

# 内燃机

〔苏联〕K.A.日瓦戈著

张振球 任精一 赵长贵 译



中国工业出版社

# 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 |
| B 2-300 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 鑽井用發動機的構造

|                                                       |     |
|-------------------------------------------------------|-----|
| 第 五 章 B2-300 及 M-601 型發動機部件及另件的結構 .....               | 62  |
| 發動機的曲軸箱 .....                                         | 62  |
| 氣缸體 (左排和右排) .....                                     | 65  |
| 曲柄-連桿機構 .....                                         | 71  |
| 氣門-配氣機構 .....                                         | 81  |
| 進氣管道及排氣管道 .....                                       | 93  |
| M-601 型發動機的增壓 .....                                   | 94  |
| 潤滑系統 .....                                            | 97  |
| 發動機的冷卻系統 .....                                        | 109 |
| 發動機的起動系統 .....                                        | 115 |
| 發動機的檢查儀表和操縱機構 .....                                   | 126 |
| 第 六 章 Д-54, КДМ-46 和 6 Ч-12/14 型發動機部件及另<br>件的結構 ..... | 131 |
| 發動機的氣缸體 .....                                         | 131 |
| 氣缸蓋 .....                                             | 134 |
| 曲柄-連桿機構 .....                                         | 137 |
| 氣門-配氣機構 .....                                         | 146 |
| 傳動機構 .....                                            | 149 |
| 減壓機構 .....                                            | 149 |
| 配氣齒輪外罩和飛輪外罩 .....                                     | 152 |
| 進氣管和排氣管 .....                                         | 153 |
| 發動機的潤滑 .....                                          | 154 |
| 發動機的冷卻系統 .....                                        | 164 |
| 發動機的起動裝置 .....                                        | 170 |
| 第 七 章 8 C 230 P 型發動機部件及另件的結構 .....                    | 185 |
| 發動機的氣缸體 .....                                         | 185 |
| 氣缸蓋 .....                                             | 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        |
| <b>第 八 章 發動機的燃料供給系統 .....</b> | <b>205</b> |
| 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

|                                                           |            |
|-----------------------------------------------------------|------------|
| <b>第 九 章 B2-300 型發動機 .....</b>                            | <b>280</b> |
| 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        |
| <b>第 十 章 Д-54, КДМ-46, 6У-12/14 和 8С 230 Р 型發動機 .....</b> | <b>293</b> |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| Д-54 型发动机的起动和停車 .....            | 293 |
| KDM-46 型发动机的起动和停車 .....          | 295 |
| 6Ч-12/14 型发动机的起动和停車 .....        | 295 |
| 8 C 230 P 型发动机的起动和停車 .....       | 296 |
| 压燃式內燃机可能發生的故障及其排除方法 .....        | 299 |
| 第十一章 革新者——柴油机司机們在发动机使用中的成就 ..... | 304 |
| 第 1 号技术檢修 .....                  | 306 |
| 第 2 号技术檢修 .....                  | 307 |
| 第 3 号技术檢修 .....                  | 308 |
| 第 4 号技术檢修 .....                  | 309 |
| 第十二章 发动机小修时研磨膏的采用 .....          | 311 |
| 第十三章 技术檢修时进行的操作 .....            | 313 |
| 輸油泵的故障 .....                     | 313 |
| KDM-46 型发动机輸油泵的修理 .....          | 314 |
| BHK-12TC 型輸油泵的修理 .....           | 315 |
| 燃料濾清器的清洗 .....                   | 317 |
| 燃料供給系統中空气的排除 .....               | 322 |
| 发动机各气缸內工作的檢查 .....               | 323 |
| 噴油咀工作的檢查 .....                   | 324 |
| B2-300 型发动机噴油咀的拆卸 .....          | 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 |
| B2-300 型发动机噴油咀的安裝 .....          | 345 |
| 高压泵的故障 .....                     | 346 |
| 高压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 型發動機高压泵的拆卸 .....                    | 353 |
| HK-10 型高压泵柱塞對的更換 .....                     | 354 |
| 單位泵的裝配 .....                               | 356 |
| 燃料供給開始的調整 .....                            | 358 |
| 噴射開始的調整 .....                              | 359 |
| 在沒有裝置的情況下 HK-10 型高压泵燃料供給開始時刻的檢查 .....      | 361 |
| PC 型單缸泵的更換及燃料供給開始的調整 .....                 | 361 |
| KDM-46 型發動機高压泵單位泵的更換 .....                 | 362 |
| KDM-46 型發動機高压泵噴油開始的調整 .....                | 364 |
| 將齒條拉桿定在最大供油量的位置 .....                      | 366 |
| 噴油開始直接在 Д-54 型發動機上的調整 .....                | 366 |
| 6 Ч-12/14 型發動機噴油開始的調整 .....                | 369 |
| 高压泵燃料供給量均勻度的檢查和調整 .....                    | 369 |
| HK-10 型高压泵供油量均勻度的調整 .....                  | 370 |
| 高压泵各單位泵燃料供給量均勻度直接在 Д-54 型發動機上的檢<br>查 ..... | 372 |
| 在使用條件下 B2-300 型發動機的功率及轉數的提高 .....          | 375 |
| 高压泵往 B2-300 型發動機上的安裝 .....                 | 377 |
| B2-300 型發動機氣缸體的拆卸 .....                    | 378 |
| B2-300 型發動機氣缸蓋鋁墊的更換 .....                  | 380 |
| B2-300 型發動機承力雙頭螺栓及縫合雙頭螺栓螺帽的再緊固 .....       | 382 |
| B2-300 型發動機承力雙頭螺栓及縫合雙頭螺栓螺帽的緊固 .....        | 383 |
| B2-300 型發動機氣缸蓋襯墊更換後承力雙頭螺栓螺帽的緊固 .....       | 384 |
| B2-300 型發動機曲軸軸承蓋固定雙頭螺栓螺帽的緊固 .....          | 385 |
| 氣門的研磨 .....                                | 386 |
| 活塞環圈的檢查與更換 .....                           | 390 |
| B2-300 型發動機活塞的更換 .....                     | 395 |
| B2-300 型發動機空氣濾清器的清理和洗滌 .....               | 397 |
| B2-300 型發動機空氣分配器的檢查、修理及調整空氣分配器的拆           |     |

|                                                   |     |
|---------------------------------------------------|-----|
| 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<br>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 发动机的工作过程

### 发动机的工作原理

内燃机是根据气体受热即膨胀的性质而工作的。

如果将气体在密闭的容器内加热，则作用在容器壁上的气体压力将随温度的升高而增长，同时，气体施于各方面的压力相等。当压缩时，气体的温度将升高。

发动机的气缸内即利用气体的这种性质，将燃料的热能变成机械功。

气缸内气体温度的升高是导入发动机气缸内的燃料燃烧的结果。

燃料燃烧时所放出的热量，强烈地加热气缸内的气体，气体在膨胀的同时，施压力于活塞上，并使其在气缸内移动。在直接喷射燃料的发动机气缸中，燃料由于气体压缩时的温度升高而发火。进入发动机气缸内的是纯空气，在压缩时其温度升高，致使进入气缸中的雾状燃料易于发火。

在汽化器发动机中，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，其压缩程度较柴油发动机中为小。此种混合气利用气缸中闪过的电火花点燃。

发动机每个气缸中所进行的全部过程称为发动机的工作循环。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，内燃机可分为二冲程的和四冲程的两类。

## 二 冲 程 發 动 机

在二冲程發动机中，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。二冲程發动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，在發动机的气缸

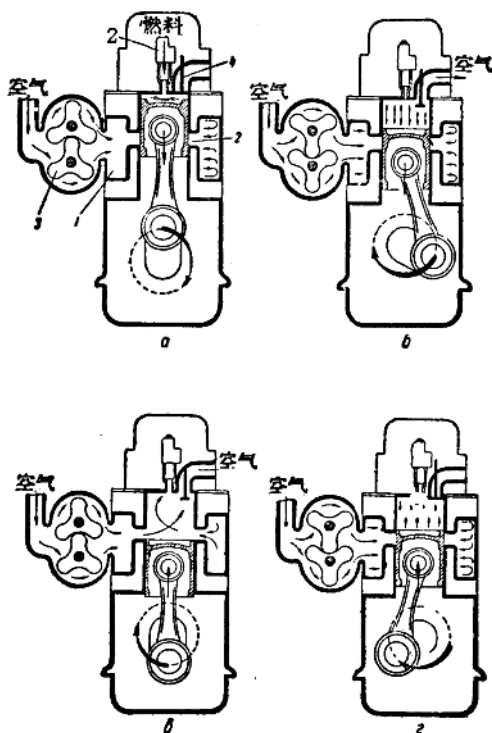


圖 1 压燃式二冲程發动机的工作原理圖

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、廢氣的排除及換氣(圖 1, *b*)。第二冲程相当于活塞自下往上运动，在此冲程期間，起初換氣过程仍繼續进行，同时气缸內充入新鮮空气(圖 1, *a*)。

当活塞行近上死点时，換氣口及排氣門关闭(圖 1, *c*)。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——的期間内实现的，同时在曲軸旋轉一周的期間内完成。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内完成。

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 作鉸鍊式连接。气缸的上面用具有进气門 6、排氣門 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内进行燃燒之故。这两个容积的差数称为气缸的工作容积。

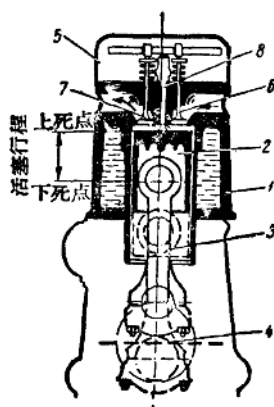


圖 2 曲柄——連桿機  
構示意圖

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

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 2 (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。在此期間空氣將被壓縮；由於高壓縮比的結果，壓力升高到 30~40 公斤/公分<sup>2</sup>，空氣溫度升高到 500—600°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 60~95 公斤/公分<sup>2</sup>。

工作行程 (圖 3, e) 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。

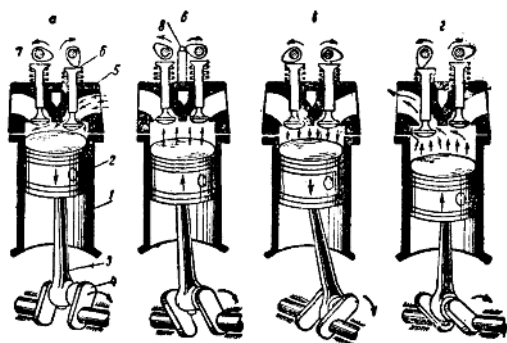


圖 3 四冲程發動机的工作原理圖  
(代号示于圖 2)

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，在某一时期內將不减小。

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, 2)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

当討論發動机的工作原理时，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过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。

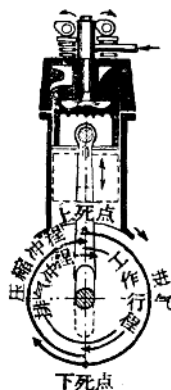
由于此时进气门开着，所以气缸将用新鲜空气进行补充换气。气门的关闭和开放可根据曲轴旋转角度从图解表示之(表1)。

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<br>动<br>机<br>型<br>号 | 进 气              |                  |                       | 排 气              |                       |                              |
|-----------------------|------------------|------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------------------|
|                       | 开<br>放<br>开<br>始 | 上<br>死<br>点<br>前 | 关<br>闭<br>死<br>点<br>后 | 开<br>放<br>开<br>始 | 关<br>闭<br>死<br>点<br>后 | (曲<br>轴<br>旋<br>转<br>角<br>度) |
| B 2-300               | 20 ± 3°          | 43 ± 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 發動機工作的基本參數

### 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，等於

$$L_{\text{H}} = P_{\text{H}} 10^4 \frac{V_{\text{p}}}{10^3} = 10 P_{\text{H}} V_{\text{p}} \text{ [公斤公尺]},$$

式中  $P_{\text{H}}$ ——平均指示壓力 (公斤/公分<sup>2</sup>);

$V_{\text{p}}$ ——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。

氣缸的工作容積等於

$$V_{\text{p}} = FS = \frac{\pi d^2}{4} S,$$

式中  $F$ ——活塞頂面積 (公分<sup>2</sup>);

$d$ ——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於

$$N_{\text{H}} = \frac{L_{\text{H}} i 2n}{75 \cdot 60 z} = \frac{P_{\text{H}} i V_{\text{p}} n}{225 z} \text{ [馬力]}.$$

對於四沖程多缸發動機

$$N_{\text{H}} = \frac{P_{\text{H}} i V_{\text{p}} n}{900} \text{ [馬力]}. \quad (1)$$

對於二沖程發動機

$$N_{\text{H}} = \frac{P_{\text{H}} i V_{\text{p}} n}{450} \text{ [馬力]}. \quad (2)$$

在技术上，一馬力就是在一秒鐘內將75公斤的重量升高1公尺所完成的机械功，所以，一馬力 = 75 公斤公尺/秒。

发动机的指示功率，在相当大的程度上与进入工作气缸的空气量及其利用程度有关。

气缸的充气情况可用充气系数表示，充气系数就是：实际进入气缸的新鲜空气重量，与在周围大气的压力和温度下气缸工作容积能容纳的新鲜空气的重量之比。

发动机热力过程完善的程度用发动机的指示效率  $\eta_n$  来表示，指示效率就是气体转变为机械功的热量与单位时间内由外面加入的或消耗的热量之比：

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

式中 632——相当于1小时内1指示馬力功率的热量；

$Q$ ——1小时的时间内发动机所消耗的热量。热量  $Q$  按下一公式求算：

$$Q = GH_n \text{ [大卡]} \quad (4)$$

式中  $G$ ——燃料消耗量 (公斤/小时)；

$H_n$ ——燃料的低热值 (大卡/公斤)。

1公斤的燃料完全燃烧时所发出热量(卡)称为燃料的燃烧热。

将公式(4)的值代入公式(3)后，指示效率等于

$$\eta_n = \frac{632N_n}{GH_n} \quad (5)$$

发动机的指示功率不能完全作为有效功而加以利用，因为其一部分要用来克服发动机摩擦部分的摩擦阻力，用来驱动辅助机件和消耗于工作气缸进排气过程中的损失。

发动机轴上产生的、用作有用功的功率称为发动机的有效功率。

发动机轴上的有效功率  $N_{ef}$  等于

$$N_{\text{эф}} = N_{\text{н}} - N_{\text{тр}} \text{ [馬力]}, \quad (6)$$

式中  $N_{\text{тр}}$ ——消耗于發动机内部損失（摩擦）的功率（馬力）。

消耗于摩擦的功率可以按下式求算：

$$N_{\text{тр}} = \frac{P_{\text{тр}} i V_{\text{р}} n}{900} \text{ [馬力]}, \quad (7)$$

式中  $P_{\text{тр}}$ ——平均摩擦压力（公斤/公分<sup>2</sup>）。

根据实验数据，对于高速發动机采用

$$P_{\text{тр}} \approx 0.3 + 0.16c.$$

式中  $c$ ——活塞的平均速度（公尺/秒）：

$$c = \frac{Sn}{30}.$$

机械效率就是有效功效与指示功率之比：

$$\eta_{\text{м}} = \frac{N_{\text{эф}}}{N_{\text{н}}} = 1 - \frac{N_{\text{тр}}}{N_{\text{н}}}. \quad (8)$$

压燃式高速發动机的机械效率等于 0.79 ~ 0.82。

平均有效压力  $P_{\text{эф}}$  的意义就是在發动机气缸内每一循环中的假定不变压力的数值：

$$P_{\text{эф}} = \eta_{\text{м}} P_{\text{н}} \text{ [公斤/公分}^2\text{]}. \quad (9)$$

当發动机的轉速不变时， $P_{\text{эф}}$  及  $\eta_{\text{м}}$  随载荷的增大而升高。

有效效率  $\eta_{\text{эф}}$  是变成有效功的热量与同一时间内所消耗的热量之比，它表示發动机中热量用作有效功的利用程度：

$$\eta_{\text{эф}} = \frac{632 N_{\text{эф}}}{G H_{\text{н}}} = \eta_{\text{м}} \frac{632 N_{\text{н}}}{G H_{\text{н}}} = \eta_{\text{м}} \eta_{\text{н}}. \quad (10)$$

有效效率可以用下式表示：

$$\eta_{\text{эф}} = \eta_{\text{н}} \eta_{\text{м}}. \quad (11)$$

压燃式發动机有效效率的数值約为 0.37—0.39。

公升功率用作各种牌号發动机的功率进行比较。公升功率  $N_{\text{л}}$  就是每一公升的气缸工作容积所能产生的功率：

$$N_1 = \frac{N_2}{iV_p}$$

### 燃料消耗量

每一馬力小时所消耗的燃料量称为燃料單位消耗量:

$$g = \frac{632 \times 1000}{\eta_{\text{ad}} H_u} \text{ [克/馬力小时]}. \quad (12)$$

压燃式發动机燃料單位消耗量的数值在 168~230 克/馬力小时的范围内变动。

### 发动机的比重

比重小是对鑽井發动机基本要求之一, 这才能使鑽井裝置能更輕便和易于搬移。

发动机的比重就是每一單位功率所佔的發动机重量; 发动机的比重按下式计算:

$$g_1 = \frac{G_1}{N_{\text{max}}} \text{ [公斤/馬力]},$$

式中  $G_1$ ——发动机的干重(無潤滑油及水的重量), (公斤);

$N_{\text{max}}$ ——发动机的最大有效功率(馬力)。

### 扭 矩

气体在气缸內膨胀, 通过曲柄-連桿机构而作用于軸上, 同时使軸以一定的力量及速度旋轉。

发动机曲軸上的扭矩决定于发动机的制动功率  $N_T$  及轉数, 即

$$M = 716.2 \cdot \frac{N_T}{n} \text{ [公斤公尺]}, \quad (13)$$

式中 716.2——換算系数。

所以, 当傳动裝置上的載荷变化和当发动机的轉数变化时,