

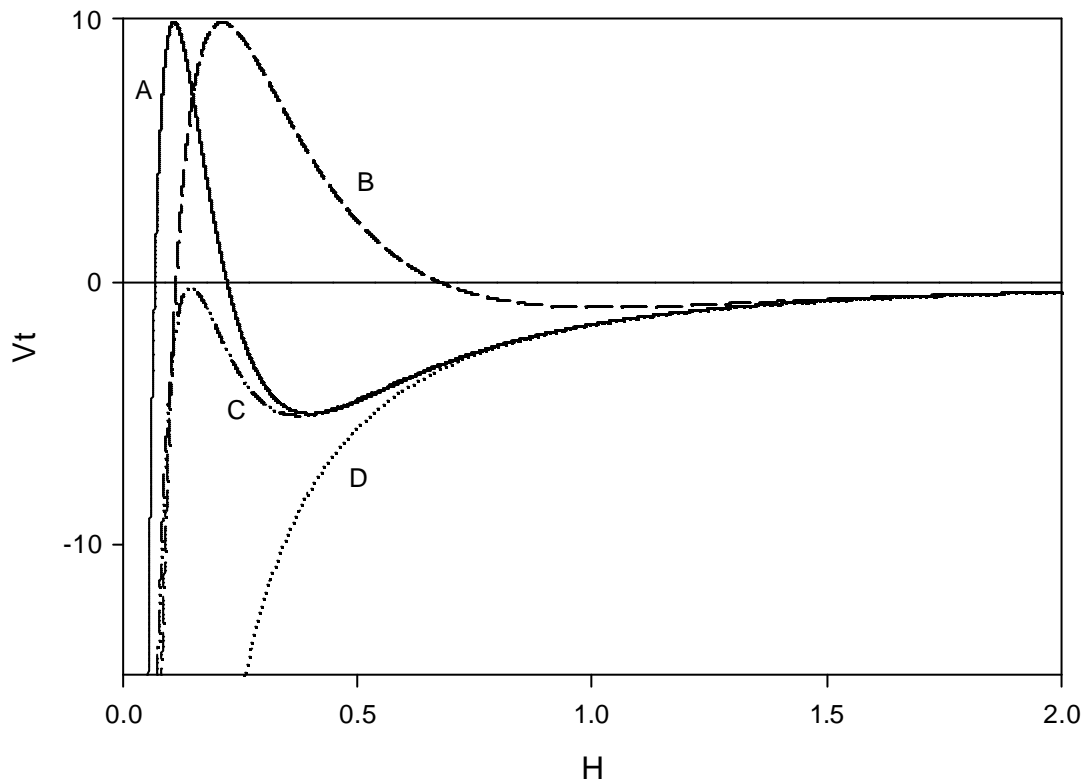
第四章 結果與討論

在本章中主要討論不同 DLVO 作用力曲線，以及在不同的流速下，對 PCT、SCT 兩種楔型管收集器進行電腦模擬，探討是否具有布朗運動的膠體粒子其多層吸附的情形，與膠體粒子遮蔽效應的影響，最後將電腦模擬的結果與實驗值做比較。

圖(4-1)為無因次內部作用力能量與無因次距離的關係圖。圖(4-1)中 curve A，其能障同時具備 primary maximum 以及 secondary minimum，對膠體吸附相當不利，因為膠體粒子除了要克服 primary maximum 的高峰外，還要克服粒子在 secondary minimum 會產生的積聚(accumulation)現象。圖(4-1)中 curve B，能障只具備 primary maximum 的效應，雖然這也是對膠體粒子不利吸附的條件，但是比 curve A 還要弱。圖(4-1)中 curve C，能障只具備 secondary minimum 的效應，這會造成膠體粒子的積聚現象，而當流體剪切力過大時，則膠體粒子會被沖走而無法吸附於收集器的表面，雖然這也是對膠體粒子不利吸附的條件，但是比 curve A 還要弱。圖(4-1)中 curve D，由於不具 DLVO 能障，所以對膠體粒子的吸附相當有利。

4-1 膠體粒子在不同的 DLVO 作用力曲線下，以及在不同流速下，其在 PCT、SCT 收集器中之吸附情形

本論文以電腦模擬在四組不同 DLVO 作用力曲線下，繪製膠體粒子在 PCT、SCT 收集器上的多層吸附圖，而在相同 DLVO 作用曲線下，又分為具有布朗運動的膠體粒子吸附模擬，與無布朗運動的膠體粒子的吸附模擬，因為圖形的數量過多，在本章中以 $U=0.2\text{cm/s}$ 的膠體粒子做說明，其餘圖形則見附錄 (A)、(B)，又有關 PCT 和 SCT 的幾何圖形則可見於前章中的圖(2-2)和圖(2-3)



圖(4-1)DLVO 無因次內部做用力能量與無因次距離之關係圖。

圖中 curve A 之 $N_{E1}=105$, $N_{DL}=75$; curve B 之 $N_{E1}=50$, $N_{DL}=5.02$;

curve C 之 $N_{E1}=77$, $N_{DL}=10$; curve D 之 $N_{E1}=0$, $N_{DL}=0$;

curve A~D 之 $N_{E2}=1$, $N_{LO}=7$ 。

4-2-1 在 DLVO 不同作用力曲線、固定流速下，對具有布朗運動的膠體粒子，在 PCT 收集器中吸附情形之比較

由圖(4-2-1)至圖(4-2-4)以及圖(4-2-8)、圖(4-2-9)中可以明顯的看出，在流速為 0.2cm/s 時，相同具有布朗運動的膠體粒子，在不同的作用力曲線下，進行膠體粒子在 PCT 收集器中的多層吸附模擬，以 curve D 的吸附效率最高，其次是 curve C > curve B > curve A，其結果就如我們從所知的，curve D 是四個作用力曲線中，最有利於膠體粒子吸附在楔型管上的作用力曲線，而 curve A 是最不利於膠體粒子吸附在楔型管上的作用力曲線。

4-2-2 在相同作用力曲線、固定流速下，對是否具有布朗運動的膠體粒子，在 PCT 收集器中的吸附情形之比較

在固定流速下，由圖(4-2-4)至(4-2-7)可知對具有布朗運動的膠體粒子，不論在 curve A、curve B、curve C、curve D，在 PCT 收集器中的吸附效率，都比其沒有布朗運動時低。這是因為是否具有布朗運動的膠體粒子，其在 PCT 中吸附位置上的不一樣。就同一入口位置的膠體粒子而言，具有布朗運動的膠體粒子，其在 PCT 收集器中的吸附位置都比不具膠體粒子的吸附

位置較靠近 PCT 的前端區域。而就 PCT 收集器的管型來看，其前端的管徑比中端的管徑較為大，所以如果膠體粒子吸附的位置偏向 PCT 中端的話，因為膠體粒子多層吸附效應的影響，使得膠體粒子在吸附於 PCT 偏中端時更易造成膠體粒子多層阻塞的現象。因此不具布朗運動的膠體粒子在同一作用力曲線下，都比具有布朗運動的膠體粒子在 PCT 中的吸附效率高。

4-2-3 在相同 DLVO 作用力曲線、改變流速下，對是否具有布朗運動的膠體粒子，在 PCT 收集器吸附情形之比較

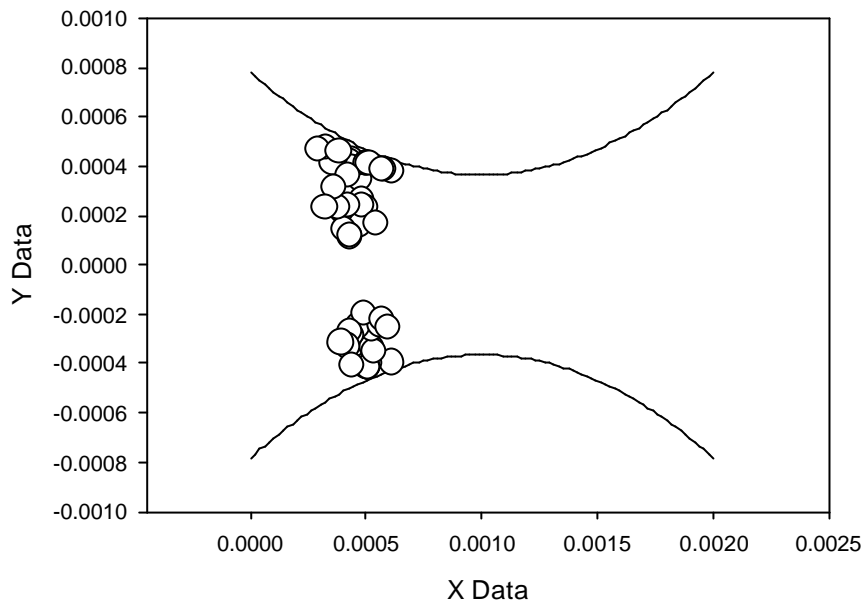
在相同的 DLVO 作用力曲線下，改變流速的大小，來觀察具有布朗運動的膠體粒子，其在 PCT 收集器的吸附效率。我們發現就同一入口位置的膠體粒子而言，流速大比流速小的膠體粒子其吸附位置較靠近 PCT 的前端。因為流速小的膠體粒子其吸附位置較接近 PCT 收集器的中端，再加上膠體粒子多層吸附的影響，因此流速小時，膠體粒子也比較容易因為多層吸附的影響而造成阻塞。所以流速小的膠體粒子在 PCT 收集器中，其吸附效率比流速大時較高。

4-2-4 在不同條件下，膠體粒子在 PCT 收集器進行多層吸附時，其 Shadow Effect 的影響

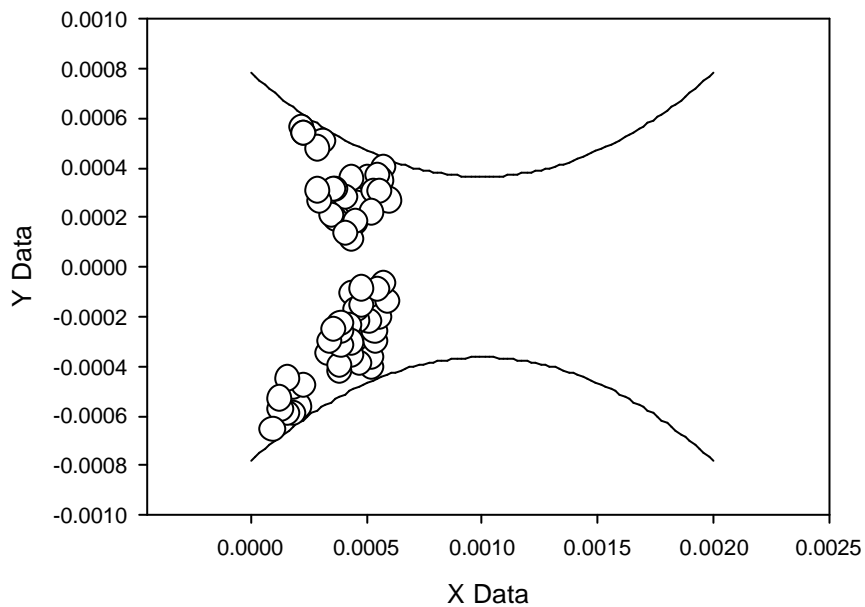
當膠體粒子在楔型管中進行多層吸附時，因為膠體粒子除了吸附在收集器表面上，也會吸附在已吸附在收集器上的膠體粒子表面上，而在收集器中造成一個吸附屏障，使得原本不會吸附在收集器上的膠體粒子，也因此可能吸附在已吸附在收集器上的膠體粒子(見前章 2-7 中 shadow effect 的介紹和圖形)。而在本論文中共用了四組不同的 DLVO 作用力，而每一種 DLVO 作用力在收集器上的吸附影響範圍皆不同，其中又因為 curve D 是最有利於膠體粒子吸附的作用力，所以 curve D 在收集器上的吸附影響範圍最大，也因此不同的 DLVO 作用力曲線，吸附在相同位置時，所遮蔽的面積也不同。

我們在固定流速 $U=0.2\text{cm/s}$ 下，對具有布朗運動的單一膠體粒子，在不同 PCT 表面位置時的遮蔽面積作圖，由圖(4-2-10)至圖(4-2-13)發現結果就如果我們所說的，curve D 是最有利於膠體粒子吸附的作用力曲線，所以單一粒子在相同吸附位置時，其所產生的遮蔽面積也是最大的。而我們用這四組不同的作用力，在固定位置($X=0.0005$)進行多層吸附時，用其吸附顆數對其遮蔽面積作圖，由圖(4-2-14)中，發現幾乎都在吸附兩顆或三顆膠體

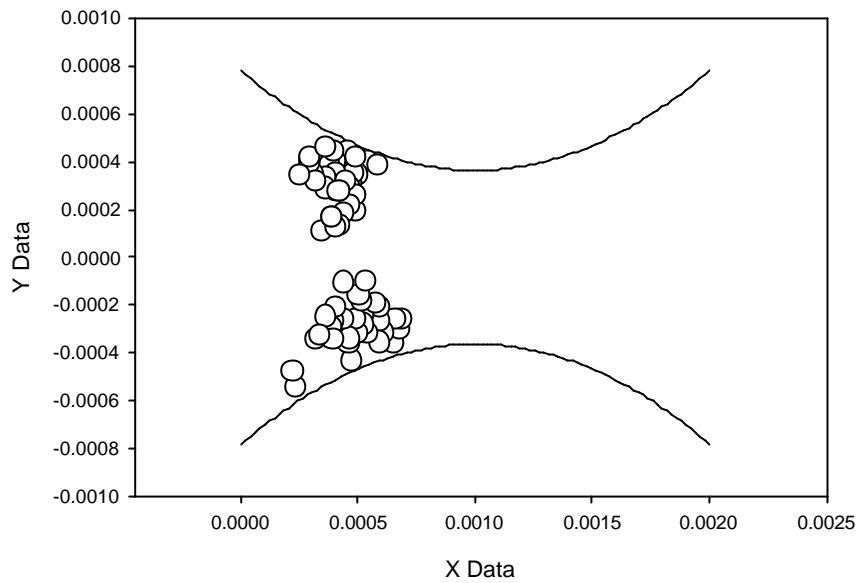
粒子時，就已遮蔽了所有可以吸附的面積，這是因為我們楔型管的大小跟膠體粒子的大小都是固定的，所以所得的結果均差不多。



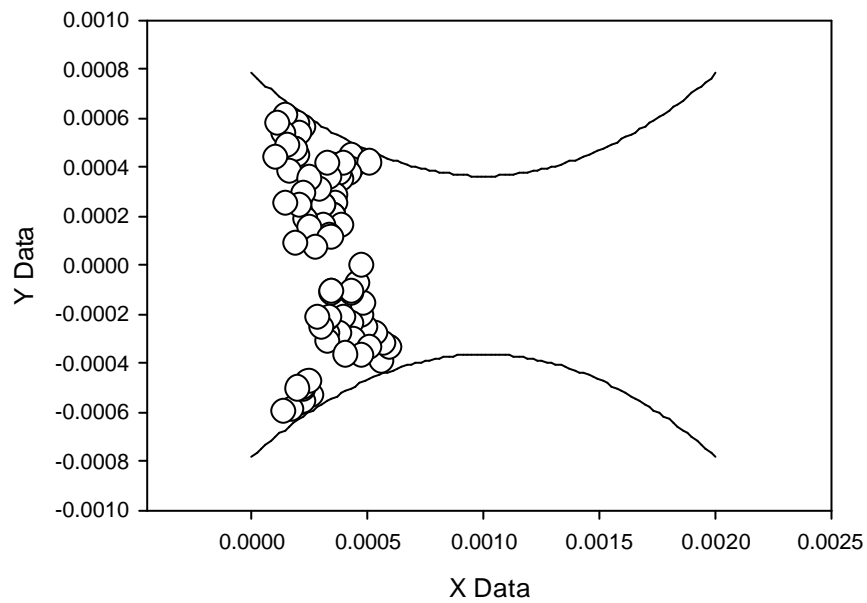
圖(4-2-1)在 $U=0.2$ cm/s curve A 的條件下，具有布朗運動膠體粒子的 PCT 多層吸附圖。



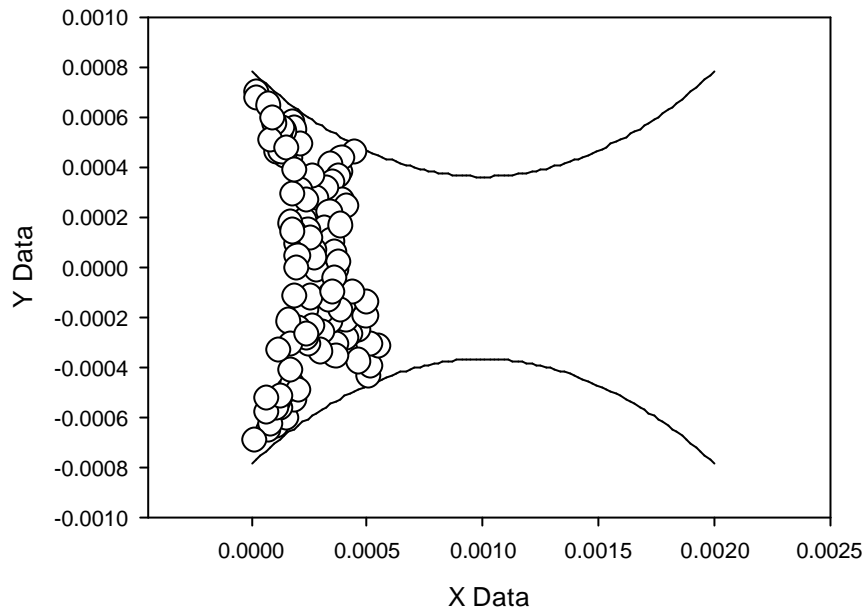
圖(4-2-2)在 $U=0.2$ cm/s curve B 的條件下，具有布朗運動的膠體粒子的 PCT 多層吸附圖。



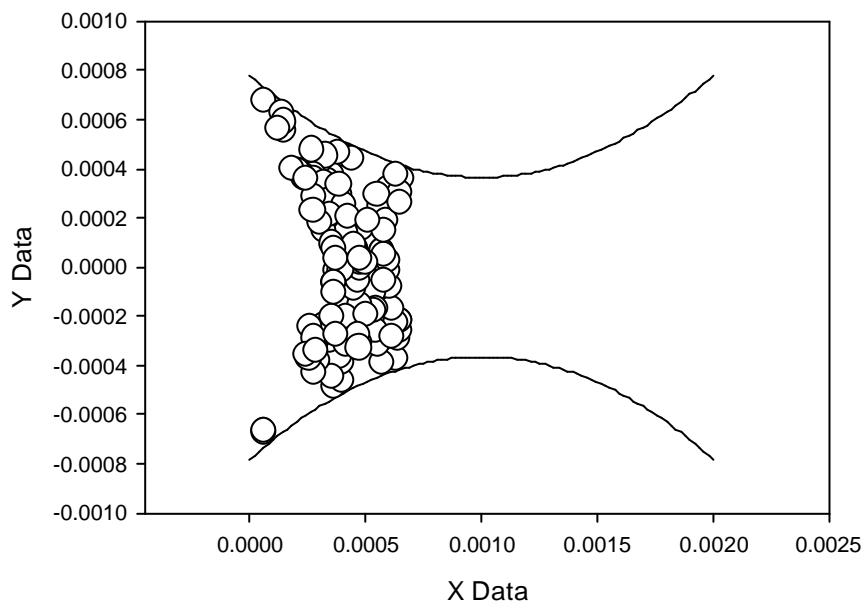
圖(4-2-3)在 $U=0.2$ cm/s curve C 的條件下, 具有布朗運動膠體粒子的 PCT 多層吸附圖。



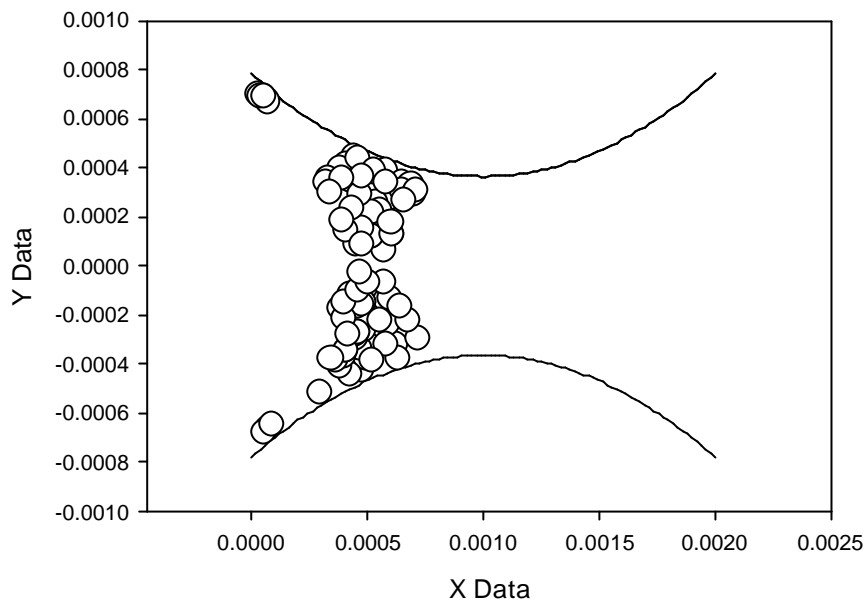
圖(4-2-4)在 $U=0.2$ cm/s curve D 的條件下, 具有布朗運動膠體粒子的 PCT 多層吸附圖。



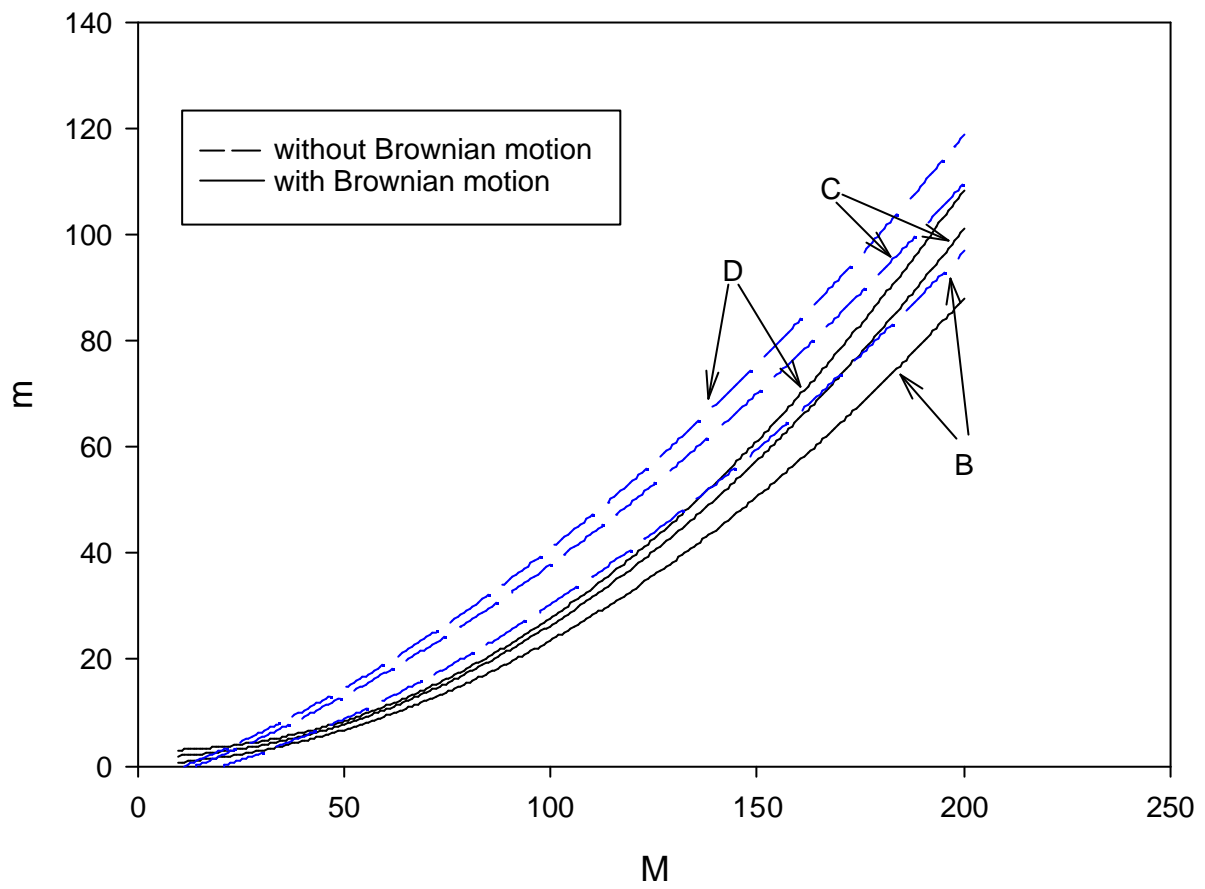
圖(4-2-5)在 $U=0.1$ cm/s curve D 的條件下, 具有布朗運動膠體粒子的 PCT 多層吸附圖。



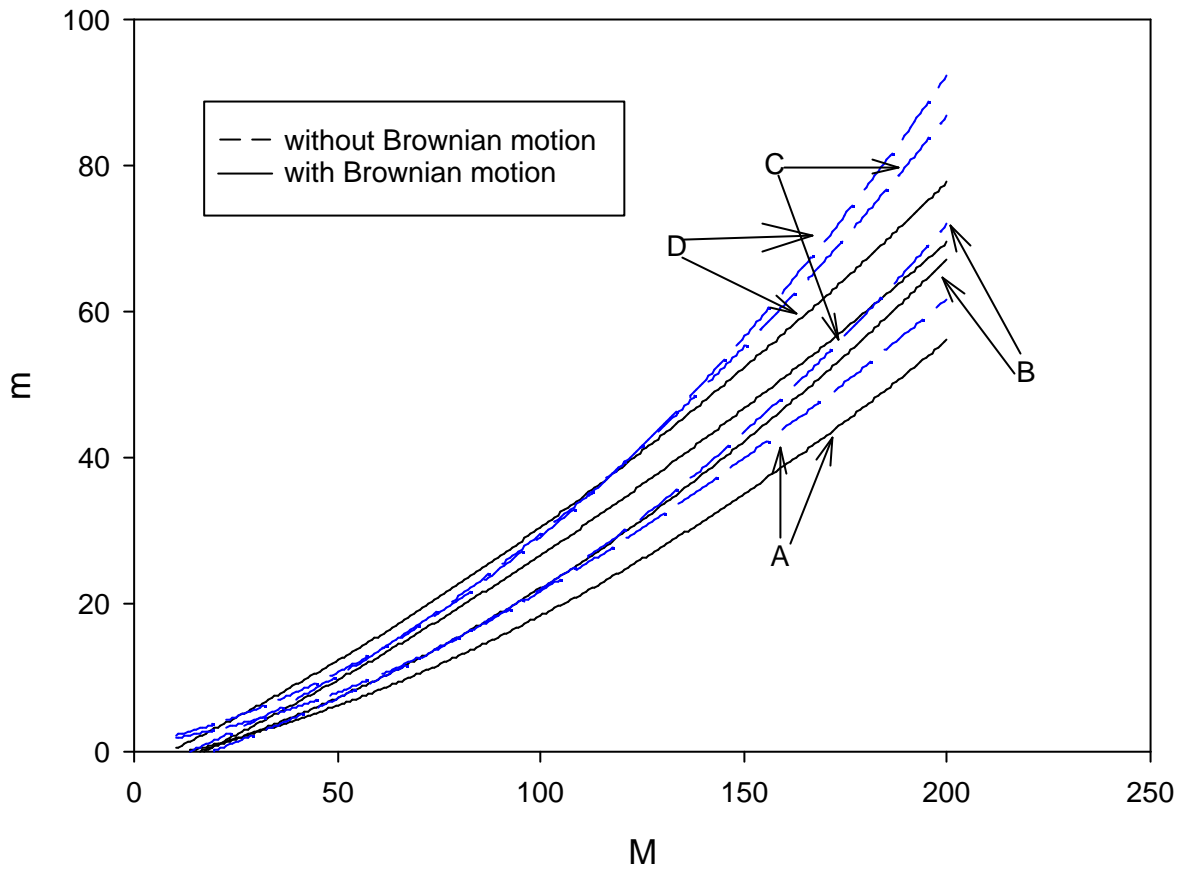
圖(4-2-6)在 $U=0.1$ cm/s curve D 的條件下, 無布朗運動膠體粒子的 PCT 多層吸附圖。



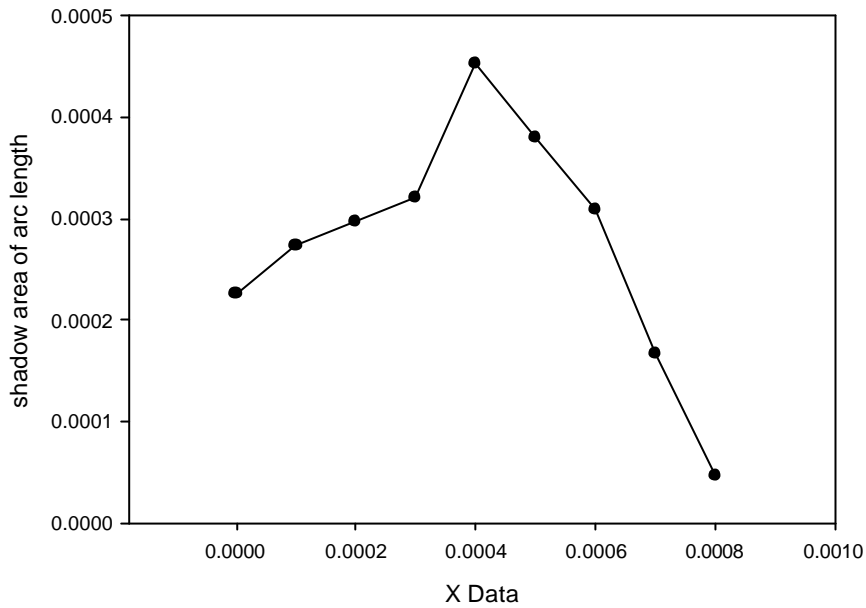
圖(4-2-7)在 $U=0.2$ cm/s curve D 的條件下, 無布朗運動膠體粒子的 PCT 多層
 吸附圖。



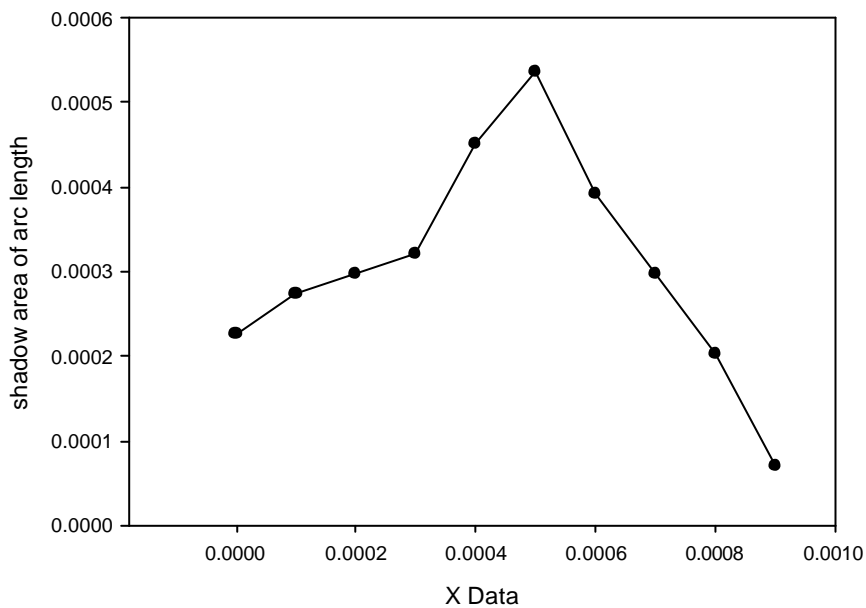
圖(4-2-8)在不同作用力及 $U=0.1\text{cm/s}$ 下，對具有或沒有布朗運動的膠體粒子吸附情形的比較。



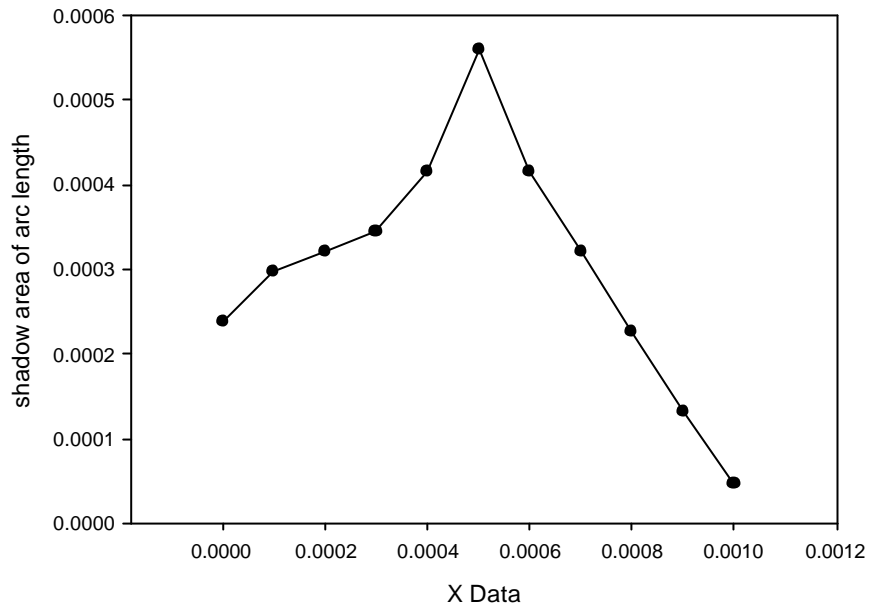
圖(4-2-9)在不同作用力及 $U=0.2\text{cm/s}$ 下，對具有或沒有布朗運動的膠體粒子吸附情形的比較。



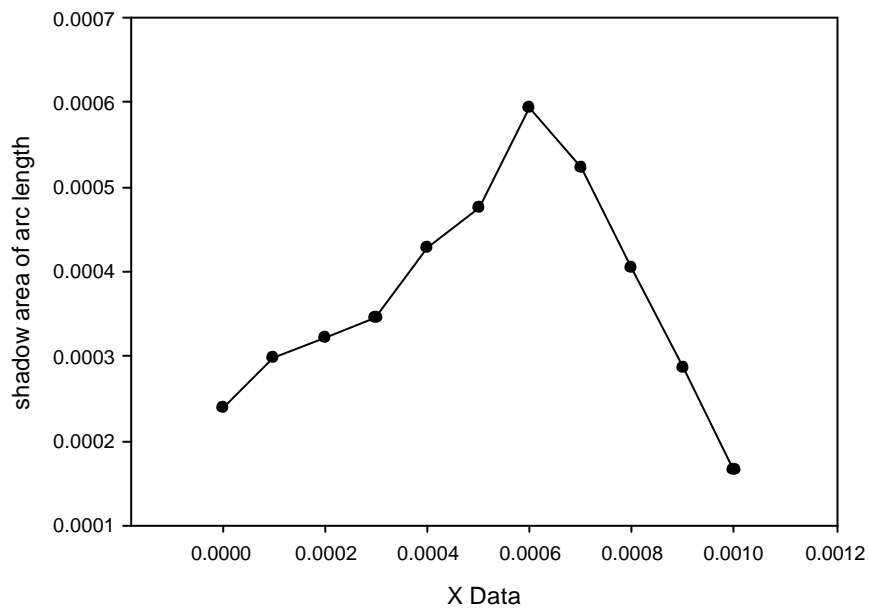
圖(4-2-10)在 $U=0.2\text{cm/s}$ curve A 時，具有布朗運動之單一膠體粒子在 PCT 不同吸附位置時所遮蔽的面積。



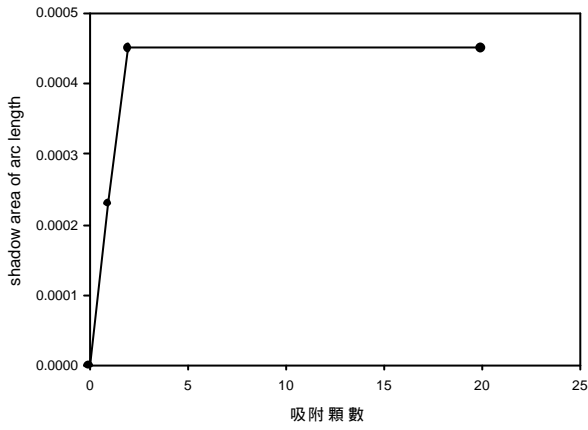
圖(4-2-11)在 $U=0.2\text{cm/s}$ curve B 時，具有布朗運動之單一膠體粒子在 PCT 不同吸附位置時所遮蔽的面積。



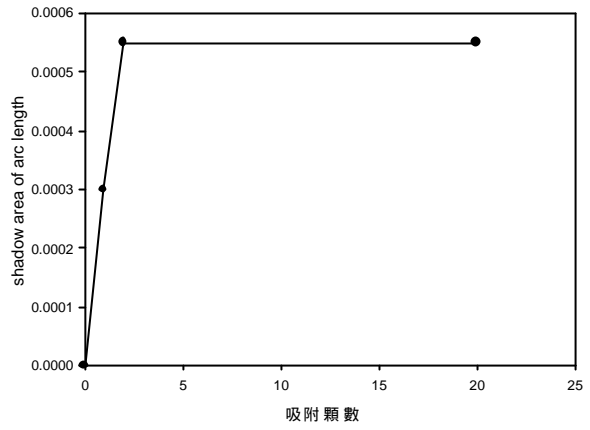
圖(4-2-12)在 $U=0.2\text{cm/s}$ curve C 時，具有布朗運動之單一膠體粒子在 PCT 不同吸附位置時所遮蔽的面積。



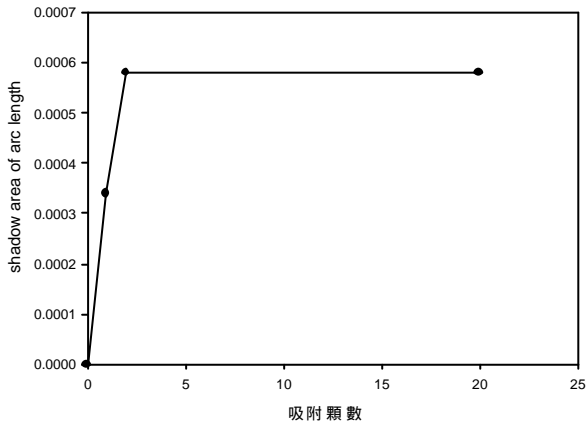
圖(4-2-13)在 $U=0.2\text{cm/s}$ curve D 時，具有布朗運動之單一膠體粒子在 PCT 不同吸附位置時所遮蔽的面積。



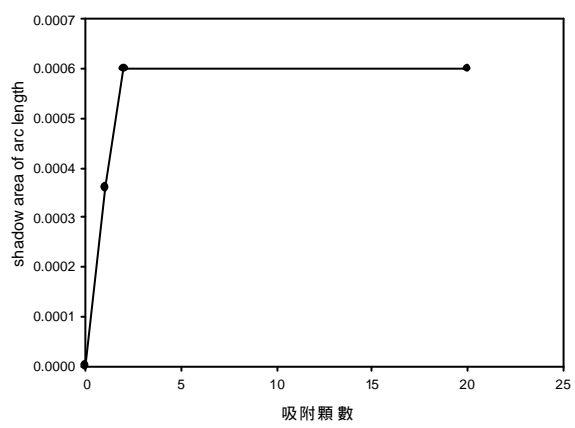
(a)



(b)



(c)



(d)

圖(4-2-14) 在 $U=0.2\text{cm/s}$ $X=0.00005$ 時，具有布朗運動膠體粒子的吸附顆數所產生的遮蔽面積： (a)curve A (b) curve B (c) curve C (d) curve D。

4-3-1 在不同 DLVO 作用力曲線、固定流速下，對具有布朗運動的膠體粒子，在 SCT 收集器中的吸附情形之比較

圖(4-3-1)至圖(4-3-4)以及圖(4-3-8)、圖(4-3-9)可以明顯的看出，在相同流速時，相同具有布朗運動的膠體粒子，在不同的 DLVO 作用力曲線下，進行膠體粒子在 SCT 收集器中的多層吸附模擬，以 curve D 的吸附效率最高，其次是 $\text{curve C} > \text{curve B} > \text{curve A}$ ，其結果跟我們在 PCT 收集器上進行模擬時得到的結果一樣，因為 curve D 是四個 DLVO 作用力曲線中，最有利於膠體粒子吸附在楔型管上的作用力曲線，而 curve A 是最不利於膠體粒子吸附在楔型管上的作用力曲線。

4-3-2 在相同作用力曲線、固定流速下，對是否具有布朗運動的膠體粒子，在 SCT 收集器中吸附情形之比較

在固定流速下，由圖(4-3-4)至(4-3-7)可知對是否具有布朗運動的膠體粒子，在 SCT 收集器上進行膠體粒子的多層吸附模擬時，不論在 curve A、curve B、curve C、curve D，所得到的膠體粒子的多層吸附圖，並沒有明顯的不同。這是因為在 SCT 收集器中，就同一入口位置的膠體粒子而言，具有布

朗運動的膠體粒子，其在 SCT 收集器的吸附位置雖比不具膠體粒子的吸附位置較靠近 SCT 的前端些許。如同 PCT 收集器一樣，SCT 收集器的中端管徑也是最小的，所以當膠體粒子吸附位置越接近中端時，膠體粒子越容易因為多層吸附的影響而造成阻塞，可是因兩者吸附位置的差距非常的小，而且當膠體粒子吸附在 SCT 收集器上時，膠體粒子只會吸附在接近 SCT 收集器的中端區域，並不會吸附在 SCT 收集器的前端區域。所以不論膠體粒子是否具有布朗運動，膠體粒子都只會吸附在 SCT 收集器的中端區域，並且在此中端區域進行膠體粒子的多層吸附，所以兩者所得到的吸附圖形並無明顯的不同。

4-3-3 在相同 DLVO 作用力曲線、改變流速下，對是否具有布朗運動的膠體粒子，在 SCT 收集器中吸附情形之比較

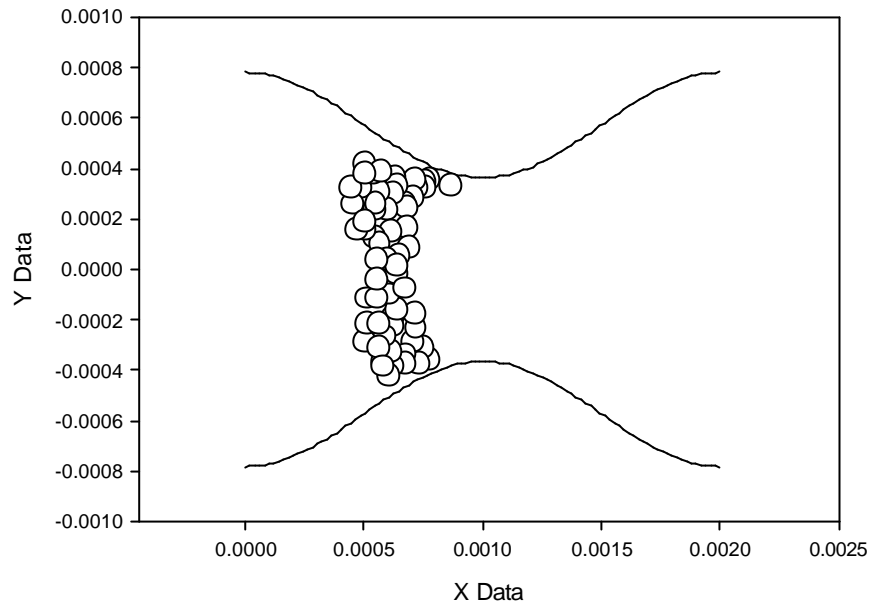
在相同的 DLVO 作用力曲線下，改變流速的大小，來觀察具有布朗運動的膠體粒子，其在 SCT 收集器中的吸附效率，會發現就同一入口位置的膠體粒子而言，流速大雖比流速小的膠體粒子其吸附位置較靠近 SCT 前端。因此流速小時，膠體粒子也比較容易因為多層吸附的影響而造成阻塞。但是在本論文中，當模擬膠體粒子在 SCT 收集器上進行多層吸附時，共用

了三種不同的流速，在這三種不同的流速下，對同一入口位置的膠體粒子進行模擬時，流速較小的膠體粒子吸附在 SCT 收集器上的位置的確較流速大的接近收集器的中端區域，但是在三種不同的流速下，所得到的吸附位置差距非常的小，所以在膠體粒子進行多層吸附時，不易看出改變流速時對膠體吸附效率的影響。

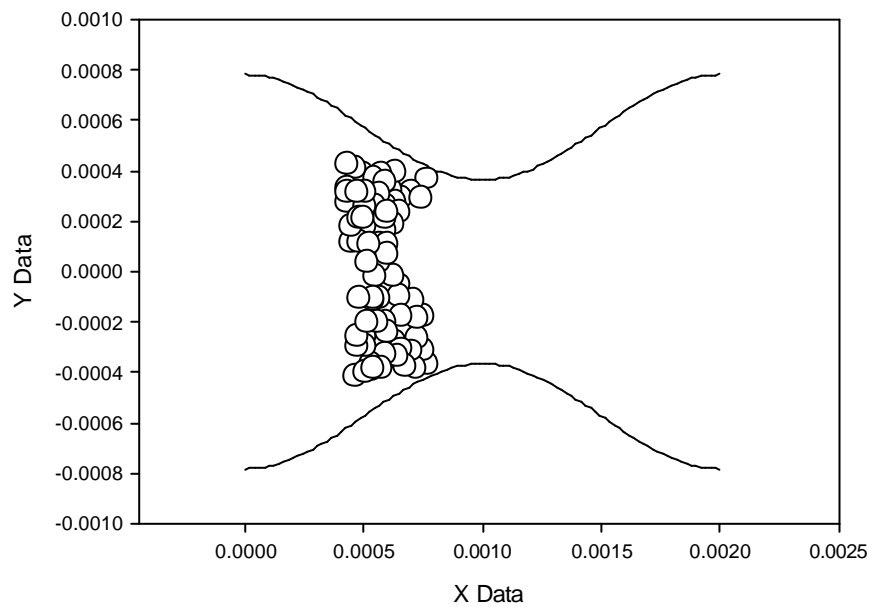
4-3-4 在不同條件下，膠體粒子在 SCT 收集器進行多層吸附時 Shadow Effect 的影響

當膠體粒子在楔型管中進行多層吸附時，因為膠體粒子除了吸附在收集器表面上，也會吸附在已吸附在收集器上的膠體粒子表面上，而在收集器中造成一個吸附屏障，使得原本不會吸附在收集器上的膠體粒子，也因此可能吸附在已吸附在收集器上的膠體粒子。而在本論文中共用了四組不同的 DLVO 作用力，而每一種作用力在收集器上的吸附影響範圍皆不同，其中又因為 curve D 是最有利於膠體粒子吸附的做用力，所以 curve D 在收集器上的吸附影響範圍最大，也因此不同的 DLVO 作用力曲線，當膠體吸附在相同位置時，所遮蔽的面積也不同。

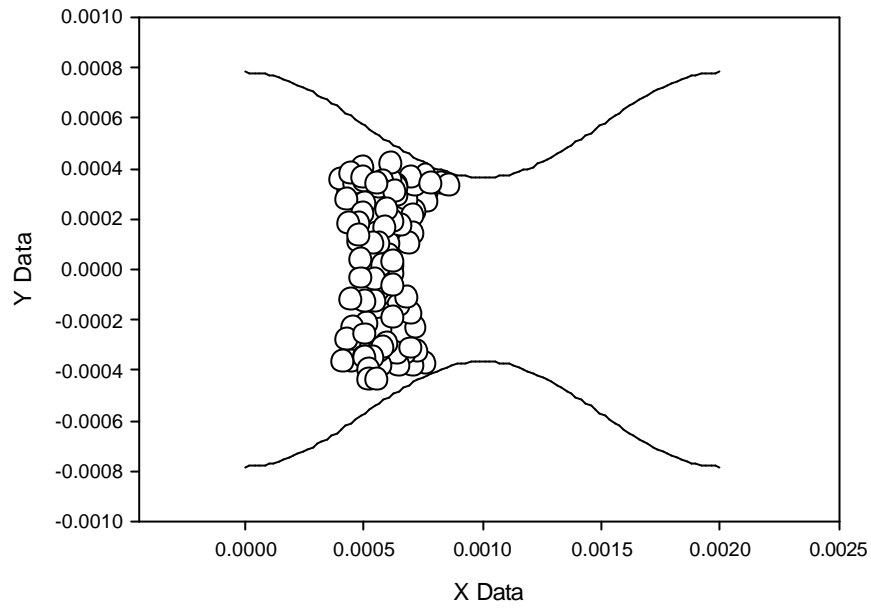
我們在固定流速 $U=0.2\text{cm/s}$ 下，對具有布朗運動的單一膠體粒子，在不同位置時的遮蔽面積作圖，由圖(4-3-10)至圖(4-3-13)結果發現就如我們先前所說的，curve D 是最有利於膠體粒子吸附的作用力曲線，所以單一粒子在相同的吸附位置時，其遮蔽的面積也是最大的。而我們用這四組不同的 DLVO 作用力，在固定位置($X=0.0005$)進行多層吸附時，用其吸附顆數對其遮蔽面積作圖，由圖(4-3-14)中，發現幾乎都在吸附兩顆或三顆膠體粒子時，就已遮蔽了所有可以吸附的面積，這是因為我們楔型管的大小跟膠體粒子的大小都是固定的，所以所得的結果均差不多。



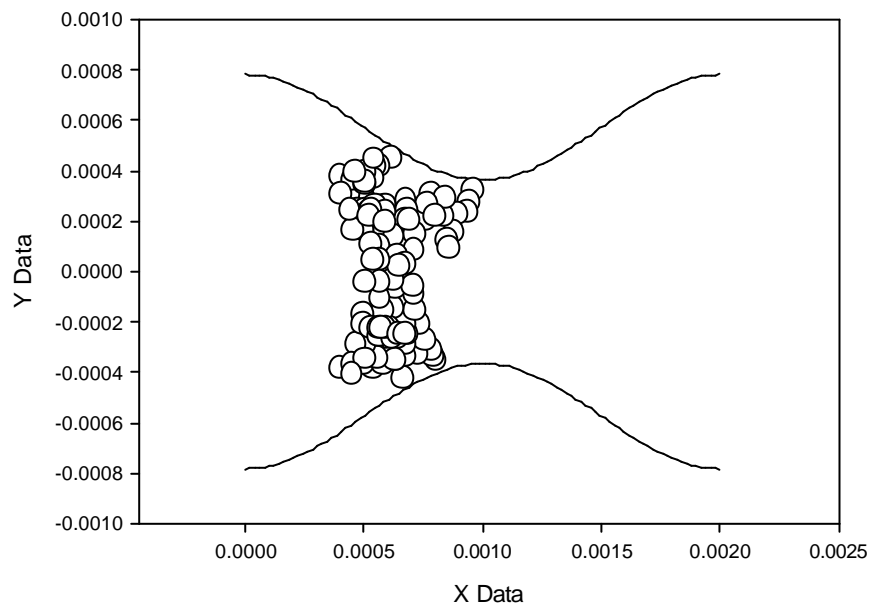
圖(4-3-1)在 curve A , $U=0.2$ cm/s 的條件下 , 具有布朗運動膠體粒子的 SCT 多層吸附圖。



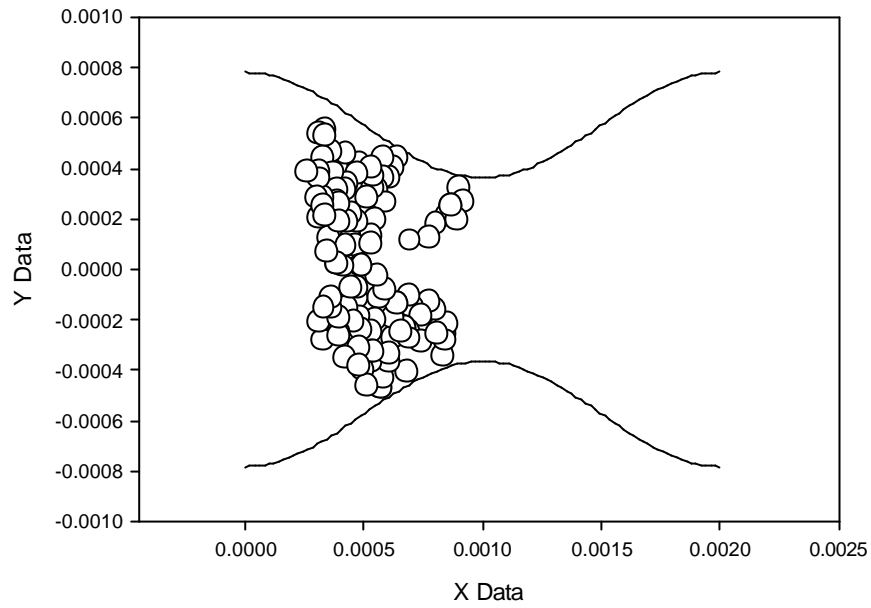
圖(4-3-2)在 $U=0.2$ cm/s curve B 的條件下 , 具有布朗運動膠體粒子的 SCT 多層吸附圖。



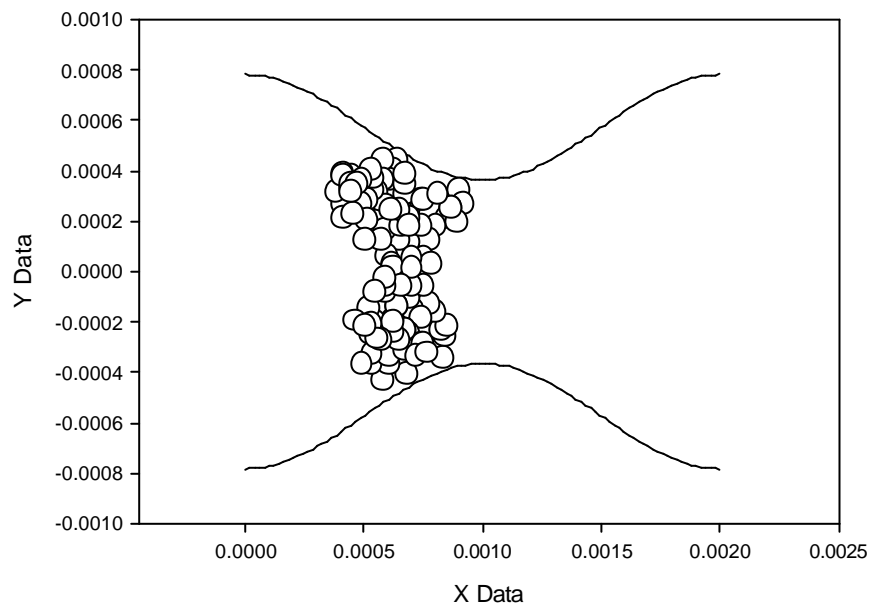
圖(4-3-3)在 $U=0.2$ cm/s curve C 的條件下, 具有布朗運動膠體粒子的 SCT 多層吸附圖。



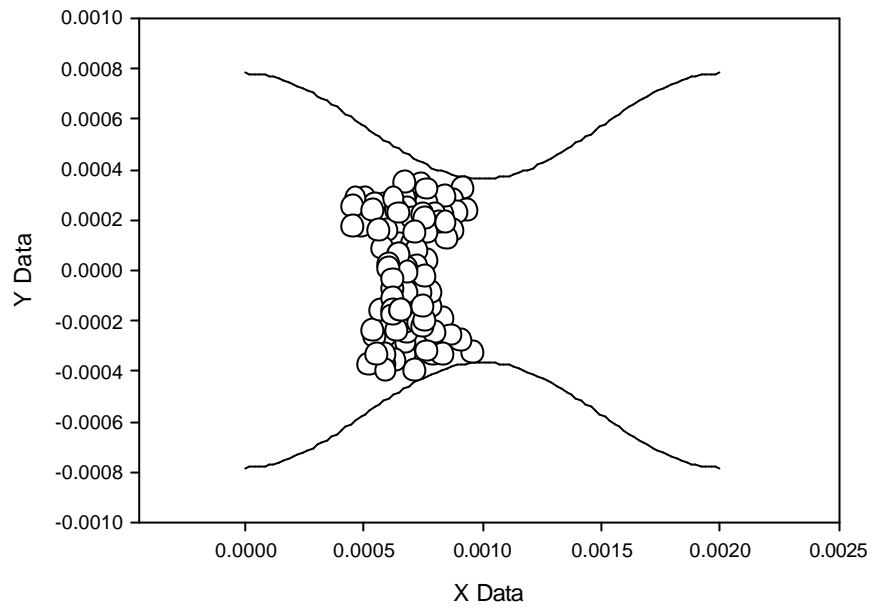
圖(4-3-4)在 $U=0.2$ cm/s curve D 的條件下, 具有布朗運動膠體粒子的 SCT 多層吸附圖。



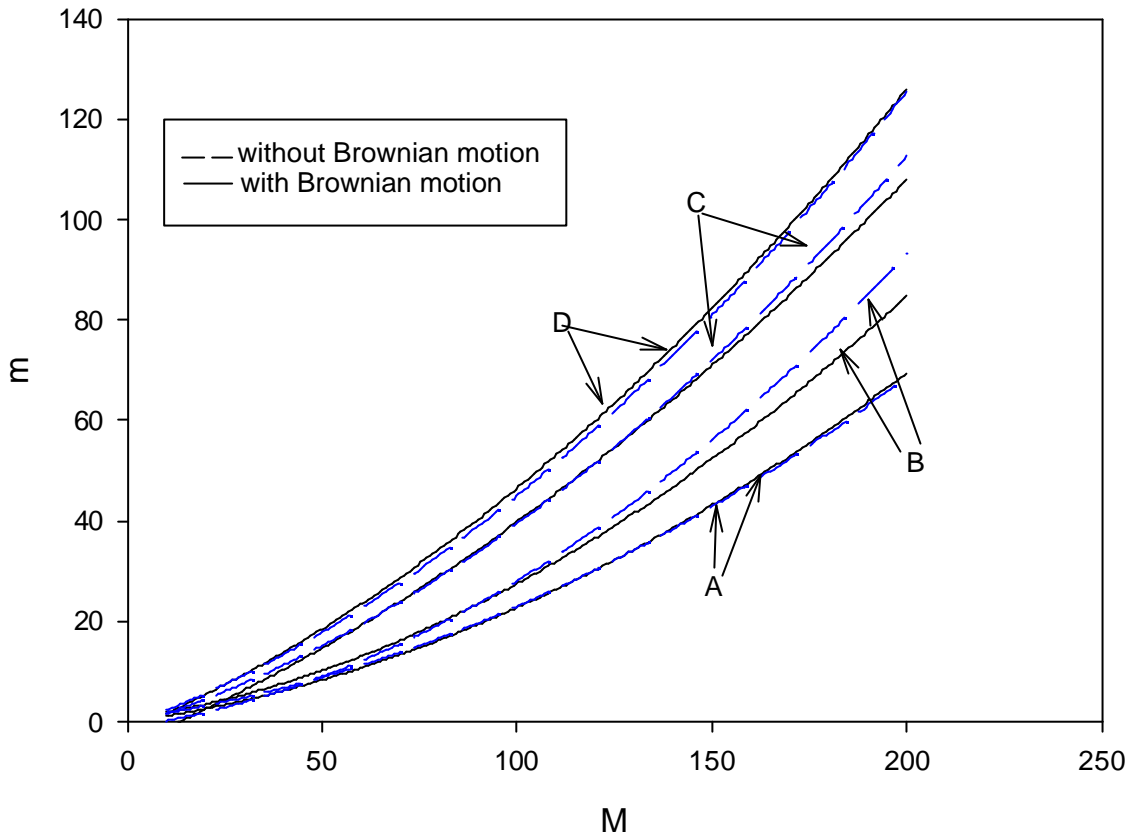
圖(4-3-5)在 $U=0.1$ cm/s curve D 的條件下, 具有布朗運動膠體粒子的 SCT 多層吸附圖。



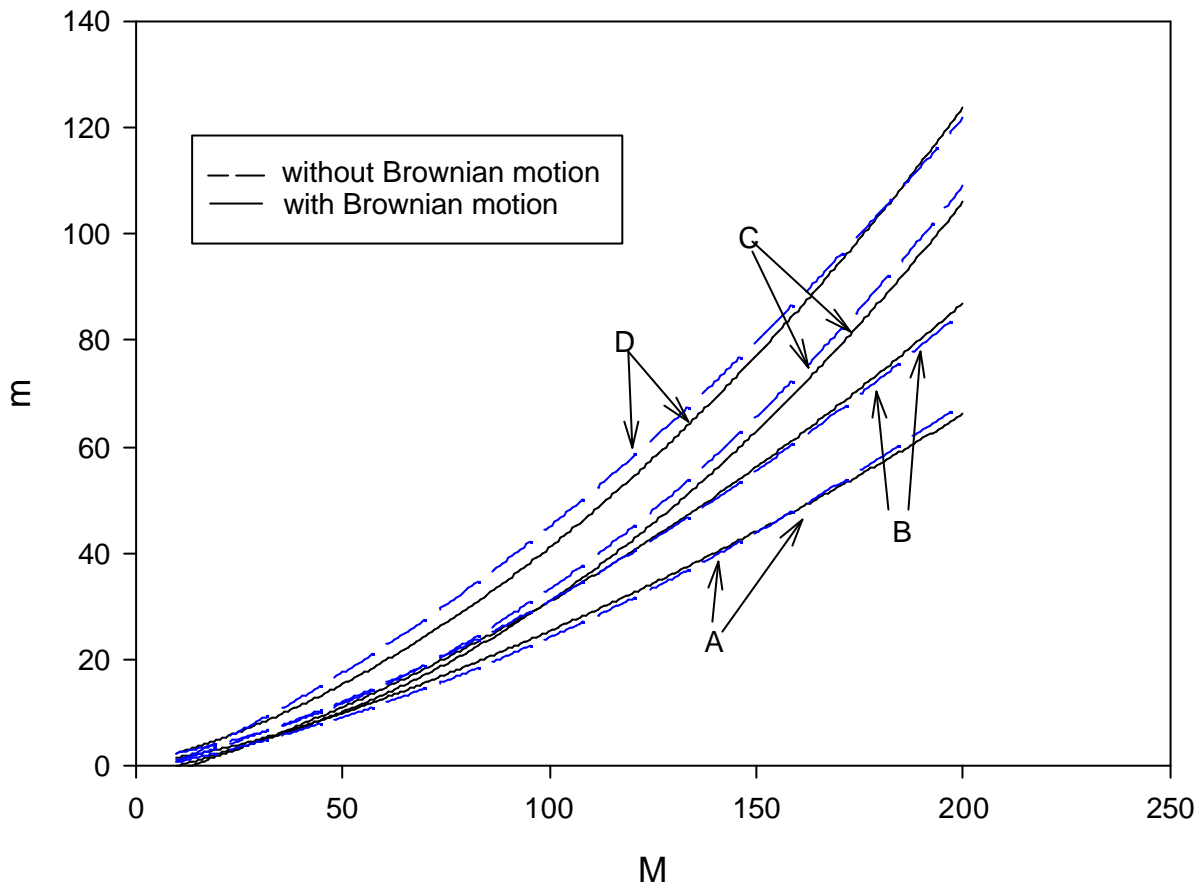
圖(4-3-6)在 $U=0.1$ cm/s curve D 的條件下, 無布朗運動膠體粒子的 SCT 多層吸附圖。



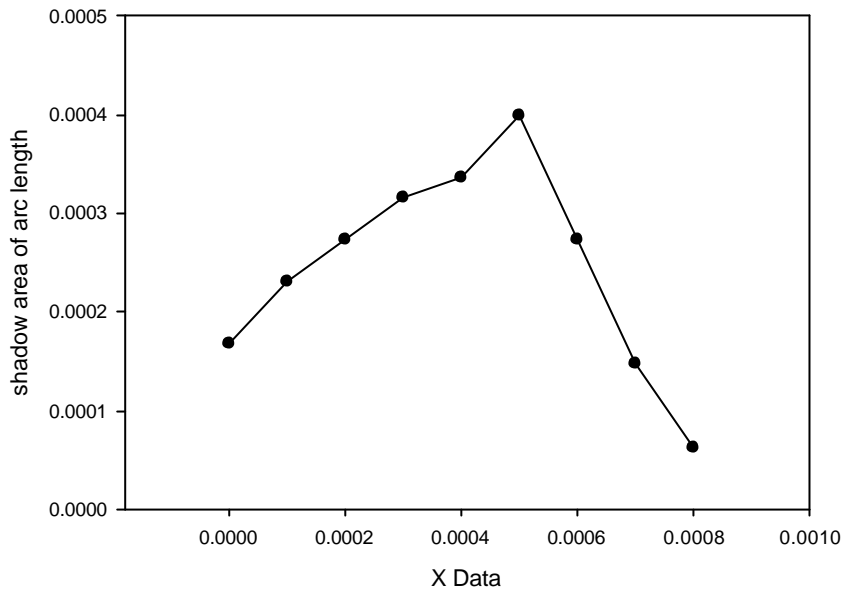
圖(4-3-7)在 $U=0.2$ cm/s curve D 的條件下, 無布朗運動膠體粒子的 SCT 多層
 吸附圖。



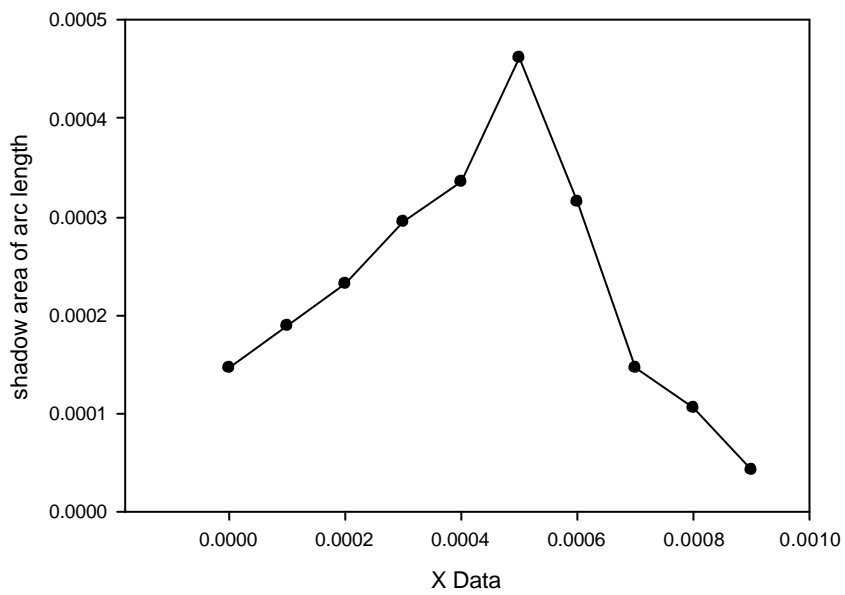
圖(4-3-8)在不同 DLVO 作用力及 $U=0.1\text{cm/s}$ 下，對具有或沒有布朗運動的膠體粒子吸附情形的比較。



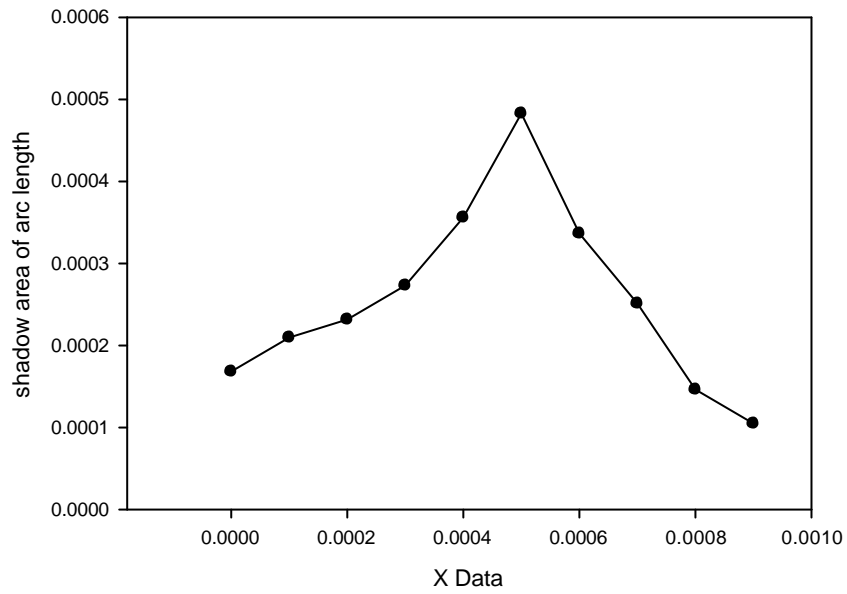
圖(4-3-9)在不同 DLVO 作用力及 $U=0.2\text{cm/s}$ 下，對具有或沒有布朗運動的膠體粒子吸附情形的比較。



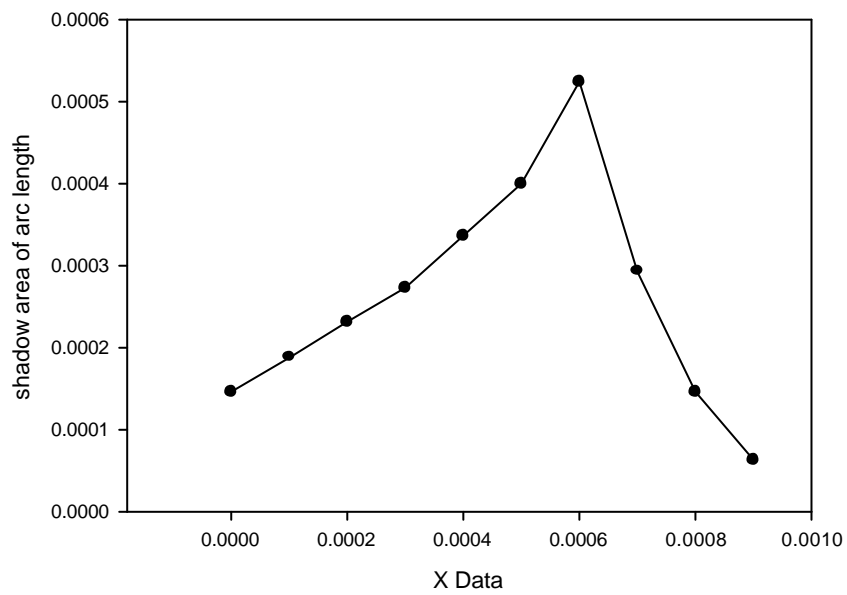
圖(4-3-10)在 $U=0.2\text{cm/s}$ curve A 時，具有布朗運動之單一膠體粒子在 PCT 不同吸附位置時所遮蔽的面積。



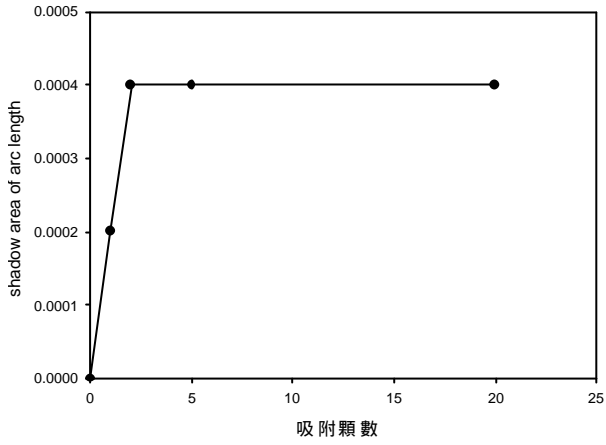
圖(4-3-11)在 $U=0.2\text{cm/s}$ curve B 時，具有布朗運動之單一膠體粒子在 PCT 不同吸附位置時所遮蔽的面積。



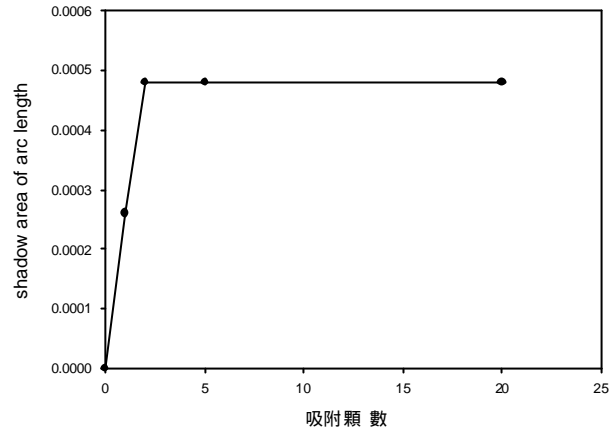
圖(4-3-12)在 $U=0.2\text{cm/s}$ curve C 時，具有布朗運動之單一膠體粒子在 PCT 不同吸附位置時所遮蔽的面積。



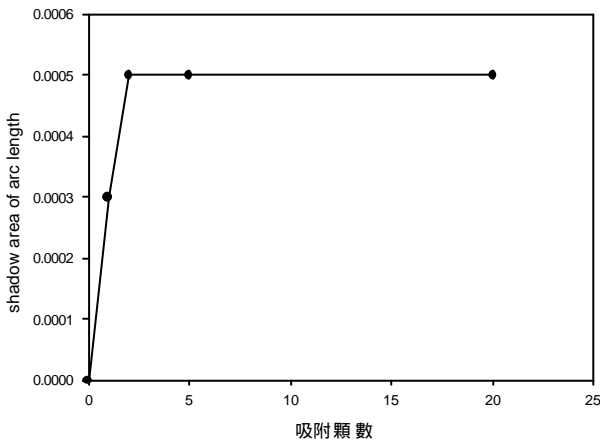
圖(4-3-13)在 $U=0.2\text{cm/s}$ curve D 時，具有布朗運動之單一膠體粒子在 PCT 不同吸附位置時所遮蔽的面積。



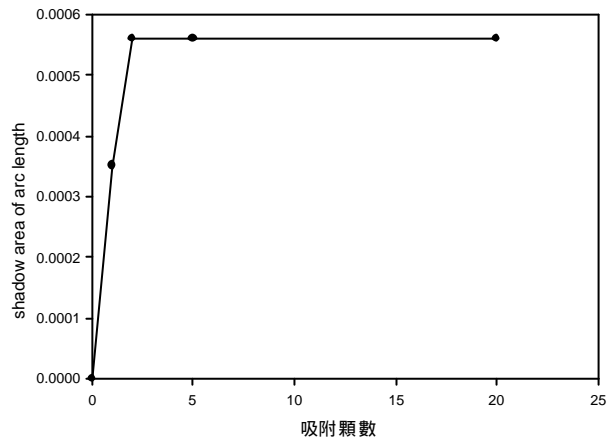
(a)



(b)



(c)



(d)

圖(4-2-14) 在 $U=0.2\text{cm/s}$ $X=0.00005$ 時，具有布朗運動膠體粒子的吸附顆數所產生的遮蔽面積： (a)curve A (b) curve B (c) curve C (d) curve D 。

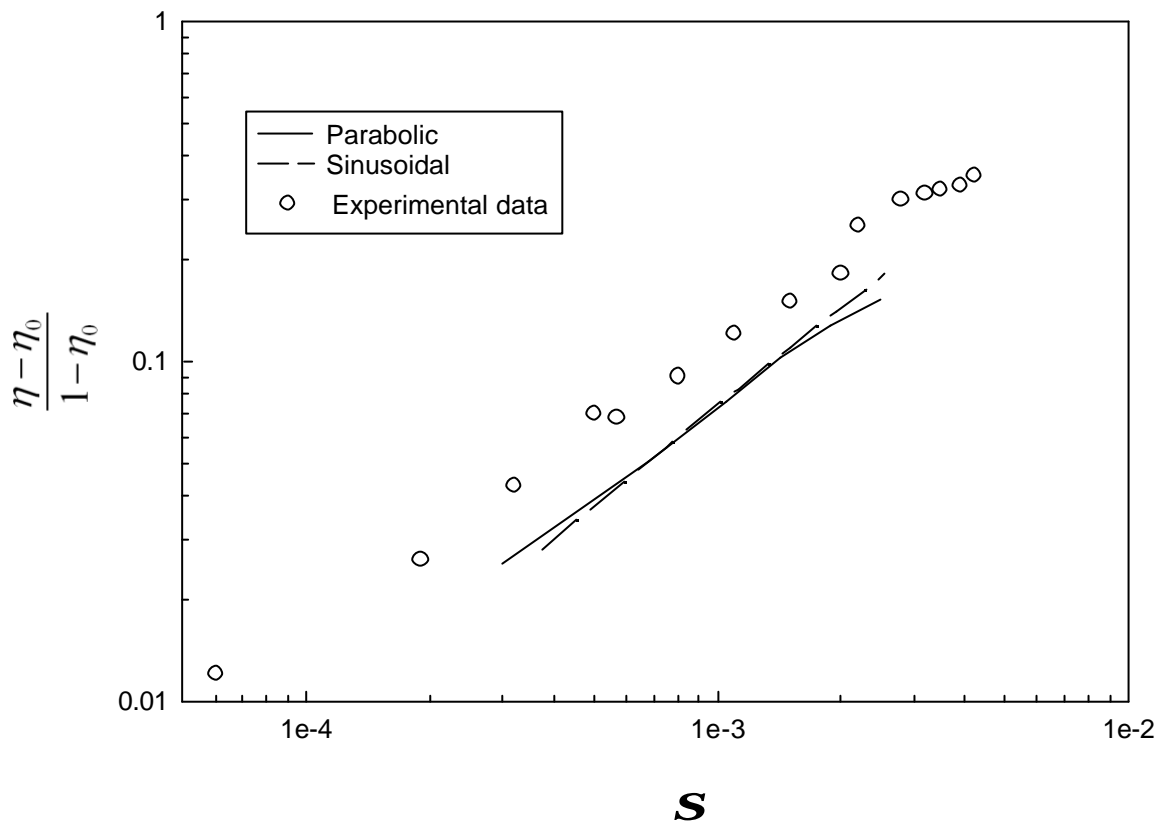
4-4 膠體粒子在 PCT、SCT 收集器中，進行多層吸附的比較

本論文所使用的兩種收集器，PCT 和 SCT 楔型管都是入口的管徑比最寬，中端的管徑最窄，可是由圖(4-2-7)和圖(4-3-7)中，我們發現 SCT 的吸附效率卻比 PCT 的吸附效率高。

這是因為當膠體粒子在 PCT 收集器進行多層吸附時，PCT 收集器會有入口效應(因 PCT 的管壁形狀斜率變化較 SCT 平緩許多)，也就是膠體粒子吸附的位置有可能在入口處，所以在 PCT 收集器中，從入口到中端都是膠體粒子的吸附範圍。而在 SCT 收集器中，膠體粒子在進行吸附時，只會吸附在 SCT 收集器的中端區域，所以膠體粒子的多層吸附效應也發生在此。因為兩個收集器吸附範圍的不同，使得膠體粒子只吸附在中端區域的 SCT 收集器，較易因為膠體粒子的多層吸附影響而阻塞，因此阻塞後的吸附效率將大為提高，所以我們可以明顯的知道 SCT 收集器的吸附效率，在同一條件下會比 PCT 的收集器高出許多。

4-5 電腦模擬值與實驗值的比較

圖(4-5-1)為膠體粒子在 PCT 以及 SCT 收集器上之吸附效率模擬值與實驗值的比較。由此圖可見，不論膠體粒子在 PCT 或 SCT 收集器上進行多層吸附，其膠體粒子的吸附效率皆會隨著 s 之增加而有上升的趨勢，而 SCT 的斜率也比 PCT 高出些許，這就如同我們之前所說的，膠體粒子集中吸附在 SCT 收集器的中端區域，所以 SCT 在後期吸附的吸附效率會比較高些，但我們的模擬值仍比實驗值小了些。



圖(4-5-1)為膠體粒子在楔型管收集器上之吸附效率模擬值與實驗值的比較。