

燃氣輪機動力廠

陳學俊編著

龍門聯合書局發行

目 錄

黃序	i
自序	iii

第一章 燃氣輪機動力廠之基本原理及發展過程

第一節 通說	1
第二節 基本原理	3
(一)燃氣輪機動力廠工作原理	3
(二)燃氣輪機動力廠之特點	5
第三節 燃氣輪機之發展過程	6
(一)燃氣輪機之早期進展	6
(二)燃氣輪機之近期發展	11
(三)今日通用之燃氣輪機	14

第二章 燃氣輪機動力廠之熱力理論研究

第一節 理想開式循環燃氣輪機動力廠	17
第二節 理想回熱循環燃氣輪機動力廠	20
第三節 實際循環與理想循環不同之原因	22
(一)壓縮程序	22
(二)輪機膨脹程序	23
(三)回熱器作用	23
(四)燃燒室影響	24
(五)機械損失	26
(六)其他損失	26
(七)工作物質比熱之變化	26

第四節	燃氣輪機動力廠之效率	27
	(一)壓縮後之溫度	27
	(二)輪機排氣之溫度	29
	(三)熱能供給量	30
	(四)效率	31
第五節	無回熱燃氣輪機動力廠之特性	31
	(一)壓力比率對無回熱燃氣輪機工況之影響	32
	(二)進氣溫度之影響	33
	(三)輪機及壓氣機效率之影響	36
第六節	影響燃氣輪機動力廠工況之其他因素	38
	(一)壓力損失之影響	38
	(二)壓氣機中間級冷却	42
	(三)空氣進入壓氣機溫度及地區高度之影響	43

第三章 輪機

第一節	輪機之基本原理	51
第二節	衝擊式輪機	51
	(一)衝擊式輪機之一般原理	52
	(二)衝擊式輪機之功率	54
第三節	反應式輪機	55
	(一)反應式輪機之原理	55
	(二)反應式輪機之計算	57
	(三)反應式輪機之功率及效率	58
第四節	輪機之其他問題	58
	(一)輪機空氣率之計算	58
	(二)高溫進氣問題	59
	(三)輪機冷却問題	60

第四章 燃燒室

第一節	燃燒室之設計概要	61
	(一)簡說	61
	(二)燃燒室之設計	61
	(三)燃燒室之使用	63
第二節	燃料需要量及燃燒之計算	64
	(一)燃料熱值之定義	64
	(二)一定負荷下燃料需要量	65
	(三)過量空氣	65
	(四)空氣—燃料比率	67
	(五)燃燒室之效率	68
	(六)燃燒室中空氣升高之溫度	68
	(七)空氣中含有水汽之影響	70
	(八)莫爾法之燃料計算	70
	(九)根據派生線估計燃料需要量	72
	(十)燃氣輪機之燃料供給系統	73

第五章 壓氣機及回熱器

第一節	壓氣機	74
	(一)壓氣機之條件	74
	(二)壓氣機之種類	75
	(三)軸向流型壓氣機之性能	76
	(四)離心型壓氣機之性能	78
	(五)正排量壓氣機之性能	79
	(六)各型壓氣機之性能比較	79
第二節	回熱器	80
	(一)回熱器之設計	80
	(二)回熱器之計算	80
	(三)回熱器與燃燒室之合用	81

第六章 燃氣輪機動力廠用作柴油機增壓及船舶動力機

第一節	燃氣輪機用作柴油機增壓器	83
	(一)波其系統	83
	(二)哥退佛肯系統	86
	(三)蘇爾茲研究	89
第二節	燃氣輪機用作船舶動力機	91
	(一)索史二氏之設計	92
	(二)厲達利亞他之設計	93
	(三)輪機之回轉新法裝置	95
	(四)賽德勒氏建議之方法	95
	(五)沙立斯白雷氏之建議	97

第七章 燃氣輪機動力廠用於機車

第一節	燃氣輪機早期應用於機車概況	99
	(一)美國增壓柴油機機車	99
	(二)歐洲增壓柴油機機車	99
第二節	瑞士燃氣輪機機車	101
	(一)布朗波弗兩千匹馬力燃氣輪機機車	101
	(二)布朗波弗五千匹馬力燃氣輪機機車	105
	(三)馬凱爾式燃氣輪機機車	106
第三節	美國燃氣輪機機車	106
	(一)阿力司昌莫之4800匹馬力燃氣輪機機車設計	106
	(二)奇異燃氣輪機機車	109
第四節	燃用煤粉之燃氣輪機應用於機車	110

第八章 燃氣輪機動力廠用於工業及電力廠

第一節	燃氣輪機之用於一般工業	115
	(一)油料及化學工業	115
	(二)弗洛克斯鍋爐與燃氣輪機	116
	(三)鋼鐵工業	118

(四)其他工業用燃氣輪機裝置·····	120
第二節 燃氣輪機之用於電力廠·····	123
(一)概說·····	123
(二)燃氣輪機用於電力廠之裝置及試驗結果·····	124
(三)具有廢熱鍋爐燃氣輪機動力廠與同容量蒸汽動力廠之性能比較·····	128
第三節 其他型式燃氣輪機動力廠之應用·····	132
(一)閉式循環燃氣輪機·····	132
(二)半閉式循環系統燃氣輪機·····	134

第九章 燃氣輪機動力廠用於航空

第一節 燃氣輪機用作飛機發動機增壓器·····	136
(一)飛機發動機以燃氣輪機增壓之原理·····	136
(二)輪機增壓之控制系統·····	140
第二節 燃氣輪機用作飛機原動機,包括噴氣推進器·····	144
(一)通說·····	144
(二)推進方法之效用·····	148
(三)飛機動力之需要量·····	150
(四)可用之動力·····	152
(五)飛機用燃氣輪機動力及噴氣推進優點之推論·····	160
(六)結論·····	161

第十章 燃氣輪機高溫材料問題

第一節 材料冶金理論簡說·····	163
第二節 高溫材料·····	165
(一)高溫性能試驗之方法·····	165
(二)鐵合金高溫之應用·····	165
(三)超高溫合金·····	167
(四)影響高溫材料熱強度之因素·····	167

第三節 高溫材料成分性能及其選擇.....	169
(一)高溫材料組成及性能.....	169
(二)高溫材料之選擇.....	170

附 錄

空氣之熱力學性質.....	172
符號名稱及單位對照.....	183
參攷書目.....	186
英漢名詞對照.....	188

燃氣輪機動力廠

第一章 燃氣輪機動力廠之基本原理及發展過程

第一節 通說

蒸汽機於十八世紀發明，於十九世紀漸趨完善，至二十世紀則蒸汽輪機發達完備。二十世紀上半期，燃氣機（通稱煤氣機）已經發展，順自然之趨勢，燃氣輪機隨之而發展，正如蒸汽輪機之於蒸汽機者同。各原動機之進展次序可分別列為：（1）蒸汽機（2）汽油機柴油機及燃氣機（3）蒸汽輪機之完成（4）燃氣輪機之發展。

燃氣輪機之工作原理固至簡單，茲以一簡例說明之。如，在樹林中有一堆柴火燃燒時，由燃燒所生之熱力產生一向上之熱氣流，即將對樹葉有一種壓力發生。如此種樹葉係生在一圓輪上，每一樹葉即像一片輪葉（Blade），而此輪將徐徐轉動，此即所謂一最原始之燃氣輪機矣。若使所燃之火源加熱，則此較熱之氣流將使轉速加快。空氣愈熱，則輪轉愈速，直至空氣達一種溫度而使樹葉全燃着而毀壞，正如早期之燃氣輪機輪葉之常易燒壞及損傷者同理。

第一次燃氣輪機發明之時期已無從查考，但在紀元前一百三十年，埃及亞歷山大城（Alexandria）之有名希羅（Hero）者，曾建造一種簡單之燃氣輪機。其原理為將一輪盤上裝有四隻輻射向管，四管中間與輪盤垂直方向裝一大管，加熱中間管內空氣時，致使四幅射向之管子中，發生空氣流動，由此產生衝擊之力量以使輪盤生轉動作用。

十七世紀之煙扛重器（Smoke jack）之原理與風車大致相同。其構造為一具有輪葉之輪盤，再由軸及齒輪連接傳動至一小磨上。此煙扛重器置於煙囪內，由於上升之熱出口氣體經過輪盤之影響而使之轉動，雖所生動力甚微，但所發生動力，可轉動一小磨以製碎肉之用。

近代之燃氣輪機與風車頗相似，惟流動之空氣或其他氣體以極有效之

運用及管制，噴射到輪機之輪葉上。燃氣輪機本身在今日已決非一種新發明，惟以往燃氣輪機之進展所遲滯不進之原因，乃在材料問題之未得滿意解決耳。

燃氣輪機之用於航空汽油發動機及重載柴油機以帶動增壓器 (Super-charger) 已極成功，此方面之應用，將無庸異議繼續擴展。事實上在航空及柴油機上之不用增壓器設備者，已趨沒落之途矣。

燃氣輪機之用於原動力機械方面，正在發展之初期，當燃氣輪之用於柴油引擎以拖動增壓器時，縱使廢氣進入輪葉時溫度在 1000°F 以下，仍可增加引擎總輸出量 50%。但如用於原動力機械，氣體溫度限制在 1000°F 以內，則燃氣輪機所能應用之範圍甚狹。當進入輪葉之氣體溫度達 1100°F 及特別謹慎之設計，則燃氣輪機之應用範圍即將行增廣。可用於鼓風爐煉鐵廠，可用於煉油工業，人造橡皮工業，多種造船及鐵路機車工作，以及中央發電廠一部份之用。現燃用烟煤之燃氣輪機已告成功，不獨在機車上實地試驗，且將擴大對各方面之應用，而大型之燃氣輪機，更將直接與蒸汽動力廠相競爭。

有少數廠家將進氣溫度提高達 1200°F ，使燃氣輪機之應用範圍更廣，在此種溫度，熱效率之高，已足使燃用之燃料費用減低，並可使一燃氣輪機單位之重量減至每匹馬力 30 磅以下，目前多級燃氣輪機設計者之目標，使進氣溫度在 1500°F 。在此種溫度下，則一多級燃氣輪機之熱效率，通常均超過柴油引擎，此溫度之限度已為美國奇異公司及其他製造為航空用增壓器及其他用之單級燃氣輪機所超過。惟用於航空中，所需壽命自較大型燃氣輪機者為短。

燃氣輪機上作噴射式飛機原動力之用者，其溫度在 1500°F 至 1800°F ，惟隨溫度之增高而減短使用壽命。用燃氣輪機以拖動螺旋槳 (Propeller)，有一特殊利益，即由輪機放出之廢氣，可利用之以供給一噴射器 (Jet)，以作推進 (Propulsion) 用之有效方法。

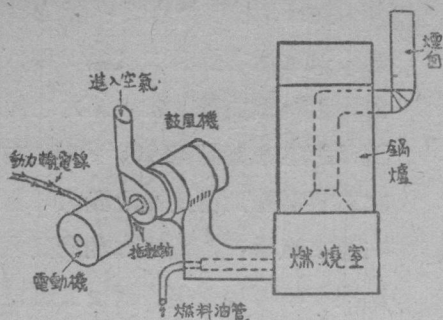
以上所述乃過去及現在之燃氣輪機概況，將來之發展，目前雖不能預測，然已可確知以往多年一般工程師及科學家所認為不可能之事實，已漸達圓滿解決階段，理想之燃氣輪機，即將日漸成功。

第二節 基本原理

(一) 燃氣輪機動力廠工作原理

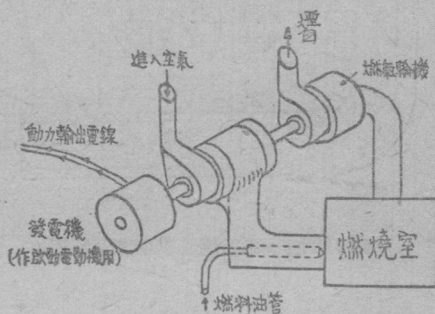
通常一簡單之燃氣輪機動力廠為輪機，壓氣機，燃燒室及回熱器四部份所組成，其工作情形如下所述。

燃氣輪機之使用，可以一改良式家庭通用之油燃燒器 (Oil burner) 以表示之。第 1-1 圖示一標準油燃燒器，係用一電動機拖動鼓



第 1-1 圖 用於家庭之標準油燃燒器。

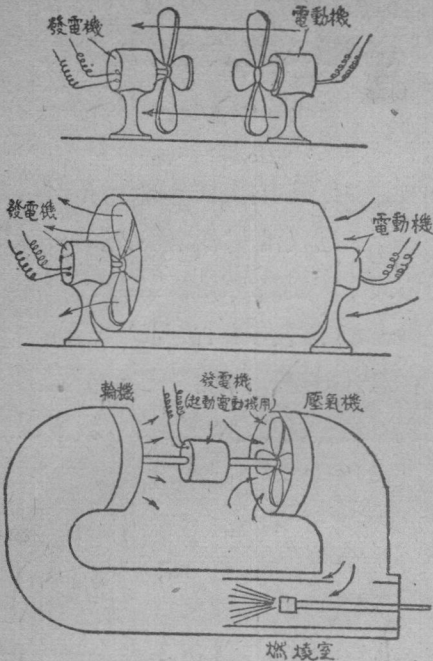
風機；在此種燃燒器中，空氣與油相混合於燃燒室中，所生之火焰以熱鍋爐，廢氣乃上升由煙囪放出。第 1-2 圖所示乃以一燃氣輪機代替鍋爐。由燃燒室發出之熱氣體以推動燃氣輪機之輪上葉尾。此燃氣輪機不但拖動鼓風機，同時亦拖動電動機使之生電，此電動機即轉成一發電機，由燃氣輪機以供給其所需之動力。



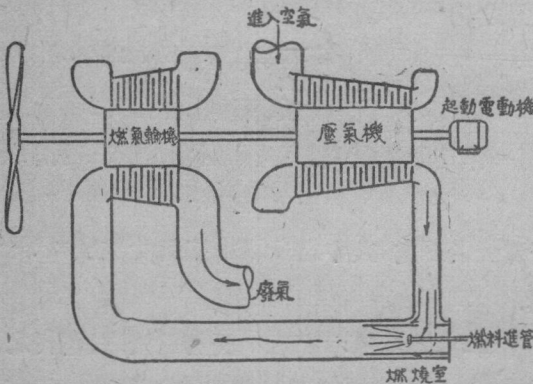
第 1-2 圖 簡單之燃氣輪機。

另一種燃氣輪機如第 1-3 圖所示。此處燃氣輪機單位，以二電動風扇表示之，其一作用如輪機，另一作用如壓氣機。此圖所表示示三種情形如下：

- 第一：使二風扇相對緊靠置於一處，其中之一以電拖動而生風，以此風力拖動另一風扇。
- 第二：將二風扇置於一相當之距離，而中間以一長管連接之，所得之結果相同，由空氣壓力拖動另一風扇。
- 第三：將二風扇用一軸連接，同時裝一電動機於軸上以拖動二風扇，另亦用一長管以傳遞空氣使由一風扇傳至另一風扇，在管中置一油燃燒器以熱空氣，亦即供給能於其中，於是左邊之風扇，一方面被右邊風扇之風壓力所推動，同時亦為燃燒室中產生之熱能



第1-3圖 電風扇為簡單燃氣輪機。



第1-4圖 簡單燃氣輪機單位無回熱器（輪機及壓氣機均為多級輪葉，轉動輪葉與靜止輪葉交替裝置）。

propeller) 乃用以吸收此全單位之動力。各排靜止輪葉均與各排轉動輪葉依次交替排列。每片靜止輪葉均導引熱氣體或空氣向着各轉動輪葉上流動。

當熱氣 (Hot gases) 離開輪機時，可任之逸入空氣中，以失去其所餘之

所拖動。

此種單位初發動時，軸上之電動機通常用之拖動二風扇，於是管內油燃燒器點着。當火箱內之熱達到足使空氣加熱至 700°F 時，左邊之風扇則將供給足量之動力以拖動右邊之風扇，則此時起始發動之電動機即不再需用矣。最後當燃燒室中氣體溫度更熱 (1000°F 溫度或更高) 則左邊風扇不但有足量之能以拖動右邊風扇，且供給動力至起動電動機，使之作用如一發電機以生電。

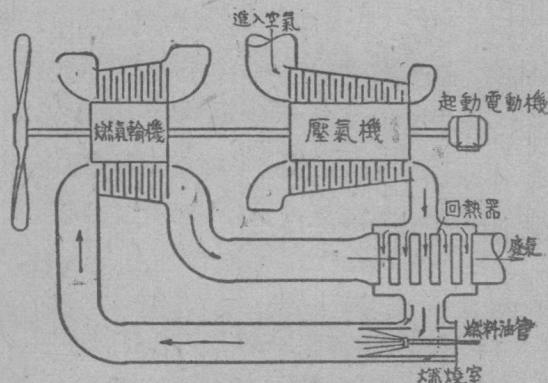
輪機部份可有一排輪葉如風扇然，或具有數排輪葉如第1-4圖所示 壓氣機亦可具有一排輪葉如風

扇然，亦可具有多排輪葉。具有多排輪葉之燃氣輪機，其熱氣體大部份熱能變成功之數量較單排輪葉者為多，因此可得較多之動力。

圖上裝置之輪機及壓氣機均屬有多排輪葉，因此可發生較多之有用動力，其上之螺旋漿 (Pro-

熱量，亦可利用此餘熱以加熱進入火箱之較冷空氣。用此種目的之復熱設備，謂之回熱器 (Regenerater) 或熱交換器 (Heat exchanger)。此名之由來，即由于交換或傳遞一部份廢氣之熱量，給于進入之冷空氣中，如汽車之水箱 (Radiator) 即屬此種之一，冷空氣經過水箱內部之管子，同時在箱內之熱氣體即環流於管子之外部。

第 1-5 圖示一回熱器使用於燃氣輪機以增進效率。回熱器之大小，須視所需要之程度而定。在航空上如用回熱器亦係極小型者；在火車中及輪船上所用者屬中型大小；在固定動力廠，空間非重要因素，所用則屬大型者。



第 1-5 圖 簡單燃氣輪機裝置具有回熱器。

第 1-5 圖所示之單位，包括有一輪機，一壓氣機，一回熱器及一燃燒室，此為最簡單及經濟之一種，尤其運用於一定載荷時。如載荷為不固定性者，則宜用二或以上之輪機，其中一或以上之數拖動壓氣機，及一或以上之輪機供給不固定負荷之用。

(二) 燃氣輪機動力廠之特點

由工程觀點言之，燃氣輪機使用於連續高溫中較其他各種發生動力機械為佳。當其他條件相等時，凡一熱機其進氣溫度愈高者，其效果亦愈高，鍋爐及蒸汽輪機迄今為止，最高之適宜溫度為 1050°F ，而燃氣輪機則可達 1500°F ，且尚可繼續增至更高之溫度。

燃氣輪機當進入壓氣機之氣體溫度降低時，則其動力增加甚速。在二哩高度之天空時，空氣之溫度甚低，因此航空用之燃氣輪機在高空時，能維持相當平均之輸出能量。

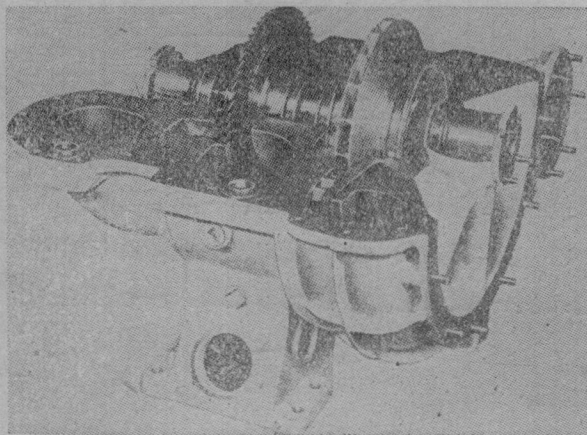
在嚴冬夜晚，蒸汽引擎或蒸汽輪機必須有適當處理以防止水之凍結，在零度左右之天氣時，駕駛汽車亦須加防凍劑 (Anti-freeze) 以防水箱結冰。但燃氣輪機既不用蒸汽亦不用水，無須顧慮凍結，實際上當外界空氣愈冷，

所得功能愈大。

燃氣輪機之重量甚輕，較蒸汽輪機為簡單，且無往復部份。

燃氣輪機用於引擎之增壓，目的乃在吸入最大量之空氣以發生最大之動力。以此法所生之動力，常較未用增壓者高百分之五十或以上；利用排氣燃氣輪機增壓器之效率，通常超過最好之機械拖動增壓器者達5%至25%之間，視所使用之處所而定。當用燃氣輪之增壓器時，引擎之重量增加甚微，因此動力與重量之比例更有改進。此種特點，對所有常移動式之設備 (Mobile equipment)，無論在地上，水面或是空中，更有其特殊價值。

第1-6圖示一移去上半部份之燃氣輪機增壓器，軸之左面為輪機之輪盤，右面則為鼓風機。此鼓風機乃為離心力單級式，空氣由中間吸入，再由邊緣因離心力作用而出。



第1-6圖 阿-哥 Alco(波其系統)式輪增機壓器，上部蓋移去。

當燃氣輪機用於拖動一增壓器之風扇時，其所用之熱氣即為所需增壓引擎之排出廢氣。此種增壓方法之為用，曾受多年之限制；惟現在應用日廣，已通用於大型二循環及四循環之柴油引擎以及大型航空用之汽油引擎矣。

第三節 燃氣輪機之發展過程

燃氣輪機之研究為時已久，茲將其發展過程分述於次：

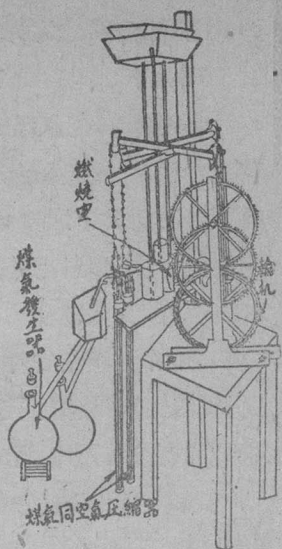
(一) 燃氣輪機之早期進展

(1) 約翰巴伯 (John Barber) 氏之設計

遠在 1791 年英國約翰巴伯氏曾得到第一次特許專利。所提出之原理與近代一般研究所得，頗相吻合，此專利之簡圖如第 1-7 圖所示。除壓氣

機為往復式外，其他各部份已包括近代燃氣輪機之全部份，約翰巴伯建議用木炭、煤、或其他適合之燃料，產生可燃之煤氣，從發生器所生之煤氣先至一共同接受器 (Receiver)，再送至燃燒室或火箱中，於此處與壓縮空氣混合而燃燒。此燃燒氣體再通至輪盤之輪葉上，另用噴入之水以助冷卻而防止輪機各部份之過熱。

約翰巴伯可能已首用燃氣輪機之名稱，以其所用於燃燒室中之燃料，乃發生爐煤氣，各種等級之油，甚至煤粉等。此式之燃氣輪機是否建造成功尚屬疑問，即如造成，由拖動往復式壓氣機所需大量動力，恐亦無何動力可以輸出。

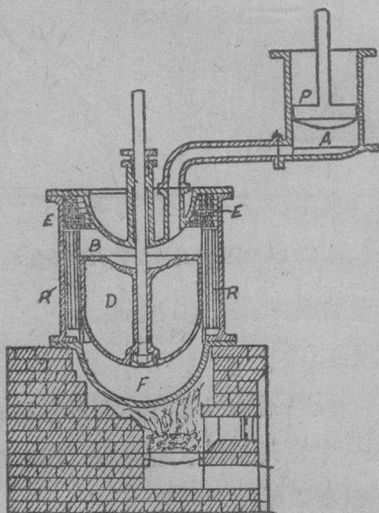


第 1-7 圖 第一次燃氣輪機專利器。

(2) 史透林氏引擎 (Robert Stirling)

十九世紀初期，史透林及依賴克遜 (Ericsson) 二氏曾作熱空氣機 (Hot air engine) 試驗，但此均屬往復式而非輪機式。

史透林氏引擎於 1827 年得到專利，乃第一人使用回熱式交換熱器，此種回熱器在近代燃氣輪機循環中佔重要地位。在回熱器內，於空氣進入空氣加熱器前，以引擎中排出之熱氣體為預熱壓縮空氣之用。此回熱作用發生於空氣在維持等容積時，因之隨溫度之上升，而壓力亦上升，等積回熱作用僅能使用於往復式引擎中，以後依賴克遜建議，回熱作用須於等壓中之行，則在輪機及往復式引擎中均能採用矣。



第 1-8 圖 第一次史透林引擎。

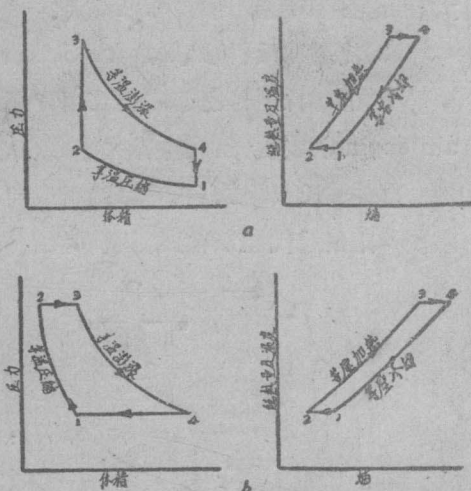
第 1-8 圖示第一次史透林引擎 A 為發動汽缸， P 為活塞， B 為空氣氣缸， D 為柱塞，工作於 B 內， F 為空氣受爐火加熱之空間。柱塞 D 內充滿磚灰或其他不燃材料，圓形回熱器 R 圍繞 D 周圍

E 爲在汽缸 B 上之冷凍器，乃圓形銅管製成，使冷水循環於其內。此引擎之循環如下：

當柱塞 D 在汽缸 B 之頂部時，所有空氣均在 D 下 F 空間內，受火之接觸而加熱。當空氣膨脹時，其壓力乃傳至工作汽缸使活塞 P 上行，柱塞於是下降使於其下之空氣經過回熱器而往圓筒及汽缸頂部之冷凍器。當柱塞至最低之位置時，活塞 P 即行下降，已將大部份熱量給于回熱器之 B 內，空氣更被壓縮，並經繞冷凍器之管子 E ，在此處空氣被冷卻，爐內之熱被 D 內之不傳熱材料所隔絕。由於飛輪之剩餘能量使 D 升起並使其上之空氣被迫下行經過回熱器，在此處接受一部份熱量，然後再往爐內。發動機之活塞 P 被此空氣膨脹而升起，此循環如此繼續。

此爲一簡單輕便式樣之機構，以示出史透林氏之發明主要原理，此處有熱源（爐子）冷源（冷凍器）並在此二者之間有回熱器，此器當空氣經過此往冷箱時吸去其中之餘熱，當空氣回到爐內經過時給還。

史透林及依賴克遜循環中之壓力容積圖及溫熵圖，分別表示於第1-9圖中如(a)及(b)，二循環之溫熵圖中之不同點，僅在等容線之斜度較等壓線者爲大。此二循環與卡諾循環(Carnot cycle)有相等之熱效率，但正如卡諾循環有實用機械所不能得到之等溫



第1-9圖 史透林及依賴克遜循環壓力容積器。

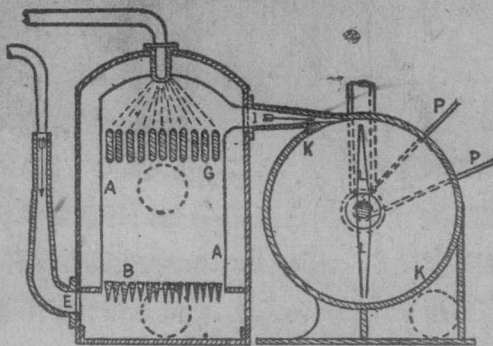
膨脹和等溫壓縮，在實際之動力設備中，其壓縮或膨脹幾趨於絕熱。

(3) 柏來生(Bresson)氏輪機

法國柏來生氏於1837年專利一種機器，幾包括輪機應有主要各部份，用一風扇以壓送空氣至燃燒室，於此與氣體狀之燃料相混合而燃燒，燃燒之生成物由過量之空氣冷卻，再導入一噴管以噴射於輪機之輪盤上。

(4) 傅林浩氏(W. F. Fernihough)之混合蒸汽輪與燃氣輪機

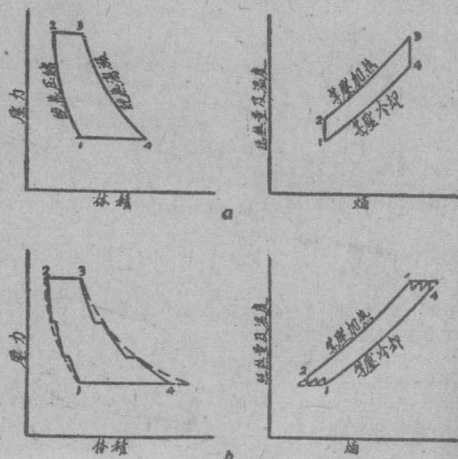
傅林浩氏之混合蒸氣及燃氣之輪機單位，於 1850 年在美國得到專利如第 1-10 圖所示。此設備包括一耐火材料所砌之燃燒室 A 內裝一爐條 B ，燃料即於爐條上燃燒，空氣壓入經過 E ，水由燃燒室上方噴射到 G 上，水蒸汽與燃燒氣體之混合物由噴口 I 噴出至輪 KK ，此乃許多用蒸氣及燃燒氣體拖動輪機專利之標準式樣。



第 1-10 圖 傅林浩氏輪機。

(5) 朱爾循環 (Joule Cycle)

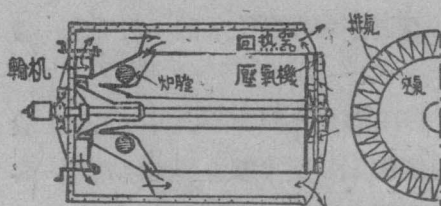
在 1851 年朱爾 (Joule) 氏曾提出有如第 1-11 圖之循環。朱爾循環是一切等壓燃氣輪機之基本循環，在同一溫度下工作，其熱效率低於卡諾循環。圖上 b 乃示各級間如何絕熱壓縮，且在每級中如何冷却至原來之溫度。同樣，每級中用復熱使其膨脹，與依賴克遜循環相近似，因此與卡諾效率相接近。



第 1-11 圖 朱爾循環。

(6) 孟龍 (M. A. F. Mennon) 專利

1861 年孟龍曾以固體燃料使用於開式燃氣輪機中得到特許專利，此種構成已包括近代有回熱器之開式燃氣輪機之各主要部份，圖 1-12 乃孟氏專



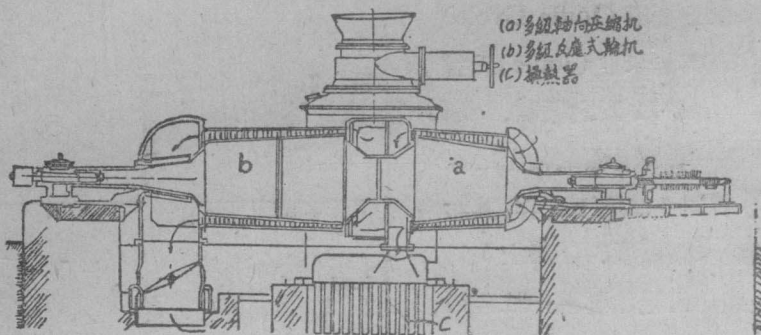
第 1-12 圖 孟龍氏輪機。

利說明圖。軸之右端有一單級離心葉輪，以壓縮空氣經葉輪進入回熱器內通路，可詳見於右方剖面圖。預熱空氣經過爐膛而使固體燃料在其中燃燒，且使“膨脹”之燃燒氣體成軸向放射而經過輪機葉輪而復回

經外部回熱器通道右端而逸出於空中。

(7) 司拖爾茲 (Stolze) 燃氣輪機

以現所知，第一座燃氣輪機製造成功及試驗者，為史拖爾茲於 1827 年所設計，而於 1900 年及 1904 年試驗。此輪機殊饒興趣，係為一多級之反式燃氣輪機及用一多級之軸向式 (Axial) 壓縮機，以該時工程上之進展情形及流體力學知識之限制，此種設計未能成功自在意料之中，即偉大發明家查理派爾生 (Charles Parsons) 雖於當時有極豐富之經驗及工程人才，亦司拖爾茲試驗同時放棄。回熱器管子由輪機壓縮機下接至爐底，熱氣體由燃燒床上升，從爐內 (見第 1-13 圖) 出來進入輪機上，於此處燃氣下行，

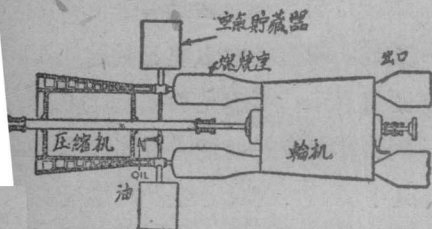


第 1-13 圖 司拖爾茲燃氣輪機。

回熱器管子 C 後，再行上升往煙囪而去。

(8) 寇的斯專利 (Curtis Patents)

在美國對汽輪機頗有成就之查理寇的斯氏 (Charles G. Curtis) 於 1895 年得到一特許專利燃用固體、液體、及氣體燃料之開式燃氣輪機，曾鼓吹使用多級軸向流型 (Axial flow) 壓縮機及複式速度衝擊式輪機 (Velocity-compound impulse turbine)，用水冷却噴嘴、旋轉部及固定部。第 1-14



第 1-14 圖 寇的斯燃氣輪機。

圖乃寇的斯氏建議燃用柴油之一種裝置。

雖然早期有許多研究工作，然對燃氣輪機實際進展無何成就，其主要原因是材料問題與壓氣機及輪機二者之低效率。壓氣機所用之動