

## 供水系統餘氯量調查研究

\* 郭瑞華 史午康 陳曼莉 林淑美 吳聰吉 楊炳坤 廖于恒  
陳錦成 張峻銘 薛志宏 黃淑珍 劉玉娟

### 一、研究緣起與目的

自來水是民生必需品，隨着時代的進步和社會的繁榮，人們對自來水的要求已不止於水量充裕，更要求水質良好。由於台北地區有良好的水源，各淨水場生產之自來水品質極佳，翡翠水庫啓用後，原水量充裕，水質更是安全而穩定。但若用戶對水質缺乏瞭解，甚至忽略了自己在維護飲水安全中所扮演的角色，則“全民隨時隨地安心飲用自來水”的目標，終難達成。

近年來，生活品質雖不斷提昇，但一般消費大眾對自來水的認知並未因而增進，由學校自來水生飲計畫進度遲緩即可見一斑。觀念上，人們對自來水仍停留在“自來水出廠後即不再安全衛生”。固由於“生水不能喝”的古老習慣根深蒂固，誤導了人們對自來水的看法，許多錯誤的訊息和誇大不實的報導，也加深了人們的誤解。要糾正錯誤的觀念。唯有靠更多的溝通和教育。況且現今是“消費者至上”的時代，用戶對水質和正確的用水常識有認知的權利，自來水業對用戶亦有加強教育和溝通之責。

有鑑於此，本處乃邀請三百位平均分佈於本處供水區的用戶共同參與，連續一年餘每日測試水質。透過這項調查，希望不僅使用戶得以親身體會自來水之安全與穩定性，對自來水增加一些認知與信心。更希望我們能從中發掘出一些問題，瞭解用戶的需要，認清今後努力之方向，使我們能更具體地為提昇自來水水質甚或整個社會生活品質貢獻一份心力。

### 二、本處供水水質現況概述

#### 2 - 1 水質監控作業

##### 2 - 1 - 1 淨水場部分

- (1)每2小時檢測原水及各處理過程之水樣，項目包括濁度、鹼度、pH、餘氯等。
- (2)每日以杯瓶試驗決定加藥量，並依原水水質之變化情形增加試驗頻率。
- (3)水質電腦監視：各淨水場工作人員可由其終端機隨時得知各處理單元之水質情況。水質變化超越設定範圍時即發出警報訊號，俾及時糾正水處理缺失。

##### 2 - 1 - 2 檢驗室部分

- (1)依各淨水場月報表之資料，評估各場加藥情形，及各處理過程之效果。務期於最經濟有效之情況下，生產品質最佳之自來水。
- (2)水質電腦監視中心：由中心之終端機可隨時得知各場及市區各偵測點之水質。任何一點水質超過上下限，或儀器、通訊等發生故障，皆可隨時由警報訊號及報表得之，並配合迅予處理。

#### 2 - 2 水質檢驗

例行定期自水源、淨水場及配水管網採樣化驗，檢項及頻率等詳如表2 - 1及表2

- 2

---

\* 科長    \*\* 正工程司    \*\*\* 股長    \*\*\*\* 副工程司    \*\*\*\*\* 幫工程司    \*\*\*\*\* 工程員

表 2 - 1 例行水質檢驗監測一覽表

水 樣 別	數 點	檢 項 (詳如表 2-2)	點項次	頻 率	備 註
1.水源特定區	12	14	168	每 月	水管會採樣
2.翡翠水庫流域	7	26	182	"	翡建會採樣
3.翡翠水庫(分層水)	6	29	174	"	本處自行採樣
4.翡翠水庫(表面水)	4	28	112	"	"
5.本處水源及各淨水場原水	27	54	1458	每半年	"
6.各淨水場原水(地面水)	11	31	341	每 月	"
7.各淨水場原水	7	18	126	"	"
8.各淨水場原水	15	19	285	"	"
9.配水管網採樣	133	6	798	"	"
10.配水管網採樣	36	18	648	"	"
11.用戶餘氯抽查	約 400	2	800	"	"

表 2 - 3 各水源原水水質

水 檢 項 源 別	重 金 屬 (ppm)						有機氯 農藥 (ppb)	生化 需氧量 (ppm)	化學 需氧量 (ppm)	懸浮 物質 (ppm)	烷基苯 磺酸鹽 (ppm)
	汞 Hg	鉻 Cr	鎘 Cd	鋅 Zn	銅 Cu	鉛 Pb					
水質標準	0.005	0.05	0.01	5.0	1.0	0.1					0.5
青潭原水	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.2	2.0	4.0	0.09
青礮溪原水	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.4	3.2	4.2	0.05
雙溪原水	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.4	1.6	3.4	0.04
南一原水	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.2	3.6	1.2	0.03
內一原水	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.6	2.0	1.4	0.02
內二原水	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.3	1.2	1.4	0.03
頂北投原水	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.6	1.2	1.2	0.07
大屯原水	0.0003	0.002	N.D.	N.D.	0.004	0.01	N.D.	0.5	2.8	1.8	0.06
中山樓原水	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.3	7.2	2.8	0.04
直潭原水	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.7	1.2	2.2	0.09
檢測極限	0.0001	0.0001	0.0001	0.02	0.0001	0.0001	0.1	0.2	3.5	0.6	0.09

備註：1.截至 76 年 5 月之數據

2.N.D.：檢測不出

3.檢測頻率：重金屬及農藥每半年一次，餘每月一次。

表 2-2 各種水樣檢測項目一覽表：

檢 驗 項 目 及 單 位		檢 樣											備 註			
		1. 水源特定區	2. 翡翠水庫流域	3. 翡翠水庫(分層水)	4. 翡翠水庫(表面水)	5. 各淨水場原水(本處水場及)	6. 各淨水場原水(地面水)	7. 各淨水場原水	8. 各淨水場清	9. 各淨水場清	10. 配水管網採	11. 用戶餘氣抽				
水溫	℃		*	*	*	*	*	*	*	*	*					
濁度	NTU	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
色度	UNIT		*	*	*	*	*									
臭度	TON			*		*	*									
總鹼度	mg/l	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
pH值		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
氯鹽	mg/l	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
硫酸鹽	mg/l	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
游離氨氮	mg/l	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				
亞硝酸氮	mg/l	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
硝酸氮	mg/l	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
有機氮	mg/l					*	*									
溶氧量	mg/l		*	*	*	*	*									
生化需氧量	mg/l		*	*	*	*	*									
化學需氧量	mg/l		*	*	*	*	*									
溶解固體量	mg/l	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
懸浮固體量	mg/l		*	*	*	*	*									
導電度	µm/cm			*	*	*	*									
總硬度	mg/l	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
鈣	mg/l	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
鎂	mg/l	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
鐵	mg/l	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
錳	mg/l	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					
細菌殖數	35℃		*	*	*	*	*	*	*	*	*					
大腸菌類數	MPN		*	*	*	*	*	*	*	*	*					
糞便性大腸菌	MPN		*	*	*	*	*									
糞便性鏈球菌	MPN		*	*	*	*	*									
總有機碳	mg/l					*	*	*								
溶解性反應磷	µg/l		*	*	*		*									
溶解性總磷	µg/l		*	*	*		*									
總反應磷	µg/l		*	*	*	*	*									
總磷	µg/l		*	*	*	*	*									
葉綠素 a	µg/l			*	*	*	*									
餘氯量	mg/l									*	*	*	*			
氯鹽	mg/l					*	*	*	*							
重金屬	mg/l					*										
農藥	µg/l					*										
氰鹽	mg/l					*										
酚	µg/l					*										
烷基苯磺酸鹽	mg/l					*										

重金屬檢驗項目：  
 農藥檢驗項目：  
 α-BHC  
 β-BHC  
 γ-BHC  
 δ-BHC  
 heptachlor  
 Aldrin  
 hept.epoxide  
 P,P'-DDE  
 dieldrin  
 O,P'-DDT  
 P,P'-DDD  
 P,P'-DDT  
 Endrin  
 錒、銅、鉛

### 2-3 水中毒性物質

由表 2-3 可知本處各淨水場原水毒性物質（包括重金屬及有機氯、農藥等）含量若非檢測不出（N. D.）即是含量極微，大都在水質標準限值之 1/10 以下。佔本處原水取水量 93% 以上之新店溪水源，其常用農藥（包括亞素靈、美文松、大威松、加保利、錫蟻丹、大富丹、億力、巴拉刈）之含量，依台北水源特定區管理委員會 75 年對該水源十餘地點，4 次採樣檢驗結果，均為無法檢出，足證本處各水源水質均無毒性物質污染，水質安全。

### 2-4 原水需氯量及三鹵甲烷含量

由於原水有機物含量、需氯量（消毒時氯之淨耗量）及三鹵甲烷間有直接相關性，所以淨水場原水需氯量通常可作為水質良窳之指標。本處各淨水場需氯量大都低於 1 ppm，最高者為雙溪慢濾場（因係慢濾，過濾池水滯留過久而耗氯量較大），亦不超過 1.5 ppm；各淨水場清水三鹵甲烷量皆在 14 ppb 以下，顯示各淨水場水質皆相當純淨。

自來水中三鹵甲烷量通常隨時間而增加，故用戶自來水中三鹵甲烷量高於淨水場清水中含量。依本處 75 年對配水管網用戶水龍頭取樣 547 點次檢驗結果。三鹵甲烷量平均為 12 ppb，最高者僅 33 ppb，遠低於目前世界各國所訂三鹵甲烷之限值，顯示本處用戶水質安全衛生純淨。

### 2-5 餘氯抽查

本處對配水管網各地區用戶隨機抽樣檢驗餘氯，每月平均 400 點次，其結果如表 2-4。直接用戶與間接用戶餘氯平均差 0.09 ppm，顯示本處自來水水質相當穩定。餘氯不合格之比例僅 0.26%，且大都為滯留過久，餘氯自然消耗所致。經複查，水質確受污染者 8 戶（0.1%），與台北市衛生局 75 年抽驗本處自來水餘氯不合格率 3/6980（0.04%）大致相符，顯示本處絕大部分用戶（99.9%）水質安全無虞。

### 2-6 用戶服務—用戶水質問題釋疑

本處水質股隨時為用戶水質問題提供諮詢服務。一旦接獲用戶水質異常之電話，即派員現場勘驗，協助用戶解決問題。由本處 71 年迄今之用戶服務案件統計（表 2-5），可知歷年來約半數案件皆非水質受污染，而純屬心理因素或不習慣自來水之氣味…等。自 73 年夏本處直潭淨水場出水，停用深井後，由於水質及水壓較為穩定，用戶服務案件顯著減少（由 71~73 年之 685~790 件/年，降至 74~75 年之 433~510 件/年）。近三年來之數據顯示，水質受污染之用戶數約佔當年用戶總數之 0.20~0.29%，比例相當低。

由近兩年之數據顯示，水質污染大都（65~69%）係用戶用水設備不良或疏於維護所致。因此本處除積極宣導用水常識，推行安全用水後續計劃（輔導馬達直接抽水用戶改善用水設備）外，並於 75 年輔導成立 13 家合格之水池水塔清洗業者，為用戶提供可靠之服務。希望用戶藉定期清洗水池水塔之機會，徹底檢查用水設備，俾及時採必要之補救措施（如：水池水塔周遭環境之清理、水池龜裂之作防水補漏，水池中污水管線之錯接防止、改善等……）以保障飲水安全。

造成用戶對水質不滿，係由於淨水場操作不當者約佔 5%，皆因原水濁度過高，水處理因應措施未臻完善而使自來水濁度較平時為高，所幸消毒完全，對飲水衛生尚不至

表 2-4 餘氯抽查統計表

(74年8月至76年5月)

行政區	水別 項目	直接用戶				間接用戶				合計						
		抽驗戶數	餘氯戶數 不合	%	餘氯原因 不合	%	抽驗戶數	餘氯戶數 不合	%	餘氯原因 不合	%	抽驗戶數	餘氯戶數 不合	%	餘氯原因 不合	%
城中		234	0	0	—	0	181	4	2.2	C×1 A×3	1.67	415	4	0.96	A×3 C×1	0.72 0.24
延平		103	0	0	—	0	136	2	1.47	A×2	1.47	239	2	0.84	A×2	0.84
建城		50	0	0	—	0	37	0	0	—	0	87	0	0	—	0
大同		339	0	0	—	0	310	0	0	—	0	649	0	0	—	0
中山		174	0	0	—	0	156	2	1.28	C×1 D×1	0.64 0.64	330	2	0.61	C×1 D×1	0.30 0.30
松山		305	0	0	—	0	257	0	0	—	0	562	0	0	—	0
大安		222	0	0	—	0	174	2	1.15	A×1 D×1	0.57 0.57	396	2	0.51	A×1 D×1	0.25 0.25
古亭		320	1	.31	E×1	0.31	229	3	1.31	A×2 B×1	0.87 0.44	549	4	0.73	A×2 B×1 E×1	0.36 0.18 0.18
雙園		156	0	0	—	0	192	0	0	—	0	348	0	0	—	0
龍山		373	1	0.27	B×1	0.27	286	3	1.05	A×3	1.05	659	4	0.61	A×3 B×1	0.46 0.15
士林		244	0	0	—	0	276	0	0	—	0	520	0	0	—	0
北投		211	0	0	—	0	167	0	0	—	0	378	0	0	—	0
內湖		200	0	0	—	0	117	0	0	—	0	317	0	0	—	0
南港		174	0	0	—	0	119	0	0	—	0	293	0	0	—	0
木柵		131	0	0	—	0	55	0	0	—	0	186	0	0	—	0
景美		139	0	0	—	0	34	0	0	—	0	173	0	0	—	0
三重市		287	1	0.35	D×1	0.35	503	2	0.40	D×2	0.40	790	3	0.38	D×3	0.38
永和市		219	0	0	—	0	273	0	0	—	0	492	0	0	—	0
中和市		241	0	0	—	0	517	1	0.19	A×1	0.19	758	1	0.13	A×1	0.13
新店市		122	0	0	—	0	150	0	0	—	0	272	0	0	—	0
總合計		4,244	3	0.07	B×1 D×1 E×1	0.02 0.02 0.02	4,169	19	0.46	A×12 B×1 C×2 D×4	0.29 0.02 0.05 0.10	8,413	22	0.26	A×12 B×2 C×2 D×5 E×1	0.14 0.02 0.02 0.06 0.01
餘氯最大值		1.0				0.9				1.0						
餘氯最小值		0				0				0						
餘氯平均值		0.55				0.46				0.50						
備註	<p>* A：水池水塔久未清洗，或水滯留時間過久，餘氯消耗。                  B：管線老舊，水滯留時間過久，餘氯消耗。                  C：水池龜裂，水質受污染。                  D：馬達直接抽水，管線破裂，抽到污水。                  E：井水錯接。                  C+D+E：係確實受污染者計 8 戶 (0.1%)。</p>															

表 2 - 5 歷年 (71 年至 76 年 5 月) 用戶服務水質不合格原因統計表

項目	71		72		73		74		75		76 (1-5 月)	
	件(戶)數	%	件(戶)數	%	件(戶)數	%	件(戶)數	%	件(戶)數	%	件(戶)數	%
	年	百分比%	年	百分比%	年	百分比%	年	百分比%	年	百分比%	年	百分比%
用戶用水設備維護不當	100 (1,683)	26.3	103 (754)	23.5	83 (856)	24.8	84 (1,387)	40.6	96 (1,867)	34.9	34 (377)	31.5
用戶用水設備不合格	72 (281)	18.9	103 (1,086)	23.5	72 (290)	21.5	50 (289)	24.2	82 (605)	29.8	40 (149)	37.0
輸配水系統不良	54 (257)	14.2	112 (1,979)	25.5	93 (620)	27.8	15 (54)	7.2	20 (207)	7.3	11 (16)	10.2
施工不良	36 (235)	9.5	32 (123)	7.3	49 (413)	14.6	38 (167)	18.4	66 (464)	24.0	17 (193)	15.7
深井水質不佳	89 (669)	23.4	44 (305)	10.0	10 (59)	3.0	0 (0)	0	0 (0)	0	0 (0)	0
深井操作不當	17 (61)	4.5	33 (103)	7.5	15 (119)	4.5	4 (25)	1.9	0 (0)	0	0 (1)	0.9
淨水場操作不當	12 (30)	3.2	12 (54)	2.7	13 (120)	3.8	16 (127)	7.7	17 (77)	4.0	5 (104)	4.6
合計	380 (3,216)	100 <51.2>	439 (4,404)	100 <55.6>	335 (2,507)	100 <48.9>	207 (2,049)	100 <47.8>	275 (3,170)	100 <53.9>	108 (840)	100 <48.4>
其他	362 (987)	<48.8>	351 (1,370)	<44.4>	350 (1,534)	<51.1>	226 (1,756)	<52.2>	235 (2,730)	<46.1>	115 (423)	<51.6>
總計	742 (4,203)	<100>	790 (5,774)	<100>	685 (4,041)	<100>	433 (3,805)	<100>	510 (5,900)	<100>	223 (1,263)	<100>
供水人口戶數	(864,147)		(916,416)		(969,576)		(1,031,876)		(1,075,812)		(1,087,269)	
佔供水人口 (%)	0.49		0.63		0.42		0.37		0.55		0.12	
備註	+ < > 內數據係與水質未受污染案件合計者。											

造成威脅。加強高濁度原水處理之應變能力，使該等失誤減至最小，以爭取用戶對水質之信賴，一直為本處努力之目標。

施工污染（包括電信、道路、瓦斯及水管施工等），近三年來所佔比例約 15.7～24%，實不容忽視。本處除於業發當時即轉知有關單位處理改善外，更要求本處之管線工程以“零污染”為目標，以配合“自來水可以隨時隨地直接飲用”之時代需求。

### 三、研究方法

#### 3-1 樣點用戶之徵求和訓練

本計畫限於人力和經費，預定徵求 300 位平均分佈於整個供水區之用戶參加。乃於 74 年 8 月間函邀供水區內所有里長（包括台北市、新店市、中和市、永和市和三重市）計 822 位參加。同意參加者僅 163 位（19.8%）。

表 3-1 工作日程表

日 期	工 作 項 目	結 果	參加率 或回收率 (%)	戶數累計
74 年 8 月 9 日	函邀 822 位里長	回函樂意參加者 163 位	19.8	163
74 年 10 月 8 日	函邀 56 所學校	回函樂意參加者 37 所	66.1	200
74 年 10-11 月	現場訪視所有函允參加之 用戶並另函邀 150 戶加入	接受函邀者 128 戶	85.3	328
74 年 11 月	用戶開始寄回檢驗記錄	18 戶		
74 年 12 月	用戶開始寄回檢驗記錄	19 戶		
75 年 1 月	用戶開始寄回檢驗記錄	240 戶		240
75 年 2 月	用戶開始寄回檢驗記錄	232 戶		232
75 年 3 月	用戶開始寄回檢驗記錄	234 戶		234
75 年 4 月 1 日	函邀 146 所學校	回函樂意參加者 114 所	78.1	
75 年 5 月 23 日	函請教育局轉邀 114 戶 學校派員參加 〔安全用水研習班〕			
75 年 6 月 17.18.19 日	舉辦〔安全用水研習班〕	出席學校 110 所，計 204 人	96.5	297
75 年 12 月下旬	派員至參加用戶處比對餘 氯檢測技術及致贈紀念品	297 戶		297
76 年 3 月下旬	函寄問卷調查表	回收 200 份	65.2	

衡量這些里長，及預定列入邀請名單之觀光飯店，部分本處同仁親友及位於特殊代表性地點之用戶（共約 150 戶），在供水區之分佈情況後，決定再選取 56 所台北市之中小學參加，俾使所有樣點平均分佈於整個供水區。故於 10 月間發函邀請，同意參者共 37 所（66.1%）

於 10～11 月間，現場訪視所有用戶，並再函邀部分用戶。現場訪視時分別向用戶說明本計畫之意義和做法，教以餘氯比色盤之使用法，調查該用戶之用水設備，並發給

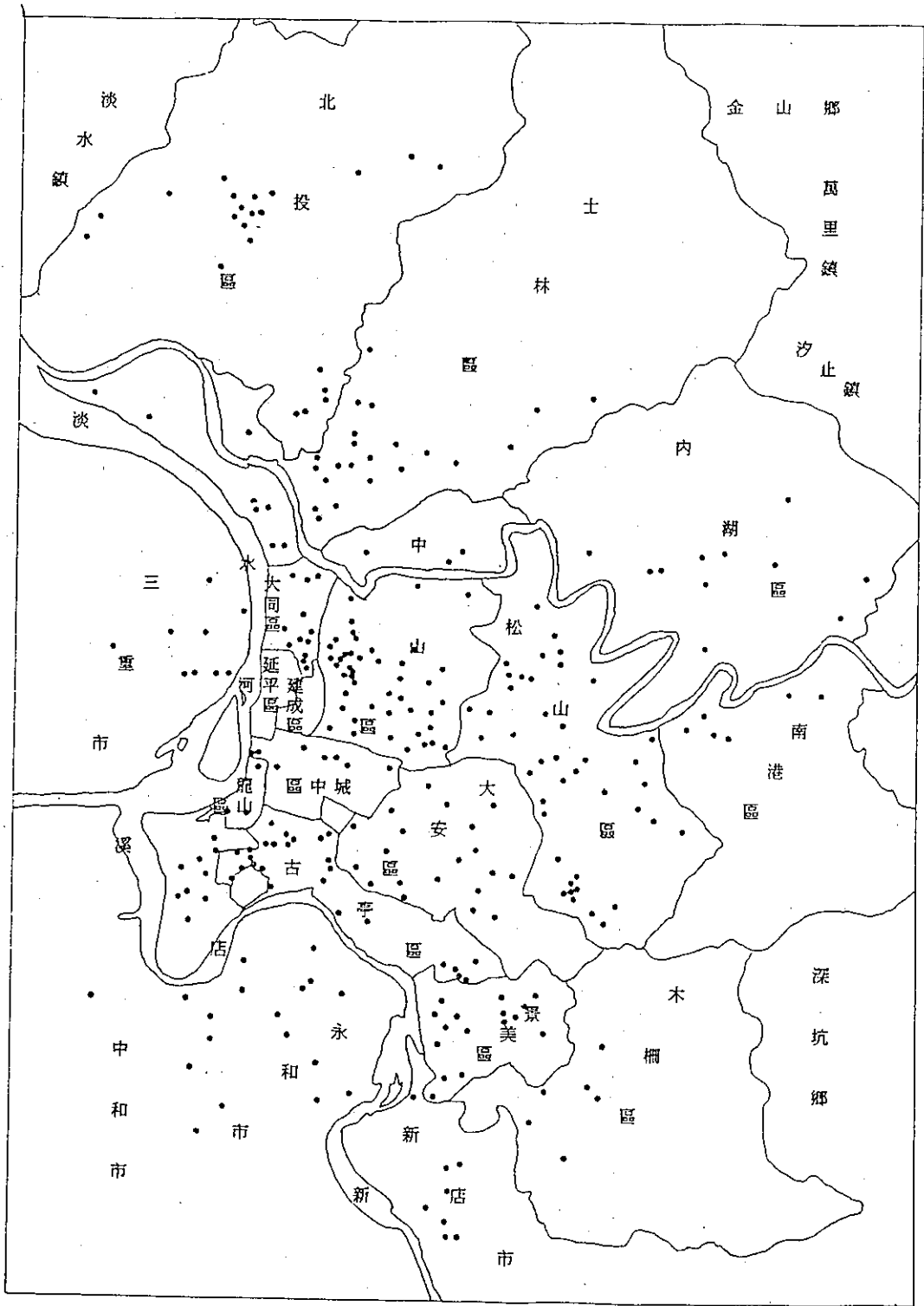


圖 3-1 參加本計劃樣點用戶分佈圖

餘氯比色盤、檢驗記錄表及附回郵之信封等。

自11月起即有部分用戶寄回檢驗記錄(表3-1)，但75年2月後寄回報表之用戶數僅232戶，離目標300戶尚有距離。乃於4月間再度函邀前次不克邀請之台北市所有中小學校(146所)。同意參加者計114所。並於5月間函請教育局轉邀各校參加本處於6月間舉辦之“安全用水講習班”

75年12月下旬派員至按時寄回報表之用戶(297戶)，致贈紀念品(茶具乙組)申謝，並現場比對用戶之餘氯檢驗技術。76年3月函寄用戶問卷調查表，以瞭解用戶對本計畫之看法。(本計畫樣點分佈如圖3-1)

### 3-2 檢驗方法之選取及校正

餘氯比色法檢驗餘氯，係外行人也能於5分鐘內學會之少數且相當重要的水質檢驗法之一。目前經第16版美國“標準水質檢驗法”認可之餘氯比色法為DPD(die-thyl phenylene diamine)法。但DPD比色盤無台製者，進口貨價格約2,000元/台。本計畫係於相關業務經費下支應，無法負擔如此龐大(300台約需60萬元)之額外開銷，故選用台製之OT(o-tolidine)比色盤(約320元/台)，並對該檢驗方法及比色盤做校正(詳見四)。

### 3-3 數據之彙整及處理

將所有參與之用戶按地區分組編號，由9位同仁分別負責。每月彙整數據，列出平均值、最大值及最小值，選出異常數據，以電話或現場查訪方式，找出水質異常之原因，並協助解決問題。本計畫於執行之初即告知用戶，若有任何水質異常情形即電話通知本處，俾迅予處理。然仍有不少用戶之測值不正常係於報表彙整時才得發覺。凡次月中旬以前未能寄回報表者，即以電話連繫索取。

本計畫所有資料經初步整理後，皆輸入新購之IBM 5550中文電腦彙整。因係臨時於本年4月間方得以調出人手為之，邊學邊做，自行摸索，相當倉促而辛苦。

## 四、餘氯檢驗方法之探討

### 4-1 前言

自來水加氯係以分子態或次氯酸鹽態氯加入水中。水解後以水溶性分子態氯，次氯酸( $\text{HClO}$ )或次氯酸根( $\text{ClO}^-$ )三種狀態存在者稱之為“自由氯”(free chlorine)。其存在比例依pH值及溫度而定，一般在水中以次氯酸及次氯酸根存在為主。自由氯會與氯或某些氮化物形成“結合氯”(combined chlorine)，例如與氯作用生成單氯胺(monochloramine)、二氯胺(dichloramine)、三氯化氮(nitrogen trichloride)，其組成主要取決於pH值、溫度、加藥初氯-氯比、絕對需氯量及反應時間。通常自由氯和結合氯會同時存在，二者合稱總氯(total chlorine)。在測定自來水餘氯之方法中常會遭受結合氯之干擾，故如何控制測定條件使干擾減至最低是重要課題。

### 4-2 檢驗方法比較

#### 4-2-1 安培滴定計法：

此法可作為其他測定法之比較標準，且較不易為其他氧化劑、濁度或色度所影響，但操作者須有高度技巧才能勝任。操作範圍以2 ppm為上限，可控制pH值於6.5~7.5

使結合氯反應較慢而不致干擾餘氯檢驗，但高溫及延長測定時間下會導致單氯胺介入餘氯讀數。

#### 4 - 2 - 2 DPD (diethyl phenylene diamine) 硫酸銨亞鐵 (FAS) 滴定法:

此法為精密度及準確度最高之方法，且操作簡單，僅為簡單之滴定。其干擾有氯胺、三氯化氮、氧化態錳，另外有機物之強氧化劑會影響滴定結果。pH 須控制在 6.2 ~ 6.5 之間，pH 太低會使單氯胺出現於自由氯滴定中，pH 太高則易使 O<sub>2</sub> 溶入造成顯色。溫度亦影響實驗結果，溫度太高會使氯胺反應導致自由氯結果增加，同時易使顏色消褪。DPD 試劑中所加之 EDTA 可增加 DPD 之穩定性，阻礙試劑之氧化，並可避免實驗中因少量金屬催化所造成之溶氧誤差。

#### 4 - 2 - 3 DPD 比色法

水樣加 DPD 試劑及磷酸鹽緩衝液後，於波長 515 nm 下測吸光，但須先作出檢量線（同時以安培滴定法或 DPD 硫酸銨亞鐵滴定法測得之實際值與 A<sub>515</sub> 對照而得）或使用比色盤比色，所使用比色盤線性需極佳。干擾與 DPD-FAS 滴定法同，但濁度干擾需先扣除。

#### 4 - 2 - 4 O-Tolidine (OT) 法

使用 O-Tolidine 試劑可同時測得自由氯及結合氯之量。其原理為 OT 試劑在 pH 值 1.3 以下與氧化態物質形成黃色，顏色與含量成正比。鐵、錳、亞硝酸鹽均會造成干擾，其限值為鐵 0.3 ppm，錳 0.01 ppm、亞硝酸氮 0.10 ppm。適當控制反應時間及溫度可免除自由氯測定中的結合氯干擾，通常在常溫下立即反應者為自由氯，而氯胺與 OT 反應較慢且所需溫度較低。此法精密度和準確度均差，平均誤差大，但所得數值較明確。

### 4 - 3 餘氯檢驗之校正

#### 4 - 3 - 1 目的與方法

為瞭解本計畫所使用 OT (台製) 比色盤之準確度與精密度並作校正，乃參考標準水質檢驗法內所列各項適用且本股設備能夠配合之檢驗方法作校正檢驗，並至用戶處實地檢驗並與用戶檢驗值比對，以瞭解該比色盤檢驗法在用戶間之人為誤差。

#### 4 - 3 - 2 實驗之準備工作

##### (1) 製備 chlorine-demand free water

以超純水加氯至 5 ppm，靜置兩天後至少含氯 2 ppm (否則丟棄)，放於陽光下曝曬至無氯即可使用。

(2) 玻璃器皿：浸於含有 10 ppm 氯之水 3 小時以上，再以 chlorine demand free water 清洗後使用。

(3) 安培測定計電極處理：浸泡電極於 1 ~ 2 ppm 自由氯之水幾分鐘，以去除電極表面之耗氯反應。

(4) 次氯酸鈉之標定：採用碘滴定法。

(5) DPD 試劑及磷酸鹽緩衝液之製備：依照第十六版“標準水質檢驗法”配製。

#### 4 - 3 - 3 實驗步驟

(1) 標定過之次氯酸鈉以 chlorine demand free water 配製成 0 ~ 1.2 ppm 共八

個濃度之水樣裝於褐色試藥瓶中，交錯編號後放置各實驗桌上。

(2)由一人負責安培滴定，一人負責硫酸銨亞鐵滴定，並由 15 人採用相同之 OT (台製) 、OT (TOYO) 及 DPD (HACH) 比色盤，在一小時內做完全部八個水樣。硫酸銨亞鐵及安培滴定法另做三個以上重複組以確定標準偏差及檢測極限。

#### 4 - 3 - 4 實驗結果與討論

(1)硫酸銨亞鐵滴定及安培滴定法之精密度及準確度均高，且二者測值相符 (圖 4 - 1) ，迴歸分析相關係數達 0.98 ，顯示相關性極高，可作為標準值。各種比色盤法測值互有出入 (表 4 - 1) 。

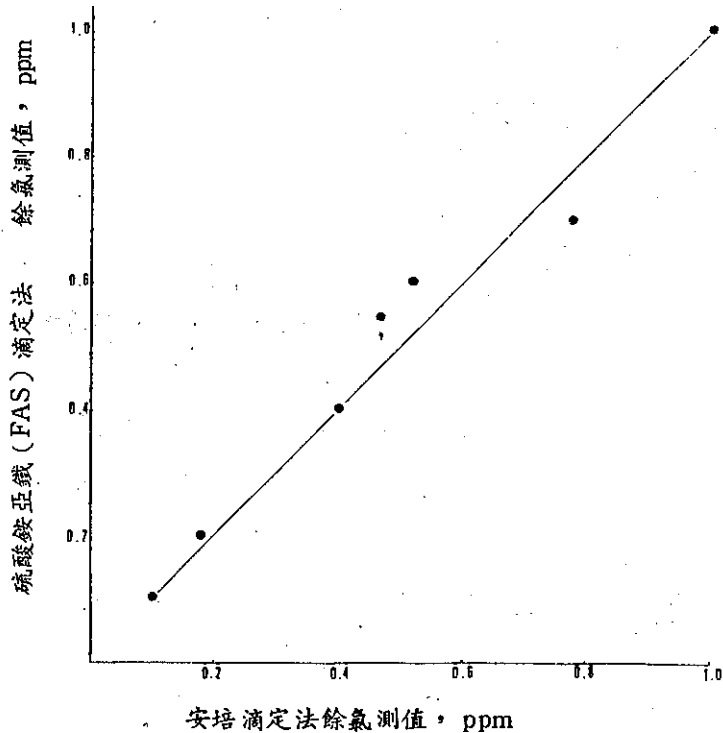


圖 4 - 1 硫酸銨亞鐵滴定法與安培滴定法測值比較

備註：1.由二人分別負責安培滴定及 FAS 滴定

2.迴歸分析相關係數  $r = 0.98$

(2)以 DPD 硫酸銨亞鐵滴定法及安培滴定法之平均測值為實際值，將各式比色盤校正，結果如圖 4 - 2 。

①圖 4 - 2 顯示 DPD (HACH) 比色盤 (包括 (i) 僅加 DPD 試劑及 (ii) 添加 DPD + 緩衝液兩類) 及 (iii) OT (台製) 比色盤，在 0.4 ppm 以下之測值均較實際值為高，且濃度越低差值越大，至 0.1 ppm 時差異達兩倍。在 0.5 ~ 1.2 ppm 之間以 DPD 添加緩衝液誤差最小 ( $< 10\%$ )。OT (台製) 則誤差較大，測值可高達 1.35 倍。至於 OT (TOYO) 比色盤除了在 0.1 ppm 較準確外，其餘濃度均呈過低值 (在 0.5 ppm 以下低達 1.3 ~ 1.9 倍)。

表 4 - 1 不同餘氯檢驗法檢驗結果比較

單位：ppm

方 法		預定配製 濃 度							* 檢 測 極 限 ( D. L. )
		0	0.1	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	
FAS 滴 定 法		0	0.1	0.4	0.55	0.6	0.7	1.0	0.09
安 培 滴 定 法		0	0.1	0.4	0.47	0.52	0.78	1.0	0.06
OT 比色盤 (台製) 測 值 **	最 大	0	0.2	0.6	0.6	0.8	1.0	1.2	
	最 小	0	0.1	0.4	0.4	0.6	0.9	1.0	
	平 均	0	0.2	0.4	0.5	0.7	1.0	1.1	
DPD 比色盤 (僅加 DPD) 測 值 **	最 大	0	0.3	0.45	0.55	0.65	0.9	1.0	
	最 小	0	0.1	0.35	0.4	0.5	0.6	0.6	
	平 均	0	0.2	0.4	0.45	0.5	0.7	0.8	
DPD 比色盤 (加 Buffer) 測 值 **	最 大	0	0.25	0.5	0.55	0.65	1.0	1.1	
	最 小	0	0.1	0.3	0.4	0.5	0.7	0.7	
	平 均	0	0.2	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	
OT 比色盤 (TOYO) 測 值 **	最 大	0	0.1	0.4	0.4	0.5	0.8	1.2	
	最 小	0	0.15	0.2	0.3	0.3	0.5	0.6	
	平 均	0	0	0.3	0.3	0.4	0.6	0.9	
備 註	配製溶液 pH: 6.8~7.1 *D.L. = 3×σ **檢次: 15人次/各濃度								

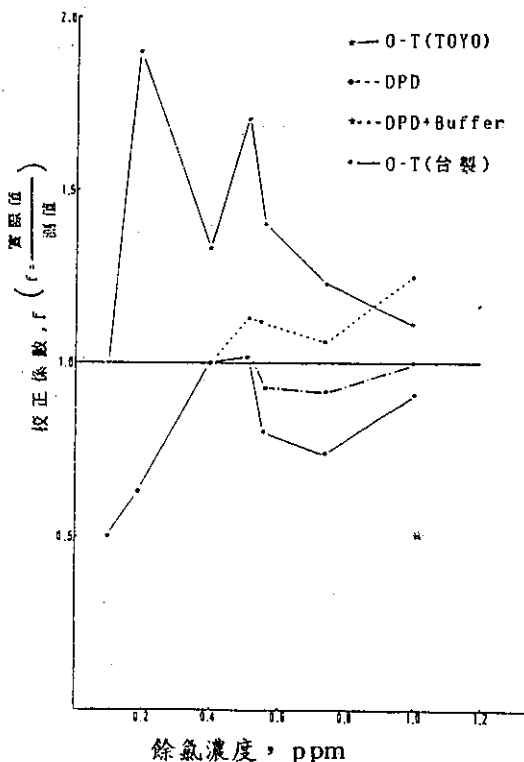


圖 4 - 2 各式餘氯比色盤之校正

- ②各比色盤以DPD (HACH) 呈現較佳線性，OT (台製) 及OT (TOYO) 比色盤線性最差，故本計畫所獲得之餘氯檢驗值需做校正。圖4-3~圖4-6係以三種比色盤之四種檢驗法測值 (最大值、最小值、平均值) (詳表4-1) 所得。每一測值可對應出一定範圍之實際值，顯示出該等比色盤法之實驗誤差及人為誤差程度。
- ③本計畫使用之OT (台製) 比色盤因線性不佳，準確性亦差，無法以線性公式校正，僅能以校正表作分段校正 (如表4-3)
- ④以本股同仁親往用戶家中當場檢驗與用戶當場檢驗值比對，平均誤差僅0.045 ppm (詳如表4-2) 證明本計畫所用OT (台製) 比色盤法之人為誤差可忽略而逕以校正表 (表4-3) 校正數據。

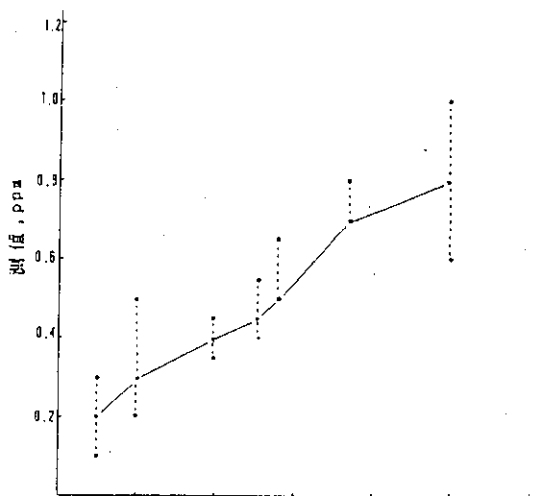


圖 4 - 3 DPD 餘氯比色盤法測值與餘氯實際值之對照

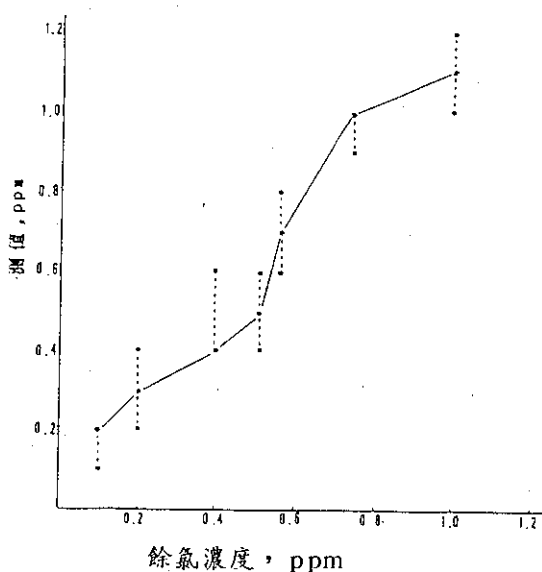


圖 4 - 4 O-T (台製) 比色盤法測值與餘氯實際值之對照

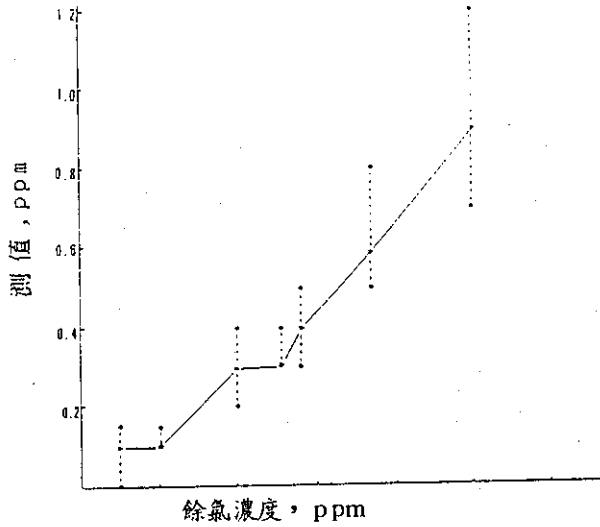


圖 4 - 5 O-T(TOYO) 比色盤法測值與餘氯實際值之對照

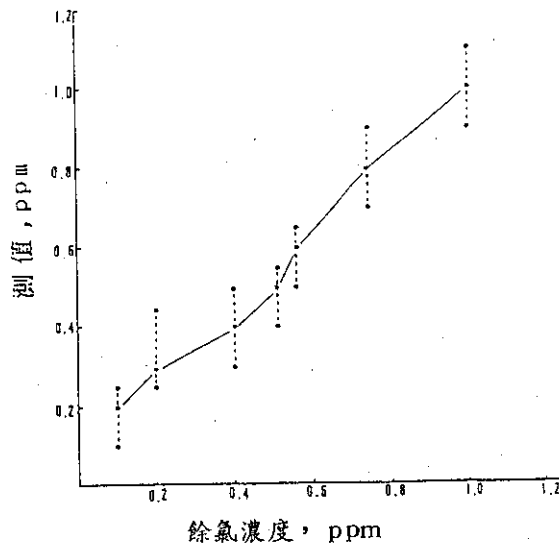


圖 4 - 6 DPD 餘氯比色盤法 (加緩衝液) 測值與餘氯實際值之對照

表 4 - 2 以用戶之 O T 比色盤與用戶現場測值比對結果

OT比色盤比對誤差範圍 (ppm)	用戶數	誤差合計
0	121	0
0.1	37	3.7
0.2	20	4.0
0.4	1	0.4
平均誤差 = 0.045 ppm		

表 4 - 3 OT (台製) 比色盤校正表

測 值 ( ppm )	實 際 值 ( ppm )
0.1	0.1
0.2	0.15(0.1-0.2)
0.3	0.2
0.4	0.36(0.2-0.5)
0.5	0.45(0.4-0.5)
0.6	0.47
0.7-0.8	0.55
0.9	0.75
1.0	0.87(0.75-1.0)
1.1-1.2	1.0

#### 4 - 5 結論

因水中餘氯之不穩定性，自來水之餘氯檢驗須現場為之，比色盤法乃最實用之檢驗法。由本研究顯示各種比色盤法之誤差皆相當大，線性亦不佳，用於定性分析研判尚可，若要做精確之定量分析則比色盤必須經過校正，且以DPD(加緩衝液)比色盤法為最適用。

### 五、結果與討論

#### 5 - 1 用戶參與情況

##### (1)用戶參加率

本計畫曾函邀里長822人參加，願意參加者僅163人(19.8%)(詳表3-1)，或因當時正值選季，里長大都忙碌異常，故參加意願低落。第一次函邀學校56所，覆回卡願參加者37所(66.1%)。第二次函邀學校146所，覆回卡願參加者114所(78.1%)，但實際派員參加講習者110所(75.3%)。現場訪視面邀用戶150戶，願參加者128戶(85.3%)，大都屬觀光飯店或本處同仁及其親友，因係預先溝通再行面邀，故參加率最高。總計曾參加用戶數高達438戶，但經陸續退出，最後列入數據統計者計306戶(表5-1)，退出率為30.1%(其中學校退出率為19.0%，里長41.7%，其他28.1%)。

表 5 - 1 參加本計畫各類別用戶數

類別	直接戶	間接戶	合計
學校	6	113	119
飯店	4	33	37
里長	38	57	95
一般	7	48	55
合計	55	251	306

### (2) 用戶參加受訓率

除第二批參加之學校 110 所，係以“安全用水研習班”集體講授解說外，其餘用戶本處均一一登門造訪解說。此外，本處曾於推行“安全用水計畫”（原“生飲計畫”）時舉辦“用水設備維護講習班”，邀請觀光飯店及部分學校用水設備負責人員參加。綜前後兩批講習，曾參加講習之觀光飯店為 16 家，39 人（佔總參與飯店數 31 家之 51.6%），學校共 124 所（佔學校總數之 84.4%），人數計 218 人（表 5 - 2）。本處邀請函雖說明請各校派主任級以上 1 名及實際負責人員 1 名參訓，但由各校參訓職稱統計顯示，學校派工友參加之比例最高，佔 43.6%，甚至有僅派工友參加者。因此該等講習對學校之用水觀念和有關決策方面，可能並未能發揮預期之影響。總計曾參加講習班之用戶計 140 戶（佔總數 306 戶之 45.8%）。

表 5 - 2 參加“安全用水研習班”之學校數及人員職稱統計表

參加學校數		124 所	
人 數		218 人	
職 稱	主 任	62 人	28.4 %
	教 職 員	61 人	28.0 %
	工 友	95 人	43.6 %

### (3) 數據回收率

根據 75 年 1 月起之統計結果，扣除各月份陸續申明退出之用戶後，各月份平均回收率為 77.7%（56.1%~92.7%）（表 5 - 3，圖 5 - 1）。

表 5 - 3 各月份寄回報表用戶數及回收率

年份	75 1	75 2	75 3	75 4	75 5	75 6	75 7	75 8	75 9	75 10	75 11	75 12	76 1	76 2	76 3	76 4	76 5
學校	30	20	31	31	31	31	38	103	101	109	107	114	111	104	103	99	80
飯店	33	35	37	37	37	37	36	37	37	35	36	34	35	33	33	29	19
里民	80	84	87	90	90	88	90	88	92	88	87	89	85	83	78	70	50
一般	47	47	49	48	50	51	52	54	54	53	53	53	53	52	49	45	29
小計	190	195	204	206	208	207	276	282	284	285	283	290	284	272	263	243	178
總戶數	310	306	288	263	260	309	364	345	344	344	313	313	308	308	308	308	308
回收率(%)	63.2	63.7	70.8	78.3	80.0	56.1	75.8	81.7	82.6	82.8	90.4	92.7	92.2	88.3	85.4	78.9	57.8

### 5 - 2 水質檢驗結果

由表 5 - 4 及圖 5 - 2 可知，約 80% 之用戶餘氯介於 0.3~0.8 ppm。直接用戶大都介於 0.4~0.9 ppm，間接用戶大都介於 0.2~0.8 ppm。

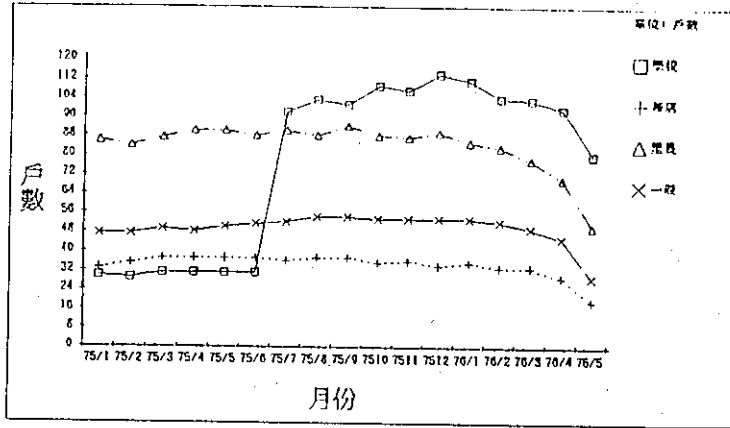


圖 5 - 1 各月份寄回報表用戶數

表 5 - 4 用戶餘氯平均測值分配

A. 全部用戶			B. 直接用戶			C. 間接用戶		
分配區間 (ppm)	戶數	百分比 %	分配區間 (ppm)	戶數	百分比 %	分配區間 (ppm)	戶數	百分比 %
0.1 以下	0	0.0	0.1 以下	0	0.0	0.1 以下	0	0.0
0.1 ~ 0.2	5	1.0	0.1 ~ 0.2	0	0.0	0.1 ~ 0.2	5	2.0
0.2 ~ 0.3	27	8.3	0.2 ~ 0.3	2	3.6	0.2 ~ 0.3	25	10.0
0.3 ~ 0.4	44	14.4	0.3 ~ 0.4	3	5.5	0.3 ~ 0.4	41	18.3
0.4 ~ 0.5	67	21.9	0.4 ~ 0.5	8	14.5	0.4 ~ 0.5	59	23.5
0.5 ~ 0.6	59	19.3	0.5 ~ 0.6	11	20.0	0.5 ~ 0.6	48	19.1
0.6 ~ 0.7	46	15.0	0.6 ~ 0.7	8	14.5	0.6 ~ 0.7	38	15.1
0.7 ~ 0.8	29	9.5	0.7 ~ 0.8	11	20.0	0.7 ~ 0.8	18	7.2
0.8 ~ 0.9	14	4.6	0.8 ~ 0.9	6	10.9	0.8 ~ 0.9	8	3.2
0.9 ~ 1.0	12	3.9	0.9 ~ 1.0	4	7.3	0.9 ~ 1.0	8	3.2
1.0 ~ 1.1	3	1.0	1.0 ~ 1.1	2	3.6	1.0 ~ 1.1	1	0.4
1.1 以上	0	0.0	1.1 以上	0	0.0	1.1 以上	0	0.0
合計	308	100.0	合計	55	100.0	合計	251	100.0
平均餘氯	0.54		平均餘氯	0.66		平均餘氯	0.52	

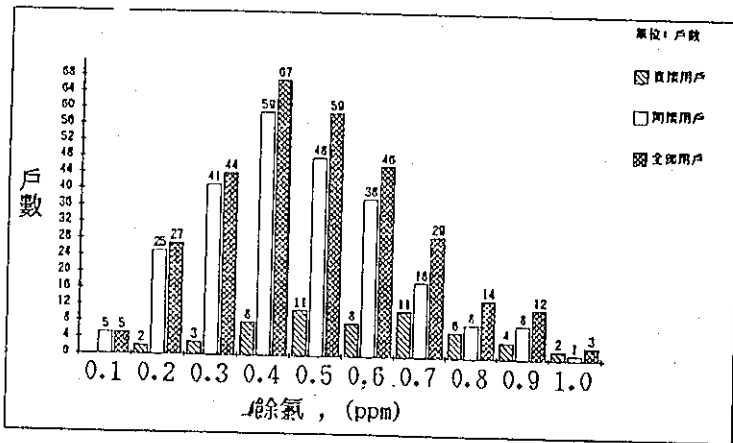


圖 5 - 2 用戶餘氯平均測值分配

由表 5-4 及表 4-3 可知，用戶餘氯總平均為 0.54 ppm（校正後 0.46 ppm），直接用戶 0.66 ppm（校正後 0.51 ppm），間接用戶 0.52 ppm（校正後 0.45 ppm）。二者相差 0.06 ppm，與本處例行餘氯抽查結果相似（表 2-4），顯示自來水水質穩定，存放期間變化小。

表 5-5 各地區餘氯平均值

代號	區 域	校正前 (ppm)	校正後 (ppm)
A	松 山 區	0.7	0.55
B	大 安 區	0.5	0.45
C	古 亭 區	0.5	0.45
D	雙 園 區	0.5	0.45
E	龍 山 區	0.4	0.30
F	城 中 區	0.4	0.30
I	大 同 區	0.4	0.30
J	中 山 區	0.5	0.45
K	內 湖 區	0.7	0.55
L	南 港 區	0.7	0.55
M	景 美 區	0.5	0.45
N	木 柵 區	0.6	0.50
P	新 店 市	0.5	0.45
Q	士 林 區	0.4	0.30
R	北 投 區	0.4	0.30
S	三 重 市	0.5	0.45
T	中 和 市	0.5	0.45
W	永 和 市	0.5	0.45

表 5-5 為各地區之餘氯平均值。餘氯最高地區為松山、內湖及南港，實際（即校正後）餘氯平均值為 0.55 ppm。最低地區為龍山、城中、大同、士林及北投，實際餘氯平均為 0.3 ppm。

由表 5-6 及圖 5-3 可見各年份各月份各類用戶餘氯平均值變化極小。各用戶餘氯最小測值及最大測值分配分別示於表 5-7-1 及 5-7-2。將屬比色盤刻度有誤、水滯留過久、數據不可採信及水質受污染者均予篩除，並依表 4-3 校正後之餘氯最小、最大值分配分別示於表 5-8-1 及 5-8-2。

表 5-6 各類用戶各月份餘氯平均值

場 別	年 份	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	76	76	76	76	76
場 別	月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5
全部用戶	一淨	0.61	0.57	0.57	0.56	0.55	0.57	0.57	0.59	0.69	0.88	0.86	0.80	0.56	0.54	0.52	0.54	0.50
	二淨	0.61	0.60	0.62	0.55	0.54	0.53	0.51	0.52	0.55	0.57	0.58	0.56	0.55	0.53	0.52	0.55	0.55
	直淨	0.49	0.51	0.49	0.45	0.45	0.45	0.43	0.45	0.50	0.50	0.49	0.45	0.45	0.44	0.42	0.44	0.43
直接用戶	一淨	0.69	0.65	0.63	0.64	0.65	0.66	0.69	0.69	0.81	0.81	0.73	0.66	0.64	0.62	0.64	0.64	0.62
	二淨	0.60	0.65	0.66	0.61	0.60	0.58	0.58	0.60	0.65	0.61	0.67	0.61	0.66	0.61	0.66	0.64	0.67
	直淨	0.63	0.73	0.73	0.58	0.70	0.68	0.58	0.70	0.68	0.64	0.62	0.62	0.74	0.66	0.73	0.68	0.60
間接用戶	一淨	0.57	0.54	0.54	0.53	0.51	0.53	0.54	0.56	0.65	0.64	0.64	0.59	0.54	0.51	0.49	0.51	0.47
	二淨	0.59	0.58	0.60	0.52	0.52	0.51	0.50	0.49	0.52	0.56	0.55	0.55	0.52	0.51	0.49	0.52	0.51
	直淨	0.48	0.49	0.47	0.44	0.43	0.43	0.42	0.43	0.48	0.48	0.48	0.43	0.43	0.42	0.40	0.42	0.42

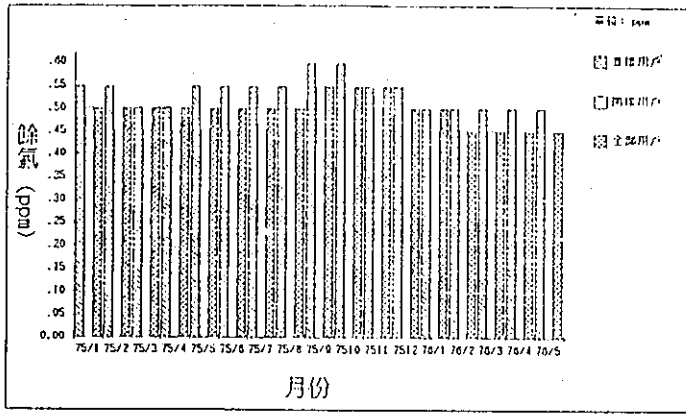


圖 5-3-1 一淨場各類用戶各月份餘氣平均值 (校正後)  
註：依表 4-3 校正

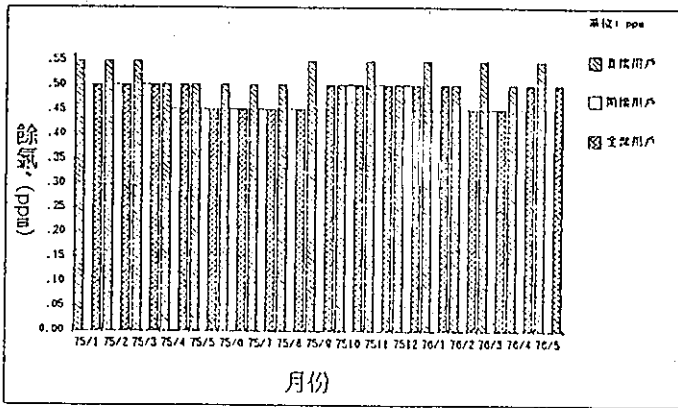


圖 5-3-2 二淨場各類用戶各月份餘氣平均值 (校正後)  
註：依表 4-3 校正

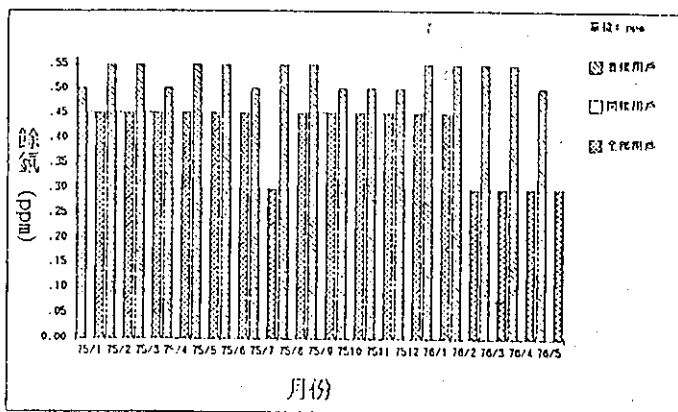


圖 5-3-3 直淨場各類用戶各月份餘氣平均值 (校正後)  
註：依表 4-3 校正

表 5-7-1 用戶餘氯最小測值分配

A. 全部用戶			B. 直接用戶			C. 間接用戶		
分配區間 (ppm)	戶數	百分比 (%)	分配區間 (ppm)	戶數	百分比 (%)	分配區間 (ppm)	戶數	百分比 (%)
0.0	8	2.6	0.0	0	0.0	0.0	8	3.2
0.0 ~ 0.1	11	3.6	0.0 ~ 0.1	1	1.8	0.0 ~ 0.1	10	4.0
0.1 ~ 0.2	171	55.9	0.1 ~ 0.2	29	52.7	0.1 ~ 0.2	142	56.6
0.2 ~ 0.3	29	9.5	0.2 ~ 0.3	2	3.6	0.2 ~ 0.3	27	10.8
0.3 ~ 0.4	49	16.0	0.3 ~ 0.4	11	20.0	0.3 ~ 0.4	38	15.1
0.4 ~ 0.5	12	3.9	0.4 ~ 0.5	3	5.5	0.4 ~ 0.5	9	3.6
0.5 ~ 0.6	15	4.9	0.5 ~ 0.6	6	10.9	0.5 ~ 0.6	9	3.6
0.6 ~ 0.7	5	1.6	0.6 ~ 0.7	1	1.8	0.6 ~ 0.7	4	1.6
0.7 ~ 0.8	2	0.7	0.7 ~ 0.8	0	0.0	0.7 ~ 0.8	2	0.8
0.8 ~ 0.9	0	0.0	0.8 ~ 0.9	0	0.0	0.8 ~ 0.9	0	0.0
0.9 ~ 1.0	4	1.3	0.9 ~ 1.0	2	3.6	0.9 ~ 1.0	2	0.8
1.0 ~ 1.2	0	0.0	1.0 ~ 1.2	0	0.0	1.0 ~ 1.2	0	0.0
1.2 ~ 1.5	0	0.0	1.2 ~ 1.5	0	0.0	1.2 ~ 1.5	0	0.0
1.5 以上	0	0.0	1.5 以上	0	0.0	1.5 以上	0	0.0
合計	306	100.0	合計	55	100.0	合計	251	100.0

表 5-7-2 用戶餘氯最大測值分配

A. 全部用戶			B. 直接用戶			C. 間接用戶		
分配區間 (ppm)	戶數	百分比 (%)	分配區間 (ppm)	戶數	百分比 (%)	分配區間 (ppm)	戶數	百分比 (%)
0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0
0.0 ~ 0.1	0	0.0	0.0 ~ 0.1	0	0.0	0.0 ~ 0.1	0	0.0
0.1 ~ 0.2	2	0.7	0.1 ~ 0.2	0	0.0	0.1 ~ 0.2	2	0.8
0.2 ~ 0.3	8	2.6	0.2 ~ 0.3	1	1.8	0.2 ~ 0.3	5	2.0
0.3 ~ 0.4	19	6.2	0.3 ~ 0.4	1	1.8	0.3 ~ 0.4	18	7.2
0.4 ~ 0.5	14	4.6	0.4 ~ 0.5	0	0.0	0.4 ~ 0.5	14	5.6
0.5 ~ 0.6	61	19.9	0.5 ~ 0.6	11	20.0	0.5 ~ 0.6	50	19.9
0.6 ~ 0.7	23	7.5	0.6 ~ 0.7	3	5.5	0.6 ~ 0.7	20	8.0
0.7 ~ 0.8	43	14.1	0.7 ~ 0.8	4	7.3	0.7 ~ 0.8	39	15.5
0.8 ~ 0.9	16	5.2	0.8 ~ 0.9	1	1.8	0.8 ~ 0.9	15	6.0
0.9 ~ 1.0	90	29.4	0.9 ~ 1.0	23	41.8	0.9 ~ 1.0	67	26.7
1.0 ~ 1.2	16	5.2	1.0 ~ 1.2	6	10.9	1.0 ~ 1.2	10	4.0
1.2 ~ 1.5	10	3.3	1.2 ~ 1.5	1	1.8	1.2 ~ 1.5	9	3.6
1.5 以上	6	2.0	1.5 以上	4	7.3	1.5 以上	2	0.8
合計	306	100.0	合計	55	100.0	合計	251	100.0

表 5-8-1 用戶餘氯最小值分配 (經篩除異常情況並經校正後\*)

A. 全部用戶			B. 直接用戶			C. 間接用戶		
分配區間 (ppm)	戶數	百分比 (%)	分配區間 (ppm)	戶數	百分比 (%)	分配區間 (ppm)	戶數	百分比 (%)
0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0
0.0 ~ 0.1	4	1.5	0.0 ~ 0.1	1	2.2	0.0 ~ 0.1	3	1.4
0.1 ~ 0.2	170	68.0	0.1 ~ 0.2	25	54.3	0.1 ~ 0.2	151	70.9
0.2 ~ 0.3	46	17.8	0.2 ~ 0.3	10	21.7	0.2 ~ 0.3	36	16.9
0.3 ~ 0.4	0	0.0	0.3 ~ 0.4	0	0.0	0.3 ~ 0.4	0	0.0
0.4 ~ 0.5	27	10.4	0.4 ~ 0.5	9	19.6	0.4 ~ 0.5	18	8.5
0.5 ~ 0.6	6	2.3	0.5 ~ 0.6	1	2.2	0.5 ~ 0.6	5	2.3
0.6 ~ 0.7	0	0.0	0.6 ~ 0.7	0	0.0	0.6 ~ 0.7	0	0.0
0.7 ~ 0.8	0	0.0	0.7 ~ 0.8	0	0.0	0.7 ~ 0.8	0	0.0
0.8 ~ 0.9	0	0.0	0.8 ~ 0.9	0	0.0	0.8 ~ 0.9	0	0.0
0.9 ~ 1.0	0	0.0	0.9 ~ 1.0	0	0.0	0.9 ~ 1.0	0	0.0
1.0 ~ 1.2	0	0.0	1.0 ~ 1.2	0	0.0	1.0 ~ 1.2	0	0.0
1.2 ~ 1.5	0	0.0	1.2 ~ 1.5	0	0.0	1.2 ~ 1.5	0	0.0
1.5 以上	0	0.0	1.5 以上	0	0.0	1.5 以上	0	0.0
合計	250	100.0	合計	46	100.0	合計	213	100.0

註：凡屬比色瓶偏空，水滯留過久，數據不可採信，及水質受污染者均經篩除。  
誤值依表 4-3 校正。

表 5-8-2 用戶餘氯最大值分配 (經篩除異常情況並經校正後\*)

A. 全部用戶			B. 直接用戶			C. 間接用戶		
分配區間 (ppm)	戶數	百分比 (%)	分配區間 (ppm)	戶數	百分比 (%)	分配區間 (ppm)	戶數	百分比 (%)
0.0 以下	0	0.0	0.0 以下	0	0.0	0.0 以下	0	0.0
0.0 ~ 0.1	0	0.0	0.0 ~ 0.1	0	0.0	0.0 ~ 0.1	0	0.0
0.1 ~ 0.2	5	1.9	0.1 ~ 0.2	1	2.2	0.1 ~ 0.2	4	1.9
0.2 ~ 0.3	16	6.2	0.2 ~ 0.3	1	2.2	0.2 ~ 0.3	15	7.0
0.3 ~ 0.4	0	0.0	0.3 ~ 0.4	0	0.0	0.3 ~ 0.4	0	0.0
0.4 ~ 0.5	63	24.3	0.4 ~ 0.5	10	21.7	0.4 ~ 0.5	53	24.9
0.5 ~ 0.6	62	23.9	0.5 ~ 0.6	7	15.2	0.5 ~ 0.6	55	25.8
0.6 ~ 0.7	0	0.0	0.6 ~ 0.7	0	0.0	0.6 ~ 0.7	0	0.0
0.7 ~ 0.8	91	35.1	0.7 ~ 0.8	20	43.5	0.7 ~ 0.8	71	33.3
0.8 ~ 0.9	0	0.0	0.8 ~ 0.9	0	0.0	0.8 ~ 0.9	0	0.0
0.9 ~ 1.0	22	8.5	0.9 ~ 1.0	7	15.2	0.9 ~ 1.0	15	7.0
1.0 ~ 1.2	0	0.0	1.0 ~ 1.2	0	0.0	1.0 ~ 1.2	0	0.0
1.2 ~ 1.5	0	0.0	1.2 ~ 1.5	0	0.0	1.2 ~ 1.5	0	0.0
1.5 以上	0	0.0	1.5 以上	0	0.0	1.5 以上	0	0.0
合計	259	100.0	合計	46	100.0	合計	213	100.0

註：凡屬比色瓶偏空，水滯留過久，數據不可採信，及水質受污染者均經篩除。  
誤值依表 4-3 校正。

各用戶餘氯測值之月變化情形可參考表 5-9 及圖 5-4 之變異係數分配。81% 以上之用戶其變異係數在 30% 以內。而直接用戶中有 82% 其變異係數在 25% 以內。顯示本處出水餘氯相當穩定。間接用戶變異係數平均 21.7% 較直接用戶平均 17.2% 為大，應為間接用戶自來水在水池水塔內滯留之影響。

表 5-9 各用戶月平均餘氯變異係數分配

1. 全部用戶				2. 直接用戶				3. 間接用戶			
分配區間 (X)	戶數	百分比 (%)	累計 (X)	分配區間 (X)	戶數	百分比 (%)	累計 (X)	分配區間 (X)	戶數	百分比 (%)	累計 (X)
5 以下	21	6.9	6.9	5 以下	6	10.9	10.9	5 以下	15	6.0	6.0
5 ~ 10	28	8.5	15.4	5 ~ 10	9	16.4	27.3	5 ~ 10	17	6.8	12.8
10 ~ 15	57	18.6	34.0	10 ~ 15	12	21.8	49.1	10 ~ 15	45	17.9	30.7
15 ~ 20	62	20.3	54.3	15 ~ 20	8	14.5	63.6	15 ~ 20	54	21.5	52.2
20 ~ 25	46	15.0	69.3	20 ~ 25	10	18.2	81.8	20 ~ 25	36	14.3	66.6
25 ~ 30	37	12.1	81.4	25 ~ 30	3	5.5	87.3	25 ~ 30	34	13.5	80.1
30 ~ 35	23	7.5	88.9	30 ~ 35	3	5.5	92.7	30 ~ 35	20	8.0	88.1
35 ~ 40	14	4.8	93.5	35 ~ 40	0	0.0	92.7	35 ~ 40	14	5.0	93.6
40 ~ 45	8	2.6	96.1	40 ~ 45	3	5.5	98.2	40 ~ 45	5	2.0	95.6
45 ~ 50	2	0.7	96.8	45 ~ 50	0	0.0	98.2	45 ~ 50	2	0.8	96.4
50 以上	10	3.3	100.0	50 以上	1	1.8	100.0	50 以上	9	3.6	100.0
平均	20.9	308	100.0	平均	17.2	55	100.0	平均	21.7	251	100.0

標準偏差  
註：變異係數 =  $\frac{\text{標準偏差}}{\text{平均值}}$

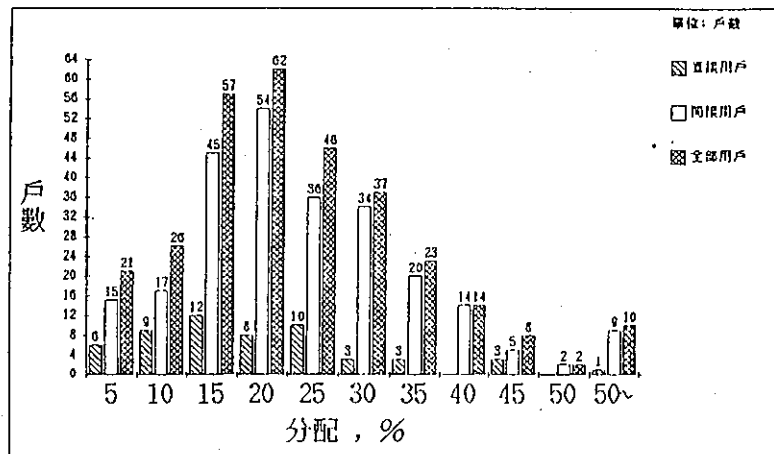


圖 5-4 各類用戶月平均餘氯變異係數分配

註：變異係數 =  $\frac{\text{標準偏差}}{\text{平均值}}$

5-3 水質異常原因之探討

計畫期間餘氯不合格 ( $< 0.2 \text{ ppm}$  或  $> 1.5 \text{ ppm}$ ) 之檢出率為  $0.87\%$  (表 5-10)。所有不合格情況均經現場複驗及研判。部分測值不合格係比色盤刻度誤差或檢法不當 (大都為放水不夠久) 所致, 扣除後, 不合格率為  $0.61\%$ 。其中水質確實受污染之比例為  $0.047\%$ , 其原因分別為水池龜裂污染 (3 戶), 及水池人孔邊緣凸起高度不足雨水流入而污染自來水 (1 戶)。

餘氯月平均變異係數  $> 40\%$  者, 原因分析如表 5-11。

表 5-11 用戶餘氯月平均變異係數大於  $40\%$  者原因分析表

異常情形	類別	所屬淨水場別	用水別	原因	總計
變異係數 大於 $40\%$	3	1	2	A	A = 7 B = 12 C = 2
	1	1	2	B	
	1	1	2	B	
	1	2	2	C	
	3	2	1	A	
	3	2	2	A	
	1	1	2	B	
	1	6	1	B	
	3	1	2	B	
	2	1	2	B	
	1	1	2	C	
	1	1	2	B	
	1	1	2	B	
	1	1	2	A	
	3	1	1	A	
	1	1	2	A . B	
	1	6	2	B	
	3	1	2	B	
	1	1	1	B	
	1	1	2	A	
備註	1 : 學校 2 : 飯店 3 : 里長	1 : 一淨場 2 : 二淨場 6 : 直潭場	1 : 直接 2 : 間接	A : 比色盤偏差 B : 滯留所致 C : 水質受污染	

餘氣月平均最大值或最小值異常者原因分析如表 5 - 12。

表 5 - 12. 用戶餘氣月平均最大值及最小值異常原因分析表

異常情形	類別	所屬淨水場別	用水別	原因	備註
MAX ≤ 0.2	4	2	2	B	1. 原因表示 A—比色盤偏差 B—滯留所致 C—水質受污染 D—數據不可信  2. 詳表 5 - 11.  3. 總計 A = 6 B = 8 C = 3 D = 1
	1	1	2	B	
	1	6	2	B	
MIN ≤ 0.1	3	1	2	A	
	3	1	1	D	
	1	2	2	C	
	3	2	2	A	
	1	1	2	B	
	1	6	2	B	
	1	1	2	C	
	1	6	2	B	
	1	6	2	B	
	4	1	2	B	
MIN > 0.8	1	1	2	A	
	3	1	1	A	
	3	1	1	A	
	3	2	2	A	

綜上可知，間接用戶自來水滯留過久，餘氣自然消耗為餘氣偏低之主要原因。另，用戶負責檢驗之人員更動，取樣地點不同（有多套水池水塔設備），或取樣時放水不夠久（尤其大樓低層用戶或管線老舊用戶），皆可能造成餘氣檢驗之偏差。此外，本計畫所使用之餘氣比色盤雖於購入時均經一一檢查，仍難免有刻度錯誤，而當時未克覺察者（共 8 台）。水質確受污染之用戶共 4 戶（佔總戶數之 1 %）。

#### 5-4 問卷及用戶意見分析

##### 5-4-1 問卷回收率

平均問卷回收率為 65.4 %，其中學校回收率為 68.1 %，里長 71.2 %，一般用戶 60 %。

##### 5-4-2 用戶用水設備與餘氣量之關係

用戶用水設備及水池水塔清洗週期等與餘氯量之相關性並不明顯(表5-13~表5-20)。

表5-13. 用戶管齡與餘氯量

項目	戶數	百分比	餘氯(ppm)
二年以下	12	3.9%	0.60
二~五年	42	13.7%	0.56
五~十年	78	21.8%	0.51
十年以上	128	41.8%	0.54
未作答	8	2.6%	
沒有資料	38	12.4%	
合計	306	戶	

表5-14. 用戶管材與餘氯量

項目	戶數	百分比	餘氯(ppm)
塑膠	100	32.7%	0.53
白鐵	123	40.1%	0.52
銅管	2	0.7%	0.59
不銹鋼	2	0.7%	0.69
塑膠+白鐵	27	8.8%	0.58
未作答	19	6.2%	
沒有資料	33	10.8%	
合計	306	戶	

表5-15. 間接用戶水池形式與餘氯量

項目	戶數	百分比	餘氯(ppm)
地上式	82	32.7%	0.53
地下式	112	44.6%	0.57
兩者皆有	19	7.6%	0.54
未作答	9	3.6%	
沒有資料	29	11.6%	
合計	251	戶	

表5-16. 用戶水池材質與餘氯量

項目	戶數	百分比	餘氯(ppm)
水泥	209	83.3%	0.55
塑膠	5	2.0%	0.51
白鐵	1	0.4%	0.50
水泥+塑膠	1	0.4%	0.45
未作答	8	3.2%	
沒有資料	27	10.8%	
合計	251	戶	

表5-17. 用戶水池加蓋情形與餘氯量

項目	戶數	百分比	餘氯(ppm)
有	215	85.7%	0.55
無	0	0.0%	
未作答	9	3.6%	
沒有資料	27	10.8%	
合計	251	戶	

表5-18. 用戶水塔加蓋情形與餘氯量

項目	戶數	百分比	餘氯(ppm)
有	225	89.6%	0.55
無	1	0.4%	0.55
未作答	4	1.6%	
沒有資料	21	8.4%	
合計	251	戶	

表5-19. 水池水塔清洗週期與餘氯量

項目	戶數	百分比	餘氯(ppm)
半年一次	106	42.2%	0.55
一年一次	97	38.6%	0.55
從未清洗	6	2.4%	0.44
不定期	12	4.8%	0.48
未作答	5	2.0%	
沒有資料	25	10.0%	
合計	251	戶	

表5-20. 間接用戶水塔材質與餘氯量

項目	戶數	百分比	餘氯(ppm)
水泥	209	83.3%	0.55
塑膠	8	3.2%	0.43
白鐵	8	3.2%	0.52
水泥+塑膠	5	2.0%	0.52
未作答	3	1.2%	
沒有資料	18	7.2%	
合計	251	戶	

管齡似與餘氣量呈反相關性，主要或因舊管大都為白鐵管，年久生鏽而耗氣量增加，致餘氣量較低。管材與餘氣亦稍有相關性，不易腐蝕之管材如：塑膠、銅、不銹鋼管等之餘氣即較白鐵管者為高。

#### 5-4-3 本計畫是否有意義

由表 5-21 得知，認為本計畫有意義之用戶佔 92.5 %。本處曾藉講習和當面宣導解說將本計畫之意義告之用戶，結果仍有 15 戶 ( 7.5 % ) 雖參與而對本計畫不甚瞭解，顯示本處對用戶之溝通能力有待加強。

表 5-21. 用戶意見統計表

調查項目	學校	飯店	里長	一般	合計	
1. 本計劃有輕意	是	76 -- 93.8%	18 -- 100%	63 -- 92.0%	28 -- 84.8%	185 -- 92.5%
	否	2 -- 2.5%	0 -- 0%	3 -- 4.4%	2 -- 0.1%	7 -- 3.5%
	無意見	3 -- 3.7%	0 -- 0%	2 -- 2.9%	3 -- 9.1%	8 -- 4.0%
2. 自來水可生飲	是	28 -- 34.0%	8 -- 44.4%	16 -- 23.5%	12 -- 30.4%	64 -- 32.0%
	否	51 -- 63.0%	10 -- 55.6%	49 -- 72.1%	21 -- 63.6%	131 -- 65.5%
	無意見	2 -- 2.5%	0 -- 0%	3 -- 4.4%	0 -- 0%	5 -- 2.5%
3. 願意參加講習	是	66 -- 81.5%	18 -- 100%	50 -- 73.5%	19 -- 54.5%	153 -- 76.5%
	否	15 -- 18.5%	0 -- 0%	18 -- 26.5%	14 -- 45.5%	47 -- 23.5%
4. 希望獲得報告	是	81 -- 100%	18 -- 100%	63 -- 92.0%	31 -- 93.0%	192 -- 96.0%
	否	0 -- 0%	0 -- 0%	5 -- 7.4%	2 -- 6.1%	8 -- 4.0%
5. 知道清洗業者	是	54 -- 66.7%	13 -- 72.2%	26 -- 38.2%	23 -- 72.7%	116 -- 58.0%
	否	27 -- 33.3%	5 -- 27.8%	42 -- 61.8%	10 -- 27.3%	84 -- 42.0%
合計	81 戶	18 戶	68 戶	33 戶	200 戶	

\*\* 有效問卷計 200 份

#### 5-4-4 自來水生飲問題

參與本計畫之用戶中，認為自來水不可生飲者竟然高達 68 %。這些用戶均經本處解說或講習訓練，並連續一年餘每日親自檢測餘氣，對水質之瞭解應高於一般用戶。此項結果顯示國人“生水不能喝”的觀念，著實難以打破，本處之用水常識宣導，及對用戶之溝通能力亦值得省思和加強。

由表 5-22 所示，在認為自來水不能生飲之用戶中，約 86.3 % 認為係管線可能受到污染，可見管線 ( 包括其施工 ) 是影響用戶信心最重要之一環。一旦遭遇施工污染，用戶對自來水之信心即可能完全喪失。另有將近 20 % 之用戶認為水池水塔從未清洗維護是自來水不能生飲之原因。

美國自來水協會研究基金會 ( AWWA Research Foundation ) 在 1985 年所作“民衆對自來水業之態度調查”中亦顯示，約有 87.4 % 之用戶認為自來水水質非常好或不錯，但其中仍有 15.4 % 之用戶亦同時花費 800 ~ 1,000 倍於自來水之價格，買瓶裝水來喝，而其中 72 % 係因耽心自來水中有某些成分，若終生飲用是致命性的。在認為水質不佳者中，約 24 % 認為自來水中含有害物質，其中約半數竟然認為主要之有害物質為對水處理極有裨益之氯與氣。該調查所得最明確的結論是：用戶對自來水之誤解和關心，與年齡、收入、地區和教育程度無關。自來水業應推動更積極的民衆溝通計畫 ( public communication program )。

表5-10 餘氯不合格統計及原因分析表

年月	直接用戶		間接用戶		合計		不合格率 %	*扣除比色盤誤差後		不合格率 %	不合格 原因	參加檢驗總戶數	
	點	點次	點	點次	點	點次		點	點次			點	點次
75.1.	2	21	1	11	3	32	0.54	1	11	0.19	A×2 B×1	196	5,880
2.	2	29	1	3	3	32	0.59	1	3	0.05	A×2 B×1	195	5,460
3.	—	—	2	17	2	17	0.28	1	5	0.08	A×1 B×1	204	6,120
4.	—	—	—	—	—	—	0	—	—	0	—	206	6,180
5.	—	—	1	3	1	3	0.05	1	3	0.05	B×1	208	6,240
6.	—	—	1	19	1	19	0.31	1	19	0.31	B×1	207	6,210
7.	1	1	5	80	6	81	0.98	4	49	0.59	A×2 B×4	276	8,280
8.	1	1	6	109	7	110	1.30	5	78	0.92	A×2 B×4 C×1	282	8,460
9.	3	22	8	151	11	173	2.03	6	67	0.79	A×3 B×6	284	8,520
10.	3	23	7	139	10	162	1.89	5	80	0.94	A×5 B×5	285	8,550
11.	1	4	3	31	4	35	0.41	2	27	0.32	A×2 B×2	283	8,490
12.	1	3	3	34	4	37	0.43	3	34	0.39	A×1 B×3	290	8,700
76.1.	—	—	1	9	1	9	0.11	1	9	0.11	B×1	284	8,520
2.	2	31	3	56	5	87	1.14	4	84	1.10	A×1 B×3 C×1	272	7,616
3.	1	28	5	102	6	130	1.65	6	130	1.65	B×4 C×2	263	7,890
4.	1	30	2	47	3	77	1.06	3	77	1.06	B×3	243	7,290
5.	1	31	4	40	5	71	1.33	5	71	1.33	B×4 C×1	178	5,340
總計	19	224	53	851	72	1,075	0.87	49	749	0.61		4,156	123,746
備 注	<p>1. 不合格原因：                      A: 比色盤刻度錯誤或用戶檢驗方法不當                      B: 自來水滯留管中或蓄水池過久                      C: 蓄水池龜裂，水質受污染或入孔周緣高度不足，雨水流入而污染</p> <p>2. 經現場複查係比色盤刻度錯誤或用戶檢驗方法不當，而非水質確屬不合格者，均扣除之。</p> <p>3. 確實受污染者計58點次，佔總點次之0.047%。</p> <p>4. 總計 A: 23點 B: 44點 C: 5點(4戶)</p>												

表 5-22. 用戶對自來水不能生飲所持意見

用戶認為自來水不可以生飲之原因		戶數	比例	備註
1.	自來水出廠時即不潔淨	10	7.6 %	用戶對自來水不能生飲表示意見者計 131 戶其中部分用戶針對問卷設計 1~4 項複選。  表列 5~11 項係用戶自提。
2.	管線可能受到污染	113	86.3 %	
3.	用水設備(包括水池,水塔)從未清洗維護	26	19.8 %	
4.	不知道	5	3.8 %	
5.	自來水有時滯留期過久,餘氯消毒不夠	2	1.5 %	
6.	用水設備常有蟲類等異物污染	2	1.5 %	
7.	自來水管線施工接管品質差	1	0.8 %	
8.	自來水管使用塑膠管,遇熱怕會析出毒素	1	0.8 %	
9.	水源遭受外來污染	1	0.8 %	
10.	清洗用水設備之次數有限	1	0.8 %	
11.	自來水消毒餘氯量不穩定	1	0.8 %	

#### 5-4-5 參加講習意願

本計畫曾參加過“安全用水”講習之用戶比例已達 45.8 % (全屬學校及觀光飯店),在問卷中表示今後願參加講習之比例仍高達 76.5 % (學校 81.5 %,觀光飯店 100 %,里長 73.5 %,一般 54.5 %),顯示用戶對自來水有關知識之求知意願相當高,是十分可喜的現象。

#### 5-4-6 希望獲得報告

問卷顯示 96 % 之用戶希望獲得本研究報告,因此提供用戶所需獲得之自來水水質訊息應為本報告之主要任務之一。

#### 5-4-7 對水池水塔清洗業者之認識

約有 58 % 參與本計畫之用戶對由本處自 75 年以來輔導之水池水塔清洗業者有所認知。本處為加強宣導已編製宣導資料乙份,將大量印發給用戶參考。

#### 5-4-8 用戶之意見及建議

在回收的 200 份問卷中,有 70 戶 (35 %) 提供寶貴意見和建議。由表 5-23 顯示,約有 60 % 之用戶透過參與本計畫開始關心並注意用水品質,此不啻為本計畫之成果之一。

表 5-23 問卷調查用戶意見分析表

用戶所提意見		戶數	在表示意見問卷中所占比例	
1. 服務態度	贊許本處服務態度	15	21.4 %	22.8 %
	認為本處服務態度不佳	1	1.4 %	
2. 關心水源污染並提供意見		6	8.6 %	
3. 勉建勸議與期許或	要求宣導安全用水常識或正確水池	7	10.0 %	31.4 %
	要求對用戶水質定期檢驗	7	10.0 %	
	贊許本計畫並勉勵	7	10.0 %	
	稱贊水質良好	1	1.4 %	
4. 管線問題	施工品質及態度不佳	1	1.4 %	15.6 %
	管線老舊要求抽換	2	2.8 %	
	修漏效率低	5	7.1 %	
	管材建議	3	4.3 %	
5. 自來水收費計費問題		3	4.3 %	
6. 對停水缺水不滿		5	7.1 %	
7. 其他		10	14.3 %	

備註：寄回問卷中填寫意見者共 70 戶 ( 35 % )

#### 六、結論與建議

1. 本研究調查計畫期間，參與計畫用戶自來水餘氯不合格率為 0.61 %，顯示絕大部分情況下 ( 99.4 % ) 自來水安全衛生且水質穩定。
2. 自來水在用水設備滯留致餘氯消失之情況約佔 0.56 %，且佔餘氯不合格率中之 92.2%。因此，用戶蓄水量不宜過大 ( 即儲水期不宜過長 )。學校於寒暑假用水量驟減時，應酌予調整水池水塔水位，以確保自來水新鮮衛生。
3. 本計畫之用戶中水質確曾受污染者共 4 戶 ( 佔總檢次之 0.047 % )，原因分別為水池龜裂、水質受污染或人孔周緣凸起高度不足，雨水流入而污染。因此建議用戶藉定期維護用水設備 ( 清洗水池水塔等 )，徹底檢查用水設備，對舊損處，即時予以修補更新，才能確保飲水安全。

4. 在認為自來水不能生飲之用戶，約 86.3 % 認為係因管線可能受到污染。可見管線（包括其施工）品質是影響用戶信心最重要之一環。用戶一朝遇到施工污染即終生難忘。因此管線施工“零污染”當是本處為達“自來水能隨時隨地直接飲用”之時代使命，所當全力以赴的。
5. 參與計畫用戶中，約 86% 認為自來水不可生飲，顯示用戶用水觀念極待加強。本處對於用戶用水知識之再教育固責無旁貸，而根本之計，必須從學校教育着手，建議教育當局於中小學相關教材中加強之，使國人從小即建立正確之用水觀念，俾早日達全民生飲（即能接受自來水可直接飲用）之目標。
6. 於本計畫中曾參加過安全用水講習之用戶比例已達 45.8 %（全屬學校及觀光飯店）。今後願參加講習之比例仍高達 76.5 %（學校 81.5 %，觀光飯店 100 %，里長 73.5 %，一般 54.5 %），顯示用戶對自來水方面之求知意願相當高，本處今後當更積極對用戶提供相關服務。藉錄影帶節目之製作以廣為宣導，應屬最經濟有效途徑。
7. 對自來水業言，除自來水之安全外，用戶之滿意度最值關切。本計畫用戶於問卷中提多項寶貴意見，本處除藉此瞭解用戶之需要外，更將在相關業務中參酌用戶意願，積極加強各項服務。

參 考 文 獻

1. "台北水源特定區農業殘留物對水質影響之調查研究報告"，台北水源特定區管理委員會，行政院農業委員會支助計畫，75農建-7.1-林-59(3)，18-19，75年9月。
2. APHA. AWWA. WPCF. "Standard Methods for the Examination of Water and Waste water", 16th ed. (1985).
3. Manwaring, J.F., S.M. Zdep, and I.M. Sayre. "Public Attitudes Toward Water Utilities", J. AWWA, (6), 34-40 (1986).
4. Guter, K.J., W.J. Cooper, and C.A. Sorber. "Evaluation of Existing Field Test kits for Determining Free Chlorine Residuals in Aqueous Solutions", J. AWWA, 66, 38-43 (1974).
5. Cooper, W.J., N.M. Roscher, and R.A. Slifker. "Determining Free Available Chlorine by DPD-Colorimetric, DPD Steadifac (Colorimetric), and FACTS Procedure". J. AWWA, 74, 362-368 (1982).
6. Palin, A.T. "Determining of Nitrogen trichloride in Water". J. AWWA, 67, 32 (1968).
7. Marks, H.C., D.B. Williams, and G.U. Glasgow. "Determination of Residual Chlorine Compounds", J. AWWA, 43, 201-207 (1951).
8. Palin, A.T. "Current DPD Method for Residual Halogen Compounds and Ozone in Water". J. AWWA, 67, 32-33 (1975).
9. White, G.C. "Handbook of Chlorination for Potable Water, Wastewater, Cooling Water, Industrial Processes and Swimming Pools". (1972).
10. Zoeteman, B.C.J., E. De Greef, H. Van Oers, E.P. Köster, and J. J. Rook. "Consumer Panels Monitor Taste of Water in Rotterdam". J. AWWA, (6), 75-77 (1984).