

科學圖書大庫

船用柴油發動機

譯者 徐尹秋

徐氏基金會出版

科學圖書大廈

船用柴油發動機

譯者 徐尹秋

徐氏基金會出版

譯 序

最初看到 NEWNES 這一系列輪機書籍的時候，就覺得裡面理論少，討論實際工作方面的比較多，可以補一般教科書的不足。其中經驗、心得方面的資料尤其難得。於是就推介紹給徐氏基金會，使能譯成中文刊行，供輪機工作人員參考。又因為當時工作相近，自己選譯了這本「船用柴油發動機」。

這本書最有價值的，應該是從第十五章到第二十二章。裡面有許多著者親身的經驗，一般討論柴油機的書籍，甚至有關的專門書籍裡，都很少談到。對於輪機工作人員而言，這類問題往往很熟悉，却找不到答案。這是這本書的精華所在。但是這本書的編著也有商榷的餘地。從第五章到第十三章，介紹目前使用中、比較習見的各廠產品，內容似乎多摘自機器說明書。因為篇幅限制，不能列入更多插圖，以致說明細部構造和操作，有欠清晰。又因為把每一個製造廠編一章，各廠牌機器雷同的地方難免重複。在插圖方面，有些外觀的照相圖、輪廓圖的篇幅，如果代以詳細構造說明圖，效果也許更好些。好在這一部份只是作參考用的，要了解細節，還要靠說明書。

本書對名詞翻譯儘可能採用教育部公佈的「機械工程名詞」和「造船工程名詞」，這兩者有不同時，只有酌量情形加以取捨。如有謬誤不當的地方，還請讀者指正！

徐尹秋 謹識

民國六十一年八月

第四次修訂版序

「船用柴油發動機」這本書從初版到現在已經過了十五年。

這個新版本的整體形式還是依照着以前的版本。其中仍舊保持充分的國際性，各章節裡提到的製造廠商所代表的國家不下八個。

近年來，國內外輪機工業界有許多重要的趨勢。影響所及，包括：公司合併；所有權轉移；經營政策改變；有些型式的機器已擱置，或停止生產，來致力於其他型式的機器等等。變化的重點並不限於技術上優劣的緣故，主要還是基於政治和獲利能力所造成商業利益的影響。

有一些變化，從這本書選擇說明的機器，和其他方面，可以看得出來。

這個版本的篇幅比上一版大些。編著書的人常常有點念舊，想保留用過的材料，以致違背了自己的判斷，使篇幅愈來愈大。我對這個念頭儘量加以抗拒。

這個版本的內容是上一版大幅修訂的結果。其中只有兩三章，因為包含的材料是標準性的，沒有加以修改。

著 者

第三次修訂版序

本書第三版依舊本着最初三項原則：範圍限於推進用的機器；提出說明的使用中的型式；書中無意包羅所有製造廠商。

這個版本的頁數和前一版一樣。

我曾經在其他場合中說明過，這本書是在非常忙碌的情況下，爲了協助想要明瞭使船隻越洋過海的機器的許多輪機人員所寫的。

著 者

第二次修訂版序

這本書後初版以來還不滿八年。這段時間雖然好像還短，但是柴油機已經從大氣壓力進氣轉變到加壓進氣。這個轉變可以從這一個版本裡看出來。

書裡面各章編排的次序是沒有特別的意義的。每一家製造廠商，只選出一種主要的機型，加以說明。

著 者

初 版 序

這本書是爲船上輪機人員編著的，但是希望它的用途能更廣些。

由於在工作中常常在船上和負責操作的輪機人員接觸，以致在討論中產生了許多問題。其中有的很深奧，有許多是很簡單的。總之，這本書裡，可以說沒有一個段落不受這類問題影響的。

著 者

目 錄

譯 序

第四次修訂版序

第三次修訂版序

第二次修訂版序

初版序

導 論

第一章 基本原理	1
第二章 經濟因素	11
第三章 加壓充氣	13
第四章 柴油機額定功率	33

典型推進用機器

第五章 德克士福DOXFORD 柴油機	39
第六章 哥塔弗根GOTAVERKEN 柴油機	89
第七章 史篤克STORK 柴油機	121
第八章 勃梅士特和懷恩BURMEISTER & WAIN 柴油機	151
第九章 M.A.N. 柴油機	213
第十章 蘇余SULZER 柴油機	255
第十一章 飛亞特FIAT 柴油機	331
第十二章 英國波拉BRITISH POLAR 柴油機	353
第十三章 皮爾斯蒂克PIELSTICK 柴油機	403

第十四章	間接傳動：附有齒輪的柴油機	419
總 論		
第十五章	機器的性能	447
第十六章	機器的維護	461
第十七章	時常遭遇的問題	495
第十八章	潛生破裂	521
第十九章	曲軸箱的爆炸	541
第二十章	燃燒化學	589
第二十一章	抗摩擦合金	595
第二十二章	自動化	611
第二十三章	換算係數	617

第一篇 導 論

第一章 基本原理

本書所稱柴油發動機一語係指在汽缸中將引入之空氣予以充分壓縮，而使噴入此壓縮空氣中之霧狀燃油得以瞬間點火燃燒之任何往復式動力機而言。

理論熱循環

目前實用無空氣噴射之熱力循環最相近者或為雙燃或混合循環。如圖 1 所示。

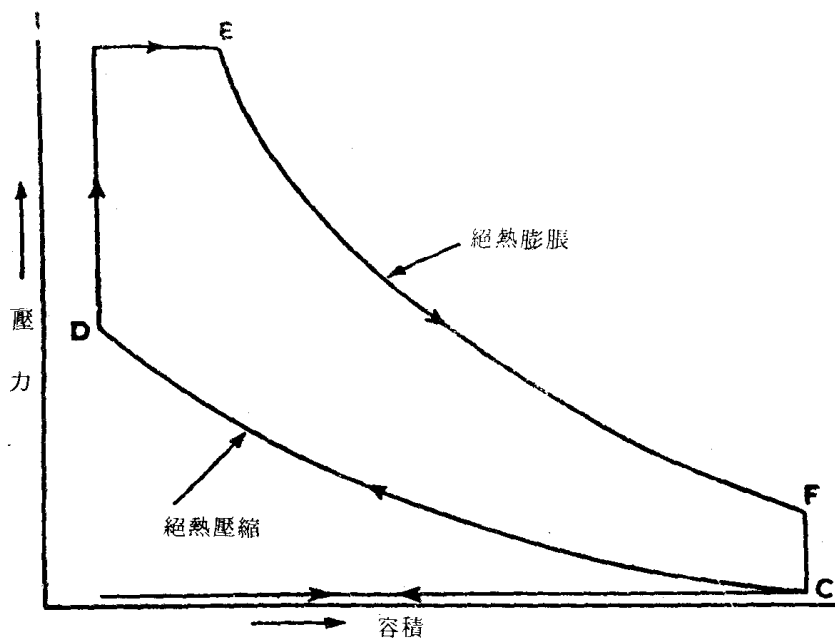


圖 1 理論熱循環

2 船用柴油發動機

空氣自 C 點絕熱壓縮至 D 點。燃油自 D 點開始噴射，熱量在此循環中部分以定容過程加入——如垂直綫 D P 所示。部分以定壓過程加入——如水平綫 P E 所示。膨脹自 E 點開始；而絕熱膨脹至 F 點時，熱量即以定容過程隨排氣放出，如垂直綫 F C 所示。

此一循環中假設示功圖之理想效率約為百分之五十五至百分之六十；亦即在所加入之熱量中有百分之四十至百分之四十五，在排氣中損失。

凡四衝程之熱循環，其吸氣衝程及排氣衝程如 C 點之水平綫所示，與此循環並無影響。

圖 2 則可視為一接近於一完整而可及的循環圖。

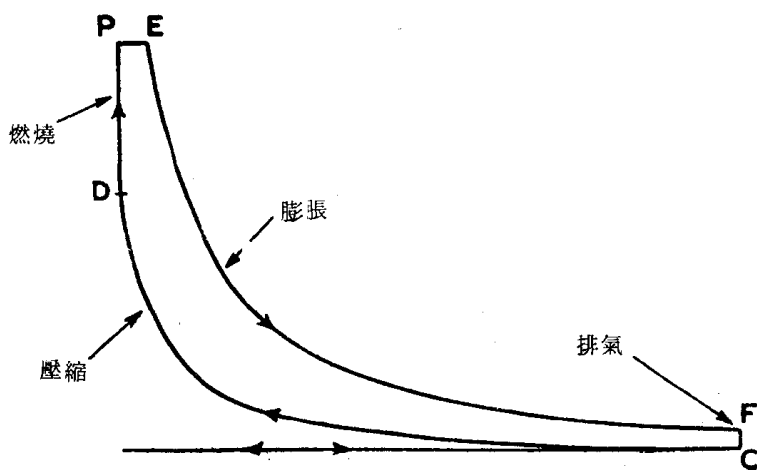


圖 2 完整示功圖

熱效率

前述理論循環中不可收回之熱量損失甚為重要，但輪機人員無從加以改進。此為第一種損失。實際之示功圖由於汽缸內之熱量及其他損失，勢必無法達到圖 1 所示之理想示功圖。此為第二種損失。

及至動力自汽缸經由機器傳至曲軸之後端，其間尚有機器構件磨擦而造成損失。此為第三種損失。

輪機人員之作為必僅局限於獲致一作用良好之示功圖，確保一有效而運轉平穩之機器，使所產生動力的燃料消耗率小。

熱效率乃整個性能之一支標尺。熱效率 = $\frac{\text{轉變成可用功之熱量}}{\text{全部加入之熱量}}$ 1

這一關係可以兩種方式表示之：

a 指示熱效率

$$= \frac{\text{一個馬力一小時}}{w \times C \times J} = \frac{1,980,000}{w \times C \times J} = \frac{2,545}{w \times C} \dots\dots\dots 2$$

$$\text{b 制動熱效率} = \frac{\text{一個馬力一小時}}{W \times C \times J} = \frac{1,980,000}{W \times C \times J} = \frac{2,545}{W \times C} \dots\dots\dots 3$$

其中 w = 燃用燃油重量，lb/iwhp (磅/指示馬力小時) (英制)；

W = 燃用燃油重量，lb/bwhp (磅/制動馬力小時) (英制)；

C = 每一磅燃油之熱值，Btu；

J = 焦耳當量 = 778；即 1 Btu = 778 ftlb

1,980,000 = 一個馬力小時，以 ftlb 為單位；

$$\frac{1,980,000}{J} = 2545 = \text{一個馬力小時，以 Btu 為單位。}$$

以上方程式，如以米制單位表示，則：

$$\text{a 指示熱效率} = \frac{632.6}{g \times K} \dots\dots\dots 4$$

$$\text{b 制動熱效率} = \frac{632.6}{G \times K} \dots\dots\dots 5$$

其中 g = 燃用燃油重量，kg/iwhp (公斤/指示馬力小時) (公制)

G = 燃用燃油重量，kg/bwhp (公斤/制動馬力小時) (公制)

K = 燃用燃油之熱值，Kcal/kg

$60 \times 60 \times 75 = 270,000 = 1$ 馬力小時 (米制) 以 kg/meters 為單位；

$$426.8 \text{ kgmeters} = 1 \text{ 米制熱單位 (Kcal/kg)}；$$

$$\frac{270,000}{426.8} = 632.6 = 1 \text{ 馬力小時 (米制) 以 Kcal/kg 為單位。}$$

$$1 \text{ 米制熱單位} = 1 \text{ Kcal/kg}；$$

$$\text{Kcal/kg} \times 1.80 = \text{Btu/lb}；$$

即：燃油 18,000 Btu/lb 之熱值 = 10,000 Kcal/kg。

熱值 C 可以總熱值 (高熱值) 或淨熱值 (低熱值) 表示之，因此兩者之應用各有所長。但當引用效率數值時，應說明所採用者為何種熱值，此點甚

爲重要。

以上公式係供絕對熱效率之用，有別於相對熱效率，蓋後者爲實際示功圖與假設示功圖之比率。

工作循環

發動機之工作循環可爲四衝程者或二衝程者；發動機本身又可分爲單動者或雙動者。此處所指循環係機器作用中各階段之順序，不可與理論中之熱力循環相混淆。

四衝程循環發動機

圖3所示者爲典型四衝程循環中各階段之順序，共經過兩迴轉。各衝程之順序爲：吸氣，壓縮，燃燒與膨脹，排氣。簡述如下。

吸氣衝程

當活塞在上死點，即將下降時，吸氣閥已經開啓。排氣閥尚未關閉。由於外流之熱排氣所形成之部分真空有助於清潔空氣經由吸氣閥流入，並將氣缸內之殘餘廢氣清除。當活塞下降時，吸氣閥保持開啓至下死點以後 $25—30^{\circ}$ 。因而流入氣缸之空氣較吸氣閥在下死點即行關閉時較多。

壓縮衝程

在活塞上昇衝程中，進入之空氣壓縮至約 35 kg/cm^2 (約 500 lb/in^2)。溫度上升，而因氣缸壁與蓋均有熱量損失，故此壓縮僅能近似於絕熱者。其最終壓縮溫度約達 550°C (約 1000°F)。其間隙容積可爲工作衝程容積之百分之九左右。

膨脹衝程

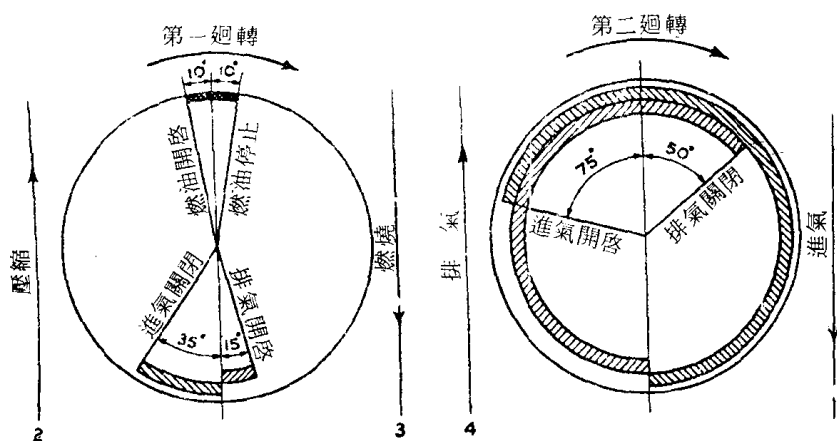
當活塞之上升衝程將近終了，在上死點前約 10° 時，燃油閥開啓。射入之燃油之即燃燒。燃油閥關閉時燃燒迄未停止，而在活塞下降中仍繼續進行一段時間。膨脹亦由於氣缸壁之熱量損失，僅能近似於絕熱。如其平均指示壓力約爲 8.5 kg/cm^2 (120 lb/in^2)，則其排氣閥開啓時之壓力約爲 3 kg/cm^2 (約 40 lb/in^2)。

排氣衝程

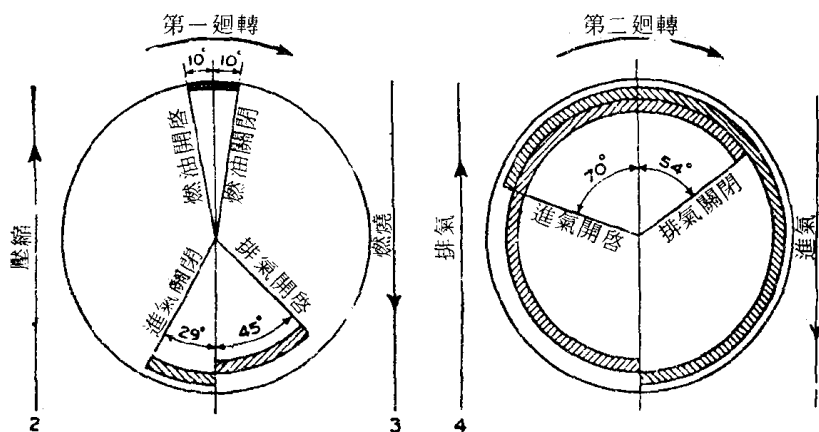
排氣閥於下降之活塞行抵下死點前 $50—20^{\circ}$ 時開啓。排氣由高溫，高壓降至大氣溫度壓力附近，外逸速度甚快。活塞上昇或排氣衝程時，即保持此一壓力。而新的循環即重行開始。

圖三上部之圖解爲布希式 (Büchi) 加壓充氣者；下部之圖解爲活塞下

方充氣者。



布希式加壓充氣柴油機



活塞下方充氣柴油機

圖 3 四衝程循環中各階段之次序

二衝程循環發動機

二衝程循環，顧名思義，係在一迴轉中完成。此一迴轉可粗略分為三個大約相等的階段：壓縮，燃燒與膨脹，排氣與驅氣。

圖 4 所示為其各階段之順序圖解。從圖中可見，僅排氣與壓縮兩衝程之。

6 船用柴油發動機

不重要部分予以省略。因當活塞接近與離開下死點期間，排氣與驅氣即行發生並已完成。

指示馬力

$$\text{ihp} = \frac{N \times p \times l \times a \times n}{3,300} \dots\dots\dots 6$$

其中 ihp = 發動機之指示馬力（英制馬力）；

N = 發動機之氣缸數；

p = 氣缸中之平均指示壓力, lb/in²；

l = 發動機之衝程, ft；

a = 每一活塞之截面積, in²；

n = 每分鐘之工作衝程數；

33,000 = 每分鐘之呎磅數 = 1 英制馬力

$$\text{ihp} = \frac{N \times p \times l \times a \times n}{4,500} \dots\dots\dots 7$$

其中 ihp = 發動機之指示馬力（米制馬力）；

N = 發動機之氣缸數

p = 氣缸中之平均指示壓力, kg/cm²；

l = 發動機之衝程, meters；

a = 每一氣缸之截面積, cm²；

n = 每分鐘工作衝程數。

4500 = 每分鐘公斤米數 = 1 米制馬力；

英制馬力 × 1.014 = 米制馬力

米制馬力 × 0.986 = 英制馬力

故, 5000 英制馬力 =

$$5000 \times 1.014 = 5,070 \text{ 米制馬力}$$

而, 6000 米制馬力 =

$$6000 \times 0.986 = 5916 \text{ 英制馬力}$$

氣缸常數

船上之輪機人員在某一時期中通常僅對一特定大小及型式之發動機有關,

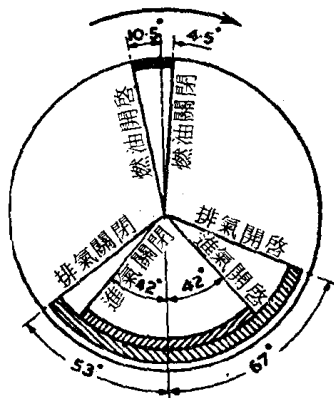


圖 4 二衝程循環中各階段之次序

故若干計算工夫可予省略，在例行運算 plan 公式時，可用一常數量計算之。

在米制中，即：

$$ihp = mip \times R \times C \text{ (每氣缸)} \dots\dots\dots 8$$

其中 mip = 平均指示壓力， kg/cm^2 ；

R = 每分鐘迴轉數；

C = 氣缸常數。

$$\text{而 } ihp = mip \times R \times K \text{ (每發動機)} \dots\dots\dots 9$$

其中 $K = C \times \text{氣缸數}$

8 式之導算甚為簡單。

$$ihp = \frac{p \times l \times a \times n}{4500} \text{ 每一氣缸}$$

單動四衝程之發動機， $n = \frac{R}{2}$

$$\therefore \frac{p \times l \times a \times n}{4500} = p \times R \times \left(\frac{l \times a}{9000} \right)$$

其中 $\frac{l \times a}{9000} = \text{氣缸常數}$

單動二衝程之發動機， $n = R$

$$\therefore \frac{p \times l \times a \times n}{4500} = p \times R \times \left(\frac{l \times a}{4500} \right)$$

其中 $\frac{l \times a}{4500} = \text{氣缸常數}$ ，由此可類推。

氣缸常數舉例

氣缸內徑 650mm，衝程 1400mm，單動，四衝程：

$$C = 0.5162 \text{ (單氣缸)}$$

$$K = 4.1296 \text{ (八氣缸)}$$

氣缸內徑 740mm，衝程 1500mm，單動，四衝程：

$$C = 0.7186 \text{ (單氣缸)}$$

$$K = 4.3008 \text{ (六氣缸發動機)}$$

氣缸內徑 750mm，總衝程 2000mm，單動，二衝程：

$$C = 1.9635 \text{ (單氣缸)}$$

$$K = 13.7445 \text{ (七氣缸發動機)}$$

有些發動機之氣缸常數可能甚難決定，例如雙動二衝程之發動機，其活

塞式之排氣閥直徑小於氣缸內徑，且在下氣缸內有活塞桿。在此情況下，可自發動機之製造廠家獲取氣缸常數。本書第二十三章中並備有氣缸常數英制與公制之變換係數。

機械效率

$$\text{機械效率 } \eta = \frac{\text{曲軸輸出}}{\text{氣缸輸入}} = \frac{\text{bhp}}{\text{ihp}}$$

$$\text{bhp} = \text{ihp} \times \eta \dots\dots\dots 10$$

制動馬力通常由製造廠試車台上之制動發電機所決定。在船上則可用一安裝在上推軸承後方之扭力計求得。但以扭力計求得之軸馬力常數較以制動發電機所求得者為小。因部分馬力消耗於上推軸承上。

許多試車台上所得之結果顯示發動機之指示馬力與制動馬力間之差異，在甚大一段負荷範圍中，幾乎不變。因此如果已知全負荷時之效率，則此機械效率亦可用於部分負荷時之計算。

氣缸平均壓力

平均指示壓力 (mip)

$$= \frac{\text{汽缸中在工作衝程中所作之功}}{\text{掃動體積}} = \frac{\text{mip} \times a \times l}{a \times l} \dots\dots\dots 11$$

在實際情況中，mip 由計算示功圖之面積（平方公分為單位）除以示功圖之長度（公分為單位）。由此所得之商即為公分作單位之示功圖平均高。示功器之彈簧之比例常有以 1 mm 高 = 1 kg/cm² 之平均指示壓力者，但並非一定。

在米制中，1 atm = 1 kg/cm² = 14.223 lb/in²

對小型發動機而言，特別是未設有示功器機構者，常用制動平均有效壓力一詞。此乃由制動馬力，諸氣缸之衝程容積與汽缸數而定。可用方程式 6 與 7，以 bhp 及 bmep 來代替 ihp 及 mip 計算之。bmep 即為 mip 與發動機機械效率之乘積。目前即使大型發動機，bmep 也漸有代替 mip 之趨勢。而本書著者則寧取簡單而直接的 mip，而不願用不自然的 bmep。

活塞平均速度

$$\text{活塞平均速度 (ft/min)} = 2 \times l \times R \dots\dots\dots 12$$

l = 衝程 (以 ft 為單位)

$$R = \text{rev}/\text{min}。$$

$$\text{活塞平均速度 (metres/sec)} = \frac{1 \times R}{30} \dots\dots\dots 13$$

其中

$$1 = \text{衝程 (以米爲單位)}；$$

$$R = \text{rev}/\text{min}。$$

$$\text{活塞平均速度 (ft/min)} = \text{活塞平均速度 (m/sec)} \times 196.85。$$

$$\text{活塞平均速度 (m/sec)} = \text{活塞平均速度 (ft/min)} \times 0.00508。$$

$$\text{活塞平均速度 (ft/min)} = \text{衝程 (m)} \times R \times 6.562。$$

每二十四小時之燃料消耗

英制：

$$W = \frac{w \times \text{shp} \times 24}{2240} = \frac{w \times \text{shp}}{93.3} \dots\dots\dots 14$$

$$w = \frac{93.3 W}{\text{shp}} \dots\dots\dots 15$$

其中

$$W = \text{每日燃燒油消耗量, tons (英制)}$$

$$w = \text{燃油消耗率, lb/shp h (英制)}$$

米制：

$$W = \frac{w \times \text{shp} \times 24}{1,000,000} \dots\dots\dots 16$$

$$w = \frac{1,000,000 \times W}{24 \times \text{shp}} \dots\dots\dots 17$$

其中

$$W = \text{每日燃油總消耗量, tons (米制)}$$

$$w = \text{燃油消耗率, g/shp h (米制)}$$

