位作业内容进行细化拆分,明确各岗位的作业范围、操作步骤与

工作边界。梳理各岗位核心操作要点,固化规范操作流程,杜绝随意化、经验化作业行为。针对启停设备、物料投加、工况调节等关键岗位作业内容,设定固定操作流程与作业标准^[2]。明确岗位日常巡检、工况核对、状态记录的具体要求,压实岗位作业责任。依托标准化机制约束岗位作业行为,让各环节生产操作处于可控状态,从作业源头减少人为操作带来的安全问题。

2.2 生产设备全周期安全管控模式

生产设备稳定运行是生产线安全管控的核心基础,需落实全周期安全管控模式。管控覆盖设备入库调试、日常运行、定期检修与老化更替全部阶段。设备投入使用前完成调试校验,确认运行参数、密封状态、调控精度符合生产要求。设备运行阶段落实常态检查,重点排查腐蚀损耗、密封松动、参数偏移等常见问题。根据设备工况强度与使用年限,制定固定检修周期,对易损耗零部件开展定期更换与养护。针对老旧设备建立专项管控台账,跟踪运行状态,及时开展整改更替,维持设备整体运行的稳定性与安全性。

2.3 生产现场作业秩序管控规范

生产现场设备密集、介质特殊,规范的作业秩序可大幅降低安全隐患。划分现场作业功能区域,明确操作区、物料存放区、巡检通道的使用范围。规范现场物料摆放方式,分类存放各类原料、辅料与半成品,杜绝乱堆乱放问题。约束现场作业动线,规范人员巡检、设备操作、物料转运的通行路线。管控现场临时作业行为,动火、检修、清场等特殊作业严格执行专项秩序要求。清理现场多余杂物与闲置设备,维持作业场地整洁规范,营造稳定安全的现场作业环境。

2.4 人员作业行为常态化管控机制

人员作业行为是生产安全的关键影响因素,需要长期常态化管控。定期组织岗位安全作业培训,普及生产线危险特性、规范操作要点与风险规避方法。明确人员作业行为红线,杜绝违规操作、擅自离岗、随意调整生产参数等行为。落实日常行为督查工作,对现场作业操作规范性进行不定期核查。建立行为管控约束机制,引导人员养成规范作业习惯。强化人员安全责任意识,让岗位操作、日常巡检、应急处置等各类行为均符合安全生产要求,筑牢人为层面的安全防线。

3 六氟磷酸锂生产线重点环节风险防控措施

3.1 原料输送与配比环节风险防控

原料输送与配比是生产线的起始工序,整体防控工作围绕介质安全与参数稳定展开。原料输送依托密闭管道完成,需针对管道输送工况设置专项防控手段。落实

管道密闭性检查,排查管道裂缝、接口松动、阀门密封不严等问题,阻断介质泄漏通道^[3]。管控输送流速与压力参数,规避参数波动引发的介质冲击、管道过载破损问题。物料配比阶段需要精准把控投料顺序与投料量,杜绝错投、漏投、过量投料等问题。对配比所用计量设备开展定期校验,保障投料精度符合生产标准。规范物料预处理操作,去除原料中杂质与不稳定组分,降低后续工序的风险诱因,筑牢生产前端安全防线。

3.2 合成反应工序风险防控

合成反应是六氟磷酸锂生产的核心高危工序,工况条件复杂,风险防控侧重工况稳定与异常阻断。严格管控反应釜内部温度、压力、液位核心参数,依托智能调控设备维持参数稳定区间,规避参数超限引发的物料分解、剧烈反应等问题。定期检查反应釜内壁、搅拌装置及密封结构,及时处理设备腐蚀、部件磨损、密封老化等缺陷。规范反应工序启停操作,严格遵循工序操作流程完成投料、升温、保压、静置等操作。针对反应过程可能出现的工况异动,设置专属防控手段,抑制异常工况扩散,维持反应体系的稳定运行状态。

3.3 提纯结晶与干燥工序风险防控

提纯结晶与干燥工序直接影响产品品质与现场安全,防控重点聚焦介质稳定与环境可控。提纯阶段管控分离净化强度与运行时长,彻底剥离副产物与残留杂质,规避杂质堆积引发的局部不稳定问题。结晶工序精准调控降温速率与静置环境,维持平稳结晶条件,避免工况突变造成物料性状异常与设备负荷波动。干燥工序严控烘干温度与通风条件,有序带走物料内部水分,杜绝高温堆积、局部过热引发的物料变质问题。定期清理工序设备内部残留物料,防止残渣长期积聚出现变质、挥发等安全隐患。

3.4 成品储存与输送环节风险防控

六氟磷酸锂成品具备强吸湿性,储存与输送环节的防控重点为隔绝水汽、稳定环境。成品储存区域保持干燥密闭状态,调控环境温湿度参数,阻断空气水分与成品的接触路径。规范成品收纳与堆放方式,保持储存区域通风整洁,预留安全作业间距。成品输送过程全程采用密闭输送模式,避免成品裸露接触外界环境。定期检查输送设备与储存容器的完好状态,及时更换老化失效的密封配件。落实储存区域常态化巡检,及时排查环境参数偏移、容器密封失效等潜在隐患。

3.5 辅助生产系统风险防控

辅助生产系统涵盖温控、压控、通风、排污等配套设备,是生产线安全运行的重要保障。针对温控、压控

系统,定期校验设备灵敏度与调控精度,保障工况调节精准有效。通风系统保持常态化运行,及时排出车间内挥发的微量危险介质,维持车间空气环境稳定。排污系统定期疏通清理,规避废液、废渣堆积堵塞引发的次生风险。对各类辅助设备制定常态化养护计划,修复设备运行缺陷,保障配套系统持续稳定运转,为主生产工序提供安全运行支撑。

4 六氟磷酸锂生产线安全防控长效优化机制

4.1 安全隐患动态排查与整改机制

六氟磷酸锂生产线安全风险具备动态变化特征,固定化排查模式无法适配长期生产需求。搭建长效动态排查机制,可适配生产线工况的持续变化状态。结合各工序风险等级,划分差异化排查频次与排查范围,覆盖工艺工况、设备状态、作业环境、人员操作多个维度。细化排查项目清单,明确管线密封、反应工况、环境参数、物料状态等核心排查内容,规避排查盲区。建立闭环整改流程,对排查发现的隐患分级分类登记,划分隐患轻重等级。落实对应整改举措与整改时限,完成隐患整改后开展复核核验,彻底清除各类潜在风险^[4]。

4.2 作业人员安全素养提升机制

作业人员安全认知与操作能力,决定生产线安全防控工作的长效质量。搭建常态化素养提升机制,持续夯实现场安全生产基础。结合六氟磷酸锂生产的高危特性,设计分层分类的安全培育内容,覆盖基础安全认知、规范操作技能、风险识别能力等核心内容。开展常态化技能培育与实操训练,聚焦高危工序操作、隐患识别、基础防护等实用内容,提升人员实操水平。设置常态化安全考核环节,检验人员知识掌握与实操能力。引导人员主动识别岗位风险、规范作业行为,逐步形成自主防控、主动避险的岗位安全意识,实现人员安全素养的持续性提升。

4.3 安全生产管控流程优化路径

生产线安全生产管控流程需要跟随生产运行状态持续优化,适配长效安全生产需求。梳理现有全流程管控工序,梳理管控环节中的冗余步骤、薄弱环节与管控漏洞。结合生产线工艺更新、设备更替、工况变化等实际情况,精简低效管控流程,补充缺失管控环节。完善

各岗位管控衔接流程,打通工序之间的安全管控断点,让全链条管控更加连贯有序。聚焦高危工序、高频作业环节,细化管控标准与操作流程,提升重点环节管控精度。依托长期生产运行经验,持续迭代管控模式,让管控流程适配生产线长期稳定运行的各类需求。

4.4 应急处置能力常态化建设机制

完善的应急处置能力是化解突发安全问题、保障生产线长效运行的关键。搭建常态化应急建设机制,固化应急能力培育与演练模式。梳理生产线各类突发工况与安全事件,制定针对性应急处置方案,明确各类异常场景的处置步骤。开展常态化应急实操演练,覆盖介质泄漏、工况超限、设备异常等常见突发情况。训练人员应急操作熟练度,规范应急防护、故障阻断、现场处置等操作流程。定期更新应急处置方案,匹配生产线工艺调整与设备升级变化。检查补充应急防护物资、处置设备,保障突发状况出现时可快速落实处置举措,持续强化生产线整体应急防控水平。

结束语

六氟磷酸锂生产线的安全生产管控是一项贯穿全流程、覆盖多维度的系统性工作,不能仅依靠单点的隐患整改实现长期稳定。从标准化作业规范到全周期设备运维,从重点环节的精准防控到长效机制的持续落地,各环节管控举措相互衔接、互为支撑,才能逐步夯实生产线本质安全基础。把安全管控要求深度嵌入每一道生产工序、每一个岗位操作细节,才能在保障生产效率与产品品质的同时,最大限度降低安全风险,为行业生产运行筑牢坚实的安全屏障。

参考文献

- [1]夏钱程.六氟磷酸锂生产安全管理评价体系构建及应用[J].聚酯工业,2026,39(3):214-216.
- [2]王媛原.六氟磷酸锂生产事故消防灭火救援处置对策研究[J].山东化工,2025,54(23):149-151.
- [3]吕健,刘鑫,金宗杰.化工生产过程中的火灾与爆炸防护技术研究[J].化工管理,2024,(13):96-98.
- [4]路振国,王艳君,赵彦安.六氟磷酸锂工业化生产中的尾气处理方法及改进措施[J].河南化工,2022,39(08):43-45.