

中等專業學校教學用書

船舶蒸汽機

哈密尼哥夫著



機械工業出版社

中等專業學校教學用書



船 舶 蒸 汽 機

哈密尼哥夫著

裘堯作譯

蘇聯船舶製造部學校管理司
批准為造船中等技術學校教材

出版者的話

本書為蘇聯機械工程師П. 哈密尼哥夫所著，是蘇聯造船中等技術學校的教材及海運學校的參考書。

書中說明立式船舶往復蒸汽機的構造、基本原理和蒸汽機的計算，最後還有使用和維護的常識，可作為我國中等專業學校教本和海運及造船技術人員的參考書。

本書根據蘇聯 П. С. Хмельников 著 ‘Судовые Паровые Машины’
(Оборонгиз 1946 年第一版)一書譯出

*

*

*

NO. 0055

1952 年 3 月第一版 1956 年 8 月第一版第五次印刷

850×1168 $\frac{1}{32}$ 178 千字 8 $\frac{5}{16}$ 印張 6,601—7,600 冊

機械工業出版社(北京東交民巷27號)出版

北京市印刷一厂印刷

新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可證出字第 008 號 定價 (10)·1.40 元

序 言

船舶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。

船舶往復蒸汽機，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，船舶往復蒸汽機，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。最近裘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‘船舶蒸汽機’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。

裘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 1951年4月15日

目 次

序言

緒論	1
----	---

上編 船舶蒸汽機的構造和零件

第一章 概論	3
--------	---

1 蒸汽機動作概要	3
-----------	---

2 船舶蒸汽機的分類	6
------------	---

第二章 蒸汽機的不活動部分	10
---------------	----

3 汽缸與錯汽室	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	25
--------------	----

8 活塞	25
------	----

9 活塞桿	27
-------	----

10 滑板、十字頭與十字頭滑板	28
-----------------	----

11 連接桿	32
--------	----

12 曲拐軸	35
--------	----

第四章 蒸汽分配	37
----------	----

13 蒸汽分配概說	37
-----------	----

14	正蒸汽分配	38
15	帶餘面的蒸汽分配錯汽門	43
16	蒸汽分配的基本時刻	46
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	船舶軸的裝置概要	70
24	推力軸	71
25	推力軸承	72
26	中間軸	75
27	艏軸	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 船舶蒸汽機的維護		103
37	蒸汽機開動前的準備	103

38	蒸汽機開動與運轉時的維護	104
39	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	哈利史基遜與密葉爾式蒸汽機	119
43	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 船舶蒸汽機的原理和計算

第一章 蒸汽機的工作過程		137
48	朗根循環	137
49	實際蒸汽機與朗根循環比較的熱的損失	138
50	鍋爐至蒸汽機汽管傳導的損失	139
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	汽缸餘隙空間的損失	146
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 應用白利克矯正的茨納圖	196
70 白利克蒸汽分配圖	200
71 萊爾—莫利爾圖	203
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	216
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

緒 論

往復蒸汽機應用的範圍

柯爾斯(Jonathan Hulls)於1736年最早建造自動行駛的船舶。關於這種用後轉輪槳推動的船舶蒸汽機,現在很少知道,祇知蒸汽機是用皮帶傳動使輪槳轉動的。

與現代蒸汽機極相似的蒸汽機,是英國人傑姆斯·瓦特(Джемс Уатт)於1765年創造的。

馬克思與恩格斯認為瓦特蒸汽機的出現,是世界上最偉大的創舉。馬克思寫道,瓦特蒸汽機是使“技術得到廣泛應用”的原動機。

色敏克頓(Саймингтон)於1801年首先將瓦特蒸汽機安裝於用後轉輪槳推動的“頓巴斯”號(Шарлотта Дунбас)船舶上。

於俄國,在1815年由畢爾達(Берд)小型船廠首先應用4馬力的瓦特蒸汽機建造自動行駛的船舶。兩旁的輪槳保證船舶以每小時5哩的速度航行。

於俄國第一個未均衡的蒸汽機在1832年安裝於“蓋爾古力司”(Геркулес)號軍艦上。這蒸汽機有240馬力,是由依若爾斯基(Ижорский)工廠建造的。

於1836年已應用螺旋槳推動,而在俄國,第一艘帶有螺旋槳的軍艦是在1948年建造的,具有900馬力蒸汽機的“阿爾漢密達”(Архимед)號軍艦。

在1880~1890年間,出現了三段膨脹的船舶蒸汽機,於是在增加建造船舶的噸位同時,要求增加蒸汽機的能力與經濟效率,並設計了四個汽缸和五個汽缸(兩個低壓汽缸)的四段膨脹蒸汽機,以增加

蒸汽的總膨脹率。

船舶蒸汽機發展到 17,000~20,000 馬力便停止了。這種蒸汽機用在大型的巡洋艦及裝甲艦，以及大型的商船上。這些蒸汽機是龐大與複雜的，需要仔細的管理與佔據廣大的面積。

由於船舶上改用了汽輪機裝置，因而巨大馬力的往復蒸汽機因經濟上利益少，已不復使用了。在俄國第一艘安裝汽輪機的是海軍技術學校船隊的“拉斯朵契卡”（Ласточка）號魚雷艇〔前身是英國“加羅林”（Каролин）號魚雷艇〕。這船上的汽輪機祇有前進行程，帶動兩旁的軸旋轉，在中間的軸上則安裝通常的蒸汽機。

在現代，蒸汽機祇應用於商船上，破冰船及拖船上，每台蒸汽機的能力不超過 3500~4000 馬力；對於需要較大能力的原動機，則應用汽輪機或柴油機。

圖 1 是安裝於現代木材運輸船上 900 馬力蒸汽機的斷面圖，圖 2 是這台蒸汽機的側面圖。

於設計船舶選擇主機的型式時，需要考慮到往復蒸汽機、汽輪機及柴油機各方面可能引起的優點與缺點，及該船舶使用它們的目的。

蒸汽機雖然不適合於大型能力的，但不能說蒸汽機已不復發展了。古節爾姆脫（Гуттермут）在他於 1928 年所著“蒸汽機”（Die Dampfmaschine）的序言中說“現在蒸汽機已結束本身發展”是不正確的。這種斷語是下得太早了，近年來的實際情況證明了相反的事實：如今蒸汽機已開始應用於那些需要較小能力的範圍內，如汽車、拖拉機、甚至飛機上。在美國曾建造了飛機上用的 65 馬力的蒸汽機。試驗的結果證明，應用這種蒸汽機每航行小時的價值為 1.68 美元，如果應用通常汽油發動機的飛機，每航行小時的價值等於 18 美元。

因此，蒸汽機應用的範圍在運輸方面仍在擴大，於海洋船隊中，我們有成隊的於 1942~1944 年中在美國建造的“自由輪”（“Либерти”）和“勝利輪”（“Виктория”）的新型船舶。

上 編

船舶蒸汽機的構造和零件

第一章 概 論

1 蒸汽機動作概要

船舶蒸汽機的裝置如圖 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却；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。

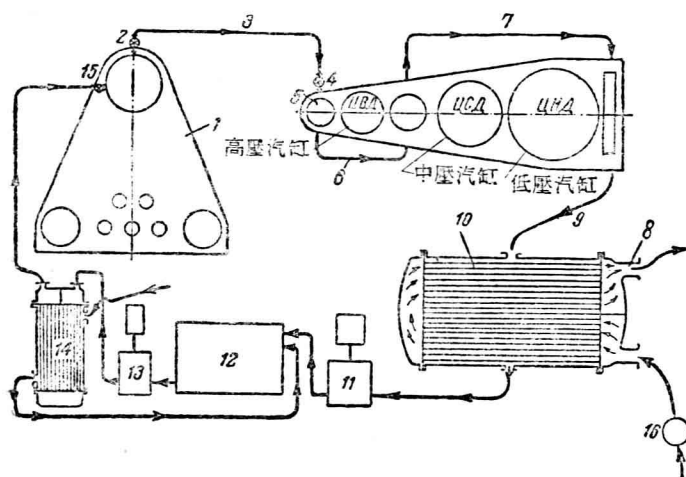


圖 5 船舶蒸汽機裝置圖

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 1，下部有汽缸底 5。汽缸內活塞 3 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，帶動艀艀全部軸綫與艀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

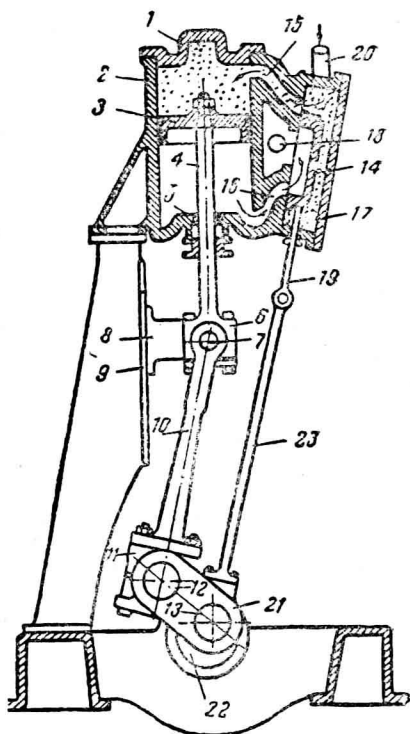


圖 4 蒸汽機圖

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 船舶蒸汽機的分類

船舶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船舶, 而立式機則應用於使用螺旋槳的船舶。

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)。

c. 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。

d. 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。

(5) 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，新近才開始應用於船舶上。抽汽蒸汽機是從汽缸中抽出一部分蒸汽，供給其他的目使用，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 5）。
- 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。