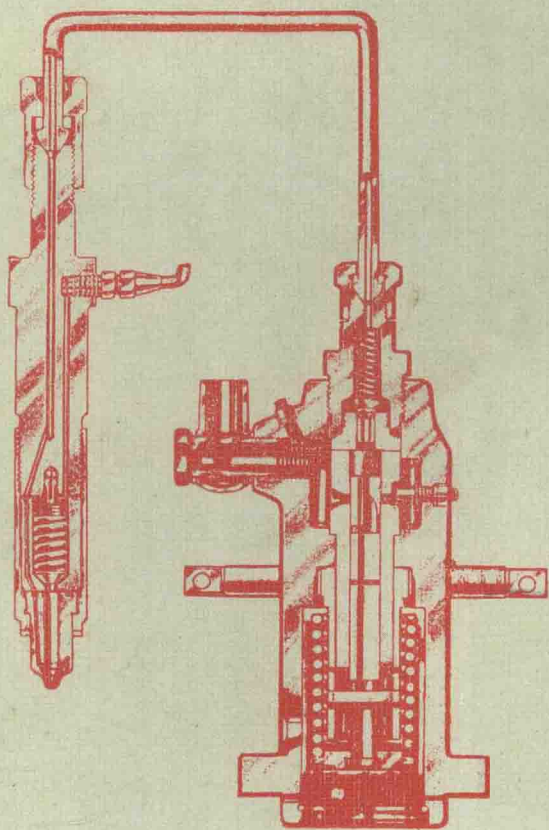


學 機 熱

著 編 廉 楊



行 印 公 司 書 圖 國 大 中

熱 機 學

楊 廉 編著

江苏工业学院图书馆
藏 书 章

大中國圖書公司印行



版權所有 • 翻印必究

編著者：	楊	廉
發行人：	薛	瑜
出版者：	大中國圖書公司	
印刷者：		

台北市重慶南路一段66號
電話：3111487 郵撥：2619號

登記證：局版台業字第0653號

中華民國七十一年五月初版

基本定價四元

編號：339

編輯大意

1 本書係遵照教育部最新頒布之大專工科課程標準編著，專供五年制，三年制及二年制工業專科學校，採用為熱機學之教材，並適於大學工學院，教學需要及參考之用。

2 本書共分九章，約二十餘萬言，足敷每週三小時，一學期教學之用或每週二小時，一學年教學之用，工科學校中除機械科系外，電機、礦冶、化工等科系之熱機學教學時數較少，書中之繁深數學計算與機構部份，可酌予刪減。

3 本書所用名詞，悉依教育部公布之〔機械工程名詞〕為準。

4 本書各章之敘述，力求精簡，理論則深入淺出，由簡而繁，使學者不致有艱澀難於瞭解之感。

5 書中各重要公式之應用，亦於書末附錄中列出備查。但對熱力學部份之基本原理，須溯本追源，如能量方程式、熱效率、熵等不但詳加闡述，並於討論熱力機械時，不斷重複提示，俾學者能切實理解。

6 本書以附圖說明熱力機械之工作原理與構造，主要目的為使學者獲知熱力機械之各種類別，至於各熱力機械之特殊細部設計，非本書討論能及，尚待學者另行參攷專書，及參閱製造工廠之說明。

7 對於燃料部份，如煤、石油及核子釋放能量之工作原理，皆分別加以說明。

8 編著學識淺陋，編著是書，謬誤多處，更所難免，尚望諸先進，有知而辱教之，俾再版時，得以訂正，無任感荷。

中華民國 71 年 6 月

楊 廉 於台北

熱 機 學

目 錄

第一章 總 論

1-1 熱力學的內容·····	1
1-2 熱力機械的基本原理·····	2
1-3 熱機發展簡史·····	4
1-4 燃 燒 ·····	10
1-5 熱效率與燃料熱值·····	16
1-6 蒸汽動力廠·····	17
1-7 內燃機動力單位·····	22
1-8 燃氣渦輪動力廠·····	24
1-9 核子動力廠·····	25

第二章 熱力學摘要

2-1 功及功率 ·····	28
2-2 熱能及功 ·····	29
2-3 因次與單位 ·····	29
2-4 物 性 ·····	37
2-5 熱 力 系 ·····	39
2-6 溫度、壓力與比容·····	43
2-7 氣體方程式·····	44
2-8 熱力學第一定律·····	49

2-9	熱力學第一定律之應用	53
2-10	功與壓容圖	58
2-11	熱力循環與示功圖	65
2-12	內能、焓與比熱	68
2-13	氣體之熱力過程及其應用公式	74
2-14	熱力過程之不可逆性與熱力學第二定律	78
2-15	卡諾原理與卡諾引擎	81
2-16	熵與溫熵圖	86
2-17	不可逆的絕熱過程與節流過程	91

第三章 石化燃料及燃燒，核子反應

3-1	燃料之種類	97
3-2	燃料之成分	98
3-3	煤質分析	98
3-4	煤之分類及其特性	99
3-5	煤 粉	103
3-6	煤之燃燒特性	104
3-7	煤之儲存	104
3-8	液體燃料	105
3-9	氣體燃料	106
3-10	燃料之燃燒	107
3-11	發熱量與杜朗公式	109
3-12	燃料測熱器	110
3-13	烟道氣之分析	112
3-14	超額空氣	113
3-15	分 子 量	113
3-16	混合氣體之體積組成轉換為重量組成	115

3-17	燃料之燃燒	117
3-18	乾氣體燃燒產物之分析	117
3-19	原子構造	120
3-20	原子命名法	121
3-21	同 位 素	122
3-22	原子質量	123
3-23	放射性的衰退	123
3-24	放射性衰退率	125
3-25	高能量粒子所引起的核子反應	126
3-26	分裂反應	126
3-27	質量與能量	129
3-28	質量的缺短	131
3-29	反應速度之控制	132
3-30	豐饒材料	133
3-31	節 制 器	134

第四章 內燃引擎

4-1	內燃機之定義	137
4-2	內燃發動機之簡史	137
4-3	內燃機與蒸汽機優劣之比較	139
4-4	內燃機之分類	140
4-5	內燃機引擎構造及操作原理	142
4-6	引擎的實際效率	152
4-7	內燃機之燃燒與爆震	155
4-8	引擎之分類	158
4-9	動力傳遞裝置	161
4-10	汽缸的充氣與排氣	163

4-11	汽油引擎燃氣的混合	167
4-12	柴油引擎的燃料噴射裝置	175
4-13	汽油引擎之火花點火裝置	179
4-14	冷卻裝置	181
4-15	潤滑裝置	183
4-16	調速裝置	186
4-17	內燃機之性能	187
4-18	柴油引擎之各種裝置	191
4-19	柴油引擎四衝程循環運動	192
4-20	燃燒狀態	194
4-21	柴油引擎二衝程循環運動	195
4-22	柴油引擎之優點	196
4-23	狄賽爾循環之熱效率	197
4-24	柴油引擎之運動情況	198
4-25	燃 燒 室	200
4-26	調速裝置	202
4-27	掃除容積	204

第五章 蒸汽動力廠循環

5-1	朗肯蒸汽循環	207
5-2	再生循環	210
5-3	重熱循環	212
5-4	工業上應用之若干動力廠循環	213
5-5	給水加熱器	215
5-6	熱交換器的計算	217
5-7	往復式水泵	220
5-8	離心式水泵	222

5-9	其他水泵	227
5-10	水泵的性能	228
5-11	蒸汽動力廠之通風	232
5-12	風 扇	234

第六章 鍋 爐

6-1	鍋爐之分類	241
6-2	火管式鍋爐	241
6-3	考尼士與蘭開夏鍋爐	242
6-4	立式火管鍋爐	244
6-5	臥式回管鍋爐	246
6-6	機車鍋爐	246
6-7	船舶鍋爐	248
6-8	火管式鍋爐之應用	249
6-9	水管式鍋爐	250
6-10	拔伯考克與威爾考克斯水管式鍋爐	250
6-11	斯特林水管式鍋爐	253
6-12	威克斯立式水管鍋爐	254
6-13	汽 壓 表	255
6-14	安 全 瓣	256
6-15	水平表與水柱	260
6-16	易 鎔 塞	260
6-17	受熱面，過熱面與爐篦面	261
6-18	鍋爐馬力	262
6-19	鍋爐經濟	262
6-20	鍋爐之效率	263
6-21	鍋爐內熱之損失	265

6-22	鍋爐輔助物	265
6-23	機械添煤法	266
6-24	煤粉燃燒	270
6-25	煤粉爐之燒火方法	272
6-26	用煤粉燃燒發生之問題與處理之方法	274
6-27	水箭與水牆	274
6-28	給水加熱裝置及鍋爐給水	275
6-29	蒸 發 器	282
6-30	鍋爐給水器	283
6-31	空氣預熱器	285
6-32	過 熱 器	286
6-33	通 風	287
6-34	自然通風	288
6-35	烟囪高度	289
6-36	烟囪所用之材料	290
6-37	機力通風	291

第七章 蒸汽機與蒸汽渦輪

7-1	蒸汽機之構造與作用	293
7-2	D型滑閥與偏心作用	296
7-3	各種改良之蒸汽機型式	300
7-4	蒸汽渦輪噴嘴之作用	304
7-5	蒸汽渦輪葉片之作用	309
7-6	渦輪之分級	317
7-7	渦輪的性能與損失	320
7-8	冷 凝 器	322

第八章 燃氣渦輪機與噴射引擎

8-1	氣渦輪機之構造	327
8-2	氣渦輪機之熱效率	328
8-3	氣渦輪機之壓容圖	328
8-4	氣渦輪機之增添設備	329
8-5	氣渦輪推進之飛機	330
8-6	火 箭	331
8-7	火箭之性能	333
8-8	火箭之燃料	333
8-9	火箭之構造	334
8-10	火箭之種類與應用	335
第九章 冷凍與空氣調節		
9-1	概 述	337
9-2	冷凍循環裝置及 Mollier圖	339
9-3	室溫調節	342
9-4	熱荷與冷荷之計算	344
9-5	濕度調節	346
9-6	空氣之清潔與流通	349
9-7	中心空氣調節設備與控制	351
附錄一	(a) 我國若干地區煤質分析	354
	(b) 煤質約略分析與熱值之關係	355
	(c) 石油比重	356
	(d) 燃料油比重與熱值之關係	357
	(e) 氣體燃料之成份與熱值	358
	(f) 燃料之燃點及所需空氣量	358
附錄二	物理量之符號、因次式及單位	360
附錄三	微積分之意義與應用	365

附錄四	(a) 氣體常數	375
	(b) 氣體變化之基本公式.....	376
	(c) 不同氣體過程之壓容圖與溫熵圖.....	377
附錄五	(a) 飽和水蒸汽表	379
	(b) 過熱水蒸汽表	382
	(c) 飽和濕空氣表	386
附錄六	溫度比較表	391
附錄七	長度折算表、重量折算表	392

熱 機 學

第一章 總 論

1-1 熱力學的內容

熱力學是熱力工程學的簡稱（Heat Power Engineering）；顧名思義，我們可以把它看為一門研究熱能與機械能的學科，而其目的則在「工程」，以謀致用之道。茲賦予定義如下：熱力學是研究熱能與機械能的相互關係，並謀經濟有效地加以變換，以爲人類服務的一門學科。

熱力學因爲不斷發展的結果，內容逐漸充實而趨於分裂，大體上可以分成兩大類：

（一）**理論研究類** 凡熱能與機械能的相互理論關係，以及熱之本質與傳導，各種工質（參閱 1-2 節）性質的研究，旁及燃料與燃燒的化學作用與物理等均屬之。可以分成許多專門學科如熱傳學（Heat Transfer）、氣體理論（Gas Theory）、燃燒學等。

（二）**機械研究類** 凡能完成熱能的轉變，以達成人類應用目標的設備，都是我們研究的對象；或可通稱之爲熱力機械。凡該類機械的性能與效率，包括其工作原理、機械構造、材料與設計，使用與保養、應用的條件與附屬設備等，均可作爲探討的項目。熱力機械又可分成兩大類：主要的一類是將熱能轉變爲機械能替人類工作，我們常稱

之爲原動機 (Prime mover) 或俗稱引擎 (Engine) 也有逕稱爲熱機 (Heat engine) 者。另一類是利用機械能完成熱的轉移, 以維持某一部位的特定溫度。由於熱能天然地從高溫區域流向低溫區域, 而這類機械能將熱量從低溫區域移到高溫區域, 很像水泵 (Water Pump) 將水從低處流送向高處, 因此也可視爲泵熱 (Heat pumping) 的機械, 此類機械可因用途而分爲冷凍機 (Refrigerator) 與空氣調節機 (Air Conditioner) 等。至於輸送水質用的水泵、鼓風機 (Blower), 以及與此相仿的空氣壓縮機 (Air Compressor) 及空氣引擎 (Air Engine) 等, 以至於完成熱機操作所必須的附屬設備, 在廣義的熱力機械中也包括在內。上面所述的各種機械, 可各獨立成爲一門學科如內燃機 (Internal Combustion engine), 蒸汽動力廠 (Steam Power Plant) 渦輪 (Turbine) 冷凍機、水泵等。

本書命名爲熱機概論, 作者希望能藉簡扼的文字, 對於各熱力機械的理論與實際, 作一概括的介紹。至於許多深入的討論, 不得不省略, 留待讀者另行參閱專書。

1-2 熱力機械的基本原理

依據物理學上的已知觀念, 吾人知熱能是物質分子的運動能, 而機械能則係物體可以做功 (Work) 的能力; 此二者之存在, 均需依附於物質之上。熱力機械既以功與熱之轉換爲目的, 則亦必有某項物質作此種轉換之媒介; 吾人稱此種物質爲工質或工媒 (Working Substance or Working medium)。習見的內燃機中, 係以空氣與燃料之混合氣爲工質; 在蒸汽機中則用水蒸汽或其他蒸汽爲工質; 在冷凍機內以氨或其他化合物爲工質。

工質之作用 當工質從一高溫的熱源 (Heat Source) 中取得

熱量而進入原動機後，依物質不滅定律，不會消滅而仍必排出，進入一熱穴中（Heat sink）如圖 1-1 所示。如果原動機能對外作功，那麼作功必須消耗一部分能量。依據能量不滅定理，離開原動機的工質其所含之能量一定比進入原動機時為低；由此則從熱源來的高溫物質，必定以較低溫度流入熱穴中。

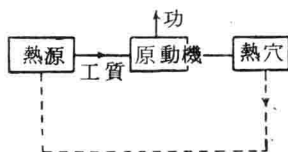


圖 1-1 原動機之工作原理

反之，在一冷凍機中，吾人希望能從低溫區域將熱能送到高溫度區域，那末由冷體來的低溫工質，在冷凍機中必須接受外來的功，使在適當安排下變成熱能，如圖 1-2 所示。

熱力過程與熱力循環 比較圖 1-2 及 1-1 兩圖，可知冷凍機與原動機的工作原理是相似的，僅工質的流動方向與作功方向恰好相反而已。

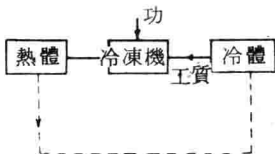


圖 1-2 冷凍機之工作原理

工質在運行中發生溫度等性質變化，吾人謂其經歷一熱力過程（Thermodynamic process）。如果圖 1-1 中熱源是一個繼續燃燒中的爐子，熱穴是大氣層，都不會由於工質之進出而變更其溫度，也就是該兩者之熱容量（Heat capacity）視為無限大。在此情形下如果將熱穴中的工質，用任何方法如虛線所示送回熱源，那末有限的工質可

以連續不斷作功。功質不斷在三者間循環運行，吾人謂其經歷一熱力循環（Thermodynamic cycle）。如果圖 1-2 中以冰箱為冷體，大氣為熱體，冷動機中工質的變化也與此相類似，祇是方向相反而已。

熱力學第一定律 工質在熱力機械中，不論它是原動機或冷凍機，均有熱能與機械能的變化，其相互關係應符合能量不減定律，宇宙中各種能量，不論以何種方式存在，其總量恒不變，即使在相互轉變時亦然。此定律應用在熱力學上就是熱力學第一定律（First Law of Thermodynamics）：當熱能轉變為機械能作功或功轉變為熱能時，兩者之總和將保持不變。

熱力學第二定律 理論上，物質之溫度降至絕對零度（ -460°F or -273°C ）時，其內蘊之能量始能視為零。當工質離開原動機時，因為在經驗中不可能達到絕對零度，則其中仍必保有若干熱能。換言之，工質中之熱能經過一原動機後不能完全轉變為功，也就是說熱能轉變為機械能有其事實上的限制，為說明此種限制，遂有熱力學第二定律：要建造一個原動機，使連續不斷地將熱量完全轉變為功，是不可能的。如果吾人假想在一特定情況下，熱穴溫度達到絕對零度，則進入原動機的工質所內蘊之能量可能全部轉變為功，但若無一消耗功之冷凍機維持熱穴之低溫，則熱穴溫度必然提高，因為大氣中之熱量必因溫度差而自動流入熱穴內，是故不可能連續不斷地操作。〔註〕

註：熱力學第二定律之另一種說法；即熱能不能自動由低溫區域流向高溫區域，此一說明初學者較易接受。如熱可以自動由低溫區域流向高溫區域，則熱穴溫度可自動保持絕對零溫而連續將熱量完全轉變為功矣。

1-3 熱機發展簡史

通常以瓦特發明蒸汽機（Steam engine）認為是現代熱機的鼻祖；實則瓦特之蒸汽機，係改良 1705 年所發明的 Newcomen 引擎而來。圖 1-3 所示的 Newcomen 蒸汽水泵，左右抽水筒，右為汽缸，內各有活塞（Piston），由槓桿及鏈條連接，可以 P 為支點而擺動。A、B、C 均為活閥（Valve）。當汽缸中之蒸汽由汽鍋經 A 閥進入，推動活塞向上，抽水筒中之活塞下行。抽水筒之進出口各裝一個止回閥（Check valve）祇能因壓力作用向一個方向開啓。抽水筒活塞下行時，關閉進口之止回閥而壓開出口之止回閥，將筒內存水壓出。而後關閉 A 閥，開啓 B 閥，冷水進汽缸而後蒸汽凝結，汽缸內形成真空，因此又吸引活塞下行，提起抽水筒之活塞。抽水筒活塞上行時，吸開進水口的止回閥，使底下之水進入抽水筒，周而復始，即可完成抽水之作用。

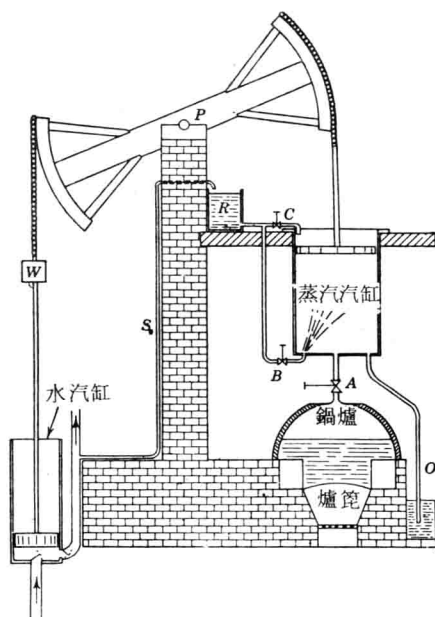


圖 1-3 Newcomen 蒸汽水泵