

# 原來 光觸媒 是這麼回事

國人對環境淨化的渴望，  
在SARS疫情緊繃之際達到最高點，短短幾個月內，  
打著防疫抗菌口號的光觸媒產品簡直熱得不得了。  
到底光觸媒是什麼？作用如何？功效如何？  
社會大眾依舊滿頭霧水不知所以。



■張志玲

## 個性溫和 非強悍武器

光觸媒 (photocatalyst) 是一種「利用光能，進行催化反應的觸媒」。使用前，會先把它塗布或噴灑在物體表面形成一層薄膜，再透過光能的啟動，與附在物體表面的外來物質產生氧化或還原作用，以達到除污、殺菌、抑菌或使物體表面清潔的目的。

雖然光觸媒可發揮的功效仍在評估中，但與它相關的研究工作卻已如火如荼地展開。現今科學家對光觸媒消滅微生物的能力已給予不錯的評價，甚至預期，在未來的食、衣、住、行與空氣清淨、水質淨化等相關產業中，將有許多發展空間。只不過，面對市面上誇大的宣傳廣告，專家學者們又不免憂心忡忡而大聲疾呼：光觸媒不如想像中神奇！

從科學實驗中證實，光觸媒在對抗細菌的環境淨化上頗具成效，但用來對抗SARS病毒卻是另外一回事。因為，迎戰SARS是一場分秒必爭、詭譎多變的戰役，需要更積極、更快速、更強烈的防疫武器，若把個性溫和，需要較長時間才能滅菌的光觸媒推上戰場，在防疫功效上緩不濟急；更何況，病毒不是細菌，到目前為止，我們仍未獲得光觸媒可消除病毒的確切證據。因此，光觸媒並不是對抗SARS的最佳選擇。

## 熱鬧有趣的搶電子遊戲

從化學作用來看，光觸媒是一種半導體結晶材料，被光照射以後，材料中的電子會跳出來，並留下一個具有強大氧化能力的帶正電孔洞，這些電子與電洞在化學上稱為「電子洞對」。

當電子與空氣中的氧分子( $O_2$ ) 相遇時，即生成反應性很強的超級氧分子( $\cdot O_2^-$ )；當電洞與空氣中的水氣( $H_2O$ ) 相遇時，會透過光化學反應搶奪水中氫氧基的電子，此時，失去電子的氫氧基立刻變成不安定的氫氧自由基( $\cdot OH$ )。一旦不安定的氫氧自由基遇到外來的、附在物體表面上的有機物時，又會藉由搶奪對方電子的方式使自己趨於穩定。如此一來，有機物即被氧化，變成水和二氧化碳，消散在空氣中。

倘若以光觸媒淨化水質，則從光化學反應中產生的氫氧自由基，也會與水中的不純物發生反應，變成水、

二氧化碳或沉澱物。這整個過程，就像一場熱鬧有趣的搶電子遊戲。

然而，氫氧自由基具有強烈的氧化作用，易破壞細胞膜、血管壁、蛋白質和基因，會使人體產生老化和疾病問題，因此有人擔心，在光觸媒反應中出現的氫氧自由基，是否會對人體造成傷害呢？一般而言，光觸媒反應是在物體表面發生，而氫氧自由基釋出到空氣中的可能性非常小，在光觸媒表面的濃度亦非常微弱，對人體應不致於造成傷害，不過相關問題仍需進一步確認。

## 光線問題 傷腦筋喔

能夠利用大自然光源，使有害物質消失，且無二次污染，是光觸媒最具價值的地方。然而能激發光觸媒反應的最低能量是多少呢？這個答案與製造光觸媒的材料有關。適合作為光觸媒的材料必須具有半導體特性，例如氧化鋅( $ZnO$ )、二氧化鈦( $TiO_2$ )、二氧化錫( $SnO_2$ )、硫化鎘( $CdS$ )等都是，而所有材料中，又以二氧化鈦的氧化還原力較強，並具有化學性質穩定、對環境無害、材料價格低廉等優勢。所以，目前使用的光觸媒材料大都以二氧化鈦為主。

令人傷腦筋的是，欲使二氧化鈦光觸媒產生反應的光子，必須要有 3.2 電子伏特(eV) 以上的能量，亦相當於波長 380 奈米(nm) 以下的紫外線。這樣的啟動條件，讓光觸媒的應用受到了限制，也因此，如何擴大光源利用，使波長400~700 nm的可見光也能激發光觸媒反應，成為科學家急欲突破的關卡。

## 陽光具有啟動能力

陽光中照到地表的近紫外線具有1.0~10 mW/cm<sup>2</sup> 的照度，此照度已達啟動光觸媒反應的能量。由此可知，凡是陽光照得到的地方，如建築物外牆、窗戶玻璃、窗簾等，都可採用光觸媒產品。

當然，直接利用紫外線燈管釋出光線，讓光觸媒產生反應就更方便了。只是，除波長300~400 nm的近紫外線以外，其餘波長如254 nm的紫外線，雖可殺菌亦會傷害人體。因此，加裝紫外線燈管的光觸媒產品，只能在一定條件與環境下使用。

我們的室內光源大都來自照明用的日光燈。通常，

從日光燈管表面放出的近紫外線只有 $0.1 \text{ mW/cm}^2$  的照度，由於照度與光源距離的平方成反比，因此，室內物體接收到的實際光線大約只剩下 $0.1 \mu\text{W/cm}^2$ ，如此微弱的照度，無法使光觸媒產生有效反應。

## 新技術不斷冒出來

無法利用室內可見光的事實，使光觸媒的應用受到限制，但是，突破障礙的新技術亦不斷冒出來。例如，日本一家小型創投企業與日本產業技術總和研究所聲稱，已成功開發在 $400\sim 530 \text{ nm}$ 的可見光下作用的二氧化鈦材料，如果這項技術能提出科學證據，將是研發上的一大進步。而我國科學研究單位亦已實驗成功在 $400\sim 500 \text{ nm}$ 的可見光下啟動光觸媒的技術，只是，若要全面商品化仍需一段時間。

光線之外，影響光觸媒功效的還有鍍膜技術與二氧化鈦結晶構造。二氧化鈦結晶構造分為金紅石型、銳鈦礦型與板鈦礦型三種。傳統中用來製造塗料、油墨、化妝品、橡塑膠著色劑、顏料等的材料均以金紅石結晶為主；現在的光觸媒材料，則以活性較高的銳鈦礦結晶結

構為主。

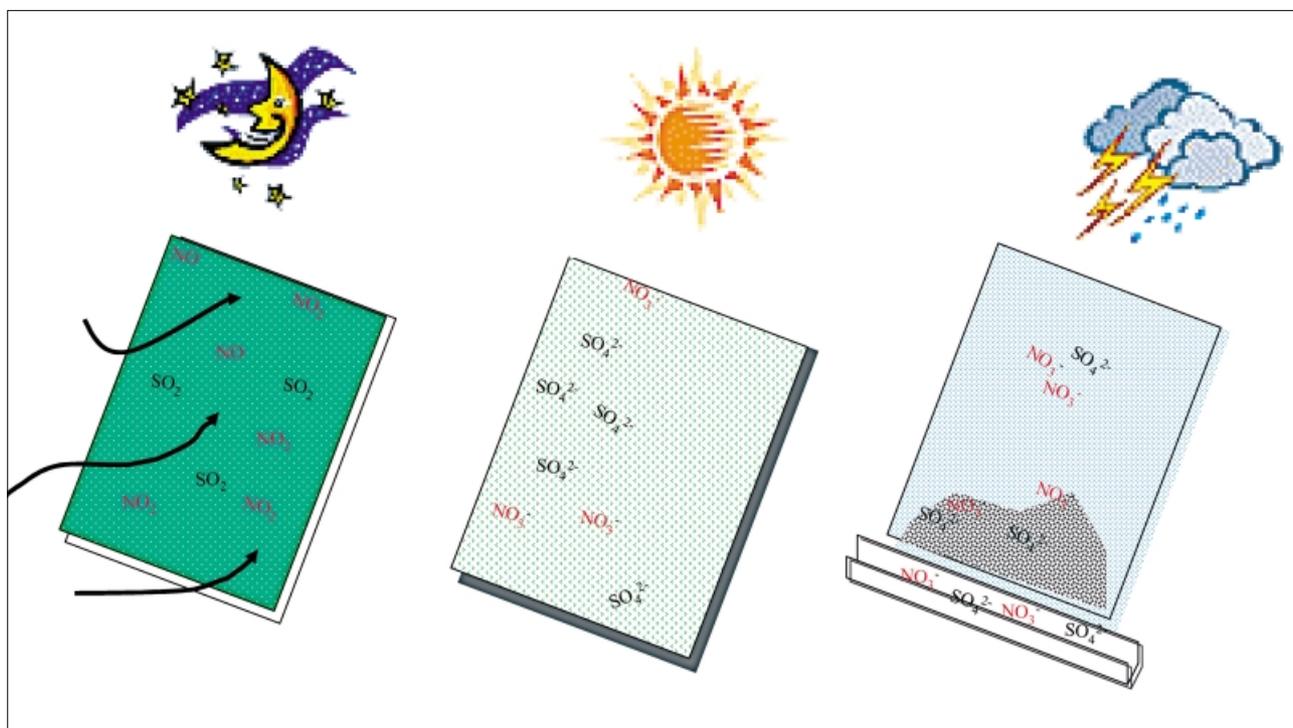
所謂奈米級光觸媒是指所使用的光觸媒材料粒徑已達奈米級（ $10\sim 100 \text{ nm}$ ）。若以二氧化鈦來說，粒徑在 $10 \text{ nm}$ 左右的效果較佳。光觸媒材料經常以懸浮液或粉末方式出現，在功效上，懸浮液比粉末好。大部分工廠把材料買回去以後，再以塗布或噴灑方式將其附著在產品表面，或加工製成噴霧式水懸浮液。

此外，市面上亦出現以粒徑 $100 \text{ nm}$ 以上的非奈米級材料製造的二氧化鈦光觸媒。這類材料因為缺乏奈米微粒所具有的親和性，所以很難附著在物體表面，為了增加它的附著力，人們常在生產過程中摻入分散劑或粘著劑。只是，這些添加物可能與光觸媒表面產生反應而形成一層薄膜，這層薄膜會將光觸媒包覆，使得受光照射後所產生的電子洞對，無法穿過薄膜來與外界物質發生作用。

也有人疑惑，使用噴霧式光觸媒到底有沒有效用呢？這應該與使用方法有關。如果直接將光觸媒往口罩上噴塗，或在密閉空間內噴灑，會因為無法直接接觸到有效的光線，使得光觸媒效果不如預期中好。



保持池水清潔是泳池管理者的重要工作。若把游泳池內的瓷磚改成光觸媒瓷磚，是否能淨化水質且不傷害人體，此需科學家進一步研究。



台北科技大學楊垂光教授提供

建築物外牆採用光觸媒瓷磚，或在外牆上噴塗光觸媒，可達自潔效果。其原理如圖：夜晚空氣中的污染物被吸附在牆面上（左），白天日光照射後產生光催化反應（中），當下雨或用水噴灑時，牆面被分解的污染物即自行脫落（右）。

## 國人已研發多項專利

全世界申請光觸媒專利的數量已超過一千件，日本是提出申請最積極的國家，歐美地區如德國、荷蘭、美國的化工業者亦日益重視光觸媒研發。而我國科學家亦已研發出多項專利，例如，在經濟部科技專案研發計畫下，中山科學研究院化學研究所與台灣日光燈公司合作，已成功研發出光觸媒空氣清淨燈管，並獲得兩項我國與美國專利。

其中一項製作技術的專利，是以鈦醇鹽與螯合劑製得奈米級光觸媒微粒溶膠後，先將溶膠浸鍍於玻璃纖維布上，再把纖維布直接套在365 nm或254 nm的紫外線燈管外。另一項技術應用的專利，是在通風口處裝置光觸媒紫外線燈管，利用空氣對流原理，只要空中懸浮物沾上纖維布，即可利用光觸媒反應達到淨化空氣與殺菌、抑菌目的。

## 預防院內感染 可找光觸媒幫忙

二〇〇三年五月，SARS疫情快速升溫，醫院院內感染問題引起很大關注。造成院內感染的原因很複雜，若能做好防止細菌散播、殺死細菌、抑制細菌繁殖等工



在陽光照得到的玻璃窗上噴灑光觸媒，或採用光觸媒玻璃，可使窗戶清潔，不易沾染灰塵。

作，即有希望降低感染。針對此部分，光觸媒被認為可發揮某種程度的功效。

一般大廈建築物內的中央空調系統，常被懷疑是散播細菌的重要來源。這類設備大都先將空氣吸回，經過熱交換處理，待空氣冷卻後，再經通風管將冷空氣送回各區域。萬一出現細菌，便有可能透過通風口四處散播。而且，這類系統內的過濾設備大都屬於活性碳、過濾棉式的高效能過濾網，因為只能過濾細菌無法殺死細菌，如果細菌在濾網上的累積數量過多，管理人員又未注意更換時，即易形成細菌溫床，造成感染。

上述狀況的改善方法是，在各區內設立獨立的空調系統，使空氣不再集中循環，但因需要的改裝工程龐

大，在時間與經費成本上相當驚人。較簡單的做法是，在各個通風管道設置254 nm紫外線燈管或光觸媒254 nm紫外線燈管，把經過的微生物殺死或氧化分解，或者在空調系統的空氣進出口安裝365 nm光觸媒紫外線燈管，直接進行空氣清淨工作，進而發揮除臭、殺菌功效。

尤其是醫院內的手術室，即使只有一丁點細菌，在裡面接受手術的病人仍很容易受到感染。倘若將手術室的地板和牆壁換成「光觸媒抗菌瓷磚」有可能解決問題。這是一種在瓷磚表面鍍上銀、銅等金屬離子的光觸媒瓷磚，由於銀、銅等金屬離子一直都是很好的抗菌劑，除定時使用紫外燈照射殺菌外，在沒有光線照射的時候，這類瓷磚仍可發揮抑菌功效。

另一個不錯的想法是，把病房內陽光照得到的地方換上光觸媒窗簾，利用空氣的自然對流，使窗簾發揮緩慢的殺菌、抑菌和淨化空氣效果。目前國內業者製造的人造纖維光觸媒紡織品上市未久，初期朝製作窗簾布、外出運動服、戶外遮陽布等方向發展。

### 借鏡日本 避免重蹈覆轍

日本的許多中小企業，因為看好光觸媒市場而投入資金。但因新產品優劣雜陳，生意人誇大競爭，消費者欠缺辨識能力，以及受到經濟不景氣等因素影響，使得此等新興產品上市未久，市場發展便逐漸萎縮。直到最近幾年，日本境內相繼成立與光觸媒有關的製品技術協議會、製品論壇等組織，並提供產品檢驗及評鑑服務，才使產品重回發展的正軌。

我國受到SARS疫情影響，五花八門的光觸媒產品已快速上市，為免重蹈日本覆轍，防止魚目混珠、混淆視聽，唯有訂定產品規格與功能評估標準，提供具有公信力的檢驗及評鑑服務，加強宣導相關知識等，才能促成全民環保與抗菌觀念的發揚光大。



亨特道格拉斯公司提供

若能藉由陽光保持窗明几淨的居家環境，豈不妙哉！將窗簾改成具有清潔效果的材料可完成一部分心願。

據了解，由國內業者自行組成的「空氣清淨產業技術開發聯盟會」依照「日本光觸媒製品技術協議會」訂定的標準，已提供以光觸媒空氣清淨產品為主的檢測服務。檢測人員將大小 $10 \times 10 \text{ cm}^2$  樣品裝入採樣袋，灌入乙醛標準氣，然後在 $1 \text{ mW/cm}^2$  的光照射強度下觀察，如果氣體濃度變化達70%以上，此產品便認為具有較好的光觸媒效果。

## 光觸媒的未來發展 值得注意

總之，光觸媒一點也不神奇，它的應用範圍仍然有限，許多研究工作尚待開發，而且，所有研發技術在商品化以前仍須解決許多問題，但是，它的未來發展值得大家關心。

如果有一天「利用可見光使光觸媒產生反應的技術」研發成功了，光觸媒的特色將不只是除污、抑菌、抗菌而已，到那個時候，只要將浴室、廁所、廚房等處更換成光觸媒瓷磚，即可讓居住環境進一步達到乾淨舒適的效果。在紡織品方面，除了人造纖維外，國內科學家現正研究利用天然纖維製造的光觸媒紡織品。而在保持公路與隧道燈具的清潔與照明亮度上，採用光觸媒燈罩應為改進方法之一，只是，如何降低製造成本，讓工程單



亨特道格拉斯公司提供

在人造花上噴灑光觸媒，再拿到陽光下曝曬，可除去灰塵與污染物，使其恢復乾淨表面。

位樂於使用，又是另一個待克服問題。

光觸媒應用在水處理方面的發展亦值得注意。一九九二年首次召開的世界性「有關二氧化鈦光觸媒用於水及空氣淨化技術國際會議」中，來自加拿大、美國、日本、歐洲各國二百多位與會者展開五天熱烈討論後，對

光觸媒的水處理問題達成共識，認為是今後非常重要的研究課題。只是，在實驗室內不是那麼困難的研究，一旦要實用化，就會出現很多待解決問題，而科學家經過多次實驗後亦發現，光觸媒適合朝製造超純水、去除微量污染物方面發展，但不適合使用於大量廢水的處理。 □

張志玲

本刊特約文字編輯



美國亞當海勒（Adam Heller）研究團隊曾將二氧化鈦粉末附著在直徑 $100 \mu\text{m}$  左右的中空玻璃球上，製成浮在水面上的光觸媒玻璃球。將其放到附近海面一段時間後，可分解吸附在玻璃球表面上的原油。此作用需時較長，不符合清除海面原油需要快速時效的要求。若將這類玻璃球放入風景區或高爾夫球場內的小水塘中淨化池水，是否較適合呢？