

職業教科書委員會審查通過

實用蒸汽機學

姚幼蕃編著



商務印書館發行

職業學校教科書

實用蒸汽機學

姚幼蕃編著

商務印書館發行

中華民國二十八年一月初版
中華民國二十九年五月三版

鎖

(63744.4)

職業學校
教科書
實用蒸汽機學一冊

每冊原

同業公議
加五發售

外加運費匯費

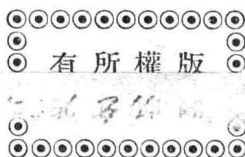
編著者 姚幼蕃

發行人 王雲五
長沙南正路

印刷所 商務印書館

發行所 商務印書館
各埠

(本書校對者王永榜)



編印職業教科書緣起

我國中等教育，從前側重於學生之升學。但事實上能升學者，究佔少數；大部分不能不從事職業。故現在中等教育之方針，已有漸重職業教育之趨勢。近年教育部除督促各省市教育行政機關擴充中等職教經費，並撥款補助公私立優良職業學校，以資鼓勵外，對於各類職業學校之教學，亦擬有改進辦法。其最重要者，為向各省市職業學校徵集各科自編講義，擇尤刊印教本，供各學校之採用。先後徵得講義二百餘種，委託敝館組織職業教科書委員會，以便甄選印行。敝館編印中小學各級教科書，已歷多年，近復編印大學叢書，供大學教科參考之用。關於職業學校教科書，亦曾陸續出版多種，並擬有通盤整理之計畫。自奉教育部委託，即提前積極進行。經於二十五年春，聘請全國職業教育專家及著名職業學校校長組織職業學校教科書委員會。該會成立後，一面參照教育部印行之職業學校課程表及教材大綱，釐訂簡明目錄，以便各學校之查

考；一面分科審查教育部徵集之講義及敝館已出未出之書稿。一年以來，賴各委員之熱忱贊助，初審複審工作，勉告完成。計教育部徵集之講義，經委員會選定最優者約達百種，自廿六年秋季起，陸續整理印製出版。本館已出各書，則按照審查意見澈底修訂，務臻妥善；其尚未出版者，亦設法徵求佳稿，以求完備。委員會又建議，職業學校之普通學科，內容及分量，均與普通中學不同，亟應於職業學科外，編輯普通學科教本，以應各校教學上之迫切需要。敝館謹依委員會意見，聘請富有教學及編著經驗之專家，分別擔任撰述。每一學科，並分編教本數種，俾各學校得按設科性質，自由選用。惟我國各省職業環境不同，課程科目亦復繁多，編印之教科書，如何方能適應各地需要，如何方能增進教學效率，非與各省實際從事職業教育者通力合作不爲功。尚祈全國職業教育專家暨職業學校教師，賜以高見，俾敝館有所遵循，隨時改進。無任企幸之至。

中華民國二十六年七月一日 王雲五

自序

實用蒸汽機學係繼實驗汽鍋管理法而作。書中各節專供實地工作之用。凡工廠中之工程師及督察員對於蒸汽機工作上之所需者皆包括其中，雖現代之蒸汽輪機構作日精，然在一定之工作情況下，蒸汽機仍為最適用且最經濟之原動力，蒸汽輪機不能取而代之。故對於蒸汽機之選擇、工作、管理、修理及如何可增加其經濟工作各項，實為作工程師者必須有之知識。蒸汽機之構作式樣可以日新月異，其工作之原則及其管理之法則毫無變更。作者以歷年來在實地上工作所得之經驗，寫錄於此，以冀貢獻於工學界為參考之用。對於蒸汽機之理論及其設計，因無裨實用，故書中不涉及之。後附習題若干，俾讀者用作練習以應實施。

姚幼蕃

目 次

第一節	蒸汽機之原則及其功用	1
第二節	蒸汽機之機構	19
第三節	蒸汽機示功器並其實用	40
第四節	滑動活門及其裝置	84
第五節	高立司並上升活門（及其裝校法）	134
第六節	節速器之原則及校準法	169
第七節	複式及多級膨脹蒸汽機	209
第八節	無冷凝及冷凝之工作	227
第九節	蒸汽機之效率及其加增之法	235
第十節	現代蒸汽機之式樣	256
第十一節	試驗蒸汽機法	271
第十二節	蒸汽機之管理法	298
第十三節	用過熱蒸汽工作之蒸汽機	331
第十四節	選擇蒸汽機	338
第十五節	蒸汽機之滑潤	350

附	錄	飽和蒸汽表.....	368
		過熱蒸汽表.....	380
		中英文名詞對照.....	387
習	題		408
答	答		429

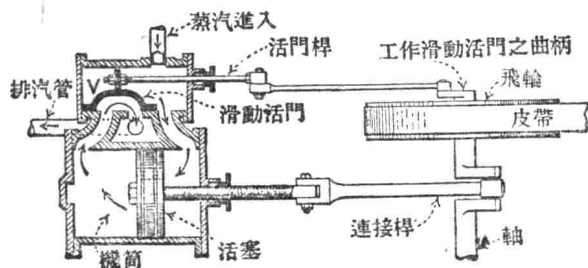
實用蒸汽機學

第一節 蒸汽機之原則及其功用

蒸汽機之功用係將熱能化爲機能。熱能之由來從燒燃料於爐中，燃料中之熱值被傳遞於鍋中之水，然後水則成爲蒸汽，再將蒸汽引入蒸汽機中。蒸汽中之一部份熱能運動機器而成機能，此項機能可以用皮帶、練子、或其他之適當之連接而傳遞於其他之輪軸上而做工作，或連接於發電機將機能再變爲電能。此項電能可用銅線傳遞以應工作之所需。

第一圖顯示普通蒸汽機之構作，蒸汽機之主要部爲活門，機筒與活塞及其活動之各部。活門開啓使蒸汽可由汽鍋而流入機筒或使蒸汽再從機筒中排出而入空氣中。有時此項排汽可引入

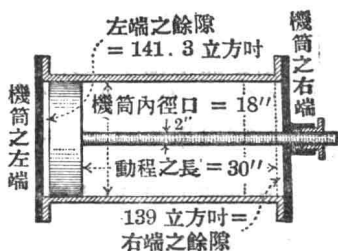
第一圖 單式機



冷凝器或汽鍋餽水溫熱器中。

當蒸汽流入機筒時，活塞被其推動而做工作。凡實地工作之蒸汽機，其構造時皆有一規定之餘隙。此項餘隙係為蒸汽機工作時之安全而設，使活塞行動至機筒之兩端盡頭處因有此餘隙而不致相抵觸，餘隙之計算皆以餘隙中之體積以活塞位移之體積除之以百分比計。

第 二 圖



活塞位移之體積 = 活塞之面積 × 動程之長。

例如：一 18" × 30" 蒸汽機
有以下之餘隙 (1) 左端 = 141.3
立方吋 (2) 右端 = 139 立方吋，

(見第二圖) 如活塞桿之直徑為 2 吋，求兩端之餘隙與活塞位移之體積的百分比。

答案：活塞向左端位移之體積為：

$$18^2 \times 0.7854 \times 30 = 7620 \text{ 立方吋}$$

活塞向右端位移之體積為：

$$7620 - (2^2 \times 0.7854 \times 30) = 7526 \text{ 立方吋。}$$

則左端餘隙之體積與活塞向左端位移之體積的百分比為：

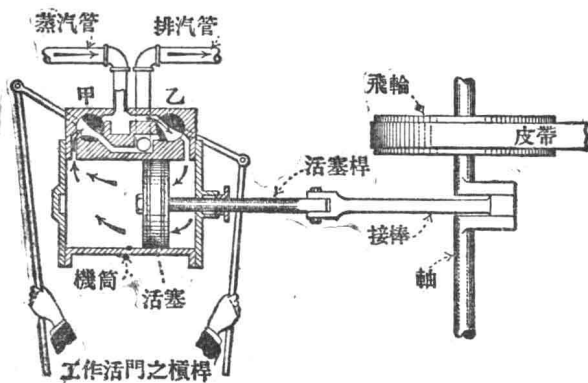
$$(141.3 \times 100) \div 7620 = 1.86\%$$

右端的百分比為 $(139 \times 100) \div 7526 = 1.85\%$ 。

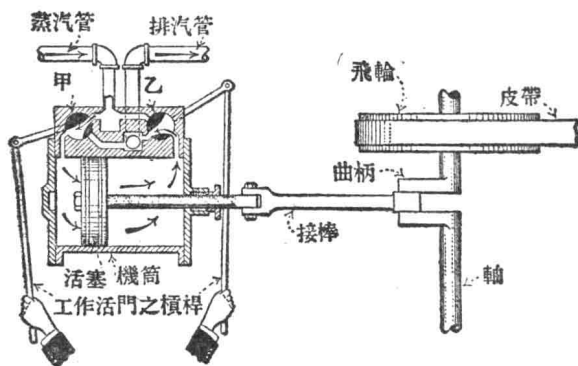
由第三圖及第四圖可解釋簡單蒸汽機之工作。意想一蒸汽機如第三圖裝備有兩個用手工作之活門甲與乙，當活門槓桿在如第三圖之地位時，活門乙能讓蒸汽流入於機筒在活塞之右邊，活門甲在彼時之地位，則能令在活塞左邊之蒸汽或空氣被排出機筒。是以蒸汽之壓力作用，在活塞上能使活塞向左邊移動，活塞行動至所能達到之盡頭處後，工作之人移動槓桿至如第四圖之地位。如是則令蒸汽由活門甲進入，而已在活塞右邊之蒸汽則由活門乙排出，而活塞左邊受蒸汽之壓力則向右邊移動。若工作之人當活塞移動至盡頭處時，將工作甲乙兩活門之槓桿輪流推動，則活塞向左右兩邊依次移動則使輪軸連續旋轉。

若第三圖與第四圖上甲乙兩活門之工作可使自動有如第五圖之構作，在輪軸上添一曲柄則活門可由之移動矣。如此安排則

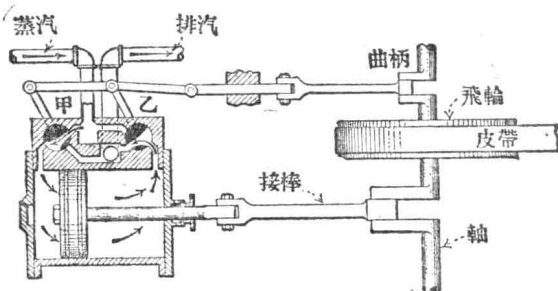
第 三 圖



第四圖



第五圖



工作整齊，但活門常因受重大之摩擦而受損，故或漏汽或工作時發響，用簡單之機構僅有一個活門若第一圖則可免除以上之流弊矣。

能力中以機能與電能為直接有用與供給動力，除少量之機能得之於水力外，幾乎一切有用之能皆得之於燃料中存在之化能，燃料中之化能由燃燒而變熱能，此項熱能可用之以變機能。

熱之單位有等值之機能與電能，由實驗上已證明熱能改變他種能量時或他種能量改變為熱量時均有一定之關係存在。蓋一英國熱量單位等於 778 呎磅之工作亦等於 0.000393 馬力小時或等於 0.000293 仟瓦小時。

熱機不能將所收受之熱量均改變為工作。工作物質(常為蒸汽)中所含之熱能經其膨脹而變為工作。因其不能膨脹至其溫度為絕對零度時之體積，故工作物質中之熱量不能全數化為工作。實際上蒸汽膨脹至其極限時其餘之熱量祇得棄去，故蒸汽機之排汽中之能量即棄去之熱量。

機器所接受之熱量與所吸收之熱量相比，謂之理論的效率。凡熱機之理論效率之規定由比較工作物質在機筒中工作而定。

$$\text{理論的效率} = \frac{\text{吸收之熱量}}{\text{接受之熱量}}$$

例如：有一熱機每小時由一熱量之來源內接受 100,000 熱量單位，每小時棄去 75,000 熱量單位，求理論的效率。

答：吸收之熱量 = $(100,000 - 75,000) = 25,000$ 熱量單位。

理論的效率 = $25,000 \div 100,000 = 0.25$ 即 25%。

若能與下列之各條件相合則最完善之蒸汽機可以構造矣。

(一) 活塞與機筒須用不傳導熱之物質製成。

(二) 走入機筒之蒸汽須為定壓者，當活塞由機筒之左端向

右移動時，蒸汽立即停止進入。

(三)在機筒內之蒸汽須由絕熱的膨脹至排汽之壓力。

(四)由機筒內排出之蒸汽當活塞由機筒右邊向左邊移動時須立即停止。

(五)剩留於機筒內之蒸汽須經絕熱壓縮使其適充滿於餘隙之地位而有與蒸汽進入時同等之壓力。

按以上之第二條與第五條描寫一用不傳導熱之機筒與活塞的蒸汽機之工作循環，在一定的蒸汽壓力定限內可以得到最高理論的效率。是以各蒸汽機之效率皆以此機之效率為理想。此種理想機器所用之循環謂之理想的郎肯循環。

無論若何蒸汽機所做之工作皆由從蒸汽中吸取能量，觀第六圖即可明瞭。由歷來考察各種蒸汽機已證明此說之確實。由實地考察所得，當蒸汽由汽鍋走入機器時不僅蒸汽之溫度降低而其乾度亦減小矣，蓋由熱能而變機能當有此項熱量之損失。

例如：蒸汽走入機筒時其乾度為 99%，離開機筒時（即排汽）其乾度為 80%，由每磅蒸汽中吸取之熱能而為機器所用者共若干？（蒸汽之溫度為華氏 364 度），（排汽溫度為華氏 130 度）。

答：查蒸汽表：蒸汽溫度華氏 364 度，乾度 99% 總數熱量為 1186 英國 熱量單位，（每磅蒸汽中）。又蒸汽溫度為華氏 130 度，乾度 80%，則每磅蒸汽中有總數熱量 913 英國 熱量單

位。

則每磅蒸汽中由機器吸取 $1186 - 913 = 273$ 英國 熱量單位。

由蒸汽所做之工作與被吸取熱量之比例皆賴在機器之機筒內耗失熱量之多寡。若機器之機筒及活塞能以不傳導熱之物質構作，則由蒸汽中吸收之熱量全數化為工作。不傳導熱之物質合於製機筒與活塞既不可得，則蒸汽在機筒中必因機筒與活塞導熱而失去熱量。此項在機筒中失去之熱量謂之熱的損失。

蒸汽所作總數之工作包含有用的工作與機械的損失。蒸汽所作之工作可從活塞上所受之壓力及其動程計算，若機器上活動各部皆無摩擦力，則蒸汽所作之工作皆成機能而可傳遞於他機，但機器之機構上不能將其摩擦力完全免除，故蒸汽所作之工作中一部份必須用以戰勝此項摩擦力而損失。此項的損失謂之機械的損失，是則所餘剩者方可用為機能。

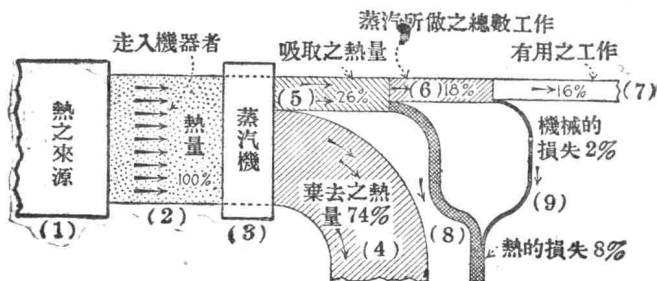
所以蒸汽所做之工作 = 機械的損失 + 有用的能量。

每一蒸汽機皆有一熱量平衡表，見第六圖。總數之能量離開機器必等於機器所收受之總數熱能，茲將其結論如下：

按第六圖：(一)為熱之來源即汽鍋中之蒸汽。(二)為走入機器之蒸汽中所含之熱量。(三)為蒸汽機。(四)棄去之熱量即排汽中所含之熱量佔原有熱量 74%，此項熱量不能有用於工作，但能用為煖汽爐之所用及烘乾物料並溫熱汽鍋餵水之用。(五)

爲機器吸取之熱量佔原有熱量 26%，爲機器吸取之熱量可分爲兩部即所做之總工作合 18% 與熱的損失合 8%，總數之工作 18% 可再分爲有用之工作 16% 與機械的損失合 2%。

第六圖 高等蒸汽機熱量平衡



〔註〕凡得力之蒸汽機其有用之工作與其所接受之熱量數的比較須大。凡奏效的生力廠則能利用被棄去之熱量使此項丟失成最低額。

例如：照第六圖之熱量平衡圖。(二)代表全數之熱量加入汽鍋內之水中使水成蒸汽。蒸汽機接受蒸汽後祇吸收 26% 之熱量其餘 74% 之熱量則被棄。在機筒內熱的損失則爲全數的 8%，其餘之 18% 則化爲工作。在此 18% 之內尚須除去機械的損失 2% 故僅有 16% 全數之熱量能做有用之工作。

蒸汽以其壓力而做工作，觀第七圖即可明瞭。設活塞在按照圖上之地位則活門(甲)開啓，蒸汽則可走進在活塞左邊之地位。在每方吋活塞之面積上皆接受蒸汽之壓力，則此項壓力能推動

活塞向右。同時在活塞右邊之空氣亦以其壓力(即大氣壓)在每方吋活塞之面積上以抗之，因汽鍋之壓力超過大氣壓故活塞當向右邊移動矣。力既能移動活塞則必做工作於其上。

(例)按第七圖設汽鍋之壓力(絕對壓力)在每方吋面積上爲 100 磅，大氣壓之絕對壓力在每方吋面積上爲 15 磅，若活塞之面積爲 100 平方吋，則活塞左邊之面積上受力總數爲 $100 \times 100 = 10,000$ 磅，而在活塞右邊之面積上受力總數爲 $15 \times 100 = 1,500$ 磅，其受力淨數爲 $10,000 - 1,500 = 8,500$ 磅。若此項所受之力能移動活塞，則每呎活塞移動之動程則做工作 $1 \times 8500 = 8,500$ 呎磅，若活塞之動程爲 2 呎。則每動程作工 $2 \times 8500 = 17,000$ 呎磅。

[註]在活塞上淨數之壓力爲在活塞兩邊壓力之較，每一活塞動程而所做工作則等於平均淨數壓力與活塞面積及動程之積數。按上例淨數壓力爲 $100 - 15$ 則等於 85 磅。

有時必須工作於蒸汽上而排之出機筒，按第七圖，當活塞到達(右)地位時見虛線，活門(甲)則關閉而活門乙則開啓，在活塞左邊之壓力將低減因蒸汽從活門(乙)逸出俟在機筒中之壓力等於排汽之壓力，此項壓力謂之反壓。此項反壓之數由每方吋一磅或二磅絕對壓力(用冷凝器)至每方吋 35 磅或較多之絕對壓力，不論何時反壓之數超過大氣壓(見第七圖)在活塞上之淨數壓力