

改善潤滑油質量的方法

苏联化学科学博士A·M·庫利耶夫教授著

陈瑞安譯

石油工业出版社



发动机制造业的发展和近况.....	1
潤滑油生产的现状	9
对潤滑油的要求及改善潤滑油質量	
之添加剂的应用	12
1. 潤滑油的安定性和抗氧化添加剂的应用.....	13
2. 潤滑油的粘度性質和粘性添加剂的应用.....	41
3. 潤滑油的抗腐蝕性能和抗腐蝕添加剂.....	44
4. 潤滑油的去垢和分散性質及去垢	
添加剂的应用.....	46
5. 潤滑油的凝固点和降低凝固点的	
添加剂的应用.....	48
6. 潤滑油的潤滑性能和提高潤滑	
性能的添加剂的应用.....	60
潤滑油餾份的单体烃和合成潤滑油	64
1. 潤滑油餾份的烃的合成和性質.....	64
2. 合成潤滑油.....	71
潤滑油烃組成的研究	72

发动机制造业的发展和近况

俄国的发动机制造工业仅在苏维埃政权时期才成为独立的工业部门，并得到了发展。1924年莫斯科汽车工厂及1928年亚洛斯拉夫斯基汽车厂最先开始生产汽车。

苏联的机器制造工业基本上是从第一个斯大林五年计划才开始有计划地迅速发展。

1929年在莫斯科和高尔基城建设了两个规模巨大的汽车工厂，年产载重量为2.5吨的汽车100000辆，3吨的汽车25000辆。

虽然苏联从1924年才开始生产汽车，但是，1938年苏联在生产载重汽车方面已居欧洲第一位和世界第二位。1937年苏联载重汽车的产量已超过英国、德国和法国，而1938年的产量则已超过英国、德国和意大利三国产量的总和。

1940年苏联的工业产品比1913年增长了11倍，而机器制造工业的产品则几乎增长了53倍。

沙皇俄国没有自己的拖拉机制造业。1923年苏联才开始生产拖拉机，而在第二个五年计划末期，苏联的拖拉机制造工业已佔世界第一位。

由于实行了农业集体化，农业机械工业得到了高速的发展。在第二个五年计划末期，苏联的农业机械工业也已居世界第一位。

在苏维埃政权时期，和发动机制造工业发展的同时，金属加工工业也得到了蓬勃的发展。1940年机器制造及金属加工工业的生产规模比1913年约增加了34倍。

近十年来，苏联的发动机制造工业以特别迅速的速度发

展着。在伟大的卫国战争时期，机器制造工业充分地供应了苏联军队以第一流的坦克、飞机、汽车、武器及其它的战争技术装备。在这些年代里，还同时充分地满足了农业对农业机械的需求。

伟大的卫国战争以后，机器制造工业的发展达到了更高的水平。

根据上面所说，我们不难想像，如果国民经济各部门没有新的技术和发动机的装备，也就不可能有所发展。

在第四个五年计划期中，发动机制造工业继续以极大的速度向前发展着。1950年汽车的年产量超过了50万辆，即比1940年增加了2.4倍。

1950年载重汽车的产量比战前增加了2倍，载重量则提高了3倍。现在载重量为12吨的汽车和载重量为45吨的拖车已经试制成功。汽车制造工业已开始生产载重量为30—75吨的汽车。

1950年计划生产“Победа”、ЗИС-110和“Москвич”牌的小汽车65600辆，此计划已超额完成。

第四个五年计划末期，铁路干线所用的蒸汽机车、内燃机车和电动机的生产达到了高度的水平。按照“没有拖拉机制造工业及农业机械制造工业的提高，就不可能恢复和发展农业”的方案，曾拟定了大力发展农业机械制造业的计划，第四个五年计划的这些任务已经胜利地实现了。

上面所列举的一些不完整的数据，已能说明，生产各种不同类型发动机的机器制造工业是以何等巨大的速度在发展着。除了新型发动机的出现及其产量的增长以外，发动机的功率、转速及其它参数也不断地提高着。如果说战前汽车发

動机的平均功率为70—75馬力，轉速为2000—2500轉/分鐘，則新型汽車发动机的平均功率达110—140馬力，而轉速則为2800—3600轉/分鐘或更高。

近年来出现了新式的柴油发动机汽車，並且它們已被广泛地采用。柴油发动机和汽化器式发动机相比較，前者具有較高的功率。

新式柴油发动机汽車的特点，是燃料消耗量小，速度高，載重量大。

航空工业以更高的速度发展着，航空发动机的轉速和功率也在不断地提高。近几年已开始采用功率高于3000馬力的航空发动机。

为进一步提高汽化器式发动机的經濟效率，大大提高了壓縮比。因此，最近出产的高轉速和高功率的汽車，在很大程度上减少了汽油的用量。

苏联汽車的使用-技术簡要性能列于表1中。

應該指出，苏联发动机制造工业基本上是按着將所有運輸工具都改为柴油发动机的方向而发展的。在現有的一切內燃机中，柴油机，特别是高速柴油机具有最高的效率。柴油机汽車也很經濟，因為它們所用的是較便宜和較重的燃料。用这种燃料，可節約25—30%。

因此，汽化器式的汽車发动机、航空发动机、拖拉机发动机及鐵路和水路運輸用的蒸汽活塞发动机不断地被柴油发动机所排挤，就不是偶然的現象了。

苏联的各种发动机制造业的发展速度和社会主义經濟的特点，要求广泛采用柴油发动机。最近几年中柴油发动机的数量預計將增加几倍，显然，這將要求有更多的柴油机潤

苏联汽车使用-技术简要性能

(1933—1953年出产)

表 1

顺序号	汽车牌号	出产日期	汽车类型	发动机类型	座位数或发动机重量 (吨)	最大功率时的曲柄转速 (每分钟)	最大速度 (公里/小时)	燃料消耗量升/100公里 (使用标准)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
輕 型 汽 車									
1	"М скви"	1946	輕 型	四冲程的汽油发动机	4	23	3400	90	9.0
2	ГАЗ-М-20 побела	1946	" "	" "	5	50	3600	110	13.5
3	ГАЗ-М-1	1936	" "	" "	5	50	2200	100	14.5
4	ГАЗ-11-73	1940	" "	" "	5	85	3600	110	17.0
5	ГАЗ-61-73	1941	輕型, 具有超越能力	" "	5	76	3400	100	17.0
6	ГАЗ-67-Б	1943	" "	" "	4	54	2800	90	15.0
7	ЗИМ	1949	" "	" "	6	90	3600	120	18.0
8	ЗИС-101	1956	輕 型	" "	6	110	3200	120	25.5
9	ЗИС-110	1946	" "	" "	7	140	3600	140	27.0
10	ГАЗ-69	1953	輕型, 具有較高超越能力	" "	8或2+50公斤	55	3600	90	10.4③
11	ГАЗ-69-A	1953	" "	" "	5+50	55	3600	90	10.4④

数 量 汽 车

12	ГАЗ-M-415	1939	半载重小型汽车	四冲程的汽油发 动机	8	50	2200	90	14.5
13	ГАЗ-MM	1938	载重的小型汽车	"	1.5	50	2800	70	20.5
14	ГАЗ-51	1946	"	"	2.5	70	2800	70	26.5
15	ГАЗ-410	1936	自卸载重汽车	"	1.2	50	2800	70	21
16	ГАЗ-42	1939	煤气发生器载重 汽车	四冲程的煤气发 动机	1.2	30	2400	50	56公斤(木块)
17	ГАЗ-44	1939	气瓶载重汽车	"	1.2	42	2400	65	22(液化气体)
18	ГАЗ-63	1943	载重汽车	四冲程的汽油发 动机	2.0	70	2800	65	25
19	ГАЗ-93	1949	自卸载重汽车	"	2.25	70	2800	70	26.5
20	ЗИС-5	1933	载重汽车	"	3.0	73	2300	60	34
21	ЗИС-21	1939	煤气发生器载重 汽车	四冲程的煤气发 动机	2.5	45	2300	45	90公斤(木块)
22	ЗИС-30	1941	气瓶载重汽车	"	2.5	73	2400	60	36(液化气体)
23	ЗИС-150	1946	"	四冲程的汽油发 动机	4.0	90	2700	75	35
24	ЗИС-151	1946	载重汽车	"	4.5	92	2700	65	42
25	ЗИС-585	1947	"	"	3.5	90	2700	65	30
26	ЗИС-253	1946	"	二冲程的柴油发 动机	4.0	83	2000	65	34
27	ЯГ-6	1936	"	四冲程的汽油发 动机	5.0	73	2300	40	43.5
28	ЯС-3	1936	自卸载重汽车	"	4.0	73	2300	40	45.5

續 表

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
29	ЯАЗ-200	1947	載重汽車	二冲程的柴油发动机	7.0	110	2000	60	35
30	ЯАЗ-205	1947	"	"	5.0	110	2000	55	35
31	МАЗ-205	1949	自卸載重汽車	"	5.0	110	2000	55	35
32	ЯАЗ-210	1947	載重汽車	"	12.0	165	2000	55	60
33	ЯАЗ-210Г	1947	牽引載重汽車	"	8+45	215	2100	45	50
34	ЯАЗ-210Э	1947	自卸載重汽車	"	10	165	2000	45	65
35	МАЗ-525	1952	"	Д12-А, 四冲程的柴油发动机	25.0	300	1500	30	160
公 共 汽 車									
36	ГАЗ-03-30	1933	公共汽車	四冲程的汽油发动机	17	50	2800	65	20.5
37	ГАЗ-651	1951	"	"	"	70	2800	70	26
38	ЗИС-154	1946	車箱式的公共汽車	二冲程的柴油发动机	14	110	2000	65	56
39	ЗИС-155	1950	"	四冲程的汽油发动机	28	95	2800	65	36

①、②不帶拖車運行時的汽油最低用量。

滑油。

随着各种类型发动机制造业的蓬勃发展，解决机器的摩擦和磨损问题就变得更加迫切了。科学院院士E.A.秋达柯夫特别重视机器零件的摩擦和磨损问题，他认为消除和减少摩擦和磨损是給国民經济带来巨大节约的最重要的问题之一。他指出。虽然机器的摩擦和磨损问题这样重要，但是“这一问题在科学界研究得特别少”……“摩擦和磨损的过程是一个极复杂的物理-化学过程，直到目前，对其本质还不能认为已很清楚”。A.K.索依采夫在他的三卷著作中谈到了机器摩擦和磨损的问题，並阐述了其学说原理。

机器的磨损高对国民經济的节约有很大影响。发动机轴承及其它零件的磨损，是发动机过早停止运转和损坏的原因。因此必须特别重视消除机器的摩擦和磨损的问题。

有很多因素能影响摩擦和磨损的程度，它们使研究、鑑定及消除这些现象变得更加复杂。但是，首要因素还是发动机的构造、制造相互摩擦零件的金属和润滑剂的性能等。因此，为了消除发动机的磨损，必须正确地综合研究一切上述因素。

俄国及苏联的学者在发展世界科学技术，特别是发动机制造业方面有着巨大的贡献。E.A.切列巴诺夫和M.E.切列巴诺夫是俄国第一批蒸汽机车的发明制造者。H.E.茹可夫斯基和C.A.夏勃雷金奠定了现代飞行技术的理论基础，他们是现代空气力学的创始人。B.M.列宁称H.E.茹可夫斯基为“俄罗斯航空之父”。

俄国的学者还解决了喷气技术问题。K.Э.采尔可夫斯基是喷气技术的创始人，他从1883年就开始了这方面的研究。

М.К.契宏拉沃夫說：“任何人的研究題目和結果都沒有К.Э.采尔可夫斯基那样明确。在解决这些問題时，也沒有一个从事星际飞行研究的航空家像К.Э.采尔可夫斯基那样解决得透澈”。

至于柴油机的制造，还在1899年俄国彼得堡发动机制造厂就制造出第一部压缩起火的四冲程发动机，石油、索拉油和煤油均可作为它的燃料。

这是全世界柴油机制造业上的巨大推动力。俄国首先在水陆交通运输上应用了压缩起火的内燃发动机。1903年世界上出现了第一艘装备着压缩起火发动机的輪船。1910年曾在彼得堡为水上运输設計和制造了第一部高速柴油机。俄国还最先为拖拉机制造了高压压缩的发动机。

俄国制造的压缩起火发动机从廿世紀初就开始聞名于全世界。

Н.П.彼得洛夫在铁路事业及潤滑技术理論上有着很大的貢獻，他是潤滑剂流体动力学理論的創始人。十九世紀八十年代初，Н.П.彼得洛夫开始在潤滑技术方面进行大規模的研究，並因而在以后聞名于世界。后来И.Е.茹可夫斯基和С.А.夏勃雷金发展了Н.П.彼得洛夫关于潤滑剂的流体力学的理論。

苏联的学者將苏联的机器制造业举向了世界科学的高峯。虽然苏联机器制造业是以高速向前发展的，但是，現在在設計者和研究者的面前仍然还摆着严肃而巨大的任务，这就是进一步改善发动机的构造及提高其功率和轉速。

此外，如何减少机器的摩擦与磨損也还是一个必須根本解决的重要問題。正确选择具有优良粘度性能及其它性能的潤滑油，是影响机器摩擦与磨損程度的决定性的因素之一。

潤滑油生产的現狀

各工业部門的机械化和新型发动机的出現，要求大大增加高級潤滑油的品种。苏联的发动机是否能連續不断和順利地運轉，决定于潤滑油生产的技术水平及其質量的好坏。

从天然石油制取高級潤滑油有两个方向：1)选择和扩大高品質原油的資源；2)改善蒸餾工艺过程，选择用以精制潤滑油的試剂及溶剂。

由于石油的潤滑油餾份是由各族及各种不同結構的經、膠質、瀝青質和其它化合物所組成的复杂混合物，所以要將潤滑油的理想和非理想組分分开乃是一个极复杂的任务。已經証明，在潤滑油內除去瀝青-膠質以外，还有一些經对潤滑油質量也产生不良影响，如多环环烷經和芳香經及帶有短側鏈的多环經类。具有高熔点的高分子烷經，也是潤滑油中的非理想成分。

对潤滑油來說，理想組分是帶有長側鏈的单环和双环經类。

选择原料时必须考慮到这些情况。但是选择原料並不能完全解决制取高級潤滑油的問題。为此要求有將潤滑油中的非理想組分除去的有效精制方法。

从制取潤滑油來講，各种不同产地的石油大概可分成三組：

- 1)含有少量瀝青-膠質的石油；
- 2)含蜡石油；
- 3)含有大量芳香經及瀝青-膠質的重質石油。

巴庫石油(巴拉罕潤滑油石油，布卓夫宁石油和比比埃巴

輕質石油)被認為是制取多品种潤滑油的最好原料。含蜡石油也是制取潤滑油的好原料。大家都知道,品質最高的MK航空潤滑油是由精选苏拉罕含蜡石油而制得的。但是,加工含蜡石油需要建立昂貴的脱蜡裝置。

阿塞拜疆古比雪夫石油煉制研究所在用含蜡石油(苏拉罕精选石油,苏拉罕普通石油,卡拉秋富尔上統石油,卡林上統和下統石油,比比埃巴含蜡石油,雅瑟曼石油等)制取餾分潤滑油方面进行了許多工作。經過脱蜡和添加抗凝剂后,可以从上述石油中制得餾分潤滑油。但是,添加抗凝剂后所得到的潤滑油仅能用于苏联的南部地区。

为了制取高級潤滑油,阿塞拜疆石油煉制研究所、中央航空燃料及潤滑油研究所和格罗茲內研究所对苏联的許多石油都进行了研究。並且还研究了从含胶質石油中生产潤滑油的問題。阿塞拜疆石油煉制研究所在1931—1934年中所做的研究結果証明,用硫酸深度精制或液态亚硫酸酐精制法,可以从巴庫含胶質石油中(巴拉罕重質油和比諾加金石油)得到質量令人滿意的变压器油及透平油。

上面說过,选择原料的質量基本上可以解决潤滑油生产的問題。但是,任何質量的原料也都要求經過相应的精餾和精制。

选择每一种潤滑油的精制方法和精制深度时,必須注意被精制的原料的性質、加工过程的經濟性和潤滑油的使用条件。

硫酸精制是大家最熟悉的潤滑油餾份精制方法中的一种。虽然此法使用已久,並具有許多缺点,但是,它仍然还是制取潤滑油的最普遍的方法。

此外，潤滑油餾份的聯合精製法（即同時用硫酸精製和利用各種吸附劑——如白土的接觸精製）也獲得了廣泛的採用。

M. J. 布拉格達羅夫和E. A. 吉雅契柯娃在白土研究方面做了很多工作。他們研究了蘇聯許多地區，特別是阿塞拜疆地區的白土。

1915年A. C. 費爾斯曼和B. A. 澤姆亞特欽斯基首先在蘇聯着手尋找本國的白土。1916年A. A. 特瓦爾契烈利澤開始研究格魯茲亞西部所產的白土，1927年布拉格達羅夫在石油產品精製過程中也對這些白土進行了研究。結果證實庫塔依斯附近所產的白土具有極高的活性。

直到現在，蘇聯很多潤滑油精製廠都還採用白土來精製潤滑油。

大約從1930年開始，在石油加工中出現了新的較完善的精製方法，也就是選擇溶劑精製法。A. M. 普特列洛夫最先指出了用選擇溶劑分離石油餾份的可能性。以後，B. B. 馬爾柯夫尼可夫和M. H. 科諾瓦洛夫也發表了這種看法。

早在1902年K. B. 哈利契柯夫就第一次在實踐中用溶劑从重油中分出了潤滑油餾份。

曾經研究過很多物質，如酚、糠醛、硝基苯、二氯乙醚、苯胺、甲酚、液態亞硫酸酐等作為精製潤滑油餾份的溶劑。為了提高溶劑的溶解度及選擇性，常採用混合溶劑。例如為了提高酚和硝基苯的溶解能力，可在其中加入丙酮。

從潤滑油石油的渣油和殘渣中分出瀝青——膠質化合物的最合理方法，是用液態丙烷進行脫瀝青。潤滑油原料經選擇溶劑精製和脫蠟以後，一方面可提高潤滑油的質量，另一

方面將过去不能用于生产潤滑油的石油也能用来制取潤滑油，从而大大扩大了原料的资源。

近年来，按着下述流程用含蜡石油生产潤滑油：从含蜡石油的重油获取沸点至500℃的潤滑油寬馏份及沸点至500℃以上的渣油，潤滑油馏份要经过选择精制、脱蜡及接触精制。

將精制过的潤滑油組份进行調和，就可以获得各种不同品种的潤滑油。

由无蜡石油中制取潤滑油的加工流程与上相同，但不需要经过脱蜡过程。

除去用从石油中制取的矿物潤滑油进行潤滑之外，还采用某些合成产品——有机硅化合物的低凝固点潤滑油及各种酸和醇的酯。

根据制取条件的不同，有机硅化合物可以用作潤滑油、树脂、橡胶和潤滑油的抗泡沫添加剂。有机硅化合物的凝固点低，热稳定性高，粘温曲线平缓。

对潤滑油的要求及改善潤滑油

質量之添加剂的应用

随着发动机的轉速、功率和压缩比的增加，对潤滑油的要求也就日益提高。潤滑油对温度和空气中的氧应具有安定性，生成的积炭、漆膜和沉积物应极少，同时也应具有低凝固点，在低温下应有良好的輸送性和起动性，平缓的粘温曲线，良好的潤滑性能及牢固的油膜。此外，潤滑油不应对发动机零件有腐蝕作用，同时应具有去垢和分散性能。

具有去垢性能的潤滑油 应能降低 漆膜和 沉积物 的生成

量，並能將沉积在发动机零件表面上的积炭洗去。

但是，必須指出，用現有方法加工潤滑油原料時，除了去掉非理想組份以外，還除去了潤滑油中一部分有用的組份。因此，為改善潤滑油質量而採用較深度的精制，並不能得到良好的效果，因為用精制法只能把潤滑油的質量提高到一定的程度。顯然，進一步將潤滑油加以更深度的精制，也不能使其增添在原料中所不具備的性質。

由上述可知，即使是採用完善的精制方法，也不能從天然原油中獲得完全符合現代發動機要求的潤滑油。

為使潤滑油具備原料中所缺少或表現不強的理想性質和恢復在精制過程中由於除去個別組份而消失的一些理想性能，必須在潤滑油中加入一些專門的化合物。這些化合物即使加入量很少，但卻能使潤滑油的質量得到顯著改善。

使用高級潤滑油可以消除機械的腐蝕、摩擦和磨損，並保證發動機能正常運轉，從而使發動機的使用期限延長。高級潤滑油的制取促使着現代發動機的構造愈加趨於完善。

下面將詳細地談一下對潤滑油的各种要求和改善其性質的遠景。

1. 潤滑油的安定性和抗氧化添加劑的應用

潤滑油在發動機連續運轉過程中，需鑑定的最重要性質之一，是它在高溫下的抗氧化安定性。

表示潤滑油品質優良的指標有：高粘度指數；良好的潤滑性能；低凝固點和其它性質。但是，這些指標並不能說明潤滑油在發動機運轉過程中始終不變和能保證發動機的長期運轉。發動機運轉過程中潤滑油性質的改變主要和它的化學

組成，對空氣中的氧及溫度的安定性和發動機的工作條件有關。

由於現代發動機汽缸中的溫度高、壓縮比大、功率高、轉速快、軸承負荷大和其它一些因素，使保證潤滑油在發動機中長期使用的任務更加複雜化。發動機功率的提高使汽缸內的溫度也升高了，結果給潤滑油造成極度苛刻的工作條件。正因為如此，在這種條件下工作的潤滑油的热安定性及氧化安定性就有着決定性的意義。

潤滑油在使用時變壞的原因，是因為它對熱和空氣中的氧的安定性不好。使用時，由於氧的作用而使潤滑油氧化，同時生成各種含氧化合物——酸、醛、酚和醇等。

潤滑油在使用時，其中的各種烴各按其熱安定性而發生不同的變化。因此，在發動機運轉時，潤滑油發生着深刻的化學變化——聚合、烴化、分解、氧化等，結果生成膠質、瀝青質及其它各種化合物。

含氧化合物，特別是酸的生成，是各個零件遭受強烈腐蝕的原因。碳、漆膜、膠質和瀝青質的生成使發動機難於正常運轉。上述化合物沉積在發動機活塞、活塞環、漲圈的溝縫及其它部件上，這也就是活塞漲圈被卡住和破裂的原因。

潤滑油在長期使用過程中，反應生成物使潤滑油質量變壞，粘度增高，結果發動機磨損增加，功率大大降低。

過去，許多外國學者認為潤滑性能、粘度和凝固點是對潤滑油的主要的和有決定性的要求，而對其安定性未加以重視，他們認為改善潤滑油的安定性是次要任務。但是，實踐否定了他們的觀點，提高安定性乃是改善潤滑油質量

的首要和有決定性意義的問題。

世界上最先重視潤滑油的安定性和影響其安定性的因素的是蘇聯學者。

1924—1925年B.Γ.寶切寧和H.A.布特可夫研究了潤滑油安定性的問題，後來，H.A.布特可夫在1926年又對這一問題進行了研究。當時他們指出了天然抗氧化劑在潤滑油氧化過程中的作用，根據他們的見解，石油膠質乃是一種天然的抗氧化劑。將這些膠質完全除去後，所得到的過度精制而安定性低的潤滑油。

以後，H.H.切爾諾茹可夫很重視潤滑油的氧化性問題，他提出根據透平油的安定性來評價透平油的質量。

蘇聯研究工作者寫出了關於潤滑油氧化的第一部巨大著作。1936年H.H.切爾諾茹可夫和C.Э.克列英發表了具有很高價值的一本書“礦物油的氧化性”。

最近，如何提高潤滑油的安定性及改善抗積炭和抗腐蝕性能，已成為保證供給近代發動機以高級潤滑油的決定性問題了。

潤滑油使用時有許多因素對其變壞能發生影響，例如：溫度、空氣中的氧、金屬表面和反應產物的催化作用、發動機的構造及形態、工作條件、速度、負荷、潤滑油的使用時間、由燃料掉進潤滑油中的雜質等。

化學族組成並不能完全說明潤滑油的安定性。潤滑油在工作條件下的安定性決定於其性質、成分中烴的結構、化學安定性和熱穩定性，以及原料的性質和其中是否有各種含硫、含氮、含氧的化合物。

潤滑油成分中各種烴的比例也有很大的意義。例如，在