

本質安全原則

2026年2月號



圖1：ISD 實施前的反應器取樣作業情境

烷基化是一種將烷基轉移至另一分子的化學反應。某工廠的催化烷基化反應器產出三種異構物（鄰位、間位與對位）。產品組成成為關鍵規格，需持續監測。該反應器出口進行每日兩次取樣（每班一次）。樣品為高溫且含有危害物質。該取樣過程曾導致數起需急救箱處理的事件。

工程師檢視該樣品的統計品質控制數據，結果穩定。只要原料品質與反應器的溫度、壓力維持穩定，數據變異甚小。工廠將本質安全設計（ISD）應用於此操作。反應器取樣由每天兩次減少為每週一次（ISD - 最小化）。當出現製程異常、原料品質變化，或更換催化劑時，則會額外取樣。此改變達成減少廢棄物、降低成本，也減少人員暴露於危害物質的機會。同時，產品品質並未受到影響。



你知道嗎？

ISD 策略包括

- 最小化 / 消除—消除危害性物質或活動。減少危害性物質或能量的存量。
- 替代—以可降低或消除危害的替代物質或程序，取代原本危害性物質或程序。
- 弱化—使用較不危險的形式或在較不嚴苛條件下使用危險物質。
- 簡化—設計製程、設備與程序時，消除不必要的複雜性。
- ISD 不僅適用於設計階段，ISD 原則適用於化學製程的整個生命週期。從試驗工廠到生產階段，皆可隨時簡化製程或程序、消除危害性物質或以更安全的物質替代。

你可以做甚麼？

- 當你參與可辨識危害與安全防護的活動時，如製程危害分析（PHA）、事故調查、開車前安全檢查（PSSR）、工作安全分析（JSA）、工廠安全檢討，請尋找機會套用 ISD 原則來消除或減少危害，而非立刻尋求保護措施。
- 確保所有已識別的 ISD 選項，在執行前皆經過你們工廠的變更管理（MOC）程序審查。任何改變，即使是為了消除或減少危害，也可能引入新的風險，或放大其他既有風險。
- 參考資料：Ganeshmani N. Inherently safer design: Success stories. *Process Saf Prog.* 2025; 1-7. doi:10.1002/prs.70007

本質安全是消除危害，而非僅僅管理它們！