

CSS及CV曲線在洗煤廢水處理上之應用

吳萬全 *

摘要

煤礦洗煤廢水處理工程中，藥劑凝聚沈降法是其中的重要過程，本文將傳統凝聚試驗中之試驗結果加以綜合歸納，繪製一種簡單而明瞭之臨界懸浮固體濃度 (CSS) 及臨界沈降速度 (CV) 曲線圖，在藥劑凝聚處理上，用以選擇及決定「同時能夠符合於礦場所設定之懸浮固體濃度及沈降速度的作業管理基準」所必要之無機及有機高分子凝聚劑，最適當的組合及最經濟之添加量，以達到處理工程上之需求和目的。它是一種很有效之方法，如果在礦場應用恰當，不但能夠解決許多處理上的問題，甚至可節省藥劑之處理費用，降低廢水處理成本。

一、前言

在煤礦洗煤工程上所造成之洗煤廢水，含有相當高濃度之懸浮固體物，雖然其中僅由微細粉煤及頁岩類之粘土礦物質所組成，不致危害到人體，但依據水污染防治法，廢水必需經過某種方法處理至放流水標準始得放流，在這種懸浮固體物的凝聚處理中，為要獲得廢水上澄液所要求之懸浮固體物濃度及沈降速度均能符合於處理工程之需求，以達到處理上的目的，一般必需以無機藥劑和有機高分子凝聚劑來配合使用，目前市面上雖有許多種類之凝聚劑供煤礦業者選用，但在研討廢水處理作業之管理條件及經濟評估時，能夠簡單而明瞭地將配合使用的兩種試藥，最適當的組合條件，添加量的決定和表示方法尚甚少介紹，本文中以傳統的凝聚試驗法所得結果，加以綜合歸納成一種臨界懸浮固體物濃度 (CSS) 及臨界沈降速度 (CV) 曲線，是解決上述條件之一種簡便而有效的表現法，茲將本省 A、B、C 三煤礦初步實驗所得結果提供礦業者參考。

二、試驗方法

(一) 對象：A、B、C 三煤礦之洗煤廢水。

* 台灣省礦務局荐任技士

(二)試樣：每礦取樣二次（不同日），以每隔半小時為單位，在洗煤作業六小時內採樣共約卅公升。

(三)檢驗：依據中國國家檢驗標準法 (CNS) 檢驗。

1.廢水水質。

2.固粒之工業分析、化學分析。

3.廢水中固粒之粒度分佈（用Micron, Phtosizer SRN-100型機）。

4.固粒之礦物組成分析（用X光繞射儀）。

(四)藥劑凝聚試驗：以量筒及杯瓶試驗，選擇藥劑種類，組合，添加量及沈降速度繪製曲線圖。

三、無機凝結劑與有機高分子凝聚劑

(一)凝聚原理

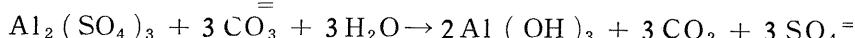
通常懸浮於水中之微細粒子 (10^{-3} cm以下) 或膠質 ($10^{-4} \sim 10^{-7}$ cm) 均帶有靜電荷且呈布朗運動，此乃由於分散介質之分子干擾分散相粒子所致，因此粒子表面均帶有相同之電荷，且大部份的粒子帶有負電荷，由於電荷相同而互相排斥，使得粒子在水中保持分散的安定狀態，這種粒子表面帶電狀態具有穩定層與擴散層等兩個擴散電隅層，因此溶液中帶負電荷粒子之周圍吸著正離子而形成穩定層，其外圍則形成負離子之擴散層，一般擴散層與分散媒境界間之電位差稱為Zeta電位，是表示妨礙粒子間互相結合之反撥力，以維持粒子相位之穩定，由於膠體粒子之穩定亦因所帶電荷所致，欲使其粒子凝聚或沈澱，需先中和其電荷，如加入凝聚劑則可使粒子表面電位中和而趨近零位值（等電值）此乃因加入凝聚劑增加電解質濃度而減低Zeta電位，粒子則可靠分子間之吸引力而互相接近，凝聚成大塊粒子之聚合體則所謂之膠凝物，而促進粒子下降而與液體分離。如此利用藥劑調節Zeta電位，使微細粒子結合而成大粒之凝塊稱為凝集。除了電解質膠體離子之凝聚外尚有金屬氫氧化物之凝聚，界面活性劑高分子物質之凝聚等，在此不詳加以解說。

Zeta電位之概念圖如圖1。

(二)凝聚劑

凝聚劑通常可分為無機與有機凝聚劑。

1.無機凝聚劑常用者有無機鹽之硫酸鋁 [$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$]、鋁酸鈉、聚氯化鋁 (Poly Aluminum Chloride, PAC)、酸、鹼、固體微粉（如酸性白土、高嶺土）等，此類凝聚劑之作用係在水中形成帶有正電荷之膠質（正三價或正二價陽離子）使廢水中帶負電荷之粒子電性中和，破壞其懸浮穩定狀態而使粒子間互相凝結而成膠凝物沈澱，下列是凝聚劑在水中生成氫氧化物之反應式：



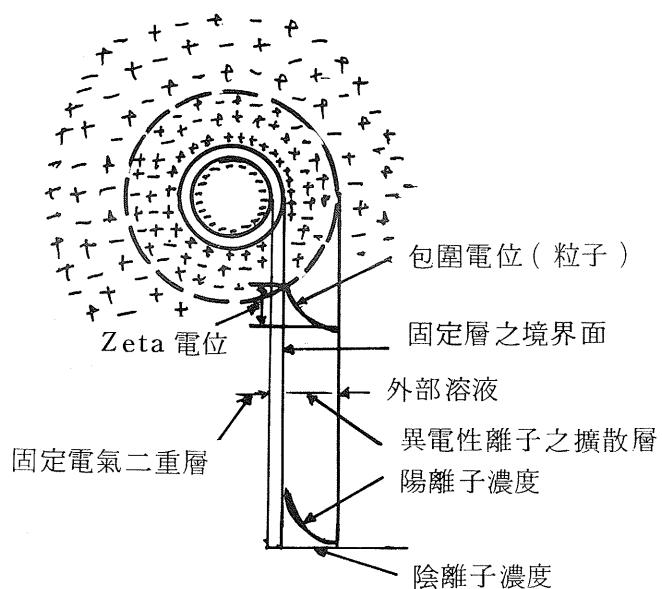
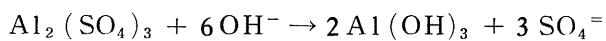


圖1 Zeta 電位概念圖



2.有機凝聚劑最常用者為高分子凝聚劑，依其聚合度及離子性可分為：

聚 合 度	離 子 性	物 質
低聚合度 (分子量約 1,000~數高)	陰離子性	藻酸鈉 (Sodium Alginate)
	陽離子性	水溶性苯胺樹脂磺酸鹽、聚硫脲酸鹽
	非離子性	水溶性尿素樹脂、澱粉
	兩 性	動物膠
高聚合度 (分子量數萬~數百萬)	陰離子性	聚丙烯酸鈉、順丁烯二酸共聚合鹽
	陽離子性	聚丁烯吡啶酸鹽、乙烯基吡啶共聚合鹽
	非離子性	聚丙烯醯胺、聚氧化乙烯

此種凝聚劑因本身具有相當大之分子量及許多的極性官能基，在水中被粒子吸附，引起架橋交連凝結作用，使粒子凝聚成膠凝物，惟添加量過多時粒子表面被這些官能基蓋覆，表面會產生較強之親水性，致使粒子逆呈安定之分散狀態，此種現象依凝聚劑的分子在水中之有效時間及攪拌速度的強弱程度而異。

3.藥劑之併用：自古利用這些凝聚劑和明礬去除水中之濁度，在一般的家庭常被使用，又無機離子凝結作用的研究，很久以前許多專家學者早已進行研究過，依Schulze-Hardy法則指出，帶有與膠質相反電離子之電解質原子價數愈大，凝結作用愈強，凝結價愈低之結論，使得無機離子的凝聚作用更易明瞭。一般難沈降性懸濁廢水，添加無機凝結劑後雖然能獲得澄清之上澄液，但沈降速度很緩慢，在沈降分離過程中，由於界面沈降速度等於上澄水層生成速度之故，如溢流水量Q，沈降速度V，沈降有效面積A之間，依物質收支定則有 $A = Q / V$ 之關係，因此欲處理沈降速度緩慢之多量懸濁水必需有很大的沈降面積。

圖2：是A礦洗煤廢水添加無機凝結劑硫酸鋁(AS)及有機高分子凝聚劑Separan AP 30後的沈降效率與添加量之關係，同時指出藥劑添加量之極限。

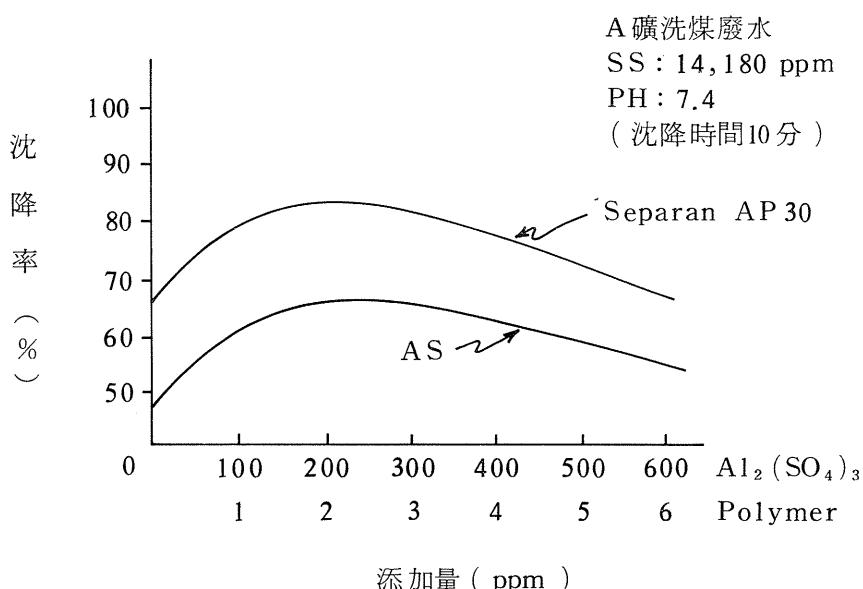


圖2

圖 3：是表示高分子凝聚劑之分子量與凝聚效果之關係，分子量愈大沈降速度愈快。

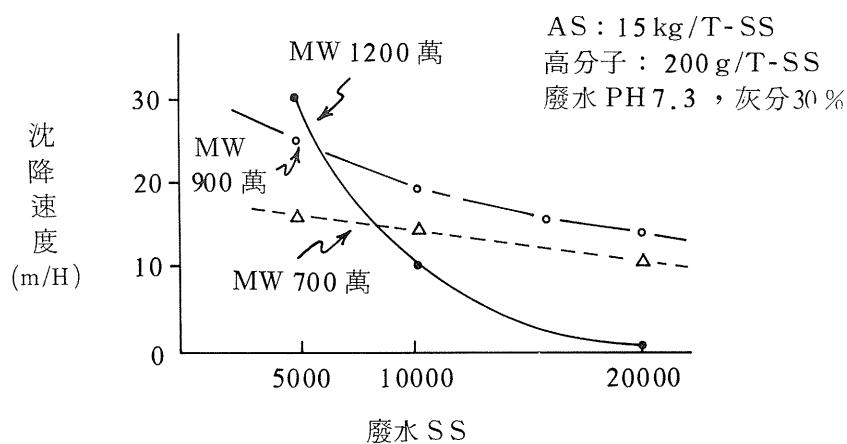


圖 3 高分子凝聚劑之分子量與凝聚效果

圖 4：是 C 煤礦浮選尾礦廢水添加無機凝結劑單獨使用及併用有機高分子凝聚劑後，廢水沈降界面之變化。很明顯 P A C 併用高分子凝聚劑的結果沈降速度增快。

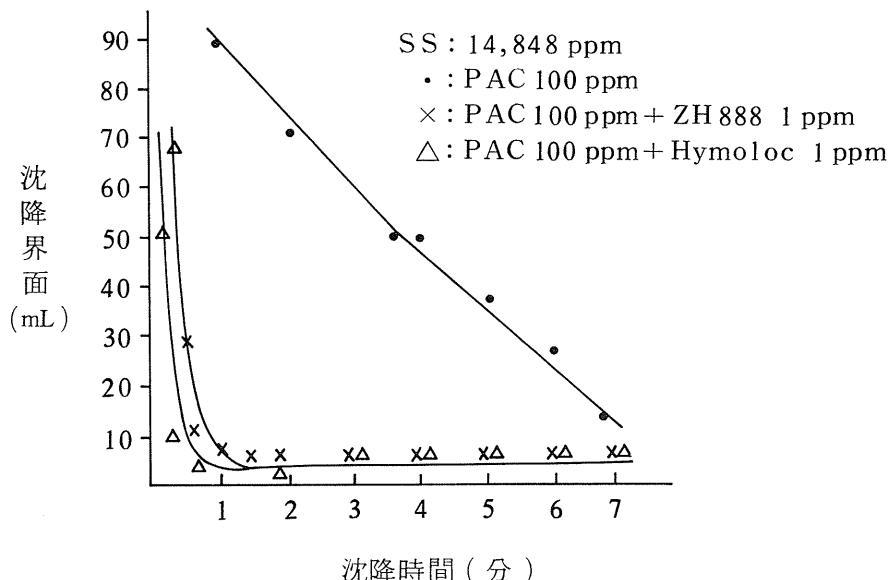


圖 4 C 煤礦廢水沈降時間與沈降界面之關係

圖 5：是表示難沈降性選煤廢水，上澄液中殘留之苛性澱粉，以碘反應被檢出時之澱粉與硫酸鋁添加量之關係，由圖得知隨硫酸鋁添加量之增加，苛性澱粉之使用量愈減少，同時硫酸鋁之添加量愈多凝聚效果愈大。

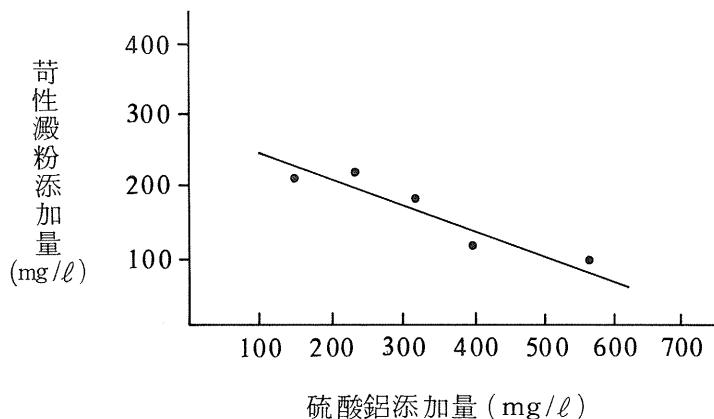


圖 5 廢水上澄液中殘留澱粉被檢出時
之澱粉及硫酸鋁添加量之關係

由以上幾項實驗的結果得一結論，無機離子與水中懸濁液所有粒子發生作用而凝聚，在此所生成之凝聚體再與有機高分子凝聚劑吸附交連作用，使之形成更大更強之凝聚體而沈降，因此一般而言無機凝結劑具有降低懸濁液上澄水懸浮固體物濃度之功能，而有機高分子凝聚劑則具有加速沈降速度之功能，所以無機及有機高分子凝聚劑必需併用而配合恰當始可發揮相乘效果。

四、無機及有機高分子凝聚劑併用條件及評價

(一)併用條件：

處理洗煤廢水中之懸浮固體物需考慮(A)溢流水之懸浮固體物濃度；(B)沈降速度；(C)排泥濃度；(D)排泥（污泥）之脫水性等主要因素，並必需設定某一條件使各個因素所要求之數值同時都能夠適合，為著要滿足這些要求，凝聚劑的選定務必適當，同時更必需要能夠解答下列諸問題：

- 1.是否具有同時能夠滿足這些因素之無機及有機高分子凝聚劑添加量的組合範圍存在。
- 2.是否可應付原廢水之各種使用條件之變動而存在某一範圍。

3. 將原廢水種種變動因素，列入考慮後其最經濟的使用條件是何值。

假如在洗煤場的處理藥劑，無機及有機凝聚劑的種類決定時，能夠表示及解答藥劑的凝聚效果及以上所假設之間問題的一種方法，有下述之臨界懸浮固體物濃度曲線 (Critical Suspended Solid Curve, [CSSC]) 及臨界沈降速度曲線 (Critical Velocity Curve [CVC])。

(二) 臨界懸浮固體物濃度曲線及臨界沈降速度曲線之繪法：

1. 選定供測試無機及有機凝聚劑種類，改變兩種凝聚劑添加量之組合，分別作量筒沈降試驗，以每次試驗結果繪製沈降曲線，求得沈降速度及測定上澄水之懸浮固體物 (SS) 濃度，以縱軸表示沈降速度及 SS 濃度，橫軸表示凝聚劑添加量，將以上測得之數值，各別標點於座標圖上，繪製變動因素階級曲線，如圖 6、7、8、9。
2. 其次在座標圖縱軸標出，洗煤場所設定之 SS 濃度及沈降速度管理基準值（如 SS 900 ppm，沈降速度 4 cm/min），由標點分別繪製與橫軸平行之平行線，相交於各變動因素曲線上，讀取交點之兩種凝聚劑添加量之組合。
3. 另在縱軸取有機凝聚劑添加量，橫軸取無機凝聚劑添加量之座標圖上，標出這些添加量組合數值，然後連結繪成爲獲得既設定之管理基準值，SS 濃度之兩種凝聚劑添加量組合條件之曲線，同樣也可得既設定之沈降速度條件之曲線，這兩條曲線分別稱爲各管理基準設定值之 CSS 及 CV 曲線（如圖 10）。

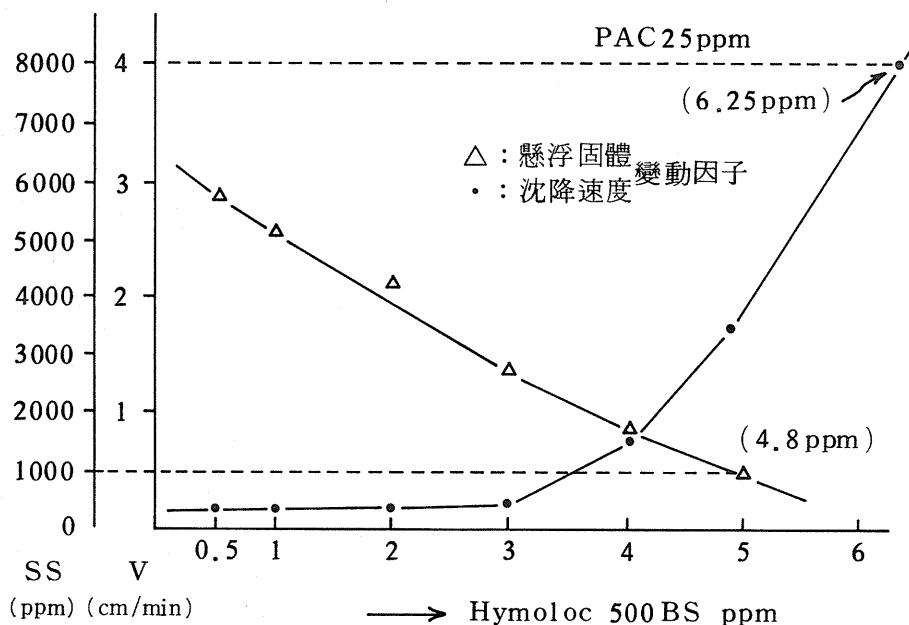


圖 6

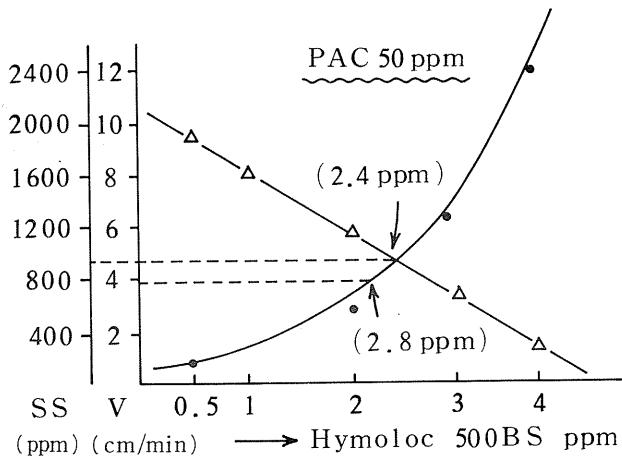


圖 7

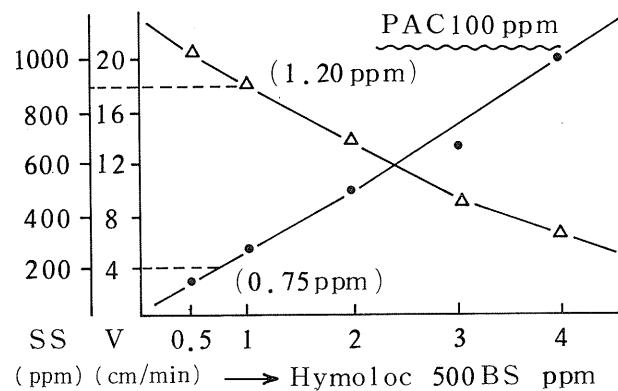


圖 8

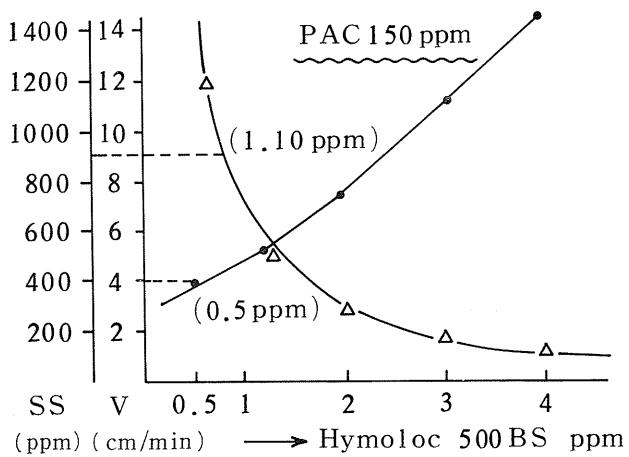


圖 9

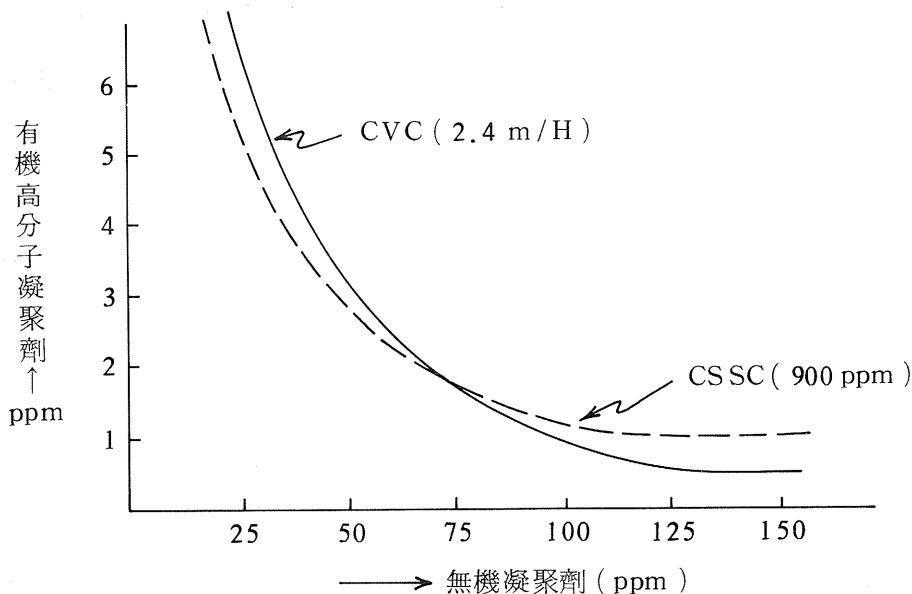


圖10 C礦浮選尾礦廢水

(三)併用條件之評價

圖10是C煤礦難沈降性之浮選尾礦廢水，用聚氯化鋁(PAC)及高分子凝聚劑Hym-loe 500BS併用處理結果，以CSS及CV曲線表示之一例，圖中點線是設定SS濃度基準值為900 ppm之CSS曲線，實線是定沈降速度之基準值為2.4 m/hr之CV曲線，由這些關係一般均能得到凝聚劑添加量之下限及上限值。

- 1.一般在兩曲線交點之左側，無同時能滿足SS濃度及沈降速度兩方面要求之添加量組合存在。惟在交點右側被CSS及CV兩曲線所夾之範圍，就是均能同時滿足SS濃度及沈降速度，所要求之添加量組合範圍。(解答四、(一)併用條件1.之問題)
- 2.如以作業管理基準為中心，選擇其前後幾階段之基準值，預先繪製CSS及CV曲線備用時，依藥劑添加量組合之變化，可把握處理效果的程度，由此相反地可應付原廢水變動時，可估計推定兩凝聚劑使用條件之範圍。(解答四、(一)併用條件2中之問題)
- 3.經以上之估計，距CSS與CV曲線之交點最近之添加量組合條件，或在許可範圍內可以決定兩試劑添加量價格最低廉時的組合，也就是所使用兩種凝聚劑在組合上最經濟之使用條件。(解答四、(一)併用條件中3.之問題)

五、CSS及CV曲線在本省 A等三煤礦洗煤廢水處理上之應用

選擇本省產量比較多之燃料煤A礦，原料煤B、C等三煤礦之洗煤廢水為試驗對象，茲將實驗結果分述於後。

(一)廢水之特性

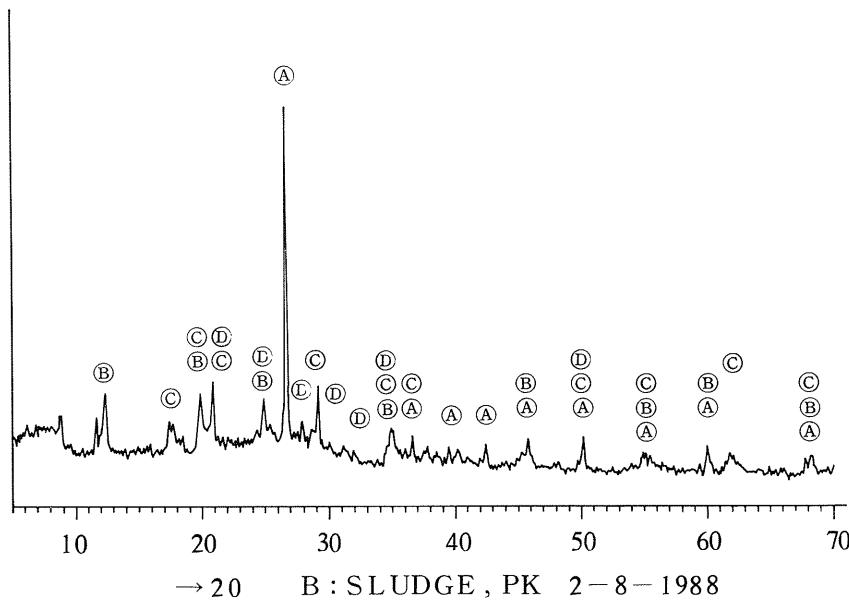
1.廢水水質及固粒之一般性狀：

項 目		A 矸噴流篩網80 目 下 廢 水	B 矸浮選尾礦廢水	C 矸浮選尾礦廢水
廢 水 水 質	懸 浮 固 體 (ppm)	7.505	24.702	14.848
	溶 解 性 固 體 (ppm)	178	230	246
	P H 值	7.70	8.13	7.75
	化 學 需 氧 量 (ppm)	4.117	15.407	5.714
	比 重	1.00	1.01	1.00
固 粒 性 質	固 定 水 份 (%)	2.92	0.66	1.50
	灰 分 (%)	58.56	49.38	68.90
	揮 發 分 (%)	19.64	14.88	15.90
	固 定 碳 (%)	18.88	35.08	13.64
	硫 份 (%)	1.37	0.76	0.67
	熱 值 (cal/g)	2.666	4.044	2.615
	比 重	1.46	1.71	1.63
	廢 水 量 (m^3/hr)	400	85 ~ 105	75 ~ 80

2.廢水中固粒之粒度分佈：

粒 度	A 磺 賽 水		B 磺 賽 水		C 磺 賽 水	
	W %	$\Sigma W \%$	W %	$\Sigma W \%$	W %	$\Sigma W \%$
大 於 80 目	2.05	2.05	34.12	34.12	5.61	5.61
80 ~ 115 目	13.77	15.82	16.88	51.00	14.71	20.31
115 ~ 200 目	9.18	25.00	14.59	65.59	12.50	32.81
200 ~ 325 目	15.79	40.79	10.73	76.32	20.30	53.11
44 ~ 35 微米	4.67	45.46	3.02	79.34	5.39	58.50
35 ~ 25 微米	7.01	52.47	2.45	81.79	4.04	62.54
25 ~ 20 微米	2.63	55.10	2.65	84.44	1.21	63.75
20 ~ 15 微米	3.39	58.49	2.47	86.91	3.47	67.22
15 ~ 10 微米	8.64	67.13	1.46	88.37	2.49	69.71
10 ~ 5 微米	17.10	84.14	4.98	93.35	11.30	81.01
5 ~ 3 微米	5.42	89.56	1.15	94.50	4.50	85.51
3 ~ 2 微米	3.57	93.13	1.34	95.84	3.11	88.62
小 於 2 微 米	6.87	100.00	4.16	100.00	11.38	100.00

3.廢水中固粒之礦物組成：經X光繞射結果如下圖



由以上之X光繞射圖鑑定礦物組成爲石英石〔Quartz (A)〕，高嶺石〔Kaolinite (B)〕，伊萊石〔Illite (C)〕，長石〔Feldspar (D)〕，不含有蒙脫石(Montomorillonite)。

4.廢水中固粒之化學分析：

礦別 組成 (%)	A 磨		B 磨		C 磨	
	原泥	灰化後	原泥	灰化後	原泥	灰化後
灼熱減量 (Ig Loss)	41.25	0.12	—	0.36	32.17	2.45
二氧化矽 (SiO ₂)	36.35	62.02	—	61.25	40.85	60.22
三氧化二鋁 (Al ₂ O ₃)	16.91	28.85	—	28.02	21.85	29.08
三氧化二鐵 (Fe ₂ O ₃)	4.23	7.22	—	5.96	3.13	4.61
氧化鈣 (CaO)	0.32	0.54	—	0.88	0.80	1.18
氧化鎂 (MgO)	0.59	1.01	—	2.11	1.15	1.72
合 計	99.65	99.76	—	98.58	99.95	99.26

5. 結果之檢討：

- (1)三礦的廢水水質以懸浮固體物濃度 (SS) 及化學需氧量 (COD) 特別高為其特性，濃度分別為 SS 7,500 ~ 24,700 ppm, COD 4,000 ~ 15,000 ppm 左右，固粒性質方面灰分高達 50 ~ 68 %，熱值低至 2,600 ~ 4,000 cal/g，回收價值低。
- (2)廢水中 SS 之粒度 50 % 平均集中在 35 微米 (A 礦) 200 目 (C 礦) 115 目 (B 礦) 以下相當微細，以目前礦場之現有自然沈降處理方式，很難使放流水之中之 SS 等含量降至規定限值內，必需使用藥劑凝聚法較易去除 SS 以達放流水標準。
- (3)經 X 光繞射結果，礦物組成均為微粉煤，石英、伊萊石、高嶺石等，未發現蒙脫石存在，對懸浮固體之凝聚沈降及污泥之脫水無產生障礙。
- (4)固粒化學分析結果，三氧化鋁 (Al_2O_3) 含量不高，但三氧化二鐵 (Fe_2O_3) 含量反而高至 4 %，僅可供一般紅磚滲料之用。

(二) 藥劑處理

1. 概況

- (1) A 煤礦：本礦日產量約 17,000 噸，洗煤作業每日八小時每月 26 天，用水量約每小時 550 立方公尺，泉水占 20 %、河水占 50 %、循環水占 30 %，產生 400 ~ 450 m³/hr 之廢水，經添加無機凝聚劑硫酸鋁 (AS) 150 ~ 200 ppm 或 Q 201 15 ~ 20 ppm，併用高分子凝聚劑 Hymoloc 500 BS 或 Konan Floc ZH888 1.5 ~ 2 ppm，NaOH 約 10 ppm，混擬後導入 430 m³ 之沈澱池淨化後放流，放流水經取樣檢驗結果 pH 7.25, SS 70 ppm, DS 178 ppm, COD 155.7 ppm，已達場礦放流水標準，沈降污泥以刮泥機刮取濃縮後，以壓力過濾機脫水。
- (2) B 煤礦：月產量的 5,000 噸，作業時間每天八小時，每月 26 天，用水量約 350 立方公尺，坑內水約佔 35 ~ 30 %，循環水約佔 65 ~ 70 %，產生 85 ~ 105 m³/hr 之尾礦廢水，添加 PAC (Al_2O_3 含量 10 %) 100 ~ 150 ppm，併用 Hymoloc 500 BS, 1.5 ~ 2 ppm 之藥劑量，經過 $\phi 15\text{m} \times 2.5\text{mH}$ 之濃縮槽淨化後放流，放流水經試驗結果 pH 6.82, SS 214 ppm, DS 236 ppm，污泥經真空脫水機脫水處理。
- (3) C 煤礦：月產量約 3,000 噸，洗煤作業時間每天約 8 ~ 10 小時，每月 26 天，用水量 190 m³/hr，水源是河水，洗煤廢水約 170 m³/hr，經過五座總容量 1,174 m³ 之沈澱池，利用重力自然沈澱淨化後排放，但因放流水中 SS 含量尚高，建議採用 PAC 或 AS 100 ~ 150 ppm 及有機高分子凝聚劑 1.0 ~ 1.5 ppm 加以處理後放流。

2. 一般的表現法：

廢水在實驗室經量筒及杯瓶試驗所得之凝聚沈降結果舉例如下：

(1) 使用藥劑：

主劑：聚氯化鋁 (PAC)，硫酸鋁 (AS)

助劑：Konan Floc, ZH 888, Hymoloc, 500BS，均屬陰離子性高分子凝聚劑。

(2)試驗結果具有良好沈降效果之藥劑組合如下表：

主 劑 剂		助 劑 剂		沈降七分鐘後之上澄液		沈降七分鐘後之沈泥容積 (mL)	沈降速度 (cm/min)
名 称	添 加 量 (ppm)	名 称	添 加 量 (ppm)	名 称	P H 值		
PAC	100			450	7.0	15.0	2.42
AS	100			310	6.0	14.0	2.46
PAC	100	ZH 888	1.0	121	7.0	6.0	6.20
PAC	100	500 BS	1.0	155	7.0	6.0	6.20
AS	100	ZH 888	1.0	163	8.0	6.0	4.60
AS	100	500 S	1.0	240	8.0	6.0	4.60

(3)凝聚沈降界面與時間之關係如圖 4。

(4)杯瓶試驗結果如下表：

藥劑添加量 (ppm)				加主劑後 絮凝生成 情 形	加 助 劑 後 絯 凝 之 性 質			靜 止 三 分 鐘 後 之 上 澄 液			備 註
PAC	AS	ZH 888	500S		粒徑 (μm)	沈降性	液色	SS (ppm)	COD (ppm)	PH 值	
100		1.0		稍差微細	0.3 ~ 0.5	稍差	稍濁	430	58.82	6.8	浮游物多
100		1.0		稍差微細	0.5 ~ 0.75	稍差	稍濁	370	62.35	6.9	浮游物多
	100	1.0		稍差微細	1.0 ~ 1.5	良	清	320	46.70	6.7	
	100		1.0	稍差微細	1.0 ~ 1.5	良	清	270	34.48	6.8	
150		1.0		稍差微細	1.0 ~ 1.5	良	清	450	38.53	6.9	
	150		1.0	稍差微細	0.75 ~ 0.5	良	清	330	50.33	6.6	細微粒子 浮游

綜合以上之試驗結果選用聚氯化鋁 (PAC) 或硫酸鋁 (AS) 100~150 ppm 配合 1.0~2.0 ppm 之 ZH 888 或 500 BS 等陰離子性高分子有機凝聚劑加以處理可獲得良好之沈降效果，惟因形成之絮凝物較微細，有少許浮渣漂浮於澄清液中，可在溢流口設置擋板等予以去除。

(三)三礦之 CSS 及 CV 曲線

A 等煤礦洗煤廢水在實驗室用 4.2 之方法，用量筒沈降試驗後繪製之臨界懸浮固體物濃度 (CSS) 及臨界沈降速度 (CV) 曲線如圖 10、11、12，試驗藥劑及設定條件是：

1.無機凝聚劑：

聚氯化鋁 (PAC) 10 % 溶液

硫酸鋁 [Al₂(SO₄)₃ · 18 H₂O] 10 % 溶液

2.有機高分子凝聚劑：(均屬陰離子性聚丙烯醯胺類)

Konan Floc ZH 888 0.1 % 溶液

Hymoloc 500 BS 0.1 % 溶液

3.管理基準設定條件：

A 矿：放流水 SS : 500 ppm，沈降速度 5m / H

B 矿：放流水 SS : 600 ppm，沈降速度 3m / H 及 5.4m / H

C 矿：放流水 SS : 900 ppm，沈降速度 2.4m / H

以上所設定之管理基準係配合台灣省廠礦放流水標準 S.S 之限值內設定之一例，各礦應以實際上之需要予以訂定。

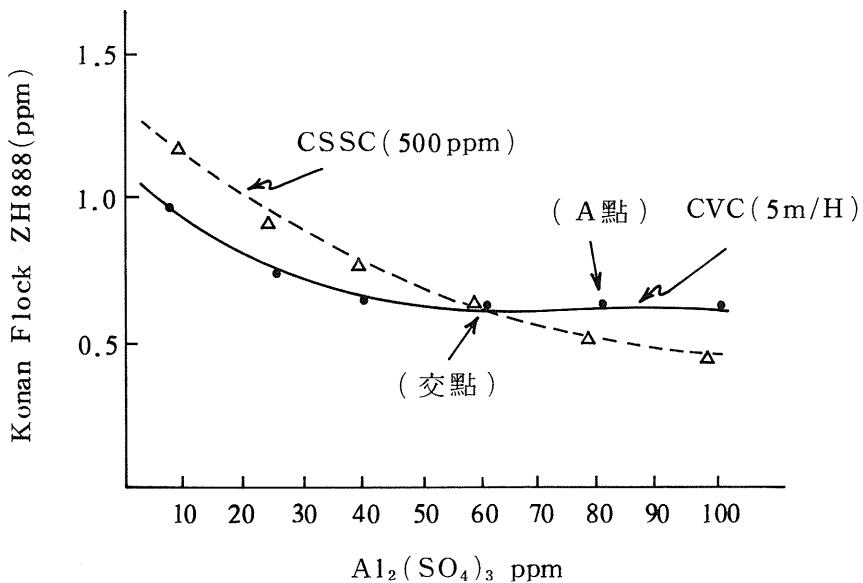


圖 11 A 煤礦 80 目噴流篩下廢水

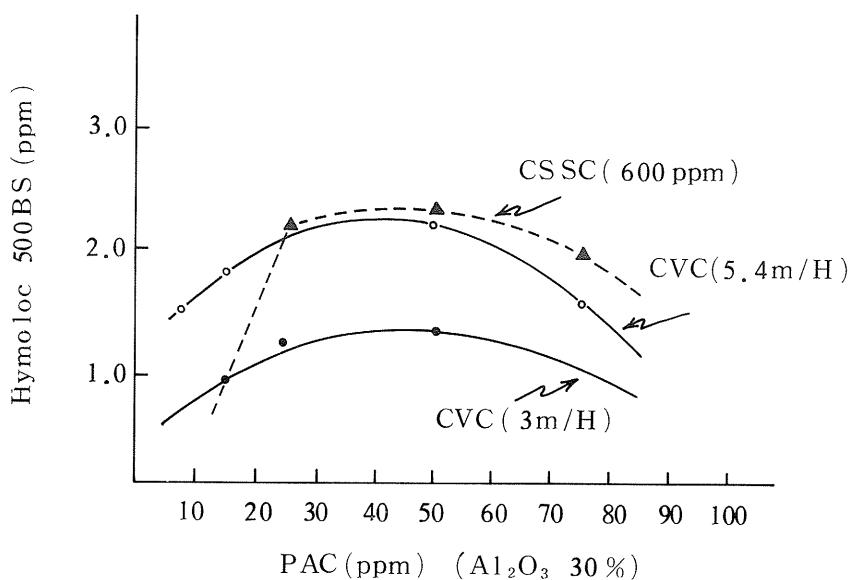


圖12 B 煤礦浮選尾礦廢水

(四) C S S 及 C V 曲線之應用：

1. 求得同時能夠滿足煤礦所設定之懸浮固體物濃度及沈降速度管理基準的無機及有機凝聚劑添加量的組合範圍。

水污染防治法中，台灣省廠礦放流水標準，規定懸浮固體物濃度採礦業訂在 1,000 ppm 以下，如果礦方處理廢水時將放流水之管理基準，S S 濃度加上安全係數設在 500 ~ 600 ppm 以下，並配合礦方目前現有的淨化設備，沈澱池濃縮槽等，以現在所有之沈降面積估算在處理上能達設定之 S S 含量所必需之沈降速度，以此數值設為沈降管理基準，繪製 C S S 及 C V 曲線時，所得兩曲線交點之右側，由 C S S 及 C V 兩曲線所夾之範圍，則表示均能同時滿足 S S 濃度及沈降速度兩種管理基準所要求之無機及有機高分子凝聚劑添加量的組合範圍，而交點之左側則無此組合存在。A、B 兩礦目前所用兩種藥劑的添加量組合（以傳統的一般法求得）均在交點右側範圍內。

2. 求得同時能滿足煤礦所設定之管理基準，最經濟之無機及有機高分子凝聚劑添加量之組合。

上節已提過 C S S 及 C V 兩曲線交點之右側，由兩曲線所夾之範圍能同時滿足兩管理基準的無機及有機凝聚劑添加量的組合，但在此組合裏那一組合才是最經濟的呢？一般估計距 C S S 與 C V 曲線之交點最近之添加量組合條件，或在許可範圍內兩試藥添加量價格最低廉時的組合，就是所使用兩種凝聚劑在組合上最經濟之使用條件，以 A 礦為例作一比較如下表：

組合條件	使用藥劑	添加量 (ppm)	每日藥劑 使用量 (kg)	每日 藥劑價格 (元)	處理每 m^3 廢 水之藥劑費 (元 / m^3)
依一般法實驗 結果在礦場使 用	PAC 或 AS 高分子	150 ~ 200 1.5 ~ 2	540 5.4	6.912	1.92
圖11 CSS 及 CV曲線之交 點	PAC 或 AS 高分子	60 0.6	216 2.16	2.765	0.77
圖11 CSS 及 CV曲線交點 右側之A點	PAC 或 AS 高分子	80 0.61	288 2.20	3.496	0.97

註：AS 或 PAC 10 元 / kg , 高分子 280 元 / kg

廢水量 $450 m^3 / hr$, 操作時間 8 小時 / 天

由上表很明顯地可看出經濟性的差異，假定在實驗室所得結果乘以百分之百安全係數，再在礦場實用化後尚能得到同種效果時，每 m^3 廢水可節省藥劑處理費用 0.38 元，每日約可節省 1.368 元。

3. 新建洗煤廢水處理廠時，可預計最低廉之藥劑處理費用：

在新建廢水處理廠時，淨化槽沈降面積之設計與廢液的沈降速度有密切關係，如沈降速度決定依本法繪製所需要之 CSS 或 CV 曲線，則得所設定管理基準之預估藥劑費用，或由圖中座標標出廢液的沈降速度而概估淨化槽的沈降面積，以便調配場地之運用。

4. 隨廢水中懸浮固體物濃度的變化可調整藥劑添加量之組合：

在同一礦場配製許多 SS 含量不同之模擬廢水，在設定的 SS 及沈降速度的管理基準下繪製許多 CSS 及 CV 曲線時，可隨廢水濃度的變動而隨之調整藥劑添加量的組合，或變更沈降速度的設定管理基準如圖 11，但目前已進入電腦自動控制時代，如日本蘆別煤礦已採用全自動的藥劑添加裝置，隨廢水的 SS 濃度及廢水量，控制藥劑的添加量以完成廢水的完全循環，而且效果相當良好，因此在成本許可範圍內仍建議設置此類設備。

六、結論

- (一)一般無機凝聚劑具有降低廢水中SS濃度及澄清的功能，而有機高分子凝聚劑則具有加速絮凝和沈降作用，因此無機及有機凝聚劑必需適當的配合併用，始能發揮凝聚的相乘效果。
- (二)在洗煤廢水處理工程中，以藥劑凝聚法去除廢水中之懸浮固體物(SS)，最主要因素中應為淨化槽溢流水的SS濃度及沈降速度，這些因素如要均能符合預先設定之作業管理基準條件下，用以選擇及決定無機及有機高分子凝聚劑的適當組合及最經濟的添加量時，CSS及CV曲線圖是較傳統的表示法優且有效的一種方法。
- (三)目前礦場利用藥劑凝聚法來處理洗煤廢水，雖然放流水普遍已能達到放流水標準，但所使用藥劑的添加量是否恰當而不浪費，一般都很難判別，假如適切應用本文所述之CSS及CV兩曲線，不但能夠提高廢水之處理效果，解決許多凝聚作業上之難題，尚可節省約20%之藥劑費用。

參考資料

1. 矿務局業三課煤礦洗煤廢水調查處理資料。
2. 高森隆勝等：無機及有機凝聚劑の併用條件及評價について（日本礦業會熊本分科研究會資料）。
3. 高森隆勝等：澱粉單獨及無機凝聚劑との併用效果と特性について（日本礦業會誌Vol. 89, No.1019號）。
4. 渡邊實：脫水に有效な高分子凝聚剤（日本礦業會誌Vol. 97, No.124）。
5. 小牧謙吉：分散系と凝聚（水處理技術Vol. 2, No. 6）。
6. 工業廢水污染防治（工業發展叢書之28）。
7. 工業用水與廢水處理（日刊工業新聞社）。
8. 鐵山保安教本：礦害防止（下）。