

第一章 緒論

1-1 前言

膠體粒子的粒徑範圍約介於數個奈米(nm)至十微米之間,含蓋了氣體、液體或固體粒子。此類粒子於一連續項中之輸送行為,在無論過去、現在、未來的科技中是相當重要且實用的一個研究領域。

一般而言,描述促使膠體粒子運動的驅動力,包括外力(DLVO、重力)、布朗運動,以及受到流場影響所產生的對流運動(convection)。由這些眾所皆知的驅動力所產生的膠體粒子運動的行為,在以往已被探討的相當詳盡。另外,還有一類引發膠體粒子運動的驅動力,包括非均勻場力(例如:電位梯度、溫度梯度、或溶質濃度梯度等),此場力會與粒子的表面產生物理交互作用,由這種機制所引發的粒子運動現象,即通稱為”泳動”(phoretic motion)。

在各種泳動中最為人熟悉的例子是電泳(electrophoresis)。電泳是由於帶電荷的膠體表面連同其表面上的附著物在外加電場之影響下,相對於固定不動液體所產生的粒子運動現象。當電場 E 與膠體表面平行,考慮膠體的電泳行為時,在 $x=0$ 時, $y=0$, $V=0$; 在剪力面上, $y=z$, $V=0$, 可由 Smoluchowski 方程式表示膠體的電泳動行為 V_E ,

$$V_E = \frac{ze}{h} E$$

其中 e 為電解質溶液之介電常數比, h 為介質之黏度 (viscosity), z 為粒子的表面 zeta 電位 (zeta potential)。

泳動的另一個例子為擴散泳 (diffusiophoresis), 是由於膠體粒子受到溶液中巨觀溶質分子濃度梯度的影響而進行的泳動。溶質分子可以是電解質或非電解質, 文獻中已分別有實驗證實膠體擴散泳現象的存在 (Ebel et al, 1988^[17]; Staffeld & Quinn, 1989^[22])。

對於非電質溶液, 當膠體粒子在一無限邊界且存在固定溶質濃度 ∇C_∞ 的非電解質溶液中, 其擴散泳速度為 (Anderson et al, 1981^[39])

$$V_{diff0} = \frac{k_B T}{m} L^* K \nabla C_\infty$$

$$L^* = K^{-1} \int_0^\infty y_n \{ \exp[-\Phi(y_n)/k_B T] - 1 \} dy_n$$

$$K = \int_0^\infty \{ \exp[-\Phi(y_n)/k_B T] - 1 \} dy_n$$

此處 L^* 為膠體粒子和溶質分子間交互作用距離有關的特徵長度 (約為 1nm), K 是顯示溶質分子吸附在粒子表面多寡的 Gibbs 吸附長度 (Gibbs adsorption length)。其中粒子和溶質分子間的作用為凡得瓦爾吸引力 (Van der Waals force) 或感應效應所引起的感應偶極吸引力 (induced dipole attraction)。若膠體粒子與溶質分子間的作用為吸引力, 則其在高濃度區所受的引力較大, 如此將使粒子往溶質

濃度高的方向移動。反之，若膠體粒子與溶質分子間的作用為排斥力，則粒子會往溶質濃度低的方向移動。

對於電解質溶液，帶電粒子與溶質間的交互作用力主要為在 Debye 遮蔽長度(Debye screening length)範圍內的靜電力。帶電粒子表面電位約為數個 kT/e 值時(約 25mV; e 為一個質子的電荷量, k 為波茲曼常數(Boltzmanns constant), T 為絕對溫度), 在電解質溶液濃度梯度為 $10^{-3}M$ 之情況下, 其擴散泳速度可達每秒數個微米。本論文將探討膠體在對稱電解質溶液的擴散泳速度, 即其在收集器表面上的吸附情形, 其原理吾人整理於第四章。

最後在第五章與膠體過濾實驗結果的比較部份, 以 Chang & Chan (2008)、 Bai & Tien(1999)所發表的經驗式與本論文經驗式, 利用 Elmielch & O' Melia(1990)、 Elmielch (1992) 、 Bai & Tien(1999)的實驗結果進行準確度的比較。由於 Chang & Chan (2008)、 Bai & Tien(1999)所發表的經驗式在小粒徑 ($d_p < 1.0 \mu m$) 和在高電解質濃度且有高電解質濃度梯度產生時, 他們的經驗式均無法準確的預測過濾係數 值, 故在本論文中, 將嘗試考慮添加擴散泳速度項, 並將吸附軌跡方程式加以修正後, 以期可更能精確的預測 Elmielch & O' Melia(1990)、 Elmielch (1992) 、 Bai & Tien(1999)的實驗結果, 其詳細的計算過程可參考附錄 D。