

耐綸的製備

— 高中化學實驗內容檢討 —

蕭次融

國立臺灣師範大學化學系

巨分子 (macromolecules) 的生成反應，對於要學習有機化合物官能基的性質是一最適當的實驗。隨著生成物分子量的增大，一些低分子量化合物所沒有的性質，若也能觀察得到，則對於要了解巨分子物質的特性也有所助益。高中化學實驗手冊第四冊的實驗十三「耐綸的製備」，其用意料想也是如此。不過有些高中化學教師埋怨依照實驗手冊的方法製備可出耐綸絲。筆者最近依照實驗手冊的方法親自操作數次，都沒有問題，從配製溶液到拉線都能在半小時內完成，每次都能拉出 4~6 條線，最長的一條長達 15 公尺。因此檢討學生實驗所不能遭遇的困難，筆者建議將配製溶液的部分改為教師的演示實驗，亦即教師在學生面前配製溶液，供全班學生取用，並將實驗步驟的敘述簡化，以期學生在 20 分鐘的操作時間內可重複地拉線 3~5 次，使每一組的每一位學生，都有機會親自拉出耐綸線，提高學生做實驗的興趣。

本篇改寫高中化學實驗手冊：「耐綸的製備」的實驗步驟部分，並補一個拉耐綸線的示意圖，以及補充說明。

一、儀 器

每 組

試管	1 支
燒杯 (50 mL)	1 個
燒杯 (100 mL)	1 個
鑷子	1 支
方盆 (塑膠製，如圖 1)	1 個

二、試 藥

每 組

己二胺的氫氧化鈉溶液（溶液 A）	10mL
己二醯氯的正己烷溶液（溶液 B）	10mL
丙酮	10mL

三、準 備

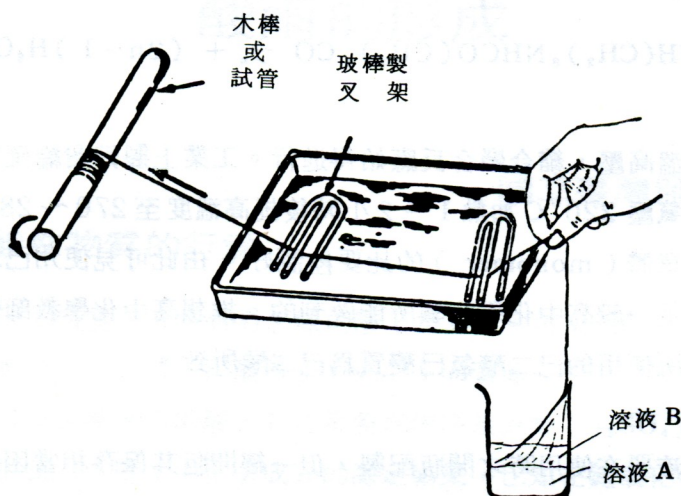
教師在講解有關本實驗的說明與注意事項之後，在學生面前配製下列溶液，以供全班學生使用：

- (1) 取氫氧化鈉 5 克，溶於水 250 毫升得濃度約為 0.5 M 的 NaOH 250 mL。
- (2) 取己二胺 7.3 克，溶於(1)的 NaOH 250 mL，得濃度約為 0.25 M 的己二胺溶液，貼標籤溶液 A。
- (3) 取約 9.2 毫升的己二醯氯溶於 250 毫升的正己烷，即得約 0.25 M 己二醯氯的正己烷溶液 250 mL。貼標籤溶液 B，供學生取用。

四、實驗步驟

- (1) 以 100 mL 的燒杯取溶液 A（0.25 M 己二胺的氫氧化鈉溶液）10 mL，另以 50 mL 燒杯取溶液 B（0.25 M 己二醯氯的正己烷溶液）10 mL。
- (2) 將 A 溶液的燒杯傾斜，緩緩倒入溶液 B。注意！勿使兩溶液相混。觀察兩溶液的界面起了什麼變化。
- (3) 用方盆盛水半滿，以鑷子慢慢夾起上述(2)的燒杯內界面的薄膜，觀察發生的變化。繼續將薄膜慢慢拉出後浸入盛水的方盆內，可得一條很長的耐綸線。
- (4) 將產品以盆內清水沖洗後再以丙酮沖洗（註），放在空氣中晾乾。可預先準備一木棒（或試管），將產品纏繞在木棒（或試管）上（如圖 1），貼上標籤，寫明組別、姓名後交給教師。

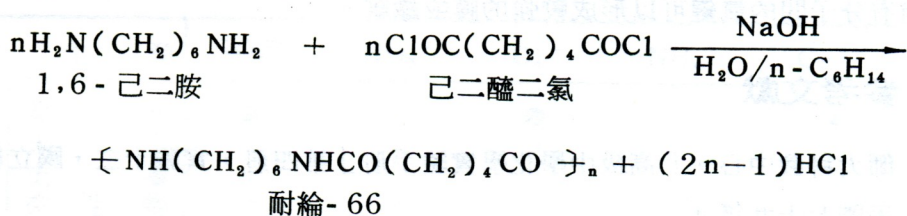
（註）若沒有丙酮，又不急於晾乾，此一步驟中丙酮的沖洗可以省略。



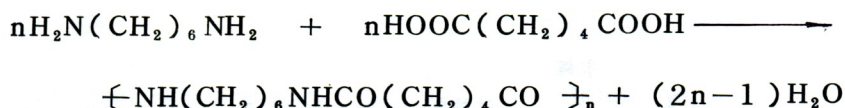
〔圖 1〕 拉製與沖洗耐綸線

五、補充說明

1. 本實驗是縮合聚合的一種，亦即將溶有單一成分且不互溶的兩種溶劑靜置於同一容器內，使其在溶劑的界面發生縮合聚合。耐綸是聚醯胺系的縮合聚合型纖維，如果將 1,6-己二胺與己二醯氯接觸就起界面縮合的聚合反應而成為耐綸 -66：



在上述縮合聚合反應中加氫氧化鈉的目的在於去除所產生的 HCl，如此可抑制逆反應，使縮合聚合反應繼續進行，並且也防止 HCl 與 R-NH₂ 的反應。在本實驗使用己二醯氯的原因在於其化性，比己二酸活潑許多，可在常溫常壓進行縮合聚合反應。若使用己二酸則



這個反應必須在高溫高壓，縮合聚合反應始得進行。工業上製備耐綸確實使用己二酸，但反應需要在 17 氣壓 220°C 加熱 1~2 小時後提高溫度至 270~280°C，繼續加熱 1 小時，而且兩種單體 (monomer) 的比要控制好。由此可見使用己二酸時反應條件的劇烈與嚴格，不是一般高中化學實驗所能做到的。推想高中化學教師做不出耐綸而埋怨的原因可能是其所使用的己二醯氯已變質為己二酸所致。

2. 己二醯氯溶液要在使用時才開瓶配製，但一經開瓶其保存相當困難，因己二醯氯極易與水反應，而臺灣境內濕度又高，因此若連續有一週的實驗，則開瓶後宜將己二醯氯溶於正己烷或四氯化碳。若溶於四氯化碳，則溶液 B 的比重大於溶液 A，故實驗步驟要改為將溶液 A 傾倒於溶液 B，如此將比重輕的溶液倒入比重大的溶液比較容易在兩液界面得到好的薄膜。

3. 本實驗生成物係在兩液的界面產生，因此兩種單體的莫耳數不一致也無礙生成物的生成。

4. 耐綸-66 是線狀巨分子。一般而言，巨分子物質與低分子量物質不同，因分子間的作用力 (van der Waals 力) 較大，故容易形成膜或纖維。耐綸-66 除此作用力外，尚有分子間的氫鍵可以形成較強的膜或纖維。

六、參考文獻

1. 師大科教中心，「高級中學化學實驗手冊」第四冊，實驗十三，國立編譯館，民國七十九年。
2. 島原健三監修，「化學演示實驗」p.138，日本三共出版社，1982。