

鍋 爐 學

(中 冊)

陳 學 俊 編

科 学 技 術 出 版 社

鍋 爐 學

(中 冊)

陳 學 俊 編

江苏工业学院图书馆
藏 书 章

科 学 技 術 出 版 社

內 容 提 要

本書系根据戈蘭諾夫斯基(Р. Г. Грановский)所著的“Теплосиловое Хозяйство Железнодорожного Транспорта” Часть I “Котельные Установки”, 柯瓦烈夫(А. П. Ковалев)等所著的“Котельные Агрегаты” Часть II, 羅姆(Э. И. Ромм)所著的“Котельные Установки” Том II, 歇荷烈夫(М. М. Щеголев)所著的“Топливо, топки и Котельные Установки”及吉和米諾夫(И. Г. Тихомирова)所著的“Справочник Теплотехника Предприятий Черной Металлургии” Том I 等五書編寫而成, 并可能結合國內实际情况及參照其他一些俄文書補充若干資料。本書分上、中、下三冊: 上冊為燃料與爐的部分, 計分概論、鍋爐的基本理論、燃料、燃燒計算、熱平衡、火床燃燒的鍋子設備及火室燃燒的爐子設備等七章。中冊為鍋爐整體及其計算部分, 計分汽鍋、過熱器、省煤器與空氣預熱器、特种鍋爐、鍋爐附件、熱力計算、水循環計算、通風裝置及材料強度計算等九章。下冊為鍋爐輔助裝備及運行部分, 計分水處理、燃料供應與除灰除渣裝置、構架與磚工、鍋爐儀表、自動調節、鍋爐整體布置、鍋爐運用及鍋爐試驗等八章。本書于每章開始寫出明確要求、各章中除詳述工作原理及構造外, 並有例題說明。

鍋 爐 學

(中 冊)

編 者 陳 學 俊

科 學 技 術 出 版 社 出 版

(上海建國西路336弄1號)

上海市書刊出版業營業許可証出〇七九號

上海華文印刷局印刷 新華書店上海發行所總經售

*

統一書號: 15119·89

(原大東版印 5,000 冊)

開本 850×1168 耗 1/32 · 印張 9 7/8 · 插頁 1 · 字數 226,000

一九五六年三月新一版

一九五六年七月第二次印刷 · 印數 2,021—4,520

定價(10)一元六角

目 錄

(中冊)

第 八 章 汽鍋	265
第一節 火筒及火管汽鍋	266
(一)火筒汽鍋 (二)火管汽鍋 (三)火筒——火管組合汽鍋	
第二節 水管汽鍋	280
(一)聯箱式汽鍋 (二)無聯箱式汽鍋 (三)具有水冷牆的水管汽鍋	
第三節 鍋筒內件	325
(一)概說 (二)潔淨蒸汽獲得的方法	
第四節 汽鍋的一般計算	335
(一)火筒汽鍋 (二)火管汽鍋 (三)水管汽鍋	
第 九 章 過熱器與再熱器	339
第一節 過熱的目的及過熱器的構造與式樣	339
第二節 過熱器的特性及受熱面	344
第三節 過熱控制	347
(一)對流式與輻射熱式過熱器的並用 (二)支路阻礙 (三)過熱降低器 (四)燃燒器傾斜控制	
第四節 再熱器	351
第 十 章 省煤器與空氣預熱器	354
第一節 省煤器	354
(一)省煤器的作用 (二)省煤器的構造 (三)省煤器受熱面的估計 (四)省煤器的腐蝕及其避免方法	

第二節 空氣預熱器	365
(一)預熱空氣對於鍋爐工作的影響	
(二)空氣預熱器的構造	
(三)空氣預熱器受熱面的估計計算	
(四)預熱器壁的溫度及預熱空氣的最大溫度	
(五)空氣預熱器與省煤器的佈置	
第十一章 特種鍋爐	377
第一節 強制循環鍋爐概況	377
第二節 單流鍋爐	378
(一)單流鍋爐管圈中的流體的分配	
(二)蘭姆辛鍋爐	
(三)本生鍋爐	
第三節 其他強制循環鍋爐	392
(一)拉蒙鍋爐	
(二)羅弗利爾鍋爐	
(三)機車鍋爐	
(四)弗洛克斯鍋爐	
第四節 二汽循環鍋爐	399
(一)概說	
(二)汞汽——蒸汽的二汽循環	
(三)汞汽——蒸汽鍋爐	
第五節 原子能及原子能鍋爐	410
(一)基本的物理概念	
(二)原子能的放出	
(三)原子能鍋爐及原子核分裂能量的使用	
第十二章 鍋爐的附件	419
第一節 安全性的附件	419
(一)壓力表	
(二)水位指示器	
(三)安全閥	
第二節 給水的調節	428
第三節 過熱器及省煤器的關斷的與放水的附件	436
第四節 其他附件	430
(一)吹灰器	
(二)管子清理器	
第十三章 鍋爐整體的熱力計算	440

第一節 爐子的計算.....	446
第二節 對流受熱面的計算.....	460
第十四章 水循環	485
第一節 概說.....	485
第二節 自然循環的計算.....	490
第三節 循環的安全性.....	504
第四節 水冷牆循環線路的計算示例.....	512
(一)鍋爐的參數及產量 (二)構造數據 (三)由熱力計算來的數據	
(四)循環計算 (五)循環圖的構成 (六)線路中的循環安全性的檢查	
第十五章 通風裝置	527
第一節 氣道及風道中的流體阻力.....	527
第二節 鍋爐設備中的本身通風.....	535
第三節 抽風機及打風機.....	539
第十六章 鍋爐主要部件的強度計算	546
第一節 鍋爐各部份的壁工作溫度的決定.....	546
(一)鍋筒 (二)聯箱 (三)沸騰管及省煤器管 (四)過熱器管	
第二節 鍋筒及圓筒形聯箱的計算.....	548
第三節 管子、封頭及方形聯箱(集管)的計算.....	551
(一)管子 (二)封頭 (三)方形聯箱	
附錄 複習提綱及習題	562

第八章 汽 鍋

本章要求：了解各種汽鍋的構造與工作原理；能說明火筒汽鍋、火管汽鍋及水管汽鍋的特點及應用範圍；能作汽鍋的一般估計計算；認識鍋筒內件的作用。

汽鍋是一種壓力容器，在其中水吸收熱量而蒸發成一定壓力的飽和蒸汽。近代的大型鍋爐，通常包括汽鍋、水冷爐膛、過熱器、省煤器及空氣預熱器而組成一鍋爐整體（或稱蒸汽發生器）。本章僅研究汽鍋本身（大型者包括水冷牆，小型者也包括爐子）。

汽鍋在構造上的發展如圖 8.1 所示，從最簡單的圓筒形汽鍋開始，

朝着兩個主要方向改進。兩種改進方向的總趨勢都是在於增加受熱面及減少水容積，即是改善 V_0/H_k 比值（ V_0 —水容積； H_k —受熱面）。減小比值 V_0/H_k 汽鍋的產量增加且生火加快。

在圓筒的內部增加受熱面，即得到了火筒汽鍋及火管汽鍋；而在圓筒的外部增加受熱面即得到水管汽鍋及水管汽鍋。

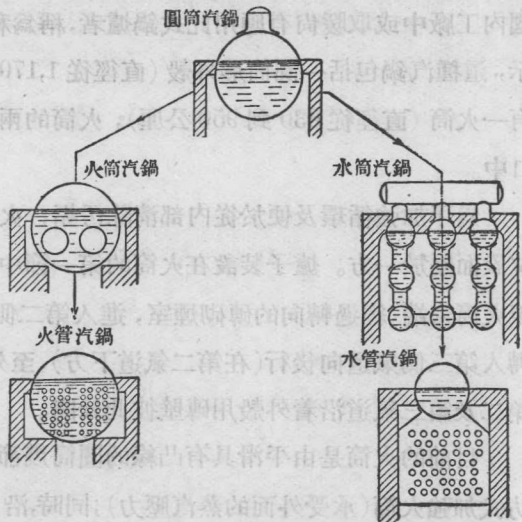


圖 8.1 汽鍋發展簡圖

圓筒汽鍋的比值 V_g/H_k 爲 ~ 0.70 立方公尺/平方公尺；火筒汽鍋減低至 ~ 0.18 立方公尺/平方公尺；火管汽鍋減低至 ~ 0.07 立方公尺/平方公尺；而近代化水管汽鍋更可減小至 0.0125 立方公尺/平方公尺以下。

隨着生產上的發展，汽鍋趨向大型高壓；爲了減低製造及運轉費用，趨向於減少使用金屬材料及提高鍋爐效率；爲了工作的安全可靠，趨向於設備的自動化。

第一節 火筒及火管汽鍋

(一)火筒汽鍋

單火筒臥式汽鍋是老式的火筒汽鍋的代表，最先製造是在1800年，國內工廠中或取暖尚有應用此式鍋爐者，稱爲科尼斯汽鍋。如圖 8·2 所示，這種汽鍋包括一圓筒形外殼（直徑從 1,170 到 1,900 公厘），內部裝有一火筒（直徑從 630 到 950 公厘），火筒的兩端固定在外殼兩端的孔口中。

爲了加強循環及便於從內部清除污垢，火筒不是放在汽鍋的中心位置而偏於一方。爐子裝設在火筒的第一節中，煙氣沿着火筒向後行至火筒末端，經過轉向的磚砌煙室，進入第二側氣道向前行，再在前方轉入第三側氣道向後行（在第二氣道下方），至外殼末端經煙道往煙囪。第二及第三氣道沿着外殼用磚壁彼此分開。

目前的火筒是由平滑具有凸緣的圓筒幾節銲接而成，這種的構成方式加強火筒（承受外面的蒸汽壓力）；同時，沿火筒全長具有彈性，以適應煙氣經火筒內部沖刷時所生的溫度應力。大直徑的火筒（900—1,200 公厘）製造成波紋形如圖 8·3 所示。這種構造具有沿長度較大的彈性，

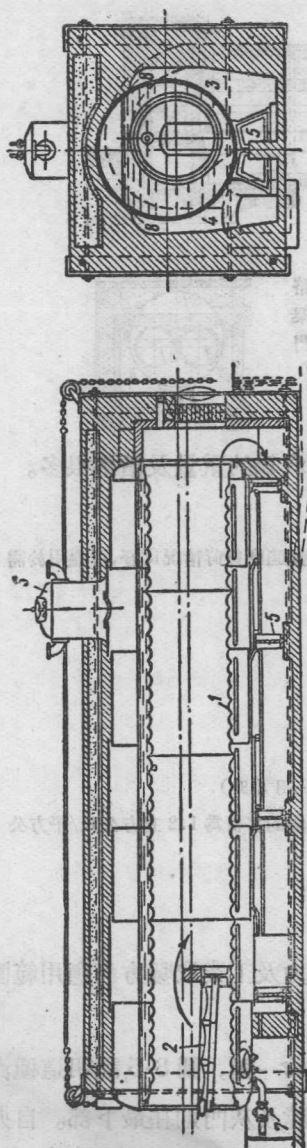


圖 8.2 單火筒汽鍋
1. 波紋形火筒 2. 爐子 3. 第二氣道 4. 第三氣道 5. 支架 6. 乾汽室 7. 放水閥 8. 受熱線

並有較好的抵抗外壓力及溫度應力的特性。

單火筒汽鍋的受熱面從20到70平方公尺。若蒸汽產量還要增加，則用雙火筒汽鍋如圖8.4所示，國內通稱為蘭開夏汽鍋。在蘇聯雙火筒汽鍋的標準受熱面大小為 $H_k=100$ 平方公尺。

單位蒸汽發生量依燃用的燃料品質好壞而定，在 $D/H_k=20-30$ 公斤/平方公尺-時的範圍內。火筒汽鍋的壓力不超過

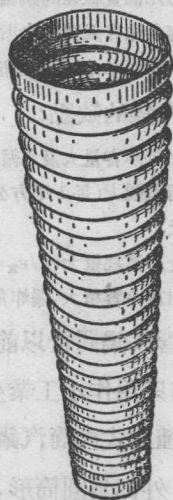


圖 8.3 波紋形火筒

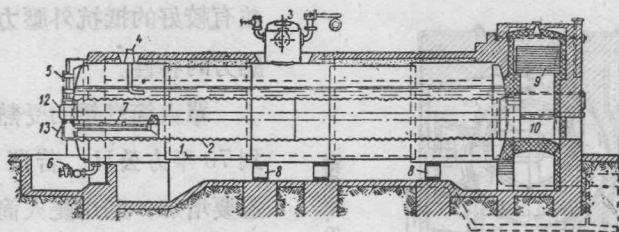
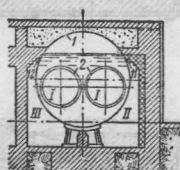


圖 8.4 雙火筒汽鍋

1. 鍋筒 2. 波紋形火筒 3. 乾汽室 4. 給水管路
5. 水位表支管 6. 放水閥 7. 爐柵 8. 支架
9. 過熱器 10. 擋板 11, 12. 受熱線 13. 灰門
I, II, III 氣道



10—12 大氣壓，因為比較高的壓力將增加汽鍋的重量及價格很多。

火筒汽鍋的優點如下：

- (a) 由於水容量大 (~200 公升/平方公尺)，汽鍋適應負荷情況良好，可應用於需用蒸汽量變動大的工業鍋爐設備；
- (b) 可用品質較差的鍋爐給水；
- (c) 容易檢查及清除水垢；
- (r) 使用簡單，經常修理消耗不大。

火筒汽鍋的缺點：

- (a) 由於水容量大及水循環不強，生火時間長 (6—8 小時)；
- (b) 構造龐大 (每 1 平方公尺受熱面在磚工中汽鍋的容積為 1.2 立方公尺/平方公尺)；
- (c) 金屬消耗量大 ($M/H_R = 200$ 公斤/平方公尺)；
- (r) 由於水容積大，爆炸危險性大。

在水管汽鍋問世以前，火筒汽鍋在動力及工業取暖方面應用範圍很廣，目前只用作小工業生產及取暖鍋爐。

另一種立式火筒汽鍋也為最簡單汽鍋的一種，圖 8.5 說明這種汽鍋的構造，外部為圓筒形，內部為火筒。爐膛及灰門則在最下部。自火筒的頂端以達鍋殼的頂端，有直立的管一個叫做揚管，燃氣由此直達

煙囪。另有橫管二三，橫置於火筒上部，其利益有三：（1）增加受熱面；（2）補助水的循環；（3）增加火筒強度。火筒上部有柱撐五六根，直達鍋殼頂部。在鍋殼上與各橫管底端相對處各有手孔一個；鍋殼前上部，復有人孔一個。安全閥及蒸汽管等則裝於鍋殼上部。

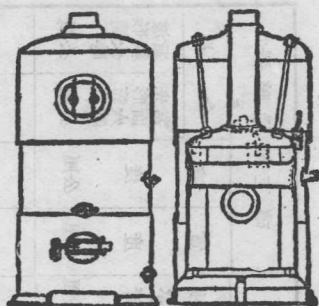


圖 8.5

以下兩表為蘇聯紅色鍋爐工廠所製造的火筒汽鍋的規範：

第 8.1 表

科 尼 斯 汽 鍋

號	受熱面 平方公尺	汽鍋直徑 公厘	光面形火筒		波紋形火筒		管制件直徑				磚 工			
			汽鍋圓筒長度 公厘	火筒外徑 公厘	汽鍋圓筒長度 公厘	火筒外徑 公厘	蒸汽管 公厘	給水管 公厘	安全閥 公厘	洩水管 公厘	寬度 公厘	長 度 公厘		
												當光面形筒 公厘	當波紋形筒 公厘	高度 公厘
1	15	1170	4150	630	4000	630/705	50	25	2×40	25	2400	5000	4850	1850
2	20	1170	5250	630	5100	630/705	50	25	2×40	25	2800	6300	6150	1850
3	25	1170	6400	630	6250	630/705	50	30	2×40	30	2800	7500	7350	1850
4	30	1170	7650	630	7500	630/705	60	40	2×50	40	2800	8750	8600	1850
5	35	1375	7500	705	7350	705/780	60	40	2×50	40	2975	8600	8450	1950
6	40	1375	8500	705	8350	705/780	70	40	2×50	40	2975	9600	9450	1950
7	45	1525	8700	785	8550	785/860	80	40	2×60	40	3200	9800	9650	2000
8	50	1600	9300	800	9150	800/875	80	50	2×60	50	3300	10400	10250	2050
9	55	1700	9400	900	9250	900/975	90	50	2×70	50	3400	10500	10350	2100
10	60	1800	9950	900	9800	900/975	90	50	2×70	50	3500	11050	10900	2150
11	65	1900	10250	950	10100	950/1025	90	50	2×70	50	3600	11350	11200	2200
12	70	1900	11000	950	10850	950/1025	100	60	2×80	60	3600	12100	11950	2200

第 8.2 表 鍋 汽 夏 開 關 圖

號	受 熱 面 平方公尺	汽 鍋 直 徑 公厘	火 筒 外 徑		汽 鍋 圓 筒 長 度		火 筒 外 徑		乾 汽 室		管 制 件 直 徑				磚 工 無 過 熱 器			
			光面形火筒 公厘	波 紋 形 火 筒 公厘	光面形火筒 公厘	波 紋 形 火 筒 公厘	光面形火筒 公厘	波 紋 形 火 筒 公厘	直 徑 公厘	高 度 公厘	蒸 汽 管 公厘	給 水 管 公厘	安 全 閥 公厘	洩 水 管 公厘	寬 度 公厘	高 度 公厘	全 面 火筒時 公厘	長 波 紋形火筒時 公厘
1	50	1600	7700	605	7400	605/680	660	600	80	40	80	40	2×60	40	3300	2000	8800	8500
2	55	1600	8500	605	8200	605/680	660	600	80	40	80	40	2×60	40	3300	2000	9600	9300
3	60	1600	9100	605	8800	605/680	660	700	90	50	90	50	2×70	50	3300	2000	10200	10100
4	65	1800	9000	650	8700	650/725	660	700	90	50	90	50	2×70	50	3500	2100	10100	9800
5	70	1900	9000	710	8700	710/785	660	700	90	50	90	50	2×70	50	3600	2150	10100	9800
6	75	1900	9700	710	9600	710/785	660	700	100	50	100	50	2×80	50	3600	2150	10000	10700
7	80	2000	9900	750	9400	750/825	800	800	100	50	100	50	2×80	50	3700	2200	10800	10500
8	85	2000	10200	750	9900	750/825	800	800	100	60	100	60	2×80	60	3700	2200	11300	11000
9	90	2100	10500	775	10200	775/825	800	800	100	60	100	60	2×90	60	3800	2300	11700	11400
10	100	2200	10700	825	10500	825/900	800	800	100	60	100	60	2×90	60	3900	2350	11900	11700
11	110	2300	10800	925	10500	925/1000	800	800	125	60	125	60	2×90	60	4000	2400	12200	11700
12	120	2300	11800	925	11500	925/1000	800	800	125	70	125	70	2×100	70	4000	2400	13000	12700

(二) 火管汽鍋

火管汽鍋在 1829—1831 年幾乎同時在俄國、英國及法國出現，但俄國吉爾邦洛夫所發明的汽鍋（機車式）證明是最成功的、也是最進步的汽鍋型式。火管汽鍋（固定式）製造成圓筒形，兩端為平形頂板，在頂板上裝有 56/50 到 82/76 公厘直徑的管子（圖 8.6）。

這些管子稱做火管，藉特殊的擴管器緊固在頂板中。火管管束位於汽鍋的容水空間中，而爐子則裝在汽鍋的下面前方。煙氣冲刷汽鍋的下部（形成第一氣道）向後行，於是回行經過火管內部（第二氣道）往汽鍋的前部，在此處煙氣分成兩路流經筒殼的側面氣道到汽鍋筒殼末端，再向下沿兩個通道往總煙道去。

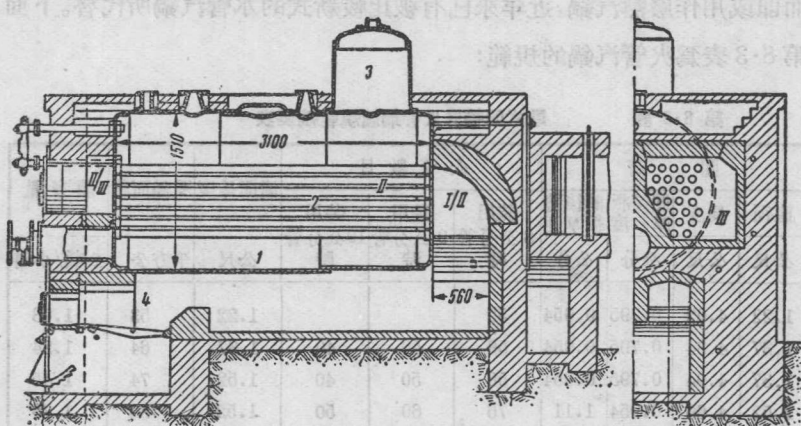


圖 8.6 火管汽鍋

1. 鍋筒 2. 火管 3. 乾汽室 4. 爐子 I、II、III 氣道

一部分的火管（總數的 20—30%）用作緊固兩端頂板的柱撐，這用作柱撐的火管具有厚的壁（到 7 公厘）；兩端先經擴管成喇叭形再彎邊到頂板上。

火管汽鍋的受熱面 25—150 平方公尺；單位蒸汽發生率 $D/H_k = 15—20$ 公斤/平方公尺·時，依燃料的品質而定。

火管汽鍋的優點如下：

(a) 有比較大的受熱面而汽鍋所佔的容積不大；

(b) 生火時間比火筒汽鍋快。

火管汽鍋的缺點如下：

(a) 清除緊密排列火管間的水垢不易；

(b) 汽鍋的構造沒有彈性，常引起防止漏水的修理，由於管子與頂板間緊固的連接，受溫度差別影響在擴管的地點易漏水。

(c) 需常常停爐清理管子及除灰，特別是當燃燒多灰的燃料時。

由於存在有以上諸缺點，固定式的火管汽鍋並未能廣泛應用。目前這些汽鍋在國外多用作廢熱汽鍋以利用工廠中爐子排氣中的餘熱。然而即或用作廢熱汽鍋，近年來已有被比較新式的水管汽鍋所代替。下面第 8.3 表為火管汽鍋的規範：

第 8.3 表 臥式同管式火管鍋爐規範摘要表

圓 筒				火 管 數 目			爐 柵 長 度	受 熱 面 積	蒸 發 量
直 徑	長 度	圓 筒 板 厚	前 後 蓋 板 厚 度	裝 用 8 公分管 時	裝 用 9 公分管 時	裝 用 10 公分管 時			
公 尺	公 尺	公 分	公 分				公 尺	平 方 公	公 噸 / 小 時
1.22	4.02	0.795	0.954	52			1.22	53	1.03
1.37	4.34	0.795	0.954	58	50	40	1.37	64	1.24
1.37	4.94	0.795	0.954	58	50	40	1.52	74	1.45
1.52	4.66	0.954	1.11	76	60	50	1.52	88	1.70
1.52	5.00	0.954	1.11	76	60	50	1.52	100	1.96
1.67	5.28	0.954	1.11	96	72	60	1.67	112	2.26
1.67	5.30	0.954	1.11	96	72	60	1.67	125	2.44
1.83	5.34	1.11	1.27	122	96	74	1.83	155	3.03
1.83	5.95	1.11	1.27	—	96	74	1.98	170	3.32
1.83	5.95	1.11	1.27	—	112	90	1.98	196	3.82

(三)火筒——火管組合汽鍋

火筒——火管組合汽鍋為火筒汽鍋與火管汽鍋組合而成。在蘇聯曾有一個時期被廣泛應用於製糖工業，由於比較貴及單位蒸汽產量小，($D/H_k=15-20$ 公斤/平方公尺·時) 目前已不採用。現在這種鍋爐主要是用於機車及船舶方面，在一個圓筒內或為火管與火箱的組合或為火管與火筒的組合。這種汽鍋的一般特點是：構造比較緊湊，由於有內部氣道不需用磚工。

機車汽鍋如圖 8.7 所示，它的構造可分為四部：

(1) 鍋殼本體；(2) 火箱，位於鍋殼的後端，普通皆係長立方形，在此一部份的鍋殼，亦為同樣形狀，惟中間留一部份空間，滿澆以水，作成所謂水夾層；(3) 煙箱位於鍋殼的前端，上置一短煙筒；(4) 火管 (46/51 公厘) 縱向置於鍋殼內，裝於火箱與煙箱的兩管板上。

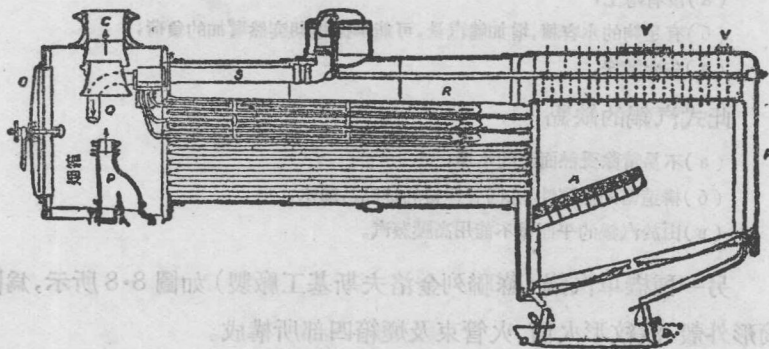


圖 8.7 機車式鍋爐

上圖中 F 為爐門，煤由此處加入至傾斜的爐柵上。爐柵的前上方有耐火磚所製的拱 A ，使爐柵上向上的燃氣流多一曲折，一面使燃燒比較完全，一面使與火箱大部的受熱面接觸，以便吸收其熱力。燃氣經曲

折後即入火管中，火管有大小兩種。在各大管(82-89 公厘)之中各裝有過熱管一組。燃氣經過火管後，即入煙箱，再由煙箱逸散於大氣中。

通風力係利用汽缸廢汽，經過鼓風管 P 而排於煙囪中。鼓風管周圍裝有一多孔的空環，當無廢氣可用時，即由鍋爐直接供以新汽，幫助通風。

停汽閥位於汽包之內，可由桿開關之。蒸汽由停汽閥經汽管 S 進入汽聯箱，由此入過熱管。由過熱管出來後歸於汽聯箱另一部，再經兩邊的汽管 Q 而達於汽缸。又 V 為裝置安全閥處， V 處裝置汽笛。 D 為灰盤前後兩活門，可經由槓桿連桿等以開關之，以調節風力的大小或去灰渣。

這種汽鍋的受熱面可達到 300 平方公尺，蒸汽發生率 20-30 公斤/平方公尺-時，相當於蒸汽產量 6-9 公噸/時。蒸汽壓力一般不超過 17-20 大氣壓，過熱蒸汽溫度 400°C 。

此式汽鍋的優點：

- (a) 沒有礮工；
- (b) 有足夠的水容積，增加儲汽量，可能承擔短期突然增加的負荷；
- (c) 生火較快。

此式汽鍋的缺點：

- (a) 不易清除受熱面上的水垢；
- (b) 構造緊固無彈性，在擴管連接的地點易漏水；
- (c) 由於汽鍋的平面壁不能用高壓蒸汽。

另一種機車汽鍋(蘇聯列金洛夫斯基工廠製)如圖 8.8 所示，為圓筒形外殼、波紋形火筒、火管束及煙箱四部所構成。

火筒及火管束的構造使均可從汽鍋的圓筒中抽出清理水垢。一部分火管(25%)用作拉撐管(直徑 60/50 公厘)，其餘的火管直徑為 60/54 公厘。蘇聯所製造的此式汽鍋受熱面為 49-97.6 平方公尺，壓力 15 大氣壓及過熱蒸汽溫度 $330-370^{\circ}$ 。單位蒸汽發生率 $D/H_k = 20-30$

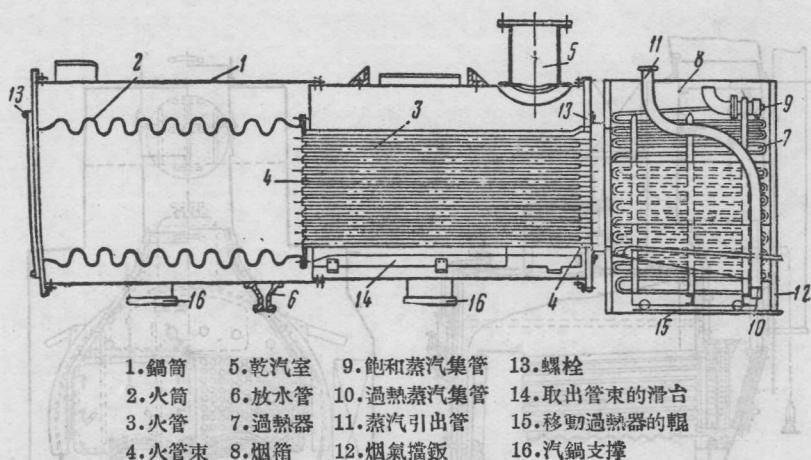


圖 8-8 機車汽鍋

公斤/平方公尺-時。

此式汽鍋的優點：

- (a) 沒有磚工；
- (b) 構造緊湊(每 1 平方公尺汽鍋受熱面積只佔 0.2—0.3 平方公尺地面積)；
- (c) 生火較快；
- (d) 易於裝拆。

此式汽鍋的缺點：

- (a) 難於清除水垢；
- (b) 由於蒸汽空間小，蒸汽中水分提高；
- (c) 構造緊固彈性小；
- (d) 難以燒低級煤。

船舶汽鍋如圖 8-9 所示，由於構造緊湊廣泛應用於船舶上。這種汽鍋的特點是：有內火箱，這個火箱用以使煙氣由火筒轉向而往火管中，火管的一端裝在火箱的前壁中，另一端裝在汽鍋的前頂板上。前頂板連接到煙箱，此煙箱再接到煙囪。這樣，煙氣由火筒進入轉向的火箱，再轉向 180° 而進入火管中；因此這種汽鍋取名為回行汽鍋。