

過度冷卻反應器會導致反應失控嗎？

2018年7月號

1996年英國一家染料工廠的600美制加侖（~2.3立方米）批量式反應器發生爆炸。該製程要在溫度30-40°C下，將亞硝氫硫酸（nitrosyl sulfuric acid, NSA）加入含有胺和硫酸的反應器中。其反應是放熱的 - 它產生熱量。加料通常需要約5小時，並且加料是手動控制的。這個製程已經運行很多年，生產了數百批，未發生問題。

在此次NSA加料初期，該批料被過度加熱至約50°C，因而中止NSA加料。然後這批料被冷卻至25°C（太冷），再重新加入NSA。當NSA進料完成時，此批的溫度無法以可用的冷卻方法來控制，而且超過了溫度儀器可以記錄的最高溫度。反應器由於失控反應而超壓並爆炸。反應器的下部從其支架上推離，落到建築物地板上。反應器的攪拌器落在屋頂上，反應器頂部則在距離大約500英尺（150米）處被發現。幸好沒有人受傷。直接成本超過200萬英鎊。

參考：Partington 與 Waldram · IChemE Symposium Series · No.148 · 81-93頁, 2001

其他失控反應所造成的損害

2007年佛羅里達州傑克遜維爾市(Jacksonville)



2006年北卡羅來納州摩根頓市(Morganton)



你知道嗎？

- 大多數放熱性化學反應的速率隨著溫度的升高而增加，而在較低的溫度下則會降低。如果反應溫度太低，反應會變慢，而未反應的物質則可能積聚在反應器中。如果後來反應溫度升高，便有未反應的物質會起反應。如果未反應的物質夠多，所釋放的能量便可能會超過反應器的冷卻能力。
- 其他在原訂反應溫度下原本不重要的化學反應（包括分解反應），在高溫下可能會變得重要。這些反應可釋放更多的能量，並且反應產物可能包括氣體，會在反應器中產生高壓。
- 在這一事故中，據信在此批料太冷其間，約有30%未反應的NSA積聚在反應器中。實驗室研究和電腦模擬結果顯示，這種積存量可能尚不足以造成失控反應。另一個熱源，例如蒸汽洩漏到反應器夾層，可能是必需的。無論如何，如果還有其他熱源，從未反應的NSA所得的能量使得反應器更容易失控。
- 確保反應系統處於良好運作狀態非常重要，因為設備洩漏和其他故障都可能導致或促成化學反應事故。

你可以做什麼？

- 要知道你們那些反應是放熱性的，並且如果反應物積聚，可能會變得無法控制。一些例子有：聚合、硝化、磺化，酸鹼反應和氧化。
- 要注意：對於許多反應，不僅溫度上限對安全至關重要，溫度下限也是。過度冷卻反應器會造成未反應物質的積聚，這可能會在以後導致無法控制的高溫。
- 要了解偏離關鍵安全參數（溫度、壓力、流量、混合或任何對製程至關重要者）的後果。要注意偏離的後果，不論偏高或偏低，並且知道如果發生偏離時應該採取的行動。
- 如果你們工廠沒有化學反應製程，要注意：低溫仍然會導致問題。例如，液體可能會凍結或變得很濃稠，或者固體可能會從溶液中沉澱出來。

如果您的製程“太冷”了，它可能就不安全！

©AIChE 2018。保留版權。鼓勵用於教育和非商業目的之複製/複印。但未經AIChE書面授權嚴禁以銷售為目的之複製。
聯絡我們：ccps_beacon@aiche.org 或 (美國) 646-495-1371。對繁體中文版譯文有問題或賜教：sglin@ms15.hinet.net