

真空儀器測漏實務

為維持檢測或製程之潔淨環境，許多儀器設備使用真空系統，以減少氣體分子碰撞機率。真空測漏技術在高科技產業和分析儀器上扮演十分重要的角色，其應用已不僅止於真空工業，更跨足半導體、電子、機械、分析儀器等各領域。本文介紹真空測漏概念，從洩漏判定、洩漏定量檢測至堵漏實務，尤其強調靈敏度最高、最為廣泛應用的非破壞性測漏儀器 - 氦氣測漏儀之操作實務，希望對儀器設備之架設與維護有所助益。

林哲明、陳峰志、張嘉帥

一、真空測漏基本概念

論及洩漏，巨觀如輪胎插到釘子所造成漏氣、油封沒有密閉，以及水壓系統漏水，是較容易觀察與理解的物理現象。事實上，在任何封合之容器或生產製造過程中，漏氣均為不可避免之物理現象，其原因係由元件表面刮傷或裂縫所導致，從微觀的分子運動看來，任何刮傷或裂痕均為氣體分子運動之通道。真空系統對漏氣率要求十分嚴格，故需藉由許多高精度之真空儀表來顯示真空漏氣率及對真空度的影響。一般氣體原子或分子的直徑約在 10^{-8} cm 左右，任何微小的孔都足以讓氣體分子穿過，真空腔體在肉眼或高壓充氣及肥皂泡沫的偵測均無法測出微小漏氣，這也就是說，一個真空系統

經抽氣達到某一真空度後，應予以緊緊密閉，但經過一段長時間後，真空度會自然減低。並且真空腔體本身會因金屬材料逸氣 (outgassing) 溢出氣體原子或分子，此乃真空腔體必須經由烘烤或除氣 (degassing) 之原因，以排除不銹鋼腔體因氬銲 (tungsten-inert gas, TIG) 或電弧銲 (arc welding) 等永久封合，或玻璃與金屬及陶瓷與金屬之接合所產生之廢氣，而使真空系統達到一定之壓力。

真空系統中造成漏氣的原因包括實漏 (real leak)、虛漏 (virtual leak) 及逸氣 (outgassing)。實漏是真空系統外面的氣體，經由系統殼體、管壁、銲接缺陷或刮傷刀口之法蘭 (flange) 及接頭等處，進入真空系統的內部；虛漏乃系統中侷限氣體分子之逸出，常發生於真空封合銲縫、螺紋間隙及夾層之氣體逸出；至於逸氣現象有兩種，其一為放出真空系統器壁所吸附的氣體分子，最常見於螺絲、O 型環真空封合及電子槍 (E-gun) 披覆加熱，另一為設備儀器內存有高蒸氣壓物質，當真空度達其蒸氣壓時，此物質即蒸發成氣體。

漏氣率通常以漏氣孔漏入氣體的氣流通量來表示，其單位為托耳 - 公升 / 秒 (Torr . L/s)。已知氣

林哲明先生為大同工學院機械工程學系學士，現任國科會精密儀器發展中心工程師。

陳峰志先生為國立成功大學機械工程學系博士，現任國科會精密儀器發展中心副工程師。

張嘉帥先生為國立清華大學物理研究所博士，現任工研院光電所光學系統組光學元件部經理。

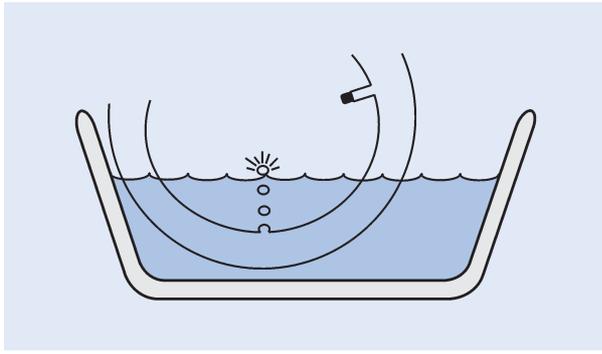


圖 1. 自行車輪胎內充滿 2.5 kg/cm^2 的空氣置於水中。

體量以壓力乘以體積流率表示，如 1 Std cc：在 0°C 及 760 Torr (一大氣壓) 時，1 cc 體積內之氣體量。1 Std cc/s 為 0°C 時漏氣口內外壓力差為一大氣壓 (760 Torr)，每秒鐘漏入 1 cc 的氣體。常用單位有 Std cc/s 及 Torr . L/s，其單位換算為

$$1 \text{ Std cc/s} = 0.76 \text{ Torr} \cdot \text{L/s}$$

茲舉例說明，假設有一自行車輪胎內充滿 2.5 kg/cm^2 的空氣置於水中如圖 1，則水泡形成的快慢與輪胎漏氣率 (Std cc/s) 則可以整理如表 1 之對應關係。如果把漏氣率大小與真空室內壓力上升的大小、快慢，以及相當的漏氣孔尺寸聯貫起來，可以整理如表 2。

表 2. 漏氣率與壓力上升、時間、漏氣孔尺寸間之相互關係。

漏氣率 (Torr . L/s)	一升之體積內壓力上升速率	一升之體積內壓力上升 10^{-3} Torr 所需時間	漏入 1 cc 大氣所需時間	等效於漏氣率之漏氣口徑大小
10^{-3}	$1 \mu / \text{秒}$	1 秒	12.7 分	寬 1 公分、高 0.1 毫米、深 1 公分之長方孔
10^{-4}	$6 \mu / \text{分}$	10 秒	2.1 小時	寬 1 公分、高 0.03 毫米、深 1 公分長方孔
10^{-5}	$36 \mu / \text{小時}$	1.66 分	21 小時	直徑 7μ ，長 1 公分之毛細管
10^{-6}	$3.6 \mu / \text{小時}$	16.6 分	8.7 日	直徑 4μ ，長 1 公分之毛細管
10^{-7}	$8.6 \mu / \text{日}$	2.77 小時	87 日	直徑 1.8μ ，長 1 公分之毛細管
10^{-8}	$0.86 \mu / \text{日}$	27.7 小時	2.4 年	直徑 0.8μ ，長 1 公分之毛細管
10^{-9}	$31 \mu / \text{年}$	11.6 日	24 年	直徑 0.4μ ，長 1 公分之毛細管
10^{-10}	$3 \mu / \text{年}$	116 日	240 年	直徑 0.2μ ，長 1 公分之毛細管

註：真空壓力單位 $1 \mu = 10^{-3}$ Torr，長度單位 $1 \mu = 10^{-6}$ 米。

表 1. 氣體漏氣大小與氣泡形成對應表。

漏氣率 (Std cc/sec)	體積與時間之關係	形成氣泡之數目 (目視概念)
10^{-1}	1 cc/10 s	氣泡流
10^{-2}	1 cc/100 s	約每秒 10 個氣泡
10^{-3}	3 cc/hr	約每秒 1 個氣泡
10^{-4}	1 cc/3 hr	約每 10 秒 1 個氣泡
10^{-5}	1 cc/24 hr	約每 100 秒 1 個氣泡
10^{-6}	1 cc/2 weeks	約每 16 分鐘 1 個氣泡
10^{-7}	3 cc/year	約每 2 小時 1 個氣泡
10^{-8}	1 cc/3 years	約每 1 天 1 個氣泡
10^{-9}	1 cc/30 years	約每 12 天 1 個氣泡

註：1 cc = 1000 個氣泡，氣泡體積約為 1 mm^3 。

二、測漏方法與儀器

1. 系統漏氣之研判

就真空技術的觀點而言，必須了解沒有絕對不漏氣的真空容器或系統，重要的是漏氣量必須小到不影響工作真空度、氣體成份或終極壓力。當操作真空儀器設備，無法得到要求之真空度時，則被認為系統有漏氣。系統之真空度無法達到要求，其原因除了真空幫浦、真空元件與封合的問題造成實漏外，最常令人忽略的因素為系統內之嚴重污染。判斷實漏最簡單的方式是利用真空儀表壓力上升法來

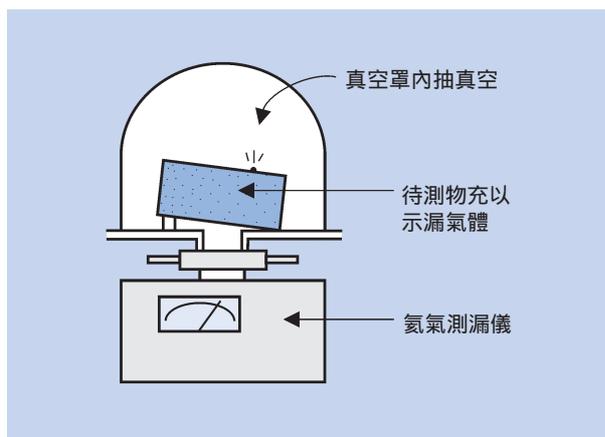


圖 2. 待測物充以示漏氣體之總漏氣量測定裝置。

作判斷，利用實驗室現有之酒精或乙醚，當示漏物質澆在可疑部位上。(但請注意防火安全)，若真空儀表指示壓力突然快速上升即為漏氣點。再則可利用真空分壓分析儀 (partial pressure analyzer, PPA) 作測驗，在真空系統中若有實漏時，其系統內氮氣分壓比例約為 4 : 1，且氮氣分壓大於水氣分壓。

為了進一步為待測物之漏氣定量，本文介紹二種常見的真空系統總漏氣率量測裝置安裝方法，其中之一如圖 2 之正壓充氣法，將待測物以一真空容器罩住，並以示漏氣體充滿待測物，示漏氣體經由漏氣孔漏出而被測漏儀器測得。另一方法則如圖 3 為負壓法，於待測物外護罩充滿示漏氣體，一般以氦氣做為示漏氣體，將待測裝置與測漏儀之真空系

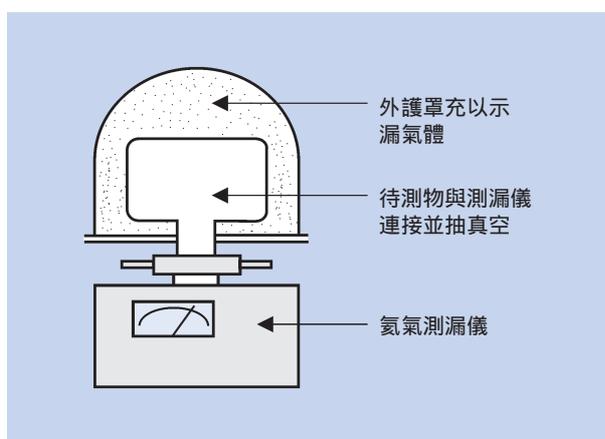


圖 3. 待測物抽真空之總漏氣量量測裝置。

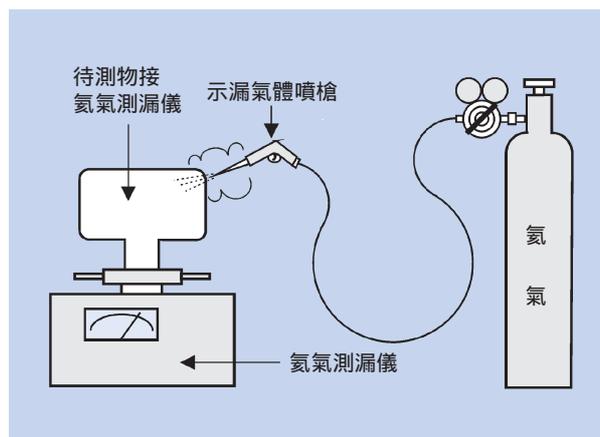


圖 4. 真空法漏氣位置測定裝置。

統互相連接並抽真空，以測漏儀器檢驗待測物之漏氣率。

2. 漏氣點位置之研判

測漏之本質在於找出漏氣之所在，並以適當的方法堵漏，以改善系統的真空性能。為了判定漏氣點，本文介紹以下兩種常被採用方式：真空法 (vacuum method) 輔以噴氣探針 (spray probe) 及充氣法 (overpressure method) 輔以吸氣探針 (sniffer probe)。

(1) 真空法輔以噴氣探針

待測裝置與測漏儀之真空系統連接，並抽真空直至可以啟動測漏儀之真空度。啟動測漏儀後，由噴氣探針噴以示漏氣體，當示漏氣體通過漏氣位置時，測漏儀即有信號指示，如圖 4 所示為真空法漏氣位置測定裝置。

(2) 充氣法輔以吸氣探針

如圖 5 所示，將示漏氣體充滿待測裝置，以吸氣探針探測待測物表面，當接近漏氣位置時，經由漏氣口逸出之示漏氣體，可由吸氣探針所偵測，即可測定漏氣位置。

3. 測漏方法與儀器

測漏的工作實際上並無一定的程序及步驟，多

表 3. 測漏方式及其特性。

測漏方法 (Torr)	工作壓力 (Std cc/s)	漏氣率	示漏物	優缺點
高電壓尖端放電法	$100 - 10^{-3}$	$1 - 10^{-3}$	空氣、酒精	優點：可簡易查出玻璃儀器設備漏氣孔位置；可測出玻璃儀器設備之真空壓力。 缺點：準確度不佳，且不適用於金屬材料真空設備。
放電管法	$100 - 10^{-2}$	$1 - 10^{-3}$	酒精、乙醚、丙酮、氬氣	優點：利用酒精等示漏物體測漏，簡單方便；亦可當真空計作壓力指示，並可作測漏指示。根據真空陰極輝光放電顯示出示漏物質的顏色來測漏。 缺點：根據注入氣體之顏色來判斷真空度，準確度不佳。
水浸法	$760 - 10^{-2}$	10^{-2}	空氣	優點：由漏氣之氣泡即可研判漏氣位置，成本低。 缺點：靈敏度不高，需泡水，不適於精密儀器設備。
泡沫法	$760 - 10^{-2}$	$1 - 10^{-2}$	空氣	優點：以 Snoop 泡沫劑，測大漏十分有效。 缺點：不適於精密真空儀器，測漏後必須清洗真空組件。
真空壓力下降法	依裝置而定	$> 10^{-3}$	空氣、氬氣	優點：粗略測漏，成本低。 缺點：靈敏度不高，無法測出漏氣位置。
真空壓力上升法	依裝置而定	$> 10^{-3}$	空氣、氬氣	優點：僅適用於粗略真空及中度真空之真空裝置，成本低。 缺點：可測總漏氣量，無法測出漏氣點，靈敏度不高。
鹵素測漏儀	$760 - 10^{-6}$	$10^{-1} - 10^{-6}$	氟氯碳化物	優點：適於冷凍工作之系統測漏，價格便宜。 缺點：靈敏度不高，對多種氣體易起反應；不適合精密量測漏氣用。
熱導式真空計法	$1 - 10^{-3}$	$10^{-4} - 10^{-6}$	酒精、丙醇、丙酮	優點：方便簡單，廣為實驗室使用；成本適中，攜帶方便。 缺點：靈敏度不夠高；酒精、丙醇等會損傷 O 型環等真空元件。
偵測聲波測漏法	依裝置而定	$> 10^{-3}$	空氣	優點：適用於水管漏水檢測，簡單快速，成本低。 缺點：靈敏度不高，不易查出漏點，且易受外界雜音影響。
顏料塗佈滲透法	依裝置而定	$> 10^{-5}$	顏料	優點：簡單快速，顏料價格低；用於探測金屬裂縫及銲接缺陷；顏料因漏氣會留下痕跡，易於辨識。 缺點：靈敏度不高、費時，且待測物外表易受污染、清洗不易；待測件受污染，漏氣孔可能為顏料堵住。
殘留氣體分析儀	$< 10^{-4}$	$10^{-1} - 10^{-11}$	O ₂ 、N ₂ 、H ₂ 、He	優點：由頻譜顯示之譜線，可明確查出何種殘留氣體，並可分析其氣體存量，由其數量研判漏氣原因。適合虛漏及逸氣之辨別。 缺點：靈敏度高，但需研判漏何種氣；不易偵測出何處漏氣；需在真空系統內使用，攜帶不方便；價格高。
氬氣測漏儀	$< 10^{-4}$	$10^{-1} - 10^{-11}$	He	優點：靈敏可靠、攜帶方便；操作簡單、反應時間快速，數分鐘內即可使用；氬氣穩定、不受其他氣體干擾；無毒性、使用安全。適合實漏及漏氣點之辨別。 缺點：大漏氣及粗略之真空度無法測試；也無法研判、分析漏氣之成分及含量。

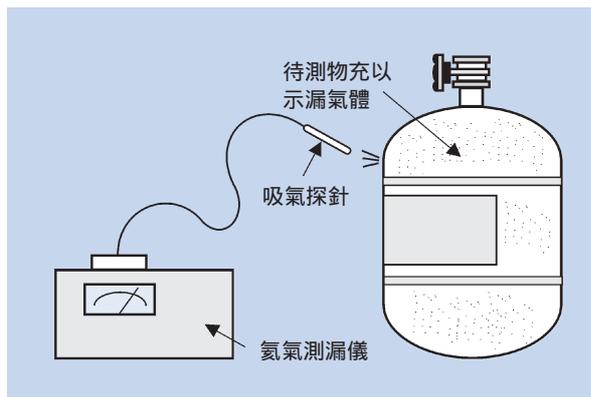


圖 5. 充氣法漏氣位置測定裝置。

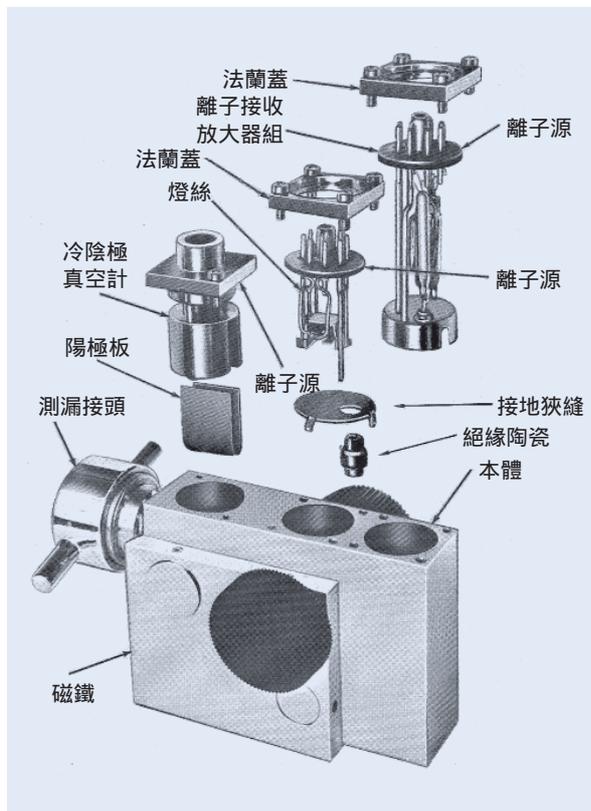


圖 6. 質譜管式測漏儀組成要素。

憑個人工作經驗來判斷。但大體上，新製成的真空系統可能的漏氣處多在封合或銲接處，如液體導管、閥門、電引入及機械引入等接頭，或是玻璃視窗、真空計的測壓管、冷凝擋板與油氣阱等接於真

空系統處。因此最好在安裝前能逐一檢驗各零件及次組件之氣密性，如此可以省略許多測漏時間。運轉使用後的真空系統則可能因冷卻水質不佳或因機械振動，易於冷卻管路和可拆性接頭之連接處發生漏氣；而超高真空系統因需重覆烘烤的膨脹與收縮亦容易造成漏縫。

測漏方式及其儀器相當多樣，各有其適用的條件與優缺點，是真空科技十分重要的實務工程技術。理想的測漏方式需具備反應快、可暫時止漏、靈敏度高、構造簡單、成本便宜、操作維護容易等特點，本文整理常見的十二種測漏方法之測漏條件及其特性，如表 3 所示。其中氦氣測漏儀因靈敏度高，是廣為使用的測漏儀器，將於下節做詳盡的介紹。

三、氦氣測漏儀

任何可以感測氣體分壓之質譜儀 (mass spectrometer)，均可以做為真空系統漏氣之偵測儀器。通常因為分子量較輕的氣體分子，如氫氣與氦氣等，最容易滲透漏孔，因此以質譜儀做為漏氣之偵測儀器時，多操作於低質量的質譜範圍。最簡單的質譜測漏儀多將質譜分析器固定在特定的質量，通常為氦氣的質量，亦即以氦氣為示漏氣體，在欲偵測處噴氦氣，觀察質譜是否因此改變，來判斷漏氣與否。

氦氣測漏儀是利用一簡單質譜反應結構製作之儀器，一般質譜儀係將偵測的氣體分子游離化後，再依離子質量對電荷比值來分析不同比值之含量。不同比值對應出不同之離子可分析出其氣體分子之種類、數量。氦氣測漏儀即利用此原理來測試，唯一不同的是它僅針對氦氣的存在作檢測，因此在構造上和使用上比較簡單。為何測漏儀選用氦氣，是因為氦氣是惰性氣體有無毒性、不具破壞性、大氣中存量少，滲透力最佳且易被質譜儀偵測等優點。如圖 6 所示，圖中說明質譜儀式測漏儀的組成及各部份名稱與功能，氦氣由待測物漏入系統後，部份進入質譜管以產生離子電流信號而被偵測到。

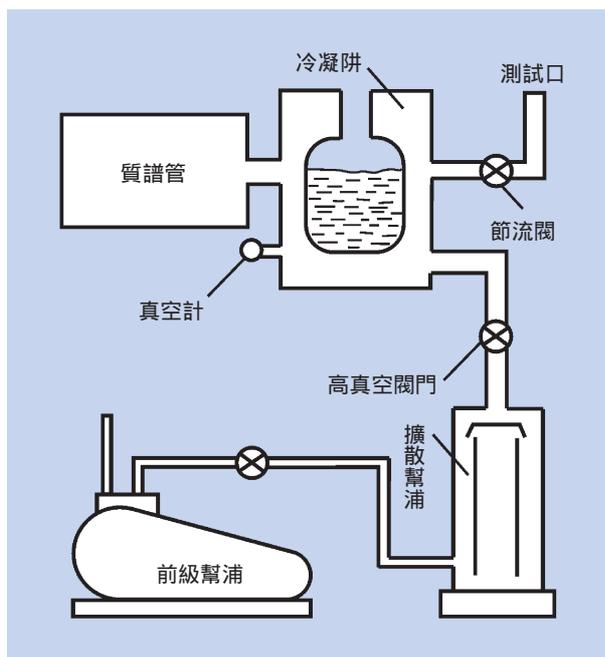


圖 7. 典型的氦氣測漏儀系統結構圖。

1. 氦氣測漏儀原理

氦氣測漏儀是由 A. O. Nier 在二次大戰期間參與美國軍方的曼哈頓計畫 (the Manhattan Project) 時

期所開發出來的儀器^(1,2)，是目前最廣為使用、靈敏度高、可靠度佳的測漏儀器。氦氣測漏儀實際上就是一簡單的質譜儀，是由抽氣系統 (pumping system)、電子控制系統與質譜管 (mass spectrometer tube) 等三大部份所組合而成，如圖 7 為典型的氦氣測漏儀系統架構。抽氣系統功能為產生高真空的環境，使真空度可以達到質譜管能正常運作的壓力範圍，電子控制系統主要為檢測質譜管所產生及接收氦氣之信號，測漏時其信號藉電子放大器回饋至接受器中。

各種氦氣測漏儀所使用的質譜管雖有各種不同的樣式，但其構造大致相同，均分為離子源 (ion source)、離子分離器 (ion separation) 與離子偵測器 (ion detection) 等三個部份，如圖 8 所示。離子源係用來產生離子，其方式是由高溫燈絲放射出熱電子並加速進入離子腔，以電子碰撞 (electron impact) 方式將示漏的氦氣離子化。所產生的離子由離子腔電壓 (ion chamber voltage) 加速並進入離子分離器，除此之外，離子源另有排斥板及聚焦板，可分別控制被加速的離子數目及離子束方向。

質譜管一般使用永久磁鐵來產生磁場，以偏折不同質量的離子，使帶電離子在均勻的磁場中運動，其受磁力作用之偏折曲率半徑 (r) 與磁場強度

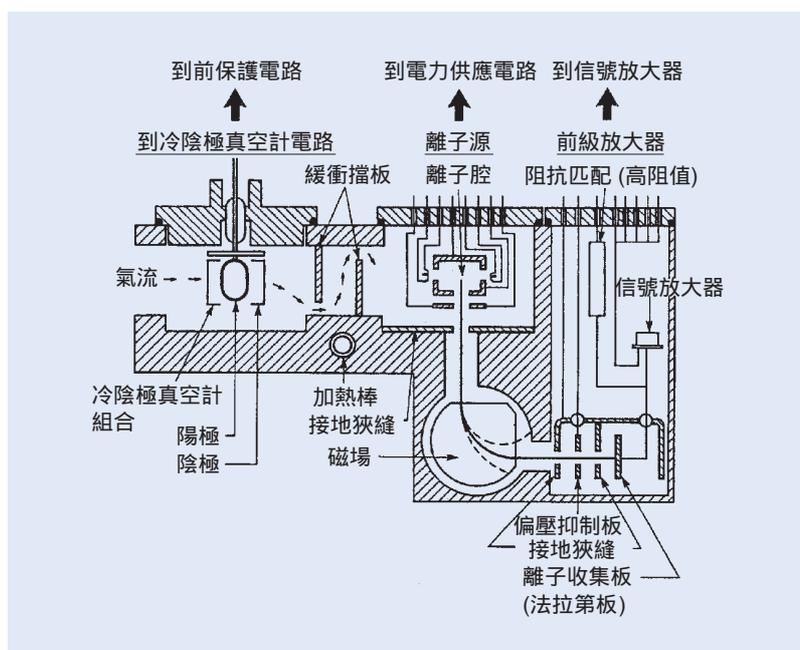


圖 8. 氦氣測漏儀之質譜管結構圖。

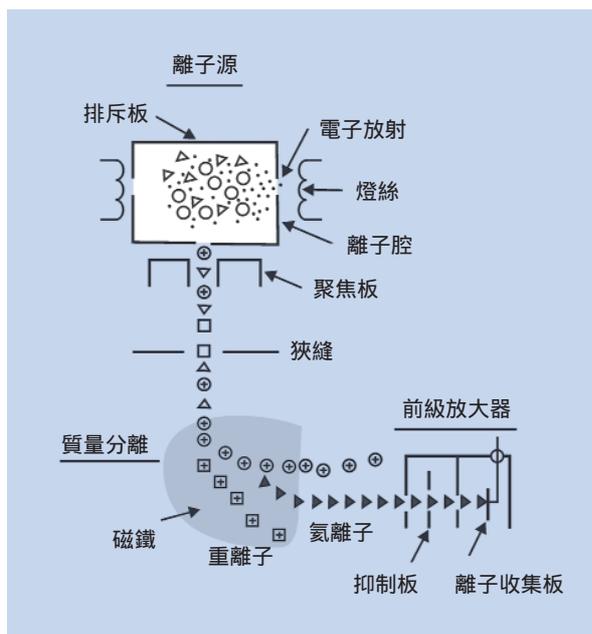


圖 9. 質譜管中離子之產生、分離與偵測過程示意圖。

(B)、質荷比 (m/e)、離子運動速度 (V_a) 之關係如下列公式：

$$\frac{m}{e} = \frac{r^2}{2C^2} \cdot \frac{B^2}{V_a} \quad (1)$$

其中 C 為真空中光線行進的速度。在氫氣測漏儀中，質譜管結構為固定，因此 r 為常數， B 為固定值，電荷值單位為 1，因此氣體離子質量 m 與 V_a 為變數，故調整 V_a 值可使某特定質量之離子到達離子偵測器之法拉第杯。

離子偵測器是由接地狹縫 (ground slits)、抑制板、法拉第杯、前級放大器及高阻值電阻等構成，其中接地狹縫可濾除散射之離子以減低干擾信號。因信號很小必須使用高放大倍率、高穩定性之前級放大器來接收信號。氣體分子在質譜管內離子化、運動、分離，以及氫氣被偵測的過程，如圖 9 所示。

2. 氫氣測漏儀的調準與校正

使用氫氣測漏儀必須先校正其標準值，才能得到確實可靠的結果。調整時可使用標準的漏氣管



圖 10. 可調氣導漏孔實體。

(standard or reservoir leak)，如圖 10 所示。可調漏孔是利用大氣中所存在約 5 ppm 的氫氣，如果測漏儀靈敏度為 10^{-11} Std cc/s，只要可調漏孔的漏氣率大於 10^{-5} Std cc/s，大氣所含之氫氣即可被測得而用來作校準用。

氫氣測漏儀之校正是將測漏儀的信號輸出與已知之標準漏氣率作修正，使兩個數據彼此契合，並修正其不準確度，其標準程序與裝置可參考 ISO 3530⁽³⁾。常用之標準漏氣管有毛細管式與滲透管式兩種，毛細管式標準漏氣管之漏氣率可從 10^{-3} 至 10^{-7} Std cc/s，滲透管式標準漏氣管之漏氣率可以由 10^{-6} 至 10^{-9} Std cc/s。其中以滲透管式標準漏氣管使用較為方便，其結構如圖 11 所示，使用時需注意，平常不用時針閥不要關閉，因氫氣維持定速漏出，關閉閥門一則使針閥彈簧疲乏，一則累積之氫氣一旦開啟，會使高真空系統壓力增高，造成過壓現象，污染質譜管。除此之外，滲透管式標準漏氣管容易因振動或摔到，使得玻璃部份破裂或金屬玻璃封合漏氣，導致氫氣散失。

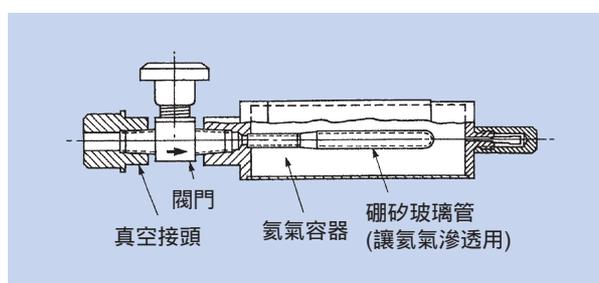


圖 11. 標準漏氣管結構圖。

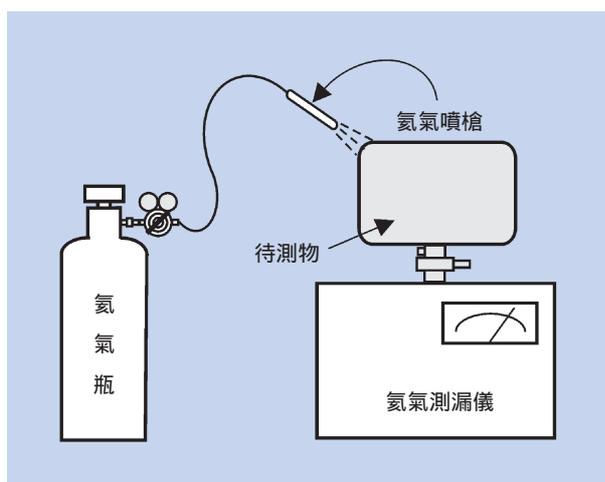


圖 12. 待測物直接與氦氣測漏儀連接之測漏裝置圖。

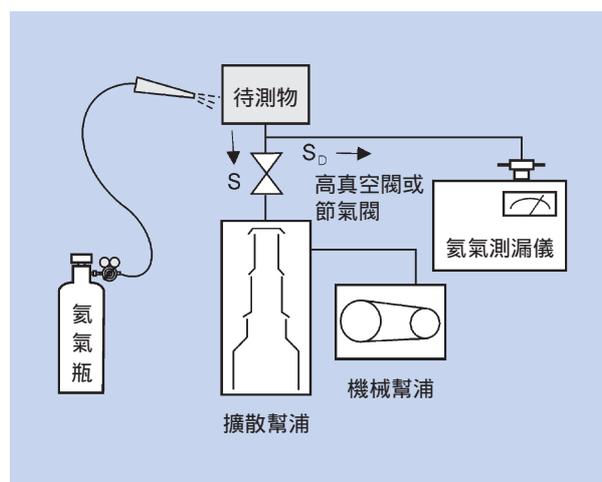


圖 13. 高真空系統與氦氣測漏儀連接之測漏裝置圖。

四、測漏實務

測漏是費時費心的工作，沒有一定的準則，測漏人員常依經驗判斷漏氣所在與成因，是十分著重實務經驗的工程技術，可參見參考文獻 4 至 6。本文整理測漏實務相關注意事項，供測漏工作人員參考。

首先論及操作氦氣測漏儀時之基本注意事項：

1. 真空抽氣系統必須達到合理的真空度，約 10^{-3} Torr (壓力大於熱偶真空計量測範圍無法檢測)，質譜管才能自接地狹縫 (ground slits) 中截獲氦氣。
2. 真空抽氣後不良的真空蓋板再封合時，其螺絲必須再加以鎖緊。
3. 氦氣輕而上漂，測漏時將待測物以塑膠袋包裹，以防氦氣飄散，可達到良好效果。
4. 使用封合黑土 (wax) 堵漏物質，可暫時堵住漏氣孔，但須記住位置，以防又造成漏氣。
5. 當待測物太大，測漏儀本身無法進行抽氣時，必須考慮以三通管真空閥門，加裝輔助幫浦協助抽氣。
6. 檢查標準漏氣管的使用年限是否過期。
7. 氦氣測漏儀之測漏環境、條件必須考慮清楚，我們常忽略測漏儀本身之幫浦為油性幫浦，此種測漏儀無法使用於半導體之機台檢測。
8. 氦氣之使用儘量不要亂噴，因亂噴會攪亂測漏

之可靠性，尤其質譜管對大氣所含之氦氣干擾因素，會降低靈敏度，增大背景信號，警報器一直作響，以致無法研判漏氣位置。

接著介紹測漏工作時，如何連接測漏儀與待測物。當待測漏物件或裝置體積小而潔淨時，可以使用完整有抽氣功能的氦氣測漏儀直接測漏，將待測物件連接於測漏口，此情況可以得到測漏儀所載明的最高靈敏度，其安置方式建議如圖 12 所示。如果待測物件體積大，氣體逸出量又多的時候，很難直接由氦氣測漏儀的抽氣系統抽氣，因為測漏儀質譜管必須在小於 2×10^{-4} Torr 的壓力下工作，而一般測漏儀的高真空系統其抽氣率很低 (通常使用 2 吋擴散幫浦，近來的產品則使用渦輪分子幫浦)，因此單靠測漏儀不易達到足夠低壓力，必須靠待測裝置的抽氣系統加以輔助或使用額外的幫浦，使用的要訣是儘量使示漏氦氣通往測漏儀。以下以實際使用時測漏儀連接方式加以說明。

方式 (1)

待測裝置本身可抽真空至高真空範圍，氦氣測漏儀連接在高真空幫浦 (以擴散幫浦系統為例) 上方之高真空區域，如圖 13 所示。此種連接法為使氦氣儘量進入測漏儀，宜使擴散幫浦上之高真空閥處於半開狀態，適當減低排氣速率。設裝置排氣速率為 S (L/s)，測漏儀在相同位置的排氣速率為 SD

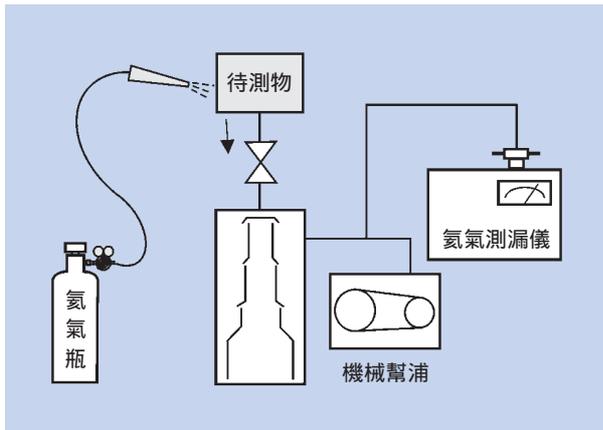


圖 14. 氮氣測漏儀接於真空系統擴散幫浦前級之測漏裝置。

(L/s)，則此種安排所能偵測的漏氣率為

$$q_L = \frac{S + SD}{SD} \cdot q_{\min} \quad (2)$$

其中 q_{\min} 為測漏儀規格載明的最小可偵測漏氣率，如果 $S = 5000 \text{ L/s}$ ， $SD = 2 \text{ L/s}$ ，則 $q_L = 2500 q_{\min}$ 。因此如果測漏儀的最佳靈敏度 $q_{\min} = 10^{-10} \text{ Std cc/s}$ ，則此安排所能得到之最小漏氣率為 $2.5 \times 10^{-7} \text{ Std cc/s}$ 。

方式 (2)

待測裝置本身可抽真空至高真空範圍，氮氣測漏儀接在擴散幫浦的前級位置，如圖 14 所示，各幫浦抽氣速率與前述方法 (1) 之情形相同。此安排方式可大為增加氮氣測漏儀的靈敏度。以 1200 L/min 的機械幫浦為例，此時 q_L 大小為

$$q_L = \frac{(1200 / 60) + 2}{2} \cdot q_{\min} = 11 \cdot q_{\min} \quad (3)$$

方法 (2) 的靈敏度較方法 (1) 之情形增高很多，此結果可以由擴散幫浦前級處之氮氣密度較高真空側高出 1000 倍得知。但如果測漏儀閥門無法全開以承受擴散幫浦前處的壓力，則以上估算之 q_L 值將增大。

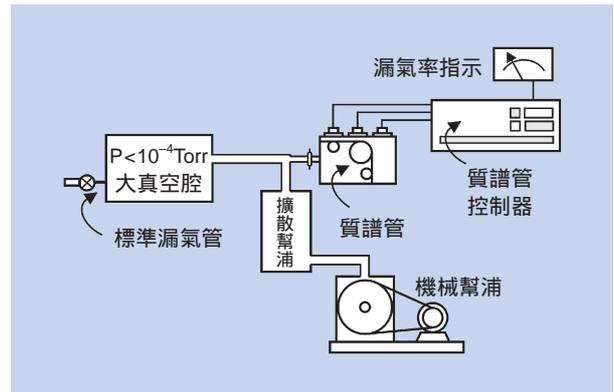


圖 15. 以質譜管直接接於高真空系統之測漏裝置。

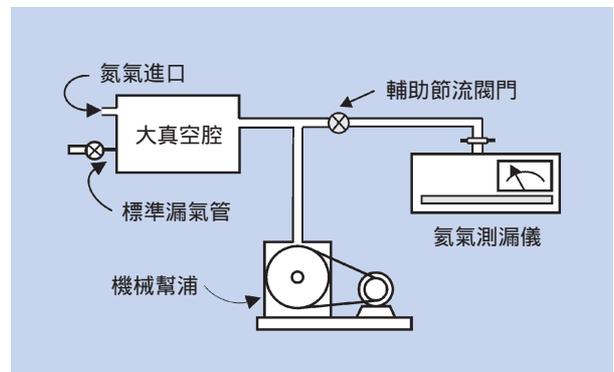


圖 16. 在中度真空 ($P > 10^{-3} \text{ Torr}$) 運作之大真空腔測漏裝置方式。

質譜管直接接於高真空系統之測漏法，係將待測裝置抽真空至高真空範圍，但不以完整之氮氣測漏儀與裝置連接，而只將測漏儀之質譜管直接接於系統上，如圖 15 所示。此種安排使得進入質譜管的氮氣量大增，因此其靈敏度顯著升高，實驗證實其效果凌駕上述之兩種連接法。

若真空裝置無法抽氣至 10^{-3} Torr 以下，或該裝置的使用壓力在 10^{-3} Torr 以上 (以大型真空高溫爐為例)，其測漏之安裝如圖 16 所示。此時使用完整的氮氣測漏儀系統，加裝如圖 16 所示之節氣閥門，此閥門係針對傳統式測漏儀而設。在大型低真空系統測漏時，其工作時間較長，因此在可疑漏氣位置之探漏時間必須足夠長。氮氣在大系統及壓力較高的情況下，擴散速率很慢，因此大系統測漏如圖 16 所示，於系統下方安裝了氮氣放氣孔，利用

氮氣的氣壓把由漏氣孔進入之氦氣清除至抽氣管路，以增快反應時間及清除氦氣時間。

測漏之本質在於找出漏氣之所在，並以適當的方法堵漏，以改善系統的真空性能。漏氣孔的處理可以分為修理與堵漏，修理就是更換零件、襯墊、或是重新銲接，因此修理後之儀器與新製成的系統相差無幾。至於堵漏則區分為暫時性與永久性堵漏，暫時性堵漏可用真空膠或真空蠟等暫時性封住漏孔再行修理，而永久性堵漏則用 TIG 銲接或永久性堵漏材料 (Torr Seal[®]) 堵住後即可，不需再行修理。

(本文收錄於精密儀器發展中心即將出版之「真空技術彙編」一書)

參考文獻

1. A. O. Nier, *Vacuum Science and Technology Volume 2, Pioneers of the 20th Century*, New York: AIP press, 105 (1994).
2. A. O. Nier, C. M. Stevens, A. Hustrulid, and T. A. Abbott, *J. Appl. Phys.*, 18, 30 (1947).
3. ISO 3530 Vacuum Technology-Mass Spectrometer Type Leak Detector Calibration.
4. 蘇青森, 真空技術, 五版, 台北: 東華書局 (1999).
5. 呂登復, 實用真空技術, 再版, 新竹: 黎明書店 (1996).
6. Varian, Basic Vacuum Practice, 2nd Edition, Vacuum Product Division, Training Department, Varian Associates Inc., Palo Alto, CA (1989).
7. Varian, Introduction to Helium Mass Spectrometer Leak Detection, Varian Associates Inc., (1980).
8. Instruction Manual, Varian Porta-Test 952-40.