

# 疏於維護與 草率行事的 沉重代價

「設備維護不當與草率操作  
可能導致嚴重事故。」

## 前言

我們幾乎每天在各種經濟活動領域中都會遇到這個亙古不變的真理。最近一宗 2025 年 4 月 1 日在馬來西亞發生的天然氣管線爆炸事故(圖 1)便是一個警示。天然氣管線洩漏引發的火勢蔓延至鄰近村莊。

相較之下,鳥兒在滲漏的水管上拍動翅膀的畫面(圖 2)更讓人感覺愜意,但遺憾的是,情感在此毫無作用。這兩起事件的共同原因都是管線滲漏:第一起是天然氣管線,第二起是水管。

在天然氣或液體管線維護不良造成事故後才去追查後果已無意義,重要的是分析原因並採取必要措施。指出可能的原因並提出相應對策,這正是本文的任務。



圖1. 燃氣爆炸 (取自維基百科)



圖2. 鳥兒停留在滲漏的水管上

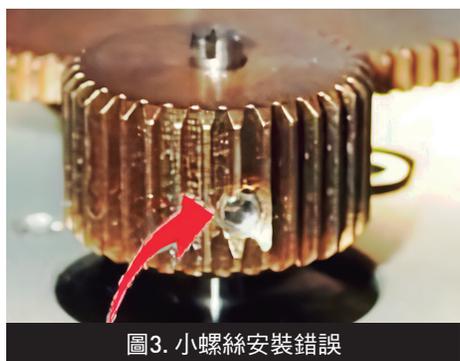


圖3. 小螺絲安裝錯誤

## 可能的原因

### 1. 螺絲安裝不當

2020年7月,長736英尺的散裝貨輪「海倫大西洋號」失去推進控制。船想要減速卻反而加速,最終撞上碼頭,造成嚴重損害。原因是螺旋槳機械中一顆控制葉片角度的小螺絲安裝錯誤(圖 3)。

### 2. 材料選用不當且應力過多

汽車輪圈螺栓選材錯誤及過度受力(圖 4 至 6)導致嚴重交通事故。

### 3. 管線洩漏

其中一個特定問題是管線洩漏,其發生主要有三種形式:

- 腐蝕(圖 7 至 9)
- 螺栓接合處鬆動
- 法蘭密封損壞

管線腐蝕是一個特殊問題,與普通螺栓接頭的腐蝕不同,它包含外部/大氣腐蝕與因運輸介質中的腐蝕性成分引



圖4.



圖5.



圖6.





圖7. 生鏽的法蘭

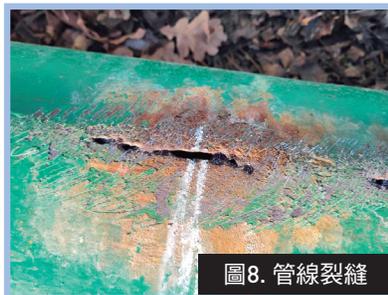


圖8. 管線裂縫



圖9. 鋼板焊接



圖10. 高空焊接作業

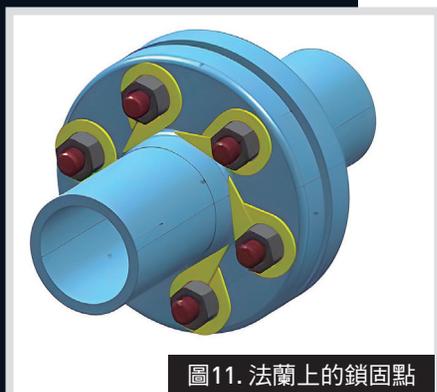


圖11. 法蘭上的鎖固點

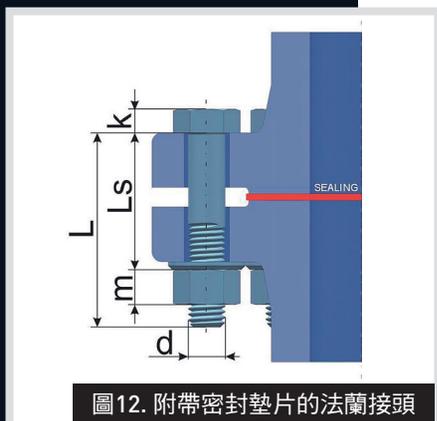


圖12. 附帶密封墊片的法蘭接頭

起的內部腐蝕，且常常兩者同時發生。鋼板焊接（圖 9）只能暫時修復，如果焊接區域未經妥善處理，腐蝕速度極快。

另外要注意的是，管線修復往往在難以觸及的位置進行（圖 10），有時這不僅難度高且費用昂貴。高空修復的成本至少是地面兩倍，難度也比在地面修復來得高，在難以觸及的位置進行螺栓接頭的例行檢查也是如此。

螺栓接頭的作用不僅是連接元件，更是防止已連接部件鬆散，以免發生上述事故。法蘭接頭中的預緊力鬆弛會導致密封失效與介質滲漏至周遭，必須採取預防措施，並視之為正當投資而非支出。

其中一項措施是安裝「鎖固點」（圖 11），這是一種簡單、低價且有效的螺栓鎖緊方式，但必須先正確擰緊螺絲。

成功確保接頭密封性的因素之一，是螺栓的擰緊順序，以維持整個接頭有均勻張力（表 1）。

表1												
螺栓數量	螺栓的擰緊順序											
4	1	3	2	4								
8	1	5	3	7	2	6	4	8				
12	1	7	4	10	2	8	5	11	3	9	6	12

然而，密封性的遺失也可能是因墊片劣化（圖 12）所致，因此選擇合適材質相當重要。

經驗法則顯示，設計者必須知道將要設計的接合點可能會處於什麼樣的環境與運作條件，這一點應由客戶在合約中明確規定，至關重要。

## 結論

俗話說小錯釀成大禍，這句話是有其道理的，在結合技術上同樣適用。本文舉出了幾個實例證明這點。

最後附上幾點實用建議：

1. 重要的螺栓接頭應顯眼且易於檢修更換。
2. 螺栓接合處絕不可成為結構中的弱點。
3. 定期檢查與維護非常重要。
4. 車輪手動更換後，應盡速到授權服務中心做檢查。
5. 擰緊螺栓要精確。
6. 安裝車輪時，需考慮摩擦係數，鋁輪與鋼輪的擰緊方式不同。■

著作權所有：惠達雜誌 / 撰文：Jozef Dominik

