



簡易機械講座

6

空氣機械

大木尚隆・川口準著 / 徐景福譯

●●●●●簡易機械講座6●●●●●

78.78
XJF

78.78
XJF

空氣機械

●●●●●徐景福編譯●●●●●

江苏工业学院图书馆
藏书章

銲接技術叢書

銲接叢書編集委員會／監修

劉榮宗譯

①鉛銲接的重點

有關鉛合金的銲接及施工方法，作有系統的介紹，並對試驗及檢查和管理詳情說明。

②高張力鋼銲接的重點

高張力鋼的種類、特性、不同的銲接方法，和施工的重點均作詳細說明。

③不銹鋼、耐熱鋼

銲接的重點

二種不同的性質，作各種不同的處理方法，本書有獨特的見解，為不可多得的一本好書。

④形鋼、鋼管構造

銲接的重點

有關建築骨架、水壩、發電廠之鋼管及導管之銲接方法，作有系統的介紹。

⑤新銲接方法的重點

科技技術在日新月異的今天，對從事於現場工作的人，新的銲接方法是不可忽略的一環。

⑥低溫用鋼銲接的重點

低溫用鋼，是一門特殊的技術，本書特將其用途、性質、方法作詳細介紹。

⑦鑄鋼、鑄鐵

銲接的重點

本書介紹在銲接上最不容易解決之難題，引進先進國家之科技，作詳細的介紹。

正言出版社印行

台南市衛民街三十一號

TEL: 52155 · 郵撥：31614

精密機械設計叢書

- ① 車床設計製圖
- ② 沖床設計製圖(平裝)
- ② 沖床設計製圖(精裝)
- ③ 桌上鑽床設計製圖(平裝)
- ③ 桌上鑽床設計製圖(精裝)
- ④ 齒輪減速機設計製圖
- ⑤ 螺旋·千斤頂設計製圖
- ⑥ 紋車設計製圖
- ⑦ 鍋爐設計製圖
- ⑧ 引擎設計製圖
- ⑧ 引擎設計製圖(精裝)
- ⑨ 泵設計製圖
- ⑩ 起重機設計製圖

自動化叢書

- ① 零件輸送圖集(平裝)
- ① 零件輸送圖集(精裝)
- ② 不等式傳動裝置(平裝)
- ② 不等式傳動裝置(精裝)
- ③ 變速裝置(平裝)
- ③ 變速裝置(精裝)
- ④ 動力變換機器(平裝)
- ④ 動力變換機器(精裝)
- ⑤ 動力傳動與控制(平裝)
- ⑤ 動力傳動與控制(精裝)

應用機械工學

- ① 焊接工作法
- ② 鑄工學
- ③ 容積形壓縮機
- ④ 送風機·壓縮機
- ⑤ 熱處理須知(平裝)
- ⑤ 熱處理須知(精裝)
- ⑥ 流體機械
- ⑦ 高能率研磨(上冊)
- ⑧ 高能率研磨(下冊)
- ⑨ 高能率研磨(合訂精裝)

序

所謂空氣機械，主要係指壓縮機及鼓風機等而言，其他諸如利用空氣的粉體輸送則係空氣機械的應用例。國內機械工程科系並無空氣機械課程，因而坊間此類書籍甚少見。譯者不憚其陋選譯此書，希對從事這方面工作的朋友有點幫助。

本書的內容，有如下之特點。

① 全書雖然以壓縮機、鼓風機為主，但應用方面也儘量舉例詳細解說。

② 爲了幫助讀者的理解及應用能力，儘可能以插圖、表、照片來補充文字敘述之不足。

③ 對於原理及定律的說明，採用平易的敘述；但對於積分、微分之式並不省略，俾使讀者明瞭公式的來由。

目 錄

1 空氣機械的概要	1
1.1 自然風的利用	1
1.1.1 風車的歷史	1
1.1.2 風車的形式及構造	2
(a) 風車的形式 (2) (b) 風車的構造 (3)	
1.2 空氣壓縮機、鼓風機的概要	5
1.2.1 空氣壓縮機、鼓風機名稱之區分方法	5
(a) 依壓力比之區分方法 (5)	
(b) 依壓縮方法之區分方法 (5)	
1.2.2 空氣壓縮機、鼓風機的特長及用途	7
(a) 往復壓縮機 (7) (b) 回轉壓縮機	7
(c) 軸流壓縮機 (9) (d) 軸流鼓風機	9
(e) 離心壓縮機 (9) (f) 離心鼓風機	9
1.2.3 壓縮機、鼓風機之最近動向	10
(a) 往復壓縮機 (10) (b) 魯氏鼓風機	(11)
(c) 可動葉片壓縮機 (13) (d) 離心壓縮機、鼓風機	(14)
(e) 軸流壓縮機、鼓風機	(15)
1.3 空氣機械應用裝置	18
1.3.1 超低溫裝置	18
1.3.2 真空應用裝置	20
1.3.3 原子爐的空氣機械	21
2 空氣機械的熱力學	23

2.1 空氣的組成及性質	23
2.1.1 空氣的組成及空氣分子	23
(a) 組 成	(23)
(b) 空氣分子	(24)
2.1.2 空氣的狀態量及其單位	24
(a) 壓 力	(24)
(b) 溫 度	(26)
2.1.3 理想氣體	27
2.1.4 空氣的狀態式及氣體常數	28
2.1.5 空氣的比熱	29
2.1.6 濕空氣	31
(a) 飽和濕空氣	(31)
(b) 相對濕度	32
(c) 絕對溫度	(32)
(d) 濕度的計算	32
2.1.7 濕空氣的氣體常數與比熱	37
(a) 濕空氣的氣體常數	(37)
(b) 濕空氣的比熱	(38)
2.1.8 平均自由行程	40
2.1.9 黏性係數	40
2.2 空氣的熱力學	42
2.2.1 熱與功	42
2.2.2 內能與焓	42
(a) 內 能	(42)
(b) 焓	(43)
2.2.3 Pv 線圖及功	43
(a) 可逆變化	(43)
(b) Pv 線圖及功	(44)
2.2.4 定壓比熱與定容比熱的關係	45
2.2.5 氣體的狀態變化	46
(a) 等溫變化	(46)
(b) 等壓變化	(47)

(b) 等容變化.....	(47)	(d) 絕熱變化.....	(47)
(e) 多變變化.....	(49)	(f) 不可逆絕熱變化...	(49)
(g) 阻塞變化.....	(51)	(h) 理想氣體的混合...	(51)
2.2.6 熵與 Ts 線圖.....	52		
(a) 熱力學第二定律 (52)		(b) 循環	(53)
(c) 卡諾循環.....	(53)	(d) 熵.....	(54)
(e) Ts 線圖.....	(56)		
2.2.7 穩定流動氣體之能量式.....	59		
2.2.8 噴 嘴.....	61		
2.2.9 升壓器.....	62		
2.2.10 空氣壓縮機的能量式.....	64		
2.2.11 空氣壓縮機理論上所需之功.....	65		
(a) 往復式.....	(65)	(b) 離心式.....	(66)
2.2.12 空氣壓縮機理論上所需動力.....	67		
(a) 等溫壓縮.....	(67)	(b) 絕熱壓縮.....	(67)
(c) 多變過程壓縮...	(67)		
3 鼓風機及壓縮機.....	72		
3.1 鼓風機及壓縮機的分類.....	72		
3.2 輪機形鼓風機及壓縮機	75		
3.2.1 軸流鼓風機及壓縮機.....	75		
(a) 軸流鼓風機.....	(75)	(b) 軸流壓縮機.....	(78)
3.2.2 離心鼓風機及壓縮機.....	80		
(a) 多葉片風扇.....	(90)	(b) 徑向風扇.....	(92)
(c) 輪機形鼓風機...	(94)	(d) 輪機形壓縮機.....	(100)
3.2.3 顫 動.....	102		

3.2.4	比較回轉度.....	104
3.3	容積形鼓風機及壓縮機.....	106
3.3.1	回轉式鼓風機及壓縮機.....	106
(a)	魯氏鼓風機... (106)	
(b)	可動葉片壓縮機... (107)	
(c)	螺旋壓縮機... (107)	
(d)	擺形壓縮機..... (109)	
(e)	羅他斯可壓縮機.....	109
3.3.2	往復壓縮機.....	110
(a)	單段往復壓縮機..... (111)	
(b)	高速立形壓縮機..... (111)	
(c)	橫行壓縮機..... (112)	
(d)	可搬式往復壓縮機..... (114)	
(e)	往復壓縮機的構造..... (115)	
(f)	多段壓縮..... (125)	
(g)	汽缸餘隙..... (131)	
(h)	閥、氣道的阻力..... (132)	
3.4	鼓風機、壓縮機的選擇方法及用途.....	133
3.4.1	製鐵、製鋼工業用.....	134
(a)	高爐鼓風用... (134)	
(b)	高爐氣體壓送用... (135)	
(c)	轉爐用..... (135)	
(d)	焦炭爐用..... (135)	
(e)	溶鐵爐用..... (136)	
3.4.2	隧道換氣用.....	136
3.4.3	礦山、煤坑用.....	137
(a)	動力空氣源用 (137)	
(b)	坑內換氣用..... (138)	
3.4.4	化學工業用.....	139
(a)	空氣分離裝置用 (139)	
(b)	石油精製用..... (139)	
3.4.5	都市氣體用.....	140
3.4.6	粉體輸送用.....	141

3.4.7	空氣調和用	142
3.4.8	冷凍機用	144
3.4.9	燃氣輪機及噴射發動機用	148
(a)	發電用燃氣輪機	(149)
(b)	汽車用	(150)
(c)	船舶用	(151)
(d)	機車用	(151)
(e)	噴射發動機用	(152)
3.5	鼓風機及壓縮機的試驗	154
3.5.1	鼓風機的試驗	154
(a)	鼓風機全壓或鼓風機靜壓測定	154
(b)	風量的測定	(159)
(c)	大氣壓、溫度的測定	(160)
(d)	軸回轉數的測定	(160)
(e)	軸動力的測定	(160)
(f)	空氣動力及效率的測定	(160)
(g)	效率的計算	(160)
(h)	規定回轉數的換算	(161)
(i)	噪音的測定	(161)
3.5.2	壓縮機的試驗	165
(a)	壓縮機之性能測定	(172)
(b)	空氣動力與效率	(173)
(c)	安全閥及卸載機試驗	(174)
(d)	試驗成績的表示	(174)
3.6	鼓風機及壓縮機的安裝、運轉	174
3.6.1	安裝	174
(a)	風扇與電動機的配置	(174)
(b)	防振構造	(177)

(c)	於配管及管路的摩擦損失…	(180)
3.6.2	運 轉……………	185
(a)	起動準備……	(185)
(b)	運 轉……………	(186)
(c)	停 止……………	(188)
(d)	分解修理……………	(188)
3.6.3	鼓風機及壓縮機的噪音……………	189
4	其他之空氣機械……………	195
4.1	壓縮空氣機……………	195
4.1.1	容積形空氣機……………	195
4.1.2	空氣輪機……………	198
4.2	各種空氣機械……………	198
4.2.1	氣動起子……………	198
4.2.2	氣動磨輪……………	200
4.2.3	氣 鑽……………	200
4.2.4	鉚釘鎚……………	200
4.2.5	鑽岩機……………	201
4.2.6	空氣鎚……………	202
4.2.7	車輛用空氣機械……………	203
(a)	空氣彈簧……	(203)
(b)	空氣制動機……	(204)
(c)	自動式車門開閉裝置…	(206)
4.2.8	空氣油壓靠模裝置……………	207
4.2.9	吹砂機……………	208
4.2.10	空氣揚水泵浦……………	209
4.2.11	真空泵浦……………	211
(a)	真空蒸着裝置…	(215)
(b)	真空吸着式搬送裝置	(216)
(c)	真空脫氣裝置…	(218)
(d)	真空浸潤裝置……	(218)

(e) 真空乾燥裝置… (221)	
(f) 太空醫學實驗裝置…… (221)	
4.3 粉體輸送 ……………	222
(a) 吸引式………… (223) (b) 壓送式………… (224)	
4.3.1 被輸送物的供給機器 ……………	225
(a) 吸引噴嘴………… (225) (b) 回轉閥………… (226)	
(c) 吹出箱………… (226) (d) 分離器………… (228)	
(e) 輸送管………… (229)	
4.3.2 粉體輸送的應用例 ……………	231
(a) 水泥的輸送…… (231) (b) 船舶裝卸…… (232)	
(c) 火力發電廠的灰渣處理………… (233)	
(d) 化學工場的粉體輸送………… (233)	
附表 ……………	235

1-1 自然風的利用

在人力、畜力以外之動力源缺乏的時候，水力及風力係作為動力源使用。水輪機（水車）與風車即為水力及風力應用下的產品，尤其是在無法獲得應用水輪的水流及地形的地區，很久以前即已知道利用自然風。

1.1.1 風車的歷史

風車的圓轉軸垂直於風向的單方的風車，最古老者要屬伊朗的魯斯堪省的風車，10世紀末期的波斯學者，對於此地的風車作如下的敘述。

魯斯堪省的地方，為風沙的土壤，風水毫不休止，為了利用這

1 空氣機械的概要

人類由於利用各種的機械、器具，使日常生活水準不斷的提高；而這些機械、器具當中，與空氣有關者不在少數。諸如家庭生活所用的電掃除機、電風扇，以至自行車、汽車的輪胎，電車的制動輦，門的開閉等莫不是利用空氣的裝置、器具。此外，於建築物與隧道的換氣裝置以及熔鐵爐等則用壓縮機、送風機等。

廣義的空氣機械，大別之可區分為空氣壓縮空氣動力機（Compressed air engine）。後者於第4章說明，本章敘述自然空氣流動形成風的利用，其次說明從外部施功壓縮空氣（或氣體）的容積，將此連續送出的鼓風機、壓縮機的概要，並且舉出二、三種有關這些機械的應用裝置。

1-1 自然風的利用

在人力、畜力以外之動力源缺乏的時候，水力及風力常作為動力源使用，水輪機（水車）與風車即為水力及風力應用下的產品，尤其是在無法獲得應用水輪的水流及地形的地區，很久以前即已知道利用自然風。

1.1.1 風車的歷史 風車的回轉軸垂直於風向的東方的風車，最古老者要屬伊朗的雪斯坦省的風車，10世紀左右的地理學家，對於此地的風車作如下的敘述。

雪斯坦省的地方，為風與砂的土地，風永遠不休止。為了利用遂

2 空氣機械

建造風車，藉此吸水灌溉庭院，生長穀類。

此種形式的風車，其後傳達至印度，中國。

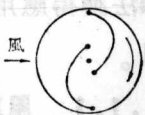
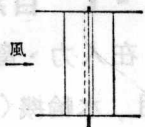
關於與飛機的螺旋槳相同形式之西方風車的起源，據說部分是東方風車由伊朗經俄國、斯干的那維亞半島（Scandinavia）經過商路而抵達歐洲的。但是，西方的風車係利用流體力學的原理較東方的風車進步遠甚，由此點來推測，亦有主張與東方的風車的起源完全不同之說。

無論其起源如何，風車從10世紀或更早已逐漸改良，到16世紀左右普及於世界各地。不過，在19世紀以後由於熱機、水力機械的進步，風車的實用性業已逐漸式微，現在想見一面風車的姿態還真不容易呢？

今後有進步之可能性者，厥為風力發電廠用的旋葉風車，最近在英、美、俄美國建造100～1000 kW 程度的試驗用風力發電廠，對於風力利用給人類帶來新的期待，同時越發使人注目可作為低開發地區的動力源。在日本已有供給離島燈塔用電源，無線電中繼用電源的實用風車發電裝置。

1.1.2 風車的形式及構造

(a) 風車的形式 風車可分為回轉軸平行於風向的旋葉形風車（西方的風車）及垂直於風向的圓筒形風車（東方的風車）。1.1圖為圓筒，稱為薩頗紐司風車。

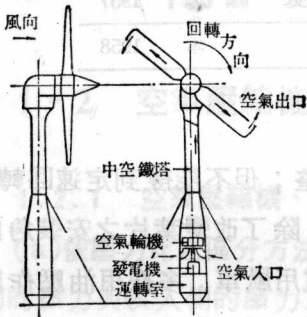


又，以輸出而區分，有數 kW 程度的家庭、農用的發電、揚水等使用的小形風車，以及超越100 kW發電用的大形風車，這類的風車均屬於旋葉風車（Propeller wind wheel）。

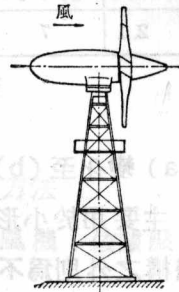
1.1圖 薩頗紐司風車

1.1 表所示，為目前建造的發電用風車之例。表中的真空式風車為新式的風車，如 1.2 圖所示，葉片為中空，於尖端有孔，基部連結於中空鐵。葉片回轉時空氣由於離心沿矢向流動，驅動設置於塔中的空氣輪機（air turbine），發電機直結於空氣輪機遂得轉動。

(b) 風車的構造 旋葉風車如 1.3 圖所示，於鐵塔之上安置本體，本體的後方裝設葉輪。如此，雖然無裝備尾翼，葉輪仍可定風向。本體之中容納有發電機、增速裝置、調速裝置。葉片之數為 2~6 枚，但為安裝可變節矩機構，多為 3~4 枚。



1.2 圖 真空式風車



1.3 圖 旋葉風車

風車各部的強度，除了在緊急的場合可以簡易的取下之家庭用小形風車外，設計時需能承耐颱風等之強風的最大風速。但是，強風時之回轉數過大；則強度上有危險，所以必需控制回轉數以保安全。又，發電用的風車，其回轉數非保持一定不可。基於上記的理由，風車一般均有控制回轉數的裝置。

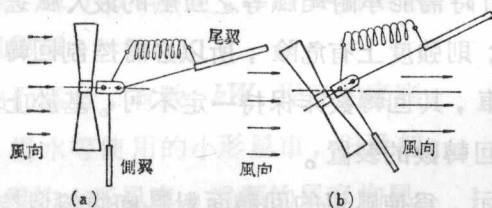
1.4 圖所示，為使風車的回轉面對風向傾斜以控制回轉數的最簡單裝置。即，如圖示般裝設側翼，風速增大時則加側翼的風壓勝過彈簧

4 空氣機械

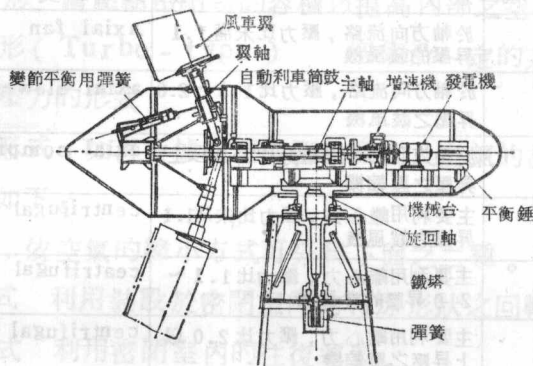
1.1 表 發電用風車之例

發電機輸出 kW	葉輪徑 m	形 式	備 考
100	30	旋 葉 形	俄 國 1931
1,000	53.3	“	美 國 1941
100	24.4	真 空 式 風 車	英 國 1953
100	15.3	旋 葉 形	英 國 1955
100	33.8	“	德 國 1957
100	24	“	丹 麥 1957
2.1	7	“	日 本 1958

，位置由(a)變化至(b)，回轉數得以調整；但不能得到定速回轉。此種裝置，主要用於小形風車。定速控制，除了改變葉片之安裝角的可變節距機構之外則為不可能。於大形發電用風車，多採用油壓作動的可變節距機構。又，對於小形風車，利用作用於葉片的離心力放變葉片之安裝角的方式亦使用之。1.1表的日本之風車係採用此種方式，其構造示於1.5圖



1.4 圖 利用偏向方式的控制裝置



1.5 圖 裝備有可變節矩機構的小形風車

1-2 空氣壓縮機、鼓風機的概要

1.2.1 空氣壓縮機、鼓風機名稱之區分方法

(a) 依壓力比之區分方法 空氣壓縮機、鼓風機，依據壓力比（吐出側的壓力與吸入側的壓力比）區分如下。

- ① 通風機（fan）或風扇： 壓力比未滿 1.1 昇壓之鼓風機。
- ② 鼓風機（blower）： 壓力比 1.1 ~ 2.0 昇壓之鼓風機。
- ③ 壓縮機（compressor）： 壓力比 2.0 以上昇壓之壓縮機。

又，將大氣壓以下的空氣壓縮至大氣壓而吐出的鼓風機、壓縮機以及排氣裝置稱為真空泵浦。此外，作成與風扇，鼓風機圖程度的負壓而行空氣的抽出者稱為排風機。

1.2 表，乃依據工業標準委員會壓縮機、鼓風機用語分科會所決定之壓縮機、鼓風機的名稱。

(b) 依壓縮方法之區分方法 獲得壓縮空氣的方法，如依作用原理而