

第四次工業革命-奈米科技

自然科 陳長德老師

壹、前言

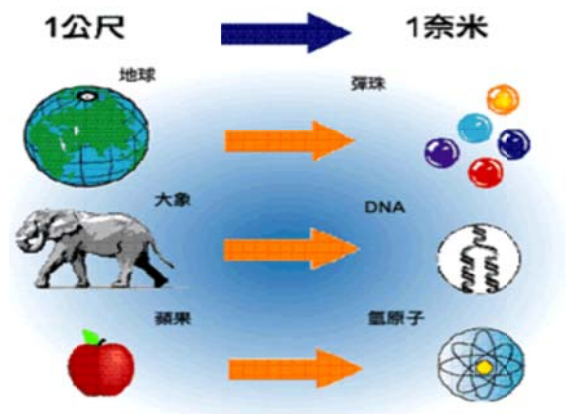
18 世紀中葉，以大量機械取代人，促成現代工業成形視為「第一次工業革命」。19 世紀末期，熱力學及電磁學發展成熟後，逐漸以內燃機及發電機取代蒸汽機，使得電力成為現代文明的主要能源視為「第二次工業革命」。二十世紀後期，人類開始使用電子計算機（電腦）從此資訊傳遞技術，文明的演變過程更加快速、劇烈視為第「三次工業革命」。人類文明及科技經歷了三次的工業革後，接下來又將進入一個怎麼的時代呢？

在人口急劇成長、地球資源日益短少的情況下，輕、薄、短、小，和多功能性的電腦和家電品，成了大家的最愛。加上台灣在SARS期間總統府首先使用奈米二氧化鈦（ TiO_2 ）光觸媒消毒殺菌後，「奈米」就如天地一聲雷般，響徹雲霄。瞬間，報上的奈米商品廣告，就有如雨後春筍般冒出頭，不管是否的真的是奈米商品產品，只要加奈米兩字，就能代表是先前的產品，這也宣告奈米的時代的來臨。現今，全球視奈米科技為下一階段製造工業的核心領域，因此也勢必會重新會劃分未來世界高科技競爭的版圖，更可能替人類生活帶來不可避免的衝擊。因此「奈米科技」視為史上的第四次工業革命。

貳、正文

一、何謂奈米

1. 奈米是由英文是〈nanometre〉，所翻譯而來的，也有人譯成納米。而希臘文〈nano〉是「侏儒」的意思，而拉丁文的〈nano〉也有微小的意思，而 〈metre〉是長度的單位一米，組合來說〈nanometre〉以長度的單位來說一奈米為十億分一公尺約為分子或DNA的大小，或是頭髮寬度的十萬分之一。以圖一說明：當一公尺比上一奈米就相當於地球比上彈珠、大象比上DNA、蘋果比上氫原子的大小。



圖一：奈米的大小，一公尺與一奈米的比例圖

〈資料來源：<http://nano.nsc.gov.tw>〉

而在科學上常用的長度單位為

表一、科學長度單位之比較				
尺寸	通俗用語	傳統文化用語	適當例子	
Å (10^{-10} m)	埃	公塵	原子	
nm (10^{-9} m)	奈米、毫微米	公沙	DNA 寬	
μm (10^{-6} m)	微米	公忽	細胞	
mm (10^{-3} m)	毫米	公釐	針頭寬	
cm (10^{-2} m)	釐米	公分	手指寬	

〈資料來源：

<http://www.itrc.org.tw/Publication/Newsletter/no70/p09.php>>

2. 奈米結構的大小約為1 ~ 100奈米，即介於分子和次微米之間。在如此小的尺度下，古典理論已不敷使用，量子效應（quantum effect）已成為不可忽視的因

素，再加上表面積所佔的比例大增，物質會呈現迥異於巨觀尺度下的物理、化學和生物性質。

二. 自然界的奈米現象

奈米科技，並非全部是實驗室的產物。早在數百萬甚至數千萬年前，已在自然的許多生物體內創造出奈米粒子或奈米構造，使其展現特殊功能或形態。

1. 「蛾眼效應」許多夜行性的飛蛾在夜間飛行時，為了避免被敵人發現，演化出看起來異常漆黑且不會反光的眼睛。飛蛾眼睛的角膜表面具有奈米級的細小突起，甚至還小於光線的波長，所以反光性極低，而且似乎可以吸收來自四面八方的光線，如圖二所示。市面上已有企業模仿此種「蛾眼效應」，推出不會反光的玻璃。
2. 蓮花效應 (lotus effect) 是指蓮葉表面具有超疏水 (superhydrophobicity) 以及自潔 (self-cleaning) 的特性。如圖三所示由於蓮葉具有疏水、不吸水的表面，落在葉面上的雨水會因表面張力的作用形成水珠。換言之，水與葉面的接觸角 (contact angle)



圖二、角膜表面具有奈米級突起的飛蛾眼睛。【註一】

會大於140度，只要葉面稍微傾斜，水珠就會滾離葉面。因此，即使經過一場傾盆大雨，蓮葉的表面總是能保持乾燥；此外，滾動的水珠會順便把一些灰塵污泥的顆粒一起帶走，達到自我潔淨的效果，這就是蓮花總是能一塵不染的原因。



圖三 蓮花效應



圖三壁虎腳的剛毛〈註二〉



〈資料來源：行政院國家科學委員會。

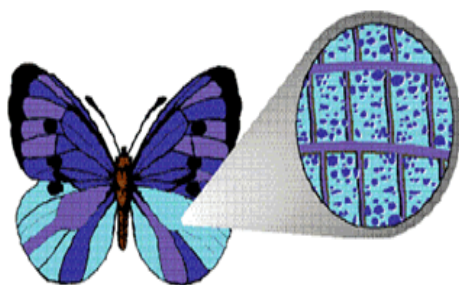
http://www.nsc.gov.tw/_newfiles/popular_science.asp?add_year=2003&pops_c_aid=>

3. 壁虎：

以前的觀念中，以為壁虎腳上有吸盤，所以才不會在爬行時掉下來。當科學家翻開壁虎腳底時如圖四所示，發現肉眼看不出的一根根細毛，每根細毛利用分子間彼此吸引的「凡得瓦爾力」與各種物體表面黏著，每平方吋可支撐200磅的重，讓壁虎能在壁上爬行自如，並支撐自己身體的重量。而「凡得瓦爾力」正是奈米尺度下形成的作用力之一。

透過顯微觀察，發現壁虎的每隻腳底部長著數百萬根極細的剛毛，而每根剛毛末端又有約400 根至1000 根更細的分支。這種精細結構使得剛毛與物體表面分子間的距離非常近，因而產生分子引力。雖然每根剛毛產生的力量微不足道，但累積起來就很可觀。根據計算，一根剛毛能夠提起一隻螞蟻的重量，而一百萬根剛毛雖然佔地不到一個小硬幣的面積，但可以提起20 公斤的重量。如果壁虎同時使用全部剛毛，就能夠支持125 公斤的重量。科學家說，壁虎實際上只使用一隻腳，就能夠支持整個身體〈註三〉。

4. 蝴蝶翅膀：具有此種類似光子晶體的網狀結構，其週期在數百奈米左右，可反射部分顏色的光，並讓其餘顏色的光穿透過去，如圖四所示。當光與光子晶體所產生的夾角改變時，會使光子晶體反射不同頻率的光，所以翅膀顏色會隨觀看角度而改變，這說明蝴蝶的翅膀為何看起來如此五彩繽紛。



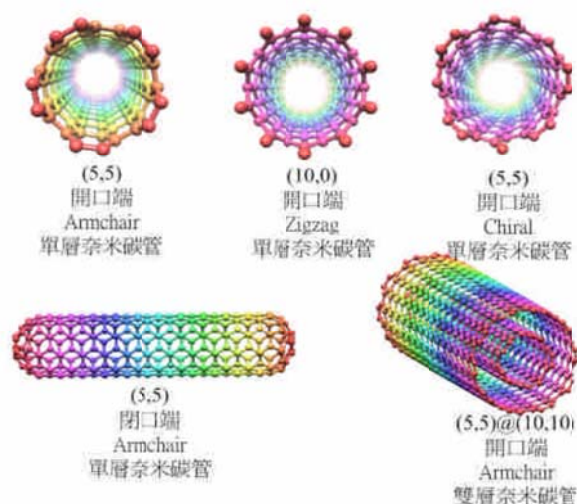
圖四、具有光子晶體結構的蝴蝶翅膀。〈註四〉

三、奈米科技應用：

1. 奈米碳管：

『在微觀尺度上石墨是碳原子以 sp^2 鍵結而成的片狀或稱為層狀結構，是一般筆芯或電極的材料，它平凡無奇，且價值低廉。可是若我們把石墨平面捲曲成所謂的奈米碳管(carbon nanotubes)的話，其價值便不可同日而語，原本以公斤

計價的石墨，變成1 公克要價1000 美金碳奈米管此後，其各類型的奈米碳管型態如圖五所示；其特殊性質也逐一的發現，如導熱性 $23.2 \text{ W}(\text{cm K})^{-1}$ 與鑽石相當，可以應用在緊密的電路空間裡將高熱量散佈出來；單層碳奈米管(single-wall carbonnanotubes)在室溫時可以吸附大量的氫氣，可以應用在航太與汽車工業上當燃料電池的氫氣儲存槽；也由於碳奈米管具彈性且細長的優點，可以作為微碳針或微電極，改良原子力顯微鏡(atomicforcemicroscope, AFM)或掃描穿隧電子顯微鏡(scanning nnelingmicroscope, STM)所用的碳針易損壞導致達不到原子解析度的困難。』



圖五各種奈米碳管型態〈註五〉

奈米碳管是目前人類可製成最細的管子之一，具良好的熱傳導性、電傳導性，强度高，化學穩定性高，而且又有韌性。奈米碳管可應用在製作比現今更小的電晶體或電子元件。〈註六〉

2. 奈米塗料：

日本東京大學經長期研究發現氧化鈦奈米微粒噴塗在材料上行程的特殊界面可以使材料表面呈現出超常的雙疏性（疏水和疏油）。甚至是棉、麻、毛、絨、絲等紡織面料經過這種「超雙疏」界面材料技術處理過後，對於水甚至是油不沾。

如果將這種疏水材料塗抹在汽車的玻璃上，下雨時就不用使用雨刷如圖六。如果塗抹在眼鏡鏡片上，當我再吃泡麵或是冬天時，就不會因為室外的溫度變化而起霧了。而疏油的奈米材料，如果塗在輸油管道內壁，就可以使石油與管壁無接觸或低摩擦運輸，對於節省石油更是實用。〈註七〉



圖六玻璃使用奈米塗料的左右對照〈註八〉

3. 光觸媒 (Photocatalyst)

全球經工業化後，人們的生活水準雖獲得改善，但是伴隨而來的卻是環境污染及能源危機，光觸媒技術就在這樣的時空背景下因應而生。光觸媒技術能有效處理液相污染物中的氯苯有機物、氯酚化合物、氰化物、金屬離子等污染物質；在空氣污染方面，光觸媒技術也能有效處理如氧化氮 (NO_x)、氧化硫 (SO_x) 等污染物質。由於光觸媒在反應中僅扮演催化劑角色，本身並不會消耗掉，又沒有不良副作用，因此成為防治空氣及水河川污染的綠色尖兵。

光觸媒是一種催化劑，最常使用的元素為「二氧化鈦」，自西元 1972 年發現至今，已成為最近當紅的奈米光觸媒家電、口罩等民生用品的最愛。其原理係經紫外線或太陽光照射光觸媒後，會促使觸媒附近氧氣或水分子產生氫氧自由基來分解有害物質，或著藉由增強其親水性，使污垢的附著力大幅降低。

一般的污染物或病源體多半是碳水化合物，分解後大部分會變成無害的水及二氧化碳，因此可以達到空氣清淨、脫臭、防污、淨水及抗菌的目標。此外，用奈米科技將二氧化鈦製成奈米級顆粒，則可藉由大幅增加表面積與體積的比例，提高光觸媒作用的效率。

4. 奈米碳球 (Carbon Nano Capsule)

奈米碳球是由多層石墨層以球中球的結構所組成的多面體碳簇。粒徑約為 1~100 奈米、尺度約是奈米碳管的直徑，內部可以是中空或可填充金屬。如圖七奈米碳球外殼的石墨層，中央部分都是六圓環，邊角或轉折部分則由五圓環組成。奈米碳球的特殊石墨結構使其具有熱傳導性、導電性、強度佳及化學性穩定等優點。〈註九〉

奈米碳球獨特的結構，具有能與光、電、磁性質及生物相容性等，讓奈米碳球在光電、奈米、生醫領域等領域的應用極廣，相當有機會成為尖端產業的骨幹材料。例如將奈米碳球以電鍍方式塗在戰鬥機金屬表面，就可以避開雷達的

偵察，成為隱形戰機；將鈷 60 置於奈米碳球中再將其植入受癌細胞侵襲的器官中，可以取代現行照射方法殺死癌細胞，同時留下好細胞；而奈米碳球也是很好的自由基掃除劑，可以穿透腸細胞進入血液去除自由基與雜質；在磁性記錄器上，將包覆磁性粒子的奈米碳球工整排列，可以製造高密度的磁性記錄體。



圖七巴克球(碳60)的結構

<資料來源

<http://www.currants.info/chinese-BIG5/wilson%20benesch/wbw-2008-C.60.htm>>

四、奈米科技的省思

當全世界所有人都一頭栽入奈米熱潮，研發奈米材料的製備、性質，鼓吹奈米科技的重要，研製奈米產品時，我們難道不用返過頭思考一下，『奈米材料真的是百利而無一害嗎？』〈註十〉

儘管將原料奈米化，可增加水溶性及吸收率，但是，並非「奈米化」就一定等於改良或變好，就以吸入式支氣管擴張劑為例，若吸入式噴劑顆粒太小，一旦進入人體很容易從血管中漏出來，被人體主動清除，根本到不了肺部，因此，藥物的顆粒並非越小越好，大小必須恰到好處，才能發揮作用。而在中藥上或許可從其中找到具研發潛力的草藥成分，但也可能因此破壞草藥的細胞，甚至讓傳統用法不可能出現的毒性釋出；因此，專家認為，不宜過度「神化」奈米科技，應該用所當用，而非試圖將所有物質「奈米化」。

參、結論

不可諱言的，奈米科技已是21世紀最偉大，最重要的技術。它改變了以往認知的物理原理與化學性質，顛覆了物質原有的特性。它的應用，是新世紀的產業革命，是尖端材料、電子資訊、生物醫學．．．．的大躍進，是改變人類生活文

明的大轉折；它的影响範圍大到影响國家的產業政策，小到與人們的生活的食、衣、住、行．．等都有關。是全世界進國家，取得未來競爭優勢的國家級研發重點；要如何趕上奈米科技狂潮，將是台灣產業轉型生存的契機，若是在發展工業、科技產業的同時，也能同時兼顧到環境的保護才是雙贏策略。

肆、引註資料

1. 註[一] 呂宗昕（2003），圖解奈米科技與光觸媒。商周出版社。
2. 註[二] 中國經濟網。
http://big5.ce.cn/life/clfs/xxbb/200707/20/t20070720_12239076.shtml
3. 註[三] [四] 呂宗昕（2003），圖解奈米科技與光觸媒。商周出版社。
4. 註[五] 行政院國家科學委員會
<http://www.nsc.gov.tw/scicircus/ct.asp?xItem=9051&ctNode=1655>
5. 註[六] 馬遠榮(2002)。奈米科技(初版)。台北市：商同出版：城邦文化發行
6. 註[七] 奈米科技與生活。作者：廖婉茹。出版社：五南
7. 註[八] 科學發展月刊 2006年12月 408期
8. 註[九] 奈米碳球產業聯盟。http://airp.org.tw/iarsg/ga_doc_04.asp
9. 註[十] 何鎮揚、陳雅玲、廖家榮(2004)。奈米科技交響曲－化學篇（初版）。
台北市：臺大出版中心