

在內燃機車上 如何節約燃料

Д·В·畢斯佐夫

В·Е·西万克 著

А·Д·別連基

人民鐵道出版社

在內燃機車上如何節約燃料

Д·В·畢斯佐夫

В·Е·西 万 克 著

А·Д·別 蓮 基

孙	本	旭	譯
戎	婧	芝	
徐	洪	武	校

人 民 鐵 道 出 版 社

一九五七年·北京

本小冊子根據先進司機的經驗闡述了在內燃機車上節約燃料的措施，並研究了引起浪費燃料的原因。

本小冊子供內燃機車乘務員以及有關內燃機車運用及修理部門工程師、技術員和技工學習與參考之用。

在內燃機車上如何節約燃料

ЭКОНОМИЯ ТОПЛИВА НА ТЕПЛОВОЗАХ

Д·В·ПИСЦОВ

苏联 В·Е·СИВАК 著

А·Д·БЕЛЕНЬКИЙ

苏联国家鐵路運輸出版社（1955年莫斯科俄文版）

ТРАНСЖЕЛДОРИЗДАТ

Москва 1955

孙本旭 戎婧芝 譯

徐 洪 武 校

人民鐵道出版社出版（北京市霞公府17号）

北京市書刊出版業營業許可証出字第010号

新华書店發行

人民鐵道出版社印刷厂印（北京市建国門外七聖廟）

書号：815 开本787×1092 $\frac{1}{16}$ 印張2 $\frac{1}{4}$ 字数48千

1957年8月第1版

1957年8月第1版第1次印刷

印数0001——480册 定价(10)0.34元

目 录

作者的話	2
I. 概 述	2
1. 內燃機車零件損耗的概念	2
2. 內燃機車發動機及其他機構的潤滑	6
3. 柴油機燃料	8
II. 內燃機車技術合理的保養的基礎	13
引起浪費燃料的原因	13
1. 發動機	13
2. 汽缸-活塞機組	13
3. 配氣機構	20
4. 燃料供給機構	22
5. 渦輪鼓風機及空氣過濾器	29
6. 潤滑系統	31
7. 冷卻系統	32
8. 電氣設備	34
9. 電機	34
10. 電氣機構	38
III. 內燃機車的輔助機構	39
1. 空氣壓縮機	39
2. 冷卻器風扇	42
IV. 內燃機車各機構的調整	44
1. 使燃料在發動機內燃燒得經濟所需的條件	44
2. 燃料泵油缸柱塞機組的嚴密性	47
3. 發動機調整作業的特點	48
4. 調整發動機時，測定燃料的消耗量	53
V. 用內燃機車牽引列車時，如何節約燃料	60
參考文獻	69

作 者 的 話

內燃機車在鐵路上得到了愈來愈廣泛的採用。由於這種情況，節約柴油機燃料的問題就有了特殊的現實意義。

先進司機的工作經驗證明，在節約柴油機燃料的方法中沒有任何特殊的秘密。主要在於：優良地保養自己的內燃機車，熟悉線路斷面情況，善於利用列車動能，恰當地使用制動機。此外，還必須注意遵守發動機的热規範。

節約柴油機燃料的主要潛力之一是用高速度來牽引超重列車。先進司機們為了節約燃料，在內燃機車機件上那怕有極微小的不良狀態都要及時消除掉，並特別重視在基本段、折返段內和在運行途中所進行的內燃機車檢查以及中間技術檢查。

本書向讀者介紹：在內燃機車運用中浪費燃料的原因，內燃機車上各機構的不良狀態對燃料消耗量的影響，以及阿什哈巴德路局先進司機們節約燃料的方法。

在本書中，同時還談到在變阻試驗中，應當怎樣測出內燃機車發動機燃料單位消耗量；書中還談到如何研究優秀司機牽引列車的方法。

I. 概 述

1. 內燃機車零件損耗的概念

經過仔細調整處在良好狀態的內燃機車，由能幹的司機駕駛時，能保證柴油機燃料消耗的最少。燃料單位消耗量的增加，一般是內燃機車零件，首先是：發動機、其輔助機構

及电气傳动裝置上的零件的損耗所引起的。

因之，應該詳細了解內燃機車零件損耗的原因及性質，以及內燃機車各機構的狀態對燃料消耗量的影響。

內燃機車各機構及部件的損耗又分為機械磨損、化學損耗（腐蝕）和疲勞損壞。

零件的損耗受材質、加工質量、油潤情況以及負載的影響。

大家最熟悉的最常見的損耗是機械磨損。

機械磨損是由於联接零件彼此相對運動中的摩擦，和受到負載的作用而發生的。內燃機車上受到這種磨損的联接零件有：活塞及汽缸套、曲柄軸軸頸及軸承、牽引電動機齒輪傳動裝置各齒輪、活塞銷及活塞等等。

零件的化學損耗（腐蝕）是由於廢氣、水及酸類對零件影響的結果。腐蝕發生於：汽缸套、活塞、曲柄軸軸瓦及瓦襯的白合金鑄物、發動機各閥、發動機體及汽缸蓋等零件上。

零件疲勞損壞是由於它受到返復載荷及集中載荷，特別是方向交變載荷的結果而發生的；這時在金屬各層中產生了微細裂紋，以至引起零件表面層的剝離。這種損壞在牽引電動機小齒輪輪齒上及滾動軸承上發生得最多。

零件的加工質量對於零件的磨損有極大影響。

機器在工作中，摩擦面上的粗糙度妨礙零件相互移動，這是發生摩擦力的主要原因之一。粗糙度愈大，機器消耗在摩擦上的能量損失就愈大。兩個表面彼此相互滑動時，表面上的用顯微鏡才能看出的突起部分遭到破壞，就是說，發生着摩擦表面的磨損。

為了減少摩擦及磨損，在零件摩擦面間加入潤滑油；潤滑油填塞零件間間隙，隔開零件，不使突起部分相互接

触。这时，两个坚硬的表面間的摩擦就被油層間的摩擦所代替。

潤滑油是按粘度选择，要考虑到使得在負載作用下的摩擦面被結实的油膜可靠地隔离开。

發动机、电力傳动裝置及走行部的全部零件，在工作中除了受到摩擦之外，差不多全都承受巨大的压力及冲击。如內燃機車發动机活塞在工作行程开始时受到的燃气压力約为 40000 公斤。連桿、曲柄軸及軸承也承受同样大小的压力。由牽引电动机通过齒輪傳动裝置傳到輪对上的力量也是相当大的。

冲击負載和摩擦加速了零件的損耗，变换了零件的尺寸及外形。圓形的曲柄軸軸頸、活塞及汽缸套逐漸地变成橢圓形。

發动机零件除了受到摩擦之外，还受到高温的作用。零件的过热是特別危險的。过热后金屬的机械强度急降，联接处間隙減少，这样有时使摩擦零件卡住（如汽缸套中的活塞），因而使一些部件不起作用。

除了过热之外，發动机零件表面發生氧化对發动机零件也有很坏影响。燃料燃燒的产物中含有氧化物，氧化物能产生酸，且在零件表面發生作用。曲柄軸的軸瓦襯就特別容易發生腐蝕。

联接零件机械磨損的增長与內燃機車走行公里的关系如圖 1 所示。

机械磨損的增長划分为三个时期：

I. 第一时期（OA 阶段）。磨損增長得很快。这一时期的最后，間隙达到 $\Delta_1 \Delta_2$ 。第一时期的磨損被称为貼合磨損（Износ приработки）。

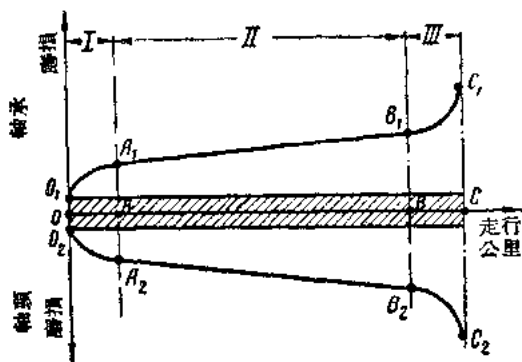


圖1. 联接零件机械磨损的增长与内燃机车走行公里的关系曲线

II. 第二时期 (AB 阶段)。磨损缓慢而均匀地增长。 $B_1 B_2$ 为联接零件的最大允许间隙。第二时期的磨损叫做自然磨损 (Естественный износ)。

III. 第三时期 (BC 阶段)。磨损锐增。由于间隙异常增大而发生冲击负载，破坏油膜，使得磨损速度更加急剧提高。在这一时期中自然磨损容易变成事故磨损 (Аварийный износ)；此时零件受到损伤，它的修理是十分复杂的，或者甚至不能修复。

零件在磨损达到最大允许值之前的工作时间，主要决定於机车乘务组对内燃机车操纵规则执行情况及技术合理的保养情况。例如：不按时更换发动机曲柄箱中的润滑油，不按时清扫油过滤器和空气过滤器，都使得摩擦零件的磨损急剧增加。

润滑油在低温下变得更粘，因之难于送到摩擦面，结果使摩擦面上油润不足。因此，在寒冷季节常常开动发动机，零件的磨损要较之开动预热过的发动机时快许多倍。研究的

結果証明，未經預熱而開動發動機時，發生的磨損量大約相當於內燃機車整個運用期間總磨損量的一半。

能否及時地發現並消除足以引起零件損傷的不良狀態，決定於司機和指導司機是否細心工作。

2. 內燃機車發動機及其他機構的潤滑

對摩擦零件施以潤滑能使它的摩擦人為降低，帶出零件中的熱量，並能洗出零件間隙中的氧化物及磨損產物。

Д50 發動機中，被廢氣帶走的熱、由輻射作用散出的熱及由冷卻用水和冷卻用油傳走的熱的總量約佔燃料燃燒熱的 65%。從油泵里壓出的油，不斷地沖洗着汽缸套、活塞、曲柄軸軸頸及其他零件的灼熱表面，吸收上面的熱，然後再通過潤滑油冷卻器冷卻。在同一條件下（同一個轉速下），油泵壓出的油量的多少決定於油的黏度大小。黏度愈高，油在油管中受到的阻力愈大，則潤滑系統所流過的油量就愈少。

因之，為了保證良好的冷卻，發動機應使用黏度最低的潤滑油。但是，潤滑油的黏度過低又難於在零件摩擦面上促成穩定的油膜。內燃機車運用經驗証明，在外部氣溫相當高的時候，如果使用比細則所建議的 ГОСТ-5304 54^① 柴油機用潤滑油更黏的潤滑油，則在 Д50 發動機的潤滑系統中能夠促成正常的壓力。因此，在夏季允許在柴油中加入航空油，並使混合油的黏度在溫度為 50°C 時達到 12~13°E。

在發動機工作過程中，油被軟氧化產物（焦油）及硬氧化產物（焦炭）、磨損產物以及外界落入的灰塵弄髒，這就使得發動機中生成各式各樣的高溫沉積物及低溫沉積物。

① 用來代替 ГОСТ-1600-16。

潤滑油中原有的氧化物（酸類）使得汽缸套、漲圈，特別是曲柄軸軸瓦襯白合金鑄物的表面發生腐蝕。焦油類的氧化物形成稠黏物附着在零件上及管道內。在活塞漲圈槽內附着這種黏物時，使活塞漲圈失去靈活性，並與活塞黏結在一起。常常有一層油的「時効」產物附着在活塞頭部的側表面上，它的傳熱非常不好，因而促使活塞發生過熱。這樣就更加速了硬性積炭的形成過程，因而在活塞及汽缸套的工作表面上就發生了拉傷。微粒的積炭和油一起從汽缸上落到發動機曲柄箱內，混在循環潤滑油里。浮懸微粒的增加使油的潤滑性能減弱，並使摩擦表面的磨耗加速。潤滑油使用的時間愈久，則油中所含的機械混合物——如由摩擦面磨耗而產生的金屬微粒、灰塵、燃料中的不可燃性夾雜物等——的數量愈多。

由此可見，為了提高零件使用期限及減少潤滑油的消耗量，Д50發動機上必須採用具有下列性能的潤滑油：潤滑性能要高，夏季要有足夠的粘度，冬季的粘度要小，凝固溫度要低；抗氧化的穩定性要高；不腐蝕曲柄軸軸瓦襯白合金，不產生高溫或低溫沉積物。

根據機車及輕油車潤滑材料使用細則，Д50發動機的基本潤滑油是柴油機用潤滑油ГОСТ 5304—54，或用30%的МК—22航空油及70%的50ГОСТ 1707—51工業用潤滑油混合成的代用油。

為了減少發動機摩擦零件的磨損、提高內燃機車的經濟性、延長內燃機車的走行公里，當內燃機車走行15000～23000公里後，不拘潤滑油的化驗結果如何，要在某一次中間技術檢查或定期修理中，把發動機曲柄箱的潤滑油全部更換新油^①。

① 機車潤滑材料使用細則第10條。鐵道運輸出版社1953年版。

潤滑油的物理化学性能方面最重要的指标是：黏度，閃燃点、凝結点、灰分、固体炭分、含酸量、机械夹杂物含量。在运用中，閃燃点不能說明油的潤滑性能特征，而只是用以檢查潤滑油內加入燃料使之稀薄的程度。閃燃点愈高，潤滑油的抗气化及抗积炭生成的性能愈好。凝結点表示在冬季是否可以运用該种潤滑油。潤滑油的灰分愈低愈好，因为灰分能增加积炭。潤滑油中的固体炭分含量是热稳定性及生成积炭趋向性的指标。固体炭分愈低，油的质量愈高。新潤滑油中不应有机械夹杂物。

ТЭ型內燃機車的空气压缩机潤滑油应使用ГОСТ1861—44空气压缩机油：冬季用М牌空气压缩机油，夏季用Т牌空气压缩机油。如果没有空气压缩机油，允許用30%的МК油及70%的50号工業用潤滑油的混合油。

牽引电动机齒輪傳动裝置的潤滑油与發动机所用的油大不相同。齒輪潤滑油应在摩擦面上形成一層堅固的潤滑油膜。專門硫化潤滑油完全能滿足上述要求，这种油用67%的尼格罗油（игрол）Л（ГОСТ 542—50）、30%的康司太林油（консталин）УТ 1（ГОСТ 1957—52）及3%優質自然硫（ГОСТ 127—51）合成。冬季各成分的比值应有变化：尼格罗油87%，康司太林油10%，硫3%。

准确地遵守上述有关內燃機車潤滑油使用指示，就能使摩擦損失減少，因而能降低燃料單位消耗量。

3. 柴油機燃料

Д50 發动机採用的燃料的規格見表1。

当燃料以霧狀射进發动机汽缸內，並不馬上自燃，要經過一段時間；在這段時間內燃料溫度增高，与空气混合，

發 動 機 用 柴 油 燃 料

表 1

指 标	ГОСТ 4719-19				ГОСТ 305-12	
	ДА	ДЗ	ДП	ДС	Л	3
十六烷数.....	40	40	45	50	—	—
10% 燃 燒 (°C) 不低於	200	200	—	—	—	—
50% 燃 燒 (°C) 不超過	255	275	291	280	—	—
90% 燃 燒 (°C) 不超過	300	335	350	—	—	—
96% 燃 燒 (°C) 不超過	330	—	—	340	—	—
300°C 以下燃去 (%) 不低於	—	—	—	—	50	85
350°C 以下燃去 (%) 不低於	—	—	—	—	—	—
20°C 时的动粘度 (сст)	2.5~4.0	3.5~6.0	3.5~8.0	—	5.0~8.5	—
換算粘度 (°E)	1.15~1.3	1.25~1.45	1.25~1.7	—	1.4~1.7	—
50°C 时的动粘度 (сст)	—	—	—	2.5~4.0	—	—
換算粘度 (°E)	—	—	—	1.15~1.3	—	—
可炭化 (%) 不多於	0.05	0.05	0.05	0.05	0.1	—
酸性 (微克), 每 100 毫升燃料中 KOH 不超過	5	5	5	5	10	—
灰分 (%) 不超過	0.01	0.02	0.02	0.02	0.025	—
含硫量 (%) 不超過	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	—

接表 1

10

指 标	ГОСТ 4749-49				ГОСТ 305-42	
	ДА	ДЗ	ДЛ	ДС	Л	З
銅板試驗.....	支 持					
可溶於水的酸和鹼.....	無					
機械灰雜物.....	無					
水分.....	無					
馬丁斯-平式 (Мартенс-Пенски) 閃燃點 (°C) 不低於.....	35	50	60	90	65	
凝結點 (°C) 不高於.....	-60	-45	-10	-15	-10	-35

附註。按 ГОСТ 4749-49 規格生產有下列四種燃料：

1. 北極柴油機燃料 ДА，當氣溫在 -30°C 以下運行時使用之。這種燃料的分留成分為馬丁斯-平式凝結點在油中提煉出的煤油。

2. 冬季柴油機燃料 ДЗ，當氣溫在 $0 \sim -30^{\circ}\text{C}$ 運行時使用之。為易取液成分的低凝結度的燃料。

3. 夏季柴油機燃料 ДЛ，夏、春、秋季運行時使用之。

4. 冬季柴油機燃料 ДС，為難分儲成分的及高凝結溫度的燃料。

按 ГОСТ 305-42 規格只生產下列兩種燃料：夏季燃料 Л 及冬季燃料 З，兩者之間只是凝結點不同。這兩種燃料的標準用比較少的指標規定，尤其是指標中缺少如十六烷數那樣起端重要指標。

並要經過一系列物理變化及化學變化。這段延遲自燃的時間叫做感應時間。感應時間的長短決定於燃料的化學本質及燃料的自燃點。因此，燃料必須稍稍提前一些，即在活塞到達上死點之前射入汽缸內。如果自燃瞬間前的感應時間過長，則在發動機汽缸中相對地儲存了大量燃料，因而燃料迅速燃燒使壓力突然上昇，这样就發生了發動機的「爆擊」。

現時衡量燃料質量的基本指標是十六烷數。柴油機燃料中含有的十六烷數與純十六烷的質量作比較（十六烷的感應期極微）以說明燃料的質量。發動機中，純十六烷的燃燒質量設為 100。發動機所使用的燃料內十六烷數必須為 45 到 60。

柴油機燃料的黏度在 20°C 時應為 $1.25 \sim 1.70^{\circ}\text{E}$ 。如果所用燃料其黏度較低，則由於在燃料泵的汽缸套筒和柱塞間的間隙以及在噴霧器體和頂針間的間隙中的燃料漏洩量增加，因而破壞了發動機的正常工。作。

所有的輕柴油，除了 ДС 牌之外，只要是溫度條件許可代替的話，全是可以互換使用的，如果缺乏這些燃料時，也都可以用照明用煤油來代替。用拖拉機煤油來代替是不怎么好的，因為拖拉機煤油中有大量熱裂產物，它們能促使燃料系統各零件的磨耗加速。燃料的黏度增大對氣化作用不利，因為燃料難於經過過濾器及管道，另外燃料的霧化作用不良，这样就延長了感應期。

黏度高的燃料較難於透過柱塞及套筒的間隙，所以不能保證摩擦表面的潤滑。

由此可見，為了使燃料系統內的機構各連接零件上有若正常潤滑，則使用的燃料就必須具有規定的黏度。

燃料中不許有機械夾雜物。機械夾雜物是燃料系統內各

機構發生一切作用不良的主要原因，燃料機構上的基本零件都有很高的制造精度，联接表面的間隙不过是 $0.002 \sim 0.003$ 公厘。燃料中含有的机械夹杂物如果落在間隙中就引起这些表面的巨大磨損或擦伤，而結果是使燃料發生巨量的漏洩，燃料泵的各油缸柱塞或噴霧器的頂針被卡住。

圖2 为混入燃料中的机械夹杂物大小和燃料泵各油缸中柱塞与套筒之間間隙大小的比較。

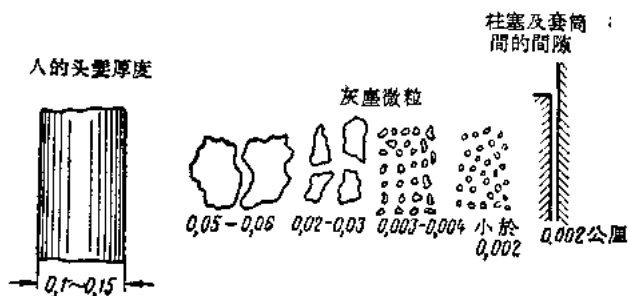


圖2. 机械夹杂物及柱塞、套筒間間隙的比較值

大於高精度零件間隙的机械夹杂微粒。能够和燃料一起流經燃料泵及噴嘴的全部路徑（圖3）。

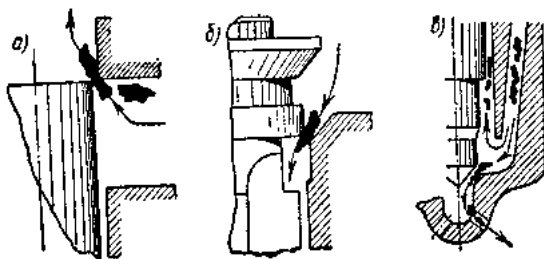


圖3. 坚硬的机械夹杂微粒在准确的联接零件中通过情况：

а.——柱塞与套筒；б.——閥与閥体；в.——頂針与噴霧器体。

柴油機燃料的其他指標，主要的是：引起零件磨損及腐蝕的酸度，燃料在發動機汽缸中燃燒時促使生成酸性化合物的硫的含量。

燃料中不應有水，因為水也會引起燃料供給機構各零件的腐蝕。另外，燃料中的含水冬季會凍結，冰的晶粒會堵塞過濾器及燃料供給機構，甚至會由於停止供給燃料而迫使發動機停車。

II. 內燃機車技術合理的保養的基礎

引起浪費燃料的原因

1. 發動機

一些優秀司機的工作經驗證明，我國內燃機車的發動機在進行應有的保養之下能夠工作 75000~125000 公里不用修理活塞機組。

先進司機們達到這個指標的主要方法是：按時換油，按時清掃潤滑油過濾器、空氣過濾器、燃料過濾器，保持發動機最适宜的燃料混合比，保證清潔及時消除發動機上的一切不良狀態，那怕是最小的不良狀態。

2. 汽缸 活塞機組

內燃機車工作的經濟性，在絕大程度上決定於汽缸-活塞機組零件的狀態及磨損程度。磨耗最甚者莫過於汽缸套。隨著汽缸套的磨耗，汽缸套和活塞之間的間隙增大，這就促使漲圈發生黏結，同時大大惡化發動機汽缸中的熱工過程。

汽缸套的上部比下部磨耗得更为厉害得多（圖 4），這是因为一方面在燃爆時燃氣的溫度高，另一方面活塞在上死點的運動速度低，使得汽缸套上部發生半乾燥摩擦的緣故。

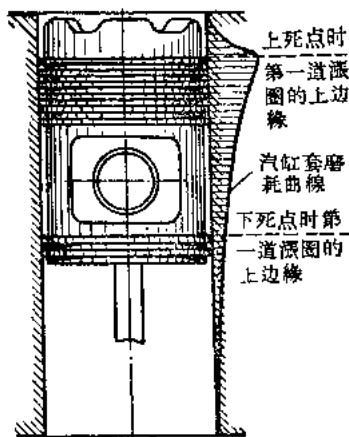


圖1. 汽缸套在全長上的磨耗情況

汽缸套不僅能磨成錐形，而且還能磨成橢圓形，這是由於作用於汽缸套上力的性質所造成的。

開動還不夠熱的發動機也會使汽缸套損耗過快，因為在這種情況下，有一些燃料滴到汽缸套的上部，引起汽缸套的腐蝕。發動機在工作時，汽缸套上部直接受到在高溫下不完全燃燒產物的影響，因而也同樣促成它的腐蝕。

汽缸套的磨損不僅以汽缸套的硬度為轉移，而且在頗大程度上要看汽缸套表面及活塞環圈表面的硬度比如何。

研究證明，活塞環圈材料不應比汽缸套材料軟。軟環圈不僅自己磨損快，也使汽缸套磨損得快。汽缸套、活塞環圈機組的材料硬度相同及金屬結構也相同時，兩個零件的磨耗都最小。

發動機工作的經濟性，在極大的程度上決定於汽缸套及活塞環圈的磨耗程度。如果這二個零件的磨損很大，燃氣就會從燃燒室逸到曲柄箱中，同時壓縮終結時空氣的壓力及溫度也會降低。

活塞環圈應該能夠：防止燃氣由燃燒室逸到曲柄箱里，將油膜佈置在汽缸鏡面上並阻止潤滑油進入燃燒室里，將活塞塞的熱傳到汽缸壁上。

如果在活塞環圈及汽缸壁之間磨出了縫隙，燃氣不僅作用在環圈內表面，也作用在環圈外表面；這樣，環圈就不能壓