

產業節能減碳技術介紹 4

空壓系統

壓縮空氣無污染及清潔便利，廣泛應用於各產業，為工廠主要動力來源之一，壓縮空氣供給系統之設備包括空氣壓縮機、空氣桶、乾燥設備、過濾設備、輸送管線等主要元件，其中以空氣壓縮機為最大的能源耗用設備，也因此壓縮空氣系統的節能改善上，必須要求空氣壓縮機的高效率運轉。一般化學材料製造業將壓縮空氣使用製程氣動設備及噴槍用途，在廠區能源使用中也占不少比例，以下針對空壓系統如何進行節能進行說明：

1 空氣壓縮機的選擇

為能合理及高效率的運轉空氣壓縮機，首先面臨之問題即為如何在各式各樣的空氣壓縮機中，挑選出符合需求，且能在安裝後能高效率運轉者。在決定空氣壓縮機的类型與能力大小前，必須先確認以下各點：現場空氣消耗量、壓縮空氣品質及工作所需壓力。有以上各壓力等級之需求數據後，再考慮以下 3 項因素，即可決定出各壓力等級之安全需求量。

- 目前壓縮空氣之實際需求，並且確實瞭解壓縮空氣的用途，以避免造成錯用或誤用之狀況。
- 未來擴充時增加之需求量。
- 10~20%的允度(allowance)。

由於空氣壓縮機类型的不同，在操作上、效率上、乃至於保養上均有相當程度的差異，以下為类型選用時必須注意之事項：

- (1) 離心式及螺旋式效率介於 0.09~0.13 kWh/Nm³，往復式介於 0.13~1.17 kWh/Nm³，離心式效率優於螺旋式，螺旋式效率優於往復式，空壓機 50 Hp 以下較適合使用往復式。
- (2) 在全負載狀態下，離心式空氣壓縮機效率較高，故極適合作為基載機台或適用於負載變化不大之場合。
- (3) 在負載變化大的使用場合，為達高效率運轉，可利用多部機台調度運轉，避免空氣壓縮機處於低效率之低負載運轉。

- (4)空氣壓縮機的運轉成本極高，全年運轉 4,000 小時以上的空氣壓縮機，所耗用之電力費用可能足夠新購一部機台，故購買空氣壓縮機時，必須特別注意其運轉效率。
- (5)有油式空氣壓縮機不但購買成本低，保養費用一般也較低。
- (6)具進氣閥門容量調節控制的機台，雖能提供較穩定壓力的壓縮空氣輸出，但使用此類機台時應確保其能在高負載下運轉，意即使實際供氣量儘量接近額定供氣量。
- (7)瞭解各用氣端之最低使用壓力，以決定空壓機的額定排氣壓力，若使用壓力差達 3bar 以上時，就必須考慮使用高低壓分流。

2 空氣壓縮機輸出壓力與效率關係

對於輸出壓力降低所造成的效率提升，可藉表 1 所示的理論值予以計算。在常見之 7 kg/cm²G 輸出壓力下，降低輸出壓力至 6 kg/cm²G，效率約可提升 7.6~9.1 %。此一數據在實務經驗上即每降低 1 kg/cm²之輸出壓力可提升效率相當 4~8 %。由此可知，空氣壓縮機輸出壓力的降低確實有助於效率的提升與能源節約，空氣壓縮機輸出壓力及數量之考量如下：

- (1)當大多數機台的用氣壓力等級為低壓(5 kg/cm²G 以下)時，對於少數高壓機台用氣量亦可同時併入低壓系統中，但必須另購增壓機，以提高壓縮供氣壓力供高壓設備使用。另也可不併入低壓系統中，而使用獨立之高壓空氣壓縮機供氣。
- (2)當大多數機台的用氣壓力等級需求為高壓（如皆在 5~8 kg/cm²G），且約占總量的 80%以上時，對於少數低壓需求可從其管線上直接接管，再安裝減壓閥支應低壓需求量。
- (3)當兩壓力等級之用氣需求相當，皆超過總用氣量的 30%，且單一壓力等級的空氣壓縮機馬力達 100 Hp 以上時，可考慮針對每一壓力等級建置獨立的供氣系統。

表 1 各種輸出壓力調降 1 kg/cm² 對於壓縮機效率之提升比率

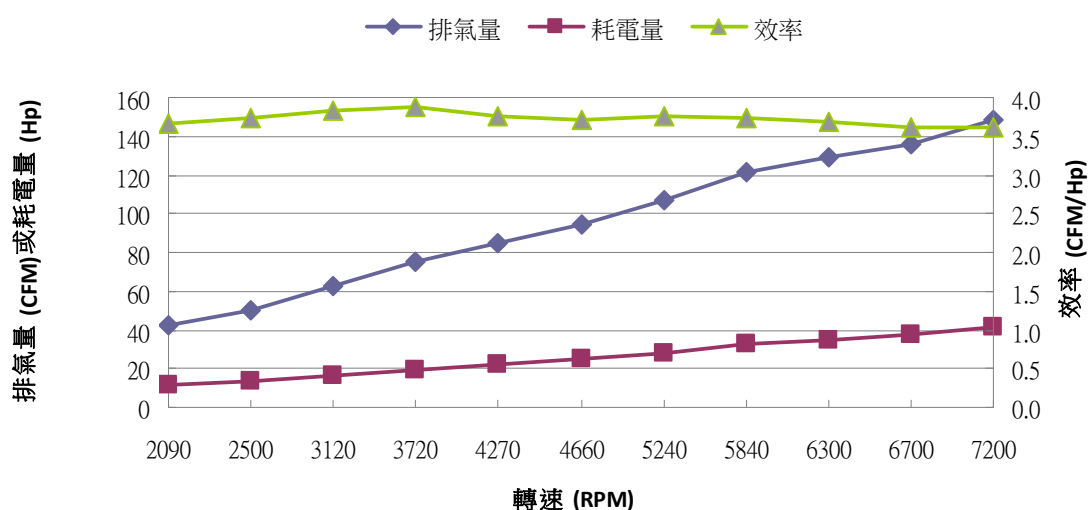
壓力降 (kg/cm ²)	效率提升比率(%)		
	一段壓縮	二段壓縮	三段壓縮
4→3	20.1	18.0	17.4

5→4	14.5	12.8	12.3
6→5	11.2	9.9	9.4
7→6	9.1	7.9	7.6
8→7	7.6	6.6	6.3
9→8	6.6	5.6	5.3
10→9	5.7	4.9	4.6
11→10	5.1	4.3	4.1
12→11	4.5	3.8	3.6

資料來源：余騰耀等，工廠節能減碳技術實務探討，工業污染防治季刊 109 期，經濟部工業局，2009 年 6 月。

3 變頻(穩壓)機台之效率

除上述藉由進氣閥門節流方式進行穩壓控制的空氣壓縮機台外，目前已有製造廠商開發利用變頻器穩定操作性能，且不犧牲空氣壓縮機運轉效率的機台。圖 1 所示的變頻空氣壓縮機為一進口機台，其原機台即設計採用變頻器，而變頻則採用增頻方式，即將 3,600 rpm 提高至 7,200 rpm。由檢測數據顯示，此機台於 3,600 rpm(約 50 % 負載)處可得最高供氣能源效率(3.8 CFM/HP 以上)，而其產氣能源效率在 2,000 rpm 至 7,200 rpm 之間皆能維持在 3.6 CFM/HP 以上的水準。



資料來源：余騰耀等，工廠節能減碳技術實務探討，工業污染防治季刊 109 期，經濟部工業局，2009 年 6 月。

圖 1 原機內裝變頻器之空氣壓縮機性能曲線圖(輸出壓力: 85.2 psig)

4 空氣壓縮機機房溫度

不論氣冷或水冷式空壓機都必須安裝廢熱導風管，將空壓機產生的廢熱氣(每馬力每小時約排熱 2,500 BTU(British Thermal Unit))導引至空壓機房外，如此方能避免廢熱氣被回吸進入空壓機內，造成熱氣短循環，而導致空壓機的排氣溫度不斷升高，結果不但耗費能源，更經常因此而造成當機。此外，空壓機房內部環境溫度之高低，對空壓機排氣量亦有非常大的影響，環境溫度由 21 °C 升高至 38 °C 時，空壓機排氣量將減少 5.3 %。

5 空氣壓縮系統有效管理及維護保養

(1)廠內空壓洩漏檢修

空氣壓縮機目的係為產出壓縮空氣透過管線傳輸至各製程中使用，若是於輸送過程中產生空氣洩漏，反而造成空氣壓縮系統大量能源浪費，一般工廠洩漏占全廠用氣 10~30%，因此如何改善現場工廠壓縮空氣的洩漏，將是工廠的主要工作之一。

(2)維護保養

空氣壓縮系統管路中設置許多濾網及過濾器用來去除空氣中之塵埃顆粒，避免灰塵進入製程中，但因增加過濾元件會造成管路壓降，因而造成能源的浪費，也因此須定期清理及更換濾網或過濾器，亦可檢討管路中非必要裝設之過濾元件，降低阻抗以節省空壓系統之能源損失。