

介紹

1. 使用範圍

空壓系統的功能主要在於將儲存於系統氣體介質內的壓力能量，轉換為其他的能量型式(如機械能，位能，動能等)，以達到作功的目的。空壓系統甚少單獨存在，大多配合其他的機械設備使用，以提供持續且快速的機械位移。本資料表提供空壓系統設計、安裝、調整、使用、維修、保養等各層面的基本安全衛生需求。

名詞解釋

流體動力：利用加壓的流體作為介質，將訊號及能量傳遞、控制及分配的一種方式。

空壓：以空氣或中性氣體作為流體動力介質的一種科學及科技。

中性氣體：一種與空氣特性相類似的氣體，其對於壓力及/或溫度變化的反應，與空氣相同。

最大工作壓力：系統或部份系統在穩態條件下操作的最大壓力。

操作裝置：提供控制機構(如凸輪、開關等)輸入訊號的裝置。

控制機構：提供零組件(如槓桿、電磁閥等)輸入訊號的裝置。

啟動器：將流體能量轉換成機械能量(如馬達、空壓缸等)的零組件。

管線：使流體能夠在各零組件中自由流動的各式管路、軟管和小管路，及其上任何接頭、連接頭、轉接頭等的組合。

2. 構造、形式種類、優點

空壓系統的基本組成包括氣體儲存槽、加壓裝置(馬達、壓縮機、聯軸器等組合)、空壓缸、活塞及其連桿、管線及其附屬零件(接頭、法蘭、閥和流量計、壓力計等量測儀器)等。空壓系統有電動型、液動型、氣動型等型式，亦有單動型、雙吸型、多極增壓型等型式，其優點在於提供持續且快速的能量，以驅動相連結的機械設備，達到作功的目的。另一方面，則可運用氣體的特性如帕斯卡原理等，達到機械設備的目的，如快速的提升重物等。

3. 使用場所(作業)、行業、職種、相關作業環境

空壓系統的使用場合非常的廣泛，大多與其他的機械設備配合使用，幾乎各種需要空壓動力驅動設備的作業，如機械設備製造業、石化工

業、汽車工業等行業，都很容易發現空壓系統的存在。近年來由於空壓技術的進步，此系統已大量的應用在控制系統及連鎖系統上。空壓系統的氣體介質處於高壓下，洩漏時會有高壓噴射及環境污染的危害，同時應注意氣體介質的特性，如易燃/易爆性和氣體與使用材質的相容性等，避免發生火災爆炸的危險，同時應避免在其適用溫度範圍以外的環境，或是多粉塵、高濕度等的惡劣環境下使用或驅動相關的機械設備。

危害

1. 潛在危害、災害類型、災害防止對策

空壓系統的危害有：

機械性危害，包括：

- (1) 系統的外形，是否有尖角或銳角，造成人員切割傷害；
- (2) 零組件的相對位置，是否會造成人員的撞傷或陷入；
- (3) 零組件的重量及穩定度，是否會發生掉落的危害；
- (4) 零組件的重量及速度，是否會造成衝擊或撞擊的危害；
- (5) 機械性能與強度是否恰當，以避免斷裂或倒塌的危害；
- (6) 是否有能量的累積(如彈性元件、彈簧或加壓的液體或氣體或是真空等)，以防止能量瞬間釋放的危害；
- (7) 是否會發生洩漏，引起高壓噴射的危害，或是引起環境污染或是火災的危害。

電氣性危害，如感電的危害；

接觸異常表面溫度的危害；

高噪音的危害；

電磁干擾產生的危害，如機械設備或其零組件非預期性的動作。

系統使用原物料所產生的危害，如使用有毒/有害或易燃/易爆的氣體，作為系統的介質；

接觸或吸入有毒/有害氣體或蒸氣的危險，如使用有毒/有害的氣體，作為系統的介質；

火災/爆炸的危險，如使用易燃/易爆的氣體，作為系統的介質；

能量供應系統或零組件失效或是其他功能失效所引起的危險，如空壓源突然消失，空壓缸損壞或壓力突然消失等；

能量供應裝置或控制器能源失效所引起的危險，包括：

- (1) 能源供應異常，是否引起緊急停機或機械設備誤動作；
- (2) 機械設備誤啟動；
- (3) 控制器已啟動機械後，是否能夠緊急停機；
- (4) 機械設備所夾持的物體，是否會掉落或射出；
- (5) 安全防護裝置是否仍然能夠發揮功能。

物體或是流體噴射的危害；

控制系統失效的危害(如非預期的啟動，非預期的過轉等)；

配管不當所引起的危害；

未使用安全防護裝置所引起的危害；

未使用安全標示或警告標示所引起的危害；

未使用者適當工具進行維修保養所引起的危害。

2. 安全裝置之構造、作動、功用等原理

空壓系統中所使用的氣體介質為可壓縮性流體，在不同的溫度和壓力下易發生體積變化，導致容器的破壞或爆炸，因此必須配置壓力釋放裝置。同時系統內之氣體介質處於高壓狀態，發生洩漏時會引起高壓噴射的危害，應安裝減壓裝置及護蓋。氣體介質溫度過高時易發生失效，或與系統零組件之材質產生變化；溫度過低時則易將氣體中的水氣凝固，導致系統失效，應設置流體溫度監測器，掌握氣體溫度的變化。當氣體介質洩漏時，易引起環境污染、腐蝕或火災爆炸的危害，應安裝氣體監測器、壓力計或流量計，以隨時監測是否有不正常的氣體流量變化。系統內之轉動機件如馬達、壓縮機、聯軸器等，應加裝護蓋，以防止捲入或夾傷的危害。空壓缸活塞及其連桿之行程範圍之內，亦應加裝安全防護裝置，以避免夾傷或撞擊的危害。

3. 相關作業環境之危害

空壓系統內所使用的氣體介質若為易燃/易爆性氣體，應注意使用時之環境及機械設備的防爆性能。若氣體介質具腐蝕性或毒性，則應注意空壓系統及其零組件材質的選用，並加裝氣體監測器。若於多粉塵、高濕度的惡劣環境下使用，應注意系統的通風排氣性能及其防水/防塵性能等級。



圖1 空壓系統

安全需求與對策

1. 當設計機械設備的空壓系統時，應將系統所有預期可能的操作和使用狀態，都納入考慮中，同時必須進行系統的危害評估分析，以決定系統在設計的操作和使用的狀態下，可能產生的危害。
2. 系統危害評估分析的結果，如果實際可行時，應以設計的方式將危害消除；若是無法以設計的手段將危害消除，則應加裝安全防護裝置，避免危害的發生。
3. 空壓系統所選用的零組件必須在設計的範圍之內使用，並且可以在空壓系統設計的範圍內安全的使用，尤其是對失效後會產生危害的零組件，更應該注意其可靠度。
4. 空壓系統各部位的設計，應具有防止系統或是部份系統超過最大工作壓力，或是系統內任何零組件超過額定壓力所引起的危害。
5. 防止系統或是系統內零組件過壓較好的方法，是在系統內裝設壓力釋放閥，以限制系統各部位的壓力不會超過設計壓力。其他可行的方法包括使用調壓閥等方式。
6. 空壓系統的設計、製造和調整，應將可能發生的瞬間壓昇和壓力放大等現象降至最低；若發生瞬間壓昇或是壓力放大時，不可以造成危害。
7. 空壓系統發生突然的壓降或是突然失去壓力時，不可以造成人員的危害。

8. 不論空壓系統的內部或是外部發生洩漏時，都不可以引起危害。
9. 不論控制器和能源供應系統是使用何種型式(如電動式、空壓式等)，當空壓系統在開/關能源供應時、降低能源供應時、切斷能源供應時，或是能源復歸重置時，都不可以引起危害。
10. 空壓系統的設計和製造，應使得其零組件的位置皆易於接近、調整、維修和保養。
11. 空壓系統應具備隔離能源的正向設計，同時應具備排除流體殘壓的設計，以避免空壓系統非預期的啓動。可行的方式包括：
 - (1) 使用適當的可鎖式遮斷裝置，將供應源隔離；
 - (2) 以系統配置之適當的且有壓力釋放功能的可鎖式遮斷裝置，隔離並排除壓力；
 - (3) 當系統降壓時，將機械性負載釋放或以其他方式支撐；
 - (4) 隔離電源。當系統在隔離或降壓之後重新恢復動力源供應時，應特別注意不可以引起任何的危害。
12. 不論是預期或是非預期的機械動作(如對物體的加速/減速或是升舉/握持物體所產生的效應)，都不可以造成人員的危害。
13. 空壓系統的設計、製造、安裝、操作、及配置的附屬零件，應將氣體危害物質(包括排出的空氣)所引起的危害降至最低。
14. 空壓系統操作溫度的範圍應清楚的說明，其介質應在此溫度範圍之內使用，以確保系統能夠安全的操作。
15. 空壓系統的設計應能夠避免人員與異常的表面溫度接觸。
16. 當設計空壓系統時，應考量此系統的使用環境及狀態，尤其是如下列可能引起危害的條件：
 - (1) 振動、污染、濕度、溫度的範圍；
 - (2) 火災或爆炸的危害；
 - (3) 電路系統，如電壓、頻率、功率等；
 - (4) 電器系統的保護；
 - (5) 是否需要安全防護裝置；
 - (6) 環境保護方面的限制，如噪音的限制；
 - (7) 使用、操作、接近、維修和保養所需要的空間；
 - (8) 空壓系統和零組件安裝的位置，以確保使用時的穩定性與安全性；

- (9) 可使用的空壓供應源之規格；
 - (10) 其他必須的安全需求。
17. 空壓系統的維修保養應使得系統或其零組件移除進行保養時，其
- (1) 系統損失的介質最少；
 - (2) 不需要將空壓箱內的介質排出(如使用空氣作為介質，則此項為非必要性條件)；
 - (3) 不需要將大量的臨近零組件拆除。

運輸時的需求

18. 當空壓系統因為運輸而需要拆卸時，系統的各部位，尤其是管線和接頭，應清楚的辨識和標示，以便於日後的重組，此標示應與設計圖面相符。
19. 在運輸前，系統及其零組件應妥善的包裝，以避免運輸的過程中造成損壞或變形，並應保持標示的完整。
20. 在運輸時空壓系統及其零組件曝露的開口部位應密封，裸露的公螺紋應加以保護。這些封合及保護材料，只有在要進行系統重組時才能拆除。

空壓系統零組件和控制器的特殊需求

轉動件和馬達

21. 製造商應在使用說明書內詳細的說明壓縮機和馬達的工作壓力範圍。
22. 壓縮機或馬達的驅動聯軸器應足以長期承受壓縮機或馬達所產生的最大扭力，同時驅動聯軸器和轉動軸亦應設置安全防護裝置。
23. 三點組合、排液口、排氣口或其他的開口部位的設計，應不會造成外界的水汽、油污或空氣進入空壓系統內，其尺寸及安裝位置不會產生很大的背壓，高壓空氣排氣口的安裝位置，應不會對人員產生危害。

空壓缸

24. 不論空壓缸內活塞的位置為何，空壓缸的行程長度、負載和空壓缸的固定方式，不可以造成活塞桿的彎曲或撓曲。
25. 任何連接或固定在空壓缸上的零組件，都應具有防止衝擊、振動等效應，而產生鬆動的連接方式。
26. 如果活塞桿的長度是由外部行程頂端所決定，空壓缸須配置行程頂端調整的鎖定方式。
27. 空壓缸安裝時應避免扭曲，同時應避免操作時的側向負荷。
28. 空壓缸的固定方式應能承受所有預期的力量，同時應具備吸收側向剪

力和力矩的能力。

29. 單動空壓缸應具備排氣孔，以防止陷入的流體排出時對人員產生的危害。
30. 空壓缸的活塞桿應具備對可預見的凹孔、刮傷或腐蝕性流體的防護能力。
- 閥
31. 閥的選擇和固定方式應考量其正確功能的發揮、適當的防洩漏能力及對可預見的機械性和環境性的影響。
32. 當控制器失效時必須保持特定位置的啓動器，必須由彈簧式或撓爪式閥來控制。
33. 使用電路控制的閥時，應注意依照操作的環境加強安全防護性能；尤其是在高危害的環境下操作時，應增加其防爆及防水等性能。
34. 使用電路控制的閥時，應提供足夠的空間，以容納永久固定的端子台及端子台的接線，包括預留的延長線。
35. 使用電路控制的閥時，應具備防止零組件護蓋遺失的牢固的固定方式；即以螺絲及墊片固定。
36. 使用電路控制的閥時，其零組件護蓋應具備適當的保管裝置；即以鐵鍊保管，避免遺失。
37. 使用電路控制的閥時，其電線及纜線的接頭，應提供應變消除裝置或方法。
38. 使用電路控制的閥時，其電磁閥應能在其額定電壓 $\pm 10\%$ 時正常的操作閥，並具備防止外來流體或粉塵侵入的能力。
39. 當使用電路控制的閥時，應配置手動控制裝置，以避免電路控制失效時所引起的危害。此手動控制裝置應避免不小心的啓動，並在手動控制解除之後，才能將閥復歸。

其他安全需求

40. 空壓系統所使用的流體介質應由空壓系統的形式和特性決定，若有發生火災之虞時，應使用耐火或不燃性的流體介質。
41. 所有使用的流體，應與空壓系統及其零組件、彈性材料、封合材料、襯墊和過濾材料相容，並與製造商的建議相符。
42. 使用的流體需與空壓系統內其他流體如製程流體或保護性表面如油漆等相容。
43. 空壓系統應具備自壓縮空氣或中性氣體中移除外來固體、液體、和氣

體異物的方式。

44. 空壓系統需具備保持流體潔淨度的能力，以確保空壓系統及其零組件的安全操作，並符合環境的要求。
45. 空壓系統的過濾器及分離器應具備顯示方式，以顯示其需要進行維修和保養。
46. 如果過濾器堵塞時會發生危害，則應具備清楚的顯示方式，顯示過濾器堵塞的狀況。
47. 空壓系統應具備流體取樣口，以取樣流體檢測其潔淨度。若是此取樣口位於高壓流體的管路上，則應有警告標示說明可能會有高壓流體噴射的危害，同時取樣閥應加以遮蔽。
48. 空壓系統如果需要使用潤滑液體時，此潤滑液體需和空壓系統中所有的零組件、彈性材料、塑膠管、彈性軟管等相容。
49. 不論是硬管或是軟管，都應能夠避免可預見的損壞，並且不會限制調整、修復、更換或維修空壓系統零組件的作業。
50. 管線、接頭、流體通道、鑽孔或搪孔都不可以有外來的異物，如加工殘屑、鐵銹等，以避免造成空壓系統及其零組件的堵塞或損壞。
51. 安裝管線時，在管線的端點及中間適當處，應提供足夠的支撐，而此管線支撐不可以損壞管線或是影響氣體的流動。
52. 管線不可以用來支撐負荷，此負荷的來源可能是零組件的重量、衝擊、振動、或是突然的壓力變化。
53. 穿過通道的管線，不可以影響通道的正常功能。此管線應依照工作現場實際的狀況，埋入地下或是架高，並以管架加以支撐，若可行時，應具備防止外來損壞的保護。
54. 空壓系統管線的安全使用，應將工作現場的實際狀況納入考量。若選用塑膠管線時，系統內任何流體不可以對管線產生劣化或損壞。
55. 空壓系統使用快速接頭時，應注意：
 - (1) 接頭無法以強力的方式脫離，而引起危害；
 - (2) 壓縮氣體及微粒不會高壓噴射，而引起危害；
 - (3) 若有安全顧慮時，應配置可控制的壓力釋放系統。
56. 安裝撓性軟管時，應使用所需要的最短的長度，以避免銳角的轉折，和空壓系統操作時對軟管產生壓力。
57. 安裝撓性軟管時，其曲率半徑不可過小。
58. 安裝撓性軟管時，應將扭曲變形量降至最低，以避免軟管扭曲過度造

- 成堵塞。
59. 安裝撓性軟管時，應對軟管加以保護，以避免磨擦造成軟管的損壞。
 60. 安裝撓性軟管時，若干軟管的重量會造成管線的壓力及變形時，應對軟管加以支撐。
 61. 如果軟管或是塑膠管線斷裂或是發生洩漏，會導致軟管亂揮舞或是會有流體噴射的危害時，軟管應加以遮蔽。
 62. 若是空壓系統的非金屬零組件如過濾器、三點組合、氣水分離器、過濾器調壓閥、或潤滑裝置等損壞時，會引起人員的危害時，此非金屬零組件應加以防護或遮蔽。
 63. 空壓系統應具備維持系統壓力在安全範圍之內的控制方式，若是在空壓迴路中加裝壓力調節裝置以保障安全時，此壓力調節裝置應為自動釋壓型。
 64. 空壓箱的設計應使得正常操作狀態下，足以適當的將流體散熱，尤其是空壓箱未配置熱交換裝置。
 65. 空壓箱的容量應足以容納正常操作及維修狀態下所有的流體量。
 66. 空壓系統應永久的固定裝設壓力計。
 67. 流體添加孔應加以密封，使得添加孔關閉時外在異物不會進入空壓系統中。
 68. 空壓箱的通氣孔應裝設過濾器，過濾進入空壓箱的空氣，以保持系統對潔淨度的要求，裝設此過濾器時必須考量系統操作的環境。
 69. 空壓系統的壓力及流量控制裝置應妥善的保護，並禁止非授權人員任意調整。
 70. 可調整的控制裝置在調整後應能保持其位置，直到下次調整時才能改變位置。
 71. 若是設備上有多個自動和手動的相連控告裝置，且任一個控制裝置失效時會引起危害，則這些控制裝置應加以互鎖。若是緊急停止設備的操作不會引起危害，這些互鎖的控制裝置應能將所有的操作緊急停止。
 72. 當改變系統的操作參數會引起危害時，參數的改變應有明顯的指示。
 73. 空壓系統的壓力閥和流量閥應能防止工作壓力、工作溫度、和負荷的變化，而不會影響系統的安全操作，或是引起危害。
 74. 空壓系統排氣時，若是其音壓位準超過要求時，此系統應加裝消音器，且排氣口消音器本身不可以產生危害。

75. 空壓系統應防止高外在負荷時，系統內壓力持續的增加和累積，而引起危害。

驗證與操作資訊

76. 由於單獨的空壓系統不是完整的機械，因此在空壓系統連接到機械之前無法進行完整的測試。但是空壓系統的驗證可經由檢查與部份測試來達成。

檢查空壓系統及其零組件是否與設計的規格和安裝圖面相符合。

檢查空壓系統及其零組件的連接是否與配管圖與電路圖相符合。

進行操作測試，驗證空壓系統及安全裝置是否正常。

進行壓力測試，驗證空壓系統及其零組件在正常操作條件及最大工作壓力下是否能夠承受壓力。

檢查是否有流體洩漏的現象。

77. 製造商應提供足夠的空壓系統的圖面給使用者，包括配管圖和電路圖，其他資料包括所使用流體的物質安全資料表，搬運及廢棄流體的資料和應穿戴的個人防護具，若干發生火災時流體是否產生毒性或窒息性等資料。

78. 製造商應提供任何特定潤滑液體所有危害的詳細資料給使用者，所提供的資料應包括：

- (1) 衛生的要求；
- (2) 毒性；
- (3) 若發生火災時的窒息性；
- (4) 對生物化學及醫學的抵抗性；
- (5) 廢棄時的處理。

79. 維修資料應包括：

- (1) 外部潤滑點的位置，潤滑油的種類和需要潤滑的時程及時機。
- (2) 需要定期維修的部位，如壓力計，流量計，添加點，排放口，過濾器，測試點等的位置。
- (3) 說明流體最大容許的污染程度。
- (4) 說明對流體保養的程序。
- (5) 說明殘壓排除的程序，並指出系統內無法以正常的排氣系統將殘壓排除的部位。
- (6) 說明冷卻媒介物的流量，最高溫度，和適當冷卻時的容許壓力範圍。

80. 如果實際可行時，空壓系統的零組件都應有清楚且永久牢固的標示。標示內容包括：
- (1) 製造商或供應商的姓名和住址；
 - (2) 產品的辨識號碼或是型號及序號；
 - (3) 額定壓力；
 - (4) 製造日期，尤其是軟管的製造日期；
 - (5) 緊急聯絡方式。
81. 空壓系統的每一個零組件都應有一個清楚且永久固定的辨識編號或字母，此編號或字母必須與零件圖、零件表和配置圖相符合。
82. 空壓系統的排氣口、排液口、測試口、取樣口、及其他的開口皆應清楚的標示。
83. 非電子控制的閥控制機構及其功能應簡易與永久固定的標示，並與配置圖和電路圖相符合。
69. 電子控制裝置應在電路圖和空壓配置圖中標示，並需相符合。

相關法令、標準

1. 勞工安全衛生法第五條第一項第一款
雇主應有防止機械、器具、設備等引起之危害之必要且符合標準之安全衛生設備。
2. 勞工安全衛生法第五條第一項第三款
雇主應有防止電、熱及其他之能所引起之危害之必要且符合標準之安全衛生設備。
3. 勞工安全衛生法第五條第一項第八款
雇主應有防止輻射線、高溫、低溫、超音波、噪音、振動、異常空壓等所引起之危害之必要且符合標準之安全衛生設備。
4. 勞工安全衛生法設施規則第四十三條
雇主對於機械之原動機、轉軸、齒輪、帶輪、飛輪、傳動輪、傳動帶等有危害勞工之虞之部分，應有護罩、護圍、套洞、跨橋等設備。
5. 勞工安全衛生法設施規則第五十六條
雇主對於鑽孔機、截角機等旋轉刀具作業，勞工有觸及之虞者，應明確告知並標示勞工不得使用手套。

參考資料

1. 行政院勞工委員會，民國80年，台北，勞工安全衛生法。
2. 行政院勞工委員會，民國80年，台北，勞工安全衛生法施行細則。
3. 行政院勞工委員會，民國83年，台北，勞工安全衛生設施規則。
4. BS EN 983:1996 "Safety of machinery - Safety requirements for fluid power systems and their components - pneumatics"
5. Pr EN 752:1991 "Safety of machinery - Two-hand control devices"
6. EN 982:1996 "Safety of machinery - Safety requirements for fluid power systems and their components - Hydraulics"
7. Pr EN 1037:1993 "Safety of machinery - Isolation and energy dissipation - Prevention of unexpected start-up"
8. EN 50081-1 "Electromagnetic compatibility(EMC) - Generic emission standard - Part 1: Residential commercial and light industry"
9. Pr EN 50082-1:1994 "Electromagnetic compatibility(EMC) - Generic immunity standard - Part 1: Residential commercial and light industry"
10. ISO 2230 "Vulcanized rubber - Guide to storage"
11. ISO 2398 "Industrial rubber hose for compressed air"
12. ISO 2944 "Fluid power systems and components - Nominal pressures"
13. ISO 4400 "Fluid power systems and components - Three-pin electrical plug connector - Characteristics and requirements"
14. ISO 4414 "Pneumatic fluid power - Recommendations for the application of equipment to transmission and control systems"
15. ISO 5774 "Plastics hoses - Textile-reinforced thermoplastics type for compressed air - Specification"
16. ISO 6150 "Pneumatic fluid power - Cylindrical quick-action couplings for maximum working pressures of 10 bar, 16bar and 25 bar - Plug connecting dimensions, specifications, application guidelines and testing"
17. ISO 6952 "Fluid power systems and components - Two-pin electrical plug connector with earth contact - Characteristics and

requirements"

18. ISO 7751 "Rubber and plastics hoses and hose assemblies - Ratios of proof and burst pressure to design working pressure"
19. ISO 8331 "Rubber and plastics hoses and hose assemblies - Guide to selection, storage, use and maintenance"
20. ISO 8573-1 "Compressed air for general use - Part 1: Contaminants and quality classes"
21. ISO 10099 "Pneumatic fluid power - Cylinders acceptance test"