

Chapter 6 測漏技術與清潔方法

- ★ 6.1 真空系統的漏氣
- ★ 6.2 找漏與堵漏
- ★ 6.3 真空系統的污染
- ★ 6.4 清潔的方法
- ★ 6.5 真空系統烘烤

1

第一節 真空系統的漏氣 漏氣的定義

- ★ 漏氣的定義為氣體由真空系統的外部經由漏氣的途徑進入真空系統的內部即為漏氣
- ★ 據此定義則任何真空系統均有漏氣
- ★ 實際應用時並不以此定義來決定真空系統有無漏氣

2

真空系統不漏氣的條件

- ★ 真空系統既然不可能絕對不漏氣，但是在符合以下條件的情況可視為不漏氣：
 - ✱ 真空系統最終壓力（ultimate pressure）可以達到
 - ✱ 真空系統的操作壓力範圍（operational pressure range）在合理的時間內可以達到並維持

3

密封系統與緊密系統

- ★ 一般不漏氣的真空系統或真空裝置，習慣上有用密封系統（hermetic seal）或緊密系統（tight seal）兩種不同的名詞來表達，其區別為：
 - ✱ 密封系統
 - ✱ 緊密系統

4

漏氣的途徑

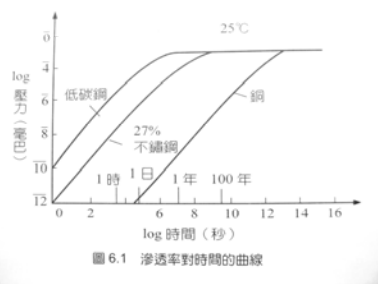
- * 漏氣的定義所稱的氣體由真空系統外部進入真空系統內部的途徑應與組成真空系統各部分的材料及其製造加工有關。主要包括有：

- * 材料製造加工

- * 小孔
- * 裂縫
- * 焊接道的裂痕
- * 材料加工的紋理

- * 材料本身的性質

- * 多孔性材料的微孔
- * 分子或晶體間隙的滲透



5

假漏與真漏

- * 假漏

- * 真空系統中所有可能產生氣體的機制均屬於假漏，例如真空室器壁吸附的氣體及器壁內部陷捕的氣體或溶解的氣體等經由擴散的機制至內部表面，以及任何蒸氣壓高的物質包括污染等在真空室內蒸發均為假漏
- * 假漏的現象有一特點，即上述發生的氣體其壓力達與其周圍壓力相等時即產生平衡，故壓力不再上升

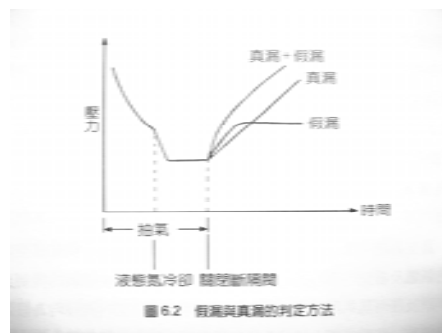
- * 真漏

- * 真漏即所謂真空系統的漏氣。真漏為從真空系統中的外部，氣體經由任何途徑進入真空系統中內部的機制
- * 真漏若不被阻止，而真空系統停止抽氣，則真空系統中的壓力最後應達到一大氣力

6

判定漏氣的方法

- * 常用簡單判定假漏與真漏的方法係將真空系統停止抽氣，亦即將抽氣的真空幫浦至真空系統間的隔斷閥 (isolation valve) 關閉



7

真空系統的可允許漏氣率

- * 粗略真空系統

- * 真空系統操作壓力範圍為粗略真空，從大氣壓力1013毫巴至1毫巴：可允許漏氣率約為1毫巴·公升/秒

- * 中度真空系統

- * 真空系統操作壓力範圍為中度真空，從1毫巴至 10^{-3} 毫巴：可允許漏氣率約為 10^{-2} 毫巴·公升/秒

- * 高真空系統

- * 真空系統操作壓力範圍為高真空，從 10^{-3} 毫巴至 10^{-7} 毫巴：可允許漏氣率約為： 10^{-5} 毫巴·公升/秒

- * 超高真空系統

- * 真空系統操作壓力範圍為超高真空，壓力低於 10^{-7} 毫巴：可允許漏氣率約為： 10^{-9} 毫巴·公升/秒

8

真空系統可允許漏氣率的實例

- * 真空烤箱： 2.5×10^{-2}
- * 真空金屬鑄造爐： 10^{-3}
- * 分子蒸餾裝置： 10^{-3}
- * 真空金屬冶煉爐： 10^{-6}
- * 高真空抽氣裝置： $10^{-5} \sim 10^{-6}$
- * 粒子加速器： $10^{-7} \sim 10^{-8}$
- * 超高真空分析儀器： $10^{-8} \sim 10^{-10}$

9

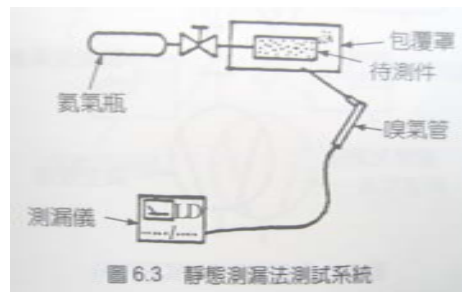
真空系統中接合部分的最大允許漏氣率

- * 真空系統的各接合部分包括可拆性與固定性接頭等的最大允許漏氣率（單位為毫巴·公升／秒）
 - * 焊接道：每厘米焊接道長度的漏氣率為： 2×10^{-8}
 - * 彈性體（elastomer）襯墊：每厘米襯墊長度的漏氣率為： 6×10^{-8} 至 8×10^{-9} （用於有冷凍處的襯墊取低值）
 - * 無氧銅（OFHC）襯墊：每厘米襯墊長度的漏氣率為： 3×10^{-8}
 - * 玻璃磨砂接頭：每厘米長度的磨砂接頭漏氣率為： 8×10^{-3} 至 8×10^{-2}
- * 真空分件的最大允許漏氣率
 - * 真空分件的最大允許漏氣率（單位為毫巴·公升／秒）
 - * 用彈簧箱（bellow）作傳動密封的真空閥： 10^{-6}
 - * 用維通（Viton）作傳動密封的真空閥： 10^{-6}
 - * 全金屬真空閥（傳動密封及閥門氣密襯墊均為金屬）： 10^{-9} 至 10^{-12}
 - * 用彈簧箱（bellow）作傳動密封的吊耳閥（flap valve）： 10^{-7}
 - * 直角閥（用軸封墊作傳動密封，O形圈與閥座為氣密襯墊）： 10^{-5}
 - * 以威爾松襯墊（Welson seal）作傳動密封的慢速轉動機械導引（mechanical feedthrough）： 3×10^{-6}
 - * 以威爾松襯墊（Welson seal）作傳動密封的靜止機械導引： 10^{-6}
 - * 以鐵氟隆（Teflon）作傳動密封的直線運動機械導引： 6×10^{-7}
 - * 以金屬接合陶瓷為密封的電導引（electric feedthrough）： 10^{-10}

10

漏氣率測定法-靜態測漏法

- * 靜態測漏法
 - * 靜態測漏法（static testing）亦稱為測試氣體累積測漏法（test gas accumulation testing）
 - * 測試系統有一包覆罩（envelope）或測試室（testing chamber）其體積為V，待測件置於室內
 - * 一氦氣瓶供應氦氣由管路經控制閥放入真空系統中
 - * 漏出的氦氣至包覆罩內而被測漏儀（leak detector）所偵測

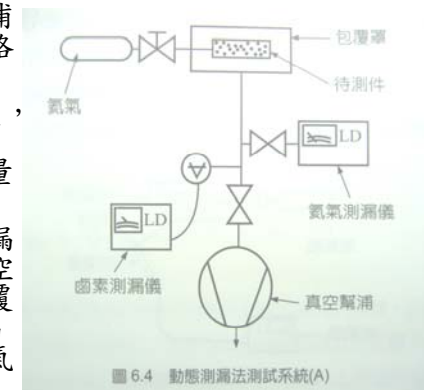


11

漏氣率測定法-動態測漏法(A)

- * 待測真空系統內充測試氣體（氦氣），包覆罩由真空幫浦抽氣，測漏儀裝設在抽氣管路上
- * 若包覆罩內的壓力p維持不變，而真空幫浦的抽氣速率為S，則被幫浦所抽氣體的氣流通量Q為： $Q = Sp$
- * 若真空系統內的氦氣漏出的漏氣率為 Q_t ，漏出的氦氣被真空幫浦抽出達平衡狀態後，包覆罩內的壓力p維持不變，則漏氣率即等於幫浦所抽氣體的氣流通量Q

$$Q_t = Q = Sp$$

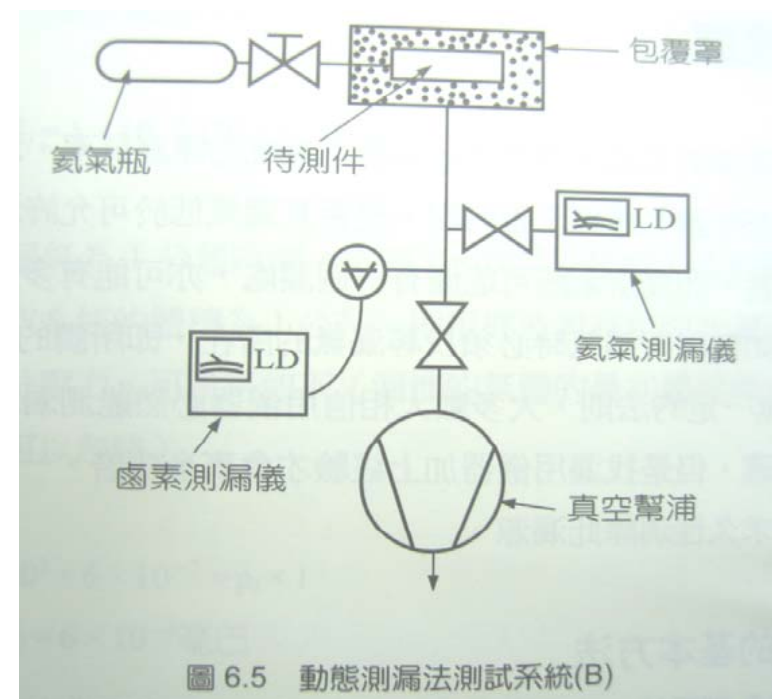


12

漏氣率測定法-動態測漏法 (B)

- * 包覆罩內充測試氣體（氬氣），待測真空系統由真空幫浦抽氣，而測漏儀裝設在抽氣管路上
- * 在未達到壓力平衡前，待測真空系統的壓力變化率為 dp/dt ，包覆罩內的氬氣漏入待測真空系統的漏氣率為 Q_t ，幫浦所抽氣體的氣流通量 $Q = S \cdot p$ ，真空系統的壓力為 p ， S 為真空幫浦的抽氣速率，又真空系統的體積為 V ，則真空系統的氣流通量變化應等於氬氣漏入待測真空系統的漏氣率減去幫浦所抽氣體的氣流通量，即
- * $V(dp/dt) = Q_t - Sp$

13



14

第二節 找漏與堵漏 找漏法的基本方法

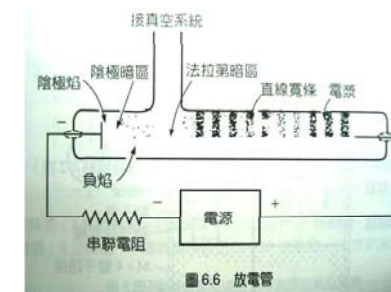
- * 找漏法亦稱為測漏法，主要係找尋漏氣的所在。雖然不靠任何儀器完全憑經驗找漏的專家確有人在，但是有儀器幫助其效果更佳
- * 一般測漏均以偵測從真空系統外部漏入內部的氣體為常用的方法，但亦有將真空系統充氣而偵測從真空系統內部漏至外部的氣體。後者除下節漏氣率測定法所述的以氬氣測漏儀偵測不須充入高壓氣體外，一般所用充入高壓氣體的氣泡測漏法的靈敏度均很低，故本書並不建議採用。茲舉例比較兩種方法如下：

- * 壓力上升法
- * 充氣測漏法

15

測漏儀找漏-放電管

- * 兩極間即開始產生輝光放電（glow discharge）
- * 此放電現象在壓力下降時逐漸變暗，至壓力低於0.1毫巴時則幾乎全暗。放電管用作測漏在此真空壓力區間頗為有效。通常輝光放電呈紅色，找漏時用水或酒精噴洒在可能為漏處
- * 若該處確為漏孔則水或酒精由此漏處進入真空系統中後氣化，在放電管內則因此些氣體分子存在而使輝光放電的顏色變成乳白色



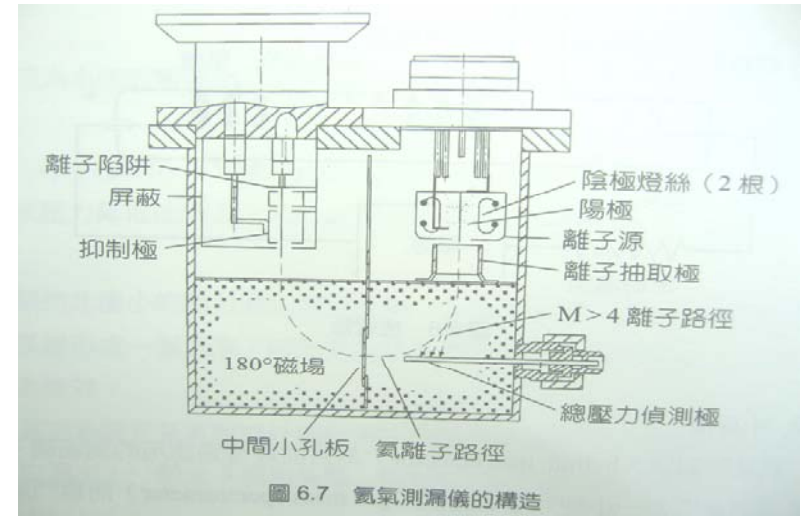
16

測漏儀找漏-氦氣測漏儀

- * 氦氣測漏儀 (helium leak detector) 為目前最普遍應用的測漏儀。實際上氦氣測漏儀即為一小型氣體質譜儀 (gas mass spectrometer) 而專門測定氦氣者
- * 因其為質譜儀，必須操作在高真空範圍，故需要有真空幫浦維持儀器的高真空。傳統的氦氣測漏儀用小型擴散幫浦及其前段幫浦抽高真空，因為使用的場地可能並無冷卻水源，故其冷卻用氣冷式
- * 因此必須用液態氦以防幫浦的油蒸氣回流至質譜儀。新式的氦氣測漏儀則用渦輪分子幫浦及其前段幫浦抽高真空，故無油蒸氣回流的問題
- * 應注意此種新式的氦氣測漏儀若用於有污染性的真空系統測漏時必須防止渦輪分子幫浦被污染渦輪分子幫浦的葉片若被污染其清潔頗困難，若未清潔而繼續使用會使幫浦損壞

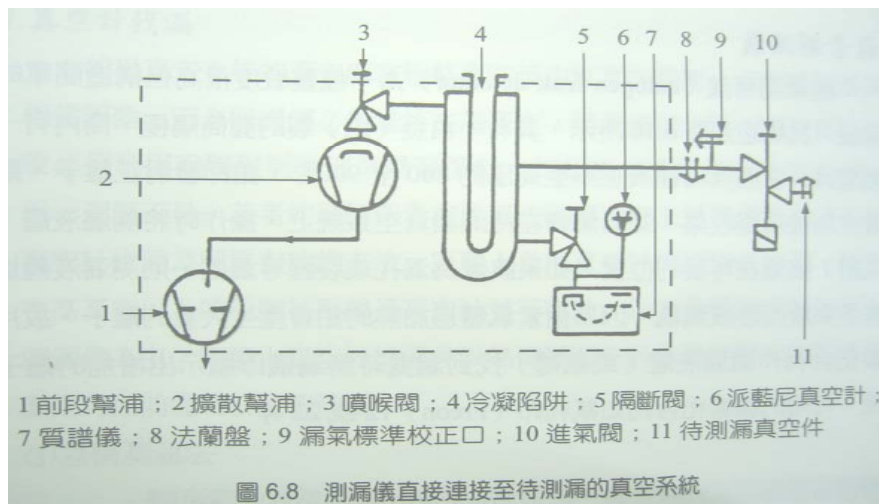
17

氦氣測漏儀的構造



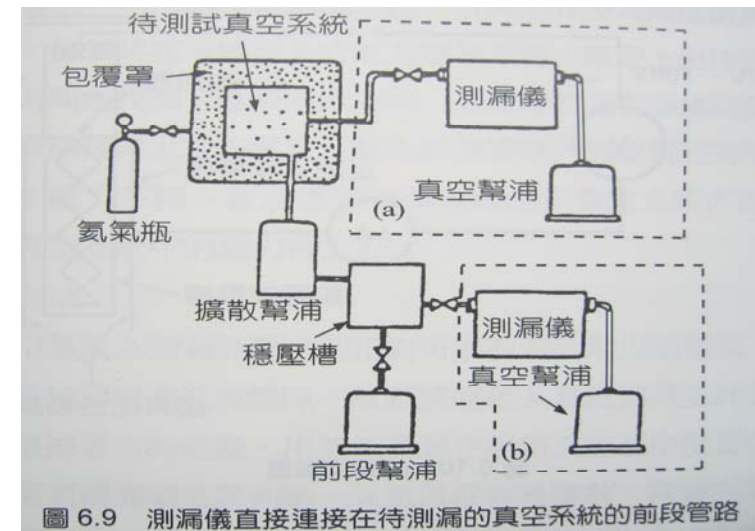
18

氦氣測漏儀與待測漏真空系統的連接



19

測漏儀直接連接在待測漏的真空系統的前段管路



20

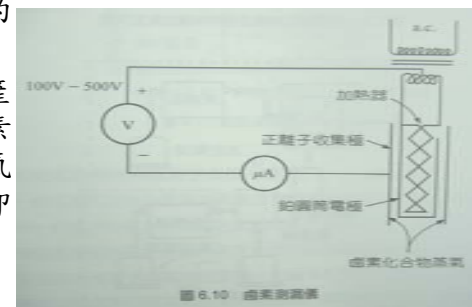
氦氣測漏儀用嗅氣管 (sniffer probe) 找漏

- * 若待測漏真空系統無可接測漏儀的通口但有進氣裝置，則可將氦氣充入真空系統內而由系統的外部用嗅氣管 (sniffer probe) 在可疑的位置找漏
- * 因氦氣很易從漏孔或裂縫等漏處逸出，故充氦氣並不需要太高的壓力

21

鹵素測漏儀

- * 鹵素測漏 (halogen leak detector) 為一種靈敏度很高但構造簡單的測漏儀
- * 鹵素氣體遇加熱的鉑會產生大量的離子，故用鹵素化合物作測漏液體 (或氣體) 找到漏處時測漏儀即顯示出增加的離子電流



22

真空計找漏

- * 酒精測漏法
 - * 一般所謂的酒精測漏即係真空計找漏，最有效的真空範圍在粗略真空至中度真空
 - * 利用酒精為測漏液體，而真空計多為熱電偶真空計或派藍尼真空計
- * 氦氣測漏法
 - * 使用氦氣為測漏氣體時則正對可疑有漏的地方噴氦氣，因為氦氣較其他氣體易於穿過漏孔或縫隙，故若該處確為漏處則真空計上立即顯示壓力上升

23

暫時性堵漏

- * 經過測漏及找漏已確定漏氣的大小及所在位置後，再視實際情況來決定如何處理。原則上如漏處可修理則應優先作永久性修理，但有時限於環境及工作時間而不能作永久性修理則可作暫時性堵漏
- * 會使用下述物質作堵漏或測漏之用
 - * 真空膠 (lacquers or shellac)
 - * 環氧樹脂 (epoxy resin)
 - * 真空水泥 (cement)
 - * 真空蠟 (wax)
- * 用堵漏劑堵漏的方法
 - * 現場堵漏
 - * 停機堵漏

24

永久性修漏

- * 永久性修漏的含意為將漏氣的部分經處理後達到真空系統應有的不漏條件而非暫時性的堵塞漏處
- * 顯然將漏氣的部分機件更換為不漏的部分機件為最有效的永久性修漏，但真空裝置或設備在製造時有些地方係利用焊接，此部分若有漏氣則必須修理

有關漏氣的結論

- * 錯誤或不良的真空系統設計
- * 滲透為無法避免的漏氣
- * 漏氣與放氣的關係

25

第三節 真空系統的污染

- * 真空系統即使為正常操作，仍有可能被污染。真空系統的污染可能由外部介入，但亦可能由內部產生，故操作真空系統時不但要防止外部介入的污染，而且要控制內部產生的污染
 - * 外部介入的污染
 - * 內部產生的污染

26

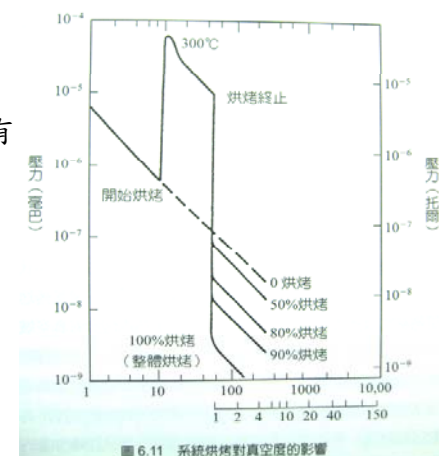
第四節 清潔的方法

- * 在真空系統外的清潔視被清潔物件的材質，構造而選用清潔的方法不同。一般金屬製品與非金屬製品的清潔方法有很大差異，故若物件包含有金屬與非金屬時應盡可能分開處理
 - * 機械清潔法
 - * 化學清潔法
 - * 加熱清潔法

27

第五節 真空系統烘烤 系統烘烤對真空度的影響

- * 真空系統烘烤分為局部烘烤（local baking）與整體烘烤（bulk baking）。原則上如有可能應採取整體烘烤。局部烘烤與整體烘烤對
 - * 局部烘烤
 - * 整體烘烤



28