

润滑油脂基础知识

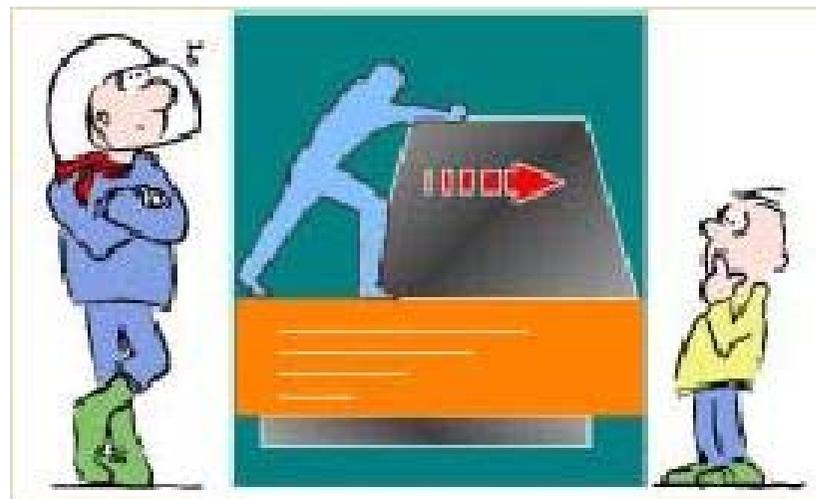
内 容

- 摩擦学基础知识
- 矿物油介绍
- 合成油介绍
- 润滑油指标分析
- 润滑脂指标分析

什么是摩擦

- 简单的说摩擦就是阻碍运动的现象
- 发生在两个或两个以上的接触面上
- 可分为

- 液体摩擦
- 固体摩擦
 - 静摩擦
 - 动摩擦
 - 滚动摩擦



磨损的类型

粘结

- 摩擦产生的热量使接触面熔合、焊接

研磨

- 接触面之间有固体颗粒（磨粒）存在

腐蚀

- 同环境物质发生反应，然后脱落

疲劳

- 滚动接触时表面疲劳

气蚀

- 气泡的迅速形成和破裂造成压力的急剧变化，冲击金属表面

润 滑

润滑

- 减少或避免两个接触表面的摩擦和磨损
- 可以有各种形式
 - 固体（如石墨、二硫化钼）
 - 液体（主要为石油制品），可分为
 - 流体动压润滑
 - 混合润滑
 - 边界润滑
 - 弹性动压润滑

摩擦与润滑相互关系

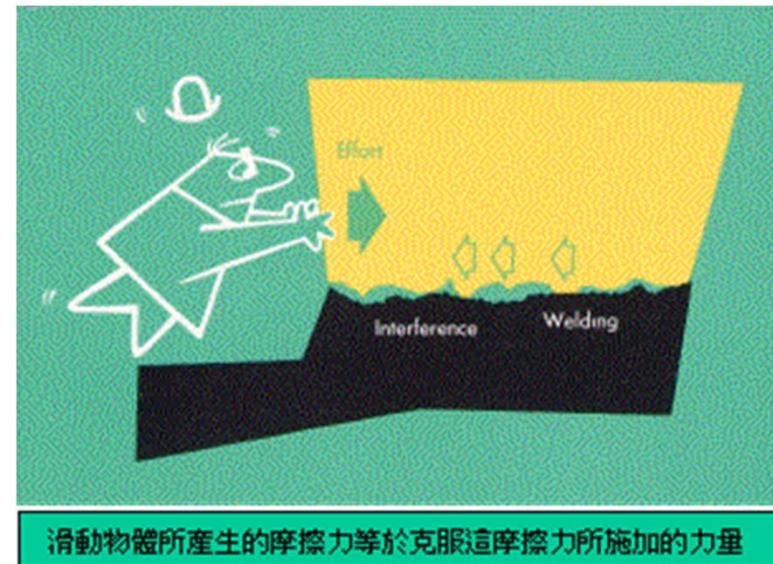
摩擦 → 能量损失

- 世界能源 $1/3 \sim 1/2$

摩擦 → 磨损

- 流体的内摩擦例外

润滑 → 降低摩擦、减少磨损



能耗/油耗比较

| | 中国 | 美国 | 日本 | 英国 | 德国 | 法国 |
|-----------------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| 单位产值耗能(油)量 (吨/千美元) | 1.431 | 0.427 | 0.257 | 0.4 | 0.392 | 0.373 |
| 单位产值耗润滑油量 (公斤/千美元) | 5.8 | 2.58 | 1.53 | 1.51 | 1.64 | 2.23 |
| 单位产值耗电量 (度/千美元) | 1395 | 650 | 503 | 586 | 633 | 687 |

润滑剂的种类

固体润滑剂

- 石墨

- 二硫化钼

气体润滑剂

- 空气

- 油雾

半固体润滑剂

- 润滑脂

液体润滑剂

- 矿物油

- 合成油

- 动植物油

润滑油脂类型

■ 润滑油的类型一般

按照应用来分

■ 根据相应的国际标

准，润滑油为L组，

润滑油按照应用分

为19类]

■ 表示：如抗磨液压

油为 L-HM46。

A 全损耗系统

B 脱模

C 齿轮

D 压缩机 (包括冷冻机和真空泵)

E 内燃机

F 主轴、轴承和离合器

G 导轨

H 液压系统

M 金属加工

N 电器绝缘

P 风动工具

Q 热传导

R 暂时保护防腐蚀

T 汽轮机

U 热处理

X 用润滑脂的场合

Y 其他应用场合

Z 蒸汽气缸

润滑油的粘度分类

- 对每类润滑油，规定油的粘度及质量级别，可唯一确定一个润滑油
- 不同的粘度分类——为特殊用途的润滑油
- 粘度分类有四种：
 - 工业油：ISO — 工业油粘度分类
 - 车辆齿轮油：SAE — 车辆齿轮油粘度分类
 - 内燃机油：SAE — 内燃机油粘度分类
 - 润滑脂：NLGI — 润滑脂稠度分类

**工业油粘度分类：
按油品的40℃
运动粘度进行分类**

| 粘度等级 | 粘度中间值 | 运动粘度40℃/厘斯 | |
|------------|--------|------------|------|
| | 40℃/厘斯 | 不低于 | 不高于 |
| ISO VG2 | 2.2 | 1.98 | 2.42 |
| ISO VG3 | 3.2 | 2.88 | 3.52 |
| ISO VG5 | 4.6 | 4.14 | 5.06 |
| ISO VG7 | 6.8 | 6.12 | 7.48 |
| ISO VG10 | 10 | 9.00 | 11.0 |
| ISO VG15 | 15 | 13.5 | 16.5 |
| ISO VG22 | 22 | 19.8 | 24.2 |
| ISO VG32 | 32 | 28.8 | 35.2 |
| ISO VG46 | 46 | 41.4 | 50.6 |
| ISO VG68 | 68 | 61.2 | 74.8 |
| ISO VG100 | 100 | 90.0 | 110 |
| ISO VG150 | 150 | 135 | 165 |
| ISO VG220 | 220 | 198 | 242 |
| ISO VG320 | 320 | 288 | 352 |
| ISO VG460 | 460 | 414 | 506 |
| ISO VG680 | 680 | 612 | 748 |
| ISO VG1000 | 1000 | 900 | 1100 |
| ISO VG1500 | 1500 | 1350 | 1650 |

SAE J300内燃机油粘度分类

| SAE 粘度级别 | 低温启动粘度/mPa. s | | 泵送临界温度/℃ 最大值60000mPa. s | 100℃运动粘度/mm ² . s ⁻¹ | | 高温高剪切粘度 mPa. s, 最小 |
|-------------|---------------|-----|----------------------------|--|------|-----------------------|
| | 最大值 | ℃ | | 最小 | 最大 | |
| 0W | 6200 | -35 | -40 | 3.8 | | |
| 5W | 6600 | -30 | -35 | 3.8 | | |
| 10W | 7000 | -25 | -30 | 4.1 | | |
| 15W | 7000 | -20 | -25 | 5.6 | | |
| 20W | 9500 | -15 | -20 | 5.6 | | |
| 25W | 13000 | -10 | -15 | 9.3 | | |
| 20 | | | | 5.6 | 9.3 | 2.6 |
| 30 | | | | 9.3 | 12.5 | 2.9 |
| 40 | | | | 12.5 | 16.3 | 2.9* |
| 40 | | | | 12.5 | 16.3 | 3.7** |
| 50 | | | | 16.3 | 21.9 | 3.7 |
| 60 | | | | 21.9 | 26.1 | 3.7 |

SAE J306车辆齿轮油粘度分类

| SAE 粘度级别 | 表观粘度达150000 cP 时的最高温度, °C | 100°C运动粘度, cSt | |
|-------------|------------------------------|----------------|--------|
| | | 最小 | 最大 |
| 70 W | - 55 | 4.1 | -- |
| 75 W | - 40 | 4.1 | -- |
| 80 W | - 26 | 7.0 | -- |
| 85 W | -12 | 11.0 | -- |
| 80 | | 7.0 | < 11.0 |
| 85 | | 11.0 | < 13.5 |
| 90 | | 13.5 | < 24.0 |
| 140 | | 24.0 | < 41.0 |
| 250 | | 41.0 | -- |

NLGI 润滑脂稠度分类

| 级数 | 工作锥入度 (于25℃操作60次后) | 1/4锥入度 | 性状 |
|-----|-----------------------|---------|---------|
| 000 | 445~475 | 112~120 | 半流体 |
| 00 | 400~430 | 100~108 | 半流体 |
| 0 | 355~385 | 88~96 | 非常软 |
| 1 | 310~340 | 76~84 | 软 |
| 2 | 265~295 | 64~72 | 中软 |
| 3 | 220~250 | 52~60 | 中硬 |
| 4 | 175~205 | 40~48 | 硬 |
| 5 | 130~160 | 28~36 | 非常硬 |
| 6 | 85~115 | 16~24 | 块状脂(砖头) |

质量分类

- 润滑油的质量评定比较复杂
- 一般采用和实际使用相似的设备来评定
 - 内燃机油采用标准的发动机来评定
 - 车辆齿轮油采用实际车辆的齿轮试验来评定
 - 液压油采用液压泵来评定
- 采用不同的方法、设备评定油品不同方面的性能
 - 抗磨损、寿命等

润滑脂质量分类 (GB/T7631.8-90)

| 代号 | 用途 | 使用要求 | | | | | | | | |
|----|-----------------|-----------|----------|-----------|----------|--|------|-----------------|------|-----|
| | | 操作温度范围 | | | | 水污染 | 代号字母 | 负荷 EP | 代号字母 | 稠度号 |
| | | 最低温度 ℃ | 字母代 号 | 最高温 度℃ | 代号字 母 | | | | | |
| X | 用润 滑脂的场 合 | 0 | A | 60 | A | 在水污 染的条 件下， 润滑脂 的润滑 性、抗 水性和 防锈性 | A | 低负荷 脂 极压脂 | A | 000 |
| | | -20 | B | 90 | B | | B | | B | 0 |
| | | -30 | C | 120 | C | | C | | 1 | |
| | | -40 | D | 140 | D | | D | | 2 | |
| | | <-40 | E | 160 | E | | E | | 3 | |
| | | | | 180 | F | | F | | 4 | |
| | | | | >180 | G | | G | | 5 | |
| | | | | | H | 6 | | | | |
| | | | | | I | | | | | |

润滑油脂的组成

■ 润滑油脂的组成

- 基础油
- 添加剂
- 稠化剂

■ 典型的润滑油组成

- 基础油：75%~99.5%
- 添加剂：25% ~ 0.5%

稠化剂的类型及基本性能

| 稠化剂类型 | 滴点℃ | 最高适用温度℃ | 抗水性 | 机械安定性 |
|---------|---------|---------|-----|-------|
| 钙皂 | 85~105 | 70~80 | 优 | 好 |
| 复合钙皂 | 260~300 | 120~150 | 优 | 优 |
| 钠皂 | 150~180 | 120~150 | 乳化 | 良 |
| 酸钠 | 260~300 | 150~175 | 优 | 优 |
| 铝皂 | 90~110 | 70~80 | 好 | 良~差 |
| 复合铝皂 | 240~270 | 110~135 | 好 | 好~优 |
| 羧基酸锂皂 | 175~200 | 120~140 | 良 | 优 |
| 复合锂皂 | 260~300 | 150~175 | 良 | 优 |
| 聚脲(芳基脲) | 240~260 | 150~175 | 优 | 良~优 |
| 活化膨润土 | >260 | 140~175 | 良 | 好~优 |
| 地蜡 | 60~80 | 50~160 | 优 | 差 |

基础油类型

矿物油

通过物理蒸馏方法从石油中提炼出的基础油称为矿物油，加工流程一般为溶剂精制、酮苯脱蜡、白土补充精制

加氢油

采用加氢化学反应处理润滑油原料的加氢工艺：加氢处理、加氢裂化、加氢异构化、加氢精制、催化脱蜡，其特点是改变基础油化学组成

合成油

合成型基础油来自乙烯、丙烯或化工原料经聚合、催化等化学反应得到的基础油。其特点是品质较好，抗劣化能力强

矿物油基础油

■ 从石油直接提炼而得

■ 组成复杂

■ 依产地、加工工艺而不同

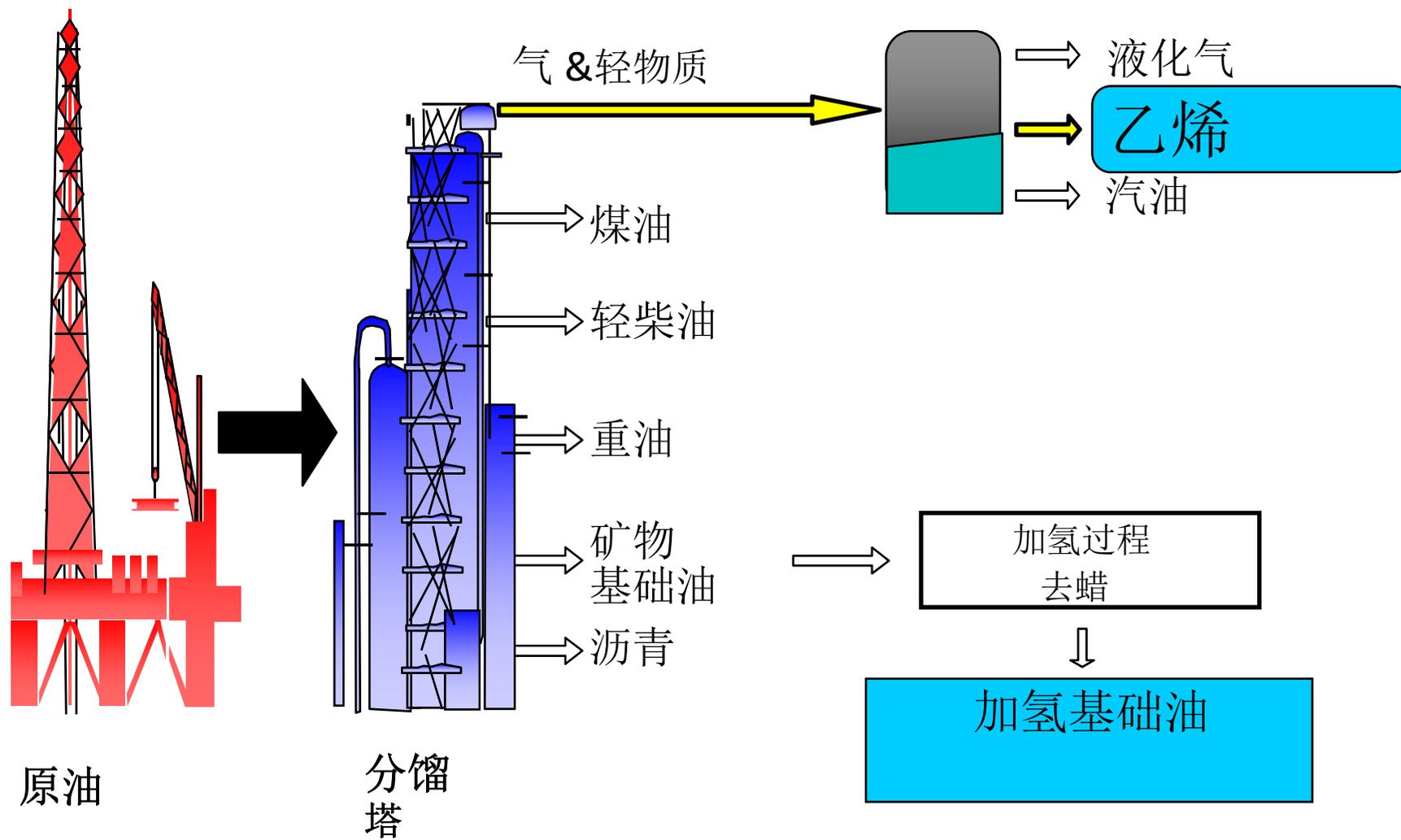
■ 按组成分类

- 石蜡基, $K=12.5\sim 12.9$, 典型: 大连(大庆)

- 中间基, $K=11.5\sim 12.5$, 典型: 兰炼(新疆)

- 环烷基, $K=10.5\sim 11.5$, 典型: 克炼

矿物基础油的生产（物理过程）



矿物油生产工艺

原油 → 常、减压蒸馏 → 减压馏分油、减压残渣油 → 精制 → 基础油

石蜡、中间基油

— 减压蒸馏 → 溶剂精制 → 溶剂脱蜡 → 加氢或白土补充精制

环烷基油

— 常减压蒸馏 → 加氢精制

— 常减压蒸馏 → 溶剂精制 → 加氢或白土补充精制

残渣油

— 先经过溶剂脱沥青(丙烷、戊烷、丁醇)

矿物油发展趋势

加氢处理、加氢裂化成为发展趋势

- >HVI油 (VI=115~125)
- >VHVI油 (VI=140~150)
- 性能可接近PAO
- 技术：MOBIL、CHEVRON、IFP、石科院.....
- 已建成：兰炼、大庆、克炼、荆门(20万吨)、上炼(30万吨)
- 计划中：茂名(40万吨).....未来5年内产能达180万吨
- 用途：高档汽油机油、汽轮机油.....
- 成本大约提高20%

矿物油牌号

🇨🇳 国际：API I、II、III

🇨🇳 中国

-石蜡基

- SN(中低粘度, 溶剂精制中性油), 如150SN
- BS(残渣高粘度, 光亮基础油), 如150BS

-中间基

- ZN(中低粘度, 中等粘度指数), 如150ZN
- ZNZ(残渣高粘度, 中等粘度指数重质), 如125ZNZ

-环烷基

- DN(中低粘度, 低粘度指数), 150DN
- DNZ(残渣高粘度, 低粘度指数重质), 如90DNZ

-锂料油, 典型: 大港

矿物油性能

优点

- 可以得到不同粘度级别
 - 从锭子油 → 过热汽缸油
- 润滑性优良
- 可用添加剂改善，如防腐蚀、粘温、极压.....
- 多数密封材料OK
- 多数油漆OK
- 廉价

矿物油性能(续)

❖ 缺点

❖ 低温性能差(加氢后有改善)

-V100℃=~10cSt, 倾点

- 老三套: -10 °C
- 加氢裂化: -15 °C

❖ 使用温度上限与粘度有关:

-中等粘度~ 120℃

-高粘度~ 160℃

矿物油性能(续)

❖ 缺点:

- $>140^{\circ}\text{C} \sim 160^{\circ}\text{C}$ (一次性损耗使用), 迅速氧化、老化, 严重积炭
- 粘温特性差, 即使加氢, 也赶不上大多数合成油

合成润滑油发展

🌸 上世纪20~40年代

🌸 德国、美国

🌸 德国

- 合成烃
- 综合性能研究
- 添加剂
- 酯类油

🌸 加氢油

合成基础油

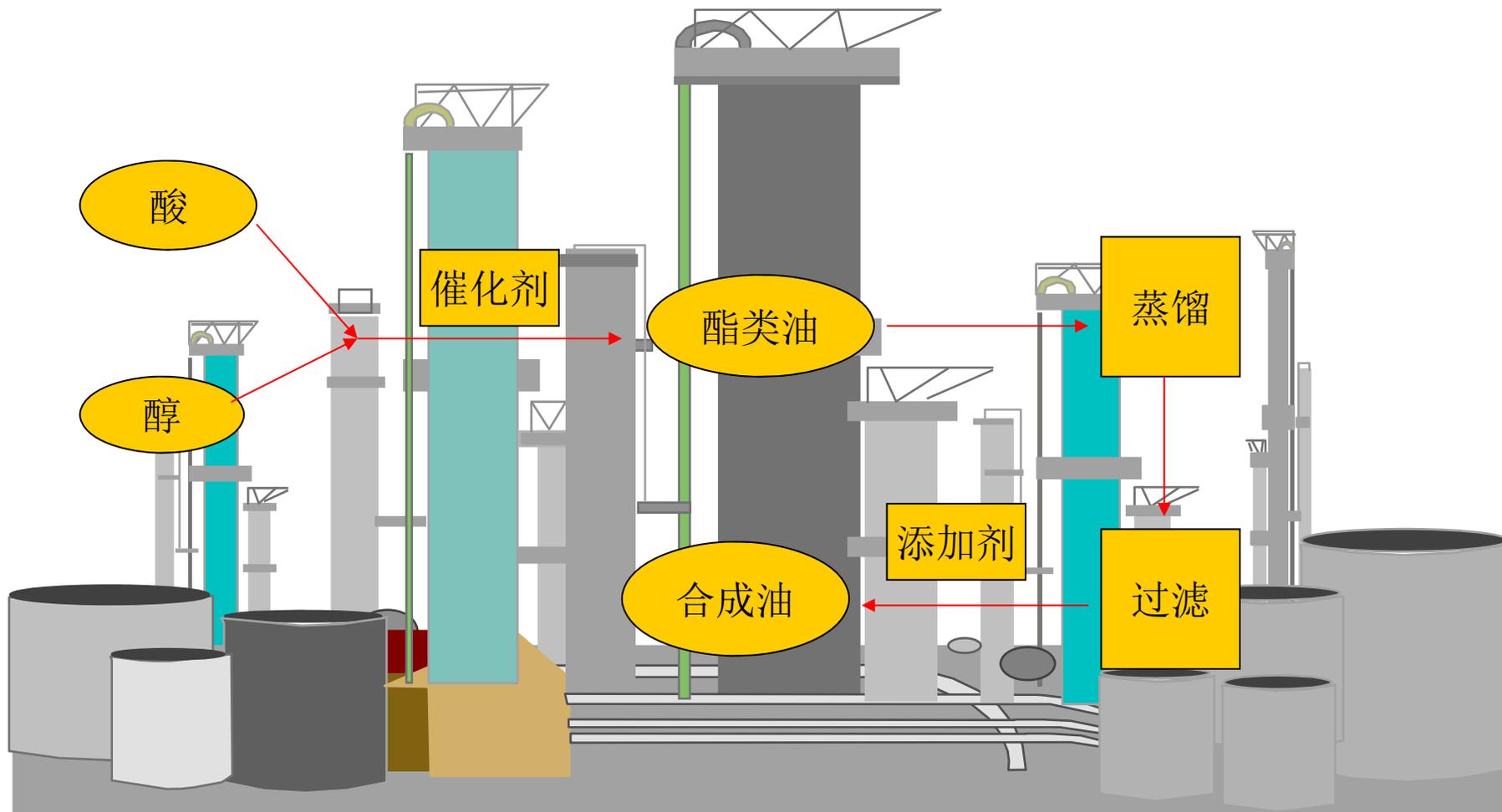
合成基础油的特点

- **高粘度指数**
 - 需要较少的粘度指数改进剂，沉淀少
 - 减少了活塞环的粘结和研磨现象，品质更稳定
- **不易挥发**
 - 耗油量低，排放少
 - 品质更稳定
- **低倾点**
 - 低温流动性好
 - 启动性能好，磨损低
- **氧化安定性好**
 - 油泥、沉淀少
 - 换油期长
- **成本较高、溶解性问题、密封材料相容性问题**

常用的合成油及其应用举例

- **酯类油**
 - Aviation Oils 航空、航天
- **聚醚**
 - Industrial Oils 工业油
- **烷基苯**
 - Refrigerant Oils 冷冻机油、绝缘油
- **聚 α -烯烃 (PAO)**
 - Engine Oils, Industrial Oils 发动机油、工业油
- **磷酸酯**
 - Industrial Fire Resistant Fluids 工业抗燃油
- **硅油**
 - Industrial Heat Transfer Oils 工业导热油

合成基础油的生产（化学反应）



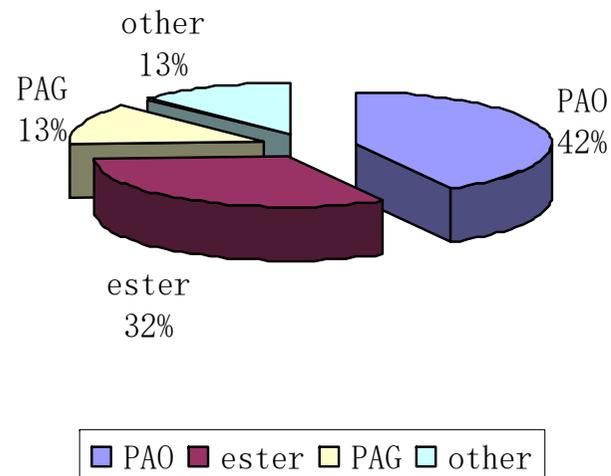
合成油的优点

- 高温承受能力 (300℃ ~ 1000 ℃)
- 抗氧化能力 (矿物油的3~9倍寿命)
- 低温流动性 (~-90 ℃)
- 防磨损能力

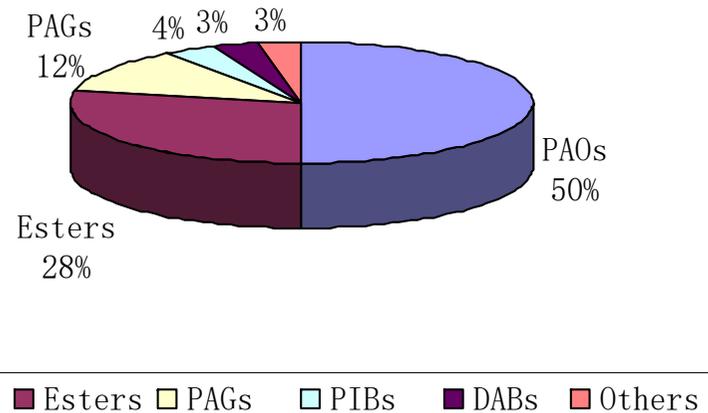
合成油构成

- 合成润滑剂前三位
 - PAO 42~50%
 - Ester 28~32%
 - PAG 12~13%
- 其它

2002年全球合成润滑油的需求(Uniqema公司)



2002年全球合成润滑油的需求量(Hatco公司)

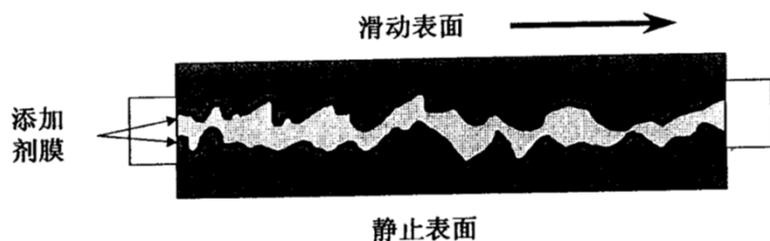


添加剂

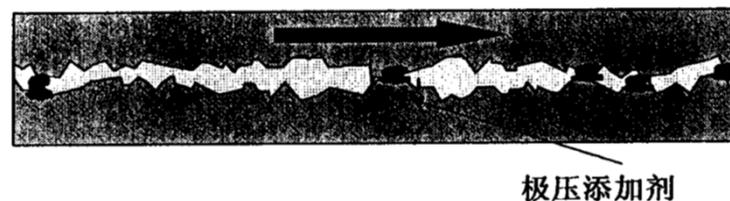
- ❖ 机械工业的发展，对润滑油的要求也愈来愈高
- ❖ 润滑油中加入各种添加剂来提高油品的质量，经济、比较有效
- ❖ 润滑油添加剂按作用可分为
 - 抗磨剂、清净剂、分散剂、抗氧剂、抗腐防锈剂、减摩剂、粘度指数改进剂、降凝剂、抗泡剂等类型

抗磨剂

- 目的：减少摩擦和磨损
- 典型化合物：含硫、磷、氯、铅等的化合物。如硫化烯烃、氯化石蜡、ZDDP、硼酸盐等，它们在摩擦表面形成吸附膜或反应膜，从而保护摩擦表面。



吸附膜

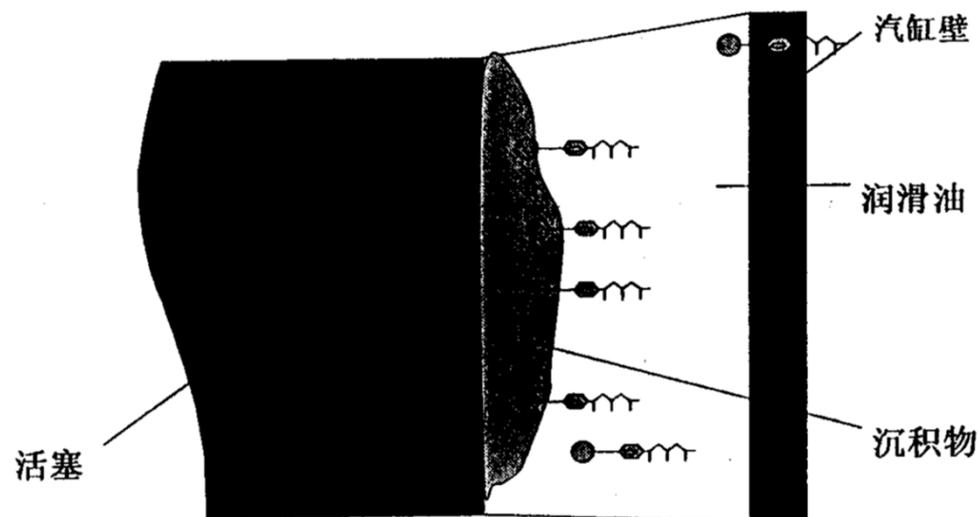
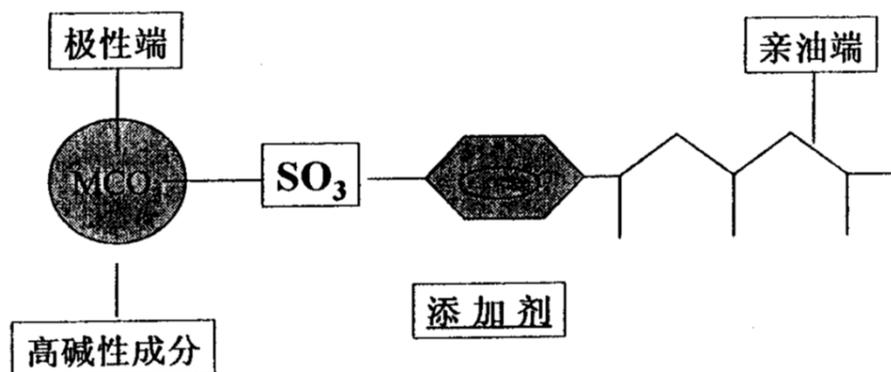


反应膜

清净剂

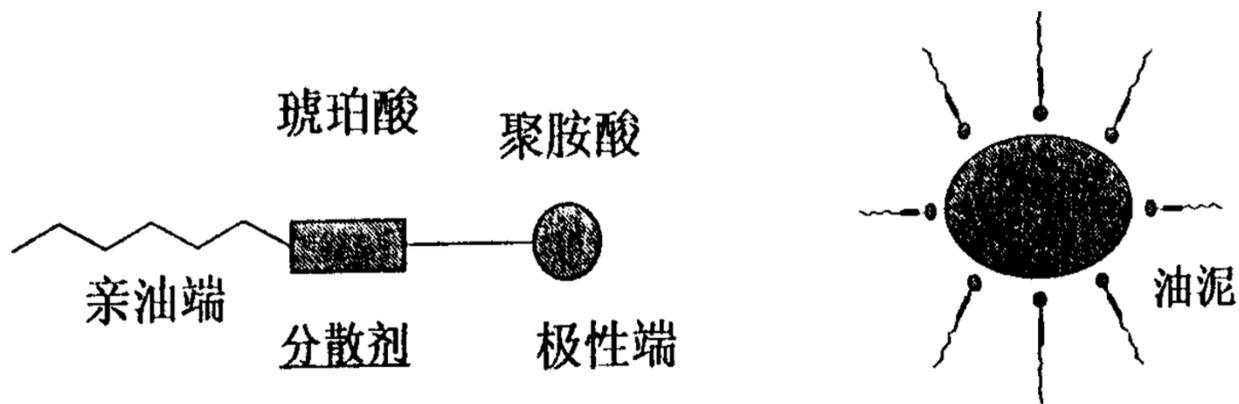
目的：保持摩擦表面清洁，中和润滑油劣化产生的酸性物质

典型化合物：磺酸盐、烷基酚盐、硫化聚异丁烯钡盐、烷基水杨酸盐等



分散剂

- 目的：使油中不溶物保持悬浮不沉积在油道或摩擦副中，防止进一步凝聚
- 典型化合物：具有长链的酯型化合物

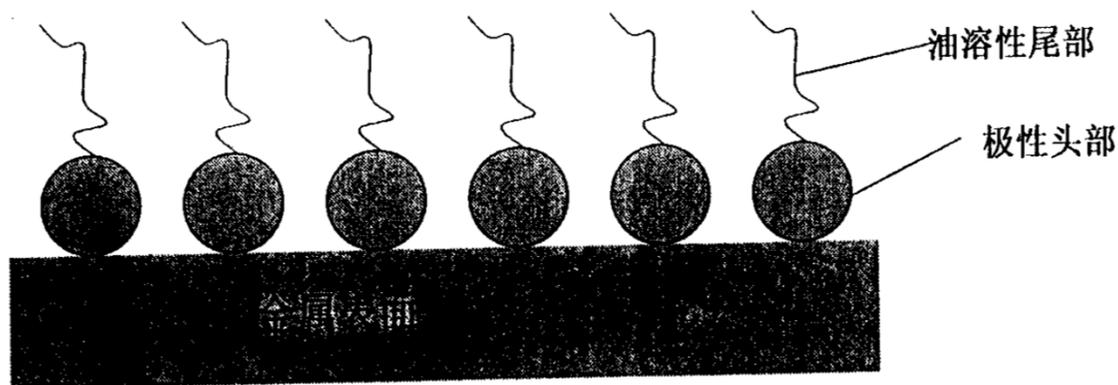


抗氧化剂

- 目的：防止润滑油的氧化
- 典型化合物：酚盐、ZDDP、胺盐、硫/磷化合物等，一般都是通过牺牲自己从而保护润滑油

抗腐防锈剂

- 目的：使有色金属免遭到腐蚀和防止黑色金属锈蚀
- 典型化合物：带有极性的油溶性化合物。一般通过吸附在金属表面从而起到保护作用

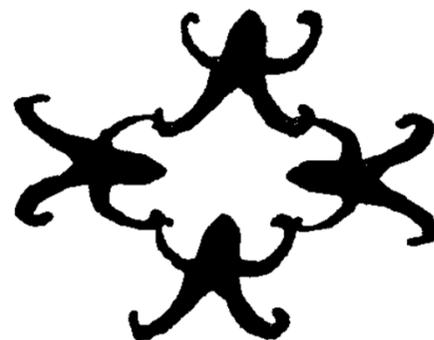


粘度指数改进剂

- 目的：改进润滑油的粘度-温度性能，获得所需的粘度特性
- 典型化合物：高分子化合物或聚合物，如PIB、OCP、HSD、PMA



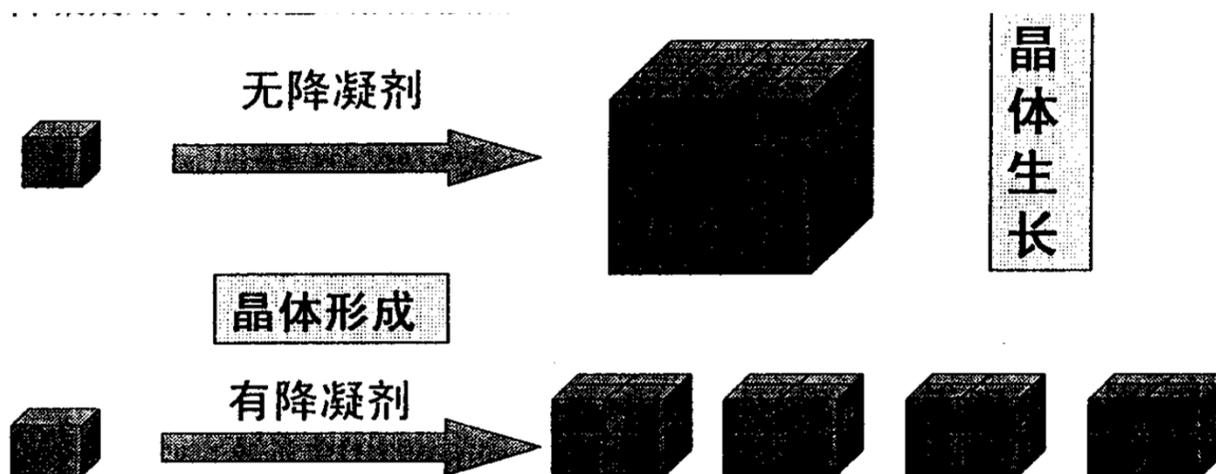
低温时蜷缩, 呈球状, 易于流动



高温时伸展, 相互缠绕, 阻止流动

降凝剂

- 目的：降低润滑油的凝点
- 典型化合物：一般是带有极性基团的高分子化合物如聚甲基丙烯酸酯、烷基萘等化合物



抗泡剂

- 目的：减少润滑油在使用中产生的泡沫或及时消除泡沫
- 典型化合物：一般为甲基硅油或聚丙烯酸酯类化合物
 - 改变油气界面张力的特殊添加剂
 - 促使油品表面气泡迅速破裂

润滑油配方

- ❖ 并不是简单地将添加剂加入油中就可以得到相应地产品
- ❖ 不同添加剂之间可能发生未知的作用
- ❖ 添加剂也不是越多越好，也有一个适当地量
- ❖ 润滑油质量的好坏不仅仅取决于添加剂的配方是否合适
- ❖ 基础油的性能对成品润滑油的性能至关重要

润滑油是如何配制成的



润滑油脂基本特性

- 每一类润滑油脂都有其一般理化性能，以表明该产品的内在质量
- 润滑油理化性能指标：外观、运动粘度、粘度指数、倾点、闪点、酸值、水分、硫酸盐灰分等
- 润滑脂理化性能指标：外观、锥入度、滴点等

润滑油脂指标分析

润滑油一般理化性能

- 1、粘度、粘度指数
- 2、闪点
- 3、倾点、凝固点
- 4、酸值、中和值
- 5、水分
- 6、机械杂质
- 7、残碳
- 8、灰分

1、粘度、粘度指数

- **运动粘度：**油品在重力作用下流动时内摩擦力的量度。
单位：cst
- **粘度指数：**反映油品的粘度随温度变化而变化的情况。
越高越好



粘度的意义

1. **划分油品牌号的依据：工业油： $V_{40^{\circ}\text{C}}$ ；车用油： $V_{100^{\circ}\text{C}}$ 。如HM68, CD40；**
2. **正确选油的关键依据：温度、转速、负荷**
3. **重要的换油的主要参数，一般情况超过20%建议换油或补充。**

2、闪点和燃点

- 闪点：在规定条件下，加热油品所逸出的蒸汽和空气组成的混合物与火焰接触发生瞬间闪火时的最低温度，以 $^{\circ}\text{C}$ 表示。分为闭口闪点和开口闪点。
- 闪点有开口和闭口之分，闭口闪点测试轻质润滑油，如变压器油、仪表油等，同一润滑油，闭口总比开口低 $20-30^{\circ}\text{C}$ 。
- 矿物油闪点在 230°C 左右，
- 但冲压油只有 70°C 左右；



闪点的意义

- 闪点是表示油品蒸发性的一项指标。油品的馏分越轻，蒸发性越大，其闪点也越低。反之。在粘度相同的情况下，闪点越高越好。因此，用户在选用润滑油时应根据使用温度和润滑油的工作条件进行选择。一般认为，闪点比使用温度高 $20\sim 30^{\circ}\text{C}$ ，即可安全使用。
- 闪点并不能完全反映一个油品的高温性。
- 是换油的主要指标，闪点降低显示油品被燃物所稀释，或是油品过高温而裂化。

3、倾点、凝固点

- **倾点：** 在规定条件下，被冷却的试样开始流动的最低温度，以℃表示。GB3535。
- **凝点：** 试样在规定条件下冷却至停止移动时的最高温度，以℃表示。GB510。
- **凝点和倾点都是油品低温流动性的指标，两者无原则的差别，只是测定方法稍有不同。同一油品的凝点和倾点并不完全相等，一般倾点都高于2~3℃，但也有例外。常见的合成油一般用凝点表示油品的低温流动性，而矿油更多是用倾点表示油品的低温流动性。**

倾点、凝固点的意义

- 凝点高的润滑油不能在低温下使用。相反，在气温较高的地区则没有必要使用凝点低的润滑油。因为润滑油的凝点越低，其生产成本越高，造成不必要的浪费。一般说来，润滑油的凝点应比使用环境的最低温度低 $5\sim 7^{\circ}\text{C}$ 。

4、酸值、中和值

- **酸值**：中和1g油品中酸性物质所需的氢氧化钾毫克数，以mgKOH/g油表示。酸值分强酸值和弱酸值两种，两者合并即为**总酸值**（简称TAN）。我们通常所说的“酸值”，实际上是指“**总酸值（TAN）**”。
- **中和值**：油品的酸值和碱值的习惯统称。除了另有注明，一般所说的“中和值”，实际上仅是指“**总酸值**”。
- **酸值（颜色指示剂法）**：
 - GB/T4945,
- **酸值（电位滴定法）**：
 - GB/T 7304, ASTM D664.



酸值、中和值的意义

- **总酸值 (TAN)** —油品的总酸值是表示油品中酸性物质的总量，而这些酸性物质对机械都有一定程度的腐蚀作用，特别是在有水的情况下；用过油品是量度因氧化而产生酸性物质的指标，是一项重要的换油指标。
- **总碱值 (TBN)** —总碱值增高，可能是被另一种含碱量高的油品污染所造成。总碱值降低，可能是因为高碱度添加剂的损耗，用于中和酸性的燃烧及氧化产物，或被渗入的水分冲走。

5、水分及其意义

- 水分是指100g润滑油中含水量的百分数，通常是重量百分数，小于0.03%为痕迹。
- 水分：GB/T260。
- 水分（卡尔费休法）：GB/T11133。
- 润滑油中水分的存在，会破坏润滑油形成的油膜，使润滑效果变差，加速有机酸对金属的腐蚀作用，锈蚀设备，使油品容易产生沉渣。总之，润滑油中水分越少越好。

6、机械杂质

- **机械杂质是指存在于润滑油中不溶于汽油、乙醇和苯等溶剂的沉淀物或胶状悬浮物。这些杂质大部分是砂石和铁屑之类，以及由添加剂带来的一些难溶于溶剂的有机金属盐。**
- **方法：GB511，通常，润滑油基础油的机械杂质都控制在0.005%以下（机杂在0.005%以下被认为是无），产品一般控制是0.01-0.02%。**

7、残碳

- 油品在规定的实验条件下，受热蒸发和燃烧后形成的焦黑色残留物称为残炭，以重量百分数%表示。
- 残炭是判断润滑油的性质和精制深度而规定的项目。润滑油基础油中，残炭的多少，不仅与其化学组成有关，而且也与油品的精制深度有关，润滑油中形成残炭的主要物质是：油中的胶质、沥青质及多环芳烃。这些物质在空气不足的条件下，受强热分解、缩合而形成残炭。油品的精制深度越深，其残炭值越小。一般讲，空白基础油的残炭值越小越好。
- 现在，许多油品都含有金属、硫、磷、氮元素的添加剂，它们的残炭值很高，因此含添加剂油的残炭已失去残炭测定的本来意义。

8、灰分

- 灰分：在规定条件下，油品被碳化后的残留物经煅烧所得的无机物，以重量百分数%表示。
- 灰分的组成一般认为是一些金属元素及其盐类。灰分对不同的油品具有不同的概念，对基础油或不加添加剂的油品来说，灰分可用于判断油品的精制深度。对于加有金属盐类添加剂的油品（新油），灰分就成为定量控制添加剂加入量的手段。国外采用硫酸灰分代替灰分。其方法是：在油样燃烧后灼烧灰化之前加入少量浓硫酸，使添加剂的金属元素转化为硫酸盐。

润滑油特殊理化性能

- 1、氧化安定性
- 2、液压油清洁度
- 3、腐蚀和锈蚀
- 4、抗泡性
- 5、水解安定性
- 6、抗乳化性
- 7、空气释放值
- 8、橡胶密封性

1、氧化安定性

- 氧化安定性说明润滑油的抗老化性能，一般工业润滑油都有此项指标要求。测定油品氧化安定性的方法很多，但氧化原理基本相同，都是一定量的油品在有空气（或氧气）及金属催化剂的存在下，在一定温度下氧化一定时间，然后测定油品的酸值、粘度变化及沉淀物的生成情况。
- 液压油和齿轮油方法：GB/T12581，测定1000小时后油品酸值和不溶物mg，SH/T0193，旋转氧弹法，测定抗氧时间，用min表示；齿轮油还有SH/T0123方法，121℃，312h后测定粘度的增长%和沉淀物ml；
- 其它工业油一般是SH/T0450方法，一定温度、时间、通气量后测定金属的腐蚀和粘度的增长%；

2、液压油清洁度

- 油品中含颗粒杂质的程度
- 国际上普遍采用的两种清洁度标准
 - NAS1638 (美国航空航天局标准)
 - ISO4406

NAS 1638清洁度分级

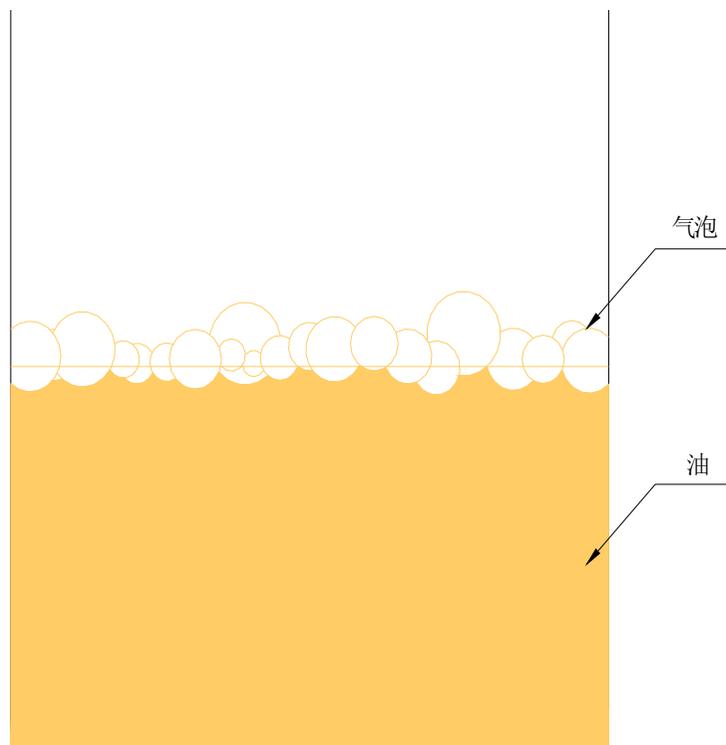
| 粒子直径 μ 级别 | 5~15 | 15~25 | 25~50 | 50~100 | >100 |
|------------------|-------|-------|-------|--------|------|
| 5 级 | 8000 | 1425 | 253 | 45 | 8 |
| 6 级 | 16000 | 2850 | 506 | 90 | 16 |
| 7 级 | 32000 | 5700 | 1012 | 180 | 32 |
| 8 级 | 64000 | 11400 | 2025 | 360 | 64 |
| 9 级 | 12800 | 22800 | 4050 | 720 | 128 |

3、腐蚀和锈蚀

- 油品应该具有抗金属腐蚀和防锈蚀作用，在工业润滑油标准中，这两个项目通常都是必测项目。
- 铜片腐蚀GB/T5096：将紫铜条放入油中，在100℃下放置3小时，然后与标准色版比较观察铜片颜色的变化；用1a、1b、2a、2b、2c……等表示，越往后腐蚀越严重。
- 液相锈蚀GB/T11143：在水和水汽作用下，钢表面会产生锈蚀，将30ml蒸馏水或人工海水加入到300ml试油中，再将钢棒放置其内，在60℃下搅拌24小时，然后观察钢棒有无锈蚀，用通过和不通过表示。

4、抗泡性

- 润滑油在运转过程中，由于有空气存在，常会产生泡沫，尤其是当油品中含有具有表面活性的添加剂时，则更容易产生泡沫，而且泡沫还不易消失。润滑油使用中产生泡沫会使油膜破坏，使摩擦面发生烧结或增加磨损，并促进润滑油氧化变质，还会使润滑系统气阻，影响润滑油循环。因此抗泡性是润滑油等的重要质量指标。
- 主要用于循环油，如液压油、压缩机油等，用泡沫倾向性 (ml) 和稳定性 (ml) 表示。
- 测定方法：GB12579。



5、水解安定性

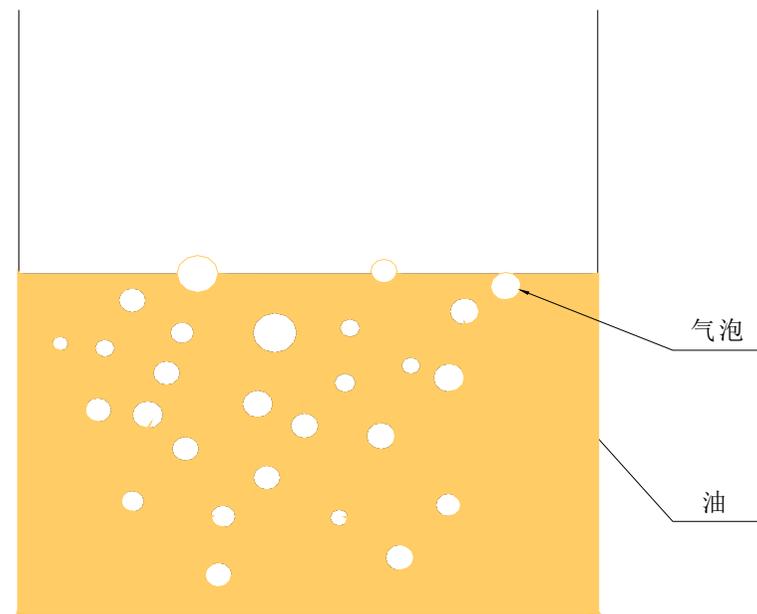
- 水解安定性表征油品在水和金属铜作用下的稳定性，当油品酸值较高，或含有遇水易分解成酸性物质的添加剂时，常会使此项指标不合格。适用于优等品抗磨液压油；
- 测定方法：SH/T0301，将试油加入一定量的水之后，在铜片和一定温度下混合搅动一定时间，然后测水层酸值和铜片外观和失重。

6、抗乳化性

- 工业润滑油在使用中常常不可避免地要混入一些冷却水，如果润滑油的抗乳化性不好，它将与混入的水形成乳化液，使水不易从循环油箱的底部放出，从而可能造成润滑不良。因此抗乳化性是工业润滑油的一项很重要的理化性能，特别对于于水长期接触的油品，如汽柜密封油，油膜轴承油等。
- GB7305小乳化：将40ml试油与40ml蒸馏水在一定温度（根据油的粘度为54℃、82℃）下剧烈搅拌一定时间，然后观察油层—水层—乳化层分离成40—37—3ml的时间；
- GB8022大乳化：适用于工业齿轮油，将试油450ml与水50ml混合，在一定温度和6000转/分下搅拌5分钟，放置5小时，再测油、水、乳化层的毫升数。

7、空气释放值

- 液压油的重要指标，液压系统中，如果溶于油品中的空气不能及时释放出来，那么它将影响液压传递的精确性和灵敏性，严重时就不能满足液压系统的使用要求。
- 测定方法：SH/T0308，测定溶于油品内部的空气（雾沫）释放出来的时间。用min表示，不同粘度的液压油要求不一致。

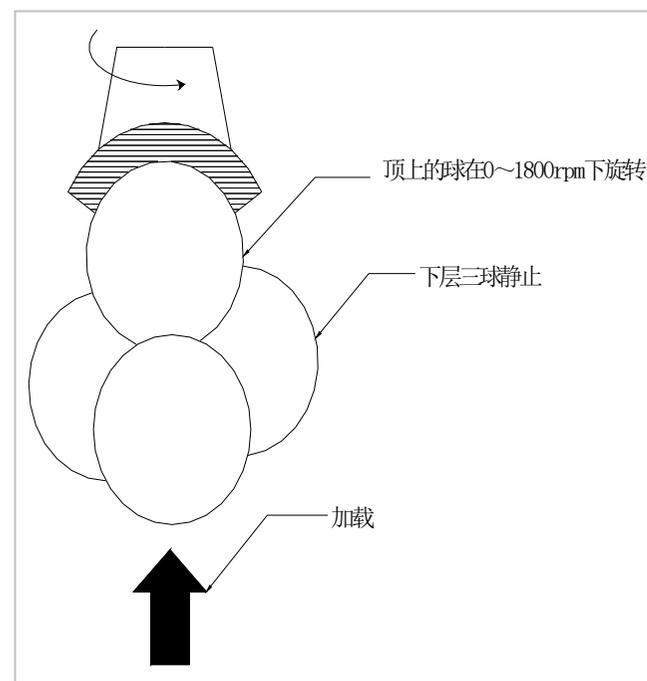


8、橡胶密封性

- 在液压系统中以橡胶做密封件者居多，在机械中的油品不可避免地要与一些密封件接触，橡胶密封性不好的油品可使橡胶溶胀、收缩、硬化、龟裂，影响其密封性，因此要求油品与橡胶有较好的适应性。液压油标准中要求橡胶密封性指数，它是以一种尺寸的橡胶圈浸油一定时间后的变化来衡量。
- 方法SH/T0305：橡胶密封性指数(sci)，在规定的试验条件下，由一个标准的丁腈胶环在试样中的直径膨胀换算得到的体积膨胀百分比；

承载能力

- 润滑剂的承载能力包括最大无卡咬负荷 P_b (又称PK点)，代表油膜厚度，烧结负荷 P_d ，综合磨损值ZMZ (又称综合磨损指数，负荷-磨损指数)，一般用四球法测定；
- 四球法：以一个转动球压住三个固定球浸在试样中运转为其特征的四球试验机测定润滑剂极压和磨损性能的试验方法。
- 最大无卡咬负荷 P_b ：用四球法测定润滑剂极压性能时，在规定条件下，不发生卡咬的最高负荷，以牛顿 (或公斤) 表示。
- 烧结负荷 P_d ：发生烧结的最低负荷；



小结

- 由于各类油品的特性不一，使用部位又千差万别，因此必须根据每一类油品的实际情况，制定出反映油品内在质量水平的规格标准，使生产的每一类油品都符合所要求的质量指标，这样才能满足设备实际使用要求。

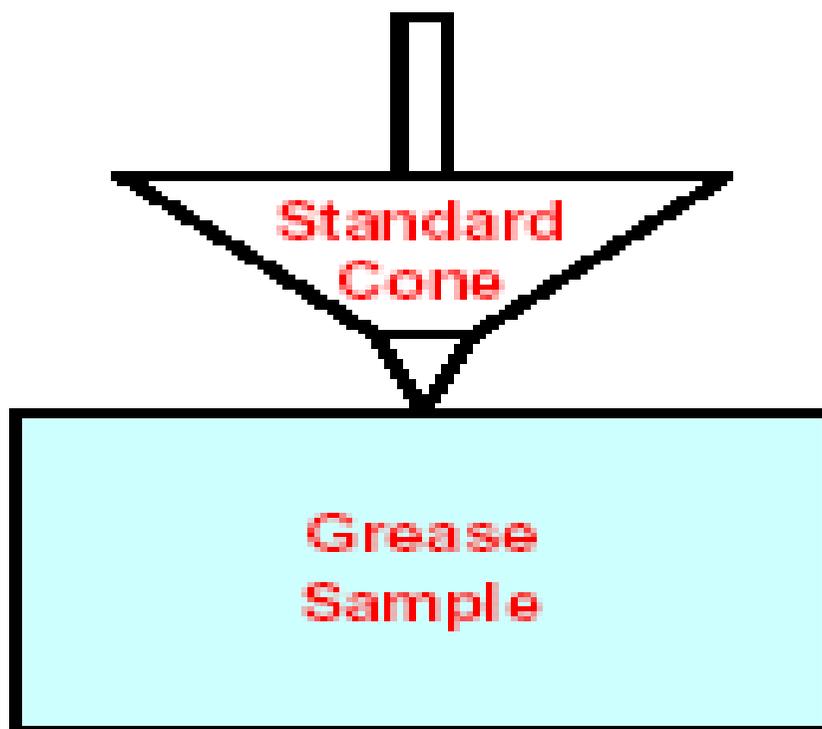
润滑脂的技术指标

1. 锥入度
2. 滴点
3. 低温相似粘度和低温转矩
4. 压力分油和高温钢网分油
5. 润滑脂延长工作锥入度
6. 承载能力
7. 润滑脂氧化安定性试验
8. 润滑脂的防腐蚀试验
9. 润滑脂的防锈试验

其它还有：润滑脂蒸发试验、润滑脂抗水淋试验、润滑脂高温轴承寿命试验等。

1. 润滑脂的锥入度

在规定重量、时间和温度的条件下，标准锥体利用自重刺入润滑脂样品的深度，单位为0.1mm；锥入度反映润滑脂的软硬程度，是设备润滑选择润滑脂的重要指标之一；



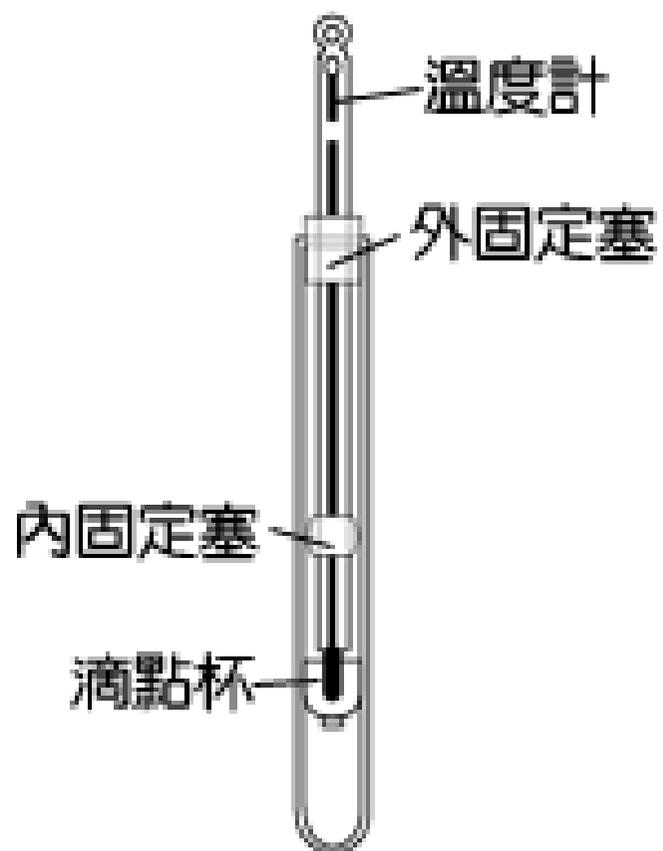
| NLGI级别 | 标准工作锥入度 | 1/4工作锥入度 |
|--------|---------|----------|
| 000 | 445~475 | 112~120 |
| 00 | 400~430 | 100~108 |
| 0 | 355~385 | 88~96 |
| 1 | 310~340 | 76~84 |
| 2 | 265~295 | 64~72 |
| 3 | 220~250 | 52~60 |
| 4 | 175~205 | 40~48 |
| 5 | 130~160 | 28~36 |
| 6 | 85~115 | 16~24 |

2. 润滑脂的滴点

一般说来，滴点是指润滑脂从固态变成液态的温度点，单位 $^{\circ}\text{C}$ ；是用以反映润滑脂高温使用性能的指标之一，但是滴点并不能单独决定润滑脂的使用温度，不同种类基础油的抗氧化能力的差异、稠化剂类型对基础油的氧化催化作用和抗氧化添加剂的选择也是润滑脂使用温度的决定因素。

用以测量润滑脂滴点的方法有：GB/T3498、GB/T4929和SH/T115（标准已经淘汰，但仍旧在一定范围内有使用）。

润滑脂的滴点



3. 润滑脂的低温相似粘度和低温转矩

低温相似粘度：

是润滑脂剪切应力和用泊肃叶方程计算的剪速之比，单位泊或者Pa·s（1泊=0.1 Pa·s）；用以反映润滑脂低温流动性能，是选择低温润滑脂要参考的重要指标；相同温度下，粘度数值越小则低温性越好，SH/T0048。

低温转矩：

低温转矩是指低温条件下，装填润滑脂的标准开式204滚珠轴承在1rpm转速下转动时为阻滞轴承外环所需要的力矩，测量得到的力矩可以得到启动力矩和转动力矩两种。单位g·cm；用以反应润滑脂低温状态下的工作能力。同理，力矩越小，润滑脂的低温性能越佳。

润滑脂的低温相似粘度和低温转矩



滚珠轴承低温转矩试验

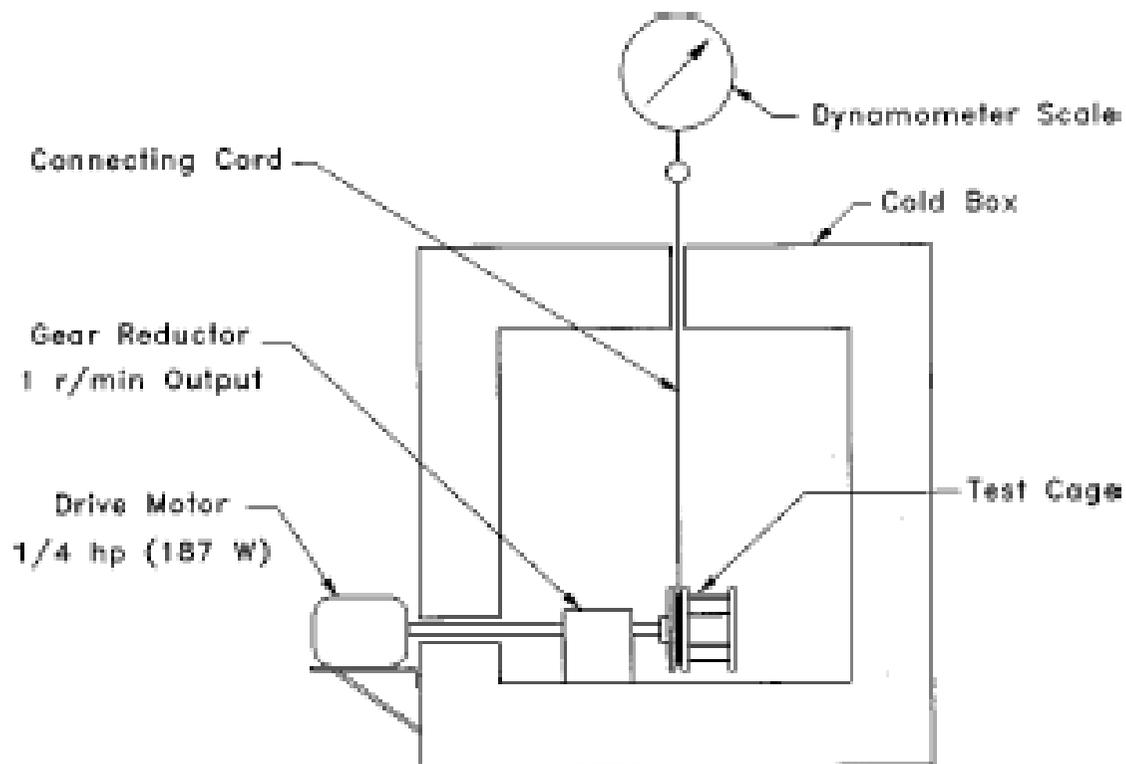


FIG. 1 Torque Test Apparatus Assembly

4. 润滑脂的常温压力分油和高温钢网分油

压力分油：常温下润滑脂在一定压力和时间析出基础油量的多少，单位w/w%；用以反映润滑脂常温条件下的胶体安定性能，GB/T392。

高温钢网分油：在高温条件下，其自重将润滑脂中的基础油压出量的多少，单位w/w%；用以反映润滑脂高温条件下的胶体安定性能，SH/T0324。

有研究表明，润滑脂胶体安定性差，可以导致润滑脂在运转过程中分油流失，从而影响轴承的运转寿命。

5. 润滑脂延长工作锥入度

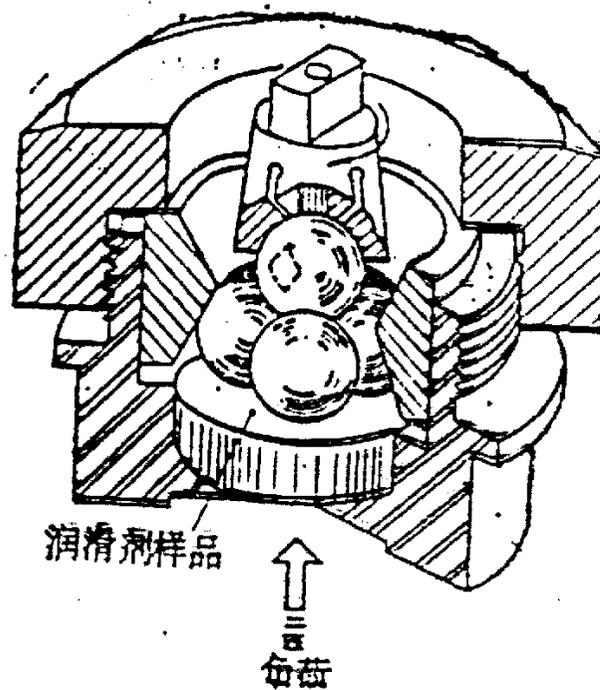
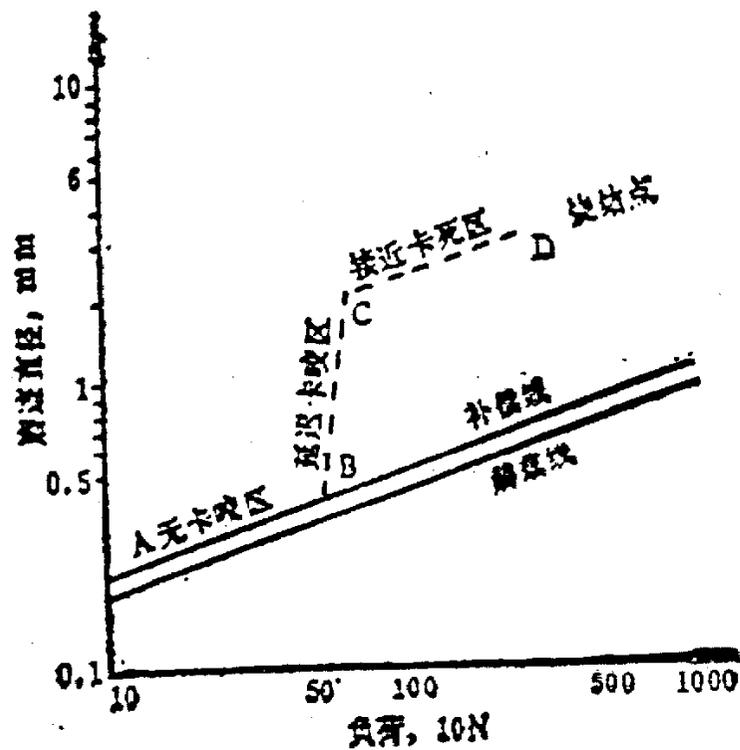
延长工作锥入度是指润滑脂在工作器中经过10万次剪切之后的锥入度测定值，单位0.1mm；一般情况下润滑脂经剪切会变稀。其与60次工作锥入度的差值反映润滑脂的剪切安定性，GB/T269。

有研究证明，剪切安定性差的润滑脂在高速长期运转轴承中的流失严重，会影响到润滑脂的使用寿命。

润滑脂延长工作锥入度



6. 润滑脂四球试验



润滑脂四球试验——续

四球试验原理：

将试验头下方的三个标准钢球固定作为承重部件，并将润滑脂填充在承重球固定杯内、上方的标准钢球通过传动装置施加负荷，在设定的温度、转速和负荷下进行运转，通过钢球的运转状态来确定润滑脂润滑、极压性能。

最大无卡咬负荷PB：在一定温度、转速下，钢球在润滑状态下不发生卡咬的最大负荷，此指标测量值越高，说明润滑脂润滑性能越好。

烧结负荷PD：在一定温度、转速下逐级增大负荷，当上方钢球和下方钢球因负荷过重而发生高温烧结，设备不得不停止运转的负荷即烧结负荷，烧结负荷越高，说明润滑脂的极压润滑性能越好。

磨迹d：在一定温度、转速、负荷和运转时间下，承重钢球表面因摩擦导致磨损斑痕直径的大小即磨迹，磨迹越小，说明润滑脂的抗磨损能力、润滑性越好。

GB/T3142 ， SH/T0189。

7. 润滑脂氧化安定性

润滑脂在贮存和使用过程中抵抗空气（氧气）的作用而保持其性质不发生永久性变化的能力，叫氧化安定性。润滑脂氧化的结果导致酸性物质的产生，对金属产生腐蚀。常用氧化实验方法有氧弹法，即SH/T0325。它是将一定量的润滑脂装入充有氧压的氧弹中，在99℃温度下经受氧化，在规定的时间内（一般为100小时）由相应的氧气压力降来确定润滑脂的氧化安定性。

SH/T0335，润滑脂化学安定性。

润滑脂氧化安定性



8. 润滑脂防腐蚀性能

腐蚀性试验是检查润滑脂对金属是否产生腐蚀的指标。脂的抗腐蚀性能对防护性润滑脂尤为重要。测定润滑脂腐蚀性能常用的方法有GB/T7326铜片腐蚀试验法，GB/T0331润滑脂腐蚀试验法（T3铜片、45#钢片）。它们都是将试验金属片插入润滑脂中，在规定的时间内、温度后取出金属片，观察金属片颜色的变化，并与标准色板比较，判断润滑脂的腐蚀级别或合格与否。

9. 润滑脂的防锈性能

防锈性能是用来评价润滑脂在有水或水蒸气的条件下对轴承的防护性。对于在潮湿环境中使用的润滑脂有重要的意义。常用的方法有GB/T5018轴承静态防锈试验：将润滑脂装入轴承，并将轴承置于52℃，相对湿度100%的烘箱中，48小时后观察轴承是否有腐蚀点，以判断润滑脂的防锈性能级别。近年来又引进国外常用的动态防锈试验即Emcor试验法：将轴承装脂后一半浸入蒸馏水或海水中，运转8小时，停16小时，连续7天后观察轴承的锈蚀情况，以确定润滑脂的防锈性能级别。这种方法比静态防锈试验条件更苛刻，用于评价对抗水、抗海水要求严格的润滑脂。

润滑脂其它评价方法

润滑脂蒸发试验：一定时间温度下，润滑脂蒸发损失量，用重量百分比表示，润滑脂蒸发是衡量润滑脂高温性能的重要参数，润滑脂在使用过程中因为蒸发变干，会导致润滑失效，直至设备损坏，GB/T7325，SH/T0337。

润滑脂抗水淋试验：在一定温度下，以一定的水流量直接冲刷装有润滑脂的运转中的轴承，考察一定时间后，润滑脂被冲掉的量，用重量百分比表示，抗水性能对钢厂许多工况条件下运行的设备都非常重要，SH/T0109。

润滑脂高温轴承寿命试验：通过直接测定在一定温度、转速和负荷下，装填测试润滑脂的标准轴承的实际运转寿命来评价润滑脂的性能，轴承寿命是润滑脂综合性能的体现。
SH/T0428