

常用塑膠種類的判斷方法

呂美芳 莊璧如

國立臺灣師範大學化學系

一、前言

在本世紀之初幾乎看不見任何塑膠物品，但如今化學工業卻已能製造上百種的塑膠製品，各具特性，如硬度、透光性、耐熱性等以適合各方面的需要。

塑膠有許多不同的種類，每種各有不同的特性，即使同一種塑膠亦可因加工方法的不同而有不同的性質，這些特性使它們各具其利用價值。本文目的在提供一些常用塑膠的簡易判斷法，特別是熱塑性塑膠（thermoplastic），這種塑膠具有和巧克力頗為相近的物質，亦即一接近火就開始軟化，再加熱則會變成泥狀，但是再予以冷卻，又會很快地恢復原有的硬度。本研究則是著重於熱塑性塑膠最常見的四種：聚乙烯（Polyethylene；PE），聚丙烯（Polypropylene；PP）；聚苯乙烯（Polystyrene；PS）和聚氯乙烯（Polyvinyl Chloride；PVC）。

我們的研究方式是藉著對已知塑膠所做的一系列實驗，用作測試未知塑膠的根據。判斷方法可按使用工具分為兩大類：

（一）使用普通玻璃儀器的實驗，可再細分為：

- （1）燃燒法
- （2）氣味測試法
- （3）溶解度法
- （4）比重法

（二）使用紅外線光譜儀（IR）來分析

當然上列各種方法可彼此配合使用。下面將依照上列分類，簡單介紹各個實驗方法。

二、使用普通玻璃儀器的實驗

(1) 燃燒法：許多塑膠在燃燒時均有獨特的性質，如可燃程度、火焰顏色，燃燒時是否放出煙塵，熔化的情形以及燃燒的氣味等。燃燒法即可觀察並比較不同塑膠間的差異。

剪下一條約 8 公分長的塑膠，一端又鑷子夾住，另一端在本生燈上燃燒（本生燈的火焰必須調成藍色），如果沒有本生燈也可用火柴代替，在整個燃燒的過程中必須小心不要滴下熔化的塑膠，並觀察火焰燃燒的現象，燒 10 秒鐘後，把塑膠從本生燈上移開，仔細觀察它會繼續燃燒還是自動熄滅，最後當塑膠上的火焰熄滅時，注意聞所放出的氣味。（聞的時候必須特別小心，因為某些聚合物會放出有毒物質，可以輕輕地用手揮動空氣再聞）。在此將實驗記錄於表 1。

表 1 燃燒法結果記錄

塑膠種類	燃燒難易	離火後是否自熄	火 焰 顏 色	塑膠的變化情形
PE	容易	繼續燃燒	藍色，尖端呈黃色	熔融滴落
PP	同上	同上	同上	熔融滴落，並有膨脹現象產生
PS	同上	同上	橙黃色帶濃煙。	軟化起泡
PVC	困難	自動熄滅	黃色，邊緣呈綠色	軟 化

(2) 氣味測試法：雖然此法和燃燒法有些類似，但是燃燒法反應條件較為激烈，結果也較明顯，但是燃燒法中實驗結果不甚明確的即可使用此法。

剪一條重約 0.1 克的塑膠，放入一支硬試管，用試管夾夾住硬試管，在本生燈上慢慢燃燒直到塑膠開始分解為止。今把實驗結果列於表 2。

(3) 溶解度法：塑膠的判斷也可根據溶解度，較常用的溶劑有 4.2M 的鹽酸（分為室溫及沸騰兩種溫度），和 90 % 的甲酸溶液等，常常某些塑膠只溶解於特定溶劑中，因此可從溶解的溶劑來判斷塑膠的種類。

將一細絲塑膠放到試管中，加約 5 公分高的溶劑，觀察塑膠的溶解情形，必要時攪拌一下。溶解的程度和塑膠的分子量有絕對的關係，一般來說，分子量愈大，溶解程度愈差，茲將結果列於表 3。

(4) 比重法：首先，將一小塊塑膠丟於水中，如果浮在水面上，則此未知塑膠必是

表 2 氣味測試法結果記錄

塑膠種類	產生的氣體或味道
PE	石蠟味
PP	石油臭味
PS	芳香族特有香味
PVC	產生氯化氫氣體之刺激臭味

表 3 溶解度法的結果記錄

塑膠種類	溶 劑
PE	熱苯及熱甲苯酮
PP	熱甲苯
PS	苯及含氯碳氫物
PVC	酮類（環己酮）

聚乙烯或聚丙烯，如果下沉則可能是任一種密度大於 1 的塑膠，爲了得到正確的比重數值，可以作以下的實驗。

要測定 23°C 時的比重可將未知塑膠裁成 2×2.5×0.5 公分，必須注意塑膠上不要留下任何記號或灰塵，以免塑膠浸入水中時會有小氣泡附著其上而造成誤差。分別在空氣中及水中，稱其重量。稱空氣中的重量時，將小塑膠塊綁上一條細線，另一端綁在天平的掛鉤上，記錄塑膠和細線的總重量及細線的重量；稱水中的重量時，將塑膠和細線放入裝滿水的燒杯中，把燒杯放在天平圓稱盤中央，將水溫控制在 21°C~25°C 之間，再次記錄塑膠和細線的總重量及細線在水中的重量。

得數據如下：

塑膠和細線在空氣中的重量…… = B

細線在空氣中的重量…………… = A

塑膠和細線在水中的重量………… = D

細線末端浸入水中的重量………… = C

可按下列式計算得到比重的數值：

$$\text{比重} = \frac{B - A}{B - A + C - D}$$

表 4 比重法結果記錄

塑膠種類		比 重
PE	低密度	0.914-0.930
	高密度	0.940-0.960
PP		0.85-0.91
PS		1.04-1.08
PVC		1.30-1.60

注意此一方法適用於任何密度大於 1 的塑膠，在此僅列出四種數據於表 4。

三、使用紅外線吸收光譜來進行分析

紅外線吸收光譜（Infrared Spectroscopy；IR）是利用分子振動時，它具有幾個特定的能量（不是連續性的），此種能階的差異相當於紅外線範圍的能量，故分子受紅

外線照射後，其中某些波長的頻率若與分子的振動頻率相同，則此分子便可吸收某特定頻率而變為振動激態，不同的官能基吸收的紅外線頻率亦不相同，本實驗即是利用不同塑膠具有不同的鍵結，依據其特定的吸收頻率，可以判斷塑膠的種類。

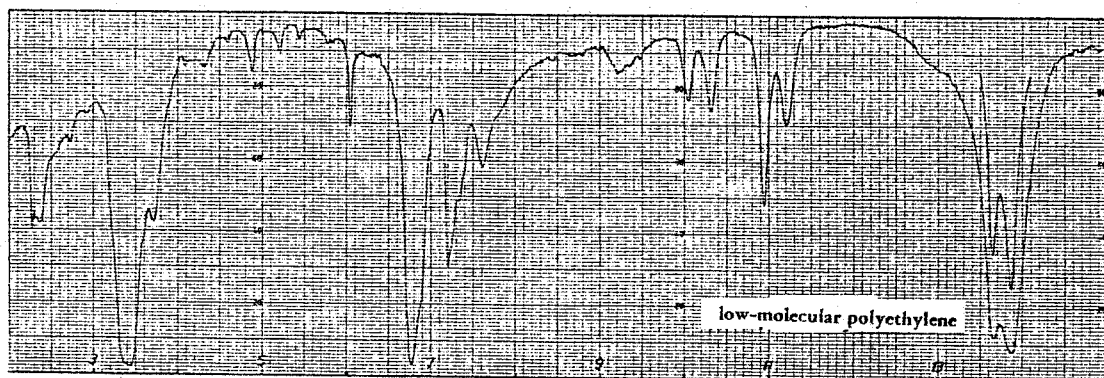
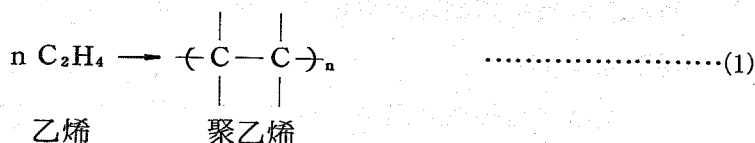


圖1 低密度聚乙烯的紅外線光譜

聚乙烯是由乙烯加成聚合而得（如式1），因此其紅外光譜可得—C—H (3000-2800 cm⁻¹) 以及—CH₂— (1470 cm⁻¹) 之特定吸收。其紅外線光譜示於圖1及圖2。



聚丙烯是由丙烯加成聚合而得（如式2），因此除了聚乙烯所有的吸收帶以外，尚

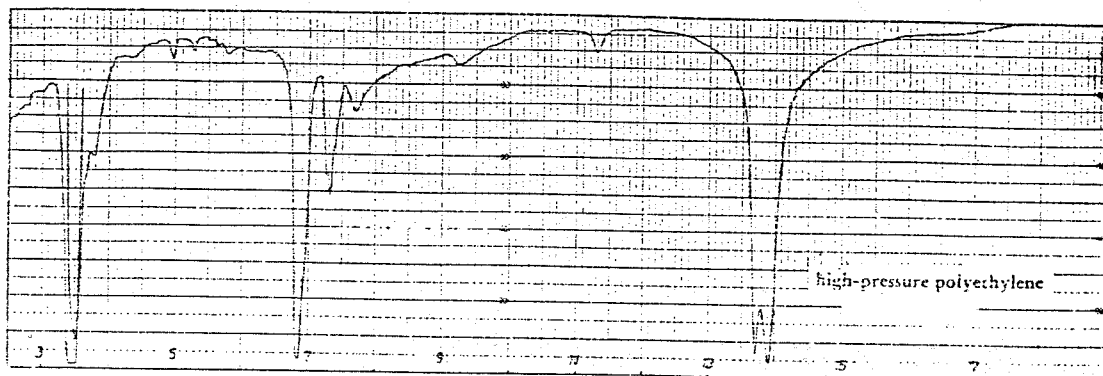


圖2 高壓製備之聚乙烯的紅外線光譜

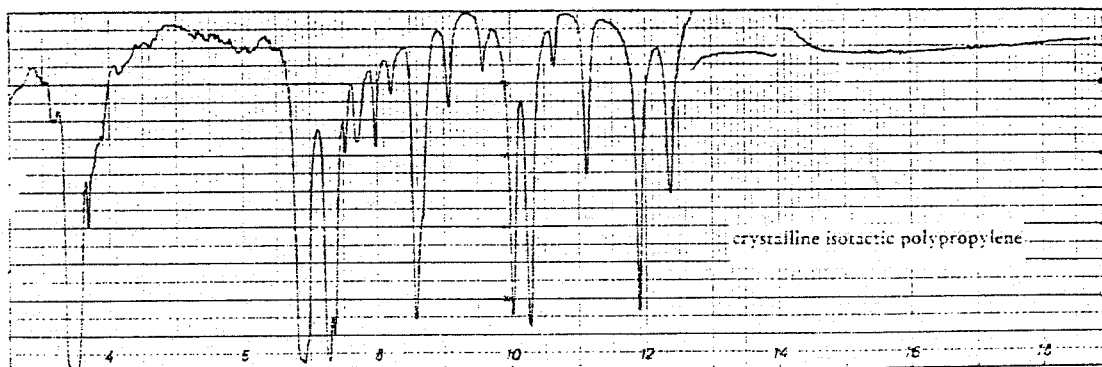


圖3 聚丙烯的紅外線光譜（晶體狀之同排構造）

有一 CH_3 基（ 1380 cm^{-1} ）之特定吸收帶。其紅外線光譜如附圖3及圖4。

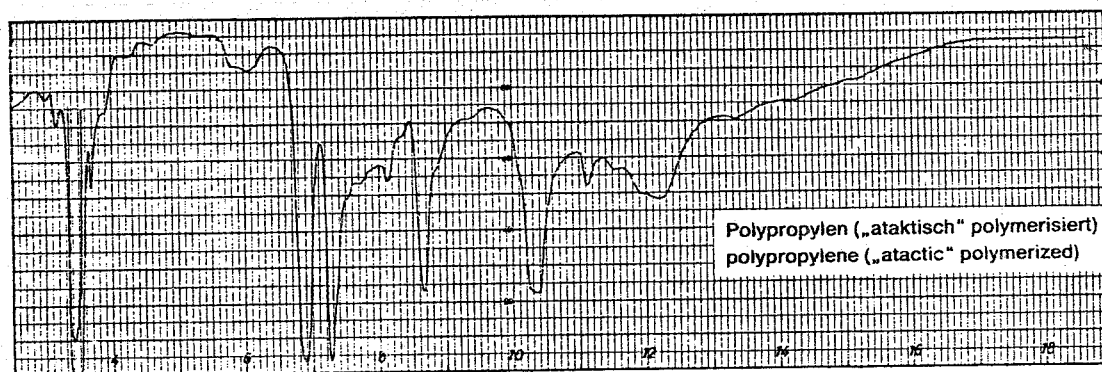
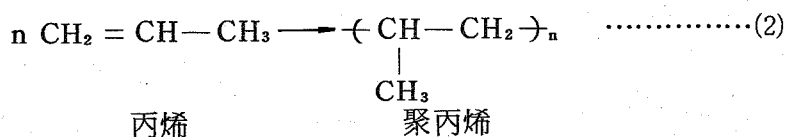


圖4 聚丙烯的紅外線光譜（亂排構造）

聚氯乙烯是氯乙烯加成聚合而得（如式3），因此除了聚乙烯所有的吸收帶外，尚有 $\text{C}-\text{Cl}$ 基（ 700 cm^{-1} ）的特定吸收帶。其紅外線光譜示於圖5及圖6。

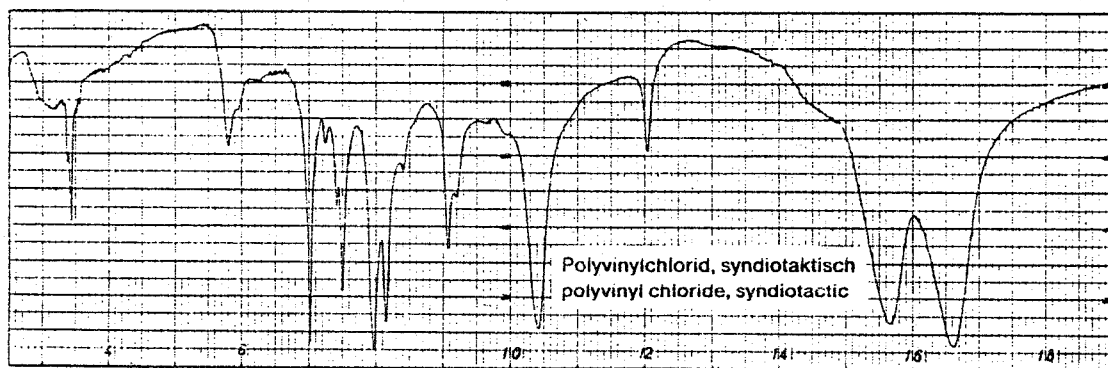


圖5 聚氯乙烯的紅外線光譜（對排構造）

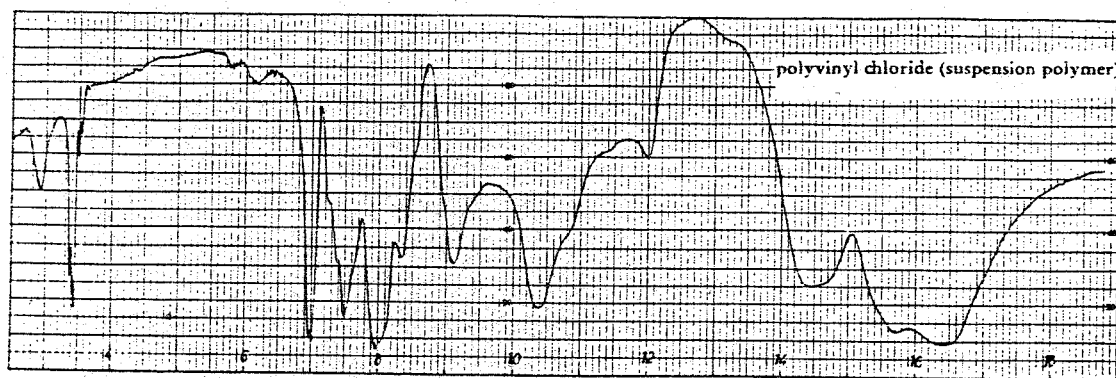
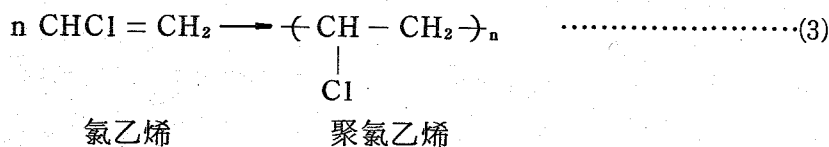


圖6 聚氯乙烯的紅外線光譜（懸浮聚合）

聚苯乙烯是由苯乙烯加成聚合而得（如式4），因此除了聚乙烯所有的吸收帶外，由於它還含有苯環結構，而另有幾個特定吸收帶，如 C—H_{苯環} (3100-3000 cm⁻¹)，苯環單取代基則有 2000-1700 cm⁻¹ 及 800-700 cm⁻¹ 的吸收，以及苯環上的 C=C 而有 1600-1450 cm⁻¹ 的吸收頻率。其紅外線光譜如附圖7及圖8。

茲將實驗結果歸納得表5。（“+”表示有吸收）

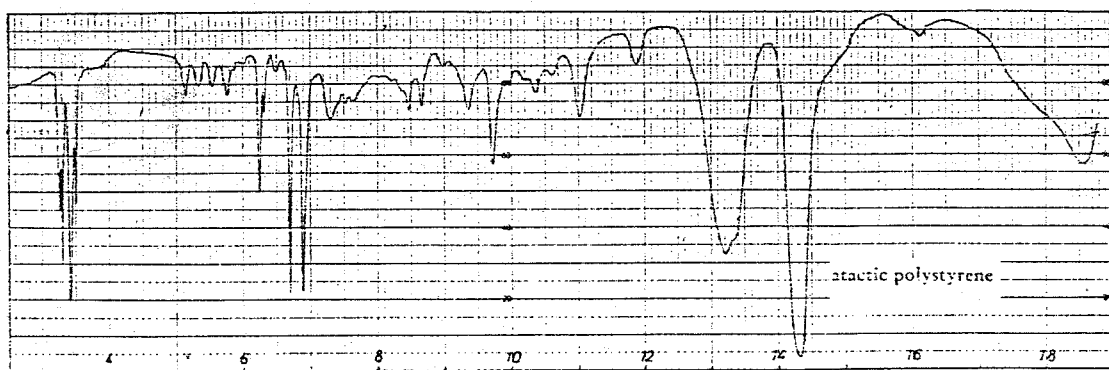


圖 7 聚苯乙烯的紅外線光譜（亂排構造）

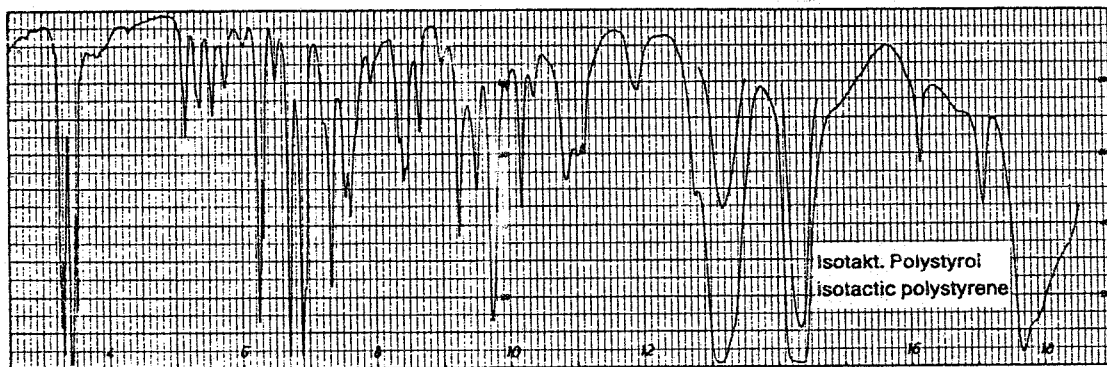


圖 8 聚苯乙烯的紅外線光譜（同排構造）

表 5 紅外線光譜分析儀結果記錄

聚 合 物 名 稱	聚 合 物 之 結 構	主 吸 收 帶					
		C—H	—CH ₂ —	—CH ₃	C—H _{苯環}	C—Cl	苯環特殊吸收
PE	$\begin{array}{c} \quad \\ \text{—C—C—} \\ \quad \end{array}_n$	+	+				
PP	$\begin{array}{c} \quad \\ \text{—C—C—} \\ \quad \\ \text{CH}_3 \end{array}_n$	+	+	+			
PVC	$\begin{array}{c} \quad \\ \text{—C—C—} \\ \quad \\ \text{Cl} \end{array}_n$	+	+			+	
PS	$\begin{array}{c} \quad \\ \text{—C—C—} \\ \quad \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}_n$	+	+		+		+

四、結 論

根據以上所提的玻璃儀器操作法和紅外線光譜分析法幾乎可以完全判斷或分辨出此四種常見的塑膠，在此再以表6簡單介紹它們所具有的性質與其用途。

表6 各塑膠之性質與用途

熱塑性塑膠 名 稱	商業性生產 開始之年代	性 質	用 途
低密度聚乙烯(LDPE)	1942	低廉，無毒，柔軟，透明，能耐藥品。	食品包裝用塑膠袋，玩具，塑膠花，電線包膠，高空汽球。
高密度聚乙烯(HDPE)	1954	低廉，無毒，硬，挺，能耐藥品。	啤酒箱，水箱，洗髮水瓶子，管子，水桶，編織，漁繩，漁網。
聚 丙 烯 (PP)	1957	密度最輕，硬，透明，可用蒸汽消毒。	杯子，盤子，瓶子，水桶，編織袋。
聚 苯 乙 烯 (PS)	1938	透明，硬，脆。如摻橡膠，可得耐衝擊之聚苯乙烯。如加以發泡，可得保利龍。	髮梳，刀柄，玩具，電視機殼，廚房容器，包裝用填墊物。
聚 氯 乙 烯 (PVC)	1927	硬，挺，可摻可塑劑，可變軟。	桌布，壁紙，浴池，帳幕，地板，水管，雨衣，唱片，玩具。

雖然本文所列的實驗結果僅針對部分熱塑性塑膠，但其餘的塑膠，包括熱固性塑膠在內，也可以用同樣的方法來檢驗以判斷其種類。

五、參考資料

Hummel & Scholl, "Infrared Analysis of Polymers, Resins, and Additives An Atlas", John Wiley & Sons, Inc., New York, 1969.