

中央人民政府高等教育部推薦

高等學校教材試用本

# 蒸 汽 機

日 利 茨 基 著



機 械 工 業 出 版 社

中央人民政府高等教育部推薦

高等學校教材試用本



# 蒸 汽 機

日 利 茨 基 著

楊 長 駁 譯



機械工業出版社

1954



---

### 出版者的話

本書是根據蘇聯動力出版社（Госэнергоиздат）出版的日利茨基所著的“蒸汽機”（Паровые машины）修訂第二版（1951年）譯出的。

本書內容為單級及多級膨脹蒸汽機的熱理論、配汽機關、轉向機關、蒸汽機動力學、蒸汽機的調節、背壓式及抽汽式蒸汽機、凝汽設備、蒸汽機的構造以及蒸汽機的運轉管理等。

---

著者：日利茨基 譯者：楊長暎 文字編輯：龔九峯 責任校對：俞治本

1953年11月發排 1954年4月初版 0,001—3,800冊

書號 0459-10-62 31×43<sup>1</sup>/<sub>18</sub> 422千字 169印刷頁 定價 30,000元(甲)

機械工業出版社(北京盜甲廠17號)出版

機械工業出版社印刷廠(北京泡子河甲1號)印刷

新華書店發行

## 中央人民政府高等教育部推薦

### 高等學校教材試用本的說明

充分學習蘇聯的先進經驗，根據國家建設需要設置專業，培養幹部，是全國高等學校院系調整後的一項重大工作。在我國高等學校裏，按照所設置的專業試用蘇聯教材，而不再使用以英美資產階級教育內容為基礎的教材，是進一步改革教學內容和提高教學質量的正確方向。

一九五二年九月廿四日人民日報已經指出：“蘇聯各種專業的教學計劃和教材，基本上對我們是適用的。它是真正科學的和密切聯繫實際的。至於與中國實際結合的問題，則可在今後教學實踐中逐漸求得解決”。我們現在就是本着這種認識來組織人力，依照需要的緩急，有計劃的大量翻譯蘇聯高等學校的各科教材，並將陸續向全國推薦，作為現階段我國高等學校教材的試用本。

我們希望：使用這一試用本及今後由我們繼續推薦的每一種試用本的教師和同學們，特別是各有關教研組的同志們，在教學過程中，對譯本的內容和譯文廣泛地認真地提出修正意見，作為該書再版時的參考。我們並希望各有關教研組在此基礎上逐步加以改進，使能結合中國實際，最後能編出完全適合我國需要的新教材來。

中央人民政府高等教育部

## 原 序

紀 念

蒸汽機的創造者依凡·依  
凡諾維奇·波爾松諾夫

本書是我所著的《蒸汽機》教本的第六版。第一版是我在 1924~25 學年對基輔工學院機械系學生講課的石印筆記。

在本書多次重版中，我一方面儘量使它保持教科書的性質，而另一方面我又認為，有充實內容的必要，使它能成爲從事設計或管理蒸汽機的工程師的參攷書。

在我編寫本書的這一版時，我還是抱着這個觀念。但是，自從本書的前一版（1933 年）出版以來，已經過了很長的時間，這就使我不得不把本書從頭至尾重新編寫過，尤其是必須把篇幅縮小（根據出版社的意見）。因之這一教本是完全重寫過的，它與前一版比較起來，在篇幅與內容方面都是不同的。

在本書的第一編緒論中增加了一章——蒸汽機發展簡史。在這一章中無可辯駁地證實了工廠用的蒸汽機的創造者是我們的祖國同胞依凡·依凡諾維奇·波爾松諾夫（Иван Иванович Ползунов）而不是從前那些硬把這方面的優先權加在自己身上的外國技師們。同時也着重指出了俄國的科學與技術在蒸汽機的發展以及蒸汽機理論的建立方面是處於領導地位的。

在本書中詳細地研究了單膨脹、複膨脹以及單流式蒸汽機中的熱力過程。增補了設計與研究蒸汽機的詳盡材料，其中包括運用  $T, S$  圖來進行研究的方法。

在配汽方面另闢了一編來專門論述。其中概述了計算方法與各種配汽機構的構造。若與前一版比較，所研究的機構數目是減少了，刪去了不合時宜的，而且根本就不能單獨分出的轉閥式配汽機構，同時也刪去了一些滑閥與提閥配汽機構的型式。而另一方面，則補充了論述轉向機構的一章，因爲不了解轉向機構就不能研究機車與船舶蒸汽機的工作與構造。

蒸汽機調節的理論比前一版敘述得更詳細了，尤其是關於調節動力學方面講的更爲透澈。

論述蒸汽機動力學與凝汽設備的兩編寫的非常精簡，因爲根據高等工業學校的教學大綱，有關動力學問題的一部分已歸入《機械原理與機械學》課程中，至於凝汽設備，則現在已另有專書論述。

在論述蒸汽機構造的一編中，只研究了一些最典型的構造以及引用了很少的插圖。

在強度計算方面，只敘述了幾種特殊機件的強度計算。因爲大多數蒸汽機機件的計算方法，在材料力學與機器零件中都講過了，所以不再贅述。

本書中所推薦的機器零件容許應力的數據是根據許多現成的蒸汽機構造的統計

數值而編成的。現在，由於強度計算方法已更趨完善，可以使這些數值將更為精確，這在設計高壓蒸汽機與輕型蒸汽機時是必須注意的。對於普通壓力的固定式、機車式及船舶蒸汽機來說，採用高的容許應力數值，就會使所得出來的尺寸與那些在多年製造蒸汽機的實際經驗中所用的尺寸不同。

〔蒸汽機的運轉〕一編是新寫的，其中指出了關於蒸汽機的安裝、潤滑、護養以及如何將現有的蒸汽機加以改裝成現代化等的概念。

本書中對於高壓蒸汽機與可搬式蒸汽機提供了應有的注意。雖然目前還使用着許多從前製造的固定式蒸汽機，但是就固定的或可移動的蒸汽機來說，主要還是製造可搬式蒸汽機。可搬式蒸汽機很有成效地應用在農業的電氣化方面；應用在林業與泥煤採掘方面；應用在地方工業的小企業中，以及應用在邊遠地區的電氣化方面。

雖然機車蒸汽機及船舶蒸汽機是現代蒸汽機中最通行的型式，但由於這類蒸汽機已有專門的文獻論述，所以本書中只給以很小的篇幅。

本書中有些章節是用小號字排印的。假若有些高等學校的蒸汽機課程是按精簡的教學大綱講授時，那麼將這些內容刪去也是可以的。

在編寫本書時，曾經考慮了各方面指出的前一版中的缺點與錯誤。

在這裏，謹向工程碩士莫洛索夫(Н.Г. Морозов)致以特別的謝意，他曾經非常仔細地審閱原稿，並且提供了許多寶貴的意見。

本書無疑是還有許多缺點的，希望採用本書的同志提出認真的批評，以使其得以糾正。

作 者

# 目次

## 原序

### 第一編 緒論

1-1 蒸汽機的工作和它的裝置概念	1
1-2 蒸汽機的分類	3
1-3 示功圖	6
1-4 蒸汽機發展簡史	7
1-5 熱能在蒸汽機中的利用和蒸汽機的應用範圍	15

### 第二編 蒸汽在蒸汽機中的工作

#### 第一章 蒸汽機中的理想過程

2-1 郎肯循環	18
2-2 蒸汽不完全膨脹的循環	21

#### 第二章 蒸汽機中的實際過程

2-3 漏汽損失	23
2-4 進汽時蒸汽壓力的降低	25
2-5 蒸汽和汽缸壁間熱交換的損失(蒸汽的初凝結和散至環境中的熱量)	26
2-6 減少熱交換損失的方法	29
2-7 餘隙容積和蒸汽的壓縮	33
2-8 實際示功圖與理論示功圖的比較蒸汽機的效率	37
2-9 蒸汽機中實際過程的示功圖	44
2-10 單汽缸蒸汽機示功圖作法示例	53
2-11 蒸汽機負荷對於示功圖圖形的影響	56
2-12 根據示功圖決定蒸汽機的馬力	57
2-13 蒸汽機的解析計算法	60
2-14 根據示功圖計算蒸汽機的耗汽量	61
2-15 蒸汽參數的選擇	63

#### 第三章 利用示功圖研究蒸汽機的工作過程

2-16 示功器及其用法	64
2-17 根據示功圖判斷蒸汽機的工作情形	66
2-18 將示功圖轉移到 $T, S$ 圖	68
2-19 蒸汽機的熱量平衡	72

#### 第四章 多級膨脹蒸汽機

2-20 概論	73
2-21 多級膨脹蒸汽機的優缺點	75
2-22 汽缸容積比	76
2-23 蒸汽機型式的選擇	77
2-24 容積圖	78

2-25 串缸式蒸汽機或曲柄相差 $180^\circ$ 角的複式蒸汽機的示功圖作法	78
2-26 曲柄相差 $90^\circ$ 的複膨脹蒸汽機的示功圖作法(複式蒸汽機)	82
2-27 多級膨脹蒸汽機示功圖的總合及其在 $T, S$ 圖中的轉移	85
2-28 多級膨脹蒸汽機的馬力	86
2-29 在變化工作情況下複膨脹蒸汽機的示功圖	87

### 第三編 蒸汽機的配汽

#### 第一章 滑閥式配汽

3-1 平滑閥	90
3-2 滑閥圖	94
3-3 根據滑閥圖作示功圖	99
3-4 按照布利克斯( <i>Ф.А.Брикс</i> )方法考慮連桿有限長度	102
3-5 根據示功圖作滑閥圖並決定滑閥的尺寸	103
3-6 橢圓圖	107
3-7 滑閥的構造	110
3-8 圓筒式滑閥	111
3-9 雙進汽的滑閥	114
3-10 可變進汽度的單式滑閥	116
3-11 雙滑閥配汽	119
3-12 根據作出的示功圖求出雙滑閥的尺寸	124
3-13 雙滑閥的構造	128

#### 第二章 提閥式配汽

3-14 提閥的安排, 構造與計算	130
3-15 提閥的傳動機構的分類。提閥式配汽的一般評價	135
3-16 凸輪	136
3-17 用滾臂的偏心輪機構	138
3-18 搖指	141
3-19 可變進汽度的強制運動配汽機構。滾臂機構	143
3-20 搖指式配汽系統	147
3-21 脫落式配汽機構	154
3-22 提閥的昇程曲線	157
3-23 提閥彈簧的計算	158
3-24 用提閥式配汽機構的活塞式滑閥	163

#### 第三章 單流式蒸汽機的配汽

3-25 進汽配汽和單座提閥	165
3-26 排汽的控制	167

#### 第四章 轉向機構

3-27 轉向機構的概念及分類	170
3-28 雙偏心輪滑環機構	171
3-29 單偏心輪船舶蒸汽機轉向傳動	174



3-30 機車蒸汽機的滑環機構 .....	178
3-31 液壓傳動配汽機關 .....	182
3-32 配汽型式與配汽系統的選擇 .....	183

#### 第四編 蒸汽機動力學

4-1 作用在曲柄連桿機構上的力 .....	185
4-2 惰性力 .....	186
4-3 飛輪的計算 .....	188
4-4 惰性力的作用 .....	192
4-5 蒸汽機的穩定性條件 .....	193
4-6 惰性力的均衡 .....	195

#### 第五編 蒸汽機的調節

##### 第一章 調節器靜力學

5-1 調節器的用途和分類 .....	198
5-2 調速器的維持力 .....	200
5-3 調速器的特性曲線 .....	201
5-4 蒸汽機帶動發電機的並車工作(平行工作) .....	204
5-5 調速器的不靈敏度 .....	205
5-6 圓錐彈簧調速器的構造和計算 .....	208
5-7 平面調速器理論和計算的基本原則 .....	213
5-8 惰性調速器 .....	217
5-9 壓力調節器 .....	218

##### 第二章 調速器動力學的基本原理

5-10 機器運動的微分方程式 .....	220
5-11 機器的起速時間 .....	221
5-12 調速器運動的微分方程式 .....	222
5-13 調速器接頭的自由落下時間 .....	223
5-14 調節系統的穩定條件 .....	224

#### 第六編 背壓式和抽汽式蒸汽機

6-1 利用乏氣的蒸汽機的基本型式 .....	226
6-2 背壓式蒸汽機 .....	227
6-3 抽汽式蒸汽機 .....	230
6-4 抽汽式蒸汽機的效率及其工作情况圖 .....	233
6-5 抽汽式蒸汽機的調節 .....	236

#### 第七編 蒸汽機的凝汽設備

7-1 凝汽設備的概念 .....	241
7-2 混合式凝汽器 .....	242
7-3 冷面凝汽器 .....	244
7-4 凝汽設備的泵 .....	249
7-5 分油器 .....	251

第八編 蒸汽機的構造

第一章 蒸汽機的典型構造

8-1 臥式單膨脹蒸汽機.....	253
8-2 立式單缸和雙缸蒸汽機.....	256
8-3 臥式多級膨脹蒸汽機.....	259
8-4 立式多級膨脹蒸汽機.....	264
8-5 可搬式蒸汽機.....	268
8-6 輕型蒸汽機.....	274

第二章 蒸汽機的零件

8-7 汽缸.....	277
8-8 填料函.....	281
8-9 活塞和活塞桿.....	283
8-10 十字頭.....	288
8-11 連桿.....	291
8-12 主軸.....	293
8-13 機座和主軸承.....	295
8-14 飛輪.....	300

第九編 蒸汽機的運轉

第一章 蒸汽機的潤滑

9-1 潤滑劑.....	301
9-2 將潤滑油加到摩擦面上的方法.....	303
9-3 蒸汽機潤滑的耗油量.....	306
9-4 潤滑油的再生.....	307

第二章 蒸汽機的管理

9-5 蒸汽機的安裝.....	308
9-6 蒸汽機的開車、停車和管理.....	309
9-7 蒸汽機的不正常工作典型的事務及其預防法.....	315
9-8 蒸汽機的現代化.....	318
參考文獻.....	321
中俄名詞對照表.....	323

# 第一編 緒論

## 1-1 蒸汽機的工作和它的裝置概念

蒸汽原動機的任務，是利用蒸汽的熱能來產生機械功。假若這部機器是沒有損失的，進入機器的每1公斤蒸汽，其焓為 $i_1$ ，在機器中絕熱膨脹，然後以焓 $i_2$ 的狀態排出機器，這樣就可以授給原動機的作功機關 $i_1-i_2$ 的熱量(仟卡/公斤)。這時機器所作的功為：

$$L_0 = \frac{1}{A} (i_1 - i_2) \text{ 公斤·公尺/公斤。}$$

式中  $A = \frac{1}{427}$  —— 功的熱當量。

這裏能量的轉變有兩種方法：在第一種情形下，活塞在封閉的汽缸內，在蒸汽的壓力作用下運動，蒸汽的勢能變為活塞的機械功。這時所作的功等於作用於活塞上的力量與活塞所移動的路程的乘積。活塞的運動可能是往復的，也可能是旋轉的。

在另一種情形下，蒸汽的勢能首先變為動能：蒸汽膨脹，由於它的熱差使它的速度增加。

然後在機器的作功機關中(帶着葉片的轉輪)，蒸汽的速度降低，其動能變為機械功。

在第一種情形下，就是往復的或旋轉的活塞式蒸汽機；在後一種情形下就是汽輪機。

本課程只討論活塞式蒸汽機。根據工程文獻中縮語的習慣，我們以後省去“活塞式”三字，而稱之為蒸汽機。

帶着旋轉活塞的蒸汽機稱為旋轉活塞式蒸汽機，它的應用範圍不大。

汽輪機在熱過程方面以及構造方面都與蒸汽機截然不同，因之單開一門獨立的課程來研究它。

圖 1-1 中所示是一個最簡單的蒸汽機。

汽缸 2 的兩端為汽缸蓋 1 與 4 封閉着，活塞 3 就在其中運動。活塞把汽缸分為兩側：左側與右側。左側有時又稱為汽缸蓋側；右側稱為曲柄側(依圖上安排的位置)。蒸汽交替着進入左側與右側，而當一側正在進入新蒸汽的時候，另一側則正在將上一行程作功後的乏汽排出。

在汽機的縱剖面圖與平面圖中，正表示着左側進汽、右側排汽的情形。當活塞向反方向運動時(下面的汽缸圖)，蒸汽的流動方向則相反。當然，蒸汽不應當由一側漏到另一側，因之汽缸的工作表面(內表面)應當是嚴密的圓形，並且要仔細地研磨光

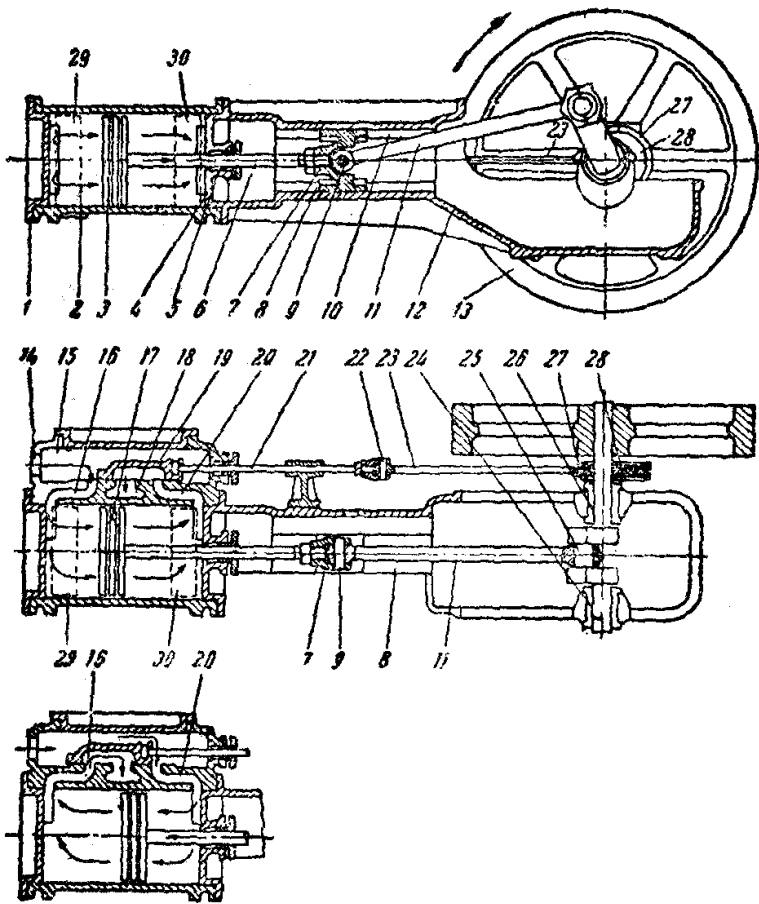


圖1-1 臥式單汽缸蒸汽機，滑閥式配汽，叉式機身

1—後汽缸蓋；2—汽缸；3—活塞；4—前汽缸蓋；5—填料函；6—活塞桿；7—十字頭；8—下滑板；9—十字頭銷；10—上滑板；11—連桿；12—機身；13—飛輪；14—進汽口；15—滑閥室；16—汽路；17—活塞環；18—排汽汽路；19—滑閥；20—汽路；21—滑閥桿；22—滑閥桿與偏心桿的鉸鏈連接；23—偏心桿；24—主軸承；25—曲柄銷軸頭；26—主軸承；27—偏心環；28—偏心輪；29—活塞左死點；30—活塞右死點。

在大型汽機中，活塞上裝有副活塞桿，穿過左面的汽缸蓋（圖1-1）。副活塞桿也有滑塊，在導路上運動。在這種情形下，活塞與副活塞桿好像一根支於兩支點的樑一樣（支在兩個滑塊上），活塞在汽缸中是懸空的，磨損汽缸壁的作用極微。

連桿用銷9與十字頭相連，用銷25與曲柄相連。

在有些型式的蒸汽機中，汽缸只有一側工作（汽缸蓋側），沒有十字頭，這時如像大多數的內燃機一樣，連桿是直接與活塞相連的。

蒸汽機的主軸在主軸承24、26中轉動，主軸承的數目不得少於2。主軸承與滑板導路通常是鑄成一個鑄件，稱為機身12。機身放在地基上，用地脚螺釘聯緊。在小型蒸汽機中，汽缸懸空地連在滑板導路上。在大中型的蒸汽機中，總是有特備的支承的。

可搬式蒸汽機通常是固定在蒸汽鍋爐上面的；機車蒸汽機是固定在機車車架上面的。

滑，而在活塞上應裝以彈性活塞環17，活塞環緊密地壓在汽缸的表面上。

活塞在蒸汽的壓力作用下左右交替地運動着。其運動經活塞桿6與連桿11傳到曲柄銷25，曲柄是隨着汽機的主軸一起旋轉的。利用曲柄連桿機構將活塞的往復運動變為主軸的旋轉運動，而主軸則直接或通過傳動軸帶動工作機器。

活塞桿緊緊地與活塞3及十字頭（滑塊）7相連。在活塞桿穿過汽缸蓋的地方，裝填料函5，防止蒸汽通過活塞桿與汽缸蓋間的縫隙漏出。

十字頭一方面使活塞桿與連桿作鉸鏈狀相聯，一方面在兩滑板導路8與10間運動，同時將導路作用在機構的鉸鏈9上的垂直力傳到滑板上。滑板也部分地承受着往復運動機件的重量，略略減輕其壓於汽缸壁的力量。

蒸汽機有曲軸式與曲柄式之分。曲軸式如圖 1-1 所示，其主軸承在曲拐的兩側，裝在所謂叉形機身內。

圖 1-2 所示就是所謂“側身式機身”的曲柄式蒸汽機。只有曲柄的一側有軸承（第二個軸承在飛輪 13 的外方）。

活塞的兩個極端位置稱為死點（圖 1-1 中 29 與 30），因為在這兩個位置上所作用於活塞上的力量不能將主軸轉動。在死點位置時，活塞與汽缸蓋間的容積，包括進汽和排汽的汽路在內，稱為汽缸的餘隙容積（有害容積），其表面積稱為有害面積。

進汽與排汽通常有專門的配汽機構管制，通常由蒸汽機的主軸帶動。蒸汽通過圖 1-1 中所示的進汽口 14 流入滑閥室 15。在滑閥室中，有滑閥 19 在滑閥滑面上滑動，管制着蒸汽向汽缸兩側的進汽與排汽。滑閥室由汽路 16 與 20 與汽缸相連通。乏汽由汽路 18 排出。滑閥由偏心輪 28 通過偏心環 27，偏心桿 23 與滑閥桿 21 帶動。

圖 1-2 中所示的調速器用以根據負荷的大小來調節蒸汽機的馬力。利用因負荷變化而引起的蒸汽機轉數的變化，來調整調速機構，以調節進汽量或進汽壓力。在這裏所舉出的情形下，調速器作用於節流閥 3，當負荷減低時，使蒸汽節流。調速器通常設計得使轉數的變動限制在一定的範圍以內（5~7%）。

在活塞的運動過程中，其速度不斷地在變化着，由零（死點）變到某一極大值（約在中間位置）。作用在活塞上的力量也是不斷變化的，甚至常常成為負值。為了保證汽機能均勻運轉，也就是要達到當轉矩是變化的情形下，能使主軸的旋轉角速度多多少少接近於一定不變，因此在主軸上裝一個沉重的飛輪 13。當推動力過剩，飛輪的角速度增加時，它就積蓄動能，以備當抵抗力增高時，又輸送出來。調速器的作用是用來限制轉數的變動；而飛輪則是將每一旋轉中角速度的變動限制為一定的最小值。

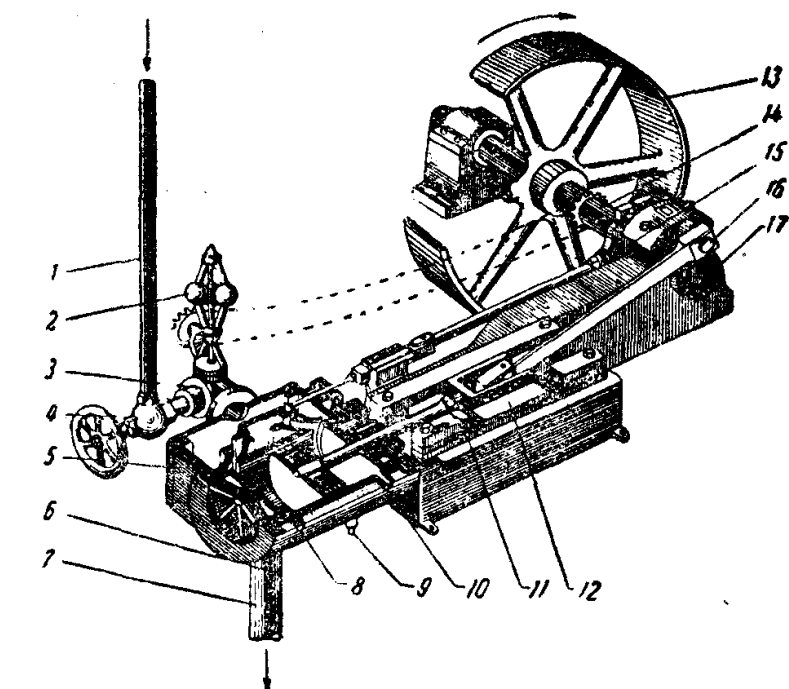


圖 1-2 臥式單汽缸蒸汽機，滑閥式配汽，側身式機身

1—新蒸汽管；2—調速器；3—節流閥；4—止汽閥；5—滑閥室；6—洩水閥；7—排汽管；8—示功器的孔；9—洩水閥；10—示功器的孔；11—十字頭滑板；12—十字頭；13—飛輪；14—主軸；15—偏心輪；16—曲柄銷；17—機身。

## 1-2 蒸汽機的分類

圖 1-1 與圖 1-2 中所示的蒸汽機是臥式、單汽缸、單膨脹、雙擊式、交流式的蒸汽機。

也可以與上述的一般的結構不同，蒸汽只進入汽缸的一側，只從一方面施壓力於活塞（一般總是從汽缸蓋一側）。另一側則保持活塞的開放，使與大氣接觸。這樣的蒸汽機稱為單擊式蒸汽機，以區別於最通行的雙擊式蒸汽機。

單擊式的構造有時用於船用立式蒸汽機，尤其適用於可移動的設備中的輕型蒸汽機。

在圖 1-1 所示的蒸汽機中，汽缸每一側的進汽與排汽都是在同一端進行的（在汽缸蓋附近），並且都是經過同一個汽路的。在汽缸的每一側中，隨着活塞運動的方向變化，蒸汽汽流的方向所以也變化。

也有單流式（直流式）蒸汽機。在這種汽機中，在活塞的行程末，蒸汽由汽缸的中部排出，這樣，在每一側中蒸汽只向一個方向流動——由汽缸蓋流向中央。

因為對於非單流式蒸汽機沒有適當的簡明述語，以後我們把交流式蒸汽機簡稱為蒸汽機，以區別於單流式蒸汽機。

依蒸汽機採用的蒸汽不同，蒸汽機分為過熱蒸汽蒸汽機與飽和蒸汽蒸汽機。

為採用過熱蒸汽而建造的蒸汽機總可以採用飽和蒸汽來工作，但這句話不能倒過來說。

現代汽機所採用的蒸汽，其溫度達  $500^{\circ}\text{C}$ 。以後還有採用更高溫度的可能。

蒸汽機可能是排汽式、凝汽式或背壓式。

在第一種情形中，蒸汽由蒸汽機排至大氣；在第二種情形中，蒸汽排至特備的裝置——凝汽器，其中的壓力保持低於大氣壓力（通常為  $0.10\sim 0.25$  絕對大氣壓）。在背壓式蒸汽機中，乏汽在高於大氣壓力的壓力下排出，通常在排出後再把它用作加熱之用。背壓力可能很高，但多半是在  $2\sim 4$  絕對大氣壓之間。

有一種高壓蒸汽機也可以算為背壓式蒸汽機，它的乏汽就用來供給普通的蒸汽機（或汽輪機）。在這種情形下背壓力為  $10\sim 20$  絕對大氣壓或以上。

蒸汽機有單汽缸與多汽缸之分。在後一種的情形下，所有的汽缸共用一根主軸。

在最簡單的情形下，每個汽缸都進入新蒸汽，蒸汽機是由許多完全相同的汽缸組成，這些汽缸通常是排成一列的。這種汽機稱為單膨脹蒸汽機（雙汽缸，三汽缸等）。

與上述不同，多汽缸蒸汽機又可以做成多級膨脹的型式（複膨脹、三膨脹、比較少用一些的還有四膨脹蒸汽機）。

在多級膨脹蒸汽機中，各汽缸內，只有一個汽缸進入新蒸汽，這個汽缸稱為高壓汽缸。在高壓汽缸中，蒸汽並不膨脹到排汽壓力，而是膨脹到某一較高的壓力。這種中壓蒸汽（高壓汽缸的乏汽）進入到後面的汽缸。假若蒸汽機是複膨脹的，蒸汽在第二汽缸中就膨脹到排汽壓力，而這個汽缸就稱為低壓汽缸。

在三膨脹蒸汽機中，蒸汽從高壓汽缸首先排至中壓汽缸，然後又從中壓汽缸排至低壓汽缸。複膨脹汽機的汽缸或者是並着排列（圖 1-3），或者是串着排列（圖 1-4）。前者為複式蒸汽機，其兩汽缸的曲柄通常相差  $90^{\circ}$  角。後者為串缸式蒸汽機，兩個活塞

在同一活塞桿上，共用一個曲柄。

三膨脹蒸汽機可以做成複式的，串缸式的或串缸複式混合的。

在多級膨脹蒸汽機中，蒸汽由一個汽缸流至另一汽缸的管子稱為容汽器（圖 1-3 中的 2），這樣，容汽器中的蒸汽壓力就是前一個汽缸的排汽壓力，同時也是後一個汽缸的進汽壓力。

有時從容汽器中抽出一部分蒸汽以供加熱設備之用。這種系統，（以後將要講到的），非常有利，應用在需要加熱的蒸汽量比流經蒸汽機的蒸汽量為少的生產部門。這時並不裝設專門的低壓蒸汽鍋爐，也不採用將新蒸汽節流的方法，而由容汽器中抽汽，其中壓力隨生產的需要而定。這種蒸汽機稱為抽汽式

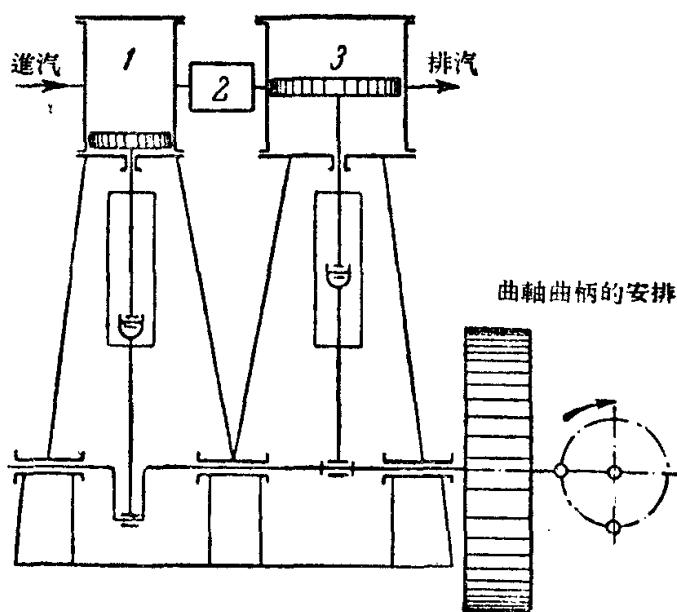


圖 1-3 複式蒸汽機

1—高壓汽缸；2—容汽器；3—低壓汽缸。

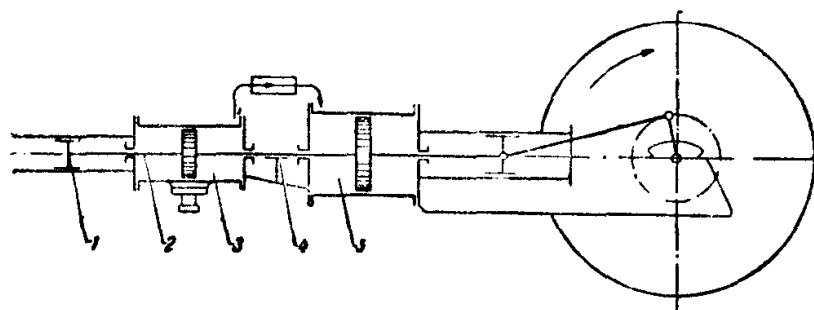


圖 1-4 串缸式蒸汽機

1—副活塞桿滑塊；2—副活塞桿；3—高壓汽缸；  
4—活塞桿中間支承；5—低壓汽缸。

中抽汽，不過這種構造並不通行。

依配汽種類的不同，蒸汽機可分為滑閥式的、轉閥式的與提閥式的蒸汽機。

蒸汽機有臥式與立式（圖 1-3）之分，兩者的某些機件的構造有些不同。從前（在汽輪機問世以前），立式汽機主要是用在大馬力蒸汽機，現在用於船用與高速的構造。

每分鐘轉數在 150 以下的蒸汽機算作低速蒸汽機，轉數較高的為高速蒸汽機（通常每分鐘 300~400 轉，在許多情形下達到每分鐘 1500~2000 轉）。

多數的蒸汽機其蒸汽壓力為 10~20 絕對大氣壓，我們以後稱之為中壓蒸汽機。蒸汽壓力高於 25 絕對大氣壓的蒸汽機可以算作高壓蒸汽機。現在正製造着蒸汽壓力達 130 絕對大氣壓的蒸汽機，將來還可能採用更高的蒸汽壓力。

依轉數與蒸汽壓力的分類方法，當然只是條件的，上述的數字可能隨着時間的發展而變化。

蒸汽機，通常是做成串缸式的，因為串缸式比複式蒸汽機對於在兩汽缸間負荷分配的變化較不敏感。但是在從容汽器中抽出的蒸汽量變動時，總馬力在兩汽缸間的分佈當然是極不均勻的。可以直接從單汽缸蒸汽機的汽缸

## 1-3 示 功 圖

汽機通常是這樣工作的：當活塞達到左死點前一點的位置時，汽缸左側開始進汽。當活塞達左死點時，汽缸左側達到新蒸汽的壓力。在這個壓力下活塞向右運動。當活塞達到某個位置的時候，停止進汽。進汽的終點稱為斷汽點。因為當活塞向右繼續運動時，汽缸左側容積增大，進入汽缸後的蒸汽因而膨脹。活塞達右死點前，汽缸左側與排汽空間相通，其中的壓力從而降低。活塞再向左運動時，蒸汽排出汽缸。

與進汽一樣，排汽過程也不是佔據整個活塞行程的。當活塞達到某個位置的時候，停止排汽，留在汽缸中的蒸汽開始壓縮。

汽缸右側中的過程與左側是一樣的，不過當左側進汽時，右側正在排汽。

鑑於在進汽時的壓力升高與排汽時的壓力降低需要一定的時間，進汽與排汽在活塞達到各死點前就已經開始，其大小稱為先進汽與先排汽。

蒸汽機的熱過程，最方便的方法是利用圖形來研究它。為此目的，通常在  $p$ 、 $V$ （壓力-容積）的座標中，將蒸汽的壓力依汽缸的容積變化而變的關係繪出。這樣的圖形稱為示功圖。圖 1-5 中所示的示功圖圖樣（汽缸的左側），為明白起見，在圖下畫了蒸汽機的簡圖。

活塞被畫在死點位置。由原點作餘隙容積  $V_0$ 。蒸汽機的工作過程在  $a$  點開始。在相當於汽缸工作容積  $V$  的  $ab$  一段內，在壓力  $p_1$  下進行進汽。 $b$  點為斷汽點。這時汽缸中的蒸汽容積為  $V + V_0$ 。比值  $\frac{V}{V_h} = \epsilon$  稱為進汽度，通常以汽缸工作容積  $V_h$  的百分數表出。由  $b$  點起，蒸汽開始膨脹。

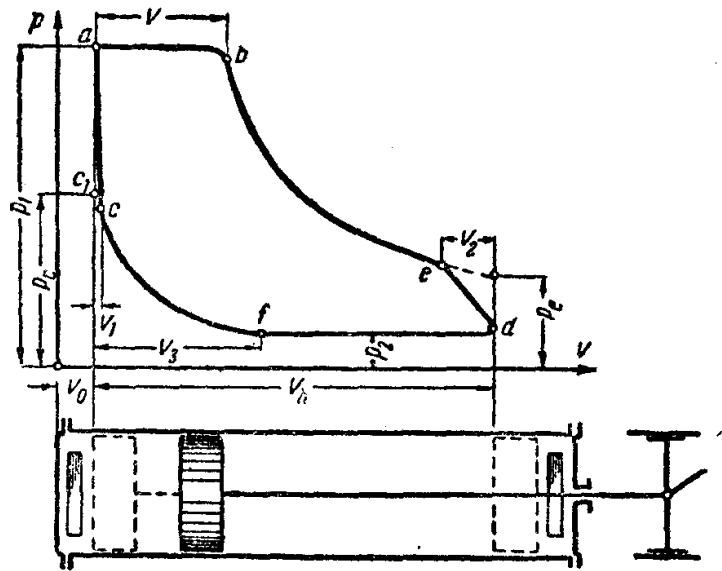


圖1-5 蒸汽機的示功圖

由  $c$  點——排汽始點，蒸汽壓力逐漸降至排汽壓力  $p_2$ 。膨脹終點壓力  $p_e$  是假定蒸汽繼續膨脹到活塞死點位置的壓力。先排汽所佔的容積用  $V_2$  來表示。

虛線表示活塞右死點的位置。 $df$  相當於壓力  $p_2$  下的排汽過程。在  $f$  點蒸汽的壓縮開始，而在  $c$  點新蒸汽的進汽開始。 $V_3$  為壓縮段的容積（除去了餘隙容積），比值  $\frac{V_3}{V_h} = \epsilon_c$  為壓縮度， $p_c$  為假定壓縮是壓到死點時的壓縮終點壓力， $V_1$  為先進汽所佔據的容積。由熱力學知，示功圖的面積  $abedfc$  為主軸旋轉一轉時，活塞的一側的蒸汽所作的工作。

因為汽缸的容積與其長度成比例，所以圖形的長度可以當作是活塞的行程。

示功圖可以從工作着的蒸汽機用專門的儀器作出，這種儀器稱為示功器。儀器的



記錄器受汽缸中蒸汽的壓力而作用，而夾在圓筒上的記錄紙則依活塞的運動作相當的傳動。在記錄紙上畫出依活塞行程而變的蒸汽壓力的圖形，這就是示功圖。

從蒸汽機上作出的示功圖，各配汽點不像圖 1-5 那樣看得明顯。各曲線의 相交處是圓角的 ( $b, e, d$  點)， $ab$  線是傾斜的。

#### 1-4 蒸汽機發展簡史

很古以前就有了想利用蒸汽壓力的思想。生於紀元前 287 年的阿基米德就發明了由水蒸汽作用的大砲。在中世紀(十六與十七世紀)提議了許多利用蒸汽壓力來提水的器具。不過，最早的實際實現這種器具的企圖，那只是在十七世紀末十八世紀初的事。

這並不是偶然的。由手工業或手工業工場的生產轉向機器生產，就使得自古以來一直應用着的唯一的動力機——水車與獸力——不復能夠滿足增長起來的工業的要求了。

在封建制度下，其特徵為“……與手工業作坊並存的手工業工場企業的出現”<sup>①</sup>的現象。雖然工業是在增長着，但仍然能夠滿足於水車與獸力的傳動。在十七世紀——封建制度的極盛時代——對於馬力較大的、與地方條件無關的動力機還是不必要的。

當時在紡織業中只採用手力；在製鐵業中作為鍛製與風箱的動力是用水車及馬的力量；在煤礦業中只需要那種從並不太深的地方將水抽出的水泵，對於各種提水的與水力的設備，也同樣需要着這種水泵。

隨着生產力的發展，隨着生產工具的不斷擴大和日形複雜，就出現了一個時期，“……工作機器尺寸的增大與在機器上同時使用的工具數目的增多，都要求着更大的推動機構，這種推動機構也就需要更強大的原動力”<sup>②</sup>。這種“更強大的原動力”也就是水蒸汽的“力”。把蒸汽的力量用來解決一個部分的(但却是迫切的)問題——提水，就奠定了以後製造萬能用途的熱機的技術基礎。由於發明了機器代替了人類的手，引起了工業革命——由手工業，與手工業工場工作轉變為大規模機器的資本主義生產——就引起了對於萬能用途動力機的要求。

這種用來帶動任何工廠機構的萬用蒸汽機首先是由俄國天才發明家依凡·依凡諾維奇·波爾松諾夫(1728~1766年)創造出來的。

對於首先創造蒸汽機這件事，不同的作者寫出了不少的不同的姓名。例如托馬斯·塞維利(Томас Сэвери)、金·巴賓(День Папин)、托馬斯·紐苛明(Томас Ньюкомен)、傑姆斯·瓦特(Джемс Уатт)。

可是塞維利與巴賓所發明的不是蒸汽機而是蒸汽提水泵。在塞維利(1698年)所

① 約·維·斯大林：“聯共(布)黨史簡明教程”1945年莫斯科版120頁(譯文根據蘇聯外國文書籍出版局1953年莫斯科版157頁)。——譯者

② 馬克思恩格斯全集第十七卷413頁，Паргиздат 1937年版。