

電子式水量計自動讀表系統測試資料分析之探討

王國堅¹、黃佑仲²、林東慶³
粘孝堉⁴、陳正哲⁴、周盛華⁵

摘要

抄表是公用事業重要的工作項目之一，近年來由於通訊技術突飛猛進，藉由現有的通訊網路進行自動讀表，已經成為先進國家解決抄表問題，提昇抄表效率的共同趨勢。

本研究以自來水公司第六區管理處(台南縣市)為研究對象，利用呼叫器叫醒及用戶端自動回報的方式進行自動讀表測試，經過 89/03/01 至 89/05/31 三個月之人工抄表與自動讀表雙軌並行測試後發現，自動讀表系統之『抄表正確率』達到 100%。在總應回報次數 5,720 次中的實際總回報次數高達 5,637 次，『抄表成功率』高達 98.5%。

為了達成自動讀表系統進一步之管理效能，以提供自來水公司及時診斷與預測，本文亦將測試資料作『每日平均用水量分析』與『瞬間流量分析』，前者利用統計迴歸分析用戶用水型態，並以最小平方方法建立直線迴歸模式，作為用戶用水量之預測公式，以預估未來各時期整體用戶之需水量；後者則利用每 1-2 小時自動讀表一次的數據計算用戶之瞬間流量，以研判用戶是否有用水異常之可能，如管線破裂或忘記關水龍頭等，必要時應電話詢問確認問題或提醒用戶檢修，以節省寶貴的資源。由上述兩種指標配合用戶用水量隨時間變化的情形，可以將用戶約略分為「間歇型」、「週期型」與「季節型」三大類。

本文探討導入自動讀表系統資料分析程序，並以多種管理角度進行用戶用水量數據分析，以發揮節省人力與資源的效果。由於測試資料分析顯示成效良好，故自動讀表十分值得推廣。

關鍵詞：自動讀表系統、電子式水量計、迴歸分析

-
- 服務機構：1. 自來水公司營業處經理
(逢甲大學土水所碩士班研究生)
2. 弓銓企業股份有限公司總經理
3. 台南女子技術學院計算機中心講師
4. 遠東技術學院工業工程與管理系講師
5. 自來水公司第六區管理處秘書

壹、前言

一、動機

抄表收費是自來水事業單位重要的服務項目，更是事業營收的主要來源。由於時代的變遷及社會結構的改變，抄表工作日趨困難。台灣省自來水公司及台北自來水事業處分別於民國六十七年及六十六年將每月抄表收費改成隔月抄表收費。抄表收費時間間隔越久不但對資金週轉不利，更不容易掌握用戶水表狀況，這種情況對於大用水量用戶的影響尤其明顯。

二、背景

今日通信技術突飛猛進，藉由各種通信網路進行自動讀表，已經成為世界各先進國家解決抄表問題、提昇抄表效率的共同趨勢。我國在民國八十五年，由行政院國家資訊通信基本建設(NII)專案推動小組，將電話自動讀表訂為NII的重點推動項目。希望藉由自動讀表系統的推行，徹底解決水、電、瓦斯表的抄表問題。為配合此一國家政策，經濟部標準檢驗局於民國八十七年制定完成CNS 14273，『自動讀表系統使用有線電信網路讀表介面單元』及CNS 14274，『自動讀表系統使用無線通信網路讀表介面單元』2項國家標準，為我國自動讀表系統的發展奠定了重要的基礎。

自來水事業單位早在民國七十幾年的時候，就已透過出國考察及國外資料的搜集，了解世界各國自動讀表系統的發展情況。其中比較有系統的探討是在自來水協會管理委員會八十二及八十三年度專題研究計劃『自來水事業抄表收費制度之研究』中討論國外各種自動讀表系統的實施方式。接著在民國八十七年度專題研究計劃『用戶大表計量品質改進之研究』除了介紹中華電信在台中地區的自動讀表測試計劃，並且建議未來用戶大表應走向自動讀表，藉以判斷水表性能與用水量是否合理。

中華電信在台中地區的自動讀表測試計劃完成後，中華電信研究所在『自動讀表系統(AMRS)現場試用期末報告』中指出，以電話網路進行自動讀表其正確性應可確認。但目前電話自動讀表的服務僅限於台中地區的ALTA系統。其他地區則須待SMAS系統建設完成，AMRS測試可行後，再開放使用。

三、計劃

由中華電信研究所的『自動讀表系統 (AMRS) 現場試用期末報告』我們發現 2 個值得探討的問題。首先是 SMAS 系統目前並無自動讀表的功能，如果期待全省的 SMAS 系統建設完成，不知還要多少時程。另外，隨著國內電信自由化及服務多樣化的發展趨勢，不必受限於中華電信所提供的無振鈴讀表服務，我們可以評估各種先進的通信技術或不同的通信網路，同樣可以達到自動讀表的目的。

電信自由化之後，我們不再受限於某種特定的自動讀表方式，這正意味著我們可以站在成本效益的考量以及經營管理上的需求，選擇最適合我們的自動讀表系統。但是，在我們決定選擇那一種系統之前，一定要經過整體性及長遠性的評估，才能確保自動讀表系統的順利實施。因為實施自動讀表系統不像採購一批水表，如果規格不符需求下次即不再採購，問題的後遺症較少。自動讀表系統實施之後不僅是要考慮長期系統操作維護的問題，而且萬一系統出了狀況也不是那麼容易說換就換。

有鑑於此，本測試計畫採用呼叫器叫醒及用戶端自動回報的方式進行自動讀表測試。此一實施方案如果可行，我們就可以不受限於電信公司的特定服務，只要有電話的地方就可實施自動讀表。

貳、計畫目標與實施方案

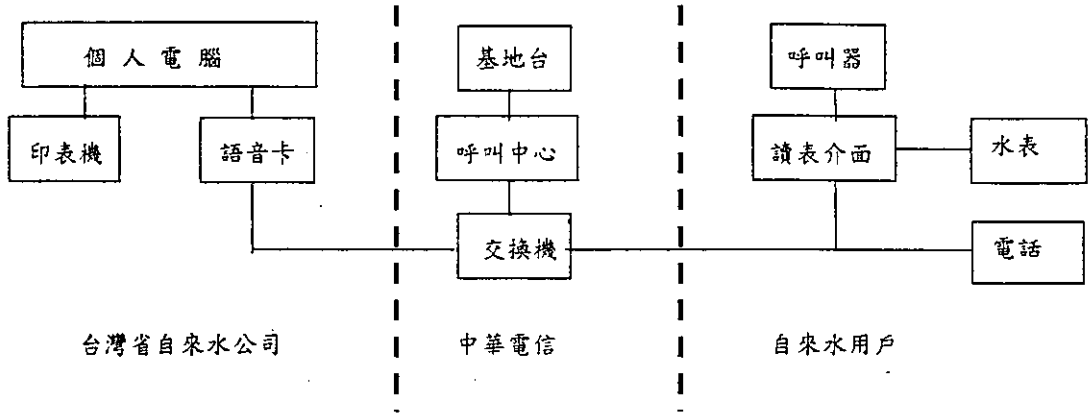
一、計畫目標

1. 驗證電話自動讀表系統 (AMRS) 讀取用戶端水表資料的成功率與正確率。
2. 即時監控用戶水表使用狀況。
3. 提出自動讀表系統實施建議案。

二、實施方案

1. 水表種類：50 mm ~ 300 mm 電子式水表
2. 用戶類型
 - ① 工業用戶
 - ② 辦公大樓總水表
 - ③ 偏遠地區大用水量用戶

3. 系統架構



4. 實施階段

A. 前置作業階段

① 用戶篩選原則

- 為探討不同用水種別用戶之用水動態，對已裝設電子式水量計之現有用戶評估篩選；以其裝設配線長度（中華電信線路進入用戶距離）之成本和表位規置之適切性，採最經濟方式施設，並可以達到預期效果為考量對象。
- 從現有裝置電子式水量計之用戶中，針對其用水量大或水量變化異常者 35 戶，經過實地勘查和多次與用戶溝通完成篩選 8 至 10 戶，作為本期測試對象，涵蓋工業用水、公寓大樓、辦公室大樓、偏遠山區及飯店用戶。

② 讀表設備

- 建立 AMRS 電腦設備。該設備包括 定時自動撥號抄表、即時撥號抄表、抄表資料檔案管理、異常狀況記錄、用戶基本資料檔案管理 等功能。
- 設置 080 免付費電話一線，提供 AMRS 讀表專用。該 080 所選定的電話號碼不再做其他用途，避免影響測試結果。
- 指定一線服務電話，提供測試階段用戶問題的聯絡窗口。

③ 申請中華電信呼叫器門號

中華電信對一般呼叫器用戶有每日 50 通的限制。如果讀表頻率不超過每日 50 通可直接申請一般呼叫器門號進行測試。否

則應與中華電信長途及行動分公司特別約定才能實施。

B. 測試階段 (89/3/1 ~ 89/5/31)

- ①電腦設定每日整點 (每隔一小時) 自動抄表一次, 並記錄抄表結果及異常狀況。每日整點自動抄表可分個別用戶及群組抄表 2 種, 分別進行測試。
- ②每週一次派員至現場整點抄表, 並將抄表資料送回區處與電腦比對。
- ③每月定期檢討抄表結果及異常狀況。

參、研究方法

一、抄表成功率

1. 抄表成功率的定義: 排除電腦故障、水表異常、電話故障原因, 其他如用戶忙線、電話沒掛好、呼叫器叫醒失敗、讀表介面異常, 都屬抄表成功率計算範圍。

抄表成功率計算公式:

$$\text{抄表成功率} = \frac{\text{讀到完整表值資料的次數}}{\text{讀表介面應該回報表值的次數}} \times 100\%$$

二、抄表正確率

1. 抄表正確率的定義: 以人工抄表與自動讀表資料比對 (目前只比對積算值) 其資料吻合的程度。
2. 採隨機方式每天選定特定整點時間, 以人工方式對所有用戶同時進行現場抄表。再將抄得的表值資料與電腦讀表的資料進行比對。
3. 兩者資料可能會因為抄表人員的時間與電腦計時之間的誤差, 表值資料會有些微出入。另外, 因為測試計劃從 4 月份起改為每 2 個小時抄表一次。所以有時候人工抄表與電腦讀表的時間相差將近一個小時。
4. 基於上述可能造成判讀不確定性的原因, 我們先計算出兩者抄表時間與積算值的差值。再與用戶的最大瞬間流量比對。如果時間差值是一小時, 而積算值的差值卻大於最大瞬間流量, 明顯該筆資料

一定有問題。如果時間差值不是一小時，積算值的合理容許差值則以時間比例計算。

5. 抄表正確率計算公式：

$$\text{抄表正確率} = \frac{\text{人工抄表與自動讀表資料吻合的次數}}{\text{人工抄表的次數}} \times 100\%$$

三、每日平均用水量分析

1. 以線性回歸求得個別用戶每個月（3, 4, 5 月）的每日平均用水量。
2. 以線性回歸求得個別用戶 3~5 月的每日平均用水量。
3. 為了解每日平均用水量是否會因不同月份而改變，改變程度又有
多大？

我們引進一個量化指標『偏移率』，它的定義如下：

$$\text{偏移率} = \frac{(\text{當月的每日平均用水量}) - (\text{3~5 月的每日平均用水量})}{(\text{3~5 月的每日平均用水量})} \times 100\%$$

4. 觀察偏移率的變化量就能清楚的掌握用戶用水量的變化程度。

四、瞬間流量分析

1. 以每小時（或每 2 小時）讀取的表值計算瞬間流量。
2. 由瞬間流量隨時間變化的情形研判用戶是否有用水異常的可能，
如表後漏水。

五、用戶分類

根據用戶用水量隨時間變化的情形，將用戶約略分成以下 3 種類型：

- ① 間歇性用水：時而供水，時而停水。一般供水時流量穩定、進水
時間固定（如蓄水池儲水）。
- ② 週期性用水：用水量隨時間有週期性的變化。例如生產工廠的用

水量會隨上下班時間、星期假日週期性變化。

③季節性用水：用水量隨季節、節慶、特定事件而有很大的變化。

例如游泳池、風景區的用水情況。

肆、資料分析

一、抄表成功率

1. 3 月份執行自動讀表的電腦及印表機發生許多狀況。為了客觀起見，以 4, 5 月份的回報記錄計算抄表成功率。
2. 表一是抄表成功率統計表。統計 4, 5 月份的總應回報次數為 5720 次，實際總回報次數為 5637 次。
3. 平均抄表成功率為 **98.5%**。

表一、抄表成功率統計表

地點	應回報次數	實際回報次數	抄表成功率
綠波鎮	732	729	99.6
台南大飯店	717	710	99.0
曾文水庫	696	676	97.1
太子建設	724	714	98.6
堤維西	732	724	98.9
康那香	732	716	97.8
信喜實業	724	718	99.2
泰豐染整	663	650	98.0
合計	5720	5637	98.5

二、抄表正確率

1. 以人工抄表與自動讀表資料相互比對。
2. 有效比對資料 391 筆，佔自動讀表總資料數 4.6 % (自動讀表總資料數 8577 筆)。
3. 抄表正確率 **100 %**。

三、每日平均用水量分析

表二是以線性回歸推估用戶每日平均用水量的比較表。

表二：每日平均用水量

地點	分析時段	每日平均用水量 (CMD)	R ²	偏移率 (%)
綠波鎮	3 月	38.4	0.9999	- 1.79
	4 月	38.4	0.9996	- 1.79
	5 月	41.0	0.9991	4.86
	3 - 5 月	39.092	0.9996	0
台南大飯店	3 月	111.8	0.999	- 9.84
	4 月	121.5	0.9988	- 2.02
	5 月	134.7	0.9998	8.63
	3 - 5 月	124.19	0.999	0
曾文水庫	3 月	30.5	0.9775	- 49.34
	4 月	58.7	0.9856	- 2.49
	5 月	65.6	0.9979	8.97
	3 - 5 月	60.392	0.9971	0
太子建設	3 月	33.6	0.9993	3.07
	4 月	34.2	0.9988	4.91
	5 月	29.8	0.9946	- 8.59
	3 - 5 月	32.606	0.9982	0
堤維西	3 月	197.7	0.9999	7.36
	4 月	188.1	0.9983	2.14
	5 月	187.5	0.9992	1.82
	3 - 5 月	184.26	0.9994	0
康那香	3 月	132.5	0.9977	- 7.08
	4 月	152.1	0.9981	6.66
	5 月	147.0	0.9993	3.09
	3 - 5 月	142.75	0.9995	0
信喜實業	3 月	520.3	0.9869	0.23
	4 月	577.6	0.9886	11.27
	5 月	485.4	0.9936	- 6.49
	3 - 5 月	519.95	0.9979	0
泰豐染整	3 月	754.9	0.9842	- 9.03
	4 月	910.1	0.9907	9.68
	5 月	777.0	0.9828	- 6.36
	3 - 5 月	829.77	0.9969	0

四、瞬間流量分析

推估用戶最高與最低平均流量（每 1 或 2 小時的平均流量）。各用戶的瞬間流量值如表三所示。

表三、最高與最低平均流量

地點	最高平均流量 (m ³ /hr)	最低平均流量 (m ³ /hr)
綠波鎮	7.28	0.00
台南大飯店	13.71	0.00
曾文水庫	15.43	0.35
太子建設	13.80	0.00
堤維西	15.04	1.57
康那香	13.36	0.98
信喜實業	113.37	0.00
泰豐染整	113.03	0.00

五、用戶分類

表四是根據用戶用水量隨時間變化的情形，將用戶約略分成 3 種類型。

表四、用戶分類

地點	用戶類型
綠波鎮	間歇性用水
台南大飯店	週期性用水
曾文水庫	季節性用水
太子建設	間歇性用水
堤維西	週期性用水
康那香	週期性用水
信喜實業	週期性用水
泰豐染整	週期性用水

伍、 結論與建議

一、 結論

1. 抄表成功率

根據 4, 5 月份的統計資料, 平均抄表成功率為 98.5%, 其餘 1.5 % 係用戶之電話線路被佔線, 未能於設定時間內回報所致。

2. 抄表正確率

①人工抄表與自動讀表資料比對, 共比對 391 筆, 佔自動讀表總資料數 4.6%。

②抄表正確率 100 %。

3. 每日平均用水量分析

①由表二的數據發現, 偏移率幾乎都小於 $\pm 10\%$ 。這表示不論用戶的用水情況如何。對於用戶每月用水量的推估, 用簡單的線性回歸就可得到很好的預測值。以目前的資料推算, 其偏差值在一成以內。

至於每日平均用水量是否會隨著一年四季的變化而有明顯變異, 只有等待分析完整一年的表值資料後才能得到答案。

②每日平均用水量是一個追蹤用戶用水量是否異常的重要指標。如果當月用戶平均用水量有 $\pm 20\%$ 以上的偏移率時, 水表主管單位應主動了解用戶用水情況發生異常的原因。

③曾文水庫 3 月份的偏移率為 49.34%, 應該是 3 月份回歸分析的時間太短 (3/22 ~ 3/31), 再加上曾文水庫的用水情況屬於季節性用水所造成。如附件一

4. 瞬間流量分析

①表三之中曾文水庫、堤維西、康那香, 連續 3 個月的測試期間水表都沒有停止過 (最低平均流量大於零)。尤其是堤維西, 雖然最低平均流量是 $1.57 \text{ m}^3/\text{hr}$ 。但是從它的用水量變化圖可以看出, 平均流量經常都保持在 $4 \text{ m}^3/\text{hr}$ 以上。該用戶是否有表後漏水的可能, 很值得我們進一步深入探討。如附件一

②因為電話讀表只有每 1 或 2 小時讀取一次表值。所以表三的瞬間流量值是以每 1 或 2 小時計算得來的平均流量。

③如果想要更詳細的分析用戶用水情況（如新裝或用水量異常的用戶）。建議採用數位紀錄器在現場長時期紀錄表值變化情形，幾週或數月後再取回詳細分析研判。

5. 用戶分類

不同用戶、不同時間其用水量隨時間變化的情形其實是相當複雜的。但是，從統計學的角度來分析這些看似複雜多變的數據資料時，似乎又可以發現其中的規律性。在此，基於日後規劃抄表頻率的需要，約略將用戶的用水情況分成 ①間歇性用水 ②週期性用水 與 ③季節性用水。

至於三者之間目前尚無明確的量化指標，期待後續能在這方面進行更深入的探討。因為掌握用戶用水特性，是做好用戶用水管理的必要條件。

6. 評估推動電話自動讀表測試作業之效益

①即時監控用戶水表使用狀況

此作業系統可以瞭解目前用戶之用水動態，即時呼叫達到立即回報抄表成功之效能，對於掌握用戶用水動態；涵蓋漏水、竊水、水量異常（突增突減）、水表失靈（不轉、遲緩）都能隨時掌控，即時處理。

本案測試期間，因泰豐染整于 5/10 及 5/24 用水量異常及積算值不累進兩種情況發生。且在自動讀表測試作業系統正常運作下，當日即可在報表顯示而告知管控者。故得以及時採取因應處理換表作業措施。是項功能是整個抄表作業量測用戶用水量正確之重要環節。

②以自動讀表代替人工複查大用水量用戶作業更收宏效：

對於特殊用戶用水情況，利用自動讀表作業傳訊跟催（Follow up）之效果遠較以人工每五日或十日前往現場複查其用水量來得更務實。

③大用戶零散分佈，自動讀表作業系統可發揮最大效益：

自來水大用水量用戶水量計裝置地點遍及城市、郊區、偏遠山區各個角落，裝置此一系統作定點管控運作，非但節省人力往返奔波，更因 24 小時均可適時管制，符合時代潮流和企業政策。

二、建議

1. 自動讀表系統架構

本測試計劃是以最經濟的方式，來達到測試目的。因此在所設置的電腦設備及追蹤維護的方式，都較為簡略。但是，如遇停電及電腦當機都會造成讀表工作全面停擺。為顧及將來大量實施的系統負荷及穩定性。在此建議規劃一台穩定性高的工業級電腦作為讀表專用電腦，而且不作其他用途。另外成立 AMR 中心負責系統規劃及操作維護工作，以發揮系統的最大效益。

2. 自動讀表系統實施程序

自動讀表的實施是一件系統性的工作。它有一定的程序與規範，如此才能確保系統運作順利，並且發揮最大的效益。附件二是自動讀表系統的實施程序，以此作為日後實施自動讀表的參考。

3. 用戶選定及作業規畫

自動讀表的實施絕非一蹴可及，它是一種階段性循序推展的工作。以目前抄表作業現況應針對大用水量及水量異常用戶之用水情形，作有效管控列入首期推動目標，並逐步將自動讀表系統納入現行營運業務電腦化之抄表作業系統、水表管理系統、營收作業系統及檢、修漏作業系統之程序中。

4. 用戶意願書

雖然電話自動讀表是在不影響用戶正常使用電話的前提下，藉用戶電話回報表值資料。但是為了避免日後困擾，我們在安裝讀表介面前都會事先徵得用戶同意，並填寫用戶意願書。

由於用戶對電話自動讀表的了解不多，再加上一一般人對電話的隱私性較為敏感，所以計劃初期在填寫用戶意願書的過程中，確實遭遇許多溝通上的困擾。

建議日後應指派專人（了解自動讀表並善於溝通者），執行用戶意願書的填寫工作。當然，長遠之計是在用戶申請用水時就要求填寫用戶意願書，或由內線預審圖內明訂，如此方能事半功倍、一勞永逸。

5. 現場勘查

自動讀表系統的施工不比安裝水表，只要將水表裝入窰井中的固定表位即可。因為自動讀表必需將用戶電話線接到讀表介面，其配線路徑將因用戶環境的不同有很大的差異性。為確保日後實施自動讀表的穩定運作，須做好讀表介面的安裝及配線施工。

另外，在施工之前也規定了現場勘查作業程序。用戶端的現場勘查有 2 個目的：① 了解讀表介面的安裝配線環境 ② 作為日後

估價與施工的參考。

6. 讀表時間規劃

測試資料估算，從撥接電話、傳送 2 次表值資料到通話完成，約需 70 秒。據此，每一條讀表專線每天約可讀取 1234 ($86400 / 70$) 個表值資料。考慮資料衝撞及用戶電話忙線，推估一條讀表專線每天約可讀取 864 ($86400 / 70 \times 0.7$) 個表值資料。

用戶讀表時間的整體規劃是提高讀表效率的決定因素。有了整體規劃才能分散用戶的回報時間，避免電話塞車。有了整體規劃才能避開用戶高話務量的時段，避免用戶佔線。

故應確實掌握大口徑水表的用戶數、用戶類型、分布狀況。並依此事先規劃一套有效率的時間規劃模式，再依此階段性推展該地區的自動讀表系統。

為了確實掌握自動讀表系統的運作時序 (schedule)，應該避免臨時性的讀表要求。以定時回報表值為其運作方式。如此，不但可確實掌握自動讀表系統的運作時序，同時也可省掉呼叫器的購置成本及呼叫器撥接通話費。

7. 系統維護

自動讀表系統就好比電腦系統，它隨時在讀取最新的表值資料、用戶數量陸續增加、資料分析功能隨著需求一直擴充。為確保系統運作順利就必須有系統維護的專責單位 (AMR 中心) 負責：
①選定新增讀表用戶 ②規劃讀表回報時間 ③電腦系統資料庫管理 ④用戶端異常管理。

陸、參考文獻

1. 朱健行，1990，自來水配水管理資訊系統與電腦監控系統之探討，第七屆自來水論文發表會論文集，中華民國自來水協會。
2. 黃佑仲，1995，「我國水表抄表自動化的發展」，經濟部能源委員會電力負載管理技術研討會論文集。
3. 黃佑仲，1995，「電子式水量計之管理功能」，中華民國計量工程學會論文集。
4. IEEE Std 1390. IEEE Standard for Utility Telemetry Service Architecture for Switched Telephone Network, the Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1955。
5. CNS 14273，『自動讀表系統使用有線電信網路讀表介面單元』，經濟部標準檢驗局，1998。
6. CNS 14274，『自動讀表系統使用無線電信網路讀表介面單元』，經濟部標準檢驗局，1998。

7. 黃錦珍，1998，自動讀表系統（AMRS）現場試用期末報告，中華電信研究所。
8. 李泰雄，1998，用戶大表計量品質改進之研究，中華民國自來水協會。
9. 黃佑仲，2000，「水量計自動讀表系統之種類與標準」，經濟部標準檢驗局。

柒、附件

附件一：曾文水庫用水量變化圖。

附件二：自動讀表系統實施程序