

考 試 必 備

船 用

內 燃 機 詳 解

金 龍 靈 主編
任 道 明 編著



中 央 圖 書 出 版 社 出 版

考 試 必 備

船 用

內 燃 機 詳 解

金 龍 靈 主編
任 道 明 編著

中 央 圖 書 出 版 社 出 版

行政院新聞局出版事業登記證，
局版台業字第〇九二〇號

船用內燃機詳解

版權所有・翻印必究
定價新台幣陸拾元整

主編者：金

編著者：任

龍道

明靈

出版者：中央圖書出版社

臺北市重慶南路一段一四一號

發行人：林

在

高

發行所：中央圖書供應社

臺北市重慶南路一段一四一號

電話：三三一五七二六

郵政劃撥帳戶：九一四號

印刷所：大進印刷股份有限公司

臺北市汕頭街二二巷四四弄六二號

中華民國六十六年三月三版

編號：0738

序

本書共分為十一章，計問題三百四十八題；將內燃機之設計、製造、安裝、運用、保養、修理等，分別納入有系統內，逐題詳解，以供輪機從業人員之參考及海事院校輪機科系補充教材之用。尚祈先進賢達隨時賜教，俾便補充修正，無任企禱！

金 龍 靈 六十年六月

目 錄

第一章 概論	1
一、簡介	1
二、作用循環原理及比較	5
第二章 構造	9
一、概說	9
二、活塞	10
三、漲圈(活塞環)	11
四、氣缸	14
五、缸套	16
六、氣缸蓋	18
七、活塞銷、肘銷、曲柄銷及軸承	19
八、曲拐箱	21
九、曲軸、凸輪軸、連桿及軸承	23
第三章 機器工況	26
第四章 進氣及排氣系統	38
一、進、排氣閥	38
二、進氣系統	40
三、驅氣及驅氣裝置	41
四、增壓及增壓裝置	42
五、排氣系統	44
第五章 燃油及噴油系統	47
一、燃油	47
二、噴油系統	51
三、噴油裝置	56

四、燃燒及燃燒裝置·····	59
第六章 滑油及潤滑系統·····	66
一、滑油·····	66
二、潤滑之功用及方法·····	68
三、滑油系統及其裝置·····	70
第七章 引擎冷卻系統·····	77
第八章 空壓機及空氣起動系統·····	85
第九章 內燃機之控制及倒俾裝置·····	91
一、控制機構·····	91
二、倒俾裝置·····	97
第十章 運用保養與一般故障處理·····	99
一、運用管理·····	99
二、保養維護·····	105
三、故障處理·····	110
第十一章 汽油機及沖燈機·····	120
一、汽油機原理及構造·····	120
二、汽化器系統·····	126
三、點火系統·····	128
四、汽油機之運用保養·····	133
五、計算題·····	136
六、沖燈機·····	137

第一章 概 論

一、簡 介

〔1-1〕 何謂內燃機？

答：內燃機爲一種發動機，燃料在氣缸內直接燃燒或爆炸，將所含之熱能 (Heating value) 直接變爲機械能之一種機器。

〔1-2〕 何謂柴油機？

答：柴油機係用柴油作燃料，根據等壓或狄賽爾 (Diesel) 循環，將燃油準時射入氣缸內，利用壓縮點火爆炸而產生動力之一種內燃機。

〔1-3〕 何謂汽油機？

答：汽油機係依據等容或鄂圖 (Otto) 循環原理，將汽油與空氣在汽化器中混合後，再進入汽缸內，利用電火花發火爆炸而產生動力之一種內燃機。

〔1-4〕 何謂沖燈機 (Hot bulb engine) ？

答：沖燈機即熱球機，一稱半柴油機，爲柴油機之一種。該機有一高熱室，與氣缸間有一狹小之通路相通。高熱室之餘隙容積甚大；室內有一熱面，柴油噴射散在熱面上；起動時，熱面用噴燈 (Blow torch) 或電火花塞 (Electric plug) 加熱。

〔1-5〕 試述柴油機與沖燈機有何不同。

答：柴油機燃油之點火，完全用壓縮點火；但沖燈機燃油之點火，則係用外界之熱源，諸如火花塞，熱球以及其他熱面。

柴油機之壓縮壓力，高達 500 Psi；但沖燈機之壓縮壓力較低，僅爲 180-250 Psi 左右。

〔1-6〕 試述使用內燃機時，首先應注意之事項。

答：燃料、潤滑油、壓縮空氣與冷却水之清潔。

〔1-7〕 試就汽油機與柴油機在操作上之基本差異，比較其異同。

答：(一)壓縮比：由於爆震所生之限制，汽油機壓縮比受燃料之抗爆性 (Anti-knock quality) 所限，通常其範圍為 5-9；而柴油機則不受此限制，事實上，增加壓縮比尚能減低爆震之可能性，其壓縮比範圍為 12-20。

(二)操作壓力：汽油機在 100-200 Psi 之間；但柴油機則在 400-700 Psi 之間。

(三)操作速度：一般而言，汽油機速度較柴油機為高，最大可達 3000-5000 RPM；而柴油機普通僅約 400-1200 RPM，高速柴油機亦僅在 1200-3000 RPM 之間。

(四)燃料分配至各氣缸：汽油機各缸間相同之空氣燃料比，較柴油機為困難。

(五)增壓：汽油機與柴油機均可使用增壓裝置。但汽油機之增壓受燃料爆震所限；而在柴油機，增壓尚能防止爆震，僅受驅動增壓機所需動力之限制。

(六)排氣溫度：柴油機熱效率較汽油機為高，因前者所用壓縮比較高，由於其較大部份之可用能均變為有用之功，排氣之各種損失低，故柴油機之排氣溫度較低，尤以使用過給機時，過量空氣，亦有降低排氣溫度之功效。

(七)起動：柴油機較汽油機難起動，尤以冷天為最。

〔1-8〕 試就應用觀點上，比較汽油機與柴油機之優劣。

答：汽油機具有下列優點：

(一)最初價格低；

(二)每單位重量輸出之功率小：柴油機輸出每馬力需 5-20 磅重，汽油機則僅需 1-7 磅；

(三)輸出功率之體積小：大部份高速柴油機，每立方吋 活塞排量輸出 0.3 馬力，汽油機則為 0.5 馬力；

(四)所需起動或搖動力量較小；

(五)排氣惡臭程度較輕。

柴油機在近年發展甚快，具有下述優點：

(一)在滿負荷及部份負荷時，其燃料消耗比量均低；

(二)減少火災危險；

(三)使用較廉之燃料；

(四)較宜於二衝程循環之操作；

(五)使用壽命較長。

[1-9] 試比較柴油機二衝程與四衝程之優劣。

答：(一)二衝程循環引擎在理論上，應能輸出較四衝程為高二倍之輸出功率。

(二)為使氣缸獲得合理之驅氣作用 (Scavenging)，二衝程循環之排氣閥，必須較四衝程早開，以至減低其膨脹比率與燃燒氣能量可用程度，使燃燒不經濟。尤以高速為然。

(三)二衝程引擎如須獲得良好之驅氣，必須裝用鼓風機，減低引擎輸出。

(四)四衝程將進，排氣衝程分開，使各機件如活塞等有較大機會將熱散出，故速度可較高。

(五)一般言之，大能量而低速之柴油機採用二衝程，反之；則採用四衝程引擎。

[1-10] 試說明單動式 (Single acting) 與雙動式 (Double acting) 引擎之異同。

答：單動式引擎，其噴油及燃燒僅在氣缸之一頭，而促使活塞上下及曲拐軸轉動，即活塞僅一端遭受壓力；但雙動式引擎，係在氣缸二頭，產生上列作用，且活塞由上或往下，均遭受壓力作用。

〔1-11〕 理論上，二衝程機之出力為四衝程機之兩倍，但實際上僅達 1.5 倍，試述其原因。

答：(一)二衝程換氣不及四衝程澈底，約有 7%~20% 無效。

(二)二衝程須裝用驅氣泵 (Scavenging pump)，消耗動力達 7%。

(三)平均有效壓力較低，因當活塞在行程終了，必須行驅氣作用；故就全行程而言，二衝程之平均有效壓力必減低。

(四)不完全膨脹所造成之損失，以及殘氣妨碍燃燒及因機械效率較低，故二衝程燃油消耗率較四衝程者約多出 5% 左右。

〔1-12〕 試述二衝程柴油機之優、缺點。

答：(一)優點：

1. 每馬力所需機器之重量較輕，所佔空間較小；
2. 每缸所生之馬力較大；
3. 機軸之迴轉力比較均勻；
4. 缸頭及倒俾裝置較簡單。

(二)缺點：

1. 容積效率 (Volumetric eff.) 較低：因氣缸上之氣口減少氣缸之有效長度；
2. 燃料之消耗量較四衝程為多；
3. 需有驅氣泵 (Scavenging pump) 之裝置；
4. 由於氣口 (Ports) 之關係，以致缸套故障較多。

〔1-13〕 試述四衝程柴油機之優缺點。

答：(一)優點：

1. 容積效率較佳；
2. 燃料消耗量較少；
3. 毋需驅氣泵之設置；
4. 因無氣口 (Ports) 之裝置，故缸套故障較小；
5. 引擎速度較高。

(二)缺點：

1. 全部機器重量較重，所佔空間亦較二衝程大；
2. 缸頭鑄造及倒轉裝置較複雜；
3. 較二衝程引擎之閥及活動機件較多；
4. 機軸迴轉力變化大，不均勻。

二、作用循環原理及比較

〔1-14〕 試述四衝程柴油機各動作。

答：(一)第一衝程（吸入衝程，活塞向下移動）：清潔空氣單獨進入氣缸。

(二)第二衝程（壓縮衝程，活塞向上移動）：清潔空氣單獨被壓縮，在活塞接近上死點時，開始噴油。

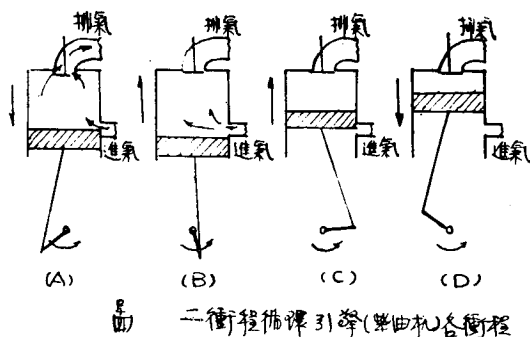
(三)第三衝程（動力衝程，活塞再次向下移動）：燃料噴入，起燃燒作用，同時膨脹開始。

(四)第四衝程（排氣衝程，活塞再次向上移動）：燃燒後之氣體，排出氣缸外。

〔1-15〕 試述二衝程柴油機各動作。

答：(一)第一衝程：活塞向上，吸入之清潔空氣在氣缸中單獨被壓縮；當活塞接近上死點時，開始噴油。

(二)第二衝程：活塞向下，燃油與空氣着火，燃燒膨脹。當衝程終了時，廢氣排除與清潔工作同時進行。其作用詳如附圖：



[1-16] 試述四衝程汽油機各動作。

答：(一)第一衝程：空氣與燃料之混合物進入氣缸。

(二)第二衝程：空氣與燃料之混合物在氣缸中壓縮。

(三)第三衝程：用電火花點燃空氣與燃料之混合物，發生爆炸並膨脹。

(四)第四衝程：燃燒後之廢氣，排出氣缸。

[1-17] 試述沖燈機（半柴油機）之循環。

答：半柴油機通常為二衝程循環，除燃油泵由凸輪或偏心輪控制其噴油入熱球外；其他各閥之動作，均不用凸輪控制。

[1-18] 試述二衝程與四衝程柴油機，對閥之需求有何不同。

答：(一)二衝程由於其排除廢氣（驅氣）與吸入新鮮空氣，係在同一衝程下進行，且此時應盡量降低其背壓，故其排氣閥應盡量大。

(二)四衝程排氣，係在排氣側進行，由活塞之正排量排出，故其對閥無特殊需求。

[1-19] 船用大型柴油機多為二衝程式，而小型則仍以四衝

程為主，試述其理由。

答：(一)四衝程製造技術已達極限，故安全可靠。

(二)二衝程之優點，於大型機特別顯著。

(三)二衝程機因速度受限制，故不適用於小型高速機。

(四)二衝程之機械效率低，燃油及滑油之消耗量多，機件溫度 high，故易生故障。

[1-20] 試述四衝程機之活塞行程與氣缸內壓力之相互關係。

答：(一)於吸氣衝程時，氣缸內氣體之壓力不變，但較大氣壓力稍低。

(二)於壓縮衝程中，隨活塞之上行而壓力逐漸上升，其上升程度依壓縮比而定。

(三)於膨脹過程中，隨活塞之下降而壓力漸低，待排氣門開啓後，壓力逐漸降至大氣壓力附近。

(四)於排氣衝程中，壓力不變，但較大氣壓力稍高。

[1-21] 試述柴油機之空氣循環 (Air standard cycle)。

答：(一)空氣噴射式柴油機之空氣循環 (俗稱 Diesel cycle)：

1. 進氣線與大氣壓力線一致；
2. 壓縮為絕熱膨脹；
3. 燃燒為等壓燃燒；
4. 膨脹為絕熱膨脹；
5. 排氣線與大氣壓力線一致。

(二)全油噴射式柴油機之空氣循環 (指 Sabathe cycle)：

進氣、壓縮、膨脹及排氣同上，惟其燃燒過程為等容與等壓混合燃燒。

[1-22] 試述雙動式引擎之作用原理及其優、缺點。

答：(一)作用原理：

本式引擎有二個燃燒室與氣缸頭。當活塞如單動式引擎下行後，其上行則受下部氣缸內之氣體膨脹而作用。活塞所作之功，係受活塞二面氣體之壓力作用而完成，因此本式引擎所作之功，較單動式者多一倍。目前單動式引擎之發展受金屬及傳熱問題之限制，直徑不能起過30吋，故欲在一定重量與尺寸之引擎下，獲得較大之馬力，仍應向雙動式引擎方向發展。

(二)優、缺點：

1. 優點：由於活塞兩端作功，因之運轉較均勻，操作及控制亦較單動式者為佳。同樣馬力下，價格及重量較小。
2. 缺點：驅氣效果不澈底，故容積效率降低。通常其有效衝程僅達85%左右，故實際上其效率僅較單動式者高75%。其次燃油消耗率亦較大，驅氣泵亦大，活動部份相對增多，此外其氣缸之潤滑，因溫度高，熱應力大而較單動式者為難解決。

〔1-23〕 試述雙動式柴油機最常出現之故障。

答：如當活塞桿通過下端缸頭時發生之迫緊故障，以及活塞因冷卻故障所造成之活塞桿，因冷卻或潤滑不當而造成之損傷等。

第二章 構造

一、概 述

[2-1] 試述柴油機結構中，主要機件之製造材料。

答：(一)機架 (Frame)：鑄鐵或鋼。

(二)氣缸套 (Liner)：鑄鐵。

(三)活塞 (Piston)：鑄鐵或鋁合金。

(四)連桿 (Connecting rod)：鍛鋼。

(五)凸輪軸 (Cam shaft)：鑄鋼或鍛鋼。

(六)閥類 (Valves)：鎳鉻鋼或合金。

(七)閥彈簧 (Valve springs)：彈簧鋼。

(八)軸承 (Bearings)：

1. 軸瓦 (Shell)：鑄鐵、鑄鋼、青銅。

2. 軸面 (Surface)：銅鎳合金，巴氏合金。

(九)軸襯 (Bushing)：青銅或黃銅。

[2-2] 在下列引擎中，氣缸之何部份溫度最高？

答：(一)單動式引擎：頂部。

(二)雙動式引擎：頂部及底部。

(三)對衝活塞式引擎：中央。

[2-3] 在下列引擎中，缸套何處磨損最大？

答：(一)單動式引擎：頂部。

(二)雙動式引擎：頂部及底部。

(三)對衝活塞式引擎：中央。

[2-4] 試述氣缸檢查所用之工具。

答：用氣缸內徑分厘卡 (Cylinder bore micrometer) 測量。

二、活 塞

〔2-5〕 依形狀分，試簡述活塞之構造及型別。

答：(一)筒形活塞 (Trunk piston)：爲直徑560公厘以下之內燃機所用之活塞。通常其活塞經由連桿與曲柄相連結，連桿之上端以活塞銷與活塞連結；下端則通入曲拐箱內，由軸承與曲柄銷相連結。活塞附有較長之裙部 (Skirt)，長度較直徑爲大，環槽有3至5道，裙部有1至2道之油環槽。

(二)十字頭活塞 (Cross-head piston)：本型活塞，係利用十字頭；十字頭導桿將連桿之側壓，傳於機架上。活塞經由活塞桿或活塞之裙部與十字頭相連接，十字頭則由連桿與曲柄銷相連結。通常四衝程活塞較短，二衝程則因由活塞上下行程開關進，排氣孔，故仍需較長之裙部，本型活塞，普通僅限於大型及低速之油機等採用。

〔2-6〕 試述二衝程與四衝程活塞之異同。

答：二衝程：上部呈傾斜，凸形，其側面有孔。

四衝程：上部呈平面或凹形，較二衝程爲短。

〔2-7〕 柴油機活塞，何時受到最大之加速作用力？

答：在每一動力衝程之始，所受加速作用力爲最大。

〔2-8〕 試列舉活塞檢修時，應注意之事項。

答：(一)活塞頂部及其上環槽附着之碳化物，應予徹底清淨。

(二)各部份如有裂庇，應依燒損之程度酌予修換。

(三)安裝活塞栓用之鍵或螺釘，不可鬆弛；浮動式栓兩端，更不可凸出。

(四)活塞栓與軸承間之間隙應適當。

(5) 安裝後，應計量活塞與氣缸間隙，並予紀錄。

〔2-9〕 試述柴油機活塞膠着 (Sticking) 之原因。

答：(一) 缸內積炭過多。

(二) 活塞環膠着後卡死。

(三) 缸頭漏水，使活塞銹住。

三、漲圈 (活塞環)

〔2-10〕 試述活塞漲圈之種類及功用，以及其經常檢查與更換之方法。

答：活塞漲圈 (Piston ring) 分油環與壓縮漲圈二種：

(一) 壓縮環 (漲圈) 之功用為：

1. 保持氣缸氣密；
2. 傳熱，防止活塞過熱；
3. 吸收連桿之側推力。

(二) 油環之功用，詳如附圖：

當活塞向下衝程時，刮除氣缸壁上之滑油，使滑油不致通往活塞頂部，造成不當之燃燒。

通常油環裝於活塞之最下環，環上有唇口，並在活塞上鑿有洩油孔，故當油

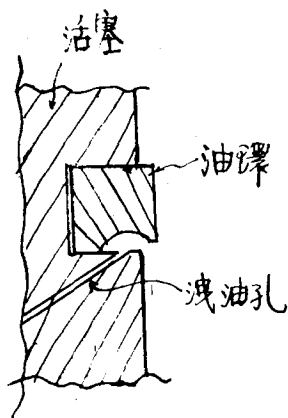


圖 油環截面圖