

# 黎巴嫩的大爆炸！硝化之殤何時了？

藍色煙火不穩定易爆炸，真的有這麼 " 嬌貴 " 嗎？是的，藍色煙火的配料中含有銅離子，它使得藥物配方的穩定性較差，需要恆溫恆濕。一旦煙火儲存環節出現漏洞往往造成爆炸。實際上銅離子主要是為了產生焰色效果，煙火爆炸的原因是最主要成分黑火藥主要氧化劑 $\text{KNO}_3$ 發生的劇烈反應：

## $\text{KNO}_3$ 發生的劇烈反應



包括 $\text{KNO}_3$ 在內的硝化物，是一類典型的危險化學品。硝化物爆炸往往造成非常嚴重的後果。前些日子發生的黎巴嫩大爆炸的起因，便是附近儲存的約2750噸的硝酸銨存儲不當，事故已造成100人以上遇難。

硝酸銨 ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) 在不同溫度下分解的產物不同：

### 硝酸銨分解反應

溫度	分解反應
110°C時	$\text{NH}_4\text{NO}_3 \longrightarrow \text{NH}_3 + \text{HNO}_3 + 173\text{KJ}$
170~190°C	$\text{NH}_4\text{NO}_3 \longrightarrow \text{N}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O} + 127\text{KJ}$
210°C分解加速，同時發生爆炸	$\text{NH}_4\text{NO}_3 \longrightarrow \text{N}_2 + 0.5\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 129\text{KJ}$
400°C以上發生爆炸	$\text{NH}_4\text{NO}_3 \longrightarrow 0.75\text{N}_2 + 0.5\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 123\text{KJ}$ $\text{NH}_4\text{NO}_3 + 2\text{NO}_2 \longrightarrow \text{N}_2 + 2\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O} + 231\text{KJ}$

大量硝酸銨堆積在一起,散熱表面積小,散熱條件差,分解放熱大於散熱,局部溫度升高,加速熱分解,形成分解升溫正回饋。溫度上升到硝酸銨分解加速期後,分解急劇加快,同時放出大量熱量和氣體,此分解過程近似絕熱密閉升溫加壓狀態,局部溫度劇增,壓力增大,最終導致爆炸!

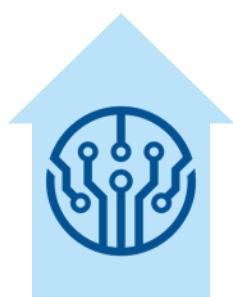
化工產品尤其是危化品生產、危化反應大多面臨傳質傳熱的問題,須對危化品全產業鏈進行安全管理,避免事故發生,需要企業主體增強安全意識,從生產的源頭預防!

- 危險化學品整個生命週期都必須進行嚴格監管,需要從生產的源頭預防:
- 要求企業主體增強安全意識,企業主要負責人一定要嚴守安全第一的原則來管理危化品的整個生命週期,培養從業人員的安全素養和安全意願!
- 需要“防微杜漸”而不僅僅“亡羊補牢”
- 提高危險化學品企業本質安全水準。大力提升危險化學品企業自動化控制水準,深化化工企業反應安全風險評估,應用技術創新成果助力安全生產。
- 康寧反應器技術致力於幫助行業客戶保證安全和利益的同時提升自動化和本質安全水準。
- 康寧反應器技術通過為化工行業客戶量身定製本質安全、連續高效的微通道反應器技術及服務,幫助企業順利進行安全生產升級!

CORNING

## 康寧AFR提供從研發到工業化生產全週期解決方案

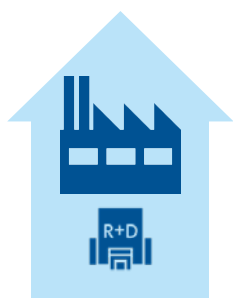
Corning AFR offer Comprehensive Solution  
- Seamless scaleup from lab to manufacturing production



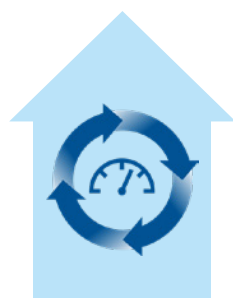
製程強化



減少佔地



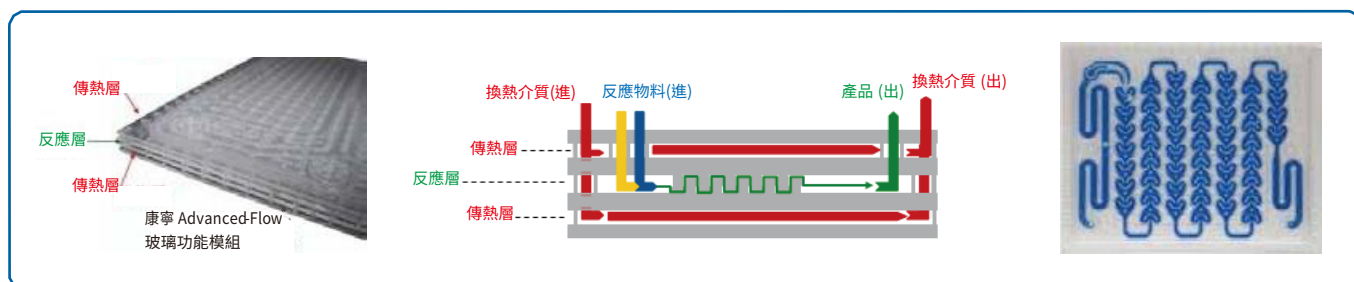
無縫放大



連續生產



本質安全



# 康寧微通道反應器優勢和價值 (與傳統攪拌釜比較)

Corning Advanced-Flow Reactor Vs. Conventional Batch Reactor: Advantages and Value Prop.

康寧反應器性能優勢	給化學合成帶來的價值
100 X 混合和傳質提升	提高收率、減少溶劑、環保
1000 X 傳熱強化	溫控準確、減少副反應、節能
1/1000 X 釜式反應器體積	本質安全、減少占地、提高畝產效益
從實驗室到工業化無放大效應	無需中試、快速市場響應、降低營運風險
高質量:耐溫、耐壓、耐磨、耐熱衝擊、耐腐蝕	性能穩定、使用壽命長、安全可靠
7/24 連續穩定運行	質量穩定、減少人工、便於實現智能化生產

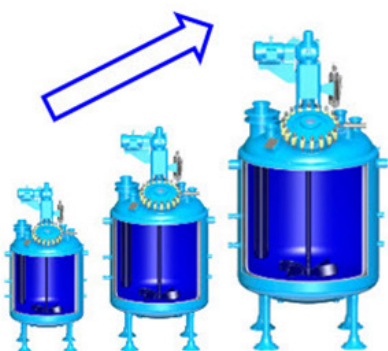
本質安全自動化程度高的康寧微通道反應器可以從根本上解決傳統傳質傳熱效率低，放大效應以及自動化程度相對較低的問題：

傳統化工產能結構以反應釜體積為基礎，產能擴張也意味安全風險增大。本質安全的微通道反應器技術可以極大提高單位體積反應物料的換熱面積；

**釜式反應器面臨混合、傳熱、放大的風險；  
傳統間歇釜工藝、放大困難、產學研效率低**

$$U \times A \times (T_r - T_j) = Q$$

單位體積換熱面積 ↑ 換熱側和反應側溫差



釜式夾套反應器	U, Heat Transfer Coefficient (W/m² x K)	A Specific Cooling Area (m²/m³)	ΔT Required on Jacket to Cool (K)	Q W/L	U x A (kW/m³.K)
圓底燒瓶	200	86	2	34.4	17.2
實驗室夾套反應器	150	40	5	30.0	6.0
250升反應器	250	6.8	16	27.2	1.7
1000升反應器	250	4.6	26	29.9	1.2
6300升反應器	250	2.6	44	28.6	0.7

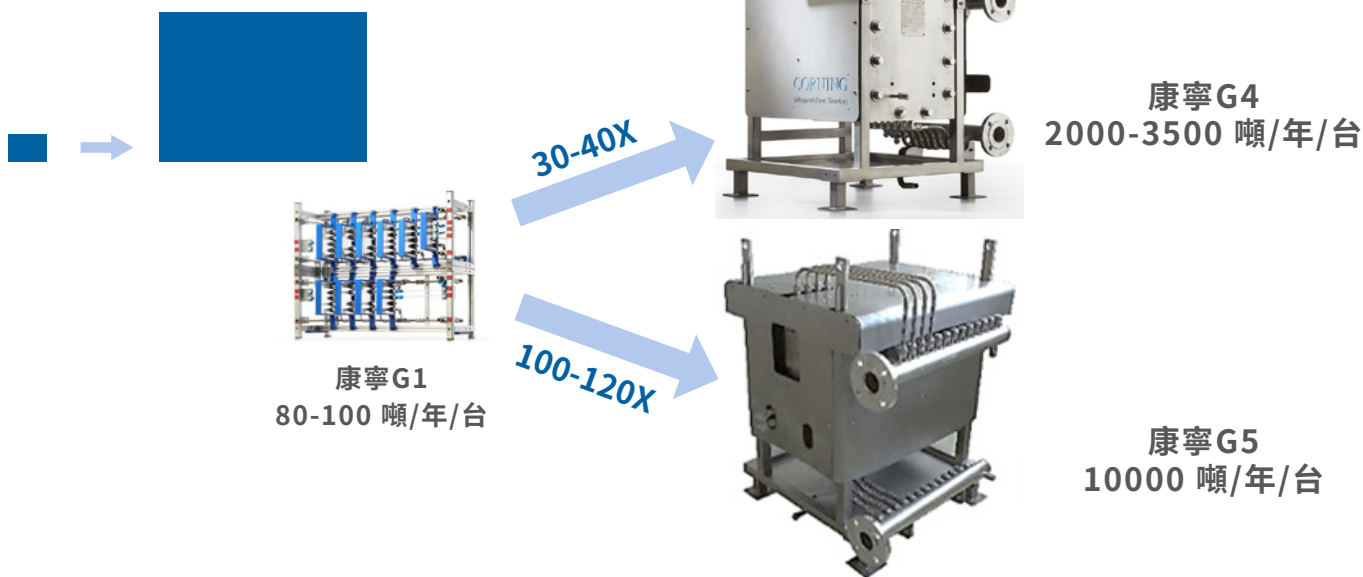
隨著反應釜體積增加，單位體積的換熱面積出現不足

如何解決這個放大難題？ → 極大地提高單位體積反應物料享有的換熱面積

- 實現從微米至毫米級的通道尺寸提升，可以使反應和分離速度加速，實現反應器和分離器設備微型化；
- 連續反應，自動化程度高。微反應技術使得產能和反應器、分離器體積脫鉤。改變“批物生產——動態操作”成為“連續式——穩態運行。可以智慧控制生產工藝參數以及處理各種應急措施；

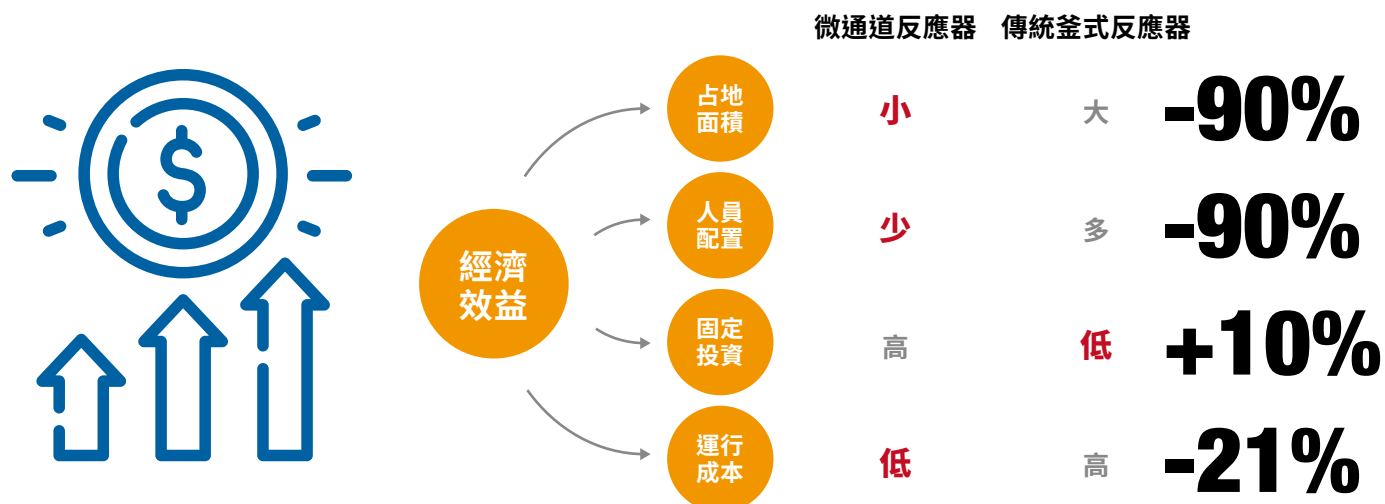
康寧微反應器技術為客戶提供最優的工業化工藝開發技術及微通道反應設備，完全同時實現“尺寸放大”和“數增放大”，無放大效應。幫助化工企業跳過中試環節節省大量的資金投入和時間成本。

## Scaling-up 尺寸放大



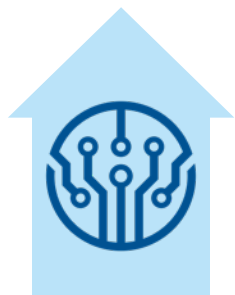
以文章開頭提到的硝化行業為例，可用下圖瞭解康寧幫助硝化行業客戶提高效益實現本質安全生產的典型事例！

## 萬噸級微通道反應器工業化應用效果-經濟效益



## Advanced-Flow<sup>®</sup> Reactors : Disrupting the Industry, Changing Lives

康寧反應器在具有天然的安全優勢，質傳與熱傳效率相較傳統反應器有百倍到千倍的提升，在許多製程上也有很好的應用案例，歡迎感興趣的客戶電話或郵件諮詢。



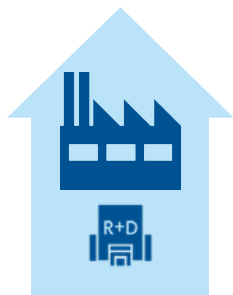
製程強化

- ✓ 質傳效率 ↑ 100X
- ✓ 熱傳效率 ↑ 1000X
- ✓ 達到反應極限而非設備限制



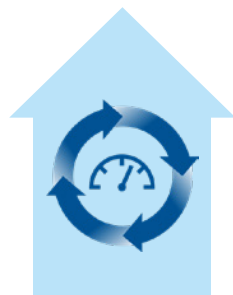
減少佔地

- ✓ 減少反應器佔地 1/1000
- ✓ 實現未來工廠的可能



無縫放大

- ✓ 減少50%時間於工業化放大製程的開發



連續生產

- ✓ 在中國與其他區域已經有整合完成年產萬噸之工廠連續生產中(>500天)



本質安全

- ✓ 各國制定的安全規範引領產業朝向使用更安全有效率的生產技術

