

應用科學叢書

電木與電玉

著者

鄭 栗 銘

實業部中央工業試驗所技術員



書局印行

版權所有
翻印必究

中華民國二十五年十月初版

電木與電玉

全一冊 實價國幣 平裝四角五分
精裝七角
(外埠酌加運費匯費)

編著者 鄭 粟 銘

發行人 吳 秉 常

南京河北路本局

印刷所 正 中 書 局

南京河北路童家巷口

發行所 正 中 書 局

上海福州路
南京太平路

(£50)

總 序

‘我們集合了許多研究自然科學和實用科學的人，想把科學知識，送到民間去，使牠成爲一般人民的共同智慧。更希冀這種知識散播到民間之後，能夠發生強烈的力量，來延續我們已經到了生死關頭的民族壽命；復興我們日漸衰頹的中華文化。這樣，才大膽地向社會宣告開始我們科學化運動的工作。’

這是中國科學化運動協會，於民國二十一年發起旨趣書的開宗明義，同時復在本會章程內，揭示宗旨爲：

‘研究及介紹世界科學之應用，並根據科學原理，闡揚中國固有之文化，以致力於中國社會之科學化。’

爲要使本會的目標，簡單起來，所以又做十個大字的標語，卽：

‘科學社會化，
社會科學化’

自從本會的宗旨，漸漸爲本國科學界與整個社會，容納進去，已能喚起國人對於科學的興趣，暨轉移從事科學者對於科學本身的觀念。

爲要推廣本會的工作，所以又於二十四年確定本會第二期工作計劃大綱，分爲：

(1)‘以科學的方法，整理我國固有的文物；’

(2)‘以科學的知識，充實我們現在的社會；’

(3)‘以科學的精神，創造我國未來的生命。’

同時對於‘工作之對象’，‘工作之信仰’，‘工作之方針’，和‘工作之步驟’，分別做了很詳密的規定，使全體會員以及各地分會支會，得以個人或集團的力量，去實施‘科學化’的工作。

本會科學化‘工作之範疇’，除‘檢閱過去’，對於過去的知識資料，如何整理，使合於現代之用，又‘準備將來’，對於未來之科學進步，如何薰陶，使其有益於人羣外，更要‘把握現在’，即：

‘對於現代之科學知識及方法，應充分利用以解決目前之國防生產生活問題，同時用極淺近的譬喻與理解，灌輸於一般民衆。’

正中書局，很誠懇底接受‘科學化’的使命，要發行應用科學叢書，委託本會南京分會，主持編輯事宜，並以編輯大綱請示本會。本會以應用科學的範圍，包括甚廣，各種科學的內容，同牠的應用，也沒有有一定的限制，要在編輯同審查的專家，都能切實認識同一的目標，就能夠領導閱讀的人，進到康莊的大道——科學化。爰把本會歷次決定的宗旨，趣向，和目標，以及工作計劃大綱，簡括起來，做個序言，刊於每部叢書的前面。希望同情於本會的人，隨時加入本會，共同迎頭趕上現代科學化的文明；有志於本叢書的人，隨時向該書局或該分會，貢獻其著述。更希望一般社會中的人們同讀者，對於本叢書有任何意見時盡量的不客氣的提出來！

中國科學化運動協會 廿五年五月五日於首都藍家莊蘭園本會

目 次

第一章 總論	1	第四節 一般人造樹脂的生成順序.....	14
第一節 引言.....	1	第一項 初期人造樹脂(電木甲).....	15
第二節 電木電玉與人造樹脂.....	2	第二項 中期人造樹脂(電木乙).....	15
第三節 電木電玉發明史略.....	3	第三項 末期人造樹脂(電木丙).....	15
第四節 電木電玉將來的展望.....	7	第五節 人造樹脂生成原因.....	15
第二章 人造樹脂	9	第一項 各家理論.....	15
第一節 天然樹脂.....	9	第二項 基恩爾的三種假說.....	17
第一項 天然樹脂的來源.....	9	第六節 人造樹脂應用於各方面應有的條件.....	23
第二項 天然樹脂的成分.....	9	第一項 應用於模塑物件方面的條件.....	23
第三項 天然樹脂的性質.....	10	第二項 應用於假漆及特種油漆方面的條件.....	24
第二節 人造樹脂的由來.....	11	第三項 應用於電氣絕緣方面的條件.....	25
第一項 聚合及縮合反應.....	11	第三章 酚醛樹脂	27
第二項 高級聚縮物與人造樹脂.....	12	第一節 原料.....	27
第三節 人造樹脂的分類.....	13	第一項 酚.....	27
第一項 根據不同生成反應的分類法.....	13	第二項 甲醛.....	30
第二項 根據不同物理性質的分類法.....	31		

第二節 酚醛樹脂製造方法.....32	第一節 脲醛樹脂.....65
第一項 普通一般製造方法.....32	第一項 原料.....65
第二項 小規模製造方法.....36	第二項 脲醛樹脂製造方法.....66
第三項 培克蘭的製造方法.....38	第三項 脲醛樹脂化學反應的研究68
第四項 淺色酚醛樹脂製造法.....38	第二節 酮醛樹脂.....69
第五項 透明酚醛樹脂製造法.....39	第一項 原料.....69
第三節 酚醛樹脂化學反應的研究...41	第二項 酮醛樹脂製造方法.....71
第四節 製造酚醛樹脂各項條件的研究44	第三節 脲醛及酮醛樹脂的一般應用73
第五節 輔助劑的研究.....47	第六章 多元酸多元醇樹脂 74
第六節 酚醛樹脂的應用.....50	第一節 原料.....74
第四章 醛類樹脂.....56	第一項 甘油.....74
第一節 乙醛樹脂.....56	第二項 乙二醇.....78
第一項 原料.....56	第三項 澱石酸.....79
第二項 乙醛樹脂製造方法.....57	第四項 苯二甲酸.....81
第二節 丙稀醛樹脂.....58	第五項 檸檬酸.....88
第一項 原料(丙稀醛).....58	第二節 多元酸多元醇樹脂製造方法85
第二項 丙稀醛樹脂製造方法.....58	第一項 苯二甲酸甘油樹脂製造法85
第三節 糠醛樹脂.....59	第二項 檸檬酸甘油樹脂製造法...86
第一項 原料.....59	第三項 混合酸甘油樹脂製造法...87
第二項 糠醛樹脂製造方法.....61	
第四節 醛類樹脂的一般應用.....63	
第五章 脲醛及酮醛樹脂...65	

第四項 多元甘油樹脂製造法.....87	第二節 鹵化 橡皮..... 101
第五項 蓖麻油與多元酸多元醇 樹脂製造法.....88	第一項 橡皮..... 101
第三節 多元酸多元醇樹脂化學反 應的研究.....88	第二項 鹵化橡皮製造方法..... 102
第四節 多元酸多元醇樹脂的一般 應用.....90	第三項 鹵化橡皮的性質及其一 般應用..... 103
第七章 苯駢呋喃及茛樹脂92	第三節 乙烯化合物樹脂..... 104
第一節 原料.....92	第一項 原料..... 104
第一項 苯駢呋喃的性質.....92	第二項 乙烯化合物樹脂製造方 法..... 105
第二項 茛的性質.....93	第三項 乙烯化合物樹脂化學反 應的研究..... 107
第二節 苯駢呋喃及茛樹脂製造方 法.....94	第四項 乙烯化合物樹脂的性質 及一般應用..... 107
第三節 苯駢呋喃及茛樹脂的化學 反應的研究.....96	第九章 脂化樹酯..... 109
第四節 苯駢呋喃樹脂的性質及一 般應用.....98	第一節 石灰酯化樹脂..... 110
第一項 假漆及油漆.....98	第一項 石灰的選擇..... 110
第二項 橡皮物件..... 100	第二項 石灰配合成分..... 111
第三項 模塑物件..... 100	第三項 石灰酯化樹脂製造方法 111
第四項 其他應用..... 100	第四項 石灰酯化樹脂的應用... 112
第八章 鹵化樹脂鹵化橡 皮及乙烯化合物 樹脂..... 101	第二節 甘油脂化樹脂..... 112
第一節 鹵化樹脂..... 101	第一項 甘油配合成分..... 113
	第二項 甘油酯化樹脂製造方法 113
	第三項 甘油酯化樹脂的應用... 115

第三節 其他酯化樹脂.....	118
-----------------	-----

第十章 模型及模塑 119

第一節 概論.....	119
-------------	-----

第二節 模塑原料的配合.....	121
------------------	-----

第一項 繫聯物質.....	121
---------------	-----

第二項 填料.....	122
-------------	-----

第三項 顏料.....	124
-------------	-----

第四項 熔劑及潤滑劑.....	125
-----------------	-----

第三節 模塑原料的混和.....	125
------------------	-----

第一項 捲滾法.....	125
--------------	-----

第二項 乾和法.....	127
--------------	-----

第三項 溼和法.....	127
--------------	-----

第四項 球磨法.....	127
--------------	-----

第四節 模型及其應用機械.....	128
-------------------	-----

第一項 模型.....	128
-------------	-----

第二項 高壓機.....	132
--------------	-----

第四節 模塑手續.....	133
---------------	-----

第一項 熱塑法模塑手續.....	133
------------------	-----

第二項 冷塑法模塑手續.....	140
------------------	-----

第十一章 電木製品檢驗法 142

(甲)耐酸鹼性試驗

(乙)耐日光試驗

附錄美國檢驗標準局所規定

模塑物品用作電氣絕緣的檢

驗標準方法

(甲)拉力試驗 (乙)壓力試

驗 (丙)撓力試驗 (即橫切

力試驗) (丁)電阻力試驗

(商業實用) (戊)受熱扭曲

試驗 (己)吸水試驗

第一章 總論

第一節 引言

近世科學猛進，我們日用的各種物件，無不精益求精，即如飲食器皿，最初只有竹木做成的，到後來有陶器，再進而有磁器，而有玻璃。磁器和玻璃器皿，已是光潔平滑，易於洗淨，比木的竹的要清潔美觀得多，不過易於碰碎，是一缺點。現在市上又有一種電木電玉的東西出售，顏色美麗，式樣玲瓏，質輕而堅，碰跌不碎，比較玻璃磁器等，更為完美。

電氣絕緣，以前採用的，有硬橡皮、天然樹脂、磁質物、水泥及乾酪等製成的東西。不過或患其易於變脆，不能久用，或是易於軟化，或易於碎裂，或太笨重，或易於還潮，失其絕緣性，或不能製成薄片，以合需用。現在電木電玉製成的東西發明了，以上許多缺點，都可以不致發生，成為十分完美的電氣絕緣體。

用以保護物面的東西，以前是用假漆或油漆。然施於物面上，往往易被溶去，或繼續氧化，失去保護表面的效用。現在有一種電木電玉溶液，叫做電木漆，或與乾性植物油併合，叫做特種油漆，塗於物件表面上，可生防水防火而堅固耐用的覆面。

由上述各方面看來，電木電玉，應用甚廣，實是最近科學研究的結晶。將來必成爲一種重要工業。

我國科學素不發達，各種工業，都是落後，這電木電玉工業，也很幼稚。我們不能眼望着先進各國，日事求進，也當急起直追，迎頭趕上去才是。

第二節 電木電玉與人造樹脂

電木電玉這東西，既非木製，又非玉琢，究竟是什麼樣一種東西呢？說來並不奇怪，這種東西的原料，其實在很早以前，就發現於實驗室裏。我們研究有機化學時，常有某種或某某兩種物質，於特殊情形下，其分子互相聚合爲更大分子，成極複雜的膠質體，他的組織，和纖維橡皮蛋白質等相仿，他的性質，和天然樹脂差不多，這種東西，化學上名爲人造樹脂（Synthetic resins）。起初吾人不知怎樣利用他，後來經過許多化學家的研究，才把他製成現在的電木與電玉這一類東西。

電木電玉這個名稱，是我們中國人取的，因爲他具有優異電氣絕緣性，而他的成品，外表像木的玉的差不多，所以就稱他爲電木與電玉。若以化學家眼光看來，這電木與電玉，就是一種人造樹脂的製品。人造樹脂裏，若加入多量的填料，則製成像木材一樣的東西，若不加填料，或用特種填料，則製成顏色潔白而半透明像白玉一樣的東西。所以電木與電玉，同是一種聚縮物質（即化學上名爲人造樹脂所做成的），他的不同之點，一個是加填料，一個是用特種填料或不加

填料而已。

第三節 電木電玉發明史略

電木電玉的發明與成功史略裏，最爲重要而長久的一段，要算由發現酚醛樹脂 (Phenol-formaldehyde resins) 起，而至製成電木物件止。從這次的研究成就，引起其他人造樹脂的發明與工業上應用。所以本節所述，是偏重於酚醛樹脂製成物件的經過情形。

約於公元 1872 年，培頁 (Baeyer) 發現酚與甲醛的反應，可以生成像樹脂的縮合物質。當乙醛加進酚及濃硫酸的混合液時，混合液就濃厚起來。用水沖淡時，得到一種色白而有黏性的東西，這東西可以溶解在氫氧化鉀中，成紫紅色的溶液。

到公元 1890 年，甲醛的製造，已成商業化。克利堡 (Klee-berg) 於是努力於甲醛與各種酚類生成縮合物的研究。克利堡探得甲醛同酚，1,3-苯二酚 (Resorcin) 1,2,3-苯三酚 (Pyro-gallic acid) 等，遇濃鹽酸，起劇烈反應，生成一種縮合物，不溶於鹼溶液裏，並且很難於提淨，以定他的分子成份怎樣。克利堡的製造方法，用酚 10 公分，甲醛 (濃度 40%) 20 公分，兩相混和，加入少許濃鹽酸，並時使冷卻。反應開始後就很激烈，產生大量熱力，變成一塊玫瑰色而黏厚的物質。當冷卻時，這物質就凝固成硬塊。於是研成粉末，用沸水及鹼液提洗，等顏色完全除去了就停止。所得到的洗淨物，幾乎不能夠溶解於普通溶劑內，或是苛性鹼溶液內。灼燒的時候，沒有熔化而就焦了。這樣他經過許多次的試驗，把所得物質分析後，沒有一個相似的。

他終於總結一句說：“酚與甲醛化合後，成功一種不含酚的複雜縮合物。”

馬那斯 (Manasse) 在公元 1894 年，把酚溶於較多量的稀氫氧化鈉溶液內，於是用等分子量的甲醛（濃度 40%），加在裏面，放在那裏不動，等甲醛的氣味完全消滅後，用乙酸中和，得到一種磷羥基苯甲醇 (Phenol alcohol)。此物可以和沒有化合的酚用乙醚同時提出，然後用蒸餾方法除去酚，就得到較純粹的磷羥基苯甲醇。如再與鹽酸或硫酸加熱，就得到一種樹脂了。自這次的發現後，就知道酚醛縮合物生成進程中，最先生成的是一種磷羥基苯甲醇。

在公元 1900 年時，酚醛縮合樹脂，已指出可做電氣絕緣體。斯密斯 (Smith) 終於製成一種代替硬橡皮的縮合物。他的方法是在二容量的三聚乙醛 (Paraldehyde)，一容量的酒精，同三容量的酚（含有 5% 的水）的混合液內，慢慢地加進三至六容量的飽和鹽酸酒精溶液，而把這混合液設法冷卻，使溫度不超出攝氏二十六七度。反應完畢，就把製成的東西，灌入抹油的模型裏，等他凝結。結塊後即拿出來，放在烘箱裏，在攝氏一百度的溫度下烘乾，並烘焙，大約要 12—30 小時方能完成，看所做東西的大小而異。這樣所做成功的物質，有電氣絕緣性，能抗多種藥品的侵蝕。斯密斯氏 也應用其他聚合甲醛，以代三聚乙醛，及其他醇類如雜醇油 (Fusel oil)，以代酚，並且應用石棉做填料。所做成的物質，多有電氣絕緣性，而並不溶解於乙酸、三氯甲烷、酒精等東西裏。

在公元 1900 年，有許多人專門研究酚醛的縮合物。布盧麥

(Blumer) 曾得到一種可以代替天然樹脂如蟲膠 (Shellac) 的縮合物。他的製造方法,是用 135 份二羥丁二酸 (Tartaric acid), 和以 150 份的甲醛 (濃度 40%) 於一個搪鉛而有夾層的器具內。等到酸與醛完全溶和後,加 195 份的酚。初時微熱,後來一起反應,即發生大量熱力,足使混合液沸滾十分鐘。生成的粗製樹脂,如油一樣,浮在上面。於是取出,於沸水中沸煮,並加氨水少許。當傾入冷水中,樹脂即凝固成白色塊狀物。同時 (1900 年),勒夫脫 (Luft) 對於酚醛縮合物,也詳為研究,並應用許多酸性催化劑。試驗結果,以為此種人造樹脂,假使不像這樣脆,可用以儲受藥品。勒夫脫對於酚醛樹脂與熱力壓力的關係,也曾探得,當樹脂在熱模型內,加以微壓力,可以使他較硬而並不失其原來性質。勒夫脫對於怎樣使酚醛透明,也有供獻。勒夫脫也曾試製電氣絕緣器。並試製代替賽璐珞小物件,如檯球,鈕子,手柄等物。惜於製造樹脂時應用酸性催化劑,致造成的許多物件,都脆而不堅固。

斯托利 (Story) (約在公元 1905 年) 對於此種製造樹脂工作,也加研究,不過他製成樹脂時,不用什麼催化劑。法以 50 份酚,及 30 份的甲醛 (濃度 40%), 於一裝有還流冷凝器的器具內,加熱到攝氏一百度,約八小時,於是將製成物質,遷至一開口器具內,速加熱蒸發水分,使溫度超過攝氏百度以上。黏度漸漸增厚,終於得到一塊堅硬的東西,透明,並且有極好的電氣絕緣性。假使初次煮燒時間過長,或於蒸發時溫度不高,就得到一個不透明的東西。假使要做各種模樣的東西,可以把上述液體狀樹脂,灌入模型內,在攝氏八十度於烘

箱內烘烤若干小時，就成功了。如果再加入各種顏料，就可得各種顏色的東西。當這樹脂在半固體狀時，可以溶於酒精、丙酮等溶劑裏，做成各種假漆，漆在物面上，能得一堅硬覆面，如以此覆面再行烘烤，就更為堅固。這種樹脂受熱烘硬以後，就再不能溶于任何溶劑中，也不被冷酸或鹼所侵蝕。

在公元 1905 年，得雷爾(Delaire)自磷經基苯甲醇(Phenol alcohol)，用低壓加熱方法，做成一種硬而半透明的樹脂，比重 1.06。在攝氏 115 度以上融化。可作琥珀及其他天然樹脂代替品用。此外並把磷經基苯甲醇與其他物質如苯胺(Aniline)、磷苯二甲酐(Phthalic anhydride)等物，化合以成種種人造樹脂。

在公元 1906 年，斯提反(Stephan)應用鹼性催化劑，並過量甲醛，以製酚醛樹脂，開今日製造樹脂方法之端。他的方法是以二份酚，一份氫氧化鉀溶液(婆美表四十度)，及四份甲醛水(濃度 40%)，共置一高壓蒸餾器內，使起反應，這樣所成的樹脂，不溶解於任何溶劑，而溶於苛性鹼溶液中。

未忒(Wetter)鑒於應用酸類催化劑的短處，他就採用氯化鐵、氯化銨、硫酸銨、硝酸銨、亞硫酸鈉等物做催化劑。雷巴赫(Lebach)應用有機或無機氯化物及其他鹽類為催化劑。

當這時候(公元 1910 年前後)，研究人造樹脂的，正如雨後春筍，有的注力於催化劑的研究，有的注力於高級酚類或醛類或其他醇類等各種物質製造樹脂的研究，不過都不能商業化，祇能在實驗室裏小規模的製造，不能在大工廠裏有大批出品。自培克蘭(Baekeland)

研究成功，人造樹脂才大規模製造，開始搬到商場上來，所以現在談電木電玉發明的人，每推培克蘭爲鼻祖。

在公元 1910 年左右，那時候培克蘭對於酚醛樹脂，作深刻的研究，除引進許多改良外，他對於變硬方法，更有特殊發明。應用極高壓力與高熱度於模塑手續中，使所得塑成物，維妙維肖，堅而不碎。用這高壓方法，可以製成全套無線電機、留聲片、電動機與發電機上的附件，代替琥珀，代替賽璐珞種種東西，不一而足，於是電木電玉工業，才臻發達。

第四節 電木電玉將來的展望

製造電木電玉的原料，起首是用酚及甲醛，後來又發明其他原料也可以做。可用的原料愈多，製成電木與電玉的種類，也愈爲增加，應用的範圍，因而也愈爲廣大。電木電玉工業在今日，祇限於代替蟲膠 (Shellac)、瀝青 (Pitch)、橡皮、賽璐珞等物品於製造模塑物件，及假漆與油漆諸用，只能說與電氣工業、模塑工業、及油漆工業方面，發生關係。將來研究探討，可應用及於其他工業方面，則異日的展望，更無限量。

我國對於電木電玉模塑工業，近幾年來，頗爲發達，出品充塞市場上，銷數不劣。電木用於其他事業方面的，在我國亦正方興未艾，如南京電話局，爲適合需要起見，已自用電木粉製成種種電氣絕緣物件。最近上海商務印書館專利自製賽銅字模，原料亦是用電木粉。故端倪已開，前途當有更大發展。

發展電木與電玉工業的最要關鍵，在如何應用廉價的原料及最簡單的手續，得製成最好的電木與電玉。此則有待於化學家的努力了。