

計量檢漏在小區管網的實務運用與探討

作者：林子立

摘要

在一個不算小的管網區域內，若僅靠傳統一步一腳印的地毯式檢漏，甚難達到 90% 以上的抄見率，本實例選擇了具高挑戰性的漏水區域來當作試金石。在檢漏單位主導下，「配水表總量」採用可併同壓力值每日自動下載的線上式超音波流量計，其「小區管網」內更採可分割的「線上小區計量」，酌以實務的「分段計量檢漏」來逐一減少漏水量，冀望藉此來降低總的漏水量，並以日均抄見量為檢漏期間的驗證基準，來達到 10% 以內的漏水率。最後再以檢修前、後均一標準的七日同步抄見率，來驗證實際的檢漏成果。

一、前言

台灣自來水公司為有效降低漏水率，經「經建會」審核通過於 93~95 年以三年為期「試辦小區管網計畫」。小區漏水率採用較高標準，要求在 10% 以內，即抄見率（用戶總水量/配水表總量）需為 90% 以上。「試辦小區管網計畫」有：自來水管網基本資料建置、小區管網規劃分析建置、分區總水表設置、抄表作業及計量、配用水量差異分析、因應對策及執行後配用水量資料之比對分析等七個執行步驟¹。

筆者從事檢漏作業多年，深知小區管網在 10% 以內的漏水率確屬超高難度，惟對於本就具「挑戰性」的實務檢漏而言，於客觀環境具備之下，自是一個難得自我挑戰的機會。

二、現況分析

傳統的大區域檢漏模式即是地毯式的檢漏，同樣目前的小區管網檢漏亦皆以地毯式檢測模式以為因應，而此種模式的漏水檢測主要由檢漏員的主觀來認定，也就是檢漏員依據專業經驗檢測認定無漏水就是沒有漏水，但是對於 90% 以上抄見率的高標準目標，此傳統檢漏方式恐不易達到目標。故以數位化的計量數為絕對值，並以更細緻化的「計量檢漏小區（或微區）」來相互佐證，應是可行方案之一。

三、過程與結果

以經實務檢修漏後且尚未管線抽換的三星分局與力行小區管網來探討。

(一) 三星分局小區管網作業探討

本小區屬鄉村型的密集區，管長 4171 公尺、用戶 590 戶、面積 48.69 公頃。礫石地層、漏水不易上冒、漏水復原甚速。

1. 小區管網規劃與歷史資料數值分析

首先規劃出小區管網區域，確認該小區管網前一年的期抄見量，並概算出日抄見量及 90% 抄見率的目標配水量，詳表一。

前一年期抄見量 表一

年月	戶數	總抄見	日抄見	備註
9402	590	26579	443	
9404	590	26758	446	
9406	590	24395	407	
9408	590	25890	432	
9410	590	27968	466	
9412	590	25716	429	
合計	590	157306	431	
說明	90% 抄見率的目標配水量為 478 CMD = 431 ÷ 90 × 100。			

2. 期前工程與總表計量分析

在工程設計、施工、計量硬體設備等完成後，以「計量工法」來確認小區管網是否已完整隔離，即計量分析其數值之可靠度。

3. 檢修前抄見率紀錄與分析

一般以常態的兩個月為一期的抄表紀錄作為基準值，則其不可控制的變數甚多，不易達到 90% 抄見率，故採 7 日抄表則不可控制的變數將大幅降低，90% 抄見率或可達成。經計量數值詳表二。

計量數值分析 表二

最小流量率分析			7 日抄見率分析		
最小值	日水量	最小率	日均抄見量	日水量	抄見率
1019	1206	84%	3075	8653	35%
說明	1. 在尚未執行檢漏前： 最小流量率為 84%、抄見率 35%。 2. 參照該系統歷年來相關數值甚為符合，可進行檢修漏作業。				

4. 細緻化的小區計量檢漏：

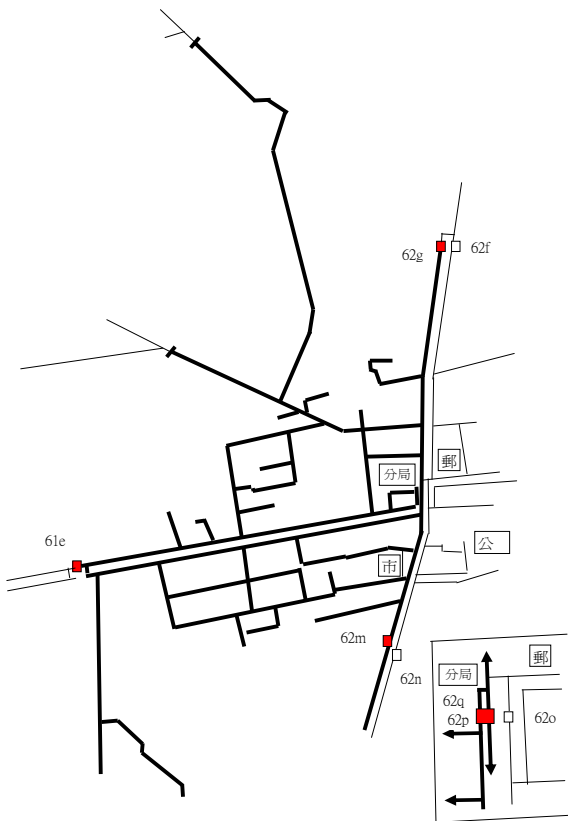
由於現階段小區管網係屬試辦性質，且為驗證檢漏成效，故在以檢漏單位為主導的規劃初期，即已將其內部再予以微區分割並採線上超音波計量（詳圖一、二），逐日自動下載最新的日配水資料並加以分析探討，以發揮極至的檢漏效能。圖三為典型的小區管網單一計量區域，圖四則為小區管網內的5個檢漏計量微區



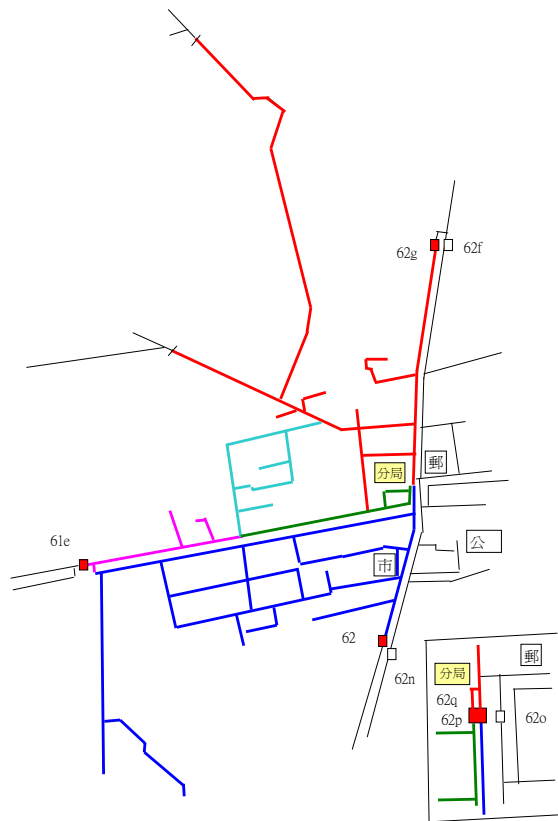
圖一：線上超音波計量的傳訊設備



圖二：計量窰井與管夾式 sensor



圖三：典型的小區管網單一計量區域



圖四：小區管網內的5個檢漏計量微區

微區計量檢漏案例探討：

由於道路遍佈著居民自行埋設的山澗水管線且充促著任其流失音（一如管線漏水時的流行音），及灌溉水溝的激流衝擊音，在在的影響著檢漏員對漏水點的判斷。經第一次修漏後，觀察最小流量率約在 54%，研判應仍有漏水，同樣的歷經數位檢漏員皆無法測出漏水點，最後得採分段計量檢測工法（詳圖五、六），終查出漏水點，係位於灌溉水溝旁的 100mm PVC 接頭漏水（詳圖七、八）。研判在灌溉溝的激流衝擊音大於漏水音之下，以例行性的檢漏要檢出該處漏水點可能性微乎其微，惟由計量分析（詳表三）則可研判出是否仍有漏水。



圖五 分段計量檢測工法：以攜帶型的管夾式超音波流量計，採分段開挖計量檢漏的測試點。



圖六：測試點附近開挖出的不明接合管，經關閉並洽用戶後，一併拆除以杜絕可能的漏水及竊水。



圖七：經分段計量並檢測出的 100mm PVC 漏水管



圖八：在高壓（約 4 kg/cm^2 ）的長期漏水衝蝕下，呈凹陷的漏水管。

檢修前後之超音波計量值比較 (單位：CMD) 表三

日期	最小流量	日配水量	最小流量率	備註
950316	44	66	67%	第一次修漏前
950317	44	71	62%	
950416	32	54	59%	第一次修漏後
950417	31	57	54%	
950510	15	43	34%	第二次修漏後
950511	15	41	36%	合理的最小流量率
分析	一、經兩次檢修漏共減少漏水量 25 (66-41) CMD；減少率 38 % (25/66)。 二、由於管夾式超音波計量之測管管徑 (200mm) 因素影響，第二次修理後之計量最小值時有顯示為「0」者，惟在分析上並不採用 0 值。			

5. 小區管網計量檢漏成果比較

經多次循環的檢修漏後，計量之最小流量率與抄見率比較分析詳表四。

三星分局小區管網最小流量率與抄見率比較 表四

日期	最小流量率分析			抄見率分析			備註
	最小值	日配水量	最小率	抄見量	配水量	抄見率	
950107	1019	1206	84.5%				檢修前採值
950106~13				3075	8653	35.5%	第一期 7 日抄表
950124~0323				27287	40277	67.7%	雙月抄表一
950523	174	523	33.3%				檢修後採值
950323~0524				28142	35302	79.7%	雙月抄表二
950530~0606				3323	3686	90.2%	第二期 7 日抄表
9505024~0725				29392	34586	84.9%	雙月抄表三
比較	最小值	日配水量	最小率	抄見量	配水量	抄見率	備註
檢修前後比較	-845	-683					
7 日抄表				+247	-4967	-54.7%	二、一期比較
雙月抄表				+2105	-5709	-17.2%	抄表三、一
分析	一、由第二期 7 日抄表勉強可達預定 90% 的抄見率目標。 二、雙月抄表抄見率為 84.9%，其他 15.1% 的因素如：水表感度、消防用水、漏水修理時的流失水量、可能的竊水等均包括在內。對以檢修漏為抑制漏水的手段而言，84.9% 的抄見率已屬不易。						

6. 供水品質的改善

由於前屬鄉營的自來水廠，管理不善，作業期間發現甚多不合理的埋管方式與多起竊水嫌疑，故在作業結束後，仍建議多條用戶外線整併，藉以改善供水品質。

(二) 力行小區管網作業探討

本小區屬都市型的夜市與住宅密集區，管長 27668 公尺、用戶 1593 戶、面積 37.24 公頃，是高挑戰性的作業區。一如前述三星分局小區管網，本區亦採細緻化的小區計量檢漏模式，區內再切割為 9 個微區。

小區管網計量檢漏成果比較

經檢修漏後，計量之最小流量率與抄見率比較分析詳表五。

宜蘭力行小區管網最小流量率與抄見率比較 表五

日期	最小流量率分析			抄見率分析			備註
	最小值	日配水量	最小率	抄見量	配水量	抄見率	
950118	2723	3248	83.8%				檢修前採值
950114~20				10024	22853	43.86%	第一期 7 日抄表
950121~0321				82880	175415	47.25%	雙月抄表一
950301	1972	2584	55.4%				
950403	1581	2325	61.6%				
950520	1177	1996	59.0%				
950321~0522				77814	127806	60.88%	雙月抄表二
950606	757	1619	46.8%				檢修後採值
950611~0617				9623	12392	77.65%	第二期 7 日抄表
比較	最小值	日配水量	最小率	抄見量	配水量	抄見率	備註
檢修前後比較	-1966	-1629					
7 日抄表				-401	-10461	-33.79%	二、一期比較
雙月抄表				-5066	-47609	-13.64%	抄表二、一
分析	一、由第二期 7 日抄表抄見率僅 77.65%，未達 90% 的抄見率目標，現已進入後階段作業。 二、雙月抄表抄見率為 60.88%，惟期間為 950321~0522 係尚在檢漏期間，故值僅供參考。						

四、案例探討

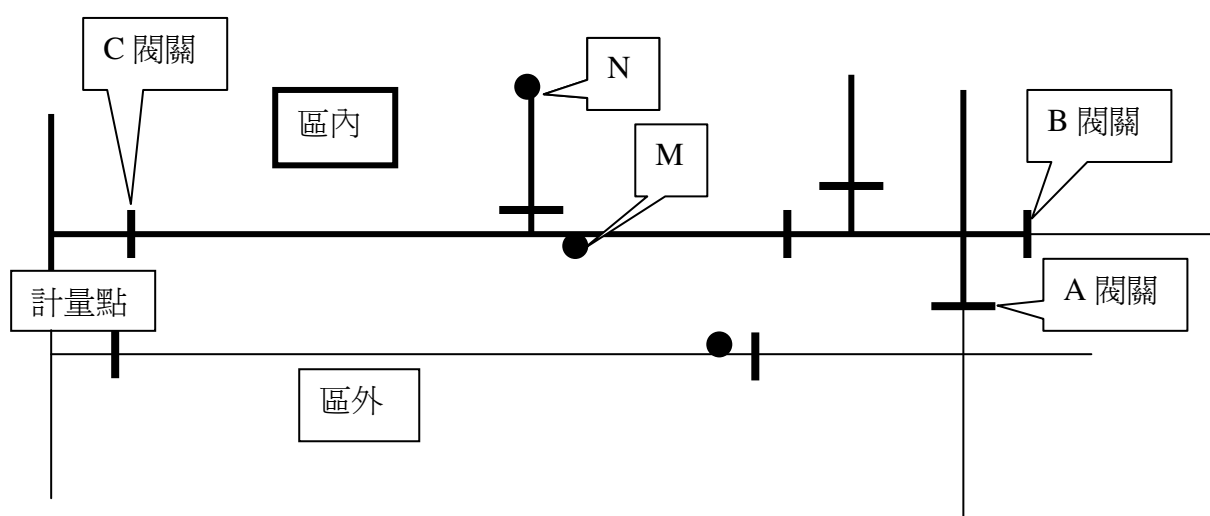
(一) 台電小區管網區隔驗證案例

本案例歷經「計量工法—數值可靠度」、「斷水工法—隔離排水」與「分段計量工法—盲管探測」等三種工法，方確認小區管網完整區隔。

如下圖九之管線圖，當 A、B、C 閘皆已關閉時，M、N 救火栓卻仍有水流出，現場將如何來確認？

管線略圖

圖九



1. 「計量工法」

檢漏單位在閘控及計量完成後，進行初期的數值分析，資料顯示（詳表六）應進行「斷水工法」現場確認。

閘控後的初期數值分析

表六

最小流量率分析			抄見率分析		
最小值	日水量	最小率	日均抄見量	日水量	抄見率
395	970	41%	900	970	92%
說明	1. 在尚未執行檢漏前： (1) 最小流量率為 41%，顯示該區域之漏水量低於預期值。 (2) 抄見率 92%，已達計畫目標。 2. 參照該系統歷年來相關數值顯不合理，需以「斷水工法」來確認。				

2. 「斷水工法」

經於凌晨進行斷水工法，確認當已知需隔離之制水閥均已關閉（圖十）之後，開啟排水閥及救火栓仍有不斷的大量壓力源水（圖十一）由數處救火栓冒出，顯示有不明盲管進入小區內。在不關閉救火栓的狀況下，隨即進行管線聽音，冀望藉由管內流水音來測出分歧點的激流音，惟在限時復水期限及多位檢漏員努力之下，仍無明顯的分歧點，但已確認出可能的盲管區段。



圖十：關閉隔離的制水閥



圖十一：大量壓力源水由救火栓冒出

3. 「分段計量工法」

針對可能的盲管區段進行分段開挖（圖十二）與計量（圖十三），計量設備採攜帶型的管夾式超音波流量計，經數次開挖計量終於找出分歧點（圖十四、十五）。



圖十二：分段開挖



圖十三：分段計量



圖十四：覓出盲管之制水閥



圖十五：兩端封閉隔離

經盲管封閉後數日的線上計量，分析數值（詳表七）尚屬合理，可進入檢修前抄見率的 7 日抄表作業。

檢修前最小流量率與抄見率分析

表七

最小流量率分析			抄見率		
最小值	日水量	最小率	日均抄見量	日水量	抄見率
629	1239	51%	900	1239	72%
說明	1. 在尚未執行檢漏前： (1) 最小流量率為 51%，顯示該區域之漏水量稍低於預期值。 (2) 抄見率 72%，尚有成長空間。 2. 參照該系統歷年來相關數值尚屬合理，可進行 7 日抄表作業。				

（二）計量檢測案例

本案例之區段管線由數名檢漏員經日夜檢測後確認無漏水，惟由超音波計量之最小流量率顯示（約 50%）應有漏水，後經逐戶逐表原音聽音棒檢測，在吵雜的環境中檢出漏水遠音一處，後由檢漏員數日的細部會辦開挖（詳圖十六、十七），終於檢出漏水點，計量值比較詳表八。



圖十六：位於屋內，搬移堆積的雜物後，漏水點開挖情形。



圖十七：在雙層水泥及磚瓦泥土之下，終於找出位於地面下 1.2M 深的接合管漏水。

檢修前後之超音波計量值比較 (單位：CMD) 表八

日期	最小流量	日配水量	最小流量率	備註
941027	76	126	60%	第一次修漏前
941028	69	122	57%	
941108	62	108	57%	第一次修漏後
941109	55	113	49%	
941110	19	87	22%	第二次修漏
941115	18	71	25%	第二次修漏後
941116	19	68	28%	合理的最小流量率
分析	經兩次檢修漏共減少漏水量 54 (122-68) CMD； 減少率 42% (54/128)。			

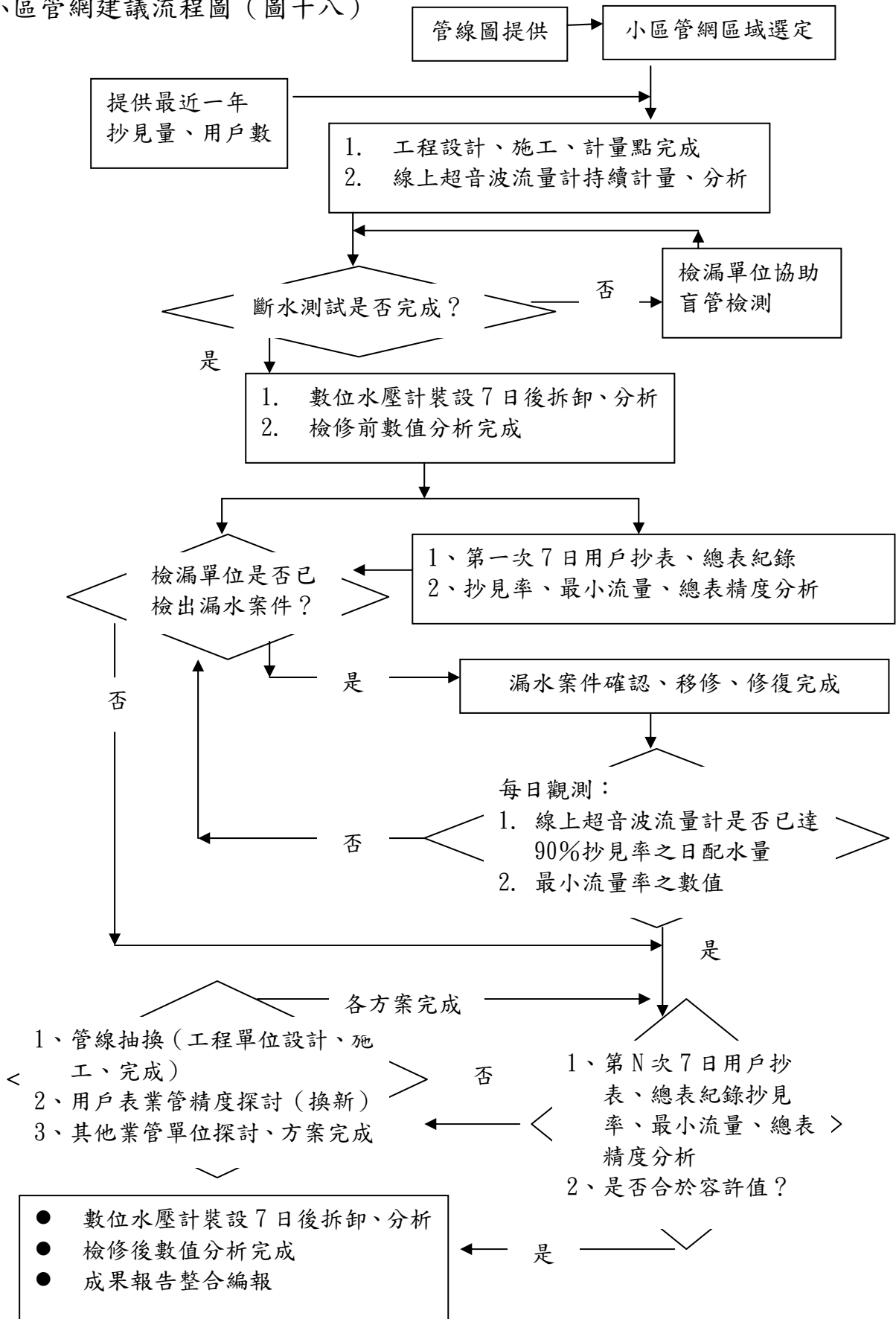
五、結論與建議

僅以「檢修漏作業」與「90%抄見率」來比較：鄉村型供水區不易達到，都市型供水區則難度更高。至於若採供水區管線全部抽換，則以兩個月為一期的抄見率是否就能達到 90%，尚需實證。

水公司 94 年的抄見率 68.70%，漏水率 23.66%，一年漏掉了約 7.2 億的珍貴水資源²，要降低漏水率最快的方法即是加強檢修漏，而驗證檢修漏成果最有效的即是小區管網。當循環式的檢漏未再發現漏水（特殊個案除外）之後即是後階段的管線抽換、用戶表更新及其他業管方案的探討（詳圖十八；建議流程圖），然而後階段期間仍需監測日配水量，當有異常突增時，檢漏單位仍需進場作業，以抑制漏水的復原。

漏水量是一件一件的檢修漏慢慢累積而減少的，欲於短時間得到跳躍式的成果誠屬不易。就眼睛看不到的地下漏水而言，縱有高科技的儀器設備，它們是不會精確的告訴你漏水點在哪裡，即使一如最先進的「音壓相關儀 (Multi-point correlation system)」亦有其盲點，「漏水點」還是要到現場由具實務檢漏經驗的檢漏員來測出，而這種專業的檢漏技術，並非一朝一夕可養成的。

小區管網建議流程圖（圖十八）



六、參考文獻

1. 降低漏水率實施計畫—試辦小區管網計畫（經建會審訂本），93.3
2. 漏水防治大隊執行計畫，95.8