

塑 膠 化 學

方金祥

國立高雄師範學院化學系

在一百多年前化學家們便著手開發出各種多用途的材料——聚合體 (polymers)，polymer 這個字是由希臘字中的 poly 和 meros 兩字所組成的，它們分別代表著“許多”和“部份”這兩種意義。有些科學家把 polymer 也稱為高分子或“巨分子”(macro molecules) 或“大分子”(large molecules)。目前已商業化的聚合體相當多，其發展的年鑑列於表一。本文僅將用途最為廣泛的塑膠 (plastics) 和壓克力 (acrylics) 加以介紹。

表一 商業化聚合體發展的年鑑

日 期	聚 合 體 名 稱
1800 年以前	棉花、亞麻、羊毛和絲等纖維；瀝青填充物；玻璃和水硬化水泥 (hydraulic cement) ；皮革和纖維紙；天然橡膠 (Hevea braziliensis) ；馬來橡膠 (gutta-percha) ，巴拉他橡膠 (balata) ，蟲漆。
1839 年	橡膠的加硫反應 (vulcanization ; Charles Goodyaer)
1846 年	纖維素的硝化 (Schonbein)
1851 年	硬橡膠 (ebonite ; Nelson Goodyear)
1860 年	蟲漆和馬來橡膠 (gutta-percha) 的模製 (molding)
1868 年	賽璐珞〔塑化 (plasticized) 後之硝化纖維素 ; Hyatt 〕
1889 年	再生之纖維素絲 (cellulosic fibers ; Chardonnet)
1889 年	硝化纖維素照相底片 (Reichenbach)
1890 年	銅銨螺縲纖維 (cuprammonia rayon fiber ; Despeisses)
1892 年	黏液螺縲纖維 (viscose rayon fiber ; Cross , Bevan 和 Beadle)
1907 年	酚 - 甲 醛 樹 脂 (Bakelite ; Baekeland)
1907 年	醋酸纖維素溶液〔濃液 (dope) ; Doerfinger 〕
1908 年	醋酸纖維素照相纖維 (photographic fiber)
1912 年	再生纖維素紙〔玻璃紙 (cellophane) 〕
1923 年	硝化纖維素汽車漆 (automobile lacquer)

表一 商業化聚合體發展的年鑑(續)

日 期	聚 合 體 名 稱
1924 年	醋酸纖維素絲 (cellulose acetate fiber)
1926 年	酸醇聚酯 (alkyd polyester ; Kienle)
1927 年	聚氯乙烯 牆壁遮蓋物 (PVC)
1927 年	醋酸纖維素紙及竿 (rod)
1929 年	聚硫化合成彈性體 (polysulfide synthetic elastomer) (Thiokol ; Patrick)
1929 年	脲 - 甲醛樹脂 (urea - formaldehyde resin)
1931 年	聚甲基丙烯酸甲酯塑膠 (PMMA)
1931 年	聚氯乙二烯彈性體 (neoprene)
1935 年	乙基纖維素 (ethyl cellulose)
1936 年	聚醋酸乙烯 (polyvinyl acetate)
1936 年	聚乙烯醇縮丁醛安全玻璃 (polyvinyl butyral safety glass)
1937 年	聚苯乙烯 (polystyrene)
1937 年	苯乙烯 - 丁二烯 (Buna - S) 和苯乙烯 - 丙烯腈 (Buna - N) 共聚合體彈性體
1938 年	耐龍 - 66 纖維 (Carothers)
1939 年	三聚氰胺 - 甲醛樹脂 (melamine - formaldehyde resin)
1940 年	異丁烯 - 異戊二烯彈性體 (isobutylene - isoprene elastomer) [丁基橡膠 (butyl rubber) ; Sparks 和 Thomas]
1941 年	低密度聚乙烯 (low - density polyethylene)
1942 年	不飽和聚酯 (unsaturated polyester)
1943 年	氟碳樹脂 (fluorocarbon resin) (Teflon ; Plunkett)
1943 年	矽氧聚合體 (silicone)
1943 年	聚胺基甲酸酯 (polyurethane Baeyer)
1947 年	環氧樹脂 (epoxy resins)
1948 年	丙烯腈, 丁二烯及苯乙烯之共聚合體 (ABS)
1950 年	聚酯纖維 (polyester fibers)
1950 年	聚丙烯腈纖維 (polyacrylonitrile fiber)
1956 年	聚氧甲烯 (polyoxymethylene)
1957 年	高密度 (直線狀) 聚乙烯 (high density polyethylene)
1957 年	聚丙烯 (polypropylene)
1957 年	聚碳酸酯 (polycarbonate)
1959 年	順式 (cis) 聚丁二烯與聚異戊二烯彈性體
1960 年	乙烯 - 丙烯共聚合體彈性體
1962 年	聚亞醯胺樹脂 (polyimide resin)
1964 年	聚苯基氧 (polyphenylene oxide)
1965 年	聚砜 (polysulfone)
1965 年	苯乙烯 - 丁二烯團聯共聚合體 (block copolymer)
1970 年	聚丁烯 - 對苯二甲酸酯 (polybutylene terephthalate)
1971 年	聚苯基硫 (polyphenylene sulfide)

一、塑膠 (Plastics)

塑膠即所謂的合成樹脂 (synthetic resin)，如早在一九〇七年就被合成的酚甲醛樹脂 (phenolic resin) 亦稱為電木 (Bakelite)。它在室溫之下可保持一定的形態，而一當加熱時，即可被軟化而成流動體，因其具有可塑性 (plasticity)，而命名為塑膠 (plastics)。由於一般塑膠具有很多特性而使其用途增廣。

1. 塑膠的特性

- (1) 純度高，成份很均勻，可依目的之不同而製作成任何性能、形狀的製品。
- (2) 大部份呈無色或較淡的顏色，因此可在製造過程中任意染色，而且具有光澤。
- (3) 不但可作成製品，而且可用於塗料、纖維和紙等的加工。
- (4) 成型容易且可迅速大量生產。
- (5) 強度大，韌性大，不易碎裂。
- (6) 難燃性，且有耐久性，安定不易變質。
- (7) 質輕比重小，為熱與電之不良導體。
- (8) 耐水性及耐化學藥品性強。
- (9) 可回收再製造成其他產品。

2. 塑膠的分類

依化學構造之不同，塑膠 (合成樹脂) 可分為二大類：

(1) 熱可塑性塑膠

在室溫下呈固體，但一加熱之即軟化成流動體，而冷卻後即硬化的塑膠。此乃為可逆的高分子材料，其化學構造呈線狀 (linear) 結構。如聚乙烯 (PE)，聚氯乙烯 (PVC)、聚苯乙烯 (PS)、壓克力 (acrylic) ……等。

(2) 熱硬化性塑膠

在室溫之下為固體，呈線狀化學構造 (未成高分子)，一旦加熱時即軟化流動，同時架橋 (cross linking) 反應隨之發生，而變成為三次元的結構之高分子 (polymer)，永遠保持其受塑的形狀，為不溶且不融。如酚甲醛樹脂 (PR)。

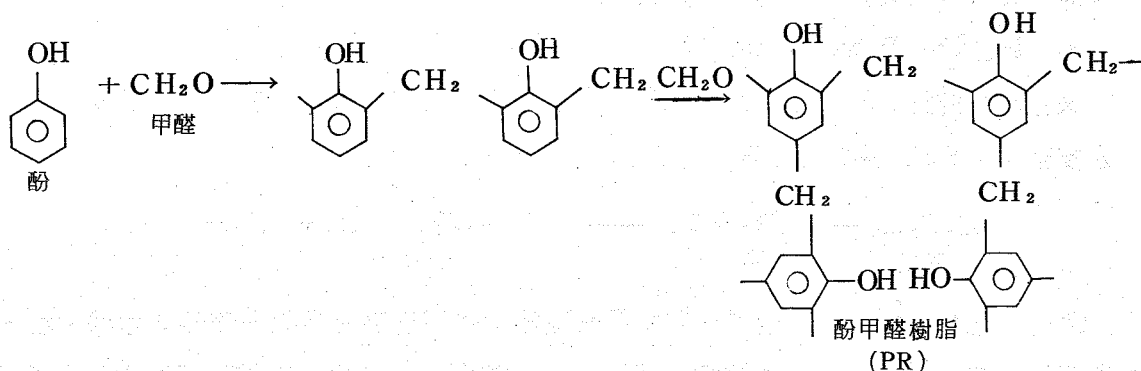
3. 塑膠的製造，性質及用途

塑膠 (合成樹脂) 最主要的原料為石油 (petroleum)、鹽類 (salt) 及空氣 (air)。在過去四、五十年裏石油化學家先將這些成份轉變成一些小的有機分子稱之為單體 (monomers)，然後再將單體起聚合反應 (polymerization reactions) 而成高

分子的塑膠。茲舉七種用途較廣且最為普遍的塑膠詳加介紹。

(1) 酚甲醛樹脂 (phenolic resin)

酚甲醛樹脂簡稱為PR，為一九〇七年合成之第一個商用合成塑膠。利用酚和甲醛為原料，經二至三個步驟聚合而成。

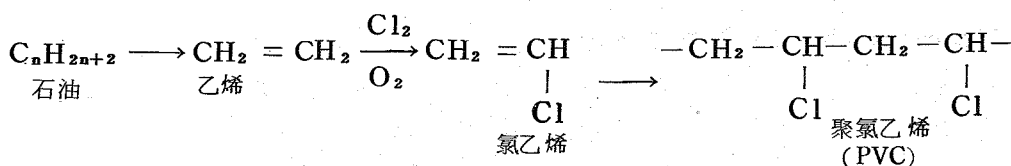


性質：PR為一架橋結構，耐熱、抗化學藥品，為電之不良導體。

用途：製造器具、繩索、絕緣體、桌面。

(2) 聚氯乙烯 (polyvinyl chloride)

聚氯乙烯簡稱PVC，於一九二七年利用石油、氯氣及空氣等三原料，經由三個步驟聚合而成。

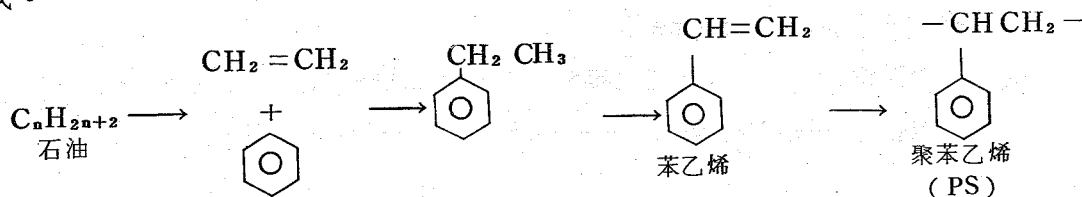


性質：對熱和光線的穩定性較差，但具抗化學藥品、耐水性。

用途：製造成薄膜和地磚等壓製品、浴幕、食品包裝、雨衣、手提袋、電纜和電線之絕緣體，唱片等。

(3) 聚苯乙烯 (polystyrene)

聚苯乙烯簡稱為PS，於一九三七年利用石油、乙烯和苯等原料，經四個步驟聚合而成。

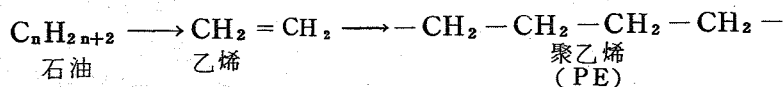


性質：透明，易染色，易加工，機械和熱性質適中、耐酸鹼、還原劑和氧化劑，電氣絕緣性佳。

用途：用於製造離子交換樹脂，耐熱和耐衝擊性共聚合體、發泡體，塑膠光學配件、傢俱、玩具、包裝袋、薄膜及裝飾用品等。

(4) 聚乙烯 (Polyethylene)

聚乙烯簡稱為PE，於一九四一年利用石油經二個步驟聚合而成。可分為低密度（分枝結構）PE及高密度（直線型結構）PE兩種。

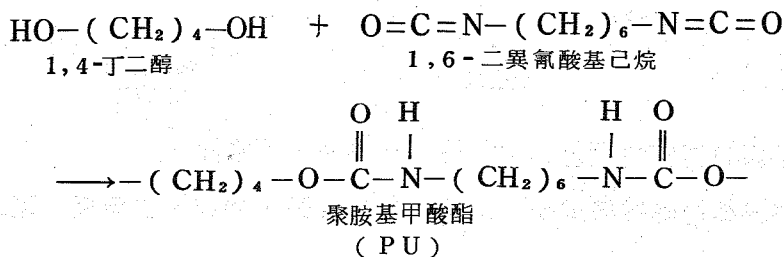


性質：堅韌性強，柔軟性高，電氣絕緣性佳，透明度高，具化學惰性，耐酸、鹼，在室溫下不溶於大部份的有機溶劑，與光線和氧接觸時會老化，不需加可塑劑便具柔軟性，富有彈性，耐水氣。

用途：製成薄膜、包裝袋、紡織品、桌巾、建築物、水池、電纜和電線之絕緣體、水管、瓶子、傢俱、玩具、化學實驗室用具、繩索、塗料和塑膠袋等。

(5) 聚胺基甲酸酯 (Polyurethanes)

聚胺基甲酸酯簡稱為PU，於一九四三年利用1,4-丁二醇和1,6-二異氰酸基己烷（1,6-diisocyanatohexane）縮合而成。

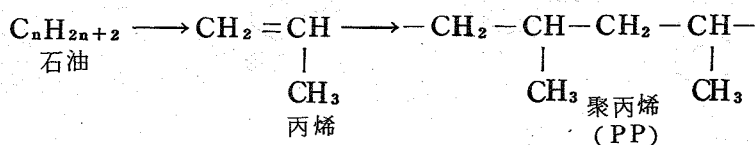


性質：耐化學性，電與熱之絕緣體、富強韌性。

用途：建築物隔熱、雨衣、汽車零件、器皿、用具、椅套、靠墊、窗簾及其他室內裝飾品。

(6) 聚丙烯 (polypropylene)

聚丙烯簡稱為PP，於一九五七年利用石油經二個步驟聚合而成。

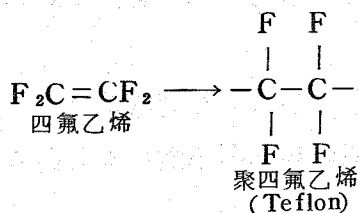


性質：質料輕，結晶度高，抗張强度高、堅硬度高、光澤度佳，不易損壞，具高的軟化溫度、具可消毒性、電的絕緣體、具化學惰性及耐水性。

用途：繩索、網子、地氈、射出成型的機械、小型傢俱、汽車用品、杯皿及奶瓶。

(7) 聚四氟乙烯 (Polytetrafluoroene)

聚四氟乙烯又稱為特氟龍 (Teflon)，由四氟乙烯聚合而成。

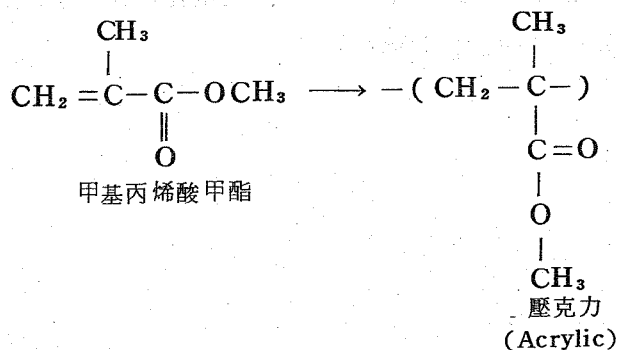


性質：不溶於大部份有機溶劑，具化學惰性、無黏著性、摩擦性低、衝擊性强度高、不堅硬。

用途：可供作電纜和電線的絕緣體、泵和閥之襯墊 (packing)，鍋之塗膜及不需潤滑之軸承。

二、壓克力 (Acrylics)

壓克力係指以甲基丙烯酸甲酯為主要原料聚合而成之樹脂，具有美觀、耐用、經濟等優點，而且當加入不同的添加劑時可供作不同用途，故用途很廣泛。



特性：

(1) 無色透明：壓克力樹脂的透明度最高可透視二公尺厚度的壓克力板。

(2) 易於染色：壓克力樹脂不易因受熱而變色，且可用顏料任意著色，亦可製成鮮明的著色品。

- (3) 表面光澤：壓克力表面具有高光澤，閃耀奪目，最適用於室內裝飾品、器皿等。
- (4) 強韌而硬：壓克力強韌性高，硬且質輕。
- (5) 耐候性佳：壓克力比塑膠更不受氣候的影響，在室外長年暴露皆不易變質。
- (6) 成型性好：壓克力易於成型為各種不同的形狀成品。
- (7) 便於加工：壓克力可用機械加工自由鑽孔、切割及雕刻，切斷面亦可研磨成原來的光澤。
- (8) 耐化學藥品：對酸、鹼等化學藥品具有高度的抵抗性。
- (9) 無毒性：用以製造壓克力的原料甲基丙烯酸甲酯雖對人體黏膜有刺激性，但壓克力則無。

用途：可製成漿狀、板狀、棒狀及管狀，可製造成汽車尾燈蓋、訊號燈、珠寶、招牌、指標、器皿、鏡片、餐具及其他高品質透明壓克力製品等。

三、參考資料

1. 國立編譯館：國中理化（下），第廿九章第二節：聚合物和衣料。
2. 國立編譯館：高中化學，第四冊第十五章：聚合物。
3. 薛敬和編譯：高分子化學，高立圖書公司。七十五年八月版。
4. R.D. Deanin：The Chemistry of plastics，J. Chemical Education，
64(1)，45-47（1987）。