



從微觀到宏觀— 奈米複合材料的跨領域應用

技術主編：孫文繁 W. C. Sun

現職：工研院(ITRI) 材料與化工研究所 奈米材料表面設計與應用研究室 正研究員/經理

學歷：國立清華大學(NTHU) 物理系 博士

專長：奈米複合材料、抗微生物機能材料、功能型塗料/油墨

隨著氣候變遷加劇與工業化快速發展，空氣污染與病原體傳播已成為全球環境治理的重要課題。空氣中常見的懸浮微粒($PM_{2.5}$)、氮氧化物(NO_x)、揮發性有機物(VOCs)等污染物，已被證實與多種呼吸及心血管疾病密切相關。即使各國陸續推動減排政策，重污染事件仍時有所聞，顯示治理挑戰依舊嚴峻。同時，醫療機構與公共場所中細菌與病毒的傳播，也對公共衛生構成風險。特別是在新冠疫情爆發後，全球對空氣品質改善與微生物控制的需求更加迫切。

奈米複合材料因具備獨特的物理與化學性質，被視為空氣淨化與病原控制的關鍵材料。其粒徑介於1~100奈米，擁有極高的比表面積與表面能，可顯著提升與污染物的接觸效率與反應活性。透過材料設計與多種奈米粒子的複合配置，這類材料可同時具備吸附、催化與抗菌等多重功能，表現遠勝傳統淨化材料，特別在去除VOCs、氨氣、硫化氫等有害氣體以及抑制細菌、病毒等病原體方面表現卓越。其中，光催化技術是奈米材料應用的一大亮點。以二氧化鈦(TiO_2)為代表的奈米半導體材料，在光照下可激發產生活性氧自由基，進一步將有機污染物分解為無害的水與二氧化碳。透過結構微調與金屬摻雜（如：銀、銅、鉍），現今光催化材料的光吸收範圍已擴展至可見光區域，提升實用效率且具備長效穩定、不產生二次污染等環保優點，符合綠色科技發展趨勢。

此外，奈米複合材料可結合水凝膠、高分子或多孔性載體，發展為具長效除臭與緩釋消毒功能的新型產品，應用於室內空氣淨化系統、穿戴式防護裝置與公共空間消毒設備等領域。這些複合結構能有效提升抗菌抗病毒持續性，減少清潔與消毒頻率，提升環境安全。而且其應用不僅限於環境治理，近年也延伸至日常生活中。例如，奈米銀複合於二氧化鈦的組合，具備優異的抗菌抗病毒能力，已廣泛應用於抗菌洗手乳、清潔劑、除臭噴霧等產品，有效防黴抑菌。未來這類材料亦可擴展至保養品與化妝品領域，透過奈米化技術增強成分滲透與穩定性，實現控油、抗老與舒緩等功能，甚至應用於醫療敷料、藥品載體與皮膚護理等專業用途。

總結而言，奈米複合材料因其高比表面積、多功能整合與優異的催化與抗菌特性，正迅速成為對抗空氣污染與微生物威脅的重要技術平台。其應用涵蓋環境工程、公共衛生、居家清潔、美妝保養乃至醫療領域，展現極高的發展潛力。隨著製程技術持續進步與成本降低，未來奈米複合材料將在推動健康、潔淨與永續生活中扮演更加關鍵的角色。🔗