

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

科學圖書大庫

船用柴油發動機

譯者 徐尹秋

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

科學圖書大庫

監修人 徐銘信 科學圖書編譯委員會主任委員
編輯人 林碧銓 科學圖書編譯委員會編譯委員

版權所有

不許翻印

中華民國六十五年十二月三十日三版

船用柴油發動機

基本定價 5.00

譯者 徐尹秋 海軍機械學校工學士

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(63)局版臺業字第0116號

出版者 財團法人 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686號
發行者 財團法人 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第 15795號
承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號 電話9719739

我們的工作目標

文明的進度，因素很多，而科學居其首。科學知識與技術的傳播，是提高工業生產、改善生活環境的主動力。在整個社會長期發展上，乃對人類未來世代的投資。從事科學研究與科學教育者，自應各就專長，竭智盡力，發揮偉大功能，共使科學飛躍進展，同將人類的生活，帶進更幸福、更完善之境界。

近三十年來，科學急遽發展之收穫，已超越以往多年累積之成果。昔之認為若幻想者，今多已成為事實。人類一再親履月球，是各種科學綜合建樹與科學家精誠合作的貢獻，誠令人無限興奮！時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就科學人才，促進科學研究與發展，允為社會、國家的基本使命。培養人才，起自中學階段，此時學生對基礎科學，如物理、數學、生物、化學，已有接觸。及至大專院校專科教育開始後，則有賴於師資與圖書的指導啟發，始能為蔚為大器。而從事科學研究與科學教育的學者，志在貢獻研究成果與啟導後學，旨趣崇高，彌足欽佩！

本基金會係由徐銘信氏捐資創辦；旨在協助國家發展科學知識與技術，促進民生樂利，民國四十五年四月成立於美國紐約。初由旅美學人胡適博士、程其保博士等，甄選國內大學理工科優秀畢業生出國深造，前後達四十人，惜學成返國服務者十不得一。另曾贈送國內數所大學儀器設備，輔助教學，尚有微效；然審情度理，仍嫌未能普及，遂再邀請國內外權威學者，設置科學圖書編譯委員會，主持「科學圖書大庫」編譯事宜。以主任委員徐銘信氏為監修人，編譯委員林碧鏗氏為編輯人，各編譯委員擔任分組審查及校閱工作。「科學圖書大庫」首期擬定二千種，凡四億言。門分類別，細大不捐；分為叢書，合則大庫。為欲達成此一目標，除編譯委員外，本會另聘從事

翻譯之學者五百餘位，於英、德、法、日文出版物中精選最近出版之基本或實用科技名著，譯成中文，供給各級學校在校學生及社會大眾閱讀，內容嚴求深入淺出，圖文並茂。幸賴各學科之專家學者，於公私兩忙中，慨然撥冗贊助，譯著圖書，感人至深。其旅居國外者，亦有感於爲國人譯著，助益青年求知，遠勝於短期返國講學，遂不計稿酬多寡，費時又多，迢迢乎千萬里，書稿郵航交遞，其報國熱忱，思源固本，至足欽仰！

今科學圖書大庫已出版一千餘種，都二億八千餘萬言；尙在排印中者，約數百種，本會自當依照原訂目標，廣續進行，以達成科學報國之宏願。

本會出版之書籍，除質量並重外，並致力於時效之爭取，舉凡國外科學名著，初版發行半年之內，本會即擬參酌國內需要，選擇一部份譯成中文本發行，惟欲實現此目標，端賴各方面之大力贊助，始克有濟。

茲特掬誠呼籲：

自由中國大專院校之教授，研究機構之專家、學者，與從事工業建設之工程師；

旅居海外從事教育與研究之學人、留學生；

大專院校及研究機構退休之教授、專家、學者

主動地精選最新、最佳外文科學名著，或個別參與譯校，或就多年研究成果，分科撰著成書，公之於世。本基金會自當運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。尙祈各界專家學人，共襄盛舉是禱！

徐氏基金會 敬啓

中華民國六十四年九月

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；提出說明的都是在使用中的型式；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。

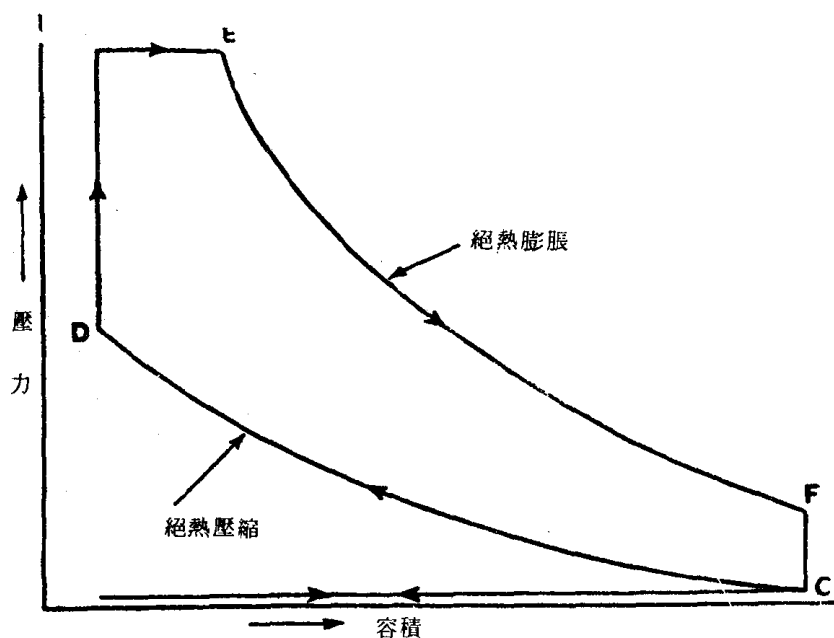


圖 1 理論熱循環

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——如垂直線DP所示。部分以定壓過程加入——如水平線PE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，如垂直線FC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點之水平線所示，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。

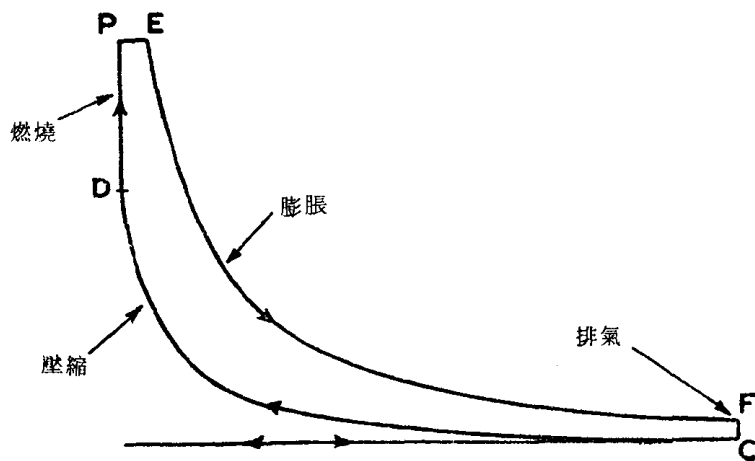


圖2 完整示功圖

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

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

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

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

W = 燃用燃油重量，lb/bbph (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 1Btu = 778ftlb

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：

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

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

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

G = 燃用燃油重量，kg/bhph (公斤/制動馬力小時) (公制)；

K = 燃用燃油之熱值，Kcal/kg

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

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

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

1 米制熱單位 = 1 Kcal/kg；

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

即：燃油 18,000Btu/lb 之熱值 = 10,000Kcal/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

4 船用柴油發動機

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°。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

在活塞上升衝程中，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。活塞上升或排氣衝程時，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。

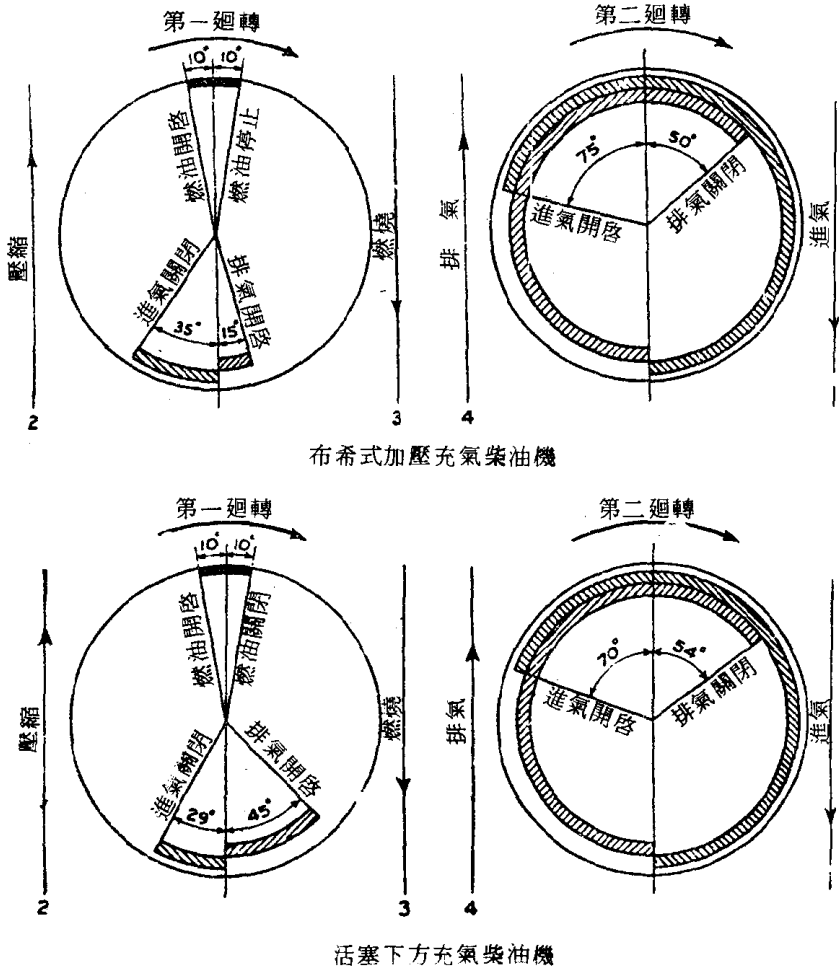


圖 3 四衝程循環中各階段之次序

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，

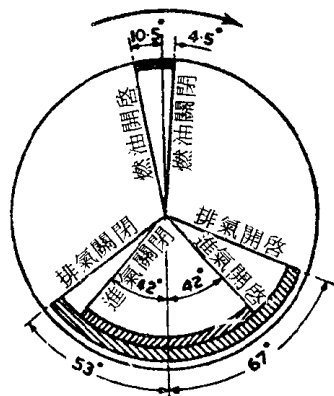


圖 4 二衝程循環中各階段之次序

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：

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

其中 mip = 平均指示壓力， kg/cm^2 ；

R = 每分鐘迴轉數；

C = 氣缸常數。

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

其中 $K = C \times \text{氣缸數}$

8 式之導算甚為簡單。

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

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