

天然氣洩漏偵測儀器介紹

一、前言

天然氣是含甲烷超過 80% 成份的氣態碳氫化合物，其物質安全資料表(MSDS)將其歸類為極度易燃氣體。若發生天然氣洩漏狀況，在火源引燃的情形下會發生劇烈燃燒，如圖 1，對於四週的設備或人員將會造成猛烈的火災危害。在局限空間內若發生天然氣洩漏蓄積，當洩漏天然氣遇火源更可能引起劇烈爆炸造成嚴重傷亡事故。



圖 1 天然氣管線洩漏燃燒(2012 年美國 Sissonville 事件)

因此，「天然氣事業輸儲設備防災相關設施裝置維修辦法」第 2 條規定天然氣事業之輸儲設備，所應裝置之四項防災相關設施中要求其中的監控系統具備漏氣偵測，並具火災偵測功能。

對於天然氣設備洩漏的偵測儀器，目前已有多種原理與設備可以達成，如雷射瓦斯洩漏偵測儀、紅外線氣體洩漏偵測儀、火焰離子化偵測器(FID)、紅外線熱像儀...等。本文將介紹紅外線熱像儀與可燃性氣體偵測器。

二、天然氣設備洩漏的偵測儀器

2.1 紅外線熱像儀

「紅外線熱像儀」，是一種對物體散發出的紅外線進行感光成像的儀器。紅外線攝像儀，依據其感測器使用的波段不同，可分為近紅外線(Near IR)攝像儀(使用波段在 $0.75\ \mu\text{m}\sim 3\ \mu\text{m}$)、中波紅外線(Mid-wave IR, 波段為 $3\ \mu\text{m}\sim 5\ \mu\text{m}$)及長波紅外線(Long-wave IR, 波段為 $7.5\ \mu\text{m}\sim 13\ \mu\text{m}$)熱像儀三種。近紅外線攝像儀拍攝時需要由攝影機主動發射出近紅外光，照射目標物體。中/長波紅外線熱像儀，是透過感測器，被動的接收外界物體所發出的中/長波紅外線能量。因此，儀器完全不需要發射紅外光即可在各種不同光源環境下拍攝，達到遠距離檢測的功能。同時，被拍攝物體的表面溫度，也可以由中/長波紅外線熱像儀所接收到的訊號強度換算出來，故中/長波紅外線影像又被稱作「熱影像」(如圖 2)，其應用範圍，涵蓋了檢測、監控、醫療、軍事等方面。而紅外線熱像儀以其功能分類，又可細分為熱影像(Imaging)系統與熱像測溫(Thermography)系統兩類。熱影像系統所著重的是，在拍攝不同溫度的物體時，熱影像能夠反映出清晰的亮度對比，而測溫系統，除了影像亮度對比需要清晰之外，更進一步要求影像中每個像素所代表的溫度，均能準確檢測(計算)出來。

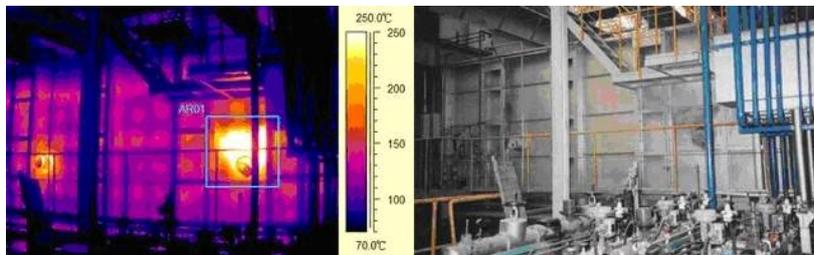


圖 2 紅外線熱影像圖例

所有溫度在絕對溫度 3 度(-270°C)以上的物體，都會不停地發出熱紅外線。因此，熱紅外線(或稱熱輻射)是自然界中存在最為廣泛的輻射。由於洩漏氣體之熱輻射波長不同，經由選擇可辨識天然氣熱輻射波長(由儀器中的窄紅外光波段濾光片控制接收的紅外線波段)的紅外線熱像儀來進行檢測。例如以色列廠商 OPGAL 公司的紅外線熱像儀 EyeCGas(VOC)，如圖 3，其吸收波譜波段在 3~5 μm 可偵測甲烷、乙烯、丙醇、丙醛、丁二烯、丁烯、丙烯、戊烯、苯乙烯、甲苯、乙酸、二甲苯、二甲基苯、異丁烯、異戊二烯、苯、乙苯、環氧乙烷、己烷、甲醇、環氧丙烷、丙烯、乙烷、辛烷、庚烷、異丙醇、MEK 甲基乙基酮、丙烷、丁烷等氣體或其揮發之氣體。

當氣體從輸儲設備洩漏出來，所洩漏之天然氣會從洩漏處噴出或飄動在空氣中，但因天然氣是無色，人眼無法辨識該處已發生天然氣洩漏狀況。但可用紅外線熱像儀對其拍攝，即可立刻從儀器螢幕中看到洩漏氣體移動之紅外線影像，據此判斷該處有氣體洩漏，因此可用來偵測天然氣輸儲設備洩漏情形。

傳統檢測元件氣體洩漏的方式，利用攜帶型儀器逐一對工廠各設備元件進行洩漏檢測，且其測漏儀器需靠近氣體洩漏處，檢測範圍狹小，且檢測速度慢。若使用紅外線熱像儀，可在遠距離就可以全面看到整個廠區的紅外線影像，從影像中檢視出何處有氣體飄移很快可判斷出氣體洩漏處。因此，可不用如傳統的檢測氣體洩漏的方式對所有元件(因不知何處洩漏)近距離逐一檢查。



圖 3 EyeCGas(VOC)紅外線熱像儀

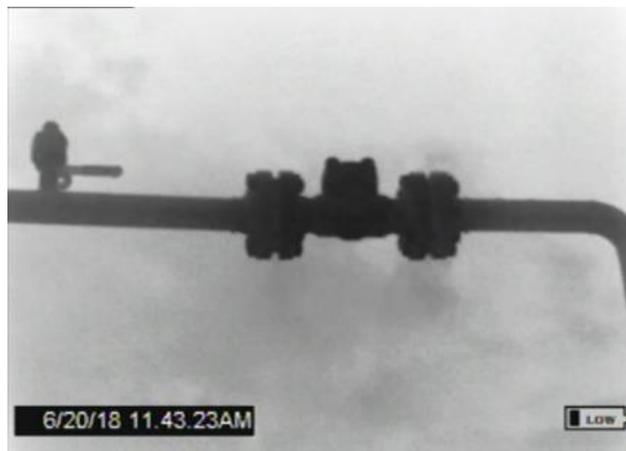


圖 4 紅外線熱像儀所看到之天然氣洩漏之紅外線影像

2.2 可燃性氣體偵測器

「可燃性氣體」泛指一大氣壓下、攝氏十五度時，具有可燃性之氣體。其代表性物質有甲烷、乙烷、丙烷、丁烷、氫氣、乙炔及乙烯氣體。此類物質大部份為無色無味，在未加嗅劑前的製程中若產生洩漏將無法早期發現，可燃性氣體偵測器(Combustible Gas Indicator)便是偵測可燃性氣體洩漏防範設備與人員安全的第一道防線。

氣體偵測技術從早期之電化學式、半導體式、觸媒反應式到現今已普遍使用的紅外線式技術，除了穩定度提升，可靠度增加外，其功能亦增強許多且維護費用也大大的減少了。之後由於長距式氣體偵測器的問世，偵測氣體方式已由點的偵測擴展為線的偵測，大大提升防護效能。

雖然紅外線式有以上諸多優點，但以目前而言，其建置費用仍較其它技術為高，且其有無法偵測氫氣的使用限制。因此，在規劃設計時仍需依偵測對象、位置、成本等因素加以考量。

電化學式多用於毒性氣體偵測器，而半導體式則由於應用於可燃性氣體偵測極不穩定，誤動作率偏高，因此目前也僅被應用於毒性氣體偵測。

觸媒反應式仍是目前最普遍使用的可燃性氣體偵測器。只要可燃的揮發氣體都可以因與偵測器內的觸媒燃燒反應產生熱，使得其內的阻抗變化而偵測到可燃性氣體。故碳氫鍵化合物的揮發氣體及氫氣都可使用觸媒反應式偵測器來偵測。但也因觸媒的燃燒消耗使其有其有固定的使用壽命，故每季一定要實施定期校正，且其偵測頭的平均壽命只有二至三年。

紅外線式可燃性氣體偵測器主要是利用紅外線光吸收碳氫鍵化合物的光譜，並與不對外的參考光譜進行比較，得到所吸收之氣體濃度。由於其壽命長且不需實施定期校正，所以漸有取代觸媒式成為市場主流的趨勢。但因其無法吸收氫氣之光譜且易受水氣之干擾，選用時必須注意偵測對象及屋外環境濕氣。有些此類產品可防水氣干擾，使用時可以多加考量此問題。

長距式氣體偵測器以紅外線原理，而強化其紅外線光的功率達成長

距離偵測的目的。目前市面上有可偵測範圍長達 200 米的偵測器產品。因為其是直線型的偵測範圍，故其偵測濃度的表示必需加上單位距離才能得到所偵測到的氣體量。以防災的角度看，長距式氣體偵測技術日漸成熟將對廠區防護有莫大助益。表 1 是目前較常用的可燃性氣體偵測器原理的比較表。

表 1 常用的可燃性氣體偵測器原理比較

種類	半導體式	觸媒式	紅外線式	長距紅外線式
偵測原理	特定氣體捕捉反應	觸媒燃燒熱反應	光譜吸收比較	光譜吸收比較
偵測氣體	可燃性氣體、毒性氣體	可燃性氣體	碳氫鍵可燃性氣體	碳氫鍵可燃性氣體
穩定度	不佳	良好	良好	良好
可靠度	可	良好	良好	良好
建置價格	中	低	中	很高

三、結語

天然氣是極度易燃氣體，若發生天然氣洩漏，在火源引燃的情形下會發生劇烈燃燒。因此，「天然氣事業輸儲設備防災相關設施裝置維修辦法」規定天然氣事業之輸儲設備，應裝置具備漏氣偵測的監控系統。

天然氣洩漏偵測儀器主要有：雷射瓦斯洩漏偵測儀、紅外線氣體洩漏偵測儀、火焰離子化偵測器(FID)、紅外線熱像儀、可燃性氣體偵測器、氣體偵測器等儀器。以可燃性氣體偵測器最適合於人員進行巡查時使用，但也可於場站內重要地點設置固定式可燃性氣體偵測器做為氣體洩漏的偵測設備。

對於天然氣輸儲設備場所設置之可燃性氣體偵測器可依據「高壓氣體勞工安全規則」第 60 條：可燃性氣體或毒性氣體之製造設備中，有氣體漏洩致積滯之虞之場所，應設可探測該漏洩氣體，且自動發出警報之氣體漏洩檢知警報設備。其相關規定「高壓氣體勞工安全規則暨相關基準」第 43 章「氣體漏洩檢知警報設備及其設置處所」(詳附錄 1)之規定設置。

附錄 1 氣體漏洩檢知警報設備及其設置處所

(摘自：高壓氣體勞工安全規則暨相關基準 第 43 章)

43. 氣體漏洩檢知警報設備及其設置處所

規則相關條文第 60 條、第 84 條、第 87 條、第 95 條、第 98 條第 1 款、第 99 條第 1 款、第 110 條第 2 款、第 112 條、第 119 條、第 120 條

1. 性能

氣體漏洩檢知警報設備(以下簡稱檢知警報設備。), 應能檢知可燃性氣體、氧氣或毒性氣體之漏洩而指示其濃度並發出警報, 且具有次列之性能者。

- 1.1 檢知警報設備可利用接觸燃燒方式、隔膜加羅瓦尼克電池方式、半導體方式或其他方式, 賴檢知元件之變化為電氣性機構, 周圍濃度達到於事前設定之氣體濃度時(以下稱警報設定值。), 可即刻發出自動警報者。
- 1.2 警報設定值應依各該設置處所四周之環境溫度下, 屬可燃性氣體者, 為其爆炸下限之 1/4 以下之值, 氧氣為 25%, 毒性氣體為容許濃度值(氨、氯及其他類此之毒性氣體中, 其試驗用標準氣體之調製困難者, 為容許濃度值之二倍之值。以下為 1.6 節中亦同), 以下之任意之值。但設置於室內之氨為 50ppm。
- 1.3 警報之靈敏度, 在可燃性氣體為警報設定值之 $\pm 25\%$ 以內, 毒性氣體為 $\pm 30\%$ 以內, 氧氣為 $\pm 5\%$ 以內。
- 1.4 檢知警報設備自感應至發出信號之遲延(以下稱遲延時間), 以警報器設定值濃度之 1.6 倍濃度時, 一般為 30 秒以內。但檢知警報設備因構造上或理論上較此為遲之特定氣體(氨、一氧化碳及其他

類此之氣體)為 60 秒以內。

1.5 檢知警報設備之電源，應具備電壓等之變動在 $\pm 10\%$ 時，亦不降低其警報靈敏度者。

1.6 指示計之刻度範圍，在可燃性氣體為零至爆炸下限值，氧為零至 50%，毒性氣體為零至容許濃度值之三倍，且能於此範圍內明確表示者。

1.7 檢知警報設備於發出警報後，應能隨其環境中氣體濃度之變化連續顯示信號為原則，迨經確認或採取對策後，始停止其警報之性能。

2. 檢知警報設備之構造，依次列規定。

2.1 應具有充分之強度(元件及發信回路應具備耐久力)且容易操作及維護。(元件易於更換者。)

2.2 與氣體接觸部分，應使用耐蝕性材料或經充分防蝕處理之材料；其他部分應有適當之塗飾、鍍飾或良好之修飾者。

2.3 應具備必要之防爆性能。

2.4 自二以上檢測端之警報信號受信者，其受信回路不得因他端既發出信號致其回路亦在動作中而影響其應發出警報時之動作，且能辨別所發出之信號之地點。

2.5 受信回路應具備容易識別其動作狀態者。

2.6 警報應以亮燈或閃爍或同時發出警報聲響者。

3. 設置處所

檢知警報設備之設置，應依次列規定。

3.1 高壓氣體(冷凍用高壓氣除外)製造設備(配管除外，以下於 3.2 節中亦同。)之檢知警報設備之檢知端之設置處所及數目，依次列規定。

- 3.1.1 設置於建築物內之壓縮壓、泵、反應設備、儲槽及容易漏洩氣體之高壓氣體設備、冷媒設備(3.1.3 列舉者除外。)場所四周而容易滯留漏洩氣體之處所，應以各該設備等(以下稱設備群。)之四周以每 10m 設置一個以上之比例計算所得之數。
- 3.1.2 設置於建築物外之 3.1.1 列舉之高壓氣體設備鄰接於其他高壓氣體設備、牆壁及其他構造物或置於坑井之內部時，其有滯留漏洩氣體之處所，以該設備群之四周，每 20m 設一個以上之比例計算所得之數。
- 3.1.3 含有火源之加熱爐等製造設備之四周，且為容易滯留氣體之處所，於其四周以每 20m 設置一個以上之比例計算所得之數。
- 3.1.4 計器室內部應設置一個以上。
- 3.1.5 毒性氣體灌裝用連接口一群之四周設置一個以上。
- 3.2 於儲存場或消費設備(配管除外)之檢知警報設備之檢知端之設置處所及數目，依次列規定。
- 3.2.1 設置於建築物內之減壓設備、儲存設備、消費設備(燃燒器中以母火方式備有連鎖機構而無漏洩氣體之虞者，該燃燒器部分除外。)及設置有容易漏洩氣體之設備之場所四周，且易於滯留氣體之處所，以其設備群之四周，每 10m 設置一個以上之比例計算所得之數。
- 3.2.2 設置於建築物外之 3.2.1 列舉之設備鄰接於其他設備、牆壁及其他構造物，或設置於坑井之內部時，其有滯留漏洩氣體之處所，以該設備群之四周，每 20m 設置一個以上之比例計算所得之數。
- 3.3 冷凍用高壓氣體設備之製造設備
- 3.3.1 設置於建築物內之冷媒設備之壓縮機、泵、冷凝器、高壓承液器、低壓承液器等設備群之設置場所之四周，且有容易滯

留漏洩氣體之處所，以該設備群之四周，每 10m 設置一個以上之比例計算所得之數。但設置於機械室內之設備群之四周為長方形者，以其面積(以下稱設備群面積。)除該機械室之地板面積之值在 1.8 以上時，則以該設備群面積，依次表下欄規定計算其設置數。

設備個數	設備群面積 S(m ²)
2	0 < S ≤ 30
3	30 < S ≤ 70
4	70 < S ≤ 130
5	130 < S ≤ 200
6	200 < S ≤ 290

3.3.2 設置有蒸發器之冷藏庫內之電氣設備適於次列規定時，得省略該冷藏庫內之檢知警報設備之設置。

3.3.2.1 冷凍庫內照明用燈泡而使用玻璃罩或金屬網等覆蓋時而使用裸露燈泡者。

3.3.2.2 使用溫度調節器時，其開、關接點非置於冷藏庫內者。例如使用感溫筒式開關，而將其開關部置於冷藏庫外者。

3.3.2.3 冷藏庫內之插座置有覆蓋者。

3.3.2.4 設置於冷藏庫內之電動機及其他電氣機械器具，於其供電電路置有漏電遮斷裝置及過負荷電流保護裝置者。

3.3.2.5 設置於冷藏庫內之電動機(以額定輸出超過 0.2KW 者為限。)置有過負荷電流保護繼電器者。

3.3.2.6 供給冷藏庫內電氣電路之開關設於室外之容易操作之位置者。

3.3.2.7 供給冷藏庫內電氣電路之所有電氣機械器具之鐵台及金屬製外箱，均確實接地者。

3.4 檢知警報設備之檢出端之設置高度，應充分考慮各該氣體之比重、四周之狀況，使用氣體之設備之高度等條件決定。

3.5 發出警報、警報燈之顯示及閃爍處所應置於有關人員常駐，且於發出警報後，可迅即採取必要對策之場所。