

綠色化學概述及推廣



行政院環境保護署 毒物及化學物質局

綜合規劃組

蕭寶桂 特約高級環境技術師

109.11.11





從

「國家化學物質管理政策綱領」

開始



化學物質管理

國際化學物質管理策略方針

我國化學物質管理政策綱領

國家化學物質管理行動方案



願景

目標

內涵

有效建構健康永續化學物質環境

國家治理

制定國家目標，健全法規制度。

降低風險

落實正確使用、打造無毒環境。

管理量能

推動部會合作、強化資訊整合。

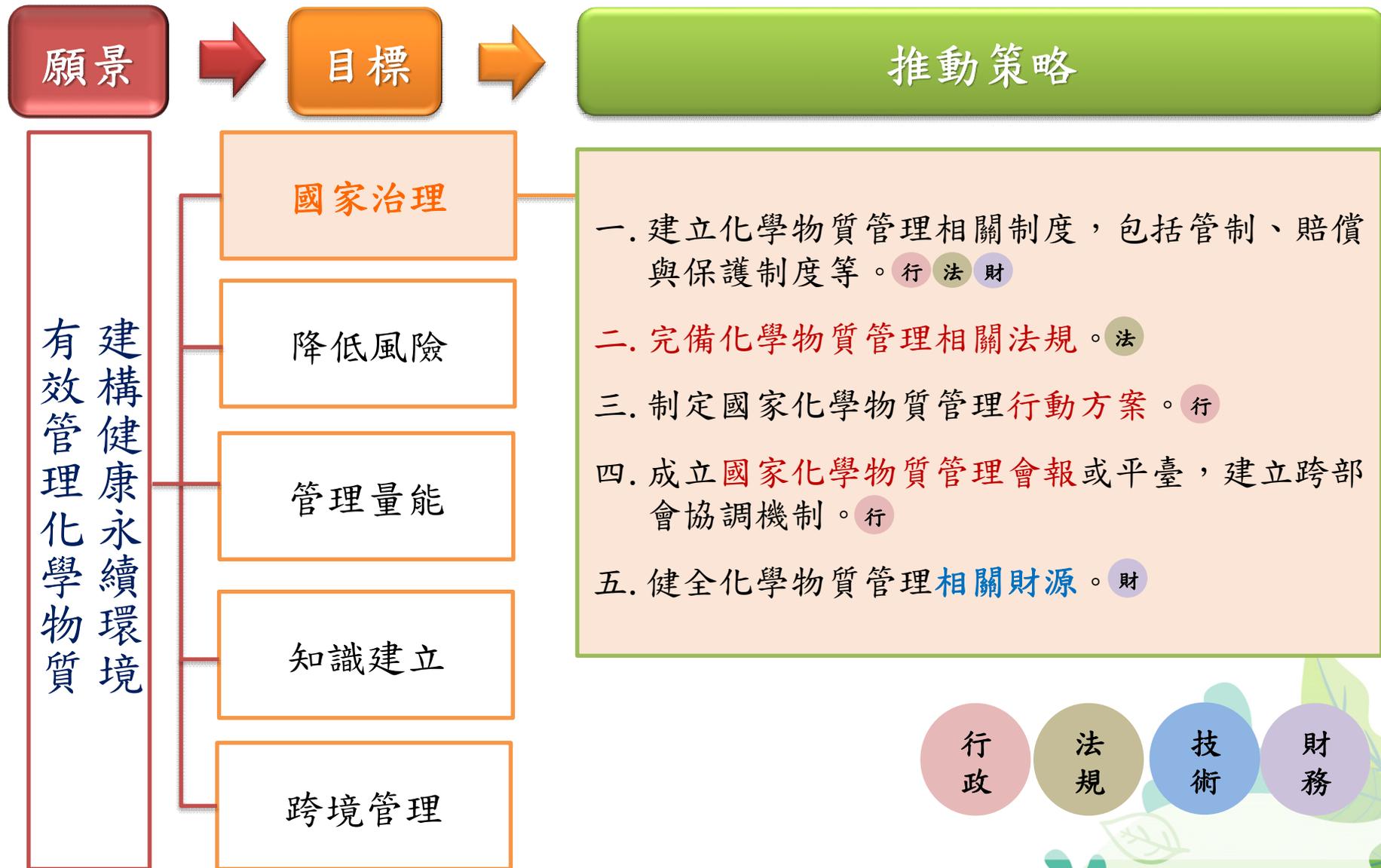
知識建立

提高全民意識、共同監測管制。

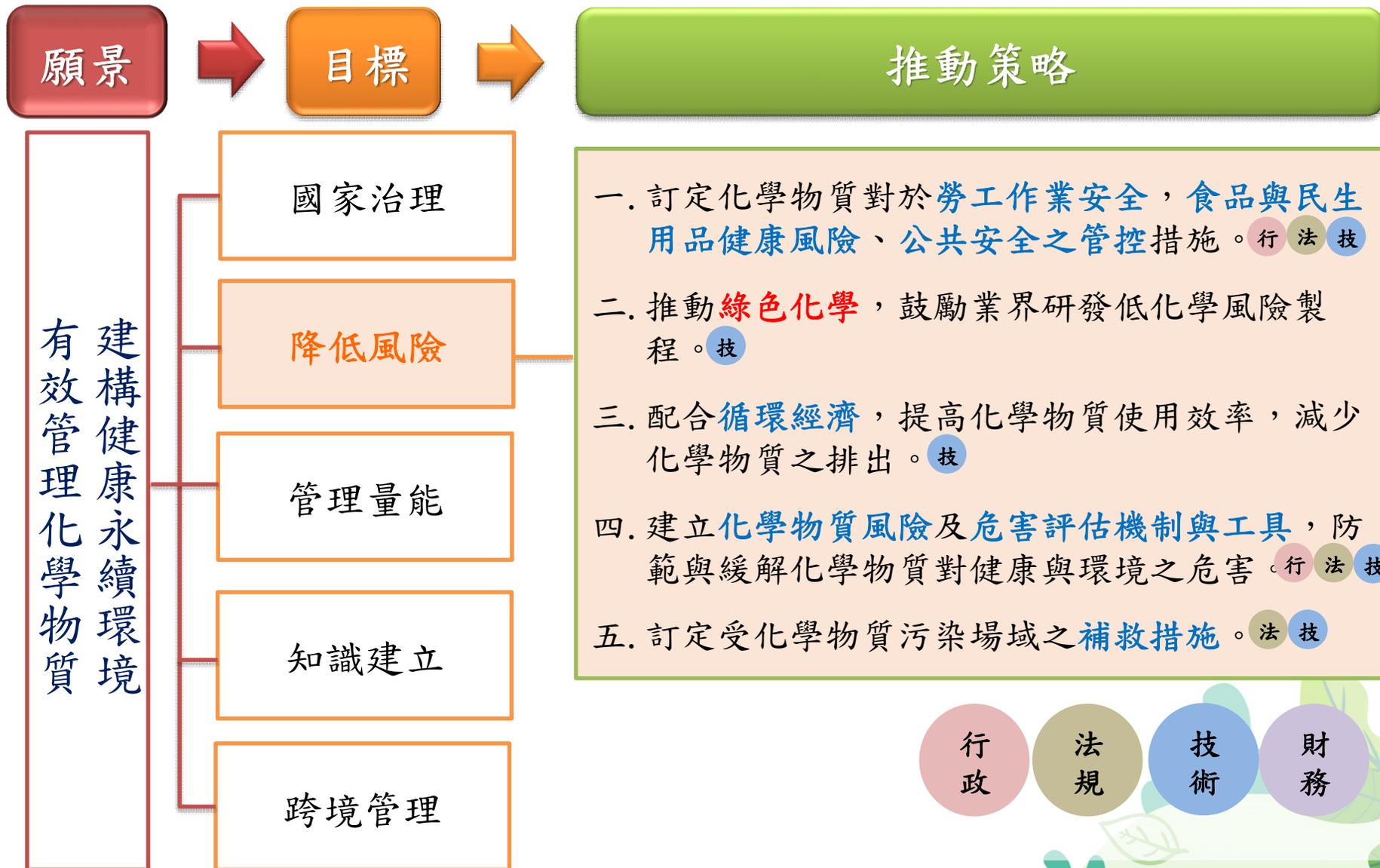
跨境管理

推動國際合作、監管跨境運輸。

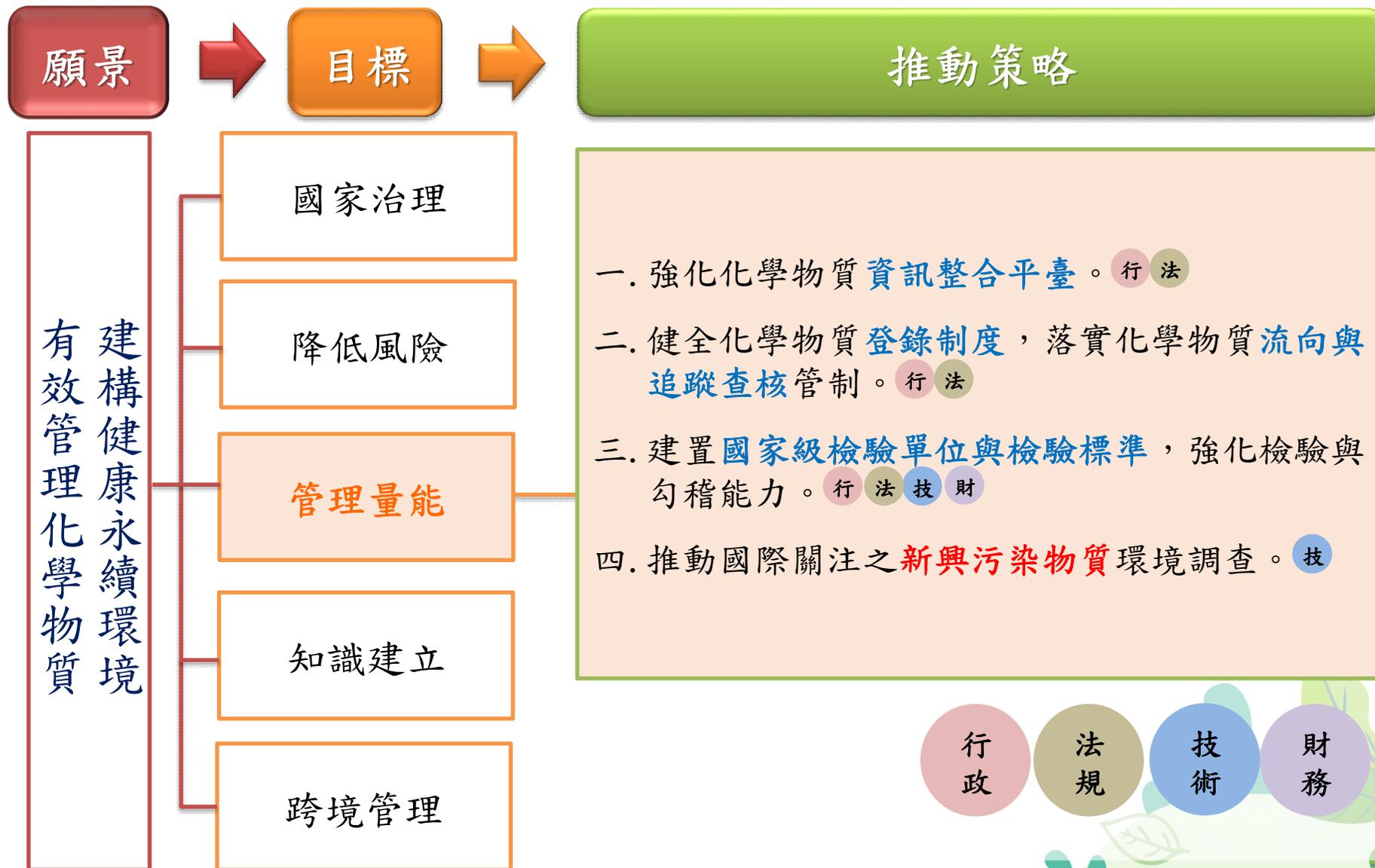
國家化學物質管理政策綱領-國家治理



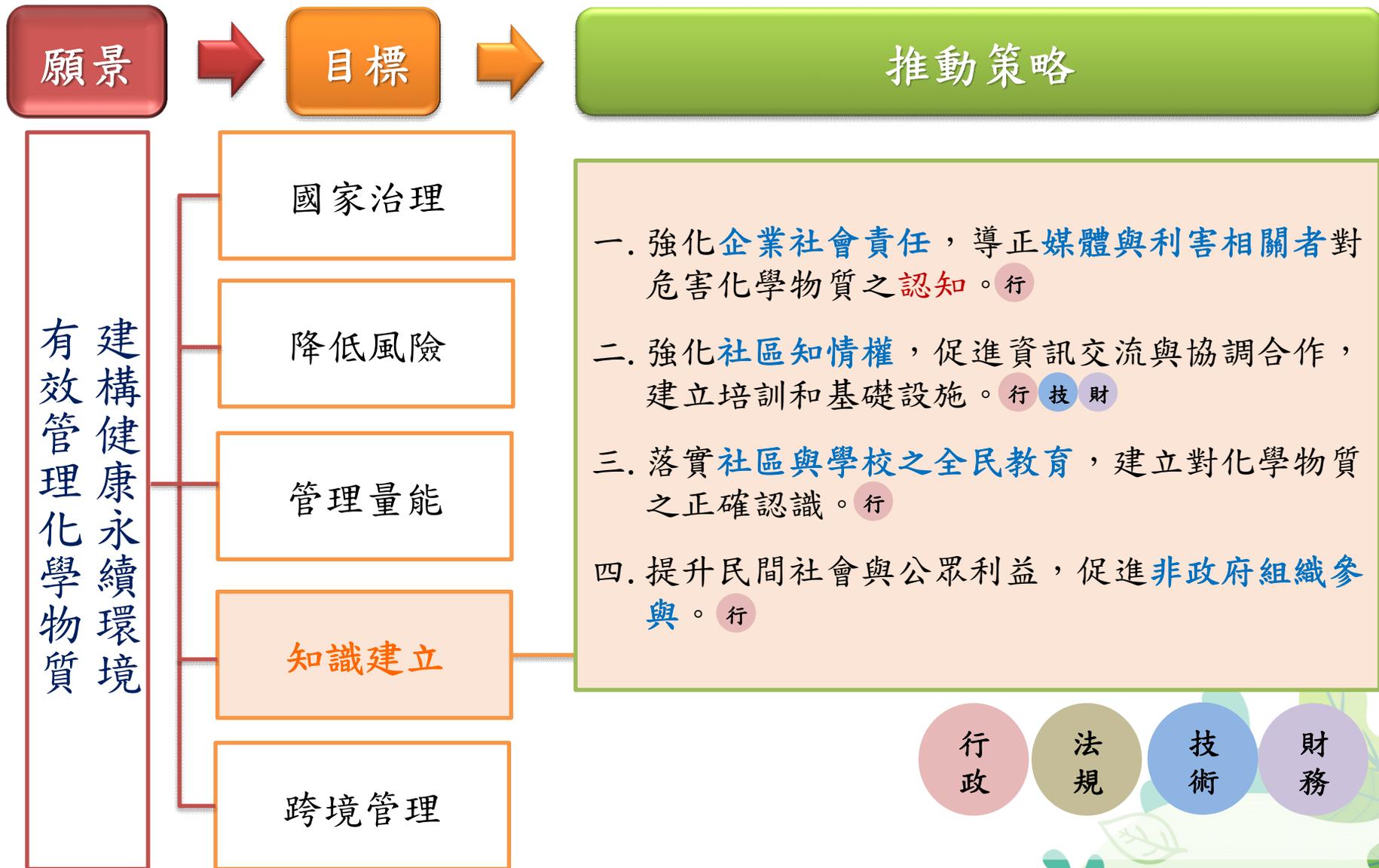
國家化學物質管理政策綱領-降低風險



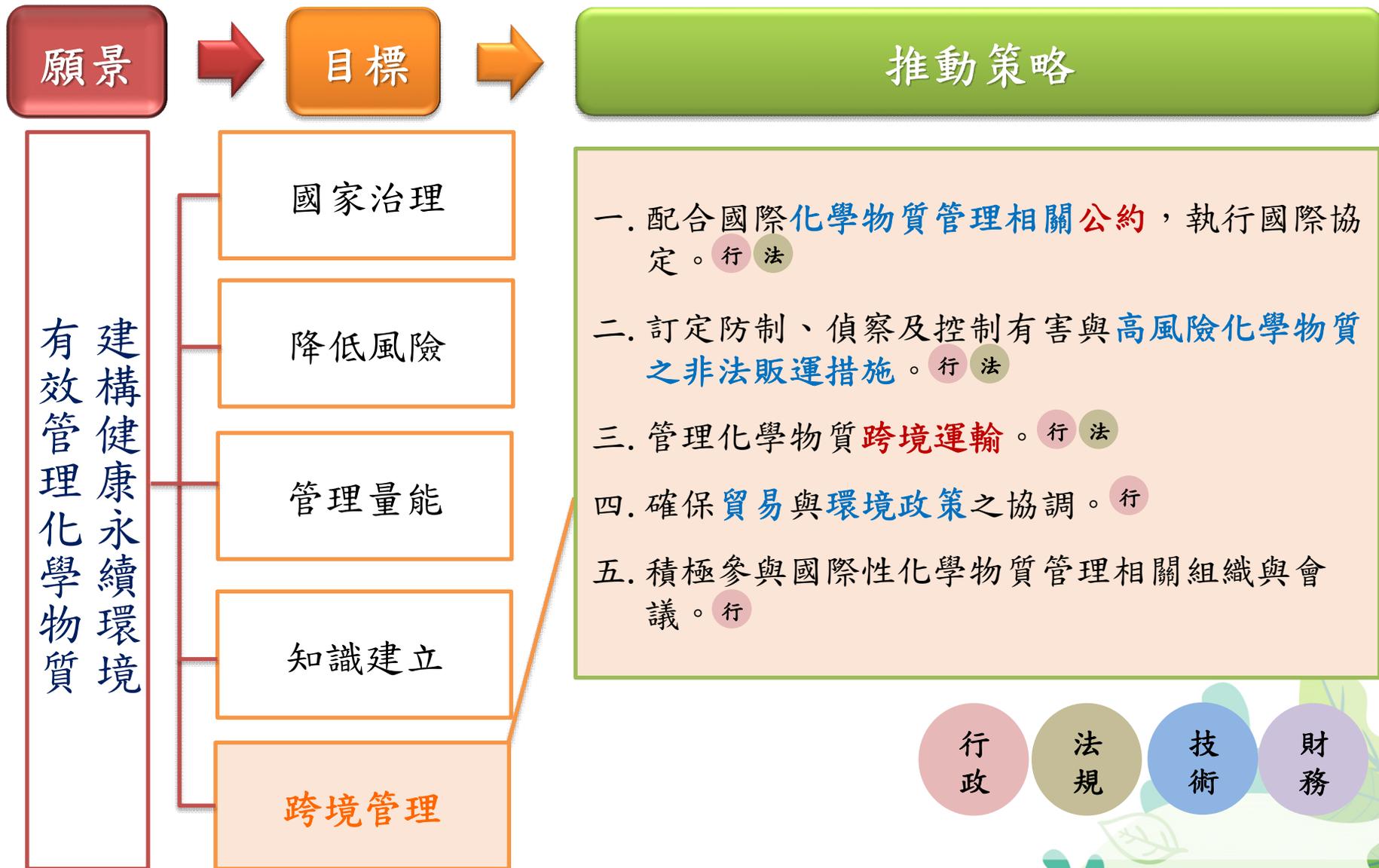
國家化學物質管理政策綱領-管理量能



國家化學物質管理政策綱領-知識建立



國家化學物質管理政策綱領-跨境管理



綠色化學推動緣起

- ◆ 我國「國家化學物質管理政策綱領」就國家治理、降低風險、管理量能、知識建立以及跨境管理等重要領域，建立化學管理五項關鍵能力為我國施政目標，期能透過政府政策引導及資源挹注，有效強化化學物質安全管理，保護人體健康與環境不受化學物質使用所產生的風險威脅
- ◆ 其中「降低風險」面向即具體指示了「推動綠色化學」策略為我國未來化學物質管理政策重要方向之一

推動目標

凝聚共識研析建立並推動永續綠色化學目標，使我國化學物質管理得以完善涵蓋整體生命週期



綠色化學推廣方向

大專、小學

教育

人才培訓

導入經濟誘因政策
瞭解企業需求
接軌產學供需

提高透明度
加強產學鏈結

全球化學品
展望

加強科學與政策對接
加強全球承諾

提升政策溝通效果

金融

赤道原則
化學品租賃

評估和通報風險和危害
提升產業技術及競爭力

研發

制定有效的管理制度
使用生命週期方法
加強公司治理

安全替代



我國綠色化學-執行目標及推動策略擬定

發展願景

建構健康永續環境

執行目標

建立知能

產業導入

跨部合作

國際交流

推動策略

- 1) 辦理各級學校單位綠色化學推動教材及教育課程
 - 2) 辦理教師種子培訓營與研習營
 - 3) 架設網路綠色化學專區及安全替代資訊平臺
- 1) 建立消費性產品化學物質成分正面表列建議替代清單
 - 2) 編撰綠色化學產業應用推廣年報及安全替代宣導手冊
 - 3) 建立安全替代評估流程，研提安全替代作業準則
 - 4) 導入綠色金融概念及工具，評估產業推廣效益
 - 5) 訪視化學產業供應鏈上下游，宣導推廣策略
- 1) 辦理跨部會共識營及工作坊，凝聚跨部會共識
 - 2) 跨部會合作辦理學生綠色化學創意競賽、產業研習營，落實綠色化學實施面向
 - 3) 建立與各部會協同合作推動綠色化學推廣方案與措施
- 1) 蒐研國際資料，瞭解國際綠色化學推動趨勢
 - 2) 依循國際化學物質管理公約，落實我國化學物質替代措施
 - 3) 參與國際性綠色化學相關會議，建立溝通管道
 - 4) 定期邀請國際推動人員或組織來訪，增進雙邊交流

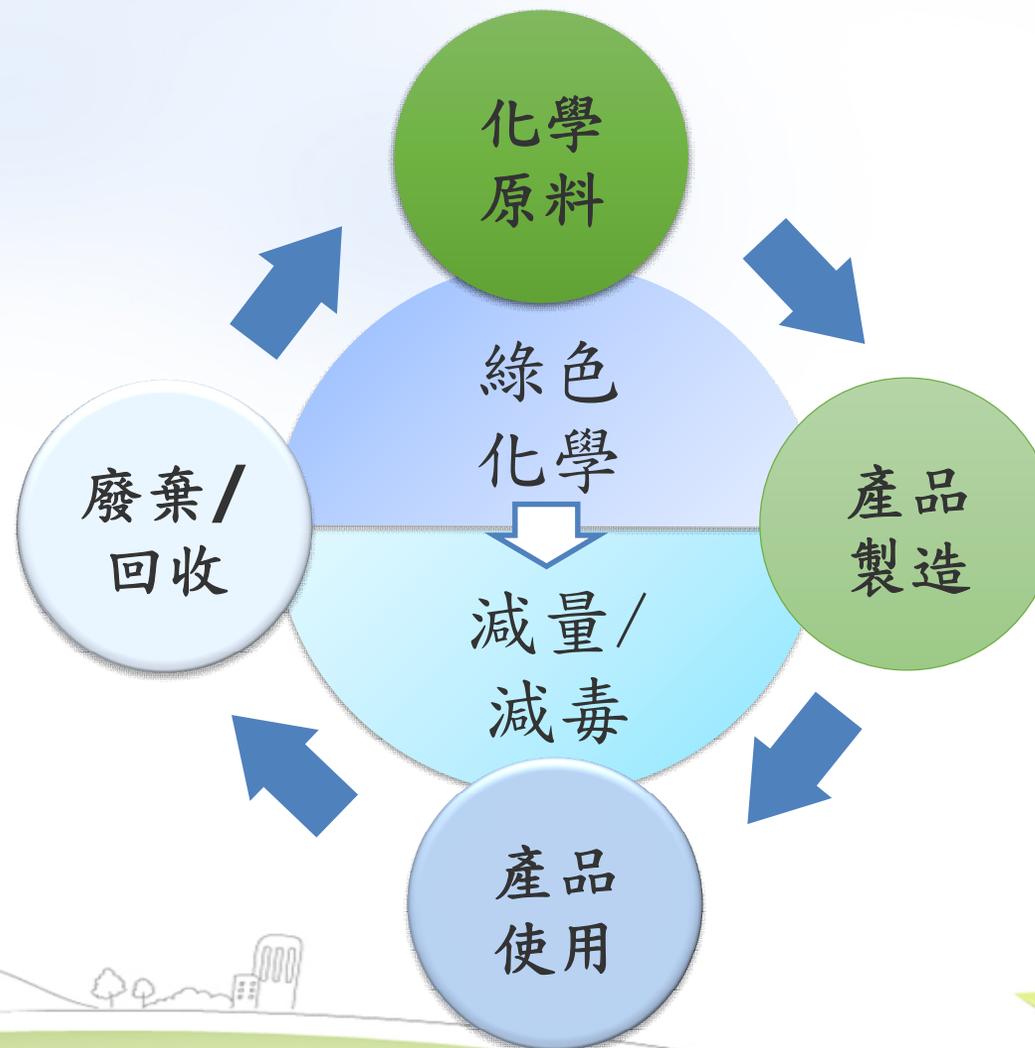


導入綠色化學概念，降低化學物質風險

● 綠色化學 (Green Chemistry)

- 從源頭開始，就充分利用原料和能源，減少、甚至零有害物質釋放。
- 每項產品的生產過程，不僅要減少消耗量、提升原子利用率，還要避免不必要的衍生物和廢棄物。

- 導入綠色化學概念，在化學物質生命週期源頭即實施減量/減毒措施，降低化學物質後續於生命週期中各階段風險





綠色化學？

綠色化學 (Green Chemistry)

- ✓ 綠色化學是在設計化學和化學工程反應方法的另一種思考方式，並提供開發和實施時可以使用的不同原理。
- ✓ 透過綠色化學12原則，可以尋找減少浪費，節約能源和尋找有害物質替代品的創新方法，從而保護經濟、人類和地球，並使之受益。

美國化學學會, American Chemical Society, ACS

以「原子經濟性」為原則，研究如何在產生目的產物的過程中充分利用原料及能源，減少有害物質的釋放

提高反應效率
降低損耗
減少廢物產生
降低環境污染

綠色
化學



Figure 3. Principles of Green Chemistry.

「綠色化學」就是設計較為安全的化學品或是化學反應過程來取代危害物質的使用，或是盡可能的減少與排除這些危害物質對環境的衝擊。

原子經濟性

- 綠色化學的核心內容之一是「原子經濟性」
充分利用反應物中的各個原子，既能充分利用資源，又能防止污染。
- 原子經濟性的概念是1991年美國史丹福大學著名有機化學家特羅斯特(B. Trost)提出
(獲得1998年度的總統綠色化學挑戰獎的學術獎)
- 原子利用率衡量反應的原子經濟性，認為高效的有機合成應最大限度地利用原料分子的每一個原子，使之結合到目標分子中，達到零排放。
- 原子利用率越高，反應產生的廢棄物越少，對環境造成的污染也越少。

綠色化學-原子經濟性

以「**原子經濟性**」為基本原則的新化學反應過程；以及改進現有的化學工業，減少和消除污染。

1. 新的化學反應過程研究
2. 傳統化學過程的綠色化學改造
3. 能源中的綠色化學問題
4. 資源再生和循環使用技術研究





Fathers of Green Chemistry : Paul Anastas and John C. Warner

- 在 20 世紀末，因環境破壞問題不斷發生因而開始重視環保，阿那斯特斯 (Anastas) 與華納 (Warner) 於 1998 年共同合著《綠色化學：理論與實踐》(Green Chemistry: Theory and Practice) 中所提出的綠色化學十二項原則。



C&E News October 4, 2010



綠色化學12原則

- P:** Prevent wastes (防廢)
- R:** Renewable materials (再生)
- O:** Omit derivatization steps (簡潔)
- D:** Degradable chemical products (可解)
- U:** Use safe synthetic methods (保安)
- C:** Catalytic reagents (催化)
- T:** Temperature, Pressure ambient (節能)
- I:** In-Process Monitoring (監測)
- V:** Very few auxiliary substances (降輔)
- E:** E-factor, maximize feed in product (物盡)
- L:** Low toxicity of chemical products (低毒)
- Y:** Yes, it's safe (思危)



PRODUCTIVELY

綠色化學12原則

原則之代表字母



P: Prevent wastes
(防廢)



R: Renewable materials
(再生)



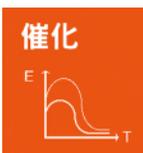
O: Omit derivatization steps
(簡潔)



D: Degradable chemical products
(可解)



U: Use safe synthetic methods
(保安)



C: Catalytic reagents
(催化)

十二項原則精神

預防：

防止廢棄物產生勝於產生廢棄物後的處理或清理

使用可再生原料：
可再生的原料：一般來源於農產品或是其他過程產生的廢物
消耗型原料：一般來源於石油天然氣煤礦物等。
 在技術和經濟可行時，應使用可再生而非消耗型的原物料或原料

減少衍化步驟：

儘可能減少或避免不必要的衍化（在物理/化學反應過程中，使用阻絕基團、保護/去保護或作短暫性修改），因為此步驟需要添加試劑，可能會產生廢棄物

針對可降解設計：

化學產品的設計應使其在功能結束時分解成無害的降解產物，不會在環境中長期存在

設計更安全的化學品：

化學產品的設計應兼具效能與低毒性

催化：

儘量選擇催化劑優於化學計量試劑



綠色化學12原則

原則之代表字母



T: Temperature, Pressure ambient
(節能)



I: In-Process Monitoring
(監測)



V: Very few auxiliary substances
(降輔)



E: E-factor, maximize feed in product
(物盡)



L: Low toxicity of chemical products
(低毒)



Y: Yes, it's safe
(思危)

十二項原則精神

針對能源效率設計：
應減少能源需求並意識到能源需求對於環境及經濟的影響。合成方法應儘量在常溫和常壓下進行

即時分析防止污染：
製程中在形成有害物質之前應建立可即時監控及控制之技術

更安全的溶劑及輔助物質：
儘可能地避免使用輔助物質（例如：溶劑、混合物分離試劑等），如果必須使用這些化合物，應選擇無害的物質

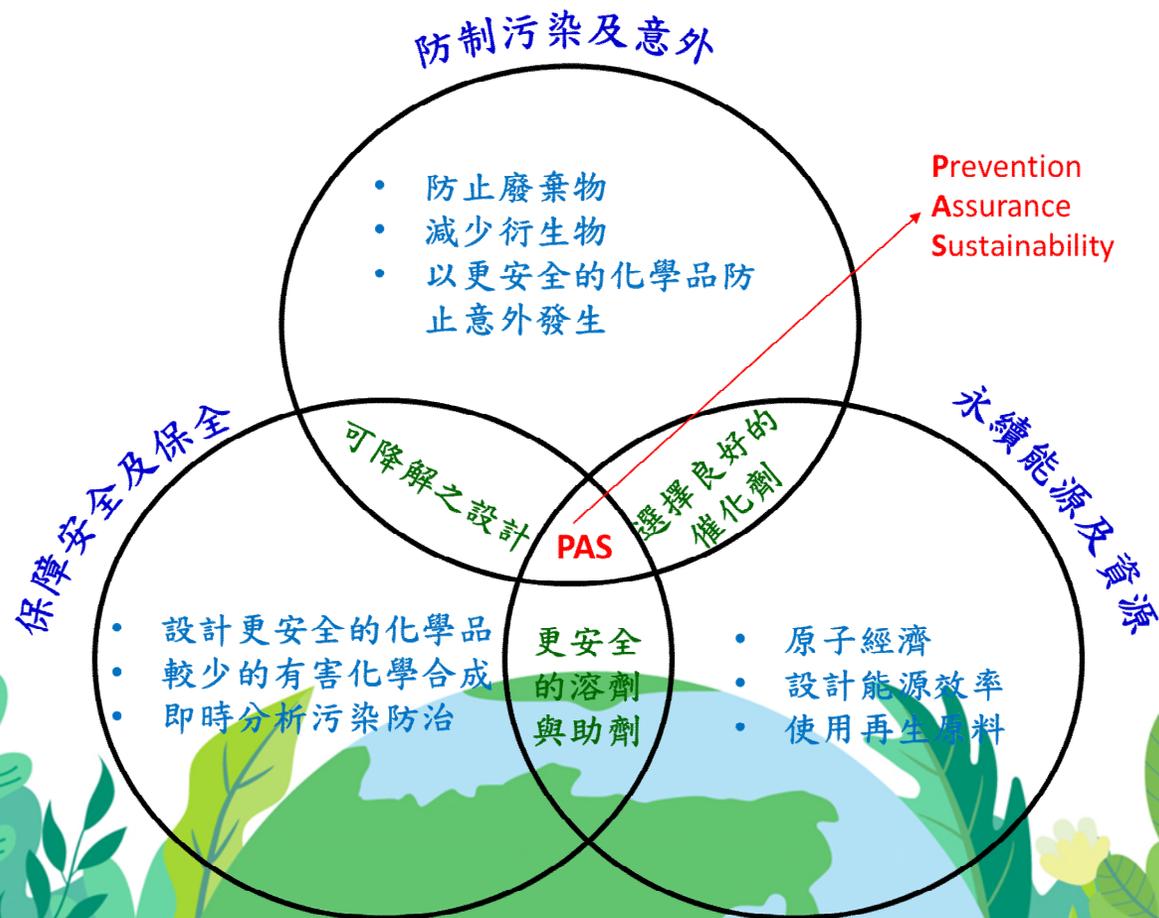
原子經濟性：
合成方法的設計應最大化將所有材料轉變成最終產品

較少危害的化學合成：
在可行的情況下，設計合成方法時應使用和生成對人體健康和環境幾乎沒有毒性的物質

慎選化學物質以減少意外事故的發生：
應慎選化學反應過程中所使用的物質及物質形式，以儘量降低化學事故發生的可能性，包含降低洩漏、爆炸及火災

綠色化學P-A-S分類

- 防制污染及意外(Pollution and Accident **Prevention**)
- 保障安全及保全(Safety and Security **Assurance**)
- 永續能源及資源(Energy and Resource **Sustainability**)





為什麼需要綠色化學？

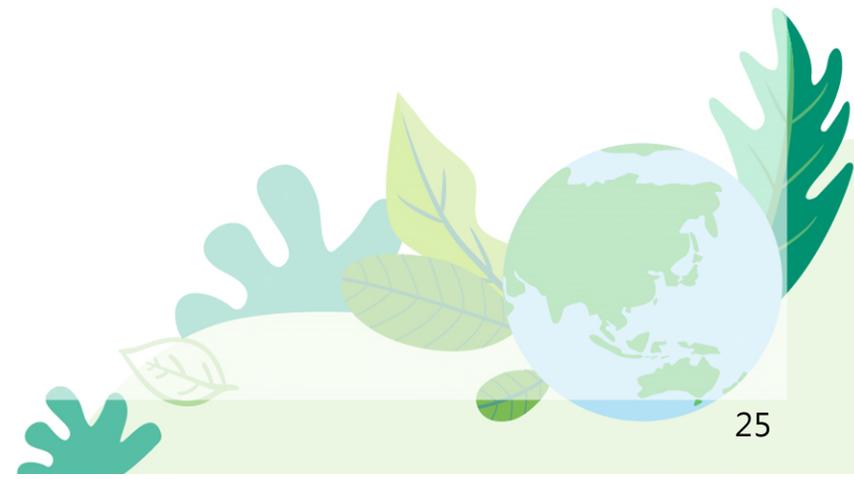


- 化學科技發展帶來文明，也帶來污染與公衛問題。
- 人對化學有恐懼感，來自對化學認知不足及處置不當。
- 化學物質於所處的環境中物種以競爭平衡方式存在，不同物種有不同的特性，對於化學物質的毒害該以量的觀念來認知。
- 許多毒是來自規劃不當或廢棄物，從源頭開始規劃化學物質的使用，遵循綠色化學12項原則，做好減廢、減毒，一起擁抱更美好的明天。



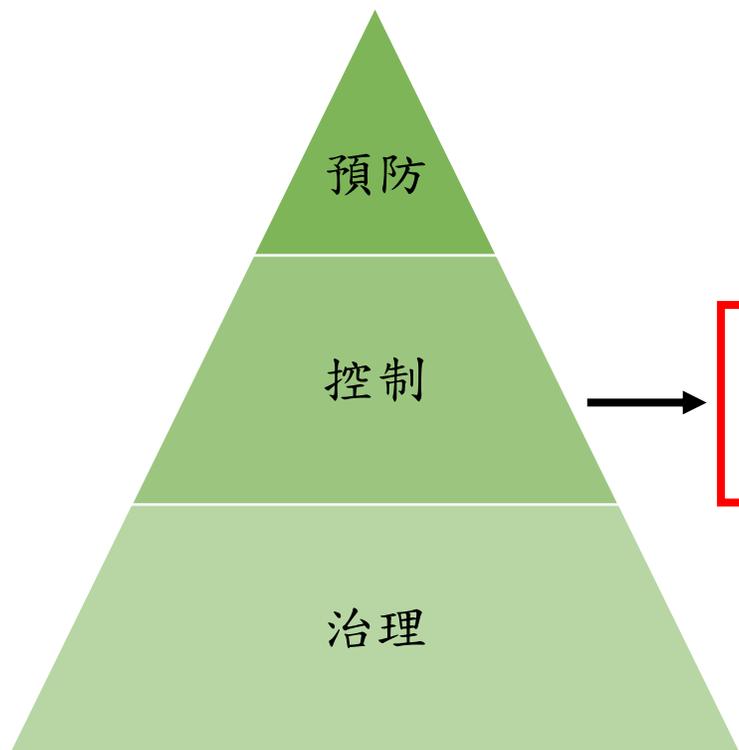
換言之，綠色化學

- 設計化學產品或程序，可以減少產生或使用危害性物質
 - 更聰明
 - 更安全
 - 更有效率
 - 更經濟
 - 節能
 - 防止污染
 - 回收和再用的設計
 - 提升化學的公眾形象



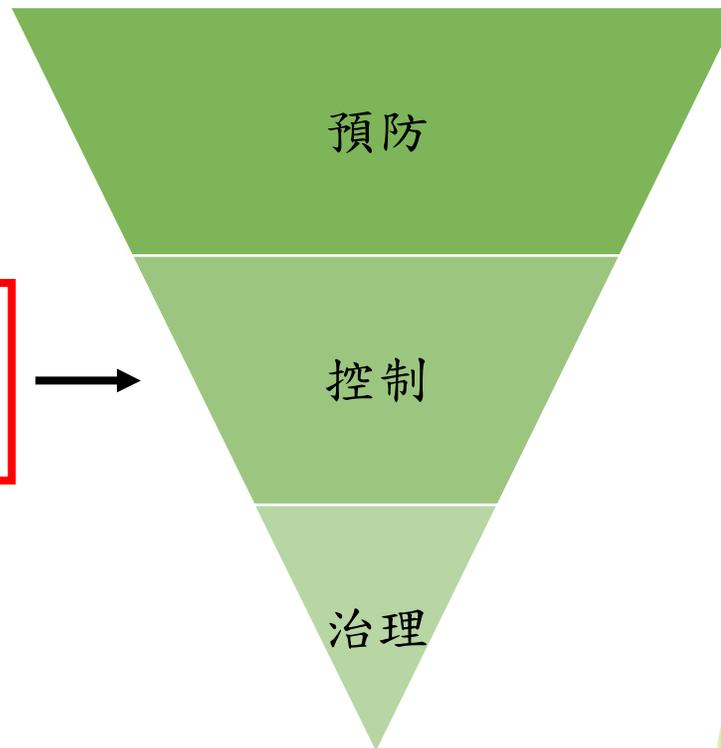


「污染治理」到「污染預防」



治理為主的污染控制方針

戰略轉變



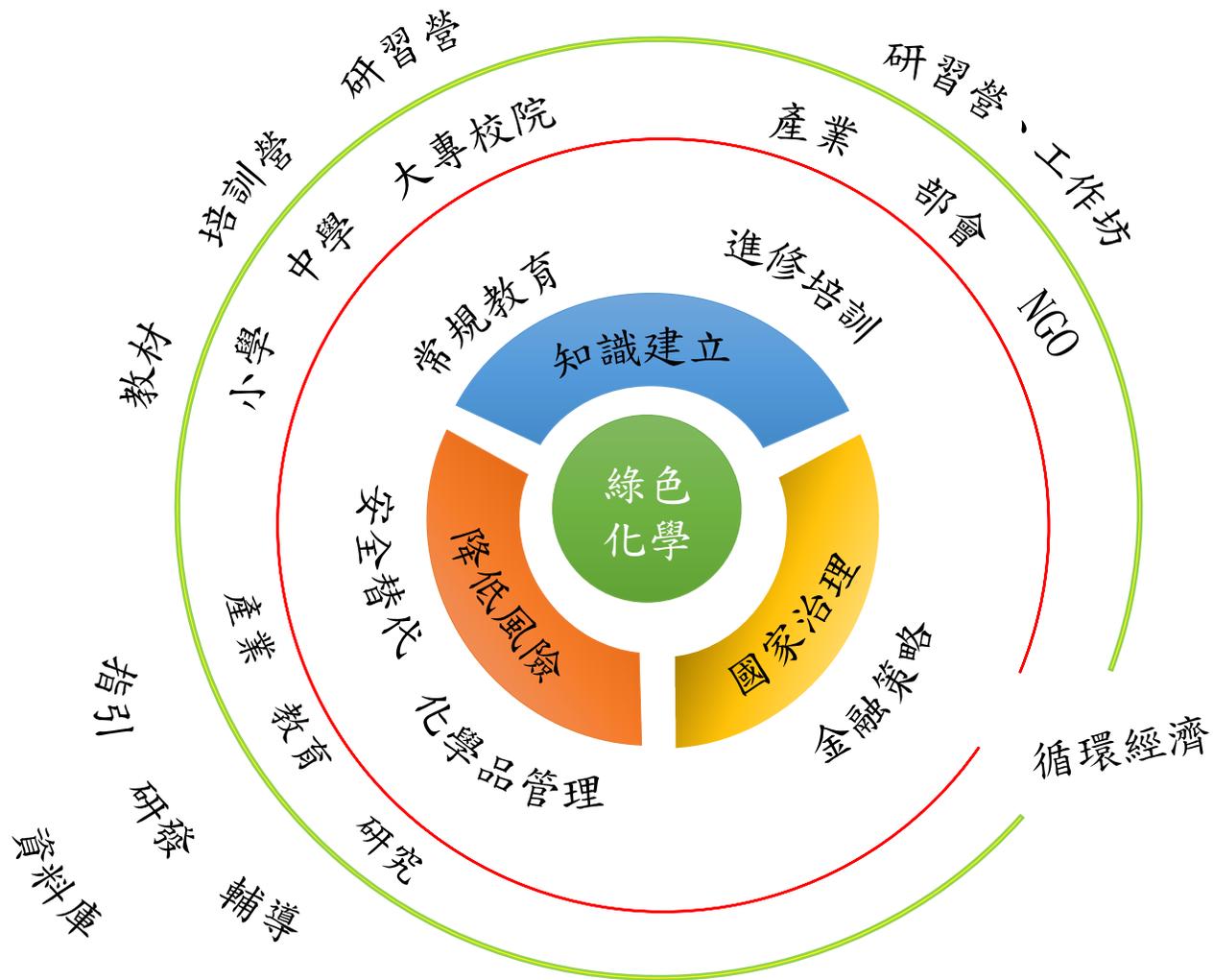
預防為主的污染控制方針





綠色化學深耕作法

目標：多元推動全民教育深耕，建構健康永續環境





108-109年執行成果



綠色化學整合專區

對象

校園（大專校院師生、小學師生）、部會、產業、民眾

策略

- 校園：教育深耕，分級推動
- 部會：建立互動，激發研究與環境關懷
- 產業：推廣綠色化學原則建立，應用及競賽減毒減量觀念
- 民眾：提供綠色化學教學簡報、書籍及影片等，提升認知

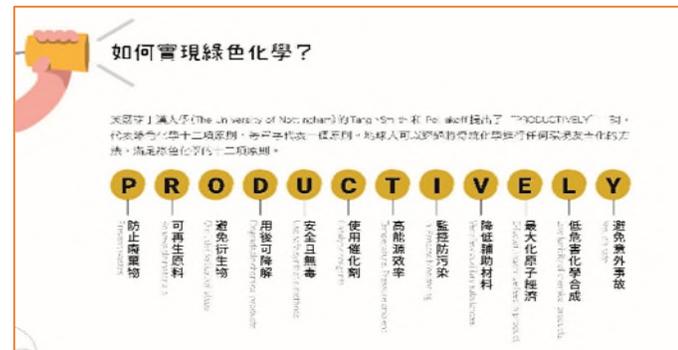
方法

- 校園：建置小學教材，辦理小學綠色研習營
- 部會：109年本署主辦與教育部合作辦理「第2屆大專校院綠色化學創意競賽」、跨部會工作坊
- 產業：109年第2屆綠色化學創新及應用獎，編撰「綠色化學產業應用推廣年報」
- 民眾：建立綠色化學整合平臺，連結國際推動策略資訊





108-109年執行成果



成 果

● 校園

小學

- ✓ 2場小學教師種子培訓營，主題：「生活中的綠色化學」「108課綱的環境教育議題融入」「綠色化學課間活動方案發展」及「跨領域綠色化學方案實作」
- ✓ 6式小學環境教材融入-規劃4-6年級，融入課程選擇包含自然、社會、綜合、健體等四大領域

大專

- ✓ 1門16堂課大專校院綠色化學通識教材-與化學局業務職掌相關、適合大專校院

● 部會

- ✓ 2場綠色化學工作坊邀請產業、部會、大專院校、小學教師及金融業，主題串連教育->產業->金融
- ✓ 本署主辦與教育部合作辦理大專校院綠色化學創意競賽



說明：教師引起動機

說明：教師引導學生討論



說明：教師統整學生討論結果

說明：學生分享





108-109年執行成果

成 果

以綠色化學內涵，建構桌上遊戲發展與教學應用



● 產業

- ✓ 向企業傳達化學物質安全替代社會責任
- ✓ 分析國內產業化學物質安全替代成功案例
- ✓ 綜整國內外化學物質安全替代資訊
- ✓ 編撰綠色化學應用於毒性化學物質源頭管理及溝通教材

圖卡



我國化學物質管理暨綠色化學未來推動策略

推動策略

- 化學物質安全使用仍須仰賴自發推動綠色化學「安全、效率」之措施，方為治本之道
- 落實綠色化學教育，加強產業輔導促使產業綠色發展，將為我國推動綠色化學政策措施所不可或缺之一環

接軌國際趨勢，共達永續家園





感謝聆聽 敬請指教

paokuei.hsiao@epa.gov.tw

