

抄表作業自動化之研究

The Automation of Meter Reading

黃佑仲

壹、前言

在所有公用事業中 (Utilities)，就自來水表最不易抄取。由於水表乃計量收費的依據，因此，抄表作業的效率直接影響事業營收、用戶權益及對外形象至鉅。

早在1890年人們就已經嘗試用遠隔顯示的方法，尋求改善抄表業務。而美國第一份關於水表遠隔顯示的專利，也在1917年獲準。從此以後，各種改進抄表工作的方案不斷推陳出新。尤其是近年電子科技的突飛猛進，更使得抄表業務自動化得以實現。

以下我們就目前常見的幾種抄表業務改善方案，逐項討論：

一、自動讀表

所謂自動讀表 (Automatic Meter Reading; AMR)，就是從遙遠的某地，藉由某種媒介，以讀取用戶家中計量裝置的內容。在此，就這句話所提到的幾個名詞做個說明。所謂“遙遠的某地”，是指自來水公司、電力公司、瓦斯公司等公用事業 (Utilities)。藉由某種“媒介”，則是指透過電話線、電力線、電纜線 (第四台)、無線電波、光纖等通訊媒體，以達到傳遞資訊的目的。而“計量裝置”所指的是，具有通訊能力的水表、電表、瓦斯表。

至於計量裝置的“內容”，除了讀數以外，表號、各種狀態 (磁干擾、漏水警告...等)，都可讀取。

二、遠隔讀表

遠隔讀表 (Remote Meter Reading; RMR)，與自動讀表不同。遠隔讀表是將某種與水表相連的顯示設備 (或資料擷取設備)，放在水表附近容易抄表的地方，方便抄表人員完成抄表工作。

※弓銓企業股份有限公司總經理

三、手提小電腦抄表

根據以上的定義，最近台灣電力公司所實施的手提小電腦抄表業務 [1]。既不屬於遠隔讀表，更談不上自動讀表。手提小電腦抄表 (Hand-held Computer Meter Reading; HCMR)，簡單的說就是以一台手提小電腦代替抄表卡。傳統的抄表卡要用手寫，現在改用鍵盤輸入。在此要特別強調，手提小電腦抄表絕對不是遠隔讀表。遠隔讀表基本設計的構想是“方便抄表”，而手提小電腦抄表則希望節省電腦中心的資料輸入工作。這也是為何在國外電表用的是手提小電腦抄表，而水表考慮的卻是遠隔讀表。根據林建財[2] 在『自來水用戶抄表作業與工作能量研究報告』明確指出，表位不當為影響抄表工作量之第一因素。因此，水表的問題主要是表位不當所造成的抄表困難，而不是資料輸入。光是用手提小電腦抄表，根本無法解決水表抄表的問題。

貳、各種抄表方式的比較

水公司、電力公司、瓦斯公司在選擇一種抄表方式時，應有其不同的考慮因素。正如前一節所討論的，光用手提小電腦抄表，是無法解決水表抄表的問題。林建財同時指出，完成抄表之全部作業時間內，走路時間佔全時比例為53%(密集區)~70%(市郊區)。因此，就算我們以遠隔讀表的方式解決了表位不當的問題，抄表效率的改善仍相當有限。因為，遠隔讀表，抄表人員仍然要走到水表現場。

自動讀表是徹底解決公用事業抄表問題唯一的答案。由於自動讀表的實施，不但使抄表業務從抄表到水費開單完全自動化。更因為不受抄表人力不足的先天限制，可以採合理的時距抄表(如恢復每月抄表)，進而減輕利息負擔。當初自動讀表系統的發展是為了解決抄表問題。但是當水表(電表、瓦斯表)與通訊網路相結合，其所發揮的效益就不僅止於抄表業務的改善。在美國 AMR 與 EMS (Energy Management System; 能源管理系統) 及 HA (Home Automation; 家庭自動化)，三者已有密切結合在一起的趨勢[3]。

迎接資訊化社會的到來，我們對“水表”所扮演的角色，應該要有全新的定義與認識。它除了計量收費之外，更應該是整個資源管理系統 (Resources Management System; RMS) 中重要的一環。

參、自動讀表系統

根據通訊媒體的不同，自動讀表系統可分成下列幾種：(1)電話交換網路 (2)電力線 (3)電纜線 (4)無線電波 (5)光纖。

一、電話交換網路

本系統主要的構想，是在用戶端的電話線上掛接一種讀表介面。該介面有如一台水表專用的電話分機，它的功用是負責將水表的資料，透過電話線路，傳送給遠端的自來水公司。

電話讀表又可分撥出型(Dial Out Bound)與撥入型(Dial In Bound)二種。如果是由自來水公司主動撥號給用戶端的水表，就稱為電話撥出型自動讀表。如果用戶端的讀表介面以用戶電話撥號給水公司，就稱為電話撥入型自動讀表。

就通訊技術而言，撥出型要比撥入型困難的多。但就整個讀表系統的管理與經濟效益而言，撥出型遠勝於撥入型。撥入型在操作時水公司要預先在讀表介面設定水公司電話號碼、打電話回水公司的時間。之後，水公司只有被動的等待水表打電話回公司。萬一在指定的時間沒接到水表的電話，水公司也不知道問題的原因。是因為用戶佔線？水公司忙線？讀表介面損壞？...等。水公司又無法隨時主動"詢問"水表的情況，在這種情形下只有派人到用戶家察看問題出在那裡。換句話說，水公司安裝了撥入型水表後，只有被動的期待水表的訊息。想要主動了解水表情況、用戶用水情形都是不可能的。這種水表在安裝後只有隨它自生自滅。

電話撥出型自動讀表系統，提供水公司隨時查詢水表狀況的功能。如此不但解決了上述撥入型系統的困擾。更因為此一系統的架構，很容易配合水公司整個自來水配水管理監控系統的實施，充分發揮水表的計量功能。有關本系統的各種效益分析，在以下的章節會有更進一步的探討。

二、電力線

對電力公司而言，藉由電力傳輸系統來傳遞用戶端電表的讀數，似乎是一件自然又合理的方法。但是在資料傳送過程，信號易受線上電容及變壓器的影響。因此在通訊技術尚未成熟之前，以電力線進行自動讀表仍屬實驗階段。

三、電纜線

這裡所指的電纜線就是國人俗稱的第四台。在國外(尤其是美國)，第四台已相當普及，再加上完善的管理。因此就有人看上其高品質的通訊網路(傳送影像所需線路的品質比聲音高)，想藉此進行自動讀表。

雖然此一構想不錯，但就目前臺灣整個通訊的發展趨勢而言，以第四台進行自動讀表恐怕行不通。

四、無線電波

利用無線電波的發射與接收完成抄表工作，最大的好處是不需要再架設一套複雜的通訊網路。但是，由於無線電通訊很容易受到建築物(尤其在都市)或其它環境的干擾，因此要以此技術實施自動讀表，仍然有待商榷。

五、光纖

交通部電信研究所目前正積極推動一項劃時代的研究計畫，稱之為『光纖到家計畫』。該計畫探討將來類比電話網路改成數位網路後，電信局除了傳統電話服務之外，還能提供何種額外的服務。其中包括：高解析電視(HDTV)，影像電話，自動讀表...等。而該計畫對未來電信業務的影響恐怕不是就"光纖"兩個字所能形容。

由於電腦與通訊技術的突飛猛進，整個地球就像一個小村落。不論你現在身在何處，只要一通電話就可以和地球上任何角落的朋友連絡。世界的趨勢是如此，若要滿足這種通訊上的需求，在電信業務上就必需克服以下的問題。

1. 整合世界上所有通訊網路。
2. 將類比網路換成數位網路，以提高通訊效率。
3. 制定世界共同遵守的通訊協定。

於是，整合服務數據網路 (ISDN; Integrated Services Digital Network) 乃應運而生。

所謂整合服務數據網路，簡單的說，就是希望藉由全世界電話網路的整合，以提供用戶各種通訊上的服務。在此所謂“各種通訊上的服務”，包括了語音(電話)、數據、影像 (如高解析電視;HDTV)等訊息的傳送。換句話說，ISDN除提供傳統電話的服務之外，舉凡電腦連線、電傳視訊、電視會議 ... 等項目，都屬ISDN服務的範圍。當然自動讀表也包括在內[4,5]。

因此，實施自動讀表的方式雖然很多，但電話撥出型自動讀表系統，不但現今是主要的自動讀表系統，將來配合ISDN實施之後，更是唯一的選擇[6]。

肆、電話撥出型 自動讀表系統

早在1960年代，美國AT&T、西屋電氣(Westinghouse Electric) 等公司，就嘗試利用電話網路進行自動讀表的實驗工作。後來陸續有許多水公司、電力公司、瓦斯公司、電話公司，嘗試透過各種通訊媒介來實施自動讀表工作。雖然有許多公司積極投入此一自動讀表市場，但是由於當時電子技術難以克服的一些問題，直到1980年代，自動讀表才得以逐漸普及。例如 Hackensack Water Company 在1985年，就著手進行數十萬個水表的自動讀表計畫 (HOMER 計畫; Hands-Off MEter Reading)。

一、系統架構

電話撥出型自動讀表系統的系統架構如 圖1所示。以下將詳細說明要實施自動讀表時，所需要配合的各項設備。

1. 用戶端

電子式水表：具有通訊功能，可將表值及狀況透過訊號線傳送給讀表介面。以一般規格電纜線當訊號線的情形下，水表能將訊號正確無誤的送到遠在200公尺之外的讀表介面。

讀表介面：當自來水公司撥電話到用戶端進行讀表時。讀表介面負責將水表所傳送過來的資料，再加上讀表介面本身的狀態資料(例如 讀表介面與水表間的線路被剪斷... 等)，透過電話網路，在3秒內送回自來水公司。

一個讀表介面，可同時掛接多個水表或其它計量表(目前規格是4個)。在自來水公司撥電話讀表時，只需指名要讀第幾號位置的表即可。

自動讀表系統雖然與用戶電話共用一條線路，但是讀表介面在設計上，是以用戶電話的使用為優先。假設水公司在進行讀表的過程中，只要用戶拿起電話聽筒，讀表介面立即中斷讀表工作(50ms以內)，將電話線路交給用戶使用。用戶根本感覺不出有任何不便之處。

2. 電信局交換機設備

當自來水公司撥電話到用戶端進行讀表時，用戶的電話不能有響鈴。為滿足此一要求，在交換機設備上必需提供 無振鈴線路 (Non-Ringing Trunk) 供自動讀表使用。目前國內交換機設備中，尚未提供這種無振鈴線路的服務。因此需要在測試中繼線路 (Test Trunk)，加上介面裝置來實施。目前國內已自行開發成功此一介面裝置，只要自來水公

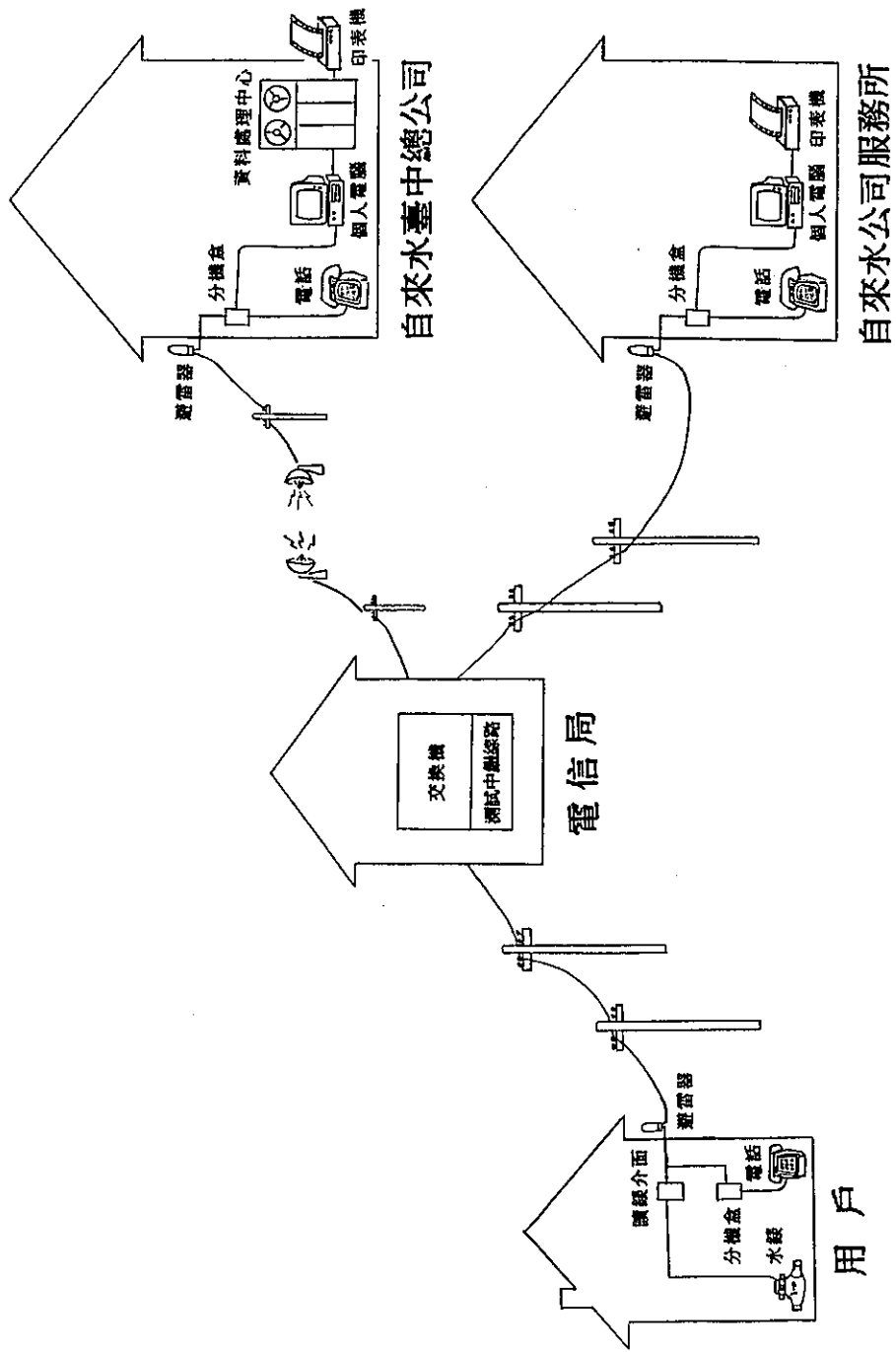


圖1 電話撥出型自動讀表系統架構

司（或其它公用事業）有此需求，就國內的通訊技術而言，絕對沒有問題。更何況將來實施 ISDN 之後，自動讀表將成為電信局例行的服務項目。

3. 自來水公司自動讀表設備

自來水公司只需在個人電腦的擴充槽插上 PE (Polling Engine) 介面卡，配合自動讀表資料庫管理系統 (MRDB; automatic Meter Reading Data Base management system)，即可透過一般電話線路進行自動讀表。

該線電話在不實施自動讀表時，仍可當一般電話正常使用。例如，若安排在深夜進行自動讀表，不但電話線路可正常使用，電腦設備更可支援其它辦公用途。使公司的設備投資，達到最大的使用效率。

如果水費單要集中在電子資料處理中心集中處理，只需以現有終端機設備 (Terminal)，就可將抄表資料直接載入大型電腦中。

二、抄表流程

1. 首先水公司負責抄表業務人員，利用辦公室的個人電腦 (IBM Compatible PC)，執行自動讀表資料庫管理系統，以交談的方式選定抄表用戶。
2. 設定自動讀表開始時間 (時間可選擇在公司下班後)。
3. 設定的讀表時間一到，電腦將自動撥號給電信局交換機房的測試中繼線路，將抄表用戶資料整批傳送給測試中繼線路上的記憶裝置。
4. 水公司的電腦自動掛斷電話。接下來，讀表的工作就交由測試中繼線路自動完成。
5. 測試中繼線路根據抄表用戶資料，逐筆自動撥號進行抄表。並記錄所有水表資料，包括水表計量值、漏水警告、反向安裝、水表移位、水表與讀表介面訊號線被剪斷 ... 等。如果該用戶電話忙線無法接通，也會記錄下來。
6. 水公司電腦重新撥號給測試中繼線路 (例如 在隔天早上上班前)。從測試中繼線路讀回已經完成抄表的用戶資料。
7. 將用戶抄表資料彙總，透過電話線路 (或以磁碟片寄出)，將抄表資料電腦檔案直接傳送到總管理處資料處理中心的大型電腦，執行水費開單作業。或是直接以個人電腦在負責抄表工作的區處 (或服務所) 當場印製水費單。

以上抄表作業完全不假人手，不但可避免人為抄表、電腦輸入的錯誤之外。更可利用下班以後的時間進行自動讀表，提高電腦設備的使用效率。

伍、自動讀表資料庫管理系統功能說明

自來水公司只需在個人電腦的擴充槽插上 PE (Polling Engine) 介面卡，配合自動讀表資料庫管理系統 (MRDB; automatic Meter Reading Data Base management system)，即可透過一般電話線路進行自動讀表。

目前自動讀表資料庫管理系統 (以下簡稱 MRDB) 設計的原則有下列 4 點：

1. 彩色中文環境：所有的電腦操作畫面，都以彩色中文顯示 (也有單色中文版本)。對操作人員有很好的使用者親合力 (User Friendly)。

2. 系統操作簡單：不論將來MRDB的操作，是由抄表人員或其他辦公人員兼任。系統的易學易用將直接影響MRDB被接受的程度。尤其正當水公司開始積極推動業務電腦化的階段，希望自動讀表系統的實施是個好的開始。
3. 兼顧目前水費開單系統作業方式：MRDB在完成抄表作業後，可自動產生與總管理處水費開單系統相容的抄表資料檔。如果水費開單作業仍集中在資料處理中心集中處理，則MRDB可透過電話線將資料檔案直接載入資料處理中心。
- 4 配合未來可能作業方式：分散式資料處理是未來資料處理的趨勢。如果需要的話，MRDB可直接以個人電腦列印水費單。如此不但減輕資料處理中心的工作負擔，更可因為縮短水費開單作業時間，進而減輕利息負擔。

由於MRDB完全由國人自行開發完成，將來隨時可配合水公司在實際抄表業務上的需求繼續擴充功能。相信MRDB是將來自來水事業電腦化過程中，相當重要的一環。

一、系統架構

圖2 是自動讀表資料庫管理系統的系統架構。以下我們就從 (1)系統維護 (2)自動讀表 (3)列印報表 三方面來討論自動讀表資料庫管理系統。

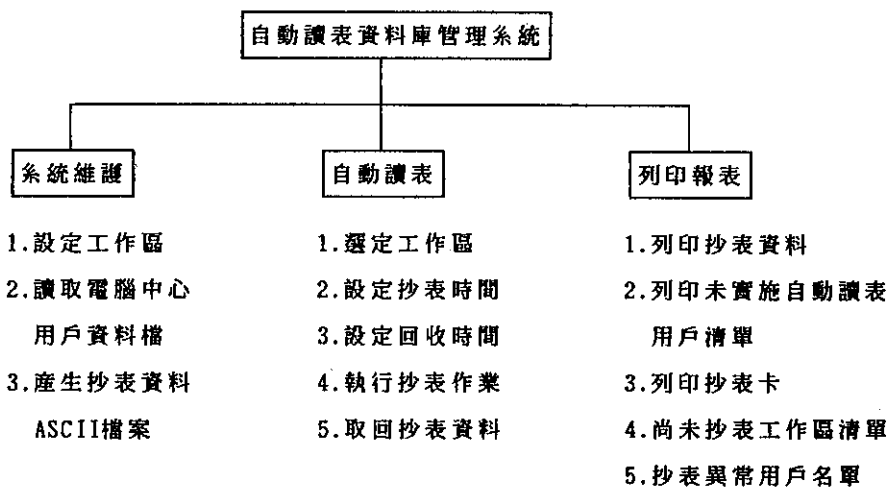


圖2 自動讀表資料庫管理系統 系統架構

二、系統維護

1. 設定工作區：依抄表作業的規劃，將抄表範圍分成幾十個工作區。原則上每個工作區代表一天的抄表量。工作區一旦設定，便儲存在資料庫裡面。除非因為抄表工作上的需要，重新變更工作區的設定。否則，建議使用者盡可能不要更動工作區的設定。
2. 讀取電腦中心用戶資料檔：抄表作業所需的用戶資料，可直接由總管理處的資料處理中心載入。如此不但節省人工輸入成本，更重要的是不會因為資料輸入錯誤，而無法與水費開單系統直接整合。
3. 產生抄表資料ASCII檔案：每二個月完成抄表工作之後，系統會將抄表資料轉成標準ASCII檔案。如此可直接將資料載入資料處理中心的大型電腦，完全不假人手。

三、自動讀表

1. 選定工作區：MRDB的抄表工作都是以工作區為基本單位，使用者可要求電腦一次讀取一到數個工作區。
2. 設定抄表時間：為充份利用電腦設備，自動讀表的工作可在下班後執行。使用者只需告訴電腦什麼時候開使讀表(如晚上12點)，時間一到，電腦將自動撥電話給電信局交換機設備，執行自動讀表。
3. 設定回收時間：電信局交換機設備完成讀表工作後，會將資料存在記憶體中，等待水公司的電腦再撥電話給它，將資料讀回來。於是使用者在設定抄表時間後，可以同時設定資料回收時間。時間一到，水公司的電腦將自動撥電話，將儲存在交換機設備中的抄表資料讀回。例如，使用者可設定晚上12點開始抄表，隔天早上七點收回抄表資料。於是使用者在隔天上班時(假設早上8點)就可列印出抄表資料。
4. 執行抄表作業：使用者在選擇此一功能之前，一定要先完成上述三件工作。於是MRDB就會在指定的時間執行自動讀表，同時在指定的時間將抄表資料收回。
5. 取回抄表資料：如果在設定的回收時間之前想要提前將抄表資料收回，可選定本功能，要求MRDB立即取回抄表資料。此一功能對將來配水管網監控系統的實施，有相當的助益。

四、列印報表

1. 抄表資料：使用者可根據(1)工作區 或(2)起始-結束水號，要求列印抄表資料。
2. 未實施自動讀表用戶清單：使用者可根據(1)工作區 或(2)起始-結束水號，要求列印未實施自動讀表用戶清單。
3. 抄表卡：使用者可根據(1)工作區 或(2)起始-結束水號，要求列印未實施自動讀表用戶的抄表卡。以人工抄表的方式，補自動抄表的不足。這在全面實施自動讀表前，是一個過渡時期的必然措施。
4. 尚未抄表工作區清單：目前抄表業務每2個月實施一次，為避免時間過長，造成負責人

員的疏乎，漏抄某些工作區。因此使用者可要求系統列印在某一日期之後，尚未抄表工作區的清單。

5. 抄表異常用戶名單：在此所謂抄表異常可能有2種情況：(1) 讀表介面傳送回來水表遭到破壞、電源不足、訊號線被剪斷...等訊息。(2) 電話讀表連續3次撥號(3天)都無法撥通。電腦將主動列印出符合上述情況的資料，提供水公司作進一步處理的參考。

陸、成本／效益分析

早期自動讀表系統確實是為了改善抄表作業而發展的。但是自動讀表系統的經濟效益，決不僅止於抄表業務的自動化。

在此分別就(1)現行人工抄表作業(2)電話撥出型自動讀表系統為例，進行成本／效益分析。同時比較實施自動讀表後，預計每年可增加多少收益。在進行成本／效益分析之前，我們要先設定幾個前題。

1. 抄表次數越頻繁，自動讀表系統的效益越高。但是有鑑於目前普遍實施的二月抄表收費制，不易在短期內改回每月抄表收費制。因此，以下的分析採二月抄表收費制為基準。
2. 根據經建會『國建六年計畫』指出，GNP將由79年的7,990美元，提高到85年的13,950美元，預計成長75%。可預期的，我國將逐步進入高人工費用的時代。
3. 對於人工讀表業務的成本分析，關於抄表人員、抄表卡覆核員薪資的部份，是根據林建財『自來水用戶抄表作業與工作能量研究報告』(民國79年)的資料。其中並不包括辦公設備、文具紙張(含抄表卡)、管理人員、抄表交通工具...等費用。至於總管理處資料處理中心的計費開單費用，則參考中華自來水暨下水道研究社『抄表制度之研究』[7](民國77年)。

雖然所參考的不是最新(民國80年)的資料，但是人工抄表業務的主要成本是人事薪資，因此今年的成本只有增加不可能減少【註1】。

4. 在設備成本方面，包括電子式水表、讀表介面、個人電腦。雖然自動讀表的業務並不需要佔用太多個人電腦時間，也就是說個人電腦平時可用來執行一些業務，等下班後再用來執行自動讀表。但是目前水公司各廠所仍十分缺乏個人電腦，所以在此電腦設備仍列入系統的裝設成本。換句話說，實施自動讀表，免費獲得『廠所資訊電腦化計畫』所需的電腦設備。
5. 電子產品在本質上具有反通貨膨脹的特性。就個人電腦為例，IBM PC/AT在民國77年一套約新臺幣六、七萬元，現在以一萬元左右就可以買到功能更強的同型機種。只要我們堅持不斷的從事電子式水表的研發工作，再加上國內市場的大量需求。相信電子式水表將會像個人電腦一般，品質越來越高，價格越來越低。

【註1】幫浦理論

有些人建議以實施四月抄表(甚至六月抄表)收費制,來解決人工成本過高的問題。或許表面上四月抄表收費制所節省的人工成本,足以彌補售水的利息損失。但是以減少抄表次數換取帳面上的利潤,它所付出的代價卻是整個自來水公司營運效率與服務品質的降低(如 水費糾紛、遭竊水量增加、計費水量損失增加、呆帳金額擴大...等[7])。

民國66年自來水公司由每月抄表改成隔月抄表。近年由於人工成本增加,又有人考慮改成四月抄表。依此類推,國內的人工成本總有一天會再超過六個月(甚至一年)的售水利息損失。到那時後,是不是又要改成六月抄表,甚至一年抄表?

這正如 郭勇吉 [8]的幫浦理論所強調的,對於一個迫切需要興革的業務沒有徹底檢討病因,對症下藥,只是打上興奮劑。或許一時之間效用非常,但是就像幫浦一樣,壓一下問題就少一些,不壓問題又再次發生。長此以往,不但無法根本解決問題,甚至會對企業造成更大的傷害。

一、現行人工抄表業務成本分析

1.購置機械式水表：

- (1)以20mm直讀式水表計算,約650元/個。
- (2)每個使用8年。
- (3)臺灣省自來水公司用戶數以307萬戶計算。
- (4)假設年利率8%,則每年平均現值為1.436倍。

8

$$\left(\sum_{n=1}^8 (1+8\%) \right) \div 8 = 1.436$$

n=1

- (5)每年裝設成本為 358,192 仟元/年。

$$650\text{元}/\text{個} \div 8\text{年}/\text{個} \times 307\text{萬戶} \times 1.436 = 358,192\text{仟元}/\text{年}$$

2.抄表人員：

- (1)每件抄表成本為11~15元(含薪資、不休假、服裝費、勞保費、退休費提列等),故以其平均13元計算。
- (2)另需付考績及績效獎金(以2個月計),故每件抄表成本約為：
 $13\text{元} \times (14 \div 12) = 15.17\text{元}/\text{戶}$
- (3)近年軍公教人員調薪幅度約為5%~8%,在此假設每年平均調薪幅度為5%。

8

$$\left(\sum_{n=1}^8 (1+5\%) \right) \div 8 = 1.253$$

n=1

(4)則每年抄表成本為 350,128仟元/年。

$$15.17\text{元}/\text{戶} \times 307\text{萬戶}/\text{次} \times 6\text{次}/\text{年} \times 1.253 = 350,128\text{仟元}/\text{年}$$

3.抄表卡覆核員：

(1)每人年薪約598,710元(含薪資、考績及績效獎金)。

(2)每20,000戶設一人。

(3)另需付不休假、服裝費、勞保費、退休費提列等費用，約為薪資的6%。

故每件抄表成本約為 2.64元/戶。

$$598,710\text{元}/\text{人年} \div 12\text{月}/\text{年} \times (1+0.06) \div 20,000\text{戶} = 2.64\text{元}/\text{戶}$$

(4)近年軍公教人員調薪幅度約為5%~8%，在此假設每年平均調薪幅度為5%。

(5)則每年抄表成本為 60.932仟元/年。

$$2.64\text{元}/\text{戶} \times 307\text{萬戶}/\text{次} \times 6\text{次}/\text{年} \times 1.253 = 60,932\text{仟元}/\text{年}$$

4.資料處理中心計費開單費用：

(1)每戶每次計費開單之單位費用，包括電腦租金、維護費、紙張、操作用人費、電費、消耗品、郵寄費等，平均每件2.054元。

(2)假設8年內計費開單之費用都不調整，則每年抄表成本為 37,834仟元/年。

$$2.054\text{元}/\text{件} \times 307\text{萬戶}/\text{次} \times 6\text{次}/\text{年} = 37,834\text{仟元}/\text{年}$$

二、自動讀表系統成本分析

1.購置電子式水表、讀表介面：

(1)以20mm電子式水表計算，假設一組約3700元。

(2)每組使用8年。

(3)假設年利率8%，則每年平均現值為1.436倍。

(4)每年裝設成本為 2,038,940仟元/年。

$$3,700\text{元}/\text{個} \div 8\text{年}/\text{個} \times 307\text{萬戶} \times 1.436 = 2,038,940\text{仟元}/\text{年}$$

2.購置個人電腦

(1)含PE介面卡及自動讀表資料庫管理系統

(2)假設每套約70,000元。

(3)每套使用8年。

(4)就通訊技術而言，一套電腦設備能夠讀幾個水表並無限制。唯一要考慮的恐怕是在行政業務上的規畫。在此假設一套電腦設備負責 30,000個水表(因為電信局一台交換機有30,000門號)。

(5)假設年利率8%，則每年平均現值為1.436倍。

(6)每年裝設成本為 1,285仟元/年。

$$70,000\text{元}/\text{套} \div 8\text{年}/\text{套} \div 3\text{萬個}/\text{套} \times 307\text{萬戶} \times 1.436 = 1,285\text{仟元}/\text{年}$$

3.電話費用

自動讀表系統操作程序如下：

- (1) MRDB將所欲抄表的用戶資料以電話傳送到電信局交換機設備(只需一通電話就可傳送2,000個用戶資料)。
- (2) 交換機房之設備依用戶電話號碼逐一撥號，進行自動讀表。
- (3) MRDB再撥一通電話給電信局交換機設備將抄表完成的用戶資料讀取回來。

上述(1),(3)項所費成本為：

$$2\text{元}/\text{次} \div 2,000\text{戶} \times 307\text{萬戶}/\text{次} \times 6\text{次}/\text{年} = 18\text{仟元}/\text{年}$$

有關(2)項成本，由於電信局尚未開放該項業務。在此假設每撥通一個用戶電話收1元。因此，每年抄表電話費用為18,438仟元/年。

$$1\text{元}/\text{戶} \times 307\text{萬戶}/\text{次} \times 6\text{次}/\text{年} = 18,420\text{仟元}/\text{年}$$

$$18,420\text{仟元}/\text{年} + 18\text{仟元}/\text{年} = 18,438\text{仟元}/\text{年}$$

三、售水率的提高

減少漏水代表著：

- (1) 節省開發水源的龐大支出。
- (2) 增加水費收入。
- (3) 確保水質，早日實現『自來水生飲計畫』。

自從民國63年台灣省自來水公司成立以來，對檢修漏作業一直相當重視。檢修漏作業的成效一般以售水率來表示。因此水公司早在民國七十一年之中長程發展計畫『提高售水量計畫』中，研訂每年以提高0.5%為目標，期至七十九年度時，售水率能提高至80% [9]。

1. 售水率有逐年下降的趨勢

根據自來水公司的統計資料，在民國65到72年間，售水率由68.10%提高到75.90%。但是從民國76年起，售水率卻有逐年下降的趨勢 [10] (表1)。由資料可明顯看出，售水率要由停滯多年的78%，提升到80%的目標，似乎需要一些新的檢修漏措施才可達成。

表1 75年—78年售配水量統計比較

年度	設出水量 仟m ³	配水量 仟m ³	抄見水量 仟m ³	售水量 仟m ³	水費收入 仟元	用入費 仟元	員工 人數	售水率 %	抄見率 %	配水率 %	每元生 產水量 m ³	每員工每年分攤	
												收入 (元)	售水量 m ³
75	1,885,006	1,201,334	844,709	938,310	6,007,593	2,099,939	7,036	78.11	70.31	63.73	1.75	853,836	133,358
76	1,961,637	1,298,613	930,475	1,024,936	6,369,491	1,220,999	7,013	78.93	71.65	66.20	0.94	908,240	146,148
77	1,995,325	1,417,248	1,019,345	1,116,045	7,013,490	3,180,437	6,949	78.75	71.92	71.03	2.24	1,009,280	160,605
78	2,051,436	1,541,853	1,102,931	1,206,178	7,608,947	3,466,581	6,963	78.23	71.53	73.16	2.25	1,092,768	173,226

2. 漏水原因與檢修工作

造成漏水的原因很多，而各區域設施情形不同，也會造成不同的漏水狀況。而合理的防漏作業，應先進行配水量分析後，再進行探測及修漏作業 [11,12]。自來水公司檢漏隊，以每3年循環作業一次積極進行檢漏，然成效並不十分理想。目前營運處正積極推行，供水區每2年循環檢漏一次之原則。在此原則下，勢必增加許多檢修漏人員及各種檢漏成本 [10,13]。

台灣省自來水公司檢修隊，佔員工總額百分之二。而英國為百分之六，日本為百分之十 [14]。在人力不足的情況下，要做好檢漏工作，自動化是一條可行之路。

3. 檢修漏工作之特性

根據自來水暨下水道研究社的研究（民國71-74年），只要將當時全省未抄見量，排列最高的8個系統，加強檢修工作。使該系統單位管長未抄見量減至 20 CMD/kM時，售水率可超過 80%。

上述檢修漏工作之特性，正符合柏拉圖的 20/80定律。即『如果能掌握影響問題之原因中最重要的 20% 時，問題便可解決約 80%』。

任何檢修漏工作都需付出成本，如何掌握問題重點，讓合理的投資得到最大的經濟效益，將是售水率突破80%的關鍵。

4. 以低成本、高效率完成檢漏作業

以自動讀表系統，配合小區管網，實施檢漏作業。

依歷年統計資料，研判該區域是否需要進一步檢漏。

以管網分析 [15] 鎖定漏水區段，配合聽音檢漏確定漏水地點。

5. 自動讀表系統在檢修漏作業的實際效益

(1) 根據自來水暨下水道研究社的研究，如果能迅速正確的獲得抄表資料。可鎖定全省未抄見量排列最高的8個系統，加強檢修漏作業，可提高抄見率約 6.47%/年 [11]。

(2) 根據陳耀楠『區域性水源聯合運用計劃』 [16]，民國81年到88年，臺灣省自來水公司平均年配水量為 2,192,008仟 m^3 。

(3) 根據賴瑞芳『臺灣省自來水公司向曾文水庫(水利會)購買地面水對於原水單價合理計算方式之研究』 [17]，以迴歸分析推估民國 81年到 88年，平均生產成本 7.98元/ m^3 。

(4) 因此抄見率的提高，每年可節省生產成本 1,625,189仟元。

$$2,192,008 \text{ 仟 } m^3 \times 6.47\% / \text{年} \times 7.98 \text{ 元 } / m^3 \times 1.436 = 1,625,189 \text{ 仟元}$$

四、水表性能之提高

1. 目前實施的四段計價方式，平均單位水價為 9.33元/ m^3 [18]。

2. 一般家庭用戶平均每月用水 26 m^3 [18]。

3. 電子式水表在近似正確流到準確下限流，器差在±2%以內。

(目前機械式水表為±5%以內)。

4. 假設用戶主要用水區域，是介於近似正確流到大流之間。又用戶主要使用 13mm 與 20mm

口徑水表。若直接依照流量大小所佔的比例估算（亦即假設用戶開啟水龍頭屬隨機的行為），則近似正確流到準確下限流的用水量，約佔用戶全部用水量的 10%。

5. 一般推測式機械水表在低流量時，較偏向於負器差。而推測式電子水表則可經由微電腦的複雜計算，將其負器差修正過來。因此，推估改用電子式水表之後，約可增加水費收入 38,499 仟元/年

$$26\text{m}^3/\text{戶}/\text{月} \times 10\% \times 12\text{月}/\text{年} \times 307\text{萬戶} \times (5\% - 3\%) \times 9.33\text{元}/\text{m}^3 \times 1.436 \\ = 38,499\text{仟元}/\text{年}$$

五、成本/效益分析

綜合以上所述，將各種成本彙總成表2。由表2得知，如果全省 307萬水用戶都實施自動讀表，則臺灣省自來水公司每年可增加收益 412,111 仟元/年。

表2 現行人工抄表與自動讀表系統成本/效益分析（二月抄表收費制）

現行人工抄表		自動讀表系統	
成本(效益)項目	金額 (仟元/年)	成本(效益)項目	金額 (仟元/年)
購置機械式水表	358,192	購置電子式水	
抄表人員	350,128	表及讀表介面	2,038,940
抄表卡覆核員	60,932	購置個人電腦	1,285
計費開單費用	37,834	電話費用	18,438
		售水率之提高	-1,625,189
		水表性能之提高	-38,499
總金額	807,086	總金額	394,975
每年可增加收益：807,086 - 394,975 = 412,111 仟元/年			

柒、結論

所有公用事業中，就自來水表最不易抄取。由於水表乃計量收費的依據，因此，水表是否精確及抄表作業的效率直接影響事業營收、用戶權益及對外形象至鉅。

文中我們比較了各種改善抄表作業的方法，發現唯有實施自動讀表才能徹底解決抄表作業的問題(如 表位不當、抄表人員管理、合理的抄表收費制 ... 等)。進而提高抄表作業的效率

根據通訊媒體的不同，自動讀表系統可分成下列幾種：(1)電話交換網路 (2)電力線 (3)電纜線 (4)無線電波 (5)光纖。目前以電話交換網路，為世界各先進國家主要發展驅勢。尤其電話撥出型自動讀表系統，更是將來實施整合服務數據網路(ISDN)唯一的選擇。

從技術的觀點而言，目前國內要實施電話撥出型自動讀表系統，絕對沒有問題。更何況該系統相當具有彈性，可根據水公司業務發展上的需要，階段性逐步實施於全國。

從成本/效益的觀點而言，我們發現，電話撥出型自動讀表系統的經濟效益不僅止於抄表業務的自動化。舉凡售水率的提高、水表性能的提高、用戶端漏水警告、水表使用狀況的掌握(防止竊水)、服務品質的提升...等，都是可預期的各種效益。本文嘗試就以上可加以量化的效益進行分析，估計全省307萬自來水用戶如果都實施自動讀表，則臺灣省自來水公司每年可增加收益新臺幣4億元。

捌、參考文獻

1. 台灣電力公司，手提小電腦抄表系統，民國79年10月。
2. 林建財，"自來水用戶抄表作業與工作能量研究報告"，第七屆自來水論文發表會論文集，第215-230頁，中華民國自來水協會，民國79年11月。
3. Michael Herskowitz, "Control Automation Technology", AMRA NEWS, Vol.4, No.1 (1991)。
4. 丁晶晶譯，ISDN概論，格致圖書公司，臺北 (民國79年)。
5. Andrew S. Tanenbaum, Computer Networks, Prentice-Hall International Inc., New Jersey (1989)。
6. SR-NPL-001108, How to Make Telemetry Transport Compatible with ISDN, Bellcore, New Jersey (1988)。
7. 中華自來水暨下水道研究社，抄表制度之研究，中華民國自來水協會，臺北 (民國77年3月)。
8. 郭勇吉，"自來水供水系統成本分析與控制之研究"，自來水會刊雜誌，第23-59頁，第26期，民國77年。
9. 陳廉泉，"臺灣省自來水公司防漏措施之研究"，自來水會刊雜誌，第20-24頁，第9期，民國73年。
10. "營運處業務概況"，台水月刊，第13-21頁，第七卷，第八期，民國79年。
11. 中華自來水暨下水道研究社，管線系統漏失防止之研究 總結報告，臺灣省自來水公司，民國76年。
12. 中華自來水暨下水道研究社，管線系統漏失防止之研究 總結報告，臺北自來水事業處，民國76年。
13. 王扶桑，"簡述檢漏作業程序與方法"，自來水會刊雜誌，第26-29頁，第32期，民國78年。
14. 陳耀楠，"防漏實驗區計劃一技術研討會 講述綱要"，自來水會刊雜誌，第31-32頁，

第9期，民國73年。

15. 陳榮藏，"配水管網分析之研討及應用"，自來水會刊雜誌，第15-36頁，第16期，民國74年。
16. 陳耀楠，"區域性水源聯合運用計劃"，自來水會刊雜誌，第1-7頁，第40期，民國80年。
17. 賴瑞芳，"臺灣省自來水公司向曾文水庫(水利會)購買地面水對於原水單價合理計算方式之研究"，第七屆自來水論文發表會論文集，第205-213頁，中華民國自來水協會，民國79年11月。
18. 省政記者招待會，臺灣省自來水公司說明調整水價內容，民國79年2月23日。