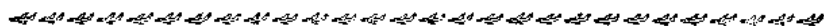


第3章 润滑油脂

张晨辉 唐德松[⊙]



$$K = \frac{1.216T_B}{d}$$

第1节 润滑油

(一) 润滑油的制备过程

目前使用得最多的润滑油是以石油馏分为原料生产的，通称为矿油类润滑油。制取这类润滑油的原料充足，价格便宜，质量也较好，并且可以加入适当的添加剂提高其质量，因而得到广泛的应用。

较为常用的润滑油生产流程如图3-1-1所示。

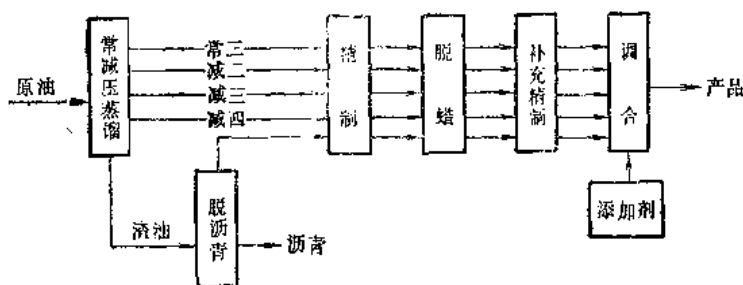


图3-1-1 润滑油生产流程图

然而，并不是所有的石油都适宜作为生产润滑油的原料，润滑油生产在很大程度上受到原油本身的烃类组成及其物理化学性质的限制。通常我们总是选择能从中提炼出质量高而收率大的石油馏分作为原料。

下面将润滑油制备的几个主要过程简单介绍如下：

1. 原油的分类和组成

(1) 原油的分类 原油的组成比较复杂，通常利用原油的几个与化学组成有直接关系的物理性质作为原油分类的基础。常用的分类方法有特性因数分类法和关键馏分特性分类法。

1) 特性因数分类法 特性因数 K 为

式中 K ——特性因数；

T_B ——石油馏分的平均沸点 (K)；

d ——相对密度，15.6°C/15.6°C。

K 值为12.9~12.15，则为石蜡基原油； K 值为12.1~11.5，则为中间基原油； K 值为11.45~10.5，则为环烷基原油。

特性因数分类法应用较久，比较简单，但不够确切。

2) 关键馏分特性分类法 用原油简易蒸馏装置，将原油在常压下和减压下蒸馏出两个馏分：馏程为250~275°C的馏分为第一关键馏分；馏程为395~425°C(常压)的馏分为第二关键馏分。测定两个关键馏分的相对密度，查表3-1-1可决定两个关键馏分的属性为石蜡基、中间基或环烷基。再查表3-1-2，可将原油分为七类，即：石蜡基、石蜡—中间基、中间—石蜡基、中间基、中间—环烷基、环烷—中间基、环烷基。关键馏分特性分类法是一种较新的分类法，可以确切的说明原油的特点。

表3-1-1 关键馏分与相对密度的关系

关键馏分	石蜡基	中间基	环烷基
第一关键馏分	d_{4}^{20} 在 0.8210 以下 $K > 11.9$	d_{4}^{20} 在 0.8210~0.8562 之间 $K = 11.5 \sim 11.9$	d_{4}^{20} 在 0.8562 以上 $K < 11.5$
第二关键馏分	d_{4}^{20} 在 0.8723 以下 $K > 12.2$	d_{4}^{20} 在 0.8723~0.9305 之间 $K = 11.5 \sim 12.2$	d_{4}^{20} 在 0.9305 以上 $K < 11.5$

注：1. d_{4}^{20} 为馏分在20°C下的密度与4°C时标准物质的密度比，即相对密度。
2. K 为特性因数。

⊙ 本章第1节、第2节由张晨辉编写，第3节由唐德松编写。

表3-1-2 关键馏分的特性关系

编号	轻油部分的类别	重油部分的类别	原油类别
1	石蜡	石蜡	石蜡
2	石蜡	中间	石蜡-中间
3	中间	石蜡	中间-石蜡
4	中间	中间	中间
5	中间	环烷	中间-环烷
6	环烷	中间	环烷-中间
7	环烷	环烷	环烷基

此外，还可按原油中的硫含量进行分类，

低硫原油 含硫 $<0.5\%$

含硫原油 含硫 $0.5\% \sim 2.0\%$

高硫原油 含硫 $>2.0\%$

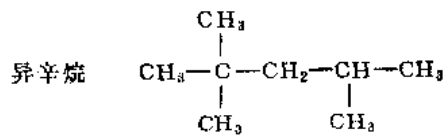
(2) 石油馏分的化学组成 世界各地所产的石油不尽相同，但无论何种原油，其主要成分都是碳(C)氢(H)两种元素。在石油中，碳氢两种元素的总含量达 $95\% \sim 99\%$ ；同时，还有少量的硫(S)、氧(O)、氮(N)元素，还有一些极微量的元素如氯、碘、磷、砷、钠、钾、钙、铁、镍、钒等。

石油是极为复杂的混合物，上述元素都是相互以不同形式结合成碳元素的化合物(习惯上称为有机物)存在于石油中。通常，把碳氢化合物简称为烃。

石油及其产品基本上是由烷烃、环烷烃和芳香烃等烃类组成。

1) 烷烃 是石油的主要成分，有直链的正构烷烃和带支链的异构烷烃两种结构，如：

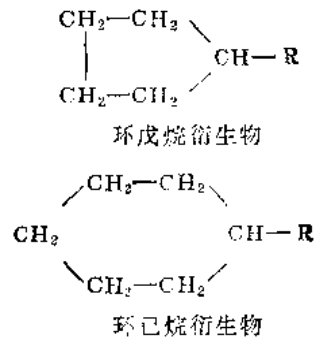
正辛烷 $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$



在常温下， CH_4 到 C_4H_{10} 为气体， C_5H_{12} 到 $\text{C}_{16}\text{H}_{32}$ 为液体， $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$ 以上为固体。正构烷烃的熔点比较高，是碳原子数目相同的各族烃中熔点最高者，分子量较大的烷烃低温时会结晶析出，称为蜡，蜡会影响润滑油的流动性。异构烷烃的熔点比正构烷烃低。一般说来分支越多、越长则熔点越低，所以它是润滑油中的良好组分。

2) 环烷烃 环状化合物，分五碳环和六碳环。润滑油中的环烷烃多带有烷基链，即是烷烃的衍生

物，如：



环烷烃分子中的环数可以是单环也可以是多环。长侧链的环烷烃是润滑油的良好组分，多环环烷烃的粘温性不好，环烷烃的粘度随环数的增加而迅速增加。

3) 芳香烃 是具有苯核结构的烃类。芳香烃一般都带有烷基侧链，有时还带有环烷环。芳香烃的数目在 $1 \sim 4$ 之间，如 C_6H_6 (苯)为单环芳烃(也叫轻芳烃)，双芳烃叫中芳烃，三环及三环以上的芳烃叫多环芳烃。

少环长侧链的芳烃具有良好的粘温性，是润滑油的理想组分。多环芳烃和环烷芳香烃易氧化生成胶质和沥青质，是润滑油的不理想组分。

4) 润滑油馏分中的非烃组成 除了烃类以外，馏分中还存在着一些含氧、硫、氮等元素的化合物以及由这类化合物高度缩合而成的胶质、沥青质。胶质和沥青质是一些相对分子量很大、结构复杂的稠环化合物。两者的区分仅在于能溶解它们的溶剂不同。胶质溶于石油醚和苯，相对分子量约为 $600 \sim 800$ ，通常是深色的粘稠液体或半固体，溶在油中能使油的颜色变深。沥青质不溶于石油醚，但溶于苯和二氧化碳、四氯化碳，相对分子量约为 2000 ，颜色深黑，是脆的黑色粉末。

(3) 润滑油馏分的化学组成与其主要使用性能的关系

1) 化学组成与流变性的关系 润滑油的流变性可以用其粘度、粘温特性和低温流动性来衡量，与馏分的沸点范围(即分子量大小)和化学组成有直接关系。各类烃类的流变性如表3-1-3所示。

低温流动性差的组分，如多环短侧链的环状烃，当温度降低时其粘度急剧增大，低温流动性显然不好；而如正构烷烃和有正构长侧链的环烷烃，虽然其粘温特性好，但本身熔点高，在低温下从油中结晶析出，从而使油品在低温下丧失流动性。

表3-1-3 化学组成与流变性的关系

烃类	粘度	粘度特性	低温流动性
正构烷烃	小	最好	差
异构烷烃	小小	好	好
少环长侧链的环烷烃和芳香烃	大	较好	好
多环短侧链的环烷烃和芳香烃	最大	最差	差

2) 化学组成与抗氧化性的关系 烃类是一种比较稳定的化合物。在常温下或不太高的温度下, 它们并不能直接与空气中的分子氧发生反应。但是, 如果受高温或光照照射使某些(哪怕数量极少) 烃分子发生氧化反应, 其他烃分子也就会跟着发生链锁的氧化, 这就是烃类氧化链锁反应的特点。

① 烷烃的氧化 在较高温度下, 烷烃的氧化产物是低分子量的醇、醛、酮、羧酸或羟基酸等含氧化合物。深度氧化时, 以上氧化物还可能进一步氧化成羧酸和羟基酸的缩合物胶状沉淀。

② 环烷烃的氧化 环烷烃氧化时, 会导致环破裂生成羧酸或醇(酮)酸。并进一步生成内酯, 再聚合成高分子量的聚醚。

这类高分子聚合物成为胶状沉淀, 悬浮在油品中, 当其沉淀在被润滑机件的表面时, 就逐渐形成粘着性很强, 并且很坚韧的漆膜把机件粘着在一起。

③ 芳香烃的氧化 芳香烃氧化的产物为酚。深度氧化时则生成高度缩合的稠环化合物如胶质、沥青质等。

由于苯环容易失去氢原子, 引发链反应的活泼自由基就会首先与芳香烃反应, 生成稳定的芳香烃自由基而使链反应中断。在此, 芳香烃起到了防止烷烃和环烷烃氧化的天然抗氧剂的作用。

但是, 芳香烃(由其是多环重芳香烃)的流变性极差, 且容易生成胶质和沥青质, 因而要在精制时除去多环芳香烃。

④ 胶质的氧化 胶质具有一定的抗氧化作用, 但是它自身氧化后, 容易产生沉渣。特别是它的存在有抑制抗氧剂的作用。所以, 胶质应在精制时除掉。

⑤ 油中的氧大部分存在于胶质中, 只有少量的氧以环烷酸的形式存在, 它们都不是润滑油的理想组分。

⑥ 油中的硫一部分在胶状物质中, 一部分存在于芳香烃中, 含硫芳香烃也是天然的抗氧剂。

⑦ 油中氮化合物对抗氧性的影响还不很明确, 但油品氧化后变黑与氮化合物的存在有关。

3) 润滑油的合理组成 从上述分析可看出, 要制取高质量的润滑油, 必须:

① 按粘度要求选取合适的石油馏分。制取高粘度的润滑油选取沸点较高(即“较重”)的馏分, 制取低粘度的润滑油可选取沸点较低(即“较轻”)的馏分。这可以通过常减压蒸馏来取得。

② 馏分选定后, 应除去其中的多环短侧链的环状烃和胶质、沥青质等非理想组分, 以提高馏分的粘温特性和抗氧性, 可以利用溶剂精制达到目的。

③ 再根据对油品凝固点的要求, 除去馏分中高熔点的烃类, 包括全部正构烷烃和部分带有长正构侧链的单环环状烃, 可以通过脱蜡改善油品的低温流动性。

石油馏分按以上加工步骤制得的油品叫基础油。

2. 常减压蒸馏

生产润滑油的原油既经选定, 可利用原油中各种组分存在着沸点差这一特性, 通过常减压蒸馏装置从原油中分离出各种石油馏分。

常减压蒸馏装置可分为初馏塔部分、常压部分及减压部分, 其流程示意图如图3-1-2所示。

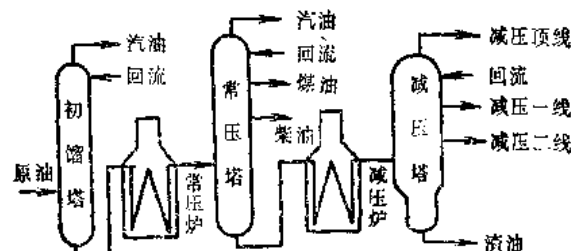


图3-1-2 常减压蒸馏流程示意图

经常压塔蒸馏, 蒸出沸点在 400°C 以下的馏分, 常压蒸馏只能取得低粘度的润滑油料。因为原油被加热到 400°C 后, 就会有部分烃裂解, 并在加热炉中结焦, 影响润滑油质量。

根据外压降低, 液体的沸点也相应降低的原理, 利用减压蒸馏来分馏高沸点($350\sim 500^{\circ}\text{C}$)、高粘度的馏分, 但还有一些重质润滑油料在减压塔中也难以蒸出, 留在减压渣油中, 这部分油料需要去掉其中含有的胶质、沥青质才能进一步加工。

3. 溶剂精制

溶剂精制是用溶剂提取油中的某些非理想组分来改变油品的性质，经过溶剂精制后的润滑油料，其粘温特性、抗氧化性等性能都有很大改善。

工业上采用的溶剂有酸酐、酚、糠醛和甲酚等。

溶剂精制的基本原理是，利用溶剂对油中非理想组分的溶解度很大，对理想组分的溶解度很小的特性，把溶剂加入润滑油料中，其中非理想组分迅速溶解在溶剂中，将含有非理想组分的溶液分出，其余的就是润滑油的理想组分，通常把前者叫做提取油或抽出油，后者叫做提余油或精制油，溶剂精制的作用相当于从润滑油原料中抽出其中非理想组分，所以这一过程也叫溶剂抽提或溶剂萃取。

精制润滑油的溶剂应具备以下性能：1) 选择性好，即溶剂对润滑油原料中非理想组分应有足够的溶解度，而对理想的润滑油组分溶解度很小。

2) 相对密度大，使抽出油和精制油有一个较大的相对密度差，便于分离。3) 沸点低，以便溶剂的回收。4) 稳定性好，加热后不易分解变质，不与原料油发生化学反应。5) 毒性和腐蚀作用小。

溶剂精制的主要工艺条件：1) 溶剂用量，常以溶剂比表示（即溶剂油比）。一般说，溶剂用得越多，溶剂比高，精制效果就好，但精制过深，也会把润滑油中的理想组分去掉，而且使装置加工能力降低，润滑油收率降低，经济上不合理。通常，润滑油馏分普通精制溶剂比为1.1~1.5:1，深度精制溶剂比为1.7~2.5:1。2) 抽提温度，即抽提塔内的操作温度。随着操作温度的升高，溶剂的溶解能力增大而选择性下降。当温度超过一定值（这一温度叫做临界溶解温度）后，溶剂与油完全互溶，这时抽出液与精制液就无法分开，达不到精制的效果。通常抽提温度应低于临界温度10℃左右，并使塔顶和塔底有一定的温度梯度，以使溶剂有足够的溶解能力和较好的选择性，以保证精制油的收率高，含理想组分多，质量好。

4. 溶剂脱蜡

为使润滑油在低温条件下保持良好的流动性，必须将其中易于凝固的蜡除去，这一工艺叫脱蜡。脱蜡工艺不仅可以降低润滑油的凝点，同时也可以得到蜡。所谓蜡就是在常温下（15℃）成固体的那些烃类化合物，其中主体是正构烷烃和带有长侧链的环状烃， C_{16} 以上的正构烷烃在常温下都是固体。

脱蜡的方法很多，目前常用的办法是冷榨脱蜡、溶剂脱蜡和尿素脱蜡。

最简单的脱蜡方法是冷榨脱蜡，即把精制油（或馏分原料）冷却到所要求的温度，使蜡从油中结晶析出，然后用压滤机把油与蜡分离开。这样得到的油的凝固点通常等于或略低于过滤时的温度。但是，这一方法只能适用于柴油和轻质润滑油，对大多数较重质的润滑油是不适用的。因为较重质的润滑油原料粘度大，低温时变得更为粘稠，蜡的呈粒细小，很不易过滤，使油蜡不能彻底分开，达不到脱蜡的目的。

溶剂脱蜡是利用一种在低温下对油溶解能力很大，而对蜡溶解能力很小并且本身低温粘度又很小的溶剂稀释原料，使蜡能结成较大晶粒，使油因稀释而粘度大为降低，这样就给油蜡分离创造了良好条件。

溶剂脱蜡的具体方法是往原料里加入少量溶剂或不加溶剂的情况下冷冻使蜡开始结晶，然后在逐渐降温的同时分批加入溶剂以稀释蜡-油糊状物，使蜡能形成较大的晶粒，在冷却到指定温度后再加入足够的溶剂稀释，使油溶液的粘度降低到利于过滤的程度，然后，用过滤机滤去溶液中的蜡，在溶剂回收塔中从滤液中蒸去溶剂，即可得到凝固点合乎要求的脱蜡油。由于溶剂多少总会溶解一些蜡，因此所得油品的凝固点是略高于溶剂过滤时的温度，这个温度的差别叫做脱蜡温差。

脱蜡溶剂应具备如下特性：

- (1) 选择性好，即在脱蜡温度下，对蜡的溶解度小，对油的溶解度大。
- (2) 析出的蜡结晶好，易于用机械方法过滤。
- (3) 沸点比油、蜡均低，以便蒸发分离回收。
- (4) 与油、蜡不起化学反应。
- (5) 凝点低、低温粘度小。
- (6) 腐蚀性和毒性小。目前广泛采用的溶剂是酮-苯混合溶剂。其中酮可用丙酮、甲基乙基酮、甲基异丁基酮；苯类为苯和甲苯。一般轻馏分润滑油脱蜡溶剂的组成是：丙酮：苯：甲苯 = 40:40:20；重馏分、残渣润滑油脱蜡溶剂的组成是：丙酮：苯：甲苯 = 30:50:20。通常，溶剂和油的比例为1~5:1。

此外，较为常用的脱蜡方法还有尿素脱蜡。其

基本原理是利用尿素能够和石蜡—正构烷烃、支链较少的异构烷烃、长正构侧链的环状烃生成络合物，而与油不起任何反应的这一性质，将油与络合物分离，达到降低凝固点的目的。

5. 丙烷脱沥青

石油经减压分馏后，仍有一些分子量很大、沸点很高的烃类不能气化分馏出来而残留在减压渣油中，这些烃是制取高精度润滑油的良好原料。

渣油中除了这些高分子量的烃以外，还含有大量胶状物质（沥青质和某些高分子多环的烃类）。因此，为了取得这部分高精度的原料，必须将其与沥青质、胶质分开，这个加工步骤叫做渣油脱沥青。

常用的脱沥青方法是丙烷脱沥青法。这种方法就是用丙烷把渣油中的烃类提取出来，即利用液态丙烷在其临界温度附近对沥青的溶解度很小，而对油（烷烃、环烷烃、少环芳香烃）溶解度大的特性来使油和沥青分开。丙烷的临界温度为96.81℃，临界压力为4.2MPa，其沸点与外界压力的关系如表3-1-4所示。

表3-1-4 丙烷沸点与外界压力的关系

外界压力 (MPa)	0.1	0.47	0.83	1.26	2.1	3.1	4.2
沸点 (°C)	-42.06	0	20	40	60	80	96.81

所谓临界温度，就是指把液体加热到这一温度以上时，外界压力无论增大到多大也不再能阻止液体沸腾转变成蒸气，与临界温度相对应的外界压力就叫做临界压力。

在丙烷的临界温度以下接近临界温度的区域内，液体丙烷对油和沥青的溶解能力均随温度的升高而降低。但是，对沥青的溶解能力降低得快，而对油的溶解能力降低得慢。因此，在这一温度范围内的某一温度下，油在丙烷中的溶解度远远大于沥青的溶解度。

丙烷脱沥青也是一个抽提过程，主要工艺条件是溶剂比和温度。一般，溶剂比约为3~7:1（丙烷/原料）；抽提塔顶部温度约为80℃，底部温度约为43℃；塔内压力为3.2~3.8MPa。

丙烷脱沥青的效果可以用脱沥青后的油的残炭值来衡量，渣油中沥青质脱除得越彻底，所得脱沥青油的残炭值越低。一般，作为优质润滑油原料的轻脱沥青油，残炭值要求在0.7%以下，而重脱沥青油

的残炭值可在1.3%以下。

经过丙烷处理得到的脱沥青油和其他馏分油一样，要进行精制和脱蜡。

6. 白土精制

经过溶剂精制和脱蜡后的油品，其质量已基本上达到要求，但一般总会含少量未分离掉的溶剂、水分以及回收溶剂时加热所产生的某些大分子缩合物、胶质和不稳定化合物，还可能从加工设备中带出一些铁屑之类的机械杂质。为了将这些杂质去掉，进一步改善润滑油的颜色，提高安定性，降低残炭，还需要一次补充精制。常用的补充精制方法是白土处理。

白土精制是利用活性白土的吸附能力，使各类杂质吸附在活性白土上，然后滤去白土以除去所有杂质。方法是在油品中加入少量（一般为百分之几）预先烘干的活性白土，边搅拌边加热，使油品与白土充分混合，杂质即完全吸附在白土上，然后用细滤纸（布）过滤，除去白土和机械杂质，即可得到精制后得基础油。

白土处理的温度不应超过300℃，最低不要低于100℃。一般，处理高粘度油品时，操作温度应该高一些；而处理低粘度油品时，温度则可以低一些。油品加入白土后要经过约30分钟时间的接触以后再过滤，以便杂质能充分吸附在白土上。

为了保证精制效果，活性白土应能满足下述质量要求：1）活性高，吸附能力强。2）粒度适宜，一般采用筛分为200目的白土。3）含水量适当。试验证明，当含水量在10%~25%时，白土吸附能力最高。

7. 润滑油加氢

润滑油加氢是生产润滑油的一种新工艺，即通过催化剂的作用，润滑油原料与氢气发生各种加氢反应，其目的是1）除去硫、氧、氮等杂质，保留润滑油的理想组分；2）将非理想组分转化为理想组分，从而使润滑油质量得到提高；3）同时裂解产生少量的气体、燃料油组分。

由于润滑油加氢工艺的发展，使一些含硫、氮高，以及粘温性能差的润滑油劣质原料也可以生产优质润滑油。

润滑油生产中所用的加氢方法大致分为三类：即加氢补充精制；加氢处理（或叫加氢裂化）和加氢降凝。

（1）加氢补充精制 加氢补充精制后的油

品,其颜色、安定性和气味得到改善,对抗氧剂的感受性显著提高,而粘度、粘温性能等变化不大,并且油品中的非烃元素如硫、氮、氧的含量降低。

油品的色度和安定性主要取决于油品中所含的少量稠环化合物和分子不饱和化合物。加氢时,这类化合物中的部分芳环变成环烷或开环,不饱和化合物则变为饱和化合物。这样就能使油品的颜色变浅,安定性提高。含有硫、氮、氧等非烃元素的润滑油在使用中会生成腐蚀性酸,加氢时,这类元素会与氢反应生成 H_2S 、 NH_3 、 H_2O 等气体从油中分离出来,因而使产品质量提高。

加氢补充精制的产品收率比白土精制收率高,没有白土供应和废白土处理等问题,是取代白土精制的一种很有前途的方法。

(2) 加氢处理(或叫加氢裂化) 加氢处理工艺不仅能改变油品的颜色、安定性和气味,而且可以提高粘温性能,可以代替白土精制和溶剂精制,具有一举两得的作用。

它是在比加氢补充精制苛刻一些的条件下,除了加氢补充精制的各种反应以外,还有多种加氢裂化反应,使大部分或全部非理想组分经过加氢变为环烷烃或烷烃,并转化为理想组分。例如,多环烃类加氢开环,形成少环长侧链的烃,因此加氢处理生成油的粘温性能较好。

(3) 加氢降凝 加氢降凝工艺的操作条件比加氢处理更为严格。润滑油原料在催化剂的作用下发生加氢异构化和加氢裂化反应,使加氢过程不但有精制的作用,并且有使蜡异构化的作用。从而使凝点较高的正构烷烃转化为凝点较低的异构烷烃或低分子烷烃,达到降低凝点的目的。

8. 润滑油品种的开发

有了高质量的润滑油基础组分和添加剂,不等于是能生产出高质量的润滑油。润滑油中各组分的配伍是很重要的,配伍得当可以得到增强的效果,即优于几个添加剂单独使用的效果的总和。配伍不当将会互相抵消添加剂的效果,甚至产生相反的作用。

因此,润滑油的研制实际上是探索基础油和添加剂的最佳组合,并筛选出具有最佳复合效果的添加剂组合和剂量(即产品配方)。润滑油产品的开发通常需经过下述的研制过程。

(1) 可行性研究

1) 资料调查 了解国内外有关方面的研究、

发展情况,作为本项目的参考。

2) 可行性研究 包括进行机械设备制造厂或用户要求的分析研究,市场预测,试验评定手段是否具备,以及经济效益和社会效益的分析,由此决定项目的可行性。

(2) 实验室试验 根据资料调查情况和可行性研究的结论,设计试验方案,选择适当的润滑油基础油和添加剂,组成各种不同添加剂类型或剂量配伍。通过实验室理化性能分析,筛选出较好的配方,并通过模拟评定、台架评定和实际使用实验做进一步评定,改进和确定最佳配方。

(3) 模拟试验 模拟试验是利用简单的设备,在试验室内模拟机械的某个工作状态、条件,以反映润滑油在其中的工作性能。它具有比较简便快速、节省人力物力的优点。

如四球极压试验机可用于评定油品的承载能力。

(4) 台架试验 台架试验也可以看作是强化的条件试验,是检验润滑油质量的最主要、最能反映实际工作情况的试验手段,它所用的设备是实际的全尺寸发动机或变速箱。它把实际使用中最苛刻的工况条件综合起来作为试验条件,缩短了试验周期,能较快地取得试验结果。

(5) 实际使用试验 这是油品研制的最后手段。通过实际使用试验检验油品是否真正满足机械设备的使用要求,以及油品的经济效益和社会效益。

(6) 技术鉴定 通过了上述试验的油品,还必须由有关主管部门组织有关专家和工程技术人员、研制单位、评定单位和用户代表对该新油品进行技术鉴定。只有通过了技术鉴定的新油品才能进行工业性生产,投入市场使用。

9. 润滑油产品调合

调合是润滑油制备过程的最后一道重要工序。按照油品的配方,将润滑油基础组分油和添加剂按比例、顺序加入调合容器,用机械搅拌(或压缩空气搅拌)、泵抽送循环、管道静态混合等方法调合均匀,然后按照产品标准采样分析合格后即为正式产品。表3-1-5是某公司20W/40QD级汽油机油的配方。

通常,经炼油厂精制后得到的只有常三线、减二线、减三线、减四线和光亮油(即减压残油经脱沥青、精制后所得的高粘度油料)等几种不同粘度

表3-1-5 20W/40QD级汽油机油调合工艺卡片

基础油	减三线组分油 (%)	余量
	增粘剂 (%)	3~5
	降凝剂 (%)	0.5~1
功能添加剂	胺型分散剂 (%)	1.8
	高碱碳酸镁 (%)	0.4
	高碱碳酸钙 (%)	0.35
	硫化烷基酚钙 (%)	0.66
	硫化烷基二硫代磷酸锌 (%)	0.22
	二甲基硅油 (ppm)	10
操作条件	(1) 调合温度	60~70°C
	(2) 搅拌循环时间	60~90min
	(3) 先加入增粘、降凝、抗泡沫添加剂	

的基础油料。许多牌号的润滑油产品常常是利用两种或两种以上不同粘度的基础组分油按一定比例（该比例常称为调合比）混合调制成的，基础组分油的调合是润滑油产品调制的基础。

(1) 混合油粘度和调合比的计算 不同粘度的油料混合后，其粘度不是加成关系，而应由下式计算：

$$\lg \nu = n_A \lg \nu_A + n_B \lg \nu_B$$

式中 ν 、 ν_A 和 ν_B ——分别为混合油、A组分油和B组分油的运动粘度，(mm²/s)；

n_A 、 n_B ——分别为A、B组分油的混合比例(%) (计算时为小数， $n_A = 1 - n_B$)。

除上式外，还可以通过两组分油粘度调合图(图3-1-3)查出混合油的粘度或两组分油的调合比。例如，要求用 $\nu_{100} = 5.5 \text{ mm}^2/\text{s}$ 的A组分油和 $\nu_{100} = 30.5 \text{ mm}^2/\text{s}$ 的B组分油，调成 $\nu_{100} = 14.0 \text{ mm}^2/\text{s}$ 的油品时，由图3-1-3的纵坐标A组分油侧的 $5.5 \text{ mm}^2/\text{s}$ 点和B组分油侧的 $30.5 \text{ mm}^2/\text{s}$ 点两点间联成直线，再由该直线与 $14.0 \text{ mm}^2/\text{s}$ 点横线的交叉点处引垂线，

即可得出A组分油的调合比为44% (体积)，B组分油的调合比为56% (体积)。

(2) 混合油性质的变化 两种以上的组分油调合成所需粘度的油品时，不但粘度不成算术平均值，其他的一些性质指标也没有算术平均性，而一般是偏向于性质较低的组分油的性质的情况较多。例如：

1) 不同闪点的组分油混合成的油品闪点，一般是偏向低闪点组分油的闪点，即呈闪点下降现象，如图3-1-4。

2) 不同凝点的组分油混合成的油品凝点，一般偏于高凝点组分油的凝点，即凝点上升现象，如图3-1-5。混合油凝点的变化也是如此。

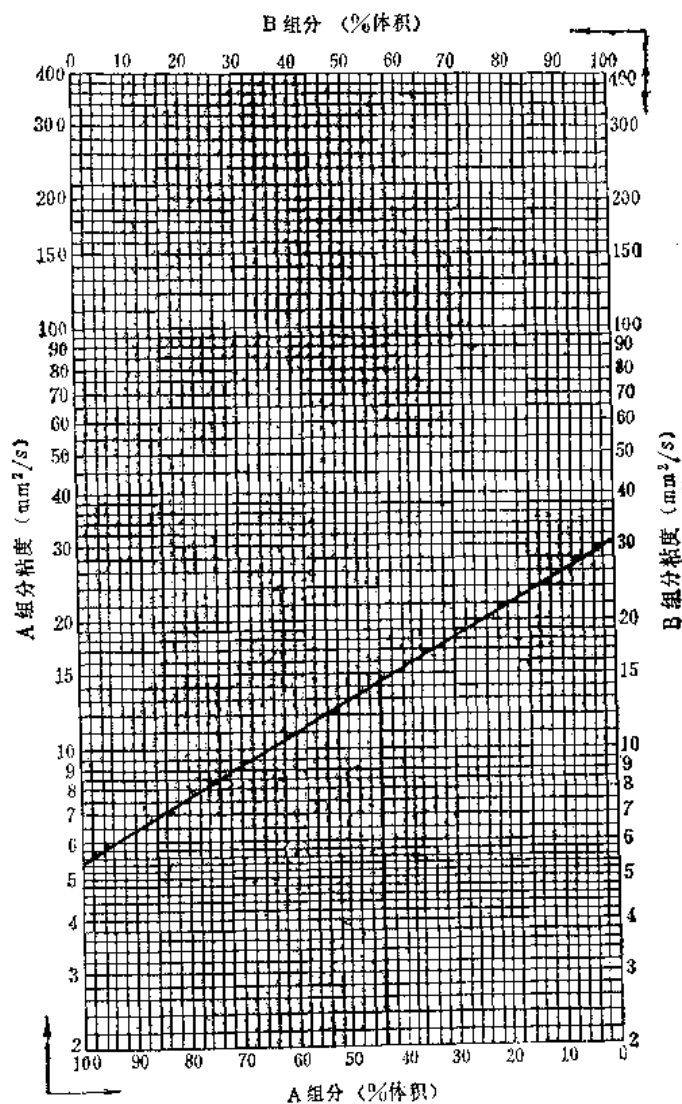


图3-1-3 两组分油粘度调合图

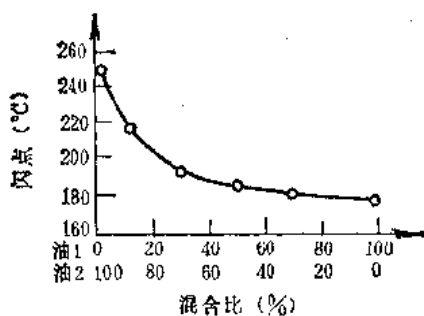


图3-1-4 润滑油混合对闪点的影响

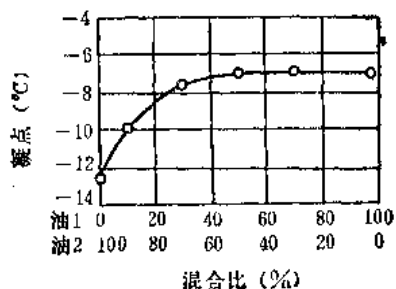


图3-1-5 润滑油混合对凝点的影响

3) 不同粘度指数的组分油混合成的油品的粘度指数一般都偏向高粘度指数组分油的粘度指数。在一定范围内还表现出一定的可加性, 即为粘度指数上升现象, 如图3-1-6。

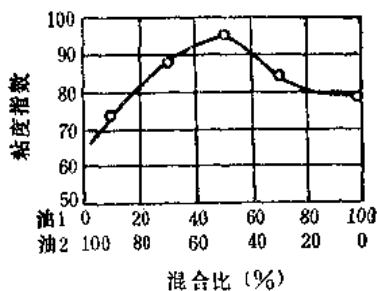


图3-1-6 润滑油混合对粘度指数的影响

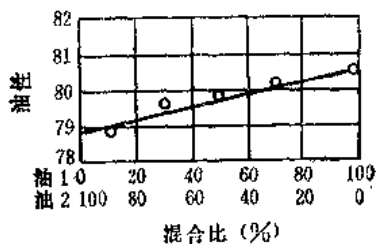


图3-1-7 润滑油混合对油性的影响

4) 不同油性的组分油混合成的油品, 其油性大体上呈算术平均值的直线关系, 图3-1-7是根据静摩擦系数测定的结果, 表示油性变化情况。

5) 混合油的其他一些指标如酸值、灰分、杂质、残炭等为可加性指标。

(二) 润滑油添加剂

为了改善润滑油的物理化学性质, 向润滑油中加入一定量的其他组分, 给润滑油赋予新的特殊性能或加强其本来具有的某种性能, 更好满足需要, 这些组分称为润滑油添加剂。添加剂的种类很多, 从作用来看主要分为两大类, 一类是为改善润滑油物理性能的, 有粘度指数改进剂、油性剂、降凝剂和抗泡剂, 它们能使润滑油分子变形、吸附、增溶; 另一类是改善润滑油的化学性质的, 有极压抗磨剂、抗氧剂、抗氧抗腐剂、防锈剂和清净分散剂, 它们本身与润滑油产生化学反应。从机理来看也可分为两类, 一是靠界面的物理化学作用发挥其使用性能, 有耐载荷添加剂(油性剂、抗磨剂、极压剂)、金属表面钝化剂、防锈防腐剂、清净分散剂、降凝剂、抗泡剂; 二是靠润滑油整体性质作用达到润滑目的的, 有抗氧剂、粘度指数改进剂。大部添加剂都是结构复杂的化合物及其混合物。

我国的润滑油添加剂, 根据行业标准SH0389-92 石油添加剂的分类, 按作用分为清净剂和分散剂、抗氧抗腐剂、极压抗磨剂、油性剂、抗氧剂和金属减活剂、粘度指数改进剂、防锈剂、降凝剂、抗泡剂等组, 见附录3。

1. 清净分散剂

清净分散剂包括清净剂和分散剂两类。主要用于内燃机油(汽油机油、柴油机油、铁道内燃机车用油、二冲程汽油机油和船用发动机油)。其主要作用是使发动机内部保持清洁, 使生成的不溶性物质呈胶体悬浮状态, 不致进一步形成积炭、漆膜或油泥。具体说来, 其作用可分为酸中和、增溶、分散和洗涤等四方面。

(1) 酸中和作用 清净分散剂一般都有一定的碱性, 有的甚至是高碱性, 它可以中和润滑油氧化生成的有机酸和无机酸, 阻止其进一步缩合, 因而使漆膜减少, 同时还可以防止这些酸性物质对发动机部件的腐蚀。

(2) 增溶作用 清净分散剂都是一些表面活性剂, 它能将本来在油中不能溶解的固体或液体溶

质增溶于由5~20个表面活性剂分子集合而成的胶束中心,在使用过程中,它将含有羟基、羰基、羧基的含氧化合物、含硝基化合物、水份等,增溶到胶束中,形成胶体,防止进一步氧化与缩合,减少在发动机部件上有害沉积物的形成与聚集。

(3) 分散作用 能吸附已经生成的积炭和漆膜等固体小颗粒,使之成为一种胶体溶液状态分散在油中,阻止这些物质进一步凝聚成大颗粒而粘附在机件上,或沉积为油泥。

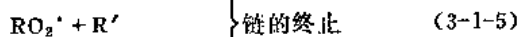
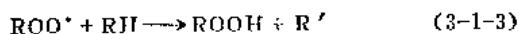
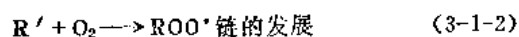
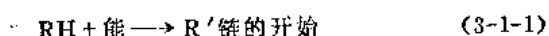
(4) 洗涤作用 能将已经吸附在部件表面上的漆膜和积炭洗涤下来,分散在油中,使发动机和金属表面保持清洁。

清净分散剂的结构,基本上是由亲油、极性和亲水三个基团组成。由于结构的不同,导致清净分散剂的性能有所不同,一般说来,有灰剂清净性较好,无灰剂分散性突出。

清净分散剂的典型代表有石油磺酸盐、烷基酚盐、水杨酸盐、丁二酰亚胺。前三种也称有灰剂,后一种称无灰剂。

2. 抗氧抗腐剂

抗氧抗腐剂可以抑制油品氧化,主要用于工业润滑油、内燃机油和工艺用油等。润滑油氧化,首先生成过氧化物。其反应过程如下:



式中 R、R' - 自由基。

由此可知,终止或减弱氧化过程的最好办法,一是当过氧化物一旦形成,就设法破坏终止链的继续发展,即干扰方程式(3-1-3),二是链的终止,即干扰方程式(3-1-4, 5, 6)。

为此,抗氧化添加剂按其作用原理可分为二种类型:①链反应终止剂;②过氧化物分解剂。常用的屏蔽酚型和胺型化合物抗氧剂,属于链反应终止剂,可以和过氧化基(ROO)生成稳定的产物(ROOH或ROOA),从而防止润滑油中烃类化合物的氧化反应,如2,6-二叔丁基对甲酚、4,4-亚甲基双酚、 α -萘胺、N,N'-二仲丁基对苯二胺。过氧化物分解剂能分解油品氧化反应中生成的过氧化物,使链反应不能继续发展而起到抗氧作

用;能在热分解过程中产生无机络合物,在金属表面形成保护膜而起到抗腐作用;能在极压条件下在金属表面发生化学反应形成具有承载能力的硫化膜而起到抗磨作用,所以它是多效添加剂。抗氧抗腐剂的主要品种有二烷基二硫代磷酸锌盐(ZDDP)、硫磷烷基酚盐、硫磷丁辛基锌盐及其系列产品。

酚型和胺型抗氧剂多用于变压器油、工业润滑油、汽轮机油和液压油等。而二烷基二硫代磷酸锌盐等以及其他含硫、磷类或含有机硒类化合物常用于工业润滑油、内燃机油及工艺用油。但含二硫代磷酸盐的润滑油不适用于有镀银肘节销的内燃机车及润滑发动机的连杆顶部钢套上,为此而发展了二烷基二硫代氨基甲酸盐以满足有镀银部件的机器使用要求。

3. 金属钝化剂

金属钝化剂也是一种抗氧剂,它本身并无抗氧化作用,而是间接地“钝化”金属活性,抑制金属及其化合物对油品氧化起催化作用,减少油品的败坏,延长油品的使用寿命,如N,N'-二水杨叉-1,2-丙二胺、N-水杨叉己胺等。

4. 极压抗磨剂

极压抗磨添加剂是指在高温、高压的边界润滑状态下,能和金属表面形成高熔点化学反应膜,以防止发生熔结、咬粘、刮伤的添加剂。它的作用是其分解产物在摩擦高温下与金属起反应,生成剪切应力和熔点都比纯金属低的化合物,从而防止接触表面咬合和焊熔,有效地保护金属表面。极压抗磨剂主要用于工业齿轮油、液压油、导轨油、切削油等有极压要求的润滑油中,以提高油品的极压抗磨性能。

极压抗磨剂一般分为有机硫化物、有机磷化物、氯化物和有机金属盐等,近年来硼型极压抗磨剂也得到了迅速的发展。极压抗磨剂的主要品种有:氯化石蜡、酸性亚磷酸二丁酯、硫磷酸含氮衍生物、磷酸三甲酚酯、硫化异丁烯、二苄基二硫、环烷酸铅、硼酸盐等。磷氮型极压抗磨剂是近年重点开发的产品。

含硫极压抗磨剂的作用机理是首先在金属表面上形成吸附膜,减少金属表面之间的摩擦。随着负荷的增加,金属表面之间接触点的瞬时温度升高,金属与有机硫化物首先反应,形成硫醇铁覆盖膜,从而起抗磨作用。随着负荷的进一步提高,生成硫

化铁固体膜起极压作用。所以含硫添加剂的极压性能在高温下才能显示出来。

含氯极压抗磨剂的作用机理是有机氯化物在极压条件下首先分解，在金属表面生成氯化铁膜，由于氯化铁膜具有类似于二硫化钼的层状结构，所以膜的剪切强度小，因此氯化铁膜的摩擦系数低。含氯极压剂一般是指脂肪族氯化物，其活性强，极压性好，但稳定性差，容易引起腐蚀。芳香族的氯化物活性低，极压性差一些，但稳定性较好。

含磷极压抗磨剂的作用机理一般认为是含磷化合物在摩擦表面微凸体处瞬时高温的作用下分解，与铁生成磷化铁，再与铁生成低融点的共融合金，流向凹部，使摩擦面光滑，防止磨损。

硼酸盐是一种平均直径为 $0.1\mu\text{m}$ 的无定型微球在油中的分散体，在极压条件下，这些微球与金属表面作用，生成一种优异的弹性膜，这层牢固的弹性膜可以提供优异的负荷承受能力和抗磨性。

5. 油性剂和摩擦改进剂

凡是能使润滑油增加油膜强度，减小摩擦系数，提高抗磨损能力，降低运动部件之间的摩擦和磨损的添加剂都叫油性剂。

油性剂是一种表面活性剂，分子的一端带有极性基团，另一端为油溶性的烃基基团。含有这种极性基团的物质对金属表面具有很强的亲和力，它能牢固地定向吸附在金属表面上，使金属之间形成一种类似于缓冲垫的保护膜，防止了金属表面的直接接触，减小了摩擦和磨损。

油性剂具有很高的界面活性，它们在金属表面产生物理和化学吸附。物理吸附是可逆的，在温度较低、负荷较小的情况下，物理吸附起作用；在高温高负荷下吸附剂会脱附而失去作用。脂肪酸型的油性剂除了物理吸附外，还有化学吸附，在较低的温度下与金属表面生成金属皂，提高其抗磨性。

一般地说具有硫、氧、氮、磷等极性原子，或具有 $-\text{OH}$ 、 $-\text{COOH}$ 、 $-\text{N}(\text{ROH})_2$ 、 $-\text{NH}_2$ 、 $-\text{CONH}_2$ 、 $-\text{NHROH}$ 、 $(\text{RO})_2\text{POOH}$ 、 $(\text{RO})_2\text{PONHROH}$ 等基团的化合物，都有较强的表面活性和对金属表面的吸附能力，都可作为油性抗磨剂。

常用的油性剂为高级脂肪酸（如硬脂酸、软脂酸、油酸、月桂酸、棕榈酸、蓖麻油酸等）、脂肪酸酯、盐（如硬脂酸乙酯、油酸丁酯等）、胺、酰胺化合物（如硬脂酸胺、N，N-二（聚乙二醇）十八胺、硬脂酰胺 $[\text{RCOON}-(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n\text{H}]$ 、硫化鲸

鱼油、硫化棉籽油、二聚酸、苯三唑脂肪胺盐及酸性磷酸酯类等。

油性剂主要用于工业润滑油、液压油、导轨油、齿轮油等。

6. 粘度指数改进剂

粘度指数改进剂都是油溶性的链状的高分子聚合物，其相对分子量由几万到几百万。当其溶解在润滑油中时，在低温时它们以丝卷状存在，对润滑油的粘度影响不大，随着润滑油温度升高，丝卷伸张，有效容积增大，对润滑油流动阻力增大，导致润滑油的粘度相对显著增大。基于不同温度下粘度指数改进剂具有不同形态并对粘度产生不同影响，可以增加粘度和改进粘温性能，故粘度指数改进剂主要用于提高润滑油的粘度指数，改善粘温性能，增大粘度。可用来配制稠化机油，使配制的油品具有优良的粘温性能，使其低温起动性好，油耗低和具有一定的抗磨作用。

粘度指数改进剂广泛用于内燃机油中，主要用于生产多级油。

7. 防锈剂

防锈剂的作用是在金属表面形成牢固的吸附膜，以抑制氧及水，特别是水对金属表面的接触，使金属不致锈蚀。作为石油添加剂的防锈剂，必须对金属有充分的吸附性和对油的溶解性，因此防锈剂均由很强的极性基和适当的亲油基组成。目前使用较广、效果较好的有以下几类：羧酸及其盐类、氧化石油脂及其皂类、磺酸盐、磷酸酯及其胺盐、咪唑啉盐、羊毛脂及羊毛脂皂、胺类及含氮有机化合物等。

防锈剂主要用于工业润滑油和金属加工冷却液、金属防护油等。

8. 降凝剂

油品温度下降到一定程度后，就要失去流动性而凝固，降凝剂的作用主要是降低油品的凝固点，并保证油品在低温下能够流动。油中含有蜡，在低温下，高熔点的石蜡烃，常以针状或片状结晶析出，并相互联结成立体网络结构，形成结晶骨架，将低熔点油吸附并包围于其中，犹如吸水的海绵，致使整个油品丧失流动性。降凝剂有吸附和共晶两个作用，降凝剂虽不能阻止蜡晶的析出，但可以改变蜡的结构。降凝剂通过在蜡结晶表面的吸附或与其形成共晶，改变蜡结晶的形状和尺寸，防止蜡晶粒间联结形成三维网状结构，从而保持油品在低温下的

流动性。

降凝剂广泛应用于各类润滑油中，典型代表是烷基萘、聚 α -烯烃。

9. 抗泡沫剂

液压油、压缩机油等油品可能遇到开机、停机频繁的工作条件，内燃机油、齿轮箱油等循环系统的搅拌又比较激烈，常常会产生大量泡沫，造成能量传递和供油故障。抗泡方法很多，可分为物理-机械抗泡和化学抗泡。实际上，大多数是添加抗泡剂。作为抗泡剂的物质应具备：1) 抗泡剂不能溶于润滑油中；2) 抗泡剂能均匀地分散在润滑油中；3) 抗泡剂表面张力比润滑油要小。

抗泡剂广泛应用于各类润滑油中，典型代表是二甲基硅油及聚丙烯酸酯等。

(三) 润滑油的分类

1987年以前，我国润滑油产品分类执行GB500—65国家标准。润滑油按所润滑的机器种类和结构部件的特点分为15类。其产品的组别符号用汉语拼音字母表示。润滑油分级按机械使用条件的苛刻程度分为轻级、中级和重级，高速和低速，高温和低温等。部分润滑油产品按使用机器的种类和结构部件特点划分级别如极压，双曲线齿轮，越野车等。

1987年，我国颁布《润滑剂和有关产品(L类)的分类第1部分：总分组》(GB7631.1—87)国家标准，见附录3，以代替GB500—65。本标准是等效采用国际标准ISO6743/0—1981和根据GB498—87的规定而制订的。根据尽可能的包括所使用的润滑剂和有关产品的应用场合这一原则，将润滑剂分为19个组别。其组别符号是按顺序排列的英文字母表示的。而其中的E(内燃机)、H(液压系统)、M(金属加工)、P(风动工具)、T(透平)等与该类油的英文字母头一样，这是巧合。全损耗系统包括一次性润滑和某些要求较低、换油期较短的油浴式润滑。我国原来的机械油现已包括在全损耗系统用油中。虽然全损耗系统包括一次性润滑，但并不是所有的一次性润滑全部包括在全损耗系统中。例如二冲程汽油机油、汽缸油等。脱膜油包括两类产品，对于非金属例如水泥预制件、玻璃制品、塑料制品的脱膜润滑剂称脱膜油，而金属铸件的成型润滑剂则称成型油。

(四) 润滑油的主要品种及应用范围

1. 内燃机油

凡是用于润滑内燃发动机的润滑油统称为内燃机油或发动机油。内燃机油的品种较多，通常可分为汽油机油、柴油机油、船用发动机油、二冲程汽油机油和铁道内燃机车油等。

由于内燃机是当代的主要动力机械，所以内燃机油的消耗量很大，我国每年消耗的内燃机油约占润滑油年消耗总量的40%以上。因此，掌握内燃机油的基本知识，正确合理地使用内燃机油，对于节约油料、节约能源、减少磨损，提高内燃机的技术水平都有十分重要的意义。

(1) 内燃机油的基本性能 内燃机的种类、机型和使用条件不同，对内燃机油的性能要求也不同。因此，不同品种的内燃机油，其性能是不同的，就是同一品种的内燃机油，质量等级不一样，性能也有差别。尽管如此，内燃机油还是具有如下共同的基本性能：

1) 良好的粘温特性，适当的粘度 内燃机各润滑部位的工作温度非常宽广，从大气温度到300℃左右，这就要求内燃机油不仅应有适当的粘度，而且粘度随温度的变化不能大，也就是粘温特性要好。油的粘度主要决定于低温起动的最大粘度。粘度大的油流动性差，使起动后摩擦表面长时间得不到充分润滑，磨损增加。一般要求内燃机低温起动温度在-5~-30℃，内燃机油动力粘度应在6000~3250(mPa·s)。油品的粘度也取决于在高温高剪切下，能保持油膜的最低粘度，一般不低于3.5(mPa·s)。粘度太小，油膜容易破坏，密封作用不好，机油耗量增大，同时还会产生磨损。

内燃机油的粘度要兼顾较好的高温和低温粘度，即油品应具有较好的粘温性能。机油的粘温性能用粘度指数表示。粘度指数高，粘度随温度变化小，反之，粘度随温度变化大。由于内燃机油在使用过程中温度变化范围较大，因此，要求油的粘温特性要好，即粘度指数要高。单级油粘度指数一般在90~105，多级油在120~180。

多级内燃机油，由于基础油的粘度低，并加入粘度指数改进剂提高其粘温性能，保证油品能够在更宽的温度范围内正常工作，并使发动机在低温下容易起动，是最理想的节能型内燃机油。

2) 较强的抗氧化能力，较好的热稳定性 油

品的氧化速度与温度、氧浓度以及金属的催化作用都有密切关系。内燃机油的工作温度比其它品种的润滑油都高，油在润滑系统中高速循环和在油箱中被剧烈地搅拌，显著增加了与空气接触的面积和氧的浓度，加之受机械零件的金属（如铁、铜和铝等）的催化作用，使油的氧化速度加快。同时，磨损的磨粒以及从气缸泄漏出来的气体中的固态物和尘埃等，也会起促进油加速氧化的作用。氧化的结果生成腐蚀金属的酸性物质以及使粘度增大的胶质和沥青物质，由于粘度增大，油泥和漆膜大量生成而使油失去应有的润滑作用。

要提高内燃机油抗氧化能力和热稳定性，可采取选用抗氧化性好的基础油并加入一定数量的抗氧化剂的办法来实现。高质量的内燃机油均具有较好的抗氧化性能，因而可减少氧化产物和漆膜的生成。

3) 良好的清净分散性 燃料在内燃机中燃烧生成的炭粒和烟尘，内燃机油氧化生成的积炭和油泥，很容易集结变大，或沉积在活塞、活塞环槽、气缸壁和二冲程发动机的排气口，使发动机磨损增大，散热不良，活塞环粘结，换气不良，排气不畅，油耗上升，功率下降。油泥的沉积，还会堵塞润滑系统，使供油不足，造成润滑不良。因此，要求内燃机油不仅应该具有良好的高温清净作用，能将摩擦零件上的沉积物清洗下来，保持摩擦面的清洁，而且要具备良好的低温分散性，能阻止颗粒物的积聚和沉积，以便在通过机油滤清器时将它们除掉。

4) 良好的润滑性、抗磨性 内燃机轴承的负

荷重，气缸壁上油膜的保持性很差，这就要求内燃机油具有良好的油性，以减少摩擦磨损和防止烧结。凸轮-挺杆系统间歇地处于边界润滑状态，润滑条件苛刻，很容易造成擦伤磨损，连杆轴承也长期受冲击负荷。因此，要求内燃机油应具有一定的抗磨性能。

5) 较好的抗腐蚀性和中和酸性物质的能力 现代内燃机的热负荷强化程度较高，负荷重，主轴轴承和曲轴轴承必须使用机械强度较高的耐磨合金为原料，如铜钎、锡银、锡青铜或铅青铜等合金材料，但这些合金的抗腐蚀性能都很差。为了保证轴承不因腐蚀作用而损坏，这就要求内燃机油要有较强的抗腐蚀能力。

另外，内燃机油在使用过程中，由于自身氧化生成酸性物质，特别是小汽车和公共汽车，经常处于时开时停状态，使内燃机油更容易氧化，产生酸性物质和低温油泥，其次是燃料燃烧后产生的腐蚀性物质混入油中，特别是使用含硫量高的柴油时，会生成二氧化硫、三氧化硫，并遇水生成腐蚀性很强的硫酸。因此，要求内燃机油要有中和酸性物质的能力。

(2) 内燃机油的分类

1) 质量分级 我国的汽油机油、柴油机油，基本上采用由美国汽车工程师学会 (SAE)、美国材料试验学会 (ASTM) 和美国石油学会 (API) 共同提出的 SAE J 183-80 的分类方法。二冲程汽油机油分类主要参照 ISO 的一个提案，结合我国情况来制定的，见表 3-1-6。

① 汽油机油 SAE、ASTM 和 API 共同提出

表 3-1-6 我国二冲程汽油机油的分类

代号	特 性 和 使 用 场 合
ERA	用于缓和条件下工作的小型风冷二冲程汽油机。具有防止发动机高温堵塞和活塞磨损的性能，另外还能满足发动机其它一般性能要求
ERB	用于缓和至中等条件下工作的小型风冷二冲程汽油机。具有防止发动机活塞磨损和由燃烧室沉积物引起提前点火的性能，另外还能满足发动机其它一般性能要求
ERC	用于苛刻条件下工作的小型至中型的风冷二冲程汽油机。具有防止高温活塞环粘结和由燃烧室沉积物引起提前点火的性能，另外还能满足发动机其它一般性能要求
ERD	用于苛刻条件下工作的中型至大型水冷二冲程汽油机。具有防止由燃烧室沉积物引起提前点火、活塞环粘结、活塞磨损和腐蚀性能，另外还能满足发动机其它一般性能要求

SAE J 183的S系列,把汽油机油分为SA、SB、SC、SD、SE和SF等级别,见表3-1-7。表中每一级油还规定了相应的发动机试验,因此每一级油都有它特有的性能水平。

由于我国汽油机油都已经加了润滑添加剂,与SAE J 183中的S系列相比,SA级油国内已不存在,所以我国根据GB7631—89润滑剂和有关产品(L类)的分类原则,把汽油机油分为L-EQB、L-EQC、L-EQD、L-EQE、L-EQF等级。

L-EQB级汽油机油(原市售的10*、15*汽油机油等),是由精制矿油加入抗氧抗腐、清净分散和抗泡沫等添加剂调制而成,该油可满足压缩比较低的老型汽油机的要求,其质量水平与SAE J 183中SB级相当。

L-EQC级汽油机油是由精制矿油加入多种添加剂而成。性能近似于SAE J 183中SC级油。要求用第二汽车制造厂生产的东风汽油机MS试验程序评定通过,可满足类似第二汽车制造厂生产的东风汽油机的使用要求。

L-EQD级汽油机油是由精制矿油加入多种添加剂而成,性能近似于SAE J 183的SD级油,主要用于新型解放牌等压缩比较高的汽车发动机,也用于类似于国外要求使用SD级油的汽油机。

L-EQE级汽油机油油品质、评定方法与SAE J 183的SE级油相等。

L-EQF级汽油机油油品质、评定方法与SAE J 183的SF级油相等。

② 柴油机油 参照SAE J 183中C系列(见表3-1-8)我国柴油机油根据GB7631—89润滑剂和有关产品(L类)的分类原则分为L-ECA、L-ECB、L-ECC、L-ECD四个等级。

L-ECA级柴油机油适用于非增压柴油机。在制订该产品的国家标准时,增加了清净性、抗氧抗腐蚀性和抗泡沫性等指标,产品性能与SAE J 183的CA级相当。

L-ECB级柴油机油适用于燃用劣质燃料(含硫量为0.95%以上的柴油)的外增压柴油机。

L-ECC级柴油机油比L-CA、L-CB级油有更

表3-1-7 发动机润滑油性能及使用范围分级 (SAE J 183)

A 汽油机润滑油—S系列

代号	美国石油学会 (API) 油品使用范围概述	美国材料试验学会 (ASTM) 油品性能概述
SA	供汽油机和柴油机使用,用于运行条件非常缓和的老式发动机,无需以添加剂来提高油品的防护性能。对油品使用性能无特殊要求。除汽车制造厂特别推荐外已不再使用	油品内除降凝剂及抗泡剂外不含其它类型的添加剂
SB	供负荷很低的汽油机使用,用于运行条件缓和的老式汽油机,只要求油品具有一定的防护性能。此种油品30年代已经使用,仅具有抗磨损、抗氧化和抗轴承腐蚀性能。除汽车制造厂特别推荐外已不再使用	油品具有一定程度的抗氧化和抗磨损性能
SC	用于1964~1967年型小轿车和卡车的汽油机。此种油品能控制汽油机高、低温沉积物、磨损、锈蚀和腐蚀	油品符合汽车制造厂1964~1967年的要求,主要用于小轿车,具有防止低温沉积物和锈蚀的性能
SD	用于1968~1970年型小轿车和一些卡车的汽油机,也可用于规定使用此种油品的某些1971年以后的车型。此种油品防止汽油机高温及低温沉积物、磨损、锈蚀和腐蚀的性能优于SC级油,并可以用来代替SC级油	油品符合汽车制造厂1968~1971年的要求,主要用于小轿车,具有防止低温油泥和锈蚀的性能
SE	用于1972年以后和某些1971年型小轿车以及一些卡车的汽油机。此种油品的抗氧化性和对汽油机高温沉积、锈蚀和腐蚀的防护性能优于SC或SD级油,并可以用来代替SC或SD级油	油品符合汽车制造厂1972~1979年的要求,主要用于小轿车,具有高温抗氧化性能和防止低温油泥及锈蚀的性能
SF	用于按汽车制造厂推荐的维护方法运行的1980年以后的轿车及一些卡车的汽油机。此种油品的抗氧化性能和抗磨损性能优于SE级油,还具有防止汽油机沉积物、锈蚀和腐蚀的性能,可以用来代替SE、SD或SC级油	油品符合汽车制造厂1980年的要求,主要用于小轿车,具有防止油泥、漆膜、锈蚀及抗磨损和抗高温增稠的性能

表3-1-8 发动机润滑油性能及使用范围分级 (SAE J183)

B 柴油机润滑油—C 系列

代号	美国石油学会 (API) 油品使用范围概述	美国材料试验学会 (ASTM) 油品性能概述
CA	供轻负荷柴油机使用, 用于使用优质燃料、在轻到中负荷下运行的柴油机, 有时也用于运行条件缓和的汽油机。对于一些非增压柴油机, 当其燃料质量对磨损和沉积物的防护性能无特殊要求时, 此种油品具有防止轴承腐蚀和活塞环区形成沉积物的能力。此种油品在40年代后期和50年代曾广泛应用, 但是除汽车制造商特别推荐外, 已不再供中负荷柴油机使用	油品符合MIL-L-2104A规格, 用于汽油机和以低硫燃料运行的非增压柴油机。MIL-L-2104A规格于1954年发表
CB	用于在轻到中负荷下运行的柴油机, 但所用的燃料质量低, 需要油品对发动机磨损和沉积物有较高的防护性能。有时也可用于运行条件缓和的汽油机。此种油品1949年开始应用, 对于使用高硫燃料的非增压柴油机, 具有防止轴承腐蚀和高温沉积物的性能	油品用于汽油机和非增压柴油机, 包括用高硫燃料进行柴油机试验的MIL-L-2104A级油品
CC	供中负荷柴油机和汽油机使用, 用于在中及重负荷下运行的低增压柴油机, 并包括一些重负荷汽油机。此种油品1961年开始生产, 已用于许多货车、工业及建筑车辆和农用拖拉机。对于低增压柴油机, 此种油品能防止高温沉积物; 对于汽油机, 能防止锈蚀、腐蚀和低温沉积物	油品符合MIL-L-2104B规格, 具有低温防止油泥和锈蚀的性能, 并且有适应低增压柴油机需要的性能。MIL-L-2104B规格于1964年发表
CD	供重负荷柴油机使用, 用于需要非常有效地控制磨损及沉积物的高速、大功率增压柴油机。此种油品于1955年生产使用, 增压柴油机使用优、劣质燃料油品都能够防止轴承腐蚀和高温沉积物	油品符合开特皮勒拖拉机公司系列3润滑油的标准具有适应中增压柴油机需要的使用性能。系列3油品标准于1955年建立。相应的MIL-L-45199规格于1958年发表

表3-1-9 我国汽油机油、柴油机油分类与SAE J183分类的对应关系

汽 油 机 油		柴 油 机 油	
我国分组	SAE J183分组S	我国分组	SAE J183分组C
L-EQB	≈SB	L-ECA	≈CA
L-EQC	≈SC	L-ECB	≈CB
L-EQD	≈SD	L-ECC	=CC
L-EQE	=SE	L-ECD	=CD
L-EQF	=SF		

高的使用性要求, 适用于中等负荷的柴油机和汽油机。产品性能必须通过L-38和开特皮勒1H₂的发动机试验, 质量水平与SAE J183的CC级油相同。

L-ECD级柴油机油适用于重负荷条件下工作的增压柴油机, 产品性能和评定方法与SAE J183的CD级油相同。

SAE J183分类是一个首尾开放系统, 根据发展需要可增加新的质量等级。如目前S系列已增设了SG级油, C系列已增设了CE级油。

我国汽油机油、柴油机油分类也是一个首尾开放系统, 也可根据发展需要增加新的质量等级, 或

对某一等级进行修订, 我国的分类与SAE J183分类的对应关系见表3-1-9所示。

2) 粘度分级 粘度分级是内燃机油的牌号划分。过去我国原划分办法是引用苏联标准, 以100°C时的运动粘度来划分牌号的, 牌号的数值大致表明该油在100°C时运动粘度。如汽油机油分为6、10和15三个牌号, 柴油机油分8、11、14、16和20五个牌号。

为了向国际标准靠拢, 目前我国已废除了原来的划分法, 采用国际上通用的SAE粘度分级法。表3-1-10是1980年9月修订的粘度级规格。表中有两

表3-1-10 SAEJ300内燃机油粘度分级

SAE 粘度级号	最高低温粘度①		最高边界 泵送温度(°C)②	100°C粘度 (mm ² /s)	
	mPa·s	温度(°C)		最小	最大
0W	3250	-30	-35	3.8	—
5W	3500	-25	-30	3.8	—
10W	3500	-20	-25	4.1	—
15W	3500	-15	-20	5.6	—
20W	4500	-10	-15	5.6	—
25W	6000	-5	-10	9.3	—
20	—	—	—	5.6	小于9.3
30	—	—	—	9.3	小于12.5
40	—	—	—	12.5	小于16.3
50	—	—	—	16.3	小于21.9

① 按照ASTMD2602方法使用低温粘度计 (Ccs) 把测温范围展宽求得的相似粘度。

② ASTMD2829。

组粘度级，一组后附字母W，一组未附。前者规定的流变性质有最高、最低温粘度、最高边界泵送温度和100°C时最低粘度；后者只规定100°C时的粘度范围。

表3-1-10中10个粘度级号的油，就是通常所称的单级油。在数字后面加有字母W的一组表示冬用（W是英文Winter的缩写），不带W的一组表示夏用或非寒区使用。可以看出，单级油的使用有明显的地区范围和季节限制。

为了克服单级油的这一缺点和最大限度地节约能源，SAE设计了一种适用于较宽地区范围和不受季节限制的多级油。根据SAE J 300标准，还规定了多级内燃机油的级号，用带尾缀和不带尾缀的两个级号组成，共分12个级号，例如5W/10、5W/50、10W/20、10W/40、20W/30、20W/50等。它们的低温粘度和边界泵送温度符合W级的要求，而100°C粘度则在夏用油的范围内。多级油能同时满足多个粘度等级的要求，如10W/30不仅能满足10W级的要求，在寒区或冬季使用，也能满足30级的要求，在非寒区或夏季使用，见图3-1-8。另外还能满足从10W至30间其他等级的要求。

多级油是一种节能型润滑油。目前，内燃机的总热效率大约为40%，其它为热损失。其中大约有10%左右损失于克服内燃机油、齿轮油、刹车油等的摩擦阻力。在保证流体润滑的条件下、合理地降低润滑油的粘度，是减少油品内摩擦的一个有效手段。多级油比单级油具有较好的粘温特性，见图3-1-8，可使油品既能在高温下有足够的粘度以保证润

滑，又能在低温下使油品粘度不致于太高以保证油品有好的低温起动和泵送性，从而达到节能的目的，见图3-1-9。试验表明，使用10W/30油比使用30油节约燃油5%~10%。目前美国有80%以上的汽油

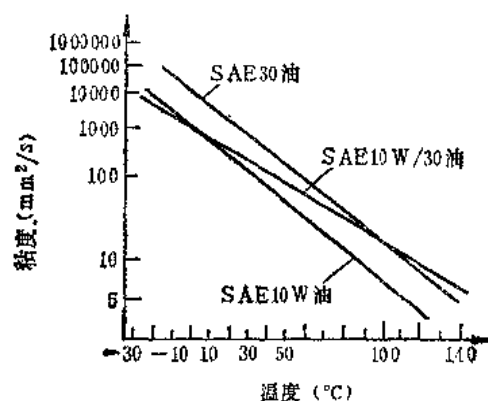


图3-1-8 单级油与多级油粘温图

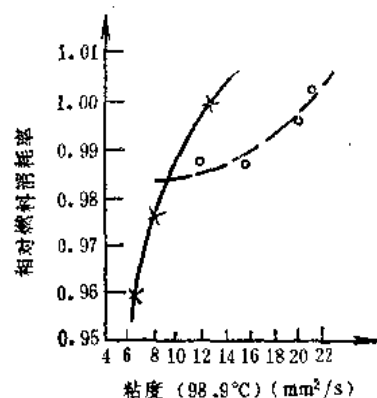


图3-1-9 单级油与多级油相对燃料消耗比

○—多级油 ×—单级油

机油、40%左右的柴油机油是多级油。

关于新旧牌号对照,由于划分的标准不一样,因此,各自规定的粘度范围是不同的,所以只能相当于或大致相当于。其对照如表3-1-11所示。

表3-1-11 新旧牌号对照

新牌号	相当于旧牌号
10W/30	6D
20	6, 8
30	10, 11
40	14, 15
50	16, 18, 20
10W/20	8号低凝
5W/20	8号严寒

(3) 内燃机油的主要品种及应用

1) 汽油机油

① L-EQB级汽油机油 L-EQB级汽油机油是原汽油机油的大宗产品,按GB485—84(88)分为6、10、15 3个等级(牌号),分别与新牌号20、30、40号油相当。此外,还有相当于10W/20的8号低凝油和相当于5W/20的8号严寒区稠化汽油机油。

L-EQB级汽油机油,由于加入的添加剂量少,性能要求低,只适用于热负荷和机械负荷比较低的固定式四冲程汽油机以及压缩比在6.4以下的汽油车。由于L-EQB级汽油机油是档次最低的产品,其性能不能满足新型汽车的润滑要求,目前国家已安排升级换代,今后将被取消。

② L-EQC级汽油机油 L-EQC级汽油机油按国家标准GB11121—89分为5W/20、5W/30、10W/30、15W/40、20W/40、20/20W、30、40等8个等级(牌号),其性能见表3-1-12。

L-EQC级汽油机油具有良好的清净分散性和抗氧抗腐蚀性,良好的抗磨性和润滑性等。能满足热负荷和机械负荷较高的东风EQ140、解放CA15、上海SH130、北京BJ130、BJ212和天津TJ210等型号汽车发动机的润滑。L-EQC级汽油机油已升级为大宗产品,并逐步取代L-EQB级汽油机油。

③ L-EQD级汽油机油 L-EQD级汽油机油牌号现只有中国石化总公司制订的中石化暂行标准,见表3-1-13,分为30、40、10W/30、15W/40、20W/40等5个等级(牌号),企业标准还有其它等级(牌号)。

L-EQD级汽油机油具有较高的清净分散性,抗氧抗腐蚀性、抗磨性和润滑性,较好的低温启动性、抗泡性等,适用于要求用SD级汽油机油的进口汽车和要求用L-EQD级汽油机油的国产汽车发动机的润滑。

④ L-EQD级汽油机油 L-EQE级汽油机油的牌号现只有中国石化总公司制订的中石化暂行标准,见表3-1-14,分为5W/30、10W/30、15W/40、30等4个等级(牌号),企业标准还有其它等级(牌号)。

L-EQE级汽油机油具有优良的清净分散性、抗氧抗腐蚀性,优良的抗磨性、润滑性,在高温操作条件下其性能比L-EQD级汽油机油更为优越。适用于要求用SE级汽油机油的进口汽车和要求用L-EQE级汽油机油的国产汽车发动机的润滑。

⑤ L-EQF级汽油机油 L-EQF级汽油机油牌号目前尚未制订统一的标准,各生产厂家参照国外标准制订各自的企业标准,牌号划分与L-EQE级汽油机油相当。

L-EQF级汽油机油的各项性能比L-EQE级油更加优越,特别是抗氧化性和抗磨性更为突出。适用于要求使用SF级汽油机油的进口汽车和要求使用L-EQF级汽油机油的国产汽车发动机的润滑。

2) 柴油机油

① L-ECA级柴油机油 L-ECA级柴油机油是我国原大宗的柴油机油,仅适用热负荷和机械负荷较低的非增压柴油发动机。L-ECA级柴油机油按现行国家标准GB5323—85(88),见表3-1-15,分为20、30、40、50等4个等级(牌号),与旧牌号8、11、14、20号相当。

随着我国机械制造业的发展,L-ECA级柴油机油已不能满足新型设备的润滑要求,我国已对L-ECA级柴油机油进行升级换代。

② L-ECC级柴油机油 L-ECC级柴油机油按GB11122—89分为5W/30、10W/30、15W/40、20W/40、20/20W、30、40等7个等级(牌号),见表3-1-16,企业标准还有其它等级(牌号)。

L-ECC级柴油机油具有良好的清净分散性,良好的抗氧抗腐蚀性,良好的抗磨性和润滑性。适用于要求使用L-ECC级柴油机油的各种进口及国产的柴油车辆的润滑要求。如:发动强化系数在30~50时,应选用L-ECC级柴油机油。应当指出,目前国内有的厂家生产的低增压柴油机油,不能等

表3-1-12 L-EQC级汽油机油技术指标 (GB11121—89)

项 目	技 术 指 标								试验方法
	5W/20	5W/30	10W/30	15W/40	20W/40	20/20W	30	40	
运动粘度 (100℃) (mm ² /s)	5.6~ 小于9.3	9.3~ 小于12.5	9.3~ 小于12.5	12.5~ 小于16.3	12.5~ 小于16.3	5.6~ 小于9.3	9.3~ 小于12.5	12.5~ 小于16.3	GB/T 265
低温动力粘度 (mPa·s)	3500	3500	3500	3500	4500	4500	—	—	GB/T 8538
℃不大于	-25	-25	-20	-15	-10	-10	—	—	
边界泵送温度 (℃) 不高于	-30	-30	-25	-20	-15	-15	—	—	GB/T 9171
粘度指数 不小于	—	—	—	—	—	—	75	80	GB/T 1995
闪点 (开口)① (℃) 不低于	180	180	200	200	200	200	210	220	GB/T 3536
倾点 (℃) 不高于	-40	-40	-32	-23	-18	-18	-15	-10	GB/T 3535
沉淀物, (%) 不大于	0.01								GB/T 6531
水分, (%) 不大于	痕迹								GB/T 260
起泡性 (泡沫倾向/泡沫稳定)② (mL/mL)									GB/T 12579
24℃ 不大于	25/0								
93℃ 不大于	150/0								
后24℃ 不大于	25/0								
酸值 (加剂前) (mgKOH/g)	报告								GB/T 264
残炭 (加剂前) (%)	报告								GB/T 268
硫酸盐灰分 (%)	报告								GB/T 2433
硫含量 (%)	报告								GB/T 387
磷含量 (%)	报告								SH/T 0296
钙含量 (%)	报告								SH/T 0270③
钼含量 (%)	报告								SH/T 0225③
锌含量 (%)	报告								SH/T 0226③
高温氧化和轴瓦腐蚀④试验 轴瓦失重 (mg) 不大于 活塞裙部漆膜评分不小于 粘度变化 (100℃)	50 9.0 在等级粘度范围内								SH/T 0265⑤
发动机试验⑥ 低温锈蚀试验 高温氧化和擦伤 低温油泥	通过 通过 通过								本标准附录 A

注: 1. 标准原文试验方法栏内所列标准已被新标准替代, 本表所列均为新标准, 余表同。

① 中间基原油和环烷基原油生产的除 5W/20和 5W/30外, 其它各牌号允许比标准规定闪点指标低10℃。

② 测定起泡性实验时, 只要泡沫未完全盖住油品表面, 结果报告为“0”。

③ 允许用原子吸收光谱或SH/T 030992方法进行测定。

④ 属保证项目, 亦可用SH/T 026492方法进行评定, 轴瓦失重指标为不大于 25mg, 如有争议时, 以SH/T 0265—92方法为准, 每二年测定一次。

⑤ 属保证项目, 按SH/T 026592方法运转10h后取出试样, 采用GB/T 265方法进行测定100℃运动粘度, 每四年测定一次。

⑥ 属保证项目。

表3-1-13 L-EQD级汽油机油技术指标

项 目	技 术 指 标					试验方法
	30	40	10W/30	15W/40	20W/40	
运动粘度 (100°C) (mm ² /s)	9.3~<12.5	12.5~<16.3	9.3~<12.5	12.5~<16.3	12.5~<16.3	GB/T 265
低温粘度 (mPa·s) 不大于	—	—	3500 (-20°C)	3500 (-15°C)	4500 (-10°C)	GB/T 8538
边界泵送温度 (°C) 不高于	—	—	-25	-20	-15	GB/T 9171
粘度指数 不小于	75	80	—	—	—	GB/T 1995
闪点 (开口) (°C) 不低于	210	210	200	205	205	GB/T 3536
倾点 (°C) 不高于	-10	-15	-32	-23	-20	GB/T 3535
泡沫倾向性/泡沫稳定性 (mL/mL)						GB/T 12579
24°C 不大于	25/0	25/0	25/0	25/0	25/0	
93°C 不大于	150/0	150/0	150/0	150/0	150/0	
后24°C 不大于	25/0	25/0	25/0	25/0	25/0	
残炭 (加剂前) (%)	报告	报告	报告	报告	报告	GB/T 268
硫酸盐灰分 (%)	报告	报告	报告	报告	报告	GB/T 2433
硫含量 (%)	报告	报告	报告	报告	报告	GB/T 387
金属含量 (Ca, Ba, Zn) (%)	报告	报告	报告	报告	报告	SH/T 270, 225, 226 GB/T 265①
氧化腐蚀, 轴瓦失重 (mg) 不大于	40	40	40	40	40	
活塞裙部漆膜评分 最小	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	
发动机试验, I _B III _B V _B	使用新解放牌发动机, 模拟MS程序					一汽方法②
剪切安定性 (40°C粘度变化) (%)	—	—	20	20	20	SH/T 0505

① 保证项目每年评定一次。

② 保证项目每四年评定一次。

表3-1-14 L-EQE级汽油机油技术指标

项 目	技 术 指 标				试验方法
	5W/30	10W/30	15W/40	30	
运动粘度 (100°C) (mm ² /s)	9.3~<12.5	9.3~<12.5	12.5~<16.3	9.3~<12.5	GB/T 265
低温粘度 (mPa·s) 不大于	3500(-25°C)	3500(-20°C)	3500(-15°C)	—	GB/T 8538
边界泵送温度 (°C) 不高于	-30	-25	-20	—	GB/T 9171
粘度指数 不小于	—	—	—	75	GB/T 2541
闪点 (开口) (°C) 不低于	180	205	210	210	GB/T 3536
倾点 (°C) 不高于	-40	-32	-23	-15	GB/T 3535
泡沫倾向性/泡沫稳定性 (mL/mL)					GB/T 12579
24°C 不大于	25/0	25/0	25/0	25/0	
93°C 不大于	150/0	150/0	150/0	150/0	
后24°C 不大于	25/0	25/0	25/0	25/0	
硫酸盐灰分 (%)	报告	报告	报告	报告	GB/T 2433
硫含量 (%)	报告	报告	报告	报告	GB/T 387
磷含量 (%)	报告	报告	报告	报告	SH/T 0396
有机金属含量 (Ca, Ba, Zn) %	报告	报告	报告	报告	SH/T 270, 225, 226①

(续)

项 目		技 术 指 标				试验方法
		5W/30	10W/30	15W/40	30	
机械杂质 (%)	不大于	0.01	0.01	0.01	0.01	GB/T 6531
水分 (%)	不大于	痕迹	痕迹	痕迹	痕迹	GB/T 260
剪切安定性 (按SH/T 0265方法运转10小时)						SH/T 0265
试后100℃粘度 (mm ² /s)	不小于	9.3	9.3	12.5	9.3	
轴承腐蚀试验 (L-38法)②						SH/T 0265
轴瓦失重 (mg)	不大于	40	40	40	40	
活塞裙部漆膜评分	不小于	9.0	9.0	9.0	9.0	
MS程序评定②						
程序 I D						ASTM STP 315H PART1
发动机锈蚀平均评分	最小	8.5	8.5	8.5	8.5	
粘结的挺杆数	最小	无	无	无	无	
程序 II D						ASTM STP 315H PART2
40 h 40℃粘度增长%	最大			375		
64 h 发动机平均评分						
油泥平均评分	最小			9.2		
活塞裙部漆膜平均评分	最小			9.1		
油环台沉积物平均评分	最小			4.0		
活塞环粘结	最小					
64 h 擦伤和磨损凸轮				无		
或挺杆擦伤	最小			无		
凸轮加挺杆磨损 (mm)						
	平均值			0.102		
	最大值			0.254		
程序 V D						ASTM STP 315H PART3
发动机油泥平均评分	最小			9.2		
活塞裙部漆膜平均评分	最小			6.4		
发动机漆膜平均评分	最小			6.3		
机油滤网堵塞 (%)	最大			10		
油环堵塞 (%)	最大			10		
活塞环粘结	最小			无		
凸轮磨痕 (mm)						
	平均值			报告		
	最大值			报告		

① 允许用原子吸收光谱测定。

② 属保证项目。

表3-1-15 L-ECA级柴油机油技术指标 (GB5323—85)

项 目		技 术 指 标				试验方法
		20	30	40	50	
运动粘度 (100℃) (mm ² /s)		7~9.3	10~<12.5	12.5~<16.3	16.3~<21.9	GB/T 265
粘度指数	不小于	90	90	90	90	GB/T 2541或GB/T 1995
闪点 (开口) (℃)	不低于	195	205	210	220	GB/T 267
凝点 (℃)	不高于	-20	-15	0	0	GB/T 510
机械杂质 (%)	不大于	0.01	0.01	0.01	0.01	GB/T 511
水分	不大于	痕迹	痕迹	痕迹	痕迹	GB/T 260

(续)

项 目	技 术 指 标				试 验 方 法
	20	30	40	50	
糠醛或酚含量 (加剂前)	无	无	无	无	GB/T 390或GB/T 504
起泡性 (mL) 24±0.5°C					GB/T 12579
泡沫倾向 (mL) 不大于	25	25	25	25	
泡沫稳定性 (mL) 不大于 93±0.5°C	10	10	10	10	
泡沫倾向 (mL) 不大于	150	150	150	150	
泡沫稳定性 (mL) 不大于 后24±0.5°C	10	10	10	10	
泡沫倾向 (mL) 不大于	25	25	25	25	
泡沫稳定性 (mL) 不大于	10	10	10	10	
酸值 (未加剂) (mgKOH/g)	报告实测值				GB/T 264
残炭 (未加剂) (%)					GB/T 268
硫酸盐灰分 (%)					GB/T 2433
硫含量 (%)					GB/T 387
磷含量 (%)	报告实测值				SH/T 0296
钙含量 (%)					SH/T 0270
钡含量 (%)					SH/T 0225
锌含量 (%)					SH/T 0226

注: 1. 粘度指数要求允许中间基油不小于70, 环烷基油不小于60。

2. 酸值、残炭、硫酸盐灰分、硫含量、磷含量、钙含量、钡含量、锌含量均为报告项目, 但应按主管部门规定执行。钙、钡、锌金属含量允许用原子吸收光谱 (SH/T 0228) 测定。

3. 根据各地气温条件, 凝点允许经产、销、用代表单位协商另定。

表3-1-16 L-ECC柴油机油技术指标 (GB1122—89)

项 目	技 术 指 标							试 验 方 法
	5W/30	10W/30	15W/40	20W/40	20/20W	30	40	
运动粘度 (100°C) (mm ² /s)	9.3~ <12.5	9.3~ <12.5	12.5~ <16.3	12.5~ <16.3	7.4~ <9.3	9.3~ <12.5	12.5~ <16.3	GB/T 265
低温动力粘度 (mPa·s) °C 不大于	3500 -25	3500 -20	3500 -15	4500 -10	4500 -10	— —	— —	GB/T 6538
边界泵送温度 (°C) 不高于	-30	-25	-20	-15	-15	—	—	GB/T 9171
粘度指数 不小于	—	—	—	—	—	75	80	GB/T 1995或GB/T 2541
闪点 (开口) (°C) 不低于①	180	205	210	210	205	210	220	GB/T 3536
倾点 (°C) 不高于	-40	-32	-23	-20	-18	-15	-10	GB/T 3535

(续)

项 目	技 术 指 标							试 验 方 法
	5W/30	10W/30	15W/40	20W/40	20/20W	30	40	
沉淀物 (%)	不大于			0.01				GB/T 6531
水分 (%)	不大于			痕迹				GB/T 260
起泡性② (mL/mL)								GB/T 12579
24±0.5℃	不大于			25/0				
93±0.5℃	不大于			150/0				
后24±0.5℃	不大于			25/0				
酸值 (加剂前)								
mgKOH/g				报告				GB/T 264
残炭 (加剂前) (%)				报告				GB/T 268
硫酸盐灰分 (%)				报告				GB/T 2433
								GB/T 388
硫含量 (%)				报告				GB/T 11140
磷含量 (%)				报告				SH/T 0296
钙含量③ (%)				报告				SH/T 0270
钼含量③ (%)				报告				SH/T 0225
锌含量③ (%)				报告				SH/T 0226
高温氧化和轴瓦								SH/T 0265
腐蚀试验④								
轴瓦失重 (mg)	不大于			50				
活塞裙部漆膜								
评分	不小于			9.0				
剪切安定性⑤		在等级粘度范围			—	—	—	SH/T 0505
高温清净性和抗磨性试验⑥								GB/T 9932
顶环槽积炭填充								
体积 (%)	不大于			45				
加权总评分	不大于			140				
活塞环侧间隙损失 (mm)				0.013				
	不大于							

① 中间基原油和环烷基原油生产的各牌号允许按标准规定闪点指标低10℃。测试方法允许用 GB/T 267，有争议时以 GB/T 3536 法为仲裁。

② 测定起泡性试验时，只要泡沫未完全盖住油品表面，结果报告为“0”。

③ 允许用原子吸收光谱或 SH/T 0309 方法进行测定。

④ 属保证项目，每二年测定一次。

⑤ 为保证项目，每四年测定一次。

⑥ 保证项目。

表3-1-17 L-ECD柴油机油技术指标 (GB11123-89)

项 目	技 术 指 标									试验方法	
	10W	5W /30	10W /30	15W /30	15W /40	20W /40	20W /20W	30	40		
运动粘度 (100°C) (mm ² /s)	5.6~ 小于 7.4	9.3~ 小于 12.5	9.3~ 小于 12.5	9.3~ 小于 12.5	12.5~ 小于 16.3	12.5~ 小于 16.3	7.4~ 小于 9.3	9.3~ 小于 12.5	12.5~ 小于 16.3	GB/T 265	
低温动力粘度 (mPa·s)	不大于	3500	3500	3500	3500	4500	4500	—	—	GB/T 6538	
℃		-20	-25	-20	-15	-15	-10	-10	—		
边界泵送温度 (°C)	不高于	-25	-30	-25	-20	-20	-15	-15	—	GB/T 9171	
粘度指数	不小于	—	—	—	—	—	—	75	80	GB/T 1995 或GB/T 2541	
闪点① (开口) (°C)	不低于	200	180	205	215	215	215	215	220	230	GB/T 3536
倾点 (°C)	不高于	-32	-40	-32	-23	-23	-18	-18	-15	-10	GB/T 3535
沉淀物 (%)	不大于	0.01									GB/T 6531
水分 (%)	不大于	痕迹									GB/T 260
起泡性 (泡沫倾向/泡沫稳定性)②											GB/T 12579
(mL/mL)											
24°C	不大于	25/0									
93°C	不大于	150/0									
后24°C	不大于	25/0									
酸值 (加剂前) (mgKOH/g)											GB/T 264
残炭 (加剂前) (%)											GB/T 268
硫酸盐灰分 (%)											GB/T 2433
硫含量 (%)											GB/T 387、 GB/T 11140
磷含量 (%)		报告									SH/T 0296
钙含量 (%)③											SH/T 0270
钼含量 (%)③											SH/T 0225
锌含量 (%)③											SH/T 0226
高温氧化和轴瓦腐蚀④											SH/T 0265
轴瓦失重 (mg)	不大于	50									
活塞裙部漆膜评分	不小于	9.0									
粘度变化 (100°C)		—	在等级粘度范围内					—			SH/T 0265⑤ GB/T 9933
高温清净性和抗磨性试验⑥											
顶环槽积炭填充体积 (%)	不大于	80									
加权总评分	不大于	300									
活塞环侧隙损失 (mm)	不大于	0.013									

① 中间基原油和环烷基原油生产的除 5W/30 外, 其他各牌号允许比标准规定闪点指标低 10°C。
 ② 测定起泡性实验时, 只要泡沫未完全盖住油的表面, 结果报告为“0”。
 ③ 允许用原子吸收光谱或 SH/T 0309 方法进行测定。
 ④ 属保证项目, 亦可用 SH/T 0264 方法进行评定, 指标轴瓦失重不大于 25mg, 如有争议时, 以 SH/T 0265 方法为准, 每二年测定一次。
 ⑤ 属保证项目, 按 SH/T 0265 方法运转 10 h 后取出试样, 采用 GB/T 265 方法测定 100°C 运动粘度, 每四年测定一次。
 ⑥ 属保证项目。

价于L-ECC级柴油机油,更不能在要求使用L-ECC级柴油机油的发动机上使用。因为低增压柴油机油没有台架性能要求,没有通过ECC级油的台架试验。

③ L-ECD级柴油机油 L-ECD级柴油机油,按国家标准GB11123-89分为10W、5W/30、10W/30、15W/30、15W/40、20W/40、26/20W、30、40等9个等级(牌号),见表3-1-17,企业标准还有其它等级(牌号)。

L-ECD级柴油机油,比L-ECC级柴油机油具有优越的性能,特别是有更优异的高温清净性、抗磨损性能和较强的中和酸性物质能力。适用于要求使用L-ECD级油的进口汽车及其它柴油发动机的润滑,如强化系数在50以上的柴油发动机。必须注意,国内有的厂家生产的中增压柴油机油,不能等价于L-ECD级柴油机油。因为中增压柴油机油没有台架试验性能,也没有通过L-ECD级油的发动机台架试验。

3) 通用发动机油 通用发动机油,即汽油机、柴油机通用的发动机油,在国外应用十分广泛。它要求同时通过汽油机油和柴油机油的台架试验,既满足汽油机油的性能要求,又满足柴油机油的性能要求,如SD/CC级内燃机油,既可用于要求使用SD级汽油机油的汽油机,也可用于要求使用L-ECC级柴油机油的柴油机。

通用发动机油的质量等级可有不同的组合,如SD/CC、SE/CC、SF/CC、SF/CD等,目前尚无统一的标准,粘度等级也与汽油机油和柴油机油相同。

我国一些厂家生产的通用发动机油,大都是引进国外先进技术和添加剂生产的,如茂名石油工业公司南海高级润滑油公司生产的SD/CC、SE/CC、SF/CC、SF/CD级通用发动机油。

(4) 内燃机油的选用 内燃机油的选用主要是从质量等级和粘度牌号两方面进行。

1) 质量等级的选择 质量等级选择的原则是根据内燃机工作条件的苛刻程度,机油容量、压缩比及燃料性质等来确定。表3-1-18和表3-1-19分别列出了汽油机油和柴油机油质量等级选择的参考表。

必须指出,表3-1-18、表3-1-19的使用还必须根据选油的原则和设备制造商的推荐灵活使用。国外还规定了五种苛刻工作条件,符合其中一条者,

表3-1-18 汽油机油质量等级选择参考表

压缩比	发动机附设装置	质量等级	说明
6.5以下	—	EQB	
6.5~7.0	—	EQC	
7.0~8.0	PCV 阀(曲轴箱强制换气)	EQD	用EQC级应缩短换油期
7.5以上	EGR 装置(废气循环)	EQE	用EQD级应缩短换油期
8.0以上	EGR 装置(废气循环)	EQF(或EQE)	无铅汽油
8.0以上	透平增压	EQF/ECC(或EQE/ECC)	无铅汽油

表3-1-19 柴油机油质量等级选择参考表

平均有效压力 P_e (MPa)	强化系数 K_ψ	质量等级	说明
$P_e < 0.8$	$K_\psi < 30$	ECA	柴油含硫量大于0.95%用ECB级
$0.8 < P_e < 1.0$	$30 < K_\psi < 50$	ECC	
$1.0 < P_e < 1.5$	$50 < K_\psi < 80$	ECD	
$P_e > 1.5$	$K_\psi > 80$	ECE	用ECD级应缩短换油期

注:1.该表适应柴油含硫量为0.4%以下,当柴油含硫量为1.0%以上时选用的质量应提高一档。

2.强化系数 K_ψ 求法:

$$K_\psi = P_e C_m Z$$

式中 K_ψ ——柴油发动机的强化系数;
 P_e ——气缸平均有效压力
(0.1MPa);

C_m ——活塞平均线速度(m/s);

$$C_m = \frac{2s \cdot n}{60} = \frac{s \cdot n}{30}$$

式中 s ——活塞行程(m);

n ——发动机每分钟转数;

Z ——冲程系数,对四冲程机 $Z = 0.5$,二冲程机 $Z = 1$ 。

3. P_e 的求法:

$$N_e = 38.47 D^2 \cdot C_m \cdot P_e \cdot K \cdot Z$$

式中 N_e ——发动机有效功率(kW);

D ——气缸直径(m);

K ——气缸数;

C_m 、 Z 同上。

用油要考虑提高一质量档次或缩短换油期。五种苛刻工作条件为：a. 汽车处于停停开开使用状；如出租车、邮递车等，易产生低温油泥。b. 长时间低速（温度0℃，速度16km/h以下）行驶，易产生低温油沉积。c. 长时间在高温、高速下工作，尤其是满载长距离的行驶。d. 牵引车，满载长时间行驶（带拖挂）。e. 灰尘大的场所。有些情况，如机油容量较大，工作条件比较缓和，其用油等级可酌情低一级。

2) 粘度等级的选择 粘度是内燃机油的重要指标，当质量等级确定后，选择合适的粘度就显得更为重要。由于粘度选择过大或过小引起能源的浪费，磨损、擦伤甚至更严重的润滑故障也常有发生。因此，为了节约能源，保护设备必须选择合适的粘度牌号。粘度牌号的选用原则有：

① 根据地区、季节气温选用。冬季寒冷地区，选用粘度小、倾点低的油或多级油，如表3-1-20。

表3-1-20 粘度等级与使用的大致气温范围

粘度等级	使用气温范围(℃)	粘度等级	使用气温范围(℃)
5W	-30~-5	15W/30	-15~35
5W/20	-30~20	15W/40	-15~40
5W/30	-30~35	20W	-10~20
10W	-20~10	20W/40	-10~40
10W/20	-20~20	20	-10~20
10W/30	-20~35	30	0~35
15W	-15~10	40	30~

② 根据负荷和转速选用。负荷高，转速低，如大型推土机、起重机和钻井机等，一般选用粘度较大的机油；负荷低、转速高，如小轿车、吉普车、微型车及小型动力设备等，一般用低粘度机油。中负荷的大型柴油机，当活塞速度在7~8m/s时，应用100℃粘度10~12mm²/s的油；高负荷的大型柴油机，当活塞速度8~10m/s时，应用粘度为12~16mm²/s的油；小型高速柴油机，冬天应用100℃粘度6~8mm²/s的油，夏天应用粘度为10~12mm²/s的油。

③ 根据内燃机的磨损情况选用。新内燃机应选用粘度较小的油，而磨损大的内燃机可选用粘度较大的油。

④ 在保证润滑的条件下，应尽量选用低粘度油，特别应提倡推广多级油。新一代的油品因都具

有较好的抗磨性（有的加入减磨剂），所以保持最低的润滑粘度不会引起故障。在国外，为了节约能源，低粘度油（多级油）的使用非常广泛。

2. 齿轮油

用于润滑齿轮传动装置包括蜗轮蜗杆副的润滑油称为齿轮油。齿轮油约占润滑油产量的3%，在润滑油中占有重要地位。

(1) 齿轮油的性能要求

1) 适当的粘度 粘度是齿轮油的主要质量指标，粘度越大，其耐负荷能力越强。但粘度过大也会给循环润滑带来困难，增加齿轮运动的阻力，以致发热而造成动力损失。此外，粘度大的润滑油流动性差，对曾被挤压的油膜不能及时补偿修复，从而增加磨损。因而，粘度要合适，特别是加有极压抗磨剂的油，其耐负荷性能主要靠极压抗磨剂，更不能追求高粘度。

2) 良好的热氧化安定性 热氧化安定性也是齿轮油的主要质量指标。齿轮油工作时被激烈搅动，与空气充分接触，加上水分、杂质及金属催化作用，特别是在较高油温下更容易加快氧化速度，使油性变劣，使齿轮腐蚀、磨损。因此，齿轮油必须通过热氧化安定性试验。

3) 良好的极压抗磨性 为了使齿轮传递负荷时齿面不会擦伤、磨损、胶合，必须要求齿轮油具有耐负荷性能。在中等负荷以上的齿轮传动机构，必须用含油性剂和中等极压剂的齿轮油；重负荷的齿轮传动机构，必须使用含优良极压剂的重负荷齿轮油。齿轮油的极压添加剂都是一些活性很强的添加剂，在高温摩擦面上，其活性元素与金属表面发生反应，形成化学反应膜，这种膜的抗磨、抗胶合能力很强。评价齿轮油的耐负荷性能不能简单地用理化指标分析来说明，而必须用实验台架和标准的方法来评定。过去常常习惯用四球机试验来判断极压性好坏，这是不科学的。实验表明，四球机试验结果与台架试验和实际使用性能相关性很差，不能用四球机试验作为齿轮油极压性能的唯一评定方法。

4) 良好的抗泡沫性能 由于齿轮运转中搅动剧烈，及油循环系统的油泵、轴承等的搅动，若向油箱回流的油面过低，油就会发生泡沫，如果泡沫不能很快消除，就将影响齿轮啮合面油膜的形成。同时，由于泡沫的生成使油面升高以致从呼吸孔漏油，结果使油量减少，冷却作用降低，这些现象都可能引起齿轮及轴承损伤。所以齿轮油应当较少生

成泡沫，且消泡性好。

5) 良好的防锈、防腐性 由于齿轮油极压添加剂的化学活性强，在低温下容易和金属表面发生反应产生腐蚀，在使用中发生分解或氧化产生的酸性物质或胶质，特别是和水接触时，也容易产生腐蚀和锈蚀。因此，要求齿轮油要有好的防腐防锈能力。

6) 良好的抗乳化性能 在齿轮运转中，齿轮油常要接触到水分，如果油的抗乳化性不良，则会使齿轮油乳化或发泡，导致油膜强度变低或破裂。如有极压抗磨剂的油乳化后，引起添加剂水解或沉淀分离，失去了原有的性能，产生有害物质，使齿轮油迅速变质，失去使用性能，从而造成齿轮擦伤、磨损，甚至造成事故。因此，抗乳化性能是工业齿轮油的主要指标。

7) 良好的抗剪切安定性 齿轮啮合运动所引起的剪切作用使齿轮油的粘度产生变化。齿轮油的粘度在使用期内容许有一定的变化，但在指定温度下不容许有大的变化。在重、中负荷条件下最易受剪切影响的成分是聚合物，如粘度指数改进剂。齿轮油不允许加入抗剪切性能差的粘度指数改进剂来

提高粘度。

此外，齿轮油还有其他的性能要求，如良好的低温流动性、与密封材料的适应性、储存安定性，工业开式齿轮油还有粘附性要求等。

(2) 齿轮油的分类 按GB7631.7—89及ISO/DP6743/6，齿轮油分为工业闭式齿轮油、工业开式齿轮油、车辆齿轮油。

1) 工业齿轮油

① 质量分级 参照AGMA250.03[⊖]、美标224和ISO/DP6743/6的标准分类法，把工业闭式齿轮油分为L-CKB、L-CKC、L-CKD、L-CKE、L-CKS、L-CKT六个等级，见表3-1-21；把工业开式齿轮油分为L-CKH、L-CKJ、L-CKM三个等级，见表3-1-22（第三个字母引进K字，是为了避免与柴油机油混淆）。

② 粘度分级 我国工业齿轮油的粘度分级，现按其40℃运动粘度的中心值分为68、100、150、220、320、460、680等7个等级（牌号）。新旧粘度等级（新旧牌号）及与美国齿轮制造商协会（AGMA）、国际标准化组织（ISO）的粘度等级对应列于表3-1-23中。

表3-1-21 工业闭式齿轮油的分级

分 级	现行名称	组成、特性及使用说明	相对应的国外标准
L-CKB 抗氧防锈型	普通工业齿轮油	由精制矿物油加入抗氧、防锈添加剂调配而成，有严格的抗氧、防锈、抗泡、抗乳化性能要求，适用于一般轻负荷的齿轮润滑	AGMA 250.03中的R和O型
L-CKC 极压型	中负荷工业齿轮油	由精制矿物油加入抗氧、防锈、极压抗磨剂调配而成，比CKB具有较好的抗磨性，适用于中等负荷的齿轮润滑	AGMA 250.03中的EP油
L-CKU 极压型	重负荷工业齿轮油	由精制矿物油加入抗氧、防锈、极压抗磨剂调配而成，比CKC具有更好的抗磨性和热氧化安定性，适用于高温下操作的重负荷的齿轮润滑	美标224
L-CKE 蜗轮蜗杆	蜗轮蜗杆油	由精制矿物油或合成烃加入油性剂等调配而成，具有良好润滑特性和抗氧、防锈性能，适用于蜗轮蜗杆齿轮之润滑	AGMA中 250.03的COMP油
L-CKT 合成烃极压型	低温中负荷工业齿轮油	由合成烃为基础油，加入同CKC相似的添加剂，性能除具有CKC的特性外，有更好的低温、高温性能，适用于在高、低温环境下的中负荷齿轮之润滑	AGMA250.03 合成烃油
L-CKS 合成烃型	合成烃齿轮油	由合成油或半合成油为基础油加入各种相配伍的添加剂，适用于低温、高温或温度变化大，耐燃耐热，耐化学品以及其他特殊场合的齿轮传动润滑	AGMA250.03 合成烃油

⊖ AGMA、美国齿轮制造商协会。

表3-1-22 工业开式齿轮油的分级

分 级	现行名称	组 成、特 性 及 使 用 说 明	性能要求
L-CKH	普通开式齿轮油	由精制润滑油加抗氧防锈剂调制而成。具有较好的抗氧、防锈性和一定的抗磨性。适用于一般负荷的开式齿轮和半封闭式齿轮润滑	
L-CKJ	极压开式齿轮油	由精制润滑油加入多种添加剂调制而成, 它比CKH油具有更好的极压性能。适用于苛刻条件下的开式或半封闭式的齿轮箱润滑	Timken OK值不小于200N, 或FZG齿轮试验通过九级以上
L-CKM	溶剂稀释型开式齿轮油	由高粘度的普通开式或极压开式齿轮油加入挥发性溶剂调制而成, 当溶剂挥发后, 齿面上形成一层油膜, 该油膜具有一定的极压性能	溶剂挥发后的油膜强度 Timken OK值不小于200N 或FZG齿轮试验通过九级以上

表3-1-23 工业润滑油粘度等级

粘 度 等 级	40°C运动粘度 (mm ² /s)	50°C运动粘度 (mm ² /s, 旧牌号)	AGMA粘度级	ISO粘度级
68	61.2~74.8	50	2EP	VG68
100	90~110	50~70	3EP	VG100
150	135~165	90	4EP	VG150
220	198~242	120	5EP	VG220
320	288~352	200	6EP	VG320
460	414~506	250	7EP	VG460
680	612~748	350	8EP	VG680

2) 车辆齿轮油

① 质量分级 目前世界各国普遍采用的美国石油学会(API)使用性能分类法, 如表3-1-24。我国根据GB7631.7-89、润滑剂和有关产品(L类)的分类原则, 把车辆齿轮油相应分为L-CLC、L-CLD、L-CLE 3级, 见表3-1-25。

我国车辆齿轮油的新旧名称以及与API使用性能分级的对应关系如表3-1-26所示。

从表3-1-24、表3-1-25可以看出, 车辆齿轮油的分级是非常严格, 没有经过严格的台架评定, 是不能称之为那一级的油。我国原来生产的准双曲面齿轮油, 因为没有台架性能指标, 所以已经淘汰, 新一代产品不再叫准双曲面齿轮油。

② 粘度分级 我国车辆齿轮油的粘度是采用美国汽车工程师学会(SAE)制定的汽车齿轮油粘度分级标准SAE J 306C 1983进行分级的, 如表3-1-27所示。表中带W的表示冬用, 不带W的表示夏用。七个等级均为单级油。由带W的冬用油和不带W的夏用油进行组合, 如75W/90、75W/140、80W/90、80W/140等, 成为不同宽度的多级油。与

内燃机油一样, 多级油不受季带和寒热区域影响。

(3) 齿轮油的主要品种及应用

1) 工业齿轮油

① L-CKB抗氧防锈工业齿轮油 采用深度精制的矿物油, 加入抗氧、防锈、抗泡等多种添加剂调制而成。具有良好的氧化安定性、抗腐蚀性、抗乳化性、抗泡性等。适应于齿面应力在500MPa以下的一般闭式工业齿轮的润滑。目前按各企业标准生产, 有46、68、100、150、220、320六个等级(牌号), 国家标准报批稿见表3-1-28(原为GB5903-86)。

② L-CKC中负荷工业齿轮油 采用深度精制的矿物油为基础油, 加入性能优良的硫磷型极压抗磨剂, 抗氧、抗腐、防锈等添加剂配制而成。具有良好的极压抗磨和热氧化安定性等性能, Timken试验OK值不小于200N、FZG试验不小于9级, 质量水平与美国AGMM250.03和关钢222极压齿轮油相当。适用于冶金、矿山、机械制造、水泥、造纸、制糖等工业中具有中负荷(齿面应力为500~1100MPa)的闭式齿轮的润滑。轻负荷齿轮传动, 如带

表3-1-24 美国石油学会 (API) 齿轮油使用性能分级标准
(SAE J 308 C)

使用性能分级	GL-1	GL-2	GL-3	GL-4	GL-5
旧API使用性能分档	普通	蜗母轮用	中等极压性	通用强极压性	
润滑油类型	直馏或残馏油	含油性剂、脂、直馏或残馏油	含硫、磷、氯等化合物或钒化合物等极压剂的直馏或残馏油的混合物		
适用范围	低负荷低速的正齿螺旋齿轮、蜗轮蜗杆、锥齿轮及手动变速器等	带高速、高负荷的条件稍苛刻的蜗轮蜗杆及其他齿轮用(准双曲面齿轮不能用)	不能用GL-1或2的中等负荷及速度的正齿轮及手动变速器用(准双曲面齿轮不适用)	高速低转矩, 低速高转矩的准双曲面齿轮及很苛刻条件下工作的其他齿轮用	比GL-4更苛刻的准双曲面齿轮用。耐低速高扭矩, 高速低转矩和高速, 冲击性负荷的准双曲面齿轮油
使用部位	不能满足汽车齿轮要求, 不能用在汽车上	不能满足汽车齿轮的要求, 除特殊情况外不能用在汽车上	变速箱、转向器齿轮及条件缓和的差速器齿轮用	差速器内轮、变速箱齿轮及转向器齿轮	工作条件特别苛刻的差速器齿轮及后桥齿轮用
含极压剂量, %			2~4	3~6	6~10
相当标准				MIL-L-2105	MIL-L-2105 B (C)

表3-1-25 我国车辆齿轮油的分级

代号	组成、特性和使用说明	使用部位
L-CLC	精制矿油加抗氧剂、防锈剂、抗泡剂和少量极压剂等制成。适用于中等速度和负荷比较苛刻的汽车手动变速箱和曲线齿锥齿轮的驱动桥。这种油比CLA和CLB有较好的耐负荷能力	汽车的手动变速器, 曲线齿锥齿轮的驱动桥
L-CLD	精制矿油加入抗氧剂、防锈剂、抗泡剂和极压剂等制成。适用于在低速高扭矩, 高速低扭矩下操作的各种齿轮, 特别是客车和其他各种车辆用的准双曲面齿轮	汽车的手动变速器、曲线内锥齿轮和使用条件不太苛刻的准双曲面齿轮的驱动桥
L-CLE	由精制矿油加抗氧剂、防锈剂、抗泡剂和极压剂等制成。适用于在高速冲击负荷、高速低扭矩和低速高扭矩下操作的各种齿轮, 特别是客车和其他车辆的准双曲面齿轮	操作条件缓和或苛刻的准双曲面齿轮及其他各种齿轮的驱动桥, 也可用于手动变速器

表3-1-26 车辆齿轮油分级与API使用性能分级对应关系

中国车辆齿轮油		相当的API分级符号
新分级符号	原来名称	
L-CLC	普通车辆齿轮油	GL-3
L-CLD	中负荷车辆齿轮油	GL-4
L-CLE	重负荷车辆齿轮油	GL-5

表3-1-27 后桥齿轮及手动变速器润滑油
粘度分级 (SAE J 306 C 1983)

SAE号	15万 $\text{mPa}\cdot\text{s}$ 时最高温度(°C)	粘度(100°C)(mm^2/s)	成沟点(°C)(非标准规定)
70W	-55	4.1以上	—
75W	-40	4.1以上	—
80W	-26	7.0以上	—
85W	-12	11.0以上	—
90	—	13.5~24.0	-29(-20F)以下
140	—	24.0~41.0	-17.8(0F)以下
250	—	41.0以上	1.5(35F)以下

有高温和冲击负荷,也应使用中负荷工业齿轮油。国外很少有中负荷工业齿轮油这一档油的产品,大都用重负荷工业齿轮油代替。我国的CKC中负荷工业齿轮油现执行中石化暂行标准,有N68、N100、

N150、N220、N320、N460、N680 7个等级(牌号),见表3-1-29,国家标准报批稿,见表3-1-30(原为GB5903—86)。

③ L-CKD重负荷工业齿轮油 基础油与添加剂的要求与中负荷油相似。一般性能要求与中负荷油相当,但比中负荷油具有更好的极压抗磨性、抗氧化性和抗乳化性,要求通过四球机试验,Timken试验OK值不小于267N, FZG试验不少于11级,质量水平与美钢224相当。适用于重负荷(或中负荷)的闭式工业齿轮的润滑。如冶金、矿山、机械制造、水泥、化工等行业重(中)负荷齿轮传动装置。该产品现执行中石化暂行标准,有N68、N100、N150、N220、N320、N460、N680七个等级(牌号),见表3-1-31,国家标准报批稿见表3-1-32(原为GB5903—86)。

表3-1-28 L-CKB抗氧防锈工业齿轮油技术指标

项 目 品 种	技 术 指 标						试 验 方 法
	L-CKB						
粘度等级(按GB3141)	46	68	100	150	220	320	
运动粘度(40°C)(mm^2/s)	41.4~50.6	61.2~74.8	90~110	135~165	198~242	288~352	GB/T 265
粘度指数①	不小于90	90	90	90	90	90	GB/T 2541
闪点(开口)(°C)	不低于180	180	180	200	200	200	GB/T 267
倾点(°C)	不高于-8	-8	-8	-8	-8	-8	GB/T 3535
水分(%)	不大于痕迹	痕迹	痕迹	痕迹	痕迹	痕迹	GB/T 260
机械杂质(%)	不大于0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	GB/T 511
铜片腐蚀(121°C, 3h)(级)	不大于1	1	1	1	1	1	GB/T 5096
液相锈蚀试验(合成海水)	无锈	无锈	无锈	无锈	无锈	无锈	GB/T 11143
氧化安定性							
酸值达2.0mgKOH/g的时间(h)	1500	1500	750	750	500	500	GB/T 12581②
泡沫性(泡沫倾向/泡沫稳定性)							GB/T 12579
(mL/mL)							
24°C	不大于75/10	75/10	75/10	75/10	75/10	75/10	
93.5°C	不大于75/10	75/10	75/10	75/10	75/10	75/10	
后24°C	不大于75/10	75/10	75/10	75/10	75/10	75/10	
抗乳化性(82°C)							GB/T 8022
油中水(%) (体积)	不大于0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
乳化层(mL)	不大于2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
总分离水(mL)	不小于30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	

① 中间基原油生产的产品粘度指数允许不低于70。

② 为保证项目,每年抽查一次。

表3-1-29 硫磷型中负荷工业齿轮油技术指标

项 目	技 术 指 标							试验方法
	N68	N100	N150	N220	N320	N460	N680	
运动粘度 (40°C) (mm ² /s)	61.2~74.8	90~110	135~165	198~242	288~352	414~506	612~748	GB/T 265
粘度指数	不小于	90 (中间基油为70)						GB/T 2541
闪点 (开口) (°C)	不低于	180	200				220	GB/T 3536
倾点 (°C)	不高于	-8				-5		GB/T 3535
机械杂质 (%)	不大于	0.02						GB/T 511
水分 (%)	不大于	痕迹						GB/T 260
铜片腐蚀 (121°C, 3h) (级)	不大于	1						GB/T 5096
泡沫倾向性/泡沫稳定性, (mL/mL)								
24°C	不大于	75/10						GB/T 12579
93°C	不大于	75/10						
后24°C	不大于	75/10						
防锈试验, B法,	不大于	无锈						GB/T 11143
抗乳化性 (82°C)								
油中水 (%) (体积)	不大于	1.0				1.0		GB/T 8022
乳化层 (mL)	不大于	2.0				4.0		
分离水 (mL)	不小于	60				50		
热氧化安定性 (95°C, 312h), 100°C粘度增长 (%)	不大于	10						SH/T 0123
抗擦伤能力 (OK负荷), [N(16F)]	不小于	200(45)						GB/T 11144
承载能力试验 (级)	不小于	9						SH/T 0306

表3-1-30 L-CKC中负荷工业齿轮油技术指标

项 目	技 术 指 标							试验方法
	L-CKC							
粘度等级 (按GB3141)	68	100	150	220	320	460	680	
运动粘度 (40°C) (mm ² /s)	61.2~74.8	90~110	135~165	198~242	288~352	414~506	612~748	GB/T 265
粘度指数①	不小于	90	90	90	90	90	90	GB/T 2541
闪点 (开口) (°C)	不低于	180	180	200	200	200	200	GB/T 267
倾点 (°C)	不高于	-8	-8	-8	-8	-8	-5	GB/T 3535
水分 (%)	不大于	痕迹	痕迹	痕迹	痕迹	痕迹	痕迹	GB/T 260
机械杂质 (%)	不大于	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	GB/T 511
氧化安定性 (95°C, 312h)								SH/T 0123②
100°C粘度增长 (%)	不大于	10	10	10	10	10	10	

(续)

项 目	技 术 指 标							试验方法	
	L-CKC								
铜片腐蚀 (121°C, 3h) (级)	不大于	1	1	1	1	1	1	1	GB/T 5096
抗擦伤能力 (OK负荷) [N(1bf)]	不小于	200(45)	200(45)	200(45)	200(45)	200(45)	200(45)	200(45)	GB/T 11144②
承载能力试验 (级)	不小于	9	9	9	9	9	9	9	SH/T 0306②
液相锈蚀试验 合成海水		无锈	无锈	无锈	无锈	无锈	无锈	无锈	GB/T 11143
抗乳化性 (82°C) 油中水 (%) (体积)	不大于	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	GB/T 8022
乳化层 (mL)	不大于	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	4.0	4.0	
总分离水 (mL)	不小于	60	60	60	60	60	50	50	
起泡性 (泡沫倾向/泡沫稳定性) (mL/mL)									GB/T 12579
24°C	不大于	75/10	75/10	75/10	75/10	75/10	75/10	75/10	
33.5°C	不大于	75/10	75/10	75/10	75/10	75/10	75/10	75/10	
后24°C	不大于	75/10	75/10	75/10	75/10	75/10	75/10	75/10	

① 中间基原油生产的中负荷工业齿轮油、粘度指数允许不低于70。

② 氧化安定性、抗擦伤能力、齿轮油承载能力试验，为保证项目，每年测定一次，但必须合格。

表3-1-31 硫磷型重负荷工业齿轮油技术指标

项 目	技 术 指 标							试验方法
	N 68	N 100	N 150	N 220	N 320	N 460	N 680	
运动粘度 (40°C) (mm ² /s)	61.2~ 74.8	90~ 110	135~ 165	198~ 242	288~ 352	414~ 506	612~ 748	GB/T 265
粘度指数	不小于	90						GB/T 2541
闪点 (开口) (°C)	不低于	180	200				220	GB/T 3536
倾点 (°C)	不高于	-8				-5		GB/3535
机械杂质 (%)	不大于	0.02						GB/T 511
水分 (%)	不大于	痕迹						GB/T 260
铜片腐蚀 (100°C, 3h) (级)	不大于	1						GB/T 5096
泡沫倾向性/泡沫稳定性, (mL/mL)								GB/T 12579
24°C	不大于	75/10						
33°C	不大于	75/10						
后24°C	不大于	75/10						
防锈试验, A法,	不大于	无锈						GB/T 11143
抗乳化性 (82°C), 乳化层 (mL) 分离水 (mL)	不大于 不小于	1.0 80						GB/T 8022

(续)

项 目		技 术 指 标						试 验 方 法
		N 68	N 100	N 150	N 220	N 320	N 460	
氧化安定性 (121°C, 312 h), 100°C粘度增长 (%)	不大于	6						SH/T 0123
四球机试验, ZMZ, P _D [N(kgf)]	不小于	441(45)						GB/T 3142
	不小于	2450(250)						SH/T 0189
磨斑直径① (mm)	不大于	0.35						
抗擦伤能力 (OK负荷) [N(lbf)]	不小于	267(60)						GB/T 11144
承载能力试验 (级)	不小于	11						SH/T 0306

① 1800 r/min, 196N (20kgf), 60min, 54.4°C.

表3-1-32 L-CKD重负荷工业齿轮油技术指标

项 目		技 术 指 标						试 验 方 法
		L-CKD						
粘度等级 (按GB3141)		100	150	220	320	460	680	
运动粘度 (40°C) (mm ² /s)		90~110	135~165	198~242	288~352	414~506	612~748	GB/T 265
粘度指数	不小于	90	90	90	90	90	90	GB/T 2541
闪点 (开口) (°C)	不低于	180	200	200	200	200	200	GB/T 267
倾点 (°C)	不高于	-8	-8	-8	-8	-8	-5	GB/T 3535
水分 (%)	不大于	痕迹	痕迹	痕迹	痕迹	痕迹	痕迹	GB/T 260
机械杂质 (%)	不大于	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	GB/T 511
铜片腐蚀 (100°C, 3h) (级)	不大于	1	1	1	1	1	1	GB/T 5096
泡沫性 (泡沫倾向/泡沫稳定性) (mL/mL)								GB/T 12579
24°C	不大于	75/10	75/10	75/10	75/10	75/10	75/10	
93.5°C	不大于	75/10	75/10	75/10	75/10	75/10	75/10	
后24°C	不大于	75/10	75/10	75/10	75/10	75/10	75/10	
液相锈蚀试验								GB/T 11143
蒸馏水		无锈	无锈	无锈	无锈	无锈	无锈	
抗乳化性 (82°C)								GB/T 3022
油中水 (%) (体)	不大于	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
乳化层 (mL)	不大于	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
总分离水 (mL)	不小于	80	80	80	80	80	80	SH/T 0123①
氧化安定性 (121°C, 312 h)								
100°C粘度增长 (%)	不大于	6	6	6	6	6	6	
沉淀值 (mL)	不大于	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	SH/T 0024①
四球机试验								GB/T 3142
烧结负荷 P _D [N(kgf)]	不小于	441(45)	441(45)	441(45)	441(45)	441(45)	441(45)	
负荷磨损指数 ZMZ[N(kgf)]	不小于	2450 (250)	2450 (250)	2450 (250)	2450 (250)	2450 (250)	2450 (250)	
磨斑直径 (mm)	不大于	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	SH/T 0189②
抗擦伤能力 (OK负荷) [N(lbf)]	不小于	267(60)	267(60)	267(60)	267(60)	267(60)	267(60)	GB/T 11144①
承载能力试验 (级)	不小于	11	11	11	11	11	11	SH/T 0306①

① 氧化安定性、抗擦伤能力、承载能力试验为保证项目, 每年抽查一次, 但必须合格。

② 1800 r/min, 196N (20kgf), 60min, 54.4°C.

④ L-CKE蜗轮蜗杆油 采用深度精制的矿物，加入油性、抗磨、抗氧、防锈、抗泡等添加剂配制而成，具有良好的润滑性和承载能力，良好的防锈性、抗氧性。能有效地提高传动效率，延长蜗轮副的寿命，适用于蜗轮蜗杆传动装置的润滑。该产品的国家标准正在制订，目前执行的是各企业的标准，牌号与闭式工业齿轮油相当。

2) 车辆齿轮油

① L-CLC普通车辆齿轮油 采用深度精制的矿物油，加入抗氧、防锈、抗泡及少量极压剂，具有较好的抗氧防锈性和一定的极压抗磨性。与API GL-3的质量水平相当。适用于一般车辆的弧齿锥齿轮、手动变速箱和差速器的润滑。该产品执行SH0350-92，见表3-1-33，分为80W/90、85W/90、90三个等级(牌号)。

② L-CLD中负荷车辆齿轮油 采用深度精制的矿物油，加入适量的硫磷型极压抗磨剂和防锈防腐剂。具有较好的极压抗磨性、热氧化安定性和防锈性。与API GL-4质量水平相同。适用于手动

变速箱、曲线齿锥齿轮和使用条件不太苛刻的准双曲面齿轮差速器，以及要求使用API GL-4齿轮油的国产和进口车辆上使用。该油目前只有中国石化总公司制订的中石化暂行标准，见表3-1-34。

③ L-CLE重负荷车辆齿轮油 采用深度精制的矿物油，加入硫磷极压抗磨剂、防锈防腐、抗泡剂等。必须通过CRC L-33、37、42、60等台架试验。其质量水平与美军MIL-L-2105C规格车辆齿轮油相当，达到API GL-5性能水平。适用于操作条件苛刻的准双曲面齿轮差速器，也适用于手动变速箱，以及要求使用API GL-5齿轮油的国产和进口车辆。该油目前只有中国石化总公司制订的中石化暂行标准，见表3-1-35。

3. 液压油

用作流体静压系统(液压传动系统)中的工作介质称为液压油，而用作流体动压系统(液力传动系统)中的工作介质则称为液力传动油，通常将二者统称为液压油(液)。

(1) 液压油的性能要求

表3-1-33 L-CLC普通车辆齿轮油技术指标 (SH0350-92)

项 目	技 术 指 标			试 验 方 法
	80W/90	85W/90	90	
运动粘度(100°C)(mm ² /s)	15~19	15~19	15~19	GB/T 265
表观粘度15万Pa·s时(°C) ①	不高于-26	-12	—	GB/T 11145
粘度指数	—	—	90	GB/T 1995或GB/T 2541
倾点(°C)	不高于-28	-18	-10	GB/T 3535
闪点(开口)(°C)	不低于170	180	190	GB/T 267注②
水分(%)	不大于痕迹	痕迹	痕迹	GB/T 260
锈蚀试验15号钢棒A法	无锈	无锈	无锈	GB/T 11143
起泡性(mL/mL)	不大于			GB/T 12579
24±0.5°C	100/10	100/10	100/10	
93±0.5°C	100/10	100/10	100/10	
24±0.5°C	100/10	100/10	100/10	
铜片腐蚀试验(100°C、3h)(级)	不大于1	1	1	GB/T 5096
最大无卡咬负荷, P ₀ (N(kgf))	不小于784(80)	784(80)	784(80)	GB/T 3142
糠醛或酚含量(未加剂)	无	无	无	GB/T 504或GB/T 390
机械杂质(%)	不大于0.05	0.02	0.02	GB/T 511注③
残炭(未加剂)(%)		报告		GB/T 268
酸值(未加剂)(mgKOH/g)		报告		GB/T 4945
氮含量(%)		报告		SH/T 0161
锌含量(%)		报告		SH/T 0226
硫酸盐灰分(%)		报告		GB/T 2433

① 齿轮油表观粘度为保证项目，每年测定一次。

② 新疆原油生产的各号普通车辆齿轮油闪点允许比规定的指标低10°C出厂。

③ 不允许含有固体颗粒。

表3-1-34 硫磷型中负荷 (GL-4) 车辆齿轮油技术指标

项 目		技 术 指 标					试验方法
		75W	80W/90	85W/90	90	85W/140	
运动粘度 (100°C) (mm ² /s)		不小于4.1	13.5~24.0	13.5~24.0	13.5~24.0	24.0~41.0	GB/T 265
粘度指数	不小于				90		GB/T 2541
闪点 (开口) (°C)	不低于	150	165		180		GB/T 3536
成沟点 (°C)	不高于	-45	-35	-20	-17.8	-20	SH/T 0030
表观粘度 (1.5×10 ⁵ mPa·s) (°C)	不高于	-40	-26	-12		-12	GB/T 11145
机械杂质 (%)	不大于			0.02			GB/T 511
水分 (%)	不大于			痕迹			GB/T 260
泡沫倾向性/泡沫稳定性 (mL/mL)							GB/T 12579
24°C	不大于		20/0				
93°C	不大于		50/0				
后24°C	不大于		20/0				
台架性能评定			待定				

表3-1-35 硫磷型重负荷 (GL-5) 车辆齿轮油技术指标

项 目		技 术 指 标					试验方法
		75W	80W/90	85W/90	90	85W/140	
运动粘度 (100°C) (mm ² /s)		不小于4.1	13.5~24.0	13.5~24.0	13.5~24.0	24.0~41.0	GB/T 265
粘度指数	不小于				90		GB/T 2541
闪点 (开口) (°C)	不低于	150	165		180		GB/T 3536
成沟点 (°C)	不高于	-45	-35	-20	-17.8	-20	SH/T 0030
表观粘度 (15万 mPa·s) (°C)	不高于	-40	-26	-12		-12	GB/T 11145
机械杂质 (%)	不大于			待定			GB/T 511
水分 (%)	不大于			待定			GB/T 260
泡沫倾向性/泡沫稳定性 (mL/mL)							GB/T 12579
24°C	不大于		20/0				
93°C	不大于		50/0				
后24°C	不大于		20/0				
热氧化安定性 (100°C粘度增163°C, 50 h 长 率) (%)	不大于		100				SH/T 0123
戊烷不溶物 (%)	不大于		3				
苯不溶物 (%)	不大于		2				
铜片腐蚀 (121°C, 3 h) (级)	不大于		3				GB/T 5096
齿轮试验, L-37			通过				CRC L-37
齿轮试验, L-42			通过				CRC L-42
锈蚀试验, L-33			通过				CRC L-33
储存安定性和相容性沉淀 (重) (%) 不大于			0.25				SH/T 0451
(室温, 30 d) 液态不溶物 (体) (%) 不大于			0.25				

1) 合适的粘度, 良好的粘温特性 若液压油的粘度过高, 液压泵吸油阻力增加, 容易产生空穴和气蚀作用, 使液压泵工作困难, 甚至受到损坏; 液压泵的能量损失增大, 机械总效率降低; 管路中压力损失增大, 也会降低总效率, 至使阀和液压缸的敏感性降低, 工作不够灵活。若液压油的粘度过低, 液压泵的内泄漏增多, 容积效率降低, 管路接头处的泄漏增多; 控制阀的内泄漏增多, 控制性能下降; 润滑油膜变薄, 油品对机器滑动部件的润滑性能降低, 造成磨损增加, 甚至发生烧结。

由于液压油在工作过程中温度变化较大, 不同地区, 不同季节也会使油温发生较大变化, 要使液压油有合适的粘度, 还必须要求液压油有较好的粘温特性, 就是其粘度随温度变化不太大, 这样才能较好地满足液压系统的要求。

2) 要有良好的抗氧化性 液压油和其他油品一样, 在使用过程中都不可避免地发生氧化。特别是空气、温度、水分、杂质、金属催化剂等因素的存在, 都有利于氧化反应的进行或加速它的反应速度。因此, 液压油必须具有较好的抗氧化性。

液压油被氧化后产生的酸性物质会增加对金属的腐蚀性, 产生的粘稠油泥沉淀物会堵塞过滤器和其他孔隙, 妨碍控制机构的工作, 降低效率, 增加磨损。

3) 要有良好的防腐蚀、防锈性能 液压油在工作过程中, 不可避免地要接触水份、空气, 液压元件会因此发生锈蚀。液压油使用过程的氧化产物或添加剂分解物也会引起液压元件腐蚀或锈蚀, 严重地影响液压系统的正常工作, 影响液压设备寿命, 因此, 液压油要有较强的防锈防腐能力。

4) 要有良好的抗乳化性 前面提过, 液压油在工作过程中, 都有可能混进水份。进入油箱的水, 受到液压泵、液压马达等液压元件的剧烈搅动后, 容易形成乳化液。如果这种乳化液是稳定的, 则会加速液压油的变质, 降低溶解性、抗磨性, 生成的沉淀物会堵塞过滤器、管道以及阀门等, 还会产生锈蚀、腐蚀。因此, 要求液压油有良好的抗乳性, 使液压油能较快地与水分离, 使水沉到油箱底部, 然后定期排放, 避免形成稳定的乳化液。

5) 良好的润滑性(抗磨性) 在液压设备运转时, 总要产生摩擦和磨损, 尤其是在机器起动和停止时, 摩擦力最大, 更易引起磨损。因此, 液压油要对各种液压元件起润滑、抗磨作用, 以减少磨

损。工作压力高的液压系统, 对液压油的抗磨性要求就更高。

6) 要有良好的抗泡性和空气释放性 液压设备在运转时, 由于下列原因会使液压油产生气泡:

① 在油箱内, 液压油与空气一起受到剧烈搅动。

② 油箱内油面过低, 油泵吸油时把一部分空气也吸进泵里去。

③ 因为空气在油中的溶解度是随压力而增加的, 所以在高压区域, 油中溶解的空气较多, 当压力降低时, 空气在油中的溶解度也随之降低, 油中原来溶解的空气就会析出而产生气泡。

液压油中混有气泡是很有害的, 其害处有以下几条:

① 气泡很容易被压缩, 因而会导致液压系统的压力下降, 能量传递不稳定, 产生振动和噪音, 液压系统的工作不规律。

② 容易产生气蚀作用, 当气泡受到液压泵的高压时, 气泡中的气体就会溶于油中, 这时气泡所在的区域就会变成局部真空, 周围的油液会以极高的速度来填补这些真空区域, 形成冲击压力和冲击波。这种冲击压力可高达几十甚至上百个兆帕。如果这种冲击压力和冲击波作用于固体壁面上, 就会产生气蚀作用, 使机器损坏。

③ 气泡在液压泵中受到迅速压缩(绝热压缩)时, 会产生局部高温(可高达几百到一千摄氏度), 促使油品蒸发、热分解、气化、变质和变黑。

④ 增加液压油与空气的接触面积, 增加油中的氧分压, 促进油氧化。

因此, 液压油应有良好的抗泡性和空气释放性, 即在设备运转过程中, 产生的气泡要少; 产生的气泡要能很快破灭, 以免与液压油一起被液压泵吸进液压系统中; 溶在油中的微小气泡必须容易释放出来等。

7) 较好的抗剪切性 液压油经过泵、阀等元件, 尤其是通过各种液压元件的小孔、缝隙时, 要经受剧烈的剪切作用。在剪切力的作用下, 液压油中的一些大分子就会发生断裂, 变成较小的分子, 使液压油的粘度降低。当粘度降低到一定限度时该液压油就不能继续使用了。因此, 液压油必须具有较好的抗剪切性。

8) 良好的水解安定性 液压油中的添加剂是保证油品使用性能的关键成分, 如果液压油的抗水

解性差，油中的添加剂容易被水解，则液压油的主要性能不可能是好的。

9) 良好的可滤性 抗磨液压油在一些使用场合特别是被少量水污染后很难过滤。这种状况引起了过滤系统的阻塞和泵与其他部件污染磨损显著增加。由于一些数控机床中伺服阀非常精密，阀芯尖锐的刃边易被油中的磨损颗粒所伤害，导致机床精度下降。因此，近年来国内外有些标准对液压油提出了可滤性要求。

10) 对密封材料的影响要小 密封元件对保证液压系统的正常工作十分重要。液压油可使密封材料溶胀、软化或硬化，使密封材料失去密封性能。因此，液压油与密封材料必须互相适应，相互影响要小。

液压设备对液压油的要求除以上几点外，特殊

的工作还有特殊的要求，如在低温地区露天作业，则要求液压油凝固点要低，以保持其低温流动性；与明火或高温热源接触，有可能发生火灾的液压设备，以及需要预防瓦斯、煤尘爆炸的煤矿井下的某些液压设备，则要求液压油有良好的抗燃性；乳化型液压油还要求乳化稳定性要好，等等。

由此可见，液压油除了要满足一般的理化指标外，更重要的是要有较好的全面的使用性能。切不可认为简单的理化指标达到就是一种好的液压油。

(2) 液压油的分类

1) 品种分类 国际标准化组织(ISO)把液压油用H来表示，分为易燃烃类油、抗燃液压油两大类，每一大类又再分若干类，见表3-1-36和表3-1-37所示。

我国液压油类产品分组、命名和代号等效采用

表3-1-36 易燃的烃类液压油 ISO分类

用油系统	ISO分类符号	组成和特性	主要用途
流体静压系统 (液压系统)用油	HH	不含任何添加剂的矿物润滑油	用于通用型机床液压箱和齿轮箱，轻负荷机械的润滑 用于要求抗磨性能较高的中、高压液压系统 用于要求高粘度指数的低、中压液压系统 用于要求高精度指数的中、高压液压系统 用于既有液压传动又有滑动面的系统 用于特殊环境及高寒区作业
	HL	具有防锈、抗氧性的精制矿物润滑油	
	HM	具有抗磨性的HL型油品，不仅具有HL油的全部特性，而且具有良好的抗磨性能	
	HR	具有更好的粘温特性的HL型油品	
	HV	具有更好的粘温特性的HM型油品	
	HG	具有更好的防粘-滑性(防腐性)的HM型油品	
	HS	以合成烃为基础油，具有较低的倾点和良好的粘温特性	
流体动压系统 (液力系统)用油	HA		用于自动变速齿轮箱
	HN		用于联轴节和变矩器

表3-1-37 抗燃液压油 ISO分类

ISO分类符号	组成和特性	主要用途
HFA	水包油乳化液，可分为无抗磨性(HFAL)和有抗磨性(HFAM)两种	用于钢铁厂、矿山及其他要求抗燃性的工业
HFB	油包水乳化液，可分为无抗磨性(HFBL)和有抗磨性(HFBM)两种	
HFC	水-乙二醇(水-聚合物)，可分为无抗磨性(HFCL)和有抗磨性(HFCM)两种	
H(F)DR	不含水的磷酸脂	
H(F)DS	不含水的卤代烃	
H(F)DT	不含水的卤代烃与磷酸脂混合液	
H(F)DU	不含水的其他合成液压油	

ISO6743/4—82 标准, 建立了 GB7631.2—87 国家标准, 见表 3-1-38。在此标准中把液压系统所用的油分为 L-HH、L-HU、L-HM 等 15 个品种, 把液力系统用油分为 L-HA、L-HN 两个品种。

2) 粘度分级 新的分级法是用 40°C 运动粘度的某一中心值为粘度牌号, 共分为 10、15、22、32、46、68、100、150 八个粘度等级, 见表 3-1-39 所示。

(3) 液压油主要品种及应用

1) L-HL 液压油 原称通用型机床工业润滑油, 属 HL 级抗氧防锈液压油, 是中国石油化工总公司和原机械工业部共同组织试制的, 并于 1986 年 11 月通过部级鉴定。

L-HL 液压油采用深度精制的矿物油作为基础油, 加入多种相配伍的添加剂, 具有较好的抗氧、

防锈、抗泡沫、抗乳化。空气释放、橡胶密封适应等性能, 分为 15、22、32、46、68、100 六个等级(牌号)。目前执行 GB11118—89, 见表 3-1-40。

该系列产品, 在我国 18 个应用试验单位的 70 余台不同类型的机床上(如车床、刨床、钻床、磨床、镗床、铣床、插齿机、珩磨机、磨齿机、组合机床等)经过平均 2500 h 以上的使用试验表明, 其各项性能都优于 L-AN 全损耗系统用油, 达到了减小磨损、降低温升, 防止锈蚀、延长机床加工精度保持性等目的, 油品的使用寿命也比 L-AN 全损耗系统用油高一倍以上。

该系列产品适用于一般机床的主轴箱、液压站和齿轮箱或类似的机械设备中、低压液压系统的润滑(2.5MPa 以下为低压, 2.5~8.0MPa 为中压)。

表 3-1-38 液压油分类

字母	总应用	特殊应用	具体应用	组成和特性	产品符号 L—	典型应用	备注	
II	液压系统	流体静压系统(液压系统)	液片导轨系统	无抗氧剂的精制矿物油	HH	高负荷部件的一般液压系统		
				精制矿物油, 并改善其防锈和抗氧性	HL			
				HL 油, 并改善其抗磨性	HM			
				HL 油, 并改善其粘温性	HR			
				HM 油, 并改善其粘温性	HV		机械和船用设备	
				无特定难燃性的合成液	HS			特殊性能
				需要难燃液场合	HM 油, 并具有粘-磨性	HG	液压和滑动轴承导轨润滑系统合用的机床在低速下使振动或间断滑动(粘-滑)减为最小	
					水包油乳化液	HFAE		含水大于 80%
					水的化学溶液	HFAS		
					油包水乳化液	HPB		
					含聚合物水溶液	HFC		含水小于 80%
					磷酸酯无水合成液	HFDR		选择本产品时要应小心, 因可能对环境和健康有害
					氯化烃无水合成液	HFDS		
					HFDR 和 HFDS 混合的无水合成液	HFDT		
					其他成分的无水合成液	HJ/DU		
	流体动压系统(液力系统)	自动传动			HA		组成和特性的划分原则待定	
		联轴节和转换器			HN			

表3-1-39 粘度牌号

粘度级 (新牌号)	40°C运动粘度 (mm ² /s)	相当于旧牌号 (50°C运动粘度)	ISO 粘度级
10	9.00~11.0	7	VG10
15	13.5~16.5	10	VG15
22	19.8~24.2	15	VG22
32	28.8~35.2	20	VG32
46	41.4~50.6	30	VG46
68	61.2~74.8	40 (上限接近50号)	VG68
100	90.0~110	50, 70 (下限接近50号, 上限接近70号)	VG100
150	135~165	90	VG150

2) L-HM 液压油 (抗磨液压油) L-HM 液压油是采用深度精制的优质中性基础油 (基础油成本很高) 加入抗氧、抗磨、防锈、抗泡沫、金属钝化等多种配伍添加剂制成。L-HM 液压油较 HL 液压油有突出的抗磨性 (抗磨性要求通过威克斯叶片泵试验和 FZG 齿轮试验)。按现行国家标准 GB11119—89 L-HM 液压油分为 22、32、46、68 四个等级 (牌号), 见表 3-1-41。

L-HM 液压油最适用于压力大于 10MPa 的高压和超高压的叶片泵、柱塞泵等。

表3-1-40 L-HL 液压油技术指标 (GB11118—89)

项 目	技 术 指 标							试 验 方 法	
	L-HL								
粘度等级 (按 GB3141)		15	22	32	46	68	100	—	
运动粘度 (mm ² /s)								GB/T265	
0°C	不大于	140	300	420	780	1400	2560		
40°C		13.5~16.5	19.8~24.2	28.8~35.2	41.4~50.6	61.2~74.8	90.0~110		
100°C ^①	不小于	3.2	4.1	5.0	6.1	7.8	9.9		
闪点 ^② (开口) (°C)	不低于	155	165	175	185	195	205	GB/T 267 GB/T 3536	
倾点 (°C)	不高于	-9	-9	-6	-6	-6	-6	GB/T 3535	
液相锈蚀试验 (蒸馏水)		无锈							GB/T 11143
腐蚀试验 (铜片, 100°C, 3h) (级) 不大于		1							GB/T 5096
橡胶密封适应性指数	不大于	14	12	10	9	7	6	SH/T 0305	
空气释放值 (50°C) (min)	不大于	5	7	7	10	12	15	SH/T 0308	
泡沫性 (泡沫倾向/泡沫稳定性) ^③									GB/T 12579
24°C	不大于	150/0							
93°C	不大于	75/0							
后24°C	不大于	150/0							
抗乳化性 [(40-37-3)mL] (min)									GB/T 7305
54°C	不大于	30							
82°C	不大于	—							30
氧化安定性		1000							GB/T 12581
a. 酸值达 2.0mgKOH/g 的时间 ^④ (h) 不小于									
b. 旋转氧弹 (150°C, 压力降 175kPa) (min)		报告							SH/T 0193
灰分 (%)		报告							GB/T 508
中和值 (mgKOH/g)		报告							GB/T 4945
水分 (%)	不大于	痕迹							GB/T 260
机械杂质 (%)	不大于	0.005							GB/T 511
色度 (号)		报告							GB/T 6540

① 当用非石蜡基原油生产本产品时, 可不控制 100°C 运动粘度指标, 而改为粘度指数 (用 GB/T 2541) 不小于 70 出厂。

② 在本标准实施之日起二年内, 闪点指标可以用 GB/T 267 测定, 但仲裁时必须用 GB/T 3536 测定。

③ 测定泡沫性时, 只要泡沫未完全盖住油的表面, 结果报告为“0”。

④ 为保证项目。

表3-1-41 L-HM液压油技术指标 (GB11119-89)

项 目		技 术 指 标				试 验 方 法	
品 种		L-HM					
粘度等级 (按GB3141)		22	32	46	68	—	
运动粘度 (mm ² /s)						GB/T 265	
0℃	不大于	300	420	780	1400		
40℃	不小于	19.8~24.2	28.8~35.2	41.4~50.6	61.2~74.8		
100℃	不小于	4.1	5.0	6.1	7.8		
倾点 (℃)		不高于	-15	-15	-9	-9	GB/T 3535
闪点 (开口) (℃)		不低于	165	175	185	195	GB/T 3536
色度 (号)		报告				GB/T 6540	
液相锈蚀试验 (蒸馏水)		无锈				GB/T 11143	
腐蚀试验 (铜片, 100℃, 3h) (级) 不大于		1				GB/T 5096	
橡胶密封适应性指数		不大于	13	12	10	8	SH/T 0305
空气释放值 (50℃) (min)		不大于	5	6	10	10	SH/T 0308
泡沫性① (泡沫倾向/泡沫稳定性) (mL/mL)						GB/T 12579	
24℃	不大于	150/0					
93℃	不大于	75/0					
后24℃	不大于	150/0					
抗乳化性[(40-37-3) mL, 54℃] (min) 不大于		30				GB/T 7305	
抗磨性			10			SH/T 0306	
a. FZC (或CL-100) 齿轮机试验②③ (A/ 8.3/90) 失效级		—		10			
b. 叶片泵试验② (250 b, 总失重) (mg) 不大于		150					
c. 磨损直径 (392 N, 60 min, 25℃) (mm)		报告				SH/T 0189	
氧化安定性			1000			GB/T 12581	
a. 酸值达2.0mgKOH/g的时间② (h) 不小于		1000					
b. 旋转氧弹 (150℃, 压力降175kPa) (min)		报告				SH/T 0193	
中和值 (mgKOH/g)		报告				GB/T 4945	
水分 (%)		不大于	痕迹			GB/T 260	
机械杂质 (%)		不大于	无			GB/T 511	

① 测定泡沫性时, 只要泡沫未完全盖住油的表面, 结果报告为“0”。

② 为保证项目。

③ 22号不要求, 但添加剂配方与其他粘度等级油相同。

L-HM 液压油通常分为含锌型（或称有灰型）和无灰型两类。含锌型抗磨液压油，因加入含锌的抗磨剂，燃烧后会残留氧化锌灰，故称之为有灰型。此外，油中锌含量低于 0.07% 者，称为低锌型，锌含量高于 0.07% 者，称为高锌型。无灰型抗磨液压油中不加入含锌的抗磨添加剂，也不加入其他含金属元素添加剂，因而燃烧后不残留金属氧化物灰分，故称无灰型。

含锌型与无灰型抗磨液压油各种性能的比较见表 3-1-42，从表中可以看出，无灰型抗磨液压油在抗氧化性、水解安定性、热安定性、抗磨性、酸值、减少油泥的生成、对合金的抗腐蚀性等方面都比含锌型优越，是一种很有发展前途的抗磨液压油。但是无灰型抗磨液压油的添加剂来源比较困难，且价格也较高，这是无灰型抗磨液压油未能取代含锌型抗磨油的原因。

必须指出，表 3-1-42 中的性能比较是一种相对的比较，含锌型抗磨液压油对各国的特定标准来说，它完全能够满足，是性能优越的抗磨液压油。

3) L-HV、L-HS 低温液压油 在环境温度较低（-15℃以下）或环境温度变化较大的地区，液压设备在室外工作必须使用凝点低、低温粘度小、粘度指数高的低温液压油。否则，在低温下液压油的粘度就会增至很大，或失去流动性，使液压设备无法正常工作。

低温液压油除了必须具有抗磨液压油的性能外，还必须具有下列特性：

- ① 具有较低的倾点。通常要求比环境的最低温度低 10~15℃ 以上。
- ② 具有较好的低温流动性。在环境的最低温度下，它的粘度不太高，仍具有较好的流动性。
- ③ 具有优越的粘温特性，粘度指数不低于

表 3-1-42 含锌型与无灰型抗磨液压油的性能比较

性能	油类	典型含锌型抗磨液压油	无灰型抗磨液压油
灰分		高	无
所含的金属		Zn (有的还含Ca或Ba)	无
酸值, (mgKOH/g)		有的可高达1.5, 通常<0.7或1.0	约0.2
抗氧化性 (数值达2.0时之时间)		好 (1000h 以上)	很好 (可高达2600h 以上)
水解安定性		一般~劣	很好
热安定性		一般	好
抗乳化性 (油水分离性)		好~劣	好
生成沉积物的倾向		中等~强	弱
生成油泥粒子的倾向		强	弱
对铜和铜合金的腐蚀		可能性大	可能性小
油泵的使用性能		好	极好
总磨损量 (SH/T 0307) 100h (mg)		中等 (多数可<60)	很轻微 (<20)
气蚀情况		中等~严重	无
防爬性		不好	好
抗磨性		对钢-钢合金摩擦副好 但对钢-铜合金不够好	对两者都好
对橡胶密封材料的适应性		对丁腈橡胶好, 但对聚氯酯橡胶不好	对两者都好
多效性		一般~好	极好
对污染的控制问题		成问题的可能性大	成问题的可能性小

130。

④ 具有较好的低温稳定性, 即低温下长期储存也不会发生可逆变化。

⑤ 具有较好的抗剪切性能。要求喷嘴剪切40℃时的运动粘度降低不超过10%, 确保在高负荷、高剪切力下, 粘度不会有大的下降。

L-HV 低温液压油采用精制矿油为基础油, 加入抗剪切性能好的粘度指数改进剂, 降凝剂, 并加入与相配伍的添加剂调配而成, 适用于寒冷地区的工程机械的液压系统和其他液压设备。

L-HS 低温液压油采用合成油或合成油与精制矿油混用的半合成油为基础油, 加入抗剪切性能好的粘度指数改进剂和与其相配伍的添加剂调配而成,

适用于极寒地区的工程机械的液压系统和其他液压设备。

L-HV、L-HS 低温液压油系列产品经过综合评定证明, 都具有优良的高低温性能, 良好的热稳定性、水解安定性、抗乳化性和空气释放性。两者不同之处是 L-HV 低温液压油的低温性能稍逊于 L-HS 低温液压油, 因而 HV 油只适用于寒冷地区, 而 L-HS 油适用于极寒冷地区。从经济上说, L-HV 油的成本、价格都低于 L-HS 油。中国石油化工总公司已制订出 L-HV、L-HS 低温液压油技术要求专业标准草案, 见表 3-1 43。

4) L-HG 液压油 (液压导轨油) L-HG 液压油专门用于液压-导轨润滑系统合用的机械设备,

表3-1-43 低温液压油技术指标

品 种	L-HV						L-HS				试验方法	
	15	22	32	46	68	100	15	22	32	46		
粘 度 等 级	15	22	32	46	68	100	15	22	32	46		
40℃运动粘度 (mm ² /s) ±10%	15	22	32	46	68	100	15	22	32	46	GB/T 265	
达到1500mm ² /s时的温度 (°C)	不高于	-33	-24	-18	-12	-5	-3	-9	-30	-27	-18	GB/T 6538
粘度指数	不小于	130					130				GB/T 2541	
倾点 (°C)	不高于	-36			-30		-21		-45			GB/T 3535
闭点 (开) (°C)	不低于	100	140	160		180		100	140	160		GB/T 3535
橡胶密封性指数 (%)	不大于	16	14	13	11	10		16	14	13	11	SH/T 0305
空气释放值50℃ (min)	不大于	5	6	7	10	12	15	5	6	7	10	SH/T 0308
抗乳化性 (54℃) (40—37—3) (min)	不大于	30		40		60		30		40		GB/T 7305
喷嘴剪切△V40℃ (%)	不大于	10										SH/T 0103
FZG失效级	不低于	10										SH/T 0306
V104泵250h失重 (mg)	不大于	150 (联评用100h, 不大于100mg)										SH/T 0307
抗泡性 (I II类) (mL/mL)	不大于	100/10										GB/T 12579
氧化安定性 (模拟达到2.0 mgKOH/g) (h)	不小于							1000				GB/T 1258①
溶解铜 mg								报告				
溶解铁 mg								报告				
沉淀 mg								报告				
水分 (%)								痕迹				GB/T 260
锈蚀试验 A + B法								通过				GB/T 11143
苯胺点 (°C)								报告				GB/T 262
机械杂质 (%)								无				GB/T 511

(续)

品 种	L-HV	L-HS	试 验 方 法
水解安定性			
铜失重 (mg/cm ²)	不大于	0.5	
水层酸值 (mg KOH)	不大于	6.0	
锥外观		无灰黑色	
水分 (%)		报告	GB/T 2433
中和值 (mg KOH/g)		报告	GB/T 4945
热安定性		报告	Cincinnati法
可滤性 (无水、加水 2%) (s)		报告	JISK2540法 Denison Tpo2100法

① 为保证项目

也称液压导轨油。它是在 L-HM 抗磨液压油的基础上进一步改善其粘-滑性能。L-HG 液压油除具有 L-HM 抗磨液压油的各种性能外, 还具有良好的粘-滑特性 (防爬特性)。国外的典型规格有法国 NFE48-603。我参照国外有关先进标准, 已制订并颁了我国的专业标准 SH0352--92, 见表 3-1-44。

5) 液力传动油 (自动变速器油 A. T. F)

① 液力传动油的特性

a. 有良好的热氧化安定性。由于液力传动油的工作温度可高达 140~175°C, 油的流速快 (可高达 20 m/s), 在工作中油又不断与空气及铝、铜等有色金属 (油品氧化催化剂) 接触, 所以它比液压油更易氧化变质。液力传动油必须具有更好的热氧化安定性, 才能防止在元件上生成漆膜和其他沉积物。

b. 有良好的高温性能。在高温、高压下液力传动油要保持合适的粘度, 保证液力传动系统具有更高的效率。

c. 有良好的低温性能。在低温 (如 -25°C) 下工作的液力传动油要有更好的低温流动性, 即对低温粘度的要求比较严格。

d. 有合适的摩擦特性。

e. 具有良好的润滑性 (抗磨性)。因为液力传动系统内的轴承、齿轮摩擦副也要用液力传动油润滑, 所以必须有良好的润滑性 (抗磨性)。

f. 有良好的抗泡沫性和放气性。泡沫多会使液力传动油冷却效果下降, 轴承及齿轮过热甚至烧

坏。泡沫多还会产生气蚀, 损坏机器, 或使机器工作不正常, 效率降低。

除上述外, 液力传动油对防锈性、抗腐蚀性, 对合成橡胶的溶胀性等都有一定的要求。

② 液力传动油的分类及品种 美国材料试验学会 (ASTM) 以及美国石油学会 (API) 提出了液力传动油的分类方案, 见表 3-1-45。

表 3-1-45 所列的三类油中, PTF-1 类油主要用于轿车、轻型卡车作自动传动液, 此类油对低温粘度要求较高, 即要有良好的低温起动性; PTF-2 类油要求有良好的极压抗磨性, 而对低温粘度的要求较宽; PTF-3 类油主要用于农业和建筑业中低速运转的变矩器, 对极压抗磨性要求比 PTF-2 类油要求更高。

我国原生产的 6 号、8 号液力传动油由于未通过 SAE2 摩擦试验机台架试验, 还不能称属于分类中的哪一类。目前已有厂家引进国外技术生产出 Dexron II 和 Allison C-2 型产品供应市场。

4. 压缩机油

压缩机油是一种专用润滑油, 主要用于润滑压缩机内部各摩擦机件。

(1) 压缩机油的性能要求

1) 适当的粘度, 良好的粘温特性 压缩机油的主要作用是在摩擦表面, 如气缸壁和活塞表面上形成润滑油膜以减少摩擦功耗和磨损, 同时冷却摩擦表面和密封气缸的工作室, 提高活塞和填料箱的严密性。因此, 压缩机油的粘度必须适当, 如果粘度过高, 则不易输送且耗功大, 易于析炭; 过低,

表3-1-44 L-HG液压油技术指标 (SH0352—92)

项 目		技 术 标 准		试 验 方 法	
品 种		L-HG			
粘度等级 (按GB3141)		32	68	—	
运动粘度 (40°C) (mm ² /s)		28.8~35.2	61.2~74.8	GB/T 265	
粘度指数		不小于	95	GB/T 2541	
闪点 (开口) (°C)		不低于	160	180	GB/T 3535, GB/T 3267
凝点 (°C)		不高于	-10	GB/T 510	
倾点 (°C)		不高于	-6	GB/T 3535	
液相锈蚀试验 (蒸馏水)		无锈		GB/T 11143	
腐蚀试验 (铜片, 100°C, 3h) (级)		不大于	1	GB/T 5096	
橡胶密封适应性指数		报告		SH/T 0305	
空气释放值 (50°C) (min)		报告		SH/T 0308	
泡沫性, (泡沫倾向/泡沫稳定) (mL/mL)					
24°C	不大于	100/10		GB/T 12579	
93°C	不大于	100/10			
后24°C	不大于	100/10			
抗乳化性 (40—37—3mL) (min)		报告		GB/T 7305	
抗磨性					
a. FZG (或CL-100) 齿轮机试验 (A/8.3/90), (失效级) 不小于		10		SH/T 0306	
b. 长期磨损 (592N, 60min, 25°C) (mm)		报告		SH/T 0189	
c. 最大无卡咬负荷 (P _B) [N(kgf)]	不小于	588(60)		GB/T 3142	
氧化安定性					
a. 酸值 (达2.0mgKOH/g的时间)① (h)	不小于	1000		GB/T 12581	
b. 旋转氧弹 (压力降, 175kPa) (min)		报告		SH/T 0193	
中和值 (mgKOH/g)		报告		GB/T 4945	
色度 (号)		报告		GB/T 6540	
皂化值 (mgKOH/g)		报告		GB/T 8021	
苯胺点 (°C)		报告		GB/T 262	
水分 (%)		不大于	痕迹	GB/T 260	
机械杂质 (%)		无		GB/T 511	
粘-滑特性 (动摩擦系数差值) ①		不大于	0.08	SH0361附录A	

① 为保证项目

则起不到润滑密封作用。由于压缩机工作时温升大, 故要求压缩机油有较好的粘温性能。

2) 良好的抗氧化安定性 这是保证润滑油在压缩机运转中少生成油泥和积炭的重要性能。由于

气体压缩后温度升高较大, 润滑油在高温(排气温度通常均在120~200°C, 有的可达300°C以上)下易于氧化生成油泥和积炭, 此过程随着温度升高而剧增。因此, 要求润滑油有足够的稳定性, 使之不易

表3-1-45 液力传动油分类方案

分类	符合的规格	应用
PTF-1	通用汽车公司 (GM) Dexron II 福特 (Ford) M2C33G 克莱斯勒 (Chrysler) MS-4228	轿车、轻型卡车的自动传动油
PTF-2	通用汽车公司 Track & Coach 阿里森 (Allison) C-2型	履带车、农业用车、越野车的自动变速器、多级变矩器和液力耦合器用油
PTF-3	约翰-狄尔 (John-Deere) J-20A 福特 M2C41A 玛赛-福格森 (Massey-Ferguson) M-1135	农业和野外建筑机器用液力传动油

分解成积炭和烃类气体。

3) 较低的残炭值 残炭是影响压缩机润滑油在使用中产生积炭多少和性质如何的重要指标。残炭值大的油品往往易在排气阀及排气管道生成大量的积炭和气体, 积炭的生成对于压缩机的正常工作和安全生产造成极其严重的威胁。空气压缩机中的积炭严重时, 可能引起润滑油蒸气和空气混合气的自燃, 甚至引起气缸及排气管的爆炸。所以国际标准化组织规定 L-DAB 级压缩机油减压蒸馏出 80% 后残留物的康氏残炭 (重) 不大于 0.3%~0.6%。另外油的闪点应比压缩气体的最高工作温度高出 30~40°C。

4) 较好的防腐蚀性 压缩机在间歇操作中, 防腐蚀性特别重要。因为压缩机的压缩气体中含有硫化氢、三氧化二硫等酸性物质, 冷凝水或酸性溶液会破坏油膜, 产生腐蚀。所以要求压缩机油具有较好的防腐蚀性。

5) 较好的抗乳化性和抗泡性 压缩机油中存在表面活性物质, 此类物质与润滑系统中的空气、冷凝水和油泥形成乳化液。乳化液会影响压缩机的功能, 增加磨损和氧化作用。回转式空气压缩机油在循环使用过程中, 循环速度快, 油品处于剧烈搅拌状态, 易产生泡沫。因此, 压缩机油要有较好的抗乳化性和抗泡性。

(2) 压缩机油的分类 压缩机油, 通常是用于往复式和回转式压缩机的气缸 (内部) 或气缸与轴承等运动机构的润滑油。

国际标准化组织 (ISO) 制定了压缩机油的分类和特性要求, 见表 3-1-46~表 3-1-48。我国已经等效采用了 ISO 的分类法也把压缩机油按压缩机的类型和负荷的轻重分为六个质量等级, 见表 3-1-46, 牌号也按 ISO 工业润滑剂粘度等级划分。目前, 已颁布了 L-DAA、L-DAB 压缩机油的国家标准 (GB12691-90), 并取消了 SY1216-77 标准, HS-13、HS-19 产品已被淘汰。

表3-1-46 ISO压缩机油分类

负荷	油润滑往复式压缩机		油冷回转式压缩机	
	品种	操作参数	品种	操作参数
轻	DAA	段压缩比 < 2.5 或压缩机轴功率 < 20kW, 排气系统按无油焦沉积设计	DAG	排气温度 < 100°C
中等	DAB	段压缩比 > 2.5	DAH	排气温度 100~110°C
重	DAC	如采用中负荷的润滑油后, 排气系统出现油焦	DAJ	排气温度 > 110°C

(3) 压缩机油的主要品种及应用范围

1) L-DAA 压缩机油 L-DAA 压缩机油采用深度精制的优质中性基础油, 再加入少量添加剂调制而成, 具有良好抗氧性能。按现行国家标准分为 32、46、68、100、150 五个等级见表 3-1-49。L-DAA 压缩机油属低档压缩机油, 适用于低压 (排气压力小于 1.0MPa) 往复式压缩机的润滑, 过去使用 HS-13、HS-19 压缩机油, 现可选用 L-DAA100、L-DAA150 或更低的粘度号。实验证明, 选用低粘度压缩机油能够使摩擦力减小, 且能保证气缸的流体润滑。

2) L-DAB 压缩机油 L-DAB 压缩机油采用深度精制的优质中性基础油, 再加入几种相配伍的添加剂调制而成, 具有良好的抗氧性、防锈性、抗乳化性等。按现行国家标准分为 32、46、68、100、150 五个等级 (牌号), 见表 3-1-49。L-DAB 压缩机油属中档压缩机油, 适用中压、高压和多级往复式空气压缩机的润滑。一般动力用的空气压缩机, 单级、风冷式可选用 L-DAB100 或 L-DAB150 油, 两级水冷式可选用 68 号或 100 号压缩机油。原 HS-19 号压缩机油粘度太高, 虽然在活塞环的润滑中形成较厚的油膜, 但其摩擦功耗大, 各方面性能较

表3-1-47 ISO往复式空气压缩机矿物油基润滑油特性要求

类 型	L-DAA轻负荷					L-DAB中负荷				
	32	46	68	100	150	32	46	68	100	150
粘度等级 (ISO VG)	32	46	68	100	150	32	46	68	100	150
40°C粘度 (mm ² /s) ±10%	32	46	68	100	150	32	46	68	100	150
100°C粘度 (mm ² /s)	实测					实测				
倾点① (°C) 最大	-9					-9				
铜片腐蚀 (3h, 100°C) (级) 最大	1					1				
抗乳化性[(40-37-3)mL] (min)	无要求					30 30 30				
54°C 不大于 82°C 不大于						30 30				
防锈性 (24h)	无要求					无锈				
氧化安定性	最大 15 15 15 15 15					不采用				
氧化后 (200°C)										
a) 蒸发损失 (重%)	不采用					20 20 20 20 20				
b) 残炭增值 (重%)						最大 2.5 2.5 3.0 3.0 3.0				
氧化后 (Fe ₂ O ₃)	最大 不采用									
a) 蒸发损失 (重%)						最大 不采用				
b) 残炭增值 (重%)	最大 不采用									
减压蒸馏出80%后残油性质						最大 不采用				
a) 康氏残炭 (重%)	最大 不采用									
b) 粘度比 (40°C), 残油/新油						最大 不采用				

① 使用于低温时, 必须采用低倾点油。

表3-1-48 ISO回转式空气压缩机矿物油基润滑油特性要求

类 型	L-DAG轻负荷				L-DAH中负荷											
	15	32	46	68	15	32	46	68								
粘度等级 (ISO VG)	15	32	46	68	15	32	46	68								
40°C粘度 (mm ² /s) ±10%	15	32	46	68	15	32	46	68								
粘度指数	最小	90			90											
倾点① (°C)	最大	-9			-9											
氧化安定性	—				特定											
a) 蒸发损失									—							
b) 粘度增值 (100°C)													—			
c) 总酸值增值 (mgKOH/g)																
d) 沉积物 (重%)	—															
氧化安定性 (h)					>1000				—							
抗乳化性 (54°C) 乳化层不大于3mL					实测				实测							
防锈性 (24h)					无锈				无锈							
铜片腐蚀 (100°C, 3h) (级) 最大	1b				1b											
抗泡沫性 (40°C) 最大	300/0				300/0											

① 使用于低温时, 必须采用低倾点油。

表3-1-49 空气压缩机油的技术指标 (GB12691-90)

项 目	技 术 指 标										试 验 方 法		
	L-DAA					L-DAB							
粘度等级 (按GB3141)	32	46	68	100	150	32	46	68	100	150			
运动粘度 (mm ² /s) 40°C	28.8~35.2	41.6~50.6	51.2~74.8	90.0~110	155~165	28.8~35.2	41.6~50.6	51.2~74.8	80.0~110	135~165	GB/T 265		
100°C	报告												
倾点 (°C)	不高于 -9					-9					-3	GB/T 3535	
闪点 (开口) (°C)	175	185	195	205	215	175	185	195	205	215	GB/T 3536		
腐蚀性试验 (铜片, 100°C, 3h) (级)	1										GB/T 5096		
抗乳化性 [(40-37-3) mL] (min)													
54°C	不大于					30					—	GB/T 7305	
82°C	不大于					—					30		
液相锈蚀试验 (蒸馏水)	—										无锈	GB/T 11143	
硫酸盐灰分 (%)	—										报告	GB/T 2483	
老化特性													
a. 200°C, 空气蒸发损失 (%)	15					—							
不高于													
康氏残炭增值 (%)	1.5					2.0							
不高于													
b. (200°C, 空气, Fe ₂ O ₃) 蒸发损失 (%)	—										20	SH/T 0192	
不高于											3.0		
康氏残炭增值 (%)	—												
减压蒸馏器出80%后残留物性质													
a. 残留物康氏残炭 (%)	—					0.3					5	0.6	GB/T 9168
不高于													
b. 新旧油40°C运动粘度之比	—												GB/T 268
中和值 (mgKOH/g)	报告										报告	GB/T 265	
未加剂	—										报告	GB/T 4945	
如加剂	—										报告		
水溶性酸或碱	无										无	GB/T 259	
水分 (%)	不大于										微量	GB/T 260	
机械杂质 (%)	不大于										0.01	GB/T 511	

表3-1-50 轻负荷喷油回转式空气压缩机油技术指标 (GB5904—86)

项	目	技术指标						试验方法
		N15	N22	N32	N46	N68	N100	
粘度等级		N15	N22	N32	N46	N68	N100	GB3141
40℃粘度 (mm ² /s)	±10%	15	22	32	46	68	100	GB/T 235
粘度指数	不小于	90						GB/T 2541
倾点 (°C)	不高于	-9						GB/T 3535
闪点 (开口) (°C)	不低于	165	175	190	210	210	220	GB/T 267
铜片腐蚀 (100°C, 3h) (级)	不大于	1						GB/T 5096
抗泡性 (24°C) (mL)								
泡沫倾向	不大于	100						GB/T 12579
泡沫稳定性	不大于	0						
抗乳化性 [(40—37—3)mL] (min)								
54°C	不大于	30						GB/T 7305
82°C	不大于	—						
防锈试验 (15号钢)		无锈						GB/T 11143
氧化安定性 (h)	不小于	1000						GB/T 12581
机械杂质 (%)	不大于	0.01						GB/T 511
水分 (%)	不大于	痕迹						GB/T 260
水溶性酸或碱		无						GB/T 259
残炭 (加剂前) (%)		报告						GB/T 268

差, 不宜再选用。

3) L-DAG 回转式压缩机油 L-DAG 回转式压缩机油采用深度精制的优质中性基础油, 再加入抗氧、抗泡、防锈等多种添加剂调制而成, 具有良好的抗氧、防锈、抗泡沫、粘温性及低温水分离性等。按国家标准 GB5904—86, 见表 3-1-50, 分为 N15、N22、N32、N46、N68、N100 六个等级 (牌号)。适用于各种负荷较轻的喷油内冷回转式空气压缩机的润滑。

L-DAH 中负荷回转式压缩机及 DAC/DAJ 合成压缩机油均有企业标准产品, 本节不详细介绍。

5. 冷冻机油

冷冻机的品种很多, 只有压缩式冷冻机使用冷冻机油。

(1) 冷冻机油的基本性能 根据冷冻机油的工作条件和不同制冷压缩机对润滑油的要求, 冷冻机油的基本性能可归纳为以下几点:

1) 适宜的粘度和粘温性能, 以保证冷冻机油的润滑、冷却和密封作用。

2) 良好的低温流动性, 凝点低 (一般低于 -40°C), 含蜡量低, 氟氯烷 (R-12) 浊点低。因冷冻机油有时会在很低的温度下作业, 如果低温流动性达不到要求, 会在蒸发器等低温处因失去流动能力或析出石蜡而沉积在蒸发器内, 堵塞油路, 因而影响制冷效率、制冷能力和润滑效果。

3) 挥发性小, 闪点高。挥发量愈大, 随制冷剂循环的油量也就愈多, 这就要求冷冻机油的馏份范围愈窄愈好, 闪点亦应高于冷冻机排气温度 30°C 以上。

4) 良好的热氧化安定性。对于半封闭和全封闭的制冷机, 主要要求油品有良好的热安定性, 在出口侧的高温下不结焦、不炭化。

5) 良好的化学稳定性。避免冷冻机油可能与制冷剂如卤化烃 (RCL, RF) 类作用生成酸性腐蚀物质而腐蚀冷冻设备。

6) 不含水和杂质。因水在蒸发器结冰会影响传热效率; 与制冷剂接触会加速制冷剂分解并腐蚀设备, 所以冷冻机油不能含有水和杂质。

7) 其他, 如良好的电绝缘性(在封闭式冷冻机中使用)、抗泡性, 对橡胶、漆包线不溶解、不膨胀等。

(2) 冷冻机油的品种分类及应用范围 冷冻机油是一种深度精制的专用润滑油, 它以深度精制的矿物油或合成油作基础油, 再加入一定量的添加剂调制而成。

我国较早的冷冻机油规格是部标准 SY1213—75, 该标准分为13、18、25、30四个等级(牌号), 由于这些油品的质量较差, 已不再生产, 该标准也已废除。

目前我国执行的是 SH10349—92 行业标准见表 3-1-51, 该标准按 ISO 的工业润滑油粘度等级划分牌号, 分为 N15、N22、N32、N46、N68 5 个等

级(牌号)。该标准的产品比原来 SY1213—75 有提高, 但尚未提出使用性能的控制指标。此类油适用于以氨为制冷剂的冷冻机, 其中 N15、N32、N46、N68 四个牌号还可用于氟氯烷(氟利昂)为制冷剂的工业用冷冻机, 但不适用于半封闭和全封闭式家用电冰箱的双冷压缩机。

随着科学技术的不断发展, 制冷压缩机对其用油的要求也愈加苛刻。我国参照国外先进标准, 已制订了与国外同等水平的冷冻机油系列产品试制规格, 见表 3-1-52。L-DRA (A 级) 分为 15、22、32、46、68 5 个等级(牌号), 适用于氨制冷压缩机和大容量的氟利昂制冷压缩机等开启式制冷压缩机的润滑。L-DRA (B 级) 分为 22、32、46、68、100 5 个等级(牌号), 适用于中小型氟利昂制冷系统, 如中小冷库、空调装置等半封闭式制冷压缩机的润滑。L-DRB (A 级)、(B 级), 只有 32 一个等级(牌号), 适用于电冰箱、低温箱、空调及其他

表 3-1-51 冷冻机油行业标准技术指标 (SH10349—92)

项 目		技 术 指 标					试验方法
粘度等级		N15	N22	N32	N46	N68	GB3141
运动粘度 (40°C) (mm ² /s)		13.5~16.5	19.8~24.2	28.8~35.2	41.4~50.6	61.2~74.8	GB/T 265
闪点 (开口) (°C)	不低于	150	160	160	170	180	GB/T 267
凝点 (°C)	不高于	-40			-35		GB/T 510
倾点 (°C)		报告					GB/T 3535
酸值 (mgKOH/g)	不大于	0.02		0.03		0.05	GB/T 264
水溶性酸或碱		无					GB/T 259
腐蚀 (T3 铜片, 100°C, 3h), 级	不大于	1					GB/T 5096
氧化安定性							SH/T 0196 及注 1
氧化后酸值 (mgKOH/g)	不大于	0.05	0.02	0.05	0.10		1
氧化后沉淀物 (%)	不大于	0.005	0.002	0.005	0.02		
机械杂质		无					GB/T 511
水 分		无					GB/T 260
水分 (ppm)		报告	—	报告			GB/T 2122
颜色 (号)		报告					GB/T 6540
浊点 (与氟氯烷的混合液) (°C)	不高于	—		-28	—		SH/T 0292
灰分 (%)	不大于	0.005	0.01	0.005	0.01		GB/T 508

注: 1. 氧化条件: 140°C, 14h, 空气流速 50mL/min。

2. N32 号冷冻机油不得加入降凝剂。

3. 供蒸发温度不低于 -20°C 的冷冻机使用的 N22 冷冻机油允许其倾点不高于 -25°C。

小型自动化制冷装置的全封闭式制冷压缩机的润滑。目前国内已有厂家按试制标准生产产品。

6. 汽轮机油

汽轮机油又称透平油，它主要用于润滑汽轮发电机组和大、中型水轮发电机组转子的滑动轴承、减速齿轮和调速装置。

汽轮机油除了主要用于电力工业以外，还广泛用于大型远洋船舶和大、中型军舰的汽轮机、工业燃气轮机以及汽轮压缩机、汽轮冷冻机、汽轮鼓风机、汽轮增压器和汽轮泵等。

(1) 汽轮机油的作用及性能要求 汽轮机油在汽轮发电机组中起以下三种作用：

1) 润滑汽轮机、发电机及其励磁机的各个滑动轴承。如果汽轮机与发电机不同轴而是用齿轮连接，则还要润滑减速齿轮。

2) 冷却各滑动轴承，迅速将热量从轴承上吸收并带出机外。

3) 润滑汽轮机的调速系统，除润滑该系统外还起液压传动作用。

要使汽轮机油切实起到上述三种作用，汽轮机油应具备下述性能：

1) 适当的粘度。汽轮机对润滑油粘度的要求，依汽轮机的结构不同而异。用压力循环的汽轮机需选用粘度较小的汽轮机油；对用油环给油润滑的小型汽轮机，因转轴发热，影响轴上油膜的粘着力，需使用粘度较大的油；具有调速装置的小型汽轮发电机组和船舶汽轮机，为保证齿轮得到良好的润滑，也需要使用粘度较大的油。

2) 良好的抗氧化安定性。汽轮机油的工作温度虽然不高但用量较大，使用时间长，并且受空气、水分和金属的作用，仍会发生氧化反应并生成酸性物质和沉淀物。酸性物质的积累，会使金属零部件腐蚀；形成盐类及使油加速氧化和降低抗乳化性能；溶于油中的氧化物，会使油的粘度增大，降低润滑、冷却和传递动力的效果；沉淀析出的氧化物，会污染堵塞润滑系统，使冷却效率下降，供油不正常。因此，要求汽轮机油必须具有良好的氧化安定性，使用中老化的速度应十分缓慢，使用寿命不少于8~10年。

3) 优良的抗乳化性。汽轮机油在使用过程中往往不可避免地混入水分，所以抗乳化性能是汽轮机油的主要性能之一。如果抗乳化性不好，当油中混入水份后，不仅会因形成乳浊液而使油的润滑性

能降低，而且还会使油加速氧化变质，对金属零部件产生锈蚀。压力循环给油润滑的汽轮发电机组，汽轮机油投入的循环油量很大，每分钟约1500L，始终处于湍流状态，遇水易产生乳化现象。要使汽轮机油具有良好的抗乳化性，则基础油必须经过深度精制，尽量减少油中的环烷酸、胶质和多环芳烃。因深度精制除去了基础油中的天然抗氧剂，故必须加入抗氧防胶剂来提高油的氧化安定性。

4) 良好的防锈蚀性。汽轮机是以蒸汽为工作介质的，如果轴承的密封装置不严密，就会使蒸汽进入汽轮机轴承冷凝并混入汽轮机油中。当油中含有0.1%以上的水分时，就会对金属产生锈蚀作用。同时，在汽轮机的润滑系统中设有冷却器，在船用汽轮机中，油冷却器的冷却介质是海水，由于含盐分多，锈蚀作用很强烈，如果冷却器发生渗漏，就会使金属零部件产生严重锈蚀。因此，用于船舶的汽轮机油，更需具有良好的防锈蚀性能。

5) 良好的抗泡沫性。汽轮机油在循环润滑过程中会由于以下原因吸入空气：

- ① 油泵漏气。
- ② 油位过低，使油泵露出油面。
- ③ 润滑系统通风不良。
- ④ 润滑油箱的回油过多。
- ⑤ 回油管路上的回油量过大。
- ⑥ 压力调节阀放油速度太快。
- ⑦ 油中有杂质。
- ⑧ 油泵送油过量。

当汽轮机吸入的空气不能及时释放出去时，就会产生发泡现象，使油路发生气阻，供油量不足，润滑作用下降，冷却效率降低，严重时甚至使油泵抽空和调速系统控制失常。为了避免汽轮机油产生发泡现象，除了应按汽轮机规程操作和做好维护保养，尽可能使油少吸入空气外，还要求汽轮机油具有良好的抗泡沫性，能及时地将吸入空气释放出去。

(2) 汽轮机油的品级及用途 根据汽轮机的种类可分为蒸汽汽轮机油、水轮机油；根据用途可分为陆用汽轮机油和船用汽轮机油；根据润滑油的组成可分为不含添加剂的汽轮机油（馏份汽轮机油）和含有添加剂的汽轮机油；按照润滑油的特性可分为抗氧防锈汽轮机油、极压汽轮机油、抗燃汽轮机油、抗氨汽轮机油和高温汽轮机油等。ISO提出了用于蒸汽和燃气汽轮机的汽轮机油标准ISO

8086, 见表3-1-53。

1) 抗氧防锈(L-TSA)汽轮机油 我国参照ISO8086的标准, 1989年制订并颁布了L-TSA汽轮机油(抗氧防锈型)标准GB11120-89, 代替了GB2537-81。

L-TSA汽轮机油分优级品、一级品和合格品三种, 每种均有32、46、68和100等4个等级(牌号), 见表3-1-54。L-TSA汽轮机油适用于各种蒸汽汽轮机、燃气汽轮机以及水轮机的润滑。

2) 抗氨汽轮机油 抗氨汽轮机油系采用精制的矿物润滑油或低温合成烃润滑油为基础油, 加入抗氧、防锈、抗泡等添加剂调制而成。按行业标准SH0362-92, 分为N32、N32D、N68三个等级(牌号), 见表3-1-55适用于大型化肥装置离心式合成氨压缩机、冷冻机及汽轮机组的润滑。

7. 全损耗系统用油

全损耗系统在GB7631.1-87分组中属第A组,

它包括一次润滑和某些要求较低, 换油期较短的油浴式润滑。虽然全损耗系统包括一次润滑, 但并不是所有的一次润滑全部包括在全损耗系统中。如二冲程汽油机油、汽缸油等。总之, 全损耗系统润滑油质量要求不高, 只有一般的理化指标要求, 多采用一般精制的润滑油基础油, 不加或加少量添加剂制成。全损耗系统用油主要包括: L-AN全损耗系统用油(原来的机械油)和车轴油。

(1) L-AN全损耗系统用油 L-AN全损耗系统用油(原机械油), 采用一般精制的润滑油基础油制成。按现行国家标准GB443-89, L-AN油分为5、7、10、15、22、32、46、68、100、150等十个等级(牌号), 见表3-1-56, 适用于一次润滑和某些要求较低, 换油期较短的油浴式润滑。必须指出, 从表3-1-57中可以看出, L-AN油的技术要求很低, 只有一般理化指标要求, 而抗氧、抗磨、抗泡、防锈、抗乳化、粘温特性等均没有要求。这

表3-1-53 ISO8086汽轮机油标准

项 目	粘度等级	粘度等级			试验方法
		32	46	68	
运动粘度(40°C)(mm ² /s)		28.2~35.2	41.4~50.6	61.2~74.8	ISO3104
粘度指数	不小于	80	80	80	ISO2909
倾点(°C)	不高于	-6	-6	-6	ISO3019
密度(15°C)(kg/dm ³)	不大于	报告	报告	报告	ISO3675
闪点(°C)	(开口)	177	177	177	ISO2592
	(闭口)	165	165	165	ISO2719
总酸值(mgKOH/g)	不大于	报告	报告	报告	DP6618
抗泡沫试验					DP6247
程序 I, 24°C(ml)	不大于	450/0	450/0	450/0	
程序 II, 93.5°C(ml)	不大于	100/0	100/0	100/0	
程序 III, 24°C(ml)	不大于	450/0	450/0	450/0	
空气释放值, 50°C(min)	不大于	5	6	8	DIN51381
水分分离度(破乳化时间)					
第一种方法(S)	不大于	300	300	300	DIN51589
第二种方法, 54°C(至3ml乳化层)(min)	不大于	30	30	30	ISO6614
液相锈蚀试验(5号铜棒, 24h), B法		通过	通过	通过	DIN7120
铜片腐蚀(100°C, 3h)(级)	不大于	1b	1b	1b	ISO2160
氧化安定性					
第一种方法, 总酸值(logKOH/g) 不大于		1.8	1.8	1.8	DP7624
油泥(%) 不大于		0.4	0.4	0.4	
第二种方法, 总酸值达2.0时间(h) 不小于		2000	2000	1500	DIN2463

表3-1-54 L-TSA汽轮机油的技术指标 (GB11120-89)

项 目	技 术 指 标						试验方法			
	优 级 品		一 级 品		合 格 品					
粘度等级 (按GB3147)	52	48	68	100	32	46	68	100	GB/T 265	
运动粘度 (40°C) (mm ² /s)	28.8~35.2 61.2~74.8	28.8~35.2 61.2~74.8	41.4~50.6 90.0~110.0	41.4~50.6 90.0~110.0	28.8~35.2 61.2~74.8	41.4~50.6 90.0~110.0	28.8~35.2 61.2~74.8	41.4~50.6 90.0~110.0		
粘度指数①	不小于	90	90	90	90	90	90	90	GB/T 1995	
倾点② (°C)	不高于	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	GB/T 3535	
闪点 (开口) (°C)	不低于	180	180	195	180	180	180	185	GB/T 3535 GB/T 1884 1885	
密度 (20°C) (kg/m ³)	不大于	报告	报告	报告	报告	报告	报告	报告	GB/T 264	
酸值 (mgKOH/g)	不大于	报告	报告	报告	报告	报告	报告	报告	GB/T 4945 GB/T 511	
中和值 (mgKOH/g)	无	无	无	无	无	无	无	无	GB/T 260	
机械杂质	无	无	无	无	无	无	无	无	GB/T 7305	
水分	无	无	无	无	无	无	无	无	GB/T 12579	
抗乳化性[(40-37-3)mL]③ (min)	不大于	15	15	30	15	15	15	30		
54°C	不大于	15	15	30	15	15	15	30		
82°C	不大于	15	15	30	15	15	15	30		
起泡性试验④ (mL/mL)	不大于	450/0	450/0	450/0	450/0	450/0	450/0	600/0		
24°C	不大于	100/0	100/0	100/0	100/0	100/0	100/0	100/0		
95°C	不大于	450/0	450/0	450/0	450/0	450/0	450/0	600/0		
后24°C	不大于	450/0	450/0	450/0	450/0	450/0	450/0	600/0		
氧化安定性⑤	不小于	报告	报告	报告	报告	报告	报告	报告	GB/T 8119	
a. 总氧化产物 (%)	不大于	报告	报告	报告	报告	报告	报告	报告	SH/T 0196	
沉淀物 (%)	不大于	3000	3000	2000	2000	2000	1500	1000	GB 12581	
b. (倾点后酸值达2.0mgKOH/g时)(h)	不小于	3000	3000	2000	2000	2000	1500	1000	GB/T 11143	
液相腐蚀性试验 (合成海水)	不大于	5	6	8	10	5	6	8	10	GB/T 5066
铜片试验 (100°C, 3h) (级)	不大于	5	6	8	10	5	6	8	10	SH/T 0308
空气释放值⑥ (50°C) (min)	不大于	5	6	8	10	5	6	8	10	

① 对中间蒸馏油生产的汽轮机油, L-TSA合格品粘度指数允许不低于70。一级品粘度指数允许不低于80。根据生产和使用实际, 经与用户协商, 可不受本标准限制。
 ② 倾点指标, 根据生产和使用实际, 经与用户协商, 可不受本标准限制。
 ③ 作为军用油时, 破乳化值由部队和生产厂双方协商。
 ④ 液相腐蚀性试验时, 只要标准未规定温度按油的类型, 结果报告为“0”。
 ⑤ 氧化安定性为铜片项目, 一年抽查一次。
 ⑥ 对一类产品中空气释放值根据生产和使用实际, 经与用户协商可不受本标准限制。

表3-1-55 抗氯汽轮机油技术指标 (SH0362-92)

项 目		技 术 指 标			试验方法
牌 号		N32	N32D	N68	GB3141
运动粘度 (40°C) (mm ² /s)		28.8~35.2	28.8~35.2	61.2~74.8	GB/T 265
粘度指数	不小于	90	90	90	GB/T 1995及注1
倾点 (°C)	不高于	-17	-27	-17	GB/T 3535
闪点 (开口) (°C)	不低于	180	180	180	GB/T 267
酸值 (mgKOH/g)	不大于	0.03	0.03	0.03	GB/T 264
灰分 (加剂前) (%)	不大于	0.005	0.005	0.005	GB/T 508
水分		无	无	无	GB/T 260
机械杂质		无	无	无	GB/T 511
氧化安定性 (酸值达2.0mgKOH/g) (h) 不大于		1000	1000	1000	GB/T 12581 及注2
破乳化时间 (54°C) (min)	不大于	30	30	30	GB/T 7305
液相锈蚀试验 (15号钢棒)					GB/T 11143 及注3
蒸馏水 (24h)		无锈	无锈	无锈	
抗氯性试验		合格	合格	合格	SH/T 0302及注2

- 注: 1. 中间基原油生产的抗氯汽轮机油粘度指数允许不低于70。
 2. 氧化安定性和抗氯性试验作为保证项目, 每年测定一次。
 3. 液相锈蚀试验、15号钢棒材质的含碳量为0.15%~0.20%。

表3-1-56 L-AN全损耗系统用油的技术指标 (GB443-89)

项 目		技 术 指 标										试验方法
品 种		L-AN										
		5	7	10	15	22	32	46	68	100	150	
粘度等级 (按GB3141)												—
运动粘度 (40°C) (mm ² /s)		4.14~5.06	6.12~7.48	9.00~11.00	13.5~16.5	19.8~24.2	28.8~35.2	41.4~50.6	61.2~74.8	90.0~110	135~165	GB/T 265
倾点① (°C)	不高于					-5						GB/T 3535
水溶性酸或碱						无						GB/T 259
中和值 (mgKOH/g)						报告						GB/T 4916
机械杂质 (%)	不大于		无			0.005				0.007		GB/T 511
水分 (%)	不大于					痕迹						GB/T 260
闪点 (开口) (°C)	不低于	80	110	130		150		160		180		GB/T 3536
腐蚀试验 (铜片, 100°C, 2h)						1						GB/T 5096
色度 (号)	不大于		2			2.5			报告			GB/T 6540

① 当本产品用于寒冷时, 其倾点指标可由供需双方协商后另订。

种润滑油不能用于润滑精密机床的液压系统、齿轮箱、主轴等。

(2) 车轴油 车轴油用于铁路机车及客货车辆的轴瓦、上下滑板以及各部销轴、弹簧吊杆等的润滑(已改滚动轴承的采用锂基脂润滑)。轴瓦润滑多采用油绳法。油绳利用毛细管给油的速度取决于其粘度,故选用车轴油的粘度应低一些。

因车轴轴颈表面比较粗糙、负荷大,且开车停车比较频繁,轴承常处于边界摩擦的情况下工作,因此要求车轴油具有良好的油性。国产44号车轴油中加入抽出油成分,目的即在改善其油性。

由于我国幅员广大,南北气温相差悬殊,北方冬季气温最低达 -40°C 。而铁路车辆全国通行,所应用的车轴油必须是低凝点的才能保证低温时的流动性。因此车轴油中多加有烷基萘抗凝剂。同时为了适应温度的变化,也要求车轴油具有较高的粘度指数。

其次,水分与机械杂质对车轴油的性能也有一定影响。在冬季油中水分会结冰,使油绳失去弹性降低其毛细管导油能力,引起给油不足。机械杂质存在油中也会堵塞油绳,影响给油效果,故车轴油中水分和机械杂质的含量应予以限制。

国产车轴油根据粘度和凝点分为寒冷地区使用的低凝车轴油13号、“夏用”44号、“冬用”23号和通用32号四个牌号。44号由溶剂精制抽出油与脱蜡的L-AN32全损耗系统用油馏分调合制成,倾点,为 -10°C 。23号系由克拉玛依原油中凝点不高于 0°C 的机械油馏分经脱蜡精制而成,倾点为 -40°C 。为了改善油的低温流动性,都有不大于1.0%的抗凝剂。

根据铁道部规定,我国各地换用车轴油的季节气温如下:

车轴油44号,油温在 5°C 以上时使用,东北及太原铁路局于5月1日至10月31日期间使用,南北方及昆明、重庆于4月1日至10月31日期间使用。

车轴油23号,温度在 5°C 以下时使用,东北及太原铁路局于11月1日至4月30日期间使用。南方及昆明、重庆于11月1日至3月31日期间使用。

由于每年两次更换车轴油,不仅大量浪费油料和工时,而且大量耗费棉纱和油绳。现我国石油部门已制成一种冬夏通用的车轴油,在几个铁路局试用,效果良好。

车轴油现行行业标准为SH0139-92(原国家标准GB488-86),共有两个品种,即相当于上述冬用23号油的冬油与相当于夏用44号油的夏油,运动

粘度(40°C)分别为 $30\sim 40\text{mm}^2/\text{s}$ 与 $66\sim 81\text{mm}^2/\text{s}$ 。

8. 电器用油

电器用油也称电器绝缘油,它包括变压器油、油开关油、电容器油和电缆油等。而变压器油和油开关油占整个电器用油量的80%左右。随着电气工业的发展,电器用油的质量要求也不断提高。近年来,为了满足电气工业发展的要求,国外已出现了超高压变压器油。

(1) 变压器油 变压器油主要是装在变压器、变阻器、电容器和电路开关器里,作为电绝缘和排热介质之用,在电路开关器内还兼起消灭当电路切断时所产生的电弧(火花)的作用。

1) 变压器油的性能要求

① 良好的抗氧化安定性能 绝缘油长期在温度、空气、电场及化学复分解条件下会氧化变质。近代大型变压器,一台就得装几十吨,甚至上百吨变压器油,不允许经常换油,要求变压器油耐用时间长(一般要求20~30年),在热、电场作用下变质慢。在变压器内,油与氧气接触逐渐被氧化生成各种氧化物,醇、醛、酮、酸及深度氧化的聚合物,使油品酸值增大并形成不溶性胶质、油泥沉淀析出。这些酸性物质对变压器内部部件如铁芯和线圈产生腐蚀作用,破坏其绝缘性能。油泥沉淀对变压器和油开关的危害更大,它们吸附在线圈和铁芯的周围,使其散热困难,发生局部过热。同时,加之油泥的吸湿作用,引起绝缘材料破坏,造成线圈短路烧毁。温度对变压器油的氧化影响很大,温度上升 10°C ,氧化速度增加1.5~2倍。一般变压器运行温度在 $60\sim 80^{\circ}\text{C}$ 之间,在此温度下,油品与空气接触开始氧化,温度上升氧化加快,所以一般控制变压器线圈下部向上四分之三的地方温度不超过 105°C 。国际电工协会规定无添加剂油的酸值 0.4mgKOH/g 以下,油泥0.1%以下,含添加剂的油的诱导期在120小时以上。

② 耐电压(耐击穿)性能 变压器油主要起绝缘作用,因而要求有较高的耐电压能力。一般要求新装入变压器时的耐电压不低于35kV,在使用中的变压器油耐电压不低于12kV,达不到以上要求,就说明油内含杂质和水分。变压器油的耐电压主要与水分和杂质有关,见表3-1-57。

a. 击穿强度(耐电压) 将两个直径25mm,相距2.5mm的圆形平板电极,水平放置在盛有试油的油杯中,并加电压,当电压升到一定数值时,

表3-1-57 电绝缘油含水量和耐电压关系

含水量 (%体)	0	0.005	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1
破坏电压 (kV)	75	31	22	16	14	12.5	10

电流突然增大而发生火花，这便是油被电击穿，这个开始击穿的电压便是击穿强度。一般认为绝缘油的击穿点是油内含有杂质最多处，这是因为油在电场作用下发生过热现象所形成的气体的桥梁作用所造成的。同时油中未被除净的不饱和烃在温度和电场作用下产生的氧化物、碳化物以及水溶性低分子酸和分子结合水，它们多数带有极性或极性较强的物质，造成油在较低电压下被击穿。试验证明，当良好的干燥的油中吸入的水分达到0.01%时，油的击穿强度即降低1/8，如果同时含有水分杂质，其影响更为严重，所以要求在出厂的成品油中，水分应控制在15ppm以内。

b. 介质损失角（介质损耗正切 $\tan \delta$ ） 变压器的另一个重要指标是介质损失角。纯烃系非极性化合物，在电场作用下不发生或很少发生转位。但杂质成分，如胶质和酸类是极性化合物，含有偶极子的非对称分子，在电场作用下，偶极子每半周期随电力线方向的变化而转位，这种转位就消耗了部分电能而转为热，造成电能损失，使变压器温度升高，不但减低了变压器的出力，而且造成变压器油加速老化和变质。由于这部分电能损失是通过介质引起的，故称为介质损失。如果没有介质损失，那么施于介质上的电压与通过介质的电流间的相角将准确地等于90度。但实际上由于介质损失，通过电器用油的电流与它两端的电压的相位差并不是90度而要比90度小一个 δ 角，此 δ 角就称为电器用油的介质损失角。通常用 δ 角的正切值 ($\tan \delta$) 来表示， $\tan \delta$ 的值越大损失越大，油的绝缘性越差。最适宜的精制程度可使介质损失角最小，因而精制方法和深度是决定质量的重要因素。介质损失角可以直接用仪器测定，通常在20°C和70°C下进行。要求在20°C时新油不大于1%，70°C时不大于4%。

c. 良好的低温流动性 普通变压器安放在露天，要求电气用油要有较低的凝点，低于环境温度，不致在低温下失去流动。变压器油的牌号就是根据凝点的不同分为10号（-10°C），25号（-25°C），45号（-45°C）三种。10号油用于平均气温

不低于-10°C地区，25号油用于平均气温低于-10°C地区，45号油用于严寒、平均气温低于-20°C地区。试验证明凝点为-25°C的变压器油可以在全国范围内使用。粘度也是影响低温流动性的一个重要因素，相同凝点的油，当温度降低时，总是粘度大的先变稠，其流动性也变坏。变压器油的粘度越小，流动性能越好，其散热快，冷却效果好。

d. 高温安全性 油品的安全性用闪点表示。闪点越低，挥发性越大，油品在运行中损耗也越大，越不安全。这与要求凝点低是矛盾的，但考虑这两种矛盾中闪点是主要的，要求变压器油闭口闪点不低于135°C。

e. 抗腐蚀性 抗腐蚀性是控制变压器油在使用中对金属材料特别是对铜、银等不发生腐蚀的指标。一般控制硫含量不超过0.1%，而且不能含活性硫，对硫醇等则要严格控制达到“无”的要求。

2) 变压器油的品种牌号及应用范围 目前，我国生产的有10号、25号、45号三个牌号的变压器油（GB2536—90），25号、45号油主要是用新疆克拉玛依和大港等环烷基原料油生产，10号变压器油是用大庆原油的变压器馏份油，经深度精制、脱蜡生产的。现执行国家标准GB2536—90，见表3-1-58，新标准中10号、25号油变压器油采用倾点指标而不用凝点指标，其实质是一致的。用倾点表示，在数值上比凝点高3°C。所以在标准里，10号油的倾点为不高于-7°C，25号油的倾点为不高于-22°C。

10号变压器油适用于在我国的长江流域及以南的地区使用。25号变压器油适用于黄河流域及华中地区使用。45号变压器油适用于在西北、东北地区使用。实际上，25号、45号变压器油在全国范围内都可使用，但是我国能生产低凝点的变压器油的环烷基油有限，从节省资源的角度看，在长江以南最好不使用25号、45号变压器油。

(2) 电容器油 电容器是电路中储存电能的基本元件，任何两块金属导体，中间用不导电的绝缘介质隔开，就形成一个电容器。

电容器的浸渍剂使用电容器油，电容器油具有精制纯度高、粘度小、浸渍能力强、凝点低、介质损失正切值小和无毒等优点，其缺点是电容率较低，油的安定性较差，较易析出气体。

1) 电容器油的主要性能

表3-1-58 变压器油的技术指标 (GB2536—90)

项 目	牌 号	技 术 指 标			试 验 方 法
		10	25	45	
外观		透明, 无悬浮物和机械杂质			目测①
密度 (20°C) (kg/m ³)			895		GB/T 1884
运动粘度 (mm ² /s)	40°C	不大于 13	13	11	GB/T 265
	-10°C	不大于 —	200	—	
	-30°C	不大于 —	—	1800	
倾点 (°C)		不高于 -7	-22	报告	GB/T 3535②
凝点 (°C)		不高于 —	—	-45	GB/T 510
闪点 (闭口) (°C)		不低于 140	—	135	GB/T 261
酸值 (mgKOH/g)		不大于 0.03	—	—	GB/T 264
腐蚀性硫			非腐蚀性	—	SH/T 9304
氧化安定性③					SH/T 9206
氧化后酸值 (mgKOH/g)		不大于 0.2	—	—	
氧化后沉淀 (%)		不大于 0.05	—	—	
水溶性酸或碱			无	—	GB/T 259
击穿电压 (kV) (间距2.5mm, 交货时)④		不小于 35	—	—	GB/T 507
介质损耗因数 (90°C)		不大于 0.005	—	—	GB/T 5654
界面张力 (mN/m)		40	—	38	GB/T 6541
水分 (mg/kg)			报告	—	SH/T 0207

① 把产品注入100mL量筒中, 在20±5°C下目测。如有争议时, 按GB/T 511测定机械杂质为无。

② 以新疆原油和大港原油生产的变压器测定倾点时, 允许用定性滤纸过滤。倾点指标根据生产和使用实际, 经与用户协商, 可不受本标准限制。

③ 氧化安定性为保项目。每年至少测定一次。

④ 击穿电压为保项目。每年至少测定一次。用户使用前必须进行过滤并更新测定。测定击穿电压允许用定性滤纸过滤。

① 电气性能 电容器油在电容器中是作为绝缘介质用的, 因此要求它应具有良好的电气性能。电容器油除了应具有高绝缘强度以保证在工作电压下不被击穿, 有较小的介质损失角正切值以减少运行中热量的发生外, 还应具有大而稳定的电容率和较大的容积电阻系数。

a. 电容率 电容率又称介电常数。它是在同一电容器中用某一物质作为绝缘介质时的电容和其中为真空时电容的比值。不同的绝缘介质具有不同的电容率, 如真空的电容率为1, 电容器纸的电容率为6.5, 电容器油的电容率为2.1~2.3 (均为20°C, 50~1000Hz时)。电容器的电容率与所用绝缘介质的电容率直接有关, 绝缘介质的电容率大, 电容器的电容率也大, 从而可减少电容器的体积和重量。电容率通常随温度和频率而变, 因此在实际使用中, 要求电容器油的电容率应较大而稳定, 即在温度、频率变化的条件下, 电容率的升降要小。

b. 容积电阻率 在恒定电压下, 介质传导电流的能力称为电导率, 电导率的倒数称为容积电阻率。一般以长1cm, 截面积1cm²的介质在一定温度下的电阻来表示, 其单位为Ω·cm。任何介质的容积电阻率越大, 则其电导率越低, 即其绝缘性越强。

介质的容积电阻率受外界因素的影响很大, 如介质中混入杂质或受潮, 将使其数值降低。例如清洁干燥的电容器油浸纸, 其容积电阻率为10¹⁴Ω·cm, 吸潮后降为10⁸~10¹¹Ω·cm。

温度对容积电阻率的影响也很大, 当温度升高时, 形成介质漏导的离子数及离子移动速度增大, 容积电阻率随之下降, 大致温度每升高100°C绝缘电阻约降低一半。

在使用中要求电容器油的容积电阻率越大越好, 这样可以减少电流在介质中的损失。一般认为电容器油的容积电阻率在10¹²Ω·cm以上为正常良

好,下降到 $10^{11} \sim 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ 时,应注意它的变化趋势,到达 $10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ 以下则油已劣化。

② 电老化安定性 电容器油在电容器中长期处在电场强度和温度都较高的条件下运行,并受到电离、金属和纸纤维素等的影响,容易老化变质,使绝缘性能恶化。

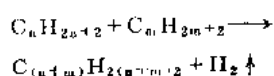
油中各种烃类的氧化产物都带氧键,极性较大。因此都不同程度地使油的电气性能恶化。例如,当油中的酸值或胶质增加时,油的介质损失角正切值也随之增大。

金属对油的电老化安定性有较强的影响,一方面金属与油中的氧化产物发生作用,生成有机酸的盐类,这些盐类会导致电泳电导,使油的介质损失角正切值增大;一方面油在氧化过程中存在着羟基过氧化氢的化合物(ROOH),这些化合物被电子传递物——铜、铅、铁等分解时,可以生成 RO 或 OH 或二者兼有的离子。这些离子在油中是不安定的,可以进一步反应生成带电的胶体微粒,导致电泳电导,造成油的介质损失角正切值增大。

对电容器油不仅要求良好的电气性能,更要求它在电场作用下具有老化安定性,能经久耐用。含芳香烃较多的电容器油,其电老化安定性较好,所以在精制过程中应保持一定的芳香烃含量。此外,加入添加剂也是提高油的电老化安定性的有效途径。据试验,在油中加入2,6-二叔丁基对甲酚对稳定介质损失角正切值有效。

③ 析气性 析气性系指油在高压电场作用下,发生一些化学变化而析出气体的性能,这实际上是显示油电老化的过程。

在工作温度下,电容器的介质不断发生膨胀与收缩,因此不可避免地形成气泡。在高压电场作用下气泡容易发生局部放电形成高速离子或电子撞击油分子,使之分解析出气体。析出的气体中主要是氢,其次还含有甲烷及 $\text{C}_2 \sim \text{C}_4$ 的烃,有时还有 CO 出现。在析气过程中,同时发生电聚反应,即被离子或电子撞击而脱氢的分子聚合成分子更大的蜡状物,一般称为X蜡或电缆蜡。析出的气体又加剧局部放电的发展,逐渐使介质老化,以致破坏。就烃类而言,其电老化析气过程可表示如下:



电容器油在运行中,如析出气体过多,会使电容器箱壳内部的压力突然增大,将造成壳体鼓胀变

形,甚至引起爆炸和燃烧。因此要求电容器油的析气性要小,以保证运行安全。

油品的化学组成对析气性有很大影响,越是富含氢的化合物析气性越强;芳香性越强的油,越不易析气,甚至可能吸气,在油中含有少量芳香烃时,能够显著减少析气性,甚至可以完全消除。一般芳香烃随着环数的增加,吸气能力减弱;芳香环上侧链的增加和环烷环的存在都减弱吸气能力。

④ 低温性能 我国幅员辽阔,南北温差很大,有的电容器常装置于户外,为了适应在严寒条件下运行,因此要求作为电容器浸渍剂的电容器油要有良好的低温性能,即较低的凝点。

如果在电容器浸渍介质凝固情况下接入电网,因元件中心温度升高很快,体积骤然膨胀,介质可能发生开裂。相反,在严寒天气断开电容器,介质外部很快凝固,可能使内部产生真空。从理论分析可知,在两种不同介质组成的组合介质上加以电压时,两种介质中的电场强度与其电容率成反比,即:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}$$

式中 E_1 、 E_2 ——两种介质的电场强度;

ϵ_1 、 ϵ_2 ——两种介质的电容率。

电容器油的电容率通常为2.2,真空的电容率为1,故真空点承受的电场强度将为电容器油的2.2倍,使它首先被击穿,进而造成电容器的击穿。并且一般认为,介质凝固后的电容率较额定值下降25%左右。由此可知电容器油低温性能的重要意义。

⑤ 浸渍性和散热性 电容器油浸渍性和散热性的好坏,主要决定于油的粘度。

电容器纸的纤维间隙只有 $10 \sim 100 \text{ \AA}$ (10^{-10} m),是较微细的,油的粘度越小,浸渍能力越强,越容易渗透到电容器纸的纤维间隙中去,绝缘效果越好。

电容器油在电容器中不仅作绝缘介质,也作散热介质用。电容器运行温度是保证电容器安全运行和使用年限的重要条件。运行温度过高可能导致介质击穿电压的降低或介质损失角正切值的迅速增加。若温度继续上升,将破坏热平衡,造成热击穿,影响电容器的寿命。移相电容器设计的热计算,是以绝缘介质所能长期承受的最高温度为依据,对于电容器油浸渍的纸绝缘,最高容许温度为

65~70℃。由于散热条件的关系，电容器内部元件的最热点是在其元件的中心，运行中要测量元件最热点的温度是不易实现的，因此只能从外壳的温度来间接监视元件的温升。国产电容器容许外壳最高温度对电容器油浸渍的规定为60℃。电容器的散热条件较差，一般都是靠空气自然冷却的，因此要求电容器油的粘度要小，以增强其散热性能，保证电容器在规定温度下运行。

2) 电容器油的品种牌号及应用范围 我国的电容器油现执行国家标准 GB4624—84 (88)，见表 3-1-59，分为 1 号、2 号两个品种牌号。1 号为电力电容器油，2 号为电讯电容器油。

1 号电容器油是由石油润滑油馏分经硫酸或溶剂精制的中性油加入适量的抗氧组分和抗氧剂而制得电容器油。它适用于提高输变电系统功率因素的高、低压移相电容器和中频电容器、串联电容器、直流脉冲电容器等电力电容器。

2 号电容器油是由石油润滑油馏分经尿素脱蜡、溶剂或硫酸深度精制或由含有烯烃的石油馏分经氯化铝重合的生成油，并经分馏及精制而得电容器油。它适用于电信工业的纸制电容器。

(3) 电缆油电力电缆的构造主要包括三部分，即导体、绝缘层和保护层。其中绝缘层中要浸以绝缘剂。中、低压电缆用的绝缘剂一般是用 65% 的电缆油和 35% 的松香在 120℃ 左右混合加热熬煮而成。松香具有良好的绝缘性和防水性，并可溶在石油产品中，因此利用它来和电缆油混合制造绝缘剂。高压充油电缆以纯电缆油作为绝缘层的浸渍剂并充填电缆的油道。

1) 电缆油的主要性能

① 电气性能 无论是作为电缆绝缘层浸渍剂组分，或是直接浸渍电缆绝缘层和充填油道的电缆油，都必须具有良好的电气性能。其绝缘强度高才能使电缆芯线间得到良好的相绝缘及各相与金属保护层有良好的绝缘。

介质损失角正切值对电缆油尤为重要，介质损失大，由电能转化的热能也大，使油的温度升高。油的温度升高反过来又使介质损失增加，导致温度更高，以至破坏绝缘。因此要求高压电缆油在 100℃ 时的介质损失角正切值为 0.0015~0.003，而对变压器油仅要求在 70℃ 时为 0.005。

温度和金属会促进油老化，从而增大介质损失，为了保证油在电缆工作温度下，介质损失的稳

定，因此要测定油在老化前和在有铜与无铜催化下老化后的介质损失角正切值，老化前后介质损失角正切值的差越小，则油的介质损失越稳定。

② 电老化安定性 在工作着的电缆中，电缆油受到电场和高温的作用并与导线（铜）和保护层材料（铝、铅等）相接触，即逐渐电老化。

在电缆绝缘中总有一定量的空气存在，数量的大小决定于电缆绝缘干燥和浸渍时的真空度。在纤维素受热分解时，也可能分解出氧，这都为电老化及局部放电提供了条件。在电容器油一节中，已提到局部放电会析出氢和生成 X 蜡。

油在老化过程中析出氢，使电缆绝缘所含气体增多，促使电缆绝缘中的局部放电加剧。X 蜡的生成对电缆的工作也是有害的，因此在 X 蜡的聚集点，绝缘的导热性变坏，当 X 蜡的数量增多时，可能发生局部温升，引起绝缘中电场的重分布，因而发生绝缘被击穿。

由于铜和铅的催化作用，在直接靠近铜芯线和铅皮的电缆绝缘层，电老化进行得最剧烈。

对电缆油要求其电老化安定性好，在电场、温度影响和金属催化下，电气性能保持稳定，析出气体少，没有 X 蜡的生成。

③ 浸渍性和流动性 作为浸渍剂组分的电缆油要求具有较大的粘度，以便减少松香的用量。制成浸渍剂后，在浸渍温度（130~140℃）下，粘度应小，以便充分浸入绝缘层中，而在电缆工作温度范围（60~80℃），则应有较大的粘度。当充油电缆的敷设落差较大时，浸渍剂易于向电缆方向移动，在安装和敷设电缆时，浸渍剂的粘度不应变得过大，以免电缆弯曲时各绝缘层间的摩擦力引起绝缘纸带的破裂。

在充油电缆中使用的电缆油要求粘度小、凝点低。粘度小的油易于流动，可以提高补充浸渍的速度，减少油流在油道中的阻力。凝点低的油，可在低温下保持在油道中的正常流动。

2) 电缆油的品种牌号及应用范围 电缆油按所制电缆电压的千伏数分为 35 号、110 号、330 号三个牌号。

35 号电缆油系用混合原油的减压渣油调合馏份油，经溶剂精制、脱蜡并白土处理，可用于制造电压为 35kV 及其以下电缆的浸渍剂。

110 号电缆油系用新疆原油的变压器馏份，经溶剂脱蜡，酸碱精制，尿素脱蜡及白土补充精制，并

表3-1-59 电容器油技术指标 (GB4624—84(88))

项 目	技 术 标 准		试 验 方 法	
	牌 号			
	1	2		
运动粘度 (mm ² /s)			GB/T 265	
20°C	不大于	40	37~45	
40°C	不大于	15.2	12.4~17.0	
密度 (20°C)			GB/T 1884	
(g/cm ³)	不大于	0.90	0.90	
酸值			GB/T 264	
(mgKOH/g)	不大于	0.02	0.02	
氢氧化钠试验, 级			SH/T 0267	
	不大于	1	1	
灰分 (%)	不大于	0.005	0.005	GB/T 568
闪点 (闭口) (°C)			GB/T 261	
	不低于	135	135	
倾点 (°C)	不高于	-40	-40	GB/T 3535注 1
水溶性酸或碱		无	无	GB/T 259
机械杂质		无	无	GB/T 511
色度 (号)	不大于	9	9	SH/T 0168
水分		无	—	GB/T 260
透明度		透明	透明	见本标准注 2
容积电阻率 (Ω·cm)			见本标准注 3	
20°C	不小于	1×10 ¹⁴	1×10 ¹⁴	
100°C	不小于	1×10 ¹³	1×10 ¹³	
介电强度 (20°C50Hz)			GB/T 507	
(kV/cm)	不小于	200	200	
电容率 (20°C)			见本标准注 3	
(1000Hz)		2.1~2.3	2.1~2.3	
(50Hz)		2.1~2.3	2.1~2.3	
介质损耗因数			SH/T 0268	
老化前, 100°C				
(1000Hz)	不大于	—	0.002	
(50Hz)	不大于	0.004	0.005	
老化后, 100°C				
(50Hz)	不大于	0.006	—	
无铜	不大于	0.35	—	
有铜				

加入适量的抗氧化剂制成。适用于110kV高压充油电缆作绝缘油。

330号电缆油系用克拉玛依低凝原油的常压三馏分油经酸碱、白土精制，并加入适量抗氧化剂制成。适用于110kV以上高压充油电缆作绝缘油。

9. 其它专用润滑油

(1) 主轴油 主轴油是精密机床主轴的专用润滑油，它对保证主轴的工作精度和使用性能，延长其使用寿命起着十分重要的作用。

1) 主轴油的性能要求

① 合适的粘度和良好的粘温性能 合适的粘度和良好的粘温性能是对主轴油的最基本要求。粘度太高，内摩擦生成的热会引起主轴温升过大而使主轴和轴承部件产生热变形，影响加工精度，甚至会使滑动轴承发生抱轴；粘度太低则不能形成油膜，也会使主轴磨损。若主轴油的粘度随温度变化较大，也会出现润滑不良和磨损现象。

② 良好的润滑性和抗磨性 主轴油要能使主轴与滑动轴承接触面之间保持有均匀的油膜，而且在主轴启动或停止运动产生冲击负荷时，油膜也不破坏，起到减少摩擦及摩擦热，降低主轴温升，保证加工精度的作用，所以，主轴油必须有良好的润滑性和抗磨性。

③ 良好的抗氧化性 机床主轴在采用循环润滑方式时，要求主轴油能长期使用而不变质。主轴油氧化后会产生大量的胶质及沉淀，使循环系统堵塞，也使油的粘度增加，此外，还会产生腐蚀，这都对系统不利。因此，要求主轴油的抗氧化性要好。

④ 良好的防锈性和抗泡沫性 由于主轴的润滑系统不可避免地会吸进空气中的凝聚水或混进机床冷却液，所以主轴油的防锈性能和抗泡沫性是十分必要的。

2) 主轴油的牌号及应用范围 主轴油采用深

表3-1-60 主轴油技术指标 (SH0017-90)

项 目	技 术 指 标							试 验 方 法		
	N2	N3	N5	N7	N10	N15	N22			
牌号 (GB3141)	N2	N3	N5	N7	N10	N15	N22	—		
相近的原牌号 (按50℃时运动粘度分列)	2		4	6		10		—		
运动粘度 (40℃), (mm ² /s)	2.0~ 2.4	2.9~ 3.5	4.2~ 5.1	6.2~ 7.5	9.0~ 11.0	13.5~ 16.5	19.8~ 24.2	GB/T 266		
运动粘度 (50℃), (mm ² /s)	1.7~ 2.0	2.4~ 2.9	3.3~ 4.0	4.8~ 5.7	6.8~ 8.1	9.8~ 11.8	13.9~ 16.6	—		
粘度指数	不低于		90					GB/T 1955		
闪点 (闭口) (°C)	不低于		60	70	80	90	100	110	120	GB/T 261
凝点 (°C)	不高于		-15							GB/T 510
机械杂质 (%)			无							GB/T 511
水分 (%)			无							GB/T 260
水溶性酸碱			无							GB/T 259
铜片腐蚀 (T3铜片, 100℃, 3h)	50℃ 合格		合格							SH/T 0195
防锈性 (蒸馏水)			无锈							GB/T 11143
最大无卡咬负荷 (P _B), [N(kgf)] 不小于	343 (35)	392(40)	441(45)	490(50)						GB/T 3142及注
氧化安定性 (100℃): 氧化后酸值增加, (mgKOH/g) 不大于			0.2							SH/T 0196及注
氧化后沉淀 (%) 不大于			0.02							
色度 (号)			实测							SH/T 0168

注: 为保证项目, 定期进行测定, 产品出厂可不作每批检验, 但必须合格。

度精制中性基础油,加入抗氧、防锈、抗磨、抗泡等添加剂调制而成。按现行行业标准 SH0017—90 分为 N2、N3、N5、N7、N10、N15、N22 等 7 个牌号,见表 3-1-60 所示。

主轴油主要适用于精密机床主轴轴承的润滑及其它以压力、油浴、油雾润滑的滑动轴承或滚动轴承的润滑,其中 N5 和 N7 号主轴油也用作纺织工业高速锭子用油, N10 号也可作普通代表轴承用油和缝纫机用油, N15 和 N22 号也可作低压液压系统用油和其它精密机械用油。

(2) 导轨油

1) 导轨油的主要性能

① 良好的防爬性能 防爬性能是导轨油重要的性能指标。为了达到防爬的目的,常在油中加防爬的油性剂,并通过粘-滑特性试验,要求静动摩擦系数的差值不大于 0.08。

② 良好的粘附性和油膜强度 导轨油应能吸附在摩擦面上,特别是垂直导轨上的导轨油,应能克服重力的影响而牢固地吸附住,且不易被切削液冲洗掉。导轨油应有良好的油性和油膜强度,以防止(或减少)导轨表面产生边界摩擦和过多的金属接触。

③ 良好的抗氧性和防锈性 导轨油粘附在导

轨上,因经常接触空气和水蒸汽,会腐蚀导轨表面,因此,导轨油必须加入抗氧剂和防锈剂,使导轨油具有良好的抗氧性和防锈性。

2) 导轨油的牌号及应用范围 导轨油采用深度精制的中性基础油,加入粘附、油性、抗氧和防锈等添加剂调制而成。按现行行业标准,分为 N32、N68、N100、N150 等 4 个牌号,见表 3-1-61。适用于各种精密机床导轨的润滑,特别适用于低速滑动的工作台导轨,也可用于其它冲击振动(或负荷)润滑点的润滑。

3) 汽缸油 用于蒸汽机汽缸的润滑油叫汽缸油,汽缸油除受压力和温度影响外,还受着冷凝水的冲洗。因为缸内蒸汽做功膨胀,压力下降、温度就必然随之降低,而部分蒸汽就会冷凝。这在隔热不好和管道过长的汽缸上特别显著,冷凝水能从摩擦表面上洗刷润滑油而引起干摩擦和磨损。过热蒸汽的温度可高达 350~400℃,有时高达 450℃。这时油在工作过程中常受到高温的分解作用。此外汽缸中还会渗漏进空气,汽缸油便与空气接触,会发生氧化作用。

1) 汽缸油的性能要求

① 较高的粘度 汽缸油的粘度要足以在汽缸的高温下保持牢固的油膜,起密封和防咬作用。

表 3-1-61 导轨油技术指标 (SH0361—92)

项 目		技 术 指 标				试 验 方 法
牌号 (GB3141)		N32	N68	N100	N150	—
相近的原牌号 (按 50℃ 时运动粘度分列)		20	40	70	90	—
运动粘度 (40℃) (mm ² /s)		28.8~35.2	61.2~74.8	90~110	135~165	GB/T 265
粘度指数	不小于	70	70	70	70	GB/T 2541
闪点 (开口) (℃)	不低于	170	190	190	190	GB/T 267
凝点 (℃)	不高于	-10	-10	-10	-5	GB/T 510
最大无卡咬负荷 (P _B) [N(kgf)]	不小于	588(60)	686(70)	784(80)	882(90)	GB/T 3142①
水溶性酸或碱						GB/T 259
机械杂质 (%)		无				GB/T 511
铜片腐蚀 (T3 铜片, 100℃, 3h)		合格				SH/T 0195
防锈性 (蒸馏水)		无锈				GB/T 11143
水分 (%)		无				GB/T 260
粘 滑特性 (静-动摩擦系数差值)	不大于	0.08				见附录 1

① 为保证项目,定期进行测定,每批产品出厂可不作检验,但必须合格。

② 在高热的汽缸表面有良好的润滑性，有抵抗水汽冲洗的作用。

③ 挥发性低，闪点高。要保证油在高温时不因挥发掉而影响润滑和密封作用。

④ 热氧化安定性好。在高温与氧接触情况下，油不易氧化变质、结胶或生成积炭。

⑤ 抗乳化性好。凝结水能从油中分离，不发生乳化。

2) 汽缸油的品种牌号及应用范围 汽缸油按使用蒸汽的温度和压力可分为饱和汽缸油和过热汽缸油两类，其中过热汽缸油又可分矿物油汽缸油和

合成汽缸油。

① 饱和汽缸油 按现行国家标准GB448—64(88)饱和汽缸油分为11号、24号两个牌号见表3-1-62。11号汽缸油适用于蒸汽压力在0.5MPa以下，蒸汽温度在150℃左右的饱和蒸汽机和蒸汽泵的润滑。24号汽缸油适用于蒸汽压力在0.5~1.6MPa，蒸汽温度在150~200℃的饱和蒸汽机、蒸汽泵、蒸汽锤等的润滑。

② 过热汽缸油 按现行标准，分为38号、52号，见表3-1-63。38号汽缸油适用于蒸汽温度在370℃的过热蒸汽机的润滑。52号汽缸油适用于蒸

表3-1-62 饱和汽缸油技术指标 (GB448—64(88))

项 目		技 术 指 标		试 验 方 法
		牌 号		
		11	24	
运动粘度 (100℃) (mm ² /s)		9~13	20~28	GB/T 265
闪点 (开口) (℃)	不低于	215	240	GB/T 267
凝点 (℃)	不高于	5	15	GB/T 510
酸值 (mgKOH/g)	不大于	0.25	—	GB/T 264
残炭 (%)	不大于	0.8	2.0	GB/T 268
水溶性酸或碱		无	无	GB/T 259
灰分 (%)	不大于	0.02	0.03	GB/T 508
机械杂质 (%)	不大于	0.007	0.1	GB/T 511①
水分 (%)	不大于	痕迹	0.05	GB/T 260②

注：1.本产品的包装、标志、贮存、运输及交货验收按SH0164进行。

2.采样按GB/T 4756进行，取2L作为检验和留样用。

① 机械杂质中不许有砂子及其他摩擦物。

② 11号饱和汽缸油供特种用时，须控制水分无。

表3-1-63 过热汽缸油技术指标 (GB447—77 (88))

项 目		技 术 指 标		试 验 方 法
		牌 号		
		38	52	
运动粘度 (100℃) (mm ² /s)		32~44	49~55	GB/T 265
残炭 (%)	不大于	2.5	3.0	GB/T 268
灰分 (%)	不大于	0.015	0.01	GB/T 508
闪点 (开口) (℃)	不低于	290	300	GB/T 267
水分 (%)	不大于	0.05	0.05	GB/T 260
机械杂质 (%)	不大于	无	0.01	GB/T 511
凝点 (℃)	不高于	10	10	GB/T 510
水溶性酸或碱		无	无	GB/T 259

注：1.用糠醛或酚精制的过热汽缸油规定不含糠醛或酚。

2.本产品的包装、标志、贮存、运输及交货验收按SH0164进行。

3.采样按GB/T 4756进行，取2L作为检验和留样用。

汽温度在320~400℃的过热蒸汽机的润滑。企标62号汽缸油适用于蒸汽温度在400℃上的蒸汽机。

合成过热汽缸油具有粘度大、粘度指数高、闪点高、蒸发性小等优点，特别是比矿物油汽缸油有更好的热氧化安定性，能在摩擦表面形成油膜，以保证润滑，能用于蒸汽压力4.0MPa、温度在420℃的过热蒸汽机上。合成过热汽缸油按行业标准分为33、65、72三个牌号。33号合成汽缸油适用于蒸汽温度在320℃以下的过热蒸汽机的润滑。65号合成汽缸油适用于蒸汽温度在380℃以下，功率为588~1324kW的过热蒸汽机的润滑。72号合成汽缸油适用于蒸汽温度在380~420℃、功率为1324~1839kW的大型蒸汽机的润滑。

必须指出，过去由于我国工业齿轮油品种不多，在很多有关设备润滑的手册、教科书及设备说明书上，都注明汽缸油可作为齿轮传动装置的润滑油，这个观点现要纠正过来，汽缸油不具有齿轮油在抗氧、防锈、抗磨、抗泡等方面的性能，不能用作齿轮传动装置的润滑油。

(4) 真空泵油 真空泵在真空技术中应用十分广泛，它可以单独抽气以产生低真空，或用来为扩散泵产生预备真空。真空泵的型式较多，有用于一般抽气用的活塞式、多叶片式真空泵，有用于作高真空抽气的扩散真空泵。一般真空泵要求真空度到 $1.33 \times 10^{-4} \text{Pa}$ (10^{-3}mmHg)，高的要求到 $1.33 \times 10^{-6} \text{Pa}$ (10^{-5}mmHg)，甚至更高。这就要求真空泵油的蒸发性极小，而且要求消耗量极少，一般要用苧萘基窄馏份润滑油，对于扩散真空泵，必要时

还用蒸发气压很低的砵油或其它合成油。

1) 真空泵油的性能要求

① 极低的蒸气压，以防蒸发。这是真空泵最重要的性能。

② 合适的粘度，良好的粘温特性。

③ 良好的水分离性。

④ 良好的防锈蚀、防腐蚀性。

⑤ 良好的热氧化安定性。因扩散泵处于很高的环境温度(可达200℃)下工作，真空泵油很容易氧化分解，使系统内蒸汽压升高，使真空度降低。所以真空泵油的热氧化安定性要好。

2) 真空泵油的主要品种及应用 按国标GB7631.1-87的分类，真空泵油分为机械真空泵油和扩散泵油。

① 机械真空泵油 机械真空泵油就是过去通称的真空泵油，采用窄馏份的深度精制中性基础油，加入适量的添加剂调制而成。

国产机械真空泵油只有1号一个牌号，见表3-1-64。适用于活塞式、多叶片式等机械真空泵的润滑。

② 扩散泵油 矿油型扩散泵油采用馏程很窄的深度精制基础油加入适量添加剂调制而成，有1号、2号、3号三个牌号见表3-1-65，可根据真空度的大小进行选用。

非矿油型扩散泵油采用双酯、聚 α -烯烃、有机硅油、水银等，在国外已广泛应用。适用于环境温度较高，真空度要求很高，特别是超高真空度($1.33 \times 10^{-10} \text{Pa}$ 以上)的扩散泵的润滑。

表3-1-64 1号真空泵油技术指标[SY1634-70(88)]

项 目	技 术 指 标	试 验 方 法
运动粘度 (mm^2/s)		GB/T 265
50℃	47~57	
100℃	8~11	
酸值 (mgKOH/g)	不大于 0.2	GB/T 264
残炭 (%)	不大于 0.2	GB/T 268
灰分 (%)	不大于 0.005	GB/T 508
闪点 (开口) (℃)	不低于 206	GB/T 267
凝点 (℃)	不高于 -15	GB/T 510
水溶性酸或碱	无	GB/T 259
机械杂质	无	GB/T 511
水分	无	GB/T 260
饱和蒸气压 (20℃) (Pa(mmHg))	不大于 533.288×10^{-6} (4.0×10^{-5})	SH/T 0293

表3-1-65 扩散泵油技术指标(SY1635—66(88))

项	目	技 术 指 标			试 验 方 法
		牌 号			
		1	2	3	
运动粘度 (50°C) (mm^2/s)		45~60	55~65	60~80	GB/T 265
凝点 (°C)	不高于	-15	-15	-15	GB/T 510
闪点 (开口) (°C)	不低于	230	230	230	GB/T 267
机械杂质		无	无	无	GB/T 511
水分		无	无	无	GB/T 260
灰分 (%)	不大于	0.007	0.007	0.007	GB/T 508
酸值 (mgKOH/g)	不大于	0.01	0.01	0.01	GB/T 264
极限压强(Pa(mmHg))	不大于	266.644×10^{-6} (2×10^{-6})	666.61×10^{-7} (5×10^{-7})	666.61×10^{-7} (5×10^{-7})	SH/T 0294
饱和蒸汽压(Pa(mmHg))	不大于	533.288×10^{-8} (4×10^{-8})	266.644×10^{-8} (2×10^{-8})	266.488×10^{-8} (2×10^{-8})	SH/T 0293及注

注：仲裁试验以悬摆法为准。

第2节 润 滑 脂

润滑脂习惯上称为黄油或干油，是一种凝胶状润滑材料。润滑脂是由基础油液、稠化剂和添加剂（或填料）在高温下混合而成。它可以是一种稠化了的润滑油。但是润滑脂的构成并不是简单的机械混合或物理变化，如果从胶体化学的观点看，可认为是作为稠化剂的分散相和作为基础油的分散介质高度分散而形成的二元胶分散体系。也就是说它是将稠化剂分散于液体润滑剂中所组成的稳定的固体或半固体产品。它可以加入旨在改善某种特性的添加剂和填料。

(一) 润滑脂的组成及结构

1. 稠化剂

稠化剂只占润滑脂重量的5%~30%，一般为10%~20%。它的主要作用是悬浮油液并保持润滑脂在摩擦表面的密切接触，较液体油液对金属有较高的附着能力并能减少润滑油液的流动性，因而能降低其流失、滴落或溅散。它同时也有一定的润滑、抗压、缓冲和密封效应，因而在防腐蚀、沾污方面较液体油液有更大的优点。此外稠化剂一般对温度不敏感，故能使润滑脂的稠度随温度的变化较小，

因而比润滑油液有较好的粘温性能。

常用的稠化剂有脂肪酸金属皂、地蜡、膨润土、硅胶以及一些新型有机合成材料（如酰胺，阴丹士林染料，尿素衍生物，高聚物，胺基衍生物等）。其中脂肪酸金属皂是用得最多的稠化剂。稠化剂的类别和含量直接影响润滑脂的滴点和稠度，如钠皂制成的润滑脂比钙皂制成的润滑脂具有较高的滴点，且皂分愈多，滴点愈高，稠度也愈大。

在润滑脂生产中采用的脂肪酸主要来源于牛油、羊油、猪油、棉籽油、蓖麻油、硬脂酸和12-羟基硬脂酸等的天然脂肪，但也可采用由石蜡氧化而成的合成脂肪酸。在选用脂肪种类时，须注意脂肪的碘值、酸值、皂化值和标化度等技术性能。

碘质决定油脂的饱和度，碘质愈高，不饱和度愈大。脂肪愈不饱和就愈容易氧化，并分解为低分子酸。凡碘值在130以上时称为干性油，如桐油，亚麻仁油等。利用干性油制成的润滑脂滴点和稠度都很低，储存时间不长，容易氧化变质，而其润滑性能也较差。碘值在100~130之间称为半干性油，如棉籽油，大豆油等。半干性油因氧化速度较快，仍不宜单独使用。单独由棉籽油制成的钙基脂在数星期后表面即变成红色，而其滴点也较低。因此它多与猪油和牛油掺和使用，而棉籽油还必须先加氢制成硬化油然后使用。最理想的制脂原料是不干性

油，特别是牛油和猪油。这些油含有适量的饱和与不饱和脂肪酸成分，制成的金属皂对油的溶解度适中，它既易成脂又很安定。植物油含不饱和脂肪酸成分较多，一般虽易成脂，但脂的稠度略低，氧化安定性较差。植物油加氢主要是使易氧化的成分不饱和，并使脂肪酸饱和，使之成为制脂的良好原料。

酸值表示脂肪所含游离脂肪酸量，可以代表脂肪酸变质的程度。酸值超过10mgKOH/g的脂肪不宜制皂，因游离脂肪酸常有腐蚀作用的低分子酸，而当其被皂化后又不生成甘油，故使润滑脂内缺少了部分的胶溶剂。

皂化值表示脂肪内可皂化的成分，制润滑脂时碱的用量就是根据皂化值来确定的。一般要求皂化值在180~200mgKOH/g之间为宜。

标化度是指甘油三酸脂中混合脂肪酸的熔点。脂肪酸的熔点一般随分子量的增大而提高，并随不饱和度的增加而降低，因此标化度是分子量不饱和程度的综合指标。钠基润滑脂的纤维长度随皂中使用脂肪的标化度而变，如使用标化度低的脂肪，将会得到极长的纤维。反之使用标化度高的脂肪则可得短的纤维。制脂时所用脂肪的标化度为37~42℃之间。

2. 润滑脂的基础油

润滑油液一般占润滑脂含量的70%~90%左右，润滑脂的流动和润滑性能主要取决于油、液，特别是在低温时的流动性能和在高温时的使用寿命与其液相的油液有极其重要的关系。润滑脂内润滑油液的选择主要根据润滑脂的用途和使用条件确定。例如，低温、轻负荷、高转速轴承润滑脂应选用低凝点、低粘度、高粘度指数的润滑油，如变压器油、仪表油等。温度不太高、负荷速度中等的轴承润滑脂应选用L-AN15~L-AN68全损耗系统用油，30号、40号汽油机油等。而温度高、负荷大但转速低的轴承润滑脂，或用于保护机械表面的润滑脂应选用38号、52号汽缸油等高粘度油。高温用润滑脂最好选用溶剂精制的矿物油，因它对氧化有较高的抵抗能力而且对加入的抗氧化添加剂有较优的接受能力，而一般精制的矿物油抗氧化性能既较差，且难于利用抗氧化剂加以处理。

表3-2-1为各种稠化剂（皂基和烃基）所制润滑脂的性能比较表。

表3-2-2为各种稠化剂（有机和无机）所制润滑脂的性能比较表。

表3-2-3为根据摩擦副的运行速度（DN值）及使用温度范围选用润滑脂的基础油粘度表。

表3-2-4为润滑脂液相各种基础油液的性能比较。

表3-2-1 各种稠化剂所制脂的性能比较

稠化剂		脂的外观	滴点 (°C)	最高使用温度 (°C)	抗水性	防护性	机械安定性	主要使用范围	相对价格
名称	用量 (%)								
钙皂									
水化钙皂	12~18	光滑，油性的	75~100	60~80	好	好	中等	广用，价廉	100
复合钙皂	7~12	光滑，油性的	200~250	150~200	中	中	好	多用，高温	150~300
锂皂									
硬脂酸锂	8~15	光滑，油性的	200~210	100~120	好	中	低	高盐，低温航空用	300~500
12-羟基硬脂酸	6~12	光滑，油性的	200~210	120~140	好	中	好	多用，航空脂	300~500
钠皂									
普通钠皂	15~30	粒状，或纤维状	120~200	110~130	低	低	中	高温，廉价	200~300
复合钠皂	15~25	粒状，或光滑的	200~250	150~200	低	低	好	高温，仪表	
钡皂									
普通钡皂	20~40	光滑，油性的	90~120	80~100	好	好	好	海洋机械	400~600
复合钡皂	20~30	光滑或细粒，油性	120~190	120~150	好	好	好	多用	400~600
铝皂									
普通铝皂	10~20	光滑，胶粘的半流体	70~100	60~80	很好	很好	低	海洋机械防护脂	100~120
复合铝皂	6~10	光滑，油性的	250~300	200~220	好	好	很好	多用	
钙钠皂		同Na基脂							
固体烃	15~30	凡士林状	50~70	40~60	很好	很好	好	防护用	30~50

表3-2-2 各种稠化剂所制脂的性能比较

稠化剂	稠化剂用量 (%)	润滑脂的外观	最高使用温度 (°C)	抗水性	防护性	机械安定性	主要应用范围	相对价格	备注
羟基硬脂酸锂	8~12	光滑、油性的	120~140	好	中	好	多用	100	
硅胶	6~10	光滑、透明油性	150~250	好	中-低	好	多用、核反应堆和火箭机械、高速轻负荷	100~1000	对腐蚀性介质和核辐射安定
膨润土	9~11	光滑	120~150	好	中-低	中-低	多用、航空高温轴承	200~500	对核辐射安定
MoS ₂ 或石墨 (油膏)	50~90	粗糙	300~400	好	中-低		螺纹接头、低速轴承	1000~4000	对核辐射安定
染料	20~50	细粒、带色	250~300	好	中-低	好	低负荷、高温轴承	5000~15000	
脲	8~25	光滑、半透明油性	150~200	好	好	好	宽温范围、高速摩擦部件、多用	10000~40000	
聚合物含氟烃	20~40	凡士林状细粒	80~150	满意	低	低	同腐蚀性介质接触的部件 (火箭及化学生产) 等, 高温轴承	$5 \times 10^4 \sim 10^6$	对强氧化剂碱等非常安定, 密度约 2 g/cm^3
聚丙烯}等 聚乙烯}	10~15	凡士林状	60~100	好	好	中	真空密封, 食品工业机械用		有老化倾向

表3-2-3 根据摩擦副的运行速度及使用温度范围选用脂的基础油粘度

使用温度范围 (°C)	DN值	粘度 (50°C) (mm ² /s)	使用温度范围 (°C)	DN值	粘度 (50°C) (mm ² /s)
-40~0	~75000	~32	65~95	~75000	65~150
	75000~200000	~20		75000~200000	35~65
	200000~400000			200000~400000	20~35
	400000~			400000~	15~25
0~65	~75000	20~65	95~120	~75000	150~350
	75000~200000	15~35		75000~200000	75~250
	200000~400000	~25		200000~400000	45~95
	400000~	~20		400000~	55~65

表3-2-4 润滑脂液相各种基础油主要性能比较

基础油	粘温特性	耐高温性	低温流动性	氧化安定性	润滑性	抗燃性	抗辐射
矿油 (混合烃油)	一般	一般	一般	一般	优	不良	一般
超精制矿油	一般~良	良	良	良	优	差	差
双酯	优	一般~良	优	良	优	差	差
新戊基多元醇酯	优	良	优	良	优	差	差
聚乙二醇醚酯	差	优	差	优	良	一般	优
硅油	优~良	优	优~良	一般	差	良	一般
聚苯醚	差	优	差	优	良	一般	优
聚四氟乙烯 (PTFE)	一般~良	优	良	优	优	优	一
聚α-烯烃	优	良	优	良	优	差	差

表3-2-5为润滑脂所用稠化剂比例与基础油粘度等基本技术指标。

3. 润滑脂的添加剂

添加剂或填充剂的作用是改善润滑脂的使用性

表3-2-5 润滑脂的稠化剂比例与基础油粘度及其基本技术指标

品 种	稠 化 剂		基础油粘度 (50℃) (mm ² /s)	滴点 (°C)	含水量 (%)
	%	锥 入 度			
铝皂	6~9	330~360		93	痕迹
	10~12	265~295	32	90	痕迹
铜皂	12~20	265~295	46.2	190	0.1
钙皂	7~9	355~385	35	20	0.6
	10~12	310~340	35	82	1.0
	12~14	265~295	35	88, 73	1.2
	14~16	220~250	35	90	1.5
	17~20	175~205	35	93	1.8
	21~25	130~160	35	96	2.3
	4~6	半 液 态		85	0.1
	5~7	370~390		88	0.3
锂皂	8~9	340~370		93	0.3
	9~11	265~295	55.2	138	痕迹
	5~7	355~385	55	171	痕迹
	7~9	310~340	74	182	痕迹
	9~11	265~295	74	182	痕迹
钠皂	9~11	310~340	35	160	0.3
	11~13	265~295	35	166	0.4
	14~18	220~250	35	171	0.5
钙钠皂	4~6	355~385		160	0.3
	7~9	310~340		166	0.5
	14~16	220~250	46	168	0.1
改进膨润土	8~10	310~340	46		0.2
胶体硅	9~11	310~340	46		痕迹

能和寿命。按其具体的功能可以分为：

(1) 结构改善剂 主要用以稳定润滑脂中的胶体结构，它能提高矿物油对皂的溶解度故又称为胶溶剂，主要是一些极性较强的半极性化合物如甘油乙醇等。水也是一种特殊的胶溶剂。其他如锂基脂中添加的环烷酸皂，钙基脂中添加的醋酸钙等都属于结构改善剂。

(2) 抗氧化剂 皂本身易起“氧化强化剂”的作用，而其他影响润滑脂氧化的因素很多，如上所述，制脂用脂肪的碘值愈高，愈易受氧化，故只能用低碘值的干性油制脂，还须严格控制原料的质量，且应避免在润滑脂中含有易氧化的或催化的物质。

润滑脂的油膜强度。这类添加剂有硫、磷化高级醇锌盐、磷酸脂类（磷酸三酚酯、磷酸三苯酮）、有机酸皂类、氯化石蜡等。

(4) 防锈添加剂 在潮湿条件下使用的润滑脂以及仪器仪表防锈用润滑脂常加有防锈添加剂。一般采用亚硝酸钠、司本-80、石油磺酸钡等于钢铁的防锈上，采用苯并三氮唑、二壬基苯磺酸钡于有色金属防腐上。根据需要，可以单独使用，也可联合使用，有的还考虑加助溶剂。

(5) 抗水添加剂 主要用于无机稠化剂制成的润滑脂。例如为了提高硅胶基脂的抗水性，可在硅胶表面覆盖一层有机硅氢烷（如八甲基环四硅氧

物质称为填料。大多数填料是无机物，通常是粉状或片状。添加填料可以提高润滑脂的抗摩性，也可在一定程度上提高其使用温度。常用的填料有石墨、二硫化钼、滑石粉、氧化锌、碳黑、碳酸钙、金属粉等，其中石墨和二硫化钼用得最多。一般情况下，石墨和二硫化钼的添加量为3%~5%。其粒度有几种规格，可根据需要选定。

在润滑脂中添加带润滑性的固体填料能进一步提高脂的润滑性和抗压性。

4. 润滑脂的结构

利用电子显微微微观摄影技术对润滑脂的微观结构研究的结果说明，润滑脂在显微镜下具有图3-2-1所示的一些结构形式。

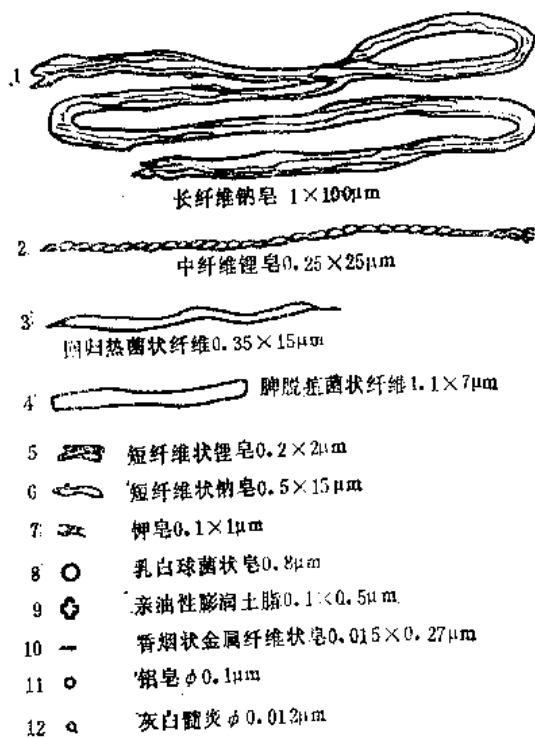


图3-2-1 润滑脂纤维的结构形状

润滑脂的结构主要随所用皂型和生产的方法而异。脂纤维短时就表现为光滑而形成乳酪状结构，这种结构对要求粘性拖动力矩的摩擦副特别有利。反之，脂纤维长时就形成丝状结构，这种结构应用在高转速装置最有利。

润滑脂的结构能影响其润滑效果。例如从图3-2-1可以看出，上述金属皂中的钠皂和锂皂具有螺旋或扭曲的形状。另外还有长、短和中纤维形和各种细菌形组成的乳酪状结构。这些所谓分散相的稠

化剂成脂时，其粒子的直径都非常小，而且并不是单个粒子，而是结成如图所示各种形状的胶束纤维。松散的外形正是这些胶束纤维纵横交错构成脂的空间网络和骨架。它有似蜂窝或海绵的结构，把基础油吸附和渗透在它的无数大小的孔缝里，形成储油的仓库。而这些仓库正是润滑脂使用时供给润滑油的泉源。润滑脂组织里能分出过多的油，必然会增加漏油的倾向。反之如分出的油太少，又会影响到润滑的效果。

润滑脂的结构不只在润滑时而且也在泵送时十分重要。现代大型设备大都利用集中润滑系统将润滑脂泵送到各个润滑点。脂从中央的脂箱按定量泵送而出，常通过很长的管道。为使润滑脂能畅通无阻达到润滑点而不使泵压降太大，润滑脂应具有好的流动性能。

(二) 润滑脂的生产过程

润滑脂的制造是一个比较复杂而牵涉较广的问题。以下只以用得最多的皂基润滑脂为例，简示其生产工艺流程图，见图3-2-2。

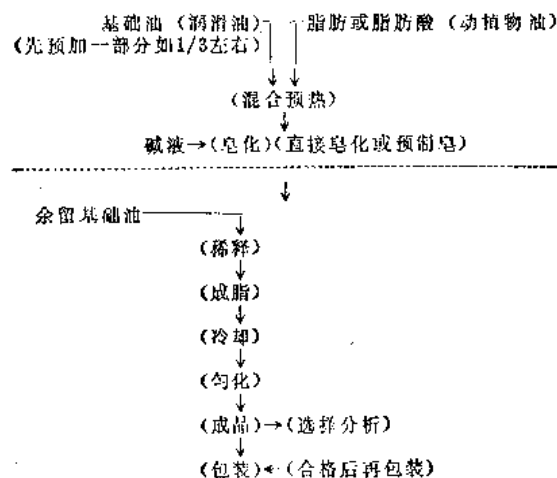


图3-2-2 皂基润滑脂生产流程示意图

利用动植物油脂稠化润滑油液的制脂过程，包括皂化、成脂、冷却和研磨等步骤。

(1) 皂化 皂化是动植物油脂中的主要成分——酯类(高级脂肪酸内混合甘油三酸脂)和碱液在较高温度下的反应。现在已普遍采用热压罐或接触器的新型制皂方法。大多数皂基润滑脂均利用脂肪(或脂肪酸)在压力下通过搅拌或泵的循环中进行皂化制成的。热压罐如图3-2-3所示，成套装置如图3-2-4所示。

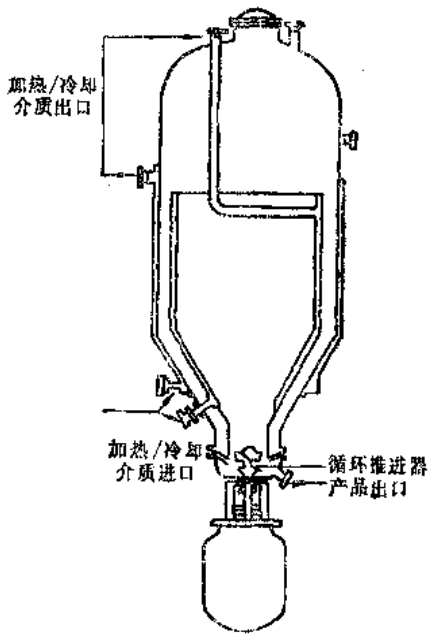


图3-2-3 制脂用热压罐

当热压罐充满料后关闭，通过（用油作为加热介质）加热套加热，使其内部温度（常在140℃以上）和压力升高至所加工润滑油预定的范围时，启动搅拌器或泵将料加以混合，使各种制脂成分相互间有良好的接触以连续进行皂化反应，在实际的生产中还常预加一些皂、成品润滑油或乳化能力特别强的环烷酸皂来作为乳化剂，以促进反应速度。在制钙皂时，除主材氢氧化钙以外，还可随同加入少量的氢氧化钠，反应生成的钠皂也会成为乳化剂。在使用乳化剂时需要加水，因水是溶解碱类形成乳液的必要媒介，一般在30~45分钟完成这一过程。

(2) 成脂 在皂化完成后，热压罐内产生的蒸汽压力足以将皂吹下进入混合罐中。经试验室按润滑油的质量指标鉴定其酸度、碱度和水含量合格

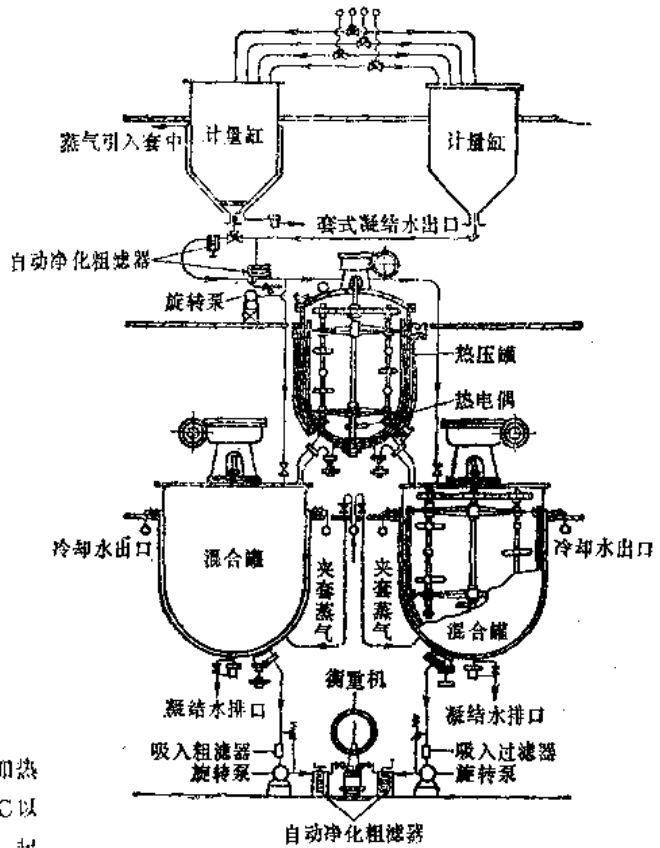


图3-2-4 现代润滑油厂配置示意图

后即加入留存的润滑油，稀释并搅拌均匀化达到规定的稠度而成脂，并按配方加入需要的添加剂或填料，再通过一次检验证明合格为止。成品脂通过泵、过滤器和匀化器送入包装的容器中。

在整个生产过程中，温度控制是极其关键的。现代工厂常在热压罐和混合罐等重要部位装设感温器接入自动温度记录和控制仪表，以便可靠地控制各生产环节的温度，保证产品的质量。

(3) 冷却和匀化 在最后冷却阶段中，配置有加热或冷却外套的混合罐就可以打开(或关闭)。

表3-2-6 各种类型润滑油的理化和使用性能

稠化剂类型	最高连续使用温度(℃)	泵送性	低温起动力矩	抗水性	工作稳定性	使用寿命	组织	颜色	透明度	气味	在溶解和冷却后的情况
皂基											
铝	80	尚好	中等	尚好	差	短	光滑和纤维状	绿色	透明	硬脂酸味	除非缓慢冷却有少量分油
钡	180	尚好	中等	好	差	中等	纤维状或纤维	红管或绿	不透明	油味	当使用时无变化
钙	80	好或尚好	中到低	好	尚好	中等	纤维状和纤维	黄或红	不透明	油味	分油

(续)

稠化剂类型	最高连续使用温度(°C)	泵送性	低温起动力矩	抗水性	工作稳定性	使用寿命	组织	颜色	透明度	气味	在熔解和冷却后的情况
复合钙	95	尚好	中到低	好	尚好	中等	糊状	棕	不透明	油味	在有些情况下分油
锂	150	好和尚好	中到低	好	特好到尚好	中等到长	糊状	棕红	澄清到不透明	油味	在使用时无变化
钠	95	好到坏	高到低	差	特好到差	中等到长	纤维到光滑	黄到绿	不透明	碱味	在使用时无变化
钙钠	95	好到尚好	中到低	尚好到差	特好到差	中等到长	纤维糊状	黄到绿	不透明	碱味	在使用时无变化
非皂基											
改进的膨润土	95	好到尚好	中到低	好到尚好	差	中等到短	糊状	黄到红	清晰到不透明	有时出现丙酮味	不致熔解但有一些软化
胶体硅	95	好到尚好	中到低	好到尚好	差	中等	糊状	亮黄	清晰到不透明	液体味	不致熔解但有一些软化
有机化物	150	好到尚好	中到低	好	好	中等到长	糊状	—	—	—	在多数情况下在230°C以下不致熔解

注: 1. 泵送性和低温起动力矩受脂中基础油的粘度和粘温指数的影响, 降低油的粘度和提高其粘温指数, 有使泵送和起动力矩较为容易的倾向。

2. 因为颜色和透明度同所用的油色有关。上面推论的油色不比N65NPA更暗些。有时润滑油着过了色因此会碰到诸如红或绿的颜色。

3. 如用某种合成润滑油代替矿物油, 在含有有机物稠化剂的一些脂上的最大连续使用温度可以高达205°C。

表3-2-7 润滑油的品种及其适用范围

脂 型	性 能	典 型 应 用 实 例
按稠化剂分:		
铝皂	具有明亮的外观	车辆底盘
钡皂	高的熔点, 抗水性强, 用时稳定	多数的工业用
膨润土基	不致融化	多数的工业用
钙皂	抗水性好, 价格不高	车辆, 车覆
复合钙皂	熔点高, 抗水性好, 用时稳定	工业, 车轮轴承
铅皂①	能抵抗擦拭和水温	蜗轮等极压装置
钡皂	熔点高, 抗水性好, 用时稳定	在高、低温和潮湿条件下采用
细硅基	不致融化	工业和特殊用途
钠皂	熔点高, 用时稳定	工业, 车轮轴承
按液体分:		
双酯	使用温度范围广	飞机润滑
氟碳②	能抗氧化性强的化学剂, 不致起火	用于存在有浓密的矿物酸、碱、氢过氧化物及其他化学剂的地方
硅油	使用温度范围广, 在高温时较矿物油稳定	因这种液体对钢与钢之间的润滑作用差故只用于高温低速机械
聚乙二醇	使用温度范围广, 在高温时液体产物蒸发而不形成焦炭	只供特殊用途

① 铅皂经常与其他种皂类联合使用。

② 氟碳的粘温性能特差, 而塑料无须加添稠化剂而能得到脂的稠度。

表3-2-8 润滑油选择的一般标准

润滑油组成		皂基				非皂基	润滑油料(1)			针入度			备注
		钙	钠	铝	锂		高	中	低	硬	中	软	
轴 承	滑 动	√	√	√	√	√							长时间使用时要求添加抗氧剂
	滚 动	√	√	×	√	√							
环 境	接触水分	√	×	√	√	√							钠基脂中加入其它耐水性皂基，可在一定程度上提高耐水性 按不同的化学品可选用适用的皂基脂 复合钙基脂可用于较高的温度条件
	接触化学品	×	×	×	×	√							
	轴承温度												
		高	中	低									
运 转 条 件	速度条件	大小	×	√	×	√	×	√	√	√	√	×	复合钙基脂可用于较高的速度条件 复合钙基脂用于较大负荷条件，必要时应增加极压添加剂 复合钙基脂能承受冲击负荷，但要选用粘附性能好的润滑油
		大小	√	√	√	√	√	√	×	×	×	√	
	负荷	大小	×	√	√	√	×	√	×	×	√	×	
	冲击负荷	×	√	√	√	×	√	×	√	√	×		
供 油 方 式	人 工	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	×	
	油 杯	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
	压力注油器	√	√	√	√	√	×	√	√	×	√	√	
	集中润滑	√	×	√	√	√	×	√	√	×	√	√	

注：√——适用；×——不适用。

① 除粘度外还应考虑原油种类和精制程度。

循环水冷却或在搅拌的情况下自行冷却，冷却的条件对成品脂的性能有重要的影响。如钠基脂冷却速度快，则所成纤维较短；铝基脂必须在静止情况下冷却，在冷却过程中任何搅动都会影响皂基结构的形成。封闭的罐子对准确控制一般钙基脂中的含水量特别有用。用带有搅拌装置的罐子对生产质量均匀的脂是很重要的。必须避免静态的空气囊，以及防止脂成为薄膜状在罐子壁上沉积和过热。

润滑油包装前一般均经过匀化器和过滤器，以保证其质量纯净和均匀。

表 3-2-6 为工业润滑油的理化及使用性能。表 3-2-7 为润滑油品种性能及其适用范围。表 3-2-8 为润滑油选择的一般标准。

(三) 润滑油的分类、分组、命名及代号

1. 润滑油的分类

润滑油品种繁多，组成性能各异，应用范围也很广，因而有各种不同的分类方法。大体来说，可按组成、应用和性能分类，概述如下。

(1) 按组成分类 润滑油按组成可以按基础

油分，分为矿物油润滑油和合成油润滑油；也可按稠化剂分，大体上分为两大类，即皂基润滑油（产量占润滑油中绝大多数）和非皂基润滑油。

皂基润滑油，又分为单皂基、混合皂基及复合皂基润滑油。

非皂基润滑油，又分为有机润滑油、无机润滑油及烃基润滑油。

此外，随着润滑油的发展，从稠化剂看，出现了皂和非皂基的混合基润滑油（如锂皂-膨润土脂，复合铝-膨润土脂），非皂基复合润滑油（如聚脲酯酸钙复合脂），国内还开始研制不同复合皂的混合基高滴点润滑油。从基础油看，有些润滑油是矿物油和合成油的混合油，或不同合成油的混合油。

(2) 按应用分类 润滑油按主要作用可分为减摩润滑油、保护润滑油和密封润滑油。

按应用范围可分为多效润滑油，通用润滑油及专用润滑油。

按应用润滑油的摩擦部件可分为滚动轴承润滑油、齿轮润滑油、阀门脂、螺纹脂等。

按润滑油应用的工业领域或机械设备可分为汽车工业用润滑油、航空（或航天）工业用润滑油、

钢铁工业用润滑脂、舰船用润滑脂，食品工业机械用润滑脂等，也可分为汽车用、飞机用、舰船用润滑脂等等。

按使用温度范围可分为低温用润滑脂（例如 -40°C 或极低温 -60°C 、 -70°C 以下），高温用润滑脂（例如使用温度达到 120°C 、 150°C 、 180°C 、 200°C 、 232°C 、 250°C 、 316°C 等，所谓高温是相对而言，随机械设备的发展而不断提高）。宽温用润滑脂（例如 $-60\sim 120^{\circ}\text{C}$ 、 $-40\sim 300^{\circ}\text{C}$ ）等。

按负荷可分为重负荷用极压润滑脂、普通用非极压润滑脂。

(3) 按性能分类 按稠度可分为不同等级：如NLGI级000号、00号、0号至6号。000号、00号润滑脂很软，外观似流体，又称为半流体润滑脂；很硬的，且外观似固体的润滑脂称为硬脂；一般用的为半固体油膏状的润滑脂。

除按一般性能，如稠度、抗水性、防锈性及基

础油粘度等分类外，还可按特殊性能如抗辐射性等分类。

为了便于润滑脂的选择和使用，同时考虑润滑脂的发展，国内外趋向于按应用并结合性能分类。例如日本工业标准 JIS K 2220-1980 将润滑脂按应用分类，并结合使用温度范围、负荷大小等再分为若干种，分别制订产品标准。

关于润滑脂的分类，国际标准化组织 (ISO) 于1987年发布了ISO6743/9-87 润滑剂和有关产品 (L类) 的分类第9部分：润滑脂。我国则于1990年发布了与上述标准等效采用的国家标准 GB7631.8-90，在该标准中规定了润滑脂标记的字母顺序及定义，见表3-2-9及表3-2-10。

在表3-2-9中，字母2是按设备起动、运转或润滑脂泵送的最低温度分别用A~E五个字母表示，字母3按在使用中润滑部件的最高温度分别用A~G七个字母表示。字母4水污染是按抗水性和

表3-2-9 润滑脂标记的字母顺序 (GB7631.8-90)

L	X (字母1)	字母2	字母3	字母4	字母5	稠度等级
润滑剂类	润滑脂组别	最低温度	最高温度	水污染 (抗水性、防锈性)	极压性	稠度号

表3-2-10 X组 (润滑脂) 的分类

代号字母 (字母1)	用途	使 用 要 求							标 记	备 注		
		操作温度范围			水污染③	字 母 4	字 母 5	稠 度				
		最低温度 ($^{\circ}\text{C}$)①	字 母 2	最高温度 ($^{\circ}\text{C}$)②							字 母 3	
X	用润 滑脂 的场 合	0 -20 -30 -40 <-40	A B C D E	60 90 120 140 160 180 >180	A B C D E F G	在水污染 的条件下， 润滑脂的润 滑性、抗水 性和防锈性	A B C D E F G H I	在高负荷 或低负荷 下，表示润 滑脂的润滑 性和极压 性，用A表 示非极压型 脂；用B表 示极压型脂	A B	可选用如 下稠度号： 000 00 0 1 2 3 4 5 6	一种润滑脂 的标记是由代 号字母X与其 他4个字母及 稠度等级号联 系在一起来标 记的	包含在这个分类 体系范围里的所有 润滑脂彼此相容是 不可能的。而由于 缺乏相容性，可能 导致润滑脂性能水 平的剧烈降低， 因此，在允许不同 的润滑脂相接触之 前，应和产销部门 协商

① 设备起动或运转时，或者泵送润滑脂时，所经历的最低温度。

② 在使用时，被润滑的部件的最高温度。

③ 见表3-2-11。

防锈性能分别分为L、M、H三级，组合成A~I九个符号，见表3-2-10，表示抗水和防锈性能。字母5表示是否极压，极压用B表示，非极压用A表示。

综上所述，润滑脂按GB7631.8—90分组，则润滑脂标记的字母顺序如下：

L-X(2)(3)(4)(5)(稠度等级)

例如润滑脂L-XBCEB00则表示在-20~+120℃温度范围内与静态蒸馏水接触能防锈的极压润滑脂，其稠度为00号。

表3-2-11 水污染的符号

环境条件①	防锈性②	字母4
L	L	A
L	M	B
L	H	C
M	L	D
M	M	E
M	H	F
H	L	G
H	M	H
H	H	I

① 环境条件：L = 干燥；M = 静态水分；H = 水淋。

② 防锈性能：L = 不防锈；M = 在蒸馏水存在时能防锈；H = 在盐水存在时能防锈。

2. 润滑脂的分组、命名和代号

国产润滑脂的分组、命名和代号过去根据GB 501—65(88)标准规定实施。合成油为基础油的润滑脂尚未包括在该标准之内，合成润滑脂另有命名和代号。

以矿物油为基础油的润滑脂，根据GB501—65规定，按其所含稠化剂的组成为皂基脂、烃基脂(J)、无机脂(W)和有机脂(Y)四大组。皂基润滑脂按所含皂类的不同又分为：单一皂基脂——钙(G)、钠(N)、锂(L)、铝(U)、钡(B)、铅(Q)基和其它皂基(A)润滑脂等；混合皂基脂——钙钠(GN)、钙铝(GU)、铅钡(QB)和铝钡(UB)基脂等；复合皂基(F)——复合钙(FG)和复合铝基(FU)脂等若干小组。各组润滑脂分别以其汉语拼音第一个字母规定为组别符号(见上述组别名称后括号内字母)。

同组润滑脂按用途或使用条件分为若干级，分别用规定的数字为级号，见表3-2-12。

普通润滑脂不分级，专用润滑脂要分级。

表3-2-12 润滑脂的分级、级别名称和级号

名称	级号	名称	级号
高温	6	船用	43
低温	7	航空	45
密封	10	军械	46
工业	40	仪表	53
铁道	42		

同组、同级的各种润滑脂按其锥入度范围(25℃)，用接近的锥入度系列号区分牌号，锥入度系列号如表3-2-13所示。

表3-2-13 润滑脂锥入度系列编号

系列号	0	1	2	3	4
锥入度值	355/385	310/340	265/295	220/250	175/205
系列号	5	6	7	8	9
锥入度值	130/160	85/115	60/80	35/55	10/30

同组、同级、同牌号的各润滑脂则按其特殊属性用尾注区分之，见表3-2-14。

表3-2-14 尾注和尾注号

尾注	尾注号	意义
合成	H	合成脂肪酸
石墨	S	石墨
二硫化钼	E	二硫化钼

润滑脂的命名可按下列排列顺序表示：牌号→尾注→组别名称或级别名称→类别。

润滑脂的代号可按下列排列顺序表示：类号→组号→级号→牌号→尾注号。

在润滑脂分组、命名和代号(GB501—65(88))中只包括有少数几种合成油润滑脂，如特221号润滑脂、特7号、特8号、特75号和特12号精密仪表脂，而大部分合成润滑脂的命名按《合成油脂命名代号》规定。

国产合成油脂是按用途分类命名的。代号以4字开始的为合成油类，以7字开头的为合成润滑脂类，代号中的第二个数字表示用途，后面的两个数字表示序号(在表中用××表示)，如表3-2-15所示。

表3-2-15 合成润滑脂代号

70××高低温脂	75××真空脂
71××仪表、阻尼脂	76××密封脂
72××防护、防铸多用途脂	77××抗辐射脂
73××光学、电器脂	78××抗化学脂
74××极压、耐磨脂	79××其它

(四) 润滑脂的主要品种及适用范围

1. 钙基润滑脂

(1) 钙基润滑脂 钙基润滑脂是用天然脂肪酸钙皂稠化中等粘度的矿物润滑油制成的，而合成钙基润滑脂是用合成脂肪酸钙皂稠化中等粘度的矿物润滑油制成的。钙基润滑脂的主要特点有：

1) 由于钙皂和水生成水化物，只有在水的状态下，钙皂才能在矿油中形成高度分散的纤维。钙皂的水化物在100℃左右便水解，这是钙基脂滴点低的原因。这就限制了钙基润滑脂的使用温度范围。一般其使用温度不超过60℃，如果超过这一温度，钙基润滑脂就会变软甚至流失，而不能保证润滑。

2) 钙基润滑脂具有良好的抗水性，遇水不易乳化变质，能适用于潮湿环境或与水接触的各种机械部件的润滑。

3) 钙基润滑脂具有较好的泵送性。因为钙基

润滑脂的纤维较短，具有较低的温度极限。在使用同一矿油和制成同样稠度时，钙基润滑脂比其它皂基润滑脂更易于泵送。

4) 钙基润滑脂具有良好的剪切安定性和融变安定性。在使用中经过搅动再静止时，它仍能保持在作用面上，产生封闭作用而不至于甩出。

按现行国家标准GB491—87钙基润滑脂，分为1、2、3、4等四个牌号，见表3-2-16所示。适用于工业、农业及交通运输等中、低负荷的机械设备的润滑。如用于中小电机、水泵、拖拉机、汽车、冶金、纺织机械等中转速、中低负荷的滚动和滑动轴承的润滑。

钙基润滑脂是30年代的老产品，由于其成本低、抗水性好等优点，目前应用仍很广泛。但是由于其滴点低，使用温度受到限制，在国外，大多数场合已被锂基润滑脂取代，我国也将在大多数使用场合（中、重负荷，温度较高）逐步用锂基润滑脂取代钙基润滑脂。

(2) 石墨钙基润滑脂 石墨钙基润滑脂为黑色均匀油膏，它具有一般钙基润滑脂的抗水性和其它性质。此外，因加有石墨而具有良好耐压性。适用于高负荷、低速的粗糙机械的润滑。如压延机的人字齿轮、汽车钢板弹簧、起重机齿轮转轴，矿山机械、绞车和钢丝绳等重负荷低转速的粗糙机械的

表3-2-16 钙基润滑脂技术指标 (GB491—87)

项 目	技 术 指 标				试验方法
	牌 号				
	1	2	3	4	
外观	淡黄色至暗褐色均匀油膏				目测
工作锥入度 (1/10mm)	310~340	265~295	220~250	175~205	GB/T 269
滴点 (°C)	不低于 80	85	90	95	GB/T 4929
腐蚀 (T 2 铜片, 24 h)	铜片上没有绿色或黑色变化				GB/T 7326
水分 (%)	不大于 1.5	2.0	2.5	3.0	GB/T 512
灰分 (%)	不大于 3.0	3.5	4.0	4.5	SH/T 0327
钢网分油量 (60°C, 24 h) (%)	不大于 —	12	8	6	SH/T 0324
延长工作锥入度, 1万次与工作锥入度差值 1/10mm	—	30	35	40	GB/T 269
水淋流失量 (38°C, 1 h) (%)	不大于 —	10	10	10	SH/T 0109及注
矿物油粘度 (40°C) (mm ² /s)	28.8~74.8				GB/T 265

注：水淋后，轴承烘干条件为77±6℃，16h。

润滑。由于该润滑脂滴点在80°C以上，故最高使用温度应在60°C以下。石墨钙基脂的技术指标见表3-2-17。

表3-2-17 石墨钙基润滑脂技术指标
(SH0369—92)

项 目	技术指标	试验方法
外观	黑色均匀油膏	目 测
滴点 (°C)	不低于 80	GB/T 4929
腐蚀① (钢片, 100°C, 3 h)	合格	SH/T 0331
安定性②, ③	合格	SH/T 0452
水分 (%)	不大于 2	GB/T 512

① 腐蚀试验用含碳0.4%~0.5%的钢片进行。

② 当验收时，安定性指标为生产厂保证项目毋需检查。

③ 在密闭的玻璃器中保存一个月无油析出。

(3) 无水钙基润滑脂 无水钙基润滑脂是以12-羟基硬脂酸钙稠化润滑油制成的。具有比钙基润滑脂优良的抗水性和优异的机械安定性，中等滴点，可达140°C以上，低温性能好，防锈、抗腐、抗氧化、抗磨性可通过添加剂改善。适用于严寒地区汽车轮毂轴承、底盘、电机和风机轴承，以及水泵轴承等摩擦部位的润滑。

2. 钠基润滑脂

钠基润滑脂是由天然脂肪酸钠皂，稠化中等粘度的矿物润滑油或合成润滑油制成，而合成钠基润滑脂是由合成脂肪酸钠皂，稠化中等粘度的矿物润滑油制成，它有下列特点：

1) 钠皂—矿油体系的相转变温度是较高的，一般从伪凝胶态到凝胶态的转变温度为140°C左右，凝胶态转变为溶胶态的温度为210°C左右，所以钠

基润滑脂属于高滴点润滑脂，可以在120°C较长时间内工作。

2) 钠基润滑脂具有较长的纤维结构和良好的拉丝性，对金属的附着力较强，可以用于振动较大、温度较高的滚动或滑动轴承上。采用不同饱和度的脂肪酸、不同粘度的矿油和不同的冷却方式，可以制得不同纤维长短的钠基润滑脂。由于长纤维钠基润滑脂的内摩擦大，与金属表面粘着力低，不适用于高速低负荷的机械润滑。在低速高负荷的轴承里，长纤维钠基润滑脂具有优良的剪断安定性，可用于铁路和汽车的轴承、曲柄机械和制动装置、大型绞盘和万能接头等润滑部分。短纤维润滑脂能运用于中速和中等负荷的各种轴承的润滑。

3) 脂肪酸钠皂是所有金属皂中最易溶解于水的一种，皂分子羧基端的水解使皂纤维丧失了稠化能力，因此，钠基润滑脂遇到水时，稠度就下降，也就不能用于潮湿环境或与水及水蒸汽接触的机械部件上。

4) 钠基润滑脂具有优良的防护性，因为它本身可吸收外来的水蒸汽，延缓了水蒸汽渗透到金属表面的过程。

(1) 钠基润滑脂 按现行国家标准GB492—89，钠基润滑脂分为ZN2、ZN3、ZN4等三个牌号，见表3-2-18，适用于工业、农业等机械设备中不接触水而温度较高的摩擦部位的润滑。ZN2、ZN3号润滑脂使用温度不高于110°C，ZN4号润滑脂使用温度不高于120°C。

(2) 合成钠基及其他钠基润滑脂 合成钠基润滑脂企业标准按锥入度应分为两个牌号，其代号分别为ZN-1H和ZN-2H，使用温度不超过100°C。其技术指标如表3-2-19。

表3-2-18 钠基润滑脂技术指标 (GB492—89)

项 目	技术指标	技术指标		试验方法
		ZN-2	ZN-3	
滴点 (°C)	不低于	160	160	GB/T 4929
锥入度 (1/10mm)				
工作		265~295	220~250	GB/T 269
延长工作 (10万次)	不大于	375	375	
腐蚀试验 (T3铜片, 室温, 24 h)		铜片无绿色或黑色变化		GB/T 7326中乙法
蒸发量 (99°C, 22 h), % (m/m)	不大于	2.0	2.0	GB/T 7325

注：原料矿物油运动粘度 (40°C) 为41.5~165mm²/s。

表3-2-19 合成钠基润滑脂及其他钠基脂、技术指标

项 目	技 术 指 标				试 验 方 法		
	ZN-1H	ZN-2H	ZN42-8	ZN42-9		ZN6-4	特12号脂
颜色和外观	暗褐色均匀无块状杂质	合格	绿褐色至黑褐色纤维状杂质	绿褐色半固体	墨绿色均匀油泥状膏	目测	
滴点 (°C)	不低于	130	150	180	200	150	GB/T 4929
锥入度 (25°C, 150g) (1/10mm)		225~275	175~225		170~225		GB/T 269
腐蚀 (铜片及铜片, 100°C, 3h)		合格	合格		合格		SH/T 0331
安定性试验		合格	合格				
游离有机酸 (%)	不大于	无	无	0.3	0.3		SH/T 0329
游离碱 (NaOH%)	不大于	0.2	0.2	0.3	0.15	0.15	SH/T 0329
机械杂质		无	无	0.2	0.2	无	
水分 (%)	不大于	0.5	0.5	0.5	0.5	无	GB/T 512
灰分 (%)	不大于	4	4.5	4.5	7.0		SH/T 0327
矿物油粘度 (50°C) (mm ² /s)		19~45	19~53				GB/T 265
矿物油含量 (%)	不小于			50	45		SH/T 0319
分油量 (30°C, 48h) (%)	不大于					6	SH/T 0321
腐蚀 (40号钢片, H62铜片LY11硬铝合金片, 50°C, 48h)				合格	合格	合格	SH/T 0328
块锥入度 (1/10mm)							
25°C				35~45	20~35		GB/T 269
75°C				75~100	50~75		
相似粘度 (~40°C, $\bar{D} = 10s^{-1}$) (Pa·s)	不大于					2300	SH/T 6048
蒸发度 (120°C) (%)	不大于					2.5	SH/T 0337

以脂肪酸钠皂稠化24号汽缸油，添加少量极压添加剂，而制成铁道润滑脂，部颁标准为SH10373-92。它具有优良的极压性和润滑性，适用于机车大轴摩擦部分及其高速高压的摩擦界面的润滑。其质量要求如表3-2-19（其代号为ZN42-8，ZN42-9）。

以地蜡和钠皂稠化精密仪表油而制得的特12号精密仪表润滑脂，部颁标准为SH0458-92，适用于精密仪器、仪表的滚动轴承上，作为润滑和防护剂，使用温度为-70~110℃。其技术指标如表3-2-19。

此外，还有4号高温润滑脂（代号为ZN6-4）SH10376-92也是硬脂酸钠皂稠化20号航空润滑油并加有胶体石墨的润滑脂，适用于高温下工作的发动机摩擦部位，飞机着陆轮轴承以及其他高温工作部位的润滑。

(3) 高低温钠基脂 国产的几种高低温钠基润滑脂，是由对苯二甲酸酐胶钠皂稠化合成油（硅油、酯类油）而成，并加有添加剂。产品按使用温度范围分为几个高低温润滑脂牌号：7014号（-60~+200℃）、7014-1号（-40~+200℃）、7014-2号（-50~+200℃）、7015号（-70~+180℃）、7016

-1号（-60~+230℃）、7017号（-60~+250℃）、7018号（-45~+160℃）。其质量要求如表3-2-20。几种牌号应用部位如下：

7014号高低温润滑脂（按GJB694-89）适用于飞机重负荷摆动轴承和操作节点，起落架系统以及在高速、高负荷下工作的各种滚动轴承的润滑，也可用于一般齿轮的润滑。7014-1号高低温润滑脂（按GB11124-89）和7014-2号高低温润滑脂也可用于上述部位。

7015号高低温润滑脂适用于在宽温度范围内工作的滚动轴承（如伺服电机、自动同步电机、陀螺仪、小型精密仪表）的润滑，其中加有锂皂作为润滑脂的稠化剂。

7016-1号高低温润滑脂适用于航空电机（如发电机、电动机、变流机）的轴承以及其它需要在较高温度下工作的滚动轴承的润滑（按SH0440-92）。

7017-1号高低温润滑脂适用于高温下工作的滚动轴承（如航空电机的滚动轴承）（按SH0431-92）。

7018号高速轴承润滑脂适用于各种高速轴承，高速长寿命陀螺马达，高速磨头及其他高速仪表和机械轴承的润滑（按SH0441-92）。

表3-2-20 几种高低温润滑脂的质量要求

项	目	7014	7014-1	7014-2	7015	7016-1	7017-1	7018	试验方法
外观		浅黄色至褐色均匀油膏				乳白色至浅褐色均匀油膏	灰色均匀油膏	黄色至淡褐色均匀油膏	目测
滴点(℃)	不低于	230	280	250	200	250	300	260	GB/T 4929
锥入度(25℃, 9.38g)(1/10mm)		55~75	62~75	60~75	60~80	66~78	65~80	64~78	GB/T 269
分油率(压力法)(%)	不大于	15	15	15	25	15	15	10	GB/T 392
蒸发度(200℃)(%)	不大于	5	5	5	3 (180℃)	4	4	2.5	SH/T 0337
腐蚀(T ₂ 铜片100℃3小时)		合格	合格 (45号铜片)	合格	合格	合格	合格	合格	SH/T 0331
相似粘度(-50℃, 10s ⁻¹)(Pa·s)	不大于	1500	1500 (-40℃)	1100 (-40℃)	500 (-60℃)	1300	1800	1000 (-40℃)	SH/T 0048
机械杂质 (显微镜法)(个/cm ³)									SH/T 0336
	直径0.025~0.075mm	不多于 5000	5000	5000	5000	1000		1000	
	直径0.075~0.125mm	不多于 1000	1000	1000	1000	120		120	
	直径大于0.125mm	无	无	无	无	无		无	

3. 铝基润滑脂

铝基润滑脂是由硬脂酸铝皂稠化矿油制成，具有高度耐水性。

铝基润滑脂的特点如下：

1) 铝基润滑脂不含水也不溶于水，可以用于与水接触的部位。

2) 铝基润滑脂在70°C以上开始软化，因此只能在较低温度下(50°C左右)使用。

3) 铝基润滑脂具有良好的触变性，较少的皂量可以制成半流体润滑脂，适用于集中润滑系统。

铝基脂按现行行业标准SH0371—92(见表3-2-21)，只有一个品种牌号。由于它具有抗水性好、本身不含水、也不溶于水、氧化安定性好等优点，适用于航运机器摩擦部分润滑及金属表面的防锈。

表3-2-21 铝基润滑脂技术指标

(SH0371—92)

项 目	技术指标	试验方法
外观	淡黄色到暗褐色的光滑透明油脂	目测
滴点(°C)	不低于75	GB/T 4929
工作锥入度(1/10mm)	230~280	GB/T 269
防护性能	合格	SH/T 0333
水分	无	GB/T 512
机械杂质(酸分解法)	无	GB/T 513
皂含量(%)	不低于14	SH/T 0319

4. 锂基润滑脂

锂基润滑脂是由天然脂肪酸(硬脂酸或12-羟基硬脂酸)锂皂，稠化中等粘度的矿物润滑油或合成润滑油制成，而合成锂基润滑脂是由合成脂肪酸锂皂，稠化中等粘度的矿物润滑油制成。锂基润滑脂的特点如下：

1) 锂基润滑脂，特别是12-羟基硬脂酸锂稠化的润滑脂，只有两个相变温度，第一个相变温度(即从伪凝胶态到凝胶态)一般在170°C以上，第二个相变温度(即从凝胶态到溶胶态)一般在200°C以上，因此，当选用适宜的矿油时，可以长期使用在120°C或短期使用到150°C。

2) 锂基润滑脂，特别是12-羟基硬脂酸锂稠化的润滑脂，通过电子显微镜可见其皂纤维形成双股的、缠绕在一起的扭带状，因此，具有良好的机械安定性。

3) 通过气相色谱法测定，12-羟基硬脂酸锂

和硬脂酸锂对烷烃的吸附热，发现12-羟基硬脂酸锂和硬脂酸锂，对皂纤维表面液相的结合强度，及对晶格内液相结合强度都是较大的。因此，锂基润滑脂具有较好的胶体安定性。

4) 碱金属中的锂对水的溶解度较小，因此，锂基润滑脂具有较好的抗水性，可以用于潮湿和与水接触的机械部位。

5) 锂皂，特别是12-羟基硬脂酸锂皂，对矿油或合成油的稠化能力都比较强，因此，锂基润滑脂与钙钠基润滑脂相比，稠化剂量可以降低约1/3，而使用寿命可以延长一倍以上。

锂基润滑脂，特别是以12-羟基硬脂酸锂皂稠化的润滑脂，在加有抗氧化剂、防锈剂和极压剂之后，就成为多效长寿命通用润滑脂，可以代替钙基润滑脂和钠基润滑脂，用于飞机、汽车、坦克、机床和各种机械设备的轴承润滑。

(1) 通用锂基润滑脂 通用锂基润滑脂具有良好的抗水性、机械安定性、防锈性和氧化安定性等特点，属于多用途、长寿命、宽使用温度的一种润滑脂，适用于-20~120°C宽温度范围内各种机械设备的滚动轴承和滑动轴承及其它摩擦部位的润滑。

通用锂基脂的技术要求已订为国家标准GB7324—87，并代替原SY1412—75工业锂基脂标准，见表3-2-22所示。

(2) 极压锂基润滑脂 极压锂基润滑脂属于锂基润滑脂系列产品，具有多效通用、长寿命的特点。该产品具有良好的机械安定性、抗水性、防锈性、极压抗磨性和泵送性。适用温度范围为：-20~+120°C。该产品适用于压延机、锻造机、减速机等高负荷机械设备及齿轮、轴承的润滑，按现行国家标准GB7323—87的技术要求。分为0号、1号、2号三个牌号，见表3-2-23。0号、1号润滑脂可用于集中润滑系统。

(3) 汽车通用锂基润滑脂 汽车通用锂基润滑脂系由脂肪酸锂皂稠化低凝点基础油并加入防锈剂和抗氧剂制成。该产品具有良好的机械安定性、胶体安定性、抗水性、防锈性和氧化安定性。

汽车通用锂基润滑脂的技术指标按GB5671—85，见表3-2-24。

该产品适用于-30~+120°C范围内汽车轴承、底盘、水泵等摩擦部位的润滑，使用寿命可达3万公里。比钙基和复合钙基润滑脂延长润滑期1~2倍。此外，还可用于坦克的负重轮和诱导轮轴承的润

表3-2-22 通用锂基润滑脂技术指标 (GB7324-87)

项 目	技 术 指 标			试 验 方 法
	牌 号			
	1	2	3	
外观	均匀光滑油膏			目测
工作锥入度 (1/10mm)	310~340	265~295	220~250	GB/T 269
滴点 (°C)	不低于 170	175	180	GB/T 4929
腐蚀 (T3铜片, 100°C, 24h)	铜片无绿色或黑色变化			GB/T 7326, 乙法
钢网分油量 (100°C, 24h) (%)	不大于 10	7	5	SH/T 0324
蒸发量 (99°C, 22h) (%)	不大于 2.0	2.0	2.0	GB/T 7325
显微镜杂质 (个/cm ³)				SH/T 0336
10μm以上	不大于 5000	5000	5000	
25μm以上	不大于 3000	3000	3000	
75μm以上	不大于 500	500	500	
125μm以上	不大于 0	0	0	
氧化安定性 (99°C, 100h, 78.5×10 ⁴ Pa)	0.039	0.039	0.039	SH/T 0335
压力降 [MPa(kgf/cm ²)]	不大于 (0.4)	(0.4)	(0.4)	
相似粘度 (-15°C, 10s ⁻¹) [Pa·s(P)]	800	1000	1500	SH/T 0048
	不大于 (8000)	(10000)	(15000)	
延长工作锥入度 (10万次) (1/10mm)	不大于 390	360	330	GB/T 269
水淋流失量 (38°C, 1h) (%)	不大于 10	10	10	SH/T 0109
防腐蚀性 (级)	不低于 1	1	1	GB/T 5018

表3-2-23 极压锂基润滑脂技术指标 (GB7323-87)

项 目	技 术 指 标			试 验 方 法
	0号	1号	2号	
工作锥入度 (1/10mm)	355~385	310~340	265~295	GB/T 269
滴点 (°C)	不低于 170	170	170	GB/T 4929
腐蚀 (T3铜片, 100°C, 24h)	合格	合格	合格	GB/T 7326, 乙法
钢网分油量 (100°C, 24h) (%)	不大于 --	10	5	SH/T 0324
蒸发量 (99°C, 22h) (%)	不大于 2.0	2.0	2.0	GB/T 7325
显微镜杂质 (个/cm ³)				SH/T 0336
25μm以上	不大于 3000	3000	3000	
75μm以上	不大于 500	500	500	
125μm以上	不大于 0	0	0	
相似粘度 (-10°C, D=10s ⁻¹) [Pa·s(P)]	150	250	500	SH/T 0048
	不大于 (1500)	(2500)	(5000)	
延长工作锥入度 (10万次) (1/10mm)	不大于 420	390	360	GB/T 269

(续)

项 目		技 术 指 标			试验方法
		0号	1号	2号	
水淋流失量 (38°C, 1h) (%)	不大于	—	20	10	SH/T 0109
防腐蚀性 (级)	不低于	1	1	1	GB/T 5018
抗擦伤能力 (梯姆肯法) OK值 [N(kgf)]	不小于	157(16)	157(16)	157(16)	SH/T 0203及注
最大无卡咬负荷 P_B [N(kgf)]	不小于	588(60)	588(60)	588(60)	GB/T 3142

注：采用专门的润滑脂进样装置。

表3-2-24 汽车通用锂基润滑脂技术指标 (GB5671-85)

项 目		技 术 指 标	试验方法
锥入度 (25°C, 60次) (1/10mm)		265~295	GB/T 269
滴点 (°C)	不低于	180	GB/T 4929
钢网分油 (100°C, 30h) (%)	不大于	5	SH/T 0324
相似粘度 (-20°C, $\bar{D} = 10s^{-1}$) [$Pa \cdot s(P)$]	不大于	1500(15000)	SH/T 0048
游离碱, NaOH%	不大于	0.15	SH/T 0329
腐蚀 (100°C, 3h, 紫铜片)		合格	SH/T 0331
蒸发量 (100°C, 22h) (%)	不大于	2.0	GB/T 7325
漏失量 (104°C, 6h) (g)	不大于	5.0	SH/T 0326
抗水性 (加水10%, 10万次工作锥入度)	不大于	375	GB/T 269
剪切安定性 (10万次工作与60次工作锥入度差值)	不大于	50	GB/T 269
氧化安定性 (100°C, 0.8MPa, 100h) 压力降 (MPa)	不大于	0.3	SH/T 0335
防腐蚀性 (52°C, 48h, 相对湿度100%)		1级	GB/T 5018
机械杂质 (个/cm ³)			SH/T 0336
10 μ m以上	不大于	5000	
25 μ m以上	不大于	3000	
75 μ m以上	不大于	500	
125 μ m以上	不大于	0	

滑。

(4) 石墨锂基润滑脂 石墨锂基润滑脂是由硬脂酸锂皂，稠化高精度润滑油，添加抗氧化剂和胶体石墨油剂而成。

石墨锂基润滑脂是黑色有光泽的均匀软膏，它具有较高滴点，良好的耐高温、抗极压性能，其抗水性次于钙基脂。该产品适用于某些部件的结合处，主要是防止结合部件在高温烧结在一起不易分解。

(5) 合成锂基润滑脂 合成锂基润滑脂的部颁标准为SH0380—92，按锥入度分为四个牌号，其代号分别为ZL-1H、ZL-2H、ZL-3H、ZL-4H。这类产品加有抗氧化剂，也是一种多用途润滑脂，具有较好的胶体安定性，适用于-20~+120°C范围内各种机械设备滚动轴承和滑动摩擦部位的润滑。虽然合成锂基润滑脂的抗水性和机械安定性比锂基润滑脂要差，但是，在标准规定的质量要求中却没

有反映出来,其技术指标如表3-2-25。

(6) 酯类油-锂基润滑脂

7007号通用航空润滑脂系由硬脂酸锂皂稠化双酯,并加入结构改善剂及抗氧剂制成,适用于航空电机和微型电机的轴承及齿轮操纵机构的支点、组装联接以及某些仪器、仪表的润滑,使用温度范围为 $-60\sim+120^{\circ}\text{C}$ 。

7008号通用航空润滑脂系由硬脂酸锂皂稠化双酯,并加入结构改善剂、抗氧剂及防锈剂制成,适用于航空电机和微型电机的轴承及齿轮操纵机构的支点,组装联接以及一些仪器、仪表的润滑,使用温度范围为 $-60\sim+120^{\circ}\text{C}$ 。

7008-1号通用航空润滑脂是由硬脂酸锂皂、铅皂稠化双酯,并加有结构改善剂、抗氧剂、防锈剂及抗磨剂制成,适用于航空电机和微型电机的轴承、齿轮、操纵机构的支点,组装联接以及某些仪器、仪表的润滑,使用温度范围为 $-60\sim+120^{\circ}\text{C}$ 。

7011号低温极压润滑脂(按SH0438-92)是由硬脂酸锂皂稠化双酯,并加有10%胶体二硫化钼及抗氧剂制成,适用于飞机上重负荷齿轮、襟翼操纵机构、尾轮和起落支点轴承以及其它螺旋传动、链条传动等机械部件的润滑,使用温度范围为 $-60\sim+120^{\circ}\text{C}$ 。

7012号极低温润滑脂(按SH0438-92)是由硬

脂酸锂皂稠化双酯和硅油并加有结构改善剂及抗氧剂制成,适用于雷达天线及各种极低温仪表轴承的润滑,使用温度范围为 $-70\sim+120^{\circ}\text{C}$ 。

7013号专用密封润滑脂是由硬脂酸锂皂稠化双酯和硅油,并加有抗氧剂制成,适用于丁腈橡胶活塞环与气缸之间的润滑与密封,也可以做一般仪表轴承的润滑剂,使用温度范围为 $-60\sim+120^{\circ}\text{C}$,其技术指标如表3-2-26所示。

5. 钡基润滑脂

钡基润滑脂(按SH0379-92)是由脂肪酸皂稠化中等精度矿物油制成的,具有良好的抗水性,较高的滴点(不低于 130°C),对金属表面有较好的附着力和防护性能。它不溶于汽油和醇等有机溶剂,故是优良的抑制剂、防溶剂、表面保护材料和间隙密封材料。钡基润滑脂技术指标见表3-2-27。所示。

钡基润滑脂适用于水泵、船舶螺旋桨等的润滑。

钡基脂的缺点是其胶体安定性差,易析油,不宜长期储存,一般储存期不宜超过半年。

6. 混合基润滑脂

混合基润滑脂指两种金属皂在生产时即混合而成的润滑脂。其品种有钙钠基脂、钠铝基脂、钡铝基脂、钡铅基脂等。

表3-2-25 合成锂基润滑脂四种牌号的技术指标 (SH0380-92)

项 目	技 术 指 标				试 验 方 法	
	ZL-1H	ZL-2H	ZL-3H	ZL-4H		
外观	浅褐色至暗褐色均匀软膏				目测	
滴点 ($^{\circ}\text{C}$)	不低于	170	175	180	185	GB/T 4929
锥入度 (25°C , 150g) (1/10mm)						GB/T 269
60次		310~340	265~295	220~250	175~205	
1万次	不大于	370	340	295	265	
腐蚀试验 (铜片, 100°C , 3h)		合格	合格	合格	合格	SH/T 0531
游离碱 (NaOH%)	不大于	0.1	0.1	0.15	0.15	SH/T 0329
水分 (%)	不大于	痕迹	痕迹	痕迹	痕迹	GB/T 512
机械杂质 (酸分解法)		无	无	无	无	GB/T 513
分油量 (压力法) (%)	不大于	14	12	10	8	GB/T 392
氧化安定性 (100°C , 0.8MPa, 100小时)		0.05	0.05	0.05	0.05	SH/T 0335
压力降 (MPa)	不大于					

注: 1. 腐蚀试验用T3铜片。

2. 出厂保证项目。

表3-2-26 酯类油-锂基润滑脂的技术指标

项	目	7007	7008	7008-1	7011	7012	7013	试验方法
外观		浅褐色均匀油膏	棕黄色至褐色均匀油膏	棕黄色均匀油膏	黑色均匀油膏	浅灰色至浅褐色均匀油膏	黄色至浅褐色均匀油膏	目测
滴点 (°C)	不低于	160	160	160	160	160	170	GB/T 4929
锥入度 (25°C, 9.38克) (1/10mm)		55~76	55~76	60~75	50~76	65~80	60~80	GB/T 269
腐蚀 (T ₂ 铜片) (100°C, 3小时)		合格	合格	合格	合格	合格	合格	SH/T 0331
分油率 (压力法) (%)	不大于	28	20	5	25	30	25	GB/T 392
相似粘度 (-50°C, 10s ⁻¹) (Pa·s)	不大于	1100	1000	1000	1100	1500	600	SH/T 0048
蒸发度 (120°C) (%)	不大于	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.5	SH/T 0337
氧化安定性 (100°C, 0.8MPa, 100小时) 压力降 (MPa)	不大于	0.035	0.035	0.035	0.034	0.034	—	SH/T 0335
机械杂质 (显微镜法) 个/厘米 ³								SH/T 0336
直径0.025~0.075mm	不多于	5000	5000	5000	5000	5000	5000	
直径0.075~0.125mm	不多于	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
直径0.125mm		无	无	无	无	无	无	

表3-2-27 钡铝基润滑脂及钡基润滑脂技术指标

项	目	钡铝基脂 (代号ZRU-3)	钡基润滑脂	试验方法
外观		浅褐色至深褐色均匀油膏	黄到暗褐色	目测
滴点 (°C)	不低于	80	135	GB/T 4929
锥入度 (25°C, 150g) (1/10mm)		210~270	200~260	GB/T 269
水分 (%)	不大于	0.1	痕迹	GB/T 512
机械杂质 (酸分解法)		无	不大于0.2	GB/T 513
防护性能 (50°C, 30h, 45号铜片)		合格	—	SH/T 0333
水溶性酸或碱		无	—	GB/T 259
灰分 (%)		2.9~3.5	—	SH/T 0327
相似粘度 (0°C, 10s ⁻¹) (Pa·s) (P)	不大于	600(6000)	—	SH/T 0048
强度极限 (Pa (g/cm ²))	不小于	196(2)	—	SH/T 0303
腐蚀 (铜片、铜片, 100°C, 3h)		—	合格	SH/T 0331
矿物油粘度 (40°C) (mm ² /s)		—	41.4~74.8	GB/T 265

混合基脂的性能由其主要的皂基所决定, 而较少的一种皂份起改进的作用。

如钙钠基润滑脂属于混合皂基润滑脂, 是由钠皂和钙皂稠化矿物油制成。其滴点较钙基润滑脂高, 其抗水性较钙基润滑脂差, 但较钠基润滑脂好。该润滑脂适用于潮湿 (水分不多的情况下) 和温度在80~100°C的摩擦部位使用, 用于各种滚动轴承。钙钠基润滑脂的技术指标见表3-2-28所示。

钡铝基润滑脂的低温性能和耐海水性能较好,

适用于与海水接触的机械和仪表, 其技术指标见表3-2-27所示。

钡铅基润滑脂由于含有铅皂, 因而具有良好的抗磨极压性, 由于含有钡皂, 具有较好的抗水性, 由于其基础油凝点低, 故能在-60°C的情况下使用, 此外, 最高使用温度不超过80°C。该润滑脂适用于高空武器的防水和润滑, 其技术指标见表3-2-29所示。

7. 复合皂基润滑脂

表3-2-28 钙钠基润滑脂技术指标 (SH0368-92)

项 目	H	技 术 指 标		试 验 方 法
		ZGN-1	ZGN-2	
外观		由黄色到深棕色的均匀软膏		目测
滴点 (°C)	不低于	120	135	GB/T 4929
工作锥入度 (1/10mm)		250~290	200~240	GB/T 269
腐蚀 (40或50号钢片, 59号黄铜片, 100°C, 3h)		合格	合格	SH/T 0331
游离碱 (NaOH%)	不大于	0.2	0.2	SH/T 0329
游离有机酸		无	无	SH/T 0329
机械杂质 (酸分解法)		无	无	GB/T 513
水分 (%)	不大于	0.7	0.7	GB/T 512
矿物油粘度 (40°C) (mm ² /s)		41.4~74.8	41.4~74.8	GB/T 265

表3-2-29 钡铅基润滑脂 (9号脂) 技术指标

项 目	H	技 术 指 标		试 验 方 法
外观		浅黄色至深棕色油膏		目测
滴点 (°C)	不低于	92		GB/T 4929
锥入度 (25°C, 150g) (1/10mm)	不大于	330		GB/T 269
(75°C, 150g) (1/10mm)	不大于	370		
相似粘度 (-50°C, 10s ⁻¹) [Pa·s(P)]	不大于	1100(11000)		SH/T 0048
分油量 (50°C, 12h) (%)	不大于	3.0		SH/T 0324
水分		无		SH/T 0327
灰分 (%)	不大于	6.5		GB/T 512
游离酸碱		无		SH/T 0329
腐蚀 (45号钢片, 59号黄铜片, 20~25°C, 72h)		合格		GB/T 5018
防锈性能 (45号钢片, 59号黄铜片, 16~20°C, 72h)		合格		GB/T 5018

复合皂基润滑脂是金属皂和盐复合成的特别分子结构,由于盐的存在使晶体结构发生变化。其主要性能如滴点、机械安定性、胶体安定性等比单皂基润滑脂有较大的提高。复合皂基润滑脂的主要品种有复合钙基润滑脂、复合钡基润滑脂、复合铝基润滑脂等。

(1) 复合钙基润滑脂 复合钙基润滑脂是由脂肪酸和醋酸的复合钙皂稠化矿物油或硅油等制成。它具有较高的滴点一般在180~240°C以上,使用温度较高,有较好的极压性和机械安定性,使用温度范围宽,矿物油复合钙润滑脂可在-40~+150°C范围内使用。其缺点是表面易于吸水而发生硬化。

复合钙基润滑脂按现行行业标准SH0370-92,分为ZFG-1、ZFG-2、ZFG-3、ZFG-4四个牌号,其技术指标见表3-2-30,适用于较高温度条件下摩

擦部位的润滑。

(2) 复合铝基润滑脂 复合铝基润滑脂是由硬脂酸或合成脂肪酸与低分子酸的复合铝皂稠化高粘度矿物油而成。具有较高的滴点(可达180~250°C以上),具有良好的机械安定性、泵送性和优良的抗水性,具有较好的胶体安定性和氧化安定性。

复合铝基润滑脂目前尚没有统一的标准,各生产厂按各自的企业标准生产,一般都分1~4号。适用于各种电机、发电机、鼓风机、交通运输业、钢铁企业及其他各种工业机械设备的润滑,特别适用于各种较高温度潮湿条件下机械设备的摩擦部位的润滑。

(3) 复合锂基润滑脂 复合锂基润滑脂是一类新型的复合皂基润滑脂,它是由12-羟基硬脂酸与二元酸复合锂皂作稠化剂制成。具有很高的滴点

表3-2-30 复合钙基润滑脂技术指标 (SH0370—92)

项 目	技 术 指 标				试 验 方 法	
	ZFG-1	ZFG-2	ZFG-3	ZFG-4		
外观①	淡黄色到暗褐色均匀无块状油膏				目测	
滴点 (°C)	不低于	180	200	220	240	GB/T 4929
工作锥入度 (1/10mm)		310~340	265~295	220~250	175~205	GB/T 269
腐蚀② (铜片、黄铜片, 100°C, 3h)		合格	合格	合格	合格	SH/T 0331
游离碱 (NaOH%)	不大于	0.2	0.2	0.2	0.2	SH/T 0329
游离有机酸		无	无	无	无	SH/T 0329
水分 (%)	不大于	痕迹	痕迹	痕迹	痕迹	GB/T 512
分油量 (压力法) (%)	不大于	13	10	7	5	GB/T 392
表面硬化试验 (50°C, 24h), 1/4锥入度差 (1/10mm) 不大于		35	30	25	20	附录 A
机械杂质 (酸分解法)		无	无	无	无	GB/T 513

① 在玻璃片上涂抹厚1~2mm的润滑脂层, 对此检查。

② 腐蚀试验用40, 45或50号的钢片及含铜57%~61%的黄铜片进行。

(高于260°C) 和优良的高温流动性, 具有优良的机械安定性、抗水性、防锈性和氧化安定性, 具有很好的极压性能和泵送性。用该润滑脂润滑的轴承寿命长, 噪声低。

复合锂基润滑脂目前尚无统一的标准, 各生产厂按企业标准或参照国外同类标准生产。该润滑脂适用于各种苛刻条件的摩擦副的润滑。

8. 膨润土润滑脂

膨润土润滑脂是用经过表面活性剂处理的膨润土稠化中粘度或高粘度矿物油制成。膨润土也可用来稠化合成油制成高温航空润滑脂。膨润土润滑脂没有滴点, 其耐温性能决定于表面活性剂和基础油的高温性能(本身熔点高, 使用温度到150°C以上), 其低温性能决定于选用的基础油; 具有较好的胶体安定性, 其机械安定性随表面活性剂的类型而异; 对金属表面的腐蚀性稍差, 故必须添加防锈剂以改善这种性能; 抗水性好、辐射安定。

膨润土脂目前尚无统一的标准, 各生产厂按自己的企业标准生产。主要适用于重负荷、中高转速工作条件下的机械设备的润滑。

9. 烃基润滑脂

(1) 烃基润滑脂的特性 烃基润滑脂是以固体烃(地蜡、石蜡、石油脂)稠化润滑油所得的产品。这类润滑脂中有时还添加一些填料或添加剂以提高

产品的某种性能, 例如, 在润滑脂中加入石墨作填料, 提高烃基润滑脂的极压性; 有的产品加有少量氢氧化钠, 使烃基润滑脂呈弱碱性至中性, 适用于保护黑色金属以防止锈蚀。

烃基润滑脂是一种均匀油膏状物质, 除可用于低温、低负荷条件下作润滑剂外, 还可用于保护和密封机件。因为这类润滑脂有防水、防腐蚀等优良性能, 而且有良好的化学安定性和胶体安定性。和皂基润滑脂比较, 它较不易氧化变质, 不致因稠化剂氧化分解而使润滑脂稠度改变。烃基润滑脂几乎不溶于水、也不乳化, 有良好的抗水性。

烃基润滑脂的滴点较低, 因此使用温度不高。

(2) 烃基润滑脂的牌号、标准和用途

1) 3号仪表润滑脂 3号仪表润滑脂, 代号为ZJ53-3, Z表示属润滑脂类, J表示烃基, 53表示仪表用, 3为牌号。

3号仪表润滑脂系用80号地蜡稠化仪表油而成, 其中地蜡占24%±2%(重), 其余为仪表油。制造时, 是将地蜡和仪表油升温并搅拌, 至125~130°C脱水, 然后过滤并快速冷却成脂。

3号仪表润滑脂使用于-60~+55°C温度范围内工作的仪表上。由于其使用温度低, 要求有良好的耐寒性, 因此用低凝点, 低粘度的润滑油(仪表油)作基础油, 因为是用地蜡为稠化剂, 润滑脂的

表3-2-31 3号仪表润滑脂技术指标 (SH0385-92)

项 目	技 术 指 标	试 验 方 法
外观	均匀无块, 凡士林状油膏	目测
滴点 (°C)	不低于 50	GB/T 4929
锥入度 (25°C, 150g) (1/10mm)	230~265	GB/T 269
腐蚀 (铜、铝、钢片, 100°C, 3h)	合格	SH/T 0331
热安定性	合格	SH/T 0325
游离有机酸 (mgKOH/g)	不大于 0.1	SH/T 0329
水分	无	GB/T 512
机械杂质 (%)	无	GB/T 513
水溶性酸或碱	无	GB/T 259
灰分 (%)	无	SH/T 0327

表3-2-32 工业凡士林技术指标 (SH0039-90)

项 目	1 号		2 号		试 验 方 法
	1	2	1	2	
外观	淡褐色至深褐色均质无块软膏				目测
滴点 (°C)	不低于	45	80		GB/T 8026
酸值 (mgKOH/g)	不大于	0.1			GB/T 264
灰分 (%)	不大于	0.07			GB/T 508
腐蚀 (钢片、铜片, 100°C, 3h)①		合格			SH/T 0331
水溶性酸或碱		中性			GB/T 259
机械杂质 (%)	不大于	0.03			GB/T 511及注②
水分		无			GB/T 512
低温性能 (30°C, 30min)		合格			SH0387、附录2及注③
闪点 (开口) (°C)	不低于	190			GB/T 3536
运动粘度 (100°C) (mm ² /s)		10~20			GB/T 265

① 腐蚀试验用45号钢片和T3铜片进行。

② 在机械杂质中不许有砂粒和其他摩擦物。

③ 在高寒地区使用时, 与用户商订协议指标, 低温项目试验在-40°C下进行。

表3-2-33 钢丝绳用润滑脂指标

项 目	钢丝绳表面脂 (SH0387-92)		钢丝绳芯芯脂 (SH0388-92)		试 验 方 法
	1	2	1	2	
外观	褐色至深褐色均匀油膏				目测
滴点① (°C)	不低于	58	45	55	GB/T 4929
运动粘度 (100°C) (mm ² /s)	不小于	20	25		GB/T 265
水溶性酸或碱		无	无		GB/T 259
腐蚀② (100°C, 3h)		合格	合格		SH/T 0331
消落试验③ (55°C, 1h)		实测	—		附录④
水分 (%)		痕迹	痕迹		GB/T 512
低温性能④ (-30°C, 30min)		合格	合格		附录⑤
湿热试验 (钢片, 30d)		合格	合格		GB/T 2361
盐雾试验 (铜片)		—	实测		SH/T 0081

① 滴点测定中装杯和冷却按GB/T 4929进行。

② 腐蚀试验用含碳0.4%~0.5%钢片和T3铜片及锌片进行。

③ 消落试验以50×50×3~5mm, 钢片(共6个试面)上按SH0387标准中附录一规定的方法涂脂后, 在55±0.5°C条件下保持1h后观察, 如6个试面上有4个面或4个以上脂不滑落则为合格。

④ 低温性能系测定在规定的低温下油脂的低温柔韧性, 按SH0387标准中附录二进行, 采用70×36×0.1~0.15mm黄铜或紫铜片, 在试验温度±1°C保持30min试验。

滴点不高(60°C以上),最高使用温度仅为55°C。

3号仪表润滑脂的规格见表3-2-31。

3号仪表润滑脂用于飞机的操纵系统、光学、军械、无线电等仪表的润滑。

2)工业凡士林 工业凡士林是用石蜡和石油脂稠化润滑油(L-AN32号全损耗系统用油与11号汽缸油的混合物)制成。它具有良好的抗水性和胶体安定性,但滴点较低。主要用来防止各种金属零件及机器锈蚀,也可在机械工作温度不高、负荷不大的摩擦部位作减摩润滑脂使用。

工业凡士林在舰船上用于舵机的舵轮轴承,舵链、舵杆、滑轮等外露部分,以及导航仪器磁罗经的未涂漆金属部分及平衡环活动部分的润滑。工业凡士林标准见表3-2-32所示。

(3)钢丝绳用润滑脂 钢丝绳用润滑脂分两种,一种是钢丝绳表面脂(SH0387—92),另一种是钢丝绳麻芯脂(SH0388—92)。两种润滑脂都是由固体烃类稠化高粘度矿物油并加有添加剂制成的。

钢丝绳表面脂具有良好的化学安定性、防锈性、抗水性和低温性能。主要适用于钢丝绳的封存,同时具有润滑作用。

钢丝绳麻芯脂具有较好的防锈性、抗水性、化学安定性和润滑性能。主要适用于钢丝绳麻芯的浸渍和润滑。钢丝绳用润滑脂的标准见表3-2-33。

第3节 合成润滑油脂

合成润滑油脂是以化学合成方法制备有机液体再经过调配或进一步加工而制成的润滑油或润滑脂产品。合成润滑剂的研究工作始于19世纪80年代,在第二次世界大战以后,随着科学技术的蓬勃发展,和工业技术的不断进步,原用的石油基润滑剂已不能满足高速、重负荷和宽温度操作的要求。如超音速飞机,原子能电站,火箭导弹、宇宙航行、高速重负荷机械、电子等军事科学和尖端技术的相继出现,对润滑剂提出了更加苛刻的要求。因此,近五十年来合成润滑剂研究取得了巨大进展,许多产品已投入工业,规模生产并广泛应用于航天、航空和民用工业部门。

我国合成润滑剂工业起步于50年代。经过几十年的发展已经研制和生产的合成润滑油有酯类油、聚醚、聚硅氧烷、含氟油、磷酸酯和聚 α -烯烃等。

合成润滑油脂产品有100多种,包括航空润滑油脂、精密仪表油脂、合成内燃机油、齿轮润滑油脂、压缩机油、抗燃液压油、汽车制动液、热定型机油、高低温润滑脂、高速轴承润滑脂、耐油密封脂等产品。

(一) 合成润滑油

合成润滑油是采用有机合成方法制备的,具有一定化学结构和预定的物理化学性质。在合成润滑油的化学组成中,除了含碳、氢元素外,还分别含有氧、硅、磷、氟、氯等元素。目前已经获得大量生产和使用的有酯类(包括双酯、多元醇酯、复酯)、聚醚、合成烃(包括聚 α -烯烃、烷基苯)、聚硅氧烷(包括甲基硅油、甲基苯基硅油、乙基硅油、甲基氯苯基硅油、硅酸酯),含氟油(包括全氟烃、氟氯碳油、全氟聚醚)和磷酸酯等。

1. 合成润滑油的特性

合成润滑油与矿物油相比具有下列特性。

(1)优良的耐高温性能 一般说来,合成润滑油比矿物油热安定性好,热分解温度高,氧化安定性好,闪点和自燃点高,见表3-3-1。

表3-3-1 各类合成油的闪点、自燃点及热分解温度

类别	闪点(°C)	自燃点(°C)	热分解温度(°C)
矿物油	140~315	230~370	250~340
双酯	200~300	370~430	283
多元醇酯	215~300	400~440	316
聚 α -烯烃油	180~320	525~400	338
二烷基苯	130~230	—	—
聚烷撑醚	180~340	535~400	279
磷酸酯	230~260	425~650	194~421
硅油	230~330	425~550	388
硅酸酯	180~210	435~645	340~450
卤碳化合物	200~280	>650	—
聚苯醚	200~340	490~595	454

(2)优良的粘温性能和低温性能 大多数合成润滑油比矿物油粘度指数高,粘度随温度变化小。在高温粘度相同时,大多数合成润滑油比矿物油的凝点低、低温粘度小。从表3-3-2可看出,硅油、硅酸酯的粘温性能最好。

(3)具有较低的挥发性 合成油的挥发性较低。这是由于合成润滑油一般是一种纯化合物,其

表3-3-2 合成油的粘度指数及凝点

类别	粘度指数	凝点 °C
矿物油	50~130	-45~-10
双酯	110~190	<-80~-40
多元醇酯	60~190	<-80~-15
合成烃	50~180	-80~-40
聚烷撑醚	90~280	-65~5
磷酸酯	30~60	<-50~-15
硅油	100~500	<-90~-10
硅酸酯	110~300	<-60
卤碳化合物	-200~-100	<-75~65

沸点范围较窄，图3-3-1为矿物油、聚α-烯烃油、双酯及聚酯馏出温度与馏出量的比较。

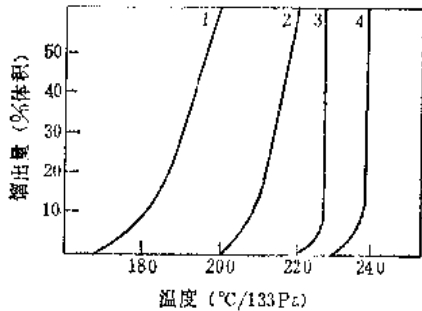


图3-3-1 合成油与矿物油馏出量的比较

1—矿物油，37.8°C粘度为20.59mm²/s 2—聚α-烯烃油，37.8°C粘度为33.07mm²/s 3—双酯，37.8°C粘度为14.42mm²/s 4—聚酯37.8°C粘度为20.59mm²/s

油品的挥发性是油品在使用过程中的一项重要

性能。合成润滑油挥发损失低，可延长油品的使用寿命。

(4) 优良的化学稳定性 卤碳化合物包括氟碳化合物、氟氯油、聚全氟烷基醚等，具有极好的化学安定性，在100°C下不与氟气、氯气、硝酸、98%的硫酸、王水等强氧化剂起反应，在国防和化学工业中具有重要的使用价值。

表3-3-3 合成油的抗燃性

类别	闪点 (°C)	燃点 (°C)	自燃点 (°C)	热稳定性 (°C)	明火
汽轮机油 (矿物)	200	240	<360	<500	燃
芳基磷酸酯	240	340	650	>700	不燃
聚全氟甲乙醚	>500	>500	>700	>930	不燃
水-乙二醇抗燃油	无	无	无	>700	不燃

(5) 抗燃性 磷酸酯、全氟碳油、水-乙二醇等合成油具有抗燃性，见表3-3-3广泛作为抗燃液压油，应用于航空、冶金和发电等工业部门。

表3-3-4列出各类合成润滑油与矿物油的性能比较。

2. 合成润滑油的应用

(1) 高低温合成仪表油 随着科学技术的发展，各种高精度陀螺、导航仪表、工业装置上使用的各类精密仪表和微型马达对仪表油要求越来越高，矿物油组分的仪表油已不能满足高温、低挥发、长寿命、宽温度等要求，故采用合成油代替。高低温合成仪表油系列为4112、4113、4114、4115、4116、4116-1等六个产品。均加有抗氧剂、防锈剂、

表3-3-4 各种合成油与矿物油性能对比①

类别	和温性	液态温度范围	低温性能	热安定性	氧化安定性	水解安定性	抗燃性	耐负性	体积模数	挥发性	抗辐射性	比重
矿物油	良	良	良	中	中	优	低	良	中	中	高	低
超精制矿物油	优	良	良	中	中	优	低	良	中	中	高	低
聚α-烯烃油	良	良	良	中	中	优	低	良	中	中	高	低
有机酯类	良	优	良	中	中	中	低	良	中	中	中	中
聚烷撑醚	良	良	良	中	中	良	低	良	中	中	中	中
聚苯醚	差	良	差	优	良	优	低	良	高	中	高	高
磷酸酯 (烷基)	良	良	良	中	良	中	高	良	高	中	低	高
磷酸酯 (苯基)	中	差	差	良	良	中	高	良	高	中	低	高
硅酸酯	优	优	优	良	中	差	低	中	中	中	低	中
硅油	优	优	优	良	良	良	低	差	低	中	低	中
全氟碳油	中	良	中	良	良	中	高	差	低	中	低	高
聚全氟烷基醚	中	良	良	良	良	良	高	良	低	中	低	高

① 评分标准为优、良、中、差或高、中、低。

其中4112~4115油的使用温度为-60~120℃,短期可达150℃。4116、4116-1油的使用温度为-70~150℃。高低温合成仪表油的技术指标见表3-3-5。

高低温仪表油适用于各种航空、航海工业仪表和计时仪器的微型电机轴承及传动齿轮的润滑。

(2) 合成压缩机油 压缩机生产技术的发展,以结构紧凑、高效节能为特点的旋转式压缩机的出现,对压缩机油的热氧化安定性提出了更高的要求。往复式压缩机采用矿物油润滑,曾因出口处积炭而引起爆炸着火事故。合成压缩机油具有热氧化安定性好积炭少、粘温性好、操作温度宽、磨损少、使用寿命长等特点。国外试验结果表明,使用合成压缩机油,叶片式压缩机的润滑油换油周期由500h延长到4000h;螺杆式压缩机换油周期由1000h延长到8000h;往复式压缩机的换油周期

从1000h延长到3000h。一坪化工厂研制生产的4502-1、4502-2、4502-3合成压缩机油产品,已用在大功率中压单、双螺杆压缩机上,延长了使用寿命、降低了能耗。表3-3-6列出上述三种合成压缩机油的主要性能。

(3) 燃气轮机润滑油 燃气轮机广泛用作联合循环发电设备,它要求润滑油具有耐高温、耐高速、耐重负荷和长寿命等特点,燃气轮机多采用合成润滑油。我国大庆油田引进的英国新贝燃气轮机发电机组使用国产4106号合成航空润滑油代替进口油,经过近五年的使用,完全满足进口发动机的使用要求,效果良好,表3-3-7列出4106号合成航空润滑油的技术指标。

(4) 难燃液压油 工业难燃液压油有水-乙二醇、磷酸酯等合成油及高水基液压油。主要用于

表3-3-5 合成高低温仪表油技术指标

项 目	技 术 指 标					
	4112	4113	4114	4115	4116	4116-1
运动粘度 (mm ² /s)						
50℃	不小于 8	11~14	18~23	23~28	36	10
-50℃	不大于 8000	5000	5000	5000	3000	600
凝点 (°C)	不高于 -60	-60	-60	-60	-60	-70
闪点 (开口) (°C)	不低于 260	200	200	200	250	180
酸值 (mgKOH/g)	不大于 0.5	0.2	0.2	0.2	0.05	0.05
水分 (%)	不大于 0.08	0.08	0.08	0.08	—	—
机械杂质 (%)	无	无	无	无	无	无
蒸发量 (100℃, 3h) (%)	不大于 3	—	—	—	2.0	2.0
氧化试验 (120℃, 72h, 50mL空气/min, 试验后)						
50℃运动粘度变化 (%)	不大于 ±5	±5	±5	±5	±5	±5
酸值增加值 (mgKOH/g)	不大于 0.5	0.5	0.5	0.5	0.1	0.1
腐蚀 (mg/cm ²):						
45号铜片	不大于 ±0.2	±0.2	±0.2	±0.2	±0.2	±0.2
T2铜片	不大于 ±0.4	±0.4	±0.4	±0.4	±0.4	±0.4
LY11铝片	不大于 ±0.2	±0.2	±0.2	±0.2	±0.2	±0.2

表3-3-6 合成压缩机油主要技术指标

项 目	4502-1	4502-2	4502-3
粘度 (mm ² /s)			
100℃	5.61	7.43	9.87
40℃	36.01	58.79	95.59
粘度指数	90	84	77
酸值 (mgKOH/g)	0.49	0.40	0.34
闪点 (°C)	228	225	253
凝点 (°C)	-50	-47	-42
蒸发度 (150℃, 3h) (%)	11.35	11.55	5.75
氧化试验 (100℃, 72h)			
50℃粘度变化 (%)			
酸值 (mgKOH/g)	2.18	1.14	0.36
残炭 (%)	0.13	0.18	0.17
金属腐蚀 (mg/cm ²)			
Fe	无	无	无
Cu	无	无	无
Al	无	无	无
Mg	无	无	无

表3-3-7 4106号合成航空润滑油主要技术指标

项	目	指	标
粘度 (mm ² /s)			
	100°C		5~5.5
	-40°C	不大于	13000
闪点 (°C)		不小于	246
凝点 (°C)		不高于	-54
蒸发损失 (205°C, 6.5 h) %		不大于	10

轧钢厂的铸造机、转炉加料及卸料液压设备、燃气涡轮机、采煤机、液压铲车、发电系统的电调液压系统等。这些设备大都与高温源接近，使用矿物液压油易发生重大火灾事故。

水-乙二醇难燃液压油是应用最广的一个品种。一般含水35%~60%，其中乙二醇或丙乙二醇用于改进低温性能，该液压油还添加稠化剂和必要的添

加剂。表3-3-8列出美国、日本水-乙二醇难燃液压油的技术指标。

磷酸酯工业难燃液压油主要以三芳基磷酸酯为基础油，加入抗氧、防锈及酸吸收剂而成。它的使用温度高、抗燃性好，大多数用于大容量的火力发电厂的高压电液压力伺服系统冶金和机械工业的高压、高温、高精度的液压控制系统。70年代，国内研制出了4613-1，4614，4621等磷酸酯难燃液压油，分别使用在大型轧钢机、大功率汽轮机及发电机组的液压系统。表3-3-9列出磷酸酯难燃液压油的主要技术指标。

(5) 合成制动液 以聚醚作制动液的基础液具有沸点高、低温粘度小，对橡胶溶胀无影响等优点，因此，获得广泛应用，逐渐取代蓖麻油-酒精或正丁醇的低沸点制动液。表3-3-10列出几种国产合成制动液的技术指标。它们已经在多种进口或国产

表3-3-8 美国、日本水-乙二醇难燃液压油技术指标

项	目	日本三洋化成株式会社		美国豪富顿公司
		Nobalube FR-45	Nobalube FR-50	Houghtonsafe 620
外观		红色透明液体	红色透明液体	红色透明液体
粘度 (mm ² /s)	37.8°C	44.3	46.3	44.17
	100°C	9.06	8.90	—
粘度指数		205	189	203
凝点 (°C)		≥ -35	≥ -35	-54
闪点 (°C)		无	无	无
pH值		9.9	9.9	8~10
水分 (%)		42.5	44	—
防锈试验		合格	合格	合格
泡沫性 (24°C) (mL)		100	90	—

表3-3-9 磷酸酯难燃液压油主要技术指标

项	目	4613-1	4614	4621
粘度 (mm ² /s)	100°C	3.76	4.55	5.34
	50°C	14.71	22.14	21.46
	0°C	474.1	1395	—
凝点 (°C)		-34	-30	-36
酸值 (mgKOH/g)		中性	0.04	0.03
闪点 (°C)		240	245	231
燃点 (°C)		322	—	—
动态蒸发 (90°C, 6.5 h) (%)		0.11	0.28	0.25
四球试验 d ₁₀₀ (mm)		0.35	0.34	1.32
	d ₄₀ (mm)	0.69	0.51	—
	P _B (N)	550	550	350
超声波剪切				
	50°C粘度变化 (%)	-0.4	0	0.50
氧化试验 (120°C, 72 h 25mL/min 空气)				
	粘度50°C	14.6	22.3	22.1
	酸值 (mgKOH/g)	中性	0.04	0.46

表3-3-10 合成制动液主要技术指标

项 目	4604	SH888 (4606)	4603	719	4603-1
平衡回流沸点 (°C)					
干沸点	255	247	196	190	246
湿沸点	148	164	152	138	148
粘度 (mm ² /s) 100°C	2.15	2.54	2.42	2.54	2.76
-40°C	1500	854	4612	2168	4150

汽车上使用。其中4604号符合SAEJ1703、DOT3等标准，被北京吉普有限公司认定为212吉普车专用的

表3-3-11 聚醚型车用齿轮油技术指标

项 目	4404	
	SAE75W-90	SAE80-140
粘度 (mm ² /s) 40°C	13.17	32.01
-20°C	12597	27597
粘度指数	192	203
凝点 (°C)	-48	-48
闪点 (°C)	240	238
四球试验, 1500 r/min 常温		
P _D (N)	5000	5000
d ₃₀ ³⁰ (mm)	0.38	0.35
ZMZ (N)	869	724
梯姆肯试验OK (N)	338	336

制动液；SH888号符合DOT4标准，被广州标致公司、武汉雪铁龙轿车厂认定为轿车专用的制动液。

(6) 合成齿轮油 聚醚加入抗磨或极压等添加剂，是理想的高速封闭齿轮润滑油。国产聚醚型工业齿轮油和车用齿轮油的技术指标列于表3-3-11~表3-3-13中，已用于大中功率传动蜗轮蜗杆、闭式终身润滑的齿轮和汽车减速传动齿轮上，对降低齿轮磨损、延长换油周期和检修期有明显的效果。

(7) 热定型机油 印染和塑料工业中使用的热定型机和拉伸拉幅机的链条与导轨之间是高温、高速下的滑动摩擦，要求润滑油具有良好的高温氧化安定性，以及结焦少、润滑性好等性能。多年来使用一坪化工厂的4402、4402-1、4402-2合成热定型机油获得满意的效果。表3-3-14列出上述三种热定型机油的主要技术指标。

表3-3-12 聚醚型中负荷工业齿轮油技术指标

项 目	4405					
	68	100	150	220	320	460
粘度 (mm ² /s) 40°C	67.2	103.1	152.3	227.5	344	478
粘度指数	180	189	190	207	212	235
闪点 (°C)	277	281	280	283	283	294
凝点 (°C)	-50	-46	-44	-41	-43	-43
四球试验1500 r/min 常温						
P _D (N)		2500	2500	2500	2500	3150
D ₃₀ ³⁰ (mm)		0.31	0.34	0.34	0.32	0.33
ZMZ (N)		375	504	494	522	603
梯姆肯试验OK (N)		157.5	—	157.5	—	292.5

表3-3-13 聚醚型重负荷工业齿轮油技术指标

项 目	4406					
	68-EP	100-EP	150-EP	220-EP	320-EP	460-EP
粘度 (mm ² /s) 40℃	67.7	100.3	141.1	217	325	466
粘度指数	174	187	193	206	219	232
闪点 (°C)	-51	-48	-41	-45	-39	-44
凝点 (°C)	246	248	249	245	238	242
四球试验1500 r/min常温						
P _D (N)	3150	3150	3150	4000	4000	4000
d _{50%} (mm)	0.48	0.37	0.35	0.36	0.37	0.37
ZMZ (N)	451	549	580	690	730	750
梯姆肯试验OK (N)	225	293	293	270	293	423

表3-3-14 热定型机油主要技术指标

项 目	4402		
	4402	4402-1	4402-2
粘度 (mm ² /s)			
100℃	不小于 24.0	25.0	65
粘度指数	150	150	220
闪点 (°C)	不小于 240	250	250
凝点 (°C)	不小于 -30	-30	-35
使用温度 (°C)	175	190	220

(二) 合成润滑脂

合成润滑脂是指以合成油为基础油的润滑脂。常用的基础油大多为酯类油、硅油、合成烃及含氟油等。稠化剂有锂基皂、复合皂、酰胺盐、聚脲、改质膨润土、硅胶等。

我国已研制和生产了一系列合成润滑脂，如精密仪表润滑脂，通用航空润滑脂，高低温轴承脂，高速轴承脂、真空脂、高温高压密封脂、齿轮胎和其它专用润滑脂等。广泛应用于航空 航天、冶金、交通、轻工、纺织、油气田开发和石油化工等工业部门的机械设备上。

1. 合成润滑脂的特性

合成润滑脂与以矿物油为基础油的润滑脂比较，有以下特性：

(1) 优良的高温性能。合成润滑脂具有高滴点，好的热氧化安定性，低蒸发度等特点。表3-3-15列出7007、7008号双酯锂基脂与2号矿物低温脂的比较。

(2) 较好的低温性能。合成润滑脂的低温性能一般都比较好，表3-3-16列出7007、7008、与2号矿物低温性能比较。

(3) 良好的机械安定性。滚筒试验和剪断试验结果表明合成润滑脂的机械安定性好，表3-3-17列出7007、7008与2号低温脂的性能比较。

(4) 良好的耐介质性能。由特种稠化剂稠化不同粘度的合成油并加有抗氧、防锈添加剂而制成的合成润滑脂具有耐汽油、煤油、润滑油、水、乙醇及天然气等介质的性能。

表3-3-15 7007、7008双酯锂基脂与2号低温脂的高温性能比较

项 目	7007	7008	2号低温脂
基础油类型	双酯	双酯	矿物油
稠化剂	锂基皂	锂基皂	锂基皂
滴点 (°C)	189	172	198
蒸发量 (120℃, 1h) (%)	0.4	0.52	6.8
氧化安定性 (100℃, 100h 784.6kPa) 压力降 (kPa)	0	0	0.17

表3-3-16 低温性能比较

项 目	7007	7008	2号低温脂
基础油	双酯	双酯	矿物油
稠化剂	锂基皂	锂基皂	锂基皂
锥入度 (25℃, 9.38g) (1/10mm)	62	67	80
(-60℃) (10g) (1/10mm)	51	47	57.5
相似粘度 (-50℃) (10s ⁻¹) (Pa·s)	795.4	750	1036.0
(-54℃, 10s ⁻¹) (Pa·s)	686.0	—	7942.0

2. 合成润滑脂的应用

(1) 精密仪表润滑脂 精密仪表润滑脂是以合成精密仪表油为基础油制成，包括特8号、特7号、特7-5号、特12号精密仪表脂。适用于精密仪

表3-3-17 机械安定性

项 目	7007	7008	2号低 温脂
滚筒试验			
微锥入度前后变值	+15	+14	—
剪断试验			
锥入度 (25°C, 16g) 0次	230	247	260
60次	245	271	280
1万次	321	320	372
5万次	349	331	395
10万次	363	353	流体

器、仪表的轴承和摩擦部件上作润滑剂和防护剂，使用温度范围见表3-3-18。

表3-3-18 精密仪表脂使用温度范围

产 品 名 称	使用温度范围 (°C)
特8号	-60~+60
特7号	-70~+120
特75号	-70~+30
特12号	-70~+110

(2) 高低温轴承润滑脂 由烷基对苯二甲酰胺钠或聚脲稠化合成油而制成的高低温润滑脂，包括7015、7016、7017-1、7014、7014-1等牌号。它们具有良好的高低温性、机械安定性、抗水性和抗辐射性能。适用于高温工作下的各种滚动轴承的润滑，7014和7014-1号，也可以用于滑动轴承和齿轮的润滑。使用温度范围见表3-3-19。

表3-3-19 高低温润滑脂使用温度范围

产 品 名 称	使用温度范围 (°C)
7014号	-60~+200
7014-1号	-40~+200
7015号	-70~+180
7016号	-60~+200
7017-1号	-60~+250

(3) 高速轴承润滑脂 7007、7008号润滑脂是由锂基皂稠化合成酯类油，并加有抗氧化和结构改进剂的添加剂制成。使用温度范围为-60~120°C，已广泛用于航空电机轴承和电动机机构齿轮、操纵节点的润滑。近年来这两种脂已应用于转速为5000~20000r/min之间的内外圆磨床主轴轴承、35000r/min的气流纺纱转子轴承上，润滑效果良

好，一次加脂润滑寿命在一年以上。7018号高速轴承润滑脂适用于30000~180000r/min转速范围内的各种超高速轴承的润滑，使用温度为-50~150°C。除使用在航空和航天工业的高速陀螺马达轴承上，还应用于40000~60000r/min磨头轴承上。

(4) 窑车轴承润滑脂 7020号窑车轴承润滑脂是由特种稠化剂稠化合成油并加有抗氧化和极压添加剂制成。它具有优良的高温性能，低的蒸发度和极压润滑性。适用于高温重负荷下低速运转的各种焙烧窑窑车轴承的润滑，其使用温度可达300°C。近年来被推广到汽车制造、冶金、玻璃陶瓷、纺织印染等行业中润滑高温下工作的轴承取得了满意的效果。

(5) 合成齿轮润滑脂 7407号齿轮润滑脂 (SH0469-92)是由复合稠化剂稠化特定的基础油并加有极压添加剂制成，是一种半流体齿轮润滑脂，具有良好的涂复性、粘附性和极压润滑性能。适用于各种低速，中、重负荷传动的开式和闭式齿轮、链条等机构的润滑。其油膜可承受最高冲击负荷为 $2.45 \times 10^5 \text{N}$ ，使用温度范围为-20~+120°C。7407号齿轮脂使用于行车、立、卧式减速箱齿轮的润滑，解决了使用齿轮油长期以来存在的漏油、缺油、需频繁加油的问题，延长了维修周期，效果十分显著。

7412号半流体齿轮润滑脂，理论上可以与齿轮箱等寿命。在冶金、石油化工企业的各种减速箱上使用，解决了齿轮箱漏油的问题，改善了操作环境，节约了能源。其使用温度范围为-40~+150°C。表3-3-20列出7412号半流体齿轮脂主要技术指标。

表3-3-20 7412号半流体齿轮脂
主要技术指标

项 目	7412号	
	00号	000号
锥入度 (1/10mm)	400~430	445~475
滴点 (°C)	不小于 300	200
蒸发度 (150°C) (%)	不大于 4.0	4.0
四球试验 P_B (N)	不小于 980	980
P_D (N)	不小于 2450	2150
ZMZ (N)	不小于 441	441

(6) 防泄漏密封润滑脂 7903 耐油密封脂 (SH0011—90) 是由无机稠化剂稠化合成油制得的一种塑性润滑脂, 具有耐多种介质的能力, 兼有密封和润滑作用。适用于各种油箱、阀门、管线的静密封和低速旋转部件的动密封。已广泛使用在石油、冶金、化工、交通等部门的齿轮箱、阀门的静密封和低速动密封。其使用温度为 $-20 \sim +150^{\circ}\text{C}$, 技术指标见表 3-3-21。

合成润滑油脂具有许多的优良性能, 它解决了矿物油脂所不能解决的润滑问题。因而广泛应用于工业的各个部门。各类合成润滑油脂又各具特点, 就需要加强应用研究, 根据使用要求, 选择适用的

润滑剂, 才能充分地发挥其优良性能, 获得较好的经济效果。

表 3-3-21 7903 耐油密封润滑脂
主要技术指标

项 目	质 量 指 标
外观	粘稠均匀油膏
锥入度 (1/16mm)	55~70
滴点 ($^{\circ}\text{C}$)	250
耐煤油性	
析蜡度 (%)	不大于 20
抗水和抗水-乙醇 (1:1) 溶液性	脂团不解体 溶液允许轻浑浊

(6) 防泄漏密封润滑脂 7903 耐油密封脂 (SH0011—90) 是由无机稠化剂稠化合成油制得的一种塑性润滑脂, 具有耐多种介质的能力, 兼有密封和润滑作用。适用于各种油箱、阀门、管线的静密封和低速旋转部件的动密封。已广泛使用在石油、冶金、化工、交通等部门的齿轮箱、阀门的静密封和低速动密封。其使用温度为 $-20 \sim +150^{\circ}\text{C}$, 技术指标见表 3-3-21。

合成润滑油脂具有许多的优良性能, 它解决了矿物油脂所不能解决的润滑问题。因而广泛应用于工业的各个部门。各类合成润滑油脂又各具特点, 就需要加强应用研究, 根据使用要求, 选择适用的

润滑剂, 才能充分地发挥其优良性能, 获得较好的经济效果。

表 3-3-21 7903 耐油密封润滑脂
主要技术指标

项 目	质 量 指 标
外观	粘稠均匀油膏
锥入度 (1/16mm)	55~70
滴点 ($^{\circ}\text{C}$)	250
耐煤油性	
析蜡度 (%)	不大于 20
抗水和抗水-乙醇 (1:1) 溶液性	脂团不解体 溶液允许轻浑浊

(6) 防泄漏密封润滑脂 7903 耐油密封脂 (SH0011—90) 是由无机稠化剂稠化合成油制得的一种塑性润滑脂, 具有耐多种介质的能力, 兼有密封和润滑作用。适用于各种油箱、阀门、管线的静密封和低速旋转部件的动密封。已广泛使用在石油、冶金、化工、交通等部门的齿轮箱、阀门的静密封和低速动密封。其使用温度为 $-20 \sim +150^{\circ}\text{C}$, 技术指标见表 3-3-21。

合成润滑油脂具有许多的优良性能, 它解决了矿物油脂所不能解决的润滑问题。因而广泛应用于工业的各个部门。各类合成润滑油脂又各具特点, 就需要加强应用研究, 根据使用要求, 选择适用的

润滑剂, 才能充分地发挥其优良性能, 获得较好的经济效果。

表 3-3-21 7903 耐油密封润滑脂
主要技术指标

项 目	质 量 指 标
外观	粘稠均匀油膏
锥入度 (1/16mm)	55~70
滴点 ($^{\circ}\text{C}$)	250
耐煤油性	
析蜡度 (%)	不大于 20
抗水和抗水-乙醇 (1:1) 溶液性	脂团不解体 溶液允许轻浑浊

(6) 防泄漏密封润滑脂 7903 耐油密封脂 (SH0011—90) 是由无机稠化剂稠化合成油制得的一种塑性润滑脂, 具有耐多种介质的能力, 兼有密封和润滑作用。适用于各种油箱、阀门、管线的静密封和低速旋转部件的动密封。已广泛使用在石油、冶金、化工、交通等部门的齿轮箱、阀门的静密封和低速动密封。其使用温度为 $-20 \sim +150^{\circ}\text{C}$, 技术指标见表 3-3-21。

合成润滑油脂具有许多的优良性能, 它解决了矿物油脂所不能解决的润滑问题。因而广泛应用于工业的各个部门。各类合成润滑油脂又各具特点, 就需要加强应用研究, 根据使用要求, 选择适用的

润滑剂, 才能充分地发挥其优良性能, 获得较好的经济效果。

表 3-3-21 7903 耐油密封润滑脂
主要技术指标

项 目	质 量 指 标
外观	粘稠均匀油膏
锥入度 (1/10mm)	55~70
滴点 ($^{\circ}\text{C}$)	250
耐煤油性	
析蜡度 (%)	不大于 20
抗水和抗水-乙醇 (1:1) 溶液性	脂团不解体 溶液允许轻浑浊

(6) 防泄漏密封润滑脂 7903 耐油密封脂 (SH0011—90) 是由无机稠化剂稠化合成油制得的一种塑性润滑脂, 具有耐多种介质的能力, 兼有密封和润滑作用。适用于各种油箱、阀门、管线的静密封和低速旋转部件的动密封。已广泛使用在石油、冶金、化工、交通等部门的齿轮箱、阀门的静密封和低速动密封。其使用温度为 $-20 \sim +150^{\circ}\text{C}$, 技术指标见表 3-3-21。

合成润滑油脂具有许多的优良性能, 它解决了矿物油脂所不能解决的润滑问题。因而广泛应用于工业的各个部门。各类合成润滑油脂又各具特点, 就需要加强应用研究, 根据使用要求, 选择适用的

润滑剂, 才能充分地发挥其优良性能, 获得较好的经济效果。

表 3-3-21 7903 耐油密封润滑脂
主要技术指标

项 目	质 量 指 标
外观	粘稠均匀油膏
锥入度 (1/16mm)	55~70
滴点 ($^{\circ}\text{C}$)	250
耐煤油性	
析蜡度 (%)	不大于 20
抗水和抗水-乙醇 (1:1) 溶液性	脂团不解体 溶液允许轻浑浊

(6) 防泄漏密封润滑脂 7903 耐油密封脂 (SH0011—90) 是由无机稠化剂稠化合成油制得的一种塑性润滑脂, 具有耐多种介质的能力, 兼有密封和润滑作用。适用于各种油箱、阀门、管线的静密封和低速旋转部件的动密封。已广泛使用在石油、冶金、化工、交通等部门的齿轮箱、阀门的静密封和低速动密封。其使用温度为 $-20 \sim +150^{\circ}\text{C}$, 技术指标见表 3-3-21。

合成润滑油脂具有许多的优良性能, 它解决了矿物油脂所不能解决的润滑问题。因而广泛应用于工业的各个部门。各类合成润滑油脂又各具特点, 就需要加强应用研究, 根据使用要求, 选择适用的

润滑剂, 才能充分地发挥其优良性能, 获得较好的经济效果。

表 3-3-21 7903 耐油密封润滑脂
主要技术指标

项 目	质 量 指 标
外观	粘稠均匀油膏
锥入度 (1/16mm)	55~70
滴点 ($^{\circ}\text{C}$)	250
耐煤油性	
析蜡度 (%)	不大于 20
抗水和抗水-乙醇 (1:1) 溶液性	脂团不解体 溶液允许轻浑浊

(6) 防泄漏密封润滑脂 7903 耐油密封脂 (SH0011—90) 是由无机稠化剂稠化合成油制得的一种塑性润滑脂, 具有耐多种介质的能力, 兼有密封和润滑作用。适用于各种油箱、阀门、管线的静密封和低速旋转部件的动密封。已广泛使用在石油、冶金、化工、交通等部门的齿轮箱、阀门的静密封和低速动密封。其使用温度为 $-20 \sim +150^{\circ}\text{C}$, 技术指标见表 3-3-21。

合成润滑油脂具有许多的优良性能, 它解决了矿物油脂所不能解决的润滑问题。因而广泛应用于工业的各个部门。各类合成润滑油脂又各具特点, 就需要加强应用研究, 根据使用要求, 选择适用的

润滑剂, 才能充分地发挥其优良性能, 获得较好的经济效果。

表 3-3-21 7903 耐油密封润滑脂
主要技术指标

项 目	质 量 指 标
外观	粘稠均匀油膏
锥入度 (1/16mm)	55~70
滴点 ($^{\circ}\text{C}$)	250
耐煤油性	
析蜡度 (%)	不大于 20
抗水和抗水-乙醇 (1:1) 溶液性	脂团不解体 溶液允许轻浑浊

(6) 防泄漏密封润滑脂 7903 耐油密封脂 (SH0011—90) 是由无机稠化剂稠化合成油制得的一种塑性润滑脂, 具有耐多种介质的能力, 兼有密封和润滑作用。适用于各种油箱、阀门、管线的静密封和低速旋转部件的动密封。已广泛使用在石油、冶金、化工、交通等部门的齿轮箱、阀门的静密封和低速动密封。其使用温度为 $-20 \sim +150^{\circ}\text{C}$, 技术指标见表 3-3-21。

合成润滑油脂具有许多的优良性能, 它解决了矿物油脂所不能解决的润滑问题。因而广泛应用于工业的各个部门。各类合成润滑油脂又各具特点, 就需要加强应用研究, 根据使用要求, 选择适用的

润滑剂, 才能充分地发挥其优良性能, 获得较好的经济效果。

表 3-3-21 7903 耐油密封润滑脂
主要技术指标

项 目	质 量 指 标
外观	粘稠均匀油膏
锥入度 (1/16mm)	55~70
滴点 ($^{\circ}\text{C}$)	250
耐煤油性	
析蜡度 (%)	不大于 20
抗水和抗水-乙醇 (1:1) 溶液性	脂团不解体 溶液允许轻浑浊

(6) 防泄漏密封润滑脂 7903 耐油密封脂 (SH0011—90) 是由无机稠化剂稠化合成油制得的一种塑性润滑脂, 具有耐多种介质的能力, 兼有密封和润滑作用。适用于各种油箱、阀门、管线的静密封和低速旋转部件的动密封。已广泛使用在石油、冶金、化工、交通等部门的齿轮箱、阀门的静密封和低速动密封。其使用温度为 $-20 \sim +150^{\circ}\text{C}$, 技术指标见表 3-3-21。

合成润滑油脂具有许多的优良性能, 它解决了矿物油脂所不能解决的润滑问题。因而广泛应用于工业的各个部门。各类合成润滑油脂又各具特点, 就需要加强应用研究, 根据使用要求, 选择适用的

润滑剂, 才能充分地发挥其优良性能, 获得较好的经济效果。

表 3-3-21 7903 耐油密封润滑脂
主要技术指标

项 目	质 量 指 标
外观	粘稠均匀油膏
锥入度 (1/16mm)	55~70
滴点 ($^{\circ}\text{C}$)	250
耐煤油性	
析蜡度 (%)	不大于 20
抗水和抗水-乙醇 (1:1) 溶液性	脂团不解体 溶液允许轻浑浊

(6) 防泄漏密封润滑脂 7903耐油密封脂 (SH0011—90)是由无机稠化剂稠化合成油制得的一种塑性润滑脂,具有耐多种介质的能力,兼有密封和润滑作用。适用于各种油箱、阀门、管线的静密封和低速旋转部件的动密封。已广泛使用在石油、冶金、化工、交通等部门的齿轮箱、阀门的静密封和低速动密封。其使用温度为 $-20\sim+150^{\circ}\text{C}$,技术指标见表3-3-21。

合成润滑油脂具有许多的优良性能,它解决了矿物油脂所不能解决的润滑问题。因而广泛应用于工业的各个部门。各类合成润滑油脂又各具特点,就需要加强应用研究,根据使用要求,选择适用的

润滑剂,才能充分地发挥其优良性能,获得较好的经济效果。

表3-3-21 7903耐油密封润滑脂
主要技术指标

项 目	质 量 指 标
外观	粘稠均匀油膏
锥入度 (1/16mm)	55~70
滴点($^{\circ}\text{C}$)	250
耐煤油性	
析蜡度 (%)	不大于 20
抗水和抗水-乙醇 (1:1) 溶液性	脂团不解体 溶液允许轻浑浊

(6) 防泄漏密封润滑脂 7903 耐油密封脂 (SH0011—90) 是由无机稠化剂稠化合成油制得的一种塑性润滑脂, 具有耐多种介质的能力, 兼有密封和润滑作用。适用于各种油箱、阀门、管线的静密封和低速旋转部件的动密封。已广泛使用在石油、冶金、化工、交通等部门的齿轮箱、阀门的静密封和低速动密封。其使用温度为 $-20 \sim +150^{\circ}\text{C}$, 技术指标见表 3-3-21。

合成润滑油脂具有许多的优良性能, 它解决了矿物油脂所不能解决的润滑问题。因而广泛应用于工业的各个部门。各类合成润滑油脂又各具特点, 就需要加强应用研究, 根据使用要求, 选择适用的

润滑剂, 才能充分地发挥其优良性能, 获得较好的经济效果。

表 3-3-21 7903 耐油密封润滑脂
主要技术指标

项 目	质 量 指 标
外观	粘稠均匀油膏
锥入度 (1/16mm)	55~70
滴点 ($^{\circ}\text{C}$)	250
耐煤油性	
析蜡度 (%)	不大于 20
抗水和抗水-乙醇 (1:1) 溶液性	脂团不解体 溶液允许轻浑浊

(6) 防泄漏密封润滑脂 7903 耐油密封脂 (SH0011—90) 是由无机稠化剂稠化合成油制得的一种塑性润滑脂, 具有耐多种介质的能力, 兼有密封和润滑作用。适用于各种油箱、阀门、管线的静密封和低速旋转部件的动密封。已广泛使用在石油、冶金、化工、交通等部门的齿轮箱、阀门的静密封和低速动密封。其使用温度为 $-20 \sim +150^{\circ}\text{C}$, 技术指标见表 3-3-21。

合成润滑油脂具有许多的优良性能, 它解决了矿物油脂所不能解决的润滑问题。因而广泛应用于工业的各个部门。各类合成润滑油脂又各具特点, 就需要加强应用研究, 根据使用要求, 选择适用的

润滑剂, 才能充分地发挥其优良性能, 获得较好的经济效果。

表 3-3-21 7903 耐油密封润滑脂
主要技术指标

项 目	质 量 指 标
外观	粘稠均匀油膏
锥入度 (1/16mm)	55~70
滴点 ($^{\circ}\text{C}$)	250
耐煤油性	
析蜡度 (%)	不大于 20
抗水和抗水-乙醇 (1:1) 溶液性	脂团不解体 溶液允许轻浑浊

(6) 防泄漏密封润滑脂 7903耐油密封脂 (SH0011—90)是由无机稠化剂稠化合成油制得的一种塑性润滑脂,具有耐多种介质的能力,兼有密封和润滑作用。适用于各种油箱、阀门、管线的静密封和低速旋转部件的动密封。已广泛使用在石油、冶金、化工、交通等部门的齿轮箱、阀门的静密封和低速动密封。其使用温度为 $-20\sim+150^{\circ}\text{C}$,技术指标见表3-3-21。

合成润滑油脂具有许多的优良性能,它解决了矿物油脂所不能解决的润滑问题。因而广泛应用于工业的各个部门。各类合成润滑油脂又各具特点,就需要加强应用研究,根据使用要求,选择适用的

润滑剂,才能充分地发挥其优良性能,获得较好的经济效果。

表3-3-21 7903耐油密封润滑脂
主要技术指标

项 目	质 量 指 标
外观	粘稠均匀油膏
锥入度 (1/10mm)	55~70
滴点($^{\circ}\text{C}$)	250
耐煤油性	
析蜡度 (%)	不大于 20
抗水和抗水-乙醇 (1:1) 溶液性	脂团不解体 溶液允许轻浑浊

(6) 防泄漏密封润滑脂 7903 耐油密封脂 (SH0011—90) 是由无机稠化剂稠化合成油制得的一种塑性润滑脂, 具有耐多种介质的能力, 兼有密封和润滑作用。适用于各种油箱、阀门、管线的静密封和低速旋转部件的动密封。已广泛使用在石油、冶金、化工、交通等部门的齿轮箱、阀门的静密封和低速动密封。其使用温度为 $-20 \sim +150^{\circ}\text{C}$, 技术指标见表 3-3-21。

合成润滑油脂具有许多的优良性能, 它解决了矿物油脂所不能解决的润滑问题。因而广泛应用于工业的各个部门。各类合成润滑油脂又各具特点, 就需要加强应用研究, 根据使用要求, 选择适用的

润滑剂, 才能充分地发挥其优良性能, 获得较好的经济效果。

表 3-3-21 7903 耐油密封润滑脂
主要技术指标

项 目	质 量 指 标
外观	粘稠均匀油膏
锥入度 (1/16mm)	55~70
滴点 ($^{\circ}\text{C}$)	250
耐煤油性	
析蜡度 (%)	不大于 20
抗水和抗水-乙醇 (1:1) 溶液性	脂团不解体 溶液允许轻浑浊

(6) 防泄漏密封润滑脂 7903 耐油密封脂 (SH0011—90) 是由无机稠化剂稠化合成油制得的一种塑性润滑脂, 具有耐多种介质的能力, 兼有密封和润滑作用。适用于各种油箱、阀门、管线的静密封和低速旋转部件的动密封。已广泛使用在石油、冶金、化工、交通等部门的齿轮箱、阀门的静密封和低速动密封。其使用温度为 $-20 \sim +150^{\circ}\text{C}$, 技术指标见表 3-3-21。

合成润滑油脂具有许多的优良性能, 它解决了矿物油脂所不能解决的润滑问题。因而广泛应用于工业的各个部门。各类合成润滑油脂又各具特点, 就需要加强应用研究, 根据使用要求, 选择适用的

润滑剂, 才能充分地发挥其优良性能, 获得较好的经济效果。

表 3-3-21 7903 耐油密封润滑脂
主要技术指标

项 目	质 量 指 标
外观	粘稠均匀油膏
锥入度 (1/16mm)	55~70
滴点 ($^{\circ}\text{C}$)	250
耐煤油性	
析蜡度 (%)	不大于 20
抗水和抗水-乙醇 (1:1) 溶液性	脂团不解体 溶液允许轻浑浊

(6) 防泄漏密封润滑脂 7903 耐油密封脂 (SH0011—90) 是由无机稠化剂稠化合成油制得的一种塑性润滑脂, 具有耐多种介质的能力, 兼有密封和润滑作用。适用于各种油箱、阀门、管线的静密封和低速旋转部件的动密封。已广泛使用在石油、冶金、化工、交通等部门的齿轮箱、阀门的静密封和低速动密封。其使用温度为 $-20 \sim +150^{\circ}\text{C}$, 技术指标见表 3-3-21。

合成润滑油脂具有许多的优良性能, 它解决了矿物油脂所不能解决的润滑问题。因而广泛应用于工业的各个部门。各类合成润滑油脂又各具特点, 就需要加强应用研究, 根据使用要求, 选择适用的

润滑剂, 才能充分地发挥其优良性能, 获得较好的经济效果。

表 3-3-21 7903 耐油密封润滑脂
主要技术指标

项 目	质 量 指 标
外观	粘稠均匀油膏
锥入度 (1/16mm)	55~70
滴点 ($^{\circ}\text{C}$)	250
耐煤油性	
析蜡度 (%)	不大于 20
抗水和抗水-乙醇 (1:1) 溶液性	脂团不解体 溶液允许轻浑浊

(6) 防泄漏密封润滑脂 7903 耐油密封脂 (SH0011—90) 是由无机稠化剂稠化合成油制得的一种塑性润滑脂, 具有耐多种介质的能力, 兼有密封和润滑作用。适用于各种油箱、阀门、管线的静密封和低速旋转部件的动密封。已广泛使用在石油、冶金、化工、交通等部门的齿轮箱、阀门的静密封和低速动密封。其使用温度为 $-20 \sim +150^{\circ}\text{C}$, 技术指标见表 3-3-21。

合成润滑油脂具有许多的优良性能, 它解决了矿物油脂所不能解决的润滑问题。因而广泛应用于工业的各个部门。各类合成润滑油脂又各具特点, 就需要加强应用研究, 根据使用要求, 选择适用的

润滑剂, 才能充分地发挥其优良性能, 获得较好的经济效果。

表 3-3-21 7903 耐油密封润滑脂
主要技术指标

项 目	质 量 指 标
外观	粘稠均匀油膏
锥入度 (1/16mm)	55~70
滴点 ($^{\circ}\text{C}$)	250
耐煤油性	
析蜡度 (%)	不大于 20
抗水和抗水-乙醇 (1:1) 溶液性	脂团不解体 溶液允许轻浑浊

(6) 防泄漏密封润滑脂 7903 耐油密封脂 (SH0011—90) 是由无机稠化剂稠化合成油制得的一种塑性润滑脂, 具有耐多种介质的能力, 兼有密封和润滑作用。适用于各种油箱、阀门、管线的静密封和低速旋转部件的动密封。已广泛使用在石油、冶金、化工、交通等部门的齿轮箱、阀门的静密封和低速动密封。其使用温度为 $-20 \sim +150^{\circ}\text{C}$, 技术指标见表 3-3-21。

合成润滑油脂具有许多的优良性能, 它解决了矿物油脂所不能解决的润滑问题。因而广泛应用于工业的各个部门。各类合成润滑油脂又各具特点, 就需要加强应用研究, 根据使用要求, 选择适用的

润滑剂, 才能充分地发挥其优良性能, 获得较好的经济效果。

表 3-3-21 7903 耐油密封润滑脂
主要技术指标

项 目	质 量 指 标
外观	粘稠均匀油膏
锥入度 (1/16mm)	55~70
滴点 ($^{\circ}\text{C}$)	250
耐煤油性	
析蜡度 (%)	不大于 20
抗水和抗水-乙醇 (1:1) 溶液性	脂团不解体 溶液允许轻浑浊

(6) 防泄漏密封润滑脂 7903 耐油密封脂 (SH0011—90) 是由无机稠化剂稠化合成油制得的一种塑性润滑脂, 具有耐多种介质的能力, 兼有密封和润滑作用。适用于各种油箱、阀门、管线的静密封和低速旋转部件的动密封。已广泛使用在石油、冶金、化工、交通等部门的齿轮箱、阀门的静密封和低速动密封。其使用温度为 $-20 \sim +150^{\circ}\text{C}$, 技术指标见表 3-3-21。

合成润滑油脂具有许多的优良性能, 它解决了矿物油脂所不能解决的润滑问题。因而广泛应用于工业的各个部门。各类合成润滑油脂又各具特点, 就需要加强应用研究, 根据使用要求, 选择适用的

润滑剂, 才能充分地发挥其优良性能, 获得较好的经济效果。

表 3-3-21 7903 耐油密封润滑脂
主要技术指标

项 目	质 量 指 标
外观	粘稠均匀油膏
锥入度 (1/16mm)	55~70
滴点 ($^{\circ}\text{C}$)	250
耐煤油性	
析蜡度 (%)	不大于 20
抗水和抗水-乙醇 (1:1) 溶液性	脂团不解体 溶液允许轻浑浊

(6) 防泄漏密封润滑脂 7903 耐油密封脂 (SH0011—90) 是由无机稠化剂稠化合成油制得的一种塑性润滑脂, 具有耐多种介质的能力, 兼有密封和润滑作用。适用于各种油箱、阀门、管线的静密封和低速旋转部件的动密封。已广泛使用在石油、冶金、化工、交通等部门的齿轮箱、阀门的静密封和低速动密封。其使用温度为 $-20 \sim +150^{\circ}\text{C}$, 技术指标见表 3-3-21。

合成润滑油脂具有许多的优良性能, 它解决了矿物油脂所不能解决的润滑问题。因而广泛应用于工业的各个部门。各类合成润滑油脂又各具特点, 就需要加强应用研究, 根据使用要求, 选择适用的

润滑剂, 才能充分地发挥其优良性能, 获得较好的经济效果。

表 3-3-21 7903 耐油密封润滑脂
主要技术指标

项 目	质 量 指 标
外观	粘稠均匀油膏
锥入度 (1/16mm)	55~70
滴点 ($^{\circ}\text{C}$)	250
耐煤油性	
析蜡度 (%)	不大于 20
抗水和抗水-乙醇 (1:1) 溶液性	脂团不解体 溶液允许轻浑浊

(6) 防泄漏密封润滑脂 7903 耐油密封脂 (SH0011—90) 是由无机稠化剂稠化合成油制得的一种塑性润滑脂, 具有耐多种介质的能力, 兼有密封和润滑作用。适用于各种油箱、阀门、管线的静密封和低速旋转部件的动密封。已广泛使用在石油、冶金、化工、交通等部门的齿轮箱、阀门的静密封和低速动密封。其使用温度为 $-20 \sim +150^{\circ}\text{C}$, 技术指标见表 3-3-21。

合成润滑油脂具有许多的优良性能, 它解决了矿物油脂所不能解决的润滑问题。因而广泛应用于工业的各个部门。各类合成润滑油脂又各具特点, 就需要加强应用研究, 根据使用要求, 选择适用的

润滑剂, 才能充分地发挥其优良性能, 获得较好的经济效果。

表 3-3-21 7903 耐油密封润滑脂
主要技术指标

项 目	质 量 指 标
外观	粘稠均匀油膏
锥入度 (1/16mm)	55~70
滴点 ($^{\circ}\text{C}$)	250
耐煤油性	
析蜡度 (%)	不大于 20
抗水和抗水-乙醇 (1:1) 溶液性	脂团不解体 溶液允许轻浑浊

(6) 防泄漏密封润滑脂 7903耐油密封脂 (SH0011—90)是由无机稠化剂稠化合成油制得的一种塑性润滑脂,具有耐多种介质的能力,兼有密封和润滑作用。适用于各种油箱、阀门、管线的静密封和低速旋转部件的动密封。已广泛使用在石油、冶金、化工、交通等部门的齿轮箱、阀门的静密封和低速动密封。其使用温度为 $-20\sim+150^{\circ}\text{C}$,技术指标见表3-3-21。

合成润滑油脂具有许多的优良性能,它解决了矿物油脂所不能解决的润滑问题。因而广泛应用于工业的各个部门。各类合成润滑油脂又各具特点,就需要加强应用研究,根据使用要求,选择适用的

润滑剂,才能充分地发挥其优良性能,获得较好的经济效果。

表3-3-21 7903耐油密封润滑脂
主要技术指标

项 目	质 量 指 标
外观	粘稠均匀油膏
锥入度 (1/16mm)	55~70
滴点($^{\circ}\text{C}$)	250
耐煤油性	
析蜡度 (%)	不大于 20
抗水和抗水-乙醇 (1:1) 溶液性	脂团不解体 溶液允许轻浑浊

(6) 防泄漏密封润滑脂 7903 耐油密封脂 (SH0011—90) 是由无机稠化剂稠化合成油制得的一种塑性润滑脂, 具有耐多种介质的能力, 兼有密封和润滑作用。适用于各种油箱、阀门、管线的静密封和低速旋转部件的动密封。已广泛使用在石油、冶金、化工、交通等部门的齿轮箱、阀门的静密封和低速动密封。其使用温度为 $-20 \sim +150^{\circ}\text{C}$, 技术指标见表 3-3-21。

合成润滑油脂具有许多的优良性能, 它解决了矿物油脂所不能解决的润滑问题。因而广泛应用于工业的各个部门。各类合成润滑油脂又各具特点, 就需要加强应用研究, 根据使用要求, 选择适用的

润滑剂, 才能充分地发挥其优良性能, 获得较好的经济效果。

表 3-3-21 7903 耐油密封润滑脂
主要技术指标

项 目	质 量 指 标
外观	粘稠均匀油膏
锥入度 (1/16mm)	55~70
滴点 ($^{\circ}\text{C}$)	250
耐煤油性	
析蜡度 (%)	不大于 20
抗水和抗水-乙醇 (1:1) 溶液性	脂团不解体 溶液允许轻浑浊

(6) 防泄漏密封润滑脂 7903 耐油密封脂 (SH0011—90) 是由无机稠化剂稠化合成油制得的一种塑性润滑脂, 具有耐多种介质的能力, 兼有密封和润滑作用。适用于各种油箱、阀门、管线的静密封和低速旋转部件的动密封。已广泛使用在石油、冶金、化工、交通等部门的齿轮箱、阀门的静密封和低速动密封。其使用温度为 $-20 \sim +150^{\circ}\text{C}$, 技术指标见表 3-3-21。

合成润滑油脂具有许多的优良性能, 它解决了矿物油脂所不能解决的润滑问题。因而广泛应用于工业的各个部门。各类合成润滑油脂又各具特点, 就需要加强应用研究, 根据使用要求, 选择适用的

润滑剂, 才能充分地发挥其优良性能, 获得较好的经济效果。

表 3-3-21 7903 耐油密封润滑脂
主要技术指标

项 目	质 量 指 标
外观	粘稠均匀油膏
锥入度 (1/16mm)	55~70
滴点 ($^{\circ}\text{C}$)	250
耐煤油性	
析蜡度 (%)	不大于 20
抗水和抗水-乙醇 (1:1) 溶液性	脂团不解体 溶液允许轻浑浊

(6) 防泄漏密封润滑脂 7903耐油密封脂 (SH0011—90)是由无机稠化剂稠化合成油制得的一种塑性润滑脂,具有耐多种介质的能力,兼有密封和润滑作用。适用于各种油箱、阀门、管线的静密封和低速旋转部件的动密封。已广泛使用在石油、冶金、化工、交通等部门的齿轮箱、阀门的静密封和低速动密封。其使用温度为 $-20\sim+150^{\circ}\text{C}$,技术指标见表3-3-21。

合成润滑油脂具有许多的优良性能,它解决了矿物油脂所不能解决的润滑问题。因而广泛应用于工业的各个部门。各类合成润滑油脂又各具特点,就需要加强应用研究,根据使用要求,选择适用的

润滑剂,才能充分地发挥其优良性能,获得较好的经济效果。

表3-3-21 7903耐油密封润滑脂
主要技术指标

项 目	质 量 指 标
外观	粘稠均匀油膏
锥入度 (1/16mm)	55~70
滴点($^{\circ}\text{C}$)	250
耐煤油性	
析蜡度 (%)	不大于 20
抗水和抗水-乙醇 (1:1) 溶液性	脂团不解体 溶液允许轻浑浊

(6) 防泄漏密封润滑脂 7903 耐油密封脂 (SH0011—90) 是由无机稠化剂稠化合成油制得的一种塑性润滑脂, 具有耐多种介质的能力, 兼有密封和润滑作用。适用于各种油箱、阀门、管线的静密封和低速旋转部件的动密封。已广泛使用在石油、冶金、化工、交通等部门的齿轮箱、阀门的静密封和低速动密封。其使用温度为 $-20 \sim +150^{\circ}\text{C}$, 技术指标见表 3-3-21。

合成润滑油脂具有许多的优良性能, 它解决了矿物油脂所不能解决的润滑问题。因而广泛应用于工业的各个部门。各类合成润滑油脂又各具特点, 就需要加强应用研究, 根据使用要求, 选择适用的

润滑剂, 才能充分地发挥其优良性能, 获得较好的经济效果。

表 3-3-21 7903 耐油密封润滑脂
主要技术指标

项 目	质 量 指 标
外观	粘稠均匀油膏
锥入度 (1/16mm)	55~70
滴点 ($^{\circ}\text{C}$)	250
耐煤油性	
析蜡度 (%)	不大于 20
抗水和抗水-乙醇 (1:1) 溶液性	脂团不解体 溶液允许轻浑浊

(6) 防泄漏密封润滑脂 7903 耐油密封脂 (SH0011—90) 是由无机稠化剂稠化合成油制得的一种塑性润滑脂, 具有耐多种介质的能力, 兼有密封和润滑作用。适用于各种油箱、阀门、管线的静密封和低速旋转部件的动密封。已广泛使用在石油、冶金、化工、交通等部门的齿轮箱、阀门的静密封和低速动密封。其使用温度为 $-20 \sim +150^{\circ}\text{C}$, 技术指标见表 3-3-21。

合成润滑油脂具有许多的优良性能, 它解决了矿物油脂所不能解决的润滑问题。因而广泛应用于工业的各个部门。各类合成润滑油脂又各具特点, 就需要加强应用研究, 根据使用要求, 选择适用的

润滑剂, 才能充分地发挥其优良性能, 获得较好的经济效果。

表 3-3-21 7903 耐油密封润滑脂
主要技术指标

项 目	质 量 指 标
外观	粘稠均匀油膏
锥入度 (1/16mm)	55~70
滴点 ($^{\circ}\text{C}$)	250
耐煤油性	
析蜡度 (%)	不大于 20
抗水和抗水-乙醇 (1:1) 溶液性	脂团不解体 溶液允许轻浑浊

(6) 防泄漏密封润滑脂 7903 耐油密封脂 (SH0011—90) 是由无机稠化剂稠化合成油制得的一种塑性润滑脂, 具有耐多种介质的能力, 兼有密封和润滑作用。适用于各种油箱、阀门、管线的静密封和低速旋转部件的动密封。已广泛使用在石油、冶金、化工、交通等部门的齿轮箱、阀门的静密封和低速动密封。其使用温度为 $-20 \sim +150^{\circ}\text{C}$, 技术指标见表 3-3-21。

合成润滑油脂具有许多的优良性能, 它解决了矿物油脂所不能解决的润滑问题。因而广泛应用于工业的各个部门。各类合成润滑油脂又各具特点, 就需要加强应用研究, 根据使用要求, 选择适用的

润滑剂, 才能充分地发挥其优良性能, 获得较好的经济效果。

表 3-3-21 7903 耐油密封润滑脂
主要技术指标

项 目	质 量 指 标
外观	粘稠均匀油膏
锥入度 (1/16mm)	55~70
滴点 ($^{\circ}\text{C}$)	250
耐煤油性	
析蜡度 (%)	不大于 20
抗水和抗水-乙醇 (1:1) 溶液性	脂团不解体 溶液允许轻浑浊

(6) 防泄漏密封润滑脂 7903 耐油密封脂 (SH0011—90) 是由无机稠化剂稠化合成油制得的一种塑性润滑脂, 具有耐多种介质的能力, 兼有密封和润滑作用。适用于各种油箱、阀门、管线的静密封和低速旋转部件的动密封。已广泛使用在石油、冶金、化工、交通等部门的齿轮箱、阀门的静密封和低速动密封。其使用温度为 $-20 \sim +150^{\circ}\text{C}$, 技术指标见表 3-3-21。

合成润滑油脂具有许多的优良性能, 它解决了矿物油脂所不能解决的润滑问题。因而广泛应用于工业的各个部门。各类合成润滑油脂又各具特点, 就需要加强应用研究, 根据使用要求, 选择适用的

润滑剂, 才能充分地发挥其优良性能, 获得较好的经济效果。

表 3-3-21 7903 耐油密封润滑脂
主要技术指标

项 目	质 量 指 标
外观	粘稠均匀油膏
锥入度 (1/16mm)	55~70
滴点 ($^{\circ}\text{C}$)	250
耐煤油性	
析蜡度 (%)	不大于 20
抗水和抗水-乙醇 (1:1) 溶液性	脂团不解体 溶液允许轻浑浊