

本质安全原则

2026年2月



图1. 实施本质安全设计 (ISD) 前的反应器取样操作

烷基化是一种化学反应，是指把一个烷基转移到另一个分子上，从而生成新的化合物。某工厂的催化烷基化反应器生成了三种化合物（邻位、间位和对位异构体）的混合物。该产品的成分是一项关键的指标，必须加以监控。反应器出口处每日进行两次采样（每班一次）。采样时样品正处于高温状态且含有危险材料，此取样过程已发生过多起需接受急救处理的事故。

工程师们审查了该样品的质量控制统计数据，结果显示是稳定的：只要原料质量、反应器温度和压力保持受控，产品的成分就不会发生显著变化。工厂在该项操作应用了本质安全设计 (Inherently Safer Design, 缩写: ISD)，将反应器取样频率由每日两次减少至每周一次 (ISD——最小化)。同时，他们还制定了应急取样规程：当出现工艺扰动、原料质量变化或催化剂更换等情况时，才额外增加取样。这一改进不仅减少了废弃物产生和运营成本，也显著降低了取样及分析人员接触危险材料的风险，同时未对产品质量造成影响。



你知道吗？

ISD策略包括：

- 最小化/消除——消除危险材料或危险作业。减少危险材料的存储量或降低能量蓄积。
- 替代——用危害性更低或无害的材料或工艺替代原有的危险材料或工艺，从而降低或消除风险。
- 缓和——以危害性较低的形式或在较缓和的条件下使用危险材料。
- 简化——通过设计、设备和操作规程去剔除不必要的复杂步骤。
- ISD原则不仅适用于设计阶段，还可贯穿化工工艺的整个生命周期。从中试到生产阶段，任何工艺或操作流程均可简化，危险材料也可被消除或替换为更安全的材料。

你能做什么？

- 当你参与工艺危害分析 (PHA)、事故调查、开车前安全审查、作业安全分析 (JSA)、工厂安全评审等评估危害和防护措施的活动时，要找机会运用ISD原则来消除或降低危害，而不是直接去增加防护措施。
- 在实施任何已识别出的ISD措施前，要通过你工厂的变更管理 (MOC) 程序进行审核。任何变更，即便是打算去消除或减少危害的变更，都有可能引入新的危害或加剧现有危害的严重程度。
- 参考文献: Ganeshmani N. 本质安全设计: 成功案例. 工艺安全进展 2025; 1-7. doi:[10.1002/prs.70007](https://doi.org/10.1002/prs.70007)

本质安全——应消除危险而非管控危险！