

鍋 爐 學

——增訂版——

(中 冊)

陳 學 俊 編

上海科學技術出版社

鍋 爐 學

增訂版

(中 冊)

陳 學 俊 編

上海科學技術出版社

內 容 提 要

本書系根据苏联鍋炉方面教材及杂志上有关鍋炉的资料編成，并尽可能結合国内实际情况及参照其他方面資料加以补充。本書分三冊：上册为燃料与炉子的部分，計分概論、鍋炉的基本理論、燃料、燃燒計算、热平衡、火床燃燒的炉子设备及火室燃燒的炉子设备等七章；中冊为鍋炉整体及其計算部分，計分汽鍋、过热器、省煤器与空气預热器、特种鍋炉、鍋炉附件、热力計算、水循环計算、空气动力計算及强度計算等九章；下冊为鍋炉布置、联合标准热力計算、水动力学及輔助设备部分等二十一章。本書除詳述工作原理、构造及計算外并有例題說明。

本書可供大專、中技等校动力各專業作为鍋炉課的教材，也可作为鍋炉制造厂与电厂技術人員的参考書。

鍋 炉 学

一 增 訂 版 —

(中 冊)

陈 学 俊 編

上海科学技术出版社出版

(上海南京西路2304号)

上海市书刊出版业营业許可証出093号

上海市印刷五厂印刷 新华书店上海发行所总經售

开本 787×1092 1/27 印張 12 6/27 插頁 1 字數 254,000

1959年4月第2版 1959年4月第2版第1次印刷

印數 1—5,500

統一書号：15119·89

定价：(半工) 1.45 元

目 录

(中册)

第八章 汽鍋	1
第一节 火筒及火管汽鍋	1
第二节 水管汽鍋	16
第三节 高压汽鍋	67
第九章 过热器与再热器	79
第一节 过热的目的及过热器的构造与式样	79
第二节 过热器的特性及受热面	84
第三节 过热控制	87
第四节 再热器	91
第十章 省煤器与空气預热器	94
第一节 省煤器	94
第二节 空气預热器	105
第十一章 特种鍋炉	117
第一节 強制循环鍋炉概况	117
第二节 单流鍋炉	118
第三节 其他強制循环鍋炉	132
第四节 二汽循环鍋炉	139
第五节 原子能及原子能鍋炉	150

第十二章 鍋爐的附件	169
第一节 安全性的附件	169
第二节 給水的調节	173
第三节 过热器及省煤器的关断的与放水的附件	180
第四节 其他附件	186
第十三章 鍋爐整体的热力計算	190
第一节 爐子的計算	196
第二节 对流受热面的計算	210
第十四章 水循环	235
第一节 概說	235
第二节 自然循环的計算	240
第三节 循环的安全性	254
第四节 水冷墙循环线路的計算示例	262
第十五章 空气动力計算	277
第一节 气道及风道中的流体阻力	277
第二节 鍋爐设备中的本身通风	289
第三节 抽风机及打风机	293
第十六章 鍋爐主要部件的強度計算	302
第一节 鍋爐各部分的壁工作温度的決定	302
第二节 鍋筒及圓筒形联箱的計算	304
第三节 管子、封头及方形联箱(集管)的計算	307
附錄 复习提綱及习题	324

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筒汽鍋及水管汽鍋。

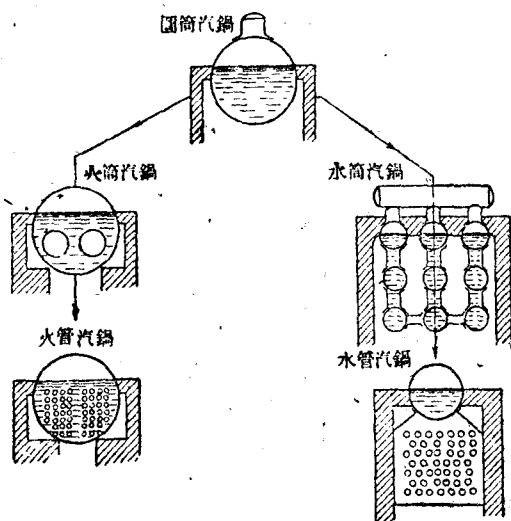


圖 8-1 汽鍋發展簡圖

圓筒汽鍋的比值 V_0/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，

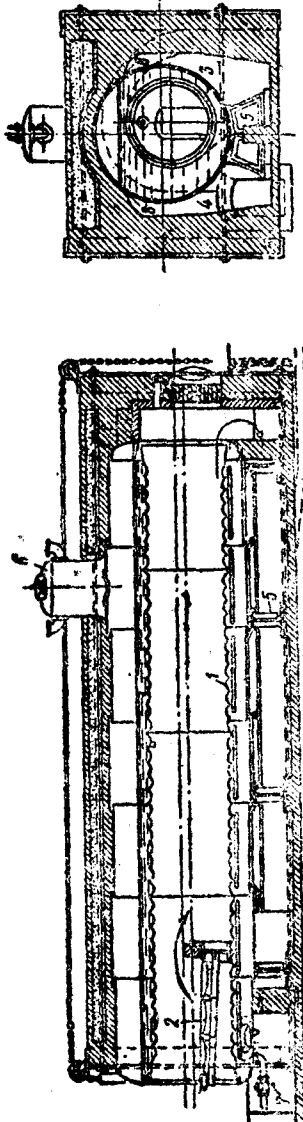


圖 8.2 單火筒汽鍋
 1. 波紋形火筒 2. 爐子 3. 第二氣道 4. 第三氣道 5. 支架 6. 乾汽室 7. 放水閥 8. 受熱面

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，國內通稱為關開夏汽鍋。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 $D/H = 20-30$ 公斤/平方公尺-時的範圍內。火筒汽鍋的壓力不超過

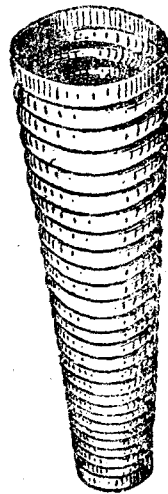


圖 8.3 波紋形火筒

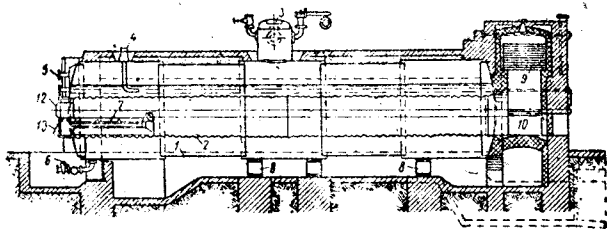
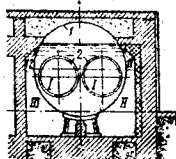


圖 8-4 雙火筒汽鍋

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. 爐橋 8. 支架
9. 過熱器 10. 擋板 11, 12. 受熱象 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。

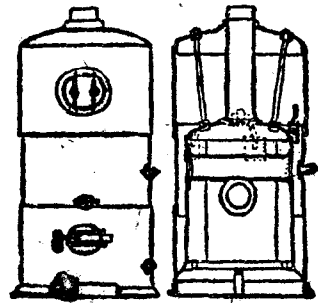


圖 8-5

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 數	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		高度 公厘
												當形筒 公厘	當形筒 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

號 數	受 熱 面 平方公尺	汽 鍋 直 徑 公厘	汽 鍋 圓 筒 長 度		火 筒 外 徑	汽 鍋 圓 筒 長 度		火 筒 外 徑		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			蒸 汽 管 公厘	給 水 管 公厘	安 全 閥 公厘	寬 度 公厘	高 度 公厘	全 長 公厘
1	50	1600	7750	605	7400	605/680	680	80	40	2×60	40	3300	2000	8800	8500
2	55	1600	8500	605	8200	605/680	680	80	40	2×60	40	3300	2000	9800	9300
3	90	1600	9100	605	8300	605/680	660	90	50	2×70	50	3300	2000	10200	10100
4	65	1800	9000	650	8700	650/725	680	90	50	2×70	50	3500	2100	10400	9800
5	70	1900	9000	710	8700	710/785	680	90	50	2×70	50	3600	2150	10100	9800
6	75	1900	9700	710	9600	710/785	660	100	50	2×80	50	3600	2150	10300	10700
7	80	2000	9900	750	9400	750/825	800	100	50	2×80	50	3700	2200	10800	10500
8	85	2000	10200	750	9900	750/825	800	100	60	2×80	60	3700	2200	11300	11000
9	90	2100	10500	775	10200	775/825	800	100	60	2×90	60	3800	2300	11700	11400
10	100	2200	10700	825	10500	825/900	800	100	60	2×90	60	3900	2350	11900	11700
11	110	2300	10800	925	10500	925/1000	800	125	60	2×90	60	4000	2400	12200	11700
12	120	2300	11800	925	11500	925/1000	800	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。煙氣沖刷汽鍋的下部(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。

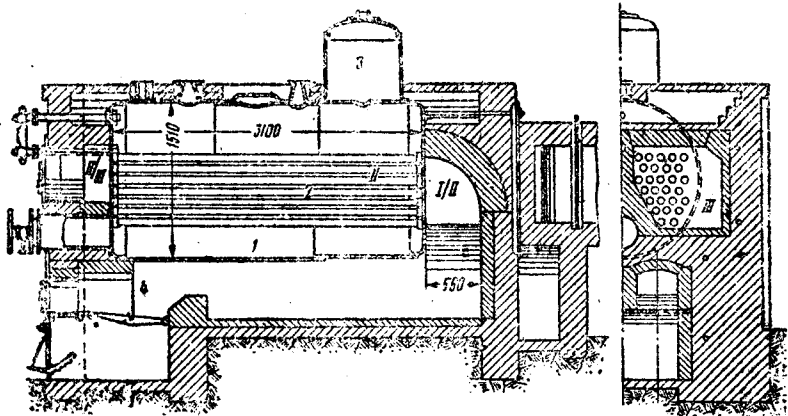


圖 8·6 火管汽鍋

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，由於管子與頂蓋間緊固的連接，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，特別是當燃燒多次的燃料時。

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 8·8 表為火管汽鍋的規範：

第 8·3 表 鳳式同管式火管鍋爐規範摘要表

圓 筒				火 管 數 目			爐 場 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
1.52	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。

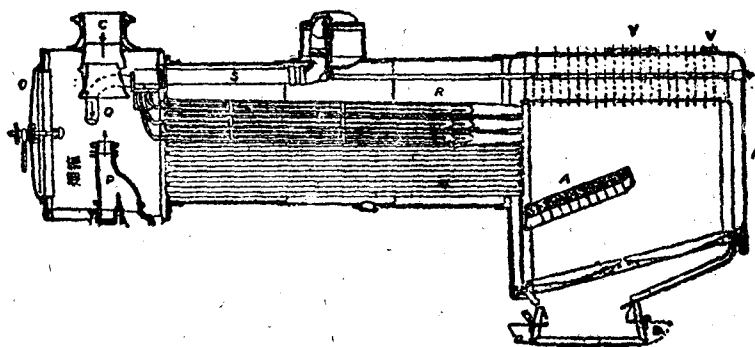


圖 8-7 機車式鍋爐

上圖中 F 為爐門，煤由此處加入至傾斜的爐棚上。爐棚的前上方有耐火磚所製的拱 A ，使爐棚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(32-89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 Y 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) 沒有噁工；
- (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 $D/H_k=20-30$

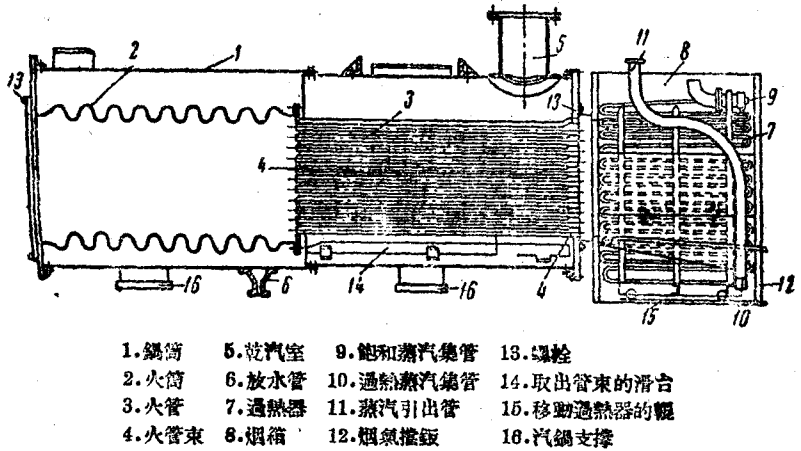


圖 8-8 機車汽鍋

公斤/平方公尺-時。

此式汽鍋的優點：

- (a) 沒有障工；
- (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。

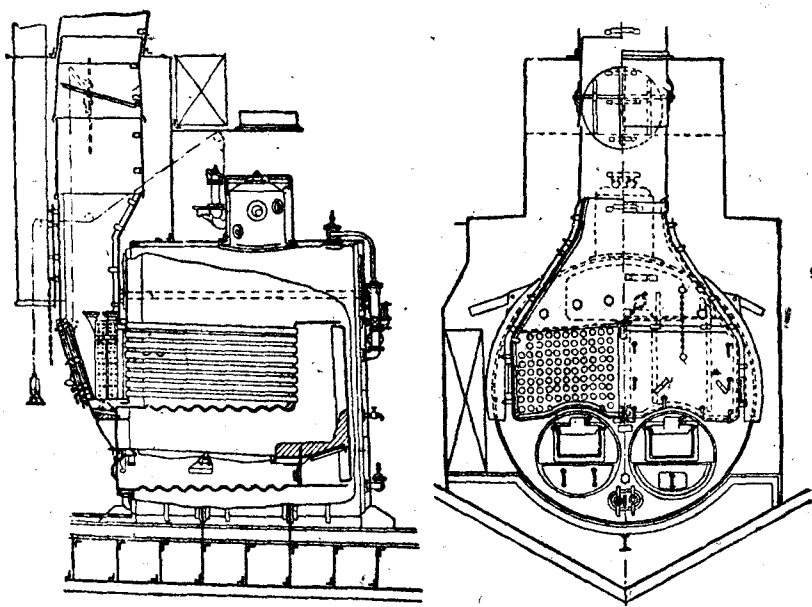


圖 8-9 船舶汽鍋

又此式汽鍋有單頭及雙頭之分：單頭者僅一端有火筒，由一端燒火；雙頭者，則兩端各有同數的火筒，由兩端燒火。內火箱有各自分離者，亦有合而為一者，煙氣由回管送至兩管再由揚管合於一煙箱而往煙囪。

此式汽鍋的受熱面達 300 (單頭) 及 600 平方公尺 (雙頭)。外殼直徑雙頭者達到 5,000 公厘。火筒數達到四只 (單頭) 或八只 (雙頭)。

優缺點與機車汽鍋大致相同。後面第 8-4 表為船舶汽鍋的規範。

此外，尚有一種蒸汽產量不大的立式組合汽鍋，火筒為鉛直者，上裝有沸水管。在蘇聯廣泛採用的一種立式組合汽鍋為舒和夫式汽鍋，如圖 8-10 所示。蘇聯在 1880 年發明曾被廣泛應用在鐵路運輸上，供給帶動油泵及水泵所需的蒸汽。汽鍋為立式圓筒形外殼及火筒所組成。為了