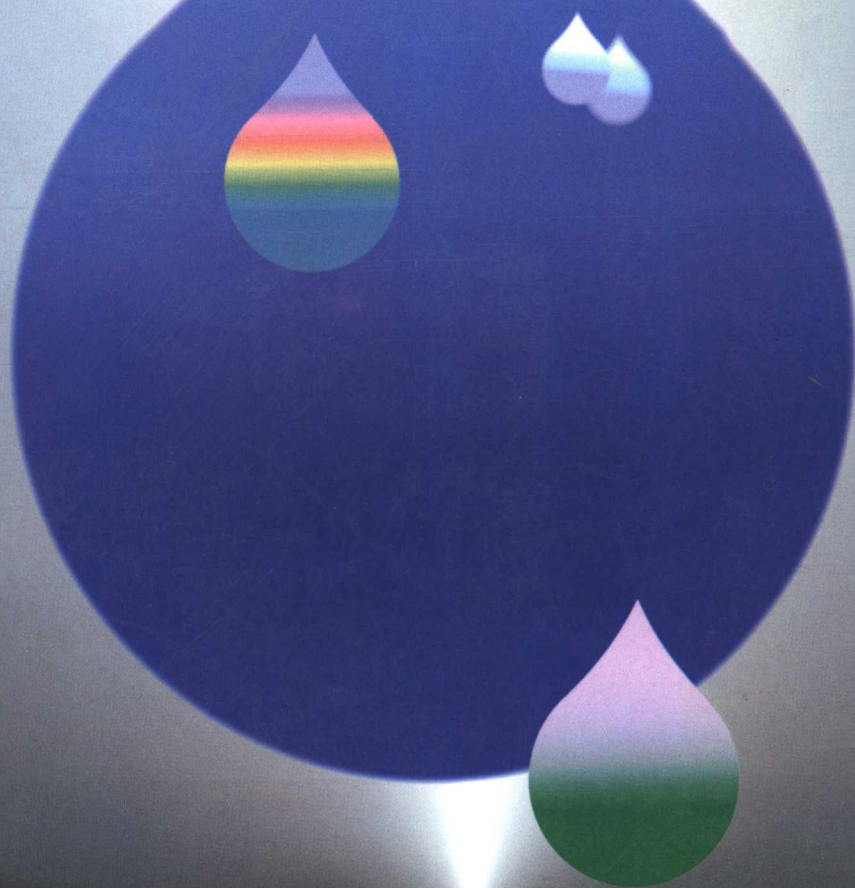


润滑油品研究与应用指南

吕兆岐 谢 泉 主编



中国石化出版社

润滑油品研究与应用指南

吕兆岐 谢 泉 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书共分 17 章, 详细介绍内燃机油、齿轮油、液压油、汽轮机油、压缩机油、金属加工用油、防锈油、热处理油、热传导油及润滑脂等产品的标准、性能、组成、使用特点, 列出了国内外油品品种牌号对照, 对油品使用知识进行了回答, 并且还摘录了我国润滑油产品的分类, 是一本集研究、生产和使用为一体的润滑油理论与实践结合的专著, 也是一本实用性较强的工具书。对从事研究、生产、销售和使用润滑油的各类专业人员均有较大的参考价值, 也是高等院校讲授润滑油知识的有用的参考资料。

图书在版编目 (CIP) 数据

润滑油品研究与应用指南/吕兆岐, 谢泉主编. - 北京:
中国石化出版社, 1997 ISBN 7-80043-676-4

I. 润… II. ①吕… ②谢… III. 润滑油—工业产品—基本知识 IV. TE626.3-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 12746 号

中国石化出版社出版发行

地址: 北京市东城区安外大街 58 号

邮编: 100011 电话: (010) 64241850

海丰印刷厂排版

中国纺织出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

787×1092 毫米 16 开本 31.25 印张 2 插页 800 千字 印 1-3000

1997 年 11 月第 1 版 1997 年 11 月第 1 次印刷

定价: 60.00 元

京工商广临字 318 号

出版说明

1992年曾内部出版过“中高档润滑油系列小丛书”共分17册，分别由16位从事润滑油研究的科技人员参加编写。主要内容为介绍润滑油的分类，每类油品的组成、性能、使用特点等知识，油品的标准、国内外油品对照及使用知识问答。这套小丛书出版后受到了广大读者的普遍欢迎，对从事润滑油品研究、生产人员有较大的参考价值。由于比较详细地介绍了各类油品的使用性能和注意事项，因而对从事油品销售及使用人员搞好油品技术服务和正确地选好油、用好油帮助亦较大。目前这套小丛书已全部售完，许多读者纷纷要求再版，并希望能编写合订本正式出版。近年来，润滑油品又有新的发展，特别是内燃机油、金属加工用油等，国外又推出了许多更高档次的新品种。在产品分类和标准方面也有许多新的变化。根据这些情况，我们决定对原小丛书进行修订，编成合订本，正式出版，奉献给读者。此次修订仍以原作为蓝本，由编者进行全面的补充和修订，既保留原作的风格和概貌，又根据新的发展趋势进行补充，增加较多内容。力图使本书既能反映国内外润滑油品的最新发展趋势，又能更切合实际，给润滑油品的研究、生产、销售、使用各方面人员提供更大的帮助。期望朋友们在读过本书后，在自己的工作岗位上处理有关油品问题能够有所裨益。

参加原小丛书编写的人员有：许汉立、姚文涛、曹敬、仇延生、冯明星、杨大芬、葛文蔚、汪孟言、周金柱、罗东林、黄成岗、周耀华、张二水、王东海、梁红、杨正宇等，在此一并表示谢意。

本书是在原小丛书的基础上，由吕兆岐、谢泉同志进行补充、修订改编而成。

由于编者水平有限，疏漏和错误的地方在所难免，欢迎读者不吝指正。

编 者

目 录

第一章 内燃机油	1
第一节 内燃机润滑系统	1
第二节 内燃机油的作用	2
第三节 内燃机油的性能	4
第四节 内燃机油的组成	6
第五节 内燃机油的分类	7
第六节 内燃机油的应用	24
第七节 国内外内燃机油产品对照表	33
第八节 问题与解答	34
第二章 船舶用油	42
第一节 船用润滑油概况	42
第二节 我国船舶使用船用油情况	44
第三节 船用油特性和主要技术指标	48
第四节 问题与解答	53
第三章 车辆齿轮油	61
第一节 概述	61
第二节 齿轮的润滑	62
第三节 车辆齿轮油的组成	64
第四节 车辆齿轮油的性质	70
第五节 车辆齿轮油的规格	73
第六节 车辆齿轮油的应用	78
第七节 问题与解答	82
第四章 工业齿轮油	91
第一节 工业齿轮的润滑特点	91
第二节 工业齿轮油的性能特点	92
第三节 工业齿轮油的分类及产品标准	93
第四节 各类工业齿轮油的适用范围	104
第五节 工业齿轮油生产厂家	104
第六节 国内外工业齿轮油产品对照表	105
第七节 问题与解答	106
第五章 液压油(液)	114
第一节 液压油(液)概述	114
第二节 液压油(液)的分类及其品种规格	115
第三节 液压系统对液压油(液)的要求及正确选用	127

第四节	液力传动油(液)概述	132
第五节	液力传动油(液)的分类	136
第六节	液力传动油(液)的功能及系统对其性能的要求	137
第七节	液压油(液)国内外产品对照表	139
第八节	问题与解答	146
第六章	汽轮机油	151
第一节	汽轮机油的分类	151
第二节	对汽轮机油的要求	153
第三节	汽轮机油标准	155
第四节	汽轮机油的保管、维护及选用	172
第五节	问题与解答	175
第七章	压缩机油	179
第一节	压缩机的结构特点及对油品的要求	179
第二节	空气压缩机油的特性及其使用性能	181
第三节	气体压缩机及无污染压缩机用油要求	185
第四节	压缩机油标准	187
第五节	中国石化总公司系统内的生产单位	196
第六节	压缩机油包装储运使用注意事项	196
第七节	国内外压缩机油对照表	197
第八节	问题与解答	197
第八章	冷冻机油	206
第一节	压缩式制冷和制冷压缩机	206
第二节	冷冻机油的工作原理	207
第三节	冷冻机油的性能要求	207
第四节	冷冻机油的生产	211
第五节	冷冻机油品种和标准	213
第六节	冷冻机油的选择	224
第七节	冷冻机油的使用和管理	225
第八节	问题与解答	226
第九章	真空用油脂	234
第一节	概述	234
第二节	机械真空泵油	235
第三节	蒸汽喷射真空泵油	249
第四节	真空润滑与密封油脂	259
第五节	问题与解答	263
第十章	切削液	266
第一节	概述	266
第二节	切削液产品分类及组成	271
第三节	切削液的排放标准及安全性问题	278
第四节	问题与解答	282

第十一章	金属成形润滑剂	294
第一节	概述	294
第二节	金属加工润滑剂的分类	294
第三节	金属成形的加工工序类别及润滑剂的介质状态	296
第四节	金属成形润滑剂的作用及性能	298
第五节	金属加工润滑剂产品规格标准	306
第六节	金属成形润滑剂的管理	310
第七节	问题与解答	312
第十二章	轴承用润滑油	317
第一节	概述	317
第二节	轴承油 (L-FC 型)	318
第三节	主轴油 (L-FD 型)	324
第四节	油膜轴承油	327
第五节	包装储存使用注意事项	334
第六节	国内外轴承油和主轴油产品对照表	335
第七节	问题与解答	336
第十三章	电器绝缘油	342
第一节	概述	342
第二节	绝缘油的作用	342
第三节	绝缘油的主要性能	345
第四节	绝缘油的产品标准	346
第五节	国内外变压器油对照表	355
第六节	问题与解答	356
第十四章	热处理油	365
第一节	概述	365
第二节	热处理油及其评定方法	365
第三节	热处理油特性及应用	368
第四节	国内外热处理油对照表	385
第五节	问题与解答	385
第十五章	防锈油脂	392
第一节	防锈油脂的作用及调配	392
第二节	防锈油脂的使用方法	396
第三节	国内外防锈油脂的分类与标准	397
第四节	防锈油脂的评定	414
第五节	问题与解答	417
第十六章	热传导液 (油)	422
第一节	热传导液 (油) 发展概况	422
第二节	热传导液 (油) 的性能及评定	424
第三节	热传导液 (油) 的分类和标准化	426
第四节	热传导液 (油) 的选择	427

第五节	热传导液(油)的报废及其包装储运	429
第六节	国内外热传导液(油)产品对照及性能	430
第七节	问题与解答	438
第十七章	润滑脂	444
第一节	概述	444
第二节	润滑脂的分类及制备	448
第三节	润滑脂性能	450
第四节	润滑脂品种及特性	455
第五节	润滑脂的使用和保管	462
第六节	国内外润滑脂对照表	468
第七节	问题与解答	475
附 录		482
一、	润滑剂和有关产品(L类)的分类	
第1部分:	总分组(GB 7631.1-87)	482
二、	润滑剂和有关产品(L类)的分类	
第2部分:	H组(液压系统)(GB 7631.2-87)	484
三、	润滑剂和有关产品(L类)的分类	
第3部分:	E组(内燃机)(GB 7631.3-89)	484
四、	润滑剂和有关产品(L类)的分类	
第4部分:	F组(主轴、轴承和有关离合器)(GB 7631.4-89)	485
五、	润滑剂和有关产品(L类)的分类	
第5部分:	M组(金属加工)(GB 7631.5-89)	486
六、	润滑剂和有关产品(L类)的分类	
第6部分:	R组(暂时保护防腐蚀)(GB 7631.6-89)	487
七、	润滑剂和有关产品(L类)的分类	
第7部分:	C组(齿轮)(GB 7631.7-89)	488
八、	润滑剂和有关产品(L类)的分类	
第8部分:	X组(润滑脂)(GB 7631.8-90)	488
九、	润滑剂和有关产品(L类)的分类	
第9部分:	D组(压缩机)(GB 7631.9-92)	488
十、	润滑剂和有关产品(L类)的分类	
第10部分:	T组(汽轮机)(GB 7631.10-92)	489
十一、	润滑剂和有关产品(L类)的分类	
第11部分:	G组(导轨)(GB/T 7631.11-94)	490
十二、	润滑剂和有关产品(L类)的分类	
第12部分:	Q组(热传导液)(GB/T 7631.12-94)	491
十三、	金属加工液在不同机械加工使用场合的代号表示	491
十四、	按使用范围划分的金属加工液	492

第一章 内燃机油

第一节 内燃机润滑系统

内燃机润滑油简称内燃机油，亦称马达油、发动机油和曲轴箱油。内燃机油以石油或合成油为原料，经加工精制并使用各种添加剂调制而成。

内燃机油是内燃发动机重要的匹配润滑材料，广泛用于汽车、内燃机车、摩托车、施工机具、船舶等移动式与其它固定式发动机中。内燃机油是润滑油中用量最多的一类，约占润滑油总量的 50% 左右。

现代内燃机有一套完整的润滑系统。它是由油底壳、润滑油泵、粗滤器和细滤器所组成。润滑油通过管道、油泵的强制循环或通过飞溅等方法，被送到各个摩擦部位，以保证发动机的正常润滑和运转。四冲程发动机主要采用飞溅式和压力式；而二冲程发动机则采用混合润滑式。

1. 飞溅式

在飞溅润滑系统中，连杆带动曲轴旋转将润滑油从油底壳飞溅到曲轴箱的上部。当每次活塞到达下止点时，连杆下部的油匙浸入曲轴箱润滑油中，将润滑油溅起。飞溅式润滑系统大多用在小型四冲程发动机上。

2. 压力式

现在汽车发动机都是采用压力式润滑系统进行润滑的。一种典型的汽车发动机压力润滑系统见图 1-1。在压力润滑系统中，发动机的许多零部件是在压力下（由机油泵供给润滑油）进行润滑的。由机油泵来的润滑油要通过一个滤清器，然后进入油管（或一个钻孔的集油头、油槽或油道）。润滑油从主油道流到主轴承、凸轮轴承和液压气门挺杆。主轴承有供油孔或油槽，将润滑油再输送到曲轴内钻孔的通道中，润滑油就是经过这些孔道流到连杆轴承的。气缸壁是由连杆轴承甩出而溅起的润滑油进行润滑的。

在顶置气门式发动机中，润滑油在压力下输送到气缸盖上的气门机构中。

为使二冲程发动机零件得到润滑，将润滑油预先混入到燃油中或使用直接混合，可根据启动、行驶条件自动调节混合比例。当空气和润滑油与燃油的混合油雾进入到曲轴箱时，由于燃油的挥发性强而蒸发，空气和燃油的混合气将润滑油送入气缸。虽有部分润滑油随同

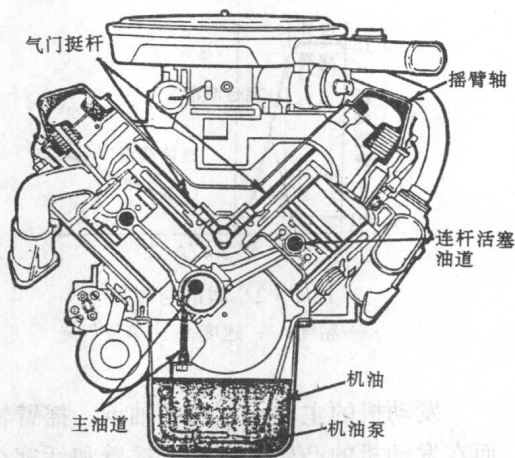


图 1-1 压力式润滑系统

空气燃油混合气一起而烧掉，但还有足够的润滑油留下来，从而使发动机运动部件表面保持有润滑油膜，而得到充分润滑。

摩托车采用的二冲程发动机，是将润滑油输送到化油器。在这些发动机中，润滑油不预先与汽油混合，而是与进入到化油器中的空气燃油混合气混合。该系统可根据工况计量供给润滑油，以保证发动机在全部工况下都能得到充分润滑。

第二节 内燃机油的作用

为了保证内燃发动机的正常运转，有良好的燃料经济性、较低的摩擦磨损以及较长的使用寿命，内燃机油应具如下的作用。

1. 润滑与减摩作用

发动机运转时的重要摩擦部件有曲轴与主轴瓦、连杆与连杆轴瓦、活塞环与缸套、凸轮与挺杆等。上述摩擦部件接触面以高速相对运动，为了减少这些部件磨损和摩擦引起的功率损失和摩擦热，需在接触面间使用润滑油，以保持摩擦副的正常运动。

汽油机一般有 7% 的燃料能量消耗在摩擦损失上，其中活塞环与缸套间的损失占 3% 左右。柴油机有 10% 左右的燃料能量消耗在摩擦损失上。在直喷式柴油机中，活塞环与缸套的损失约占 6%~7%。发动机的全部摩擦损失是机械有效功率的 30% 左右。因此，改善摩擦副的润滑状态，减少摩擦损失，对提高发动机的燃料经济性至关重要。

发动机摩擦副的润滑状态是与负荷、运动速度和油品粘度有关。随负荷增大，运动速度降低，润滑油粘度减小，润滑状态由流体润滑进入混合润滑，继而达到边界润滑，见图 1-2。润滑状态示意如图 1-3。

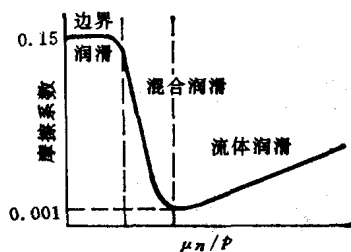


图 1-2 润滑与摩擦

μ —粘度； n —速度； p —单位负荷

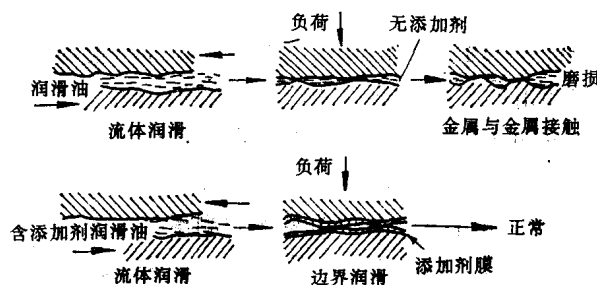


图 1-3 润滑示意图

发动机的主轴承、连杆轴承、摇臂轴承和活塞销处的润滑，一般都处于流体润滑状态。而在发动机的凸轮、挺杆、摇臂和活塞往复运动上下止点处都是处在边界润滑状态。边界润滑是在很小面积上承受重负荷，单位负荷有时可高达 1.379GPa。通常在内燃机油中加入添加剂以保持极薄油膜的边界润滑状态，减少发动机部件出现金属与金属接触的干磨损。发动机活塞—气缸壁润滑状态见图 1-4。

2. 冷却发动机部件作用

燃料燃烧后产生的热能，不能全部转变为机械能。一般内燃机的热效率只有 30%~40%，其余部分除消耗于摩擦外，还使内燃机发热和通过排气而进入大气。燃料燃烧热量消

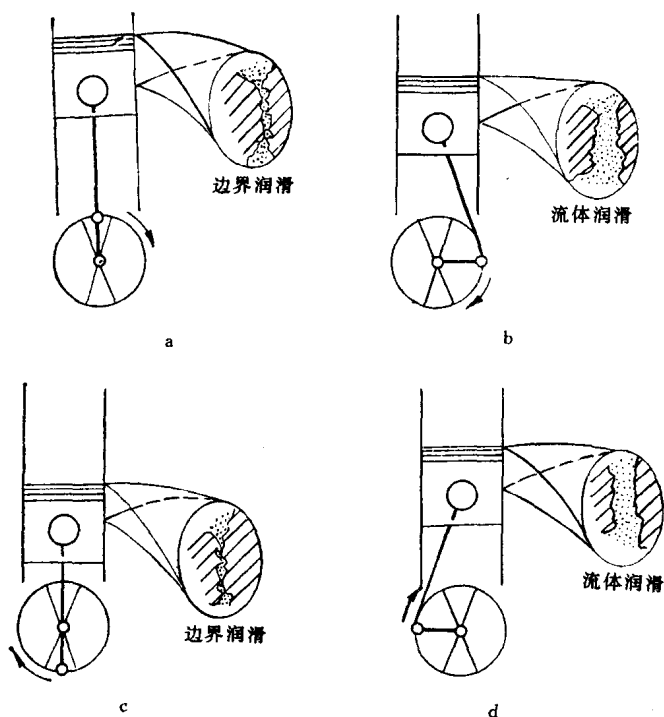


图 1-4 四冲程发动机活塞—气缸壁润滑状态示意图

a—上止点区；b—向下冲程中；c—下止点区；d—向上冲程中

耗分布如图 1-5 所示。

很多人认为冷却发动机只是通过冷却系统带走热量。事实上，冷却系统只冷却了发动机的上部——气缸盖、气缸套和配气系统，冷却系统大约带走 60% 的热量；而主轴承、连杆轴承、摇臂及其轴承、活塞和其它在发动机下部的部件主要由内燃机油来冷却。所有这些部件都有规定的使用温度上限，使用中不能超过。这些部件都要足够润滑油来冷却。为了达到充分冷却作用，曲轴箱内油面不低于油尺的下限。

3. 密封燃烧室作用

活塞环与缸套、活塞环与环槽之间都有一定的间隙，而且金属表面有微小的凹凸不平。如果活塞运动时，间隙得不到密封，燃气就会通过间隙窜入曲轴箱内，燃烧室就会漏气，使燃烧室压力降低，从而降低了发动机的功率。活塞环本身不能完全防止燃气的泄漏。而内燃机油在活塞往复运动时能充满间隙凹凸不平处，起密封作用。当有些地方油膜较薄，通常小于 0.025mm 厚度时，就不能很好地防止环与环槽或缸套的磨损。在这种情况下，机油消耗因窜气而增加。对于新检修的发动机，机油消耗较高，直至这些凹凸不平处被磨光，使机油能密封住燃气为止。

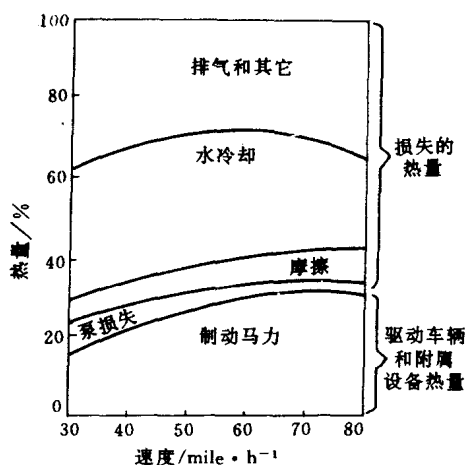


图 1-5 燃料燃烧热量消耗分布

1mile = 1609.344m

4. 保持润滑部件清洁作用

内燃机油能防止油泥和漆膜的沉积, 保护零部件的清洁。发动机在低温工作时, 通常容易生成油泥。油泥这种沉积物是由冷凝水、聚集在曲轴箱内的灰尘、油的变质产物和不完全燃烧产物结合而形成的。油泥状物质开始颗粒很小, 虽然机油滤清器不能滤去, 但在发动机的摩擦副中, 油泥颗粒小于油膜厚度。因此, 只要保持很小颗粒和在油中分散得好, 不会招致磨损和其它危害。然而, 油在使用过程中由于油泥量增加, 使其互相结合成为大颗粒, 因此堵塞油路, 破坏正常供油。

曲轴箱内生成油泥的速度与发动机运转状况有关, 如发动机启动、粘环、富气、滤清器有灰尘、熄火时都能使油中的油泥量积聚加速。

现代的内燃机油中都加有清净分散添加剂, 这些物质能使油泥和其它污染物分散成很细小的颗粒, 悬浮在油中, 从而保持发动机部件的清洁。

在发动机关键部件上不允许有过量的油泥和漆膜沉积物。油泥沉积在油泵的滤网上, 破坏正常供油量, 其结果会加快零部件的磨损。活塞环积聚漆膜会发生粘环, 影响发动机功率的发挥。生成的油泥堵塞油环, 使气缸壁上的润滑油过多地被刮掉, 其结果使油耗增加。

内燃机油对生成的油泥、漆膜以及磨损的金属、空气带进的尘埃等具有清洗作用, 并将其带走, 经过粗、细滤清器, 将有害物质除去, 从而保证发动机的正常运行。

5. 防锈和抗腐蚀作用

发动机的腐蚀来源于水、酸、空气和润滑油的氧化产物。这些有害物质能促使活塞环、缸套和轴瓦金属的腐蚀。水来源于燃料的燃烧产物, 硫酸是燃料中硫的氧化产物, 盐酸和氢溴酸是含铅汽油铅携出剂的燃烧产物。

内燃机油在发动机的润滑过程中, 由于温度、空气、金属等影响, 自身也会氧化生成具有腐蚀作用的酸性物质。

对于锈蚀来说, 水是个主要因素。每升燃料在发动机里燃烧生成 1 升以上的水。在寒冬发动机冷启动, 虽然大多数水以蒸汽形式排出, 但仍有一些水凝结在气缸壁或经过活塞环进入曲轴箱, 由于水的作用而使发动机部件生锈。

内燃机油具有防锈和抗腐蚀作用。在内燃机油中加入具有防腐和防锈作用的添加剂, 使油品具有中和酸和增溶酸的能力, 以及油品抗氧化和防锈能力, 从而使内燃机油具有良好的防锈和抗腐蚀作用。

第三节 内燃机油的性能

1. 粘度和粘温性能

粘温性能是内燃机油的重要性能之一。内燃机油的粘度主要决定于低温启动的最大粘度。粘度大的油流动不好, 使启动后摩擦表面长时间得不到充分润滑, 磨损会增加。一般要求发动机低温启动温度在 $-5 \sim -30^{\circ}\text{C}$, 粘度在 $6000 \sim 3250 \text{mPa}\cdot\text{s}$ 范围。同时内燃机油的粘度也取决于在高温高剪切下 (150°C , 10^6s^{-1}) 能保持油膜的最低粘度, 一般不小于 $3.5 \text{mPa}\cdot\text{s}$ 。粘度太小, 油膜容易破坏, 密封作用不好, 机油耗量增大, 同时还产生磨损。

内燃机油的粘度要求兼顾到有较好的高温和低温粘度, 即油品应具有较好的粘温性能。润滑油的粘温性能以粘度指数表示。粘度指数高, 粘度随温度变化而变化较小, 见图 1-6。在使用中发动机各润滑部位工作温度差别相当大, 从大气温度到 300°C , 因此要求内燃机油

具有良好的粘温性能。内燃机油单级油粘度指数一般在 90~105, 多级油粘度指数在 120~180 之间。

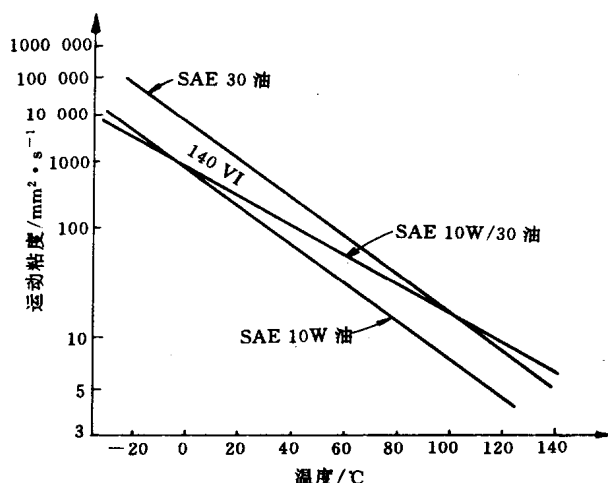


图 1-6 内燃机油粘-温图

发动机启动性的难易不仅决定于电池和点火条件、合适的燃料挥发度和空气燃料比,而且也决定于内燃机油的流动性。如果内燃机油在启动温度下太粘稠,它将使运动部件滞动,使发动机曲轴转动达不到启动的转速,而启动不了。

决定油品启动性能的是油品的粘度。油品粘温特性是很重要的。粘温性能好的油品,如多级油它能保持满意的启动、正常的油循环和高温下保持发动机不被磨损。

2. 清净分散性能

清净分散性好的内燃机油能抑制氧化胶状物和积炭的生成,并能将其悬浮在油中,使其不易沉积在润滑机件上。而且对沉积在机件上的沉积物能洗涤下来,悬浮在油中。最后通过滤清器把它除掉,这样就减少活塞上漆膜和积炭生成倾向。

清净分散剂是通过胶溶 (Peptizing) 作用、增溶作用 (Solubilization) 和酸中和作用来抑制或减少各种内燃机油沉积物的。

① 胶溶作用主要是指清净分散剂吸附于烟灰、积炭和油泥表面使其不致聚集,而保持分散、胶溶或悬浮状态,从而抑制或减少它们形成沉积物的倾向。

金属清净剂吸附于较小颗粒 (0~20nm) 上形成长链烃基的吸附膜防止凝聚。

无灰分散剂的作用在于分散剂分子与颗粒 (0~50nm) 键结合成厚膜防止凝聚。

② 增溶作用主要是指它们可使润滑油氧化及燃料不完全燃烧所生成的非油溶性胶质增溶解于油内。一般认为是由无灰分散剂与上述非油溶性胶质形成胶团,即分散剂分子将胶质包围在胶团内。

③ 酸中和作用有两方面。其一为中和润滑油氧化和燃料不完全燃烧所生成的酸性氧化产物或酸性胶质,使其失去活性,变为油溶性,而难以再缩聚成为漆膜沉积物。其二为中和含硫燃料燃烧后生成的 SO_2 、 SO_3 及其后生成的硫酸,以抑制其促进氧化生成沉积的作用。

内燃机油的清净分散性是一个综合的复杂性能。以上 3 方面的作用机理基本上概括了清净分散剂的主要作用。

3. 抗氧化性能

内燃机油在使用条件下,由于温度、空气以及金属的催化作用,油品往往容易氧化变

质。油品氧化后生成酸性化合物，易腐蚀发动机机件。氧化产物又将进一步氧化缩合生成大分子胶质和沥青物质，使油品粘度增大影响正常使用。在油品配方中使用二烷基二硫代磷酸锌（ZDDP）及其他抗氧剂来改善内燃机油的抗氧化性能。

在高温操作中，机油中烃类化合物与空气中的氧结合生成各种复杂的物质。这些物质由于发动机的烘烤最终变成一种硬树脂状，类似漆膜的物质从油中析出。

现代发动机油从 3 方面提高油品的抗氧化性能，生成最少的漆膜。

- ① 改进炼制工艺，从油中除去原料油中能生成漆膜的物质。
- ② 小心选择抗氧剂（化学添加剂），阻止或延缓氧化进程。
- ③ 选用清净分散剂，能在很大程度上减少胶质和漆状物在发动机主要部件上积聚。

4. 抗磨性能

内燃机油的抗磨性与油品的粘度与粘温性能、清净分散性以及抗腐蚀等性能有关。影响抗磨性能的主要因素是在发动机工作条件下，润滑油在金属表面保持油膜能力，良好的润滑性能保证机件的可靠润滑，避免机件的磨损。否则发动机负荷增大时，油膜被破坏，从而造成干摩擦，引起机件摩擦表面的磨损和擦伤，甚至出现烧结。

第四节 内燃机油的组成

内燃机油由基础油和各类添加剂组成。

1. 基础油

可以使用天然原油和蜡裂解烯烃合成油以及酯类油等基础油，目前 90% 以上都用天然基础油。以石蜡基大庆油基础油为例，经常使用 150SN、500SN 和 150BS 等轻质、中质、重质基础油，其主要性能见表 1-1。

表 1-1 大庆油基础油理化性质与组成

项 目	150SN	500SN	150BS
粘度/mm ² ·s ⁻¹			
40℃	29.18	96.64	269.04
100℃	5.09	10.71	33.56
粘度指数	101	96	103
闪点（开口）/℃	213	249	317
倾点/℃	-10	-12	-14
残炭/%	0.009	0.065	0.57
酸值/mgKOH·g ⁻¹	0.0056	0.011	0.022
苯胺点/℃	100	109.5	125
硫含量/%	0.014	0.103	0.087
氮含量/10 ⁻⁶	25	303	—
组成/%			
环烷烃	26.8	23.5	—
链烷烃	60.7	62.1	—
芳 烃	11.5	14.1	—
胶 质	1.3	2.0	—

此外，还使用环烷基基础油及某些中间基基础油来调配内燃机油。

2. 添加剂

内燃机油中使用的添加剂有清净分散剂、抗氧抗腐剂、抗磨剂、无灰抗氧剂、防锈剂、粘度指数改进剂、降凝剂和抗泡剂等，通常做成复合剂加入内燃机油中使用。

① 清净分散剂包括金属清净剂和无灰分散剂两类。前者的作用能抑制油品生成沉积物，并对发动机部件上的沉积物有清洗作用。后者的作用主要与油泥、氧化产物颗粒键结合成厚膜防止沉积在发动机部件的表面上。

② 抗氧抗腐、抗磨剂绝大多数使用二烷基二硫代磷酸锌（ZDDP），根据其组成不同，有的抗氧性好些，有的抗磨性好一些。

③ 粘度指数改进剂的作用主要是改善基础油的粘温性能，提高油品的粘度指数。

④ 防锈剂有磺酸镁、磺酸钠等，由于防锈剂形成保护膜或中和酸，从而防止金属表面锈蚀。

⑤ 降凝剂通常使用烷基萘、聚甲基丙烯酸酯、聚 α -烯烃等，它们能降低油品的凝点，保持油品低温下的流动性。

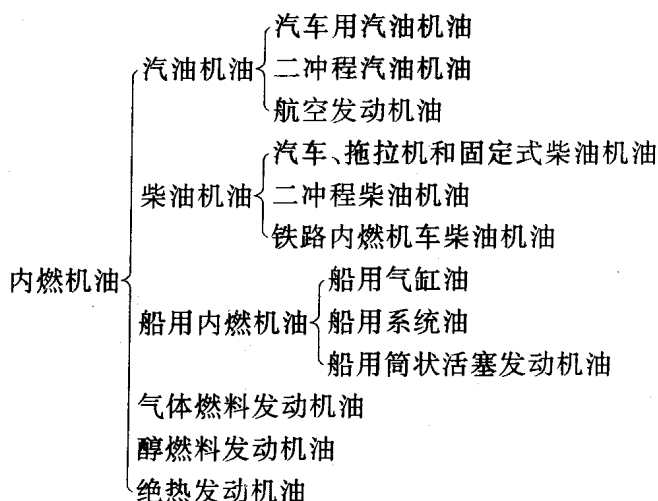
⑥ 抗泡剂有硅油、丙烯酸酯等，加入抗泡剂能减少曲轴箱内机油起泡沫。

内燃机油添加剂配方随着基础油的类型和化学组成的变化而变化，添加剂复合配方中添加剂品种和用量，也随之改变，因此常有多种内燃机油配方。

第五节 内燃机油的分类

1. 内燃机油按用途分类

内燃机油按用途分类如下：



但用于上述各类内燃机的润滑油，又是严格按照质量等级和粘度等级分类的。只有弄清内燃机油这些分类的依据和性能要求，才能正确选用和使用这些润滑油品。

2. 内燃机油粘度分类

美国 SAE 的粘度分类几经修改。修改后的 SAE J300 APR 1991 年 4 月取代原有的粘度

分类，见表 1-2。冷启动模拟机（CCS）仍将用于测低温启动性。泵送性除了用微型旋转粘度计外（MRV），还可采用 BROOKFIELD 粘度计。由于低温现场使用问题，SAE 5W 和 SAE 10W 润滑油还需采用 7 天稳定的倾点试验。

我国内燃机油粘度分类采用美国 SAE J300 APR 91 粘度分类。

表 1-2 SAE J300 APR 91 粘度分类

SAE 粘度级	在以下温度最高 粘度/（mPa·s）	泵送极限最高温 度/℃	最高稳定倾点/℃	100℃粘度/mm ² ·s ⁻¹	
				最 小	最 大
0W	3250（-30℃）	-35	—	3.8	—
5W	3500（-25℃）	-30	-35	3.8	—
10W	3500（-20℃）	-25	-30	4.1	—
15W	3500（-15℃）	-20	—	5.6	—
20W	4500（-10℃）	-15	—	5.6	—
25W	6000（-5℃）	-5	—	9.3	—
20	—	—	—	5.6	<9.3
30	—	—	—	9.3	<12.5
40	—	—	—	12.5	<16.3
50	—	—	—	16.3	<21.9
60	—	—	—	21.9	<26.1

3. 内燃机油质量分类

美国汽油机油和柴油机油 API 质量分级以及美军内燃机油规格见表 1-3、表 1-4 和表 1-5；欧洲汽油机油和柴油机油质量分类见表 1-6、表 1-7、表 1-8 和表 1-9。

表 1-3 美国汽油机油 API 分级

等 级	使 用 对 象	油 品 性 能
SA	一般低负荷汽油机与柴油机	不含添加剂或只加降凝剂与抗泡剂
SB	中负荷汽油机	加入某些抗氧化剂与抗磨剂
SC	用于 1964~1967 年生产的汽油车	加入清净分散剂与抗氧抗腐剂
SD	用于 1968~1971 年生产的汽油车	具有更好的减少低温油泥与防锈性能
SE	用于 1972 年以后生产的汽油车	具有更好的高温抗氧化及抗低温油泥性能
SF	用于 1980 年以后生产的汽油车	具有比 SE 更好的抗氧化及抗磨性能
SG	用于 1989 年以后生产的汽油车	具有比 SF 更好的分散性及抗氧化性能，也要求 CC 性能
SH	用于 1989 年以后生产的汽油车	具有比 SF 更好的分散性及抗氧化性能，也要求 CC 性能

表 1-4 美国柴油机油 API 分级

等 级	使 用 对 象	备 注
CA	轻负荷柴油机	符合 MIL-L-2104A 军用规格, 也可用于低负荷汽油机
CB	中负荷柴油机	符合 MIL-L2104A 补充的军用规格使用高含硫柴油 (1%)
CC	用于低增压柴油机及 SC 级汽油机	符合 MIL-L-2104B 军用规格
CD	用于高增压柴油机	符合 MIL-L-45199 军用规格
CD-II	用于二冲程增压柴油机	也符合 CD 要求
CE	用于 1983 年后重负荷高增压柴油机	也用于要求 CD 的柴油机
CF-4	用于要求 CD 和 CE 油柴油机	1K 代替 1G2 台架评定

表 1-5 美军规格与 API 质量等级

美军规格 MIL-L-	类 别	相当 API 质量等级
2104C	作战部队车辆用油	CD/SD
2104D		CD、CD-II/SF
2104E		CD、CD-II/SG
2104F		CF-4/SG
46152C	后勤部队车辆用油	SF/CC
46152D		SG/CC
46152E		SG/CC/CE-II
21260E	储备车辆用油	SG/CF-2
46167C	极寒地区车辆用油	SG/CF

表 1-6 欧洲 CCMC 汽油机油分类

汽 油 机 油	机 应 美 国 API	附 记
G1	SE	低粘度油, 半合成 5W-X
G2	SF	
G3	SF	
G4	SG	
G5	SG	低粘度油, 半合成 5W-X

表 1-7 欧洲 CCMC 柴油机油分类

柴 油 机 油	相 应 美 国 API	附 记
D1	CC/SE	柴油小轿车用油 柴油小轿车用油
D2	CD/SE	
D3	CD ⁺	
D4	CE	
D5	CE ⁺	
PD I	—	
PD II	—	