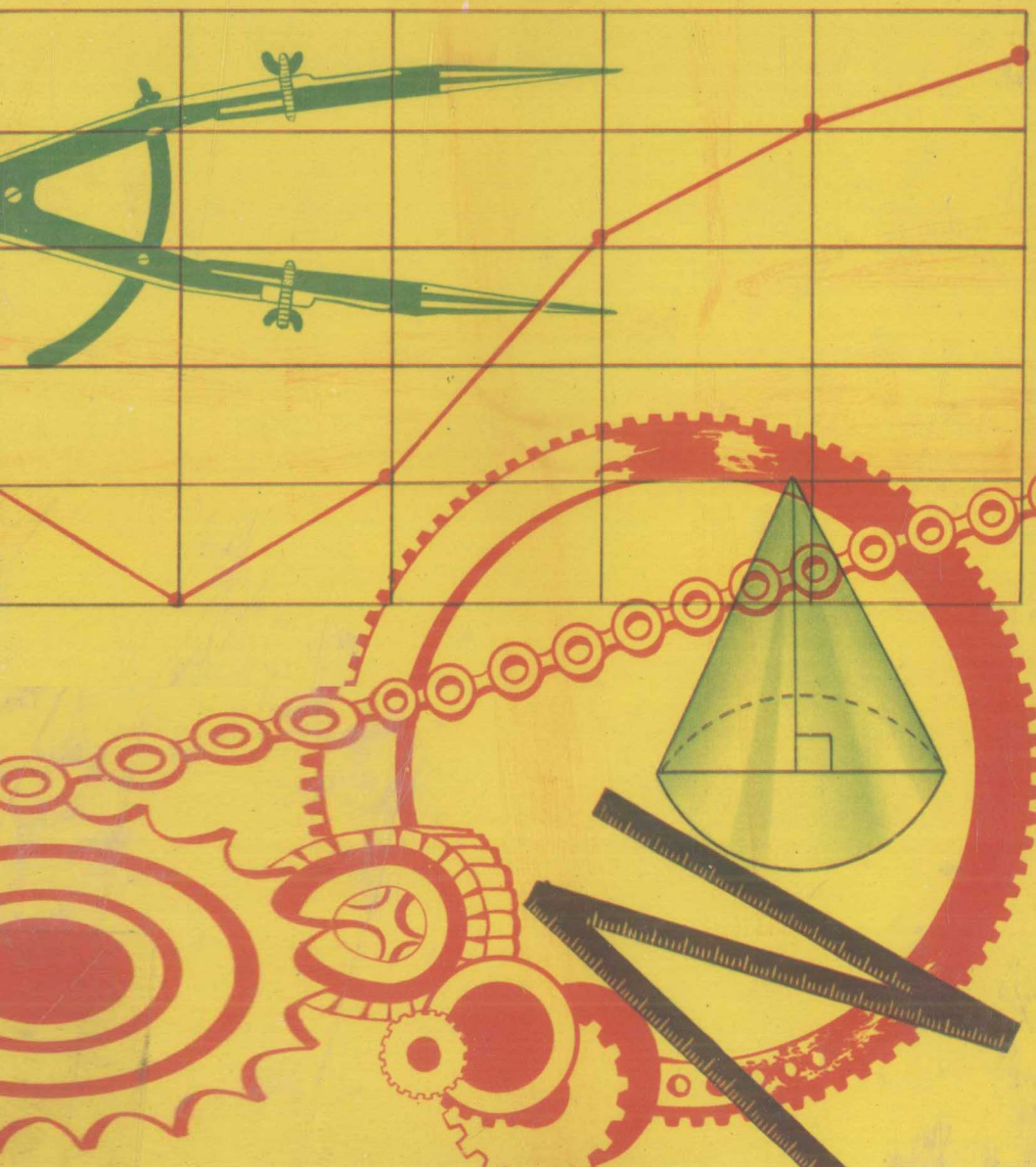


應用機械工學 3

容積形壓縮機

中條德三郎／押田良輝著／葉朝蒼譯／正言出版社印行



容積形壓縮機

江苏工业学院图书馆
藏书章



容 積 形 壓 縮 機

譯 者：葉朝蒼◇特價八十元

出版者：正 言 出 版 社

發行者：正 言 出 版 社

臺南市衛民街三十一號

本社業經行政院新聞局核准登記登記字號局版台業第0407號

發行人：王 餘 安

印刷者：美光美術印刷廠

臺南市鹽埕7號

中華民國六十六年四月初版

序

壓縮機是提高氣體壓力的機械，其種類有使氣體之體積減少而得壓力的往復壓縮機，及容積形的回轉壓縮機，與渦輪形的遠心及軸流壓縮機等。回轉壓縮的歷史非常悠久，同時也被廣泛地使用。最近回轉式螺旋壓縮機即被廣泛的採用，又渦輪形者使用大容量的遠心及軸流壓縮機。然而，容積形壓縮機在使用上較佔優勢，且用途遍及於生產方面，其性能為重要機械活躍的一環。

壓縮空氣，為動力源而使用在空氣工具、空氣機械，因使用上安全方便，故廣泛地被鑛山、土木建築、製造工業、機械工業等採用，而壓縮瓦斯被使用在化學工業，特別是氨氣、甲醇尿素等高壓合成化學、石油化學等製造過程之心臟部分，比重較小的瓦斯，或容量壓力比較高的，所使用聚乙烯（polyethylene）製造的2000～3500 氣壓之超高壓，壓縮機等不靠往復式來操作。但對於低壓真空部門就有真空乾燥、真空濃縮、真空含浸、真空鑄造、真空溶解等新式機械的發展和使用價值。

至於吾人日常生活不能缺少的冷藏庫、冷房裝置、製冰和化學工業用之冷凍機是靠煤瓦斯之壓縮，而由容積形壓縮機來完成的結果，均由本叢書之別冊分別詳述之。

本書既如此為多方面所重視並使用，對於理解容積形壓縮機所需要的基礎熱力學和往復運動之驅動機構及回轉壓縮機之壓力理論等有詳盡的敘述，對各種形式、構造、主要部品之說明，專由壓縮機之計劃者、現場使用的技術者，在可能範圍內作具體的說明。

作者是任職於日立製作所，經長年之研究、設計，且從事生產的伊藤茂、大谷巖、橋久、山本嘉已等綜合編輯而成的，如能為一般技術作為參考書而有所貢獻即為甚幸！

最後，謹向參於著作的各位作者，並提供資料的關係學會、公司等各位表以深致謝忱。

1970年6月

伊藤茂

容積形壓縮機

目 錄

1. 概 論

1.1	壓縮機之分類	1
1.2	各種壓縮機之特長與適用範圍	2
1.2.1	往復壓縮機	3
a.	汎用壓縮機	3
b.	中壓壓縮機	3
c.	高壓壓縮機	4
d.	超高壓壓縮機	4
e.	無給油壓縮機	4
1.2.2	回轉壓縮機	4
a.	root's 鼓風機	5
b.	可動翼形壓縮機	5
c.	螺旋壓縮機	5

2. 壓縮機之理論

2.1	基礎熱力學	6
2.1.1	氣體之狀態方式	6
a.	實存瓦斯時	7
b.	混合瓦斯	7
c.	空氣與水蒸氣，潮濕空氣	9
2.1.2	瓦斯之狀態變化	10

2 目 錄

a. 定容變化	11
b. 定壓變化	11
c. 等溫變化	12
d. entropy 熵	12
e. 斷熱變化	14
f. 多變變化	15
2.2 壓縮機之理論	15
2.2.1 壓縮機之循環	15
2.2.2 實際之壓縮機循環	17
2.2.3 多段壓縮	18
2.3 動力與效率	21
2.3.1 理論動力	21
2.3.2 指示動力	22
2.3.3 效 率	22
3. 往復壓縮機之驅動機構	
3.1 活塞變位，速度，加速度	24
3.2 慣性力及均衡合	30
3.3 扭矩變動與飛輪	35
3.4 特殊驅動機構	39
4. 往復壓縮機之基本計劃	
4.1 活塞之配列	41
4.1.1 1 段壓縮機	41
4.1.2 2 段壓縮機	42
4.1.3 多段壓縮機	43
4.2 往復壓縮機之基本計劃	44

4.2.1	單位之整理	45
4.2.2	對吸入狀態的風量之決定	45
4.2.3	壓縮段數	46
4.2.4	理論斷熱動力	48
4.2.5	軸動力	49
4.2.6	形式，行程，回轉數之決定	50
4.2.7	活塞之配置	51
4.2.8	各段壓力比	51
4.2.9	各段吸入溫度	52
4.2.10	各段吸入容量之決定	52
4.2.11	活塞力，慣性力	53
4.2.12	總 合	53

5. 主要部分

5.1	氣缸，活塞，活塞桿	58
5.2	瓣	68
5.3	格南襯墊	74
5.4	框架，大軸承，小軸承	76
5.5	冷卻器	81
5.5.1	水冷冷卻器	81
5.5.2	空冷冷卻器	87
5.6	排洩分離器	88
5.7	其他的附屬機器	90
5.7.1	安全瓣	90
5.7.2	空氣溜處	92

6. 容量調整

6.1	卸載機概論	94
6.2	卸載機之分類	95
6.3	各種卸載機之構造	95
6.3.1	回轉數變化	95
6.3.2	吸入瓣開放型	96
6.3.3	隙間容積加減型	96
6.3.4	壓力調整瓣	98
6.3.5	其他的卸載機	99
6.4	卸載機開閉器	100

7. 壓力脈動

7.1	脈動之發生	102
7.2	共振時壓縮機的性能變化	104
7.3	共振之診斷與防止	108
7.4	壓力脈動與振動	110

8. 潤 滑

8.1	潤滑 概論	115
8.2	活塞潤滑	115
8.2.1	飛濺式	115
8.2.2	強制給油式	116
8.2.3	給油量	117
8.3	框架潤滑	118
8.3.1	飛濺式	118
8.3.2	強制給油式	119

8.3.3	給油壓力，消費量	120
8.4	壓縮機潤滑油	121
8.4.1	壓縮機潤滑油之條件	121
8.4.2	粘 度	122
8.4.3	粘度指數	124
8.4.4	酸化安定性與熱安定性	124
8.4.5	引火點	126
8.4.6	防銹性，乳化性，清淨分散性	127
8.5	潤滑油之實例	128
9.	基礎，安裝	
9.1	基 礎	132
9.2	安 裝	136
9.2.1	基礎之點檢及基礎面之削平	136
9.2.2	假定求中心	137
9.2.3	固定中心	139
9.2.4	作水泥基礎	140
9.2.5	補機之安裝	141
9.2.6	配 管	141
9.2.7	安裝記錄	147
10.	運轉，保養	
10.1	試運轉	148
10.1.1	Secant's Test	148
10.1.2	油冲刷	148
10.1.3	作摺合運轉	148
10.1.4	清掃運轉	149

10.1.5	昇壓運轉	149
10.1.6	安全瓣測驗	149
10.1.7	連續運轉	149
10.1.8	容量調整試驗	150
10.1.9	振動測定	150
10.1.10	分解點檢	150
10.1.11	確認運轉	150
10.2	始動時之注意事項	150
10.3	於運轉中有需要監視的事項	151
10.4	停止時之注意事項	152
10.5	異常現象與其原因，對策	153

11. 應用，用途

11.1	汎用壓縮機	161
11.2	都市瓦斯	169
11.3	天然瓦斯	172
11.4	電力	172
11.5	石油化學，石油精製用	173
11.6	空氣分離	178
11.7	高壓化學用	180
11.8	超高壓壓縮機	181
11.9	其他	182

12. 真空幫浦

12.1	真空幫浦概論	183
12.1.1	定義	183
12.1.2	壓力與風量之表示	183

12.2 真空泵之特長	185
12.2.1 風量動力時特性	185
12.2.2 設計，構造上之特長	187
12.2.3 使用上之注意事項	187
12.3 真空泵之種類	188
12.3.1 分 類	188
12.3.2 往復自動瓣式真空泵	190
12.3.3 往復滑滾瓣真空泵	190
12.3.4 選定真空泵之問題	191
12.4 真空泵之用途與實例	192
13. Root's Blower	
13.1 理 論	195
13.2 體積效率	198
13.3 理論吐出體積	199
13.4 構 造	203
13.5 特 性	206
14. 螺旋壓縮機	
14.1 構造與原理	209
14.2 理論性能	214
14.3 容量調整	219
14.4 雜音及減音器	221
15. 可動翼回轉壓縮機	
15.1 構 造	223
15.2 理 論	225

15.2.1	翅膀空容積	225
15.2.2	效 率	229
15.2.3	主要諸元之決定適用範圍	230
15.3	容量調整	232
16.	其他之回轉 壓縮機	
16.1	液封形回轉式泵 (Nash pump)	235
16.2	強制驅動瓣式 (lotusco) 壓縮機	237
16.3	Kine 形 , Senco 形	240
16.4	Epitocoid形	241
17.	壓縮機之試驗法	
17.1	壓力之測定	243
17.2	溫度之測定	243
17.3	空氣量之測定	244
17.4	動力之測定	244
17.5	回轉速度	245
18.	購入策劃書	
	日本工業規格 (JIS B 8320 ~ 1968)	252
	付 則	275

1. 概 論

1.1 壓縮機之分類

壓縮機及送風機是使氣體產生熱能，而提高其壓力之機械，其種類極多，可分為容積形與渦輪形。而容積形就是氣體吸於汽缸或殼罩內之體積，藉著活塞或回轉翼縮小體積而提高壓力的，但渦輪形是藉著翅膀輪的遠心力或利用翼之揚力將速度與壓力加之於氣體，達成送風與壓縮之功能。

容積形有回轉式與往復式，回轉式之代表機種是由 root's 可動翼、螺旋形，圖 1-1 中的作動原理與壓縮範圍是由日本機械學會所制定的。

此種分類其吐出力是使用大氣壓以上的，但同樣原理，其吸進壓力，從較大氣壓為低的真空狀態至大氣壓，或者能將壓力提高的壓縮機叫做真空泵。

依照構造之分類如下：

壓縮段數	1 段，2 段，多段
壓縮方法	單動，複動
活塞配列	橫形，豎立形，L 形，V 形，W 形，串形，並列形，對向均衡形
冷却方法	水冷，空冷，中間冷却器
驅動方法	直結，V 皮帶驅動，齒車驅動
安裝方法	固定式，可搬式

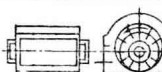
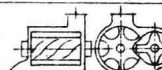
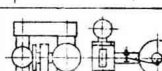
名稱		送風機		壓縮機					
		風扇	鼓風機						
類別	壓	1000mmAq 未満		1以上10mAq 未満		1kg/cm ² 以上			
渦輪形式	軸流								
	多翼								
	星型								
	渦輪								
容積式	魯氏								
	可動翼								
	螺旋								
	旋								
往復式	往復								
	復								
									

圖 1.1 送風機，壓縮機之分類

1.2 各種壓縮機之特長與適用範圍

以往的壓縮機，能隨時體會到往復壓縮機那種程度的範圍而被使用的，最近由於渦輪形壓縮機之進步和發展，而進步到往復壓縮機領域中，因往復壓縮機具有多種優點才為一般所用。

往復式比遠心式的壓縮率更佳，在風量較少時能輕易地舉出壓力

比。遠心式增加其段數時，效率則會顯著地降低，且往復式按照使用瓦斯之種類，其壓力上昇，沒有大變化，而遠心式，其壓力上昇與瓦斯之比重量成比例，最近大容量之遠心壓縮機，開始使用着 $200 \sim 300 \text{ kg/cm}^2$ 的程度，而從數百 kg/cm^2 至 1500 kg/cm^2 的超高壓則專門使用往復程式，而往復式，在壓力改變下其風量無多大變化。而遠心式對於小風量則會產生下垂和不安定現象。

1.2.1 往復壓縮機

往復壓縮機，其效率較佳，能得到極高壓力，但使用風量變多時，其活塞則變成大形，致往復動之部分之慣性力增加，其振動也會變大，故非堅固其使用基礎不可，因此使用對向均衡形，而使其往復部分之慣性力均勻，而提高回轉數。活塞數量增加 1 台來處理，所得的風量變大，到 7500 kW 的程度仍被使用。吸入、吐出弁亦使用自動弁，則完全沒有壓力損失，而能得到自動操作的優點。然而隨著風量增加其操作會變為不便，由於回轉數上升其弁板、弁彈簧會受到很高的重覆應力。

(a) 汎用壓縮機

壓縮空氣，較其他之動力源安全且對無理的工作較具效驗，特別對重量較輕之空氣工具更容易操作，故在鑛山、土木建築工事、鑄造、鍛造、製罐、機械加工場等，受廣泛地歡迎，其他亦有使用在空氣輸送、塗裝、重油燃燒、液體攪拌、氣昇泵等。壓力是 $7 \sim 8.5 \text{ kg/cm}^2$ ，在 100 kW 以上亦即為 2 段壓縮。直到 1000 kW 止，仍被當標準機種使用。

(b) 中壓壓縮機

壓力範圍在 $10 \text{ kg/cm}^2 \sim 100 \text{ kg/cm}^2$ ，為特殊動力使用和清

掃爐盤管、柴油引擎動用。除此之外幾乎都被使用在石油精製、石油化學、一般化學工業過程方面，包括空氣、氫、碳化氫等大部份。

(c) 高壓壓縮機

其壓力為 $1500 \text{ kg/cm}^2 \sim 1000 \text{ kg/cm}^2$ ，為氨氣、甲醇、氫添加等之合成化學用，且為數千 kW 之大形者為多，而於小形者，以特殊瓦斯容器代用者亦有。

(d) 超高壓壓縮機

其壓力為 $1500 \text{ kg/cm}^2 \sim 3500 \text{ kg/cm}^2$ ，現在以聚乙烯 (polyethylene) 合成用之 (ethylene) 乙烯壓縮機為主。

(e) 無給油壓縮機

往復壓縮機，即一般在活塞、氣缸之間所使用的潤滑油，依其用途，如氧氣瓦斯一樣是絕不能使用油的，食品工業用，計裝用空氣等亦均不可使用油，若在石油化學過程所用的碳化氫中，溶入潤滑油會有害的。因此在後半過程中會影響到製品的也不可使用潤滑油。因此將活塞作成彎曲形，而與氣缸保持小間隙，不使觸到構造的曲折形式，於活塞環及活塞裾使用碳或鐵氟龍 (Teflon) 的碳環式，Telfon 環式壓縮機，即被使用，其壓力數在 10 kg/cm^2 也可以使用，依材質及設計之改良，其壽命亦能延長，其用途亦逐漸擴大。

1.2.2 回轉壓縮機

回轉式在於機構中，不含有往復運動，所以能提高回轉，並能與原動機作直結的應合，其基礎或安裝面積也可盡量縮小，並適合可搬式；而又不需有吸入、吐出弁之關係，對於吐出氣流的比脈動也少，其空氣溜空也能縮小，效率屬於小容量，比遠心式更佳，但大體上劣於往復式。

(a) root's 鼓風機

壓力為 $500 \sim 500 \text{ mmHg}$ ，風量 $2 \sim 200 \text{ m}^3/\text{min}$ 。如其壓力升高，則其效率會降低。

(b) 可動翼形壓縮機

壓力 1 段有 $3 \text{ kg}/\text{cm}^2$ ，而在 2 段有 $8.5 \text{ kg}/\text{cm}^2$ ，風量有 $2 \sim 60 \text{ m}^3/\text{min}$ ，最近的可動翼使用 Bakelite 板，多使用可搬式。

(c) 螺旋壓縮機

root's 鼓風機不能在殼罩內作壓縮，故其壓縮效率較劣。壓力亦有限度，螺旋壓縮機則有雌雄之螺旋轉子，於殼罩內由定時齒輪保持最小空隙，將吸入空氣禁閉於齒輪間，並伴以轉子回轉，使其減少體積，到壓力上昇，因其無需潤滑油，故在無給油壓縮機的使用上用途甚廣。壓力在 1 段有 $2.5 \sim 3.5 \text{ kg}/\text{cm}^2$ ，2 段有 $5 \sim 10 \text{ kg}/\text{cm}^2$ ，至於 3 段則有 $30 \text{ kg}/\text{cm}^2$ ，風量在 $2000 \sim 60000 \text{ m}^3/\text{h}$ 程度仍可能，假使其壓力升高時，其漏氣亦會增加，故效率較往復式為差。

螺旋壓縮機是由無給油壓縮機演變而來，在壓縮室內，注入多量潤滑油，依照轉子之直接嚙合，來省略定時齒輪，使其構造簡單，在壓縮中所發生的熱則由多量的油來直接取除，又用油使齒形間，及殼罩之洩漏減少而提高其效率。因較往復壓縮機小，且其造價低廉，故汎用壓縮機有普遍增加之傾向。