

蒸汽鍋爐

莊禮庭 編著

大東書局出版

蒸 汽 鍋 爐

著 閱 編 校 庭 壽 禮 廣 莊 曾

同濟高工技術叢書編審委員會主編

大 東 書 局 出 版

本書首先介紹理論基礎，使讀者對於熱力學及加熱過程，有一明確的概念。然後講述鍋爐的種類及各部詳細的構造，使讀者對於鍋爐的作用徹底瞭解，便於裝配和修理。

莊禮庭編著 · 曾廣壽校閱

*

1951年7月發排 · 1951年10月上海第一版

1954年10月上海第五次印刷(7001—8000冊)

書號:5048·30"×42"· $\frac{1}{25}$ ·250千字·13 $\frac{13}{25}$ 印張·定價22,500元

*

大東書局(上海福州路310號)出版發行

上海市書刊出版業營業許可證出○四三號 · 上海市書刊發行業營業許可證發○六一號

三星印刷廠(上海浙江北路129弄5號)印刷

作者序言

作者擔任同濟高工教員期中，曾編撰蒸汽鍋爐講義，以便教學。一九五〇年夏，同濟高工校長朱振德教授和大東書局協理沈長庚先生鑒於坊間技術書刊太少，不足供應工業學校教學和技術員工自修和參考之用，合議編印同濟高工技術叢書，以應教育界和技術界的急需。作者受命編寫本書，列為叢書之一。

本書以 A. Loschdige: Die Dampfkessel 為骨幹，舊編講義為藍本，再參閱有關參考書籍，工程手冊以及雜誌論文，充實而成。全書分三編二十二章，約二十餘萬字。若用為高工教本，可視學生程度，酌量刪去第三、六、十、十四及二十章，每週四小時，可授一學期。所刪各章，可備學生將來進修及參考之用。如學生已經學過熱力學，更可刪去第一及第二兩章，逕從第四章教起，則每週三小時，亦可教完。

本書全用公制，以符今後需要，書末附有公制與英制單位換算表，以便讀者參考英美書籍時對照之用。

書末原有設計實例數則，以限於篇幅，未能附入。如本書有再版機會時，當設法補充，以臻完備。

作者學識庸陋，經驗無多，對於本書評價，不敢存何奢望。若本書對技術界與學術界能有些微貢獻時，當歸功於叢書編審委員會的指導與鼓勵，以及大東書局工作同人的熱心協助。曾廣壽先生曾為校閱指正，尤為作者所衷心感謝。

作者懇切希望學術界與技術界嚴格予以批評和指教，以便有再版機會時補充和更正。

莊禮庭 一九五一年三月於上海

目 錄

引 論.....	(1—4)
----------	-------

第一編 理論基礎

第一章 水蒸汽.....	(5—14)
--------------	--------

(1.1) 水蒸汽的種類.....	5
(1.2) 飽和蒸汽的壓力,溫度和容度.....	6
(1.3) 過熱蒸汽的壓力,溫度和容度.....	7
(1.4) 構成水蒸汽所需的熱量.....	7
(1.5) 標準蒸汽.....	12
(1.6) 實例.....	13

第二章 燃料與燃燒.....	(15—36)
----------------	---------

(2.1) 燃料的種類.....	15
1. 固體燃料 2. 液體燃料 3. 氣體燃料	
(2.2) 燃料的成份與熱值.....	17
1. 固體燃料 2. 液體燃料 3. 氣體燃料	
(2.3) 燃料的選用.....	20
(2.4) 燃燒時的空氣供給量.....	21
1. 固體和液體燃料的空氣供給量 2. 氣體燃料的空氣供給量	
(2.5) 燃燒後的烟氣體積.....	21
(2.6) 空氣供給量和烟氣體積的近似計算法.....	22
(2.7) 不完全燃燒.....	23

(2.8) 空氣和烟氣的實際體積.....	23
(2.9) 烟氣的成份.....	24
(2.10) 實例.....	29
(2.11) 火房溫度.....	31
第三章 熱的傳播	(37—59)
(3.1) 接觸播熱——傳導與對流.....	37
1. 授熱係數和傳熱係數 2. 授熱係數 α_1 ——烟氣對金屬板	
3. 金屬板與金屬板面附着物的導熱係數 λ 4. 授熱係數 α_2 ——	
金屬板(管)對受熱體 5. 傳熱係數 k 6. 通風強度對於接	
觸播熱的關係 7. 實例	
(3.2) 輻射播熱.....	49
1. 固體的輻射 2. 氣體與蒸汽的輻射 3. 火燄的輻射	
4. 輻射體的熱量互換	
(3.3) 同時的傳導,對流和輻射播熱.....	56
(3.4) 資料流動方向和平均溫度差的決定.....	56
第四章 蒸汽鍋爐的功率	(60—68)
(4.1) 燃料耗量,蒸汽功率,效率和蒸發係數.....	60
(4.2) 爐子功率的比較——爐柵面積和火房容積.....	61
(4.3) 汽鍋的受熱面積.....	64
(4.4) 爐柵橫閘功率和汽鍋橫閘功率.....	66
(4.5) 蒸汽功率和通風強度的關係.....	66

第二編 爐子設備

第五章 各式爐子	(69—130)
-----------------------	----------

(5.1) 固定爐柵式爐子(中小型設備).....	70
1. 平爐柵爐子 2. 斜爐柵爐子 3. 梯形爐柵爐子	

4. 溝形爐柵爐子	
(5.2) 機動爐柵式爐子	78
1. 鍊帶移動爐柵爐子	
2. 推進爐柵爐子	
3. 推升爐柵爐子	
4. 推後爐柵爐子	
(5.3) 燃燒器式爐子	91
1. 煤粉爐	
2. 油爐	
3. 煤氣爐	
(5.4) 特種爐子——利用廢氣及電流	100
第六章 爐子中的燃燒過程	(101—123)
(6.1) 爐柵式爐子中的燃燒過程	101
1. 點火	
2. 燃燒	
3. 燃燒過程計算	
(6.2) 煤粉爐中的燃燒過程	113
1. 點火	
2. 燃燒	
3. 燃燒過程計算	
(6.3) 油爐中的燃燒過程	120
(6.4) 煤氣爐中的燃燒過程	121
第七章 爐子的熱損失,效率和熱量分配	(124—130)
(7.1) 爐柵式爐和煤粉爐	124
1. 柵隙損失 K_d	
2. 灰渣損失 K_g	
3. 煤烟損失 K_r	
4. 飛屑損失 K_f	
5. 未燃氣體損失 K_u	
6. 輻射和傳導損失 K_l'	
(7.2) 油爐和煤氣爐	129

第三編 汽鍋設備

第八章 大水容汽鍋	(132—153)
(8.1) 餾管汽鍋	132
(8.2) 烟管汽鍋	137
(8.3) 火箱汽鍋	138

(8.4) 複式汽鍋.....139

1. 骸管烟管式汽鍋——直流式 2. 骸管烟管式汽鍋——迴流式
3. 骸管烟管式汽鍋——直流迴流式 4. 臥式火箱烟管式汽鍋——直流式
5. 立式火箱烟管式汽鍋——直流式 6. 骸管火箱烟管式汽鍋——迴流鍋

(8.5) 重疊式汽鍋.....153

第九章 水管汽鍋..... (154—198)

(9.1) 斜管汽鍋.....155

1. 大水箱汽鍋 2. 分水箱斜管汽管, 縱向水筒 3. 分水箱斜管汽管, 橫向水筒

(9.2) 陡管汽鍋.....169

1. 舊式陡管汽鍋——多水筒陡管汽鍋 2. 輻射陡管汽鍋——大火房汽鍋

(9.3) 船式水管汽鍋.....184

(9.4) 高壓水管汽鍋.....188

第十章 特種汽鍋..... (199—217)

(10.1) 幾種著名的特種水蒸汽鍋爐.....199

1. 阿脫莫斯 (Atmos) 汽鍋 2. 斯米脫哈脫曼 (Schmidt-Hartmann) 汽鍋
3. 呂甫勒 (Löffler) 汽鍋 4. 本生 (Benson) 汽鍋
5. 蘇爾周 (Sulzer) 汽鍋 6. 拉蒙 (LaMont) 汽鍋
7. 凡洛克斯 (Velox) 汽鍋

(10.2) 非水介質汽鍋.....210

1. 依米脫 (Emmet) 水銀汽鍋 2. 道屋 (Dow) 二苯醚汽鍋

(10.3) 儲熱汽鍋.....215

(10.4) 廢熱汽鍋.....216

(10.5) 電熱汽鍋.....217

1. 電阻電熱汽鍋 2. 電極電熱汽鍋

第十一章 過熱器..... (218—224)

(11.1) 初次過熱器.....218

1. 輻射過熱器 2. 接觸過熱器 3. 過熱溫度的控制

(11.2) 中間過熱器(再熱器).....224

第十二章 水預熱器..... (225—231)

(12.1) 烟氣水預熱器(經濟器).....225

1. 滑管水預熱器 2. 肋管水預熱器 3. 鋼管水預熱器

(12.2) 蒸汽水預熱器(乏汽水預熱器和中間蒸汽水預熱器)...230

第十三章 空氣預熱器..... (232—237)

(13.1) 隔壁授熱空氣預熱器.....232

1. 管形空氣預熱器 2. 板形(袋形)空氣預熱器

(13.2) 遺傳授熱空氣預熱器——旋轉空氣預熱器.....235

第十四章 蒸汽鍋爐的播熱過程和熱力計算 (238—253)

(14.1) 火房.....238

1. 火房中播熱過程 2. 火房中播熱計算

(14.2) 汽鍋本體.....245

1. 汽鍋本體播熱過程 2. 汽鍋本體播熱計算

(14.3) 過熱器.....247

(14.4) 水預熱器.....248

(14.5) 空氣預熱器.....249

(14.6) 鍋爐設備中熱量傳播的試驗.....252

第十五章 蒸汽鍋爐的熱量損失,效率和熱量分配..... (254—258)

(15.1) 鍋爐的熱損失.....254

7. 廢氣損失 K_a 8. 輻射和傳導損失(汽鍋的) K_1''

9. 汽化熱損失 K_w

(15.2) 鍋爐的效率——總效率.....256

(15.3) 鍋爐的熱量分配.....257

第十六章 通風..... (259—265)

(16.1) 鍋爐設備所需要的通風壓力.....259

(16.2) 通風壓力的產生.....263

第十七章 汽鍋中水的流通..... (266—273)

(17.1) 水管中水的流通.....266

(17.2) 水汽分離.....269

第十八章 磚牆與支架..... (274—276)

第十九章 汽鍋水的準備..... (277—280)

第二十章 鍋爐重要機件..... (281—302)

(20.1) 鍋爐機件的材料.....281

(20.2) 汽鍋水筒.....282

(20.3) 鉚接, 焊接和螺栓接合.....286

(20.4) 水管、烟管和拉管.....289

(20.5) 餞管.....291

(20.6) 平板.....292

(20.7) 平底筒頂.....293

(20.8) 烟管汽鍋的裝管板.....293

(20.9) 餞管汽鍋的水筒頂.....295

(20.10) 水箱.....296

(20.11) 直形方箱.....297

(20.12) 螺栓.....	298
(20.13) 牽條與牽條螺栓.....	300
(20.14) 人孔與人孔蓋.....	300
第二十一章 鍋爐上各種配備.....	(303—308)
(21.1) 給水設備.....	303
(21.2) 水閥、汽閥及放水閥.....	304
(21.3) 水位表.....	305
(21.4) 安全閥.....	306
(21.5) 蒸汽壓力表.....	308
(21.6) 標牌.....	308
第二十二章 鍋爐管理概要.....	(309—312)
附表一：本書所用代用字母的意義和單位表.....	313
附表二：本書所用單位的用途和與英制單位的換 算表.....	316
附表三：中英德名詞對照表.....	318

引 論

蒸汽鍋爐是把燃料中的化學內潛熱，經過燃燒過程，轉化為燃燒後所成的烟氣中的顯熱；再經過熱的傳播作用，轉化為高於大氣壓力的蒸汽中的顯熱的設備。

由蒸汽鍋爐所得的蒸汽——大多是水蒸汽——常呈過熱狀態。導入各種機械設備中，有下列各種用途：

- (1) 導入蒸汽機(往復蒸汽機和蒸汽輪機)中，以產生機械動力；
- (2) 導入暖氣設備中，以增高室溫；
- (3) 導入煤氣發生爐中，以輔助發生動力煤氣或水煤氣；
- (4) 導入各種工業設備中，用以加熱，蒸發，烘乾等。

一般所稱蒸汽鍋爐，包括下列各種設備：

1. 爐子 爐子是用以完成燃燒發生烟氣的設備。燃用固體燃料的爐子，必須有一個停留燃料的設備，稱為爐柵；燃用液體，氣體或粉狀體燃料的爐子，必須有一個噴射燃料的設備，稱為燃燒器。前者可稱為爐柵式爐子，後者可稱為燃燒器式爐子，為爐子的兩大種類。

燃燒在一個火磚砌成的火房（也稱為燃燒室或爐膛）中進行和完成。火房的任務，在於使輸入的燃料，在離開火房以前，沒有殘餘的燃燒完畢，變成不含可燃成份的高溫度的烟氣。

烟氣離開火房的前後，把大部份熱量，傳給佈列在火房和烟道中的受熱設備，如汽鍋本體，過熱器，預熱器等。烟道是連接火房的通道，用磚砌成，迫使烟氣循著一定的路徑流動。火房和烟道的第二任務，在於

隔絕爐子內外，減少熱量的對外傳導和輻射的損失。

烟氣經過了最後一具受熱設備——通常是空氣預熱器——，溫度已經很低(180°C 以下)，無法再加利用，稱為廢氣。廢氣經過廢氣烟道，進入烟囱，排出爐外。

使烟氣循著一定方向流動的作用，稱為通風。烟囱中的廢氣柱溫度，高於外界空氣，密度則低於外界空氣，發生一定的浮力，使廢氣上升，排出爐外，構成主要的天然通風。若用鼓風機或抽氣機，使爐中造成高壓(高於大氣壓力)或低壓(低於大氣壓力)，以幫助天然通風之不足，那就稱為人工通風。

為了減省加煤的人工，常用機器加煤設備，利用戽斗運升機或其他起重的機械，把煤運升到高處，再由煤斤的自重進入爐中。

燃燒器式爐子的燃料，必須先在爐外預加處理。例如煤粉必須有碾磨設備，煤氣必須有濾灰設備，油料必須有濾過和預熱的設備等。

此外，燃料燃燒後剩餘的灰渣，必須由排除灰渣的設備，經常的或定時的排出爐外。

2. 汽鍋本體 汽鍋本體使盛在其中的水，在高壓下進行蒸發，必須在高溫下持久的耐受高壓，所以全部應由鋼製的圓筒，管子或其他類似形體的機件所構成。為了便於內部的整淨工作，常在各部設人孔和手孔，前者可以容納一個人體的進出，後者可以容納人手伸進去工作。

汽鍋必須有一個最高水面和一個最低水面的規定。經常在最高水面工作的時候，蒸汽所含水份要保證不會超過規定；經常在最低水面工作的時候，汽鍋要保證無爆炸的危險。管理汽鍋的第一要務，必須把實際水面維持在這兩個水面之間，不得稍高或稍低。水面的面積，稱為蒸發面積。根據經驗，蒸發面積愈大，所得到的蒸汽，含水份愈少。

汽鍋盛水的容量，稱為汽鍋水容。水容愈大，輸出功率有變動時，壓

力的變化愈小；反之，水容愈小，功率稍有變動，就會引起很大的壓力變化。所以大水容的汽鍋，有很大的儲熱作用，也可以說，有很好的功率彈性或載荷彈性。

比較汽鍋功率的大小，以每小時輸出蒸汽的重量計；比較汽鍋的大小，以受熱面積的大小計。受熱面積有兩面：汽鍋與烟氣接觸的一面和汽鍋和水接觸的一面。陸上汽鍋的受熱面積，常指和烟氣接觸的一面，船用汽鍋常指另一面而言。

3. 過熱器 汽鍋本體所輸出的蒸汽，通常含 1—3% 的水份，經過過熱器的受熱，水份完全化為蒸汽，更進一步達到 450°C 甚至 450°C 以上的過熱狀態。過熱器安裝在烟道中的稱為傳導過熱器，安裝在火房四壁前的，稱為輻射過熱器。一般都用蛇形鋼管構成。

4. 預熱器 汽鍋水的預熱，通常在烟道中裝置特種鑄鐵的水預熱器，用鋼的較少。高壓汽鍋的水預熱器有局部蒸發的作用，也稱為蒸發預熱器。大型汽鍋常用蒸汽或乏汽（蒸汽機排出的蒸汽）代替烟氣加熱。

預熱燃燒空氣的設備，稱為空氣預熱器。較大的汽鍋設備，通常在烟道中裝置兩個預熱器：水預熱器在前，空氣預熱器在後。

汽鍋本體，過熱器和預熱器必須附設各種附屬配備，如壓力計，水位計，試驗旋塞，安全閥，放水閥，關斷閥和單向閥等，統稱為細配備。相對的粗配備，是指爐子的通灰設備，烟道的推門，汽鍋的支架等。

5. 通風設備 天然通風的烟囱，人工通風的鼓風機或抽氣機，都屬於通風設備。有人工通風的設備，可以減低烟囱的高度，但不能取消烟囱，因為廢氣必須在高空揚散，否則使附近空氣污濁，有礙衛生。

6. 給水設備 供給汽鍋用水的給水設備，也可列入汽鍋的配備中，按照規定，至少要有兩套，而且應由不同的原動力所曳動，以保安

全。一般小型汽鍋，用活塞抽水機；大型的用離心抽水機。

7. 淨水設備 水中所含的不潔物，可使汽鍋內壁被腐蝕或者被沉澱物所污蔽，影響傳熱，甚至引起災害。多數汽鍋，備有淨水設備，先把水處理到一定淨度，再由給水設備供給於汽鍋。

第一編 理論基礎

第一章 水蒸汽

(1.1) 水蒸汽的種類

把水裝在容器中，維持壓力 p 不變，加熱至一定溫度 t_s ，水漸漸蒸發成水蒸汽。在蒸發時，蒸汽和水的溫度 t_s 並不因繼續加熱而增高。但壓力變動時，蒸汽溫度也因之而變動。因此，蒸發溫度是跟著壓力而變，與輸入熱量的多少無關。而且，每個蒸汽壓力 p ，對應著一個一定的蒸發溫度（沸溫） t_s 。

這樣所得到的水蒸汽，其中常混含著若干細滴的水份，稱為濕蒸汽。若把上述的容器，繼續加熱，至蒸汽中不含水份為止，而溫度仍維持 t_s ，所得的蒸汽，稱為飽和乾蒸汽，或簡稱飽和蒸汽。

若把上述試驗繼續進行，把飽和蒸汽加熱，在不變的壓力 p 下，溫度就會超過沸溫 t_s 而上升，體積也更增加。這時的蒸汽狀態，稱為過熱或過飽和狀態；所得的蒸汽，稱為過熱蒸汽。

應用過熱蒸汽於蒸汽動力設備，基本上是有利的。通常在過熱器中，把由汽鍋而來含水 1—3% 的濕蒸汽，先蒸發成飽和蒸汽，再受熱而成過熱蒸汽，過熱溫度至 300°C — 450°C 或 450°C 以上，視蒸汽機的種類而定。

(1.2) 飽和蒸汽的壓力, 溫度和密度

氣體或蒸汽的壓力 p , 是指對於容器壁每單位面積所作用的力, 以公厘水柱 [mmH_2O], 公厘水銀柱 [$mmHg$], 實用大氣壓 [at], 每平方公尺公斤 [kg/m^2] 或每平方公分公斤 [kg/cm^2] 為單位, 相互間的關係如下:

$$1at = 1kg/cm^2 = 10000kg/m^2 = 10000mmH_2O = 735.5mmHg$$

或
$$1mmHg = 1kg/m^2 = \frac{1}{10000} at$$

物理學上所用的物理大氣壓 [At] 相當於 $760 mm Hg$, 也相當於 $1.033 at$:

$$1At = 760 mm Hg = 1.033 kg/cm^2 = 1.033 at = 10333 mm H_2O$$

對於絕對真空而言的壓力稱為絕對壓力 [ata], 壓力計所表示的壓力, 是以實際大氣壓力為起點, 稱為過壓力或計壓力 [$atü$], 過壓力加上大氣壓力計所指示的實際大氣壓力, 即為絕對壓力。

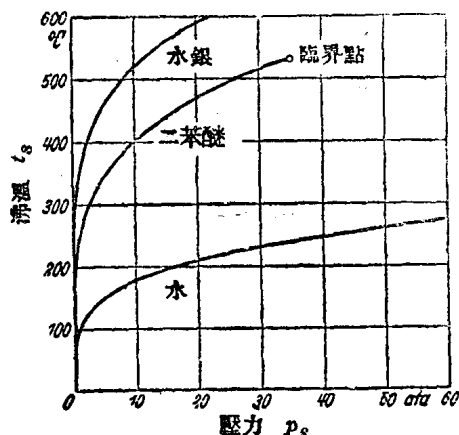


圖1.1 各種汽鍋介質的蒸汽壓力曲綫

少數汽鍋, 兼用沸溫較高的水銀 (Hg) 或二苯醚 [$(C_6H_5)_2O$] 為介質, 圖 1.1 表示水、水銀和二苯醚的壓力 p 與沸溫 t_s 的關係。

蒸汽 (或氣體) 超過一定溫度, 不論加以多大的壓力, 不能使其液化, 此溫度稱為臨界溫度 (t_k); 對應的壓力, 稱為臨界壓力 (p_k)。水、水銀和二苯醚的臨界狀態如下:

水	$t_k = 374.2^\circ C$	$p_k = 225.5 ata$
水銀	$1650^\circ C$	$3200 ata$