

# 洗衣學問一蘿筐；激「濁」揚「清」知多少？

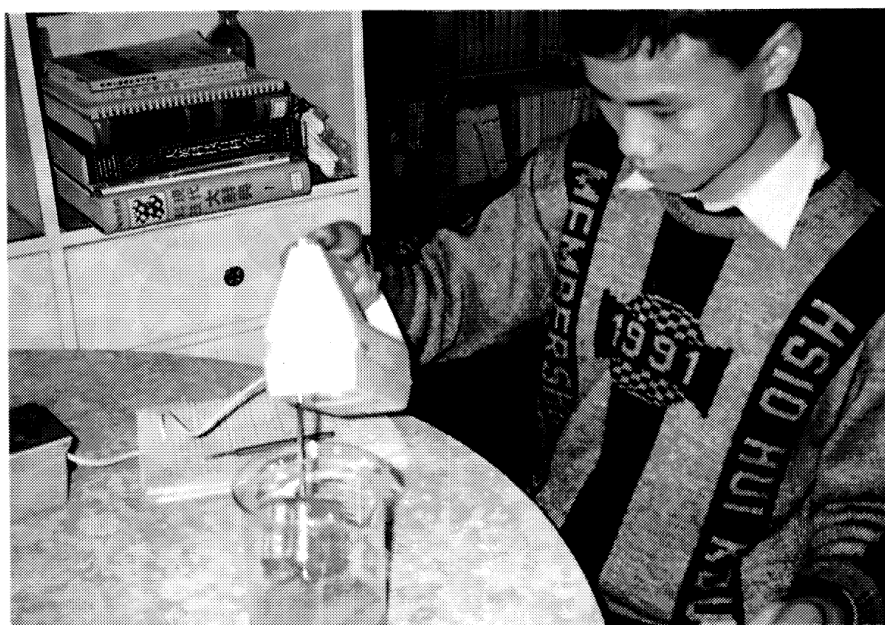
——從碰撞學說探討衣服的洗淨與洗清作用

國中組化學科第一名

台北市立金華國民中學

作者：紀乃方

指導教師：胡美蓮 紀恭謙



## 一、研究動機

小時候，看著媽媽洗衣，小小個子，攀住洗衣機，視線剛好與操作板上幾個按鈕對齊，好奇心的驅使，常常亂按一通，看著指示燈跳來跳去，樂不可支，也不知道這是幹什麼的？及稍長大，識字後，只知道操作板上寫的是：「洗衣、洗清、脫水」；左邊另外四對按鈕則分別標示：「水流（強、弱）、洗清（加強、標準）、脫水（強、弱）、行程（標準、節約）」；洗衣槽的右上方另有一個旋轉鈕，標示著：「高（水位）、中、低、低一、低二」，媽媽告訴我，操作時要依說明書指示，原則上，髒衣服很多時，洗衣粉用量就要多，各控制鈕都要按在「加強」、「強」、「高」的部位。但是有時候，由我幫著洗衣時，也懶得去翻說明書，反正全部按在「最高」、「最強」的按鈕，洗衣粉多放一些，心想一定會洗得最乾淨，不就得了嗎？何必那麼囉嗦幹嗎！問一問班上的同學，他們也有同感，連他們的家長也有很多就是這樣教他們的，直到有一天，我發現褲子的鬆緊帶被洗鬆掉，衣服的邊襯縫合處，斷線張開，更糟的是，藍色的學生外套沾著一排未經洗清的白色洗衣粉，我才意識到，這幾個按鈕中，一定有不少學問存在，本學期國中理化第三冊 20 章談到清潔劑的去污作用，18 章則提到反應速率

與碰撞學說；有了這一點皮毛的認識，使我決心根據以前理化課所學到的「控制變因」科學方法，對這些影響衣服洗淨與洗清的變因，加以一探究竟。

## 二、研究目的

1. 以自製模擬洗衣槽（見圖一及圖二），及自製脫水槽（見圖三），控制若干變因，操縱某些變項，用各種不同之洗滌方式，對固定污染量的單片「人工污染布」，加以洗淨及洗清，用照度計測算該片「人工污染布」之洗淨率，並立即以光電比色計測出剛洗完的洗淨液及洗清液之透光率（光源波長固定為 350nm，以蒸餾水為空白對照，當作 100% 透光率），比較其「濁度」，如此分從被洗物之「清」與洗液之「濁」，雙方面互相印證不同的洗法，到底那一種洗淨力較強？
2. 前述影響衣服洗淨成效之變因，包括：洗衣粉之種類、洗衣粉之濃度、揉搓方式、水流強弱、水量多寡、溶劑種類、洗滌溫度、油污之類別、油污沾著之量、沾著之面積、沾著布之質料、衣服之件數、衣服之重量、沾著時間之久暫、添加劑（例如黃豆粉），以及洗淨、洗清與脫水之時間、脫水之順序等；在本作品之實驗中，作互相對照比較的每一組中，在洗滌方式上的差異，均只操縱一種變因中之變量，其餘變因則維持相同條件，當作「控制變因」。
3. 從實驗結果，依據碰撞學說，探討其原因，以自製模擬洗衣槽及自製脫水槽之實際作業結果，在學理上，作合理的推論後，選定若干組，進行家用洗衣本中「多件」、「大量」之真正洗滌工作，並對被洗污布及洗淨液與洗清液，如前法分別作「洗淨力」與「濁度」的測定，以確定自製模擬洗衣槽與自製脫水槽實驗結果的可靠性。
4. 從節約能源，節約資源，及環境保護的觀點，對於不當的洗衣方式，如行程時間太長，水量太大，洗衣粉用量過多等，是否對洗淨及洗清作用有幫助，依實驗結果，提供一點小小建議。

## 三、研究設備器材

1. 布料（棉、毛海、聚酯） 2. 沙拉油 3. 碳黑 4. 牛奶 5. 食醋 6. 洗衣粉（普通、濃縮、全效、皂絲、冷洗精、各種品牌各若干種） 7. 酒精 8. 蒸餾水 9. 磁攪拌器（模擬洗衣槽） 10. 電動攪拌機 11. 自製脫水槽 12. 家用洗衣機 13. 照度計(Luxmeter)（見圖四） 14. pH 儀 15. 滴定管及架 16. 光電比色計(Spectrophotometer)（見圖五） 17. 迷你小顯微鏡(Light Scope)（見圖六）

18. 燈泡及燈具（附可變電阻器，可變化發光強度）（見圖四）。19. 燒杯、玻璃棒、試管 20. 溴瑞香草藍 21. 鹽酸 22. 天平 23. 溫度計 24. 酒精燈、石綿心網、三腳架 25. 吹風機 26. 碼錶 27. 量筒。

#### 四、研究過程

1. 製作固定污染量的「人工污染布」。〔詳見「文獻探討」（略）〕。
2. 依「研究目的」所述，分組控制若干不同的洗衣變因，操縱某些變項，分別以自製模擬洗衣槽、脫水槽，對單片「人工污染布」進行不同方式的洗淨及洗清工作，觀察並記錄之。
3. 洗後之「人工污染布」經吹風機烘乾兩分半鐘後，以照度計測量透光照度，再與已測得之未污染白布之透光照度及未洗前之「人工污染布」的透光照度，合併計算「洗淨率」，並記錄之。〔洗淨率之計算方式詳見「文獻探討」（略）〕。
4. 每次洗滌後，剛洗淨之「洗淨液」，及剛洗清之「洗清液」應立即以光電比色計測其“透光率”，並記錄之，以比較其“混濁程度”，若將洗淨液及洗清液久置，則懸浮污物會有部分沉澱，上層液即較澄清，而產生透光率的變化，因此一定要把握時效。（本實驗，光電比色計之透射光源用 330～385nm 之濾光片，固定在 350nm，以蒸餾水為 100% 透光率之空白對照。）
5. 以附有光源之迷你小顯微鏡(Light Scope)觀測洗後油污布中殘留油污之附著情形，並比較之。（部份圖片詳見附件：顯微放大照片1.～顯微放大照片20.）
6. 部分實驗組別之洗淨及洗清液以 pH 儀測酸鹼值，並以滴定裝置滴定之，（以溴瑞香草藍為指示劑），將測試結果記錄在記錄表中。
7. 取 15 條乾淨毛巾總重 1.12 公斤重，其中兩條尾端分別各縫接一人工污染布，以家用洗衣機“低二”水位（32 公升水）、弱水流、節約行程、標準洗清、1.4 克洗衣粉／1 升水濃度，加以洗滌。
8. 同步驟 7，以相同方法，只改變水位到“低一”水位（37 公升水）及“低”水位（41 公升水），以作為對照實驗，洗衣粉濃度及其他變因皆同前述，將另兩組各兩片縫於毛巾尾端之「人工污染布」洗滌後，分別測算污布洗淨率及洗液之透光率，並記錄之。（本組對照實驗，只比較洗淨率，至於洗液之透光率，因水量不一樣，不能用以判斷洗下污物之多寡，故僅供參考。）

9. 同步驟 7，以相同方法，只改變洗衣粉濃度；一為減半濃度

(  $\frac{0.7 \text{ 克洗衣粉}}{1 \text{ 公升水}}$  )，一為加倍濃度 (  $\frac{2.8 \text{ 克洗衣粉}}{1 \text{ 公升水}}$  )，將另兩組各兩片縫於毛巾尾端之「人工污染布」加以洗滌，測算“洗淨率”及洗液之透光率。(因洗衣粉濃度不同，故本組之透光率數據，亦不能據以判定洗下污物之多寡，僅備參考)。

## 五、實驗結果

詳見各紀錄表所示。(略)

## 六、討論

1. 由實驗結果紀錄表一顯示，強水流確較中、弱水流之洗淨、洗清效果要好，此係因水流較強，洗液流動快速，單位時間內碰撞布上油污之次數較多，且動量較大，無論是洗衣粉與油污之化學反應速率，或水對洗衣粉親水性一端之牽動力、或對可溶性污物之溶解速率，或洗液衝撞污物，使之剝落的物理機械力均較大，故洗淨力皆較好，但水流太強，布料纖維結構被破壞得也愈厲害。
2. 表二之甲、乙、丙、丁，均以水量之變動為操縱的變因，在本項之實驗中，三組用模擬洗衣槽洗滌，一組用家用洗衣機洗滌，結果均顯示，「水量的多寡」單一變因，在我們這種實驗條件下洗衣，其對洗淨力之影響並不很大，此因水多，容納污物之空間雖較大，但水量多，洗衣機旋轉盤上之負荷重量增加，若其動力固定，則轉動之水流會較慢，抵消部份洗淨之效果。
3. 表三之甲顯示洗衣粉之濃度在增加到某一限度之前，確能提高其洗淨效果，但再增加，對洗淨力就無助益，從表中“洗清液”之濁度(透光率)可以看出，過高之濃度，洗清不易，而洗衣粉為鹼性物質(pH 值 9~10)，若不洗清，附著於內衣褲，有時會對皮膚造成過敏。表三之乙，實際以洗衣機操作結果，發現與模擬洗衣槽之洗滌結果相近似。
4. 表四 D 與表一 B 相比，顯示在洗衣行程時間的控制上，於某些限度內，延長洗衣的時間，對洗淨及洗清的效果確有幫助，但達到限度後，再增長洗衣的時間，則沒有助益；表四 A 欄顯示，將洗淨時間增為 2 倍，其洗淨力反而更差，此因洗淨力達其限度後，繼續以污染之洗液衝撞衣料，反而使污物「再附著」之效應顯現，甚至更深入纖維裏層空隙。表四 B 欄

顯示，延長洗清時間比延長洗淨時間，對洗淨力之影響大得多。表四 C 欄顯示，洗淨及洗清時間同時延長，洗淨力也會增加，此因延長洗淨時間，所致之污物再附著之力不及原先污物之牢附，故在延長洗清時間時，將再附著物大部分洗下。表四 G、H 欄，顯示洗淨後延長脫水時間，比洗清後延長脫水時間，對洗淨力有幫助。本實驗告訴我們，無效的延長洗淨時間，反而洗淨力更差，而延長洗清時間及延長洗淨後之脫水時間，雖較有幫助，但也會有其限度，而且耗費動力，且對衣料之損傷力也較大，憑經驗，拿捏得宜，才能得最大效益！

5. 表五顯示，高溫洗滌，洗淨力確較佳，此因溫度高，反應速率加快，但溫度太高，毛料易縮水變形，本實驗 20℃、30℃ 分別代表台灣冬天、夏天的溫度，一般家庭洗衣，只有在衣物特別髒時，才有必要用高溫洗滌。
6. 表六與表一相比，顯示，以電動攪拌機帶動水流，及用磁攪拌器帶動水流，不同揉搓方式洗衣，洗淨力會有不同，因此選購洗衣機時，應對底盤旋轉力之旋轉方式（如漩渦、反轉、左搓、右揉、有心的棒……）多加考量。
7. 表七之甲、乙顯示，油污沾附 3 小時後即洗，比沾 3 日後才洗，其洗淨力較好，因此，一般家庭洗衣，髒衣服不要放太久才洗，以免效果打折扣！
8. 表八之甲、乙顯示，沾（牛奶+碳黑）之污染布比沾（沙拉油+碳黑）之污染布易於洗淨，沾（醋酸+碳黑）之污染布則最不易洗淨，因醋酸為良好之媒染劑，而使碳黑牢附於白布上。
9. 表九顯示，棉布沾附之油污，比毛海料（45%毛，55%聚酯）沾附之油污，易於洗淨，聚酯類沾附之油污最不易洗淨。
10. 表十顯示，三塊「人工污染布」同槽洗滌，因污布碰撞洗液之狀況及相互遮蔽之效應略有不同，而使得洗淨力略有不同，但大致差別並不多。
11. 表十一 A、B 兩欄顯示，不論用洗衣粉水溶液洗空白布或用清水洗空白布，都會從布上洗下些許棉絮或漿，因此洗後之透光照度都比原先空白布略大，洗淨液之透光率也比洗前略小，但洗衣粉則會殘留，使洗清液之透光率減小。表十一 C 欄顯示，純清水不含洗衣粉，也能靠機械力及溶解力洗下污物，而有相當的洗淨力，但在表十一 D 欄則顯示，若以酒精溶劑（不加洗衣粉）當作洗液，清洗人工污染布，則其洗淨率高達 80%，相當驚人，這是因為酒精對油脂有高溶解性之故。
12. 表十二顯示，在洗衣粉中，附加黃豆粉當作添加劑，其去污力也十分驚人，幾達 90%，這是因為黃豆粉對油污有很大的吸附力所致。

- 13.表十三及表十四顯示，若未製作「人工污染布」（加碳黑），而只將白布沾附等量醋酸或等量沙拉油時，要比較其「洗淨率」，無法從洗布之「透光度」量測，此時對沾附沙拉油之洗淨力大小，可從洗淨液之透光率比較；至於沾附醋酸時之洗淨力大小，可由洗淨液經一般滴定方式，測定滴定終點時，所需鹽酸滴定液之體積，即可比出高下。
- 14.表十五顯示，洗後之脫水順序：  
〔洗淨（5分）→脫水（0.5分）→洗清（2分）→脫水（0.5分）→浸水（0.5分）→脫水（0.5分）〕比  
〔洗淨（5分）→洗清（2分）→脫水（0.5分）→脫水（0.5分）→浸水（0.5分）→脫水（0.5分）〕洗淨力要好，這是因洗淨後，借脫水作用，先帶走部分殘留在布上的污物，再作洗清，則洗清液萃取殘留在布中污物之效能較大，故可以洗得較乾淨。
- 15.表十六顯示，不同廠牌之洗衣粉，其去污力互有不同，皂絲類、濃縮類及冷洗精類之去污力確較一般洗衣粉大；皂絲較便宜，易洗清，但鹼性太強，不易溶於水，需先浸泡才能使用；濃縮類用量少、攜帶方便，不過價格較昂且鹼性太強，至於冷洗精類，洗液中性為其優點，但價格不便宜，為手洗高貴衣物用。一般洗衣粉溶液 pH 值約在 9~10 間，並非如坊間國中理化參考書所寫的「中性」。
- 16.本作品之大部分實驗，用作對照標準的洗淨、洗清方式為：  
洗衣粉濃度： $\frac{1.4 \text{ 克洗衣粉}}{1 \text{ 升水}}$ ；水量：200ml；  
水流強度：中水流（動力調整鈕固定在某特定位置）；溫度：室溫（15.8°C~18.3°C）；  
洗衣行程：洗淨 5 分→脫水 0.5 分→洗清 2 分→脫水 0.5 分。  
洗布：人工污染布（一定規格）；洗衣工具：自製模擬洗衣槽及脫水槽（一定規格，如圖所示）。洗衣粉：固定某廠牌。

各對照之操縱變因，除供本組對照比較外，有些結果可跨組作橫向對照或縱向對照，或整組與整組交互對照，例如表二之甲、乙、丙、丁各組，變量皆為「水量的變化」，可互相對照與確認(Confirm)；而表一 B、表二甲及表三甲 B 之記錄顯示，雖然原對照組中設計之變量，一為“水流”，一為“水量”，一為“洗衣粉濃度”，但其實驗條件之組合，恰皆相同，故實驗結果可以互相「確認」，使實驗更具有「信度」（即更有可靠性）。同樣地，表七之甲、乙除可供作油污即沾與久沾之洗淨比較，也可跨組與表一、表十四、表六、表八之甲、乙及表十三等作水流強弱變因之比較與確認。

## 七、結論

洗衣學問一籬筐，在以自製模擬洗衣槽及脫水槽，以及用家用洗衣機，來控制變因，操縱變項，實際進行洗衣工作，探索各種不同的洗衣方式，如何的激「濁」、揚「清」之後，發現這些變因的關連，錯綜複雜，有些變因甚至互相制衡，（例如：動力固定，“大水量”會導致“慢水流”；又如：洗衣粉濃度太少不易洗淨，太多則不易洗清……），因此，幾乎沒有一套標準的變因組合模式（例如：用多少洗衣粉濃度？用多大水量？洗多久時間？用多強之水流？），可以同時適用在各種不同條件及環境下之洗衣工作上，而且洗衣的目的，不但希望洗乾淨，並且也希望不要損傷衣服，更重要的是，不要以另一種不乾淨—環境污染，來換取衣服的乾淨，並且也要兼顧經濟原則—能省則省，該用才用。因此，在日常的洗衣工作上，要細心觀察，依照經驗及心得，把各種變因的組合，拿捏得恰到好處，並參酌衣服的受污程度、件數、重量、質料、搭配適當的水量、行程時間，強弱水流及脫水方式：取用適宜的清潔劑、適量的濃度，進行洗滌工作，務求不虛耗動力（洗太久不一定潔淨），不枉費水量（水太多不一定更乾淨），不浪擲清潔劑（過量的洗衣粉不一定有效，只會增加下水道及河川的污染；不適用的清潔劑則事倍功半。）；如此才能在節約能源、節省物資以及推展環境保護工作的實際行動上，盡到自己的一份心力。

## 評語

本研究非常有系統將洗衣時所須用的洗衣粉濃度、洗衣時間長短、流水的強弱及水量溫度影響洗衣做一完整的研究，可見小小的「洗衣」這件事學問還蠻大的，研究成果豐碩，研究精神值得獎勵。