

## “Harbour Area Treatment Scheme Stage 2” Consultation Paper

By Stephanie Ngar Ling Liu

June 27, 2004.

### Introduction

Our main objective for this consultation paper is to ask for option to select the optimal alternatives to the clean harbour. However, do we have any out of the box thinking? Before we select the best alternatives, we have to ask ourselves, what is the government's goal for clean up? That is, what is the acceptable level of pollution? Is there better cross harbour (or other across the shores) for swimmers other than the Victoria Harbour? Why spent billions of dollars just to maintain the harbour water suitable for swimmers? Is it fair to all? Is it better to prevent water pollution then to treat the water sewage?

### Analysis

#### 1. HATS Stage 1

The writer's question is how much has been spent to achieve the current level of water quality? Is an average increased dissolved oxygen in the harbour water by about 10% is acceptable as its aims for stage 1 target? Is the money well spent, that is, is it well spent, efficiently and effectively? Is it justifiable to spend the money put forth? Without analyzing and assessing the performance of stage 1 engineering work, it is not practical and has no basis to judge and evaluate the validity of stage 2 work.

#### 2. HATS Stage 2

Is it necessary or is it executed because the government has planned for it? Doesn't the department operate under a budget system? If the budget is being approved and is reasonable to execute, there will be no queries. However, it relates to \$20 Billion, the writer would like to know whether the treasurer approved or even looked at the details and logistics of the plan. To the writer, the root of the problem is the planning and layout of sewage which flow to the Victoria Harbour, before 1997 was by the methodology of an underground toilet sewage which won't flow to the harbour. This method has its merit such as the faeces won't criss-cross with harbour water, although it sounds traditional. It is a non-contaminating way to separate E. Coli from the other source. Does it ring the bell for the medical team for so many infectious diseases after 1997? There are cheaper and more effective ways to treat sewage from restaurants or households, such as using organic type of dish detergents, environmentally friendly cleansing agents and toiletries. The grease from the dish washing soap is edible and thus not toxic.

#### 3. The Pollutor Pays Principle

The government proposed the pollutor pays principle which holds the restaurants

responsible for the pollution. It indicates the superficial and ignorance of the department. Water is a fluid and thus runs all over the place, from east to west and from north to south. The pollutants from industries which are more toxic and detrimental to our environment than just dish washing soap. Therefore, close monitor and co-operation with the Central government will pose a firm grip to the handle of the problems.

Is it because we abolish the system of underground faeces tunnel that pore the faeces to our harbour which requires our government to build a treatment plant? Therefore, it has been a scare to the swimmers after 1997. The writer's final word is to find the source. Don't just build? Find the source of pollutants? When the environmentalists are most, where are the protesters for protecting the Victoria Harbour with incurring needlessly huge expenditures. I wonder what is their stance, is it one of political or one of genuine environmental concern.

Recommendations to Environment, Transport and Works Bureau

Suggested Reading – “Green Chemistry and Engineering”

綠色化學與化工 - 閔恩澤, 吳巍 編著 楊森源 校訂

Public Library Catalog Code: 361.4 7763

The writer would like to give a personal testimony, right now she has HK\$33,000 in savings and a monthly income of HK\$1,120 from disability allowance. However, in order to fulfill her wish to stop the government spending another \$20 Billion for the treatment scheme needlessly, she would spend \$7.00 for Xerox and \$15.00 for fax which is her daily expenses to voice out her opinion and try out her last ditch to help out. No matter how little, no matter how small, she is still trying it in only one belief and that belief is one day, any day the civil servants will repent and find their conscience. Do the officers still have the heart to spend \$20 billion generously? (Mind you, I am paying to do this job while you are paid to do this job) (how many lives it can support, how many days? It is a mind provoking question.)

9.4.5	低碳烷烴異構化 / 149	
9.5	清潔柴油的生產技術	149
9.5.1	降低柴油中硫含量的技術 / 150	
9.5.2	生產高十六烷值、低芳香烴含量柴油的重要手 段——加氫技術 / 150	
9.5.3	由清潔的天然氣生產清潔柴油及柴油替代品 / 151	
9.5.4	菜籽油也能用來開汽車 / 151	
<b>第十章</b>	<b>高效、節能、清潔的未來化工廠——化工製 程強化技術</b>	<b>153</b>
10.1	化工製程強化的成功例證	154
10.2	化工製程強化途徑之一——製程強化 設備	158
10.3	化工製程強化途徑之二——製程強化 方法	164
10.4	化工製程強化好處多	166
參考文獻		169
索引		173

## 綠色化學 (green chemistry) 興起的歷史沿革和定義

# 1

### 1.1 二十世紀化學工業的貢獻 及其帶來的環境污染

二十世紀是化學工業蓬勃發展的世紀，也是人們逐步認識其對人類健康、社區安全、生態環境也有危害性的世紀。

一九二八年第一個抗生素——青黴素 (penicillin) 的發現，開創了一系列抗生類藥物開發的先河，一九五三

布。進入二十世紀八十年代，科學家發現氟氯碳化合物（CFCs）對大氣臭氧層（ozone layer）的破壞，會引起紫外光透過大氣層，增加照射，導致皮膚癌等。一九八四年印度波帕（Bhopal）的化工廠，發生甲基異氰酸的大量洩漏，致死約四千人，傷者無數。這些事件都提高了人類對化學品對生態環境、人身健康、社區安全影響的普遍關注。據報導，美國從一九〇〇年至一九六〇年的六十年間，才制定了十六項環保法規；而從一九六〇年至一九九五年間大大加速了環保法律的制定，在這三十五年裡制定了一百項環保法律，可見在二十世紀六十年代後環保引起了政府的高度重視。

化學工業給民眾帶來了在醫療和保健，以及豐富多彩的衣食住行等生活和電視、電影等娛樂方面的巨大進步，同時由於化學工業的發展，也引起了環境污染、危害健康的事例。江河水流受小型造紙、農藥廠等的污染，大氣受鍋爐燃煤、汽車排放物的污染，還有塑膠製品的白色污染，氟氯碳化合物（CFCs）對臭氧層的破壞等等，也都引起人們的關注和政府的立法和治理。中國大陸政府在一九九三年世界與環境發展大會之後，編定了《中國二十世紀議程》的政府白皮書，鄭重申明走經濟與社會持續協調發展道路，近年來也大大加強了環保的立法與治理。

## 1.2 綠色化學的出現、興起和定義

回顧世界環境治理的歷史，可以說環保的治理經歷了三個時期。

在二十世紀中期，對化學物質的毒性的時間性（chronic toxicity）、生物聚集作用（bioaccumulation）和致癌性（carcinogenicity）尚無所認識的時代，對廢水、廢氣和廢棄物的排放沒有立法來限制，人們普遍認為只要把廢水、廢棄物和廢氣稀釋排放就可以無害，這時期的環保對策可以稱為「稀釋廢物來防治環境污染」。

後來由於對化學品的環境危害有了更多的了解，環保法規就開始限制廢物的排放量，特別是廢物排放的濃度，這時期的環保對策就進入了「管制與控制」的時代。由於環保法規日益嚴格，於是對一些廢水、廢氣和廢棄物不得不進行後處理才能進行排放，這樣就開發了一系列廢物的後處理技術，例如：中和廢液、洗滌排放廢氣、焚燒廢棄物等等。

在一九九〇年，美國通過了《污染防治條例》〔The Pollution Prevention Act (PPA)〕，成為美國全國環境保護的政策，宣稱環境保護的首選對策是在源頭防止廢棄物的生成，這樣就可以避免對化學廢棄物的進一步處理與控制。這就開闢了環境保護的第三個時期，也就是繼

續對環境污染廢棄物進行後處理的同時，要大力加強從源頭消除污染環境的因素。

綠色化學就是從源頭消除污染的一項措施，其內容包括新設計或者重新設計化學合成、製造方法和化工產品來根除污染源，是最為理想的環境污染防止方法。

P. T. Anastas 和 J. C. Waner 曾提出綠色化學的十二條原則：

1. 防止廢棄物的生成比在其生成後再處理更好。
2. 設計的合成方法應使生產過程中所採用的原料大量地進入產品之中。
3. 設計合成方法時，只要可能，不論原料、中間產物和最終產品，均應對人體健康和環境無毒、無害（包括極小毒性和無毒）。
4. 化工產品設計時，必須使其具有高效的功能，同時也要減少其毒性。
5. 應儘可能避免使用溶劑、分離試劑等助劑，如不可避免，也要選用無毒無害的助劑。
6. 合成方法必須考慮過程中耗能對成本與環境的影響，應設法降低耗能，最好採用在常溫常壓下的合成方法。
7. 在技術可行和經濟合理的前提下，原料要採用可再生資源代替消耗性資源。
8. 在可能的條件下，儘量不用不必要的衍生物（derivatization），例如：限制性基團、保護／去保護作用、臨時調變物理／化學技術。

9. 合成方法中採用高選擇性的催化劑比使用化學計量（stoichiometric）助劑更優越。

10. 化工產品要設計成在其使用功能終結後，它不會永存於環境中，要能分解成可降解的無害產物。

11. 進一步發展分析方法，對危險物質在生成前實行線上（on line）監測和控制。

12. 選擇化學生產過程的物質，使化學意外事故（包括滲透、爆炸、火災等）的危險性降低到最小程度。

這十二條原則目前為國際化學界所公認，它也反映了近年來在綠色化學領域中所開展的多方面的研究工作內容，同時也指明了未來發展綠色化學的方向。為了突出綠色化學的主要研究領域，提出了如圖 1-1 示意圖，概括了上述十二條綠色化學的關鍵內容。

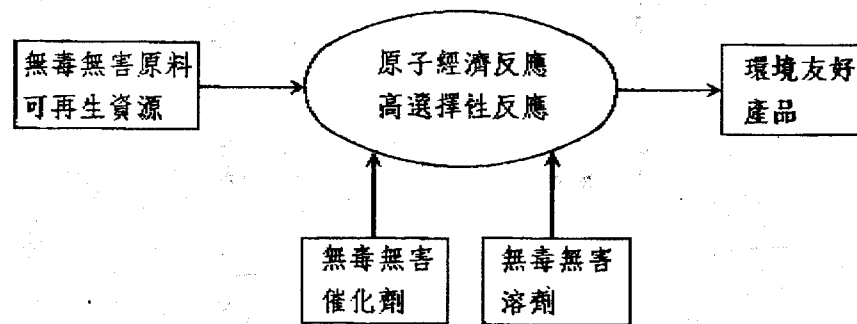


圖 1-1 綠色化學示意圖

本書以圖 1-1 為主線，分章來介紹原子經濟反應和高選擇性反應、無毒無害原料和可再生資源、無毒無害催化劑、無毒無害溶劑以及環境友好產品對國民經濟的

集。一九九九年十二月，由國家自然科學基金委員會組織在北京舉行了第十六次九華科學論壇，從科學發展和國家需求的戰略高度對「綠色化學的基本科學問題」等舉行了充分的研討，並提出了如何在「十五」期間優先安排和部署中國大陸在該領域的研究工作的意見。

### 3 綠色化學與技術的發展動向

綠色化學是近十年才產生和發展起來的，它涉及化學的有機合成、催化、生物化學、分析化學等學科，內容廣泛。美國化學界已把「化學的綠色化」作為邁向二十一世紀化學進展的主要方向之一，美國「總統綠色化學挑戰獎」則代表了在綠色化學領域取得的最高水準和最新成果，該獎設立以來已連續四年頒發了各獎項，主要申報和獲獎情況列於表2-1，從中可以看出綠色化學與技術的主要內容和發展動向。

綠色化學的核心內容之一是採用「原子經濟」反應，而反應的「原子經濟性」概念最早是由美國史丹佛大學的B. M. Trost教授提出的，針對一般僅用經濟性來衡量技術是否可行的傳統做法，他明確指出應用一種新的標準來評估化學技術過程，即選擇性(selectivity)和原子經濟性(atom economy)兩個概念，後者是考慮在化學反應中究竟有多少原料的原子進入到了產品之中。這一標準既要求儘可能地節約那些一般是不可再生的原料

表2-1 美國「總統綠色化學挑戰獎」獲獎項目及提名項目

名稱	學術獎	小企業獎	變異合成、路線獎	變異溶劑/反應條件獎	設計安全化學品獎	學術界的提名	小企業的提名	工業界和政論提名的提名
1996	將廢生物質轉化為動物飼料、化學品和燃料	替代聚丙烯熱的可降解性熱聚天科胺酸生產和使用	由二乙醇胺催化脫氫取代之氯酸路線合成胺基二乙醇胺	100%CO <sub>2</sub> 用作聚苯乙烯發泡劑的開發和應用	一種對環境安全的船舶生物防垢劑	9項	7項	51項
1997	可使CO <sub>2</sub> 用作溶劑的表面活性的設計和應用	一種革命性的脫除光阻性有機物的清潔技術	環境友好的布洛芬生產新技術方法	不產生顯影、定影廢液的乾式感光成像系統	一種全新的低毒性、能快速降解的殺菌劑	14項	7項	48項
1998	(1)「原子經濟性」概念的發展 (2)微生物作為環境友好催化劑的作用	新千年的技術：環境友好的滅火和冷卻劑的開發和初步應用	在苯環的親核取代反應中消除氯的使用的新技術	用於生產替代含鹵素溶劑的乳酸酯的高效膜	安全高效、選擇性殺菌劑家族的發明和應用	34項	21項	59項
1999	在綠色化學中用作氧化劑及漂白劑的雙氧水的活化	將廉價廢生物質轉化為乙醇及其衍生物	製藥工業中一種生物催化劑的應用	在水基分散體系中生產有用有機溶劑	一種新型天然殺菌劑產品	42項	21項	67項

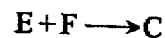
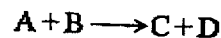
對惰性的分子中引入活潑基團或功能性官能團，這一過程往往是比較困難的，甚至需要多步驟才能實現，因此，以起始原料計，反應物分子中的原子很難全部進入到最終產品中去，有時大部分的原子重新組合生成了廢棄物而被白白地浪費掉：有的是作為廢棄物需要花費人力、物力進行處理；有的則排放到大氣、土地或江河中污染環境，危害人體健康。表3-1列出了不同化工產品生產過程的廢棄物排放情況，可以看出，精細化工和製藥行業產生廢棄物更為嚴重，參加化學反應的原子有效利用率較低。例如，在製藥工業中平均每生產一噸產品甚至副產物高達二十五至一百噸的廢棄物。這就向化學工作者提出了一個問題：如何更有效地利用原料分子中的原子，使反應實現廢物「零排放」或儘可能少地排放廢棄物？

表 3-1 不同化工產品生產過程中形成的廢棄物

工業部門	生產每噸產品排放的廢棄物/單位：噸	產品噸位數/單位：噸	廢棄物排放總量/單位：噸
煉油	約 0.1	$10^6 \sim 10^8$	$10^5 \sim 10^7$
大宗化工產品	1~5	$10^4 \sim 10^6$	$10^4 \sim 10^6$
精細化工	5~50	$10^2 \sim 10^4$	$10^2 \sim 10^5$
製藥	25~100	$10 \sim 10^3$	$10^2 \sim 10^5$

## 3.1 化學反應中的新概念 ——原子經濟反應

鑑於上述原因，美國史丹佛大學的 B. M. Trost 教授在一九九一年首次提出了反應的「原子經濟性」(atom economy) 的概念，並因此獲得了一九九八年美國「總統綠色化學挑戰獎」中的學術獎。Trost 認為化學合成應考慮原料分子中的原子進入最終所希望產品中的數量，原子經濟性的目標是在設計化學合成時使原料分子中的原子更多或全部地變成最終希望的產品中的原子。具體地說，假如 C 是人們所要合成的化合物，若以 A 和 B 為起始原料，既有 C 生成又有 D 生成，且許多情況下 D 是對環境有害的，即使生成的副產物 D 是無害的，那麼 D 這一部分的原子也是被浪費的，而且形成廢棄物對環境造成了負荷（見下式）。所謂原子經濟性反應即使用 E 和 F 作為起始原料，整個反應結束後只生成 C、E 和 F 中的原子得到了 100% 利用，亦即沒有任何副產物生成。



上述原子經濟性概念可表述如下：

該反應的收率可達 80% 以上，但是溴化甲基三苯基磷分子中僅有亞甲基被利用到產物中，即 357 份質量中只有 14 份質量被利用，從原子經濟性角度考慮，原子利用率僅有 4%，而且還產生了 278 份質量的「廢物」氧化三苯基磷。這是一個典型的傳統反應，具有較理想的收率，但原子利用率很低，原子經濟性很差。因此，探索既具有選擇性又具有原子經濟反應，將成為當今合成方法學研究的焦點，原子經濟反應在合成化學中將扮演愈來愈重要的角色。

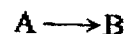
## 2

### 有機合成中常見反應的原子經濟性探討

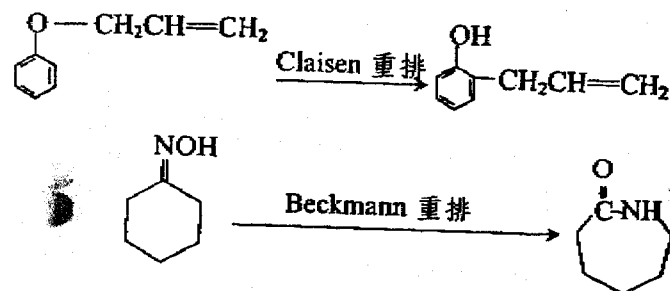
在有機合成中最常見的反應主要包括四類：分子結構互變或異構化的重排反應、兩個或多個分子結合在一起的加成反應、一個分子中的某一基團被另一分子或基團置換的取代反應、由一個分子中脫除部分基團的分解（decomposition）反應。其中有些反應的原子經濟性較理想，如重排（rearrangement）反應和加成（addition）反應基本屬於原子經濟反應；而有些反應的原子經濟性則較差，如取代（replacement）反應和分解（decomposition）反應的原子經濟性則不一定高。

### 3.2.1 分子間結構互變或異構化的重排反應

像這類結構互變或異構化的重排反應以人名來命名的就有三十種之多，例如：Beckmann 重排、Claisen 重排、Fischer-Hepp 重排、Fries 重排、Wolff 重排等等，有些應用於合成染料中，有些用於合成藥物中，它們都是非常重要的有機合成反應，也是理想的原子經濟反應。其通式為：



比如 Claisen 重排和 Beckmann 重排反應，它們的原子利用率達到 100%，具體反應方程式為：



### 3.2.2 加成反應

這類反應包括「水和」、「乙炔化」、「乙烯化」等，比如不飽和化合物與水、乙炔、乙烯等。



再生的)，而且在地球上的儲量是有限的，開採一點就少一點，終究會有枯竭的一天；另一方面，目前地球所面臨的環境危機直接或間接的與礦物燃料的加工和使用有關，比如這些礦物燃料燃燒後放出大量的 $\text{CO}_2$ 、 $\text{SO}_x$ 、 $\text{NO}_x$ ，被認為是形成局部環境污染、產生酸雨（acid rain）以及溫室效應（green house effect）等地區性環境問題的根源。因此，選擇更為清潔的能源和有機化工原料新資源，自然成為以消除污染、實現可持續發展為目標的綠色化學的重要研究內容。

從綠色化學的高度來考慮，作為人類能夠長久依賴的未來資源和能源，它必須是儲量豐富，最好是可再生的，而且它的利用不會引起環境污染。基於這一原則，普遍認為以植物為主的生物質資源將是人類未來的理想選擇。

我們知道綠色植物利用葉綠素通過光合作用把 $\text{CO}_2$ 和 $\text{H}_2\text{O}$ 轉化為葡萄糖，並把光能儲存在其中，然後進一步把葡萄糖聚合成澱粉、纖維素、半纖維素、木質素等構成植物體本身的物質。所謂生物質（biomass）可理解為由光合作用產生的所有生物有機體的總稱，包括植物、農作物、林產物、林產廢棄物、海產物（各種海草）和城市廢棄物（報紙、天然纖維）等。生物質資源不僅儲量豐富，而且可再生。據估計，作為植物生物質的最主要成分——木質素和纖維素每年以約一千六百四十億噸的速度不斷再生，如以能量換算，相當於目前石油年產量的十五至二十倍。如果這部分資源能得到利

寶庫。而且，由於生物質來自於 $\text{CO}_2$ 燃燒後產生 $\text{CO}_2$ ，但不會增加大氣中生物質與礦物燃料相比更為清潔。

## 5.2 酶——打開生 庫的鑰匙

顯然，植物資源的利用需要將組纖維素、半纖維素、木質素等大分子等低分子物質，以便作為燃料和有機前已研究的方法包括物理法、化學法

物理法和化學法，是通過熱裂解降解、水解和酸解等方法將纖維素、物質降解成低分子量的碳氫化合物、直接作為能源或經分離提純後作為化學方法，一般耗能高、產率低且過程此，單獨使用一般缺乏實用性，往往的輔助手段。

生物轉化法是將生物質降解為各種化學品。在各種轉化過程中酶（e 鍵作用，比如澱粉和纖維素水解成葡萄糖粉酶（amylase）和纖維素酶（cellulase）利進行，而葡萄糖的進一步轉化依賴的

那麼酶是什麼呢？要說清楚這一問題，還得先說說什麼是催化劑。我們知道催化劑是一類能改變化學反應速率而其自身在反應前後不被消耗掉的物質，許多化學反應均需要在催化劑的作用下才能順利進行。酶也是催化劑，儘管它比普通化學催化劑複雜得多，它們是存在於生物細胞中的特殊蛋白質，生物體內的一切化學反應幾乎都是在酶催化下進行的。酶與普通催化劑相比，具有以下特點：

#### 一、高效性

普通催化劑對化學反應加速一般是  $10^4 \sim 10^5$  倍，而酶催化劑對反應加速  $10^9 \sim 10^{10}$  倍是常見的事情。

#### 二、專一性

普通催化劑往往對同一類型反應都有催化作用，而酶只選擇催化某種反應並獲得特定的產物，所以專一性強。

#### 三、反應條件溫和

酶催化反應不像一般催化劑需要高溫、高壓、強酸、強鹼等苛刻條件，而在常溫、常壓下就可進行。

#### 四、多樣性

目前已發現的酶有二千五百種多種，且有兩萬多種具有催化作用的微生物，幾乎能催化所有的化學反應。

事實上，也正是在各種高效酶或含酶微生物的作用下，生物質才能高效、清潔、經濟地轉化為那些本來來自礦物原料，例如：石油、天然氣、煤的有用化學物質，可再生生物質資源的利用才具有實際經濟價值。因此，可以說酶是打開生物質可再生資源利用的鑰匙。

## 5.3 生物質資源利用實例

人類利用酶以生物質為原料製造所需物質已有相當悠久的歷史。傳說中，野生猴在樹洞中藏忘了的水果，經自然發酵變成了美味的水果酒，這便是人類發酵釀酒的來歷。大約在五〇〇〇年前，中國人就已掌握製飴、釀酒、造醋等技術，這些就是利用酶與酵母菌等微生物的作用使人們的食品豐富多彩的例子。二十世紀初，人類利用微生物發酵技術生產出盤尼西林與鏈黴素（streptomycin）等抗生素藥物，用來預防與治療傳染病，在延長人類的平均壽命上產生重要作用。今天，利用微生物製造的藥物、特殊化學品、生化試劑在品種上已達數萬種之多，但規模一般較小，因此，以生物質資源生產的化學品數量還不足化學品年生產總量的2%。作為可再生資源的利用，生物質只有在能夠代替石油等礦物質資源用於大規模製造各種燃料和有機化工原料時，才算是真正意義上的應用成功。

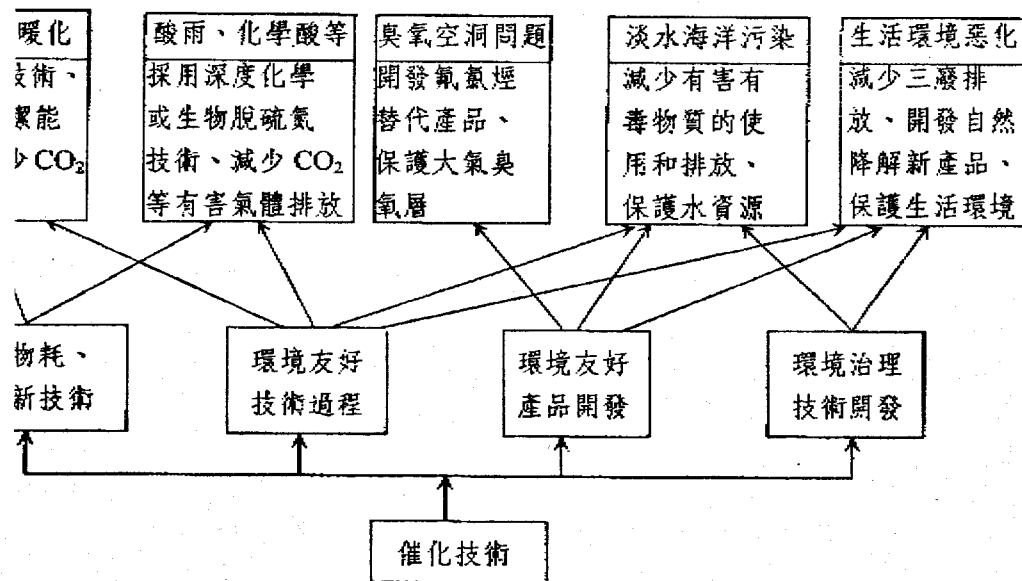


圖 6-2 催化技術與環境污染問題的解決

事實上，催化技術已經並且將繼續在解決環境污染的過程中扮演重要的角色。

## 2 腐蝕污染嚴重的均相催化劑

作為催化劑使用的物質種類及形態視其有關化學反應的種類而千差萬別。從組成來分，催化劑可以是酸、鹼、鹽、金屬、氧化物、硫化物、氯化物、有機金屬絡合物，以及以蛋白質為主要組成的酶。從形態來講，可

劑」和像金屬、氧化矽、氧化硅那樣靠固體表面產生作用的「非均相催化劑」。

由於催化劑本身也是各種化學物質，因此，它們的使用也就有可能對人體及環境構成危害。特別是像無機酸、鹼、金屬鹵化物、金屬羰基化合物、有機金屬絡合物等均相催化劑，其本身具有強烈的毒性、腐蝕性，甚至有致癌作用，它們的使用會引起嚴重設備腐蝕問題，且對操作人員的安全構成危害，而且這些催化劑與產物難於分離，產物處理產生的大量廢棄物，以及廢舊催化劑的排放造成嚴重的環境污染。隨著環境問題的日益突出，公眾對催化過程所引起的腐蝕、污染問題的關注也日益增長。

### 6.2.1 歷史教訓

歷史上由於催化劑的毒性引起的污染曾給人類帶來沉重的教訓，其典型的實例就是由汞污染引起的水俣病。二十世紀中葉，世界主要的化學原料是煤，當時大量採用由煤經電石法製備的乙炔為原料，在硫酸汞 ( $\text{HgSO}_4$ ) 催化劑作用下製取乙醛。廢硫酸汞催化劑摻在污水中排放到大海裡，成為甲基汞，這種物質溶於海水中，經過魚食後被濃縮，人又不斷食用這種魚，就在體內積累了汞，最終導致腦細胞遭破壞，造成水俣病。二十世紀六十至七十年代，世界各地多處出現水俣病，造成人員死

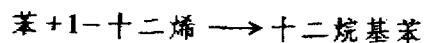
表 6-1 分子篩改造  $\text{AlCl}_3$  裝置三廢排放對比

比較項目	改造前的 $\text{AlCl}_3$ 技術	改造後的 分子篩技術
異丙苯產量 / (萬噸 / 年)	6.7	8.5
污水量 / (噸 / 小時)	9.6	0
稀鹽酸 / (公斤 / 小時)	90	0
廢氣 / (公斤 / 小時)	211	4
廢棄物 / (公斤 / 小時)	126 [中和 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 濾餅]	4.6 (廢催化劑)

## 實例之二：固體酸代替氫氟酸合成線性烷基苯

線性烷基苯 (linear alkyl benzene, LAB) 是生產界面活性劑的重要原料。以 LAB 的磺酸鈉鹽 (linear alkylbenzene sulfonate, LAS) 為主要成分的界面活性劑，廣泛應用於製造家庭洗衣粉、洗髮乳以及工業洗滌劑等。今天，洗滌劑幾乎進入了每一個家庭，而世界 LAB 的生產能力超過了三百萬噸 / 年。

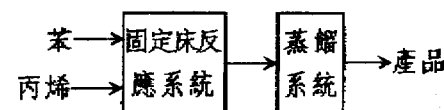
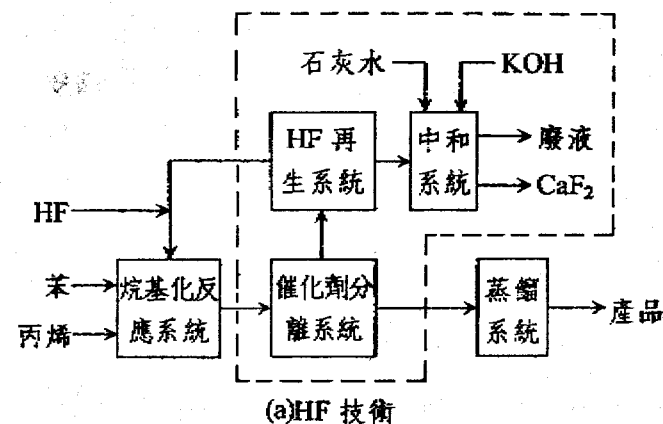
工業上所指的線性烷基苯是指由  $\text{C}_{10} \sim \text{C}_{14}$  線性烯烴與苯烷基化所得到的各種烷基苯的混合物。以 1-十二烯為例，烷基化反應過程如下：



目前線性烷基苯的生產仍主要採用 HF 為催化劑，全世界總共有三十多套 HF 線性烷基苯生產裝置在運行中。製造流程如圖 6-4(a) 所示，原料與 HF 混合進入反應

HF 進入再生系統再生後循環使用，再生系統中產生含 HF 廢棄物需進入中和系統用石灰水和 KOH 中和後才能排放。該技術存在的主要缺點是，HF 具有強烈的腐蝕性和毒性，嚴重腐蝕設備，對操作人員的健康構成潛在的威脅；且龐大的中和系統產生大量的廢水和  $\text{CaF}_2$  廢棄物污染環境。

為了克服 HF 烷基化技術的缺陷，美國環球油品 (UOP) 公司成功開發了固體酸 LAB 生產新技術，製造過程如圖 6-4(b) 所示。與 HF 技術比較可知，新技術只保留了反應系統和蒸餾系統，完全省去了 HF 技術中混合系統、再生回收系統，因而過程大大簡化。該技術的催化劑組成仍處於嚴格的保密之中，UOP 公司聲稱，新技



然嘗到了痛苦的回敬。

## 6.22 腐蝕污染嚴重的無機液體酸

硫酸汞引起的中毒問題，早已通過採用乙烯氧化合成乙醛的新技術路線，從而避免了硫酸汞的使用而得到了解決，但因催化劑所引起的腐蝕污染問題依然大量存在，其中問題最為嚴重的是目前仍大量使用的硫酸、氫氟酸和三氯化鋁等無機酸類。

硫酸 ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 是一種具有強烈腐蝕性、脫水性和氧化性的無機強酸。提及硫酸的腐蝕性，你或許能想起偶有報導的硫酸毀容事件，美麗容貌因硫酸的腐蝕而變得慘不忍睹！人們在譴責這種滅絕人性行徑的同時，對硫酸對人身健康所構成的威脅也會深有認識。當然在工業生產過程中操作人員無須直接接觸用作催化劑的硫酸，但因設備腐蝕或因故障而可能引起的洩漏事故有如一顆定時炸彈，時刻都有威脅操作人員安全的可能。而且硫酸作為酸催化劑，與產品分離後難以回收，往往是摻進廢水中加以排放，如直接排放就會引起公害，而要處理它絕非易事。可以用氨與其反應製成便宜的硫酸銨肥料，但在過程中因蒸發濃縮而需要大量的耗能；也可以用石灰與其反應製成充斥市場的石膏，這也是一種浪費。對硫酸廢液的處理是目前生產過程中最令人頭痛的問題之一。

傷，吸入體內引起骨質軟化而引起軟骨病。使用氫氟酸催化劑雖未發生過重大人員傷亡事故，但因 HF 生產裝置廢水的排放，而引起附近花草、樹木和莊稼的大面積燒傷和枯萎的事故卻時有發生。最近，對 HF 的大規模儲存及有關廢棄物的處理受到愈來愈多的關心，在美國的一些州甚至立法禁止 HF 的儲存，並且正在考慮禁止再建利用 HF 做催化劑的生產裝置。

三氯化鋁 ( $\text{AlCl}_3$ ) 其本身具有強烈的腐蝕性，而用作催化劑時往往還需要加入一定量的氯化氫作助催化劑，這就進一步加重了其腐蝕性，因此，採用三氯化鋁作催化劑的裝置需要採用特殊的鋼材製造。三氯化鋁催化劑在反應後往往難以與產物完全分離，產物還需要經過水洗、中和等工序才能得到合格的產品，這不僅使得生產技術過程變得十分複雜，而且產生大量的污水、廢酸、廢棄物和廢氣。採用三氯化鋁催化劑的生產技術，是目前腐蝕、污染問題最為嚴重者之一。

鑑於在各種催化劑中，酸性催化劑用量占有絕對的優勢，約為四分之三左右，而其中液體酸占有相當大的比例，因此，開發固體酸代替這些液體酸自然成為當今全世界化學工業盼望的新技術之一。