

高壓水幫浦及空氣壓縮複合機

計畫目標

1. 本專案擬研發之產品項目為「高壓水幫浦及空氣壓縮複合機」，以一機兩用設計，使本設備一部機器同時具備水幫浦及無油式空氣壓縮機的結構，可選擇性執行高壓噴水及高壓空氣供給之功能，其中水幫浦可執行高壓噴水之功能，可直接使用或裝上清洗工具進行清洗或除銹的工作，無油式空氣壓縮機則可執行高壓空氣供給之功能且無漏油及環境污染之虞，直接使用可進行水清洗後之吹乾工作，裝上氣動工具後，可作為氣動工具之氣壓源，執行工業用途。
2. 本產品以空氣壓縮機高壓縮效率設計，使本設備空氣壓縮機空氣供給量充足，以提高氣動工具的操作效率。
3. 本產品以複合材料製造空氣壓縮機儲氣筒，使儲氣筒更輕易地攜帶，提高機動性，並免除傳統鋼鐵材料儲氣筒製造上所須之機械加工及拋光、烤漆、電鍍等表面處理增加之成本及污染。
4. 本產品更以空氣壓縮機無油式結構設計，免除一般傳統有油式空氣壓縮機容易造成之耗油、失油、空氣污染等現象，使本機型在嚴格禁止污染之場所如食品業、餐飲業亦可使用，應用範圍廣泛。
5. 本產品以空壓機低噪音設計，免除一般傳統空氣壓縮機以直接激烈方式進入氣壓缸進氣室，空氣衝擊大，噪音大的缺點，以降低噪音，使本產品更具完美性能且更具市場競爭力。
6. 由於本產品具備高壓水幫浦及空氣壓縮之複合功能，故本產品具有搬移機動性高、操作輕巧便利、功能完整、價格低廉的特性。

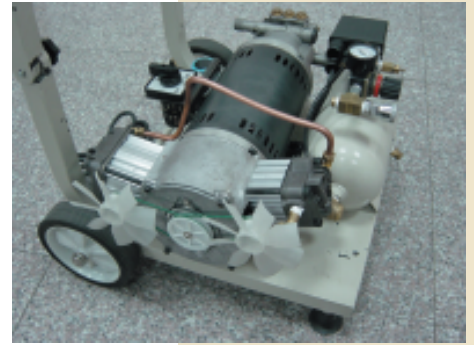
執行成果

項目	目標值	實際達成情形	項目	目標值	實際達成情形			
空氣壓縮機	壓縮級數	絕熱兩段式壓縮	依目標	空氣壓縮機	重量	19kg	17.8kg	
	輸出壓力	30kg/cm ²	正在測試有信心達成目標		傳動方式	直接傳動	直接傳動	
	結構	無油式	無油式		噪音值	76~79 dBa	正在測試有信心達成目標	
	使用品質	具冷卻、潤滑及阻滯效果設計	依目標		水幫浦	排水量	6升/分	正在測試有信心達成目標
	機件材質	鋁合金	鋁合金			輸出壓力	70 kg/cm ²	正在測試有信心達成目標
實吐量	95 升/分 以上	正在測試有信心達成目標						

項目	目標值	實際達成情形	項目	目標值	實際達成情形		
驅動馬達	輸出功率	1.5 HP	正在測試有信心達成目標	儲氣筒	材質	複合材料	複合材料
	電壓	110V	110V		重量	1.5~2 kg	1kg
	相數	2P	2P		桶容量	4.5升	5升
	電流	15A	正在測試有信心達成目標		工作壓力	25kg/cm ²	正在測試有信心達成目標
	頻率	60HZ或50 HZ	60HZ		最大壓力	30 kg/cm ²	正在測試有信心達成目標
			水壓測試壓力	60 kg/cm ²	正在測試有信心達成目標		

新產品 / 新技術簡介

1. 一機兩用設計：以一個驅動馬達配合單向離合器、馬達正反轉切換開關控制，分別驅動空氣壓縮機及水幫浦，執行空氣供給及水高壓噴出之動作，馬達正反轉切換開關向右撥時，馬達正轉，帶動馬達右端之單向離合器旋轉，驅動空氣壓縮機執行空氣供給之動作，此時，馬達左端之單向離合器內圈空轉，水幫浦靜止不動；當馬達正反轉切換開關向左撥時，馬達反轉，帶動馬達左端之單向離合器旋轉，驅動水幫浦執行水高壓噴出之動作，此時，馬達右端之單向離合器內圈空轉，空氣壓縮機靜止不動。透過馬達正反轉切換開關之控制，本機型可選擇性驅動空氣壓縮機及水幫浦，具備一機兩用的特性。
2. 儲氣筒結構輕量化設計：將儲氣筒材料由原先的金屬材料更改為高強度、耐溫、耐壓、耐磨耗、耐酸鹼的複合材料，以達到輕量化、小型化、符合環保考量的目標，並提升空氣壓縮機的使用品質；為了達到儲氣筒結構輕量化的目的，必須進行以下作業：
 - (1) 儲氣筒結構應力分析：進行結構應力分析，確定在工作條件下，儲氣筒所承受之氣壓值，進而分析出儲氣筒在工作條件下必須具備之機械性質（這些機械性質包括徑向抗拉強度、徑向抗壓強度、軸向抗拉強度、軸向抗壓強度、最大抗拉強度及方向、最大抗壓強度及方向）。
 - (2) 複合材料製成品化學成份分析及調配：進行複合材料製成品化學成份分析及調配，使複合材料製成品製造機械性質達到儲氣筒依理論分析所預期之機械性質。
 - (3) 儲氣筒結構最佳化設計：進行結構最佳化設計，強化儲氣筒之結構強度，決定儲氣筒之外型尺寸、壁厚、聯接頭上複合材料與金屬材料的組配方式等，使儲氣筒結構足以承受高氣壓以執行功能及維持壽命。
 - (4) 複合材料製成品樹脂轉注成形技術開發：a. 將 PP 或 PET 等塑膠材料，以吹氣成形方法，製成輕薄且氣密性佳的內膽。b. 將補強纖維包覆內膽後，置入模穴內，模具閉合後，將樹脂注入模穴內，樹脂固化後可取出脫模成品。c. 補強纖維可以沾黏劑或縫合方式定型，作為預成型物(PREFORM)以利操作，亦可配合編織成 3-D 之預成形物，強化積層間之強度。
3. 結構輕量化設計：將空氣壓縮機之機件之材質由原先之鑄鐵改為鋁合金，可減輕重量至原先之三分之一。
4. 空氣壓縮機進行高壓縮效率設計：進行以下設計，使空氣壓縮機之輸出壓力由傳統之16kg/cm²提昇至30 kg/cm²
 - (1) 空氣壓縮機高壓縮比結構設計：
 - a. 採絕熱兩段式壓縮：第一級氣壓缸出口，連接到第二級氣壓缸入口；第一級氣壓缸先對空氣進行一次壓縮，使出口壓力由 1 kg/cm² 提昇到中間壓力 p kg/cm² (p < 30 kg/cm²)，緊接著第二級氣壓缸壓，再對一次壓縮後之空氣，進行二次壓縮，使出口壓力由 p kg/cm² 提昇至 30 kg/cm²。
 - b. 氣壓缸配置角度與曲柄軸偏距最佳化設計：(a)因絕熱過程須滿足 P₂V₂^{1.4}= P₁V₁^{1.4} 的關係，其中：P₁：第一級氣壓缸壓之入口壓力。P：第一級氣壓缸壓之出口壓力，亦為第二級氣壓缸壓之入口壓力，即上述之中間壓力。P₂：第二級氣壓缸壓之出口壓力（本計畫欲開發產品 P₂= 30 kg/cm²）。V₁、V、V₂：分別在氣壓為 P₁、P、P₂ 之氣壓缸之容積。因容積為氣壓缸之衝程與氣壓缸活塞斷面之乘積，本計畫將氣壓缸活塞斷面視為控制參數，故各級氣壓缸之輸出壓力 P₂、P 值取決於各級氣壓缸之衝程。(b)兩段式壓縮欲達到預期之壓縮比，二氣壓缸在時序控制上必須達到「第一級氣壓缸進行壓縮過程時，第二級氣壓缸必須進行吸氣過程，而第一級氣壓缸進行吸氣過程時，第二級氣壓缸必須進行壓縮過程」的要求；由於二氣壓缸由同一馬達驅動，二氣壓缸在時序控制上要達到此要求的重要參數就是氣壓缸配置角度、氣壓缸曲柄軸心與馬達驅動軸心之偏心



距，而氣壓缸曲柄軸心與馬達驅動軸心之偏心距決定氣壓缸之衝程。

- c. 因此必須進行氣壓缸配置角度與曲柄軸偏心距最佳化設計，以滿足絕熱關係式及二氣壓缸在時序控制上之要求，進而達到空氣壓縮機高壓縮比的目標。
- (2) 氣體迴路系統最佳化設計：本計畫空氣壓縮機共有三個熱源，一為馬達，一為第一級氣壓缸，一為第二級氣壓缸，在工作過程中這些熱源，會使已壓縮之空氣再度膨脹，使得空氣壓縮機之效率降低；因此須有冷卻系統，移除熱源之高熱，才可使空氣壓縮機之操作過程接近絕熱過程，維持空氣壓縮機之額定輸出效率。本計畫移除熱源高熱之方式為：a. 於各熱源處各增設一冷卻風扇以降低各熱源之溫度及各熱源間相互傳導之效應。b. 在整體架構上，設計各種導流板，引導氣流之風向產生對流，達到冷卻效果。c. 整體架構以鋁合金製成，鋁合金為熱之良導體，熱傳速度快，容易散熱。
5. 空氣壓縮機無油式結構設計本計畫開發產品之空氣壓縮機屬無油式規格，因此無法以油對空氣壓縮機進行冷卻、潤滑及阻漏，故須對空氣壓縮機進行以下結構改良，達到冷卻、潤滑、阻漏之效果，以提昇及維持空氣壓縮機之效率。
- (1) 冷卻效果設計：a. 在各熱源處(包括馬達及氣壓缸)各增設一冷卻風扇以降低各熱源之溫度及各熱源間相互傳導之效應。b. 在整體架構上，設計各種導流板，引導氣流之風向產生對流，達到冷卻效果。c. 整體架構以鋁合金製成，鋁合金為熱之良導體，熱傳速度快，容易散熱。
- (2) 潤滑效果設計：a. 氣壓缸活塞密封環材質採用含石墨或二硫化鉬之 RULLON 等具潤滑效果之工程塑膠。b. 對氣壓缸缸壁進行鏡面處理，以減少磨擦阻力，及對氣壓缸缸壁進行陽極硬膜處理，以提高氣壓缸缸壁之硬度，達到耐磨耗之效果。c. 氣壓缸桿一端以高溫油脂滾針軸承與曲柄連結，氣壓缸桿另一端亦以高溫油脂滾針軸承與活塞連結，以降低氣壓缸桿與曲柄軸處及氣壓缸桿與活塞軸處因擺運動所造成之磨耗。
- (3) 阻漏效果設計：a. 對氣壓缸缸壁進行鏡面處理，以提高缸壁與壓縮環之密合性。b. 密封環採塔層式結構設計，並在壓縮環內部增設漲圈，使壓縮環更緊密貼附於氣壓缸缸壁，達到阻漏之效果。
6. 低噪音設計(a)曲柄箱進行封閉式設計。(b)使氣壓缸之進氣管環繞內部曲柄箱後接到氣壓缸進氣口，因此大氣得以迂迴緩和之方式進入氣壓缸，減低空氣衝擊，噪音下降。

技術合作單位

技術合作單位名稱：中山科學研究院第一研究所航空材料組
技術合作項目：壓縮機用複合材料儲氣桶開發

成果應用領域

1. 本產品具備一機兩用設計、儲氣筒結構輕量化設計、結構輕量化設計、空氣壓縮機高壓縮效率設計、空氣壓縮機無油式結構設計、低噪音設計等人性化設計，是屬於專業級高效能的優質產品。
2. 本產品廣泛應用於汽車清洗業清洗、吹乾、及打腊工作；亦廣泛應用於一般住家或建築大樓之窗戶、牆壁、地板、傢具之清洗及吹乾工作，及廣泛應用於食品業、屠宰業、食品加工業、餐飲業、家畜畜養業等工作場所之清洗及吹乾工作。
3. 本產品應用範圍如下表所示：



項目	應用範圍
高壓水幫浦及空氣壓縮複合機	(1)一部機器同時具備空氣壓縮機及水幫浦的功能，其中水幫浦可執行高壓清洗之功能，空氣壓縮機則可執行高壓清洗後之吹乾工作。 (2)廣泛應用於汽車清洗業清洗、吹乾、及打腊工作。 (3)廣泛應用於一般住家或建築大樓之窗戶、牆壁、地板、傢具之清洗及吹乾工作。 (4)廣泛應用於食品業、屠宰業、食品加工業、餐飲業、家畜畜養業等工作場所之清洗及吹乾工作。
水幫浦	(1)水高壓噴出，廣泛應用於各項設施高壓清洗工作 (2)可應用於消防。 (3)可應用於灌溉
空氣壓縮機	(1)執行高壓清洗後之吹乾工作 (2)作為氣動工具之氣壓源 (3)儲氣筒結構輕量化設計、結構輕量化設計，提高空氣壓縮機之機動性及攜帶性。 (4)空氣壓縮機無油式結構設計，操作無污染，加上低噪音設計，提高使用品質

專案執行重要心得

1. 本計畫對「高壓水幫浦及空氣壓縮複合機」具備一機兩用功能所採取之方式，是以一個驅動馬達配合單向離合器、馬達正反轉切換開關控制，分別驅動空氣壓縮機及水幫浦，執行空氣供給及水高壓噴出之動作；圖中顯示，馬達正反轉切換開關向右撥時，馬達正轉，帶動馬達右端之單向離合器旋轉，驅動空氣壓縮機執行空氣供給之動作，此時，馬達左端之單向離合器內圈空轉，水幫浦靜止不動；當馬達正反轉切換開關向左撥時，馬達反轉，帶動馬達左端之單向離合器旋轉，驅動水幫浦執行水高壓噴出之動作，此時，馬達右端之單向離合器內圈空轉，空氣壓縮機靜止不動。透過馬達正反轉切換開關之控制，本機型可選擇性驅動空氣壓縮機及水幫浦，具備一機兩用的特性。
2. 在輕量化部份，本專案分別進行儲氣筒結構輕量化設計及結構輕量化設計，使空氣壓縮機重量由傳統之 31kg 減輕為 19kg，儲氣筒結構輕量化設計及結構輕量化設計作法分述如下：
 - (1) 儲氣筒結構輕量化設計：將儲氣筒材料由原先的金屬材料更改為高強度、耐溫、耐壓、耐磨耗、耐酸鹼的複合材料，以達到輕量化、小型化、符合環保考量的目標，並提昇空氣壓縮機的使用品質；為了達到儲氣筒結構輕量化的目的，必須進行以下作業：
 - A. 儲氣筒結構應力分析
 - B. 複合材料製成品化學成份分析及調配
 - C. 儲氣筒結構最佳化設計
 - D. 複合材料製成品樹脂轉注成形技術開發
 - (2) 結構輕量化設計：將空氣壓縮機之機件之材質由原先之鑄鐵改為鋁合金，可減輕重量至原先之三分之一。
3. 本專案對空氣壓縮機進行高壓縮效率設計，使空氣壓縮機之輸出壓力由傳統之 16kg/cm² 提昇至 30 kg/cm²，方式為
 - (1) 空氣壓縮機高壓縮比結構設計
 - (2) 氣體迴路系統最佳化設計，詳述如下：
 - A. 空氣壓縮機高壓縮比結構設計：a. 採絕熱兩段式壓縮；b. 氣壓缸配置角度與曲柄軸偏心距最佳化設計；c. 因此必須進行氣壓缸配置角度與曲柄軸偏心距最佳化設計，以滿足絕熱關係式及二氣壓缸在時序控制上之要求，進而達到空氣壓縮機高壓縮比的目標。
 - B. 氣體迴路系統最佳化設計：a. 於各熱源處各增設一冷卻風扇以降低各熱源之溫度及各熱源間相互傳導之效應。b. 在整體架構上，設計各種導流板，引導氣流之風向產生對流，達到冷卻效果。c. 整體架構以鋁合金製成，鋁合金為熱之良導體，熱傳速度快，容易散熱。