

# 飲水機使用頻率與總菌落數關係之研究

蔡勇斌<sup>1</sup>、萬騰州<sup>2</sup>、邢治宇<sup>3</sup>

## 摘要

公私場所飲用水設備(以下簡稱飲水機)種類繁多,部份管理單位對於各種類處理機制未能瞭解,有時因缺乏適當之設備維護與管理,致造成飲水機出水水質惡化之反效果。行政院環境保護署有鑑於此,遂於86年5月21日修正通過「飲用水管理條例」,加強飲用水水源管理、設備管理與水質管理,並加重相關罰責,期望提昇我國飲用水品質。為落實「飲用水管理條例」中之飲用水設備管理工作,環保署隨後於民國87年7月29日修正發布「飲用水設備維護管理辦法」,期望藉由對公私場所供公眾飲水之設備管理上的要求,導正國人過去未能善盡淨水設備維護與管理責任之通病,以維護國民健康。

飲用水設備維護管理辦法中明確規範,飲用水設備維護管理單位應定期維護保養,以自來水為水源者,應於每三個月檢驗八分之一台數飲用水設備之出水總菌落數與大腸桿菌群,並須符合飲用水標準(總菌落數應小於100 CFU/mL;大腸桿菌群應小於6 CFU/100mL),倘經環保單位抽驗不合格,每台將遭罰鍰6萬至60萬元。此規定之公告與實施,對各公私場所飲水機之管理工作,形成一大考驗。

事實上在各公私場所飲水機的使用頻率,依各場所特性而有不同,例如在台北火車站使用頻率可能就相當高,而在非假日的遊樂場所,使用頻率可能就相當低。面對總菌落數屬於沒有時間與空間規範之生物性污染,在飲水機內部單元設備與管線中,容易形成生物膜,釋放總菌落數,造成生物性污染偏高。而生物膜形成數量與速度,與管中水流速度所形成的剪力(shear force)息息相關,因此,不同的使用頻率,對生物膜形成速度與數量,亦有著密切的關係。尤其活性碳顆粒提供微生物躲藏,產生高抗氧性,隨水流流出或附著於管(容器)壁上,成為飲水機總菌落數的來源,而活性碳顆粒的沖刷外流,也與飲水機使用頻率有關。此外,飲水機為達細菌性污染之減少,多加裝紫外線殺菌燈設備,而此設備有其處理容量之限制,過高之處理水量恐造成殺菌不完全,影響滅菌功能。基於上述特性,本研究乃針對各種不同的使用頻率,探討總菌落數與使用頻率間之關係。

本研究以傳統式飲水機、開水機、RO純水機、程控滅菌飲水機為研究對象,於每一機型內部各處理單元進、出水端加設採樣口,採樣分析自由餘氯、總菌落數。四種機型均以雙定時器(dual timer)控制間歇排水,模擬飲水機低、中、高使用量與使用頻率(分別為使用10秒、停用60分鐘;使用10秒、停用10分鐘;使用10秒、停用2分鐘)之水質變化特性。為使結果更符合多數公私場所實際條件,設定晚上12點至清晨6點間不使用飲水機,另於每台飲水機進水端加裝水錶,每隔2至3日採樣分析同時,記錄用水量。

本文主要整理上述研究之部份成果,主要內容包括:

- 一、比較飲水機在高、中、低不同使用量與使用頻率條件,內部各單元進、出水水質總菌落數變化特性(包含綿紗初濾心、PP初濾心、粉狀活性炭濾心、粒狀活性炭濾心、RO逆滲透系統、離子交換樹脂、冷凝桶熱缸、冷凝管熱缸、UV殺菌燈、冰桶等),並探討水流速及流量,與飲水機滋(抑)菌率間之關係。
- 二、比較傳統式飲水機、開水機、RO純水機、程控滅菌飲水機在高、中、低使用量與使用頻率條件時,冰、溫出水水質變化差異,以及內部單元總菌落數變化過程。
- 三、建立使用量及使用頻率,與總菌落數間之關係模式。

<sup>1</sup>國立暨南國際大學土木工程系副教授

<sup>2</sup>國立雲林科技大學環安系副教授

<sup>3</sup>國立雲林科技大學博士班研究生

## 一、前言

台灣地區水污染問題日漸突顯，民眾對飲用水水源之水質信心不足，造成使用淨水設備期望提高飲用水品質之現象日漸增加。在市場需求環境下，業者爭相引入或開發各種淨水設備。由於淨水設備種類繁多，一般民眾對於各種處理機制未能瞭解，更缺乏適當之設備維護與管理，致造成飲用水設備水質惡化之反效果。環保署業管機關有鑑於此，遂於民國八十六年五月二十一日修正通過「飲用水管理條例」，加強飲用水水源管理、設備管理與水質管理，並加重相關罰責，期望提昇我國飲用水品質。為落實「飲用水管理條例」<sup>11)</sup>中之飲用水設備管理工作，環保署隨後於民國八十七年七月二十九日修正發布「飲用水設備維護管理辦法」，期望藉由對公私場所供公眾飲水之設備管理上的要求，導正國人過去未能善盡淨水設備維護與管理責任之通病，以維護國民健康。

飲用水相關法令之修正與實施，原本僅希望提升飲用水品質，維護國民健康，在管理單位缺乏專責人員、專業認知不足與科技發達機型變化多端的種種因素下，恐反造成社會成本與資源的浪費，實非原立法之精神與用意。為預防此問題，環保署希望透過專家學者之研究，確實掌握各種飲用水設備之處理機制與效能，瞭解飲用水設備從進水到出水間，各單元水質變化情形<sup>(12)</sup>，進而釐清欲符合飲用水水質標準，所應採取之適當維護管理工作項目、內容及其頻率。最終目的則是期望透過本研究，可以提供飲用水設備管理單位之專業參考，增加其專業管理能力，在節省成本、資源與能源前提下，做好設備維護管理工作，確保國人飲水健康。

## 二、文獻回顧

國內水質背景中，清水之總菌落數均合於現行標準(100 CFU/100mL)，且多低於 20 CFU/mL (佔 94.6%)。總菌落數為飲用水水質標準中之微生物管制項目，用以估計水質中細菌之總數，以及淨水處理效率與配水管線受污染之程度。總菌落數也是消毒效率良窳之評估要項，存在量過高表示消毒不完全，亦表示可能存在致病菌，具有危害性風險。曾有研究指出，水中異質性細菌中約 30%可能致病，但受到體質、年級及健康狀況等因素之影響。一般認為，當大腸桿菌群檢測結果為負時，總菌落數測值為 100~600 CFU/mL 之水質尚能被接受。美國主管健康當局建議水中測值低於 100CFU/mL 時，則適合飲用；介於 100~500CFU/mL 之間時，則認為有可能危害人體健康。對於在貯水槽或配水管線之水質，若能保持餘氯值超過 0.2mg/L，據統計總菌落數測值大多數低於 50 CFU/mL 以下。由表 1<sup>9,10)</sup>可知總菌落數並未如大腸桿菌群標準一般，受到大多數先進國家所規範，僅部份國家對總菌落數有加以管制，WHO、加拿大及澳洲則未列入規範。而美國目前也並未對總菌落數訂定明確之標準值，但在法規中另外對於必須設置過濾及消毒單元之水質，要求其多數水樣之總菌落數應<500 CFU/mL。

由於近年來國人對飲水品質要求日深，生水煮沸飲用已成國人習慣，另根據研究報告顯示，民眾使用淨水器之比例由民國七十二年的 27.4%，上升至民國八十七年的 47.2%及民國八十八年的 41.3%，其中不乏有經過煮沸加入淨水盛水桶中使用之情形。而以目前市售淨水器的使用狀況，在早期民眾以使用離子交換原理之淨水器約佔 60%，近年則以逆滲透之比例 35%為最高，其次為活性碳 16.9%及離子交換原理 7.3%<sup>11)</sup>。惟本省公共區域作為提供外出民眾飲水之飲水機種類，內部備置其功能不外乎是過濾、吸附、軟化等功能搭配組構，其中由於總菌落數及大腸桿菌等為細菌性項目，由於供水設施之內部管線、盛容器等，為會造成滋菌的場所。因此，本研究以市面上常用之四種飲水機(傳統式飲水機、開水機、RO 純水機及程控滅菌機)為主，研究分析此內部不同處理淨水設備之功能比較，進而針對不同飲水機型在處理效果上的比較探討。

表 1. 各先進國家對飲用水總菌落數訂定之標準

項目	國名(制定時間)							
	我國(1997)	美國(1995)	日本(1992)	德國(1990)	EC(1989)	英國(1989)		
標準值(單位： CFU/ mL)	100	TT*	<100	≤100	≤20**	10 (37°C)	100 (22°C)	不得明顯 增加

註：\* TT-依處理程序而定 \*\*經消毒後之水質適用。

### 三、實驗設備

#### 1. 飲水機設備

利用經過改裝符合研究分析用之四套單機飲水機設備(傳統式飲水機、開水機、純水(RO)機、程控滅菌機)，此三套研究設備之設置依下列原則考量：

- (1). 使用市面上常用之耗材與零件，使結果符合實際情況。
- (2). 耗材種類：初濾心(綿紗與 pp 二種)、活性炭濾心(粉末、粒狀二種)。
- (3). 每台飲水機處理程序中之各單元進、出水點各分設採樣口。
- (4). 每台飲水機獨立加裝水錶，以評估使用水量與水質變化的關係。
- (5). 每台飲水機獨立加裝電錶，以評估不同機型與處理機制的耗電量。
- (6). 每台飲水機獨立加裝雙 timer，以模擬高、中、低使用情形，使結果符合實際情況。
- (7). 每台飲水機獨立加裝程序控制器，設定晚上 12 點至清晨 6 點之時段，飲水機電源仍運轉，但雙 timer 不予運轉，亦即模擬飲水機在此時段內無人使用之情況。
- (8). 四套設備之進流水，採並聯方式，以使進流水質相同，提高結果比較之可信度。
- (9). 進流量以一般市面上設定流量為基準，配合考量各單元之限制流量(如一般 UV 殺菌燈流量限制在 2 gal/min(相當於 3.78 L/min)內)。目前設置之飲水機出水量約為 1.4~2.0 L/min，並未超過限制流量，亦屬飲水機正常出水量範圍。
- (10). 開水機型式者之熱缸，採方便拆卸以組合冷凝管式與冷凝桶式熱缸。
- (11). 純水機型式之貯存桶設計成可選擇是否定時排水，做為進行純水(RO)機與定時排水純水(RO)機實驗之設備。
- (12). 四套設備均設計為冰、溫、熱三用飲水機，亦即末端均依實際狀況設置冰桶與簡易加熱桶。
- (13). 四套設備除程控滅菌開水機外，其餘均設置 UV 紫外線殺菌設備，但可以選擇使用或不予使用，以探討加設殺菌設備之功效。

#### 2. 水源儲存設備

本研究購買 20 噸蓄水槽乙座，經事前檢驗發現已餘氯量很少，原因為實驗場所在為管線末端，因此本研究最終採用自行於 20 噸蓄水槽加餘氯方式進行。另本研究對象侷限在間接供水模式之自來水，為仿照實際現況，在設置飲水機位置前端，加設一家庭用不鏽鋼材質之 1 噸水塔，供應飲水機之水源，以模擬實際使用狀況。整個計畫實驗在國立暨南國際大學埔里校區之污水處理廠管理中心實驗場中進行。

#### 3. 化驗分析設備

本研究擬化驗分析之水質項目為大腸桿菌群、總菌落數兩項，所需使用之相關儀器、耗材與藥品等購置，均依環保署公告的檢驗方法內之規範需求添購。

### 四、實驗方法

#### 1. 分析項目

依環保署公告方法，原擬檢驗分析大腸桿菌群、總菌落數、自由有效餘氯等水質項目。其中大腸桿菌群在歷經數十次結果均沒有檢出，因此本研究最後以總菌落數進行分析探討對象。

2. 影響參數與因素，本研究探討之參數與因數整理如下表 2。

表 2. 本研究擬探討之影響飲用水設備水質參數與因素

水質化驗分析項目	大腸桿菌群	此二項水質為使用自來水為水源時，不合格率最高者
	總菌落數	
	自由有效餘氯(檢驗參考用)	
記錄項目	各實驗試程 累計進水量	攸關殺菌藥力在單元中的變化
	各實驗試程 累計用電量	用以建立成本分析，探討飲水機設置、維護與使用成本架構
進流水水源	自來水	間接供水(不合格率最高)
飲水機設備	傳統飲水機	舊有機型中，仍佔多數者

瞭解公私場所大量使用的飲水機設備效能，可供訂定清洗維護管理頻率與選購之參考	開水機	冷凝管型	此二型構造不同，初步判斷滋菌情形亦不同
		冷凝桶型	
	純水(RO)機		
	定時排水純水(RO)機		
	程控滅菌開水機		
飲水機使用情形	UV 滅菌燈(僅考量在前四種機型)	選用	可做為選購之參考
		不選用	
高使用量	使用 10 秒，停用 2 分鐘	模擬實際使用情形，瞭解不同使用量時所須清洗維護管理頻率的差異	
	中使用量		使用 10 秒，停用 10 分鐘
	低使用量		使用 10 秒，停用 60 分鐘
採樣情形	連續排水每隔 1 分鐘取一次樣，直到 5 分鐘。	瞭解排水至何時可達系統代表水質，供採樣方法修正之參考	

### 3. 實驗試程

本研究實驗試程主要探討不同組合處理程序，其各種程序在高、中、低使用量情況下，各處理(程序)單元進、出水水質隨時間變化情形，屬基本水質變化特性探討。其各實驗試程配置如下表 3。

表 3. 本研究第二階段實驗試程(水質變化特性探討)

試程編號	模擬使用水量	機型	單元或功能													
			基本配備						強化處理配備					基本配備	選購配備	
			濾心		活性碳濾心		離子交換		熱缸		RO 出水貯存桶		程控滅菌	出水加熱桶	UV 滅菌	出水冰桶
			綿紗	pp	粉末	粒狀	有	無	冷凝管	冷凝桶	定時排水	不排水				
5		A		√		√		√						√	√	√
6	高使用量	E	√			√		√				√				√
9		B	√		√		√		√					√	√	
11		C	√			√	√				√			√	√	√
4	中使用量	A	√		√		√							√	√	√
7		E		√	√		√		√			√				√
8		B		√		√	√		√						√	√
10		C		√	√			√			√				√	√
12	低使用量	A	√		√		√							√	√	√
15		E		√		√	√		√			√				√
16		B	√			√	√			√					√	√
18		C		√	√			√			√				√	√

### 4 採樣時間與樣本數設計

本研究以每個試程每隔 2-3 天於該日同一時間進行每一採樣點的採樣乙次，持續進行約 50 日，樣品數則依該試程組合而異，每個試程大致有 6-8 個採樣點。

## 五、結果與討論

### 1.各處理單元進、出水水質分析探討

#### (1).綿紗濾心

圖 1-1 與圖 1-2 為飲水機在各使用量時之綿紗濾心進出水水質比較，由圖 1-1 可知，除在中使用量時綿紗濾心之進水總菌落數有部份高  $1.0E+2$  CFU/mL 以上，其餘在高、低平均進水總菌落數均合於標準  $1.0E+2$ CFU/mL 以內，顯示管線餘氯量對滅菌產生效果。由圖 1-2 出水亦可見其總菌落數差異不大，但中使用量經過綿紗之後，較之高低使用量有較佳之結果。由圖 1-3 可見綿紗濾心尚有部份抑制細菌生長能力，唯抑制效果整體平均比值在 2.11 之下。在高使用量時綿紗濾心之進水與出水總菌落數比值小於 1，其平均總菌落數雖皆在標準  $1.0E+2$ CFU/mL 以內，顯見在高使用量時，綿紗濾心尚有少許滋菌虞慮。

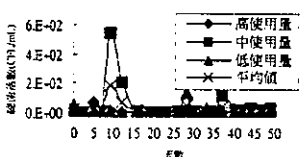


圖 1-1 飲水機在綿紗濾心進水總菌落數

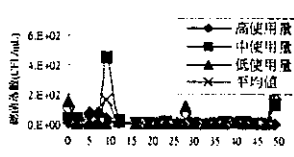


圖 1-2 飲水機在綿紗濾心出水總菌落數

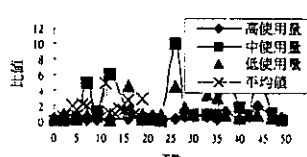


圖 1-3 飲水機在綿紗濾心進出水水質總菌落數變化比較

#### (2).PP 濾心

圖 2-1 與圖 2-2 分別為飲水機在各使用量時之 PP 濾心進出水水質比較，出水較進水總菌落數有略為增加之趨勢。由圖 2-3 中可知低使用量進出水比值均貼近在橫座標，比值小於 1 以下，表示有滋菌情況發生，其餘高、中使用量有少許抑制菌，但效果並不明顯。

將綿紗與 PP 濾心再做一進出水水質比較，由圖 1-3 及圖 2-3 比較得知，PP 濾心滋菌狀況比綿紗濾心明顯，但結果在中使用量時 PP 濾心進出水品質卻較綿紗濾心時為佳，其平均總菌落數進出水兩者均在  $3.0E+1.0$  之內。

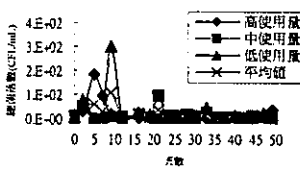


圖 2-1 飲水機在PP濾心進水總菌落數

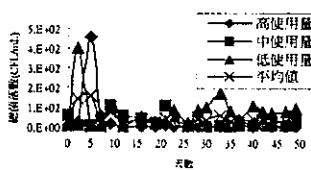


圖 2-2 飲水機在PP濾心出水總菌落數

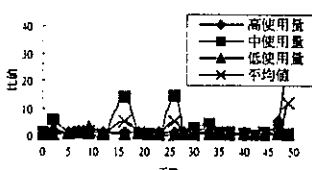


圖 2-3 飲水機在PP濾心進出水水質總菌落數變化比較

#### (3).粉末活性炭濾心

圖 3-1 及圖 3-2 為飲水機在各使用量時之粉狀活性炭濾心進出水水質，由圖中顯示粉狀活性炭具有吸附餘氯之能力，進水餘氯原為  $1.0\sim 2.0$  mg/L，出水餘氯降為約  $0.01\sim 0.5$  mg/L 間。對於滋菌效應，高、低使用量之進出水質總菌落數落在  $0\sim 1.9E+2.0$ CFU/mL，各二十一次試驗僅一次超出標準，平均總菌落數約為  $1.6E+1.0$ CFU/mL 以下，中使用量少部份進出水水質變化大，但平均進水總菌落數仍在  $3.0E+1.0$  之內，經過粉末活性炭濾心，出水品質可由圖 3-3 明顯看出所有比值均在 1 以下，論證得到粉末活性炭確有吸附水中餘之能力，致明顯看出在各使用量上在此單元均有滋菌效應。但以高、中、低相互比較，又以低使用量時，該處理單元之抑制菌效果較高、中使用量時為佳。

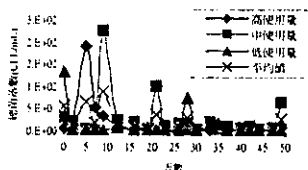


圖 3-1 飲水機在粉末活性炭濾心進水總菌落數

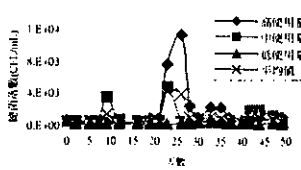


圖 3-2 飲水機在粉末活性炭濾心出水總菌落數



圖 3-3 飲水機在粉末活性炭濾心進出水水質總菌落數變化比較

#### (4).粒狀活性炭濾心

圖 4-1 及圖 4-2 為飲水機在各使用量時之粒狀活性炭濾心進出水水質比較，圖中顯示粒狀活性炭具有吸附餘氯之能力，其吸附能力高於粉狀活性炭，此乃因其濾心水流方向不同，造成與活性炭接觸的時間不同(粒狀高於粉狀)。對照圖 3-3 及圖 4-3，滋菌效應在粉狀活性炭濾心及粒狀活性炭濾心皆相當明顯發生，兩相比較，進出水總菌落數比值在總效應上，雖均落在標準之內，但粒狀活性炭濾心比粉末活性炭偏高，因此較粉末活性炭濾心易滋生細菌。

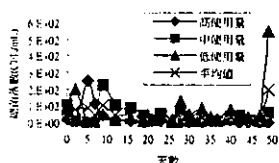


圖 4-1 飲水機在粒狀活性炭濾心進水總菌落數

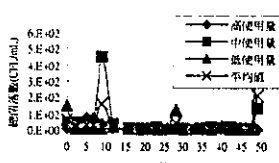


圖 4-2 飲水機在粒狀活性炭濾心出水總菌落數

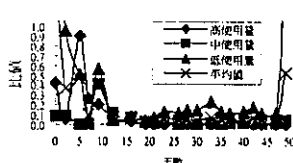


圖 4-3 飲水機在粒狀活性炭濾心進出水水質總菌落數變化比較

#### (5).離子樹脂濾心

圖 5-1 及圖 5-2 為飲水機在中、低使用量時之離子交換樹脂進出水水質比較，由圖得知，離子交換樹脂在低使用量依舊有滋菌效應存在，約增加  $1.0E+2$ ~ $4.0E+2$  CFU/mL，而在中使用量時其進出水變化不大，此可由圖 5-3 之比值平均在 1 上下擺動得知，但仍會有滋生細菌的機會。

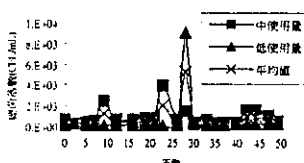


圖 5-1 飲水機在樹脂濾心進水總菌落數

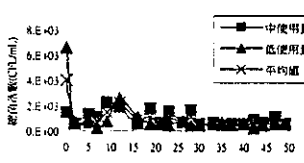


圖 5-2 飲水機在樹脂濾心出水總菌落數

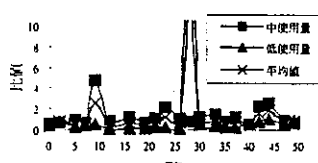


圖 5-3 飲水機在樹脂濾心進出水水質總菌落數變化比較

#### (6).冷凝管式熱缸

圖 6-1 及圖 6-2 為飲水機在各使用量時之冷凝管熱缸進出水水質比較，進入此熱缸之進水總菌落數偏高，經煮沸後理論上應無菌，但圖 6-2 顯示出水仍具有平均  $2.0E+2$ ~ $4.0E+2$  CFU/mL 之出水總菌落數，此部份可視為完全由冷熱對流管所滋生之菌，因為在冷熱對流管內之溫度大約在  $35\sim 50^{\circ}\text{C}$  間，為最適合細菌生長的條件。以時間因素分析，初呈較不穩定現象，隨後即非常穩定且總菌落數較少的情況，此亦可由圖 6-3 進出水比值在後段表現可知。但以出水總菌落數相互比較結果，以低使用量之菌數較低且趨勢較平穩，在中、高使用量時則反而較差，可能與在高使用量時，使用頻率較多，研判係可能飲水機使用頻繁，間隔沸騰時間不足有關。

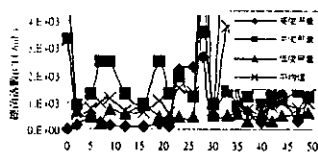


圖 6-1 飲水機在冷凝管熱缸進水總菌落數

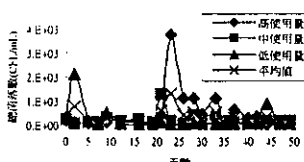


圖 6-2 飲水機在冷凝管熱缸出水總菌落數

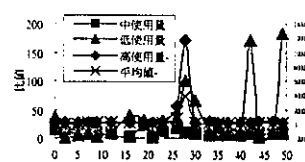


圖 6-3 飲水機在冷凝管熱缸進出水水質總菌落數變化比較

#### (7).紫外線殺菌燈

圖 7-1 與圖 7-2 為紫外線殺菌燈在各使用量時之進出水水質比較，由文獻資料得知紫外線殺菌燈具有良好之滅菌效果，在本研究亦得到此一結論，由高、中、低使用量時之進水總菌落數平均在  $3.0E+3$ ~ $3.0CFU/mL$ ，而其出水平均在  $1.5E+2CFU/mL$ ，且由圖 7-3 得知其總平均比值約為 80 以上，顯示 UV 滅菌燈之滅菌效果相當良好。

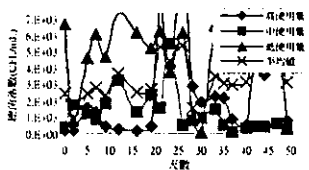


圖 7-1 飲水機在UV滅菌器溫水總菌落數

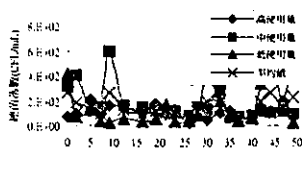


圖 7-2 飲水機在UV滅菌器冰水總菌落數

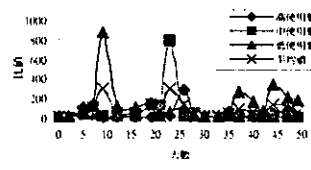


圖 7-3 飲水機在UV滅菌器溫出水水質總菌落數變化比較

(8).冰桶

圖 8-1 與圖 8-2 為飲水機在各使用量時冰桶進出水水質比較，由圖得知，雖然進水總菌落數相當高，但其出水總菌落數則有明顯減少，顯見溫度低可抑制細菌的繁殖與生長，尤其很明顯的由圖 8-3 可知，其抑菌效果大小依序為高、中、低使用量。惟其抑制能力仍有限，出水總菌落數平均尚在  $1.3E+1.0 \sim 3.0E+3.0$  CFU/mL 之間，仍無法合乎標準公告限值。

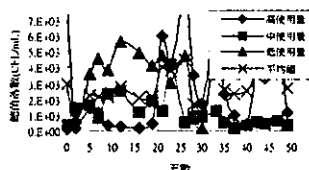


圖 8-1 飲水機在冰桶溫水總菌落數

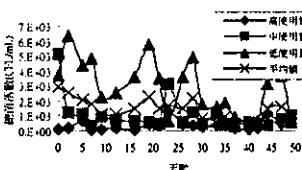


圖 8-2 飲水機在冰桶冰水總菌落數

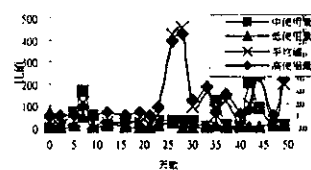


圖 8-3 飲水機在冰桶進出水水質總菌落數變化比較

(9).逆滲透系統

圖 9-1 與圖 9-2 為逆滲透系統(只用在 RO 純水機)在各使用量時之進出水水質比較，由圖顯示出水總菌落數反比進水高出許多，依逆滲透膜之特性來看，應可濾除細菌，檢視其因素，並非逆滲透膜出水後即採樣，而是在通過其後尚有一道活性炭濾心方才取樣，因此無法判定半透膜濾除細菌之能力。至於出水總菌落數會偏高許多，可能與後段活性炭濾心會滋生細菌有關。

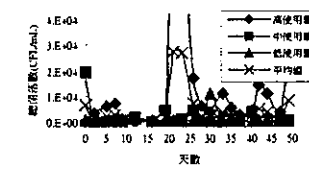


圖 9-1 飲水機在RO逆滲透溫水總菌落數

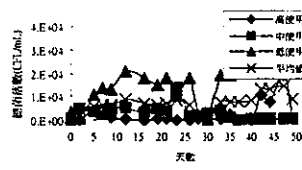


圖 9-2 飲水機在RO逆滲透冰水總菌落數

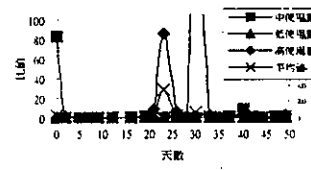


圖 9-3 飲水機在RO逆滲透進出水水質總菌落數變化比較

2.各種飲水機機型之冰、溫出水水質比較

(1).高使用量

圖 10-1 與圖 10-2 分別為各機型在高使用量時之溫水與冰水出水水質與飲水機使用時間關係，由圖可知出水之趨勢，無論是冰水或溫水，出水總菌落數之趨勢平均高低，大致順序為傳統式飲水機、開水機、RO 純水機、程控滅菌機。

在冰、溫出水比較上，四種不同機型冰水出水水質總菌落數明顯比溫水高出約  $1.0E+3.0$  CFU/mL 左右。在使用時間與總菌落數關係上，飲水機溫出水部份，各機型最大值出現在傳統式飲水機第 5 天時之總菌落數約為  $6.0E+2$  CFU/mL，其餘均低於標準值  $1.0E+2.0$  CFU/mL 之內；至於冰水較溫水偏高，尤其在開水機冰出水部份，有高達總菌落數值為  $3.0E+3$  CFU/mL。至於出現合格水質之時間，無論是冰、溫出水，均無一定規則可循。

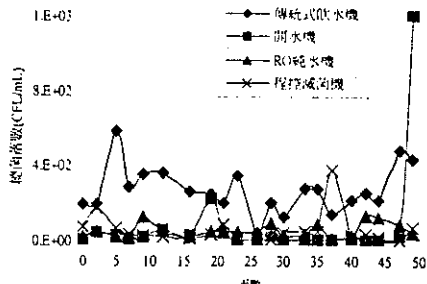


圖10-1:在高使用量下各機型飲水機溫水出水情形比較

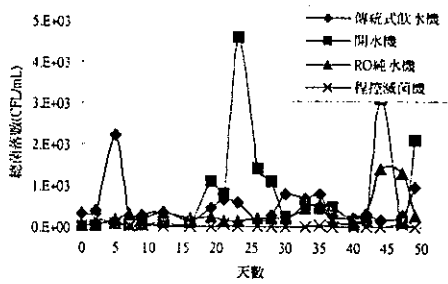


圖10-2:在高使用量下各機型飲水機冰水出水情形比較

### (2).中使用量

圖 11-1 及圖 11-2 分別為各機型在中使用量時之溫水與冰水出水水質與飲水機使用時間關係，由圖可知在中使用量時整體分析比較結果，傳統式飲水機在溫、冰出水總菌落數為  $1.0E+2.0CFU/mL$  上下，表現尚比開水機約為  $3.0E+2.0CFU/mL$  佳，在冰出水表現亦比純水機為佳。而開水機及純水機兩者大致差異不大，程控滅菌機在總體表現比較上，仍是一枝獨秀，在溫出水部份總菌落數平均均在標準  $100CFU/mL$  以內。

檢視溫、冰出水總體表現狀況，四機型在溫出水部份平均總菌落數約在  $1.0E+2.0\sim 3.0E+2.0CFU/mL$  之間，差異不太且相當穩定；而在冰出水方面整體上較溫出水高出  $4.0E+2.0\sim 2E+3.0CFU/mL$  以上。尤其在開水機冰出水部份，總平均約在  $2.0E+3.0CFU/mL$  以上，為效果最差。而在程控滅菌機方面冰水的抑菌效果反比溫水較佳。

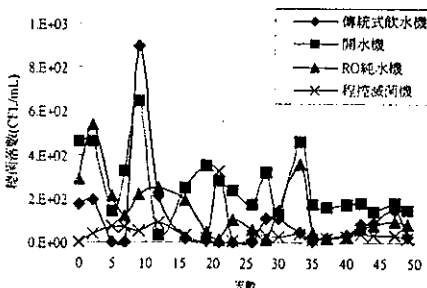


圖11-1:在中使用量下各機型飲水機溫水出水情形比較

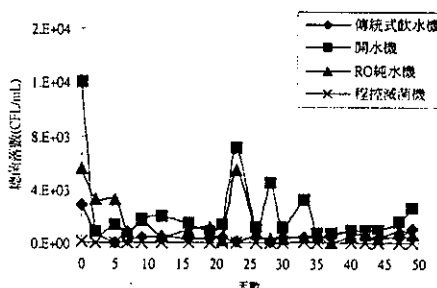


圖11-2:在中使用量下各機型飲水機冰水出水情形比較

### (3).低使用量

圖 12-1 與圖 12-2 分別為各機型在低使用量時之溫水與冰水出水水質與飲水機使用時間關係，由圖可知溫出水總體表現之總菌落數為最佳，大致均在標準  $1.0E+2.0CFU/mL$  之內，穩定出水品質又以傳統式飲水機表現最佳，二十一次檢驗結果總菌落數均落在  $2.5E+2.0CFU/mL$  之內。程控滅菌機若去除變異太大的第二、五天 ( $4.1E+3.0CFU/mL$ 、 $9.6E+2.0CFU/mL$ ) 兩值，其表現勢必比傳統飲水機佳，而開水機、RO 純水機亦若去除較高變異值，其總體表現總菌落數應可在標準值之內；惟不考慮去除偏差時，溫出水表現依序為傳統式飲水機、開水機、純水機、及程控滅菌機，若將一、二次高偏差去除不計，在低使用量上各機型表現相差不太大，且換之以程控滅菌機表現最好。在冰出水方面，四種機型均表現很差，傳統式飲水機、開水機、RO 純水機及程控滅菌機在總菌落數整體表現上，分別是  $1.7E+3.0$ 、 $8.0E+3.0$ 、 $1.6E+3.0$  及  $1.6E+2.0CFU/mL$  上下，而又屬程控滅菌機表現尚佳，惟均不符合標準限值。在溫、冰水出水品質比較上，溫水的表現確實比冰水佳，兩者差異最大的屬開水機，並非是傳統式飲水機。

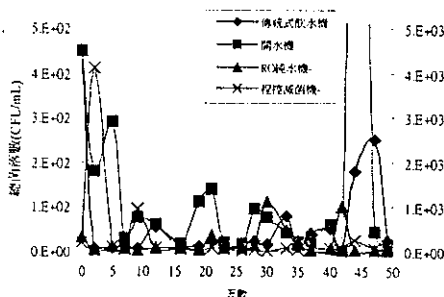


圖12-1:在低使用量下各機型飲水機溫水出水情形比較

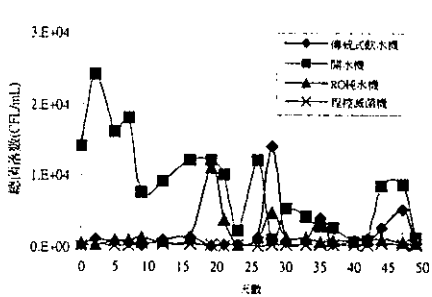


圖12-2:在低使用量下各機型飲水機冰水出水情形比較

### 3.使用頻率與總菌落數間關係

圖 13 為各機型飲水機在高、中、低三種不同使用量，使用頻率與總菌落數之關係，由圖可得飲水機整體之總菌落數均在  $3.0E+2CFU/mL$  以下。在使用頻率與總菌落數關係上，傳統式飲水機較屬一次遞增線性關係，使用頻率愈大則總菌落數愈高，出水品質則愈差；開水機類屬三次曲線線形，中間使用量時表現不佳；RO 純水機較屬一次遞減線性關係，使用頻率愈高則總菌落數愈低，出水品質則較佳；程控滅菌機類屬三次曲線線形，大致使用頻率大於六次以上，出水品質相當穩定。在低使用頻率時，反而出水品質好壞，依次為傳統式飲水機、開水機、RO 純水機、程控滅菌機，但其滋菌量並不太大，可能與溫水為直接出水，未有經過盛容器(冰桶)有關。

圖 14 為各機型飲水機在高、中、低三種不同使用量，使用頻率與總菌落數之關係，由圖可得飲水機整體之總菌落數除程控滅菌機平均在  $7.0E+1CFU/mL$  以下，較之溫水表現為佳之外，其餘三者機型總菌落數平均在  $9.0E+2\sim 4.0E+3CFU/mL$  之間，又以開水機品質最差。在使用頻率與總菌落數關係上，傳統式飲水機較屬二次遞增線性關係，使用頻率與總菌落數之變化不大；開水機類屬三次曲線線形，大致使用頻率大於十次以上，出水品質相當穩定，但總菌落數還是偏高；RO 純水機較屬一次遞減線性關係，使用頻率愈高則總菌落數愈低，出水品質則較佳；程控滅菌機類屬二次拋物線，大致使用頻率大於六次以上，出水品質相當穩定，且出水品質在標準之內。在使用頻率與總菌落數之整體關係方面，以冰出水總平均趨勢屬拋物線形，溫出水因開水機變異影響趨勢較為緩和，使用頻率如果每小時在十次以上，溫、冰水總平均趨勢將趨於穩定。

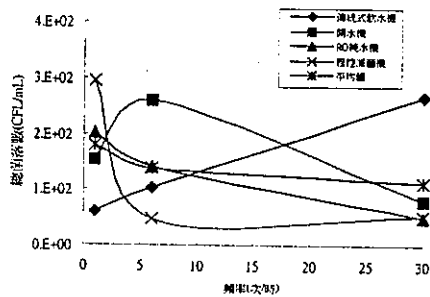


圖13:各機型飲水機溫水出水頻率與總菌落數關係

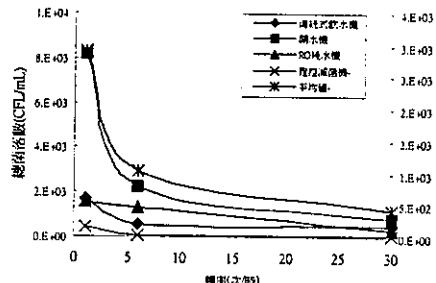


圖14:各機型飲水機冰水出水頻率與總菌落數關係

## 六、結論

本研究在完成高、中、低使用量檢驗總菌落數，經過 12 個試程試實驗，最終整體評估飲水機使用頻率與總菌落數之間，結果整理結論如下：

1. 活性碳濾心具有吸附餘氯之能力，致使進水中之餘氯在經過活性碳濾心後，明顯減少許多，尤其市面上所售之粒狀活性碳濾心，因其水流向結構，吸附餘氯能力顯著比粉狀活性碳濾心大，出水中幾乎已完全沒有餘氯，對飲水機後段單元，無法提供保護能力。粉狀活性碳濾心出水尚有約  $0.2\sim 0.4\text{ mg/L}$  之餘氯量，應尚具有滅菌能力。
2. 本研究在試驗過程中發現，水中總菌落數量之多寡，與水中自由有效餘氯量息息相關。在本研究設定條件下，進入飲水機的水含餘氯量約  $1.0\sim 1.4\text{ mg/L}$  時，在活性碳濾心前之處理單元，餘氯量尚充足時，所測得之總菌落數均相當低；而在活性碳濾心後餘氯量減少許多，致測得大量之總菌落數。顯見，單就總菌落數之觀點，飲水機內部設置活性碳濾心，未必為最佳方案，反有造成滅菌保護功能喪失之可能。
3. 經實驗發現，飲水機中各單元多存在滋菌現象，其滋菌嚴重與否，端視用水量而定，高用水量時由於水流停滯現象較不明顯，滋菌現象較為輕微，反之，低使用量則因滯流而滋菌較為嚴重。
4. 本研究發現，不管何種機型與何種使用量，平均冰水出水之總菌落數多顯著較溫水出水為高，顯然冰桶有滋生細菌生長之能力。
5. 本研究發現如欲符合總菌落數標準，四種飲水機機型中，僅程控滅菌機之清洗維護保養頻率，可符合飲用水設備維護管理辦法之一個月規定，其餘三者均使用不到幾天，總菌落數就超過標準，必須頻繁清洗與保養。此點或許是造成程控滅菌飲水機在短短一年內，市場佔有率急遽上升之主因。
6. 在僅以細菌性項目為研究對象時，飲水機內部管線或淨水設備等容器，均為可能造成滋菌的環節，不見地對此一部份的抑制發生效果。而由研究發現，內部淨水設備備置的位置前後，亦有

可能產生不同的組裝效果，此一部份仍有探討研究的空間。

## 七、誌謝

本研究承蒙環保署計畫編號 EPA-89-U1J1-03-007 補助支持，特此予以誌謝。

## 八、參考文獻

1. 葉俊宏、許明華，「飲用水管理相關法規之探討」，自來水會刊雜誌第十五卷第四期。(1996)
2. 李澤民，「飲用水之管理與法規內涵」，自來水會刊第十八卷第四期。(1999)
3. 環保署，「市售飲用水設備(含磁化水、電解水、礦泉水生成器及自然回歸水等)處理後水質變化之探討及其維護清洗頻率研訂」，行政院環保署。(1998)
4. 賴秋陽，「純水、超純水製造法」，復漢出版社。(1998)
5. 蔡勳雄，「安全飲用水手冊(第二版)」，台北：行政院環保署。(1998)
6. 駱尚廉，「飲水機淨水設備對過濾水質之影響」，省環保處。(1993)
7. 嘉義市環保局，「嘉義市飲用水設備衛生調查」。(1995)
8. 環保署，「飲用水設備(含飲水機、淨水器、軟水器等)標準草案之研訂」，台北：行政院環保署(1998)。
9. 環保署，「飲用水中無機物、微生物及濁度管制項目及管標準合理性分析」，台北：行政院環保署。(1996)。
10. 張怡怡，蔣本基，周永昌，陳美齡，「飲用水中微生物及無機物管制標準之合理性分析」，自來水會刊第十七卷第二期。(1998)
11. 王嶽斌，陳世偉，葉俊宏，「台灣地區自來水品質分析與家庭淨水器使用之探討」，自來水會刊第十九卷第二期。(2000)