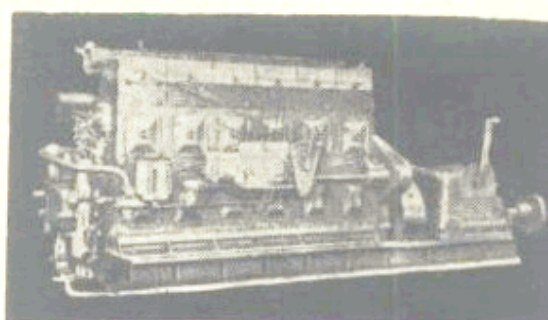


陈大荣 编 著



船舶柴油机构造

机械工业出版社

PDG

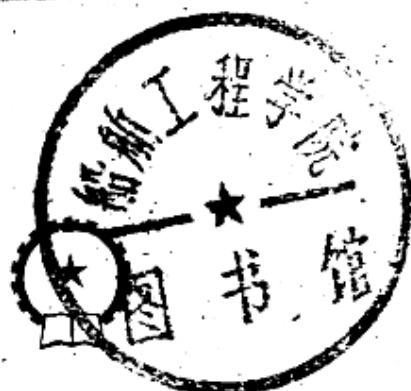
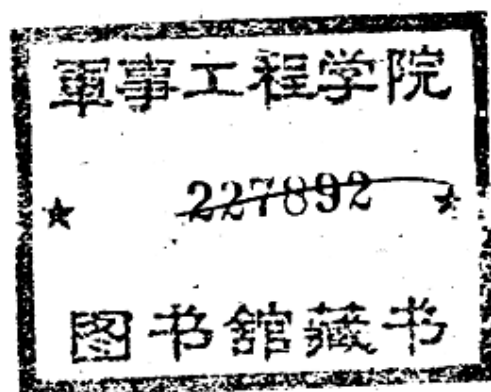
Y543.14/7444

18628

高等学校教学参考书

船舶柴油机构造

陈大荣编著



机械工业出版社

1959

內 容 提 要

本書內容可以分為四部分。第一部分，對船用柴油機的类型、工作原理和有關概念作了一般性介紹。第二部分，先闡明柴油機各主要機件的作用、要求，系統地分析了構造特點，並列舉典型構造說明。第三部分，特設章節討論柴油機射油裝置、起動、換向及控制機件等構造。第四部分，介紹我國水運船舶上使用了的一些柴油機構造實例，其中包括1958年大躍進中我國新設計製造成功的典型船用柴油機。

本書供高等學校的和中等技術學校的船舶動力專業作為教學參考書，也可供有關企業、設計單位及輪機工作者們作為參考。

NO. 2926

1959年9月第一版 1959年9月第一版第一次印刷

850×1168 $1/32$ 字數 338 千字 印張 $12\frac{6}{16}$ 0,001—2,600 冊

機械工業出版社(北京阜成門外百萬莊)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008-號 定價(10) 1.75 元

目 次

序言	6
第一章 船舶內燃机的基本概念	7
§1.1 內燃机的基本原理和基本元件	7
§1.2 四冲程柴油机的工作原理与圖解	9
§1.3 二冲程发动机的原理与圖解	12
§1.4 二冲程发动机的“扫气”	14
§1.5 二冲程发动机的类型及其基本工作原理	19
§1.6 船用內燃机的分类	27
§1.7 发动机的平均示功压力, 功率及效率	34
§1.8 船舶內燃机的主要机件, 附件及其系統的簡述	38
第二章 主要运动机件	43
§2.1 主要运动机件概說	43
§2.2 活塞組	44
§2.3 活塞	46
§2.4 活塞銷	55
§2.5 活塞环	58
§2.6 箱式发动机活塞的典型构造	63
§2.7 十字头式发动机的活塞	67
§2.8 十字头	72
§2.9 連杆	74
§2.10 連杆的典型构造	88
§2.11 曲軸	92
§2.12 发动机曲軸的构造	104
§2.13 飞輪及附件傳动輪	107
第三章 主要固定机件	109
§3.1 主要固定机件概說	109
§3.2 机座	112
§3.3 主軸承	117
§3.4 气缸体与气缸襯套	124
§3.5 气缸盖	135
第四章 配气机构	144
§4.1 气閥机构	144
§4.2 气閥部分	149
§4.3 閥壳式气閥部分	159
§4.4 凸輪軸部分	161
§4.5 凸輪軸的傳动	167
§4.6 頂头、推杆和搖杆	173

第五章 进气与排气系统	179
§5.1 概說	179
§5.2 进气管及空气滤清器	180
§5.3 扫气泵与增压泵	183
§5.4 排气管	196
§5.5 减压器	200
第六章 供油系统	203
§6.1 供油系统的作用和要求	203
§6.2 供油系统的分类	203
§6.3 射油泵	209
§6.4 射油泵典型构造	214
§6.5 射油器	223
§6.6 间接喷射式供油系统(共管式供油系统)	230
§6.7 气力挺动式供油系统	233
§6.8 射油泵-射油器	238
§6.9 输油泵和燃油过滤器	241
第七章 压燃式发动机的燃烧室	244
§7.1 燃烧室概說	244
§7.2 空气扰动	245
§7.3 燃烧室的型式	249
§7.4 开式燃烧室	250
§7.5 涡流室式燃烧室	255
§7.6 预燃室式燃烧室	260
§7.7 辅助室式燃烧室	264
第八章 润滑与冷却系统	267
§8.1 润滑系统概說	267
§8.2 润滑系统的构造	269
§8.3 润滑油泵和其他附件的构造	276
§8.4 气缸的润滑	285
§8.5 曲轴箱通风问题	288
§8.6 冷却系统概說	291
§8.7 冷却系统	292
§8.8 冷却水泵及其他附件	295
§8.9 活塞顶的冷却机构	298
第九章 发动机的控制系统	301
§9.1 发动机的起动	301
§9.2 电动机起动	303
§9.3 压缩空气起动	304
§9.4 起动阀 机械控制式的压缩空气起动装置	307
§9.5 起动阀 气压控制式的压缩空气起动装置	308

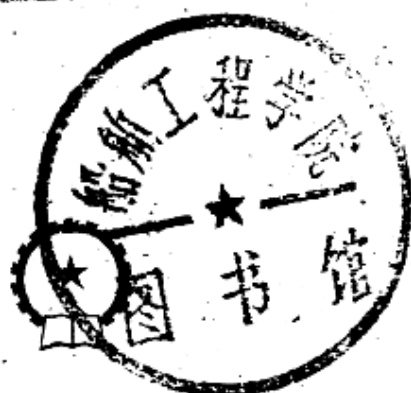
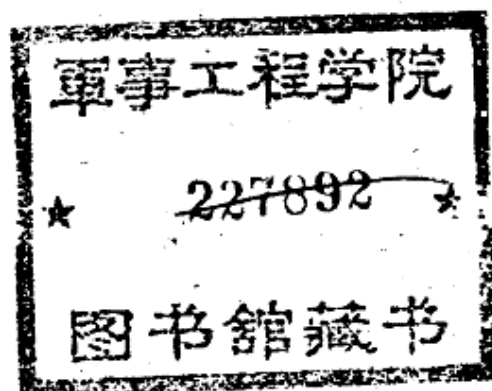
§9.6	起動閥 單向閥式的壓縮空氣起動裝置	315
§9.7	壓縮空氣起动机	316
§9.8	發動機的換向	317
§9.9	雙凸輪法的換向裝置	322
§9.10	單凸輪法的換向裝置	324
§9.11	調速器	327
§9.12	調速器同射油泵間的傳動機構	333
§9.13	安全裝置	335
§9.14	發動機的操縱系統	338
第十章	一些船用柴油機的構造实例	348
§10.1	6135型四冲程高速柴油机	348
§10.2	3Д6型四冲程高速發動機	352
§10.3	160型系列四冲程柴油机	357
§10.4	6-350型四冲程船用柴油机	359
§10.5	6KVD43型廢氣渦輪增压式、四冲程船用柴油机	362
§10.6	ДР30/50型二冲程船用柴油机	366
§10.7	G. M-16-278A型二冲程柴油机	370
§10.8	6ESD43/82型二冲程、單流排气閥式、低速柴油机	374
§10.9	Д20.6/2×25.4和2Д100型对向活塞式二冲程柴油机	378
	参考文献	380

Y543.14/7444

18628

高等学校教学参考书
船舶柴油机构造

陈大荣 编著



机械工业出版社

1959

內 容 提 要

本書內容可以分為四部分。第一部分，對船用柴油機的类型、工作原理和有關概念作了一般性介紹。第二部分，先闡明柴油機各主要機件的作用、要求，系統地分析了構造特點，並列舉典型構造說明。第三部分，特設章節討論柴油機射油裝置，起動，換向及控制機件等構造。第四部分，介紹我國水運船舶上使用了的一些柴油機構造實例，其中包括1958年大躍進中我國新設計製造成功的典型船用柴油機。

本書供高等學校的和中等技術學校的船舶動力專業作為教學參考書，也可供有關企業、設計單位及輪機工作者們作為參考。

NO. 2926

1959年9月第一版 1959年9月第一版第一次印刷

850×1168 $1/32$ 字數 338 千字 印張 $12\frac{6}{16}$ 0,001—2,600 冊

機械工業出版社(北京阜成門外百萬莊)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008-號 定價(10) 1.75 元

目 次

序言	6
第一章 船舶內燃机的基本概念	7
§1.1 內燃机的基本原理和基本元件	7
§1.2 四冲程柴油机的工作原理与圖解	9
§1.3 二冲程发动机的原理与圖解	12
§1.4 二冲程发动机的“扫气”	14
§1.5 二冲程发动机的类型及其基本工作原理	19
§1.6 船用內燃机的分类	27
§1.7 发动机的平均示功压力, 功率及效率	34
§1.8 船舶內燃机的主要机件, 附件及其系統的簡述	38
第二章 主要运动机件	43
§2.1 主要运动机件概說	43
§2.2 活塞組	44
§2.3 活塞	46
§2.4 活塞銷	55
§2.5 活塞环	58
§2.6 箱式发动机活塞的典型构造	63
§2.7 十字头式发动机的活塞	67
§2.8 十字头	72
§2.9 連杆	74
§2.10 連杆的典型构造	88
§2.11 曲軸	92
§2.12 发动机曲軸的构造	104
§2.13 飞輪及附件傳动輪	107
第三章 主要固定机件	109
§3.1 主要固定机件概說	109
§3.2 机座	112
§3.3 主軸承	117
§3.4 气缸体与气缸襯套	124
§3.5 气缸盖	135
第四章 配气机构	144
§4.1 气閥机构	144
§4.2 气閥部分	149
§4.3 閥壳式气閥部分	159
§4.4 凸輪軸部分	161
§4.5 凸輪軸的傳动	167
§4.6 頂头、推杆和搖杆	172

第五章 进气与排气系统	179
§5.1 概說	179
§5.2 进气管及空气滤清器	180
§5.3 扫气泵与增压泵	183
§5.4 排气管	196
§5.5 减音器	200
第六章 供油系统	203
§6.1 供油系统的作用和要求	203
§6.2 供油系统的分类	203
§6.3 射油泵	209
§6.4 射油泵典型构造	214
§6.5 射油器	223
§6.6 间接喷射式供油系统(共管式供油系统)	230
§6.7 气力挺动式供油系统	233
§6.8 射油泵-射油器	238
§6.9 输油泵和燃油过滤器	241
第七章 压燃式发动机的燃烧室	244
§7.1 燃烧室概說	244
§7.2 空气扰动	245
§7.3 燃烧室的型式	249
§7.4 开式燃烧室	250
§7.5 涡流室式燃烧室	255
§7.6 预燃室式燃烧室	260
§7.7 辅助室式燃烧室	264
第八章 润滑与冷却系统	267
§8.1 润滑系统概說	267
§8.2 润滑系统的构造	269
§8.3 润滑油泵和其他附件的构造	276
§8.4 气缸的润滑	285
§8.5 曲轴箱通风问题	288
§8.6 冷却系统概說	291
§8.7 冷却系统	292
§8.8 冷却水泵及其他附件	295
§8.9 活塞顶的冷却机构	298
第九章 发动机的控制系统	301
§9.1 发动机的起动	301
§9.2 电动机起动	303
§9.3 压缩空气起动	304
§9.4 起动阀 机械控制式的压缩空气起动装置	307
§9.5 起动阀 气压控制式的压缩空气起动装置	308

§9.6	起动阀 单向阀式的压缩空气起动装置	315
§9.7	压缩空气起动机	316
§9.8	发动机的换向	317
§9.9	双凸轮法的换向装置	322
§9.10	单凸轮法的换向装置	324
§9.11	调速器	327
§9.12	调速器同射油泵间的传动机构	333
§9.13	安全装置	335
§9.14	发动机的操纵系统	338
第十章	一些船用柴油机的构造实例	348
§10.1	6135型四冲程高速柴油机	348
§10.2	3Д6型四冲程高速发动机	352
§10.3	160型系列四冲程柴油机	357
§10.4	6-350型四冲程船用柴油机	359
§10.5	6KVD43型废气涡轮增压式、四冲程船用柴油机	362
§10.6	ДР30/50型二冲程船用柴油机	366
§10.7	G. M-16-278A型二冲程柴油机	370
§10.8	6ESD43/82型二冲程、单流排气阀式、低速柴油机	374
§10.9	Д20.6/2×25.4和2Д100型对向活塞式二冲程柴油机	378
	参考文献	380

序 言

在总路綫光輝照耀下，我国的柴油机設計制造业也随着全国大規模的工业建設而飞跃發展。在1958年大跃进的一年中，人們發揮了冲天干劲，破除了迷信，解放了思想，敢想敢做，在偉大的中国共产党领导下，設計和制造成功了东風牌、巨龙牌等等类型高速柴油机和2000馬力、3000馬力等重型船用柴油机。显然，在今后的一段时間內，我国柴油机設計制造业将会有更大的跃进；在工农业、交通運輸业和国防上等也将出現更多柴油机动力裝置的車輛和船舶；同时，我們將需要培养更多的柴油机設計、制造、运轉和科研的人才。

鑒于系統地全面地介紹船用柴油机构造的書籍还嫌缺少，根据工作上的需要，作者在同志們和同學們的帮助和鼓励下，不断認識低淺大胆地參照这几年来在大連工学院和上海交通大学教学中所用的講义，結合大跃进的事例，編写了这本书。当然难免尚有許多錯誤和疏漏的地方，誠懇地希望同志們和同學們給予批評指正。

此外，尚應該指出这本书的全部章节內容的安排以及闡明問題的方法，有很多是吸收了在各項教學活动中教研組的同志和同學們多次提的寶貴意見，在此謹致以衷心的感謝。尤其对于苏联專家依斯托明同志和教研組李渤仲教授所給予有价值的指导和帮助，也特別表示謝忱。

陈大荣 1959年2月于交通大学上海部分

第一章 船舶內燃机的基本概念

§1.1 內燃机的基本原理和基本元件

發动机是一种机器，它把任何其他形式的能量轉变为有用的机械功。按被轉变的能量的形式，發动机可以分为热力的，液力的和風力的等。其中，热力發动机是目前人們获得能量的主要源泉；它在工农业和运输业各个經濟部門中都获得最广泛的应用。

正如我們通常所熟知的，热力發动机都是按以下的原理来进行工作的：燃料在一个特別的装置中，将化学能轉变为热能，这种热能被儲加于一种所謂工作煤質（簡称工質）的物質中；然后这种带有热能量的工質被引导至發动机，在那里，热能被轉变为机械能。

按照燃料化学能被轉变为热能的处所和在那兒产生工質，現在实际应用的热力發动机可以归納为两大类：

（1）外燃机 属于这种类型的發动机有蒸汽机，汽輪机等。在这种类型的發动机中，燃料是在一个特設的爐子、燃烧室或原子反应堆中放出化学能，并轉变为热能。也就是說，工質是在發动机的气缸以外的一个独立装置中产生的；当工質导入發动机的气缸后，只發生物理状态的变化。

（2）內燃机 在这种类型的發动机中，燃料是直接在發动机本身的气缸內燃烧，它的工質就是燃烧产物本身。所以工質在發动机气缸中不但發生物理状态的变化，同时也进行了化学反应。所有汽化器式發动机，气体燃料發动机，燃料自行發火式發动机，热球式發动机以及其他等都屬於內燃机。

直接在內燃机气缸內燃烧生成的高温高压燃烧产物就在其間实现膨胀并推动气缸中的活塞作往复运动。活塞的运动由我們所熟識的連杆-曲柄机构（圖1.1a）轉变为軸的迴轉运动。

圖1.1b所示为保留有連杆-曲柄机构的形式，此外，在它的上端尚連有气缸和活塞。而在圖1.1c中則以活塞代替了滑塊，气缸代替了

导槽。这两种形式在内燃机中都被广泛地利用着。前者有时称之为“十字头型活塞机构”，

后者有时称之为“箱式活塞机构”，它们又可合称之为“活塞连杆机构”。

为了能够良好地完成内燃机的基本工作——即在损失很小的情况下，燃料在气缸内着火燃烧，放出热能，热量转变为机械功，则内燃机必须进行：

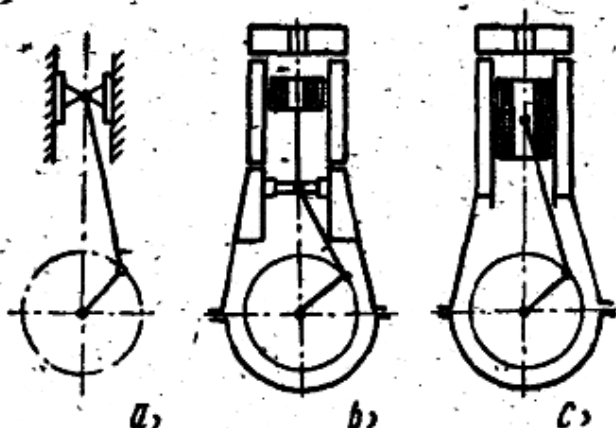


圖1.1 活塞连杆机构的簡圖。

- (1) 气缸内必須引入足够多的空气量，以供燃料燃烧时应用；
- (2) 噴送燃料进入气缸，并使之与空气混合；
- (3) 使燃料与空气的混合剂在气缸内着火，并迅速地燃烧，产生工質——燃烧产物；
- (4) 当燃烧产物的能量被应用来作功之后，就把廢气从气缸中排扫出去。

因而在內燃机中，除了需要具备如圖 1.1 所示的“活塞连杆机构”之外；为了供給气缸以新鮮空气，排出作功后的廢气，須要另外設置气体分配装置——配气机构。此外，尚須設供油装置，供給气缸燃料。活塞连杆机构、配气机构及供油装置是內燃机的基本元件（圖1.2）。

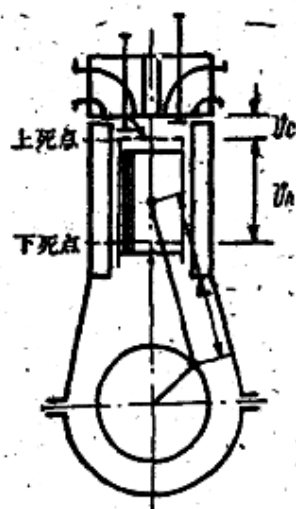


圖1.2 內燃机的基本元件簡圖。

为了便于分析內燃机的运动情况，我們首先介紹一些有关內燃机的主要几何关系。圖 1.2 中标出了曲柄运动时，活塞的两个極端位置：上死点和下死点。上死点相当于曲柄轉到最高位置，也就是活塞上行至最高位置；此时活塞距曲柄軸心最远。下死点相当于活塞下行至最低位置，这时活塞距曲柄軸心最近。上下死点之間的距离称为活塞冲程，并常以“S”

表示之。也就是等于曲柄半径(R)的两倍, $S=2R$ 。气缸直径常以符号“ D ”表示之。

活塞在上死点位置时, 活塞上方气缸内的剩余容积“ V_c ”叫做压缩空间(或压缩室)。图 1.2 中所示的容积“ V_h ”叫做气缸的工作容积。它是活塞在上下死点之间运动时所扫过的容积; 等于气缸横截面积与冲程之乘积。气缸的工作容积与压缩空间容积之和称之为气缸的总容积(符号“ V_a ”)。即

$$V_a = V_c + V_h$$

而气缸的总容积与压缩空间容积之比称为压缩比“ ϵ ”

$$\epsilon = \frac{V_a}{V_c} = \frac{V_c + V_h}{V_c} = 1 + \frac{V_h}{V_c}$$

它是内燃机工作的一个很重要的指标。

§ 1.2 四冲程柴油机的工作原理与图解

所有内燃机, 按其实现工作循环的方法, 基本上可以分成两类: 四冲程内燃机与二冲程内燃机。

图 1.3 所示, 是四冲程箱式柴油机的简图。除了上节介绍过的活塞连杆机构和气缸之外, 在气缸的顶面有“气缸盖”。气缸盖下面, 活塞上方便是发动机的工作空间——气缸。此外, 在气缸盖上设有进气阀 a , 排气阀 b 和射油器 c 。进排气阀是由配气机构来带动的, 而射油器则由供油装置来控制。

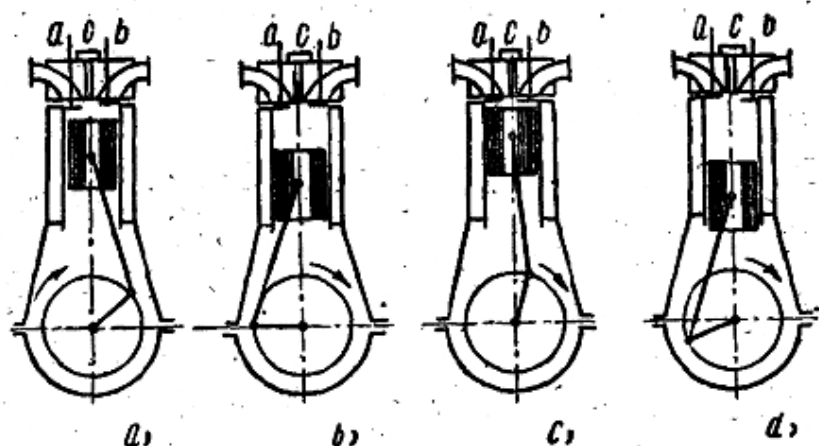


图 1.3 四冲程柴油机的工作图解。

四冲程的第一冲程是吸气冲程 (圖1.3a): 这个冲程是在活塞自上死点下行至下死点时实现的。此时, 在配气机构的作用下, 进气阀打开; 而排气阀关闭着。由于活塞的下行, 新鲜空气经过气阀a吸入气缸。在吸气冲程中, 气缸内的压力要比大气压稍低, 約 $0.85 \sim 0.95$ 公斤/厘米², 这是由于在进气管和进气阀部分有流阻损失。

第二冲程是压缩冲程 (圖1.3b): 这个冲程是由活塞自下死点上行至上死点时完成的。此时, 两个气阀都关闭着。由于活塞的同行, 压缩气缸内在第一冲程中吸入的空气。当活塞行至上死点的位置时, 压缩空间内空气的压力达到 $28 \sim 40$ 公斤/厘米², 压缩终点温度为 $600 \sim 700^{\circ}\text{C}$ 。这个温度就可以保证射入气缸内的燃料油自行着火。

第三冲程是工作冲程 (圖1.3c): 当活塞行抵上死点时, 燃料从高压油泵经射油器c成雾化的状态喷入气缸。雾化的燃料与具有高温的空气混合后, 即自行着火燃烧。气缸内气体的温度上升达 $1400 \sim 1800^{\circ}\text{C}$, 压力也急剧增高到 $50 \sim 80$ 公斤/厘米²。燃烧终止后, 高温高压的燃烧产物发生膨胀, 推动活塞下行做功。这时压力迅速下降, 在膨胀终, 气缸内的压力降低到 $2.5 \sim 4.5$ 公斤/厘米², 气体温度降低到 $600 \sim 700^{\circ}\text{C}$ 。

第四冲程是排气冲程 (圖1.3d): 膨胀冲程之末, 即当活塞到达下死点时, 排气阀在配气机构作用下开启。废气便在压力作用下流向大气; 同时气缸内气体压力迅速下降至 $1.05 \sim 1.1$ 绝对大气压, 气体温度也下降至 $350 \sim 450^{\circ}\text{C}$ 。残留在气缸内的废气则在活塞由下死点上行至上死点的运动中, 被活塞继续排出。

活塞同行到上死点时, 排气阀关闭; 进气阀又打开, 又开始了新的第一冲程, 此后工作循环又依照上述程序重复进行。

内燃机的工作循环还可以从图示法——示功图——来了解。在一个直角坐标上我们以纵坐标轴表示气缸内气体作用在单位活塞面积上的压力 (公斤/厘米²)。而横坐标轴代表气缸 (气体) 的容积, 或活塞的位置。这样我们在这个示功图上给出在一个工作循环中气缸内工质状态的变化。

圖1.4示出四冲程柴油机工作循环的示功图。ra线表示气缸内新

鮮空气的吸入过程，这时的气体压力低于大气压力。 ac 綫表示气缸内气体的压缩过程。这时气缸内的压力逐渐增高；在压缩冲程末，由于喷油和燃料着火燃烧，使压力急速上升。燃烧开始时几乎是在定容下进行的，压力高达50~80大气压；随后由于活塞的回行，燃烧几乎保持在定压情况下继续进行，如 $cz'z$ 綫所示。显著燃烧过程终止后，燃烧产物进行膨胀，其过程如 zb 綫表示，排气过程用 br 綫表示。

从上述四冲程柴油机工作圖解中，可以了解到：

(1) 在曲柄迴轉兩轉內，柴油机完成了四个冲程的全部工作过程；也就是在 720° 曲柄轉角內，柴油机完成了一个工作循环。因此，称之为四冲程循环的柴油机。

(2) 在所有四个冲程中，只有第三冲程气缸內进行了燃烧与膨胀过程，燃烧产物才膨胀而作有效功(+)。

(3) 在其他三个冲程中，气缸內所进行的是一些辅助性质的过程，完成它們需要消耗能量(-)。在第一冲程中，柴油机的工作相当于一个气泵，吸入新气。在第二冲程中，相当于一个压气机。最后，第四冲程，又相当气泵，排出廢气。

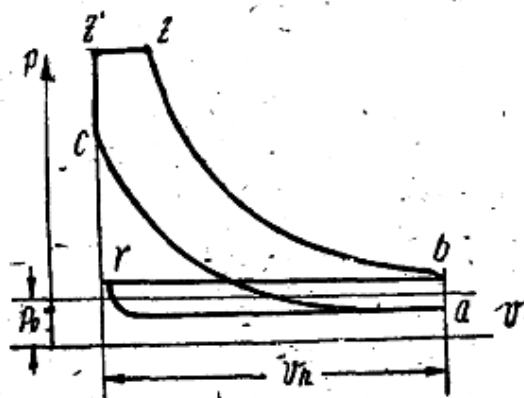


圖1.4 四冲程柴油机的示功圖。

为了完成这些輔助过程所需要的能量，是由儲存在內燃机迴轉部分的动能，或靠其他气缸的工作冲程来供給的(多气缸式發動机中)。同时为了使內燃机能均匀地工作，在曲軸的一端装有飞輪。气缸內着火燃烧时，因压力急增而产生的能量被飞輪貯存下来，然后在其他三个輔助冲程中将能量放出来。

(4) 循环开始动作时，需要外力先使曲軸轉动，完成輔助过程以产生第一个工作冲程。这个特性叫做“沒有自动起動性”。