

内燃机

苏联 K·A·日瓦戈著



工业出版社

內 燃 机

苏联 K. A. 日瓦戈 著

張振球 任精一 趙長貴 譯

石油工業出版社

內 容 提 要

本書闡述了內燃機的基本工作原理、發動機的基本工作參數。敘述了發動機的構造，詳細地闡明了發動機的使用、維護、預防檢修及調整時的操作，同時還有許多易看易懂的操作圖和構造部件、零件圖。本書還介紹了生產革新者——柴油機司機在延長發動機的使用期限方面以及在鑽井中發揮發動機功率方面所獲得的成就。

本書原文已經是第二次增訂版，是柴油機司機、柴油機修理工以及動力機械工程技術人員的一本好書。

К. А. ЖЕВАГО ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

根據蘇聯國立石油燃料科技書籍出版社(ГОСТОПТЕХИЗДАТ)

1956年莫斯科增訂第二版翻譯

統一書號: 15037·537

內 燃 機

張振球 任精一 趙長貴譯

石油工業出版社出版(社址:北京大柵欄石油工業部內)
北京市書刊出版業營業許可證出字第083號

石油工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

850×1168 $\frac{1}{32}$ 開本 * 印張 $4\frac{5}{16}$ * 318千字 * 印1—8,000冊

1958年12月北京第1版第1次印刷

定價(10)2.20元

目 录

第一篇 总 論

第 一 章 發动机的工作过程	1
發动机的工作原理	1
二冲程發动机	2
四冲程發动机	3
配气相位角	5
第 二 章 發动机工作的基本参数	7
發动机的功率及效率	7
燃料消耗量	10
發动机的比重	10
扭矩	10
發动机的外特性綫及本身适应系数	11
帶动鑽井絞車的發动机的功率	13
帶动鑽井泵的發动机的功率	14
渦輪鑽进中內燃机的有效利用	14
B2-300 A 型發动机的加强	26
第 三 章 發动机用的燃料及机油	27
燃料	27
机油	31
第 四 章 几种鑽井發动机的概述	34
B2-300 型發动机	34
M-601 型發动机	39
Д-54 型發动机	45
KDM-46 型發动机	50
6Ч-12/14 型發动机	53
8С 230 P 型發动机	59

第二篇 鑽井用发动机的構造

第五章 B2-300 及 M-601 型发动机部件及另件的結構	62
发动机的曲軸箱	62
气缸体 (左排和右排)	65
曲柄-連桿機構	71
气門-配气機構	81
进气管道及排气管道	93
M-601 型发动机的增压	94
潤滑系統	97
发动机的冷却系統	109
发动机的起动机系統	115
发动机的檢查仪表和操縱機構	126
第六章 Д-54, КДМ-46 和 6 Ч-12/14 型发动机部件及另件的結構	121
发动机的气缸体	131
气缸盖	134
曲柄-連桿機構	137
气門-配气機構	146
傳动機構	149
減压機構	149
配气齿輪外罩和飞輪外罩	152
进气管和排气管	153
发动机的潤滑	154
发动机的冷却系統	164
发动机的起动机裝置	170
第七章 8 C 230 P 型发动机部件及另件的結構	185
发动机的气缸体	185
气缸盖	187
曲柄-連桿機構	190

氣門-配氣機構	195
發動機的潤滑	196
發動機的冷卻	198
發動機的起動系統	200
轉速表的傳動裝置	204
第八章 發動機的燃料供給系統	205
燃料供給系統的作用	205
發動機的燃料供給系統示意圖	205
空氣濾清器	208
燃料濾清器	211
輸油泵	217
噴油咀	225
高壓泵	236
高壓泵的調速器	259
燃料導管	278

第三篇 發動機的使用

第九章 B2-300 型發動機	280
發動機的啓封	280
發動機的試運轉	281
發動機的加燃料	282
發動機的加機油	285
冷卻系統的加水	285
發動機的起動	286
起動後發動機的預熱	287
發動機在正常使用規範上的運轉	287
發動機的停車	288
發動機的冬季使用	288
發動機在冬季期間的運轉和停車	291
第十章 Д-54, КДМ-46, 6Ч-12/14 和 8С 230 Р 型發動機	292

Д-54 型發動機的起動和停車	293
КДМ-46 型發動機的起動和停車	295
6Ч-12/14 型發動機的起動和停車	295
В С 230 Р 型發動機的起動和停車	296
壓燃式內燃機可能發生的故障及其排除方法	299

第十一章 革新者——柴油機司機們在發動機使用中的成就

.....	304
第 1 號技術檢修	306
第 2 號技術檢修	307
第 3 號技術檢修	308
第 4 號技術檢修	309

第十二章 發動機小修時研磨膏的採用

第十三章 技術檢修時進行的操作

輸油泵的故障	313
КДМ-46 型發動機輸油泵的修理	314
ВНК-12ТС 型輸油泵的修理	315
燃料濾清器的清洗	317
燃料供給系統中空氣的排除	322
發動機各氣缸內工作的檢查	323
噴油咀工作的檢查	324
В2-300 型發動機噴油咀的拆卸	326
噴油咀的分解	327
噴油咀的清洗和檢查	329
噴油咀的小修	332
噴油咀的裝配	335
噴油咀的檢查和調整	336
В2-300 型發動機噴油咀的安裝	345
高壓泵的故障	346
高壓泵和調速器工作中最典型的故障及其排除方法	347
單位泵工作的檢查	349

高压泵压送活門的檢查	350
高压泵压送活門的拆卸和研磨	351
B2-300 型發動机高压泵的拆卸	353
HK-10 型高压泵柱塞对的更換	354
單位泵的裝配	356
燃料供給开始的調整	358
噴射开始的調整	359
在沒有裝置的情況下 HK-10 型高压泵燃料供給开始时刻的檢查	361
PC 型單缸泵的更換及燃料供給开始的調整	361
KDM-46 型發動机高压泵單位泵的更換	362
KDM-46 型發動机高压泵噴油开始的調整	364
將齒条拉桿定在最大供油量的位置	366
噴油开始直接在 Д-54 型發動机上的調整	366
6U-12/14 型發動机噴油开始的調整	369
高压泵燃料供給量均匀度的檢查和調整	369
HK-10 型高压泵供油量均匀度的調整	370
高压泵各單位泵燃料供給量均匀度直接在 Д-54 型發動机上的檢 查	372
在使用条件下 B2-300 型發動机的功率及轉數的提高	375
高压泵往 B2-300 型發動机上的安裝	377
B2-300 型發動机气缸体的拆卸	378
B2-300 型發動机气缸盖鋁墊的更換	380
B2-300 型發動机承力双头螺栓及縫合双头螺栓螺帽的再緊固	382
B2-300 型發動机承力双头螺栓及縫合双头螺栓螺帽的緊固	383
B2-300 型發動机气缸蓋襯墊更換后承力双头螺栓螺帽的緊固	384
B2-300 型發動机曲軸軸承蓋固定双头螺栓螺帽的緊固	385
气門的研磨	386
活塞環圈的檢查与更換	390
B2-300 型發動机活塞的更換	395
B2-300 型發動机空气濾清器的清理和洗滌	397
B2-300 型發動机空气分配器的檢查、修理及調整空气分配器的拆	

卸.....	398
發動機冷卻系統的清洗.....	402
B2-300 型發動機水泵的檢查和修理	403
機油濾清器的清洗.....	408
Д-54 型發動機精濾清器濾芯的更換	411
Д-54、КДМ-46 及 B2-300 型發動機的主軸承及連桿軸承軸瓦的 更換.....	412
B2-300 型發動機配氣機構的檢查與調整	416
Д-54 型發動機配氣機構的檢查與調整	424
6Ч-12/14 型發動機氣門間隙的調整	425
B2-300 型發動機電氣設備的技術檢修	426
各發動機的潤滑週期.....	429
各發動機的裝配間隙.....	434
技術檢修所用的工具和夾具.....	440
附錄：鑽井發動機的使用性能	444

第一篇 总 論

第一章 發動机的工作过程

發動机的工作原理

內燃机工作原理的基础乃是气体受热即膨脹的性質。

如果將气体在密闭的容器內加热，則作用在容器壁上的气体压力將随温度的升高而增長，同时，气体施于各方面的压力相等。当压縮时，气体的温度將升高。

發動机的气缸內即利用气体的这种性質，將燃料的热能变成机械功。

气缸內气体温度的升高是导入發動机气缸內的燃料燃燒的結果。

燃料燃燒时所放出的热量，强烈地加热气缸內的气体，气体在膨脹的同时，施压力于活塞上，並使其在气缸內移动。在直接喷射燃料的發動机气缸中，燃料由于气体压縮时的温度升高而發火。进入發動机气缸內的是純空气，在压縮时其温度升高，致使进入气缸中的霧狀燃料易于發火。

在汽化器發動机中，供入气缸中的是在汽化器中准备好的燃料蒸汽与空气的可燃混合气，其压縮程度較柴油發動机中为小。此种混合气利用气缸中咽过的电火花点燃。

發動机每个气缸中所进行的全部过程称为發動机的工作循环。活塞一次行程所完成的部分工作循环称为冲程。

按照实现工作循环的方法，內燃机可分为二冲程的和四冲程的兩类。

二 冲 程 發 动 机

在二冲程發動机中，工作循环是在曲軸每轉一周或活塞的兩次行程期間內完成的。二冲程發動机的工作原理圖示于圖 1。

在第一冲程期間，当活塞自上往下运动时，在發動机的气缸

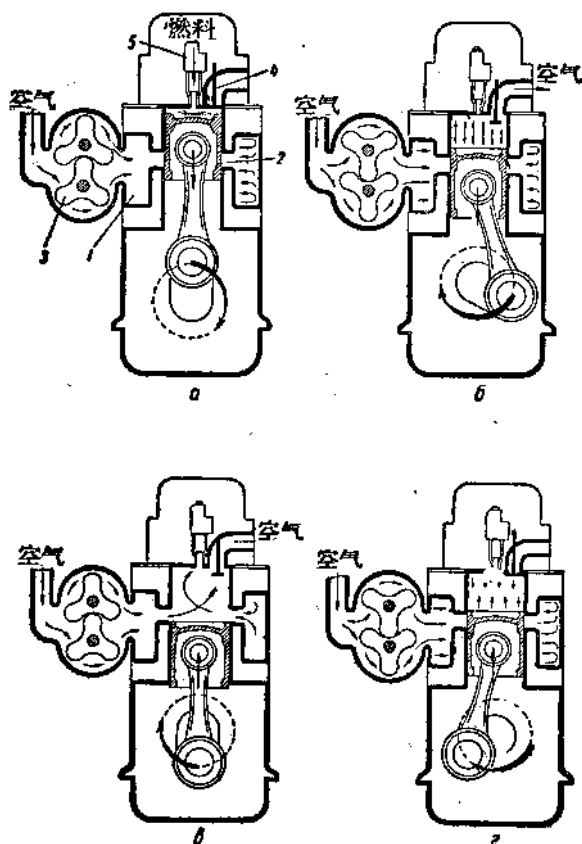


圖 1 压燃式二冲程發動机的工作原理圖

1, 2—换气口；3—换气泵；4—排气門；5—噴油咀。

内进行下列工作：經噴油咀噴入的燃料的燃燒及放熱(圖 1, *a*)、气体的膨脹、廢气的排除及換气(圖 1, *b*)。第二冲程相当于活塞自下往上运动，在此冲程期間，起初換气过程仍繼續进行，同时气缸內充入新鮮空气(圖 1, *c*)。

当活塞行近上死点时，換气口及排气門关闭(圖 1, *e*)。从此刻起新鮮“充气”开始进行压缩，此过程至活塞达到上死点时結束。此后便开始下一工作循环的燃燒过程。

噴入的燃料由于气缸內空气压缩时温度的升高而發火。

由以上所述我們知道，二冲程發动机的工作过程是在两个主要冲程——膨脹和压缩——的期間內实现的，同时在曲軸旋轉一周的期間內完成。二冲程循环發动机的工作特点在于能大大地增加發动机的功率。

四 冲 程 發 动 机

在四冲程內燃机中，工作循环在曲軸旋轉兩周，活塞四次行程的期間內完成。

四冲程發动机的曲柄-連桿机构示意图示于圖 2。

帶活塞環圈的活塞 2 位于气缸 1 (圖 2) 中，活塞利用連桿 3 与曲軸 4 作鉸鍊式連接。气缸的上面用具有进气門 6、排气門 7 及噴油咀 8 的气缸盖 5 盖着。假若活塞在气缸內上下移动，則活塞借助于連桿迫使曲軸旋轉。

上死点相当于活塞在最上端的位置。

下死点相当于活塞在最下端的位置。

活塞从下死点到上死点所經過的距离称为活塞行程。

当活塞在下死点位置时，活塞上方的气缸容积称为气缸总容积。当活塞在上死点位置时的气缸容积称为压缩室或燃燒室，因为被压缩的混合气在此空間內进行燃燒之故。这两个容积的差数称为气缸的工作容积。

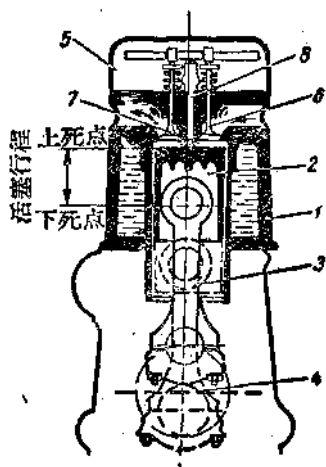


圖 2 曲柄——連桿機
構示意圖

- 1—氣缸；2—活塞；3—連桿；
4—曲軸；5—氣缸蓋；6, 7—氣門；
8—噴油咀。

空氣將被壓縮，由於高壓縮比的結果，壓力升高到 $30 \sim 40$ 公斤/公分²，空氣溫度升高到 $500 \sim 600^\circ\text{C}$ 。當活塞開始到達上死點時，經噴油咀 8 向發動機的氣缸內噴入燃料，燃料在與加熱到高溫的空氣接觸後開始發火。

往氣缸內供給燃料應略為提前，這是因為燃料開始噴入後不能立即開始燃燒之故。

在第一階段期間燃料被加熱及作好有效燃燒的準備；這一延遲期間稱為感應期。

當燃料在壓縮室內燃燒時，溫度升高，結果氣缸內的气体壓力增長達 $60 \sim 95$ 公斤/公分²。

工作行程(圖3, b)由於气体的壓力而產生；活塞開始自上死點下行到下死點；气体在氣缸內膨脹。

氣缸的總容積與壓縮室容積之比稱為壓縮比。

此比例表示空氣在發動機氣缸內被壓縮到原來的幾分之一。壓縮比對發動機工作過程的劇烈度有很大的影響。當提高壓縮比時，爆發壓力及溫度升高，發動機的功率增大。

進氣沖程發生於活塞(圖3, a)自上死點往下死點移動之時，此時進氣門 6 開着。在此沖程期間，氣缸中吸入燃料燃燒所需的新鮮空氣。

壓縮沖程當活塞 2(圖3, b)由下死點往上死點行動及進氣門 6 和排氣門 7 都關閉時進行。在此期間

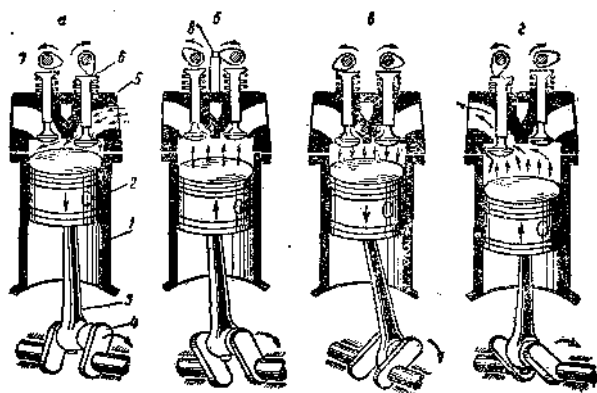


圖 3 四冲程發動機的工作原理圖
(代号示于圖 2)

在工作行程的初期，气体的燃燒繼續进行，因此，作用在活塞上的气体压力，在某一时期內將不減小。

活塞在向下移动的同时，通过连杆迫使發動机的曲軸 4 旋轉。

排气冲程(圖3, d)相当于活塞自下死点往上死点行动，此时排气門 7 开着。当活塞往上移动时，气体將从气缸排到大气中；当活塞通过上死点后，排气門关闭並开始进行下一工作循环。

配 气 相 位 角

当討論發動機的工作原理时，曾假定气門是当活塞在其死点位置时开放和关闭的。实际上，發動机气門的开放和关闭稍有提前和延迟。

进气門在活塞到达上死点前开放。这样做是为了使进气开始前气門已經开放，並使进气能經气門孔的全部截面进行。气門提前开放使气缸能更充份地充填新鮮空气，这对噴入燃料的完全燃燒有很重要的意义。进气門是在活塞通过下死点以后关闭的，这

样做是为了改善气缸的充气程度。虽然活塞已经过了下死点，但在初期空气仍将依着惯性继续经敞开的气门进入气缸，因此，气缸里能多进入一些空气。

排气门在活塞未到达下死点时提前开放，因此能减少气缸中残留的废气量并能改善气缸的充气。

排气门并不是当活塞在上死点的时刻关闭的，而是稍晚一些。这是为了改善气缸的清除废气。虽然活塞此时向下移动，但气体仍将依着惯性自压缩室外出。

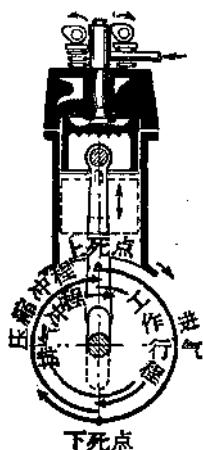
由于此时进气门开着，所以气缸将用新鲜空气进行补充换气。气门的关闭和开放可根据曲轴旋转角度从图解表示之(表1)。

气门开放时刻的破坏会使发动机运转剧烈和损失功率。

配气相位角

表 1

发动机型号	进 气			排 气		
	开 放 开 始	上 死 点 前	关 下 闭 死 终 点 了 后	开 下 放 死 开 点 始 前	关 上 闭 死 终 点 了 后	开 曲 放 轴 持 旋 转 时 角 度
B 2-300	20±3°	48±3°	248°	48±3°	20±3°	248°
M-601	50±3°	56±3°	286°	56±3°	50±3°	286°
8 C 23 OP	24±3°	40±2°	244°	45±2°	19±2°	244°
Д-54	8°	22°	210°	46°	14°	240°
КДМ-46	14°	32°	226°	54°	26°	270°
64-12/14	10±5°	45±5°	235°	45±5°	10±5°	235°



第二章 發動機工作的基本参数

發動機的功率及效率

在發動機氣缸中燃燒的氣體作用于活塞上並產生功。

指示功，即氣缸內每一循環中氣體所完成的功，等于

$$L_H = P_H 10^4 \frac{V_p}{10^3} = 10 P_H V_p \text{ [公斤公尺]},$$

式中 P_H ——平均指示壓力 (公斤/公分²);

V_p ——氣缸工作容積 (公升)。

氣缸的工作容積就是活塞在一工作行程中所經過的容積。

氣缸的工作容積等于

$$V_p = FS = \frac{\pi d^2}{4} S,$$

式中 F ——活塞頂面積 (公分²);

d ——活塞直徑 (公分);

S ——活塞行程 (公分)。

單位時間內所有氣缸所完成的指示功稱為發動機的指示功率。

當沖程數為 z ，轉數為 n 及氣缸數為 i 時，發動機的指示功率等于

$$N_H = \frac{L_H i 2n}{75 \cdot 60 z} = \frac{P_H i V_p n}{225 z} \text{ [馬力]}.$$

對於四沖程多缸發動機

$$N_H = \frac{P_H i V_p n}{900} \text{ [馬力]}. \quad (1)$$

對於二沖程發動機

$$N_H = \frac{P_H i V_p n}{450} \text{ [馬力]}. \quad (2)$$

在工学上，一馬力就是在一秒鐘內將75公斤的重量升高1公尺所完成的機械功，所以，一馬力 = 75 公斤公尺/秒。

發動機的指示功率，在相當大的程度上與進入工作氣缸的空氣量及其利用程度有關。

氣缸的充氣情況可用充氣係數表示，充氣係數就是：實際進入氣缸的新鮮空氣重量，與在周圍大氣的壓力和溫度下氣缸工作容積能容納的新鮮空氣的重量之比：

發動機熱力過程完善的程度用發動機的指示效率 η_n 來表示，指示效率就是氣體轉變為機械功的熱量與單位時間內由外面加入的或消耗的熱量之比：

$$\eta_n = \frac{632N_H}{Q}, \quad (3)$$

式中 632——相當於1小時內1指示馬力功率的熱量；

Q ——1小時的時間內發動機所消耗的熱量。熱量 Q 按下一公式求算：

$$Q = GH_H \text{ [大卡]} \quad (4)$$

式中， G ——燃料消耗量（公斤/小時）；

H_H ——燃料的低熱值（大卡/公斤）。

1公斤的燃料完全燃燒時所發出熱量（卡）稱為燃料的燃燒熱。

將公式（4）的值代入公式（3）後，指示效率等於

$$\eta_n = \frac{632N_H}{GH_H} \quad (5)$$

發動機的指示功率不能完全作為有效功而加以利用，因為其一部分要用來克服發動機摩擦部分的摩擦阻力，用來驅動輔助機件和消耗於工作氣缸進排氣過程中的損失。

發動機軸上產生的、用作有用功的功率稱為發動機的有效功率。

發動機軸上的有效功率 $N_{\text{эф}}$ 等於