

86.168
TYS

混 凝 土 塑 化 劑 研 究 報 告

(鐵道研究通訊抽印本第27號)

內 部 刊 物

鐵 道 部 鐵 道 研 究 所

一 九 五 五 年 · 北 京

651806
8330

混凝土塑化劑研究報告

混凝土研究組 郭 成 舉

提 綱

本報告範圍內研究工作的目的，在於尋求一項從亞硫酸鹽紙漿廢液中提取有效物質作混凝土塑化劑的經濟而且可行的方法，決定塑化劑的劑量，肯定其效果，並以這種方法試製塑化劑，交由現場作施工鑑定。

研究中用作塑化劑原料的計有兩種亞硫酸鹽紙漿廢液：一種是以亞硫酸鈣鹽蒸煮木材製成紙漿後所得廢液，另一種是以亞硫酸鎂鹽蒸煮蘆葦桿製成紙漿後所得廢液（簡稱木漿廢液及葦漿廢液）。為比較研究用的廢液製劑，除了中央輕工業部中心試驗組按照蘇聯的方法經醱酵後所得亞硫酸鹽酒精廢液濃縮液（cc6）以外，還有直接將紙漿廢液中和後濃縮而成的製劑（中和製劑），和用石灰沉澱後再加酸中和而得的製劑（沉澱製劑）。針對紙漿廢液製劑的一些缺點，也曾考慮了紙漿廢液製劑和其他添加劑特別是氯鹽聯合使用的意義。

研究比較以試驗混凝土及砂漿的和易性和強度為主。水泥製品的其他主要性能如抗凍性，耐蝕性，抗滲性等的試驗，則僅對有應用希望的製劑，擇要進行。

報告附述一九五四年內以葦漿廢液沉澱製劑在現場試點應用的經過情形，以及現場對於試點應用的反映意見。

最後對今後紙漿廢液製劑的生產，推廣和應用提出建議。

第一節 關於塑化劑的概念

在水泥拌製品中加入少量具有表面活化性能的物質，可以改善拌製品的一系列性能，首先就是它的塑性。這種物理～化學過程，可以稱之為塑化作用。所用的表面活化物質，即稱為塑化劑。

蘇聯學者 П.А. 李賓德爾院士及其學派早在二十餘年以前奠定了關於表面活化物質影響液固體系中、固體顆粒表面作用的理論基礎，並指出了在水泥拌製品中應用表

面活化物質，以改善製品各種性能的可能性。經過Б.Г.斯克朗塔也夫，Н.А.帕保夫，С.В.謝斯托標羅夫，А.В.薩塔爾金等的研究，塑化劑的應用已在蘇聯獲得了廣泛的發展。表面活化物質按照攪入水泥拌製品後所發生作用的不同，可以分為兩類：加氣劑和播散劑。

加氣劑大都是一些高分子疎水性有機物質，溶解在水中能夠顯著減低水的表面張力。因此，在水泥拌製品中加入加氣劑時能使調拌時由於機械作用所產生的微小空氣泡穩定下來。由於這些氣泡與固體顆粒間的摩擦阻力很小，而且氣泡本身又極易變形，含有多量氣泡的水泥拌製品的顆粒間摩擦作用得以大大減少。同時也因為水泥拌製品中含有空氣泡的微細顆粒數量大為增加，水泥拌製品的持水性亦大為提高。因此經加氣處理過的水泥拌製品就表現為流動性增大，和易性特佳。攪用加氣劑，得以在保持流動度不變的情形下，減小水灰比，並從而得以在強度減低不太多的條件下改善一系列的物理性能，如耐凍性，抗滲性等等。

作為加氣劑的有樹脂類製劑，石油工業廢品提煉物等多種。在蘇聯應用最多的是樹脂酸鈉鹽，BC劑等等。加氣劑的較適用範圍是100級及100級以下的混凝土和25級及25級以下的砂漿。

播散劑是一種親水性的表面活化物質。它的作用在於使懸濁狀態下水泥顆粒更完善地與水相接觸，並強烈地改變原來水泥顆粒在液體中所形成的網狀集結構體。由於播散作用，原來在網狀結構體中所含蓄着的、與顆粒表面作用無關的一部分水，就被解放出來，並對水泥漿的流動性起積極作用。播散作用也使水泥的實際比表面積得以增加。吸附着播散劑的水泥顆粒的吸着水膜，亦顯著地加厚，這一點也就是說水泥漿的泌水率亦隨之而減小。

播散劑除了影響水泥漿作為液相-固相體系的各種物理性能以外，也在水泥水化產生結晶的過程中起着改變作用。根據А.Е.薛金教授的見解，水泥在水化時所產生的結晶核和微晶體，首先是鋁酸三鈣水化時的新生體，均將因表面活化作用而增多，而微晶體的成長則見遲緩。如果沒有表面活化劑時，鋁酸鈣水化物質將迅速成長為較粗的晶體。蘇聯科學院物理化學研究所用電子顯微鏡觀察的結果指出，鋁酸三鈣水化物質的結晶在淨水中成六邊形板狀，而在亞硫酸酒精溶液中則成細長的針狀。這些現象似乎都有可能促成提高水泥拌製品的強度的功能。

如上所述，在水泥拌製品攪用播散劑，能夠在同樣的水灰比之下提高和易性和流動度，並因決定於接觸表面的水化過程更為完善，在理論上能夠增加強度。如果保持和易性或流動度不變，可以減小水灰比並提高水泥製品的種種物理散力學性能，或者

節減水泥的用量。

作為播散劑的主要是亞硫酸鹽酒精廢液 (C.C.B.) 以及其他以亞硫酸鹽紙漿廢液為原料的製劑。攪用播散劑的最適當範圍是水泥用量比較多的水泥拌製品——150 級及150級以上的混凝土及50級50級以上的砂漿。

亞硫酸鹽紙漿廢液，是以木材或葦莖等植物材料經亞硫酸鹽處理製成紙漿後所得的廢液。廢液中所含的固體物質，視植物材料的品種而異，而其中對水泥具有播散作用實際意義的成份，則為木質磺酸鈣鹽。除了木質磺酸鹽以外，紙漿廢液還含有游離二氧化硫，六碳糖及五碳糖等碳水化合物，脂肪和蛋白質，而這些物質，非但對於播散水泥的作用，沒實有際意義，而且還對於水泥拌製品的性能首先是強度，具有不利的影響。在水泥拌製品中加入原狀廢液達有效劑量時，水泥拌製品即不能凝結，或遇水瓦解，強度亦急劇降低。處理亞硫酸鹽紙漿廢液以期成為合用的混凝土塑化劑這一課題，就是要以經濟可行的方法使廢液中的木質磺酸含量增加，和相應地使有害的雜質減少到不足為害的程度。

亞硫酸鹽紙漿廢液製劑所含木質磺酸鹽本身就是一種高分子粘滯性物質，並且製劑中又含有其他雜質，溶解在水中時亦將降低水的表面張力，因此除了作為一種有效的播散性塑化劑外，同時也具有或多或少的加氣作用。這一點對於水泥拌製品的耐久性，抗滲性，和易性等來說，是有利的，但在另一方面，也影響了播散作用所能造成的強度增加。

紙漿廢液製劑攪入水泥拌製品的劑量，是一項值得重視的問題。劑量太大時，水泥的凝結時間將大受影響，拌製品的強度亦將大為降低。紙漿廢液製劑的最佳劑量，似應隨同水泥的品種以及砂石集料的性質而轉移，因此根據一般文獻的建議，應當由現場施工試驗室將塑化劑劑量當作選擇混凝土配合比的一項因素，以試驗來確定。不過根據多種因素，定出劑量的一般範圍，甚至定出一個在大多數情形下可以逕即採用的參考值，似乎也是可能的。

紙漿廢液製劑的作用，與某些現時已經見諸應用的促凝劑的作用，似乎並無抵觸妨礙，因此紙漿廢液製劑與適當的促凝劑聯合使用，從而糾正單獨使用時所遇到的一些缺點，不僅是有可能的，而且也是合理的。

本報告範圍內的研究，即在於尋求使紙漿廢液淨化的方法，證實所得製劑的效果，鑑定其劑量範圍，並了解塑化劑與氣鹽聯合使用的意義。

第二節 亞硫酸鹽紙漿廢液

本項研究中所用的亞硫酸鹽紙漿廢液，計有兩種。一種取自吉林石岬造紙廠。是以松木與亞硫酸鈣鹽在壓力下蒸煮製成紙漿後從蒸煮罐中傾出的廢液，即木漿廢液，另一種取自天津造紙廠，是以葦梗與亞硫酸鎂鹽共煮製成紙漿後所得的廢液，即葦漿廢液。這兩種廢液均呈棕黑色，有微臭，帶有酸性。其分析結果見第一表。

第 一 表

木 漿 廢 液 及 葦 漿 液 的 全 分 析		
分 析 項 目	葦 漿 廢 液	木 漿 廢 液
外 觀	黑褐色液體	棕 褐 色 液 體
比重 (15°C)	1.068	1.067
PH (27°C)	5.56	4.02
酸度	0.1892N	0.1568N
固體總量	134.06克/公升	162.56克/公升
燒灼減量	114.10克/公升	147.48克/公升
灰 份	未加 SO_3	15.08克/公升
	加 SO_3	22.92 ”
CaO	—	8.09 ”
* $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{FeO}_3$	3.12	2.32 ”
MgO	12.27 ”	—
SiO_2	1.10 ”	—
全硫量 (S)	14.01 ”	9.66 ”
硫酸根 (SO_3)	5.85 ”	1.14 ”
游離二氧化硫	3.46 ”	0.27 ”
半結合二氧化硫	16.81 ”	14.61 ”
KMnO_4 用量 (O_2)	54.54 ”	108.00 ”
木質素	26.67 ”	76.57 ”
全糖	10.14 ”	38.0 ”

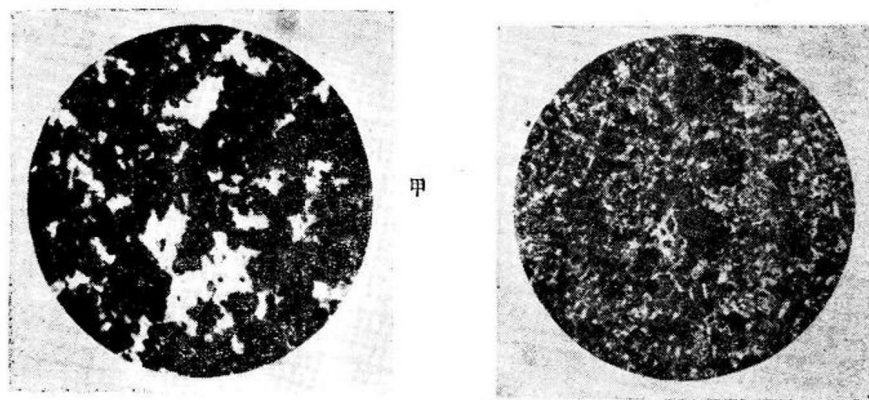
* 廢液用鐵桶裝運，可能溶入鐵質

從表中可以看出，兩種紙漿廢液中均含有多量的木質素和成結合狀態的二氧化硫，亦即含有多量的木質磺酸鹽。這種木質磺酸鹽類，正是能對水泥顆粒起表面活化

作用的有效物質。因此這兩種紙漿廢液都有作為塑化劑原料的可能。

取紙漿廢液少許，加水稀釋成為稀淡溶液，然後在溶液中加入少量水泥，經猛烈搖動後令其靜置。同時亦在清水中加少量水泥，經猛烈搖動令其靜置。將這兩種混濁液並列比較，可以很明顯地看出，水泥顆粒在淨水中迅速沉澱，而在溶液中則遠為遲慢，同時水泥顆粒在淨水中是以遠較本身粒徑大的質點下降的，而在溶液中則質點的尺寸大致即為本身粒徑的尺寸。這一點就足以說明紙漿廢液對於水泥顆粒的播散作用。

往顯微鏡下面觀察水泥混濁液，可以更清晰地看出水泥顆粒的播散情形。水泥顆粒在清水中，和在紙漿廢液溶液中的形狀，如第一圖。



第 1 圖 混濁液中水泥顆粒的播散情形
甲——在清水中 乙——在紙漿廢液溶液中

紙漿廢液對於水泥的播散作用，以混濁液中的沉澱狀態為表徵，稍有不同。將水泥混入木漿廢液稀溶液中時，較粗的顆粒迅速下降，其速度甚至比水中沉澱還快，沉澱物的密實程度亦顯著增加。一部份細小顆粒則懸浮在溶液中，良久不墜。沉澱過程完畢後，固體物質依照顆粒的大小，成為 3~4 個彼此間有分明界限的層次。其中最上層顆粒，亦即懸浮經時最久的顆粒，尺寸極為細小，組織極為疏鬆，可能是鋁酸三鈣被播散迅速水化所產生的。由於吸附木質磺酸鈣的量較多，這種顆粒呈棕黃色。

葦漿廢液懸濁液中水泥沉降速度雖然比水中為慢，但遠較木漿廢液懸濁液中為快；而且水泥大小顆粒不一致沉降的現象，亦比較緩和。沉澱物的體積，比清水中和木漿廢液中的沉澱物都要大一些。

如在木漿廢液稀溶液中加入少量氯化鈣溶液，則水泥顆粒在這種混合溶液中播散的情形有所改變。液體上部迅速澄清，極少懸浮顆粒，下部的固體沉澱則質地疏鬆，看不出有大小顆粒分層的現象。沉澱物體積隨着時間逐漸減縮，最後穩定的體積較大

於淨水中沉澱的體積。根據後文所述的試驗結果，在木漿廢液製劑中加入氯化鈣，並不影響其對於水泥拌製品的塑化作用，雖然加氯化鈣後削弱了對水泥顆粒的播散作用。此外我們曾以水玻璃作為水泥的播散劑進行了試驗，儘管懸濁液沉降速度和顯微鏡下的觀察都指出了它的強烈播散作用，但是它並不表現出有提高水泥拌製品的塑性或流動性的功能。似乎可以這樣說，雖然紙漿廢液製劑的塑化效能部份地在於它的播散作用，但是塑化效能的大小却並不是直接與播散作用的強弱相聯繫的。

根據上述，可以認為，儘管葦漿廢液的播散作用較弱，從其中提出合理而有效的塑化製劑仍是有可能的；同時，儘管電解物質溶液對於固體顆粒的表面作用與高分子有機物質溶液相反，但是電解質與有機質聯合起來作為水泥添加劑的應用，仍是適當的。

第三節 紙漿廢液及其濃縮物作為塑化劑

播散性塑化劑中最初見諸應用的，就是未經處理過的紙漿廢液，其濃縮液，以及固體濃縮物。蘇聯學者的研究證明，以紙漿廢液直接作為塑化劑應用，如果劑量適當，是可以取得改善水泥拌製品的品質並節約水泥的。後來因為利用紙漿廢液製造酒精的工業發展起來，攪改用亞硫酸鹽酒精廢液及其製品作為塑化劑，因亞硫酸鹽酒精廢液中所含雜質（除木質磺酸鹽以外的物質）要少一些。

根據С·В·謝斯托標羅夫和А·И·查什切賓的資料，在水泥拌製品中攪入劑量為水泥重量0.1~0.8%的紙漿廢液濃縮液，（以乾燥物質為準），可以大量增加流動度，如果保持流動度不變，可以提高強度達49%。實用的最佳劑量，視水泥的細度及礦物組成而異，須在上述範圍內以試驗確定。關於濃縮物與水泥凝結時間的影響，則資料中未曾提及，似乎並非值得注意的因素。

我們曾於一九五三年進行大量砂漿試驗，比較紙漿廢液濃縮物的效應。比較中的製劑計有木漿及葦漿廢液濃縮液，固體濃縮物及其在不同溫度（自120°~180°）下加熱處理後的製品共四十餘種。試驗的方法是用水泥硬練試驗用的標準砂做成1:2砂漿，保持水灰比不變（以純砂漿的跳桌流動度為125~135公厘時的水灰比為準），比較攪塑化劑與不攪塑化劑的砂漿的流動性及強度的增加情形。

試驗結果已列入一九五三年的技術報告，此處不再重列。這些結果可以歸納成為下列三點：

（1）全部製劑均有顯著地增加砂漿流動度的功能。在這一功能上，木漿廢液

製劑較葦漿廢液製劑為優。經加熱處理的固體製劑，其塑化功能有隨着溫度增加而漸減的跡象，而溫度到達 160° 以後更為明顯。

(2) 劑量達水泥重量的 0.4% 時，砂漿試件一般須經過48小時方能脫模，劑量超過 0.4% 時，試件脫模後，如與水相接觸，即行潰散。

(3) 撈木漿廢液製劑的砂漿的七天強度，與不撈塑化劑的七天強度比較的比值，當劑量為 $0.1\sim 0.2\%$ 時，僅等於 $39\sim 77\%$ ，當劑量為 0.4% 時，等於 $0\sim 52\%$ 。撈葦漿廢液製劑時，凝結情況較佳，但上項強度比值亦未有超過 80% 者。28天強度的對比稍佳，當劑量不超過 0.2% 時，有個別比值達到 90% 以上，但是流動度的增加則比較不顯著。

從試驗來看，強度的降低如此劇烈，凝結時間又延遲到接近危險的程度。因此，應當認為，以木漿廢液和葦漿廢液的濃縮物直接作為塑化劑，是很難達到肯定的效果的。

第四節 石灰沉澱法製劑

石灰沉澱法就是在紙漿廢液內加入數量超過能溶量的消石灰，調勻，令石灰顆粒沉澱，用過濾或其他簡單方法除去澄清液體的大部份，獲得含水量約在 60% 左右的糊狀物質。將此項物質加酸（鹽酸或硫酸）溶解，至中和程度，即成濃度較原廢液為高，有機物雜質含量較原廢液為少的木質磺酸鈣溶液。如用鹽酸溶解，則此項溶液成為木質磺酸鈣和氯化鈣的混合溶液。

石灰沉澱法的作用和水泥在紙漿廢液中被播散的作用相同，可以用表面吸附這一性能來解釋。當不能溶解的消石灰顆粒在紙漿廢液溶液內懸浮時，其表面能夠吸附一部分木質磺酸鈣。由於石灰顆粒遠較水泥顆粒為細，也可能由於石灰和木質磺酸能成化學結合狀態，石灰吸收木質磺酸鈣的能力，遠較水泥為強。石灰吸收木質磺酸鈣數量之多，可以從它的顏色變更來證明，吸收了木質磺酸鈣的石灰，顏色即轉為棕色。石灰沉澱物加鹽酸處理，石灰即被中和，成氯化鈣溶解，其表面上吸附的有機質則依然溶解於水。也有人認為木質磺酸鈣能與石灰化合而成鹽基性木質磺酸鈣，當鹽基性木質磺酸鈣經鹽酸中和後，即產生木質磺酸鈣和氯化鈣。

石灰沉澱物經過過濾或其他方法與上部清液分開後，其中仍含有多量水份（過濾後約含 60% ），而且石灰顆粒除了吸附木質磺酸以外，可能還夾雜有少量其他有機物質。因此石灰沉澱物加酸溶解的液體內，勢必依然存在着其他有機雜質。不過由於少

量雜質對於水泥拌製品性能的影響較少，以這種製劑作為水泥製品的塑化添加劑，似乎是合理的。

用石灰沉澱法提取木質磺酸製劑，手續很為簡單，雖然需用一些鹽酸，但是由於不必經過濃縮處理，節省的燃料費和濃縮裝置的購置維修費，可能與鹽酸的費用相消。因此，在經濟觀點上，石灰沉澱法不失為一個可以採用的方法。

還在一九五〇年，我們即開始以葦漿廢液石灰沉澱物加鹽酸而得的製劑作為混凝土塑化劑進行了一系列有關混凝土性能的試驗，並獲得初步的結果。特別是鐵道部在重工業部基本建設局籌備組試驗所協助下所做的試驗，肯定了葦漿廢液的石灰沉澱製劑對於改進混凝土塑性，以及提高強度、抗凍性和抗滲性等項效應。

在這些試驗中，採用的水泥為長城牌普通水泥，所用集料為京郊40公厘卵石及中砂。每使用一公斤水泥配用的塑化劑約含3克有機物質，和1.7克氯化鈣。試驗的結果可以歸納成為下列幾項：

(1) 保持混凝土的配合比及水灰比完全不變，攪用塑化劑可以使混凝土的錐體坍落度增加一倍以上，也就是從2~3公分增加至6~7公分，以及從6~7公分增加至15公分以上。保持混凝土配合比不變，拌製流動度相同（8公分）的混凝土，則攪用塑化劑可以減低水灰比約0.05，亦即從0.57減至0.52，以及從0.60減至0.54。

(2) 在保持水泥用量及和易性條件相同的情形下，七天強度的增加可達30%，28天強度的增加可達17%。如保持混凝土的和易性不變，做成同強度的混凝土，則攪用塑化劑時可以節省水泥約10%，甚至14%。

(3) 攪用塑化劑後，不論水灰比降低與否，在正常條件下成長的混凝土的抗凍性提高甚多，甚至在水泥用量降低12%、水灰比加大0.05的情形下，攪用塑化劑的混凝土的抗凍性仍比不攪者為佳（參見第2圖及第3圖）。

(4) 攪用塑化劑對於混凝土



第 2 圖

土的抗滲性，具有極大的作用。例如水灰比（均為 0.6）、水泥用量（均為 307 公斤/立方公尺）相同的混凝土，在 5 公斤/平方公分壓力下的滲水率可從普通混凝土的 175 立方公分/平方公尺一小時，減少至零（摻塑化劑的）。

（5）摻用塑化劑的混凝土含有約 3% 的空氣，其泌水性比普通混凝土降低甚多。塑化劑溶液含 15% 固體時，其表面張力為 56 達因/公分。

一九五三年起，我們在這一基礎上，對石灰沉澱法做了一系列的擴大比較試驗。試驗。在這一試驗中，我們所提出的任務計有下列各項：

（1）確定一些有關塑化劑製造的因素。

（2）鑑於木漿廢液中木質素含量較多，擬通過研究試驗了解，關於應用木漿廢液石灰沉澱製劑的可能性。

（3）了解塑化劑對於不同水泥包括對於混合水泥的效應，並進行關於塑化劑使用劑量的探討。

下文中將分別對這些問題進行敘述。

（1）若干有關塑化劑製造的因素

用適量石灰處理紙漿廢液，藉以提取木質磺酸鹽，雖然方法很是簡單，但亦有若干因素須在試行製造之前，加以明確。我們曾在本所化學組配合工作之下，以試驗解決了下列幾個問題。

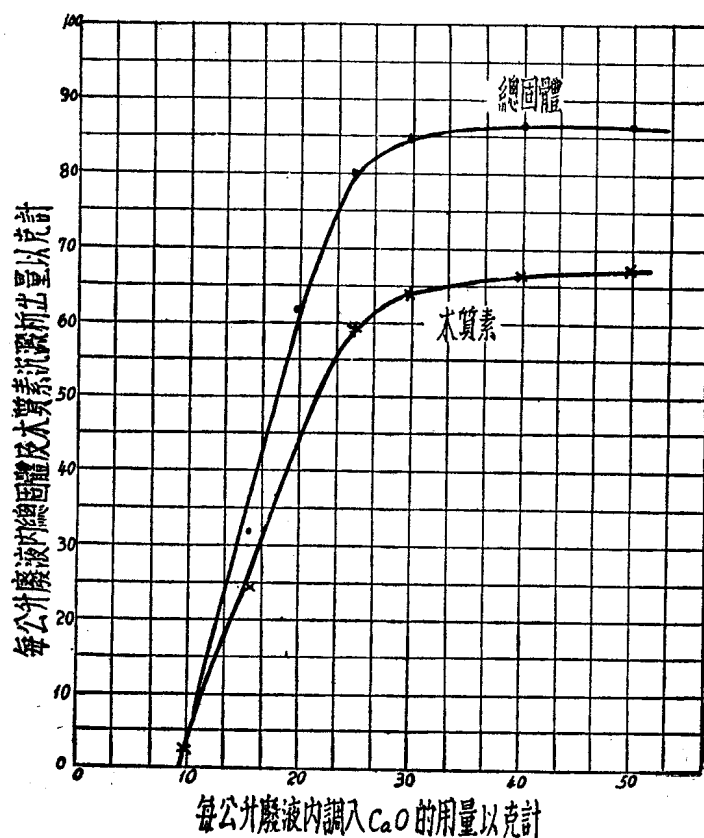
首先，沉澱過程中廢液的温度狀態是極關重要的。在常溫之下，石灰吸收木漿廢液中木質素的能力較低。爲了要獲得有效物質含量較高的沉澱物，必須使廢液在沉澱過程中的温度保持在 60° 以上。石灰在木漿廢液中成高度播散狀態，因而妨礙了它的過濾析出。如對木漿廢液和石灰的混合液加熱煮沸，則沉澱較速，利於過濾。由於該



第 2 圖

漿廢液從蒸煮鍋中放出時，溫度恒在 80° 以上，在這一方面，處理葦漿廢液顯然較木漿廢液為有利。

在紙漿廢液中加入的石灰，一部份被消耗在增加原液的 pH 值，多餘的不能溶解的石灰，纔有吸附沉澱的作用。石灰用量愈多，則經處理後的溶液中木質素的平衡濃度愈小，也就是單位體積原液中析出的木質素愈多；但是以單位石灰用量來說，石灰愈多，則其吸附效果愈差。我們曾以試驗確定，增加石灰的用量時，平衡濃度的降低，本身亦是遞減的。第 4 圖表示在 1 公升木漿廢液原液中加入不同石灰量（以有效 CaO 為準）時，溶液中木質素及總固體含量減少（吸附）的情形。



第 4 圖

從圖中可以看出，石灰用量超過每公升原液 30 克時，吸附作用即不再增加，而石灰量過少（小於 1 %）時，將不能產生沉澱。為了不使沉澱物中石灰的含量太多，以免

增加成本計，石灰的用量似應定為每公升原液25克（以有效CaO計）左右。但如石灰用量過多，除了經濟上有所不利外，並沒有其他不良後果。

以葦漿廢液作試驗的結果，說明石灰的最佳用量亦在25克/公升左右。

由於沉澱物的顆粒很細，要高度地脫除其中所含水份，必須藉助於複雜的擠壓過濾裝置。但是原液中有害物質含量並不高，似乎施行簡單過濾手續，獲得含水率在50~60%之間的糊狀物質，在製造混凝土塑化劑的目的上，已可認為合格的了。同樣，對沉澱物施行沖洗及其他加工，似乎都是不必要的。

紙漿廢液一般均含有若干 SO_2 作為游離酸存在着，而葦漿廢液又含有少量鎂鹽，因此在紙漿廢液中加入少量石灰（<1%），將產生 $Ca(HSO_3)_2$ 、 $Mg(OH)_2$ 等項並不顯著吸附有機物質的沉澱物。採用分級沉澱法，可以將這些物質除去。但是由於這些物質以微量摻入混凝土中應該說是沒有什麼影響的，所以在製造塑化劑的目的上，似乎也沒有分級沉澱的必要。

總之，用石灰沉澱法製造塑化劑，可以採用盡量簡化的手續，以降低製造的成本。

（2）木漿廢液沉澱製劑

為了解木漿廢液石灰沉澱製劑是否適合作為混凝土塑化劑起見，我們曾在本所化學組配合之下，試製兩種製劑（甲及乙），進行砂漿及混凝土的性能試驗，以資比較。

這兩種製劑的區別在於在木漿廢液中加入石灰處理時的溫度條件。甲劑是在熱廢液中加入石灰沉澱而得的，乙劑則是在廢液中加入石灰煮一小時然後沉澱析出的。兩種製劑均經加鹽酸中和，然後作為塑化劑。

試驗的方法包括：（1）砂漿試驗，用普通矽酸鹽水泥，頁岩水泥及礦渣水泥，加三倍普通河砂（有級配）拌製砂漿，使每次拌製中砂漿的流動度均保持一致，並以5公分立方體試驗試件作強度比較試驗；（2）以京郊河砂及卵石拌製混凝土，亦保持配合比及錐體陷度固定不變。砂漿強度試驗比較結果，見第二表

在砂漿中摻用甲劑0.2%時，水灰比約降低0.06~0.08，砂漿空氣含量自5%增至10%；摻用甲劑0.4%時，水灰比降低0.08~1.10，空氣含量增至12.5%。在砂漿摻用乙劑0.2%時，水灰比約降低0.05~0.06，砂漿空氣含量自5%增至8%；摻用乙劑0.4%時，水灰比約降低0.08，空氣含量增至12%。混凝土試驗結果，見第三表。

第 二 表

製劑名稱	水 泥 種 類	製劑用量 (總固體物質對水泥用量%)					
		0.0%		0.2%		0.4%	
		7 天強度	28 天強度	7 天強度	28 天強度	7 天強度	28 天強度
甲	500 號普通	100	100	114	89	89	76
	400 號頁岩	100	100	99	83	83	70
	400 號礦渣	100	100	105	95	16	60
乙	500 號普通	100	100	120	112	100	82
	400 號頁岩	100	100	106	96	90	80
	400 號礦渣	100	100	111	100	105	91

第 三 表

製劑名稱及劑量	水 泥 種 類	強 度 指 數		空氣含量 %	三小時泌水率以混凝土含水量之%計
		7 天強度	28 天強度		
—	500 號普通	100	100	1.4	10.4
0.2% 甲劑	500 號普通	108	101	4.4	5.6
0.2% 乙劑	500 號普通	116	110	3.4	6.2
—	400 號頁岩	100	100	1.7	10.5
0.2% 甲劑	400 號頁岩	99	92	4.6	5.7
0.2% 乙劑	400 號頁岩	108	100	8.0	5.4
—	400 號礦渣	100	100	1.8	6.8※
0.2% 甲劑	400 號礦渣	72	91	4.8	2.9※

註※為二小時泌水率

攪甲劑的混凝土，水灰比約降低0.60，攪乙劑的約降低0.05。

根據上述這些數字來看，甲乙兩種製劑均能顯著地改善混凝土的和易性，因為在保持混凝土流動度不變的情形下，能夠顯著地減少用水量（超過10%）。攪用製劑的砂漿及混凝土均含有多量空氣細胞，而泌水率又有顯著的減少。所以混凝土抗滲性抗凍性的改善，亦可預期。

在強度方面，可以認為甲劑是不能提高砂漿及混凝土的強度的。非但如此。如果劑量稍大，仍和未經處理的廢液一樣，是有嚴重的危險性的，至於乙劑提高普通水泥混凝土強度的功能，已可肯定，使用逾量時其危害作用亦較小。

木漿廢液對於火山灰質及礦渣矽酸鹽水泥製混凝土的效應，似不及普通水泥製混凝土。不過這裏須考慮到我們所用的這兩種水泥，按理來說尚在試製階段，其生產過程及其物理—化學性能均未完全肯定。因此木漿廢液製劑對於火山灰質及礦渣水泥的效應，尚待最後評定。

總而言之，木漿廢液製劑是完全有可能作為一種良好的塑化劑來應用於建築實踐

之中的，雖然在提高強度一方面的效果，以現有資料來看，尚不及葦漿製劑為穩定。

(3) 關於葦漿廢液製劑的補充試驗資料

葦漿廢液加石灰沉澱製成塑化劑的化學方法，雖然經過一些旨在加以修正的比較試驗（如第三節 § 1 所述），但這些試驗說明在50~51年所採用的處理方法基本上是恰當的，因此，可以認為第三節最初所引述的關於葦漿廢液的效能的初步試驗結果，是可以肯定的。

為了取得更多的試驗資料，並比較不同劑量的塑化劑的效應計，我們曾進行一些水泥物理性能試驗和砂漿及混凝土強度比較試驗。在這些試驗中所用的水泥共有四種，其中兩種為普通水泥，一種為400號礦渣水泥，一種為400號頁岩水泥。後兩種水泥的化學組成未能了解清楚。兩種普通水泥的礦物組成大致如下（第四表）

第 四 表

	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	標 號
甲種普通水泥	45.26	30.52	7.73	12.89	約400
乙種水泥	59.07	16.96	10.76	10.26	500

葦漿廢液製劑影響兩種普通水泥的物理性能的情況，參見第五表。

第 五 表

水 泥 種 類	塑 化 劑 劑 量 %	正 常 稠 度 時 量 %	初 凝 時 間 時~分	終 凝 時 間 時~分
甲種普通水泥	—	26.5	7~00	10~50
	0.3	24.5	9~30	12~10
	0.5	24.0	11~00	14~30
乙種普通水泥	—	28.0	6~00	10~20
	0.3	27.0	6~00	9~10
	0.5	—	—	—

從表中看來，葦漿廢液製劑能夠減低水泥的需水量，同時亦稍稍改變其凝結時間。在我們所進行的砂漿及混凝土試驗之中，所有試件均在拌製後經24小時脫模，並無困難，這一點說明雖然摻用葦漿廢液製劑後，水泥的凝結時間有所改變，但在實用上並無顯著的影響。

作強度試驗用的砂石，以及試驗的方法，均與第三節 § 2 中所述完全相同。砂漿強度試驗的結果，如第六表所列。

第 六 表

水 泥 種 類	葦漿廢液製劑用量 (總固體物質對水泥用量的%)									
	0.0%		0.2%		0.4%		0.6%		0.8%	
	7 天	28天	7 天	28天	7 天	28天	7 天	28天	7 天	28天
甲種普通水泥	100	100	120 [*]	113 [*]	124 [*]	115 [*]	139 [*]	114 [*]	144 [*]	120
乙種普通水泥	100	100	118 [*]	113 [*]	130 [*]	110 [*]	138 [*]	110	135	121
400號頁岩水泥	100	100	114	105	110	98	—	—	—	—
400號礦渣水泥	100	100	130	118	128	108	—	—	—	—

附註：有 * 者為三次試驗結果的平均值

混凝土強度試驗。僅用甲種普通水泥，因為從砂漿試驗的結果看來，雖然兩種普通水泥的礦物組成不同，而塑化劑的效應却極為相合，試驗的結果，見第七表所列。

第 七 表

混凝土配合比	錐體陷度	葦漿廢液製劑用量 (總固體物質對水泥用量的 %)					
		0.0%		0.3%		0.5%	
		7 天強度	28天強度	7 天強度	28天強度	7 天強度	28天強度
1 : 1.85 : 3.45	5~7	$\frac{150}{100}$	$\frac{274}{100}$	$\frac{224}{149}$	$\frac{313}{114}$	$\frac{222}{148}$	$\frac{325}{118}$
1 : 2.33 : 4.33	5~7	$\frac{121}{100}$	$\frac{216}{100}$	$\frac{150}{124}$	$\frac{256}{118}$	$\frac{132}{118}$	$\frac{238}{112}$
1 : 2.70 : 5.00	5~7	$\frac{77}{100}$	$\frac{142}{100}$	$\frac{112}{145}$	$\frac{190}{134}$	—	—

附註：表列數字分子以公斤/方公分計，分母以%計

攪葦漿廢液製劑的混凝土試件，如脫模後立即停止養護，其28天強度較正常條件下養護28天的試件的強度降低，但是降低的百分率與不攪塑化劑的混凝土的降低率大致相同。

根據這些強度試驗的結果，可以認為，葦漿廢液製劑對於礦物組成不相同的水泥均有一定的效果。此處所得的對頁岩水泥的試驗結果雖不合理想，但是後文中將要提起，在現場試點工程中所做的頁岩水泥試驗，却指出了較好的結果。

與木漿廢液製劑不同，葦漿廢液製劑用量較多時，並未發現有任何足以降低強度的危害性，這一點在實際應用之中是一項有利的條件。不過為了節省費用計，葦漿廢液的劑量仍以限定在水泥重量的3%至5%之間為宜。

葦漿廢液製劑對於混凝土抗凍性及抗滲性的效應已見本第三節最初所引述的資料。茲為了解對於各種不同水泥製混凝土的抗凍性，並了解它們在較早的齡期內受凍

的情形起見。特進行一組試驗如下：

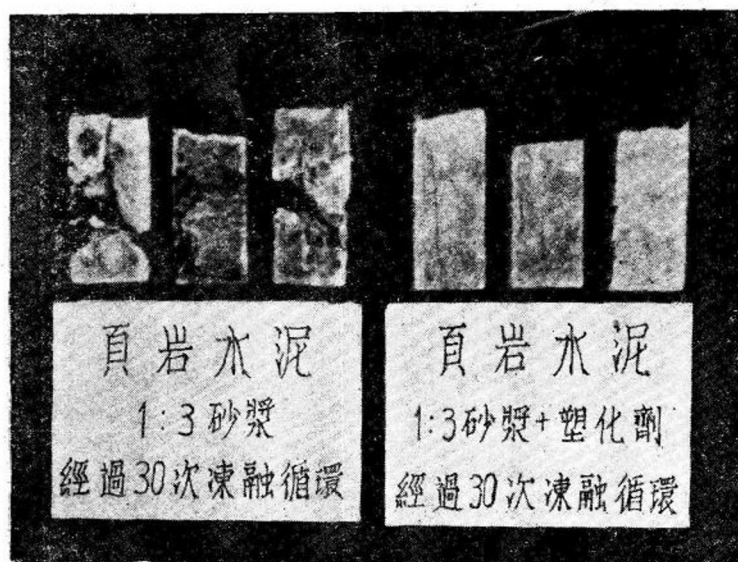
作抗凍試驗的試件為 1 : 3 砂漿（河砂）製成的 $4 \times 4 \times 16$ 公分試件的半截。所用的水泥為前述甲種普通水泥，頁岩水泥及礦渣水泥。砂漿的流動度均在 125 ~ 135 公厘之間。原定的試驗方法是將 $4 \times 4 \times 16$ 公分的試件在第七天齡期時折斷，取半截作



第 5 圖



第 6 圖



第 7 圖

—20°至+20°的凍融循環試驗經30次，取另半截在正常條件下保養，俟凍融循環試驗完畢後再以兩個半截作抗壓試驗，以資比較砂漿受凍後抗壓強度的損失。

實際上，經過30次凍融循環試驗後，未攪塑化劑的砂漿試件均受到嚴重的損壞。以頁岩水泥製成的，已是完全瓦解；以礦渣水泥製成的，表面剝落甚多，並且有很深的裂紋；以普通水泥製成的，雖然剝落不多，但裂紋很多。這三組試件基本上均已不能抗受壓力。攪有0.3%葦漿廢液製劑的，以三種水泥製成的砂漿試件，經30次凍融循環作用後，並未發現有裂紋及剝蝕等缺點。砂漿試件受凍後的外形比較，參看第5圖至第7圖。

根據以上所述，我們認為既然葦漿廢液製劑對於混凝土的和易性，強度，和抗凍抗滲性三個主要性能的效應已經肯定，這種製劑已有進入現場試點應用的可能性。

第四節 亞硫酸鹽酒精廢液

(1) 直接攪用亞硫酸鹽酒精廢液的試驗

亞硫酸鹽紙漿廢液是一種產量極多而不易處理的工業廢品。用石灰沉澱法來提取木質磺酸鹽製劑，雖然在製造塑化劑一方面來說是經濟而且易行的，但是却並不能根本解決污水處理問題。為了全面地解決問題，應當採用蘇聯的先進的處理與利用相結