



## 以超音波量測探討聚丙烯濾心更換標準之研究

黃崧原

國立高雄科技大學模具工程學系研究生

### 摘要

現代人對於飲水安全的危機意識提高，不少人會選用逆滲透淨水器來確保飲水品質。但淨水器中第一道聚丙烯濾心更換的方式為固定時間更換卻忽略使用量的多寡與當地之水源品質。本研究採用總溶解固體檢驗出一特定地區之水源雜質含量為 240ppm，使用此水源之濾心過濾 5300 公升後開始堵塞，再以超音波檢測此濾心之剩餘容汙率為 78.89%並以此設為更換標準。再以相同地區內使用率最高與最低且採用每 90 天更換下的兩樓層濾心進行比較，區域內濾心剩餘容汙率為分別為 73.09%與 80.08%。根據標準，該地區濾心更換時間改為每 95 天與 76 天更換。依結果顯示根據更換標準比以往固定時間之更換方式可靠。

**關鍵字：**超音波檢測、濾心、總溶解固體

**通訊作者 E-mail:** selby2493@gmail.com



# **A Study On The Polypropylene Replacement Standard By Ultrasonic Method**

**Huang , Sung-Yuan**

**Master student, Department of Mold and Die Engineering, National Kaohsiung  
University of Sciences and Technology**

## **Abstract**

To improve the safety of drinking water, many people will use reverse osmosis water purifier to secure drinking water quality. However, the polypropylene filter in the water purifier is to replace it in a same time but ignore the amount used of water and the quality of the local water source. In this study, the water source was detected by the total dissolved solids was 240ppm. Polypropylene filter start to clog when it filtered 5300 liters, the residual rate of contamination was 78.89% tested by the ultrasonic detection. Based on the standard result, compare with maximum and minimum amount of used filters. The residual rate of contamination was 73.09% and 80.08% in this area. The expiry date change to 95 days and 76 days. According to the results, the replacing method is more certain than the previous way.

**Keyword: ultrasonic detection 、 polypropylene filter 、 Total Dissolve solids**

**Corresponding author E-mail: selby2493@gmail.com**

## 一、前言

台灣水源因為石灰岩地形，鈣、鎂等礦物質含量高(洪宇展，1998)，另有些使用地下水，較有重金屬、病菌顧慮，多數人會選用逆滲透(reverse osmosis, RO)淨水器來確保飲水安全。RO 淨水器第一道濾心為過濾孔徑 5 微米之聚丙烯 (Polypropylene, PP) 濾心。由於濾心外疏內密的結構，可將大小不同的雜質均勻擋在濾心內外層。但 PP 濾心在更換時卻無固定標準，雖然製造商建議使用者每三到六個月更換一次濾心(林財富，2016)但此方法無法明確得知濾心究竟是否還有過濾功用。因為每個地區之水質不同，取水情形也不一樣，針對單一地區之水質對於 PP 濾心之過濾效果建立該地區之標準較為正確而不是單純的固定使用時間。

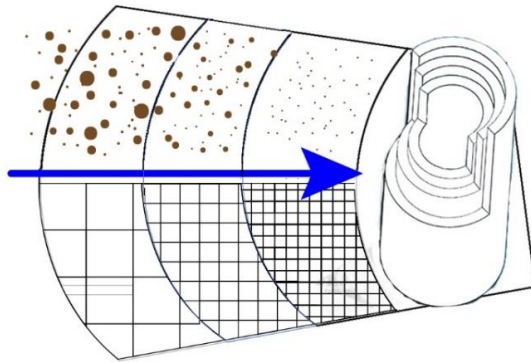


圖 1. PP 濾心過濾示意圖

PP 濾心之過濾方法為直接攔截，能夠阻擋較大之顆粒如圖(2)左，較小的雜質也能夠利用架橋效應阻擋如圖(2)右。

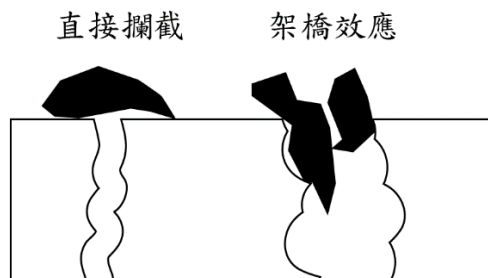


圖 2. PP 濾心阻擋雜質示意圖

當濾心內外都將雜質攔截後，濾水可流過之孔隙變小就會造成堵塞。想要得知 PP

濾心何時該汰換，就必須得知 PP 濾心在過濾多少水量後會因雜質填充而堵塞。本研究採用總溶解固體量(Total Dissolve Solids, TDS)檢測水源中的雜質含量，TDS 指溶於水中的固體含量，也就是雜質。日常生活用水有多少雜質可以透過 TDS 檢測來量測(W.H.O., 1996)，原理是利用電極檢測水的導電性來判斷水中成分，數值越高表示水中雜質越多。總溶解固體是測量水質最方便快捷的水質檢驗項目(Jakub M. Gac, 2016)。利用 TDS 確定水源品質後連接過濾器開始過濾，測試濾心過濾多少水量後會阻塞。

為了驗證現行方法是否能應用於每個區域，本研究進行之地點為國立高雄科技大學育賢樓，以 TDS 檢測育賢樓之水源過濾 PP 濾心直到其阻塞，再取得現行方法更換之育賢樓中飲水機使用量差異最大之 2 樓、3 樓之濾心如圖(3)，發現兩之濾心之表面情形相似，需要進一步研究。本研究採用超音波檢測，因超音波可以藉由耦合劑測量物體，當超音波進入物體遇到缺陷或異物等不均勻物體時，一部分聲波會產生反射，接收器對反射波進行分析，就能精確地測出異物並且能顯示內部異物的位置和大小(謝竹富、2013)，此外超音波檢測可透過音波高頻振動的原理，能穿透檢測物的厚度，不論是金屬或非金屬皆可量測(D.G. Aggelis, 2012)適合用來檢測濾心內部情形。將所有濾心之超音波結果進行比較，藉此建立出汰換標準。



圖 3. 經過 3 個月後換下的育賢樓 2 樓(左) 3 樓(右)濾心

## 二、超音波檢測

### 2-1 超音波量測實驗

超音波量測系統主要設備如圖(4):

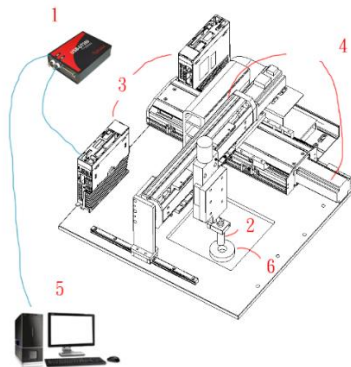


圖 4. 超音波設備 (1)超音波脈衝發射/接收器(2)浸液式超音波感測器(探頭) (3)伺服馬達控制器 (4)傳導螺桿(X、Y 軸)(5)訊號處理用電腦 (6)待測物(濾心)

#### 2-1-1 濾心樣本處理

本實驗採用育賢樓 2 樓及 3 樓使用 3 個月汰換的濾心、經過最大過濾水量實驗後的濾心及全新未使用的濾心進行量測。因濾心長度遠大於機台所能量測的深度，所以需將濾心切片後方可量測。每組濾心切 15 等分並由頂部到底部依序編號如圖(5)。以顏色區分頂部(1-5)、中部(6-10)、底部(11-15)。以全新的濾心作為超音波參數標準，因全新濾心為均質，每段組成相同，僅取一片作為最大容汙量之標準。



圖 5. 切片後之濾心和濾心排列編號

## 2-2 超音波檢測

1. 為了還原濾心實際使用情形，將濾心放入水中進行檢測。



圖 6. 超音波掃描濾心方式

2. 利用 LabView 程式控制超音波檢測儀設定掃描的範圍及量測參數。首先需將掃描範圍設定在符合濾心面積大小的範圍內如圖(7 左)，之後移動探頭至濾心上方，因本實驗採用聚焦型探頭，需將探頭聚焦範圍調整至濾心內部。觀察期顯示之數值如圖(7 右)，經量測後全新濾心之訊號值為 260 到 280 之間。

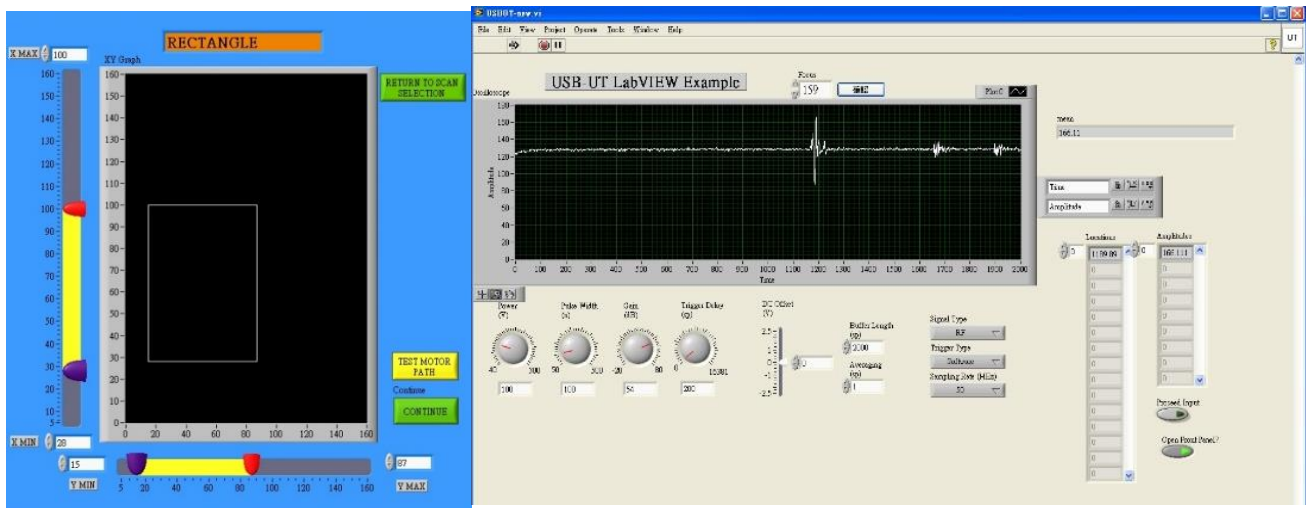


圖 7. 設定超音波掃描範圍(左)、參數調整(右)

3.掃描後取得之超音波數據，由左至右的資料排列分別為 X 軸(mm)、Y 軸(mm)與 Z(探頭回傳之訊號，mini volt，mv)掃描結果。表示在座標(X，Y)的位置上，超音波回傳訊號值大小。

X (mm)	Y (mm)	Z (mini volt, mv)
1332.000	1404.000	255.750
1344.000	1416.000	258.000
1356.000	1428.000	258.312
1368.000	1440.000	257.000
1380.000	1452.000	256.000
1392.000	1464.000	258.250
1404.000	1476.000	256.750
1416.000	1488.000	258.687
1428.000	1500.000	255.687
1440.000	1512.000	257.937
1452.000	1524.000	257.937
1464.000	1536.000	257.812
1476.000	1548.000	255.562
1488.000	1560.000	256.000
1500.000	1572.000	257.937
1512.000	1584.000	255.500
1524.000	1596.000	255.500
1536.000		255.500
1548.000		255.437
1560.000		256.250
1572.000		257.250
1584.000		256.750
1596.000		256.875

X Y Z

圖 8. 超音波檢測產生之數據

### 2-3 將超音波數據轉換為影像

所有超音波掃描得到的數據皆需經由 matlab 軟體將數據繪製成影像。下圖色彩條表示超音波之訊號值，由超音波量測得知濾心之訊號值為 260~240 之間其餘都得排除，計算面積時需將其它訊號排除，在此以全新濾心進行處理作為示範。

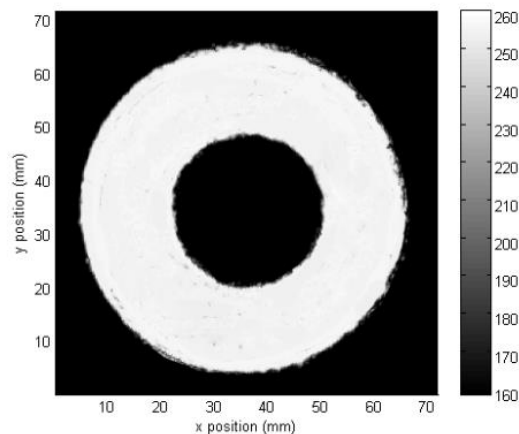


圖 9. Matlab 軟體繪製之全新濾心影像

## 2-4 影像處理

超音波影像需經過 imageJ 軟體之二質化功能將影像調整至只有黑白二色才能計算。由於軟體計算面積只能計算黑色的面積，所以需先將 240 以下之訊號排除如圖(10 左)，再將色彩反轉後才能計算並繪製圖表，程式計算邏輯為整張圖的黑色區域計算所以需將多餘的色彩條與座標軸去除如圖(10 右)。系統會自動產生面積計算結果。如圖(11)。

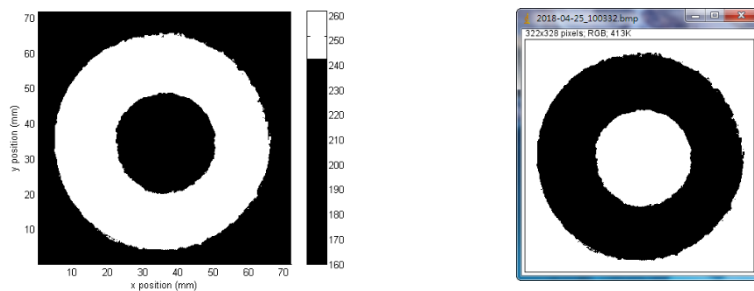


圖 10. 左為排除雜訊後之超音波二值化影像，右為切除濾心外之部分利用色彩反轉所得之計算用影像

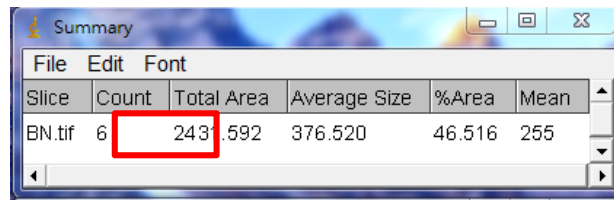


圖 11. imageJ 產生之計算結果

全新濾心由 imageJ 軟體計算出之面積為  $2431.592\text{mm}^2$ 。以此作為濾心剩餘容納髒汙面積之最大值，也就是濾心剩餘容汙率 100%。將超音波檢測之各組濾心試片之剩餘容汙面積依序除以全新濾心容汙面積算出濾心剩餘容汙率濾心剩餘填充容汙率公式如下：

$$\text{剩餘容汙率(\%)} = \frac{\text{非全新濾心剩餘容汙面積}}{\text{全新濾心容汙面積}} \quad (1)$$

### 三、PP 濾心最大過濾量測試設備及實驗



### 3-1 實驗設備

PP 濾心最大過濾測試主要設備為:逆滲透淨水設備(圖 12)，由馬達抽取水源通過濾心攔截雜質進行過濾。因本研究只針對第一道 PP 濾心進行研究，在此只取第一道次獨立出來進行實驗如圖(13)，並在出水端以容器承接濾水方便量測 TDS 值。由於育賢樓之 RO 機中所使用的馬達水壓都是固定 100psi，本實驗也使用相同規格之馬達進行實驗，所以在所有的濾心樣本中水壓都是固定的。



圖 12. 逆滲透淨水器設備



圖 13. 獨立第一道濾心之過濾設備

### 3-1 測試濾心之最大可過濾量

開始實驗之前，將一已知之總固體濃度之液體校正 TDS 筆，如市售之純度 100%酒精，液體若無雜質就無導電性，TDS 值為 0，檢測數值為 0 即可開始測試實驗。將 TDS 筆放入水中可即時顯示水中雜質含量如圖(14)。育賢樓水源之總固體含量為 240PPM，因水中雜質會被攔截於 PP 濾心中，使 PP 濾心在過濾過程中會因為內外填滿雜質，當雜質累積到一定數量後 PP 濾心就會因水壓將雜質不斷往內部擠壓進而破壞 PP 濾心結構如圖(15)導致雜質流入其它道次之濾心開始堵塞濾心導致出水量降低。為了防止以上情形發生，本實驗記錄濾心開始出現出水量降低之過濾流量。並試著找出流量開始降低時的過濾水量。

實驗方法為記錄每流過 100 公升之水檢測一次出水量，並以 10 公升容器承接濾水觀察濾水填滿容器之時間，經過 5300 公升後，濾心出水量開始降低，因此判定 PP 濾心在育賢樓過濾 5300 公升後就會失效。



圖 14. 濾水 TDS 檢測(左) TDS 校正(右)

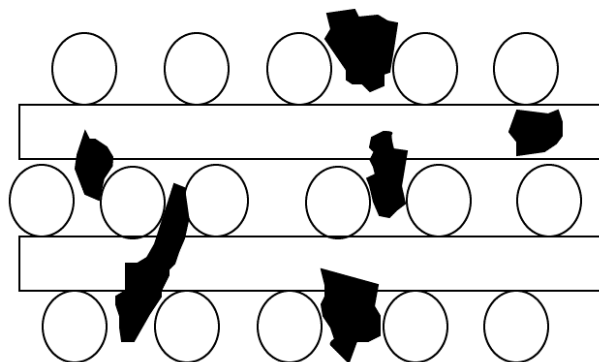


圖 15. 雜質阻塞示意圖

## 四、實驗結果

### 4-1-1 賢樓二濾心之量測結果

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
剩餘容汙面積	1604.6	1644.8	1727.3	1791.4	1835.5	1909.9	2023.9	2087.1	2104.9	2084.7	2013.2	1876.8	1709.3	1568.02	1331.6
剩餘容汙率	65.99%	67.64%	71.03%	73.67%	75.48%	78.54%	83.23%	85.83%	86.57%	85.73%	82.80%	77.18%	70.29%	64.49%	54.76%

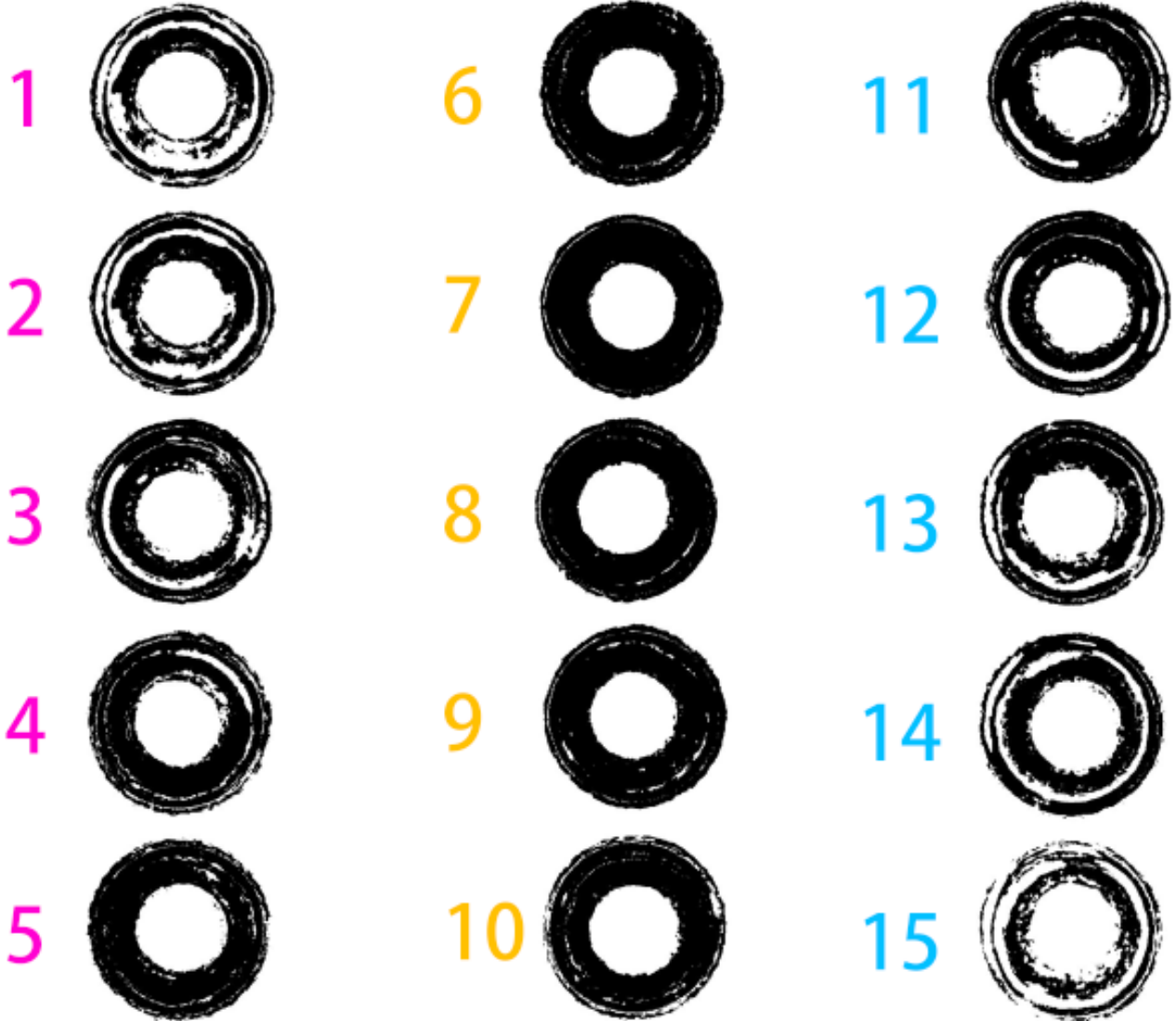
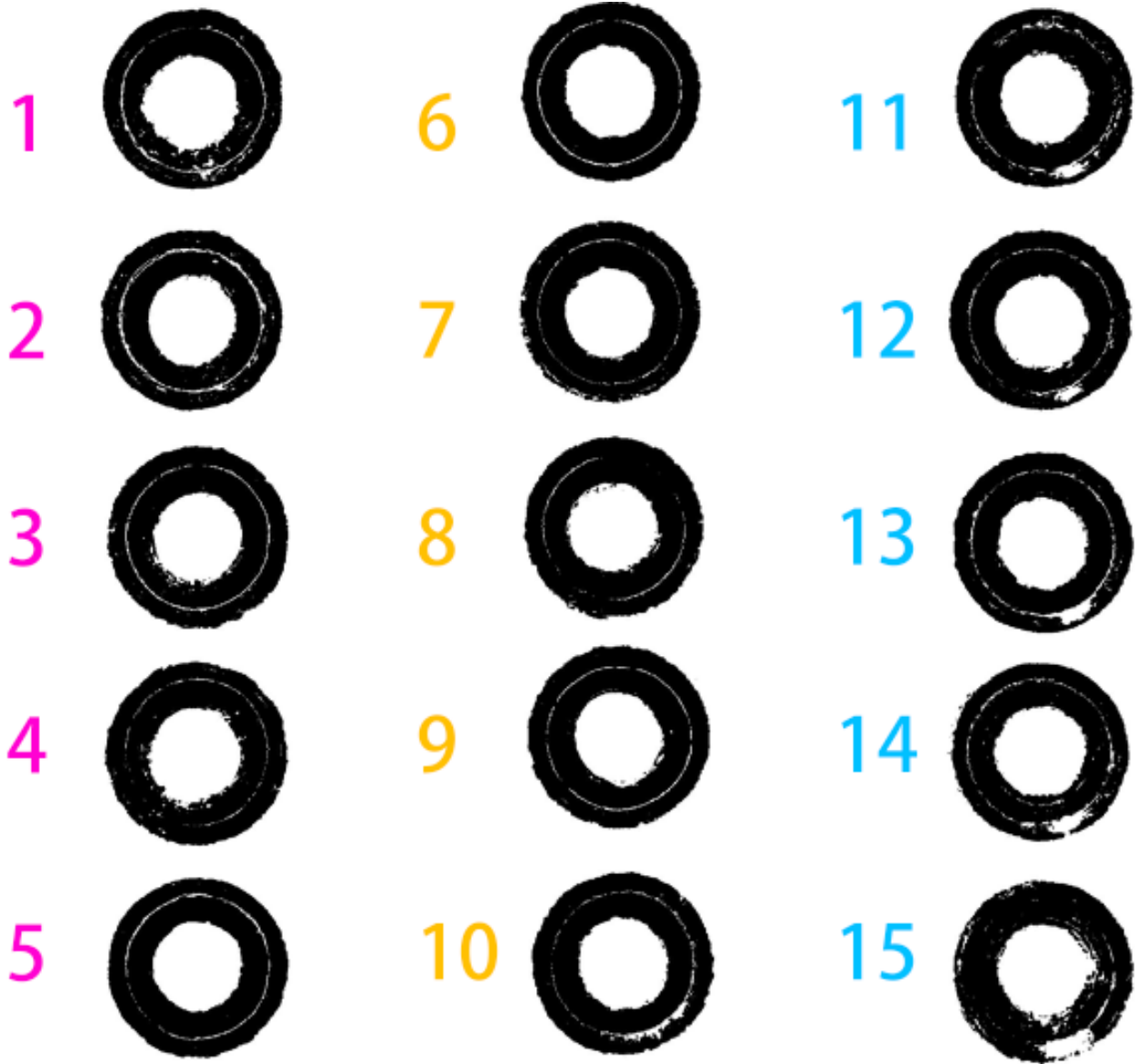


圖 16. 育賢樓二樓實驗結果

### 4-1-2 育賢樓三樓之量測結果

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
剩餘容汙面積	1963.1	2007.7	2040.0	2076.2	2096.2	2102.9	2111.7	2132.0	2090.2	2081.3	2028.2	2014.5	1994.8	1918.4	1871.0
剩餘容汙率	80.08%	81.90%	83.22%	84.69%	85.51%	85.78%	86.14%	86.97%	85.27%	84.90%	82.74%	82.18%	81.38%	78.26%	76.32%



育賢樓三樓剩餘容汙率

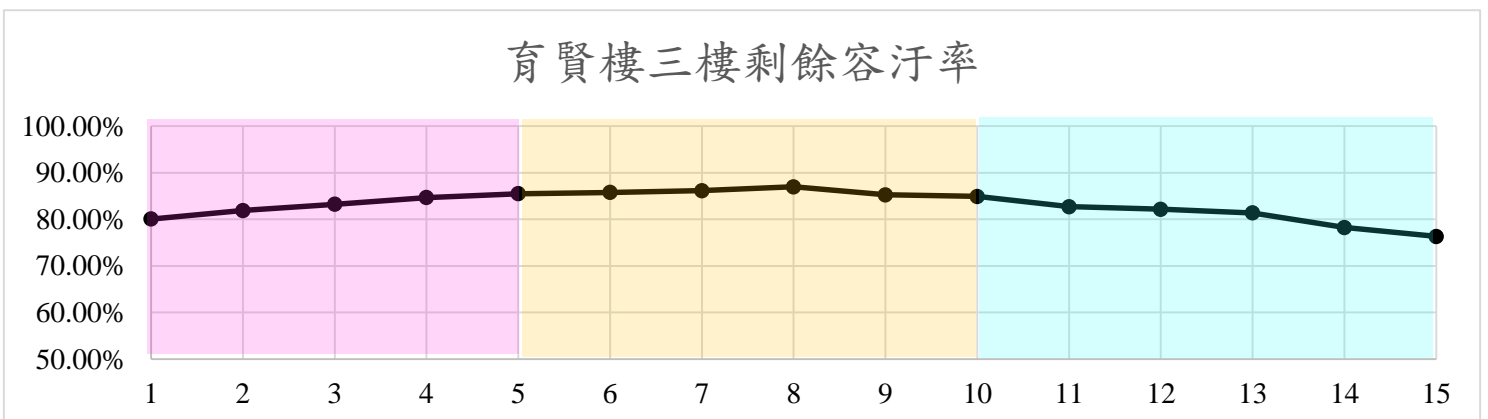


圖 17. 育賢樓二樓實驗結果

### 4-1-3 經最大過濾水量實驗之濾心之量測結果

編號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
剩餘容汗面積	1869.9	1947.1	1954.8	1981.7	2049.7	2050.3	2232.6	2163.7	1987.3	1970.5	1935.9	1714.7	1653.6	1642.8	1617.8
剩餘容汗率	76.90%	80.08%	80.39%	81.50%	84.30%	84.32%	91.82%	88.99%	81.73%	81.04%	79.61%	70.52%	68.01%	67.56%	66.53%

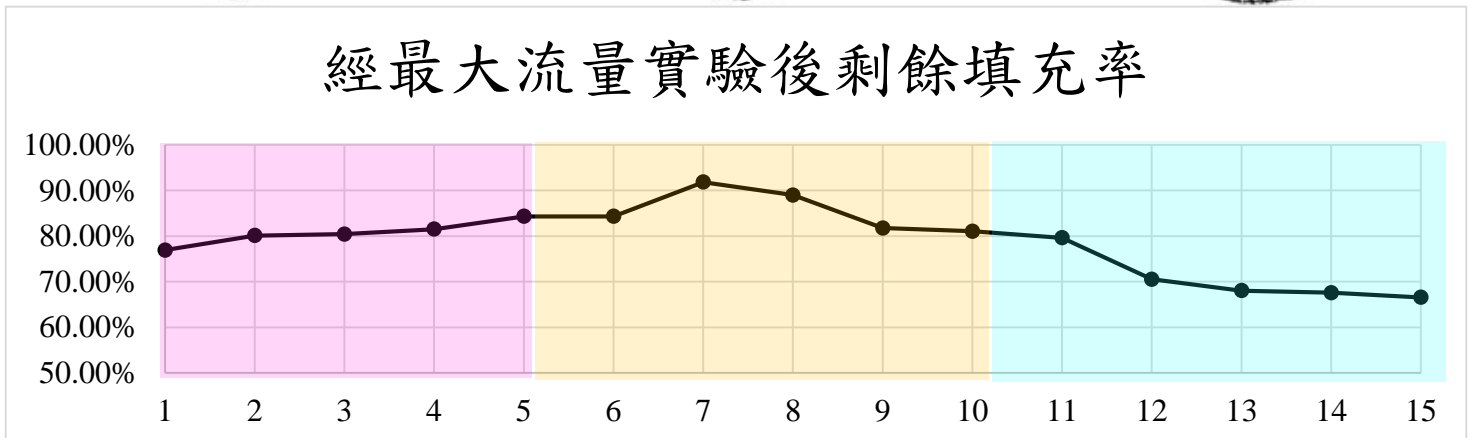
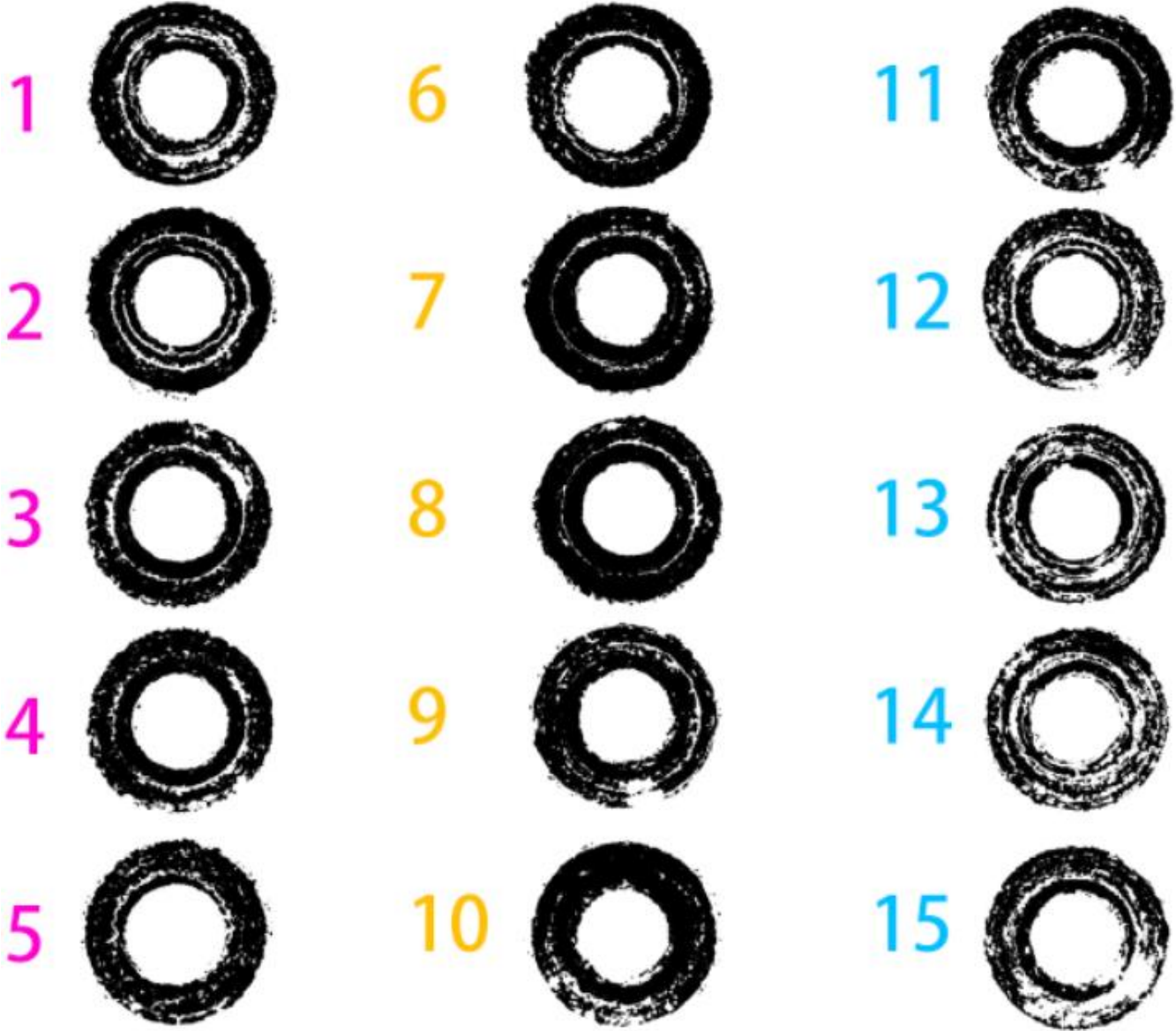


圖 18. 經過最大流量實驗濾心結果

#### 4-2 濾心試片分析

PP 濾心因外疏內密之結構，所以多堆積於層與層的縫隙。因進水端位置影響堆積方向，雜質堆積後因有更多的雜質流入，導致其它的雜質往水流的方向堆積。產生如圖(19)的堆積。因育賢樓 2 樓、最大水量測試之濾心過濾量大，下圖之堆積方式呈現較為明顯，3 樓濾心過濾量較少，不會產生明顯的堆積，但堆積方式相同。

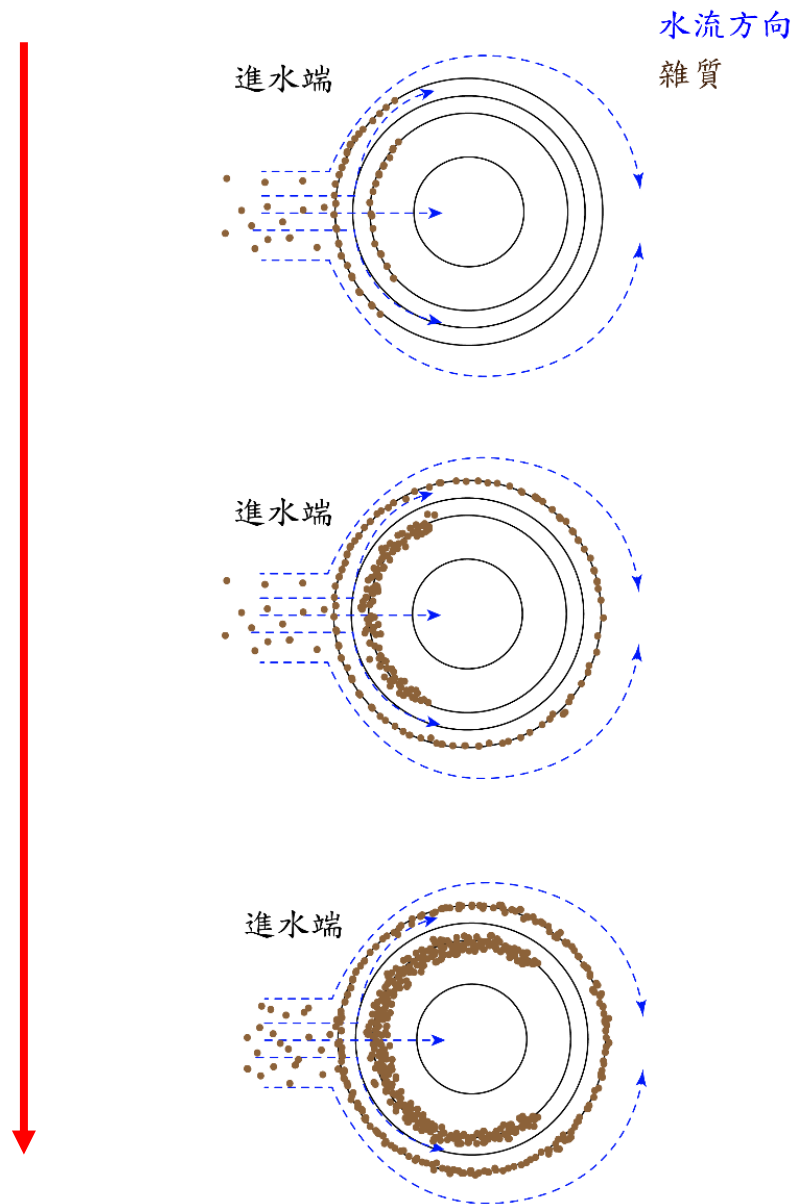


圖 19. 過濾後濾心髒汙堆積之演變

## 4-2 濾心整體分析

由剩餘容汙率排列結果顯示，濾心因固定在淨水器中，水源從進水端流入後會先流入濾心上方過濾部分水源，當水源充滿淨水器後水會因馬達抽取而流向出水端如圖(20)。因飲水機中之淨水器造滿水後會停止運作，導致淨水器中雜質沉澱於底部，當運轉時，雜質從底部吸入濾心內部，產生濾心頂部有部分堆積，中部最少堆積，底部較多堆積之現象產生圖(21)。

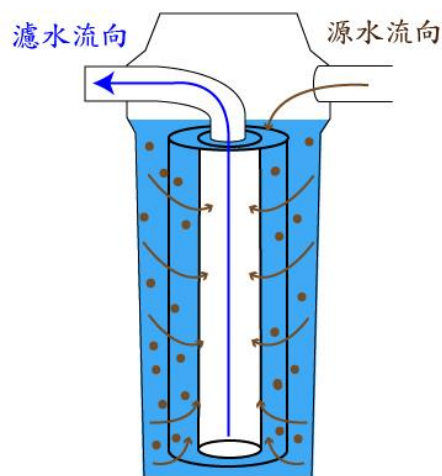


圖 20. 源水經過濾心流向

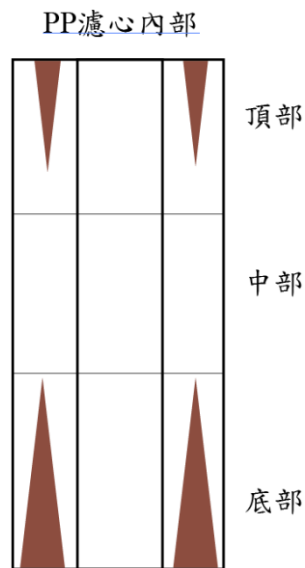


圖 21. 過濾後濾心髒汙分布

### 4-3 利用實驗結果建立更換標準

由超音波量測的結果得知 PP 濾心過濾 5300 公升的水後剩餘容汙率會低於 78.89% 失去過濾功效，以此為汰換標準。由二樓與三樓的結果分析，二樓的剩餘填充率為 73.09 低於標準，3 樓的剩餘填充率為 80.08% 超過標準卻同時間更換，由此可證根據濾心之最大濾水量進行更換比固定時間更換準確。

#### 4-3-1 所有濾心之結果比較

表(1)育賢樓各樓層之記錄

	目前剩餘容汙率(%)	使用天數	實際流量
二樓	73.09%	90	6480L
三樓	80.08%	90	5022L
最大濾水量	78.89%	X	5300L

根據上述記錄，若二樓剩餘容汙率使用 90 天會達到 73.09%，所以要計算出使用幾天就會達到更換標準 78.89%，在此將 X 定為新更換天數，利用比值來取得正確更換天數之公式：

$$\text{新更換天數}(X) = \frac{90 * \text{最大流量}}{\text{該樓層實際流量}} \quad (2)$$

將育賢樓二樓與三樓之實際流量帶入公式(2)，育賢樓二樓之濾心應改為 76 天更換，育賢樓三樓之濾心應改為 95 天更換。與固定三個月更換的方法相比，兩支濾心得更換時間差異頗大，雖然 3 樓之新更時間與固定三個月更換一次但是 3 樓為整棟建築中濾心用量最少的，但 2 樓無法以相同時間更換，所以使用相同時間更換不同量的濾心是不正確的。



#### 4-3-2 標準應用

雖然 PP 濾心可過濾 5300 公升之水量，但逆滲透過濾為了保護 RO 膜，飲水機會將前置淨水器部分濾水排除，稱為廢水比，育賢樓飲水機之廢水比為 2.2。也就是假如濾出 1 份水需要排掉 2.2 份的水，共需要  $1+2.2=3.2$  分水。實際上從飲水機取用  $5300/3.2=1656.25$  公升的水後就必須更換 PP 濾心。為了防止使用者將 PP 濾心使用超過 16256.25 公升，在此降低至 1600 公升定為更換標準。

由於育賢樓之水源來自澄清湖自來水廠，此標準能夠應用於所有使用此水源的地區。只需要統計使用人數與平均取水量即可推算出濾心更換時間。

例如一般家庭中有 4 位成人，每人依照健康建議每天喝水 2 公升得到以下公式：

$$\text{使用天數} = \frac{1600}{\text{人數} * \text{平均飲水量}} \quad (3)$$

將所有數值帶入得使用天數為  $1600/(4*8)=$  每 50 天更換 PP 濾心。使用此標準可以輕易的推算出在該地區不同場合下濾心之更換標準。

### 五、結論

本研究之更換標準經過超音波之檢測，以及 TDS 檢測與過濾阻塞檢測之多重確認 PP 濾心在當地水源之最大可過濾量，比以往固定時間或肉眼判斷準確且安全，讓該地區之使用者只需以此更換標準進行推算，確認當地水源之水質情形、使用人數即可輕易換算出 PP 濾心的正確更換時間。利用本研究之實驗方法在不同地區進行 PP 濾心之最大流量測試，就能建立起每個地區飲水機中的 PP 濾心更換標準

## 參考文獻

洪宇展，1998，自來水配水系統與住家給水設備對自來水水質的影響及自來水生飲之可行性探討，碩士論文，高雄醫學院

林財富，2016，“淨水器的維護管理注意事項”，認識淨水器專刊，No.7

謝竹富、林克默（2013）。超音波探傷檢測，南臺科技大學專題研究報告，臺南市。

World Health Organization(WHO)，(1996)。Guidelines for Drinking-Water Quality - Second Edition - Volume 2 - Health Criteria and Other Supporting Information。p88-89

Jakub M. Gac(2016)。Consecutive filtration of solid particles and droplets in fibrous filters。Separation and Purification Technology。p234-235

D.G. Aggelis, N.-M. Barkoula, T.E. Matikas, & A.S. Paipetis (2012). Acoustic structural health monitoring of composite materials : Damage identification and evaluation in cross ply laminates using acoustic emission and ultrasonics. Composites Science and Technology, 72,p1127-1133.