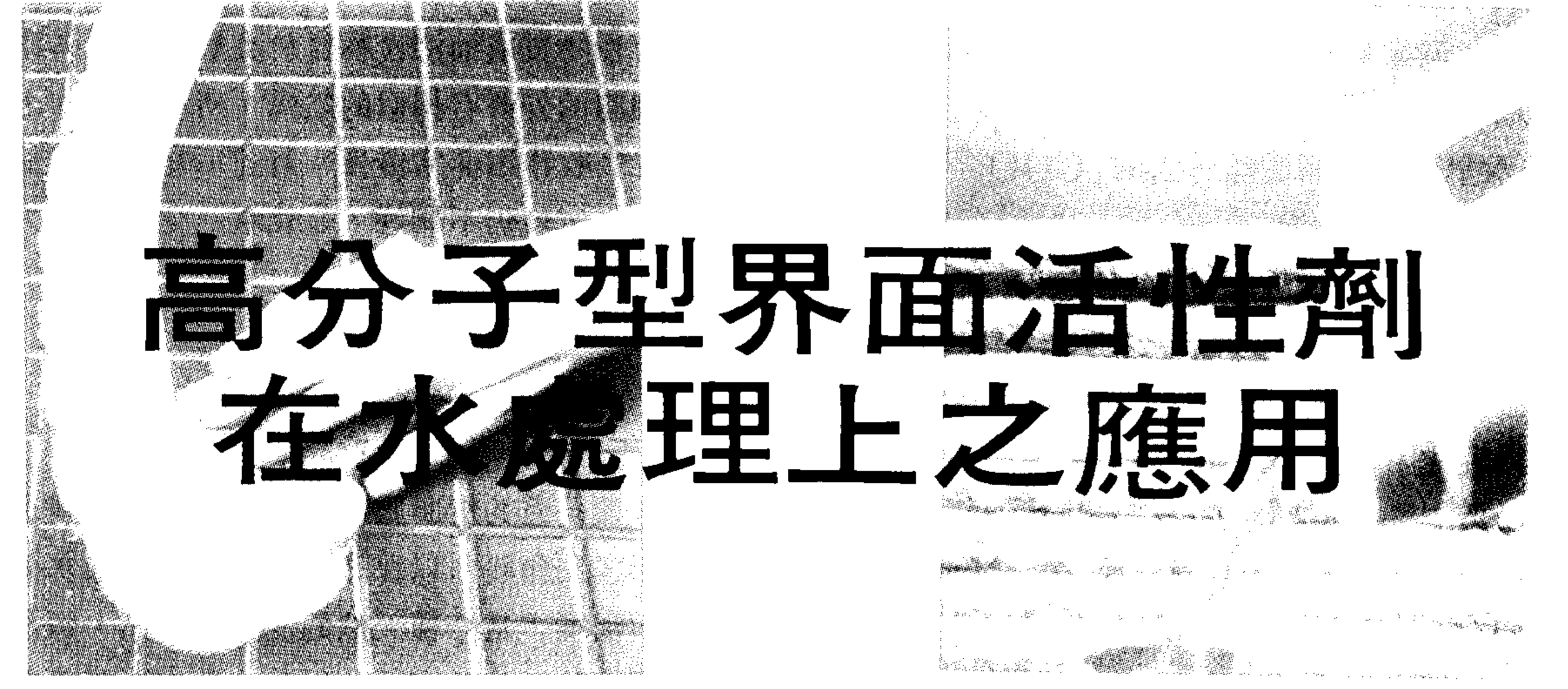




高分子型界面活性劑 在水處理上之應用

王乃珍・陳守一・張敏超

前言

水是生活的重要資源之一。隨著工業迅速的發展，雖得到經濟快速的成長，所付出的代價卻是生活環境的污染。人類後來漸漸了解破壞了這些環境，影響最大的仍是自身的健康。因此在近幾年，一些有關環保法規日益被重視，希望藉此督促污染者對其所產生的污染能善加處理，使其污染的嚴重性降至最低。

本文欲探討的是有關高分子型界面活性劑聚電解質在水處理上的應用（高分子型界面活性劑在水處理上常以聚電解質稱之）。因聚電解質溶解在水溶液中具電荷特性，所以在水處理中有兩個主要作用：1.降低或中和水中細小懸浮物之表面靜電位；2.有助於將水中小粒子雜質結合成大粒子而易於過濾去除。因此，合成的有機聚電解質已被廣泛應用在原水處理及廢水處理上。

而在飲用水的淨化過程之步驟不外是：1.凝結作用；2.膠凝作用；3.沈降作用；4.過濾作用；5.消毒作用。聚電解質在其中凝結及膠

凝作用上扮演重要功能角色，此兩種作用之反應機構原理亦可應用於工業用之原水及廢水的處理上。

在本文中，將介紹何謂聚電解質？其凝結、膠凝作用之反應機構及其在工業用水之水處理上所扮演的角色。

聚電解質簡介

聚電解質(polyelectrolyte)為一有機高分子聚合物，其分子結構上含有可游離之離子基(ionized group)，因而使其能溶於水中具有電解質行為。聚電解質依其所存在的電荷型式可分為下列4種型態，其個別來源如表1⁽¹⁾所示。

1.陽離子型聚電解質

其分子結構有一帶正電荷的離子基，此正價之離子基可能為三代硫(trisubstituted sulfur)、四代磷(tetrasubstituted phosphorous)、或四代氮(tetrasubstituted nitrogen)。美國於飲用水處理最常使用之陽離子型聚電解質為 Poly (diallyldimethylammonium

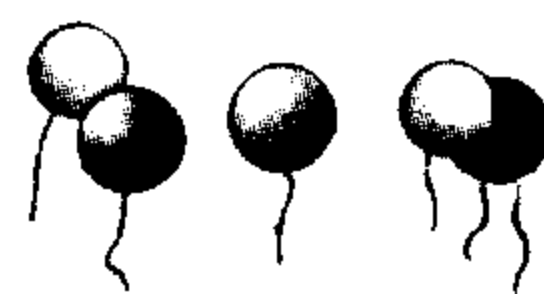


表1 聚電解質之形式及來源

來源 \ 電性	非離子型	陰離子型	陽離子型	兩性型
天然物	Gum guar			動物膠、蛋白
天然物之衍生物	糊精	sodium alginate 磷酸化澱粉 羧甲基纖維素鈉鹽		膠聯性動物膠胺化鞣酸 (aminated tannin)
合成之膠合物	polyacrylamide polyethylene oxide polyvinyl alcohol	已水解之 polyacrylamide 苯乙烯磺酸鈉	polyethyleneimine vinyl pyridine/ acrylamide之共聚物 poly (diallyldimethylammonium chloride) polyvinylamine 及其它丙醯胺改質物	

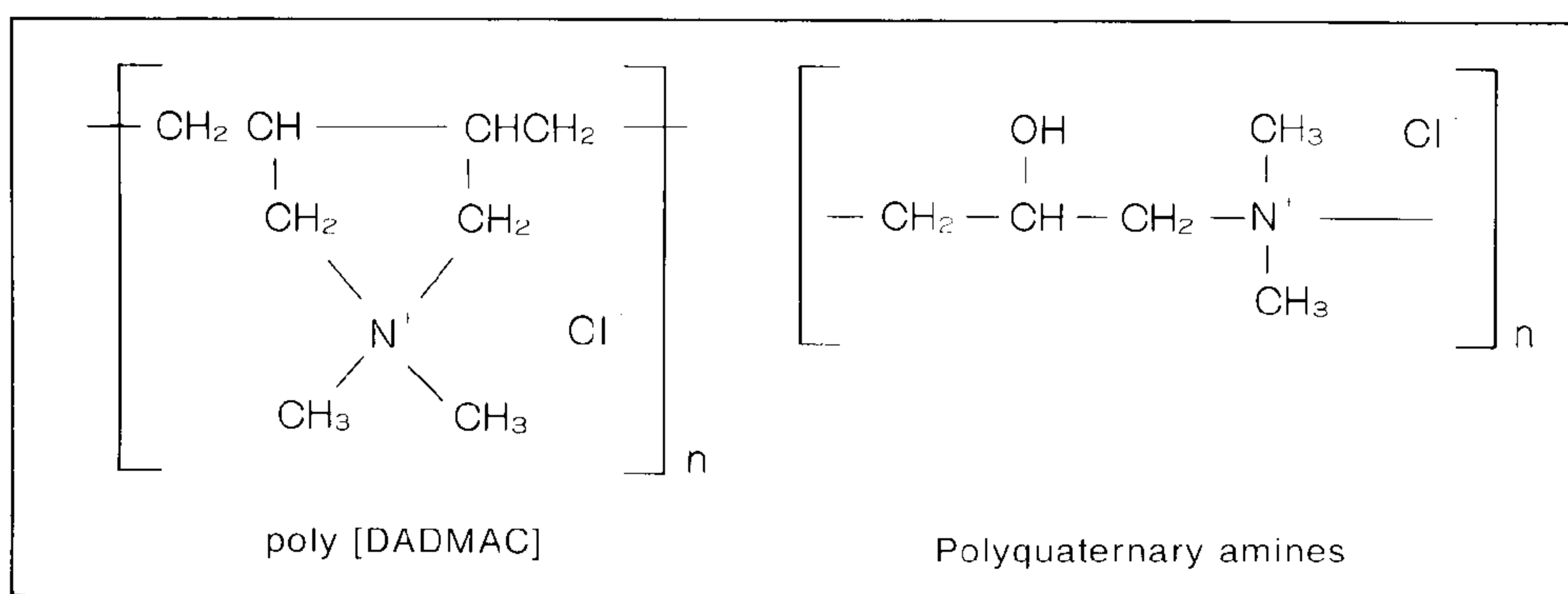


圖1 常用陽離子型聚電解質Poly DADMAC及Polyquaternary amines之結構式

chloride)，簡稱Poly(DADMAC)，和Polyquaternary amines（由二甲胺基與氯甲代丙環(epichlorohydrin)聚合而成)，兩者之結構式如圖1⁽²⁾所示。

2. 陰離子聚電解質

為含有硫酸根(sulfonic)、磷酸根(phosphonic)或碳酸根(carboxylic acid)官能基之聚合物，常用之陰離子型聚電解質多屬於聚醯胺，如聚丙醯胺(polyacrylamide)，其結構如圖2所示。

3. 非離子型聚電解質

此類分子之結構式中並沒有離子基，因此不具電荷。然而在水中時，其藉由某些吸引力，如氫鍵作用力，可從溶液中吸附少數之陰離子，而使具電解質本身具有陰離子性。如聚乙

烯基醇(polyvinyl alcohols)及聚乙二醇(polyethylene oxide)。非離子性聚丙烯胺(polyacrylamide)，如圖3所示水解可產生少量帶陰電荷之羧基。

4. 兩性型聚電解質

其為同一聚合物結構上，同時具有正電及負電之離子基的聚合物，如圖4所示。

(一) 聚電解質之結構特質

聚電解質之效率受其本身結構特質的四個基本因素影響：

1. 聚電解質的平均分子量

聚電解質含有不同的鏈長的分子，因此分子量只是一個平均值，並沒有表明分子量的範圍。聚合物的平均鏈長與凝聚能力有直接關係。

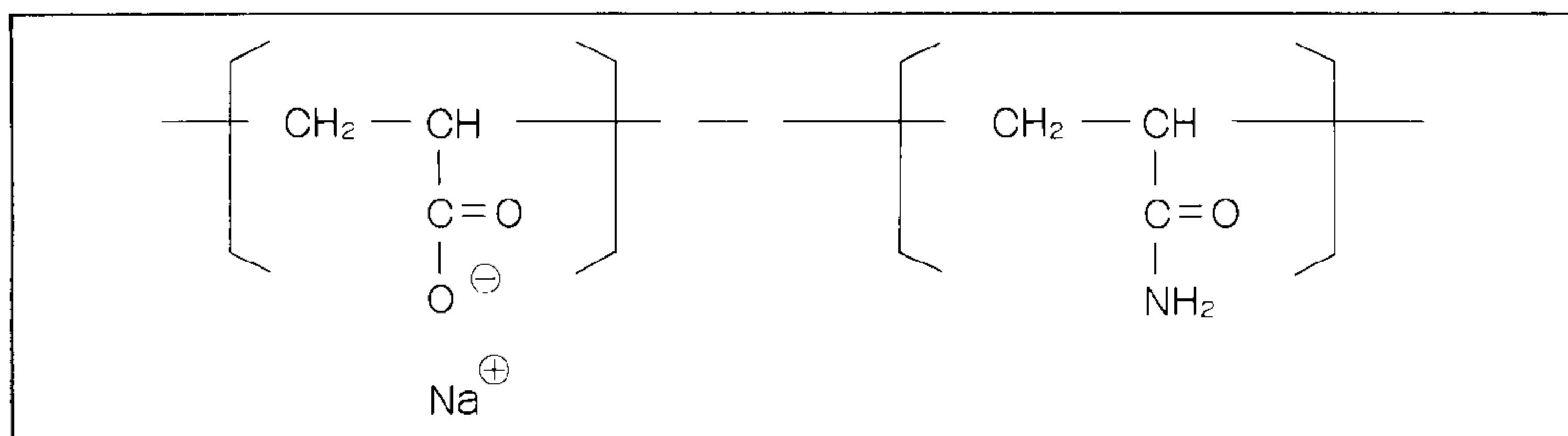


圖2 陰離子型之Polyacrylamide

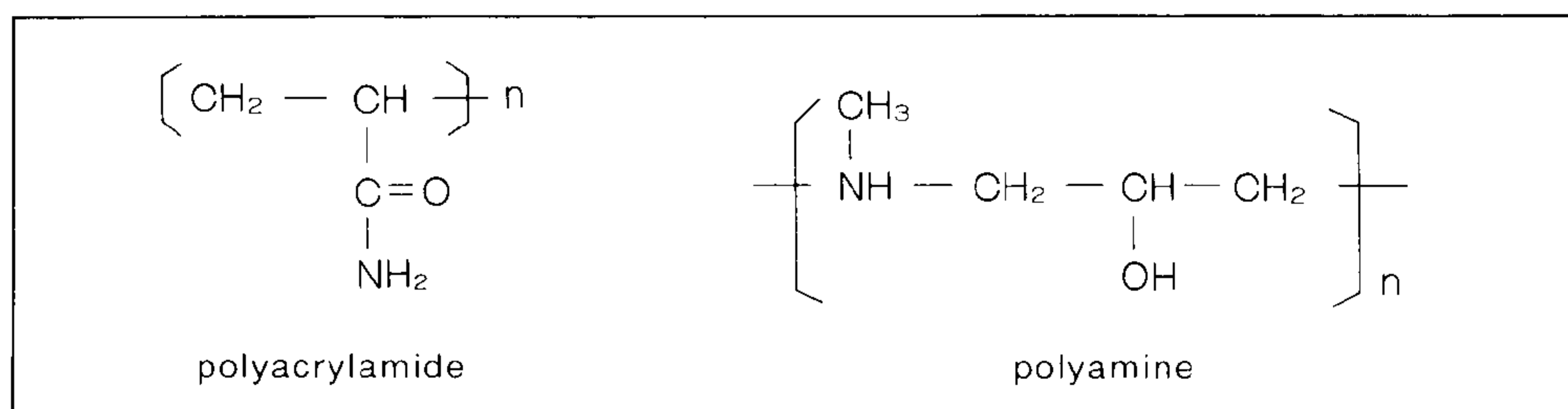


圖3 非離子型之Polyacrylamide及Polyamine

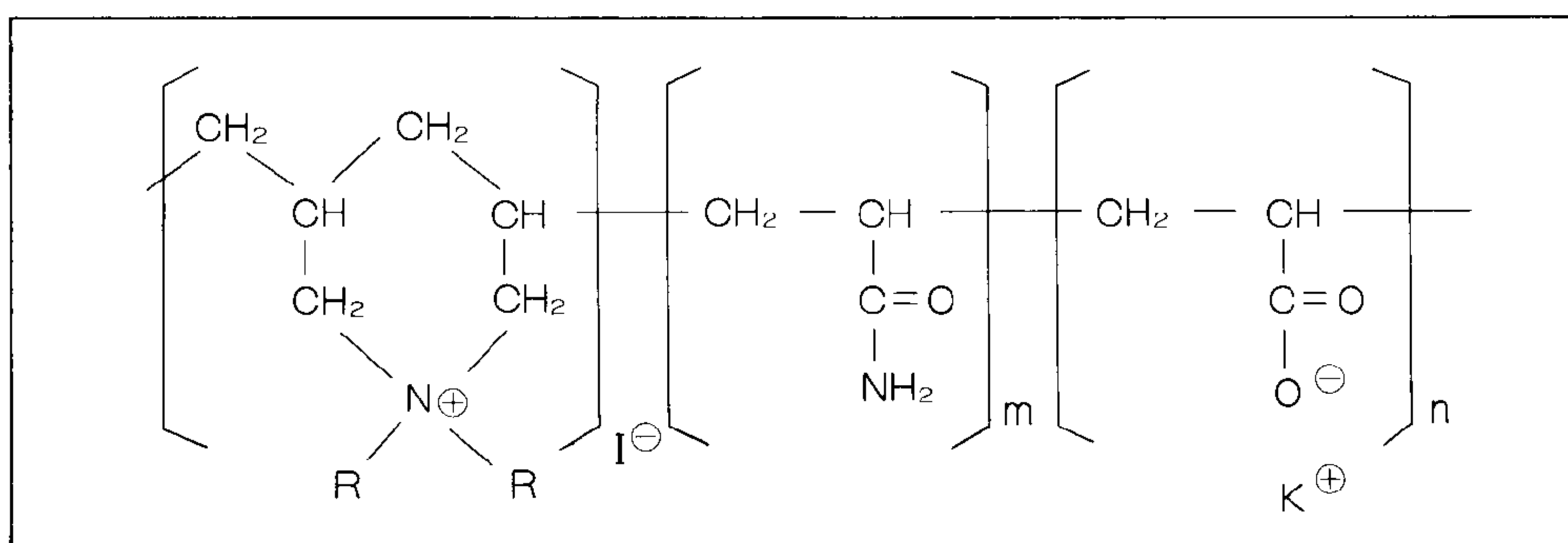


圖4 兩性型之聚電解質

2. 平均離子的電荷密度

非離子的聚合物可隨意和其它的陽離子或陰離子分子結合，而產生各種不同電荷密度的共聚物。而離子之電荷密度又會影響聚合物吸附在為粒上的程序，如圖5所示。

3. 分子量分布

既使具有相同平均分子量的兩種聚合物，由於分子量分布情形不同，而使之具有不同之

凝聚能力。

4. 共聚合體的相對活性

由兩種不同單體聚合而成的共聚物，由於聚合結構中此兩種單體比例不同，可形成不同型式的共聚物。如帶電中性的A與帶負電性的B兩種單體反應，可能產生的共聚物：

其電荷分布為 ABABABABAB或AAAAABBBBBB，
— — — — — — — — — —

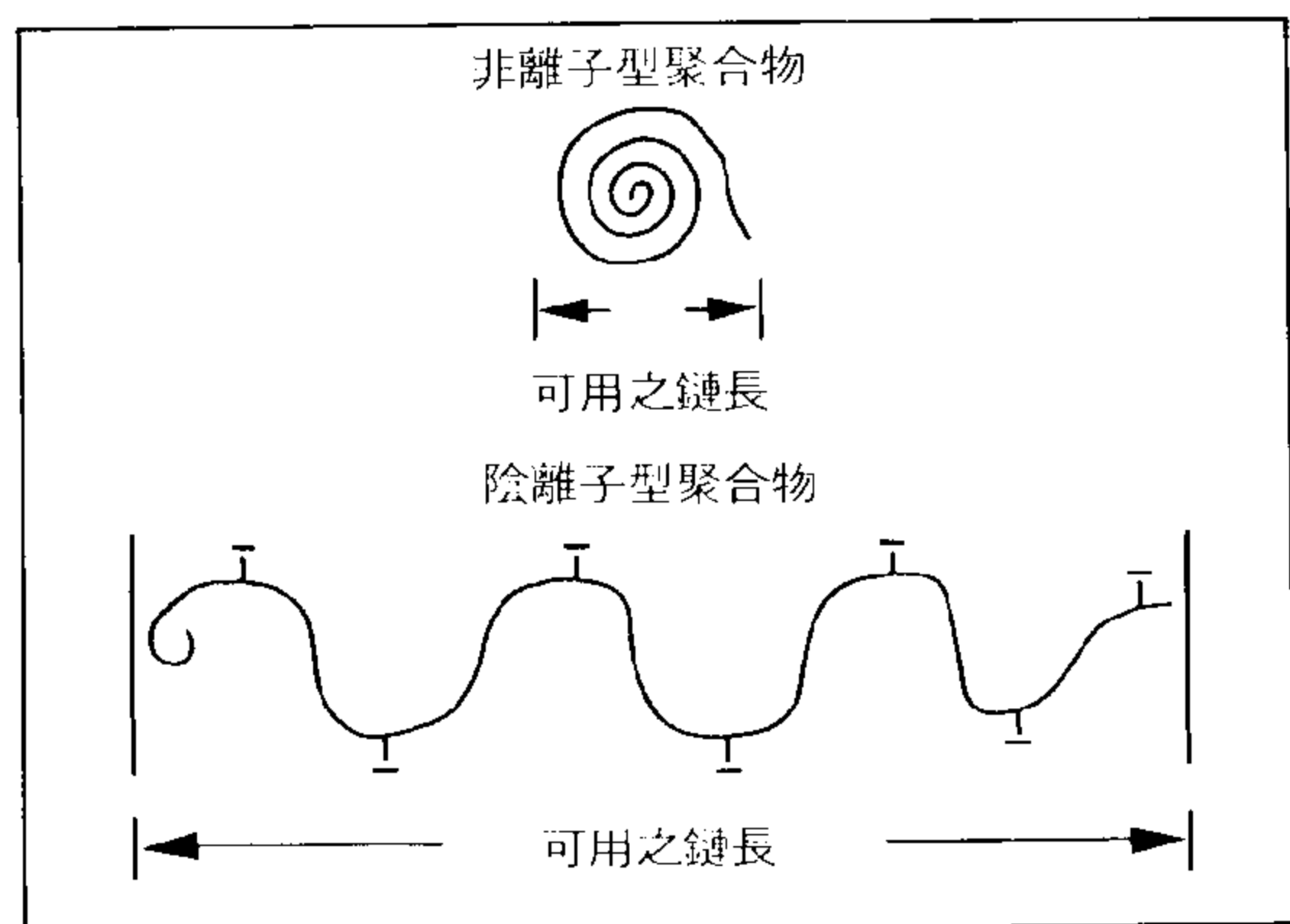


圖5 此兩種聚電解質具有相同之平均分子量，但電荷分布不同

(二)聚電解質之溶液性質

1. 反離子交換

聚電解質之每一離子基均有一相反電性之反離子(counterion)與其相鄰。在溶液中，含有類似電荷之其它反離子，常以反離子交換來達成平衡。如果反離子為聚電解質本身，則將形成聚鹽基性(polysalt)。

2. 導電度

聚電解質溶液具有電解的導電度。在電場的影響下，陽離子聚合體游向陰極，而陰離子聚合體游向陽極，因而形成溶液之導電度。

3. 黏度^{(3),(4)}

聚電解質在溶液中具黏性。當聚電解質濃度高時，電荷數目增加，將造成鏈上電荷之間之排斥力，因此整個分子結構中的分子鏈將處在較延伸(more extended)狀態，如圖6(b)，所以聚電解質黏度增加。加入鹽類會遮蔽離子電荷，降低鏈之延伸，如圖6(c)，因而降低聚電解質之黏度，如圖6(d)。當所加鹽類濃度過大時，鏈上離子基間之作用會減低，聚電解質溶液性質就像非離子性聚合物之性質。

鹽類離子之價數越高，鹽稀效果越大，如圖6(d)，聚電解質之延伸性越低。因此利用聚

電解質來膠凝(flocculation)時，溶液之離子強度(ionic strength)越低越好，亦即水之硬度要低，以達較高之膠凝效率。

凝結作用與膠凝作用之原理

(一)膠體的形式

水中懸浮的固體，可能是碎石、汙泥、細菌、或是粒徑更小的固體。一般而言，當固體粒徑小於100 μm 時，對這些微小固體懸浮物再分成兩大類，一為膠體粒子(colloidal particles)，另一類為分子性粒子(molecular particles)，前者粒徑在1~100 μm 之間，後者則小於1 μm 。若將這些細小的固體懸浮物統稱為膠體(colloid)，一般而言，膠體多帶陰電性，依其化性來定義，又可分為3大類：

1. 親水性膠體(Hydrophilic colloid)

具吸引大量水溶液的性能，黏度比水大，但表面張力較小，如蛋白質、澱粉、動物膠等，其能藉著化學鍵的作用與水分子水合成穩定的分子。

2. 疏水性膠體(Hydrophobic colloid)

為重金屬如金、銀、鉍或其它黏土，具有和水相近的稠度或表面張力，但與水沒有親和力。藉由其本身所帶的負電荷彼此抗拒分散著，其穩定性取決於粒子與粒子間，及粒子與分散介質間的相互作用。

3. 重合膠體(Associated Colloid)

此類膠體同時具有親水性及疏水性，因此大都存在於界面之間，如肥皂、清潔劑等。

實際上此些化性的區分並不是非常明顯，很多膠體是介於親水性與疏水性兩種性質之間。

至於如何將懸浮固體從水中去除呢？一般而言，水中懸浮固體若其比重大於水，則可藉重力沈澱去除。由表2⁽⁵⁾可知，不同粒徑之固體懸浮物，其藉自然重力沈降的時間不同。對於粒徑小的固體，如膠體粒子，若完全藉由自

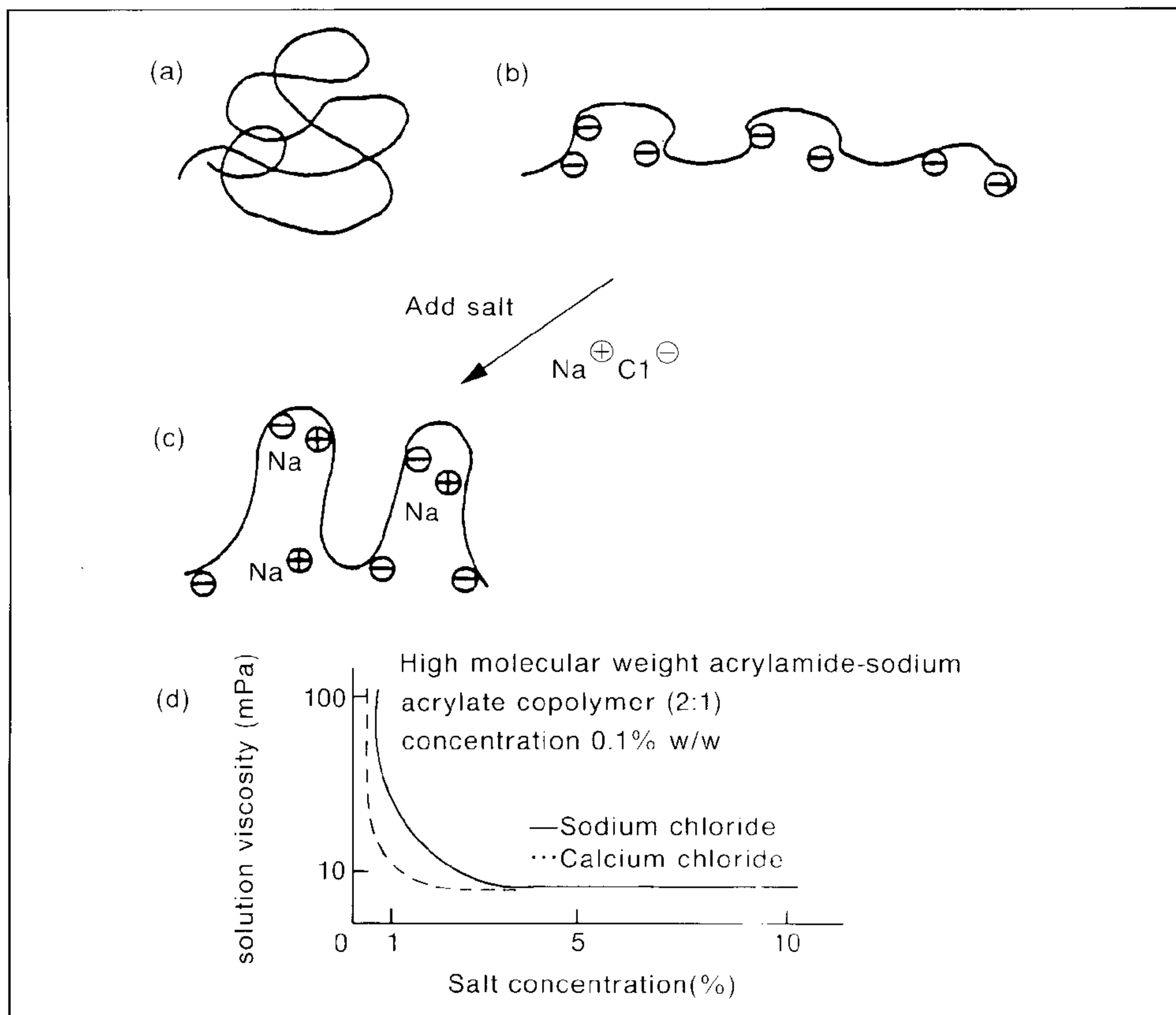


圖6 聚電解質組態(conformation)：(a)無規則圖繞(random coil)；(b)陰離子型聚電解質；(c)鹽析效應；(d)加入鹽類對聚電解質的影響

然重力，其沈降時間最長可達數年之久。因此欲快速將膠體由水中去除，則可藉由外加凝結劑(coagulant)與膠凝劑(flocculant)，使水中懸浮粒子聚集成大膠羽，易於沈澱去除。

(二)凝結劑與膠凝劑

凝結作用(coagulation)與膠凝作用(flocculation)二詞均源自拉丁文。前者拉丁文“coagulare”，意為聚集(together)，即把兩個或多個不同的個體拉攏再一起；後者拉丁文“flocculare”，意即膠羽形成(floc formation)。

一般而言，凝結作用係指添加凝結劑於水

中，利用快混(rapid mixing)使凝結劑迅速且均勻分布，增加其與膠體粒子之間的碰撞、凝聚(使電荷中和)機會，並破壞膠體之穩定性。而膠凝作用係使此不穩定之膠體粒子，藉由慢混(slow mixing)方式逐漸形成微細膠羽(Floc)，並利用速度坡降(velocity gradient)使彼此相互碰撞，產生較大的膠羽，以達足夠之沈降速度。

(三)凝結作用

凝結作用之反應機構可由化學及物理兩種反應機構觀點了解之：

1.化學反應機構

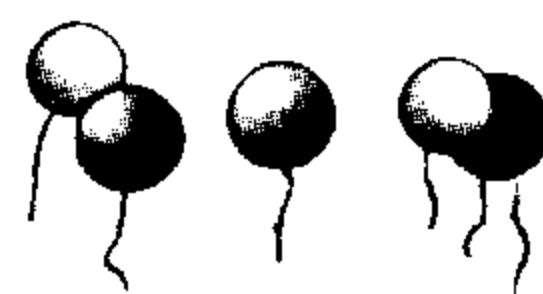


表2 水中懸浮物之粒徑大小對自然重力沈降時間之效應

粒子粒徑(mm)	種類	總表面積 ¹	沉降所需時間 ²
10	碎石	0.487 sq in.	0.3秒
1	粗砂	4.87 sq in.	3秒
0.1	細砂	48.7 sq in.	38秒
0.01	污泥	3.38 sq ft.	33分
0.001	細菌	33.8sq ft.	55小時
0.0001	膠體	3.8 sq yd	230天
0.00001	膠體	0.7 acre	6.3年
0.000001	膠體	7.0 acres	最少63年

註1. 上述標明尺寸的粒子其面積是相較於一個直徑為10mm，比重2.65的粒子所產生的。

註2. 上述結果是相較於一個比重2.65的圓球粒子沉降1呎(30.48 cm)時所需時間。

粒子以明確的化學結構凝結，並由於彼此間之化學反應如錯離子之形成及質子之轉移等，造成膠體粒子之不穩定狀態。

2. 物理反應機構

由電雙層 (electrical double layer) 所延伸之某些物理因素，如反離子之吸附 (counterion absorption)、靜電吸引 (electrostatic interactions)、離子隅之形成 (ion pair formation)、及泳動電位 (zeta potential) 的降低等。當具與膠體粒子不同電性的離子加入膠體溶液時，凝結作用便將發生。

而凝結作用發生時，膠體粒子必先發生去穩定作用 (destabilized) 或電性中和之後，不穩定的膠體粒子再互相碰撞形成較大之粒子。以下就物理反應機構再進一步詳述。

1924年Stern認為膠體表面可能有類似偶極力等的吸引力，所以應有一層與膠體表面電荷相反電性的離子，緊密地附著於膠體表面，此層即稱之為固定層 (Stern layer)。如水中之膠體多帶負電荷，因此在其表面極易形成正離子聚集，此層即為固定層。但此正離子濃度隨距膠體越遠而減小，此段正離子分布層稱為反離子 (與膠體電荷相反者) 分散層。遠離膠體的部分則由正、負離子在四周做繼續的移動或擴張，此層稱為擴散層 (Gouy-Chapman layer)。當其作用的位移越弱，同時離子移動

的速度也將隨之減慢，直到完全靜止，此時形成一孤立電子帶。電位能由固定層到孤立電子帶的差叫做泳動電位 (zeta potential)，如圖7所示。

反離子分散層與固定層合稱電雙層 (electrical double layer)。水中膠體因電雙層之拒斥而保持其分散狀態，維持膠體的穩定 (stability)，此為疏水性膠體安定的理由；而親水性膠體則因膠體表面吸附水分子而形成彼此接近時之障礙，因而維持其本身的穩定。

根據Hardy於1900年所提出的Schulze-Hardy rule中指出，水中反離子電荷價數越高，則其破壞膠體粒子穩定性的作用越強。因此當凝結劑加入水中後，將使分散層中反離子濃度增高，故可壓縮分散層之原狀並降低靜電斥力，因此膠體粒子可利用凡得瓦爾力 (van der Waal's Force) 接近，同時因能量障礙 (energy barrier) 之降低，故可使膠體粒子相互接近而凝聚。

至於先前曾定義過的泳動電位，可用來測試膠體的穩定度。泳動電位越高，膠體越穩定。例如廢水中發現膠體大小在10 nm~10 μm之間時，其泳動電位為-15~-20 mV之間。凝結劑的目的在於使膠體溶液的泳動電位值降至零，使其不穩定。泳動電位的估算可由下列式子得之：

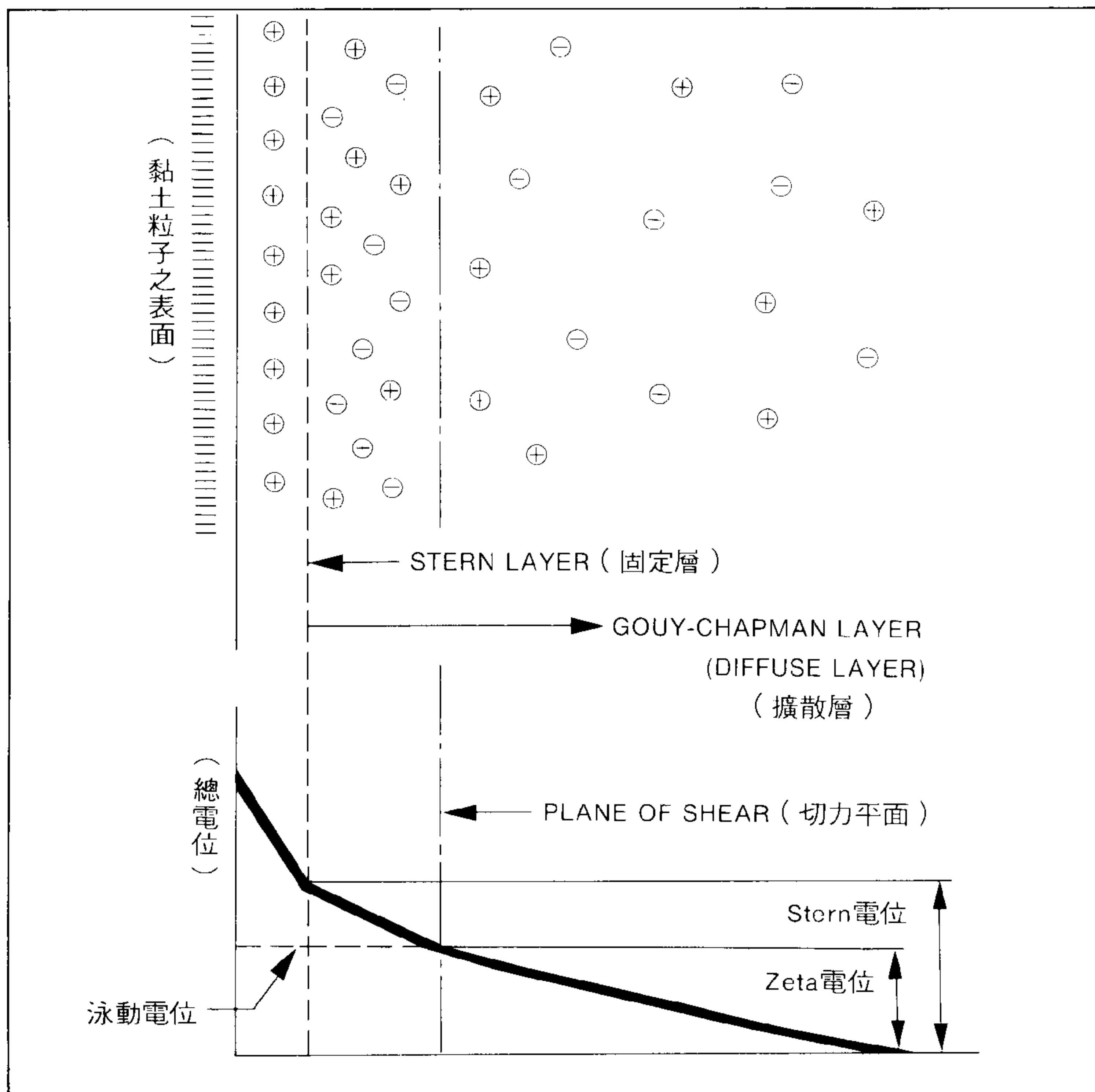


圖7 Stern電雙層模式

$$\xi = 4\pi\mu(EM)/XCD$$

其中， ξ ：泳動電位

D：介電常數

X：應用電位

μ ：黏度

EM：顆粒電泳 = GL/VT

其中，G：電泳長度

V：伏特；T：時間

但當凝結劑添加過量(overdosing)時，水溶液中之膠體粒子會產生再穩定(restabilization)之現象，如圖8所示。此乃因過多

之正電荷（假設膠體為負電荷），導致膠體粒子因黏附過多正電荷，遮蓋了原本的負電性，使其電荷似乎由負變正電性，因此與溶液中的外加正電性之離子或膠體與膠體間，又恢復同電性相斥之穩定態，造成凝結劑效率反而較添加適量凝結劑時為低。

近年來常被用來作凝結劑的有機聚電解質如：Polyacrylamide (PAM)、Polyacrylic acid (PAA)、Polystyrene (PS)、及 Polydiallyl - dimethylammonium (PDADMA, Cat-Floc)等，如圖9所示，均已被廣泛地應用於廢水及淨水的淨化過程中。

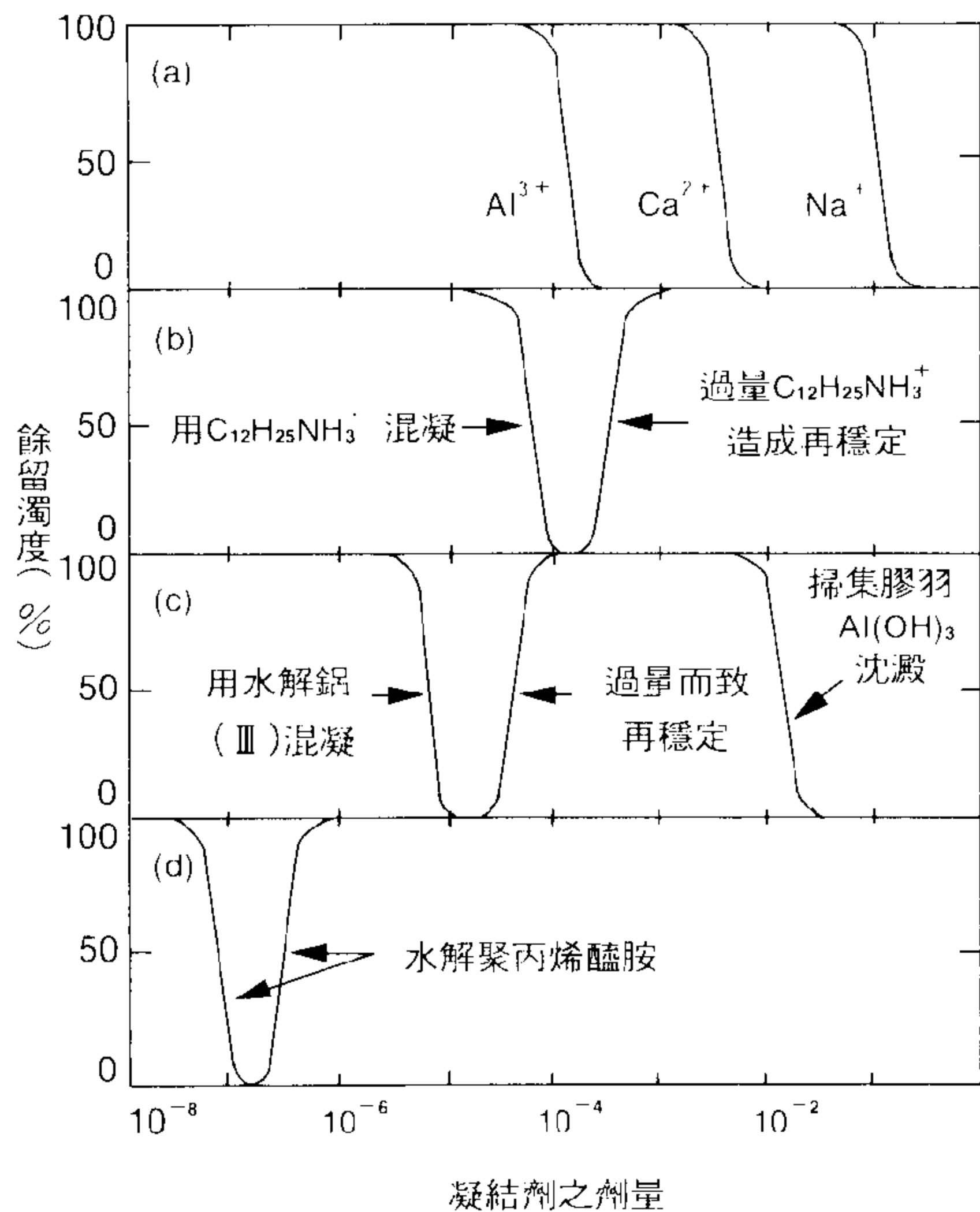


圖8 不同凝結劑之凝結曲線

(四)膠凝原理⁽⁶⁾

膠凝作用之先決條件必須是兩個與兩個以上的膠羽粒子，或膠羽與相同的一個聚電解質相連接而形成較大的膠羽團。膠凝的進行可經過3個方式進行⁽⁷⁾：1. 架橋作用(bridging)；2. 電中和；3. 電凝中和(charge patch neutralization)。分別說明如下：

1. 架橋作用

當浸入膠體溶液之聚電解質，其鏈尾(tail)或鏈環(loop)之長度大於兩個膠羽之排斥距離時，則此聚電解質便可如橋一般，同時將此二膠體吸附於其兩端，此現象即稱架橋作用。更詳述之，架橋性之膠凝過程基本上有4個步驟：

(1)膠體溶液與聚電解質溶液的混合；

(2)聚電解質與膠體粒子碰撞，因而吸附在膠體表面；

(3)被吸附在膠體表面的聚電解質組態重整(reconformation)，而得一平衡組態；

(4)此膠體粒子在藉此聚電解質，在與其他膠體粒子碰撞時將其吸附，形成架橋作用，如圖10所示。

聚電解質之分子量對架橋性膠凝作用具有重要影響。對於低鹽類濃度時，聚電解質之分子量越高，其膠凝效率越大。反之，若溶液鹽類濃度增加，由於此降低電排斥力層，此時低分子量聚電解質之膠凝效果亦不錯。但有一觀念須注意的是，高劑量低分子量聚電解質之凝膠效率並不見得會比低劑量高分子量聚電解質之膠凝效率高。

2. 電中和作用與電凝中和作用

膠體溶液加入具與膠體電性相反之聚電解質，可降低膠體表面之電荷密度，而使膠體粒子相互靠近，兩者之間的吸引力導致凝膠作用產生。只要聚電解質所帶之總電荷與其分子量成正比，則以電中和產生之膠凝作用便與其分子量無關。一般低分子量陽離子聚電解質之膠凝作用常是電中和作用。

當陽離子聚電解質遠比膠體粒子表面小時，它會吸附於膠體表面形成一個凝片(patch)，它不但中和膠體局部分電荷，同時也因其高電荷密度而使粒子表面產生與原膠體電性相反之電荷區，因而於膠體粒子間碰撞時，粒子將因此相反電荷之吸引作用而產生膠凝作用。如聚乙烯亞胺(polyethyleneimine)之膠凝作用常見是電中和作用。

欲區別膠凝作用是屬於架橋作用或是電中和作用，可以膠羽(floc)在剪力作用下的行為來區分之。屬於電中和所形成之膠羽，於剪力停止時會恢復原來之膠凝狀態。但以架橋作用所形成的膠羽，於剪力停止時，並不會恢復原來之狀態。此因剪力作用使聚電解質之長分子鏈受到破壞而產生不同的架橋情況。圖11則是以圖示說明膠凝作用可能的反應機構。

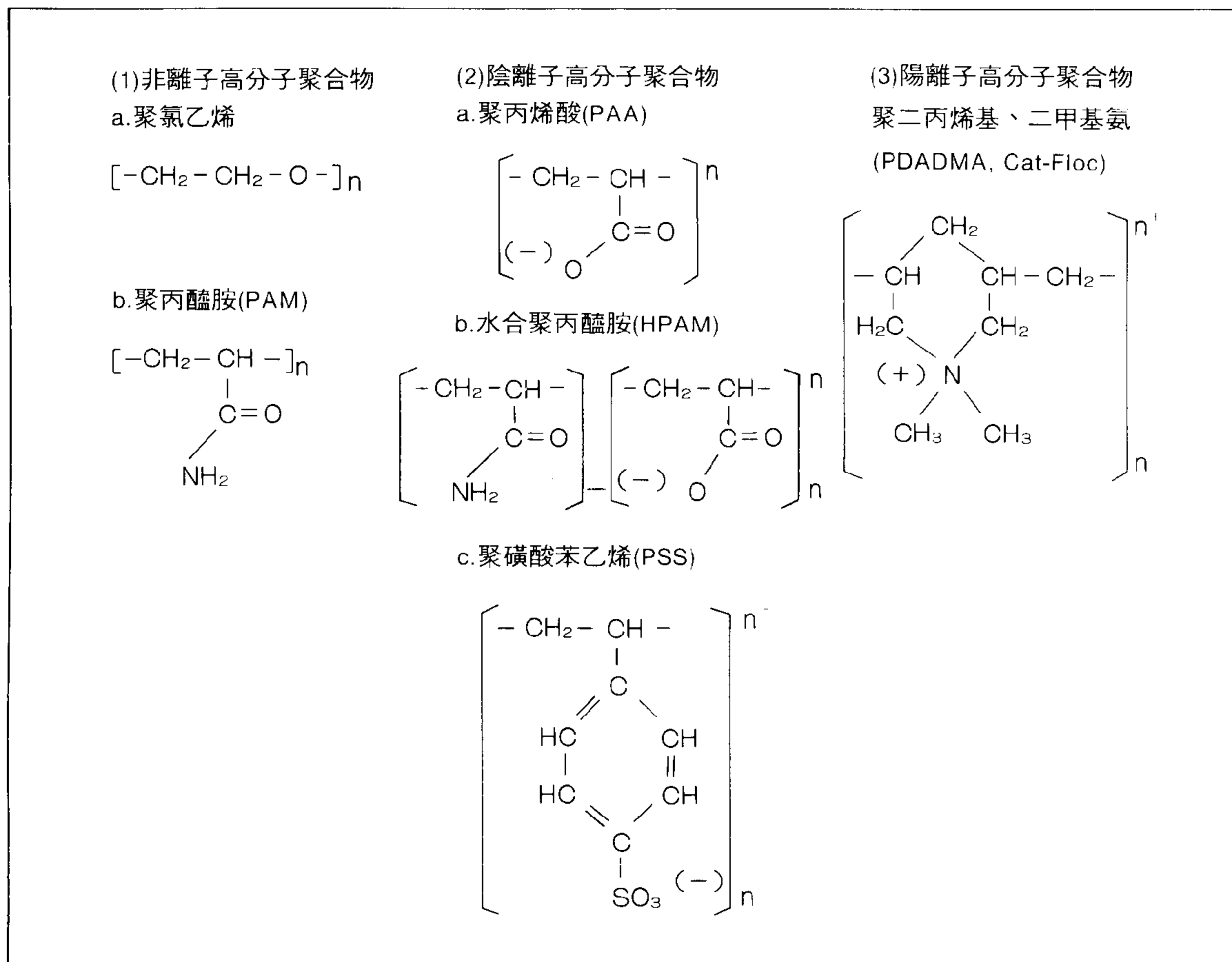


圖9 常用之聚電解質凝結劑

膠凝劑之結構通常具有長鏈及極性之官能基，如 amide group、carboxyl、及 quaternary ammonium 等。常用之膠凝劑如非離子性的 polyacrylamide、以其為主幹改造的陰離子型、陽離子型之聚電解質，或以 polyvinyl imidazoline 為骨幹的陽離子聚電解質。其結構式如圖12所示。

簡而言之，膠體去安定所發生的凝結、膠凝作用之流程如圖13所示。由圖可看出，聚電解質之膠凝作用可分為兩項：一為初級凝結劑，另一類為膠凝劑。初級凝結劑需高電荷密度、中低分子量。因高電荷密度可使其易與膠體作用形成膠羽；中低分子量可使膠羽之形成不

要太快，而有充裕的時間懸浮與其它膠體粒子碰撞形成大膠羽。聚電解質當膠凝劑時，其需電荷密度低、分子量高(10^7 以上)。因電荷密度低，方便用來與初級形成之膠羽產生架橋作用；高分子量則可產生大而快速沉降之膠羽。

概括地說，對陰離子型聚電解質而言，膠凝作用是它主要的功能，因其於凝集帶負電的膠羽時，無法產生電中和作用，所以長鏈之架橋作用是粒子間唯一的作用方式。而且陰離子型聚電解質之膠凝效率與其分子量有關，分子量越大，其膠凝效率越高。對陽離子型聚電解質而言，皆易行凝結及膠凝兩種作用。

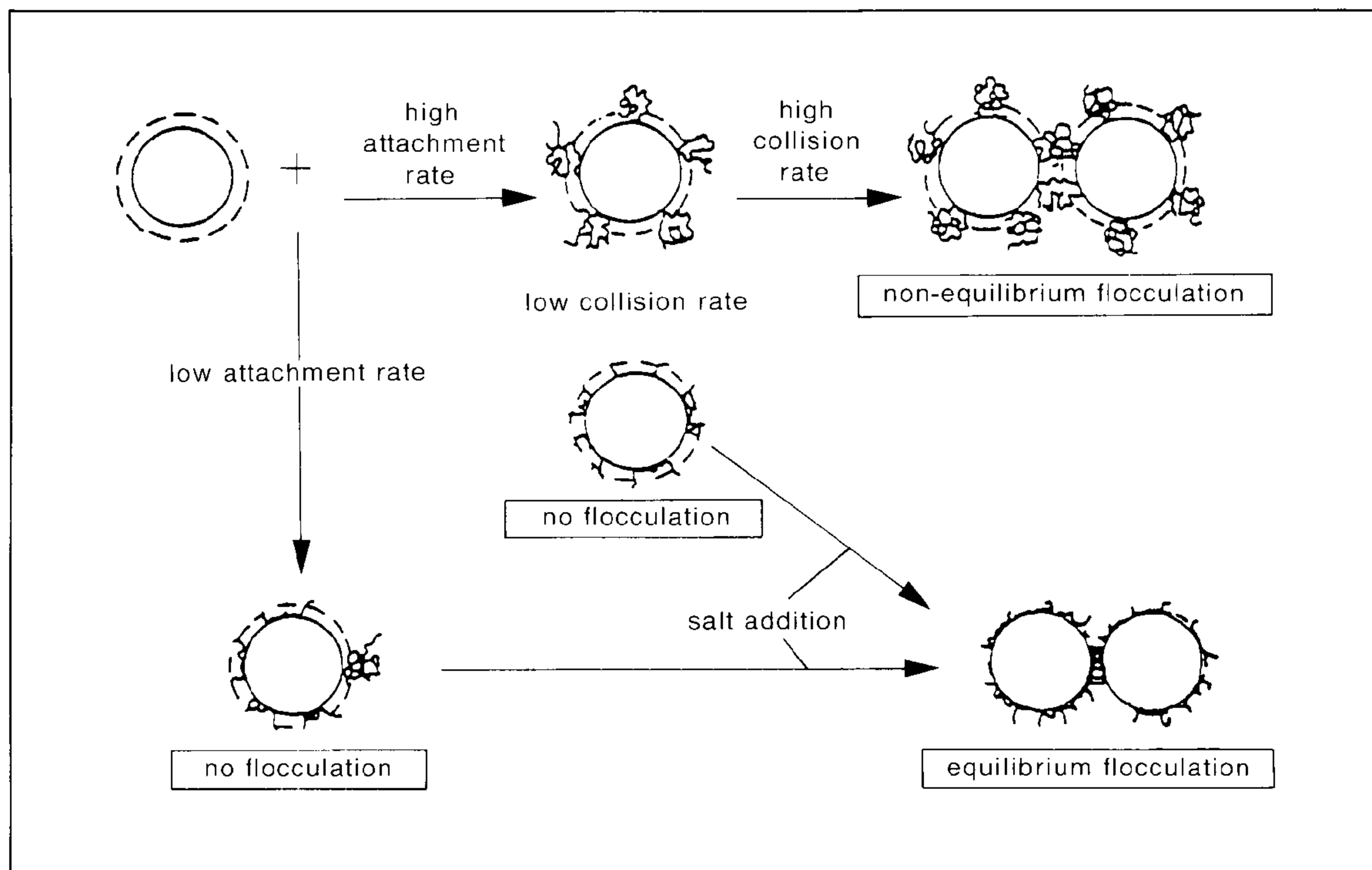


圖10 架橋性膠凝之反應機構示意圖

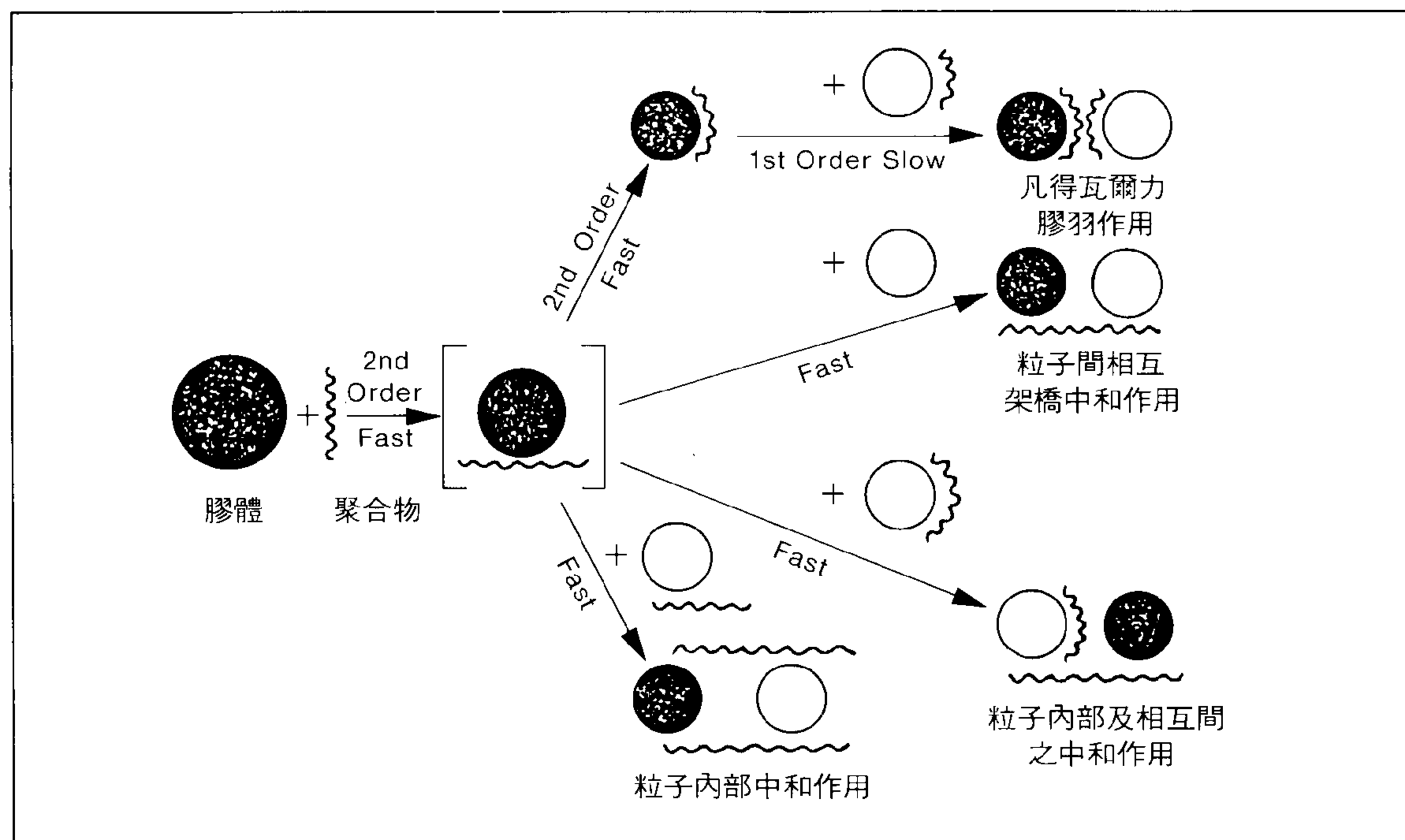
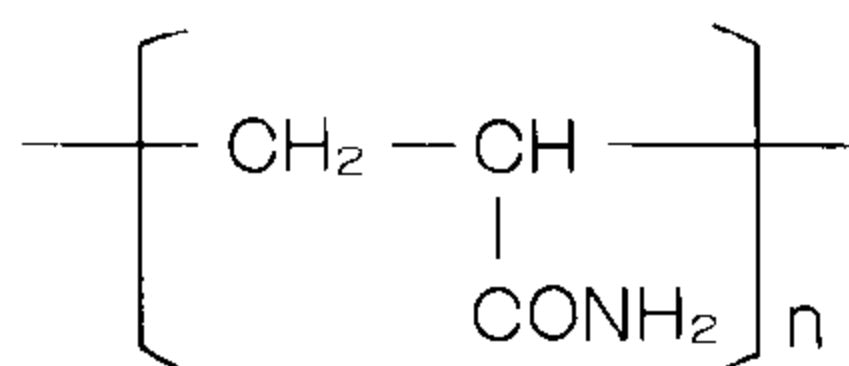


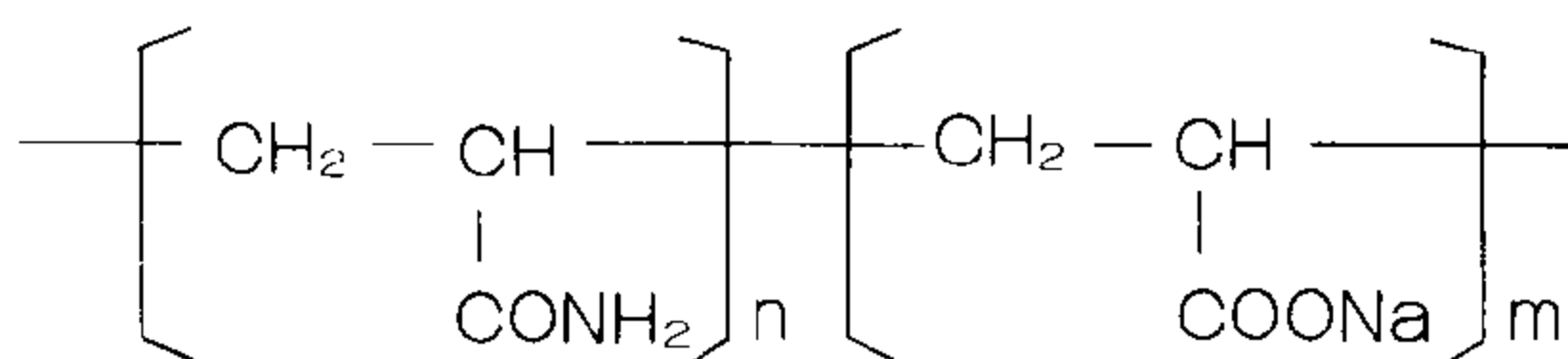
圖11 高分子聚電解質膠凝作用之反應機構示意圖



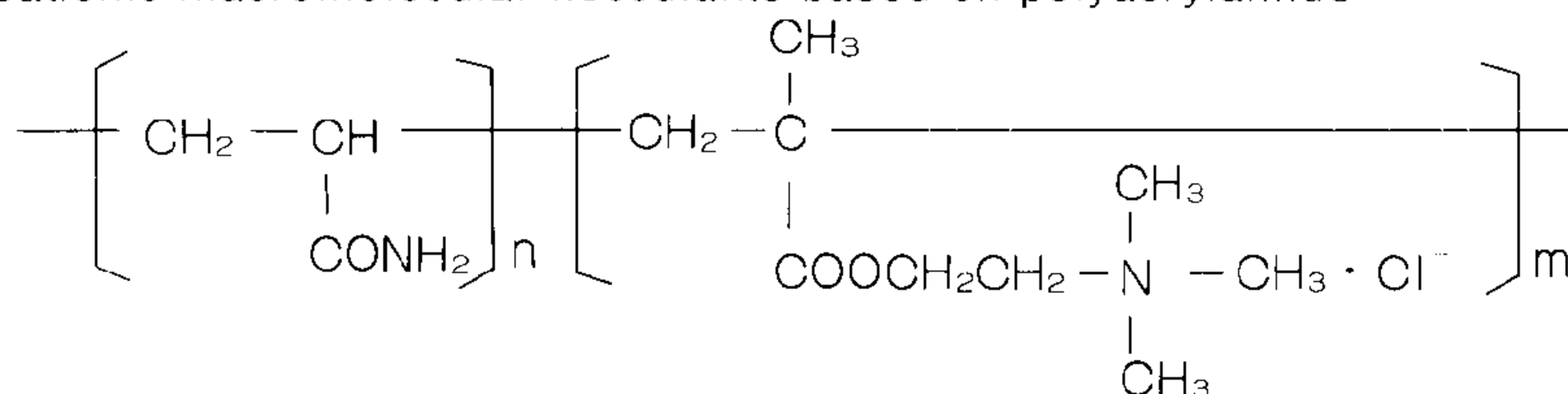
Nonionic macromolecular flocculants based on polyacrylamide



Anionic macromolecular flocculants based on polyacrylamide



Cationic macromolecular flocculants based on polyacrylamide



Cationic macromolecular flocculants based on polyvinyl imidazoline

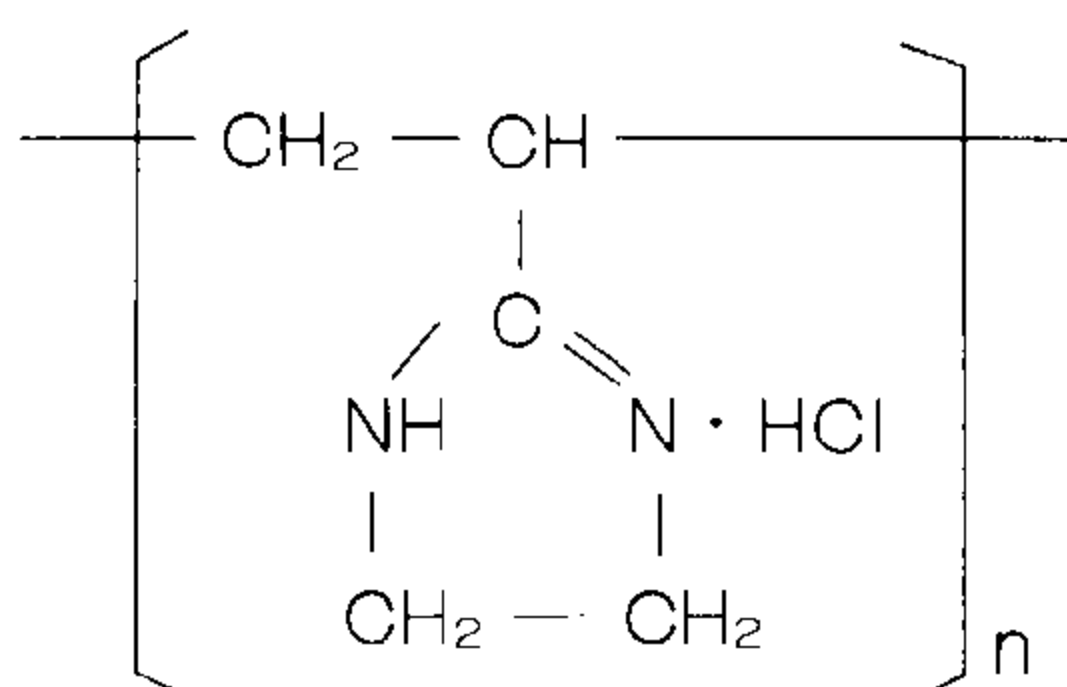


圖12 常用之聚電解質膠凝劑

聚電解質在水處理之應用⁽⁸⁾

聚電解質在工業用水處理之用途有：

1. 地表水淨化處理：濁度與色度之去除。
2. 沈積物之抑制：直流式、循環式冷卻水之處理，及高、低壓鍋爐水之處理。
3. 廢水處理：懸浮固體及COD、BOD之去除。
4. 污泥脫水處理

(一) 地表水淨化處理

早期工業上是以硫酸鋁、石灰為主要之凝結劑，用來去除地表水之濁度及色度。然而近數十年來，多數工廠已漸改採用合成之水溶性

聚電解質，因其能降低處理成本、減少操作困擾、提高生產量、降低污泥量及較佳之出水品質。一般而言，陽離子型較非離子型之聚電解質來得有效，係因其能協助粒子之電性中和，並降低無機凝結劑之使用量。

最早採用的聚電解質是非離子型的聚丙烯醯胺 (polyacrylamide)，其能降低硫酸鋁及石灰的用量。近數年來，陽離子型聚電解質因能以低於0.5 ppm之添加量，取代30~60%之硫酸鋁，而且其處理價格比單獨使用硫酸鋁便宜，因此漸為廣用。目前有兩型為常用之陽離子型聚電解質：Dimethyl diallyl ammonium chloride (DMDAAC)/Acrylamide 之

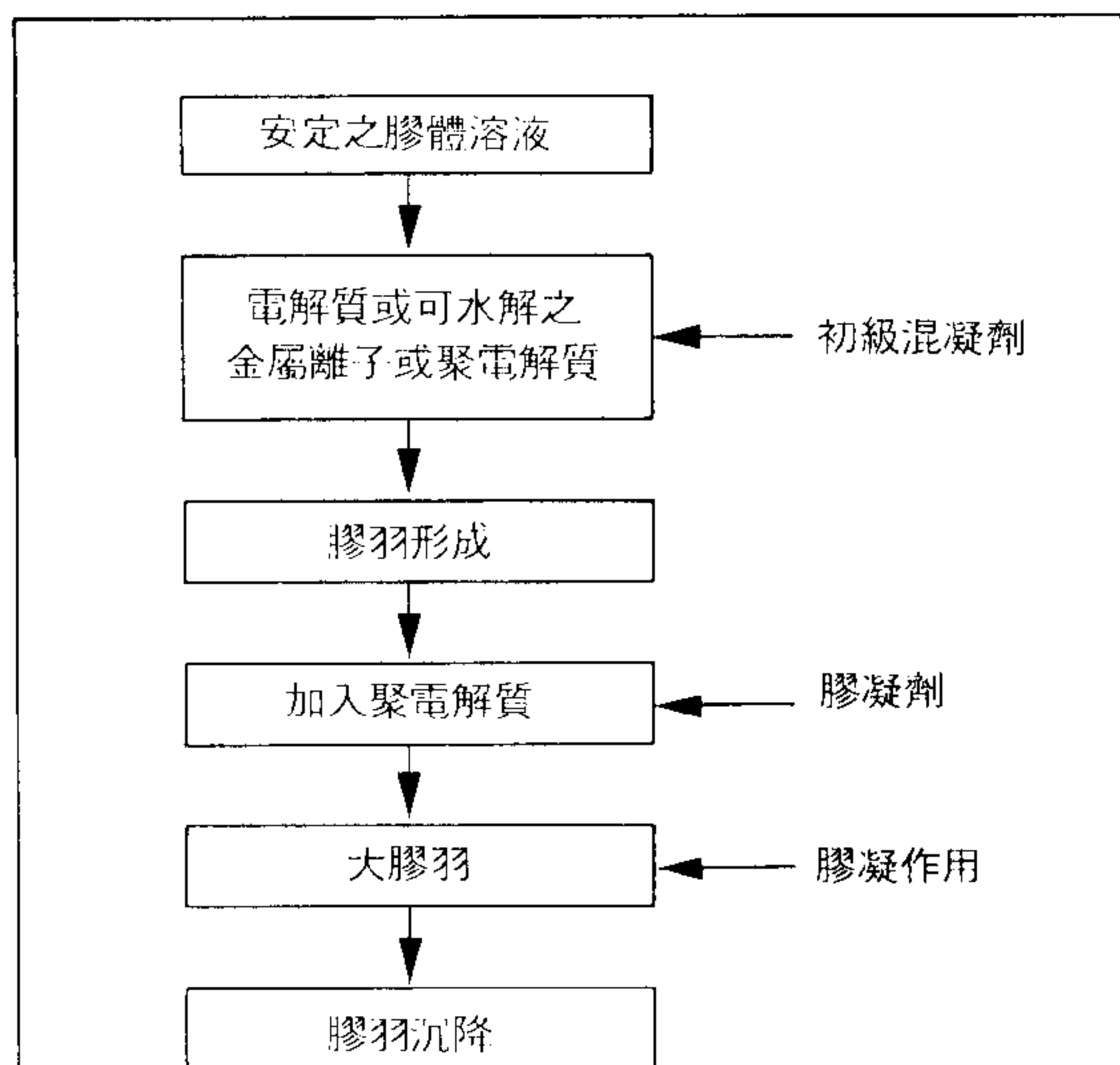
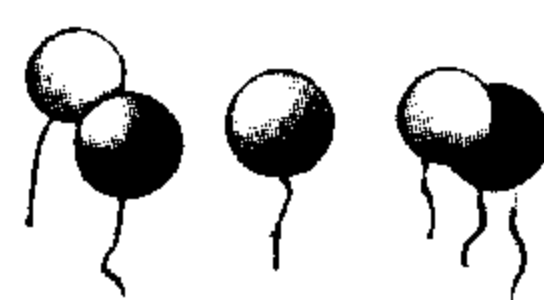


圖13 凝結與膠凝流程

共聚物，及 Quaternized dimethylaminoethyl methacrylate (DMAEM)/Acrylamide 之共聚物。

(二) 冷卻水系統之沈積物控制

冷卻系統的用水常為其帶來的困擾有：腐蝕、水垢、沈積物。尤其在直流式及循環式冷卻系統中，沈積物的控制尤為重要。因在冷卻循環系統中，由於水分蒸發，水中含有的懸浮固體及溶存性固體濃度增加，超過其飽和濃度時，便會有沈積物之困擾產生，使得系統效率因而減低。而且在冷卻系統中存有之懸浮固體能使熱交換器產生泥濘物，並在低流速區產生嚴重的腐蝕問題，管路將因此阻塞，處理能量亦降低。

在60年代早期，開始利用有機水溶性聚電解質來膠凝冷卻系統中水的懸浮固體物，防止水中沈積物的產生；或從金屬表面除去沈積物並保持成流動的懸狀物。

一般而言，液態陽離子型聚電解質較非離子型聚電解質受用。最早被成功引用的是非離子型聚電解質的 polyacrylamide 及 Poly-

ethyleneimine。接著，陽離子型聚電解質如 polyamines 及 Poly DMDAAC 亦被引用。

(三) 鍋爐沈積物之控制

早期鍋爐水的處理方式為加入磷酸鹽類、矽酸鹽類等，因磷酸鹽可在水中形成不具黏性的經磷灰石 (calcium hydroxyapatite) 中間物，阻止碳酸鈣或硫酸鈣之沈積物形成；矽酸鹽類在水中則可形成不具黏性的矽酸鎂中間物，防止黏性之磷酸鎂沈積物產生。但加此些試劑無法完全解決沈積物之困擾，懸浮的腐蝕性產物仍然留在鍋爐中，如果它們在管壁中沈積下來，可能會導致管路過熱，甚至破裂。因此水溶性有機聚電解質乃被引用做分散劑，或降低懸浮粒子密度，使之不具黏性且亦流動。

最早用來當分散劑的有低分子量的 sodium polyacrylate，或當膠凝劑的高分子量 sodium polystyrene sulfonate，因它們在高溫及高pH值的情況下，仍能與含鈣、鎂、鐵等汙泥物作用。近年來發現 hydrolyzed polyacrylamide、sodium acrylate/acrylamide 之共聚物亦能提供相同的效果。

(四) 廢水處理

工業廢水的處理項目不外有：除去浮油、油脂、懸浮固體粒、存溶之有機物及無機物（包括重金屬等）。

大多數的溶存有機物可由生物氧化法除去，並轉換為懸浮固體粒，再沈降去除。重金屬則可由鹼性處理或加亞硫酸鹽沈澱去除。但無論如何，去除污水污染物後，如何將廢水中懸浮固體粒子分離？可利用水溶性有機聚電解質！

一般因懸浮粒子之特性因素甚廣，以下幾點僅供參考：

1. 厭氧性粒子直徑大於1 micron，而且粒子濃度大時，建議使用陰離子型或非離子型之 polyacrylamides。



2. 厭氧性粒子直徑大於1 micron，但粒子濃度小時，建議使用陽離子型之聚電解質，如DMDAAC/Acrylamide之共聚物或DMAEM/Acrylamide之共聚物。

3. 好氧性粒子（包括生物粒子）

(1) 無機鹽類配用非離子型、陰離子型、陽離子型之聚電解質。

(2) 陽離子型單一聚合物，如 Poly DMDAAC。

(五) 污泥脫水處理

工業污泥最常見的處理方法是先以重力或漂浮法將污泥濃縮化，接著再將其所含的水分釋出，謂之污泥脫水。將污泥脫水的目的有二：
1. 形成足夠乾燥之污泥餅，搬運丟棄方便。
2. 使排放水或過濾水中含低量之懸浮固體。

水溶性有機聚電解質可使污泥在重力濃化法中粒子易於沈降，或漂浮濃化法中粒子易於懸浮，並可增加污泥脫水率。以下4點提供有助污泥脫水之聚電解質的選擇：

1. 厭氧性粒子之直徑大於1 micron時，可使用非離子型或陰離子型 polyacrylamide。
2. 厭氧性粒子之直徑小於1 micron時，建議使用DMDAAC/Acrylamide之共聚物，或 quaternized DMAEC/acrylamide的共聚物。

3. 好氧性粒子（包括生物粒子）

(1) 氧化鐵與非離子性或陰離子性之 polyacrylamide 配用。

(2) 石灰與離子性共聚物配用，如DMDAAC/Acrylamide 共聚物，quaternized DMEAM/acrylamide 共聚物，或 Poly

N-Diallylaminomethyl/Acrylamide 之共聚物。

(3) 陽離子型單一聚合物，如 Poly DMDAAC、polyamines。

結 論

聚電解質作為水處理用之膠凝劑或混凝劑已廣泛被使用，因其具有多項經濟效益，如低添加量、處理費用較無機鹽類低廉、減少污泥的形成、加速膠羽快速沈澱、改善污泥脫水率等。

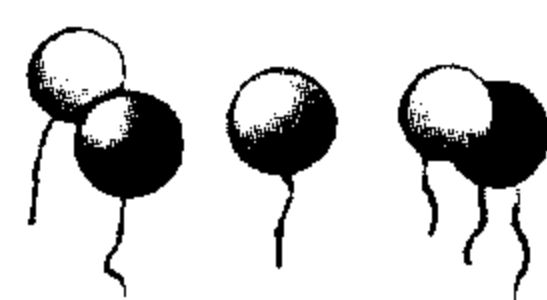
但使用聚電解質之加藥系統是否完善，與其功能之展現有著重要關連，如1. 配製聚電解質溶液時攪拌速率須適中，因高速攪拌並不會增加溶解度，反而會使聚電解質裂解而降低聚電解質之膠凝速率；2. 因聚電解質溶液濃度高時，其分子鏈之結構往往呈現緊密圓圈狀，因此可作用之電荷面積減少，以致電荷中和作用及膠羽之架橋功用的效率很低。所以使用聚電解質溶液時最好稀釋，儘量使分子鏈成直線狀，使得可使用之電荷密度達最大，以致膠凝效率發揮最大；3. 用在水處理時，攪拌能量與時間，對水中懸固體是否完全去除亦有影響，最後能否導致水質澄清之關鍵也在此。

此外，聚電解質本身之平均分子量、電性及電荷分布，亦關連著不同水狀況處理的結果，這乃須靠高分子聚合專家的設計與改良。然而，如何充分有效利用水資源，避免山川、河水、海洋及飲用水污染，提高生活環境之品質，實有賴全地球村的居民一起思考和努力！

參考資料

1. J. A. Kitchener, Br, Polym. E 4 p.217 (1972).

2. J. K. Edzwzld, "Cationic Polyelectrolyte in Water Treatment" presented at the



- Engr. Found Conf. on Flocculation, Sedimentation, and Consolidation, Sea Island, GA (1985).
3. David A. Mortiner, Polymer International 25, p.29 (1911).
4. F. H. Hesselink, J. Colloid Interface Sci., 60, p.448 (1977).
5. S. T. Powell, "Water Conditioning for Industry", McGraw-Hill, New York, 1954.
6. 張敏超，化工資訊，1991年9月第5卷9期 p.53。
7. S. Levine; W. I. Jriesen, "Flocculation in Biotechnology and Separation Systems", (edited by Y. A. Attia), Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, p.3 (1987).
8. 蔡騰龍，「聚電解質與淨水處理」，正文書局，p.15 (1993)。

(王小姐現任職於工業技術研究院化學工業研究所副研究員)
(陳先生現任職於工業技術研究院化學工業研究所研究員)
(張先生現任職於工業技術研究院化學工業研究所研究員)

CQ出版 97版「最新半導體規格表」

NO	書名	定價	NO	書名	定價
1	トランジスタ規格表	680	11	PLD/ROM規格表	680
2	トランジスタ互換表	680	12	モノリシックOPアンプ規格表	680
3	ダイオード規格表	680	13	光インターフェース素子規格表	680
4	FET規格表	680	14	ソニアIC規格表(アナログ機能IC編)	680
5	電力用素子規格表	680	15	ソニアIC規格表(増幅用IC編)	680
6	光表示素子規格表	680	16	全面改訂電源用IC規格表	680
7	高周波デバイス規格表	680	17	インターフェース素子規格表	680
8	74シリーズIC規格表	680	18	AD/DAコフバータ規格表	680
9	C-MOSデバイス規格表	680	19	マイコン周辺LSI規格表	680
10	RAM規格表	680	20	ビデオ信号処理用IC規格表	680

各位讀者：

你若希望訂閱日文雜誌，請直接將上列款額劃撥至本社，並請註明書名及書款，本社收到您的劃撥單後，當儘速為您辦理訂閱手續，並寄上您所需要的書籍（本社皆以掛號郵寄雜誌）唯書約需2個月左右方能自日本寄到。

郵政劃撥帳號—— 第0104818—1號 機械月刊社
第1433383—4號 電機月刊雜誌社
第1688904—9號 化工技術雜誌社
第1836260—0號 電子月刊雜誌社 ——社址：台北市南京東路五段56號11樓