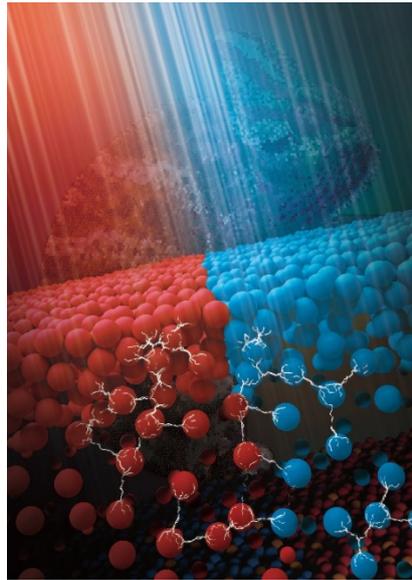


新聞稿

即時發放

物理化學學家合作研發光致變色活性膠體 為開發新型智能活性材料帶來曙光

2023年5月18日



圖一. 由彩色微珠組成的新型油墨，通過光驅動分離適應接收光線的外觀。

在自然界中，頭足類動物（即觸手附在頭部的動物）的皮膚有偽裝能力，可以改變自己的外觀以適應周圍環境。牠們皮膚中的色素顆粒可以隨着肌肉的控制而折疊或展開，進而改變顏色。近日，由香港大學（港大）化學系唐晉堯博士率領的研究團隊受這自然現象的啟發，開發了一種新型的活性膠體材料，實現了膠體的可控「相分離」。研究團隊通過混合青色、洋紅色和黃色膠體，形成動態的納米糰，並通過控制光線的入射波長和強度來控制膠體的運動和相互作用，從而產生不同的顏色。這種新的技術比傳統的變色材料更加可靠和便利，為調節彩色電子紙（模仿紙上印刷、書寫的視覺觀感的顯示器技術）及開發光學隱身材料等應用提供了重大的突破，其研究成果已於學術期刊《自然（*Nature*）》上發表。

如變色龍般的智能膠體

在彩色電子紙的應用中，粒子的大小和形狀會影響其色彩，因此可以用來顯示不同的圖像和文字。近日，我們的化學系研究團隊與香港科技大學以及廈門大學研究團隊合作研發了一種「新型光譜選擇性智能膠體體系」——一種可以通過光控制的智能膠體。在光的控制下，這些膠體粒子可以根據大小、形狀和極性等特性，從膠體中分離出來，形成多種不同的「相」。相是物質在不同狀態或結構下的不同形態或表現形式。這種膠體可受光的影響，通過控制這些相之間的比例和位置，製造出更複雜的微米級結構——簡單而言，就是可以運用電子活性材料呈現出變化多端的圖案與色彩。

靈感源自醫學納米機器人

近年科學界對光驅微納米機器人的研究為研發活性材料提供了良好的環境。我們可先從自驅動活性粒子說起。自驅動活性粒子是一種微納粒子，是膠體系統中的一種重要組成部分，能模擬微生物在液體內實現定向游動。現時研究人員以自驅動活性粒子為核心開發醫學微納機器人，希望將粒子設計成可以在人體內定向遊走，從而

實現各種醫學目的。然而，由於自驅動活性粒子的結構非常簡單，在驅動機制和對周圍環境的感知方面也受到顯著的限制。尤其是對於單獨的微納活性粒子而言，其尺寸和相對簡單的結構都限制了其實現更複雜功能的可能性。如何在簡單的結構基礎上賦予活性粒子智能特點，是實現未來應用的難點和關鍵。

為此，我們的團隊在早期開發了具有智能可控性的光驅微納米機器人，實現了群體智能，並基於此研發出這種新型活性膠體。光驅微納米機器人的速度與運動方向能通過調整入射光的光強、波長、偏振、方向等，能輕易地調節運動速度和方向。另一方面，光不僅可以刺激活性粒子從而調節速度和運動方向，也能改變粒子間的相互作用，例如光催化反應可改變局域化學梯度場（Gradient field），從而引起微小粒子之間的相互作用。進而，通過擴散泳效應（即在這些化學梯度場下，粒子會因為趨向濃度高的區域而運動），同時也會影響周圍其他粒子的運動軌跡，從而表現出長程的吸引或排斥作用，導致活性粒子在不同的梯度場中表現出不同的運動行為。

在此研究中，唐博士的團隊設計了一種簡單的具光譜選擇性的TiO₂活性膠體體系。他們使用染料敏化編碼的方法，為TiO₂活性粒子表面設計了具有不同光感應的活性膠體，這些粒子可以通過調節入射光的波長和強度來控制其運動和相互作用，從而實現微觀和宏觀上的可控「膠體相分離」。

達至膠體相分離的目的是控制微觀和宏觀級別上的液體中的粒子聚集和分散。團隊通過設計具有不同光感應的活性膠體，可以控制電子紙中微小粒子的聚散，從而實現電子紙的顯示和清除效果，原理有如頭足類動物皮膚裏的色素團可以感知環境的光線狀況，並隨着色素細胞的相應作用改變周遭色素細胞的外觀。

這次的研究成果促進了人類對人造活性材料的「群體智能」的理解，即活性材料透過協作和交互作用來產生更高層次的行為和功能。在這個研究中使用光驅微納米機器人和TiO₂活性膠體體系所研發的活性智能材料，可以調節粒子間的相互作用和運動行為，使其在不同的梯度場中表現出不同的行為，進而實現群體智能。

唐晉堯博士表示：「我們期望這種新型可編程光致變色油墨可以發展為電子墨水、顯示墨水和主動光學偽裝墨水。這項研究成果為活性智能材料的設計開闢了新的方向，有望提升電子紙技術。」



圖二. 三維相分離和光致變色膠體群聚。

- 三元膠體系統中光譜敏感的分層分離的示意圖，不同的照明光譜導致不同的垂直分層。
- 在紅、綠和藍光照射後，三元膠體顆粒的三維分佈通過共聚焦顯微鏡成像。SQ2、LEG4和L0敏化的TiO₂膠體分別用青色、洋紅色和黃色表示。比例尺：50毫米。
- 使用改進後的投影儀投射設計的彩色圖像。
- 經過兩分鐘曝光後，光致變色油墨表面出現了六個彩色塊。插圖：投射的圖案。比例尺：2毫米。
- 經過兩分鐘曝光後，大學標誌出現在光致變色油墨表面。比例尺：兩毫米。
- 通過兩分鐘曝光和不同顏色繪畫的連續圖案製作光致變色油墨的序列圖案。插圖：原始投射圖案。比例尺：2毫米。

詳情請參看研究論文：‘Photochromism from wavelength-selective colloidal phase segregation’, *Nature*

連結：<https://www.nature.com/articles/s41586-023-05873-4>

觀看與此研究相關的影片：<https://youtu.be/3Ylodxllwvo>

相片下載及說明：<https://www.scifac.hku.hk/press>

如欲了解唐晉堯副教授及其研究團隊更多詳情，請瀏覽其研究團隊網站：<https://tanglab.hku.hk/>

傳媒如有查詢，請聯絡港大理學院助理傳訊總監陳詩迪（電話：3917 5286；電郵：cindycst@hku.hk）。