

汽船蒸汽機

哈密尼哥夫著
裘堯作編譯



科學技術出版社

目 次

序言.....	1
---------	---

上編 汽船蒸汽機的構造和零件

第一章 概論	3
1 蒸汽機動作概要.....	5
2 汽船蒸汽機的分類.....	6
第二章 蒸汽機的不活動部分	10
5 汽缸與鉛汽室	10
4 活塞桿填料箱.....	14
5 汽缸的附屬品.....	17
6 蒸汽機調節汽門.....	18
7 機座與機柱.....	20
第三章 蒸汽機的活動部分	26
8 活塞.....	26
9 活塞桿.....	27
10 滑板、十字頭與十字頭滑板	28
11 連接桿.....	52
12 曲拐軸.....	55
第四章 蒸汽分配	57
13 蒸汽分配概說.....	57

14	正蒸汽分配.....	58
15	帶餘面的蒸汽分配錯汽門.....	45
16	蒸汽分配的基本時刻.....	45
17	平錯汽門的優缺點及德利克式、賓納式和圓形錯汽門.....	50
18	各種錯汽門的缺點.....	57
第五章 錯汽門的傳動裝置.....		59
19	錯汽門傳動概說.....	59
20	史蒂芬遜滑環.....	60
21	古魯克與馬歇爾錯汽門傳動裝置.....	65
22	換向裝置.....	68
第六章 軸傳動裝置.....		70
23	汽船軸的裝置概要.....	70
24	推力軸.....	71
25	推力軸承.....	72
26	中間軸.....	75
27	艙軸.....	76
28	螺旋槳軸.....	78
29	軸的連接.....	78
30	螺旋槳.....	79
31	改進螺旋槳工作的方法.....	82
第七章 凝結器與水泵.....		85
32	凝結器的作用及工作原理.....	85
33	冷面凝結器.....	86
34	循環泵.....	91
35	空氣泵.....	93
36	給水泵與污水泵.....	100
第八章 汽船蒸汽機的維護.....		105
37	蒸汽機開動前的準備.....	105

58 蒸汽機開動與運轉時的維護	104
59 潤滑與潤滑油	107
40 潤滑油的給油器	109
第九章 新式蒸汽機	115
41 林芝式汽門分配蒸汽機	115
42 哈利史基遜與密萊爾式蒸汽機	119
45 約夫式直流蒸汽機	123
44 應用混合蒸汽分配的蒸汽機	124
45 應用中間過熱蒸汽的蒸汽機	126
46 復熱過程的蒸汽機	129
47 巴烏爾及佛哈裝置	132

下編 汽船蒸汽機的原理和計算

第一章 蒸汽機的工作過程	157
48 朗根循環	157
49 實際蒸汽機與朗根循環比較的熱的損失	158
60 鍋爐至蒸汽機汽管傳導的損失	159
51 進汽與排汽時抽絲的損失	140
52 蒸汽與汽缸壁熱量交換的損失	141
53 蒸汽在汽缸內不完全膨脹的損失	144
54 汽缸排汽壓力高於凝結器壓力的損失	145
55 汽缸壁周圍熱量輻射的損失	145
56 汽缸除隙空間的損失	145
57 蒸汽洩漏的損失	146
58 提早進汽與排汽的損失	147
第二章 蒸汽機的理想指示圖	148
59 單汽缸蒸汽機的理想指示圖	148
60 多段膨脹蒸汽機的理想指示圖	155
61 單汽缸蒸汽機與多段膨脹蒸汽機的比較	158

第三章 指示器與指示圖	161
62 指示器	161
63 平均指示壓力的計算	165
64 按照指示圖判斷蒸汽機作功的特徵	170
65 多段膨脹蒸汽機合成指示圖的構成	173
第四章 活塞與曲柄，錯汽門與偏心輪聯動的研究	177
66 活塞的運動方程式	177
67 錯汽門的運動方程式	183
第五章 錯汽門的蒸汽分配圖	186
68 茨納蒸汽分配圖	186
69 應用白利克修正的茨納圖	196
70 白利克蒸汽分配圖	200
71 萊爾—莫利爾圖	205
第六章 史蒂芬遜滑環原理	205
72 滑環進汽切斷的改變	205
第七章 蒸汽機凝結器的構造	214
73 凝結器構造概說	214
74 凝結器內的空氣	215
75 凝結器內熱的傳導	216
76 循環冷却水的數量	219
77 凝結器冷却表面的計算	220
78 空氣泵容積的計算	225
第八章 蒸汽機要項計算	229
79 蒸汽機能力的計算	229
80 蒸汽機指示能力的選擇	251
81 汽缸直徑的計算	256
82 蒸汽分配時刻的選擇	257
83 汽管、汽路及汽口斷面積的計算	259
84 偏心距的決定	245
俄華英名詞對照表	248

序 言

汽船往復蒸汽機沿用已久，最少有一百五十年之歷史。雖然現代船舶，馬力較小的多用內燃機，馬力較大的多用汽輪機，但是用往復蒸汽機的船舶還是很多。因為往復蒸汽機有其不可埋沒的優點，故在今日內燃機、汽輪機、燃氣輪機等優越動力競爭之下，還能存在而不致完全被淘汰。

汽船往復蒸汽機，在我國更具優越條件：

(一) 因為我國目前燃油產量還較少，而煤則相當的多，故在經濟觀點上尚不宜大量採用內燃機，而以採用蒸汽機為宜。

(二) 我國船用內燃機，目前尚難製造，而且各口岸之工廠設備，擔任內燃機修理工作，也還不够完善。而往復蒸汽機則完全能自造，並且往復蒸汽機並不需用特種鋼料，即原材料亦可自己供給。

(三) 因為以往我國船舶很少有用內燃機或汽輪機的，故熟習使用內燃機或汽輪機的船員非常缺乏，此種有經驗的船員非是一年半載可以訓練成功的。倘我們突然增加了很多內燃機的船舶，船員也會成問題。

基於以上的原因，汽船往復蒸汽機，在我國目前還是最適合的船

用動力，因此對於船廠工人，應該授予往復蒸汽機理論方面與製造方面的知識，以建立最近將來擴充航業的基礎。

我們以往對於工友的技术教育，尚不够重視，而學校又多採用外文教本，故往復蒸汽機在我國雖然已經有了多年的歷史，但是關於它的理論和經驗的書籍，還是很少；尤其是合乎工友們用的，更是沒有。最近委堯作同志在大連船渠服務，爲了要提高一般工友們的技术水平，將蘇聯哈密尼哥夫著的‘汽船蒸汽機’譯成中文，請我校閱，我讀了之後，覺得此書有以下優點：

(一) 講解極爲詳盡，使讀者很易明白。

(二) 理論方面，無艱深難懂之處，且能切合實際，對工廠中工友們提高關於往復蒸汽機的認識，極有幫助，用爲專科學校的課本也是很合宜的。

委同志的譯文也極通暢明達，對於專門名詞方面，盡量通俗化與標準化，便於讀者了解，本人對於此書認爲是非常滿意的，並確合目前需要的。

張寶齡 1961年4月16日

上 編

汽船蒸汽機的構造和零件

第一章 概 論

1 蒸汽機動作概要

汽船蒸汽機的裝置如圖 3 所示。從鍋爐 1 發生的蒸汽，經鍋爐制止汽門 2，沿汽管 3 經蒸汽機調節汽門 4，進入高壓汽缸錯汽室 5；蒸汽工作完後，經容汽管 6 進入中壓汽缸錯汽室；在中壓汽缸工作完了，經容汽管 7 進入低壓汽缸錯汽室；蒸汽最後在低壓汽缸工作完了，沿乏汽管 9 進入凝結器 10；蒸汽在凝結器內凝結成水，凝結水由空氣泵 11 驅至溫水箱 12，經過適當的處理——清除油垢及加熱以後，重新供給鍋爐汽化。給水泵 13 將鍋爐給水從溫水箱吸出，經過濾器與加熱器 14 及鍋爐給水門 15 而送入鍋爐。凝結器中有通過海水的銅管，蒸汽則接觸銅管表面而冷卻；因此設置所謂循環泵 16，吸取船旁冷水，經凝結器 10 及管口 8，至船旁水門排出船外；船旁冷水這樣經常不斷的循環於凝結器內。

圖 3 表示蒸汽機的裝置。若把蒸汽機換為蒸汽輪機，裝置圖仍相同。

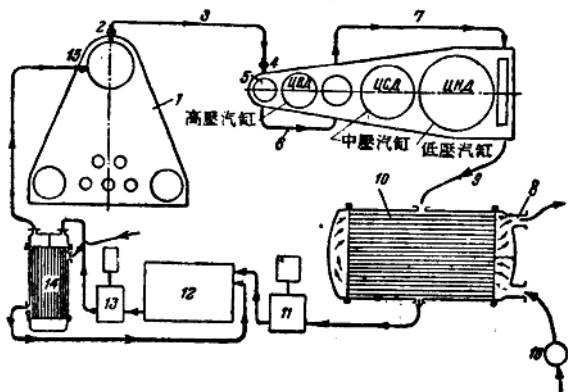


圖 5 汽船蒸汽機裝配圖

以下解釋往復蒸汽機的動作。如圖 4 裝置的蒸汽機，汽缸 2 上部有汽缸蓋，下部有汽缸底 5。汽缸內活塞 5 安裝在活塞桿 4 上，活塞恰如活動隔壁，將汽缸分成兩部分：上部空間——活塞上部，及下部空間——活塞下部。從鍋爐沿汽管 20 進入汽缸旁邊錯汽室 17 的蒸汽的壓力，使活塞運動。蒸汽從錯汽室沿汽路 15 及 16 進入汽缸的相應空間。汽路 15 及 16 是蒸汽從錯汽室至汽缸的通路，在汽缸與錯汽室的兩端稱為汽口；錯汽室一端的汽口是在錯汽門（又稱滑閥或滑瓣）14 的滑動表面上，這表面稱為錯汽室滑面。在滑面中部有排汽口 18，汽缸的乏汽經排汽口進入乏汽管。錯汽門 14 同時開放一個汽口而關閉另一個汽口，以調節新汽進入汽缸與乏汽從汽缸中排出。

活塞桿 4 經汽缸底 5 的格蘭套伸出，下部連接十字頭 6，十字頭連有十字頭滑板 8，蒸汽機運轉時，十字頭滑板沿着滑板 9 滑動。

十字頭腰軸 7 與連接桿 10 上部相連接，連接桿下部 11 與曲柄

軸12相連接；這樣，活塞上下運動，使曲拐軸旋轉，帶動汽船全部軸綫與艙軸末端的螺旋槳旋轉。

在曲拐軸上與曲柄成一定角度處，安裝銷子及偏心輪22，偏心輪的圓心與曲拐軸的軸心不一致。與機械連桿的動作相同，偏心輪隨着軸的旋轉運動，推動偏心桿23與錯汽門桿19，而使錯汽門14上下運動。

要使蒸汽機能够運轉，活塞與錯汽門的動作須能完全協調。如圖4所表示的狀況，錯汽門開放了上部汽口，蒸汽從錯汽室進入汽缸上部空間，於是活塞向下運動，乏汽從下部空間至錯汽門內部，經排汽

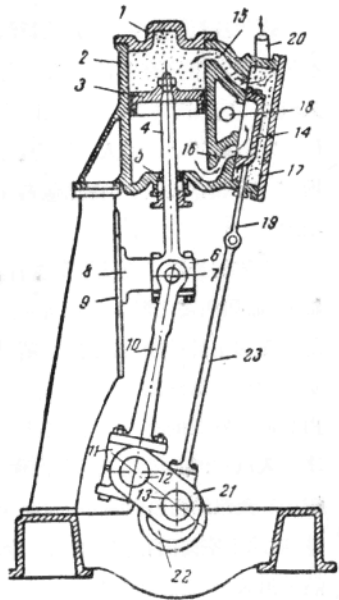


圖4 蒸汽機圖

口18進入乏汽管。若錯汽門向上運動，開放下部汽口，乏汽由上部汽口經排汽口18進入乏汽管，新汽將從錯汽室進入汽缸下部空間，推動活塞向上運動。錯汽門由於偏心輪與錯汽門桿的引動，作上下的往復運動，以使活塞在汽缸內上下運動。蒸汽機就是這樣連續運轉的。

當活塞達到上極點時，活塞桿、連接桿、曲柄三者連成一條直綫，而曲柄向上，曲柄在這樣的位置稱為**上死點**；當活塞在下極點時，曲柄向下，在這樣的位置稱為**下死點**。因此活塞的行程，即活塞在兩極點間的距離，正等於曲柄半徑的兩倍。

近代蒸汽機的錯汽門，使新汽從錯汽室進入汽缸的相應空間，並不佔據活塞運動的全部行程，而僅是活塞行程的一部分。新汽一進入汽缸，錯汽門即將汽口關閉，由於進入汽缸內的蒸汽的膨脹動能，使活塞繼續運動。進入汽缸的新汽儘量減少，使蒸汽膨脹的可能性增大，蒸汽的熱能利用得也愈充分；但餘隙空間妨礙了這種可能性的增大。

汽缸的長度，要使活塞當行至兩極點時絕對碰不到汽缸蓋與汽缸底，而與活塞之間永遠保留一段不大的距離，這段稱為餘隙——上部餘隙與下部餘隙。餘隙的容積，加上汽缸旁的溝道——連通錯汽室與汽缸汽口的汽路，稱為餘隙空間。餘隙空間是有害的區域：第一，由於餘隙空間的存在，增加蒸汽的消耗量，蒸汽要填滿餘隙空間後，才進入汽缸；第二，進入的蒸汽愈多（如沒有餘隙空間，則蒸汽進入就較少），蒸汽的膨脹就愈少，因此餘隙空間減少了蒸汽膨脹的可能性。並且，餘隙空間的存在，增大了冷卻面積，也就是增加了蒸汽冷凝的熱量損失。

2 汽船蒸汽機的分類

汽船蒸汽機可按照下列的特徵分類：

1 按照蒸汽工作空間的數量分類

- 1) 單動機：蒸汽僅在汽缸上部空間工作。
- 2) 雙動機：蒸汽在汽缸兩個空間工作（即現在普通的蒸汽機，如圖1）。

2 按照汽缸中綫的位置分類

- 1) 臥式機：汽缸中綫與地面平行。

2) 斜向機: 汽缸中綫與地面成傾斜角。

3) 搖擺機: 運轉時, 汽缸在樞軸上搖擺, 由樞軸管制新汽進入及乏汽排出。

4) 立式機。

臥式機、斜向機與搖擺機應用於使用輪槳的汽船, 而立式機則應用於使用螺旋槳的汽船。

3 按照蒸汽工作的方式分類

1) 不膨脹的蒸汽機: 蒸汽進入汽缸佔據活塞的全部行程。

2) 膨脹的蒸汽機: 蒸汽進入汽缸, 僅佔據活塞行程的一部分, 蒸汽進入以後, 即關閉汽口, 由於進入汽缸內的蒸汽的膨脹動能, 使活塞繼續運動。

膨脹的蒸汽機, 依照蒸汽膨脹的次數可以分為:

a. 一段膨脹的蒸汽機: 蒸汽流入一個汽缸內完全膨脹。

b. 兩段膨脹的蒸汽機: 蒸汽在第一個汽缸內開始膨脹, 稱為高壓汽缸; 而於第二個汽缸膨脹完畢, 稱為低壓汽缸 (由高壓汽缸通入低壓汽缸的汽管, 稱為容汽管)。

B. 三段膨脹的蒸汽機: 蒸汽在三個汽缸內發生膨脹, 由高壓汽缸, 然後進入中壓汽缸, 最後再入低壓汽缸。

r. 四段膨脹的蒸汽機: 蒸汽膨脹發生在四個汽缸內, 即高壓汽缸, 第一中壓汽缸, 第二中壓汽缸, 低壓汽缸。

這裏必須注意以下幾點:

(1) 不膨脹的蒸汽機, 一段膨脹的蒸汽機, 都可能是單汽缸或多汽缸的蒸汽機。

(2) 爲了避免低壓汽缸的直徑過大, 通常用兩個較小的低壓汽

缸來代替，蒸汽則同時進入。

(3) 兩段膨脹蒸汽機的曲柄互成 90° 或 180° 的角度。互成 90° 角的稱為複式蒸汽機，或並列蒸汽機；互成 180° 角的稱為武列夫 (Вульф) 式蒸汽機，或串列蒸汽機。

4 按照應用蒸汽的性質分類

- 1) 飽和蒸汽機。
- 2) 過熱蒸汽機。
- 3) 中間過熱蒸汽機。

5 按照乏汽排出的情形分類

1) 有凝結器的蒸汽機：乏汽由蒸汽機最後的汽缸排至凝結器，蒸汽凝結成水，再經適當的處理後，供給鍋爐重新汽化。

2) 沒有凝結器的蒸汽機：乏汽由蒸汽機排至大氣中。

3) 聯動蒸汽機：這種型式蒸汽機排除的乏汽，仍有相當壓力（即含有相當的動能）可以利用，例如進入低壓蒸汽輪機，即成蒸汽機與蒸汽輪機的聯動裝置。蒸汽機單獨運轉，不能充分利用蒸汽的動能。而這種裝置的目的，是使蒸汽的利用更經濟。

4) 抽汽蒸汽機：這種蒸汽機在陸地上應用已很普遍，新近才開始應用於汽船上。抽汽蒸汽機是從汽缸中抽出一部分蒸汽，供給其他的目的地使用，例如鍋爐給水的加熱等。

6 按照蒸汽分配的機構分類

1) 錯汽門分配的蒸汽機：蒸汽的工作由錯汽門調整，每個汽缸有一個錯汽門（如圖 3）。

2) 汽門分配的蒸汽機：蒸汽工作由汽門調整，每個汽缸有四個汽門。

-
- 3) 汽嘴分配的蒸汽機: 與汽門分配相似, 但汽門的作用由汽嘴代替。
 - 4) 直流蒸汽機: 乏汽排出由活塞自行管制。
 - 5) 混合分配的蒸汽機: 各個汽缸有各種不同的蒸汽分配裝置。

第二章 蒸汽機的不活動部分

蒸汽機有下列幾種主要的不活動部分：

- 1) 汽缸與錯汽室；
- 2) 汽缸的附屬品；
- 3) 蒸汽機調節汽門；
- 4) 活塞桿填料箱；
- 5) 機座及機柱。

各部分的構造以下各節將依次分述。

3 汽缸與錯汽室

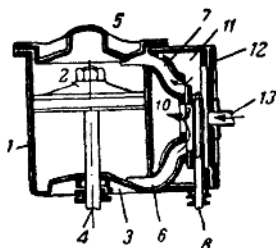


圖 5 汽缸與錯汽室的構造

依照蘇聯船舶規程(Правило Морского Регистра СССР)的規定(表 1), 汽缸可按其性質, 用細粒生鐵鑄造。若汽缸與錯汽室連在一起鑄造, 其形狀較為複雜。

圖 5 表示汽缸的構造。安裝在活塞桿 4 上的活塞 2 把汽缸體

1 分成兩部分：上部空間——活塞上部，和下部空間——活塞下部。汽缸下部為汽缸底 5，通常與汽缸體一起鑄成，而上部則為汽缸蓋 5。

表 1 蒸汽機用鑄鐵的機械性質

鑄鐵 號碼	最低抗彎 應力 公斤/公厘 ²	最低撓度公厘		布氏 Бразель 硬度	機件名稱
		支點間距離			
		$l=300$ 公厘 $l=600$ 公厘			
CЧ-48	48	4	11	170~ 229	過熱蒸汽蒸汽機的汽缸內 套及零件
CЧ-44	44	4	10		蒸汽機汽缸、汽缸套及活 塞環圈
CЧ-40	40	4	10		蒸汽機其他重要零件及附 屬品
CЧ-36	36	5	8		蒸汽機的機座及機柱
CЧ-52	52	5	8		補機汽缸、汽門室及汽管

錯汽室 11 與汽缸合成一組鑄成。錯汽室有汽路 6 及 7 與汽缸相應空間相連通；汽路兩端是汽口，一端在汽缸空間，另一端在錯汽室滑面。錯汽門 9 安裝於錯汽門桿 8 上，沿着錯汽室滑面運動。錯汽室旁邊用蓋 12 蓋住。新汽經汽管 13 進入錯汽室，而乏汽經乏汽管 10 排至凝結器或進入另一個汽缸繼續作功。當如圖 5 所示的位置，新汽從錯汽室進入汽缸上部空間，而乏汽則從汽缸下部空間排至乏汽管 10。

圖 6 為汽缸與圓錯汽室的斷面圖，用生鐵鑄成。汽缸體 1 與雙層的汽缸底相連。汽缸上部的法蘭盤 3 有輻射狀的補強筋 2，用絲對（又名雙頭螺栓）與汽缸蓋的法蘭盤相連接。活塞沿汽缸套 4 的表面運動，汽缸套即為汽缸的滑動部分。圖上所示汽缸的滑動部分，是於單獨鑄成後，再裝入汽缸體內的。與汽缸體和滑動部分一起鑄成的

(如圖 5) 相比較, 這樣作有下列的優點:

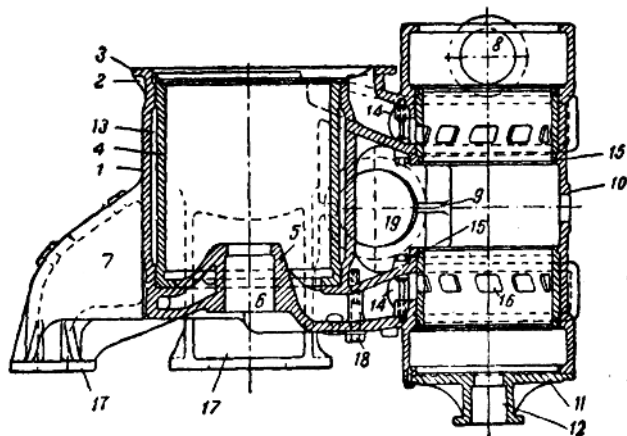


圖6 汽缸與滑缸室斷面圖

1-汽缸體; 2-補強筋; 3-法蘭盤; 4-汽缸套; 5-汽缸蓋; 6-活塞桿格蘭孔;
7-汽缸掌; 8-進汽管口; 9-補強筋; 10-滑缸室; 11-滑缸室下蓋;
12-滑缸室蓋孔; 13-蒸汽套; 14-汽路; 15-滑缸室滑面; 16-汽口;
17-汽缸掌法蘭盤; 18-補強螺絲; 19-排汽孔。

1) 修理容易, 能增加汽缸的使用期限。

2) 滑動部分可單獨採用較好的材料, 在經濟上較為有利。

3) 汽缸體與汽缸滑動部分間(圖 6)有環形空隙 13 (蒸汽套), 在空隙中流通蒸汽。進入蒸汽的壓力及溫度與汽缸內的新汽相等, 使汽缸滑動部分的表面受熱。

蒸汽套保持了汽缸壁表面的高溫度。若汽缸壁的低溫度, 新汽進入汽缸與較冷的汽缸壁相接觸, 就開始凝結而增加蒸汽的濕度, 結