

第一章 緒論

1.1 研究背景及動機

在半導體工廠中，使用危害氣體甚多，氣體監測器在安全監控系統上扮演極重要之角色，而且是執行工安環保工作有用之輔助工具。

因應產業發展需求，氣體監測系統扮演之角色已不僅止作為緊急狀況發生時之警示工具；將監測系統與製程的結合，可隨時監視反應物及產物比例、不完全燃燒率等、幫助工廠節省成本；一旦有災害發生時，監測系統可以預測災害發生地點、區隔危險地帶、中斷製程及啟動防災設備，以期將災害程度減至最低。

半導體產業發展迅速，安全監控系統也隨著產業發展日新月異；有鑑於此，因應產業需製程球，個人認為如何將氣體監控系統設計最佳化，並做最有效之管理與整合，才是氣體監控系統管理首要工作。

隨著產業科技的發展，工安事件及職業災害所造成的損失也隨之攀升，在半導體工廠內，因應製程不同之需求，而使用危害氣體甚多，例如： SiH_4 、 AsH_3 、 HBr 、 BCL_3 ...等，萬一不幸發生氣體洩露時，不僅企業造成損失之外，對人體造成極大的傷害，甚至造成死亡；以往“緊急應變中心”在大型晶圓廠才有設立，當廠內發生氣體洩漏時，現場通常是以人員疏散現場為原則，因晶圓廠使用許多高壓危險氣體，現場人員疏散後，應變人員無法及時做有效之災害控制，導致財產損害之機率隨之攀升。

氣體監控系統在晶圓廠內之安全上扮演極重要之角色，有鑑於此，如何將連鎖功能控制功能(Interlock)應用在氣體監控系統上，有效提升處理災害發生時之緊急應變時效，縮短救災時間，掌握異常狀況並防範氣體洩漏危害所造成的損失，成為本論文之研究動機。

1.2 研究目的

本研究最主要目的是針對晶圓廠氣體監控系統之高壓氣瓶櫃 G/C 及氣體閥箱 VMB 之連鎖關閉功能設計以及地震監測儀之連鎖功能設計上之設計，以期達到氣體監控系統設計最適化之目的，透過乙太網路連接，進行資料收集及監控系統訊號傳送，使廠內狀況反應於監控系統上，當氣體洩漏或地震災害發生

時，廠務或緊急應變人員可迅速將 GC 及 VMB 及時關閉，防範氣體洩漏範圍擴大，有效控制災害區域，將損失減至最低；另外，在風險管理及成本效益評估下，地震儀連鎖功能及氣瓶櫃 G/C 及氣體閥箱 VMB 之連鎖關閉功能設計，有效降低公司保險費用、節省公司成本及兼顧工廠安全防護之雙重效益。

主要具體研究項目可歸納為以下五點：

- 一、 氣體監控系統設計概念
- 二、 監測點資料收集與分析
- 三、 系統連鎖控制功能設計
- 四、 氣體洩漏警報連動與控制
- 五、 提出建議俾供產官學界酌參及後續可研究之方向。

1.3 研究步驟



本研究流程擬分為以下步驟，如圖 1-1。

- 一、確認研究目的與主題。
- 二、國內外相關文獻蒐集整理。
- 三、建立研究架構：
建立研究架構，並針對相關性課題關係，作為研究之基礎。
- 四、系統設計概念說明。
- 五、監測系統資料收集。

主要內容可分二大部份：

第一部份為氣體偵測系統資料收集及訊號傳輸。

第二部份為氣瓶櫃 G/C、VMB、Purifier、地震儀警報系統等資料收集及訊號傳輸。

- 六、警報發生時之連鎖控制功能(Interlock)設計。
- 七、系統模擬測試。
- 八、整合相關資料。
- 九、詮釋及討論：根據相關數據，進行合理詮釋及討論。
- 十、結論與建議：針對分析結果做出結論，並給後續研究者做參考。



圖 1.1 研究流程圖

1.4 論文結構

本研究共分為五章，其論文結構如下：

第一章、緒論：包括研究的動機、研究目的、研究步驟與論文架構等。

第二章、文獻探討：主要針對半導體廠氣體供應系統、氣體監測器之偵測方式、氣體監測器佈點與設置…等方面回顧與探討，並加以整理歸納以作為研究進行之理論基礎。

第三章、監控系統設計與偵測設備整合。

第四章、監控系統軟體與連鎖控制(Interlock)界面整合。

第五章、結論與建議：說明本研究之重要發現與結論，並給後續研究者做參考。



第二章 文獻探討

本章內容介紹目前半導體廠之氣體供應系統，包含大宗氣體(Bulk Gas)與特殊氣體(Specialty Gases)，說明氣體供應及儲存方式；根據氣體特性及晶圓廠內製程機台設置，進行廠內氣體偵測與監控系統設計整合，透過乙太網路連接，監控系統進行資料收集及訊號傳送，並依據警報測試結果加以整合，確認其效果，並提出相關改善對策。

氣體的使用在半導體製程中一直扮演著重要的角色，特別是半導體製程目前已被廣泛的應用於各項產業，其中的製程包括如乾蝕刻、氧化、離子佈植、薄膜沉積等皆使用到相當多的氣體，而氣體的純度則對元件性能、產品良率有著決定性的影響，氣體供應的安全性則關乎人員的健康與工廠運作的安全。氣體一般可簡單的區分為大宗氣體(Bulk Gases)，如 N_2 、 H_2 、 O_2 、Ar 等使用量較大的氣體，和特殊氣體(Specialty Gases)，如 SiH_4 、 AsH_3 、 PH_3 ... 等以鋼瓶供應的氣體。

2.1 氣體中央供應系統

氣體供應輸送系統通常指的是氣體從”儲存容器“經過氣體管路及配件，到供應給製程機器，使整個氣體傳輸過程進行的一種系統。

在半導體製程上，各種製程設備都需要不同的氣體。

例：CVD 製程： SiH_4 、 B_2H_6 、 NH_3 、 H_2

乾蝕刻製程： CF_4 、 CHF_3 、 O_2 、 SF_6

溼蝕刻製程： HCL 、 H_2SO_4 、 HNO_3

離子植入機： PH_3 、 BF_3

其他廣為各種製程設備與儀器所使用的惰性氣體等；半導體的製程設備，都需要個別的氣體供應輸送系統來傳輸所需要的製程氣體。而氣體供應輸送系統的規劃，也就隨著各種不同氣體間的特性，而有簡單的及非常複雜的設計。

2.1.1 大宗氣體(Bulk Gases)供應系統

一般的大宗氣體 N_2 、 O_2 、Ar 常用的供應方式以固定式的大型桶槽為主，將桶槽安置於廠區附近，架構獨立的供應區與土木基礎，以槽車定期進行填灌，高壓的液態氣體經蒸發器蒸發為氣態後，供應現場使用，若有純化的需求則需透過氣體純化機將氣體精製成生產線需求的規格使用； H_2 則經常使用兩座

多組鋼瓶串接的方式進行供應，當一座的氣體使用完後，另一座的氣體將自動接續供應，使供氣不致中斷，並以整座串接鋼瓶更換的方式進行氣體的補充。此外，也有所謂的 on-site 供應方式，將需求的氣體於現場直接製造供應生產線；另有由氣體供應商直接架設地下管路進行集中式的供應，就像目前家用的天然氣供應方式。但此方式因管線太長，且埋設於地下，供應點複雜，除非供應商有很好的系統設計，可防止斷氣、排除管路的污染或供應品質不穩定的狀況，否則此種供應雖然方便，卻因半導體製程對氣體品質的要求相當高，風險值也相對的較高。倘若源頭供應品質不良，導致所有半導體廠的製程斷氣或污染，其損失之大，將不下於停電所造成的巨額費用。相對的，以槽車或鋼瓶的供應方式，因其出貨前可透過品質的檢驗，確保供氣的品質，風險也就較低，如圖 2-1 所示。

大宗氣體的供應設計則因其供應方式的特殊性，供應方式歸納如下：

儲槽(Tank) --- 例：N₂、O₂、Ar、CO₂...

鋼瓶(Cylinder)/集束組(Bundle) --- 例：H₂、He..

槽車(Trailer) --- 例：H₂、He..

ON-SITE 製造 --- 例：N₂、O₂、Ar..

由供應商以地下管路中央供應 --- 例：N₂、O₂、Ar...

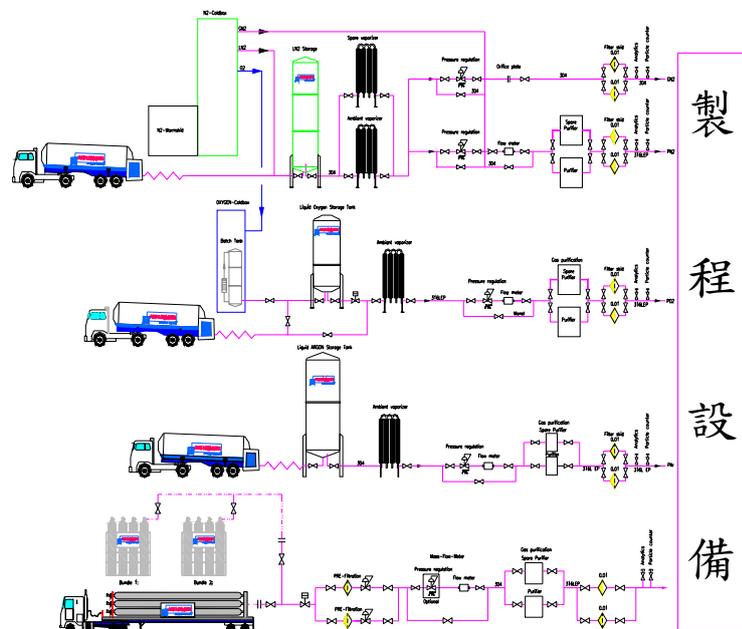


圖 2-1.大宗氣體(Bulk Gas)供應流程示意圖

資料來源：特氣供應系統的規劃與設計

2.1.2 特殊氣體 (Specialty Gases) 供應系統

特氣供應系統是半導體廠中危險性最高的一環，只要有任何的疏失都可能造成人員、廠房、設備的嚴重損失，特別是其中有些氣體如 SiH_4 的自然燃性，只要一洩漏就會與空氣中的氧氣起劇烈反應，開始燃燒；還有 AsH_3 的劇毒性，任何些微的洩漏都可能造成人員生命的危害，也就是因為這些顯而易見的危險，所以對於系統設計安全性的要求就特別高。

特殊氣體的供應設計則因其供應方式的特殊性，供應方式歸納如下：

氣態鋼瓶供應 --- 例： SF_6 、 CO_2 、 SiH_4 、 N_2O 、 NF_3 ...等。

液態鋼瓶供應 --- 例： SiH_2Cl_2 、 HCl 、 HBr 、 WF_6 ...等。

供氣流程大致以圖 2-2 所示。

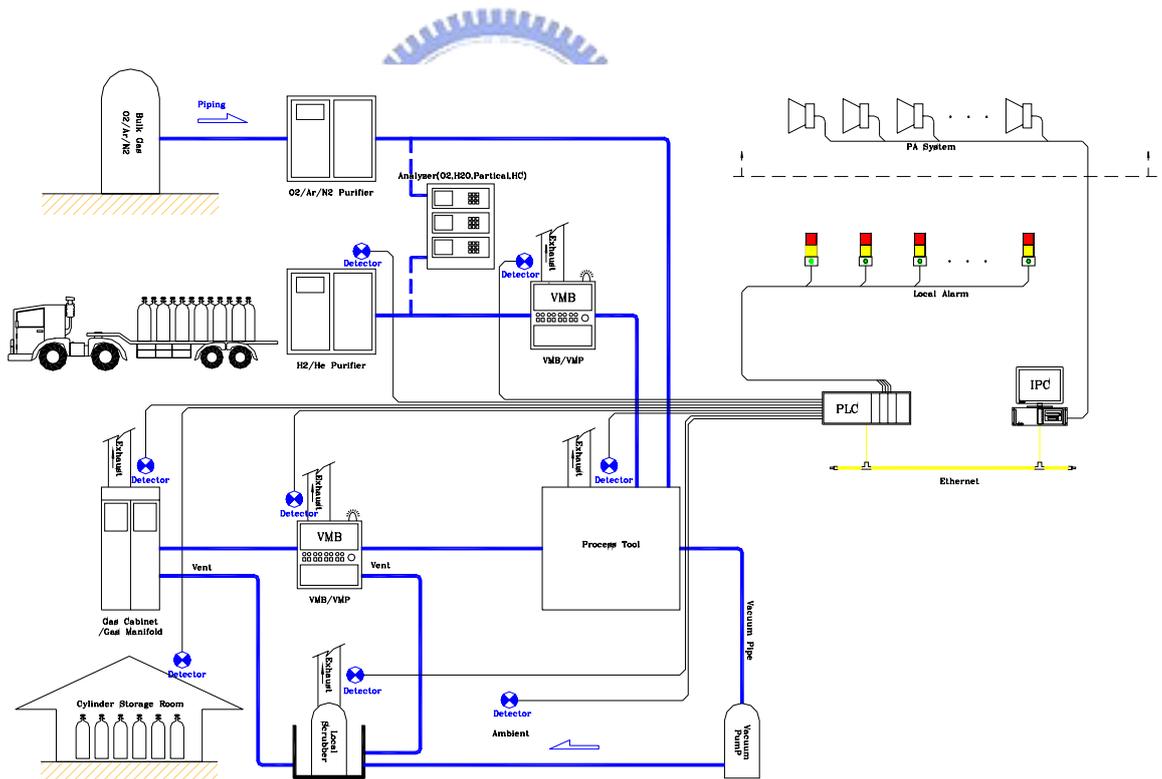


圖 2-2. 特殊氣體系統供應流程圖

資料來源：特氣供應系統的規劃與設計

特殊氣體的種類一般可分為腐蝕性、毒性、可燃性、助燃性、惰性，一般常用的半導體氣體分類如下：

- (一)、腐蝕性 / 毒性： HCl 、 BF_3 、 WF_6 、 HBr 、 SiH_2Cl_2 、 NH_3 、 PH_3 、 Cl_2 、 BCl_3 ...等
- (二)、可燃性： H_2 、 CH_4 、 SiH_4 、 PH_3 、 AsH_3 、 SiH_2Cl_2 、 B_2H_6 、 CH_2F_2 、 CH_3F 、 CO ...等
- (三)、助燃性： O_2 、 Cl_2 、 N_2O 、 NF_3 ...等
- (四)、惰性： N_2 、 CF_4 、 C_2F_6 、 C_4F_8 、 SF_6 、 CO_2 、 Ne 、 Kr 、 He ...等

其中很多氣體是具有二項以上的特性，特別是腐蝕性氣體一般而言亦同時具有毒性， PH_3 則具有腐蝕性和毒性外，亦具有可燃性，是相當危險的一種氣體。若期望對氣體供應系統做出較佳的規劃設計，一定要對氣體特性有相當的了解，才有可能駕馭它、控制它，而詳細的閱讀各項氣體的物質安全資料表(MSDS)則是了解它的第一步。透過MSDS我們可以很清楚的知道它的各項特性，包括物理特性、化學特性、毒性、相容性...等，乃至於緊急處理的方法和步驟皆有詳細的介紹；圖 2-3 則是列出一些常用氣體間的相容性與可能的反應狀況。

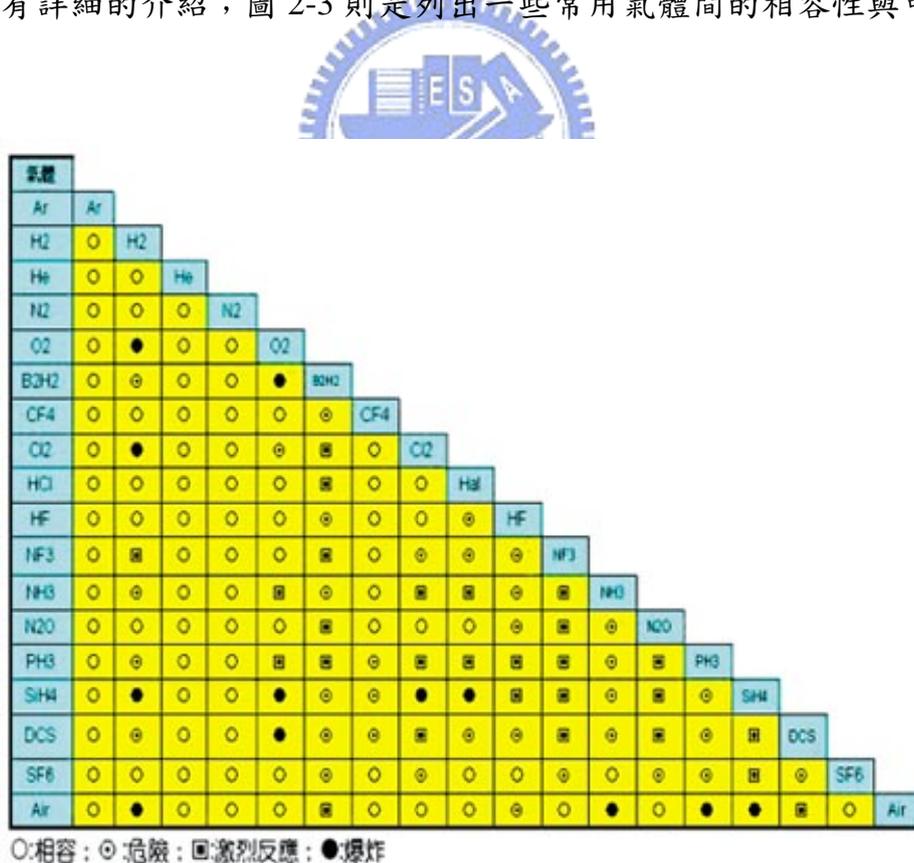


圖 2-3. 半導體製程常用氣體相互反應圖
資料來源：VLSI 製造技術

特殊氣體的供應方式截至目前為止，幾乎皆用鋼瓶的方式進行，一般常用的為高壓鋼瓶，但依其填充的氣體特性又可分為氣態與液態鋼瓶，一般氣體皆為氣態鋼瓶，其填充壓力亦高，氣體以氣態儲存於鋼瓶內；低蒸氣壓的氣體則以液態儲存於鋼瓶內。另有一種吸附式的氣體儲存鋼瓶，即所謂的安全供應氣源(SDS, Safe Delivery Source)，可藉由介質如沸石和活性碳對特定的氣體如 PH_3 、 AsH_3 、 BF_3 、 SiF_4 等進行物理吸附，以氣體分子與吸附劑間的凡得瓦力將氣體吸附於吸附劑的孔隙中，其優點為供應壓力低於一大氣壓，無洩漏之餘。經實驗結果，即使洩漏亦不致發生爆炸或造成足以危害人體的毒氣濃度，安全性佳，而且供應量可為傳統高壓鋼瓶的數倍至數十倍；國內部份 8 吋及 12 吋晶圓廠內之離子植入機使用之製程氣體 AsH_3 、 BF_3 則採用 SDS (Safe Delivery Source) 氣體鋼瓶供氣。

針對腐蝕性、毒性、燃燒性的氣體，通常設計將鋼瓶置於氣瓶櫃(Gas Cabinet)內，再透過管路將氣體供應至現場附近的閥箱(VMB, Valve Manifold Box)，而後再進入製程機台的使用點(POU, Point of Use)，於進入機台腔體之前，會有獨立的氣體控制盤(GB, Gas Box)與製程控制模組連線，以質流控制器(MFC, Mass Flow Controller)進行流量之控制與進氣的混合比例控制，如圖 2-4 所示。

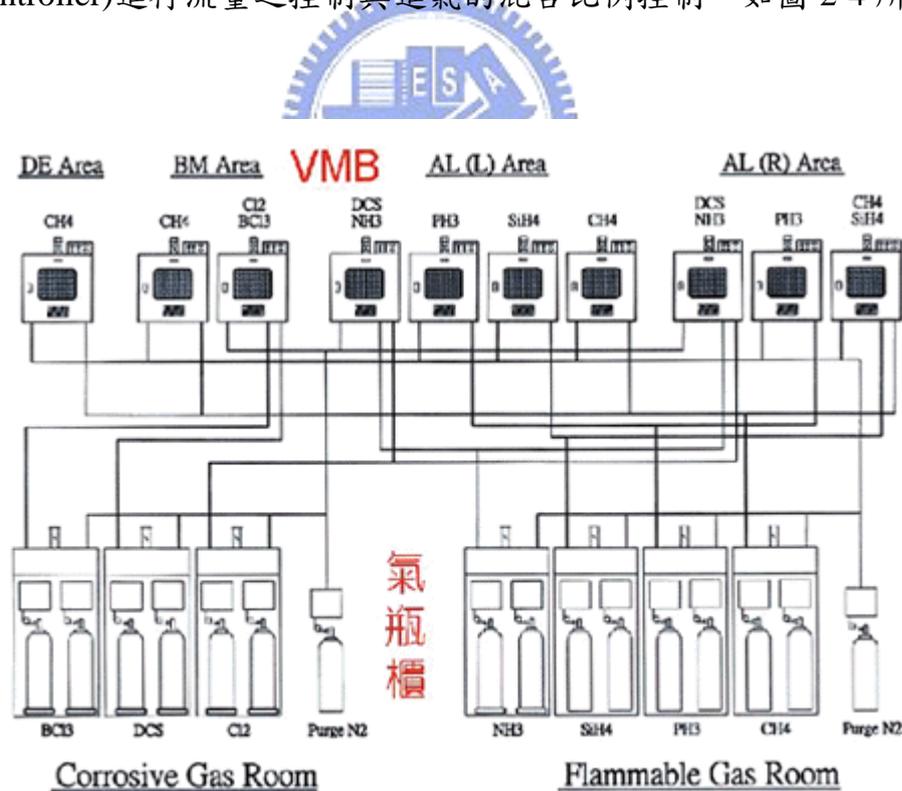


圖 2-4. 毒性及腐蝕性氣體供應流程圖
資料來源：特氣供應系統的規劃與設計

一般的惰性氣體則是以開放式的氣瓶架(Gas Rack)與閥盤(VMP, Valve Manifold Panel)進行供應，如圖 2-5 所示。

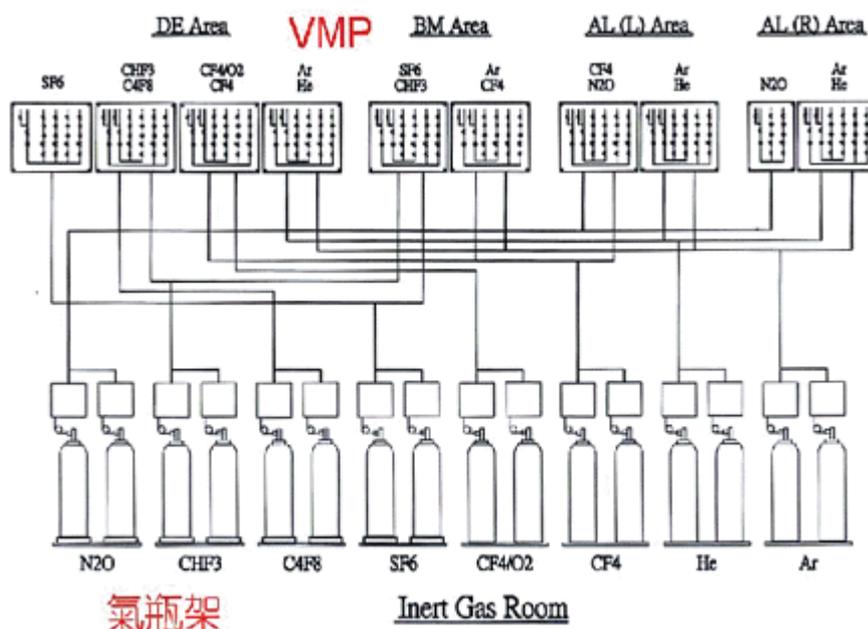


圖 2-5. 惰性氣體供應流程圖
資料來源：特氣供應系統的規劃與設計

上述所提的為目前常用的「集中式」中央供應設計，缺點是只要一種氣體的供應出問題，就可能造成所有使用的機台停擺，甚或中斷整個生產線，對製程穩定的風險值較高。另有一種供應方式的設計為針對製程機台進行「分散式」的氣瓶櫃規劃，機台使用到幾種特殊氣體就使用幾台氣瓶櫃，將氣瓶櫃裝設於機台附近，其優點為對製程的風險值較低；但相對的，因其未集中管理，無法整體而有效的進行相關的防護設計，如防爆牆、洩漏的侷限性等，而且管理上相當耗費人力，不管是氣瓶櫃的維護、鋼瓶的更換，皆大大的增加了管理上的風險，雖然省下了 VMB 的設置及可選用較便宜的單鋼氣瓶櫃，卻大量的增加氣瓶櫃的數目，比較不符合成本與安全性的設計，日本與韓國的半導體廠以往皆大量採用分散式的設計，因應安全考量，近年來則有漸漸改成集中式供應的趨勢。

2.2 氣瓶櫃系統

半導體製程所需要的各種特殊氣體都是儲存在大小不等的儲存容器裏，然後運送到半導體廠或是實驗室中，特別用來放置這些氣體的地點；氣體

儲櫃的目的就是要用來隔離“危險氣體”，並保持儲存容器和氣體輸送裝置的安全。

SEMI-S4 對氣瓶櫃的定義：「一個金屬密閉容器，目的在提供局部排氣通以保護氣體鋼瓶不會著火、防止氣瓶櫃外之火源著火、及保護周圍不因氣瓶櫃之火源而著火，並限制火源於其內部。」因此氣瓶櫃一定需要具備防護箱體、強制抽氣、安全防護以避免火焰之蔓延，甚或將火源熄滅的功能。氣瓶架則為簡單的鋼瓶開放支架，沒有防護箱體，亦無強制抽氣之功能，圖 2-6 的照片為氣瓶櫃和氣瓶架的外觀，圖 2-7 為氣瓶架(Gas Manifold)示意圖，圖 2-8 為某八吋晶圓廠內氣體供應室之氣瓶櫃(Gas Cabinet)示意圖。



圖 2-6. 氣瓶櫃和氣瓶架外觀圖
資料來源：本研究自行拍攝

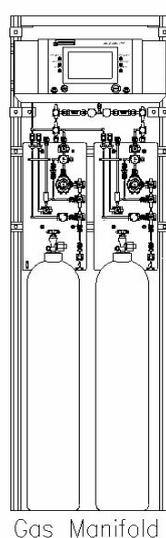


圖 2-7. 氣瓶架(Gas Manifold)示意圖
資料來源：特氣供應系統的規劃與設計

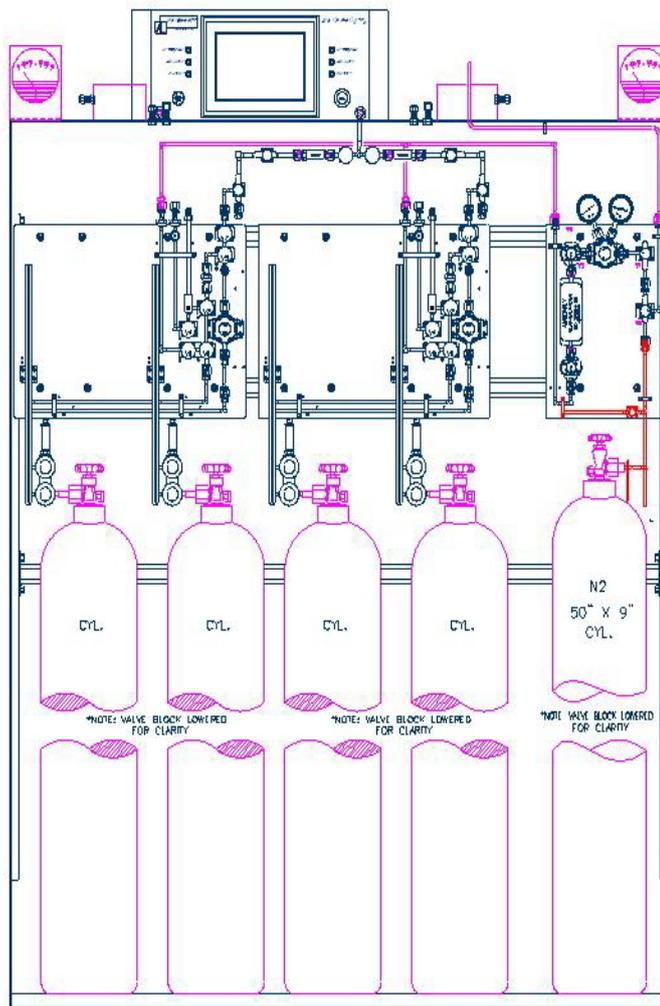


圖 2-8. 氣瓶櫃(Gas Cabinet)示意圖
 資料來源：特氣供應系統的規劃與設計

針對氣瓶櫃(Gas Cabinet)與氣瓶架(Gas Manifold)功能，茲將功能分類如下表 2-1：

表 2-1 氣瓶櫃與氣瓶架功能分類表

功能	氣瓶櫃	氣瓶架
防護箱體	有	無
強制抽氣	有	無
安全防護	有	無
自動化	有	有/無
氣體種類	腐蝕/毒性/可燃性	惰性氣體

資料來源：本研究自行整理

2.2.1 氣瓶櫃/架型式的使用範圍

氣瓶櫃/架型式的使用氣體範圍區分為以下五種形式：

1. 高壓燃燒性氣體 (High-Pressure Flammable Gas)：

儲放氣體如： SiH_4 、 B_2H_6 、 PH_3 、 CH_4 、 H_2 、 AsH_3 ... 因其具有燃燒性，所以通常會加裝相關的消防設備，如 UV/IR 火焰偵測器、灑水頭、氣體洩漏偵測器等，又因其為高壓的壓縮氣體狀態，可使用偵測供應壓力的方式計算鋼瓶剩餘的氣體量。

2. 中壓液態燃燒性氣體 (Mid-Pressure Liquid Flammable Gas)

儲放氣體如： NH_3 、 HCl 、 Cl_2 、 HBr ... 本型式除需安裝消防設備外，並以電子重量磅秤來偵測鋼瓶剩餘的氣體量；對供氣的流量有較大的需求時，可加裝相關的加熱設備。

3. 低蒸氣壓性氣體 (Low Vapor Pressure Gas)

儲放氣體如： BCl_3 、 DCS (SiH_2Cl_2)、 ClF_3 、 WF_6 ... 使用電子秤與加熱裝置，因屬非高壓的鋼瓶且供應流量小，較不需使用高壓測漏與過流量保護裝置。

4. 液態惰性氣體 (Liquid Inert Gas)

儲放氣體如： C_4F_8 、 CHF_3 、 C_2F_6 、 N_2O 、 SF_6 ... 因氣體安全性較低，通常只用電子秤檢知鋼瓶剩餘的氣體量。

5. 惰性氣體 (Inert Gas)

儲放氣體如： CF_4 、 Ar 、 He

因氣體特性不同，需依其使用的氣體種類設計相關的氣瓶櫃/架功能，例如危險性氣體，建議皆需加裝自動旋轉式關斷器(Valve Shutter)，於緊急狀況發生時可將鋼瓶上的第一道出口旋轉閥關閉，除非鋼瓶破裂，否則只要此項關斷器功能正常，將可保證供應的安全性；屬於過流量供應的氣體，建議使用過流量關閉裝置，以確保避免異常的流量供應。

針對上述五種形式，依其設計功能整理如表 2-2：

表 2-2 氣瓶櫃性能設計分類表

氣瓶櫃形式	N ₂ 鋼瓶	加熱裝置	過流量裝置	電子秤	自動遮斷器	高壓測漏
高壓燃燒性氣體	⊙	×	⊙	×	⊙	⊙
中壓液態燃燒性氣體	⊙	△	⊙	⊙	⊙	△
低蒸氣壓性氣體	△	⊙	×	⊙	⊙	×
液態惰性氣體	△	×	×	⊙	×	×
惰性氣體	△	×	×	×	×	×
⊙：選用 △：依需求可考慮使用 ×：不需使用						

資料來源：本研究自行整理

2.2.2 氣瓶櫃之功能設計

氣瓶櫃內的鋼瓶數設計可分為三種，分別為單鋼、雙鋼、三鋼。單鋼的設計常使用於研究機構或實驗室等，製程未有量產之考量，氣體使用量小，現場可隨時協調停機進行鋼瓶之更換，其優點為簡單、節省空間、成本低，但需透過日常之管理與協調以避免中斷製程，造成損失。雙鋼與三鋼常用於量產工廠，製程不允許停機的狀況，當一支鋼瓶使用完後，另一支待機中的鋼瓶將自動上線供應，並發出更換鋼瓶的警報，此兩種型式上的差別主要在於清潔用 purge 管路的純化氮氣(PN₂, Purified N₂)是以鋼瓶或廠務端供應。當 purge 用的 PN₂ 統一由廠務端供應時，所有不同的供應氣體系統（不管是否相容）將會因此有 purge 管路的存在，而形成連接的狀態，造成較高的風險值；萬一中央供應的 PN₂ 中斷，又未發生任何警報，恰巧又有二種不相容的鋼瓶在使用 purge 的管路，此時，爆炸的狀況極可能就此發生，在安全設計上，須非常慎重。三鋼式設計另有一項優點，就是現場的 VMB 在做管路 purge 時亦可使用同一氣瓶櫃的鋼瓶，可降低不同氣體間透過 VMB 造成的交互反應或污染的風險。

選用三鋼型式的主要缺點為設置的空間需求較大，成本較高。目前雙鋼與三鋼的購置成本已無太大的差異；因此，若非空間上有無法克服的困難，個人建議針對危險性氣體以三鋼的氣瓶櫃為優先的考量。若為惰性氣體使用的氣瓶架，由廠務中央供應 PN₂ 或於現場使用獨立的鋼瓶皆可，因為即使採用現場的鋼瓶供應方式，亦可使用集中式的雙鋼 PN₂ 氣瓶架，所增加的成本與空間將相當有限。

只要是雙鋼以上的氣瓶櫃設計，皆需有自動切換的功能以達到連續供應的目的，通常以壓力傳輸器偵測供應的壓力來計算鋼瓶剩餘的氣體量；若為低蒸氣壓氣體，則以電子重量磅秤來偵測鋼瓶剩餘的氣體量。在日常操作功能的設計上，可分為全自動、半自動、手動三種方式。通常氣瓶櫃的操作執行動作有下列幾種：

1.前置沖吹(Pre-purge)：

主要為利用一般氮氣($G N_2$, General N_2)的流動經過真空產生器造成管路內的負壓，抽出氣瓶櫃盤面管內的特氣，再利用通入 $P N_2$ 稀釋管壁內殘存的微量特氣，反覆執行此項沖吹與稀釋的過程，並於過程中同時以負壓檢測真空產生器的功能，以保壓測試管路是否洩漏。

2.後置沖吹(Post Purge)：

通以 $P N_2$ 進行保壓測試管路是否洩漏，確認鋼瓶接頭與管路的銜接良好，並進行 $P N_2$ 的反覆沖吹，將更換鋼瓶時滲入的污染物去除。

3.上線沖吹(Process Purge)：

主要目的是將清潔用的 $P N_2$ 清除，並送製程氣體上線；此過程則反覆利用製程氣體的沖吹，將清潔用的 $P N_2$ 予以徹底的排除。

4.更換鋼瓶：

通常由四個主要步驟來完成，Pre-purge → 更換鋼瓶 → Post Purge → Process Purge，如圖 2-9 所示。更換鋼瓶的時機為氣體殘餘量剩下約 10% 時，但實際上仍需以各氣體過往的使用紀錄為依據進行判斷，才會得到較佳的更換時間點。再者，到達氣體的使用年限亦需進行更換，通常約為一年，因部分的製程氣體可能會對鋼瓶造成微量的腐蝕，污染氣源。

為了達到以上步驟 1.到 3.的功能，其管路與閥件的設計皆較為複雜，如圖 2-9 所示。各廠牌氣瓶櫃的功能性差異大，選用時除考慮公司的技術能力與維護人力外，建議以系統穩定性和市場佔有率進行主要的考量。若採用手動的方式進行，人員的操作將需相當小心謹慎，任何步驟的疏忽皆可能嚴重影響供氣的品質與造成危險。所以通常對危險性氣體，個人建議需有自動(Auto-purge)的功能，當自動無法順利運作時才改為半自動的方式進行。

若為惰性氣瓶架，雖然沒有危險性，但因人為操作不當卻有可能污染管路，畢竟每一步驟執行的反覆作動次數可能高達 30~50 次，不但需要耗費相當長的時間，更需集中相當多的精神來執行，為維護供氣的品質，即使是惰性氣瓶架亦應該具備自動的功能。

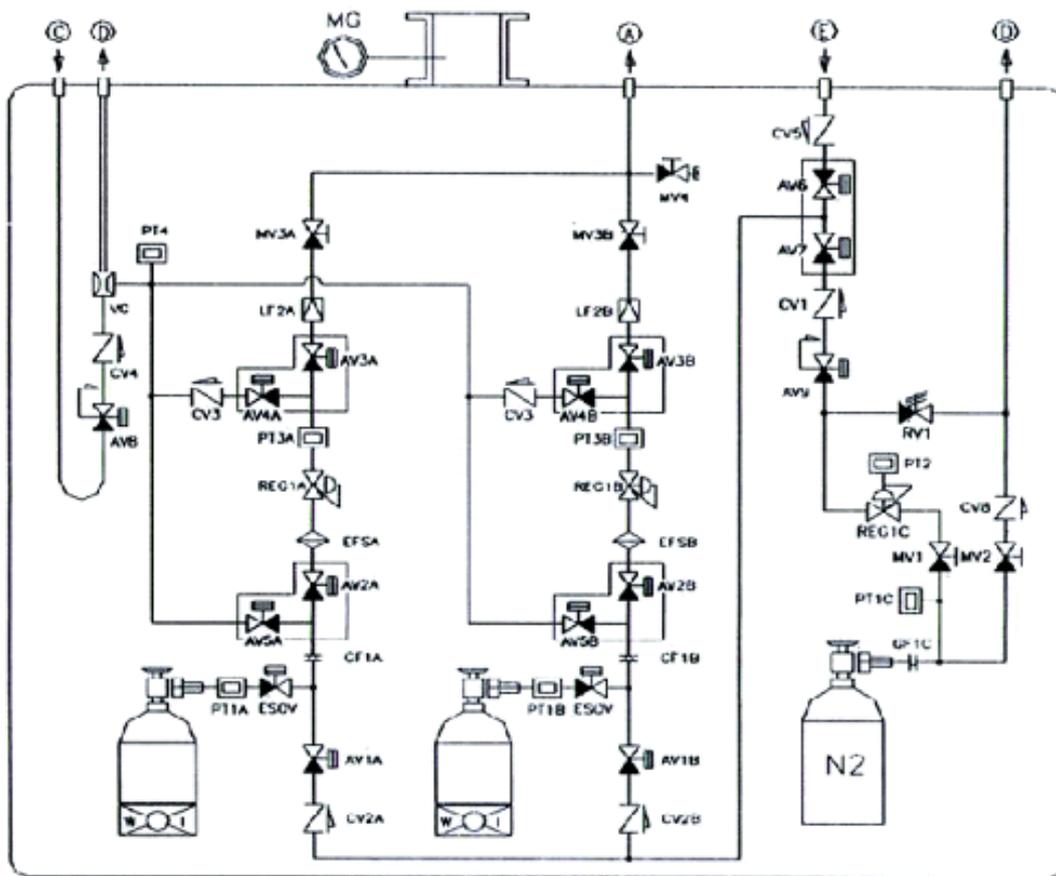


圖 2-9. 三鋼式中壓液態燃燒性氣瓶櫃閥盤與管路示意圖

資料來源：特氣供應系統的規劃與設計

2.3 特氣閥箱(VMB, Valve Manifold Box)與閥盤(VMP, Valve Manifold Panel)系統

VMB 內氣體種類配置的設計基本上有二種方式，一種以供應的氣體機台為主，另一種則以氣體的種類進行分類，將相同的氣體放置於同一閥箱之中；前者的設計較少為人所採用，雖然它有空間配置上的優點，讓同一機台的氣體管路供應來源全部集中在相同的 VMB 內，不致使管路的配置太過凌亂，管理上亦較方便，但卻需考量不相容氣體設置於相同的閥盤上，可能因洩漏或人為的誤動作而導致氣體間的激烈反應，而且氣體洩漏偵測器的數量亦相對的增加，造成成本上的負擔，再而其未來的擴充性也較差。後者的設計是目前最普遍採用的方式，雖然相同製程機台的關斷閥無法集中，可能導致管理上的不便，卻有以下的優點，如氣體洩漏偵測器佈點較少、相同氣體集中配置安全性高、VMB 設計與操作簡單、擴充性佳等。

基本上，VMB 的設計與氣瓶櫃內大同小異，包括防護箱體、強制抽氣、氣體洩漏偵測器、緊急自動關斷閥、EMO、purge 管路等，如圖 2-10、圖 2-11 所示。但以手動閥進行供應控制，氣動閥做為緊急關斷之用。

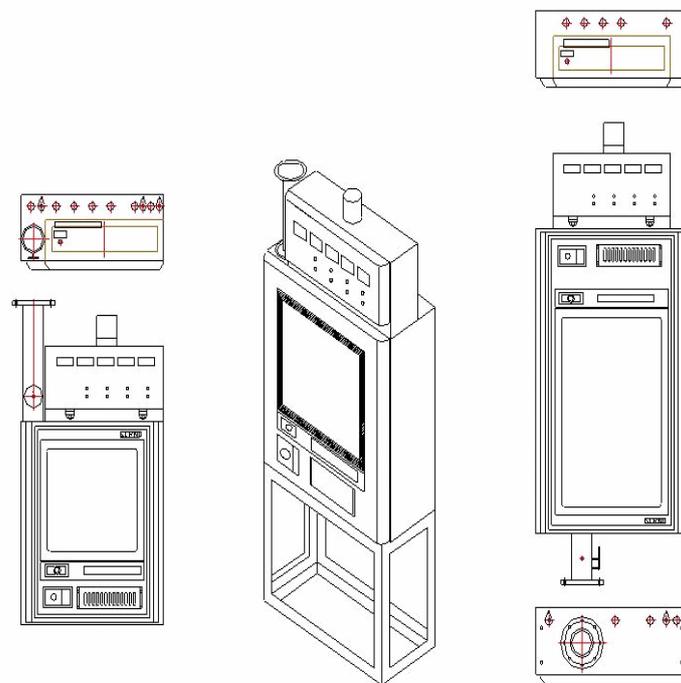


圖 2-10. 特氣閥箱(VMB)示意圖

資料來源：本研究自行整理

特氣閥箱(VMB)與閥盤(VMP)供應系統目前普遍採用每台氣瓶櫃皆由獨立的單機 PLC 控制，使用人機介面的觸控面板進行操作，並可透過 PLC 的通訊介面，將設備上所有的訊息納入整廠中央監控系統與相關的週邊系統進行整合，包括氣體洩漏偵測系統、區域式廢氣處理系統(Local Scrubber)、消防系統...等，以建構一個安全性極高的氣體供應系統設計。



圖 2-11. 晶圓廠內特氣閥箱(VMB)實體圖

資料來源：本研究自行拍攝

通常 VMB 內不設計 UV/IR 火焰偵測器和消防灑水頭，主要基於功能性與經費的考量。一般而言，此處於施工測漏驗收後，管路不再移動且不常操作，或進行管路的拆裝，危險性較氣瓶櫃低。目前的管路零組件與施工品質皆達一定的水準，發生洩漏的機率極低，所以，當緊急狀況如毒氣洩漏、地震發生時，可利用氣體監控系統的遠端遙控功能，對晶圓廠特氣閥箱(VMB)內之氣動閥進行自動關斷，將氣源做分段的隔離。另外機台維修時，可做為氣體管路的阻絕功能，為人員的安全提供進一步的保護。

VMB 一般可依製程需求設計單一或多數的接點，供氣至數台機台，其功能上除可提供使用點氣源控制外，亦可當作氣體供應的中繼調壓，提供穩定的供氣壓力與流量，亦可規劃偵測供氣的壓力，設定偏離供應壓力時，以警報方式告知。

2.4 氣體供應管路之設計

管路設計時需考量輸送的距離，距離越長，成本越高，風險也越高。在用量的設計方面，則需考量使用點的壓力與管徑的大小，管路型式依氣體特性設計，惰性氣體使用一般的單層管，腐蝕性、可燃性、毒性則可考慮雙套管，但因其製作成本高，除非具自燃爆炸或極毒性的危險氣體，如 SiH_4 、 PH_3 、 AsH_3

常以雙套管製作外，其餘危險氣體可再行考量。管路的材質則依使用的需求進行選擇，半導體製程設備及相關系統所使用的管件材料主要有：

- 不銹鋼製(Stainless Steel)
- 黃銅製(Brass)
- PVC 塑膠製
- 鐵氟隆製(Teflon)

其中以不銹鋼製之 316L，低碳含量的不銹鋼材來作為不銹鋼管件的材質，因為它的抗蝕性較佳，且對凹洞的抵擋性也比較好。

雙套管的內/外管材質通常為 SUS 316L EP/SUS 316L AP，其設計的主要目的有兩點，首先可保護內管避免直接受到外力撞擊，其次能將由內管滲漏的氣體阻絕於外管，並利用相關的檢知設備進行偵測。目前常用的設計有正壓和負壓兩種方式，以往的開放式設計因危險性高已很少使用，其主要是將管路兩端開放於相關的氣櫃內，利用抽氣將洩漏氣體抽出，再由氣體洩漏偵測器進行檢知；負壓設計是將內外管間抽成真空，如圖 2-12 所示；正壓設計則是灌以氮氣維持正壓，如圖 2-13 所示，兩者皆可接上壓力錶或壓力警報器做為洩漏狀態的檢知。

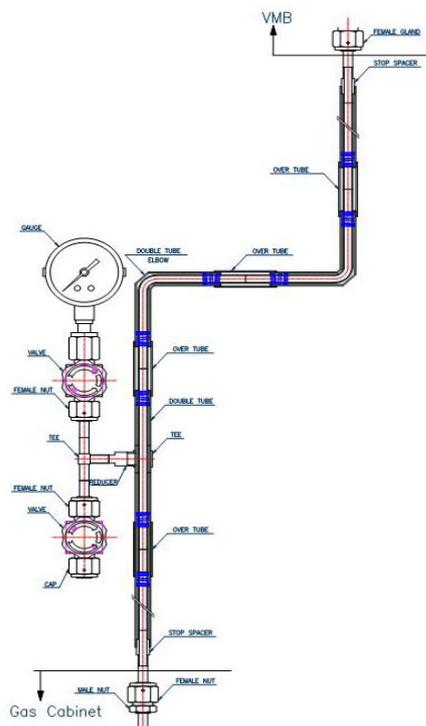


圖 2-12 雙套管負壓設計示意圖

資料來源：本研究自行整理

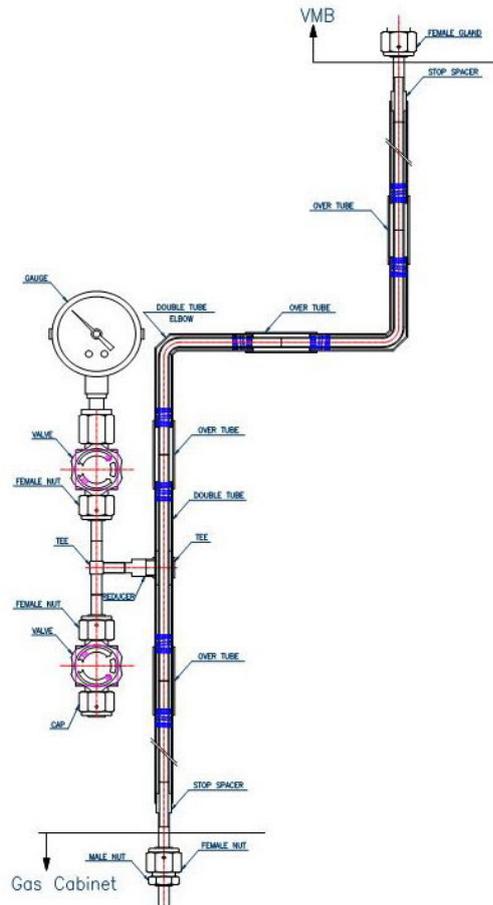


圖 2-13 雙套管正壓設計示意圖
資料來源：本研究自行整理

以雙套管設計的缺點有擴充不易、施工困難、建置成本昂貴、洩漏源位置無法確認、維護困難且經費高等，特別是最後兩項；當內管洩漏時，因未使用分段隔絕配管的方式施工，從鋼瓶到 VMB 的外管全部相通，洩漏源位置無法確認，導致需要整段管路皆予以更新，不僅浪費成本，施工又耗時。因此，若能以分段隔絕配管的方式進行雙套管路的設計，相信會是一個可行的方案，只是在施工時須特別考量毒性氣體是否可能於焊接時洩漏，對人員造成危害。

2.4.1 管路設計要領及注意事項

根據國內外半導體廠內之製程氣體之管路設計，應注意下列設計要領：

1. 管路集體化
2. 縮短距離與減少彎曲
3. 高溫高壓管線則除連接機器的凸緣外，必須避免使用凸緣
4. 配置高壓或高流速管線時，必須將彎曲部分與 T 字型分支部分，控制

於最小極限內。其主要原因係為避免此一不受衝擊波的作用而產生振動現象

管路設計應考量上應較理想之氣體流速設計：

- 一般氣體： < 20m/sec
例如：N₂ 為 12~20m/sec、He 為 15m/sec、Ar 為 15m/sec、CO₂ 為 15m/sec、SF₆ 為 15m/sec ... 等。
- 可燃性氣體： < 10m/sec
例如：H₂ 為 8m/sec、O₂ 為 8m/sec、N₂O 為 8m/sec、SiF₄ 為 8m/sec ... 等。
- 特殊氣體： < 6m/sec
例如：AsH₃ 為 4m/sec、PH₃ 為 4m/sec、WF₆ 為 4m/sec、SiH₂CL₂ 為 4m/sec、HCL 為 4m/sec ... 等。

另外對於低蒸氣壓氣體供應流量之設計應考慮氣體特性、鋼瓶表面積(側面加熱套、底部加熱)、管路長度(設置加熱帶、溫控設備或是管路保溫棉)...等。



2.4.2 氣體供應系統空間設計及電力規劃

當晶圓廠內潔淨室各製程區的規劃確定後，即可開始考慮氣體室位置的選定，首先需要距離氣體使用區近，有獨立的結構與空間區隔，避免與主廠房使用同一結構體。若是無法避免，則對相關的防爆區隔需做更謹慎的規劃，以求降低運作時影響整廠的風險。此外，相關的氣體備料儲存空間的位置選定亦需一併考量，不可距離氣體供應室太遠，增加未來更換氣瓶時運送的困難與風險，而且兩者建議規劃適當的區隔，防止相互影響導致可能的風險增加。

針對不同特性的氣體，分別規劃獨立的供應區域，一般可分成三區：毒性/腐蝕性氣體區、可燃性氣體區、惰性氣體區，將相同性質的氣體集中加強管理，可燃性氣體區需特別規劃防爆牆與洩爆口，若空間不足時，可考慮將惰性氣體放置於毒性/腐蝕性氣體區，倘放置於可燃性氣體區，則需擴大其防爆區隔與相關的消防設施，較不符合成本上的考量，而且防爆牆一經建構完成，未來將相當不易進行後續的空間擴充。

此外，氣體供應室需考慮獨立的空調送風系統，避免和潔淨室內之空調共用相同的氣源，因為此區需有大量的排氣以維持氣瓶櫃內與空間中的負壓設計，防止氣體洩漏後直接溢散出外界，所以需要的空調量相當大，個人認為如何設計可做到能源的節約並兼顧到安全性，實是未來可以努力的目標；通常氣體室並不需維持太低的溫度與潔淨度，可以利用潔淨室中較低溫的一般排氣，與氣體室的空調進氣以熱管(Heat Pipe)進行高效率的熱交換，是較實際的節能方式。

對相關的氣體室電力供應系統與監控室，亦建議架構獨立空間或放置於惰性氣體室，除可避免電力造成的危害，同時方便日後的緊急狀況處理與人員日常操作。

電力系統的規劃則需設計獨立的電源，可避免受其他系統的影響，而且每個氣瓶櫃或 VMB 皆需有獨立的電源開關，並建議裝設 UPS 系統，連接緊急發電機電源，因為現在大部分晶圓廠重要製程機台的電源供應，皆連線 UPS 與緊急發電機，避免因電力供應不穩而導致的嚴重損失，相對的，此項供應系統亦需不可中斷。UPS 有穩壓的作用，可防止控制系統 PLC 不致因為供電不穩而導致失效；當緊急狀況發生，又需要在停電時將管路中的氣體排除時，亦可繼續操作；年度維修停電 1-2 天時，若氣體管路不進行沖吹(purge)清潔時，針對低壓氣體亦可利用包溫加熱帶繼續穩定加熱，可避免氣體凝集於死角或細縫處，造成供應回復不易或阻塞的情形發生。

2.5 氣體監測系統

半導體製程所使用的特殊氣體，前已提及為具有極高毒性、可燃性，亦有自然發火性或分解爆炸的危險性，因而在使用上必須考慮其潛在的危險性，故針對這些危險性氣體，在使用、儲存時，須採取適當的安全對策，如中央毒氣洩漏偵測監視系統，以防範意外事故之發生。

毒氣洩漏偵測監視系統設備功能必須具備有自動偵測掃瞄與警鈴、警示燈等警報設備，偵測感知器 (Sensor) 安裝地點分別在氣體供應室鋼瓶櫃、製程設備使用點、線上氣體分佈櫃以及乾式毒氣處理機等，位置以裝於排氣出口為宜，感知器之個數，依氣體使用種類、使用點而定，當感知器偵測到毒性氣體洩漏時，此系統警報須立即動作，此時現場人員應全體立即撤出潔淨室，而記錄器應記錄下何區域、何種設備及何種氣體洩漏與洩漏濃度和洩漏日期時間等記錄，電腦顯示器 (Monitor) 上該區也必須立即變色 (顏色管理)，氣體供應管理人員可從電腦資料及螢幕上獲取相關資訊，並通知氣體小組做緊急應變處

理，直至狀況解除為主，方准現場作業人員在入廠工作。

毒氣偵測系統，國外已開發使用，國內尚未有開發產品，故大都進口，目前各半導體廠均已裝設採用，尤其是毒性高且使用頻率或使用量多的 AsH_3 (砷化氫)、 PH_3 (磷化氫)、 B_2H_6 (硼化氫)，以及自然發火性的 SiH_4 (矽化氫) 等。

2.5.1 氣體偵測器常見的偵測方式

氣體偵測器應用的原理很多，根據英國對市售偵測器的一項調查，偵測器主要應用的偵測原理包括十七類，詳細列於表一；目前仍以電化學式的氣體偵測器應用最為廣泛，約佔總數的三分之一強。其次為觸媒燃燒式偵測器，約佔 18%。紅外光式及半導體式分別各佔 10% 及 9%。其餘十三項偵測原理，包括氣相層析儀、熱傳導、光譜儀、色帶式... 等，合計共佔 28%；

氣體偵測器可以分為兩大類，一種是可攜式氣體偵測器，外型較輕巧便於攜帶，通常使用乾電池作為電源，例如，工安人員可以攜帶巡視廠區，機動性強。另一種為固定式偵測器，一經架設之後即固定於現場作定點式偵測，而氣體偵測器測得的訊號可藉由相關週邊系統經由傳送器送達控制中心，並且同時傳遞訊號至控制系統啟動安全連鎖裝置。所以可隨時監控現場狀況，並由於可連結相關週邊系統所以其安全性較高。例如：半導體廠蝕刻機台毒性氣體監測，安全連鎖氣動閥開關。

茲將國內半導體廠常用之氣體監測方式整理如表 2-3：

表 2-3 國內半導體廠常用之氣體監測方式

偵測器的種類	優點	缺點
電化學式	1.構造簡單，操作容易 2.低濃度輸出為值線形 3.對氣體之選擇性佳 4.價格便宜	1.需補充電解液 2.需定期更換 SENSOR
試紙帶反應式	1.具低濃度偵測 2.具適當的選擇性 3.操作方便 4.高靈敏度	1.溼度影響色帶之顏色，造成困難 2.需經常更換色帶 3.反應時間較長 4.設備設置成本昂貴

紅外線(IR)	1.可作即時偵測	1.若溼度太高，水氣容易破壞試腔 2.溼度液影響監測值
-----------	----------	--------------------------------

資料來源：本研究自行整理

2.5.2 氣體監測器佈點與設置

設置監測器的依據基本上可分為下列三種：

1. 法規：現行法規中關於監測器設置規範及管理的有：勞工安全衛生法、高壓氣體勞工安全規則暨其相關基準、毒性化學物質偵測及警報設備設置及操作要點、各類場所消防安全設備設置標準等。
2. 製程及設備：參考以往之經驗，或利用製程安全分析，將監測器裝置在製程或設備中易發生洩漏及危險處，以維護人員及設備的安全。
3. 現場作業之經驗分析：除以上兩點，並應依現場工作人員或工安人員，以其現場之經驗，選擇曾洩漏或懷疑有洩漏處設置監測點。

同時，依偵測特性之不同，應分別對可燃性氣體及毒性氣體進行設置規劃，以發揮偵測功效。在選擇監測器後，對於可疑的洩漏源位置，應再進行以下之調查。調查工廠地點之常年風向、風速資料，推估此氣態污染物可能之擴散情形及其濃度分布狀況，以決定其污染範圍及安全上之危害性；同時，亦需留意建築物之結構、方位對氣流所造成之風洞及遮蔽效應，以避免影響擴散模式準確度。

經以上初步找出可能之監測器設置地點後，可考量現場環境之可能干擾及機械等因素，及校正時之操作方便性後加以調整，即可得預定之監測器設置位置。

因各類氣體與空氣之比重不同，洩漏時將造成擴散方向不同，故監測器除考慮洩漏源之方向外，尚應視其比重決定其設置高度；若待監測氣體較空氣為重時，監測應以距地面 30 公分以內較佳；若待監測氣體較空氣密度為輕時，則設置位置為距天花板 30 公分以內之位置為佳。

監測地點決定後，即應視氣態污染物之危害性質，選擇適合之監測器，並依各氣體之毒性或易燃性，設定警報值。警報並應能隨環境中氣體濃度之變化連續顯示，待經確認或採取對策後，始可停止。

最後，應將各偵測點再予以整合，重新進行全廠區架設點之檢討，依據現場條件之影響，找出監測器所能涵蓋的監測範圍。再檢視廠區，找出是否尚有遺漏之可疑洩漏點，以備列入偵測範圍內，例如經常性下風處、製程區及儲槽區等四周。另，應將可合併之監測位置予以合併，以減少經費；並同時審視原先設置之監測器位置，是否適當及是否可以沿用，以減少設置成本。



第三章 監控系統建置說明

根據第二章中所回顧之文獻，可以了解晶圓廠內製程用氣狀況、氣體輸送方式、管路設計原則及氣體監測方式...等，半導體廠生產過程中所使用的氣體大多為有毒、腐蝕或易爆性之氣體，一旦發生氣體洩漏，在無警示狀況下，可能造成現場人員安全上極大的威脅，因此氣體監控系統(Gas Monitoring System)在半導廠中擔任極重要之角色，能即時顯示不正常之氣體警報，提供監控人員進一步之處置。針對第二章介紹之製程設備，藉由監測設備與系統整合，透過可程式控制設備 PLC 設計一套氣體監控系統。

3.1 系統設計概念

整個氣體監控系統以乙太網路為主架構網路，監控電腦及 RIO Panel (PLC 可程式控制盤)透過乙太網路連接，形成一個以 10/100Mbps 速度進行氣體監測資料收集及監控系統，任一點事件均能迅速反應於圖控系統，詳細關係架構圖如圖 3-1 示。

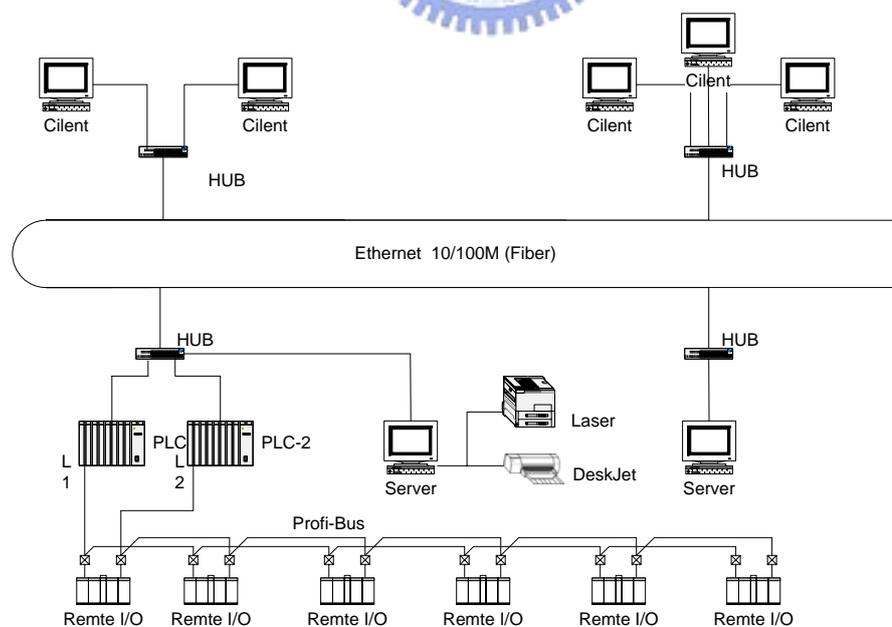


圖 3-1 氣體監控系統網路架構圖

資料來源：本研究自行整理

3.1.1 遠端輸入及輸出 RIO Panel(PLC)資料收集盤單元

系統 Safety 部分使用兩組 Redundancy CPU 及 VMB、RCP 資料收集控制部分亦使用之兩組 CPU、分別裝置於 PLC 盤內，RIO 盤(PLC)依監控設備之考量，分裝設於氣體供應室及晶圓廠內，各盤間以 Melsec-10 網路連接成分散控制系統，盤內採用日系 PLC 控制系統，系統架構如圖 3-2 所示。

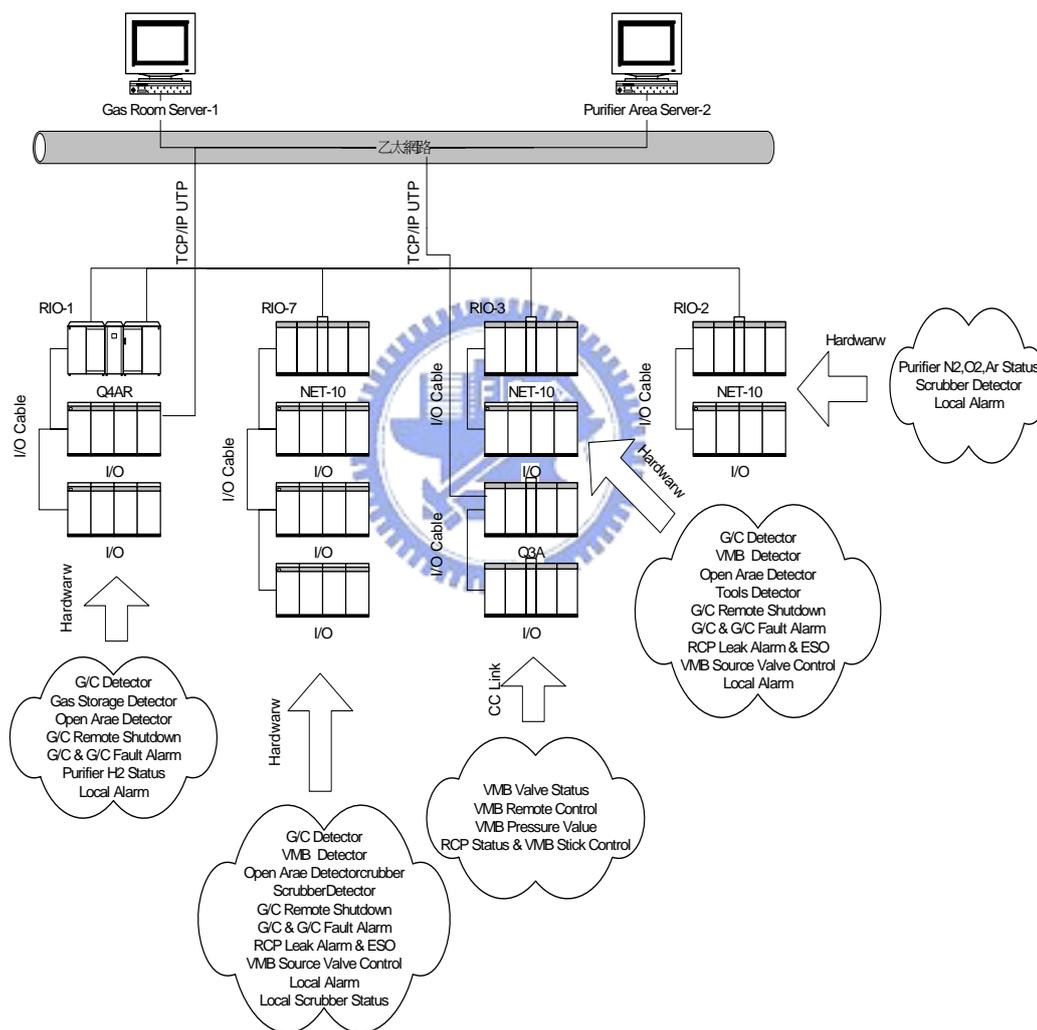


圖 3-2 RIO Panel(PLC)資料收集盤單元
資料來源：本研究自行整理

3.1.2 RCP 遠端監控單元

本氣體監控系統針對生產機台裝設有 RCP 遠端監控單元，其目的為機台人員可監控 Tools Detector 即時資料與狀況，同時亦可透過 RCP 元做供應該機台的 VMB 遠端監控，可得以隨時監看 VMB Stick 壓力及 Open/Close 狀況並作遠端遙控 Open/Close，架構簡圖如圖 3-3 所示。

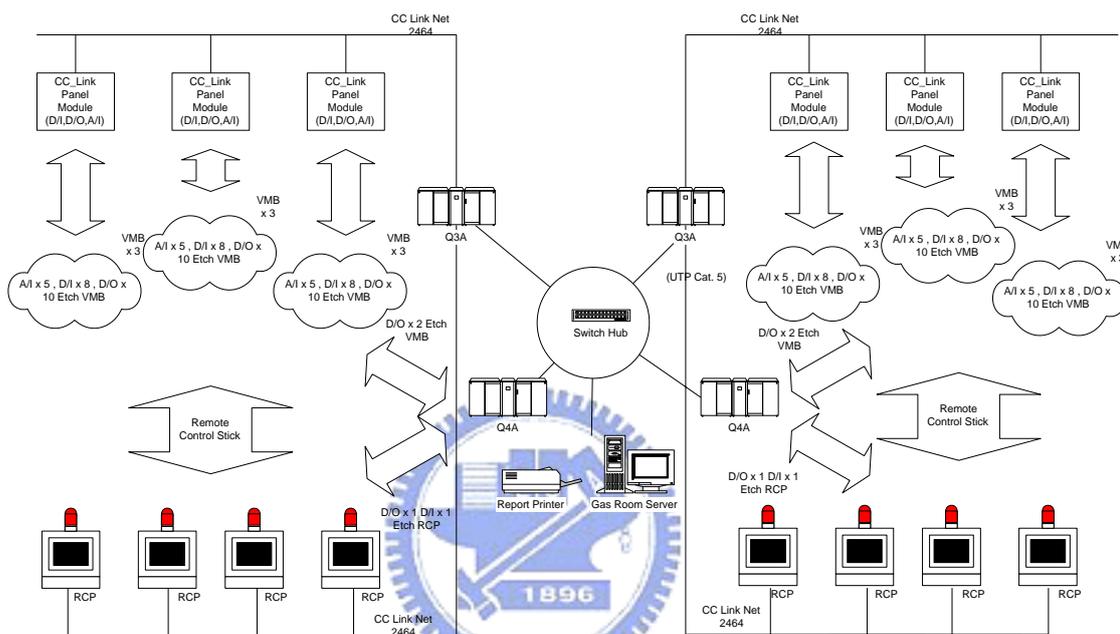


圖 3-3 RCP 遠端監控單元

資料來源：本研究自行整理

3.2 氣體偵測系統

氣體 Detector 分別依偵測 GC、VMB、TOOL、Local Scrubber、Open Area 種類進行安裝，其中 G/C Detector 裝設於氣瓶櫃上，VMB Detector 裝於 VMB 支架上，TOOL Detector 裝於 RAP 柱位上，Local Scrubber Detector 裝於 Rap 柱位上，開放空間 Open Area 偵測點依需求裝於 FAB 廠中，當上述區域發生氣體洩漏時，GMS 氣體監控系統能提供而這些 Detector 經由信號線連接至 RIO Panel，進行下列控制：

1. 區域性警示燈 - Local Alarm
2. 全廠廣播 - PA System

3. 記錄報表

4. 連鎖控制 - G/C、VMB、Tool、地震儀 Seismometer

連鎖監控 (G/C、VMB、RCP 之連鎖控制) ，詳細 Detector-RIO 關係架構圖如圖 3-4 所示。

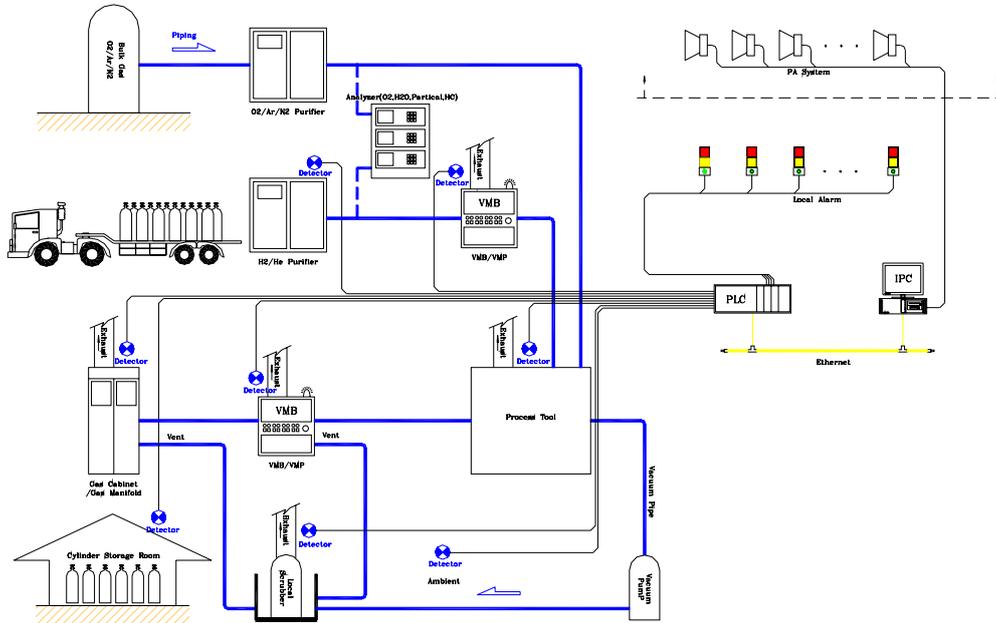


圖 3-4 氣體偵測器 Detector-RIO 關係架構圖
資料來源：本研究自行整理

3.2.1 氣瓶櫃 G/C 資料收集系統單元

G/C 氣瓶櫃狀態經由 Ethernet 通訊網路透過 Hub 即時傳回圖控站，系統 Ethernet 網路架構如圖 3-5 所示。

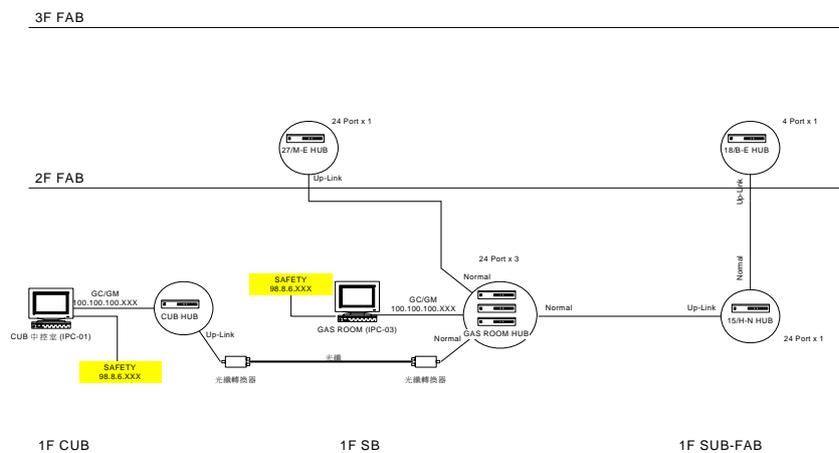


圖 3-5 G/C 氣瓶櫃網路架構圖
資料來源：本研究自行整理

GMS 並可經由系統所提供的 Relay 接點對 G/C 作 Remote Shutdown，及設備所回應至 PLC 的乾接點(Shutdown Alarm)藉以迅速掌握設備異常狀況及供氣狀態，系統如圖 3-6 所示。

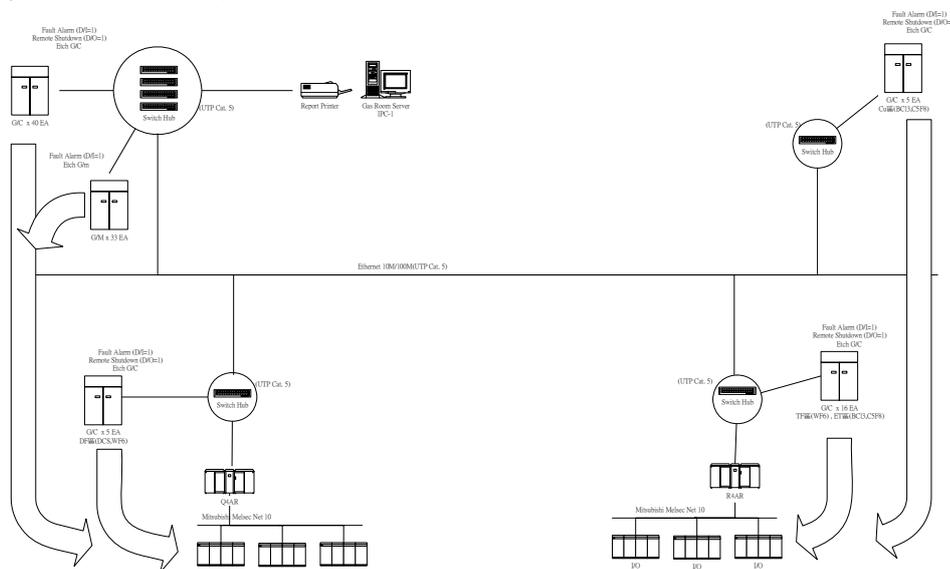


圖 3-6 氣瓶櫃 Remote Shutdown 示意圖

資料來源：本研究自行整理

3.2.2 VMB 資料收集系統單元

VMB 狀態經由 Remote IO 透過網路將資料傳至可程式控制器 PLC 收集經由乙太網路通訊即時傳回圖控站，且圖控站可經由系統所提供即時警報，以迅速掌握設備狀況。同時也可經由系統所提供的 Relay 接點對 G/C 作 Remote Shutdown 緊急關機、針對各 Stick 進行開氣斷氣工作，監控點如設備 I/O 點表述，系統示意如圖 3-7 所示。

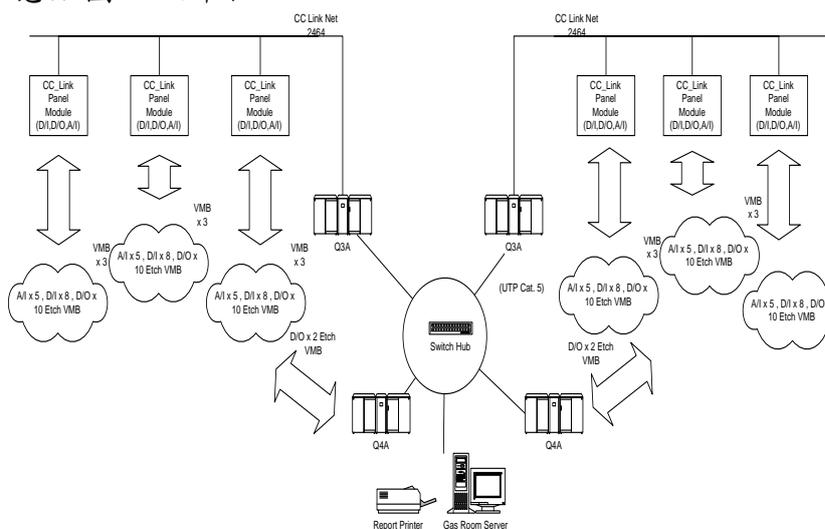


圖 3-7 VMB Remote Shutdown 示意圖

資料來源：本研究自行整理

Gas Yard 包含有 N2、O2、Ar Tank 與氦(氣)氣場，及 CO2、N2O...等設備，必須於監控系統顯示各氣體管路的瞬時流量(Flow) 管路壓力(Pressure)等資，其藉由 Ethernet 傳回上述各數值於監控系統，由系統提供即時警報。

3.2.3 氣體純化器 Purifier 資料收集系統

N2、H2、AR、O2 之 Purifier 流量(Flow) 、壓力(Pressure) 、Running、Alarm 信號連接至 RIO 盤。He Purifier 設置位置於 Gas Yard 採 Ethernet 通訊方式取回上述資料，監控點如設備 I/O 點表述，系統示意如圖 3-8 所示。

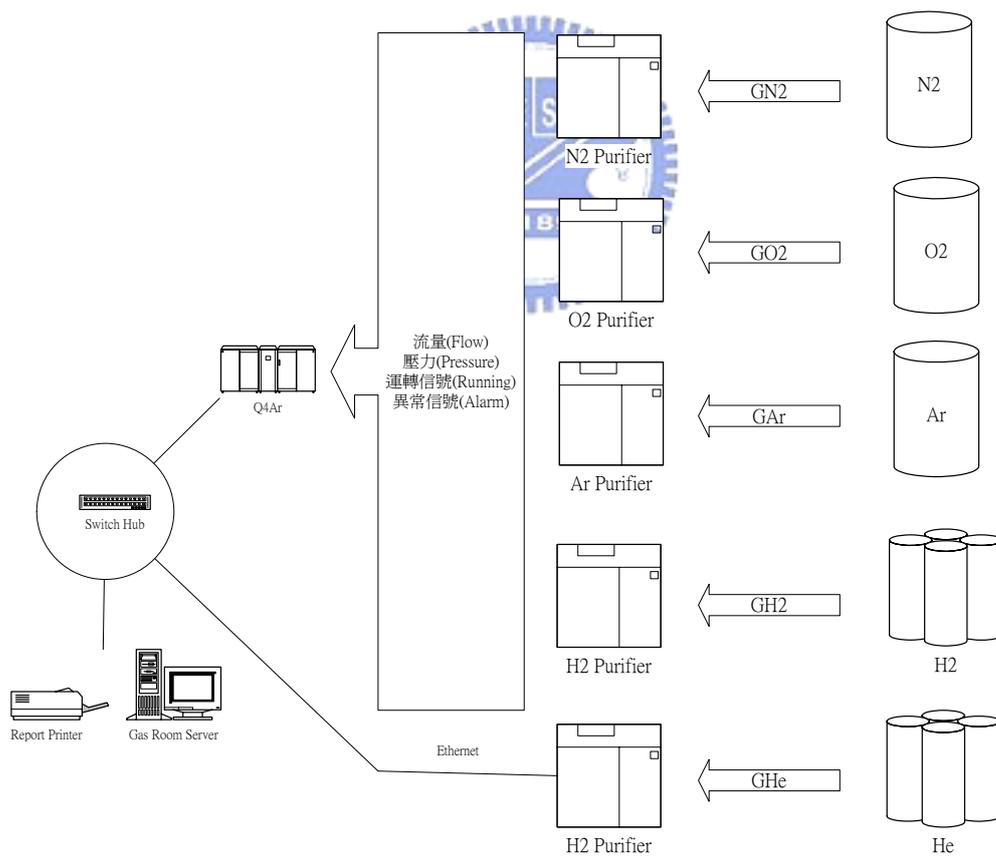


圖 3-8 氣體純化器 Purifier 資料收集系統示意圖

資料來源：本研究自行整理

3.2.4 Analyzer 資料收集系統

微氧、水分等分析儀資料經由 4~20mA 傳回 PLC 經由乙太網路通訊即時傳回圖控站，且圖控站可經由系統所提供即時警報，微粒子分析儀及碳氫化合物分析儀之資料經由 RS232 介面傳回圖控站之網路模組，由系統所提供即時警報，系統示意如圖 3-9 所示。

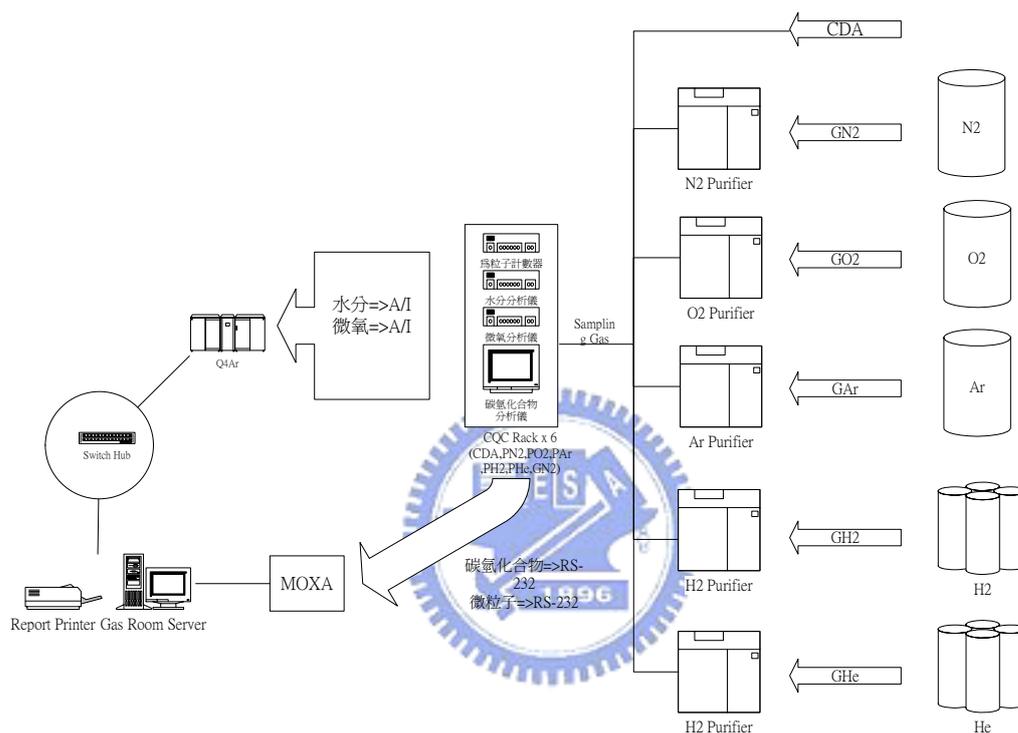


圖 3-9 Analyzer 資料收集系統示意圖

資料來源：本研究自行整理

3.3 地震儀警報系統

三台地震偵測器裝於 FAB 棟一樓，位置如圖 3-10 所示，當地震儀 X、Y 兩軸兩點以上之偵測器發生警報時，可進行 G/C 及 VMB 之緊急停氣之連鎖控制，圖控站可設定/取消 Total Shutdown G/C 之連鎖功能。

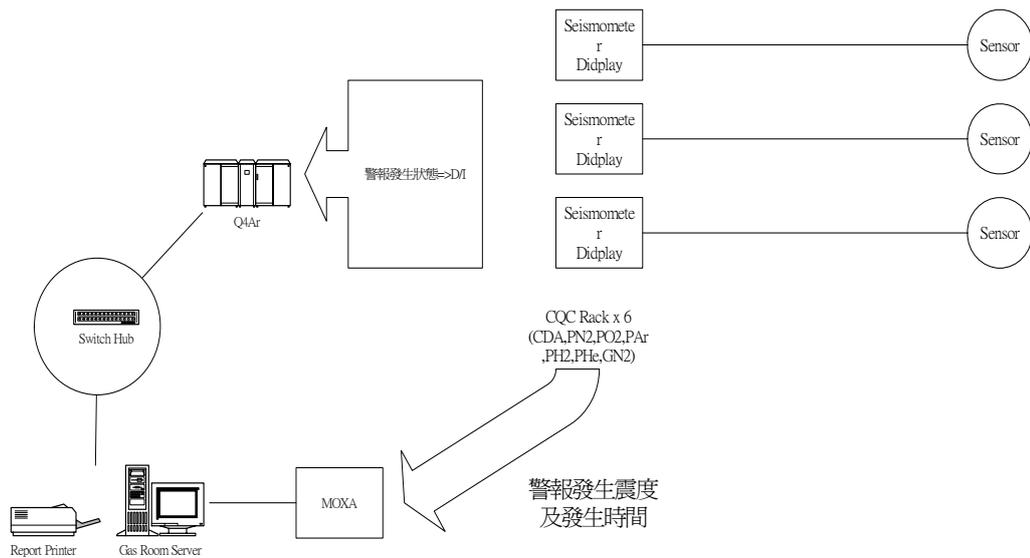


圖 3-10 地震儀警報系統
資料來源：本研究自行整理

3.4 廣播系統及 Local Alarm 現場警示系統

當系統偵測出毒氣洩漏時，圖控系統經由廣播系統對晶圓廠內實施廣播，廣播主機設於中央控制室或是緊急應變中心，廣播範圍依實際狀況對 FAB 區、廠務區、辦公區...等區域廣播，進行人員疏散，如圖 3-11 所示。

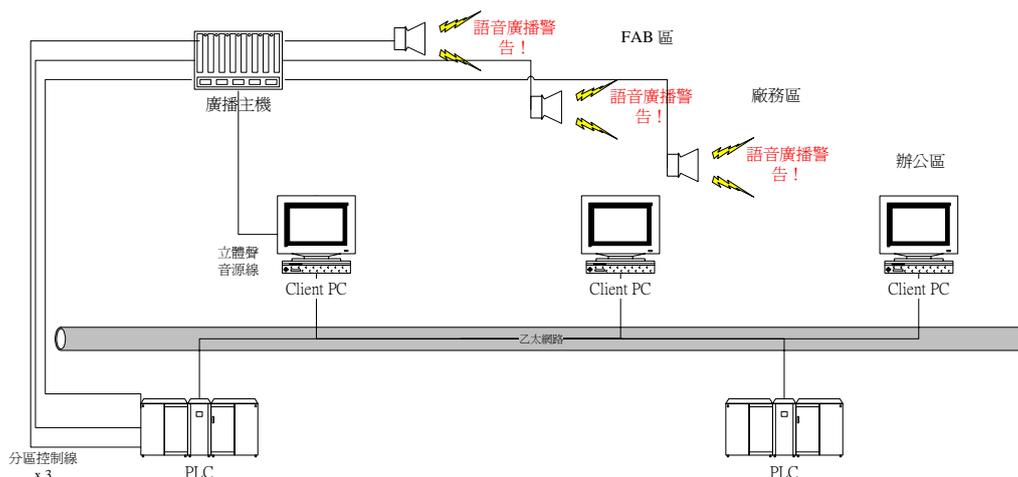


圖 3-11 廣播系統架構圖
資料來源：本研究自行整理

當系統偵測出毒氣洩漏時，可經由 Local Alarm 對發生氣體洩漏之區域進行警告，圖控站可設定或取消此功能，區域系統簡述如圖 3-9 所示。

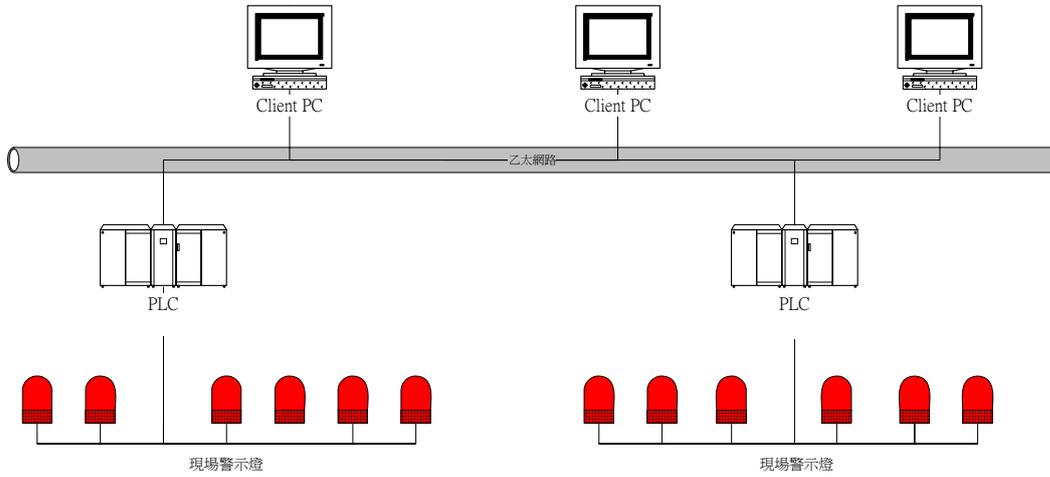


圖 3-12 Local Alarm 警示系統架構圖

資料來源：本研究自行整理



第四章 系統連鎖控制功能建置

系統連鎖控制功能(Interlock)在氣體監控系統設計上佔極重要部分，我們可以評估製程氣體從氣瓶櫃供應到機台的過程中，可能發生氣體洩漏的危險性；針對這些危險性，設計連鎖控制功能(Interlock)，在意外事故發生，可以經由監控系統對現場設備或緊急狀況做最即時的控制與處理，例如：區隔危險地帶、中斷製程及啟動防災設備…等，以期將災害程度減至最低。連鎖控制功能主要分為四大部分：

1. G/C 氣瓶櫃關閉連鎖控制
2. VDB /VMB 關閉連鎖控制
3. Tools 機台 Gas Box 關閉連鎖控制
4. 地震儀連鎖控制

隨著產業科技的發展，工安事件及職業災害所造成的損失也隨之攀升，在半導體工廠內，因應製程不同之需求，而使用危害氣體甚多，例如： SiH_4 、 AsH_3 、 HBr 、 BCL_3 …等，萬一不幸發生氣體洩露時，不僅企業造成損失之外，對人體造成極大的傷害，甚至造成死亡；以往“緊急應變中心”在大型晶圓廠才有設立，當廠內發生氣體洩漏時，現場通常是以人員疏散現場為原則，因晶圓廠使用許多高壓危險氣體，現場人員疏散後，應變人員無法及時做有效之災害控制，導致財產損害之機率隨之攀升。

氣體監控系統在晶圓廠內之安全上扮演極重要之角色，有鑑於此，藉由將連鎖功能控制功能(Interlock)整合及應用在氣體監控系統上，有效提升處理災害發生時之緊急應變時效，縮短救災時間，掌握異常狀況並防範氣體洩漏危害所造成的損失

4.1 G/C 氣瓶櫃連鎖控制功能

圖 4-1 為氣瓶櫃連鎖控制功能設計流程圖，氣體洩漏警報設計為二段式(第一段 Hi Alarm 及第二段 Hi-Hi Alarm)，當 G/C 發生氣體洩漏時，氣體監測器偵測到即時濃度，並將 Hi Alarm 或是 Hi-Hi Alarm 訊號傳至監控系統；當 Hi-Hi Alarm 發生時，氣體監測器 Detector 紅燈亮起或是閃爍，現場警報及警示燈 (Local Alarm) 響起，我們可以透過圖控，自動或是手動啟動廣播系統，進行人員疏散廣播，進而對發生事故現場之氣瓶櫃，進行關閉氣瓶櫃(Shutdown G/C)動作，降低氣體洩漏的程度。

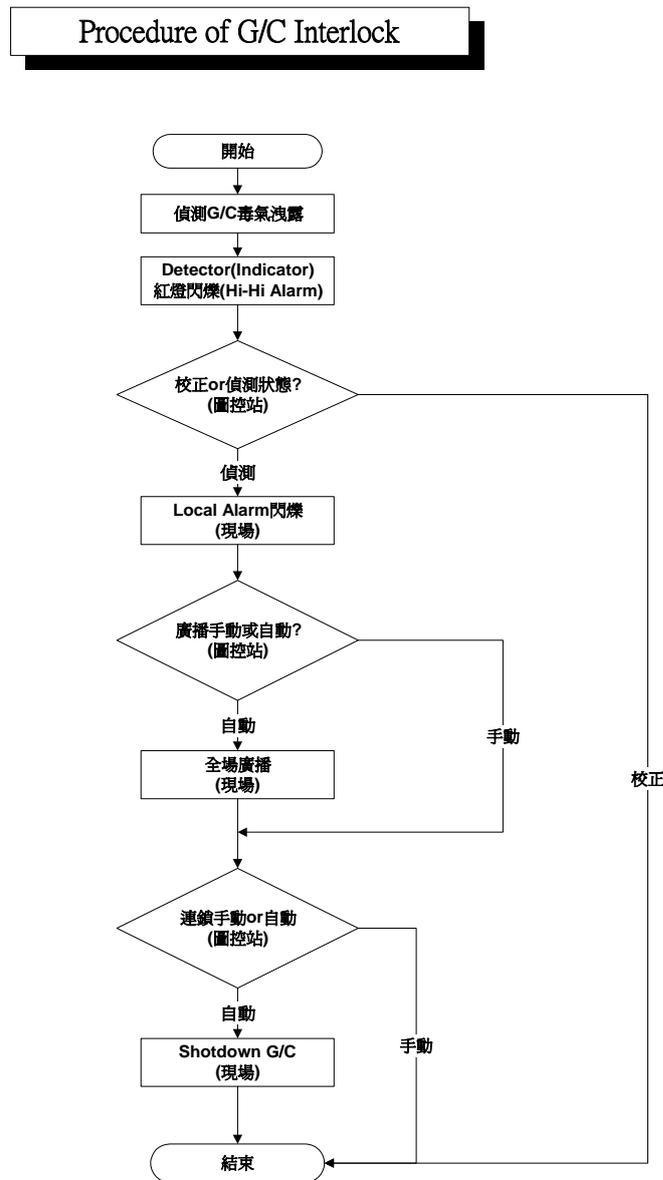


圖 4-1 氣瓶櫃連鎖控制功能設計流程
資料來源：本研究自行整理

4.2 VDB /VMB 關閉連鎖控制

圖 4-2 為氣瓶櫃連鎖控制功能設計流程圖，氣體洩漏警報設計與 G/C 設定同為二段式(第一段 Hi Alarm 及第二段 Hi-Hi Alarm)，當 VDB /VMB 發生氣體洩漏時，氣體監測器偵測到即時濃度，並將 Hi Alarm 或是 Hi-Hi Alarm 訊號傳至監控系統；當 Hi-Hi Alarm 發生時，氣體監測器 Detector 紅燈亮起或是閃爍，現場警報及警示燈(Local Alarm)響起，我們可以透過圖控，自動或是手動啟動廣播系統，進行人員疏散廣播，進而對發生事故現場之 VDB /VMB，進行關閉動作，並對 VDB/VMB 之供應源之氣瓶櫃進行(Shutdown G/C)動作，降低氣體洩漏的程度，防止災害擴大。

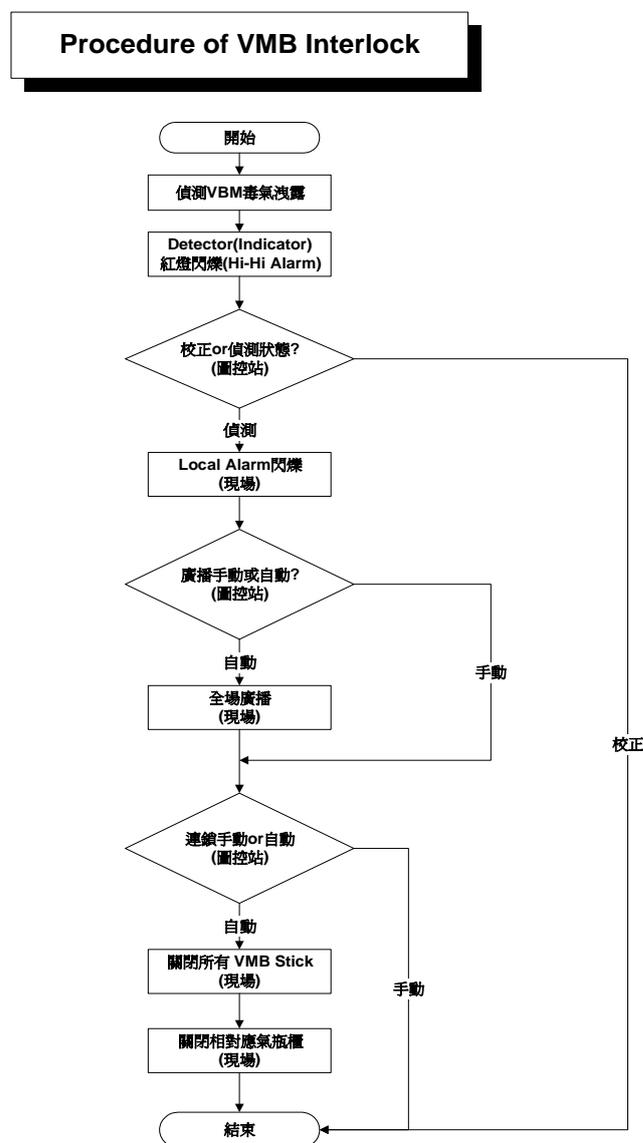


圖 4-2 氣瓶櫃連鎖控制功能設計流程

資料來源：本研究自行整理

4.3 Tools 機台 Gas Box 關閉連鎖控制

圖 4-3 為 Tools 機台 Gas Box 關閉連鎖功能設計流程圖，氣體洩漏警報設計為二段式(第一段 Hi Alarm 及第二段 Hi-Hi Alarm)，當現場機台內 Gas Box 之 VMB Stick 發生氣體洩漏時，氣體監測器偵測到即時濃度，並將 Hi Alarm 或是 Hi-Hi Alarm 訊號傳至監控系統；當 Hi-Hi Alarm 發生時，氣體監測器 Detector 紅燈亮起或是閃爍，現場警報及警示燈(Local Alarm)響起，我們可以透過圖控，自動或是手動啟動廣播系統，進行人員疏散廣播，進而對發生事故現場機台對應 Gas Box 之 VMB Stick，進行關閉(Shutdown VMB)動作，防止氣體洩漏災害之發生。

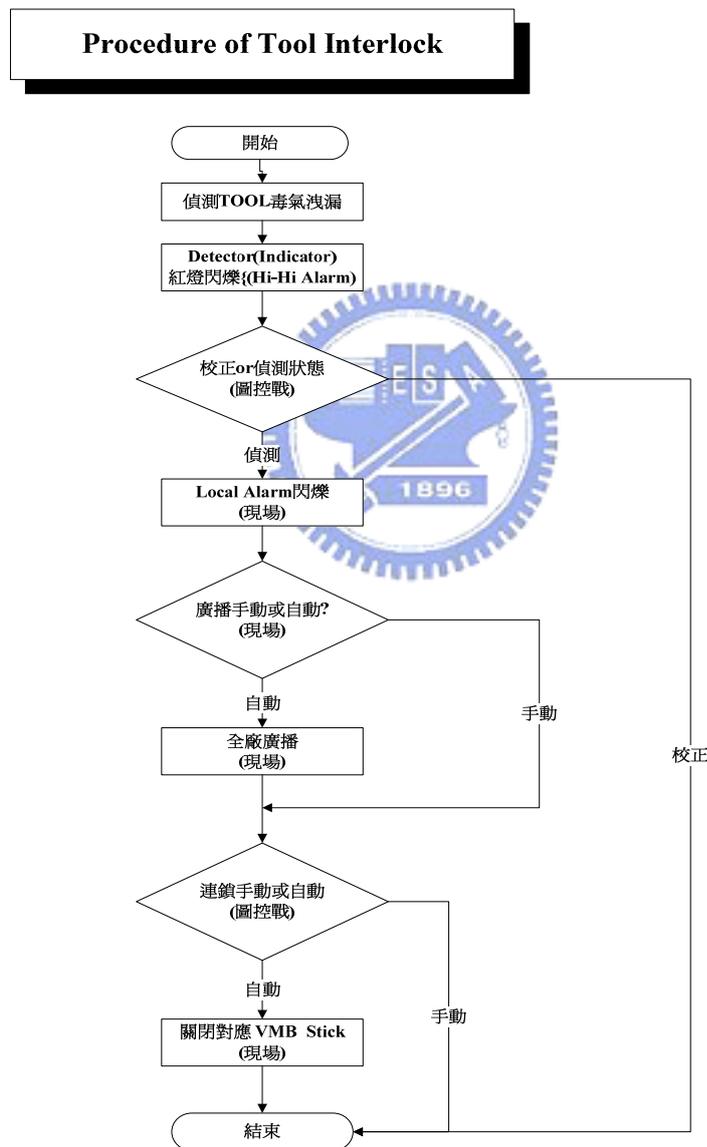


圖 4-3 Tools 機台關閉連鎖功能設計流程
資料來源：本研究自行整理

4-4 地震儀連鎖控制

台灣位於歐亞板塊及菲律賓海板塊交界處，地震發生的機率高、潛在風險大，全省各地在過去 300 年間都有發生災害性地震的紀錄，目前我們無法預測何時、何地將發生地震，唯一能做的只能是監測以及做好事前的預防。

近年來高科技產業成長快速，對國家整體經濟貢獻度所佔比重甚大，製程的設備價值高且集中，對震動又非常敏感，地震風險可說是高科技產業風險管理的重要議題，尤其針對高科技廠房內的製程氣體，因具高度之毒性及危險性，一旦洩漏，便危及人員安全及廠房設備之財產損失，故地震儀連鎖控制在氣體監控系統設計上成為不可忽略的重要環節。

地震狀況發生對氣體供應系統可能造成之風險如下：

1. 氣瓶櫃 G/C 供應系統因地震造成供應端閥件變形或管路變形，有毒氣洩漏及火災發生之疑慮。
2. 腐蝕性及可燃性氣體供應氣體管路因地震災害可能造成的毒氣洩漏及火災之風險。
3. VMB/VDB 因地震造成供應端閥件變形或管路變形，有毒氣洩漏及火災發生之疑慮。
4. 現場機台可能因地震造成 Gas Box 內氣體洩漏，可能引發毒氣洩漏及火災發生之疑慮

根據上述評估之風險，針對氣體監控系統設計地震儀連鎖控制之功能，設計方式是在晶圓廠內裝設三部地震儀，裝設地點在 1F Sub Fab，當地震發生時，地震監測儀會感應實際震度，並將訊息告知中央控制室或是緊急應變中心，當其中兩部地震儀動作時，我們可以從控制中心收到地震儀警報訊息，得知目前地震之震度；地震之震度是依交通部中央氣象局於八十九年八月一日公告修訂之地震震度分級表來定義，如表 4-1 所示。

地震儀連鎖控制流程說明如圖 4-4 所示，當兩部地震儀動作(地動加速度範圍)超過 80gal 時，且為地震真實狀況，此時氣體監控系統便會啟動全廠廣播，通知廠內所有人員立即疏散，並關閉 (Shutdown) 廠內所有的氣瓶櫃 G/C、VMB/VDB、機台 Gas Box 內之 VMB Stick 及相關附屬設備，防止地震可能引起氣體洩漏災害及火災之情況發生。

表 4-1 中央氣象局地震震度分級表(八十九年八月一日公告修訂)

震度分級		地動加速度範圍	人的感受	屋內情形	屋外情形
0	無感	0.8gal 以下	人無感覺。		
1	微震	0.8~2.5gal	人靜止時可感覺微小搖晃。		
2	輕震	2.5~8.0gal	大多數的人可感到搖晃，睡眠中的人有部分會醒來。	電燈等懸掛物有小搖晃。	靜止的汽車輕輕搖晃，類似卡車經過，但歷時很短。
3	弱震	8~25gal	幾乎所有的人都感覺搖晃，有的人會有恐懼感。	房屋震動，碗盤門窗發出聲音，懸掛物搖擺。	靜止的汽車明顯搖動，電線略有搖晃。
4	中震	25~80gal	有相當程度的恐懼感，部分的人會尋求躲避的地方，睡眠中的人幾乎都會驚醒。	房屋搖動甚烈，底座不穩物品傾倒，較重傢俱移動，可能有輕微災害。	汽車駕駛人略微有感，電線明顯搖晃，步行中的人也感到搖晃。
5	強震	80~250gal	大多數人會感到驚嚇恐慌。	部分牆壁產生裂痕，重傢俱可能翻倒。	汽車駕駛人明顯感覺地震，有些牌坊煙囪傾倒。
6	烈震	250~400gal	搖晃劇烈以致站立困難。	部分建築物受損，重傢俱翻倒，門窗扭曲變形。	汽車駕駛人開車困難，出現噴沙噴泥現象。
7	劇震	400gal 以上	搖晃劇烈以致無法依意志行動。	部分建築物受損嚴重或倒塌，幾乎所有傢俱都大幅移位或摔落地面。	山崩地裂，鐵軌彎曲，地下管線破壞。

註：1gal = 1cm/sec²

資料來源：中央氣象局 <http://www.cwb.gov.tw/>

Procedure of Seismometer Interlock

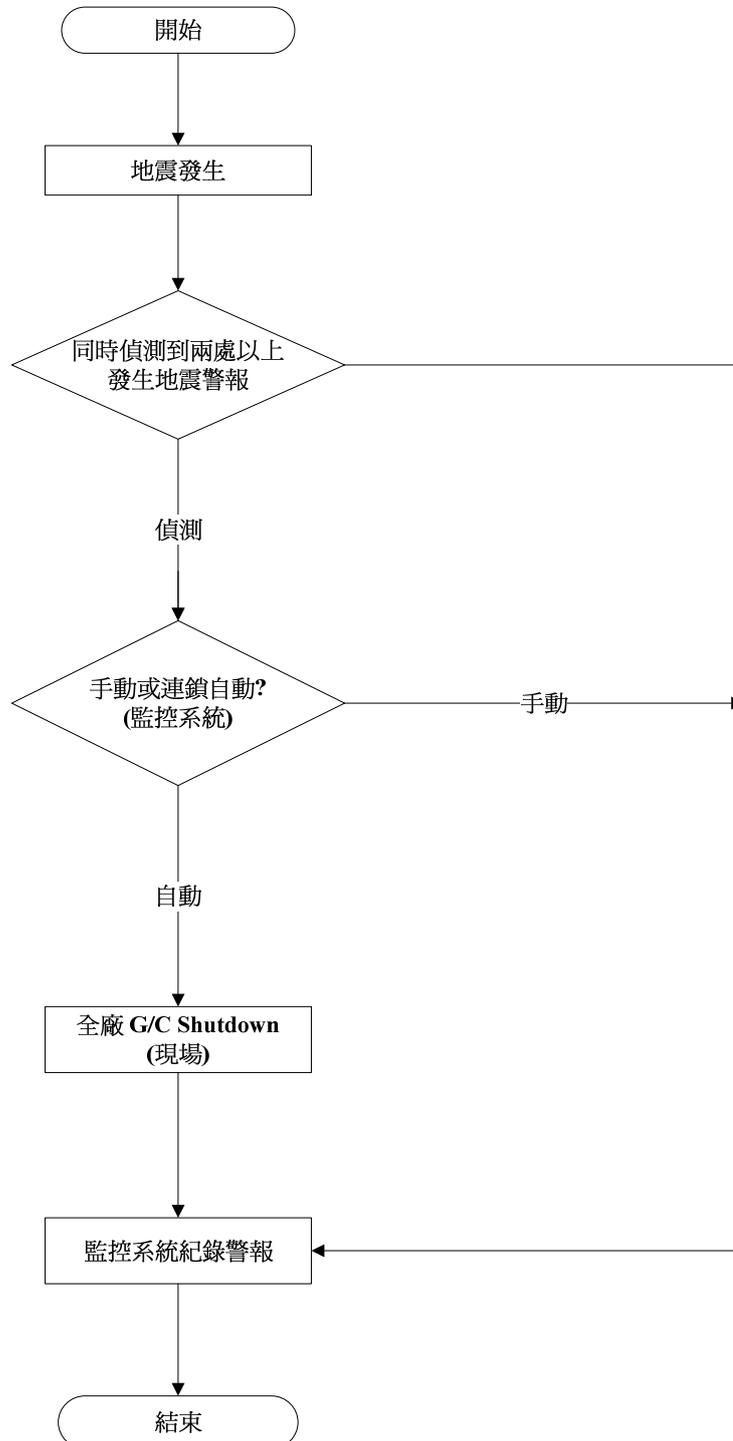


圖 4-4 地震儀連鎖控制流程
資料來源：本研究自行整理

4-5 氣體監控系統軟體介面操作及控制說明

本系統採用 InTouch 人機介面(HMI)圖控軟體，該圖控軟體主要應用於工業自動化、程式控制和管理監視，其特色如下：

1. 當擴展大量可用資訊的同時使圖形化視窗更加流暢，從而增強軟體運行能力。
2. 降低用於創建、修改、部署、維護和標準軟體應用的時間和成本。
3. 應用開放的人機介面解決方案可以將以前的和新的工廠系統流暢地進行集成，從而可以實現與即時和歷史資訊的快速連接。
4. 靈活適應小大不同系統及規模可延伸的架構，非常容易拓展，滿足了將來拓展的需求

圖 4-5 為氣體監控系統軟體之主畫面：



圖 4-5 GMS 氣體監控系統主畫面

資料來源：本研究自行整理

說明：

- 按下  或鍵盤上之 Home 鍵 皆可跳回主畫面。

登入使用者
及權限



此畫面為主功能表。

- 全部確認：按下表示將警報作全部確認 Acknowledge All
- 選取確認：按下表示將警報做單筆確認警報
- 歷史曲線：切換至歷史曲線畫面
- 警告看板：切換至歷史警曲線看板畫面
- 廣播測試：播放開始做系統測試之語音廣播
- 測試結束：播放系統測試完成之語音廣播

圖 4-6 為氣體監控系統警報群組畫面：



圖 4-6 氣體監控系統警報群組畫面

資料來源：本研究自行整理

說明：每一方塊按下可跳至相關之警報群組畫面

- 警報未確認：以紅黃閃爍表示。
- 警報已確認：以紅色不閃爍表示。

發生日期	發生時間	警報內容描述	TagName	數值, 狀態
18 May 2001	17:15:07	UNACK DSC Network Fail For GC59	A_GS_GC59_Status_S	Communi OffLine
18 May 2001	17:15:07	UNACK DSC Network Fail For GC57	A_GS_GC57_Status_S	Communi OffLine
18 May 2001	17:15:07	UNACK DSC Network Fail For GC51	A_GS_GC51_Status_S	Communi OffLine

此畫面為即時警報看板。

說明：當一有最新警報發生就會出現在即時警報看板上。

圖 4-7 為 GC 氣瓶櫃管路圖：

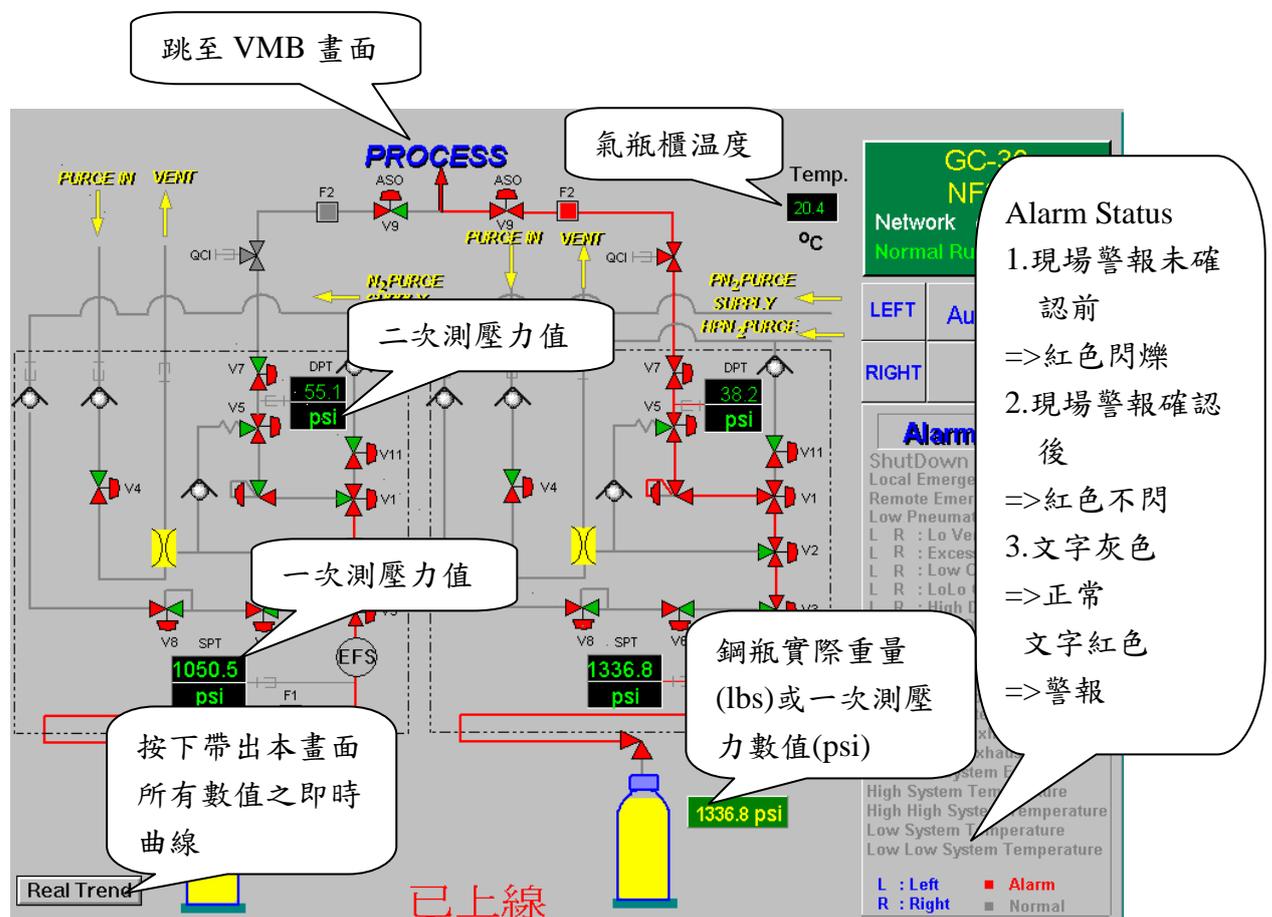


圖 4-7 GC 氣瓶櫃管路圖

資料來源：本研究自行整理

- 管路流程圖 已供氣：紅色
未供氣：灰色

- Network Fail (網路通訊不正常): 粉紅色
- 例如: V9 閥 Open: 全部紅色
V9 閥 Close: 綠色
當閥 On/OFF 皆會設為警報記錄並出現於警報看板中可供查詢。
- 鋼瓶重量或壓力高度會隨著液位高低作上昇下降,填充顏色表示: 黃色

圖 4-8 為 GC→VMB→TOOLS 供氣關係圖：

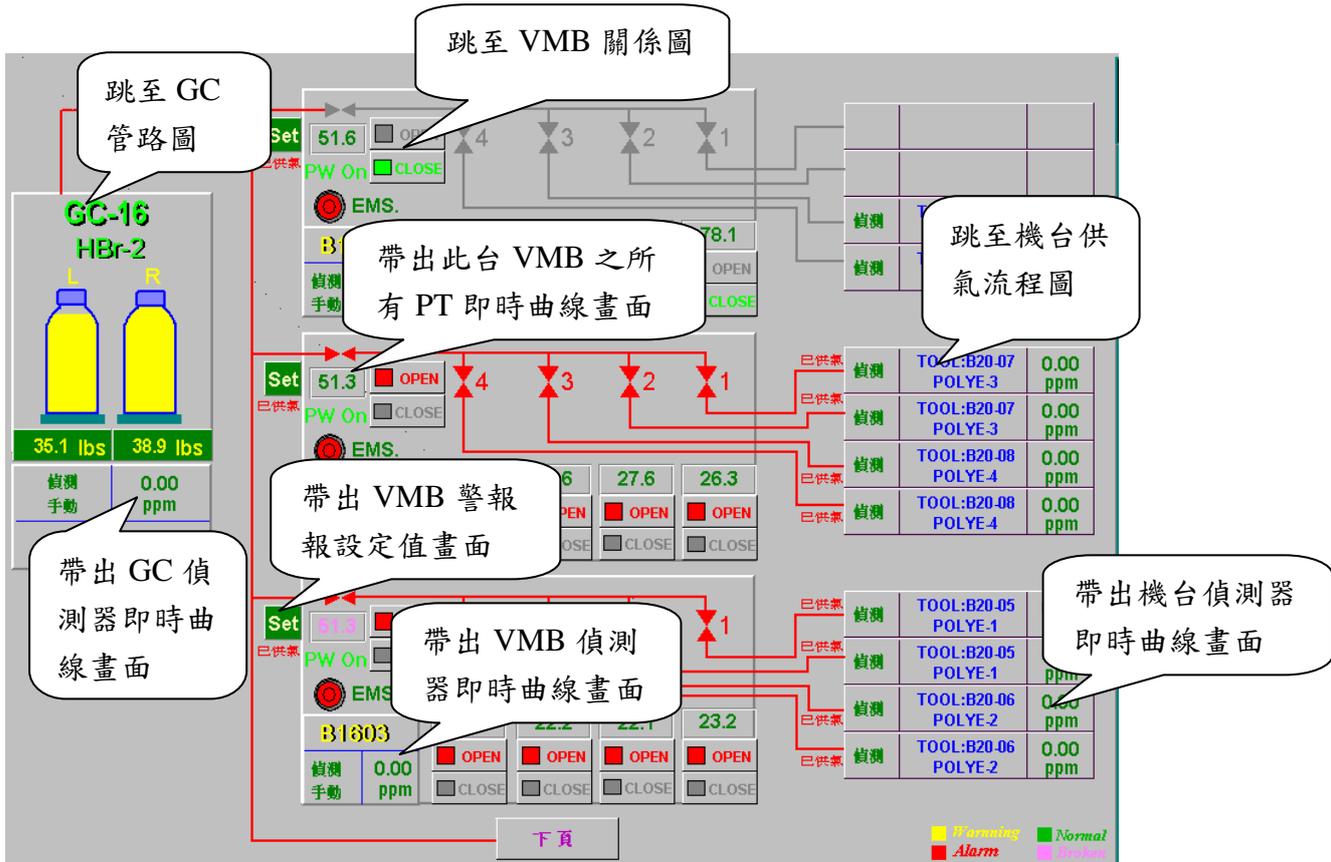


圖 4-8 GC→VMB→TOOLS 供氣關係圖

資料來源：本研究自行整理

說明：

- 管路流程圖 已供氣: 紅色
未供氣: 灰色
- 數值顏色 正常: 綠色 ; 斷線: 粉紅色
Lo: 黃色 ; Hi: 紅色
- VMB Power On: 綠色
VMB Power Off: 紅色閃爍(可能情形為 VMB 設備未到或排線未插好..)

- VMB Stick Value Open Status (有權限制): 紅色
VMB Stick Value Close Status (有權限制): 綠色
- 偵測(有權限制): 指將偵測器設為正常偵測中，當偵測到氣體洩漏則 Alarm 燈號作動。
校正(有權限制): 指將偵測器設為設備校正中，並將 Alarm 燈號關閉。
- EMS (有權限制): 即 Emergency Stop 縮寫,將 VMB 做 Remote 緊急停機且關閉 Inlet 主閥。
- Set(有權限制): 即設定 PT 值之警報 Lo,Hi 值

圖 4-9 為 Scrubber→TOOLS 機台→VMB 供氣關係圖：

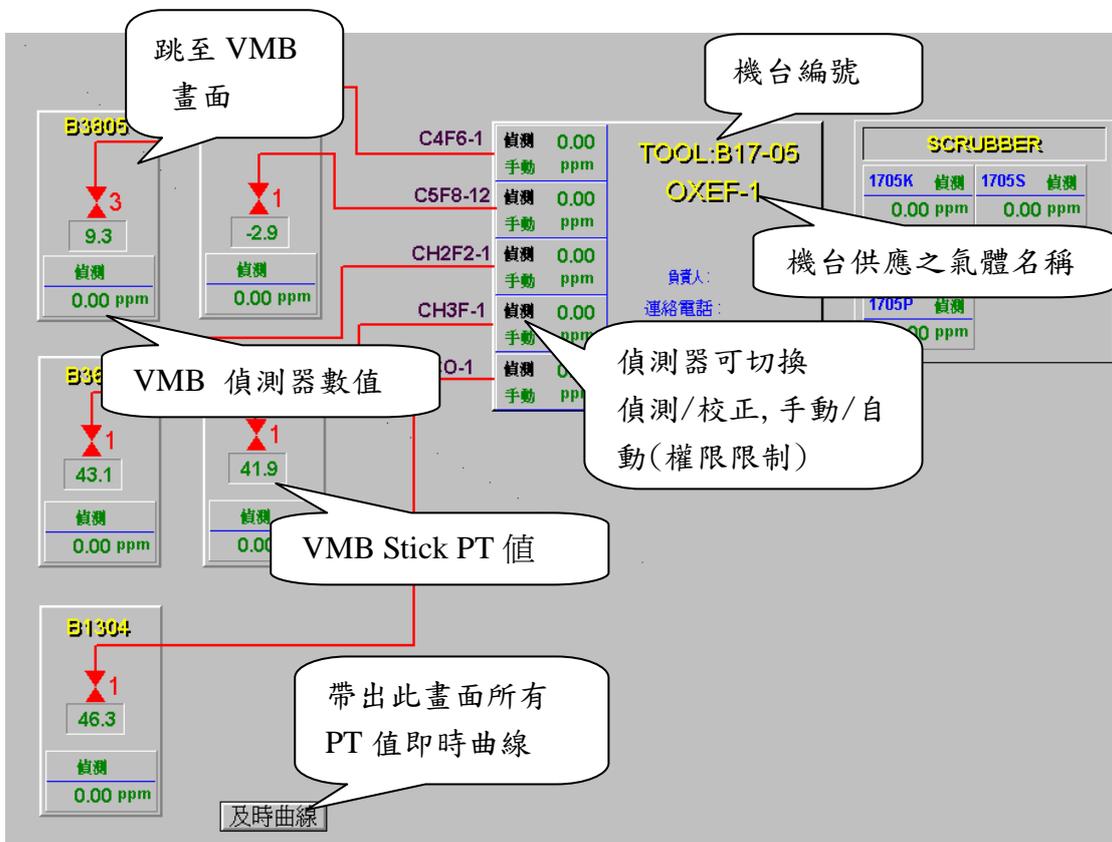


圖 4-9 Scrubber→TOOLS 機台→VMB 供氣關係圖

資料來源：本研究自行整理

說明：

- 管路流程圖 已供氣：紅色
未供氣：灰色
- 數值顏色 正常：綠色；斷線：粉紅色
Lo：黃色；Hi：紅色

- 偵測(有權限制): 指將偵測器設為正常偵測中，當偵測到氣體洩漏則 Alarm 燈號動作。
校正(有權限制): 指將偵測器設為設備校正中，並將 Alarm 燈號關閉。
- 手動(有權限制): 當偵測器偵測到氣體洩漏時，不會自動關閉閥門，須經現場手動開關閥門。
自動(有權限制): 當偵測器偵測到氣體洩漏時，會自動關閉閥門。
- 當何種情況下會自動 Shutdown 機台?
當偵測器有偵測到特殊氣體為 **Hi-Hi Alarm** 且設定為偵測/自動模式，此三種條件同時成立時會自動 Shutdown 機台；反之，若其一條件不成立則不會 Shutdown 機台。

圖 4-10 為地震儀連鎖控制系統畫面：

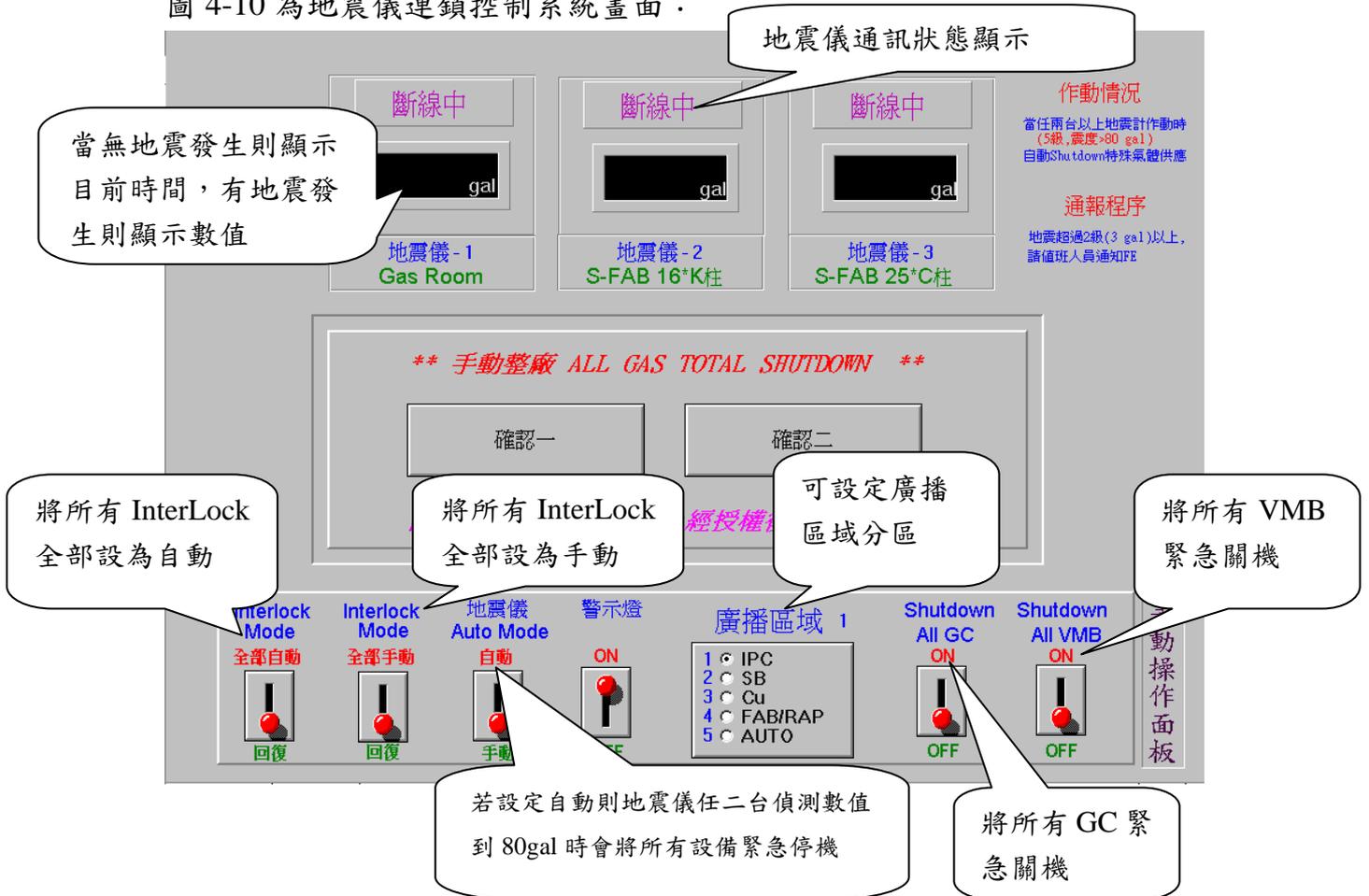


圖 4-10 地震儀連鎖控制系統畫面

資料來源：本研究自行整理

說明：

提供工程師作手動或自動控制開關，此畫面全部功能均需 Login UserName 及 Password 出現確認視窗後方能操作。

- 地震儀何時會作動 Shutdown 機台之時機？
當任二台地震儀偵測到 >80gal 且地震儀 Auto Mode 設為自動模式，此二條件同時成立時則自動 ShudDown 機台。

圖 4-11 為歷史警報及即時警報畫面：

The screenshot shows the 'Alarm History' window with a table of alarm records and a control panel at the bottom. Callouts provide the following information:

- 切換至歷史警報**: Points to the 'History' tab.
- 切換至即時警報**: Points to the 'Summary' tab.
- 列出當天所有歷史警報資料**: Points to the 'Update' button.
- 查詢警報群組為環境偵測器**: Points to the 'GC-Fault' button.
- 查詢通訊異常警報**: Points to the 'Comm-Fault' button.
- 按下可印出歷史警報資料**: Points to the '列印' (Print) button.

Date	Time	State	Class	Type	Cmt	Group	Val
23 May 2001	17:55	UNACK	DSC	DSC	VMB B3403 Stick2 Pressure Low 26*K.7	B3403	PT Low
23 May 2001	17:55	UNACK	DSC	DSC	VMB B0604 Stick3 Pressure Low 25.4*M	B0604	PT Low

Date	Time	State	Class	Type	Cmt	Group	Val
23 May 2001	18:36:59	UNACK	DSC	ShutDown Alarm Of GM-09	A_GS_GM09_FA	GM_M09	Fa
23 May 2001	18:33:31	UNACK	DSC	ShutDown Alarm Of GM-06	A_GS_GM06_FA	GM_M06	Fa
23 May 2001	17:55:59	UNACK	DSC	VMB B3403 Stick2 Pressure Low 26*K.7	A_GS_B3403_STK2_PT_Low	B3403	PT

圖 4-11 歷史警報及即時警報畫面

資料來源：本研究自行整理

- 歷史警報檔案分別存放在網路電腦之警報資料夾內。
- Unack: 紅色 → 警報未確認
- Ack: 藍色 → 警報已確認
- Event: 紫色 → 記錄事件發生
- Return 綠色 → 回復正常

- Total Alarm: 列出當天所有歷史警報資料
- Summary: 查詢當天即時警報
- History: 查詢當天歷史警報

圖 4-11、圖 4-12 為氣體濃度歷史曲線及圖控設定功能畫面：

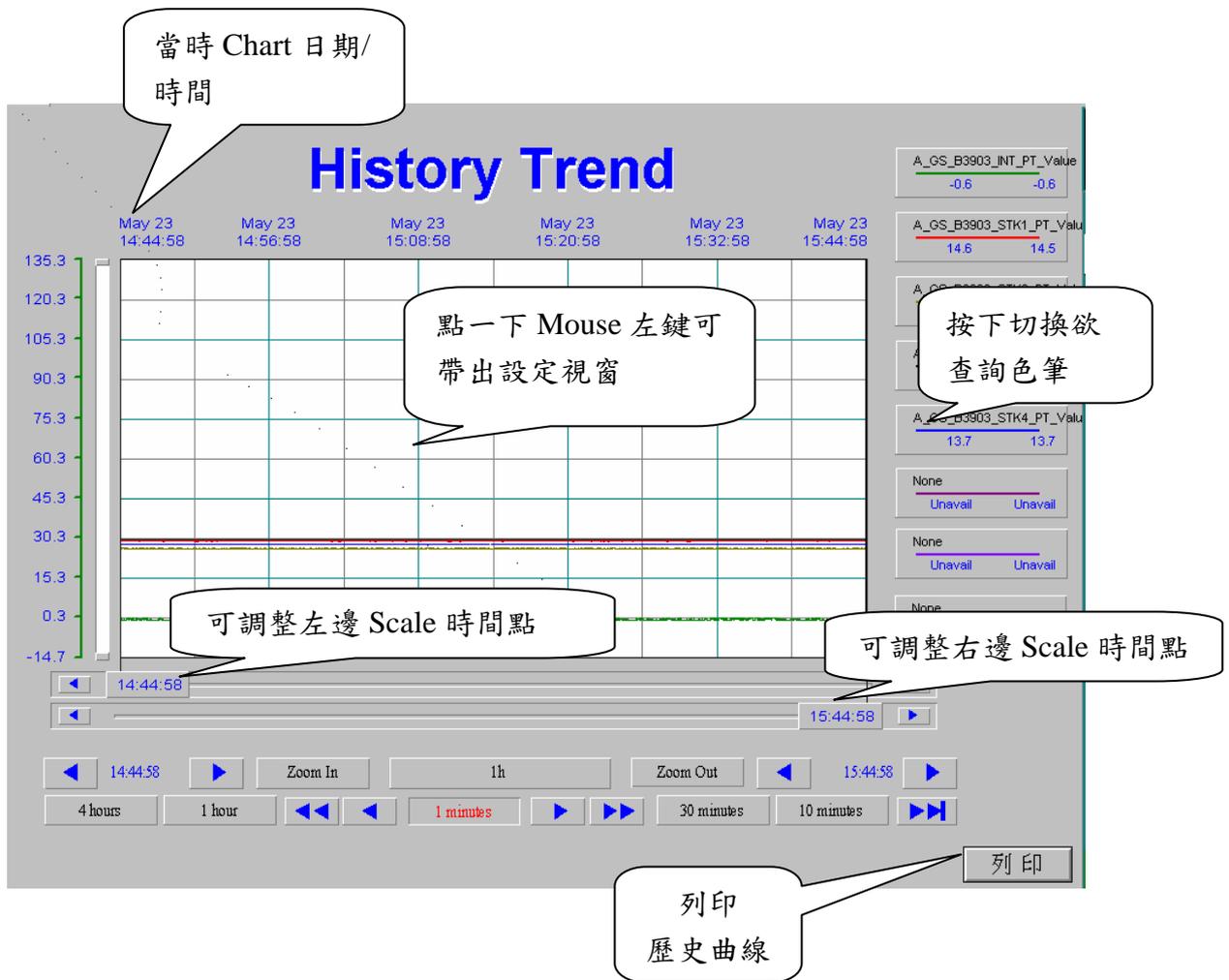


圖 4-12 氣體濃度歷史曲線畫面
資料來源：本研究自行整理

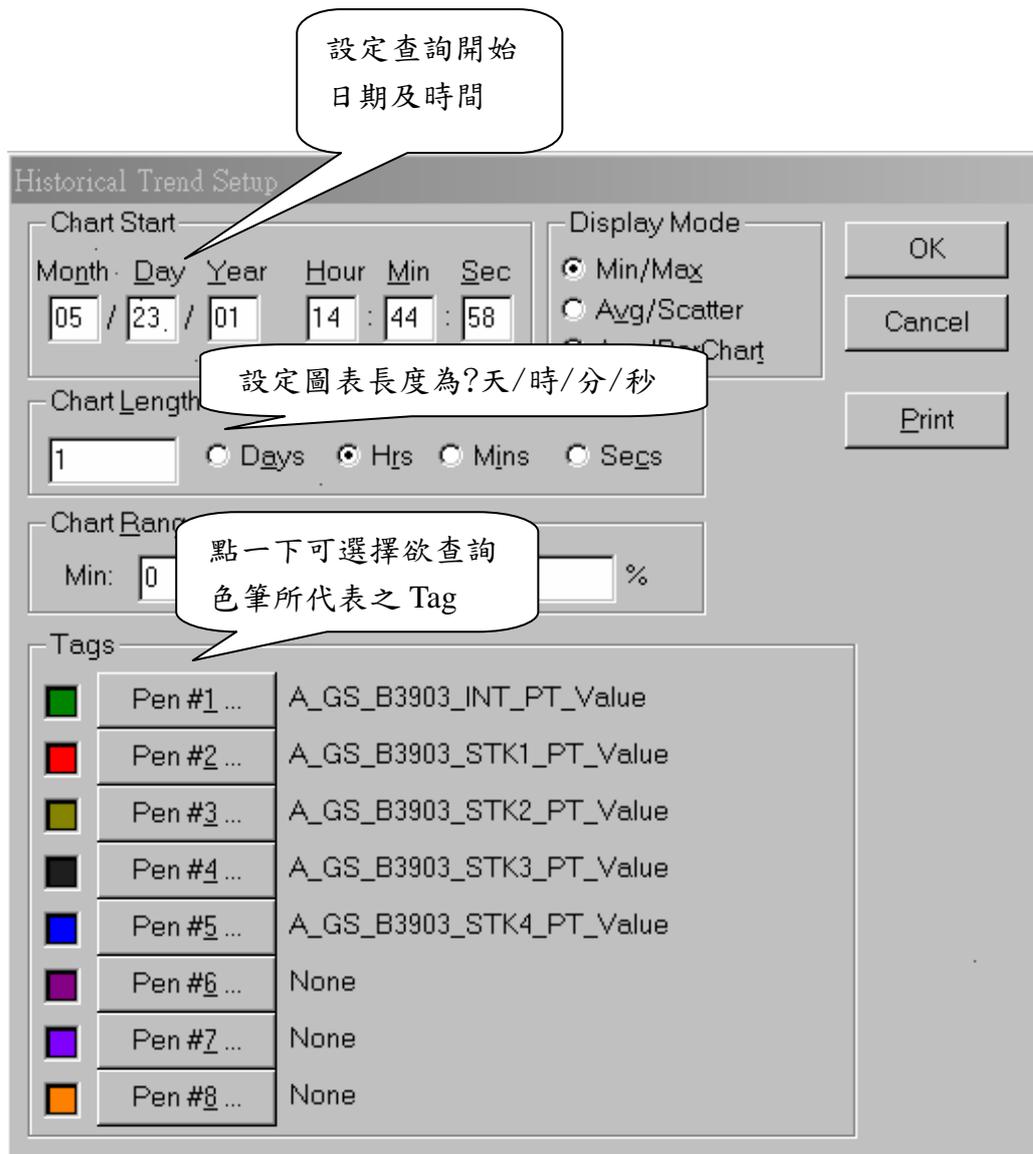


圖 4-13 圖控設定功能畫面
資料來源：本研究自行整理

Intouch 圖控軟體提供歷史曲線之查詢與設定功能。

- 可輸入欲查詢之起始日期，時間，範圍供查詢歷史曲線。
- 歷史曲線資料檔案存放於監控網路電腦資料夾內。

圖 4-14 為純化器 Purifier 供應流程畫面：

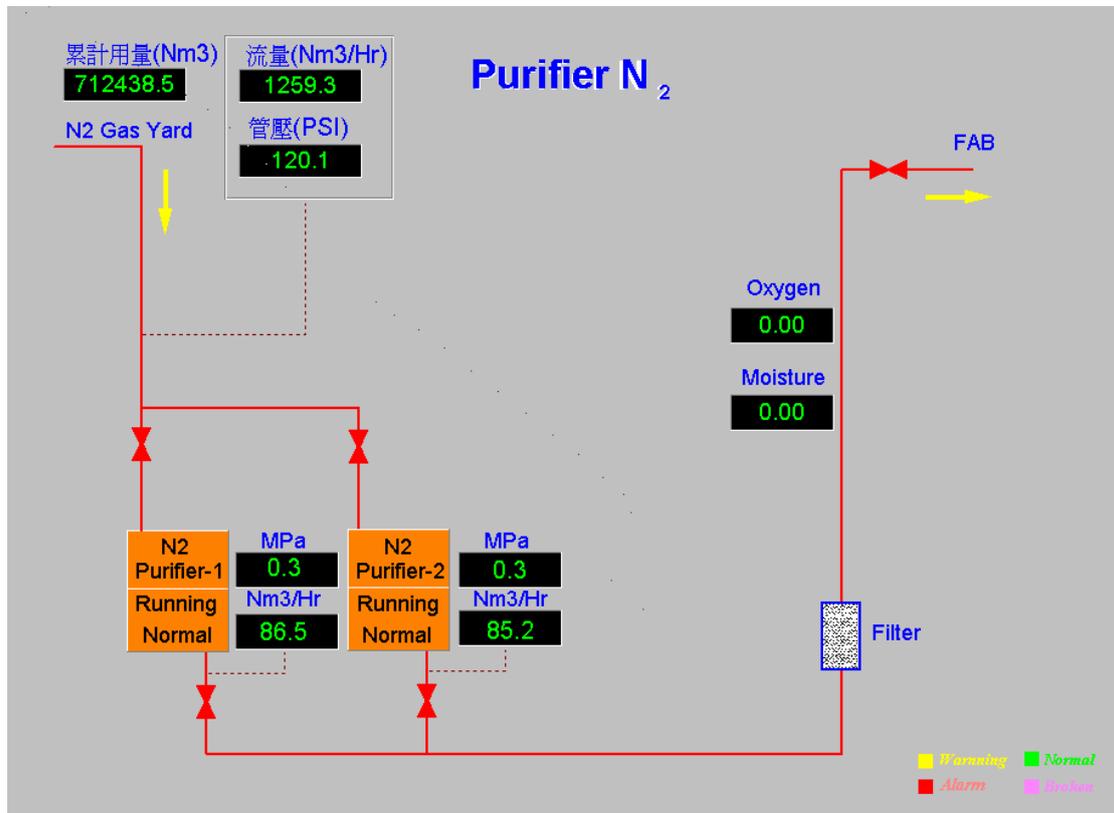


圖 4-14 Purifier 供應流程畫面
資料來源：本研究自行整理

說明：

- 管路流程圖 已供氣：紅色
未供氣：灰色
- 數值顏色 正常：綠色；斷線：粉紅色
Lo：黃色；Hi：紅色

圖 4-15 為某晶圓廠 Fab 配置監控畫面，圖 4-16 為氣體供應室監控畫面：

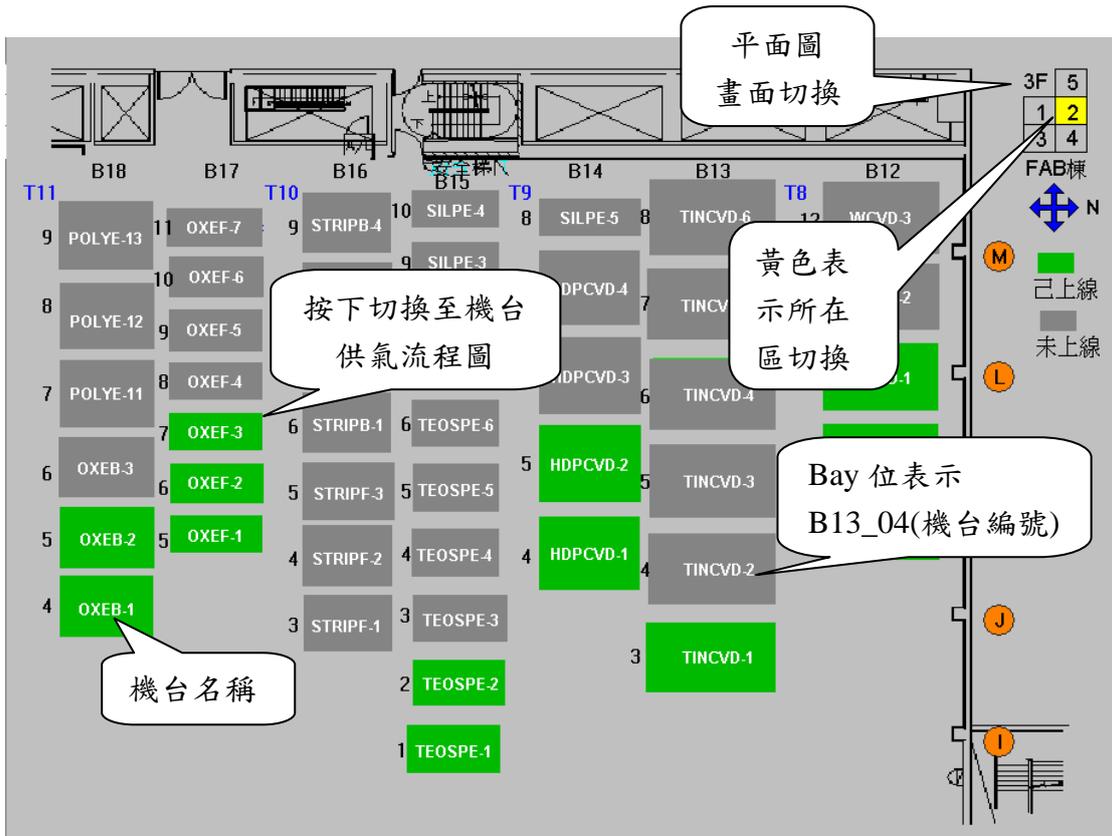


圖 4-15 晶圓廠 Fab 配置監控畫面(資料來源：本研究自行整理)

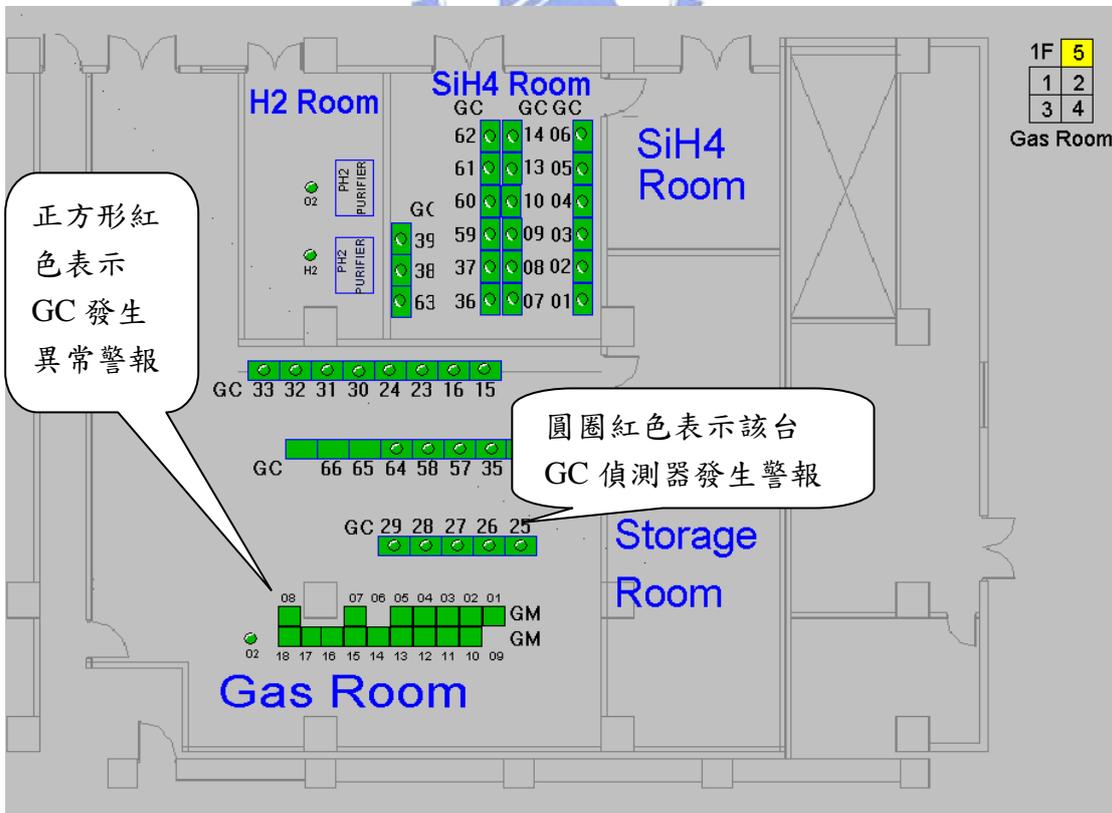


圖 4-16 氣體供應室監控畫面(資料來源：本研究自行整理)

圖 4-17 為 G/C 氣瓶櫃監控狀態畫面：

Gas Room GC Data												
Gas Type	GC15 HBr-1		GC16 HBr-2		GC23 Cl2-1		GC24 Cl2-2		GC25 NH3-1		GC26 NH3-2	
WG	Cylinder Pressure (一次測壓力值)				L	R	L	R	L	R	L	R
					90.2	87.3	87.8	81.3	49.9	50.2	49.7	34.0
					lbs	lbs	lbs	lbs	lbs	lbs	lbs	lbs
CYL	4.8	-14.8	292.1	291.3	-12.3	-12.5	82.7	81.9	-12.1	-10.8	109.3	106.9
	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi
DEL	-0.6	-10.3	49.3	52.7	-12.2	-12.0	41.0	51.7	-10.4	-10.1	66.3	57.6
	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi

Gas Type	GC27 NH3-3		GC28 NH3-4		GC29 NH3-5		GC30 NF3-1		GC31 NF3-2		GC32 NF3-3	
WG	鋼瓶重量				L	R	L	R	L	R	L	R
	50.0	50.0	49.8	50.1	50.1	44.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	lbs	lbs	lbs	lbs	lbs	lbs	lbs	lbs	lbs	lbs	lbs	lbs
CYL	Deliberly Pressure (二次測壓力值)				109.5	109.1	1050.5	1336.8	1436.6	470.4	399.3	1442.9
					psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi
DEL	56.1	54.6	-14.7	-13.1	54.7	52.5	55.1	38.2	66.5	62.5	53.7	56.7
	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi

Next Page

圖 4-17 G/C 氣瓶櫃監控狀態畫面
圖 4-15、4-16、4-17 資料來源：本研究自行整理

說明；提供 GC, GM 所有 Data 一覽表

- WGT : Weight 縮寫，鋼瓶重量。
- CYL : Cylinder Pressure 縮寫，一次測壓力值。
- DEL : Deliberly Pressure 縮寫，二次測壓力值。

圖 4-18 為氣體供應室內之各氣瓶櫃之使用狀態畫面

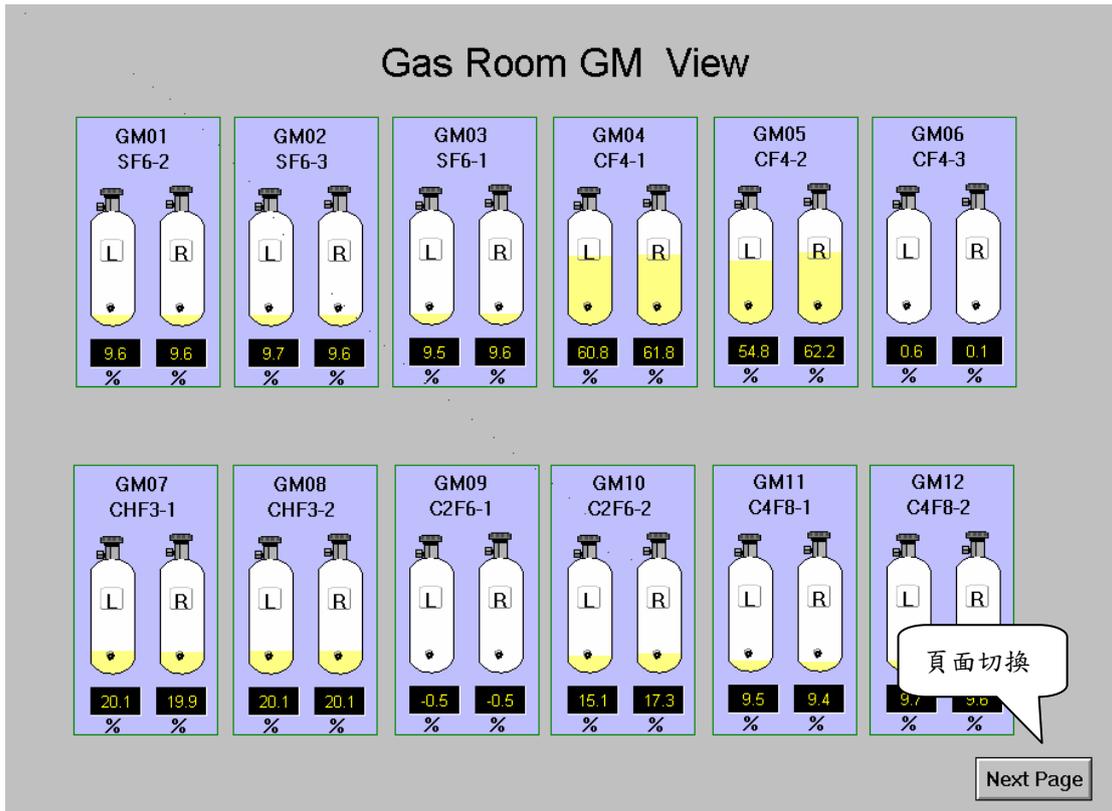


圖 4-18 氣體供應室內之各氣瓶櫃之使用狀態畫面

說明：提供氣體供應室內所有鋼瓶壓力一覽表

圖 4-19 氣體偵測器偵測所有氣體一覽表



圖 4-19 氣體偵測器偵測所有氣體一覽表

說明

- A-Z： 所有氣體名稱與代號對照表。
- 說明：可針對特定氣體作全部校正或正常偵測之設定（有權限制）

4.6 氣體監控系統連鎖功能建置之效益分析

本監控系統建置之連鎖功能控制，在工安風險及成本考量下建置之設計，效益評估如下：

1. VDB /VMB 關閉連鎖控制：

以某 8 吋晶圓廠為例，全廠 VDB /VMB 設置關閉連鎖控制工程初設費用約為 NT\$ 250 萬元，每年維護成本約 NT\$50 萬元，保險公司對於晶圓廠有/無 VDB /VMB 關閉連鎖設置保險費用分別為 80 萬/年及 400 萬元/年，預估兩者五年所需成本比較如下：

表 5-1 VDB /VMB 連鎖控制系統建置成本分析表

	第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4 年	第 5 年	總計
VDB/VMB 連鎖 控制 設置成本	320	50	50	60	60	540
年度保險費用	80	80	80	100	100	440
VDB/VMB 連鎖 控制設置成本+年 度保險費用	400	130	130	160	160	980
無設置連鎖控制 之保險費用	400	400	450	450	500	2200

單位：萬元

資料來源：本研究自行整理

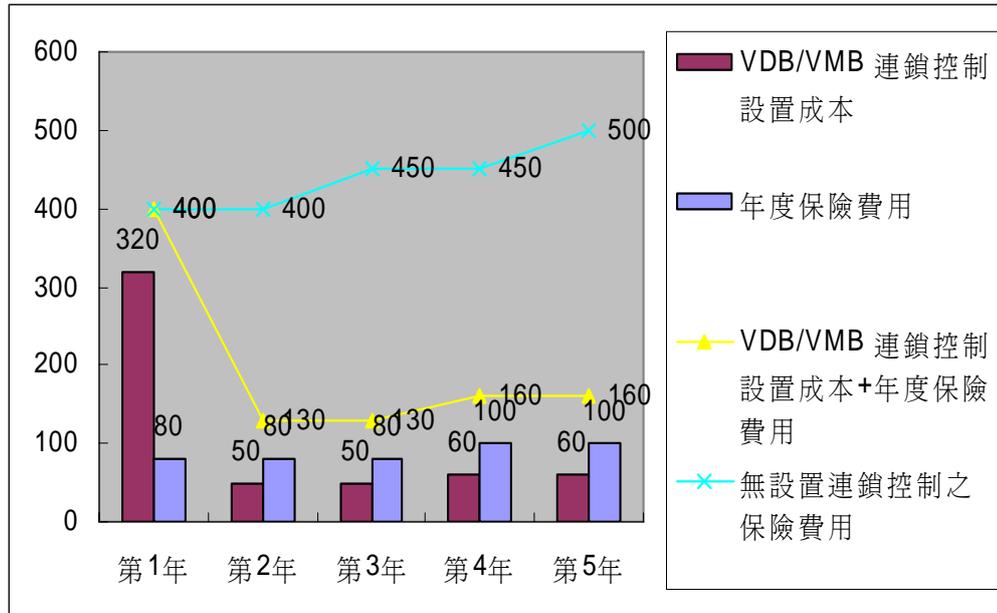


圖 5-1 VDB/VMB 連鎖控制系統建置成本分析圖

資料來源：本研究自行整理

由上述圖表可得知，採用 VDB/VMB 關閉連鎖控制設計，連續 5 年可節省成本 NT\$ 1,220 萬元，兼具工廠安全防護及節省公司成本之雙重效益。

2. 地震儀連鎖控制設置：

全廠地震儀連鎖控制設置工程初設費用約為 NT\$ 120 萬元，每年維護成本約 NT\$ 20 萬元，保險公司對於晶圓廠有/無地震儀連鎖控制設置之保險費用分別為 60 萬/年及 300 萬元/年，預估兩者五年所需成本比較如下：

表 5-2 地震儀連鎖控制系統建置成本分析表

	第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4 年	第 5 年	總計
地震儀連鎖控制設置成本	120	20	20	25	25	210
年度保險費用	60	60	60	80	80	340
地震儀連鎖控制設置成本+年度保險費用	180	75	75	105	105	550
無設置地震儀連鎖控制之保險費用	300	300	400	400	450	1850

單位：萬元

資料來源：本研究自行整理

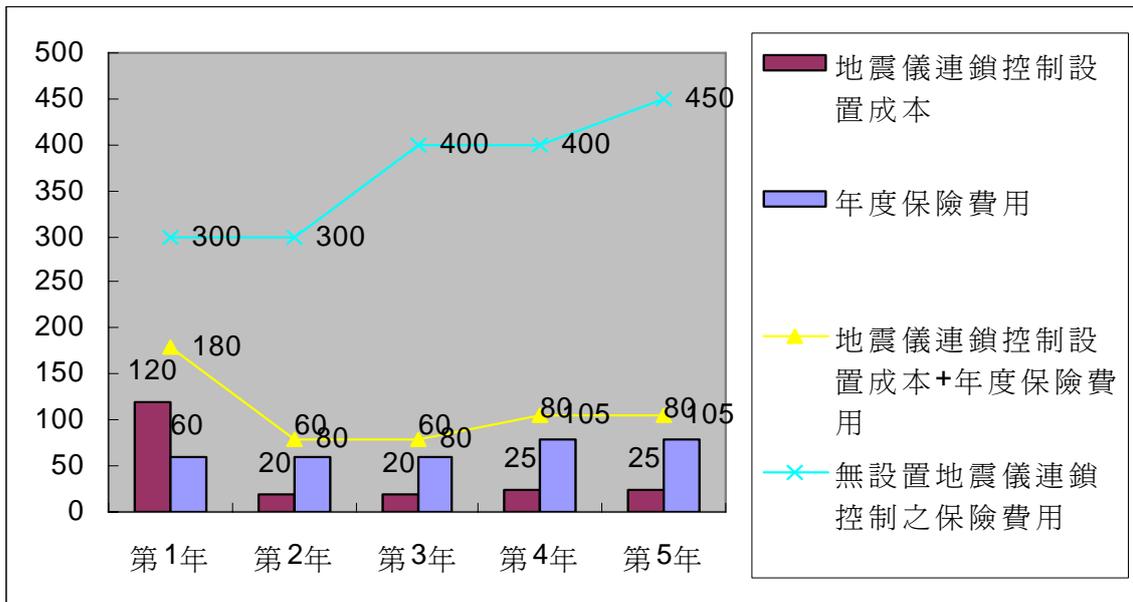


圖 5-2 地震儀連鎖控制系統建置成本分析圖

資料來源：本研究自行整理

由上述圖表可得知，採用地震儀連鎖控制，連續5年可節省成本 NT\$ 1,300 萬元，也同樣兼具工廠安全防護及節省公司成本之雙重效益。



第五章 結論與建議

5.1 結論

半導體製程所使用的特殊氣體，前已提及為具有極高毒性、可燃性，亦有自然發火性或分解爆炸的危險性，因而在使用上必須考慮其潛在的危險性，故針對這些危險性氣體，在使用及儲存時，須採取適當的安全對策，可從第四章了解到氣體監控系統在晶圓廠製程氣體危害控制上之重要性，尤其是連鎖功能控制部份；在 921 大地震後，保險公司對於高科技廠房的安全設計非常嚴格，尤其是晶圓廠及光電廠，建廠造價動輒上百億成本，發生工廠意外，不僅影響國家產業經濟，在工業安全及環境上更是造成莫大的危害。

透過連鎖控制(Interlock)功能之建置，有效整合氣體監控系統之地震儀及 VDB/VMB 之連動裝置，在緊急狀況發生時，有效提升處理災害發生時之緊急應變時效，縮短救災時間，掌握異常狀況並防範氣體洩漏危害所造成的損失，提升工廠整體之安全性，另一方面節省公司保險費用支出，兼具安全與節流之雙重效益。



5.2 建議

近年來光電與半導體工業發展快速，相關製程更是日趨複雜，在光電與半導體廠所使用的製程化學品大多具有相當的危險性，任何疏失都有可能造成人員嚴重的傷害與設備重大的損失。根據新竹科學園區職業災害分析資料顯示，因化學品接觸而引發之職業災害，佔發生災害類型的第二位；化學品系供應統向來是半導體廠工安的重要環節之一，其設計是否妥當將直接影響人員的安全，我們從管理面與設計面將連鎖控制功能理念導入在高科技廠房之化學品供應系統，內容包括化學品儲存室之規劃設計，以及化學品儲存設備之位置、空間及供應管路、流程之設計規劃，並探討化學品供應系統所涉及之相關法規與標準，及其安全性之考量原則，以期達到較佳之實用性與安全性。

參考文獻

1. 楊炳煌，ULSI 廠務，科學園區管理局半導體人才培育計劃講義，民國 87 年 8 月。
2. 張勁燕，半導體製程設備，五南圖書出版公司，民國 90 年 3 月。
3. 莊達人，VLSI 製造技術，高立圖書有限公司，三版，民國 91 年 2 月。
4. 吳志平，特氣供應系統的規劃與設計，Mykrolis Asia Tech. Symposium 2001-Dry Processing，2001 年 6 月。
5. 張昌洲，鄭淵源，吳世全，半導體廠氣體供應系統之規劃與設計，奈米通訊，第十卷第三期，PP45~53，民國 92 年 8 月。
6. 余榮彬；王守芄，化工廠有害氣體監控技術，『化工製程安全專輯』，PP168~179，民國 87 年 01 月。
7. 林熾昌，高壓氣體特定設備之安全，工業安全科技，No.45，PP02~05，民國 91 年 12 月。
8. 陳宗欣，半導體製程氣體高精準供給技術之相關研究，真空科技，第十七卷第一期，PP16~20，民國 93 年 7 月。
9. 萬榮富，高科技廠房特殊材料氣體操作安全探討，消防與防災科技雜誌，No.25，PP63~69，民國 95 年 7 月。
10. 劉慎山，王明民，石化工業高壓氣體洩漏偵測之探討，消防與防災科技雜誌，No.25，PP47~52，民國 95 年 7 月。
11. 林茂勳，一般氣體及特殊氣體的供應及監控，電子月刊，第三卷第九期，PP86~92，民國 86 年 9 月。
12. 林義凱，半導體廠廠內環境監測系統，工業安全衛生月刊，第 184 期，PP42~47，民國 93 年 10 月。
13. 半導體製造業污染防治技術，工業安全科技季刊，經濟部工業局，民國 83 年 10 月。
14. 劉君毅，矽甲烷特性及風險預防措施，<http://cesh.moeaidb.gov.tw>，2001。
15. 陳光漢，半導體產業之保險與風險淺論，工業安全科技季刊，經濟部工業局，2003。
16. 中央氣象局全球資訊網 <http://www.cwb.gov.tw/>

附錄：

氣體監控系統(GMS)：Gas Monitoring System

大宗氣體：Bulk Gas

特殊氣體：Specialty Gases

安全供應氣源(SDS)： Safe Delivery Source

氣瓶櫃(GC)：Gas Cabinet

閥箱(VMB)：Valve Manifold Box

閥盤(VMP)：Valve Manifold Panel

氣瓶架(GM)：Gas Manifold

質流控制器(MFC)：Mass Flow Controller

緊急停止按鈕(EMO)：Emergency Off

可程式邏輯控制系統(PLC)：Programmable Logic Controller

遠端輸入及輸出(RIO)：Remote Input / Output

遠端監控單元(RCP)：Remote Control Panel

連鎖控制：Inter Lock Control

人機介面(HMI)：Human-Computer Interface

