

# 製程安全聚焦

## 泵洩漏原因及預防

期號：2018-06

總第077期

發佈時間：2018年06月

英商勞氏檢驗股份有限公司台灣分公司

台北市中山北路2段96號10樓1008室(嘉新大樓前棟)

郵遞區號：10449

電話：02-27152033

傳真：02-25630018

營運經理：

王嘉輝

Email：

eric.wang@lr.org

連絡電話：

0966-510078

作者：

石一丁

Email：

Yiding.shi@lr.org

連絡電話：

010-58256801

製程安全聚焦LINE群組



製程安全聚焦微信平台



### 事故案例

2015年4月10日，大連西太平洋石油化工有限公司加氫裂化裝置汽提塔塔底泵洩漏著火。通過泵解體檢查確認事故原因：機泵在高速運轉過程中，由於軸承嚴重損壞，設備產生劇烈震動，導致機械雙密封快速同時失效，介質洩漏，過軸承摩擦產生的高溫，引發著火。而軸承損壞的原因一是個別軸承存在品質上的缺陷，在運行中出現損壞；二是軸承在檢維修安裝方面可能存在缺陷，造成運行過程中出現故障。

該事故案例表明，密封洩漏只是泵軸承損壞的最終後果。該事故還暴露了另外兩個問題值得關注：一是該泵進出口閥門設計無遠端關閉功能，不能及時切斷物料，導致火災持續時間延長；二是機泵附近未設置火氣探測報警設備，中控通過CCTV發現著火。

### 泵洩漏統計

泵是石油化工領域使用最廣泛的通用設備之一，其品種、規格繁多。在裝置運行過程中，絕大多數類型的泵都存在洩漏的問題。

英國HSE烴類物質洩漏資料庫(HCRD)是全球公認的高品質的洩漏統計資料庫，其資料的可靠性和詳實性被業界廣泛認可。一方面是其統計的設備數量非常準確，另一方面是對洩漏事件記錄的完整性和詳實性，連可能經常忽略的小型洩漏也包含在了統計之中。該資料庫提供了1992到2006年間泵洩漏事件，見上表。

泵类型	洩漏次数	泵总运行时间
离心泵	126	14564泵年
往复泵	21	2652泵年

經統計計算，各洩漏孔徑範圍所對應的洩漏頻次，參見右表：

這些資料是建立在英國海上裝置的設備及管理水準基礎上的，如果工廠的設備及管理水準低於資料庫統計水準，則洩漏頻次會更高。曾有人對國內某加氫裝置離心泵洩漏進行過統計，該套裝置共有離心泵32台，2010年至2013年，每年發生泵洩漏次數分別為32次、27次、29次和24次，占總設備故障比例的61.5%、56.2%、53.7%和52.2%。經治理後，2014年至2016年，泵洩漏次數分別為6次、5次和5次。統計資料說明該裝置離心泵洩漏頻次較高且占設備故障的比例較高。

洩漏孔徑 (mm)	洩漏頻次 (次/泵年)	
	离心泵	往复泵
1-3	4.7E-03	3.0E-03
3-10	1.6E-03	1.8E-03
10-50	5.3E-04	1.2E-03
50-150	8.9E-05	4.2E-04
>150	4.8E-05	6.1E-04
总计	7.0E-03	7.0E-03

### 泵洩漏原因

泵洩漏主要發生位置為機械密封和靜密封。靜密封相對容易解決，而機械密封洩漏較為普遍和常見，是目前比較關注的問題。機械密封洩漏的原因較多，不同類型的機械密封洩漏原因有所不同。機械密封洩漏的直接原因包括密封件結構失效(如波紋管開裂)、密封端面失效、補償元件故障和其他部位密封失效。導致各直接原因發生的因素較多，具體如下：

## 泵洩漏原因及預防

### 泵洩漏原因 (續)

#### 密封件結構失效

- ※ 密封生產品質較差
  - 材料品質較差
  - 加工工藝不合理
  - 設計不合理
  - 品質管控較差等
- ※ 選材不當
  - 導致腐蝕
  - 不適用操作溫度而導致材料失效 (高溫、低溫)
  - 各零件的熱膨脹係數不同導致局部應力集中或鬆動
  - 磨損較大
- ※ 泵抽空引發的撞擊及強振動
- ※ 安裝缺陷

#### 密封端面失效

- ※ 密封選型及設計不合理導致端面壓力過小或過大
- ※ 選材不當導致端面腐蝕
- ※ 雜質進入端面導致磨損
- ※ 端面溫度過高導致密封介質碳化，逐漸累積導致洩漏失效
- ※ 密封沖洗液不合理，泵運行條件下易氣化和結晶，導致端面乾磨或磨蝕
- ※ 泵入口壓力低導致密封介質氣化，使端面乾磨
- ※ 輔助冷卻系統能力不足導致密封介質氣化
- ※ 泵結構不合理導致端面錯位變形
- ※ 聯軸器安裝偏心、泵軸彎曲、軸系不平衡、軸承損壞等問題導致端面失效
- ※ 其他原因導致的泵振動，如壓力波動

#### 補償元件故障

- ※ 補償元件材料品質較差
- ※ 加工工藝不合理
- ※ 設計不合理
- ※ 雜質進入補償元件導致失彈
- ※ 冷卻水結垢導致補償元件無法回彈
- ※ 運行溫度太高，超過補償元件正常使用溫度，導致材料失彈

#### 其他部位密封失效

- ※ 墊片損壞或腐蝕
- ※ 壓蓋墊洩漏
- ※ 安裝不正或沒有上緊壓蓋螺母
- ※ 密封圈 (墊) 有缺陷或沒上緊導致洩漏

通過原因列舉可以發現，有些是密封本身的原因，而有些泵本身的故障或製程流程設計的不合理也最終以密封洩漏的形式表現出來，如事故案例的泵洩漏事件便是如此。

參考文獻：

OGP. Process release frequencies [R]. Report No. 434-1. March 2010 ; 謝建生, 白文駿, 袁小平. 低壓離心泵洩漏原因及對策[J]. 設備管理與維修, 2018,(1): 110-111.

### 泵洩漏預防及洩漏後果消滅措施

#### 洩漏預防措施

- ※ 充分考慮泵的工作環境及輸送介質的性質特點和操作條件，選擇合適的泵體結構、機械密封類型和密封介質
- ※ 根據工作條件為機械密封各配件選擇合適的材料，考慮如材料適用溫度、耐腐蝕性、耐磨性、熱膨脹係數等
- ※ 設計合理的輔助系統 (如冷卻系統)、保證密封輔助系統的工作良好
- ※ 保證操作製程的穩定性
- ※ 增加泵的自動報警設備及聯鎖控制，即時監測如壓力、溫度、流量等參數，必要時採用聯鎖控制
- ※ 確保泵的品質及安裝正確
- ※ 嚴格按照要求安裝機械密封
- ※ 消除泵的振動源
- ※ 對泵的操作必須嚴格按照操作規範進行，避免因為操作失誤造成的機械事故的發生，同時定期的檢查泵的運行情況
- ※ 選擇合理的沖洗方案和沖洗液
- ※ 對泵及密封進行有效的日常管理維護

#### 洩漏後果消滅措施

- ※ 設置流量、壓力等檢測設備
- ※ 泵周圍設置可燃氣體及火焰探頭，以便及時發現泵洩漏
- ※ 設置泵的遠端控制系統，在發現泵洩漏時能夠及時停泵
- ※ 泵上下游設置截斷閥，以便在泵發生洩漏時能夠及時截斷與上下游大容量容器之間的連接，減少洩漏量
- ※ 控制泵周圍的點火源，可根據洩漏及氣體擴散後果計算分析可燃物料可能到達的區域範圍
- ※ 現場合理設置消防設施
- ※ 通過火災爆炸等風險分析優化平面佈置，降低泵洩漏後果對周圍的影響
- ※ 制定合理的緊急應變，緩解事故後果

最後，如何確保在實際工作中考慮以上防護措施並保持措施的有效？可以借助一些結構化的安全分析技術，如HAZID、HAZOP、火災爆炸分析、領結圖分析等，幫助識別導致泵洩漏的原因及可能的後果，並針對各原因及後果提出合理的預防保護和消滅措施，並建立全生命週期的安全管理理念，確保在設計、施工和運行過程中，這些保護措施均能得到有效地落實。

