

大學用書

蒸汽動力廠

陳學俊編著

龍門聯合書局出版

大學用書
蒸汽動力廠

陳學俊編著

龍門聯合書局印行

蒸汽動力廠

【版權所有】

一九五〇年七月初版

一九五〇年八月改版

定價人民幣 40,000 元
平裝 300 元
精裝

編著者

陳 學 俊

出版者

龍 門 聯 合 書 局

上海南京東路六一號一〇一室

電 話 一 八 八 一 九

總發行所

中國科技圖書聯合發行所

上海中央路二四號三〇四室

電 話 一 九 五 六 六

電報掛號 二 一 九 六 八

分銷處

龍門聯合書局及各地分局

上海總店 河南中路210號

上海支店 南京東路157號

北 京

漢 口

漢 口 分 局

江 漢 一 路 3 號

瀋 陽 分 局

太 原 街 40 號

天 津 分 局

羅 斯 福 路 308 號

西 安 分 局

中 山 大 街 217 號

修訂版序

作者在上海交通大學任教蒸汽動力廠一課，深感國內尚無適當專用之教本，乃參照國內各大學通用之書籍及作者所收集之資料與工作上之經驗，寫成筆記講授。一九五〇年初，龍門聯合書局囑寫與蒸汽動力有關之書籍，因將原有教材加以整理補充而成本書。

全書約五十餘萬言，共分二十二章。前十章為燃料燃燒與蒸汽之發生部份及其有關設備，後十二章為蒸汽之利用部份及動力廠之工況、性能與設計，可供大學或專科一學年之教材。書末附有習題及蒸汽表，以便演算之需。

本書不僅在理論上詳述各項設備之原理，並儘可能加入實用上及最近之資料，其中如對新式燃料燃燒設備與自動燃燒控制裝置之介紹，高壓鍋爐與二汽動力廠循環之討論，給水問題之適當處理，以及原動機標準之擬定等，指出我國今後對動力廠燃料經濟研究之方向，同時對國內通用之低壓動力廠甚至人工燒火方法之改進等亦加申述，以冀有助於目前在動力廠中之工作人員。

自一九五〇年十二月出版，蒙各方採用，至本年三月即將再版。深感內容有未甚妥善之處，且有不宣發表之資料，特詳加修訂。第一章全部重寫，增蒸汽動力廠之類別一節，使讀者對動力廠先獲得一全盤概念。第十七章第三節汽輪發電機試驗加以補充。第二十一章關於水位，汽壓及汽溫之控制裝置，亦增加相當資料。書末習題略有更改，並附加一汞汽性能表以供計算二汽循環動力廠性能之參考。其餘刪改之處頗多，並增入若干蘇聯資料。惟限於學力，錯誤之處在所難免，尚望讀者不吝指正，無任感幸。

陳學俊 一九五一年七月於上海交通大學

目 錄

第一章 通說

第一節	動力之重要性	1
第二節	各種動力廠近況概述	2
第三節	蒸汽動力廠之類別	8
第四節	結論	13

第二章 燃料及燃燒

第一節	固體燃料	15
	煤之取樣,煤質分析,煤質分析標準,煤之其他試驗,煤之特性及分類, 煤之燃燒性質,其他固體燃料	
第二節	液體燃料	30
	比重,發熱量,黏度,閃火點及着火點,硫及灰分,各國產油概況,煤焦油	
第三節	氣體燃料	38
	天然煤氣,精煉副產煤氣,鼓風爐煤氣	
第四節	燃料之燃燒計算	35
	燃燒簡說,可燃成分之燃燒,理論空氣需用量,燃燒產物,實際需用空 氣量,過量空氣	
第五節	燃燒之其他問題	39
	煤之燃燒方法,燃料床上之燃燒行爲,煤灰對燃燒之影響	

第三章 燃料燃燒設備

第一節	人工燒火爐柵	47
第二節	自動添煤器	49
	單槽火下式添煤器, 多槽火下式添煤器, 鍊柵式添煤器, 播散式添煤器	
第三節	煤粉燃燒	69
	煤粉燃燒系統, 磨粉機之種類, 煤粉燃燒方法及煤粉燃燒器	
第四節	煤氣及油之燃燒	85

第四章 蒸汽發生器

第一節	容量及額率	94
第二節	爐膛之設計要點	96
	鍋爐使用情況, 燃料需要量, 爐膛容積, 爐牆構造及式樣, 水牆之循環, 機車式鍋爐, 弗洛對流面之問題	
第三節	簡單鍋爐	103
	科尼斯鍋爐, 蘭開夏鍋爐, 立式鍋爐	
第四節	火管鍋爐	106
	立式火管鍋爐, 司考運船用鍋爐, 臥式回管鍋爐, 機車鍋爐	
第五節	水管鍋爐	110
	直管式水管鍋爐, 彎管式水管鍋爐	
第六節	高壓鍋爐	120
第七節	鍋爐附件	126

第五章 壓力循環與二汽循環鍋爐

第一節	壓力循環鍋爐	130
	拉蒙鍋爐, 羅弗利爾鍋爐, 蘭辛鍋爐, 史密得哈門鍋爐, 本生鍋爐, 蒸汽機車式鍋爐, 弗洛克斯鍋爐	
第二節	二汽循環鍋爐	140
	水汽-蒸汽鍋爐, 聯苯及氧化二苯基鍋爐	

第六章 過熱器及再熱器

第一節	過熱之目的及方法	145
第二節	過熱器之式樣及特性	147
第三節	過熱器之傳熱及過熱管制	149
第四節	再熱器	155

第七章 省煤器及空氣預熱器

第一節	通說	158
第二節	省煤器及空氣預熱器之式樣	159
第三節	省煤器及空氣預熱器之傳熱研究	163

第八章 通風系統

第一節	通風之分析	170
第二節	通風損失及壓力損失	173
	烟囪或抽風扇所需克服之通風損失,打風扇所需克服之空氣道阻力	
第三節	自然通風	176
第四節	機力通風	180
	蒸汽噴射吹風器,離心式風扇,離心式風扇之定律與管制,風扇之選擇與試驗	

第九章 燃料及灰渣裝卸處理

第一節	燃料之運搬裝卸	193
	燃料油及煤氣之裝卸設備,煤之裝卸運搬裝置	
第二節	灰渣處理設備	203
	氣力運搬系統,水力排除灰渣系統	
第三節	灰塵收集器	207
	添煤器及煤粉燃燒之飛灰問題,減少飛灰之方法,添煤器燃燒,煤粉燃燒	

第十章 給水與給水處理

第一節	水中不潔物及其對鍋爐之影響.....	216
	懸浮固體, 溶解固體, 溶解氣體, 溶解液體	
第二節	不良給水所生之問題.....	218
	水垢, 腐蝕, 脆裂, 雜質攜帶	
第三節	給水之處理.....	221
	防止水垢生成之處理方法, 防止腐蝕之處理方法, 防止脆裂之處理方法, 防止雜質攜帶之處理方法	
第四節	鍋爐水之調節與擬定標準.....	231
第五節	控制分析.....	236
	已處理水, 鍋爐水, 給水, 鍋爐化學品	

第十一章 蒸汽機

第一節	蒸汽機之種類.....	243
第二節	簡單D式滑瓣蒸汽機.....	243
第三節	考利斯蒸汽機.....	246
	簡單考利斯蒸汽機, 考利斯非解扣式單流機	
第四節	單流機.....	248
第五節	複式機.....	250
	串列式, 並列式, 斜列式, 三張式	
第六節	蒸汽機示功器.....	251
第七節	蒸汽機之工況.....	252
第八節	蒸汽機之效率.....	254

第十二章 蒸汽輪機

第一節	概說.....	261
第二節	蒸汽輪機之分類.....	261
	衝動式汽輪機, 反動式汽輪機, 衝動與反動合併式汽輪機	
第三節	蒸汽輪機中能力之變化.....	264
	管嘴中之速率變化及計算, 葉片中能力之利用, 轉子形狀	

第四節	蒸汽輪機之構造.....	270
	工業用汽輪機,大型汽輪機	
第五節	蒸汽輪機之滑潤法.....	277
第六節	蒸汽輪機之工況.....	279
	蒸汽輪機之蒸汽率,蒸汽輪機之熱效率,機效率	
第七節	蒸汽輪機之調速器及管制機構.....	287
	調速器,輪機調速器之管制機構	
第八節	汽輪發電機組之標準.....	291

第十三章 凝汽器

第一節	凝汽器之種類.....	293
	凝汽器之作用,式樣,膨脹問題與支持方法	
第二節	凝汽器之傳熱.....	300
第三節	凝汽器之選擇.....	306
第四節	凝汽器之附件.....	309
	蒸汽噴射器,冷水塔及噴水池	

第十四章 給水加熱器及蒸發器

第一節	給水加熱器.....	316
	開式加熱器,閉式加熱器	
第二節	蒸發器.....	330
	蒸發器之構造,蒸發器管路裝置,蒸發器之運用方式	
第三節	加熱器抽汽循環計算法.....	334

第十五章 泵

第一節	泵之式樣.....	340
	往復式泵,離心式泵,轉動式泵,蒸汽射水器	
第二節	泵之選擇試驗與定律.....	346
第三節	動力廠中泵之應用.....	347
	鍋爐給水泵,循環水泵,熱井泵,蒸發器給水泵,加熱器洩水泵, 使用水泵,排灰渣泵	

第十六章 導管及管路

第一節 導管..... 359

導管大小，構造，烟氣導管

第二節 管路..... 363

動力廠管子種類，允許應力，管子連接，管子之膨脹與支持物，管子選擇，管子配件之相當阻力，管路設計，管子保溫絕緣

第三節 配件及瓣..... 379

第十七章 蒸汽動力廠之工作循環

第一節 蒸汽循環..... 384

循環之極限，溫度及壓力極限，再熱循環，回熱循環，各種循環之熱效率

第二節 二汽循環..... 399

汞汽-蒸汽循環，汞汽-蒸汽循環之展望，聯苯及氧化二苯基與蒸汽之二汽循環，溴化鉛-蒸汽循環，結論

第十八章 蒸汽動力廠試驗

第一節 蒸汽發生器之試驗..... 411

蒸汽發生器效率，試驗記錄之項目，輸出熱量與輸入熱量之測定，熱量對照，蒸汽品質及純度

第二節 蒸汽機之試驗..... 420

試驗之報告與計算，試驗之項目

第三節 蒸汽輪機發電機組之試驗..... 421

汽輪發電機之效率，汽耗量，試驗報告、項目與計算，改正因數

第四節 全廠熱效率..... 423-2

第十九章 負荷曲線及動力廠廠址

第一節 負荷曲線..... 424

工業負荷，小型發電系統負荷，大型動力系統負荷，動力廠常用名詞

第二節 廠址選擇.....	431
---------------	-----

循環水供給便利,燃料供給容易,隣近負荷中心,土壤性質及地價

第二十章 蒸汽動力廠之費用及其主要設備之選擇

第一節 動力廠之費用.....	433
-----------------	-----

設備及建造費,成本,固定費,電價

第二節 蒸汽發生器及原動機之選擇.....	437
-----------------------	-----

原動機之選擇,蒸汽發生器之選擇

第二十一章 動力廠儀器控制裝置及聯鎖方法

第一節 動力廠儀器.....	447
----------------	-----

磅秤與自動稱煤器,量水表,壓力表,溫度計,流量表,煙氣分析及記錄儀器,燃料測熱器,動力測量儀器

第二節 控制裝置.....	455
---------------	-----

自動控制器,控制系統,水位控制裝置,減壓控制裝置,汽溫控制裝置

第三節 聯鎖方法.....	461-2
---------------	-------

起動順序之聯鎖,連鎖裝置選擇,停用順序之聯鎖

第二十二章 動力廠設計

第一節 動力廠之工況經濟與費用.....	463
----------------------	-----

第二節 動力廠設備之一般排置方法.....	465
-----------------------	-----

垂直於分隔牆,平行於分隔牆,風層裝置

第三節 輪機間之設計.....	469
-----------------	-----

輪機發電機組,凝汽器,起重機,輪機發電機組之基座

第四節 鍋爐間之設計.....	477
-----------------	-----

鍋爐,鍋爐間附屬設備,給水泵,儀器表板

習題.....	487
---------	-----

蒸汽表.....	512
----------	-----

汞之性質表.....	520
------------	-----

第一章 通說

第一節 動力之重要性

動力爲一切輕重工業之原動力，已屬盡人皆知之事實；而一國之富強與貧弱，又惟工業之盛衰是賴，其理固至明顯。至於人民生活水準之高低，除工業發達外，更需視農業能否機械化及電氣化而定，尤其是在農民佔絕大多數之我國爲然。茲將動力對國計民生之關係簡述如下：

(一)農業：從前全用人力耕種時，每人盡其一身之力，能耕種田地面積極屬有限；而今用拖拉機拖動各種農業機械所耕種面積，每天每人可達二十五畝之速度，不論在耕田，播種，收割及處理農作物各方面，均利用動力。再有進者，今日農村小型發電站之日漸發展，不但使農業機械電氣化，更將使農民生活方式完全改觀。

(二)工業：各國工業發達之有今日，主要是由於有了豐富足夠之動力，各種工業品乃得大量生產，成本減低，使得大多數人能享受到工業文明。工業先進國家，每年所消費之電量，工業部門佔總發電量70%以上。而在各種工業中，用電量最多者，以化學，鋼鐵，冶金，及煤油等重工業爲主；紡織，造紙，及食品等輕工業次之。蘇聯卽爲一例，由動力容量之大小，可推知一國家之工業概況，由工業之發展情形，亦可測定一國之富強與貧弱程度。

(三)電信與交通：電話電報及無線電在今日，不但爲人民生活中不可缺少之一種用品，亦爲各種工商業所必需。電信方面各種設備裝置均需用電力，惟用電量不多而已。

交通及運輸方面需用機械動力或電力之量甚大，如火車、輪船、飛機、汽車及電車等是。由於交通之便利，使得各鄉村城市及國家彼此間之距離，無形中縮短，得以彼此連繫，了解與認識。由於運輸系統之建立，原

料得以運送至各工廠，工廠之成品得以運至各地區銷售，有利工商業之發展。

(四)其它：自 1879 年發明電燈以來，電之用途乃得迅速發展至各地，電燈之優點為使用便利，有足夠之亮度，安全及易於裝置。

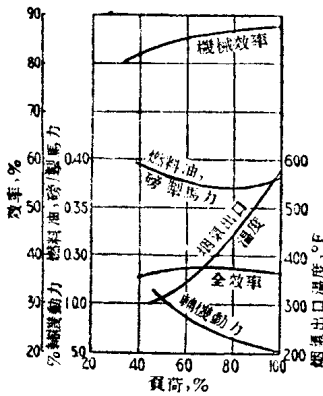
在工業先進國家中，家庭已漸電氣化，如電爐，電扇，除塵器，洗衣機，冰箱及縫紉機等，無一不需要電力，人民日常生活與電力之關係，更日趨密切。

第二節 各種動力廠近況概述

動力之來源主要不外三種，水力蒸汽動力及其他動力如內燃機動力及風力等是。以我國幅員之廣，煤量之豐，與蘇聯及美國之情形頗有相似之處。目前以蒸汽動力廠最為普遍，所佔地位亦最重要，世界多數國家亦然。蒸汽動力廠在汽溫方面已達華氏 1050 度，汽壓方面在每方吋 1500 至 2500 磅間。鍋爐最大每座每小時可產生蒸汽 1,300,000 磅，汽輪機單簡單流式最大每部容量達 165,000 瓩。壓力在每方吋 1500 磅以上之動力廠又有採用再熱 (Reheat) 之趨向，回熱 (Regenerative) 式動力廠以用四級或五級抽汽預熱給水者為最多。汽輪發電機裝置容量之在 7500 瓩以上者多用氫氣冷卻，鍋爐燃燒方法用煤粉，其次為自動添煤器。至工業用之蒸汽動力廠多屬低壓，製造過程中以需要蒸汽為主者，壓力多在每方吋 300 磅以下；以動力為主者，壓力多在每方吋 400 磅或以上，鍋爐容量每座每小時產生蒸汽量以 30,000 磅為最多，燃燒方法以用添煤器為主。

內燃機之用作發電者，主要為狄賽爾機 (Diesel engine) 及半狄賽爾機 (Semi-Diesel)。自從 1908 年德國首先使用二循環雙行式 (Double-acting) 狄賽爾機以來，以後即不斷改進，集中努力在減少每匹制動馬力之重量及增加機軸轉速，機力噴射 (Solid-injection) 及氣力噴射 (Air-injection) 式均甚有進展。用於固定之動力廠之最大狄賽爾機為丹麥哥本哈根 (Copenhagen) 城之 22500 匹馬力者，美國加州未爾嫩 (Vernon) 城裝有 6850 匹制動馬力之雙行二循環狄賽爾機五座之發電廠，狄賽爾機

直接與 7500 千伏安(Kva)之交流發電機相連，轉速為每分鐘 167 轉，並用廢熱鍋爐(Waste-heat boilers)收回廢氣中 60% 之餘熱，全效率(Overall efficiency)在 37% 左右，每制動馬力耗油量約 0.37 磅，此發電廠總裝置容量為 30000 瓩。我國亦有一狄賽爾機動力廠，裝有狄賽爾機六座，四座為氣力噴射式，二座為機力噴射式，轉速每分鐘 120 轉，為遠東最大狄賽爾機發電廠。狄賽爾機發電是否可與蒸汽動力廠相競爭，據各方面之研究，容量在 3000 瓩以下，頗有可能，在此容量以上，全部費用相比較，凝結式之蒸汽輪機動力廠條件較優。

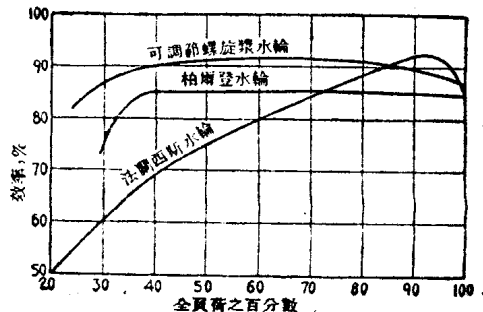


第 1-1 圖

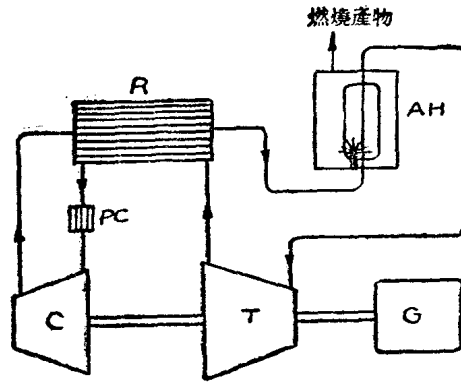
狄賽爾機在應用於大型固定動力廠之前，尚有若干問題須先圓滿解決不可，排氣之噪聲仍須進一步研究得到有效之處理。根據以往記錄，狄賽爾機有增加維護費用之趨向，仍需要實際結果來證明此項費用數字在整個動力成本生產費用中不為過多之一項。此在當狄賽爾機使用日久趨近其工作壽命之末期時尤為顯著。第 1-1 圖示一 6850 匹馬力狄賽爾機動力廠之試驗結果。

水力發電設備近年來多着重於水輪之設計與改良，高水頭 (High head) 之廠用柏爾登 (Pelton) 式水輪，中或低水頭之廠用法蘭西斯 (Francis) 式水輪。另有一種螺旋槳式 (Propeller type) 水輪，經試驗結果，用於低水頭處效率甚佳，並具有高速，尚有將此式水輪之輪葉用可調節者，但在 70 呎以上之水頭，可調節輪葉之效果則不可靠。

第 1-2 圖示三種不同水輪之效率比較，由圖看出可調節輪葉螺旋槳式水輪之優點。其他二種水輪在部份負荷之效率低，而螺旋槳式水輪則由低負荷至全負荷之效率甚為平



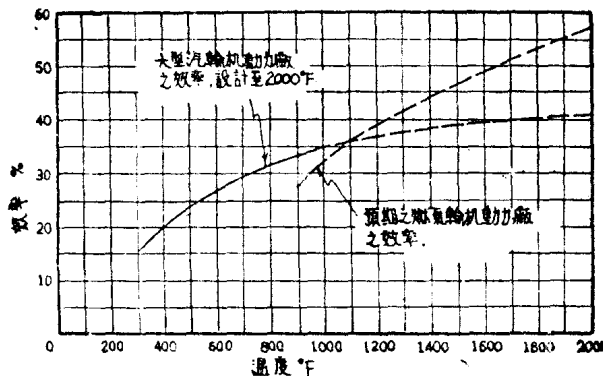
第 1-2 圖



2000瓩閉式循環燃氣輪機動力廠
第1-4圖 AH 空氣加熱器 R 回熱器 PC 預冷器 T 輪機(高壓,低壓) C 壓氣機 IC 中間冷却(未示出) CAH 燃熱空氣預熱器(未示出)

而低壓輪機轉速為每分鐘 3000 轉直接與輸出電能之發電機相連。回熱器在 R 處,空氣加熱器為 AH, 燃燒空氣預熱器及壓氣機之中間冷却器圖上未示出,預冷器在 PC 處,二輪機中間有齒輪連接。高壓輪機直接由空氣加熱器中間來之二平行空氣管中接受熱空氣,無節氣門及控制使有自由及有效之氣體流動。

費歇爾(F. K. Fisher)及梅爾(C. A. Mayor)二氏曾將一 5000 瓩開式燃氣輪機動力廠與同樣容量之蒸汽輪機動力廠作一有興趣之比較,二輪機均工作於每分鐘 3600 轉之速率,各比較之數字列如第 1-1 表。



第1-5圖 開式或閉式系統與最佳蒸汽動力廠最高效率比較

同時更加強說明一點，燃氣輪機低壓工作減少承受應力部份機件之重量甚多。但因壓力之不同，燃氣輪機中每磅之氣體能量小，每小時所需之氣體甚多，例如每小時需有 510,000 磅；而在蒸汽輪機之情形，每小時蒸汽僅為 52,500 磅。故大量氣體流動較之蒸汽輪機更需要笨大且重之導管輪葉等。在燃氣輪機中出口及進口氣體容積之比率小，故得平衡之輪葉路線，而不像同容量之蒸汽輪機出口與進口之蒸汽容積比率可達 250 倍之多。

第 1-5 圖乃大型中央蒸汽動力廠所能得之最佳效率與大容量之閉式循環燃氣輪機動力廠預料之效率比較。溫度在 1000°F 以上時，增加至一定之最高溫度則燃氣輪機效率之增加速率約三倍於蒸汽輪機。燃氣輪機效率不大受單位大小之影響。圖中所示之燃氣輪機效率曲線亦能適用於較小之開式循環燃氣輪機（如 5000 瓩）裝置。5000 瓩左右大小之蒸汽輪機之最高熱效率，甚少有在 25% 以上者，但在燃氣輪機動力廠則不難超過此數。

第 1-1 表 5000 瓩開式循環燃氣輪機與同容量蒸汽輪機之比較

項 目	簡單開式循環	一再熱，一中間冷卻及回熱		蒸汽輪機 三級給水加熱
	輪 機	高壓輪機	低壓輪機	
進口壓力，每方吋磅絕對壓力	88.2	100.4	39.4	465
進口溫度，°F	1200	1200	1200	825
出口壓力，每方吋磅絕對壓力	14.7	39.4	15.1	3/4
蒸汽率或氣體率，每瓩小時磅數	102	56		10.5
全質荷流量，每小時磅數	510,000	280,000		52,500
進口容積流量，每秒立呎數	990	475		24.8
出口容積流量，每秒立呎數	3900	3250		6120
容積比率（出口容積 ÷ 進口容積）	3.95	6.85		250
輪機地面面積，方呎	160	150	155	100*
發電機淨輸出量，瓩	5000	5000		5000
廠熱效率約值，%	18.4*	29.4*		23.6

*進入空氣溫度 70°F

*輪機間一處

第三節 蒸汽動力廠之類別

蒸汽動力廠乃以燃料為原料及以水（蒸汽）為工質而生產機械能或電