

科學圖書大庫

新版輪機紅皮書(一)

內 燃 機

譯者 呂 傳 增

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

新版輪機紅皮書(一)

內 燃 機

譯者 呂 傳 增

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會
監修人 徐銘信 發行人 王洪鎧

科學圖書大庫

版權所有

不許翻印

中華民國六十七年八月二十六日初版

新版輪機紅皮書 (-)

基本定價 1.20

譯者 呂傳增 招商局大管輪

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。

(67)局版臺業字第1810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 1 5 7 9 5 號
承印者 江淮彩色印刷股份有限公司 電話：5413269 • 5416842

譯 序

很早就曉得“Red Book of Marine Engineering”是一本很好的書，但因種種緣故而一直沒有購閱。去年十月上岸逛書店時發現已有1977年的新出版本，結果就毫不考慮地買下並決心帶回船上把它看完。

起初只是隨意翻閱罷了，但自覺效果不佳，又恐怕像已往那樣半途而廢，所以就改變作法而試圖把它翻譯過來，一方面是從中學習並且練習譯寫；另一方面是藉以消磨船上的休閒時間，把此事當作一種娛遣。反正兩者都以充實自己為前提就是了。

後來我這默默的工作被一些同事曉得，尤其當時的大管張開峯兄更為關心，於是給予諸多鼓勵和讚許，使得找更加振奮，更加堅定這份工作的決心。

今年初，張兄下船之前跟我談到這些譯稿，他建議拿去出版，他說：“你下了一翻工夫，好不容易完成這些譯稿，難道就往家裏一丟，讓它久置之後歸於發霉腐爛嗎？又何不出書而讓更多的人來分享你的成果呢？”我想也對，這本書不是可供船上輪機人員在實際工作的參考嗎？不是還可供參加河海特考的朋友們參考嗎？結果我答應一試，並請他下船後代為查詢，看看我這生澀的自習筆記是不是有人感興趣？

因為我們都曉得徐氏基金會出版了許多科技方面的書，所以首先就想到“徐氏”。後經張兄前去一問，以及我下船後再拜見徐董事長一談，頓然對徐先生的偉大抱負與愛國熱忱欽服不已，故而立刻交出已完成的稿子。也不怕粗陋了，只希望同道朋友們能自其中獲得一些可供參考的資料，並把難免的疏漏誤謬之處給予指正。

付印匆促，多虧易飛華、潘啓明協助校對，一併在此致謝。

呂傳增 於夏明輪

六十七年六月十八日

目 錄

譯序

一、三管輪

(一) 構造.....	1
(二) 操作.....	5
(三) 一般問題	8
(四) 燃油噴射.....	15
(五) 空氣壓縮機.....	18
(六) 空氣起動.....	19
(七) 潤滑.....	20
(八) 計算題.....	22

二、二管輪

(一) 構造.....	24
(二) 操作.....	27
(三) 保養.....	34
(四) 燃油噴射	34
(五) 空氣壓縮機.....	37
(六) 空氣起動.....	39
(七) 潤滑.....	40
(八) 計算題.....	40

三、大管輪

(一) 構造	43
(二) 操作	49
(三) 保養	56
(四) 燃油噴射	61
(五) 空氣壓縮機	62
(六) 空氣起動	64
(七) 潤滑	64
(八) 計算題	65

四、輪機長

(一) 構造	68
(二) 操作	73
(三) 保養	81
(四) 一般問題	82
(五) 燃油噴射	83
(六) 空氣起動	85
(七) 計算題	88

一、三管輪

(一)構造

1. 何謂乾式缸套 (dry liner) ?

答：通常是一種很薄而不與冷却水直接接觸的嵌入式缸套。

2. 何謂濕式缸套 (wet liner) ?

答：就是直接與冷却水接觸的缸套，必須在其底部採用一些密封方法以免冷却水漏進機座而污染滑油。

3. 柴油機的各種閥如何被作動？

答：利用機械式、液壓式、氣力式或電力式等方法。如為機械作動，則為凸輪、推桿、搖臂及滾子等所作動。

4. 試追踪流經柴油機的冷却水通路。

答：冷却水經濾網進入離心式循環泵的吸入側，水自循環泵出來後先經冷却器再到引擎，通常是在引擎的最冷部，即單動引擎各缸水套的底部進入，然後向上循環到缸頭。可能有跨接管或內通道把水自氣缸引至缸頭。水自缸頭再通到排氣閥週圍的水套，然後排氣再去排氣鍋爐。

5. 試述柴油機活塞和活塞桿結構的三種普通的滑行方式。

答：(1)單滑塊單滑導十字頭，像普通單滑塊十字頭蒸氣機那樣。

(2)雙滑塊滑導十字頭，被固定於兩相對側。

(3)具有兩組滑導的十字頭。十字頭栓被延伸，兩組滑導各裝於十字頭栓之一端，於是船的縱向及橫向準淺即可維持。

6. 說明固定式肘栓 (secured wristpin) 。

答：固定式肘栓就是把肘栓緊定於活塞鑄件的轂上，利用螺絲定位栓緊

定之。

7. 說明浮動式肘栓。

答：這種肘栓可在連桿孔眼和活塞鑄件殼上自由活動。活塞殼兩端的槽溝裏置有彈簧夾制止器 (spring-clip retainer) 以防肘栓刮到缸壁。

8. “氣口掃氣” (port scavenging) 之意義為何？

答：就是廢氣經缸壁上的開口被驅出而不利用排氣閥。

9. 試述柴油機活塞用水或油來冷卻的方法。

答：活塞冷卻的方法包括閉式 (packed type) 和未閉塞式 (un-packed type) 兩種伸縮管方式及擺動接頭式 (swing-joint type) 。（有時也用橡皮軟管）。

第一種方式中，伸縮組合的活動構件直接裝於活塞下方，而靜止構件則裝於引擎罩或機架。

第二種方式用於十字頭式引擎，活塞的進出管是固定的，接於十字頭，再由該處接於用螺栓上在十字頭的托架外端在此連接於伸縮管組合的活動件上。

伸縮管組合的詳情依不同的引擎設計而定，但每種的整個組合或是內管都有一小量浮動的自由，以容許活塞和十字頭的側向活動。

10. 對置活塞式柴油機的燃油閥設置於何處？

答：置於汽缸中央部分的相對兩側。它們通常都與汽缸相切以便造成擾流和燃油的較佳分配。

11. 解釋(1)活塞排量(2)壓縮比。

答：(1)活塞排量 (piston displacement) 就是活塞從上死點到下死點所掃掠過的容積。

(2)壓縮比 (compression ratio) 就是活塞排量加間隙容積，再與間隙容積之比。

12. 汽油機 (gasoline engine) 與柴油機之差別為何？

答：柴油機可用低級燃油而直接以壓縮熱在汽缸引燃。汽油機則需高級燃料 (汽油) 而在汽油與空氣已在化油器混合並被壓縮之後才以電火花引燃。

13. 試述船上柴油機安裝之一般結構。

答：支持引擎的船體由一系列的肋骨所構成，製成船體的外形，外側鉚上或焊上鋼板以形成船體外板。

在外板和船體雙層底艙頂之上有地板（floor），鉚接或焊接於各肋骨（frame）上。地板間的縱樑供給必須的強度並支持固定引擎座板所需之墊板。

引擎適當的準線是藉機座墊與座板間之鋼楔墊（steel chocks）或靴之裝設來完成。最後再把引擎用底腳螺栓穿過底板和座墊來固定。

14. 什麼式樣的機架普遍用於柴油機？

答：柴油機發展的早期，氣缸之支持結構採用蒸汽機結構特性的A形機架。

此式機架仍用於大型引擎，但除這些大型引擎外，全都被箱式機架所取代。大型引擎之箱式機架可被認為是早期A形機架的發展。

A形機架的邊緣被簡單地延伸與接合，在一對機架之間設有一扇門以作進入曲柄箱之用。實際的箱式機架是在小型機，係一體鑄成一個完整的箱子。已從原始的箱式機架發展出許多不同的種類。其中一種的機架和座板係一體鑄成，氣缸位於機架頂部。另一種則免去分離式的汽缸，機架和汽缸體只是一個具有容納缸套孔徑的水箱。

箱式機架特別適用於筒狀活塞引擎，因這種引擎不需任何十字頭導板。另外還具有價廉和重量輕的優點故廣泛用於小型引擎，而有時亦用至約3000馬力的大型機。

15. 試述“筒狀活塞”（trunk type piston）。

答：這種活塞具有一長的活塞裙和以擺動肘栓直接連於其上的連桿。

16. 試述“十字頭式活塞”（crosshead-style piston）。

答：這種活塞通常具有較短的活塞裙，而有一活塞桿旋入或以螺栓上於活塞底部，活塞桿則連於連桿及十字頭。

17. 筒狀活塞及十字頭活塞之差別為何？

答：其間的差別在於其接於連桿的方法。筒狀活塞是以肘栓接裝，而十字頭活塞則利用活塞桿和十字頭。

18. 試述幾種驅動凸輪軸的方法。

答：(1)利用一組齒輪，即以一中間齒輪和一曲軸上的驅動齒輪來帶動凸輪軸。

(2)利用鏈條從曲軸上的齒輪驅動凸輪軸齒輪。

(3)利用齒輪和一垂軸。凸輪和曲軸上都有斜齒輪，而其間置一兩端俱有小齒輪之垂軸作傳動之用。

19.試述至少兩種曲軸把滑油自主軸承輸往曲柄栓軸承的鑽孔油道之方法。

答：爲了供油之循環，當使用壓力注入式潤滑法時，曲軸在各主軸承中央鑽有輻向油孔以與軸向油孔相連，軸向油孔則與兩相鄰的曲柄臂油孔相通，藉以把油輸往曲柄栓之軸向油孔。各曲柄栓中央之輻向油孔與向上通過連桿的油孔相連通。這如圖 1 A 圖所示。B 圖爲有時所用的另一種鑽孔方法。當引擎爲非封閉式而要避免曲柄甩油時，則於軸上各主軸承的各端有一環，用以使排自軸承的油在抵達曲柄之前即予甩除。



圖 1 曲軸中之油道

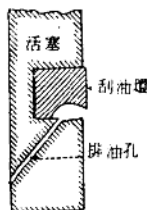


圖 2 刮油環

20.柴油機活塞上的刮油環作何用途？

答：刮油環通常是活塞上的最底下一環，環上設有一唇，使在活塞下行時刮除缸壁上的滑油，以免油到活塞上部而造成不當的燃燒。活塞上還有排油孔，使被刮下的油可自活塞內側排入曲軸箱，如圖 2。

21.(a)試述二行程引擎的氣口式缸套(b)排氣口與掃氣口的相關位置爲何？

答：(a)用於二行程引擎的缸套通常具有兩列位置略異的氣口。上列氣口爲排氣口，略低的一列爲掃氣口。

(b)排氣口的位置大約在向下 75 % 行程左右，而掃氣口。則約在向下 80 % 行程左右。

(二)操作

1. 在燃油燃燒產生強熱的觀點下，柴油機缸套的潤滑如何可能？

答：利用機械式強力注入潤滑器把油壓入氣缸，經缸壁的開口給入。大多數大型引擎中，都把時間定於活塞在行程終了附近時將油注入活塞環節之間。許多具有活塞和缸套冷卻的大型引擎中不必用油作潤滑。

2. 天氣寒冷時要做何準備以確使大型船用柴油機易於起動？

答：把循環水和滑油加熱至約 110°F ，使循環流於引擎中。如無加熱設施則油泵要注入煤油（kerosene）而以此混合油起動引擎。用此混合油運轉幾分鐘來暖機。有些引擎利用排自副機的冷卻水。

3. 盡可能寫出排氣冒烟的理由（藍烟、黑烟、白烟）。

答：(一)白烟：

- (1) 一缸或數缸因燃油閥阻塞或調整不當而供油不足。
- (2) 壓縮壓力太低。
- (3) 經活塞環漏。
- (4) 滑油太多。
- (5) 氣缸和排氣有水。

(二)黑烟：

- | | |
|-------------|----------------|
| (1) 燃油壓力太高。 | (2) 燃油閥開啓太久。 |
| (3) 壓縮壓力太低。 | (4) 燃油閥口磨耗及過大。 |
| (5) 排氣管結碳。 | (6) 活塞環膠着。 |
| (7) 氣缸刮傷。 | (8) 空氣過濾器污染。 |
| (9) 引擎超負荷。 | |

(三)藍烟：過度潤滑、滑油燃燒。

4. 何以空氣噴射式引擎比全油噴射引擎的壓縮壓力為高？

答：因高壓的噴射空氣有冷卻缸裏被壓縮而變熱的空氣的趨勢，故壓縮壓力應稍提高以補償此冷卻效應。

註：柴油機完全依賴壓縮熱來引燃燃油。

5. 詳述二行程柴油機之工作行程。

答：活塞在向上的第一個行程時單獨壓縮缸裏的純空氣。向下的第二行程時注入燃油，燃燒並膨脹。在行程末期進行排氣與掃氣，於是完成一個二行程循環或一個迴轉。

6. 四行程柴油機的相對優點與缺點為何？

答：優點：

- (1)容積效率較佳。
- (2)耗油率較低。
- (3)不需掃氣泵。
- (4)引擎速較高。
- (5)缸套故障較少，因無氣口。

缺點：

- (1)比二行程的重量與空間較大。
- (2)缸頭鑄造較複雜。
- (3)比二行程機多閥及活動構件。

7. 二行程柴油機的相對優點與缺點為何？

答：優點：

- (1)每馬力的重量與空間較小。
- (2)每缸輸出馬力較大。
- (3)更均勻的運轉效果。
- (4)缸頭構造較不複雜。

缺點：

- (1)容積效率較差。
- (2)比四行程耗油率大。
- (3)要掃氣泵。
- (4)缸套故障較多因有氣口。

8. 詳述四行程柴油機的工作行程。

答：第一行程（向下）：單獨把純空氣吸入氣缸。

第二行程（向上）：單獨把純空氣壓縮。

第三行程（向下）：噴油、燃燒、膨脹。

第四行程（向上）：燃氣由氣缸內排出。

9. 詳述汽油機的工作行程。

答：第一行程：把油與空氣的混合物吸入汽缸。

第二行程：把油與空氣的混合物在汽缸裏壓縮。

第三行程：油與空氣的混合物以電火花引燃、膨脹。

第四行程：排出燃燒氣。

10. 圖示四行程柴油機各行程時閥與曲柄位置關係。

答：如右圖。

E：排氣閥。

I N：進氣閥。

N：噴油閥。

11. 說出五點柴油機冒黑煙的原因。

答：(1)超載。

(2)噴油器不工作。

(3)排氣管阻塞。

(4)燃油髒或有水。

(5)活塞環漏。

12. 柴油機引進冷水至冷卻系統的危險為何？

答：(1)缸頭可能破裂。

(2)缸套可能歪曲變形。

(3)活塞可能破裂。

(4)有活塞膠着之危險。

13. (a)缸套過熱的可能原因為何？

(b)應立刻採取什麼措施？

(c)如忽視這種措施可能發生什麼後果？

答：(a)缺冷卻水，缺潤滑或活塞環斷折都可能使缸套過熱。

(b)如發熱嚴重，最好在繼續發生嚴重的損壞之前個別切除該缸燃油將該缸隔斷。

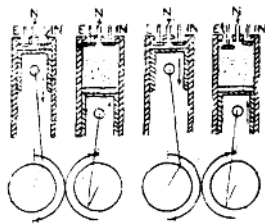
(c)熱缸套會在其凸緣以下裂損，活塞環斷折，活塞咬住及其他類似故障等。

14. 何以柴油機需細目濾網以防雜質到達油泵和噴油閥？

答：因任何雜質都會使油泵柱塞和噴油閥的針閥損壞。

15. 討論柴油機使用“C”重油之運用保養。

答：使用“C”重油時應採取一些方法來減低油的黏度以便從油艙送經引擎並確保燃燒所需之適當霧化。引擎需更大的熱量來燃燒瀝青殘渣。這種燃油可能造成不規則的燃燒而伴隨着一些故障，因燃油裏有水分，又可能因其中的研磨性固物和水分而加速缸套與活塞環的磨耗。在維持所有運轉狀況正常，以免因活塞環膠着或閥腐蝕等情形而停轉方面所加以輪機人員的責任負擔比較大。



附3 四行程柴油機與曲柄之位置

16. 既然工作氣缸裏的壓縮壓力約為500psi 又如何能以甚低的起動空氣壓力作用於同面積上而起動柴油機？

答：高的壓縮壓力是爲了獲得引燃燃油所需的熱（來自壓縮溫度）。起動空氣則僅用以使引擎在噴油之前轉動而已，因而甚低。

(三)一般問題

1. 何謂內燃機？

答：就是一種燃油在氣缸本身之中燃燒而作功的引擎。這種燃燒可能爲極快速率下的定容燃燒，例如汽油機或鄂圖循環；或爲定壓燃燒，例如理論的狄塞循環；或兩者之結合，例如混合或雙循環。

2. 何謂柴油機？

答：即依定壓狄塞循環原理而運轉的一種內燃機。直接把燃油噴入氣缸而以壓縮熱來達成燃燒。

3. 何謂汽油機？

答：就是以定容或鄂圖循環原理而運轉的一種內燃機。利用化油器在氣缸外把燃油（汽油）與適量的空氣混合，送入氣缸而利用電火花引燃。

4. 關於燃油閃光點的規定爲何？

答：柴油的閃光點應在150°F以上。

5. 良質燃油（柴油）所需的特性爲何？

答：(1)最大的熱值。

(2)最少量的水分、沉澱物、硫、砂及其他雜質。

(3)具流動性（fluidity），故不必加熱太多即可泵送。

(4)不可太緩慢燃燒而在氣缸造成延遲發火。

(5)應能完全燃燒而不以烟灰的方式遺留任何殘燬。

6. 試述燃油從貯存櫃到引擎汽缸的油路。

答：燃油利用常用泵取自貯存櫃，經過離心式淨油機而到常用櫃（日用櫃）。通常有一低壓輸送泵把燃油從日用櫃吸出而以大約10psi之壓力泵送至引擎油泵。引擎油泵把油送至噴油閥噴入燃燒室。

7. 污染或含砂的燃油對柴油機之影響爲何？

答：會在油泵及噴油閥等工作部分產生大量磨耗。經常會造成噴油閥失效還可能中斷燃油管路和濾器。

8. 柴油在引擎裏燃燒之前如何清潔？

答：利用沉澱、粗、細濾網及離心式淨油機等。

9. 閉式冷卻系統之優劣點為何？

答：優點：

- (1) 無結垢的危險。
- (2) 沒有因海水而起電化作用的危險。
- (3) 可獲較佳效率，因引擎可保持於較高的運轉溫度。
- (4) 引擎溫度的控制較佳。

缺點：

- (1) 需兩個循環泵。
- (2) 熱交換器有管漏的危險。
- (3) 系統較複雜。

10. 壓縮壓力與壓縮溫度之間的關係為何？何謂壓縮熱？

答：(1) 壓縮壓力就是空氣在柴油機汽缸裏被壓縮而成的壓力。壓縮溫度則為在汽缸裏壓縮空氣所造成的溫度。

(2) 空氣被壓縮時，每磅被壓縮的空氣都有一定的溫度上升，這種上升就叫壓縮熱。(heat of compression)。

11. 柴油機的平均壓縮比為何？

答：14 : 1 至 16 : 1。

12. 柴油機中熱與所作的功有何關係？

答：每熱單位 (B.T.U.) 可產生 778 呎磅之功，但因引擎無法完全把熱轉變為功，柴油機僅約 778 呎磅的 36 % 左右轉變為功。

13. 二行程雙動引擎及四行程雙動引擎的指示馬力公式為何？

$$\text{答：I.H.P.} = \frac{(\text{PLAN}) + [\text{PL}(A-a)N]}{33,000} \times \text{缸數}$$

式中：P = 平均有效壓力 (psi)

L = 行程 (ft)

A = 活塞面積 (in²)

a = 活塞桿截面積 (in^2)

N = 每分鐘之動力行程數 (二行程為轉速，四行程為轉速之半)。

14. 解釋名詞“十六烷數”(Cetane Number)。

答：十六烷數係燃油引燃性質的一種指標。柴油的引燃性質與引燃延遲有關。十六烷具有極小的引燃延遲，意即具有極佳的引燃性質。

15. 說明二行程及四行程柴油機對閥所要求的差別：

答：二行程機必須在同一行程驅出廢氣並引入新鮮空氣，而且在此期間還要盡可能把背壓保持得低，因而排出閥要盡可能大。四行程機則排氣以活塞在排氣行程之正排量作用 (positive displacement) 排除之，故排氣閥不必那麼大。

16. 下述引擎汽缸的那一部分溫度最高？(1)單動引擎，(2)雙動引擎，(3)對置活塞引擎。

答：(1)頂部(2)頂部及底部(3)中部。

17. 上題三種引擎的缸套何處磨耗最大？

答：(1)頂部(2)頂部及底部(3)中部。

18. 完全柴油機與半柴油機的分別為何？

答：完全柴油機僅以壓縮熱來引燃；而半柴油機則需一些外來的方法來引燃燃油，例如灼熱塞 (glow plug)，熱球 (hot bulb) 或其他加熱表面的方式。完全柴油機具有高的壓縮壓力 (500psi) 而半柴油機則具有 180 ~ 250 psi 的低壓縮壓力。

19. 何謂熱球引擎 (hot bulb engine)？試述這種引擎的燃燒過程。

答：熱球引擎具有一個限制通道而與氣缸連通的未冷室或氣化器 (un-cooled chamber or vaporizer)。此室佔有大部分的空隙容積，而有一燃油噴入的灼熱外表。起動時候該室表面要以吹焰 (blow torch) 或電熱塞加熱。起動後燃燒熱即足以保持該室表面有足夠的熱度來引燃燃油，除非是負荷極低。

20. 用什麼來造成(1)柴油機及(2)汽油機的引燃？

答：(1)以壓縮熱來造成柴油機之引燃。

(2)以機械火花來造成汽油機的引燃。

21. 解釋(1)硫含量(2)灰含量(3)瀝青含量(4)酸度(5)流動點(6)凍結點。

答：(1)燃油所含硫分的百分比叫硫含量 (sulphur content)，應少於 1.5 %。

(2)燃油所含硬質灰分的百分比叫作灰含量 (ash content)，不可超過 0.05 %。

(3)殘留於燃油中原始瀝青基的百分比叫瀝青含量。

(4)燃油含酸的百分比叫酸含量不可超過 0.05 %。

(5)油可流動的最低溫度叫流動點 (pour point)。

(6)燃油開始固化及固態物質如石蠟開始結晶的溫度 (剛剛稍高於流動點) 叫凍結點 (congealing point)。

22. 解釋(1)閃光點(2)燃燒點(3)黏度(4)熱值(5)比重。

答：(1)油面的油氣含被經過油面的火所引燃之前所需加熱的溫度稱之。
(僅閃燃而已)

(2)油會被引燃並繼續燃燒的溫度。

(3)液體內部的摩擦力或流動的阻力稱之黏度。

(4)一定量燃油完全燃燒所能放出的最大熱量叫熱值。

(5)固體或液體之重與同體積 62°F 純水重量之比。

23. 什麼樣的墊床材料用於輸送燃油、海水、淡水、滑油及蒸汽管路？

答：(1)燃油：軟黃銅或銅、纖維質墊床材料可用於低壓燃油管路。

(2)海水：橡皮或石棉片墊床材料。

(3)淡水：低壓用橡皮墊床；高壓用石棉片迫緊。

(4)滑油：用合成油迫緊。

(5)蒸汽：用金屬墊床或石棉片迫緊。極高壓的磨合接頭可不用任何墊床。

24. 柴油機中，轉移於有用功、冷却水、排氣、磨擦及輻射的燃燒熱之大約百分比為何？

答：有用功	32 %
冷却水	23 %
廢氣	25 %
磨擦	13 %