

1999

含添加剂柴油机油 的 应 用

〔苏联〕Г.А.莫洛佐夫 著

燃料化学工业出版社

含添加剂柴油机油的应用

〔苏联〕Г.А.莫洛佐夫 著

劳远鄂 白佩珩 译 朱百善 校

燃料化学工业出版社

本书针对近代柴油机制造技术发展对柴油机油提出的新要求,指出苏联现有柴油机油在质量和品种方面的不足之处,并提出了改进方向,即创制各种高效添加剂。书中介绍了柴油机油主要性能对发动机工作的影响,现有添加剂种类、用途和作用机理,以及润滑油和添加剂的各种试验评定方法。作者用很大篇幅介绍润滑油的马达试验和使用试验,说明只有通过这些试验,才能切合实际地评定润滑油的质量和添加剂的效果。

本书主要供润滑油研究、生产和使用人员使用。对炼油工业其它工程技术人员、科学研究人员、各院校师生亦有参考价值。

Г.А.Морозов
ПРИМЕНЕНИЕ ДИЗЕЛЬНЫХ МАСЕЛ
СПРИСАДКАМИ

Гостоптехиздат Ленинград

1962

* * *

含添加剂柴油机油的应用

劳远鄂 白佩珩 译 朱百善 校

(根据中国工业出版社纸型重印)

燃料化学工业出版社 出版

〈北京安定门外和平北路16号〉

北京印刷八厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

* * *

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$

印张 $3 \frac{7}{8}$

字数79千字

印数1—9,150

1973年6月新1版

1973年6月第1次印刷

* * *

书号15063·2017 (油-9) 定价0.40元

序 言

各种型式的发动机数量的增长，特别是内燃机車用，汽車拖拉机用，船用及固定式柴油机产量的增加，需要越来越多的燃料和潤滑油。

柴油机制造业的发展，柴油机热强度的提高，在提高发动机可靠性和耐久性的同时还必需广泛使用含硫燃料，所有这一切都要求大大改善潤滑油的质量。

目前强力柴油机所使用的潤滑油，应当看作是由基础潤滑油（基础油）和潤滑油添加剂組成的混合物。添加剂的作用，在于改善那些用通常的石油加工工艺和潤滑油精制方法所不能改进的使用指标。因此，可以首先依靠选择有效的添加剂，来根本改善柴油机油的质量。这里所指的，正是提高那些不能滿足具体型式发动机使用要求的，潤滑油的质量指标。

不仅是柴油机，而且其它型式的发动机也同样对燃料及潤滑油提出类似的要求。

这个情况就提出了一个新的技术领域——石油产品的应用。

各种型式发动机潤滑油和添加剂的选择应用和提高质量的問題，只有在化学石油工作者，机械制造工作者同使用者的协力下才能解决。

在本书中，作者试图总结近几年积累起来的柴油机应用含添加剂潤滑油的經驗，以便帮助解决提高柴油机油质量的問題。

目 录

序 言

第一章 近代柴油机油的品种及质量	1
第一节 柴油机制造技术的发展前景及对柴油机油质量的基本要求	1
第二节 柴油机油的主要理化性质及其对发动机工作的影响	9
第三节 柴油机油的品种和质量	28
第二章 柴油机油的添加剂	40
第一节 润滑油添加剂的用途、组成及一般性能	40
第二节 润滑油多效添加剂的作用机理	51
第三节 粘度添加剂及降凝剂	60
第三章 润滑油及添加剂的试验方法	66
第一节 在实验室装置上评定润滑油	66
第二节 润滑油的马达试验	75
第四章 含添加剂润滑油在柴油机中的应用	87
第一节 润滑油及添加剂在低强力柴油机中的试验结果	87
第二节 润滑油在发动机中的使用期及添加剂的损耗速度	94
第三节 为强力柴油机选用润滑油及添加剂	101
第四节 专用汽缸润滑油	109
结 束 语	114
参考文献	118

第一章 近代柴油机油的品种及质量

第一节 柴油机制造技术的发展前景及

对柴油机油质量的基本要求

柴油机发展的特点是，广泛采用喷气透平增压和改进工作过程，以提高汽缸工作容积的利用率，提高发动机的经济性和降低单位重量。

采用废气涡轮增压进一步强化柴油机的结果，将提高发动机的热强度，因而必须对所用润滑油的质量提出更高的要求。

另一特点是，必需广泛地使用含硫柴油，如果润滑油质量差，会使发动机的大修周期缩短。

因此，为了解决上述柴油机制造发展方向所提出的任务，需要大大提高所用润滑油的质量。

柴油机的热强度 经常与润滑油接触的汽缸活塞组的表面温度，对于润滑油的氧化和热分解速度，亦即对积炭形成，腐蚀及磨损的过程，有着决定性的意义。在活塞侧表面及环槽区的温度愈高，则润滑油受热分解生成积炭和漆膜的过程也愈激烈，其结果是活塞环失去了活动能力，并且活塞的导热性能变差。

发动机的热强度与一系列的结构因素及工作过程的特点（过剩空气系数，冷却方式等）有关。但是，总的说来，热强度随着平均有效压力的增长而增高。

在图 1 中示出了典型的活塞温度分布。

在表 1 中列举了某些型号柴油机的活塞温度的测量结果。

某些型号柴油机的活塞温度

表 1

发 动 机 型 号	温 度, °C	
	活 塞 顶 (最大)	上 活 塞 环 槽 区
Ч8.5/11	255	150—160
Ч10.5/13	225	212
Ч23/30	225—260	220
ЧН18/20	390	240—250
2Д-100	520	256

从这些数据中可以看出, 上述型号发动机活塞顶部最高温度的变动范围很宽。但是, 在上活塞环区的温度不超过 250°C。采用废气涡轮增压通常会稍稍提高活塞的温度。

例如, 当 Ч10.5/13 发动机增压 0.5 大气压时, 活塞顶部最高温度由 225 升至 235—237°C, 而上活塞环区的温度由 212 升至 230°C。

根据中央道路科学研究所的数据, 6Ч23/30 发动机用喷气透平增压的方法从 600 匹马力强化至 900 马力时的活塞温度变化见图 2。

发动机的热强度本来可以用积炭和漆膜生成最多的活塞侧面 (特别是上部压缩环区) 的温度测定数据直接表示。但是, 目前对各种型号柴油机还缺乏系统的温度测定数据; 而现有为数不多的温度测定结果, 由于测定方法不同, 不能将其作可靠的比较。因此, 只能用决定发动机强化程度的参数来表征热强度。

发动机的热强度首先取决于平均有效压力 p_e 。

在比较不同型号柴油机的强度时, 采用表征汽缸工作容

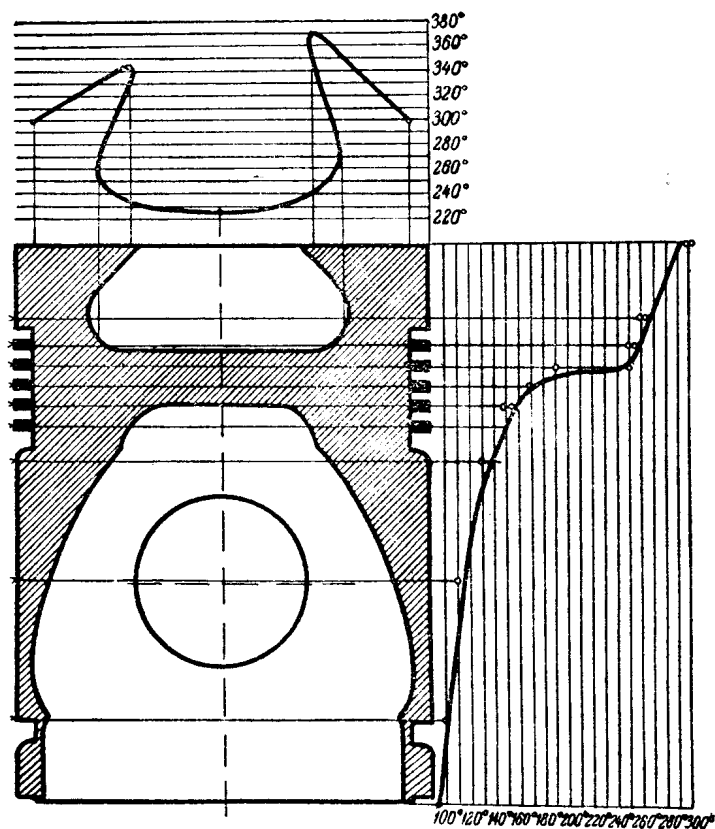


图 1 Q23/30 型柴油机活塞温度分布图
(活塞上具有燃烧室)

积利用率的强化系数 K_{ϕ} 是比较方便的。

$$K_{\phi} = p_e \cdot C_m \cdot z$$

式中 p_e ——平均有效压力，公斤/厘米²；

C_m ——活塞平均速度，米/秒；

z ——冲程系数(四冲程发动机 $z=0.5$; 二冲程发动机 $z=1.0$)。

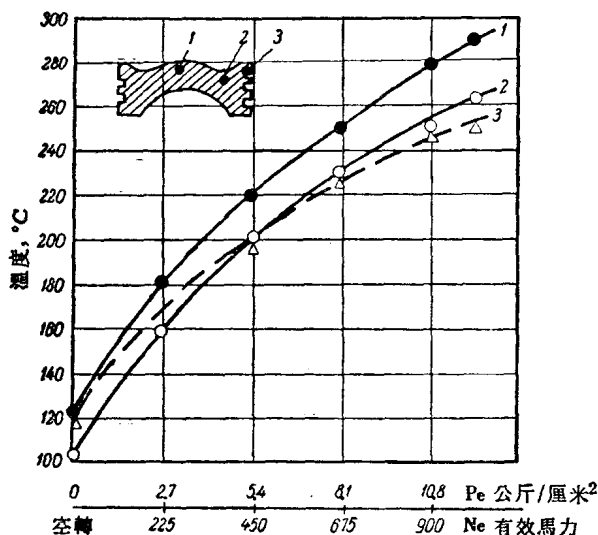


图 2 423/30 型柴油机用增压强化时活塞温度的变化 (1, 2, 3 等数字代表活塞温度测量点)

依靠大大地提高 C_m 来增大 K_ϕ 是不可能的, 因为这受到材料安全系数的限制。

相反地, 应用喷气透平增压来提高 p_e 的可能性很大。根据柴油机制造业的发展远景情况来看, 预计平均有效压力将自 $p_e=5-6$ 公斤/厘米² 提高至以下数值:

对于四冲程柴油机 $p_e=20-25$ 公斤/厘米²

对于二冲程柴油机 $p_e=12-14$ 公斤/厘米²

苏联工业生产的柴油机, 按其强化程度, 可以分为三个大类 (表 2)。

带喷气透平增压的高强力发动机属于第一类，其 K_{ϕ} 值高于50，活塞平均速度 C_m 大于9米/秒，上活塞环区的活塞温度经常高于250℃。属于这一类的有某些专用发动机，和个别高度增压柴油机的头批试制品，现在这些柴油机正处在试验或最终试验阶段。

为了说明此类柴油机，可以援引外国公司的一些现代高强力发动机的参数，例如：

	N_e	n	C_m	p_e	K_{ϕ}
MAH(6ЧН30/50)	1700	400	6.0	20	60
加明斯(ЧН10.5/12.7)	300	3600	15.2	11.4	87
茹里切尔(6Д18/22.5×2)	2750	1000	7.5	12.5	94

很多大批生产的内燃机车和船用的 M-50, 2Д100, Д-50型强力柴油机等属于第二类，这些柴油机的强化系数 K_{ϕ} 在30—50之间，上压缩环区活塞温度约为250℃。

第三组包括 K_{ϕ} 值 < 30 的低强力柴油机。相应的活塞温度通常低于250℃，例如 Ч10.5/13 型柴油机，活塞温度在210—220℃范围内。

含硫燃料的应用 如果战前柴油及润滑油的需求，主要是依靠炼制巴库，格罗兹内以及其它南方地区的低硫原油来满足，那么，在战后五年计划期间内大量增加的柴油机，目前大部分都使用第二巴库，亦即乌拉尔-伏尔加油田原油制取的燃料。如众所知，这种原油的特点是含硫量很高。

自表3中的数字^[46]可以看出，在苏联石油开采工业的总平衡中，乌拉尔-伏尔加油田的石油所占的比重有很大的增长。

从这些数据可见，到1965年，含硫及高含硫石油将占

柴油机按强化程度的分类

表 2

类 别	发动机型式及主要参数						
	型 式	牌 号	发动机的功率 有效 馬力	轉速 轉/分	活塞平 均速度 米/秒	平均有 效压力 公斤/ 厘米 ²	强化 系数 K_{ϕ}
高强度柴油机 ($K_{\phi} > 50$)	专用发动机		—	—	9—12	8—20	50— 100
强力柴油机 ($30 < K_{\phi} < 50$)	12ЧН18/20	ЯАЗ206	900	1650	11.0	7.8	46.2
	6Д108/12.7 10Д20.7		165	2000	8.5	5.3	45.1
	2×25.4	2Д100	2000	850	7.2	6.2	44.6
	12ЧН18/20	М-751	750	1500	10.0	7.7	38.5
	12ЧН18/20	М-601	700	1400	9.35	6.7	31.5
	6ЧН31.8/33	Д-50	1000	740	8.15	7.7	31.4
	8Д43/61	—	2000	250	5.1	5.1	26.0
低强度柴油机 ($K_{\phi} < 30$)	6Д30/50	—	600	300	5.0	4.25	21.2
	6Ч15/18	ЗД6	150	1500	9.0	4.7	21.2
	4Ч14.5/20.5	КДМ-46	93	1000	6.8	6.15	20.5
	4Ч10.5/13	—	40	1500	6.5	5.3	17.7
	6Ч12/14	К-150	80	1500	7.0	5.0	17.6
	4Ч12.5/12.5	Д-14	14	1600	6.7	5.1	17.3
	4Ч12.5/15.2	Д-54	54	1300	6.7	5.0	16.8
	4Ч10.5/13	Д-35	37	1400	6.0	5.8	16.1
	6Ч36/45	—	600	375	5.6	5.2	14.7
	4Ч8.5/11	—	20	1500	5.5	4.8	13.2

烏拉尔-伏尔加区石油开采量的增长, %

表 3

年 份	全苏联总产量	其 中		
		烏拉尔-伏尔加区	南 部 地 区	其 余 地 区
1940	100	6.0	86.4	7.6
1956	100	62.9	27.0	10.1
1965(计划)	100	80	20	

全部石油开采量的80%。因此，原油质量恶化将是石油炼制的特点。

如果在战前柴油中的含硫量平均不超过0.2%，则目前国民经济中使用的大部分柴油机，其中包括汽车拖拉机及内燃机车用发动机，船用及固定式发动机，均燃用含硫量达1.0%的柴油（ГОСТ305—58）。

1959—1965年间，不同含硫量的柴油的产量比例见表4。

低含硫及含硫柴油产量比例，%

表 4

	1959年	1965年
低含硫柴油（含硫量0.2—0.6%）	23.2	50.0
含硫柴油（含硫量0.6—1.0%）	65.7	34.4

用加氢精制法进行燃料的精制脱硫，在我国规模还很有限。今后精制（低含硫的）燃料的生产将会有所增长，而含硫量高的（0.6—1.0%）燃料的相对使用量将会逐渐减少（见表4）。

但是，在最近几年，消费者不得不面对这样一个事实，即必须广泛使用含硫燃料及润滑油。

如众所知，应用含硫燃料会增加磨损和积炭的形成。以东部含硫原油制取的润滑油替换巴库润滑油，也会使发动机中漆膜及积炭沉积物量增加。因此，要在柴油机中使用含硫燃料而又保持必要的发动机大修周期，只有使用含有足够有效的添加剂的润滑油才有可能。

延长发动机的大修周期，亦即延长两次大修之间的使用

期，首先必须降低主要摩擦对在使用条件下的磨损。

在必需广泛使用含硫燃料的情况下，延长发动机的大修周期是一件特别困难的任务。因为含硫燃料的燃烧产物会增加磨损和积炭形成，并且加速润滑油的老化过程。

要延长发动机的大修周期，应当改善零件的制造质量，选择耐磨材料，应用热处理，保护层及燃料添加剂，以及提高所用润滑油的质量来解决。

降低润滑油的消耗 柴油机制造业和石油炼制工业面前的另一个重要的任务是，降低柴油机油的消耗。

现在，柴油机油的平均消耗量达到了燃料消耗量的4.5—5.0%，超过了美国的润滑油平均消耗量。

柴油机油的消耗由以下方面构成：1）润滑油的燃烧损耗；2）用新鲜润滑油替换废润滑油时的损耗。润滑油的质量对于润滑油在发动机中的燃烧损耗影响较小，因为，任何石油润滑油，只要处于汽缸筒上部，与高温气体——燃料燃烧产物接触，必将发生深度热分解，亦即烧尽。润滑油的燃烧损耗首先取决于发动机的状态。

表5中列出了布鲁相切夫(Н.В.Брусянцев)^[5]的关于润滑油在ГАЗ-51发动机中的燃烧损耗与技术状态的关系数据。

柴油机制造业发展远景计划规定把船用、固定式及移动式柴油机的润滑油平均消耗量降低至燃料消耗重量的3.0%，而汽车柴油机下降至2.5%。

降低润滑油的消耗量可以通过以下几种途径：1）改善润滑油的质量；2）提高润滑油的稳定性和改善过滤方法（过滤器，离心式滤清器），以延长润滑油在发动机中的使用期；3）废润滑油的再生。

表 5

不同技术状态的 ГАЗ-51 发动机中润滑油的燃烧损耗量

发动机的状态	润滑油平均燃烧损耗量		
	克/小时	合新发动机中燃烧损耗量的%	合燃料消耗量的%
业經磨損	258.0	408	3.11
业經磨損, 更換活塞及环后	171.0	272	2.07
新的	63.1	100	0.76

提高潤滑油的质量（改善粘溫性能，浮游性和热氧化安定性）可以降低燃烧損耗，并延长潤滑油在发动机中的使用期。

因此，研究了近年来柴油机制造工业的发展趋向，即提高发动机热强度，延长大修周期，应用含硫燃料和降低潤滑油消耗，就可以得出了結論，必須大大提高国产潤滑油质量。提高潤滑油质量，如上所述，既可以通过改善基础潤滑油质量，也通过选用适当的添加剂来达到。現代优质潤滑油的质量較高，首先是因为在其中加有添加剂。这些添加剂能保証获得发动机使用上所要求的指标。因此，近年来，对于各种型式的发动机在添加剂的研究、选择和試驗方面，在研究其作用机理，及制訂添加剂的技术要求等方面，給予了很大的注意。

第二节 柴油机油的主要理化性质及其 对发动机工作的影响

潤滑油的主要作用是減少摩擦損失，并減小发动机零件或机构的摩擦表面的磨損。

此外，潤滑油还有許多其它的作用，例如：防止发动机

的腐蚀，从工作表面将热量导出。润滑油在发动机的高温零件上形成积炭及漆膜的倾向应当最小，同时必须具有足够的热氧化安定性，在使用条件下，能长期保持原来的组成和性质。

为了使润滑油起到应有的作用，它必须满足一定的技术要求。对于某些型式的发动机，给润滑油制定出类似的要求还有一定的困难，因为我们所知道的润滑油质量评价方法还不够完善，一般只有在长期台架试验或使用试验之后，才能最终判断这种类型的润滑油是否适用。

如上所述，现代润滑油的性质决定于基础油的性质和用以改善某些指标的添加剂的影响。所以，本章首先介绍基础油的主要性质，而不涉及到各种类型添加剂的影响的问题。这个问题将在下面几章中加以研究。

润滑油和任何其他石油产品一样，是由很多结构不同的烃类构成的混合物。润滑油的物理化学性质，完全取决于其中所含烃类的组成和结构。

润滑油的化学组成，又取决于原料的本性，以及所用的石油炼制和润滑油精制工艺。因此，要对各种用途的润滑油的质量提出现实的技术要求，必须对其生产方法、主要理化性质及其对使用条件的意义有一个基本的概念。

润滑油的生产 润滑油是在石油蒸馏时切取相应的产品并加以精制而取得的。润滑油按其生产方法，可以分为馏分润滑油、残渣润滑油和混合润滑油。大多数低粘度润滑油，如车用机油、机器油等都是馏分润滑油。残渣润滑油是蒸馏低胶质的石油时所获得的高粘度残渣油，经专门的精制而得的。大部分润滑油是用馏分润滑油和残渣润滑油调合而成的。

潤滑油的生产是在常減压装置中进行的。汽油、煤油和柴油自石油中餾出以后所剩下的重油，在装置的減压蒸餾部分切取潤滑油餾分，同时获得用以制取残渣潤滑油的渣油（半渣油）。

潤滑油按其精制方法可大致分成酸接触精制潤滑油和选择精制潤滑油两类。

用硫酸处理时，可除去潤滑油中有害的胶质化合物和瀝青质。

潤滑油經硫酸精制以后，还經過碱洗和白土接触处理。

由胶质含量很高的石油中制取潤滑油，需用大量硫酸进行精制，产品收率很低，因而不經濟的。因此，对于这种潤滑油可用另外一种精制方法即脫瀝青法。脫瀝青就是用液体丙烷处理潤滑油。油溶解在丙烷內，而瀝青质和大部分胶质沉淀出来。

选择性溶剂的作用是基于它能溶解潤滑油的某些组分。这些选择性溶剂有酚、糠醛、硝基苯等。

被选择性溶剂精制过的那部分潤滑油称为提余物。它主要由烷烴、环烷烴及某些芳烴組成。在抽出物中，亦即在被溶剂抽出的那一部分里，含多环烴、环烷酸、胶质、瀝青质，以及其它含氧化合物。

对含有大量石蜡的潤滑油，由于其凝固点較高，应当进行脫蜡。脫蜡是应用溶剂和将潤滑油冷却到足够低的温度，使结晶的石蜡析出。

餾出油的产率及其餾程，取决于原料石油的本性，和所欲获得的潤滑油的用途。如 10 号車用机油、Д-11 柴油机油，这些潤滑油的餾程通常都在 300—330 到 520—530°C（已换算成常压）。

当分馏轻质比-恩伯石油时，重油的产率约占石油的50%，润滑油馏分的总产率约占进入到减压装置中的重油数量的63—65%。

粘度 或称液体的内摩擦，它是润滑油最重要的性能，它决定是否能在摩擦的表面形成牢固的油膜和是否能使间隙得到密封。

动力粘度的单位是“泊” (пз)，它等于液体中面积为1厘米²、彼此相距1厘米的两层，在1达因力的作用下，以1米/秒的速度作相对位移时所产生的内摩擦。

泊的因次为达因·秒/厘米²，或克/厘米/秒。

动力粘度与液体密度的比值称为运动粘度。运动粘度的单位是“沱” (см)，其因次为厘米²/秒。沱的百分之一称为厘沱 (ссм)。

用不同的粘度计测得的以条件粘度单位表示的粘度称为条件粘度。在苏联以 BY 表示条件粘度，相当于恩格勒粘度。

实践证明，为了保证可靠的润滑，对于活塞速度为7—8米/秒的大多数强力柴油机，必需采用100°C时运动粘度为10—12厘沱的润滑油。对于活塞速度为8—10米/秒的高强力柴油机，则应采用100°C粘度为14—20厘沱的润滑油。

应当指出，力图使用粘度过高的润滑油的想法是不正确的。

正如 H. II. 彼特洛夫关于润滑的液体动力学理论所阐明的摩擦系数 f 可以表示为：

$$f = \eta \frac{V}{hP}$$

式中 η ——润滑油的动力粘度，千克·秒/米²；