

深溝水源水文生態園區文史館典藏文物誌

認識自來水漏水檢測

壹. 概論

一個正常出水的供水系統並不能保證日後不會有因漏水而產生的突發性異常供水，是故為防範於未然，則蒐集指標性的資料與分析，成為每日的例行性作業，它對於即將發生的異常供水，具有即時的機動成果。而資訊的長期趨勢分析，有助於何時執行計畫性的檢漏來抑制漏水成長的效果。至其一般作業程序大概可分為如下：

一.小區管網建置

將管網劃分成多個能夠獨立計量區域(DMA)，以街區水表的觀念發展，將流量計安裝於完全隔離的小區。

二.區域聲音檢測法

小區管網建置後發現漏損區域後則採聽音法尋找漏水點。

三.小區管網維護

四.國外先進案例介紹

英國自來水研究中心（Water Research Centre -WRC）不僅活用 DMA 測定漏水量，也開發可以進行漏水監控、售水率計算、建

立無收費水量（Non Revenue Water-NRW）資料庫等應用軟體，以加強漏損控制。

國外漏水防止之作法大多為建置可獨立計量之 DMA 管網，並配合 SCADA 監控系統、水壓管理與汰換舊漏管線。若 DMA 管網之計量水表所測得之夜間最小流超過該管網之容許漏水量，則對該管網進行檢漏作業找出漏水點並修復。以下針對漏水防止成效較佳之城市及國家說明其作法。

（一）、英國

英國的自來水系統從一開始便已形成小區計劃配水系統的狀態。之後又由英國的 WRC (Water Research Centre) 建立小區劃配水方式，並理論性的應用該法研發防漏對策，進而轉變為歐美自來水事業的標準配水方式。

英國自來水早期由許多公營小型機構各自進行維護，但政府投入資金少，故漏損量偏高，約 30~40%。1989 年英國政府體認到水資源的寶貴，因此投入更多資金及高科技人才提供良好服務，同時認為自來水公司私有化將是對管網有效管理的最佳方式，因此在 1989 年底成立了 10 個自來水民營機構，之後各自來水公司加強漏損方面控制，顯示漏損已逐步降低。

（二）、日本—福岡

福岡市受地形影響，集水面積小，水資源相當缺乏，在 1956 年開始第一個管線防漏計畫，初期福岡市的售水率為 61.4%。自 1972 年起，依據漏水點多寡，將供水轄區加以劃分，並採用新式漏水聽音法，配合計量法對區塊進行檢漏作業。至 1977 年，依區域漏水件數多寡，表訂檢漏循環周期，並於 1978 年起採用聚乙烯包覆管身的石墨鑄鐵管（DIP）作為配水管材，而給水管材則採用高密度聚乙烯管（HDPE），其防漏成果逐年顯現，至 2007 年福岡市的售水率為 96.2%，為全日本最高。另於 1981 年起，著手進行水壓管理，福岡市 2007 年系統平均水壓為 4.1kgf/cm^2 。

福岡市自 1956 年起即推動漏水防止調查，截至 2004 年止共完成 72,712 公里管線檢漏作業；2005 年至 2008 年為第 14 次防漏計畫，計完成 12,321 公里管線漏水調查，嗣後，每 4 年為一循環庚續辦理。

福岡市為有效率提昇漏水防止調查，乃依各次調查結果，將各區塊依漏水案件多寡，依可能漏水危險性高低來調整漏水檢測的循環頻率。

（三）、日本—東京都

東京都水道局很早就開始進行防漏工作，採小區管網劃設方式計畫性實施檢漏調查及修漏作業，該部份工作全部採取委外辦理方

式。而汰換老舊管線部份，配水管採用石墨鑄鐵管（DIP），給水管採用不銹鋼管（SSP）。

東京都檢漏方法有藉由實際測量來掌握小區內的漏水量(夜間最小流量測定法)及從漏水音判斷是否漏水後確定漏水位置的方法(採用聽音法、相關法、時間積分式漏水探測器)。表 1-4-3-1 及表 1-4-3-2 即為東京都 1993~2007 的漏水率變化與平均每公里漏水案件數，其漏水率由 9.9%降低至 3.3%，平均漏水案件數由 3.2 件/公里降低至 0.8 件/公里，顯示防漏之成效。

表 1-4-3-1 東京都 1993 年~2007 年配水量、漏水量及漏水率

	H5 ('93)	H6 ('94)	H7 ('95)	H8 ('96)	H9 ('97)	H10 ('98)	H11 ('99)	H12 ('00)	H13 ('01)	H14 ('02)	H15 ('03)	H16 ('04)	H17 ('05)	H18 ('06)	H19 ('07)
配水量 Distribution vol.(10 ⁶ m ³)	1,763	1,746	1,727	1,697	1,689	1,672	1,671	1,678	1,656	1,639	1,612	1,624	1,615	1,606	1,606
漏水量 Leakage vol.(10 ⁶ m ³)	175	168	161	150	141	133	127	120	107	89	76	71	68	58	58
漏水率 Leakage rate(%)	9.9	9.6	9.3	8.9	8.4	8.0	7.6	7.1	6.4	5.4	4.7	4.4	4.2	3.6	3.3

表 1-4-3-2 東京都 1995 年起計畫及機動作業平均漏水案件數

單位：件/公里

年	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
計畫作業	3.7	3.1	2.8	2.7	2.2	2	1.7	1.3	1.3	1	0.8	—	—
機動作業	2.7	2.5	2.4	2.1	2.1	1.6	1.5	1.2	1.4	1.2	1.1	0.9	0.8
合計	3.2	2.8	2.6	2.4	2.2	1.8	1.6	1.3	1.4	1.1	1.1	0.8	0.8

由於漏水防止得宜，東京都地區漏水案件數逐年降低，又根據以往的經驗，漏水案件皆集中於用戶給水管線，再則巡迴調查作業需要相當龐大預算支應等因素考量，已將巡迴調查作業方式作適當調整，以往的作法係在區塊內所有配水小管及用戶給水外線全部納入聽音、檢測漏水的工作範圍。

修正後施作方式區塊內給水管線亦如前執行逐戶聽音檢測，惟配水小管部分僅就佈設逾 21 年的管線全部檢漏調查，如此不僅可節省可觀的經費，也可檢到需要檢查的配水小管。

（四）、新加坡

新加坡的自來水產銷由公共事業局水務署負責營運管理，並自負盈虧。至 2006 年底，新加坡的用水人口數已達 450 萬人，用戶數 119 萬戶，每日供水量約為 140 萬噸，自來水普及率 100%。新加坡受限於地形及氣候因素並無興建水庫之條件，水資源不足，尚須仰賴馬來西亞的柔佛(Johor)支援，故降低無費水量（NRW）勢在必行。無費水量包含管線本身漏水、水量被竊及水表計量的誤差，另消防用水及政府部門等公共用水都要核實計價，惟消防用水無特別裝設水

表，故由消防單位依打火時間推估使用量，約佔全年出水量 1%。新加坡之無費水量從 1989 年的 10.6%下降至 2006 年的 4.5%，所採取的措施包括：

1.嚴格控制漏水

- (1) .採用高品質管材與接頭零件
- (2) .嚴格管線鋪設及高品質的施工
- (3) .汰換及更新老舊管線並輔以定期維護輸配水管線
- (4) .實施小供水區域測漏檢修計畫
- (5) .發現漏水迅速處理以減少漏水損失
- (6) .教育民眾與宣導節約用水觀念

2.實施更精準的計量制度

- (1) .將口徑 15mm 一般用戶水表全部採用通過 ISO 4064/1 Class C 之標準。
- (2) .定期檢驗各型水表，以確保水表計量之準確度。
- (3) .對用水量變化差異大且僅裝單一水表之商業或工業大用戶，採加裝總表量測用水量。

3.各種用水皆計量

- (1) .施工洗管及業務用水皆計量。
- (2) .有水表者抄表；無水表者，先預估用水量再設計計量方式。
- (3) .消防單位每次救火皆通知水務署，並按使用之消防栓計量收費。
- (4) .每月開會檢討各用水量使用情形。

4.訂定非法竊水懲處條例並嚴格執法。

五.自來水管線漏水特性

自來水管路漏水特性可分為一般漏水及自然漏水，分別說明如下：

（一）、一般漏水

1. 管線年代久遠材質老化，無法即時更新造成滲漏。
2. 都市人口快速發展，用水量增加，造成供水量及水壓增加，同時因水管老化及材質問題引起爆裂造成漏水。
3. 管材及施工因素，可能導致水管接口處或閥栓漏水。
4. 管線埋設地點若為交通流量大的道路或是地質脆弱處，抑或水管埋設深度不夠，將因活載重增加及地下土壤應力變化，造成接頭脫接、破裂漏水或是不均勻沉陷使水管破裂漏水。
5. 其他施工單位挖破管線漏水未回報或水管遭受人為蓄意破壞。
6. 電流造成腐蝕及土壤環境造成局部電蝕現象，其將造成漏水孔，再藉由水壓形成大規模漏水。

（二）、自然漏水(漏水復發量)

自然漏水即為漏水自然增加量，相對於防漏量，則稱為漏水復發量，另外當管線老舊時，因修漏後使原漏水點周邊管線之水壓上升，造成新的漏水現象，也包含在漏水復發量內。漏水復發情形如圖 1-5-2 所示。

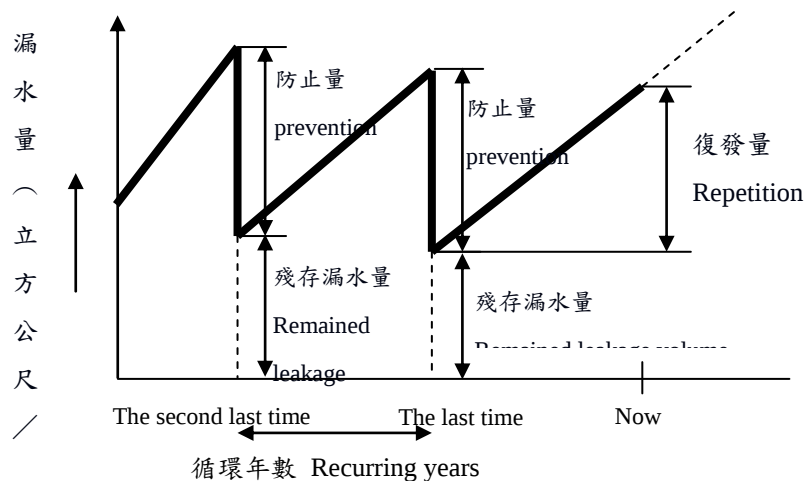


圖 1-5-2 漏水復發示意圖

貳.機動的作業

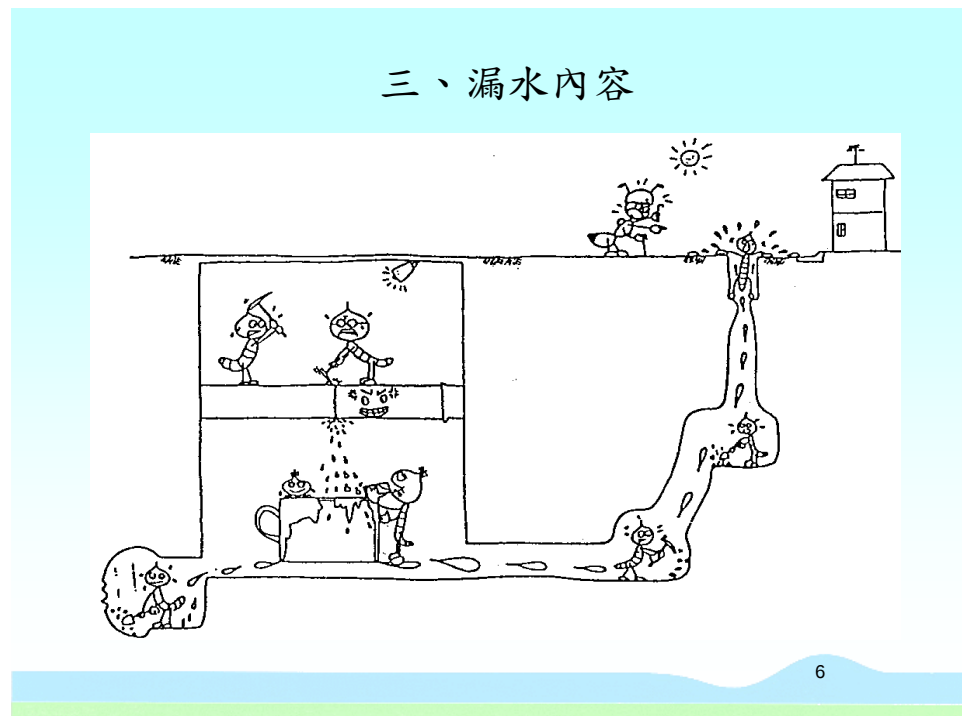
主要在如突發性的缺水或漏水造成的水壓突降甚至無水，不論是屬於個案的單一用戶或是大面積的區域，皆須靠機動的即時檢漏，使其在短時間恢復供水，其緊急的狀況一如火災發生時的消防救火隊，是故它是檢驗一個檢漏團隊強弱的指標之一。

拜科技之賜，非破壞管的管夾式超音波流量計，使機動檢漏的成效得以發揮的淋漓盡致。

參.計畫的作業

一般是藉由數值的長期分析，並參酌指標性的資訊（如NRW），來確認該供水系統已逾臨界值，而必須依賴有計畫的檢漏作業，以降低漏水量。此種漏水狀況大都屬無法目視的

長期性地下漏水其漏水內容如下圖所示，必須借助科技的儀具設備，與有系統的作業流程，來做全面性的診斷與治療，並於作業後依據作業資訊提出短期治標與長期治本性的建議。



肆. 漏水判定法

隨著科技的進步，與自來水業漏水相關的儀器設備亦不斷的被開發或更新強化其功能，而其所需資料與資訊的產生亦因程式軟體與電腦硬體而可更快速的取得，它們對於漏水判定法的演進，提供了更多的驗證與確認方法。

一. 漏水音特徵

(一) 水音概述

檢漏即是調查漏水聲音的作業。漏水音包括水流出管外之際與

管壁摩擦而發生之聲音，與其管四周不同密度土壤衝擊而發生之聲音，經非常複雜的合成後，以土壤為導體傳達地表面，其頻率依周圍之土壤、道路路面、管種以及土壤之含水情況等種種條件而有大幅變化。又作業時常有管內之流水音、車輛行走音、下水道衝擊音及其他震動音等類似音均為聽音作業之障礙，故使用漏水探測器時要能分別漏水音與雜音是非常重要的，因此應當具有相當之經驗與熟練技巧。

(二) 漏水音傳導特性

項目	傳達距離較長	傳達距離較短
口徑	小口徑	大口徑
管種	鑄鐵管、鋼管、鉛管	塑膠管、水泥管
接頭種類	鉛接頭、鋼焊接點	橡膠圈接頭
漏水孔大小	小面積	大面積
水壓	高水壓	低水壓

表 4-1-2-1 漏水音之傳導特性

管種		可聽距離 (m)	漏水孔之面積 (mm ²)
鉛管 (φ 13mm)		43-58	3.2-28
塑膠管 (φ 13mm)		29-32	
鑄鐵管 (φ 100mm)	鉛接頭	14-26	12.3-300
	機械接頭	6-12	
石綿、水泥管 (φ 100mm)		5-11	

表 4-1-2-2 漏水音之傳導距離

管種	傳播速度 (m/sec)	備註
給水管		
鋼管 (φ 20mm)	1300	
鉛管 (φ 13mm)	1130	
塑膠管 (φ 13mm)	640	
配水管 (φ 100mm)		
鑄鐵管 平口接頭	1340	
機械接頭	1330	
承插接頭	1320	
鋼管	1290	
石棉管	1110	

表 4-1-2-3 管徑別傳播速度

(三) 漏水音聽音特性

技術純熟者，所能聽取到之漏水音之頻率帶域為 0.2~約 5KHz 之範圍。

由聽取到之漏水音之音質有強弱，最少可分為 3 種類（高度技術者，亦可分為 3 種類以上），較高之音（1KHz 以上）、中間之音（0.5~1KHz）、較低之音（0.5KHz 以下），由此亦可判斷漏水狀況等問題。

項目	高音 (1KHz 以上)	中間 (0.5~1KHz)	低音 (0.5KHz 以下)
漏水孔之大小	小	大	非常大
漏水孔內之水流	複雜	單純	單純
漏水孔內之水流	非常快	慢	非常慢
管徑	小口徑	中口徑	大口徑
管材質	鋼管、不銹鋼管	鑄鐵管、	石棉管、塑膠管
距離	近距離	中距離	遠距離
水壓	高	低	非常低

表 4-1-3-1 基本的漏水音之分類與漏水狀況之判別

(四) 疑似漏水音

有很多與漏水音相似之聲音，包括管內流水聲、自來水使用聲、下水道流水聲、汽車行駛聲，本應是不同之聲音，但以機器聽取時，非熟練者很難判斷是否為漏水音，故初學者對此” 疑似漏水音” 亦是最頭痛者。

種類	發生原因	判別方法
管內流水聲	制水閥制限時	全開閉時亦可消音
	管內流速非常快時（水流經 T 字管與十字管時）	判別困難
自來水使用音	自來水使用時（水龍頭、廁所、其他等）	觀察水表是否有轉動、表內齒輪轉動音、使用斷續

		音，可由止水栓操作來判別
下水道流水音	下水道內有流水狀況、 或水躍衝擊音	流水音 下水道”人孔”內亦會引起共鳴，不熟練者，判別困難
風音	聽音棒的金屬棒部份 電子測漏器之捕音器 傳導電線因風所引起之音	用人體擋住風 可用腳擋住風 捲成環狀，減少風之影響 風速 3~5m/sec，即皮膚略可感覺之程度最像漏水音，如風速大於 8m/sec 程度妨礙已極大，不宜作漏水音探測。
電器音	電纜線、電話纜線、變壓器、路燈等	磁氣震動音、電之交流音（喻）
電車、馬達等	大樓之冷、暖氣機	機械音獨特之強弱音
機械音	排風機、自動販賣機等	停止運轉判斷之

都市雜音	由大氣傳播之雜音（風聲、馬達聲、車聲、電車聲）在大樓間合成之音	發生在較廣之範圍，故可在不同之 2、3 樓間大樓聽取判斷
------	---------------------------------	------------------------------

表 4-1-4-1 疑似漏水音之發生原因與判別方法

二. 漏水調查機器

（一） 漏水調查機器及漏水探知技術

1. 漏水調查機器

（1）金屬管探測器：

利用電磁誘導之原理（詳下圖），將埋設地下之金屬管，由地表上將其埋設位置、方向、轉彎、分叉點以及深度等探測出來之機具，其原理係由發信器與受信器構成，兩者使用間距 8-10m 均設有環狀線圈由發信器內振發之高周波信號使其環狀線圈發射電磁波，此電磁波會引起埋設在地下之金屬管產生誘導電流，進而在金屬管周圍產生誘導磁場，藉此誘導磁場之探測便可了解金屬管埋設之位置，此方法叫做誘導法。此外另由金屬外露處，以發信器以電線直接連接高周波電流再以受信器探測誘導磁場之直接法。其探測範圍可達約 60m。

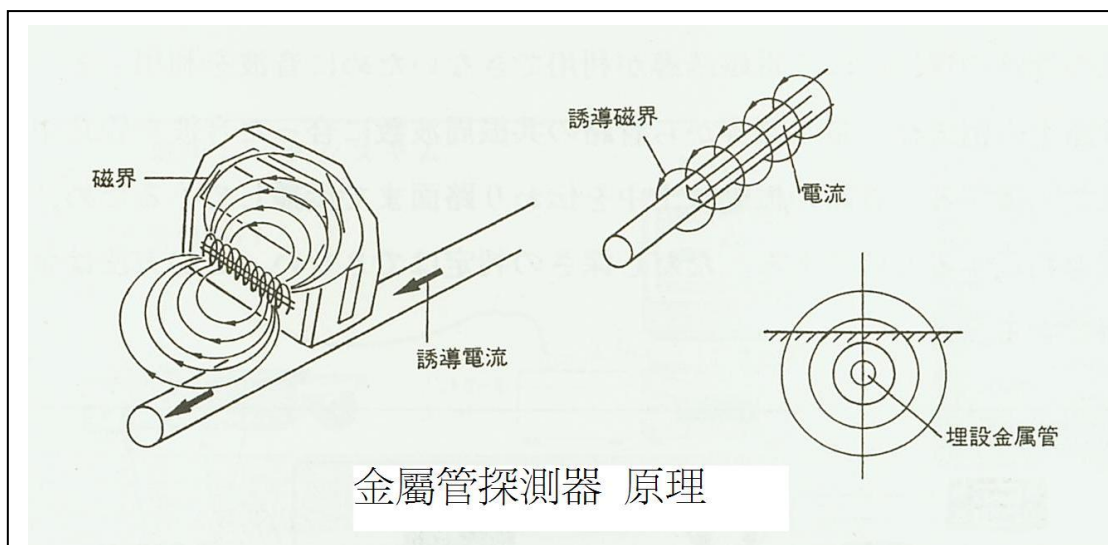


圖 4-2-1-1-1 金屬管探測器原理



【金屬管探測器】



【金屬管探測器現場作業】





(2) 非金屬管探測器：

係利用水對音波具有良好傳播率之性質，對不誘電之石棉管、塑膠管、預力混凝土管、PE 管、FRP 管等非金屬管內水流傳以音波，再由地上以測漏器捕測該音波而藉以了解管之位置。當用水管線長，探測之距離遠時，則可採用在探測場所附近，利用用水管口、消火栓出口、水表裝設處以專用之連接器傳送音波之方法（詳下圖），其探測範圍約在 100~200m。

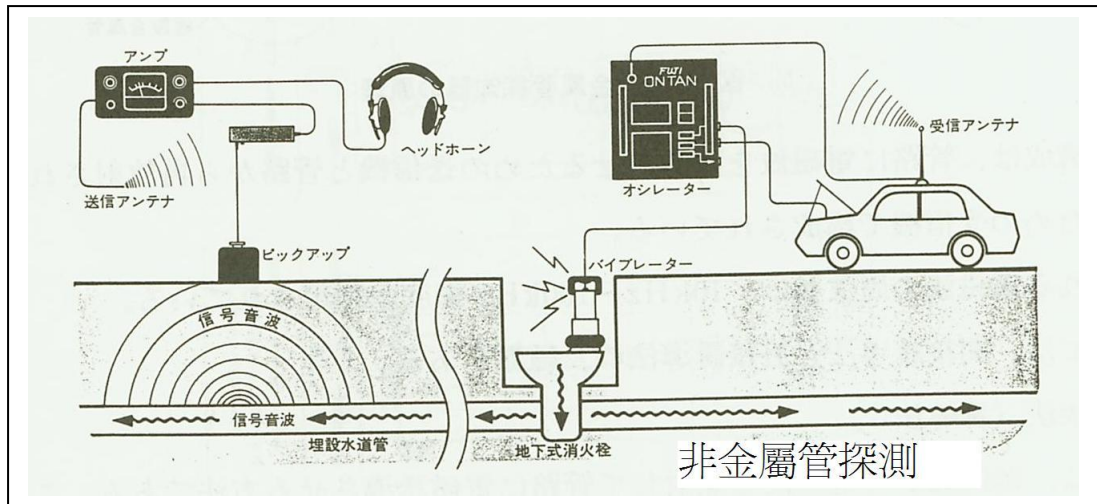


圖 4-2-1-1-2 非金屬管探測



【非金屬管探測器】

(3) 金屬（制水閥盒）探測器：

係利用電磁感應變化（詳下圖），以頻率大小或擴音反應金屬體埋設位置之機器，通常金屬體直徑以 5 公分以上之面積鐵類為宜，探知深度約為埋設物直徑之 2.5 倍範圍內。長時間不用時，應將電池取出。



【閥盒探測器】



【閥盒探測器（含標誌釘）】

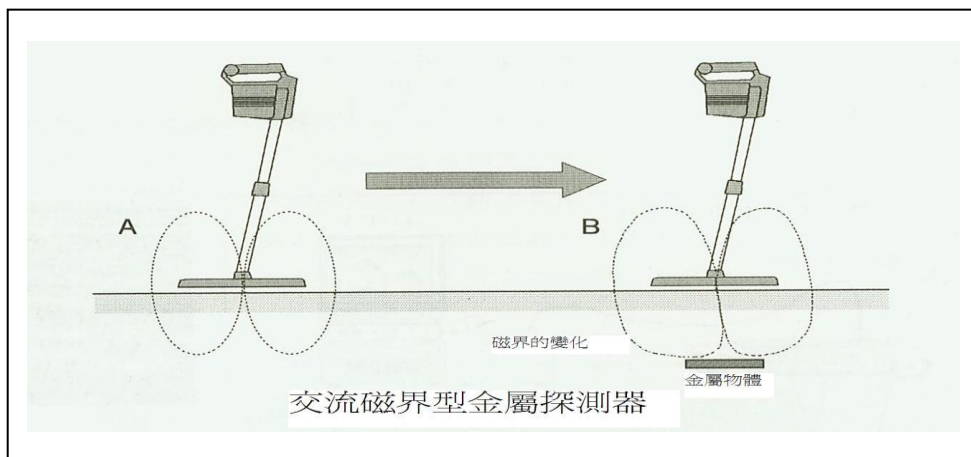


圖 4-2-1-1-3 交流磁界型金屬探測器

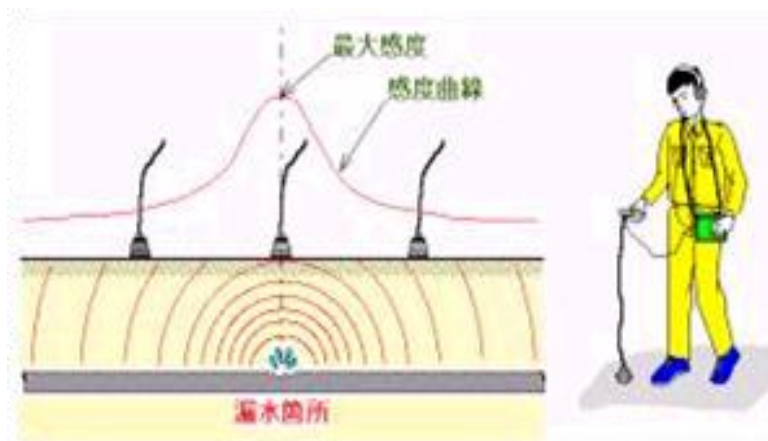
（4）測漏器：

係利用漏水引起之震動聲，以電氣方式探測出來，其原理係將探測所得震動能變換為電能，再予以加強擴大後變成聲音由耳朵聽得。其檢音部有以路上捕音器，以及於聽音棒震動部裝設 IC 電子回路檢測之方式。由於其係將原音擴大由耳機來聽音，故不適於吵雜的環境，一般都市型城市宜採夜間聽音，郊外、鄉村型者可於晝間作業。

使用注意事項

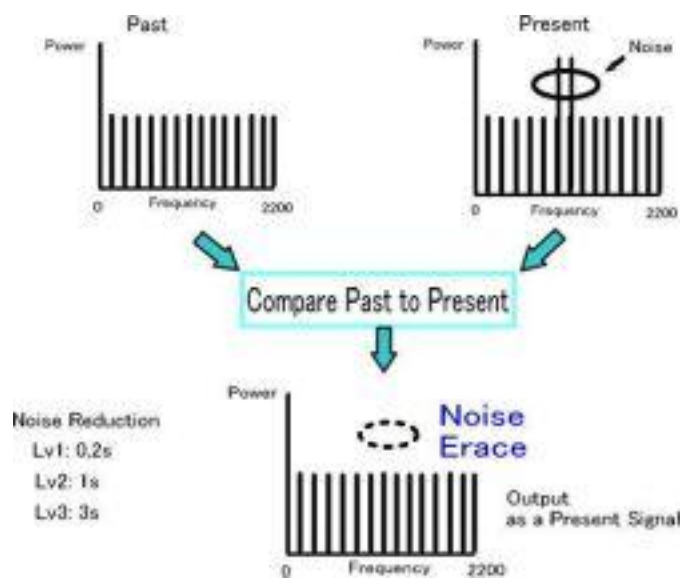
- ① 本機體：電源(電池)測試如發現電力不足，應予取換新品；平時若不經常使用，應將電池事先拆下，另覓他處保管。

- ② 耳機：檢查其傳音效果是否良好。
- ③ 捕音器 (Pickup)：避免震動重擊，積水及雨中均不可使用。
- ④ 整體：避免撞擊，做好防潮工作。



⑤

⑥ 圖 4-2-1-1-4-1 測漏器檢出原理



⑦

⑧ 圖 4-2-1-1-4-2 測漏器濾波功能示意

⑨



【標準型測漏器】



【簡易型測漏器】

【測漏器現場作業】



FUJI HG-10 測漏器



晝間於鄉村之聽音檢漏

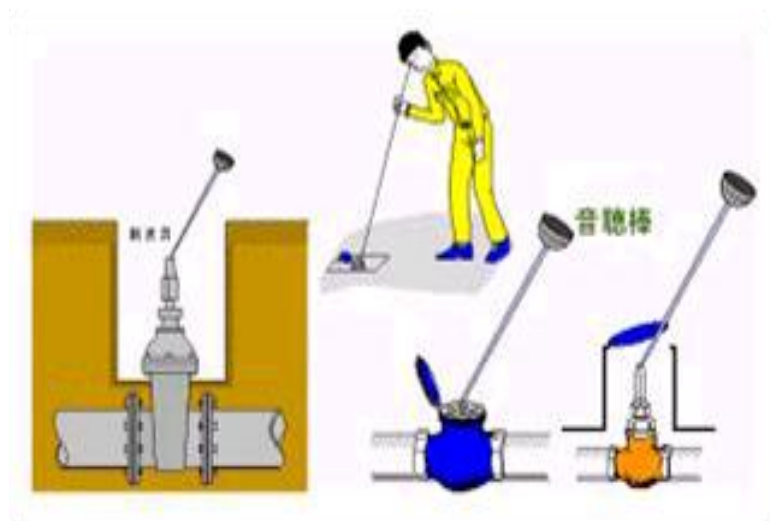


(5) 聽音棒：

用於由地表或閥、栓等直接聽取漏水震動聲音者，係在探測棒之尖端裝設震動器所成之簡單設備。



【普通聽音棒】



⑩ 圖 4-2-1-1-5 普通聽音棒操作要領示意

【普通聽音棒現場操作】



水表聽音



輕附耳朵，原音研判



【電子聽音棒】



【電子聽音棒現場操作】



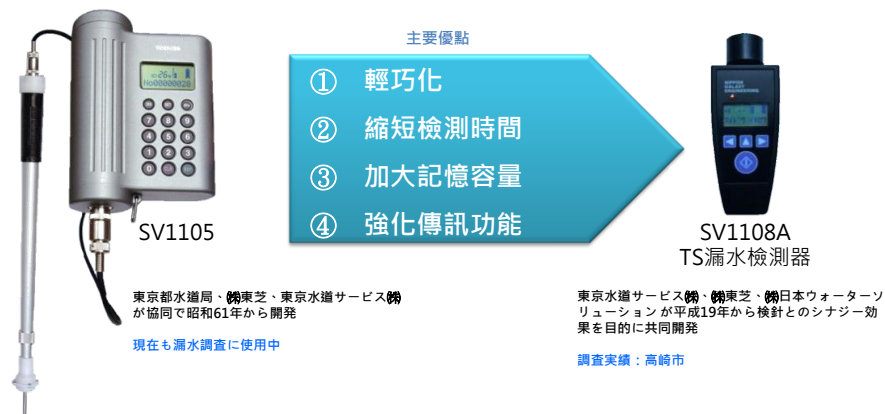


【時間積分式漏水探測器】

T S 漏水檢測器

特徵

- 體積小、攜帶方便
- 操作簡易、人人皆會使用



(6) 漏水管檢出器：

⑪ 係利用夜間在作業區各點消防栓處，先以聽音及儀器顯示判斷點四週相關聯之縱橫管路漏水程度，如在某標準之下再進行細部聽音調查，可減輕不必要之檢測數量，增進效率，為線調查漏水之一種，其特點易於查出作業區內之漏水管，可做成漏水分布圖，亦可同時紀錄水壓做成水壓分布圖。

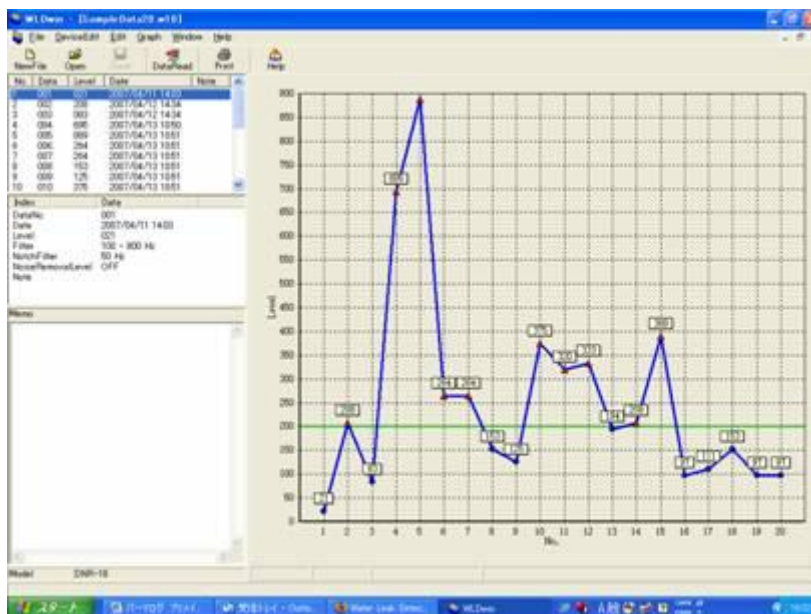


圖 4-2-1-1-6 漏水管檢出器操作要領示意

【漏水管檢出器】



(7) 電導度計：

係利用測定水之導電率，藉以計量水中可溶性物質之多寡者。水中可溶性物質大部分解成陽離子及陰離子，均具有導電之性能，其電流依離子之量而變化，導電計就是利用此一原理。



【精密型電導度計】



【簡易型電導度計】

2. 漏水探知技術

(1) 直接檢視：

僅憑直接觀察水管埋設位置之地面是否有水湧出，草地上有特別青翠部分，乾燥地面上長出青苔或草，馬路上潮溼而柔軟等皆屬可能有漏水現象，其檢視時間宜利用清晨，太陽尚未上升時刻，水跡未乾，較易發現。

(2) 探勘棒：

直接檢視只能略知漏水的大約位置，檢漏器偵查亦無法百分之百，故必須經過確認，而以探勘棒尋求正確地點及印證是否確實漏水。探勘棒係一具有尖端的金屬棒，將其插入可能漏水處，然後抽出檢視尖端如有潮濕或帶泥即為漏水處。或將聽音棒插入直達水管壁，或止水栓、水表等，以耳朵貼於露出地面的棒端聽筒傾聽是否有漏水聲音，若聲音過小，可用電子聽音棒放大聲音。

【探勘棒】



【探勘棒現場作業】



【漏水點確認三原則】

近管處電錐鑽鑽孔→探勘棒探勘並檢視有否水跡→聽音棒聽音

確認



Driling by Hammer Drill

Boring by Boring Bar

Confirmation by Listening stick



【漏水點確認現場作業】

(3) 空氣壓入管內或染料加入管內法：

適用於水中水管，因將空氣或染料壓入管內，若有氣泡或顏色出現於管外水中時，即表示該處有漏水，使用染料檢漏不宜用於配水管且不能影響水質安全。

(4) 水力坡降線：

漏水亦可循水管的水力坡降線而發現，在較長的水管漏水處上下游兩點之間的水力坡降線會在漏水處出現中斷。

(5) 利用導電率及餘氯之方法：

由地下湧出之水，可能其不純物含量較多，故一般比自來水導電率將高出許多，因此藉導電率之測定，可分別自來水（約 $200\mu\text{v}/\text{cm}$ ）、雨水（趨近於 $0\mu\text{v}/\text{cm}$ ）、地下水（約 $400\mu\text{v}/\text{cm}$ ）或汙水（約 $600\mu\text{v}/\text{cm}$ ）等。又自來水中有餘氯成份，亦可藉由檢出有無餘氯存在來加以驗證。



【導電度計】



【餘氯&PH 值比色計】

(6) 利用水壓測定漏水：

通常配水管之流量隨水壓之變化而變化，因此如再配水管上裝設自動記錄水壓計，將水壓變化情形，做一定時間內之連續紀錄，則利用所得圖形之研讀，有時可對漏水之有無以及漏水地點範圍做相當程度之推測。對已採用分區管理制以利配水管網之維護管理之設施或規模較小，配水系統為分枝型之設施，上述辦法較為有效。尤其由透水性良好砂礫層等組成之地質，附近有下水道管線及河流等，當漏水不會冒出路面等情況下，可以利用水壓測定來判斷漏水之存在。

測量水壓之地點宜選在幹線分叉點附近，分叉點下游線上，以及管網中心點附近等容易了解水力坡降之處，流量變化較大的地方，較易受到水錘作用而漏水，所以亦為測量水壓的適當地點。

在一定地點之水壓測量應定期辦理，其結果一有變動，就應詳細測量附近之水壓，查明究係因使用量之增加，亦或因漏水所致。水壓

之變化雖依供水狀況有所不同，但一般於夜間最高，約達靜水頭，而於上午及下午之用水尖峰時刻最低，中午前後多會回升，可能由水錘作用所致有起伏幅度較大，發生次數繁多之水壓變化，可視為大用戶之用水對配管水壓產生之影響，可調查用水設備瞭解之。



【Leak Zone Test-LZT 漏水管檢出器】

(二) 流量及水壓調查機器

1. 流量調查機器

在流量檢測的實務操作上，迅速與確實的資料掌握，是發現漏水區域最主要的前置作業，尤以緊急的機動檢漏為最。觀諸現行市面上各式的流量計，不論是永久固定型或是移動攜帶型的儀器，以管夾式（非破壞管）探頭（sensor）的超音波流量計最符合上述的作業需求（因其不需於現場設置旁通管或設於活動拖車上的計量設備），流量計之比較詳下表（各型式流量計之比較表）：

型式	差壓式（文式管）	電磁式流量計	超音波式流量計
原理	於管路中設喉部，以其前後之差壓計算流量	當導電性流體通過磁場中時，利用其發生之電動勢計算流量	流體內音速隨流速變化，利用傳送時間差異來計算流量
壓力損失	所生差壓之 10~30 %	無	無
量水範圍	適用管徑 50~2000 mm ϕ ，動水壓 0.4 kg/c m ² 以上	適用管徑 6~2400 mm ϕ ，流速 0.3~10m/秒	適用管徑 16~5000 mm ϕ ，流速 0.1~13m/秒
精確度	$\pm 2\sim 5\%$	$\pm 1\sim 1.5\%$	$\pm 1\sim 1.5\%$
所需直管長	上游管長為管徑之 10 倍，下游管長為管徑之 5 倍	上游管長為管徑之 5~10 倍	上游管長為管徑之 10 倍，下游管長為管徑之 5 倍
裝設計量方式	需停水、斷管裝設	需停水、斷管裝設	不需停水斷管—原管外夾式計量

表 4-2-1 各型式流量計之比較表



【車載型移動流量計】



【電磁式流量計】



【超音波式流量計】

由於管夾式超音波流量計具攜帶簡便、操作安裝容易又無磨擦損失（詳下圖；流量計安裝計量之比較）、水表阻塞故障（如螺旋式翼車因異物阻塞，雖仍有流量惟水表指數停止不轉）及其數位化資料可驗證等功能，在即時的分析與事後的探討上，皆符合整體作業所需，以上種種皆突顯其競爭之優勢。



攜帶超音波式：整套之計量設備
（不需停水斷管；適用管徑
16mm~5000mm）



螺旋電子式：需停水、斷管裝設
（適用單一管徑）



圖 4-2-1 流量計安裝計量之比較

2. 水壓調查機器

水壓測定主要目的為校核多量漏水之水壓變化，作業區之夜間水壓，或作業前後，水壓之提升情形，以及控制漏水量或管理改善所需之資料。水壓調查機器有傳統的圓盤式、數位式、幾乎等同於（非同步）線上式的水壓自動記錄器與線上式壓力傳送器。

（1）圓盤式水壓自動記錄器（詳下左圖）

一般裝設於消防栓，藉以直接量測配管中的壓力，若裝設於用戶水栓，將因用水啟閉水栓之頻繁，而引發水錘作用，於紀錄紙上將造成大範圍上下曲線刻畫的模糊效果，不易分析。對亟需於短時間在各種設備操作組合上所產生的各點壓力變化之比較，卻有不容否認的即時研判效果。



圓盤式：A 式有 24、72、168 小時
等三段式紀錄紙



彈簧式水壓計



受潮後，應以吹風機冷風乾燥
之，尤以 IC 板。



現場紀錄後之 72 小時圓盤式水壓
自動紀錄紙

圖 4-2-2-1 圓盤式水壓自動記錄器



【圓盤式水壓自動記錄器】

(2) 數位式水壓自動記錄器

外殼有 IP68 防水等級（詳下左圖），電源由內部電池供應，以 RAM 作為資料記憶模組，藉由電腦設定（詳下右圖）其記錄取樣頻率，最小取樣頻率在 2 秒以下，其連續紀錄之時間視記憶體與取樣頻率而定，如 RAM 為 128 KB，取樣頻率 60 秒/筆，約可連續記錄 9 日。當紀錄完成資料下載後，可以 Office 之 Excel 套裝軟體內之函數功能取得最大、最小及平均值，並利用「圖表精靈」來繪製曲線，加以分析比較。



現場裝設



資料紀錄之設定

圖 4-2-2-2 數位式水壓自動記錄器



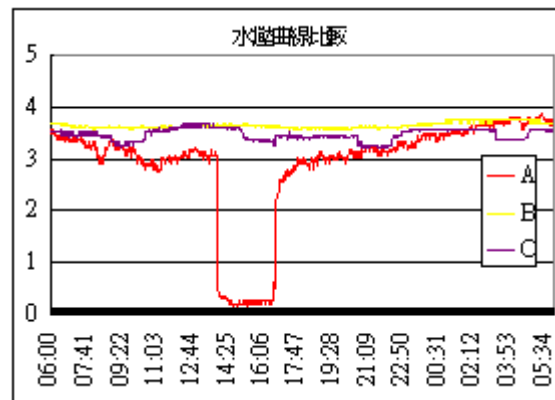
【數位式水壓自動記錄器】

(3) 等同於線上之數位式水壓自動記錄器

與數位式功能完全相同，僅增加線上功能（詳下左圖）。係於遠端申裝家用型電話線路，則可於設定週期（如一日或七日）自動撥接下載分析，惟於供水異常時，雖可撥接連線，卻無法觀看即時壓力，僅能藉由紀錄檔之下載，觀看紀錄值，惟其時間差幾為前一取樣頻率，故應不會造成太大的差異。同樣的，當紀錄完成資料下載後，可以 Office 之 Excel 套裝軟體內之函數功能取得最大、最小及平均值，並利用「圖表精靈」來繪製曲線，加以分析比較（詳下右圖）。



線上數位式：線上設定



數位水壓值以 Excel 軟體來分析

圖 4-2-2-3 等同於線上之數位式水壓自動記錄器

(4) 線上式壓力傳送器（詳下左圖）

實務應用上，係附加於既設的線上式超音波流量計，由於超音波流量計可同時紀錄 DC 4~20 mA 之類比信號，故將流量與壓力同步儲存利於分析，亦可連線即時觀測，對供水異常時有即時分析的效果（詳下右圖）。

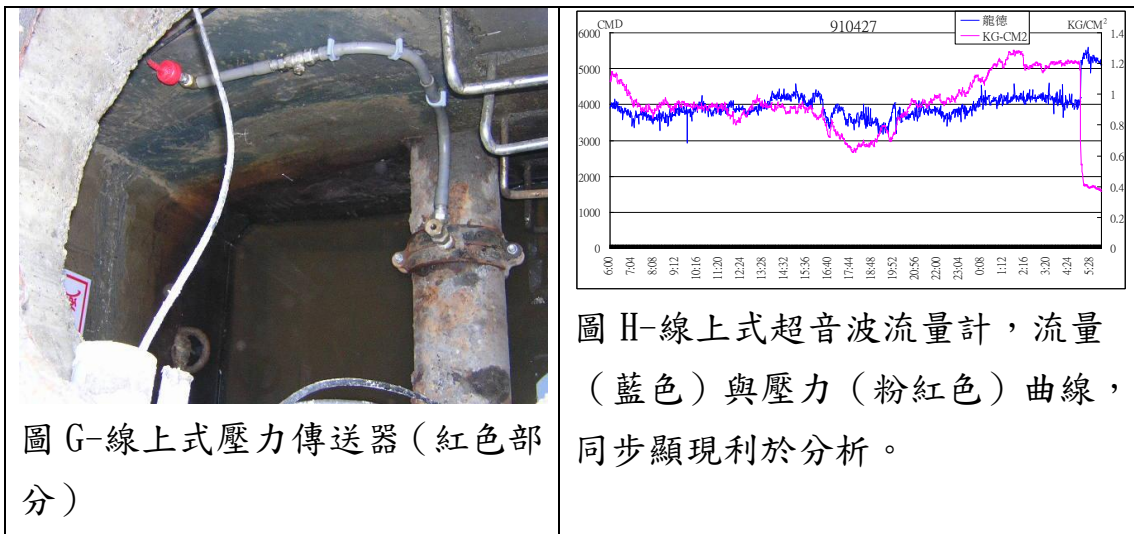


圖 4-2-2-4 線上式壓力傳送器

3. 其他相關調查機器

(1) 音壓（噪音）感測器

一般設定凌晨 2~4 時，即自動啟動並連續紀錄其噪音值，於晝間蒐集記錄，並由內設軟體分析、現場研判該區段是否有漏水（詳下圖）。

功能等同於漏水管探出器（LZT），不同之處在於 LZT 需具經驗技術者來判斷，音壓（噪音）感測器則由軟體之參數來判斷，實務作業

上音壓（噪音）感測器誤判的機率較大。



初設定安裝時，儀器中心顯示為黑色，尚未啟動執行記錄。

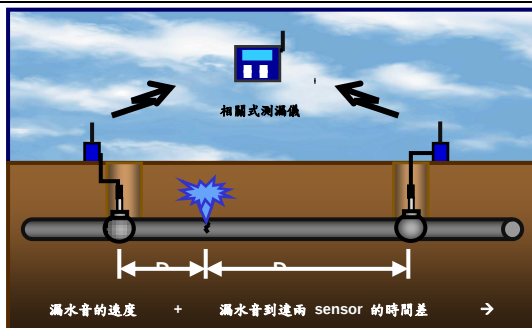


經夜間紀錄後，儀器中心顯示為紅色，確認該紀錄點噪音超過上限值。

圖 4-2-3-1 音壓（噪音）感測器

(2) 單點漏水相關儀 (correlater)

由兩端（水表、救火栓、制水閥）置放 sensor（感測器），於主機輸入管徑、管種與管長，即自動算出漏水距離。惟其計算時間視漏水音之強弱，而產生波形，並由操作者研判。由於作業時有背景雜音之干擾，所計算出之漏水點，應經確認作業來驗證。（詳下圖）



藉由漏水音到達兩 sensor 的時間差，算出漏水距離



漏水相關儀—sensor 與主機



圖 4-2-3-2 漏水相關儀

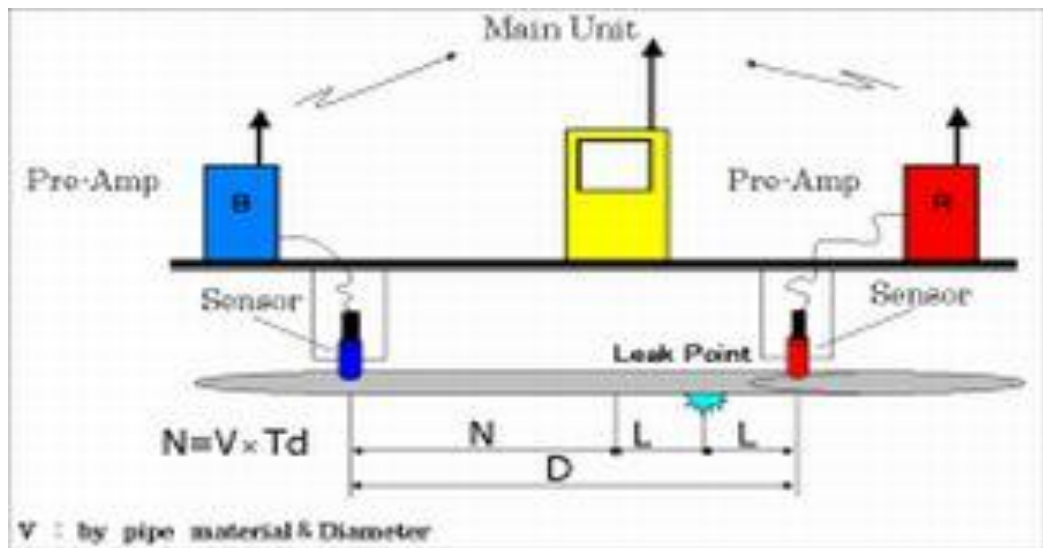


圖 4-2-3-3 漏水相關儀基本原理示意



【漏水相關儀】

【漏水相關儀現場操作】



【測距輪】

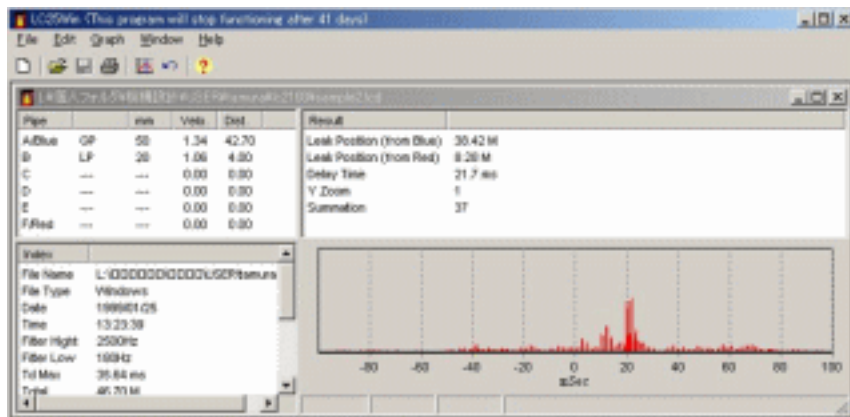


圖 4-2-3-4 漏水相關儀檢出成果列印示意

(3) 多點相關儀 (Multi-point correlation system) (測漏數據蒐集定位系統—詳下圖)

偵測原理為連續式聲學測漏。蒐集器記錄聲音強度頻率供分析、比對。

用於都市型供水管網間之漏水偵測, 於制水閘盒內或地下消火栓內置放測漏數據蒐集器, 再由測漏人員攜帶交訊(接收傳送訊號)介面器進行數據傳輸、比對, 判出漏水處, 並由檢漏員至現場確認漏水點。



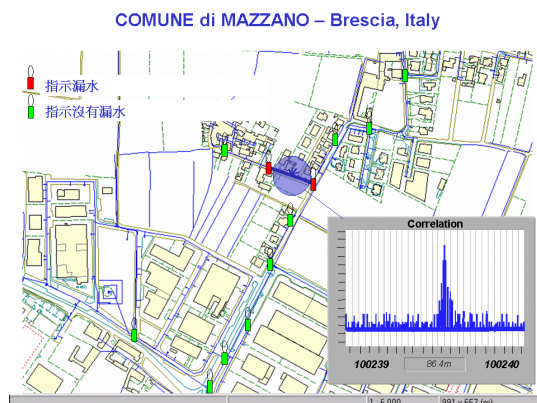
測漏數據蒐集器



測漏數據蒐集器－現場置放



傳訊介面－數據傳輸、比對



判出漏水點指示

圖 4-2-3-5 音壓相關儀

4. 利用氣體判定之技術

此漏水檢出工法，係利用對人體健康無害之特殊氣體如氫氣、
氬氣或笑氣及氣體檢出器、真空容器、壓力容器等，以氣體追跡檢測

原理，應用管網上消防栓將特殊氣體注入配水管中與水溶解，若管線有漏水，此時水會滲漏至周遭之土壤中，而此時特殊氣體會揮發散逸至地表面上，再藉由特殊氣體檢出器予以檢測，即可檢出漏水點。

三. 漏水點確認作業

係漏水調查中，最後的一項作業。係經聽音調查後，發現可疑異常音之地點，再經鑽探確定是否確實漏水及其確定位置後，再行挖修。其作業方法係利用電鑽，及探勘棒打入近管之位置，再以 1.5~2.0m 聽音棒插入，直接聽音判斷其漏水或取出後，視其尖端有否水跡或溼泥，判斷之。

對探勘後之「確認漏水點」是否確實漏水，其「確認漏水點」須符合所謂「確認三原則」即：聽音註記下方確有自來水管線、探勘棒插入並取出後尖端有水跡反應、聽音棒插入探勘點直接地中聽音有水流衝擊音。

確認作業使用器具有：漏水探測器、聽音棒、探勘棒、電鑽、發電機。

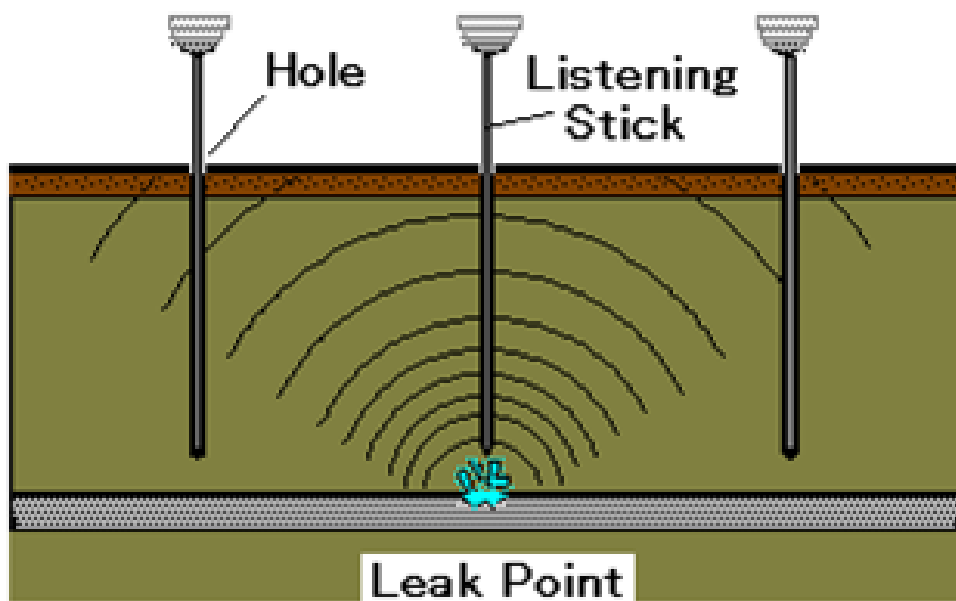


圖 4-3-1 漏水相關儀基本原理示意



電鋸鑽鑽探



探勘棒打洞



聽音棒地中聽音



聽音棒尖端水跡研判

圖 4-3-2 漏水點確認作業

伍. 漏水復原

自來水管因其本身之老化、道路工程及通行車輛之荷重和震動等因素影響，即有發生漏水之風險，最經濟最快速之漏水防止對策，即是加強檢修漏。檢修漏水作業為持續永久性之工作，必須繼續循環作業，否則檢測過之管線一段時間後，仍然會有再發生漏水的現象。也就是說，由於複雜的原因，漏水經常有新的發生與繼續的增加，此一現象謂漏水之復原（續發）。為測定此種漏水之續發量，即應續辦該作業區之漏水追查工作，將所得結果與前次防漏作業結束後之殘存漏水量做比較，所增加之漏水即為復原量（詳下圖）。至於追查（循環）期的長短，基本上可從日配水量的比較來得知，亦可從漏水復原率來預期下次檢漏的期程。而為有效降低漏水量，其「檢出漏水速率」必需快於「漏水復原速率」，此亦與檢漏循環期相關。

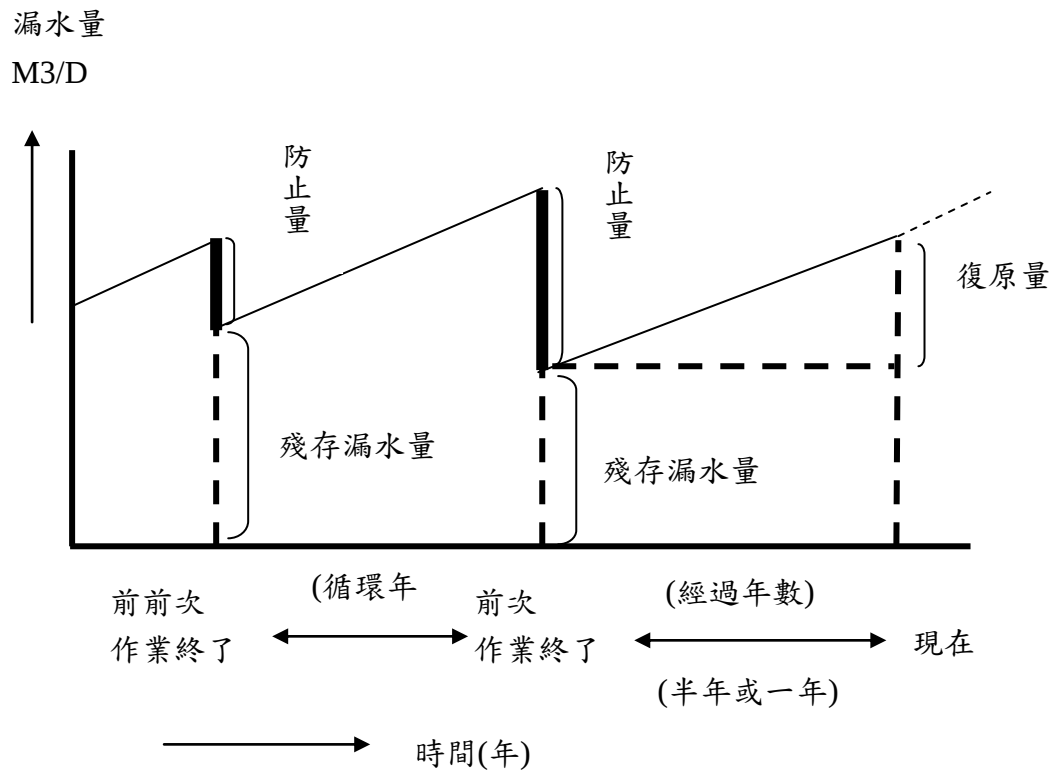


圖 5-1 漏水量與復原量關係說明圖

陸. 漏水量概算

漏水量概算表

漏水孔面積	1.0 kg/ cm ²	2.0 kg/ cm ²	3.0 kg/ cm ²
0.1 cm ²	3.845	6.624	8.669
1 cm ²	38.448	66.269	86.688
2 cm ²	76.896	132.480	173.520
3 cm ²	115.344	198.864	260.208

表 6-1 斷面積與壓力的漏水量概算

柒. 結論

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，「漏水點」還是要到現場由具實務經驗的累積來測出，而這種技術，並非一朝一夕可養成的。

附錄

一、本館典藏文物

文史館展板及展出文物



消防栓流量計

品名:消防栓流量計
年代:日製60-70年代
來源:
材質:金屬、玻璃
用途:



非金屬探測器

品名:非金屬探測器
年代:日製60-70年代
來源:
材質:金屬
用途:測量地底有無塑膠管
線，為測量之用途。



非金屬覓管器主件脈波發振器

品名：非金屬覓管器主件脈波發振器

年代：60~70 年代

來源：日本富士

材質：金屬

用途：產生固定脈波並可調整感度大小



電子聽音棒

品名：電子聽音棒

年代：60~70 年代

來源：日本富士

材質：金屬

用途：閥、栓、水表及外露管線（件）直接聽音檢查



攜帶式超音波流量計探頭凝膠組

品名：攜帶式超音波流量計探頭凝膠組

年代：70~90 年代

來源：美國浦納美（PANAMETRICS EXIM LTD.）

材質：化學凝膠

用途：超音波流量計探頭接觸劑，以利超音波傳導檢查



示波器 150MHZ 及電流穩壓器

品名：示波器 150MHZ 及電流穩壓器

年代：60~70 年代

來源：國產經緯

材質：金屬

用途：漏水音頻檢視分析



示波器 75MHZ

品名：示波器 75MHZ

年代：60~70 年代

來源：國產經緯

材質：金屬

用途：漏水音頻檢視分析



比 色 計

品名:比色計
年代:
來源:廣興淨水廠
材質:塑膠
用途:測量水質是否附和
標準範圍。



金 屬 探 測 器

品名:金屬探測器
年代:
來源:
材質:
用途:測量地底是否有異
物金屬。



二、現役專業檢漏偵測儀器

【測漏器 LD-7（室內專用）】



●用途

精巧型漏水檢知器，僅 450 公克，單手操作設計，操作者長時間工作也不會覺得疲憊。

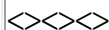
獨特球體，可消除透過電纜傳送至高靈敏檢波器的風聲。

●特長

輕巧擴音器(含靜音開關)，輕易由手掌持握。按靜音開關(on/off)以啟動耳機聽取漏水聲；移動感應器時，必須釋放靜音開關以防護聽覺。

設計適用於所有測漏作業，包括測漏檢視和目標位置。使用 3-接觸點接地板以找出街道或混凝土平板漏處的位置。可選購磁鐵基座或探針延長棒以檢視消防栓、閥或儀錶。

極精巧又輕便。整套 LD-7 漏水檢知器置於鋁製手提箱，尺寸僅 380 x 160 x 110mm，方便貯存在卡車駕駛座後方。



型號	說明	重量
LD7	LD-7 頭戴式耳機、工具箱及擴音器(含靜音開關)和移動感應器各壹式。	0.5kg



測漏器 HG-10A II (室外專用)

●用途

所有按鍵設計為斜角排列面對著操作者之手。 大的控制旋鈕設計，可由單手指頭轉動。

大儀錶偏斜，以便可以清楚看到及顯示出電池剩餘的電量。 僅 800 公克擴音器，不會使現場操作者勞累。

●特長

擴音器

放大率 : 59.0dB ± 3dB 。

濾波器 : 低範圍 高範圍
 100Hz - 600Hz -
 200Hz - 800Hz -
 400Hz - 1200Hz -

操作溫度 : - 5°C 到 + 55°C 。

電力消耗量 : 70mA 或低於 (背面光開啟)，35mA 或低於 (背面光關閉)。

電源 : UM-3 乾電池 1.5Vx6 個(9V.DC) 。

感應器/檢波器

敏感度 : 0.7V/g 或更高(在 400Hz) 。

頭戴式耳機

阻抗 : 8 Ohm(立體聲型) 。

體積和重量

擴音器 : 170(寬)x70(深)x103(高)mm，1.3 公斤包含話機和感應器。

濾波器組合

9 種濾波器組合依下列選擇。這些濾波器範圍能夠使操作者從其他聲音中分辨出漏聲。

Low			High			濾波器組合
■	■	■	■	■	■	
100	200	400	600	800	1200	
■			■			100Hz~600Hz
■				■		100Hz~800Hz
■					■	100Hz~1200Hz
	■		■			200Hz~600Hz
	■			■		200Hz~800Hz
	■				■	400Hz~1200Hz
		■	■			400Hz~600Hz
		■		■		400Hz~800Hz
		■			■	400Hz~1200Hz

濾波器頻寬

管子	Hz	100	200	400	600	800	1200
管子分配 - 鑄鐵管			◎	◎	◎	◎	
管子分配 - 乙烯基管		◎	◎	◎	◎		
管子檢修 - 乙烯基管			◎	◎	◎	◎	
管子檢修 - 鍍鋅鐵管				◎	◎	◎	◎

以下四種濾波器頻寬建議為現場基本選擇。

◁◁◁◁

目錄	型號	說明	重量
HG10AII	HG-10AII	頭戴式耳機、工具箱及擴音器(含靜音開關)和感應器各壹式。	1.3kg

攜帶式超音波流量計



PORTABLE TYPE ULTRASONIC FLOWMETER **Portaflow-C**

Compact and handy

The measurement data can be stored in a SD memory card for a long time

Consumed heat quantity can be measured

Pulse Doppler method is selected to observe flow velocity profile (option)

Designed for 12 hours of continuous operation with its own built-in battery

Provided with a printer (option)

A useful USB port given for connecting with a PC

Detectors according to application

Detector type: FLD

Flow transmitter type: FSC

Wide range measurement

- Measurement fluid: Water, hot-water, distilled water, alcohol, milk, ethanol or other uniform liquid in which ultrasonic waves can propagate.
- Pipe size: $\phi 13\text{mm}$ to $\phi 6000\text{mm}$
- Fluid temperature: -40 to $+200^{\circ}\text{C}$
- Flow velocity range: 0 to $\pm 32\text{m/s}$ ($\pm 0.3\text{m/s min.}$)

Fuji Electric Systems Co., Ltd.

ECNO:638b

【多點相關儀】

檢漏儀器簡介



檢漏儀器

- 普通
式聽
音棒
-3



檢漏儀器

- 普通
式聽
音棒-1



檢漏儀器

- 普通
式聽
音棒-3



檢漏儀器--HG10

- 測漏器標準配備--1



檢漏儀器--HG10

- 測漏器標準配備--2



檢漏儀器--HG10

- 警示衣--3



檢漏儀器--相關式測漏器

- 無線組標準配備-- 1



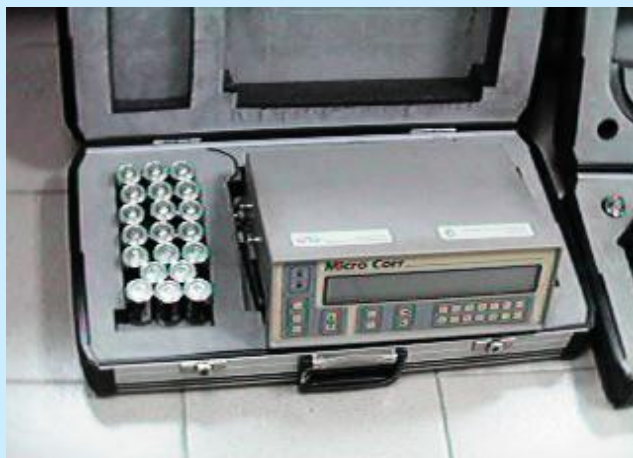
檢漏儀器--相關式測漏器

- 發信器配備-- 2



檢漏儀器--相關式測漏器

- 主機及配備-- 3



檢漏儀器--相關式測漏器

- 作業
模式
--4



檢漏儀器--相關式測漏器

- 作業
模式-
-5



檢漏儀器--相關式測漏器

- 發信器--6



檢漏儀器--相關式測漏器

- 主機--7



計量儀器--PT

- 掌上式
超音波
流量計
--1
- 標準配
備



計量儀器--PT

- 掌上式
超音波
流量計
--2
- 標準配
備



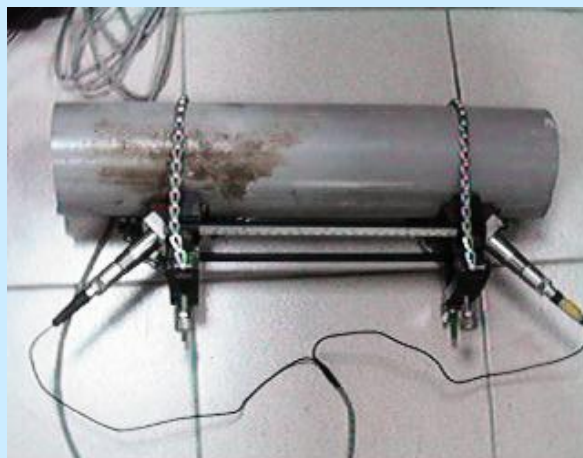
計量儀器--PT

- 掌上式
超音波
流量計
--3
- 裝置配
備



計量儀器--PT

- 掌上式
超音波
流量計
--4
- 夾具



計量儀器--PT

- 掌上式
超音波
流量計
--5
- 主機



計量儀器--PT

- 掌上式
超音波
流量計
--5
- 主機



計量儀器--PT

- 掌上式
超音波
流量計
--7
- 探頭



計量儀器--DF

- 線上式
超音波
流量計
-1
- 裝設全
景



計量儀器--DF

- 線上式
超音波
流量計
-2
- 具拖曳
功能



計量儀器--DF

- 線上式
超音波
流量計
-3
- 數據機
傳訊設
備



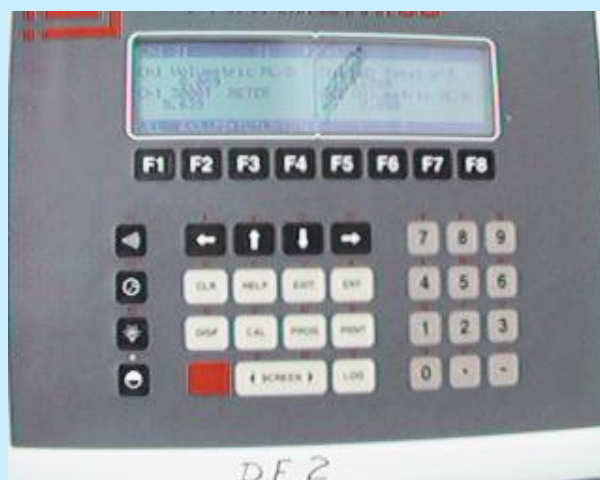
計量儀器--DF

- 線上式
超音波
流量計
-4
- 訊號連
結設備



計量儀器--DF

- 線上式
超音波
流量計
-5
- 主機



計量儀器--DF

- 線上式
超音波
流量計
-6
- 主機面
板



計量儀器

- 線上式
超音波
流量計
-7
- 主機面
板



確認補助儀器

- 導電度檢驗計-1
- 全套配備



確認補助儀器

- 導電度檢驗計-2
- 檢驗



檢漏輔助儀器

- 金屬探測器-1
- 外觀



檢漏輔助儀器

- 金屬探測器-2
- 調整鈕



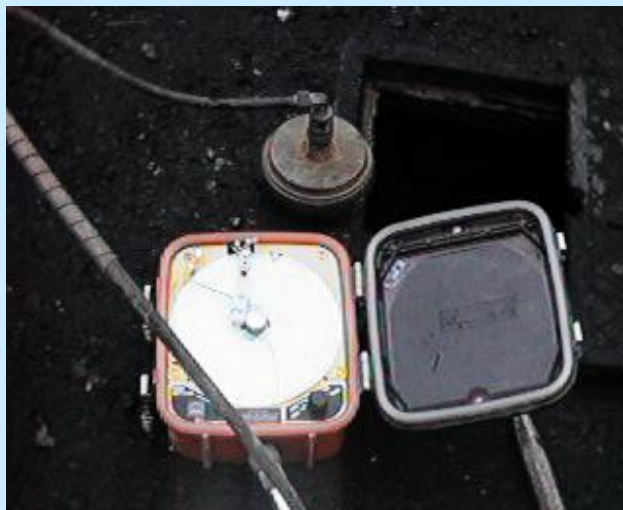
水壓調査儀器

- 水壓記錄器-1
- 外觀



水壓調査儀器

- 水壓記錄器-2
- 裝設配備



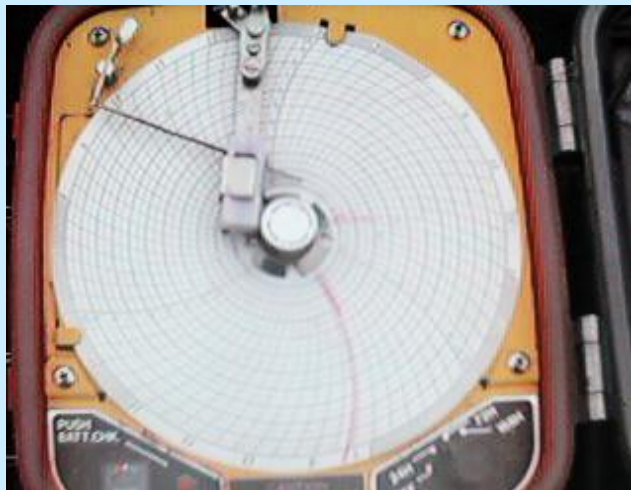
水壓調查儀器

- 水壓記錄器-3
- 置消防盒內紀錄



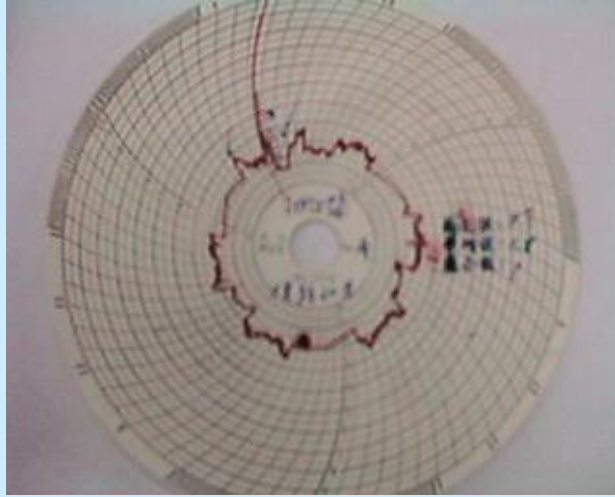
水壓調查儀器

- 水壓記錄器-4
- 自動紀錄



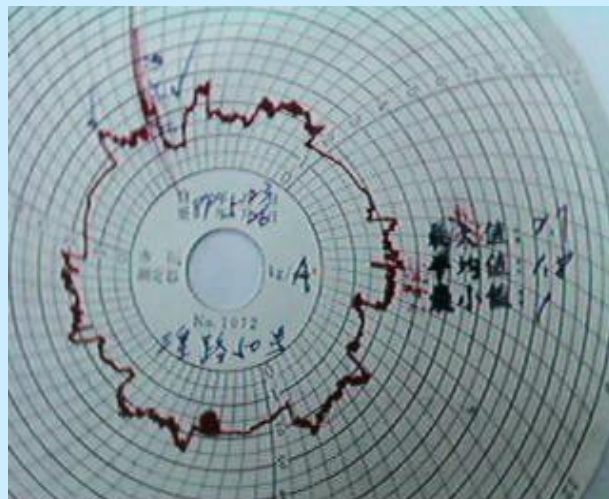
水壓調查儀器

- 水壓記錄器-5
- 紀錄完成全貌



水壓調查儀器

- 水壓記錄器-6
- 紀錄分析



水壓調查儀器

- 數位式
水壓記
錄器-1
- 裝設



水壓調查儀器

- 數位式
水壓記
錄器-2
- 紀錄

