



# 真空泵浦與真空系統

安全手冊

# 版權公告

©Edwards Limited 2019. 版權所有。

# 目錄

<b>1. 簡介.....</b>	<b>5</b>
1.1 本出版物範圍.....	5
1.2 爆炸危險.....	5
<b>2. 發生危害時.....</b>	<b>6</b>
2.1 設計.....	6
2.2 施工.....	6
2.3 操作 / 試運轉.....	6
2.4 維護 / 除役.....	6
<b>3. 化學危害源.....</b>	<b>7</b>
3.1 化學反應與爆炸.....	7
3.1.1 均質反應.....	7
3.1.2 非均質反應.....	7
3.2 異常反應問題.....	7
3.3 爆炸風險.....	7
3.3.1 氧化劑.....	8
3.3.2 可燃 / 爆炸性物質.....	8
3.3.3 易燃材料.....	9
3.3.4 疊氮化鈉.....	9
3.4 毒性或腐蝕性物質.....	9
3.4.1 毒性物質.....	9
3.4.2 腐蝕性物質.....	10
3.5 摘要－化學危害源.....	10
<b>4. 物理危害源.....</b>	<b>12</b>
4.1 過壓危害的類型.....	12
4.2 泵浦排氣過壓.....	12
4.3 排氣過壓防護.....	12
4.4 進氣過壓.....	13
4.4.1 壓縮氣體供應與背壓.....	13
4.4.2 錯誤的泵浦作業方式.....	13
4.5 摘要－物理危害源.....	13
<b>5. 危害分析.....</b>	<b>14</b>
<b>6. 系統設計.....</b>	<b>15</b>
6.1 系統中的額定壓力.....	15
6.2 消除停滯空間.....	15
6.3 排氣吸氣系統.....	15
6.4 潛在爆炸性氣體或蒸汽混合物的來源.....	15

6.5 避免可燃區.....	16
6.6 系統完整度.....	18
6.7 使用隔焰屏防護系統.....	18
6.8 引火源.....	19
6.9 摘要－系統設計.....	20
<b>7. 選擇正確的設備.....</b>	<b>21</b>
7.1 油封旋轉葉輪及活塞泵.....	21
7.2 Edwards 乾式泵浦.....	22
7.3 管線設計.....	22
7.3.1 伸縮管.....	22
7.3.2 軟管.....	22
7.3.3 固定點.....	22
7.3.4 密封.....	22
7.4 物理過壓保護.....	22
7.4.1 釋壓.....	23
7.4.2 過壓警報／跳脫.....	23
7.4.3 壓力調節器.....	23
7.4.4 隔焰屏.....	23
7.5 清掃系統.....	23
7.6 摘要－選擇正確的設備.....	24
<b>8. 操作程序與訓練.....</b>	<b>25</b>
<b>9. 摘要.....</b>	<b>26</b>

Edwards Ltd 對於本文描述之資訊或程序 (或其應用) 的準確度、實務做法、安全性與結果概不負責, 亦不作出任何擔保。若因仰賴本簡報所含之資訊或因提供之資訊不正確或不完整而產生任何損失或損害, Edwards Ltd 概不負責。請注意, 本文所含資訊僅供參考, 且 Edwards 雖可提供危險物質潛在使用危害之相關指引, 但終端使用者需負責進行其作業與環境的風險評估/危害分析以及遵守政府規範。

# 1. 簡介

## 1.1 本出版物範圍

本文件包含真空泵浦及真空系統規範、設計、作業及維護等相關安全資訊。

本文件除了將指出可能發生的潛在危險外，亦將提供指南，協助您將發生安全危害的機率降至最低，並確保在發生危害時能進行適當的處理。

本文件可供真空泵浦及真空系統的規範編製人員、設計人員、安裝人員、操作員，或維修人員閱讀，我們建議在閱讀時一併參考以下文件：

- 隨設備提供的說明手冊
- 製程氣體及化學品供應商提供的資訊
- 貴公司安全部門提供的資訊。



### 警告

若未遵循本手冊與相關泵浦說明手冊中所提供的安全說明，可能會造成重傷或死亡。

若需要與 Edwards 產品在製程中之適合性，或真空泵浦或真空系統安全性有關的詳細資訊，請聯絡 Edwards 供應商。

## 1.2 爆炸危險

### 注意：

*Edwards 泵浦符合有關潛在爆炸性環境所用設備的歐洲 ATEX 指令。*

若實際做法偏離安全準則，必將發生爆炸。但是，有些爆炸事件非常猛烈，甚至造成重傷或死亡。

真空系統組件發生劇烈爆炸通常是因為可燃性材料著火或泵浦排氣管堵塞或受到阻礙，為了避免發生危害，請仔細閱讀以下安全操作真空泵浦及真空系統的注意事項。

- 除非您的系統能泵送濃度高到可能在真空泵浦中引燃的材質，否則您必須確保可燃物質與氧化劑的混合物持續處於可燃範圍之外。使用惰性吹淨氣體是其中一種方式。請參閱避開可燃區避免可燃區 [避免可燃區](#) 第頁之 16。
- 確保在作業期間不會因為機械組件（如閥件或盲板）、製程材料，或沈澱在管內的副產品、濾材及其他排氣組件而發生排氣阻塞（除非您的系統已設計能處理該情況）。
- 僅可使用 PFPE（全氟聚醚）油，潤滑暴露於高濃度氧氣或其他氧化劑中的泵浦機構部分，其他標示為「不可燃」的市售潤滑油，只適合用於濃度不超過 30 % v/v 的氧化劑。
- 確保原本即已關閉且隔離的真空系統，不會因為壓力調節器或沖洗控制系統失效，而意外發生壓力過高的情形。
- 若抽吸的產品會和水產生劇烈反應，建議在冷卻回路中使用水以外的冷卻物質（例如，熱傳遞液）。請洽 Edwards 尋求相關建議。

## 2. 發生危害時

危害會發生在系統生命週期的所有階段，這些階段包括：

- 設計
- 施工
- 操作 / 試運轉
- 維護 / 除役。

以下將概略說明發生於各階段的問題類型。您必須瞭解的是，不論在哪一個階段，只有通盤瞭解設備與系統中的流程 / 應用，才能將系統危害降至最低。若有任何疑問，務必洽詢供應商，要求提供更多資訊或建議。

### 2.1 設計

設計系統時，必須選擇適合製程應用的設備類型。您必須考量：

- 設備的技術規格
- 設備構材
- 設備耗材（如潤滑油及其他操作液體）
- 製程條件及材料。

您必須通盤考量設備在應用中的適合性，並確保會在規定的操作條件下使用設備。

您必須製定設計程序書，以確保將設計上的錯誤減至最少。程序書內容應包括獨立檢查設計計算書，以及諮商設計參數。

危害分析必須是屬於設計審查的一部分。若能審慎考量設備對系統的適合性，將能免除許多潛在危害。

### 2.2 施工

利用技術人員與合格人員以及品保程序，降低施工期間發生危害的機率。技術人員除了能辨識裝配所需的正確組件外，還能辨識故障或製造不良的組件及設備。而品保程序則有助於辨別和矯正不良製品，以確保能嚴格遵守設計規範。

安裝人員將新設備安裝至會抽吸、產生，或目前仍殘留毒性物質或腐蝕、可燃、窒息性、自燃或其他有害物質的系統時，必須特別注意並遵守所有的安全注意事項。

技術 / 合格人員必須依地方及國家的所有相關電氣法規，安裝電氣設備。

### 2.3 操作 / 試運轉

設備及組件可能會因為老化、不當使用或疏於維護，而在作業期間故障，進而引起危害。請透過設備的適當使用（及維護）訓練，降低發生此類危害的機率。請在必要時，參照 Edwards 及其他供應商透過說明手冊、訓練及售後服務提供的資訊。

### 2.4 維護 / 除役

在維護曾經抽吸或產生毒性、腐蝕、可燃、自燃、窒息性或任何其他危險物質的系統時，必須特別小心並遵守所有的安全注意事項，以避免人員接觸到危險物質。

應遵守即定的維護計畫，並應妥善安全處理可能受到危險物質污染之組件。您必須遵守所有設備之說明手冊所提供的維護建議，以確保運作安全可靠。ATEX 系統通常具有其他額外的要求。

## 3. 化學危害源

### 3.1 化學反應與爆炸

務必審慎考量在正常使用、誤用及失效條件下，真空系統的任何部位可能發生的所有化學反應。必須特別注意可能導致爆炸之氣體和蒸汽的反應。根據經驗顯示，爆炸可能與系統設計者原先未想到的材料，或未考慮到的設備失效模式有關。

#### 3.1.1 均質反應

均質反應會發生在氣相狀態下的兩種或多種氣體分子之間，氣體通常是以此形式產生燃燒反應。例如，我們所知的矽烷 ( $\text{SiH}_4$ ) 與氧氣 ( $\text{O}_2$ ) 間的反應，皆為均質反應。因此，若在製程中發生這類反應，必須謹慎地控制製程壓力和反應物的濃度，以避免發生反應速率過高的情形。

#### 3.1.2 非均質反應

非均質反應必須在固體表面上進行，即有些氣體分子只有在吸附於表面時才會產生反應，在低壓氣相狀態下不會產生反應。對某些製程而言，這是一種理想的反應，原因是它會將製程室內部反應的影響降至最低、減少微粒物質的數量，以及降低污染機率。

大多數非均質反應都會在較高的壓力（通常遠低於大氣壓力）下，轉化成均質反應，這表示氣體在製程室內的反應方式，不一定與氣體在真空泵浦壓縮下的反應方式有關聯。

### 3.2 異常反應問題

化學品接觸系統設計者事先未想到的氣體或材料時，可能會發生異常的反應，例如，因為出現漏洞導致大氣中的氣體滲入系統，或毒性、可燃、爆炸性或其他有害氣體滲入大氣而發生異常反應。

為避免發生異常反應，應使系統維持於  $1 \times 10^{-3} \text{ mbar l s}^{-1}$  ( $1 \times 10^{-1} \text{ Pa l s}^{-1}$ ) 或更低的防漏密封度，而高真空應用通常維持於  $1 \times 10^{-5} \text{ mbar l s}^{-1}$  ( $1 \times 10^{-3} \text{ Pa l s}^{-1}$ )，或以下的防漏密封度。此外，亦必須確保系統內的所有閥件在閥座內皆具有防漏功能。

在製程循環中通常不會彼此接觸的氣體，可能會在泵浦系統及排氣管內混合。

完成例行維護程序後，製程室內可能會殘留水蒸汽或清潔液。在清洗與清潔製程室後，可能會發生上述情形，水蒸氣也可能會經由排氣管及廢氣洗滌塔進入系統。

使用溶劑沖洗真空系統的製程沈澱物時，應確保所選擇的溶劑能與真空系統內的所有製程材料相容。

### 3.3 爆炸風險

爆炸來源通常包括以下幾項：

- 氧化劑
- 可燃 / 爆炸性物質
- 易燃材料
- 疊氮化鈉。

請注意，歐盟（以及某些其他）國家/地區的製程材料供應商，依法必須出版與其銷售之材料有關的物理及化學資料（通常以物質安全資料表的形式發行）。若可行，物質資



料表應包含爆炸上限及下限、物質的物理及熱力學屬性，以及物質的使用與健康危害等資訊。請參照此資訊並以此作為指導。

### 3.3.1 氧化劑

真空系統經常需泵送氧氣 (O<sub>2</sub>)、臭氧 (O<sub>3</sub>)、氟 (F<sub>2</sub>)、三氟化氮 (NF<sub>3</sub>) 及六氟化鎢 (WF<sub>6</sub>) 等氧化劑。氧化劑很容易與大多數物質和材料產生反應，這些反應通常會產生熱能並增加氣體含量。結果可能會導致火災及泵浦及／或排氣系統壓力過高。

您必須遵守氣體供應商的安全說明和以下建議，以確保能安全地泵送這些氣體：

- 若需使用泵浦泵送所含氧氣體積濃度超過 25 % 的惰性氣體時，請務必使用 PFPE（全氟聚醚）潤滑劑進行潤滑。
- 若需使用泵浦泵送所含氧氣體積濃度在正常情況下低於 25%，但在故障狀況下可能升高至超過 25 % 的氣體時，請務必使用 PFPE（全氟聚醚）潤滑劑 - 若泵送氧氣以外的氧化劑，請向潤滑劑供應商洽詢建議的氧化劑濃度。
- PFPE（全氟聚醚）是理想的潤滑劑，但是，若可使用適合的惰性氣體清掃，確保潤滑油不會暴露於不安全的氧化劑濃度中時，亦可使用碳氫化合物潤滑劑。

在一般情況下，油封旋轉葉輪或活塞泵之油箱或齒輪箱中的 PFPE（全氟聚醚）潤滑劑不會氧化或分解，故可降低爆炸的機率。

請注意，在空氣及鐵金屬環境下，溫度達到或超過 290 °C 時，PFPE（全氟聚醚）潤滑劑可能會發生熱裂解。但是，在鈦、鎂、鋁或其他合金環境下，熱裂解溫度將降至 260 °C。

如果不想用 PFPE（全氟聚醚）潤滑劑潤滑及油封旋轉葉輪或活塞真空泵浦，亦可使用乾燥氮氣等惰性氣體將氧化劑稀釋至安全濃度。但是這個方法只適用於低流速氧化劑氣體。系統中必須安裝安全裝置，以確保將氧化劑稀釋至安全濃度所需的稀釋氣體，能隨時保持在最低流量，並保證氧化劑的流速不會超過允許的最高流速。您必須透過系統設計確保在不符合這些條件時，氧化劑會立即停止流動。

我們建議使用 Edwards 乾式泵浦泵送氧化劑（請參見 [Edwards 乾式泵浦](#) 第 頁之 22）。乾式泵浦在排氣量中沒有密封液，因此用乾式泵浦泵送氧化劑，會大幅降低發生爆炸的機率。Edwards 建議您在使用碳氫化合物潤滑劑時，使用惰性氣體清洗軸承及齒輪箱內部。

### 3.3.2 可燃 / 爆炸性物質

許多氣體與粉塵在達到一定濃度時，只要遇到引火源便會燃燒及／或爆炸，例如氫氣 (H<sub>2</sub>)、乙炔 (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>)、丙烷 (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) 以及細碎的矽塵，例如，局部熱堆積很容易就會形成引火源。請參閱 [引火源](#) 第 頁之 19 中的詳細討論。

確保可燃區內無任何潛在可燃性混合物，即可避免發生爆炸危害。更多詳情，請參閱 [避免可燃區](#) 第 頁之 16。

去除引火源是另一個也許可以降低爆炸機率的方法，請參閱 [引火源](#) 第 頁之 19 中的詳細說明。

如果無法避開可燃區，則必須確保將設備設計為能避免或遏制任何可能的爆炸，而且不會發生爆裂或使火焰漫延至外部大氣。有關隔焰屏的使用事宜，請參閱 [使用隔焰屏防護系統](#) 第 頁之 18。若真空系統的外部大氣具有危險性，必須確保所有設備在這方面都具有適當的額定值。

在歐盟地區，ATEX 指令清楚指引了應如何設計擬用於潛在爆炸性環境的設備。

如果在各種條件下皆可避免泵送潛在的爆炸性氣體，即可使用各類型的 Edwards 真空泵浦泵送可燃蒸氣或氣體。



### 3.3.3 易燃材料

在大多數情況下，矽烷 (SiH<sub>4</sub>) 及磷化氫 (PH<sub>3</sub>) 等自燃氣體或自燃粉塵會在大氣壓力下與空氣自發反應，因此當這些氣體接觸到空氣或其他氧化劑且壓力高到足以促使燃燒時，便可能起火燃燒。當空氣滲入系統，或系統廢氣接觸到大氣時，便可能發生此情況，氧化劑與自燃氣體反應所產生的熱，可作為爆炸性物質的引燃源。

如果不同製程所排出的廢氣是經由共用抽氣系統排放，可能會引起燃燒及／或爆炸。因此在泵送易燃材料時，建議您使用獨立的吸氣系統。

使用磷的製程會在真空系統或排氣系統中凝結成固態磷。若有空氣存在，磷可能會在些微的機械震動 (如閥門作動或泵浦因壓差而轉動) 下自發地燃燒，並釋放有毒氣體。建議在泵浦運作前先使用惰性氣體進行清洗，並使其達到適當高溫，以將磷的凝結情形降到最低。

PFPE (全氟聚醚) 潤滑劑會吸收製程氣體，若潤滑劑在有易燃材料存在時暴露於空氣中，即可能會導致局部點燃。若在維修期間或在泵送自燃氣體或粉塵後，於系統內泵送氧化劑，即可能會使此危險明顯升高。使用 Edwards 乾式泵浦可減少發生這種危險的機率，因為此泵浦在排氣量中不含潤滑劑。在排放或處理所有自燃物質前，必須先確定其已經過鈍化處理。

### 3.3.4 疊氮化鈉

在製備冷凍乾燥產品時及其他製程中，偶爾會使用疊氮化鈉。這種物質會產生疊氮酸，疊氮酸蒸汽則會與重金屬產生反應，形成不穩定的金屬疊氮化物，而這些疊氮化物會自發性地爆炸。

重金屬包含：

- |                |     |     |
|----------------|-----|-----|
| • 鋇            | • 鎘 | • 銻 |
| • 鈣            | • 銅 | • 鉛 |
| • 鋰            | • 鎂 | • 鉀 |
| • 鈷            | • 銀 | • 鈉 |
| • 鋇            | • 錫 | • 鋅 |
| • 銅/鋅合金 (例如黃銅) |     |     |

黃銅、銅、鎘、錫及鋅普遍運用於真空泵浦中的許多組件、配件及管件中，如果您是利用製程系統使用或生產疊氮化鈉，即必須確保製程系統內的氣體路徑不含任何重金屬。

## 3.4 毒性或腐蝕性物質

許多真空應用都需要處理毒性及腐蝕性物質，並且需要特定的程序。

### 3.4.1 毒性物質

毒性物質本質上會對人體健康造成危害，但是，危害的性質必須視物質及其相對濃度而定，您應遵守物質供應商所提供的正確處理程序以及適用的法規。

您還應考慮以下幾項要點：

- **氣體稀釋**— 在有製程氣體流經真空泵浦進入排氣系統的過程中，應設有稀釋的設施，以藉由稀釋將濃度降至毒性限度以下。我們建議您監控稀釋氣體供應的情形，以在供應失效時獲得警示。請特別針對油封泵參閱泵浦說明手冊，瞭解可使用的必要回油套件。

- **測漏**—Edwards 真空系統的防漏密封設計一般皆達到  $< 1 \times 10^{-3} \text{ mbar l s}^{-1}$  ( $< 1 \times 10^{-1} \text{ Pa l s}^{-1}$ ) 的水準，但無法確保相鄰系統的防漏密封度，必須使用適合的測漏法（例如：氦質譜測漏法）確認真空及排氣系統的完整性。
- **軸封（Edwards 乾式泵浦）**—多款乾式真空泵浦會使用氣體清掃系統，可確保製程氣體不會進入齒輪箱與軸承，並可避免釋入真空系統週遭大氣的可能性。處理毒性物質時，必須確保供應該氣體的完整性。如壓力調節器 壓力調節器 [壓力調節器](#) 第 頁之 23 所述，非排氣型調節器必須與止回閥搭配使用。
- **軸封（Edwards 其他泵浦）**—油浸式軸封設計 (如 EH 機械增壓泵及 EM 迴轉葉片泵浦) 可將製程氣體洩漏 (或自空氣滲入) 的危險降至最低，且會在危險發生前提供視覺警告 (漏油或油位降低)，其他油封設計可能無法提供適當的故障警告。
- **磁力驅動裝置**—若需要全面密封，Edwards EDP 乾式真空泵浦可設計一個配備陶瓷容器的磁力驅動裝置，如此就不再需要於馬達輸入軸上使用軸封。

若需使用釋壓閥或防爆片釋放過多的壓力時，請確保皆會釋入適合的排放系統中，以避免造成毒害。

將受到污染的泵浦送回 Edwards 保養或維護時，必須遵守相關程序 (HS1 表)，並填寫設備隨附說明手冊中的申報單 (HS2 表)。

### 3.4.2 腐蝕性物質

在使用 Edwards 真空泵浦泵送腐蝕性物質時，應注意下列幾點：

- **濕氣滲入** - 必須特別注意避免濕空氣滲入，以免加速腐蝕速度。應將惰性氣體清掃納入關機程序內，以在關機前沖洗系統內的腐蝕性蒸汽。
- **稀釋**—使用適合的惰性稀釋氣體避免腐蝕性蒸汽凝結，降低腐蝕。
- **溫度**—增加泵浦及排氣管路的溫度，以避免水蒸汽凝結，藉此限制腐蝕。在某些情況下，較高的溫度會提高腐蝕速率，請參閱下段說明。
- **安全設備腐蝕**—若隔焰屏、溫度感應器等關鍵安全設備，可能會因製程氣體流內的腐蝕性產品而損壞時，必須慎選其結構材料以避免此危險。
- **相變**—意外相變可能會導致凝結及腐蝕，應考慮改變溫度及壓力以避免此危險。
- **意外反應**—意外化學反應可能會產生腐蝕性生成物。若設備不止供一種用途使用時，應特別注意可能發生的交叉汙染。

某些腐蝕性物質不需要借助任何液體也能腐蝕接觸到的物質，像是氟、氯、其他鹵素或鹵化物，以及臭氧等氧化劑或硫化氫等還原劑。在這些情況下，應使用適合的稀釋氣體，將腐蝕性物質的分壓降到最低。真空系統與泵浦型號的構材應經過慎選，以便和處於期望之濃度下的特定氣體相容。高溫可能會加速腐蝕，因此假如其他製程考量允許的話，應盡量避免高溫。應重新檢視維護作業的間隔週期，考量腐蝕性物質對系統造成的影響。

### 3.5 摘要—化學危害源

- 注意系統內所有可能的化學反應。
- 為異常化學反應（包括可能在故障狀況下發生的反應）預留安全裕度。
- 在評估與製程材料有關的潛在危害時，請參照物質安全資料表。
- 使用稀釋技術將材料與氧化劑和可燃性材料的反應降至最低。
- 在已明確指明可燃區的歐盟地區中，您必須使用適合且經過認證的 ATEX 真空泵浦。對於所有其他的地區，Edwards 建議在可行時使用已經過 ATEX 指令認證的泵浦。
- 用於泵送氧化劑的泵浦，請使用正確的潤滑劑，並考慮使用乾式泵浦進行泵送。

- 若製程需使用或產生疊氮化鈉，請勿在製程系統的氣體路徑上使用重金屬。
- 處理毒性、腐蝕性或不穩定的物質時，請特別小心。

## 4. 物理危害源

### 4.1 過壓危害的類型

造成真空系統組件壓力過高的可能原因如下：

- 高壓氣體導入系統
- 系統進行氣體壓縮
- 系統內部揮發性氣體的溫度突然升高
- 相變導致固體產品沈澱
- 真空系統內發生反應
- 排氣阻塞。

也有可能是其他的原因。

### 4.2 泵浦排氣過壓

排氣系統堵塞或受到阻礙是造成排氣系統過壓的常見原因。這可能導致泵浦或其他系統組件故障。

真空泵浦是專為在高排氣進氣壓縮比下操作而設計的壓縮機。

除了泵浦運作可能會造成壓力過高外，若排氣系統堵塞或受到阻礙，導入壓縮氣體（如作為清掃或稀釋氣體使用）也可能會造成系統過壓。

若泵浦的排氣端安裝了隔焰屏或其他像是過濾器或冷凝器等設備，基本上，排氣背壓不會超過真空系統說明手冊中規定的上限值。應採用適當的維護計畫，確保製程沈澱物不會堵塞排氣系統及隔焰屏，若無法依計畫進行，則應在泵浦及隔焰屏之間安裝壓力感應器以偵測堵塞。對於過濾器及冷凝器等其他排氣設備，也應採取類似的考量。

昇華或相變可能會導致製程管件被固態沉積物堵塞及過壓危險。

請參閱真空泵浦系統隨附的說明手冊，瞭解您所有排氣元件（包括真空泵浦）的連續背壓上限值及建議值。請將排氣系統設計為符合這些限值。

對於連續操作期間的限制，請參閱泵浦說明手冊。

### 4.3 排氣過壓防護

我們通常會建議在廢氣排入自由洩放排氣系統的環境下操作泵浦。但是，您的排氣系統組件可能會造成系統堵塞或排氣不順，若發生此情況時，即必須另外採取適合的過壓保護方法，例如以下方法：

組件	保護方法
排氣管內的閥件	將閥門連鎖，使其在泵浦運作時保持常開。
	安裝釋壓旁路。
廢氣洗滌塔	安裝釋壓旁路。
	安裝壓力監視器並與泵浦連鎖，以確保泵浦會在排氣壓力過高時關閉。
隔焰屏	排氣壓力量測。
	差壓量測。
油霧過濾器	安裝釋壓裝置。

總而言之，如果排氣系統內的壓力接近允許的最高壓力時：

- 利用氣體路徑上與堵塞或妨礙排氣同步運作的裝置降壓。
- 減少壓力源。停止泵浦或關閉所有壓縮氣體供應。

## 4.4 進氣過壓

### 4.4.1 壓縮氣體供應與背壓

由於已確認連接泵浦和真空系統的管線不會暴露在高於大氣力的環境中，因此通常會將該管線的基本額定壓力估算得太低。在實務上，只有在正常設計操作條件下才不會發生此暴露。因此在估算基本額定壓力時，應考量在異常或故障狀況下產生的較高壓力。

在泵浦未運轉時導入壓縮氣體（如吹淨氣體），是造成泵浦入口壓力過高的常見原因。若入口管線的組件無法承受產生的壓力，管線就會爆裂，而導致製程氣體洩入系統，若氣體從系統回流至無法承受壓力的製程室，同樣會引起爆裂及洩漏。

經由提供低壓流的壓力調節器將壓縮氣體接入系統時，請確保壓力處於系統額定值範圍內。

若在無製程氣流通過系統的情況下，操作常用的非排氣型壓力調節器，會使系統內的壓力升高至送氣至調節器的氣體壓力。因此，必須使用以下兩種方法之一避免過壓：

- 降低壓力，讓氣體繞過泵浦流入自由排放的排氣系統
- 監視系統壓力，並使用正壓關閉閥在到達預設的壓力時關閉壓縮氣體的供應。

### 4.4.2 錯誤的泵浦作業方式

必須採取特別措施，直到確定泵浦正確運轉。

若泵浦的旋轉方向不正確，且在入口堵塞或受到阻礙的情況下操作，泵浦的入口管線內將會產生高壓。而可能會導致泵浦、管線及／或內部組件爆裂。

務必使用螺絲將盲板鬆鬆地鎖在泵浦入口，直到確定泵浦的旋轉方向正確為止。

在高轉速下操作可能導致泵浦解體，因此，請勿在轉速超過最大設計轉速的情況下操作泵浦。這在使用變頻器控制轉速時特別重要。

## 4.5 摘要—物理危害源

- 在進行安全計算時，必須考量所有系統組件的安全工作壓力。
- 確定泵浦排氣不會堵塞或受到阻礙。
- 如果壓力可能會超過真空系統任何部分的額定壓力，建議在您的系統內適當安置壓力測量設備。此設備必須連接至您的控制系統，讓系統能在偵測到過壓情形時處於安全的狀態。
- 在評估所需之真空系統與泵浦組件的額定壓力時，應考量異常及故障狀況。
- 確保安裝正確類型的釋壓裝置，且額定值適合您的用途。
- 應正確調節及監視壓縮氣體的供應，以確保泵浦關閉時，供應會隨之關閉。
- 若有可能，應確保送氣至所有調節沖洗器的供應壓力，低於系統允許的最大靜態壓力，或確保在發生組件故障時會進行釋壓。

## 5. 危害分析

危害分析技術可提供一個結構化的方法，辨識及分析正常使用及故障和失效情況下可能會發生的系統危害。這些技術會提供一項危害管理方式；在許多情況下，法律皆規定必須使用這些技術。為確保完全有效，危害分析必須從系統的初始設計階段開始，延續至系統的安裝、作業、維護及除役階段。

本文件將不詳細討論危害分析技術，因為大部分的危害分析技術，在其他文件中皆有完整的說明。化學加工業常用的技術為 HAZOP（危害與可操作性分析）。這是一種與辨別潛在危害和操作問題有關的危害分析程序。

危害分析通常能產生與危害類型、危害嚴重度及危害發生機率有關的資訊。這些資訊能夠用來決定將危害的影響降低至可接受程度的最佳方式。危害可視來源的不同，而設法去除危害、減輕危害的嚴重度及／或降低發生的機率，但是，危害通常很難完全去除。

在決定最好的危害管理方法時，必須考量危害可能造成的所有影響。例如，一小塊高溫表面可能會對操作員造成燙傷的輕度危害。為了降低燙傷的發生機率，系統設計者可提供一個高溫表面的視覺警告功能，或在該表面周圍設置防護罩，但是，系統的危害分析也可能會指出同一塊高溫表面，可能為可燃蒸汽提供一個引火源，而導致爆炸或釋放有毒蒸汽雲。為了降低引火機率，系統設計者必須降低高溫表面的溫度，或確保可燃蒸汽不會接觸到高溫表面。



## 6. 系統設計

### 6.1 系統中的額定壓力

如同 *物理危害源* 第 頁之 12 中的描述，真空系統管線與組件之設計為可在低於大氣壓力的內部壓力下工作，但在實務上，系統通常必須設計成適合在高於大氣壓力的內部壓力下工作，若有必要，亦須安裝釋壓裝置防止過壓。

重要的是，不要假設即使在故障狀況下，入口管線及其他入口組件仍可一直在真空狀態下操作，而導致該區域變成系統中最弱的部分。

排氣系統的設計務必確保在操作期間僅會為泵浦帶來最小的背壓。值得注意的是，在設計排氣系統時應考慮使用足夠的額定壓力；此額定值不但必須能與泵浦（以及將壓縮空氣導入系統時）可能產生的壓力配合，亦應能配合使用的過壓保護措施。

進行危害分析時，應考量以下事項：

- 外部入口，如惰性氣體連接
- 所有危害來源的隔離與限制，特別是在排氣管路內
- 製程氣體間的反應。

應注意的是，若容器中裝盛揮發性液體，且可與系統的其他部位隔離時，使用外部熱源（如火焰）可能會導致內部壓力超過容器的設計壓力。因此必須考慮為此情況安裝適當釋壓裝置的必要性。

### 6.2 消除停滯空間

停滯空間是指真空管或組件內任何沒有氣體流經的空間，例如機械增壓泵浦的齒輪箱或儀器的表頭，而裝有閥門的管件及氮氣入氣口經隔離後，亦會成為停滯空間。

在考慮通常不會同時存在於製程室內之製程氣體的混合與反應時，必須一併考量停滯空間。管線、泵浦和製程室通常是以線性方式，一個接著一個地運送氣體或其混合物，在正常情況下，以這種線性方式運送的氣體不會混合，除非氣體的運送速度因堵塞或受阻礙而變慢。停滯空間若未清掃，且因為系統壓力的升降而充滿製程氣體，於此情況下，在某一製程階段流經系統的氣體可能會留滯，並與後續製程階段的氣體產生反應。在導入前後兩種不相容的氣體之前徹底清空腔室，可避免爆炸危險。

在考量停滯空間的交叉汙染時，以及在氣體具有潛在爆炸性的情況下，務必格外小心。您應特別考量過濾器 and 分離器以及其他組件內蓄積的危害，若適當，應使用高純度、持續流動的惰性吹淨氣體，以降低交叉汙染的機率。

在泵送可燃物質時，停滯空間內可能會充滿無法以一般清掃法清除的潛在爆炸性氣體或蒸汽，若可能有引火源存在，即應考慮使用特殊清掃法清掃停滯空間。

### 6.3 排氣吸氣系統

使用正確類型的製程排氣吸氣系統，是很重要的事。如之前所述，吸氣系統的設計必須能承受工作壓力，且系統的防漏密封性必須足以在產生或處理危害物質時，遏制製程材料及其副產品，以避免對大氣造成危害釋放。

### 6.4 潛在爆炸性氣體或蒸汽混合物的來源

可燃氣體或蒸汽與正確濃度的氧氣或其他適當的氧化劑混合時，會形成潛在爆炸混合物，並會在存有引火源的環境中點燃。



一般而言，雖然泵送物質的潛在爆炸性皆顯而易見，但根據 Edwards 的經驗，有些潛在爆炸性混合物會在設計製程時未考慮到的情況下產生。您必須找出設備可能產生潛在爆炸性混合物的所有製程條件，以及這些混合物的所有可能來源，以下是根據 Edwards 的經驗提出的範例，但實際來源不僅止於此：

- **交叉汙染**—使用於多種用途的真空泵浦，在個別物質的應用中可能安全無虞，但若泵浦未經清掃即應用另一種物質，就可能會發生交叉汙染並會產生意外反應。
- **清洗液**—使用清洗液可能不會造成安全問題，如果是使用可燃清洗液，並在後續乾燥過程中清空真空泵浦，便可能會產生潛在爆炸性混合物。
- **未預期使用的材料**—應用真空泵浦作為分散式真空系統的「家用真空」時，可能會泵送在設計系統時未考慮到的可燃性材料，而這些材料的自動點火溫度可能低於真空泵浦的內部溫度或額定溫度。
- **溶解的蒸汽**—這種蒸汽可能會在製程作業期間生成，必須謹慎為製程選擇正確的內部額定溫度。一般在化學製程的市場中，ATEX 規定已對此做出規範。
- **漏氣**—空氣或氧化劑意外滲入系統，可能會改變可燃氣體或蒸汽的濃度，並產生潛在爆炸性混合物。
- **可燃性密封液**—若以可燃液體作為液環真空泵浦中的密封液，空氣滲入時將會產生潛在爆炸性混合物
- **凝結的製程材料**—若可燃物質可能會在您的系統內凝結，請切記，這些物質可能會和來自其他製程步驟的氧化劑或是（例如排氣系統中的）空氣發生反應。可藉由適當控制溫度或分壓來避免這個情形。

## 6.5 避免可燃區

可燃物質只有在與空氣、氧氣或其他氧化劑結合，且濃度介於可燃下限（LFL，又稱為爆炸下限—LEL）以及可燃上限（UFL，又稱為爆炸上限—UEL）之間，才會產生潛在爆炸性環境。請注意，大部分的文獻資料都是提到空氣（即以氧氣為氧化劑）中的可燃限，因此以下所提供的進一步資訊都是以此假設做為基礎。

形成爆炸性的另一條件是，氧氣濃度必須超過最小氧氣濃度（MOC，又稱為最低氧氣濃度—LOC），大多數可燃氣體的 MOC (LOC) 皆為 5 % vol. 或以上。（備註：不適用於需特別注意的爆炸性或易燃材料。）

在操作時，有多種方法可避免接觸到可燃區域內的氣體混合物，而方法的選擇須視製程及泵浦系統的風險評估（危害分析）結果而定：

- **將可燃氣體的濃度維持在 LFL (LEL) 以下**  
為了將可燃氣體意外進入可燃區域的風險降至最低，應以一定的安全裕度維持低於 LFL (LEL) 的操作。  
使用者應進行風險評估並根據結果來決定安全裕度。某些主管機關建議，濃度應維持在低於 LFL (LEL) 的 25 %。  
將濃度適當維持在低於 LFL (LEL) 之常用方法，是將惰性吹淨氣體（如氮氣）導入泵浦入口及／或沖洗連接件以進行稀釋。稀釋系統及任何警報或連鎖系統所需的完整度，必須視稀釋系統失效時可能導致的危害區域而定。

### 注意：

*請確定採取適當的預防措施，以避免窒息的風險。*

- **將氧氣濃度維持在 MOC (LOC) 以下**  
這種運作模式需要進行泵送氣體的氧氣濃度監控，以確保運作安全。為了將可燃氣體意外進入可燃區域的風險降至最低，應以一定的安全裕度維持低於 MOC (LOC) 的操作。現有的產業標準指出，在持續監視氧氣濃度的情況下，氧氣濃度應維持在低於相關氣體混合物現行 MOC (LOC) 2 % vol 的水準。除非

MOC (LOC) 小於 5 %，否則氧氣濃度必須維持在不超過 MOC (LOC) 的 60%。若僅在執行例行氧氣濃度檢查時進行監視，則除非 MOC (LOC) 低於 5 %，否則氧氣的濃度不可超過現行最低 MOC (LOC) 的 60 %，在此情況下氧氣的濃度必須維持在 MOC (LOC) 的 40% 以下。

為了將氧氣濃度維持在低於現行最低 MOC (LOC) 的水準，最佳的做法就是嚴格排除製程與泵浦系統內的空氣與氧氣，並視需要將惰性吹淨氣體（如氮氣）導入泵浦入口，及／或沖洗連接件以稀釋泵送氣體。空氣或氧氣排除措施以及任何警報或連鎖系統所需的完整度，都必須視排除及稀釋系統失效時可能導致的危害區域而定。

嚴格排除製程與泵浦系統內的空氣時必須注意的一般事項，將於本節的最後段落說明。

- **將可燃氣體的濃度維持在 UFL (UEL) 以上**

若可燃氣體的濃度很高，則超過 UFL (UEL) 的操作反而比較為有利，因此為了將任何意外進入可燃區域的情形降至最低，應以一安全裕度維持高於 UFL (UEL) 的操作。建議將氣體中的殘餘氧氣濃度維持在低於絕對氧氣濃度 60 % 的水準，絕對氧氣濃度係指在可燃氣體 UFL (UEL) 濃度下通常存在的濃度。

嚴格排除製程及泵浦系統內的空氣與氧氣，是將氧氣濃度維持在安全裕度以下的較好做法。但可能還需要將惰性吹淨氣體（如氮氣）

或額外可燃氣體（「填補」氣體），導入泵浦入口及／或沖洗連接件以稀釋泵送氣體。空氣排除措施、任何吹淨氣體導入系統及任何警報和連鎖系統所需的完整度，必須視排除及稀釋系統失效時可能導致的危害區域而定。

- **將可燃氣體的濃度維持在最低爆炸壓力以下**

每種可燃材質只要處於其最低壓力以下，都無法產生爆炸。若能將真空泵浦入口處的壓力安全地維持在此壓力之下，即使真空泵浦內起火燃燒，火勢也無法蔓延至入口處。儘管如此，還是必須對真空泵浦的排氣採取預防措施。

嚴格排除製程與泵浦系統內的空氣時必須注意的一般事項：

- **解決空氣洩漏問題**

使用防漏偵測器或進行壓力「升率」測試，可在將可燃性材料導入製程室之前，先測試確認滲入真空系統的空氣或氧氣在允許的範圍內。

在進行壓力「升率」測試時，應將空的製程室排放至略低於正常工作壓力的水準，然後將其與真空泵浦隔離，在經過一段固定的時間後，記錄製程室的壓力。由於製程室的容積和最大允許漏氣量皆為已知，故可計算經過一段預定時間後的最大允許壓升，若超過最大壓力極限，則必須採取行動密封空氣或氧氣滲入製程室的源頭。在允許可燃性材料進入製程室之前，必須重複進行此測試至成功為止。

在某些個案中，可使用真空系統可達到良好基準壓力的能力，指示系統的防漏密封性。

- **製程開始前完全排放系統內的空氣**

允許任何可燃氣體進入製程前，系統應完全排空及／或使用惰性氣體（如氮氣）沖洗，以完全清除系統內的空氣。並應於製程結束時，在系統最後排放至空氣前重複此程序以除去任何可燃氣體。

- **乾式真空泵浦**

確保任何軸封或清洗密封氣體無論在何種情況下，皆不會伴隨空氣供應或受空氣汙染，亦應確保所有氣體鎮流沖洗口皆已密封，或僅供導入惰性氣體使用。

- **濕式真空泵浦（例如油封旋轉活塞或迴轉葉片泵浦）**

嚴格遵守製造商的說明維持軸封，並使用提供油壓損耗警報功能的泵送加壓油潤滑系統。此系統可透過外部配件提供濾後加壓潤滑油，並使用壓力開關控制壓力。確保所有氣體鎮流沖洗口皆已密封，或僅供導入惰性氣體使用。並在製程開始前以惰性氣體清掃油箱，以清除空氣。

- **適用於 Roots 真空增壓泵**

依製造商說明維持主要傳動軸完整密封，並確保任何淨化或「通氣」口連線只能用於導引惰性氣體。

- **回流**

確保系統操作程序及設施能保護系統，避免因為泵浦故障而發生空氣回流，確保能在泵浦排氣系統的最後排放階段，安全處理所有泵送的可燃氣體。在可燃氣體製程開始前及結束後，以適當的惰性氣體沖洗管線，並在操作期間以適當的惰性氣體進行沖洗，可確保排氣管內不會形成可燃氣體混合物，避免空氣沿著排氣管發生紊流逆混合的情形。

## 6.6 系統完整度

在前面幾節已簡單地說明惰性氣體稀釋保護法。此方法的原理為將惰性氣體（通常是氮氣）與製程氣體混合，使製程氣體稀釋至不會發生爆炸或反應的濃度。利用氣體稀釋法作為防止爆炸的主要安全系統時，必須具備一個高度完整的警報及連鎖系統，才能避免真空系統在稀釋系統未操作時作動。在進行風險評估（危害分析）時，應將氣體稀釋系統的完整度納入考量；此完整度應視稀釋系統失效時可能導致的內部分區（即風險程度）而定。務必將目前的最佳實務應用於風險評估中，以確定所需系統的完整度。

例如，若使用稀釋系統將可燃氣體的濃度維持在可燃區域以外，稀釋失效可能會導致泵送氣體持續或頻繁地進入可燃區域內（通常 ATEX 區域 0 的要求會視為 >50%）時，稀釋系統即必須符合以下一項條件：

- 即使在發生罕見的功能異常情況下，也必須具備故障安全功能
- 發生兩個失效時也必須保持安全
- 必須擁有兩個獨立的稀釋系統。

或者，若稀釋系統失效可能會導致泵送氣體偶爾進入可燃區域內（通常是 ATEX 區域 1 的情形），則稀釋系統必須符合以下一項條件：

- 即使發生意料中的功能異常，也必須具備故障安全功能
- 發生一個失效時也必須保持安全。

若稀釋系統失效可能會導致泵送氣體不太可能進入可燃區域內，或只短暫進入一小段時間（通常是 ATEX 區域 2 的情形），則稀釋系統必須在正常運作下保持安全。

## 6.7 使用隔焰屏防護系統

若泵送氣體與蒸汽的混合物持續或長時間（即區域 0 的情形）具有可燃性（請參閱[避免可燃區](#)第頁之 16），而且在系統正常運作或可預見的失效期間具有引火源（請參閱[引火源](#)第頁之 19）引燃的風險，您必須在需要時為您的主要泵浦安裝隔焰屏（亦請參閱[阻火器隔焰屏](#) [隔焰屏](#)第頁之 23）。在 Edwards 真空泵浦上使用特定隔焰屏已通過第三方認證，證明其確實具備阻止火焰沿著製程管件傳播或進入周圍大氣的能力。

若長時間存在可燃性混合物，必須在入口隔焰屏上安裝經過核准與測試的溫度傳送器，以偵測連續燃燒的情況。當偵測到此情況時，必須關閉泵浦並將其自燃料源隔離。請聯絡 Edwards，取得經核准之隔焰屏與溫度傳送器的相關建議。為了在發生罕見的故障（區域 0）情況時，為隔焰屏與泵浦提供溫度保護，必須在泵浦的排氣管中安裝排氣溫度傳送器。關閉點需視泵浦系統而定。請參閱相關的 ATEX 泵浦手冊。

若入口與排氣管上的溫度傳送器達到上限，即表示發生故障狀況，必須採取適當行動。實際措施必須視用途而定，但可能包括：

- **停止供應燃油**—關閉位於真空泵浦入口處的閥門，停止供應燃油至真空泵浦
- **消除引火源**—關閉馬達電源以停止真空泵浦

- **燃燒惰性化**—立即將更多的惰性氣體導入燃燒區域（通常不會每次都在泵浦的排氣歧管），以達到滅火效果。請注意，若未消除引火源，火焰可能會再次點燃。

## 6.8 引火源

當真空泵浦用於泵送可燃混合物時，必須考慮所有可能的引火源。以下部分考量項目，供您進行總檢討。根據您的製程而定，您也許能避免部分或全部的引燃源。若您因為製程條件或系統要求而無法避免引火源，則必須根據該情況設計您的系統。

### 注意：

某些 Edwards 泵浦已獲得第三方認證，確認在正確使用的情況下具有限制內部爆炸的能力。

- **機械接觸**—當真空泵浦與真空系統內的旋轉與靜止零件發生機械接觸，便可能產生引火源。Edwards 設計製造的所有真空泵浦，其內部能在所有運作條件下保持正確的運作間隙。為了避免產生此引火源，請務必防止任何物質沉積於內部表面上，或務必對泵浦進行清潔。軸承必須保持在良好的狀態，經過充份潤滑與適當吹淨氣體的清潔，以防止和製程氣體接觸。請務必遵循建議的軸承維護作法，以確保運作安全可靠。
- **吸入微粒**—所有泵送機構都可能會吸入製程或系統製造過程產生的微粒，若微粒在一移動的表面和一靜態表面之間滾轉，便可能會產生熱量。適當的進氣濾網（篩網）或過濾器將能避免微粒進入真空泵浦，將微粒的大小與體積降至安全的程度。必須謹慎為此進氣濾網制定適當的維護作法。
- **灰塵堆積**—若在多塵製程中使用泵送機構，該機構的內部間隙便可能會堆積壓實的微小灰塵。即使使用入口雜質過濾器，微小的灰塵微粒仍可能會進入泵內。壓實的灰塵可能會隨熱變化導致的微小尺寸變化，而接觸到移動的表面並產生熱量。
- **壓縮熱量（自燃）**—在考量任何泵送氣體或蒸汽的自動點火溫度時，都必須同時考量壓縮機的內部壓縮熱量。您必須確保泵浦的溫度等級至少與泵送的氣體相同或比該氣體更高。
- **高溫表面**—若可燃氣體或蒸汽可接觸到高溫表面，這些氣體或蒸汽將會在超過自動點火溫度時點燃。注意：若為 Edwards 泵及隔焰屏進行隔熱，會造成內部（及外部）表面溫度升高並導致自燃時，不可進行隔熱。
- **外部熱量**—當真空設備的鄰近區域發生火災時，便會產生外部熱量，若發生此情形，內部壓力可能會超過系統的最大靜態壓力，且溫度會超過自動點火溫度。在分析系統危害時應將此點納入考量。
- **高溫製程氣流**—入口處的高氣體溫度，可能會導致內部（或外部）表面的溫度超過泵送物質的自動點火溫度。若入口處的氣體溫度過高，也可能會導致轉子／定子堵塞。請參閱您的真空泵浦說明手冊，瞭解可允許的最大內部氣體溫度。請洽 Edwards 尋求更多相關建議。
- **催化反應**—某些金屬的存在可能導致催化點燃，因此，應考量真空系統的所有結構材料與泵送氣體或蒸汽，產生催化反應的可能性。
- **自燃反應**—若易燃材料因空氣或氧化劑滲入而燃燒，其熱源可能會成為任何可燃物質的引火源。請參見 [易燃材料](#) 第 9 頁。
- **靜電**—若隔離的組件在對大地進行火花放電之前，其表面已蓄積靜電時，將會發生某些狀況。在設計系統時應考量可能的靜電蓄積。
- **閃電**—若安裝在室外，可能會因雷擊而產生點燃能量。在設計系統時應將發生雷擊的可能性納入考量。



## 6.9 摘要－系統設計

為了設計出安全的真空泵浦系統，請務必將以下幾點納入考量。視您的用途而定，可能還需考量其他層面。

- 若要泵送危害物質，系統的設計必須符合故障自趨安全條件。
- 使用 PFPE（全氟聚醚）潤滑劑，潤滑泵送氧化劑的泵浦
- 若使用惰性氣體將可燃氣體的濃度降至低於爆炸或可燃下限，或是低於最低氧化劑濃度，請務必確保惰性氣體供應的完整性
- 也可將濃度維持在爆炸或可燃上限之上，但必須備有適當的安全預防措施，確保濃度並未在可燃範圍之內
- 使用前，應進行系統及設備的洩漏測試以確保達到所需的防漏密封度
- 自燃氣體在排入大氣或與氧化劑氣體混合之前，應先使用惰性氣體稀釋至安全濃度
- 確保疊氮化鈉和重金屬不會在系統氣體路徑的任何部位接觸
- 系統的最大壓力不可超過系統任一部位的安全壓力限度
- 必須經常查閱需泵送之物質的安全資訊
- 若油封旋轉葉輪或活塞泵排氣量中的油料可能會導致相關危害，請優先考慮使用乾式泵浦
- 若將 Edwards 真空泵浦用於泵送潛在可燃性混合物，必須考慮到所有可能的引火源，以及一旦發生爆炸可能會產生什麼後果。

## 7. 選擇正確的設備

為了確保能針對應用場合選擇正確的設備，您必須考慮設備在操作時的各種限制。我們的產品目錄、行銷出版品及設備說明手冊皆有 Edwards 設備的技術資料，而且在大部分情況下，我們都可依您的要求提供更多的資訊；請聯絡 Edwards 尋求更多相關建議。

當您在設計真空系統時，請參考相關的機械泵浦參數，例如：

- 最大靜態壓力（入口及排氣口）
- 最大操作入口壓力
- 最大操作排氣壓力
- 入口及排氣口組件的電導率
- 與泵浦搭配使用之其它組件的壓力規格
- 監測在排氣管路阻塞下的壓力。

關於油封旋轉葉輪及活塞泵，您也必須考慮以下等環節：

- 氣體鎮流流率
- 油箱清掃流率
- 油箱中聚積的氣體及蒸汽
- 油箱中的油吸收的氣體及蒸汽。

最大靜態壓力係定義為，泵浦的入口或出口接點在非工作狀態下可承受的最大壓力。此壓力值是取決於泵浦的機械設計。

油封旋轉葉輪及活塞泵，係設計在入口壓力等於或低於大氣壓力的情況下運轉，雖然最大靜態額定壓力可能高於大氣壓力，泵浦在運轉時之最大入口壓力仍不得超過大氣壓力。有些廠商會將其泵浦的持續入口壓力限制在低於大氣壓力。泵浦運作時的最大入口壓力稱為最大工作壓力。

限制最大工作壓力的原因不一定和泵浦的機械完整度有關，最大壓力通常是與泵浦在高入口壓力的額定功率成比例，以及泵浦或電動馬達的機械組件過熱的潛在危害有關。

基於同樣的理由，我們建議您應盡可能地將真空泵浦維持在低出口壓力（在連續運轉的情況下，維持在等於或低於 0.15 巴壓力計， $1.15 \times 10^5$  Pa）。泵浦係設計在排氣不受限制的情況下運轉，因此 0.15 巴壓力計（ $1.15 \times 10^5$  Pa）的出口壓力，通常即足以驅散排氣吸氣系統及處理設備中的廢氣。

### 7.1 油封旋轉葉輪及活塞泵

Edwards 油封迴轉葉片泵浦，包括 E1M、E2M 及 RV 系列之旋轉葉輪泵，以及 Stokes Microvac 系列之油封活塞泵。一般而言，所有真空泵浦係設計在入口壓力低於大氣壓力，且泵浦廢氣可自由排放至大氣的情況下運轉。

油封旋轉葉輪及活塞泵是屬於容積迴轉式壓縮機，當出口堵塞或受限時，即會產生非常高的排氣壓力，此時此壓力值可能會超過泵浦油箱的安全靜態壓力，且在許多時候會超過系統下游組件（例如聚丙烯洗滌塔或真空 O 型環接合處）的安全靜態壓力。因此，Edwards 強烈建議您在泵浦排氣管路中安裝高完整度排氣壓力感應器。

為達到安全的稀釋濃度，可透過連接泵浦油箱的油箱清洗器（如果本設備可使用）增加氣體鎮流。增強氣體鎮流及油箱清洗流量可增加進入排氣系統的油量。

所有 Edwards 油封泵均擁有超大油箱容量，可容納可燃性及爆炸性氣體混合物。油箱內的油可有效吸收或凝結蒸汽及氣態副產品，不過油料吸收的蒸汽及氣體可能具有自然性或毒性，因此在進行維護時，必須實施特殊處理程序以確保安全。

## 7.2 Edwards 乾式泵浦

最大工作壓力會受到影響油封泵浦的因素限制（亦即泵浦或電動馬達機械組件過熱的潛在危害）。

Edwards 乾式泵浦是屬於容積迴轉式壓縮機，會產生高排氣壓力。若泵浦是安裝在會產生製程固體副產品（可能會導致排氣管路發生阻塞）的系統內，Edwards 強烈建議安裝具有高完整度的排氣壓力監測設備。開關的工作壓力設定，請參閱泵浦的說明手冊。

Edwards 乾式泵浦擁有高流通的氣體鎮流性能，稀釋氣體（例如氮氣）可透過泵浦的機械裝置加入，使反應抑制的過程達到最佳化。請參閱您的泵浦說明手冊以瞭解氣體清掃流率。

## 7.3 管線設計

### 7.3.1 伸縮管

伸縮管是一種長度較短的薄壁組件，表面具有較深的迴旋皺褶，可減少從泵浦傳遞至真空系統的振動。

伸縮管必須呈直線安裝，且兩端必須以剛性固定，若能正確安裝，伸縮管將可承受較小的內部正壓（有關詳細資訊，請參考伸縮管說明手冊）。請勿在乾式泵浦排氣口使用伸縮管，並請使用編織軟管（請參閱軟管第頁之 22）。

在循環頻繁的系統中使用伸縮管時，請考慮疲勞失效的可能性。

### 7.3.2 軟管

相較於伸縮管，軟管的管壁較厚，表面皺褶更淺。軟管方便輕鬆連接真空系統組件，並有助於彌補剛性真空管線錯位或小幅位移的現象，因為軟管可保持彎曲半徑相對較小的形狀。

軟管僅適合安裝在靜態系統中使用，不適合在反覆彎曲的情況下使用，在此情況下使用可能會引起疲勞失效。

使用軟管時，請盡可能採用最短的長度，並避免不必要的彎曲。對於可能會產生高排氣壓力的應用，應使用編織軟管。

編織軟管是一種外部包有不鏽鋼絲編織而成之保護層的伸縮管，安裝編織軟管時，必須遵守編織軟管說明手冊中規定的最小彎曲半徑值。

### 7.3.3 固定點

管線及管線組件須正確固定，例如，未正確固定伸縮管，將無法減少泵浦產生的振動，而可能導致管線疲勞。

### 7.3.4 密封

真空系統（即使是在疲勞的情況下）的任何部位，都可能會發生正壓，因此必須使用適當的密封類型與材質，以承受預期的真空及正壓。

## 7.4 物理過壓保護

如先前所述，系統或組件受限或阻塞即可能會引起過壓，泵浦或外部壓縮氣源（例如用於稀釋系統的氣體）的壓縮氣流，也可能會產生過壓。系統過壓主要有兩種保護方式，即釋壓和過壓警報／跳脫（見後續段落之說明）。



### 7.4.1 釋壓

您可以使用防爆片或釋壓閥釋放過壓。裝置的工作壓力必須低於系統設計的額定壓力，因此必須使用適當的管線，將這些裝置連接到一個可安全排放製程氣體，且沒有排放限制的區域。如果製程會產生固體副產品，還必須定期檢查釋壓裝置，以確保未堵塞或受到限制，這種保護裝置應在設計時，考慮壓力脈波對防爆片之疲乏壽命週期或閥門生命週期的影響。

### 7.4.2 過壓警報／跳脫

Edwards 經常使用此種保護方式。任何系統均可建議使用此種保護方式，但可能不適用於會產生固體副產品的系統。

### 7.4.3 壓力調節器

壓力調節器主要有兩種：排氣型與非排氣型。

排氣型調節器可將氣體排放至空氣中，或經由一條獨立的排放管線排放氣體，讓出口壓力在非流動狀態下維持恆定。排氣型調節器通常使用於以管線完整度為首要因素的場所。

非排氣型調節器只能讓出口壓力在流動狀態下維持恆定。

在非流動狀態下，某些調節器的出口壓力會升高至可供應壓力的程度，其升高的速率是取決於調節器的特性及出口連接的空間體積，升高持續時間則可能從幾分鐘到數個月不等。

壓力調節器並非設計作為截止閥使用，因此當需要進行隔離時，必須與適當之隔離裝置（例如電磁閥）一起使用，或必須設法安全排放超出的壓力。

### 7.4.4 隔焰屏

隔焰屏並非預防爆炸的裝置，目的僅為防止火焰前沿，沿著管線或管道方向傳播（請參閱[使用隔焰屏防護系統](#)第 18 頁）。隔焰屏可為火焰前沿提供大的表面積和小的傳導間隙，進而使火焰熄滅，通常僅適用於清潔氣體或蒸汽之系統。

氣體混合物的爆炸能量會隨壓力上升而增加。大部分的隔焰屏係設計為保護內部壓力不超過大氣壓力之區域。您必須確保位於隔焰屏前方之排氣吸氣系統的工作壓力，不會超過最大工作壓力，但是，對於已獲得認證可與 Edwards Chemical 乾式真空泵浦一起使用的隔焰屏，請參閱 ATEX 說明手冊以瞭解允許的最高壓力。也必須考量真空泵浦可允許的最大背壓。

隔焰屏係藉由消除火焰前沿之燃燒熱量來產生作用，因此擁有最高的安全工作溫度。您必須追蹤加熱、隔離裝置或流經隔焰屏之氣體溫度，確保系統溫度不超過安全溫度。

隔焰屏阻斷火焰的能力係取決於火焰前沿的速度，而此速度又取決於火焰與點火源之間的距離。隔焰屏在與 Edwards Chemical 真空泵浦一起使用時，應與入口及排放口緊密連接，在某些情況下，則可允許在某些泵浦及隔焰屏之間使用彎管及 T 型件。請洽 Edwards 尋求相關建議。

## 7.5 清掃系統

可在設備上安裝惰性氣體清掃系統，以便在製程循環結束後清除殘留在系統內的製程氣體。

正確使用清掃系統可確保能清除腐蝕性生成物，防止其對泵浦造成損壞，更重要的是，可防止其對保護性系統（如隔焰屏）造成損壞。此外，清除製程氣體亦可確保在不同製程循環中使用之材料間，不會發生不需要和潛在的危險化學反應。

## 7.6 摘要－選擇正確的設備

- 為您的應用場合選擇正確類型的設備
- 安裝所有適當且必要之安全裝置，以便在發生故障時確保安全
- 消除停滯空間
- 確保適當控制並調節系統
- 在適當的情況下，安裝釋壓裝置
- 在適當的情況下，使用隔焰屏
- 使用前應先進行系統及設備的洩漏測試。

## 8. 操作程序與訓練

適當的訓練、清楚易懂的操作說明及定期維護，皆可改善設備的操作安全性，更重要的是，真空設備的所有操作人員都應接受適當的訓練、符合資格，並視需要在監督下操作設備。

如果對 Edwards 設備的操作或安全細節有任何疑問，請聯絡我們尋求相關建議。

## 9. 摘要

- 執行危險評估，以辨識並在可能時消除（若非減輕）所有的危險。在真空系統的設計、建構、試運轉、作業、維護及除役階段都必須這麼做。
- 注意系統內所有可能的化學反應。為異常化學反應（包括可能在故障狀況下發生的反應）預留安全裕度。
- 請參照物質資料表或物質安全資料表，評估與製程材料有關的潛在危害（如自燃）。
- 使用稀釋技術將材料與氧化劑和可燃性材料的反應降至最低。
- 請使用正確的潤滑劑，潤滑泵送氧化劑及易燃材料的泵浦。
- 若製程中會使用或產生疊氮化鈉，請勿在泵浦系統的氣體路徑上使用重金屬。
- 在進行安全計算時，必須考量所有系統組件的安全工作壓力。並確定亦已將異常及故障狀況納入考量。
- 確保安裝正確類型的釋壓裝置，且額定值適合您的用途。
- 確定不會發生排氣阻塞。
- 確保能正確調節及監視稀釋氣體。
- 若要泵送危害物質，系統的設計必須符合故障自趨安全條件。
- 使用 PFPE（全氟聚醚）潤滑油和潤滑劑，潤滑泵送氧化劑的泵浦。
- 使用惰性氣體稀釋將可燃及自燃氣體稀釋至安全濃度，或確保在所有製程條件（包括故障）下維持在可燃／爆炸上限以上，將適當的安全因素納入考量。
- 系統的最大壓力不可超過系統任一部位的最大額定壓力。
- 若油封泵浦排氣量中的油料可能會導致相關危害，請優先考慮使用乾式泵浦。
- 消除停滯空間。
- 確保適當控制並調節系統。
- 在適當的情況下，使用隔焰屏。
- 使用前應先進行系統及設備的洩漏測試。



