

## 介紹

1. 使用範圍：工廠中使用多時的 LPG 管線，因為老舊、破損、阻塞或需要保養維護時，所執行之管線維修作業，皆屬於管線維修。建議一般工廠採用 20 年以上、10~20 年、10 年以下作各種不同程度之維修。
2. 管線建造：管線應採無縫鋼管，亦可採用拉製鋼管。採用銅管時，應防止材料使用過程中將產生硬化而發生之潛在危害。此外，鑄鐵管不可採用。輸送丙烷氣體用之管路應採用適於溫度低至零下 20°C 之環境下使用之材料。
3. 管路上之接頭數愈少愈好，外徑大於 50 mm 之管路除以螺栓接至設備外，其餘之接頭均應焊接或以熔接法蘭接頭連接之。直徑為 50 mm 或以下之管路可採用螺旋接頭，然而如其裝設處可能遭受震動影響時，則應考慮採定位點熔接以防止接頭鬆開。  
為防止靜電累積現象，金屬管路應注意電氣聯接以使整體設施之對地電阻不超過 10 歐姆 ( $\Omega$ )。
4. 地下管線維修注意事項：  
管線設計應有足以承受因回填或地下位置變動而造成負載壓力之程度。政府規定覆土需 1.2 m 以上，國內有些廠商規定覆土要 1.5 m 以上，如無法達 1.5 m 時需作補強（如用管溝）。  
應採取必要之防蝕措施，一般以陰極防蝕為主。  
如果埋設深度不夠則管線應配置於一淺且敞開式混凝土或硬砌襯裡管溝內，並加適當支撐，使行人能安全通行。  
管溝亦可使用惰性即不含可能損傷及管線之非腐蝕性材料回填。  
車輛經過之區域或可能附加載重之處所，應採取裝設可承受其載重之平板或覆蓋保護之。  
所有地下管線接頭均應以熔接方式連接。  
地下管線部分之兩端應裝隔離閥。  
配管之路線應予以記錄，可行時需加永久標示。  
輸送惰性或易燃性液體之管路可裝設於同一管溝內，但輸送腐蝕性或毒性物質管線禁止埋設於同一管溝內。

電纜線最好不要與液化石油氣管線裝設於同一管溝中。

5. 軟管連接：輸送液化石油氣軟管應符合英國國家標準 **BS 4089** 之規定，僅可於需要之處所使用，且使用時應儘可能縮短其長度。於採用可撓性軟管連接供液態液化石油氣輸送使用時，則應加裝一安全閥以使軟管內之內壓不超過其設計壓力或固定式管路操作壓力兩者中之較低壓力值。

接用軟管之液化石油氣輸送管路應裝設逆止閥，超流關斷閥（**Excess Flow Valve**）及遙控操作式緊急遮斷閥等，以防止因軟管破裂而造成所輸送液化石油氣之長時間外漏現象。

6. 名詞解釋：

- (1) 迫淨（**purge**）：意即以惰性氣體將管線內殘存之毒性、可燃性、腐蝕性的氣體或液體帶出，清除管線內之殘氣或殘液，以便於進行換管維修等工程，一般亦稱呼為頂除、頂氣、置換或吹驅等。
- (2) 作業相關環境：**LPG** 管線維修作業現場可能會有毒性、易燃或可燃性氣體或液體存在，且可能會因為施行動火作業而導致爆炸等意外事故，若是高架作業，則必須注意墜落的危險。

## 危害

1. 災害類型：

- (1) 火災、爆炸之危害

- A. 輸送 **LPG** 的管線，如為絕緣性材質所構成，其具有累積靜電之能力。當靜電累積到一定量時，就會放電產生火花。若作業環境中又有可燃性物質的存在，就可能因而引起火災爆炸。在進行 **LPG** 管線維修作業時，如果沒有事先採取防範措施，就可能因此造成危險。
- B. 作業場所中含有可燃性氣體或物質、引火性液體之蒸氣存在，且其濃度達到爆炸範圍，當進行管線維修作業時，因機具使用產生的火花，可能引燃這些可燃性混合氣體，造成火災爆炸。
- C. 在進行 **LPG** 管線維修作業前，若沒有先將管線清理乾淨，則管線中可能有殘存之可燃性氣體存在，當進行維修作業時，可能引燃可燃性物質，因而造成火災爆炸。
- D. **LPG** 管線輸送之氣體為可燃性物質，在進行維修作業之前若未先將管線關閉並將欲維修段中之氣體排出，則可能造成在進

行維修作業時，引燃管內的可燃性物質，造成火災爆炸。

E. 在進行管線拆離作業時，因用火不當而引燃周遭可燃性之物質，造成火災。

(2) 中毒

A. **LPG** 中含有丙烷及丁烷等氣體，因此在進行管線維修作業前，若沒有先將管線內之氣體清除，則將使管線內氣體外洩，因而造成人員中毒或傷亡的情形發生。

B. **LPG** 管線所輸送的氣體皆為可燃性及毒性物質，若在進行管線維修作業時，未將管線維修段關閉，或是已關閉但在維修作業時被其他人員誤觸開關而將管線開啓，則可能導致正在進行維修作業人員的危害。

C. 作業環境中含有毒性物質，且其濃度超過容許濃度，在進行 **LPG** 管線維修時將造成危害。

(3) 外洩

**LPG** 管線在維修作業時，因閘門為關閉或關閉不完全，致使管線中氣體外洩，不僅污染空氣品質，亦造成維修作業場所附近住家或工廠人員的危害。

(4) 其它

由於 **LPG** 之快速氣化及伴生之溫度降低效應，致對在作業場所之工作人員的皮膚造成嚴重之凍傷。同時 **LPG** 氣化後亦可使設備降低溫度至會凍傷人的程度。

2. 災害防止對策：

(1) 管線維修前需先將維修段予以盲封，並對維修段進行迫淨 (**purge**) 的作業，即將管線內氣體之濃度迫淨至爆炸下限以下，並應有檢測濃度之設備以確定管線內殘餘氣體濃度低於爆炸下限。

(2) 在進行維修作業時，嚴禁進行動火作業，同時在作業場所附近亦要確定無火源及熱源的存在，以確保作業場所及施工人員的安全。若不得已需進行動火作業時，必須事先申請動火許可證，再進行動火作業。

(3) 因管線中之氣體屬有毒物質，因此在進行管線維修作業時，施工人員必須配帶自給式呼吸防護具，以保護自身的安全，但若在不通風的管線或儲槽中作業時，則應使用外部供氣之呼吸防護具或輸氣管面罩。

- (4) 若欲拆離的管線位於高處，施行管線維修的工作人員必須配戴安全帶及安全帽架設安全網等，或使用標準之施工架以防止墜落之危害。
- (5) 除非管線為不會產生靜電之材質，否則在施行管線拆離維修作業前，必須先做接地聯結的工作，以避免靜電產生危害。
- (6) 管線維修作業前，必須確認兩端閥門已緊閉且已盲斷，以確保化學物質不會因不斷地流入管線中，而產生洩漏。
- (7) 管線維修作業時，因 LPG 氣化使溫度降低，故維修人員在維修現場應配帶手套、防寒衣物等保暖防護具。
- (8) 任何明顯劣化或發現之缺陷以及所做任何修補作業均應記錄於檢查報告中，並註明所採用之特定檢查方法。上述劣化、缺陷或修補可能造成之影響應由適合的合格人員加以評估，並簽認其作業安全限制或所需採取之修護改善措施。
- (9) 任何之修護或變更作業均應依照與其原設計及建造所引用法規同等級之標準施行之，如此類作業可能影響及設備之整體適用性時，應再由適任合格人員重新審閱及簽認，並簽認或修改其安全操作限制。

## 作業程序

1. 管線維修的施工作業程序：
  - (1) 管線拆離及維修工程施工前之準備事項，包含動火許可單的簽發。
  - (2) 迫淨（**purge**）管線內之內容物，並從該管可能最高點緩慢排放。
  - (3) 在欲修復或需更換的管線兩端，應各至少堵塞一座手動隔離閥。
  - (4) 依上鎖程序在各閥掛籤。
  - (5) 管線之壓力應降為零並以可燃性氣體偵測器測定其可燃氣體含量。
  - (6) 進行拆管程序，並維修管線，或是予以更換。
2. 作業前準備之安全事項：事前的準備工作與管線維修工作一樣的重要，若事前準備不周全，則在施工時往往因為對操作過程的不熟悉而導致危害的發生，因此若能確實的做好事前準備工作，再加上謹慎、小心的處理態度，並確實的遵守標準作業程序，即能使施工人員及工廠的安全性升高，並保障財產及生命的安全。

- (1) 管線維修工程實施作業前應先確認事項：
  - A. 管線維修段之兩端是否有相關的閥件，以供關閉使用。
  - B. 維修段兩端的閥件是否已確實的關閉，並檢查有無洩漏的情形發生。
  - C. 可供使用的迫淨方法。
  - D. 確認管線內之殘存氣體含量是否合於施工的標準，並確保其濃度不致造成施工人員維修時的不適。
  - E. 較長的管路中，以選擇中段作測量會較為準確。
- (2) 現場作業應控制之相關事項。
- (3) 召開施工前安全衛生會議。
- (4) 作業前工作人員安全未教育訓練。
- (5) 事前訂定緊急應變計畫。
- (6) 管線維修作業時若需利用動火作業，應事先申請動火作業許可單。

作業中之安全事項：

1. 迫淨管線內 **LPG** 毒性物質等內容物
  - (1) 頂水應先以「清洗劑頂清管器」清洗管線，而後以 1.5 倍之水頂水二次。
  - (2) 若無法以「清管器」清洗時，以長途管線管容積 2.5 倍（含）以上的清洗劑清洗。
  - (3) 清洗完成後，管線應以空氣或氮氣等惰性氣體吹驅乾淨。
  - (4) 確認無殘留清洗劑存在後，於管線兩端加盲板或將管線隔離並盲封。
2. 確認管線殘存氣量：
  - (1) 如果有自動迫淨設備，則在迫淨管線後，此設備會自動量測管線內部之殘氣壓力狀況。
  - (2) 如果為人工迫淨，就要遵照標準作業程序來進行，並確實量測管線內部殘氣狀況。
  - (3) 修改管路前，應確認管內已無易燃物、易爆流體。
  - (4) 舊管線切割維修時，須先鑽孔量測或以其他方法確認管內無易燃物才可施行動火作業。
3. 緊急應變措施：
  - (1) 應考慮發生地點附近人員多寡，並透過廣播通知附近居民疏散。

- (2) 應在氣體釋壓之擴散範圍設置警界區域。
  - (3) 在施工區域應嚴格管制人員進入，因為任何火星如機、汽車的發動，或是抽菸所引起的微小火花皆有可能造成爆炸。
  - (4) 在 LPG 管線維修段中，應確保無閒雜人等圍觀，以避免當作業維修失當引起爆炸時，波及附近人員。
4. 迫淨之 LPG 氣體應確實利用接收設備或適當之管路加以回收，避免排放至大氣中，污染空氣及危害附近居民。
  5. 進行維修的同時，應假定管路中之物質為滿載及受壓的情況，小心地拆卸管路，以避免殘餘氣體噴出而使施工人員受傷。
  6. 操作人員必須穿戴適當之個人防護配備如防護衣及手套等才可進行工作。
  7. 施工之管線若為埋在地下時，則應加強通風。
  8. 欲維修之 LPG 管線若為金屬管線時，為防止靜電引起火災爆炸，應有接地設備以防止危害發生。
  9. 安全上鎖及掛籤，應緊密配合使用，並依照上鎖許可辦法簽發。
  10. 維修作業時應確定管路之破損段，並將該段更換或予以修補。

#### 相關法令、標準及解釋令

##### 勞工安全衛生法：

- 第五條 雇主對下列事項應有符合標準之必要安全衛生設備：
- 二、防止爆炸性、發火性物質引起之危害。
  - 六、防止高壓氣體引起之危害。
  - 七、防止原料、材料、氣體、蒸氣、粉塵、溶劑、化學物品、含毒性物質、缺氧空氣、生物病原體等引起之危害。
  - 十、防止廢氣、廢液、殘渣等廢棄物引起之危害。
- 第二十三條 雇主對勞工應施以從事工作及預防災變所必要之安全衛生教育訓練。
- 前項必要之教育及訓練事項，由中央主管機關定之。
- 第三十四條 有下列情形之一者，處新台幣三萬元以上六萬元以下罰鍰：
- 一、違反第五條第二項、第七條第一項、第十二條第一項

、第二項、第十四條第一項、第二項、第二十三條第一項、第二十五條、第一項或第二十九條之規定，經通知限期改善而不如期改善。

第三十七條 依本法所處之罰鍰，經通知而逾期不繳納者，移送法院強制執行。

#### 勞工安全衛生法施行細則

第十八條 有立即發生危險之虞者，係指：

一、自設備洩漏大量危險物等，有因該等物質引起爆炸、火災等致生災害之緊急危險時。

#### 勞工安全衛生設施規則

第一六八條 雇主對於工作場所消防設備之設置，應依消防法規有關規定辦理。

第一七一條 雇主對於易引起火災及爆炸危險之場所，應依下列規定：  
一、不得設置有火花、電弧或用高溫成爲發火源之虞之機械、器具或設備等。  
二、標示嚴禁煙火及禁止無關人員進入，並規定勞工不得使用明火。

第一七三條 雇主對於有危險物或有油類、可燃性粉塵等其它危險物存在之虞之配管、儲槽、油桶等容器，從事熔接熔斷或使用明火之作業或有發生火花之虞之作業，應事先清除該等物質，並確認無危險之虞。

第一七四條 雇主對於從事熔接、熔斷、金屬之加熱及其它須使用明火之作業或有發生火花之虞之作業時，不得以氧氣供爲通風或換氣之用。

第一七五條 雇主對有因靜電引起爆炸或火災之虞者，應採取接地、使用除電劑、加濕、使用不致成爲發火源之虞之除電裝置或其它去除靜電之裝置。

第一七七條 雇主對於作業場所有引火性液體之蒸氣或可燃性氣體滯留，而有爆炸、火災之虞者，應依下列規定：  
一、指定專人對於前述蒸氣、氣體濃度，於作業前測試之。  
二、蒸氣或氣體之濃度達爆炸下限值之百分之三十時，應即刻使勞工退避至安全場所，並停止煙火及其它爲點火源之虞之機具，並應加強通風。

- 第一八四條 雇主對於危險物製造、處置之工作場所，為防止爆炸、火災，應依下列規定辦理：
- 一、爆炸性物質，應遠離煙火、或有發火源之虞之物，並不得加熱、摩擦、衝擊。
  - 二、著火性物質，應遠離煙火、或有發火源之虞之物，並不得加熱、磨擦或衝擊或使其接觸促進氧化之物質或水。
  - 三、氧化性物質，不得使其接觸促進其分解之物質，並不得予以加熱、摩擦或撞擊。
  - 四、引火性液體，應遠離煙火或有發火源之虞之物，未經許可不得灌注、蒸發或加熱。
- 第一八九條 雇主對於通風或換氣不充分之工作場所，使用可燃性氣體及氧氣從事熔接、熔斷或金屬之加熱作業時，為防止該等氣體之洩漏或排出引起爆炸、火災，應依下列規定辦理：
- 一、氣體軟管或吹管，應使用不因其損傷、摩擦導致漏氣者。
  - 二、氣體軟管或吹管相互連接處，應以軟管帶、軟管套及其它適當設備等固定確實套牢、連接。
  - 三、擬供氣於氣體軟管時，應事先確定在該軟管裝置之吹管在關閉狀態或將軟管確實止栓後，始得作業。
  - 四、氣體等之軟管供氣口之閥或旋塞，於使用時應設置標示使用者之名牌，以防止操作錯誤引起危害。
  - 五、從事熔斷作業時，為防止自吹管放出過剩氧氣引起火災，應有充份通風換氣之設施。
  - 六、作業中斷或完工離開作業場所時，氣體供氣口之閥或旋塞應予關閉後，將氣體軟管自氣體供氣口拆下，或將氣體軟管移放於自然通風、換氣良好之場所。
- 第一九四條 雇主對於建築物內設有化學設備，如反應器、蒸餾塔、吸收塔、析出器、混合器、沈澱分離器、熱交換器、計量槽、儲槽等容器本體及其閥、旋塞、配管等附屬設備時，該建築物之牆壁、柱、樓板、樑、樓梯等接近於化學設備周圍部份，為防止因危險物及輻射熱產生火災之虞，應使用不燃性材料構築。

- 第一九五條 雇主對於化學設備或其配管存有腐蝕性之危險物或閃火點在攝氏六十五度以上之化學物質之部份，為防止爆炸、火災、腐蝕及洩漏之危險，該部份應依危險物、化學物質之種類、溫度、濃度、壓力等，使用不易腐蝕之材料製造或裝設內襯等。
- 第一九六條 雇主對於化學設備或其配管，為防止危險物洩漏或操作錯誤而引起爆炸、火災之危險，應依下列辦理：
- 一、化學設備或其配管之蓋板、凸緣、閥、旋塞等接合部分，應使用墊圈等使接合部密接。
  - 二、操作化學設備或其配管之閥、旋塞、控制開關、按鈕等，應保持良好性能，標示其開關方向，必要時並以顏色形狀等標明其使用狀態。
  - 三、為防止供料錯誤，造成危險，應於勞工易見之位置標示其原料、材料種類、供料對象及其它必要事項。
- 第一九七條 雇主對於化學設備及其附屬設備，為防止因爆炸、火災、洩漏等造成勞工之危害，應採取下列措施：
- 一、確定為輸送原料材料於化學設備或自該等設備取出產品之有關閥、旋塞等之正常操作。
  - 二、確定冷卻、加熱、攪拌及壓縮等裝置之正常操作。
  - 三、保持溫度計、壓力計或其它計測裝置於正常操作功能。
  - 四、保持安全閥、緊急遮斷裝置、自動警報裝置或其它安全裝置於異常狀態時之有效運轉。
- 第一九八條 雇主對於化學設備及其附屬設備之改善、修理、清掃、拆卸等作業，應指定專人，依左列規定辦理：
- 一、決定作業方法及順序，並事先告知有關作業勞工。
  - 二、為防止危險物、有害物、高溫水蒸汽及其它化學物質洩漏致危害作業勞工，應將閥或旋塞雙重關閉或設置盲板。
  - 三、應將前款之閥、旋塞等加鎖、鉛封或將把手拆離，使其無法擅動；並應設有不准開啓之標示或設置監視人員監視。
  - 四、拆除第二款之盲板有導致危險物等或高溫水蒸汽逸出之虞時，應先確認盲板與其最接近之閥或旋塞間有無

- 第二款物質殘留，並採取必要措施。
- 第二一八條 雇主對於使用氣體集合熔接裝置從事金屬之熔接、熔斷或加熱作業時，應選任專人辦理下列事項：
- 一、決定作業方法及指揮作業。
  - 二、清除氣體容器閥、接頭、調整器及配管口之油漬、塵埃等。
  - 三、更換容器時，應將該容器之口及配管口部分之氣體與空氣之混合氣體排除。
  - 四、使用肥皂水等安全方法測試是否漏氣。
  - 五、注意輕緩開閉旋塞或閥。
  - 六、會同作業人員更換氣體容器。
  - 七、作業開始之時，應確認瓶閥、壓力調整器、軟管、吹管、軟管套夾等器具，無損傷、磨耗致漏洩氣體或氧氣。
  - 八、查看安全器，並確保勞工安全使用狀態。
  - 九、監督從事作業勞工佩戴防護眼鏡、防護手套。
- 第二八二條 雇主對於從事地面下或隧道工程等作業，有物體飛落、有害物質中毒、或缺氧危害之虞者；應使勞工確實使用安全帽，必要時應置備空氣呼吸器、防毒面具、防塵面具等防護器材。
- 第二八三條 雇主對於勞工以電焊、氧焊從事熔接熔斷等作業時，應置備安全面罩防護眼鏡及防護手套等，並使勞工確實戴用。雇主對於前項電焊熔接、熔斷作業產生電弧，而有散發強烈非游離輻射線至危害勞工之虞之場所，應予適當隔離。但工作場所採隔離措施顯有困難者，不在此限。

## 災害案例

事件：鎮興橋液化石油氣管線拆遷工程爆炸案

時間：民國八十六年九月十三日上午十點十五分

地點：高雄市前鎮區鎮東一街

事由：某公司進行液化石油氣管線切換工程，在頂水完工後進行鑽孔測試時，因管線內殘存大量瓦斯外洩，引發嚴重氣爆。



圖 1 鎮興橋液化石油氣管線拆遷工程爆炸及大火現況

1. 災情：
  - (1) 人員傷亡：造成工作人員、附近居民、路人、消防隊員十四人死亡，十一人受傷。
  - (2) 財物損失：房屋全毀五戶、半毀十八戶；汽車十四輛、小貨車二輛、消防車三輛、鏟土車三輛及挖土機一輛燒毀；機車全毀六十四部，半毀十部。
2. 賠償：死亡者家屬每人發放慰助金新台幣一千零二十一萬元、死亡者家屬發放慰問金約四十萬元，至於傷者部份，現已積極展開賠償談判事宜。根據達成之賠償協議，預計房屋全毀者，每戶發放住戶安置費約五十萬元、房屋補助金約二十三萬元。汽機車賠償金預計發放約一千一百三十七萬元。另經評定為受災戶者，每戶發放災戶慰問金約十萬元，其他尚有不動產部分之賠償金。
3. 事故原因：

- (1) 頂水作業之不完善：由於頂水的管線長約二十七公里，且高低位差無法確保完全清除管內殘氣，導致部份液化石油氣積存管內死角。
- (2) 未確實做好可燃性氣體測定工作。
- (3) 未遵守標準作業程序。
- (4) 未確實做好鑽孔檢測工作。
- (5) 當油氣外洩時，未做好人員疏散工作及煙火管制工作。

#### 4. 事故探討：

- (1) 頂水的方式是否恰當，是否使用氮氣或水中加化學藥劑來清除，會比頂水來的有效，且較不易殘存於氣。
- (2) 動火許可單並未完整簽發，便進行鑽孔作業。
- (3) 負責做鑽孔檢測的人員專業知識不足，無法適時發現管內含有大量石油氣。
- (4) 當發現瓦斯外洩時，緊急應變能力不足，此可以看出事前並未建立緊急應變計畫及演練。
- (5) 當瓦斯外洩時，未做好煙火管制工作，導致氣爆的發生。
- (6) 在長達二十七公里的的管線，竟然沒有閥門設置，導致事故發生後無法緊急斷絕石油氣，使火勢延燒近十三小時才撲滅。
- (7) 應找有此項工程經驗之合格廠商施工，並建立優良廠商資料以供選擇。

#### 5. 違反法規

- (1) 勞工安全衛生法第三十一條規定：因相關違規行為而造成職業災害者，將處雇主三年以下有期徒刑、拘役或科或併科新台幣十五萬元以下罰金。
- (2) 勞工安全衛生設施規則第一百七十三條規定：雇主對於有危險物或油類、可燃性粉塵等其他危險物存在之配管、儲槽、油桶等容器，從事熔接、熔斷或使用明火之作業或有發生火花之虞的作業，應事先清除該等物質，並確定無危險之虞。
- (3) 勞工安全衛生設施規則第一百七十七條規定：對於作業場所有引火性液體的蒸氣或可燃性氣體滯留，而有爆炸、火災之虞者，雇主應指定專人做好作業前測定工作；蒸氣或氣體的濃度達爆炸下限值的 30% 以上時，應即刻要求勞工退避至安全場所，停止使用煙火及其他為點火源之虞的機具，並加強通風。

## 主要參考資料

1. Theodore C. Lemoff, P.E., 1995;"Liquefied Petroleum Gases Handbook", 4th Edition, ISBN 0-87765-403-4, National Fire Protection Association,
2. F. P. Lees,1996; "Loss Prevention in the Process Industries", 2nd Edition, ISBN 0-7506-1547-8, Butterworth-Heinemann, Oxford, UK, Vol. 1 : 3/12-16 .
3. American Society for Testing and Materials, 1983;"A Guide to the Safe Handling of Hazardous Materials Accidents", USA.
4. W.O.E. Korver, 1995;"Classifying Explosion-Prone Areas for the Petroleum, Chemical and Related Industries", ISBN 0-8155-1366-6, Noyes Publications, NJ, USA.
5. 中華民國工業安全衛生協會，1995;"液化石油氣安全輔導技術手冊"，經濟部工業局。
6. 高雄煉油總廠，1993; "安全衛生工作守則"。