

# 润滑基础

“种子计划” 第一期

June 28, 2013

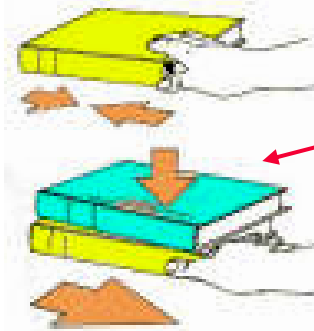
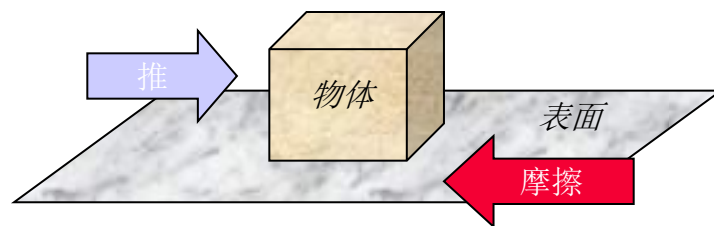


# 润滑原理

“润滑” 是任何可降低摩擦和磨损的措施

- 摩擦力

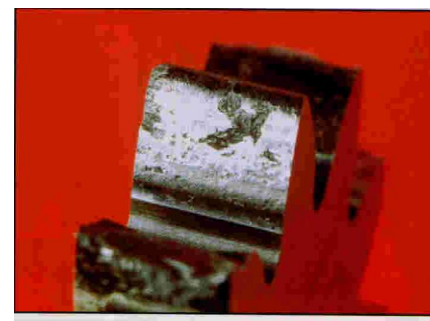
- 阻碍一个物体相对另一物体或另一表面滑动或滚动的力，摩擦力与运动方向相反。
- 摩擦力的大小与接触面积基本无关
- 摩擦力随加在两个表面间的压力的增加而增加



增加书的数量，  
摩擦增加，所需  
推力增加

- 磨损

- 是指物体表面材料的损耗或破坏



# 摩擦

- 摩擦也有好处，比如能使我们走路不打滑
- 但是，在很多日常应用中，摩擦和磨损不是我们想要的
- 摩擦使能量损耗，导致发热和磨损。磨损降低零部件寿命
- 所有摩擦的后果是使效率降低，零部件生产率下降

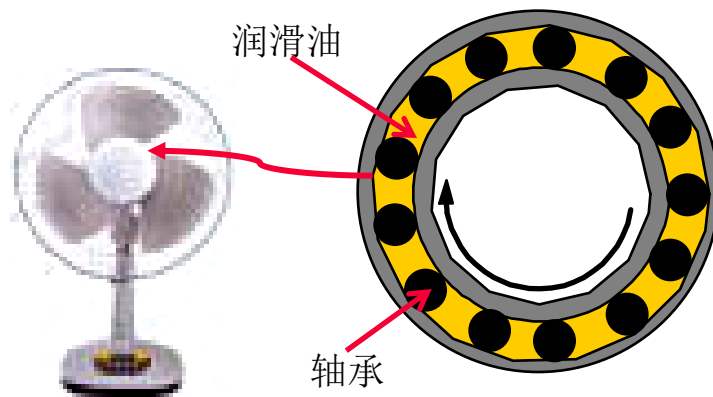


汽车刹车系统



登山

## 摩擦正面应用举例

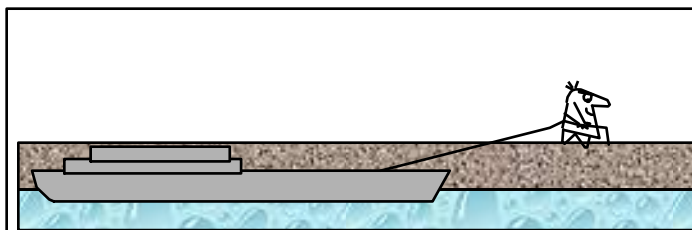
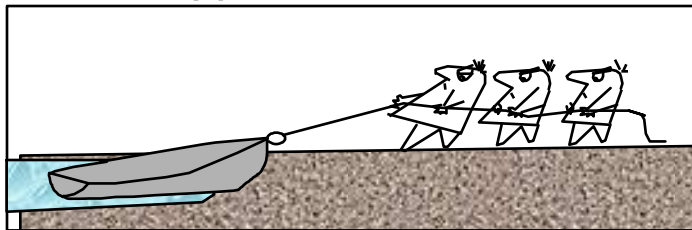


轴承和润滑油的应用降低了风扇旋转时的摩擦

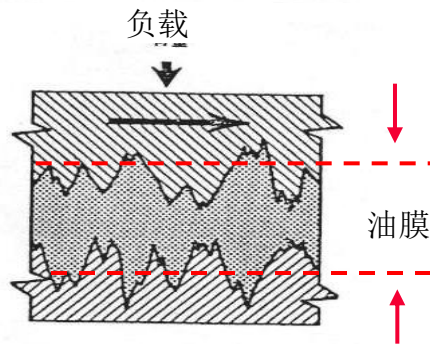
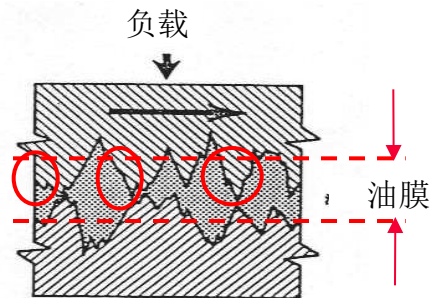
# 润滑油的作用

- 润滑基本概念

- 通过在互相运动的表面间引入足够厚的油膜来控制摩擦和磨损



与在岸边拉船比较，在水上拉船是多么容易啊



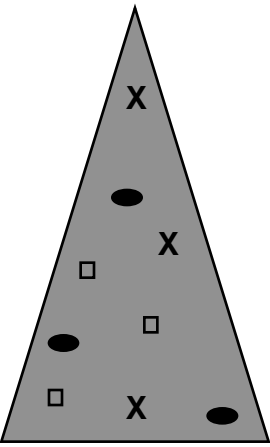
- 总的来讲，润滑油需要

- 分离移动表面
- 分散由摩擦产生的热量
- 降低磨损和防锈

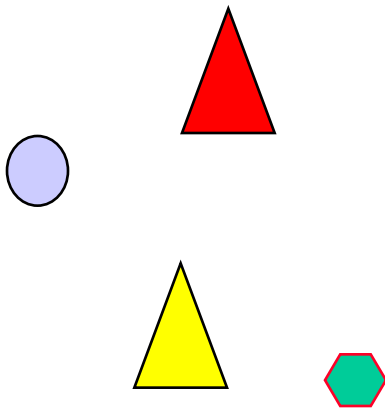
# 润滑

- 减小摩擦的膜可以是：
  - 气体
  - 液体（例如，油）
  - 固体（例如，石墨或二硫化钼）
- 石油产品适合作为润滑由于其对金属的亲油性
- 石油产品可以调配成不同的粘度，以适合特定的要求

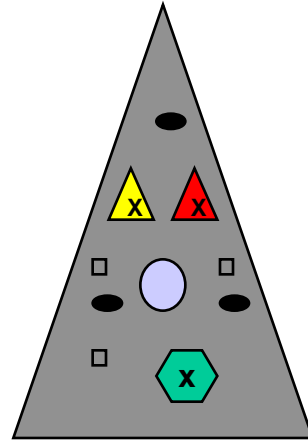
# 润滑油的组成



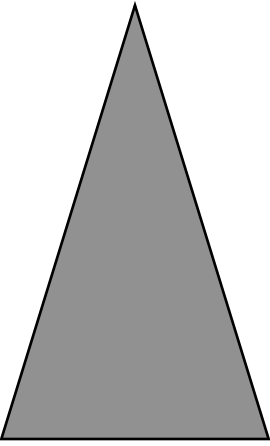
+



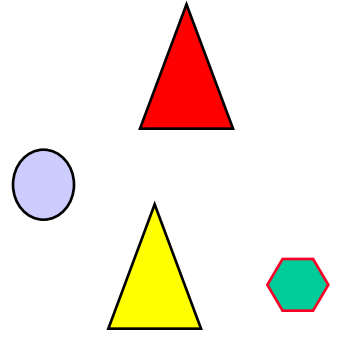
=



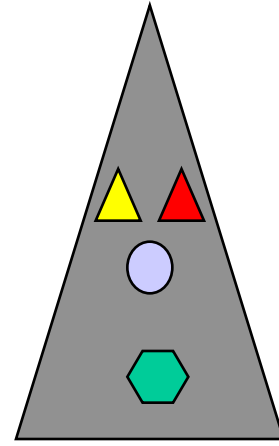
矿物油



+



=



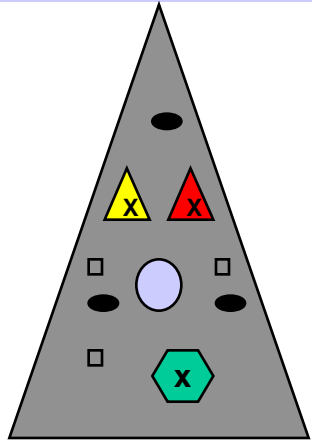
合成

基础油

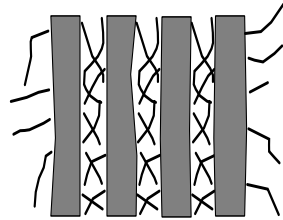
添加剂

润滑油产品

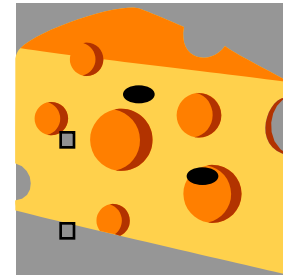
# 润滑脂的组成



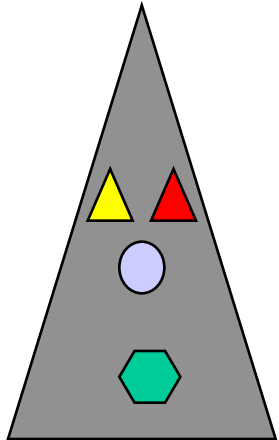
+



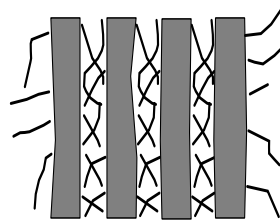
=



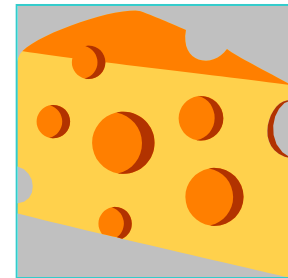
矿物



+



=



合成

90%的基础油和添加剂

10%的稠化剂

润滑脂

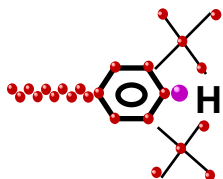
# 润滑油添加剂



**Zinc Dithiophosphate (ZDTP)**  
(抗磨 / 抗氧化剂)



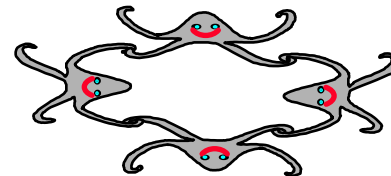
**Molybdenum Dithiophosphate**  
(抗磨 / 摩擦改良剂)



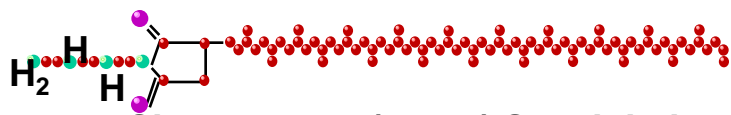
**Hindered Phenol**  
(抗氧化剂)



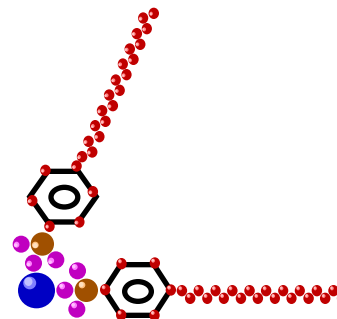
**Sulphurised Fatty Acids**  
(摩擦改良剂)



粘度指数改良剂



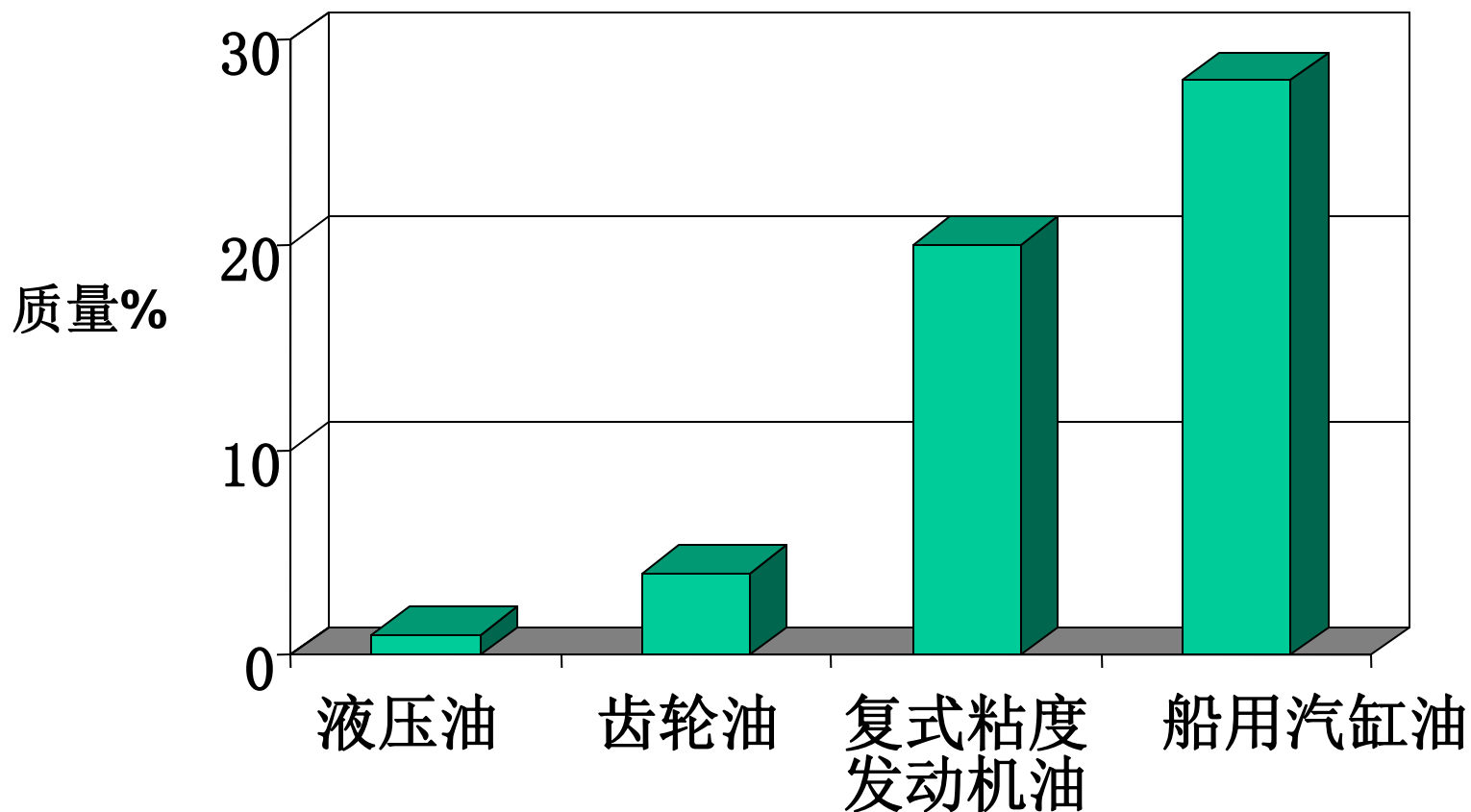
**Single ended (Mono) Succinimide**  
(分散剂)



**Calcium Sulphonate**  
(清洁剂)



# 润滑油中添加剂的含量



# 润滑油特性

- 润滑油需要具备一系列的特性以使设备得到良好润滑

- 润滑油的关键特性：

粘度

润滑性

氧化/热稳定性

抗磨

防锈

分水性

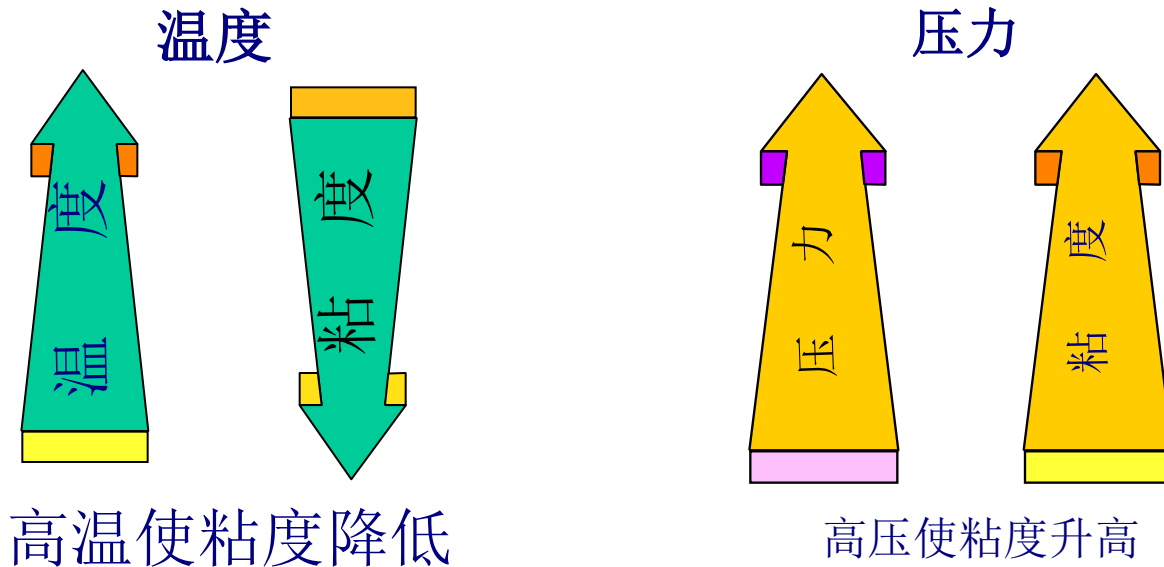
空气释放性

分散性

- 高品质润滑油必须具有平衡的特性
- 选择正确的满足或超越设备零部件和应用的要求的润滑油，是设备无忧运行的关键

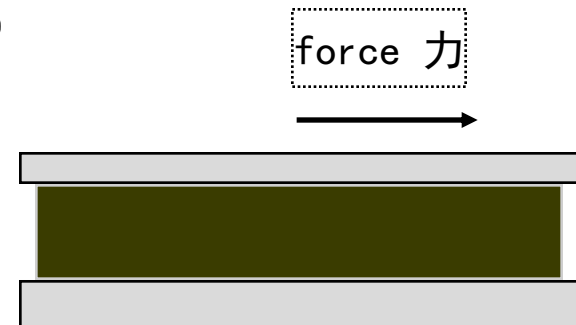
# 什么是粘度

- 粘度是对流体流动阻力的一种度量
  - 高粘度流体(如蜂蜜), 流动慢 稠
  - 低粘度流体(如水) 流动自由/快 稀
- 影响粘度的因素是温度和压力



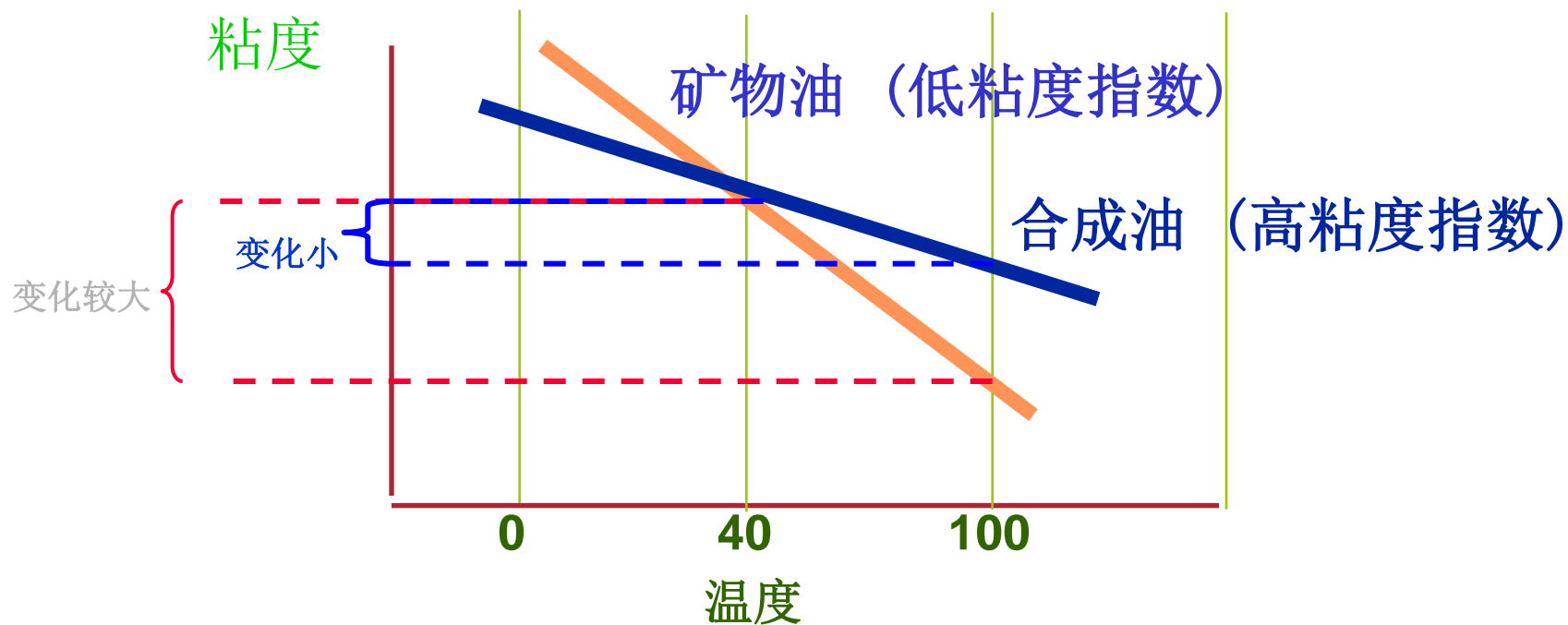
# 润滑油的主要物理指标

- 粘度的单位
  - 动力粘度
    - 厘泊
    - Pa. s = 帕斯卡. 秒
  - 运动粘度
    - 厘斯 = 厘泊 / (密度. 克 / 厘米<sup>3</sup>)
    - cSt (厘斯) = Centistoke



# 什么是粘度指数？

- 粘度指数是粘度随温度而变化的变化率
  - 高粘度指数 - 温度变化，粘度变化小
  - 低粘度指数 - 温度变化，粘度变化大



# 润滑油的主要物理指标

- 闪点

- 在规定的条件下，使润滑油油样品的蒸气闪火的最低温度

- 倾点

- 根据ASTM D 97方法降温，油品保持流动的最低温度。

# 什么是润滑性？

- 润滑性是指润滑油或润滑脂降低摩擦的性能
- 润滑油在运动部件间形成光滑的油膜来降低摩擦
- 润滑性可以通过添加剂来增强

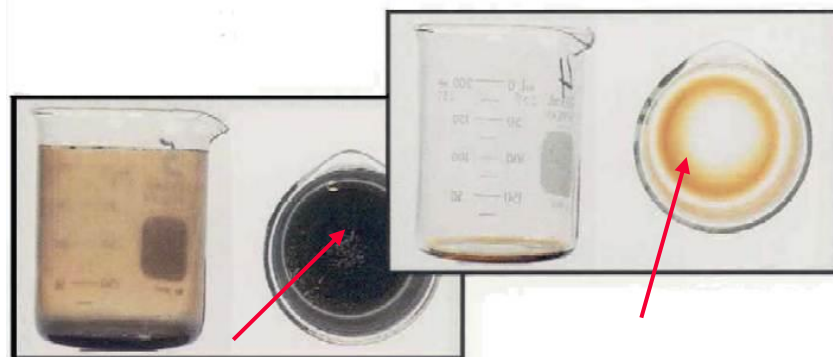


踩在香蕉皮上滑倒

# 什么是氧化及热稳定性

- 氧化稳定性是指油品在高温下及有氧存在的条件下抵抗氧化及油液增稠的能力
- 严重的氧化可导致油中含氧酸的形成，从而腐蚀运动的部件

- 这种氧化可使油品在运动部件上形成漆膜或油泥沉积



氧化稳定性低的油品在极度高温下形成漆膜和油泥

氧化稳定性良好的油品在极度高温下无漆膜和油泥

## 热稳定性

- 热稳定性是指油品长期暴露在高温下(无氧存在)时抵抗分解的能力
- 油品分解可导致油品变稠或变稀，酸值增加，形成油泥



# 抗磨添加剂

- 润滑油中的抗磨添加剂在部件表面形成一种膜，可降低摩擦和过度的磨损
- 这些膜降低磨损率

## 防锈防腐蚀添加剂

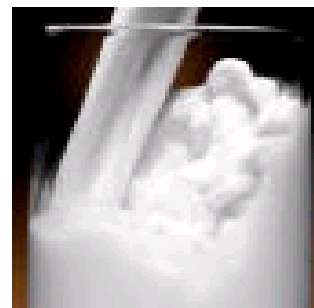
- 防锈防腐蚀添加剂形成一种保护膜覆盖在金属表面，防止锈蚀，或者中和酸
- 锈蚀导致油泥的形成，导致金属损失，金属部件的咬合，以及固体磨粒的形成



锈的形成

# 什么是分水性 / 抗乳化性

- 分水性是指油品在跟水混和后阻止乳化液形成的能力
- 乳液是一种液体以细小的液滴均匀分散在另一种液体中而形成的，这二种液体互不相溶



牛奶：  
水包油乳液



洗手液：  
油包水乳液



分水性差的润滑油中可使侵入的水分留在油中，形成大面积的乳液 => 锈蚀、粘度改变、降低润滑性，严重时导致油品失效

分水性差



分水性好的高品质润滑油阻止乳液形成，水快速与油分离

分水性好

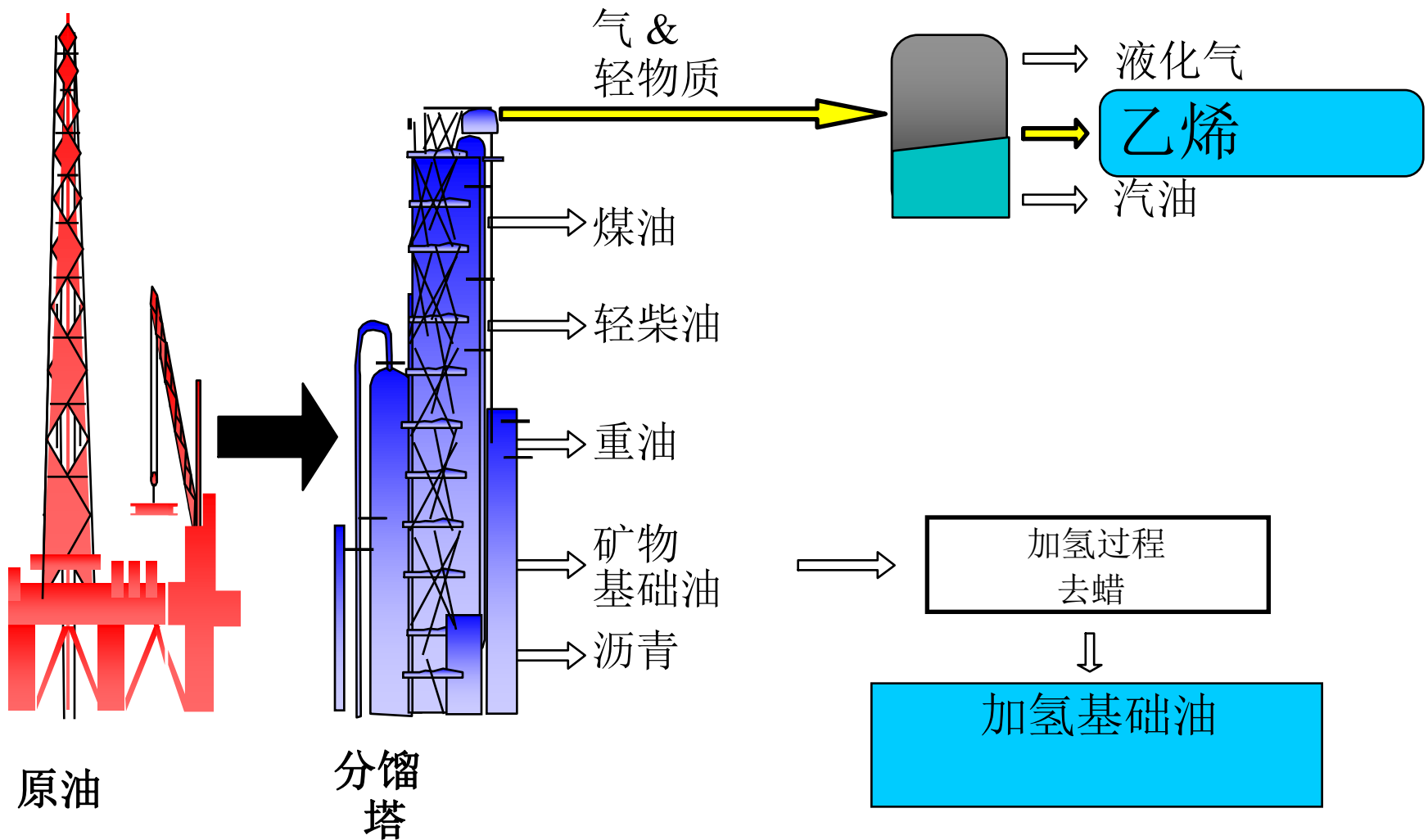
# 什么是空气释放性？

- 空气释放性是指油品快速释放在包含在（裹挟在）油品中的空气的能力
- 过量的空气存在油品中导致润滑性变差，磨损增加

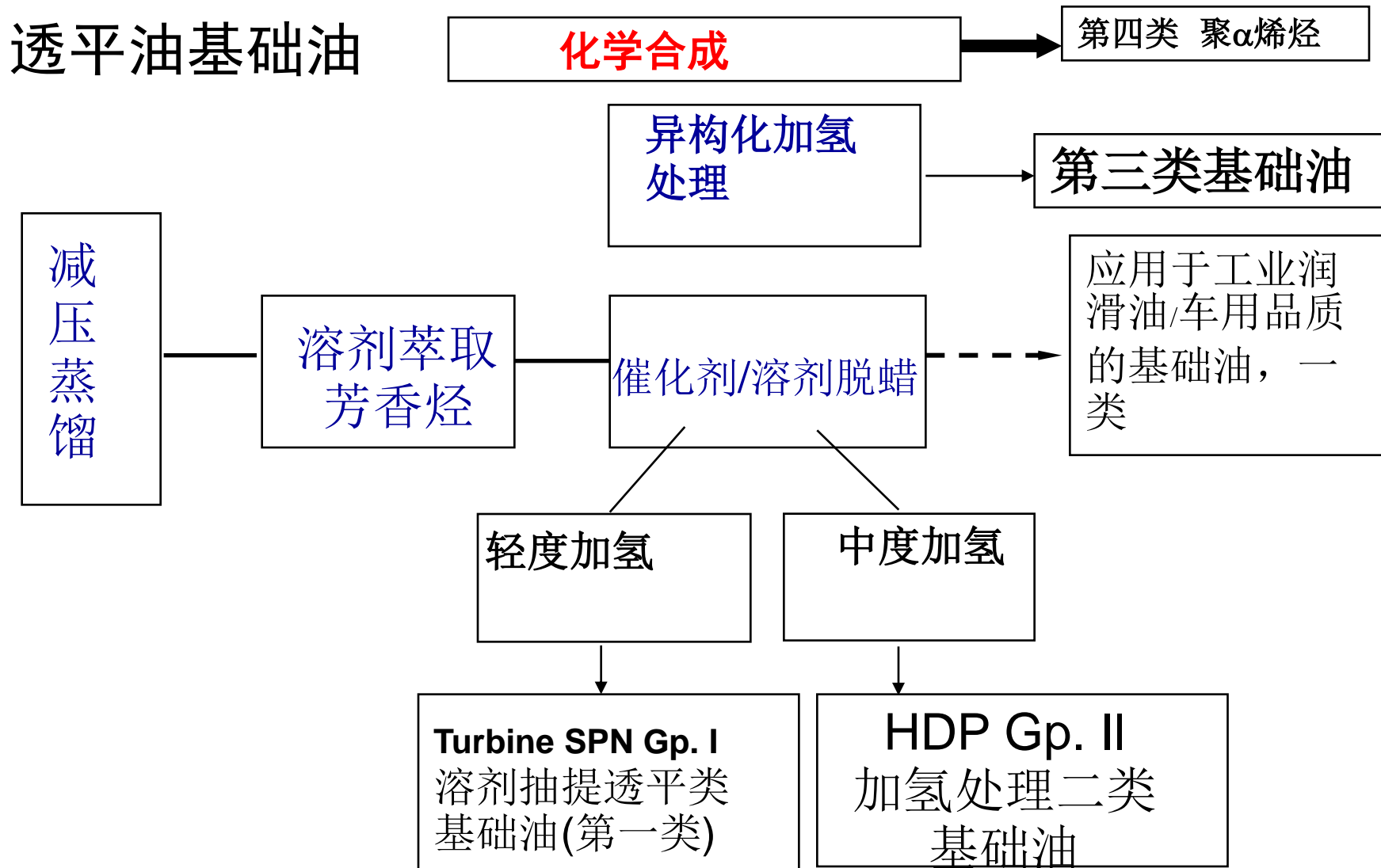
## 什么是分散性？

- 分散性可使在油中的可能会沉积的物质悬浮在油品中，然后通过排放（如换油）或过滤器去除掉
- 如果过长时间不换油，这些沉积将开始在设备表面沉积下来导致油泥形成或堵塞过滤器，影响润滑性能

# 基础油的生产



# 基础油生产



# 基础油分类及特性

API 分类	饱和烃%	硫分%	粘度指数
第一类 (溶剂抽提)	<90	>0.03	80-120
第二类 加氢处理	>=90	<=0.03	80-120
第三类 (深度加氢处理 / 催化脱蜡)	>=90	<=0.03	120+
第四类 聚 $\alpha$ 烯烃(PAO)			

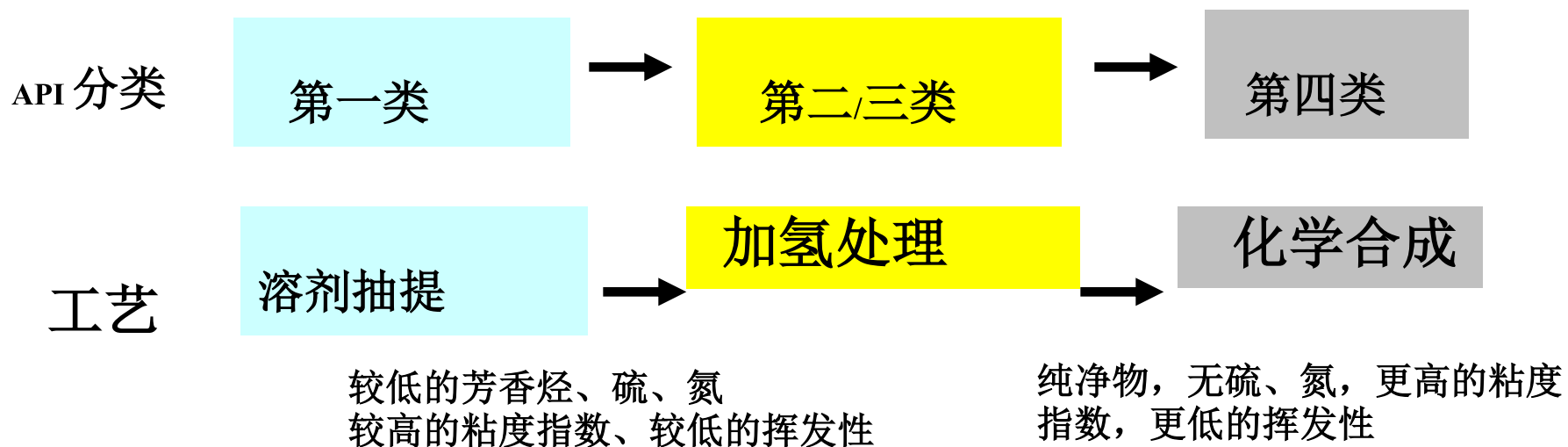
第一类	
芳香烃	15-30%
硫	0.2-0.5%
氮	20-50 ppm

第二类 / 第三类	
芳香烃	<5%
硫	<0.005%
氮	<1 ppm

# 基础油性能对比

类别	I	II	III	IV
ISO粘度范围	10-460	22-100	22-46	>1000
氧化安定性	满意	提高	很好	极好
挥发控制	一般	一般	很好	极好
溶解性	很好	差	差	差
低温性能	一般	一般	好	极好

# 基础油分类及区别

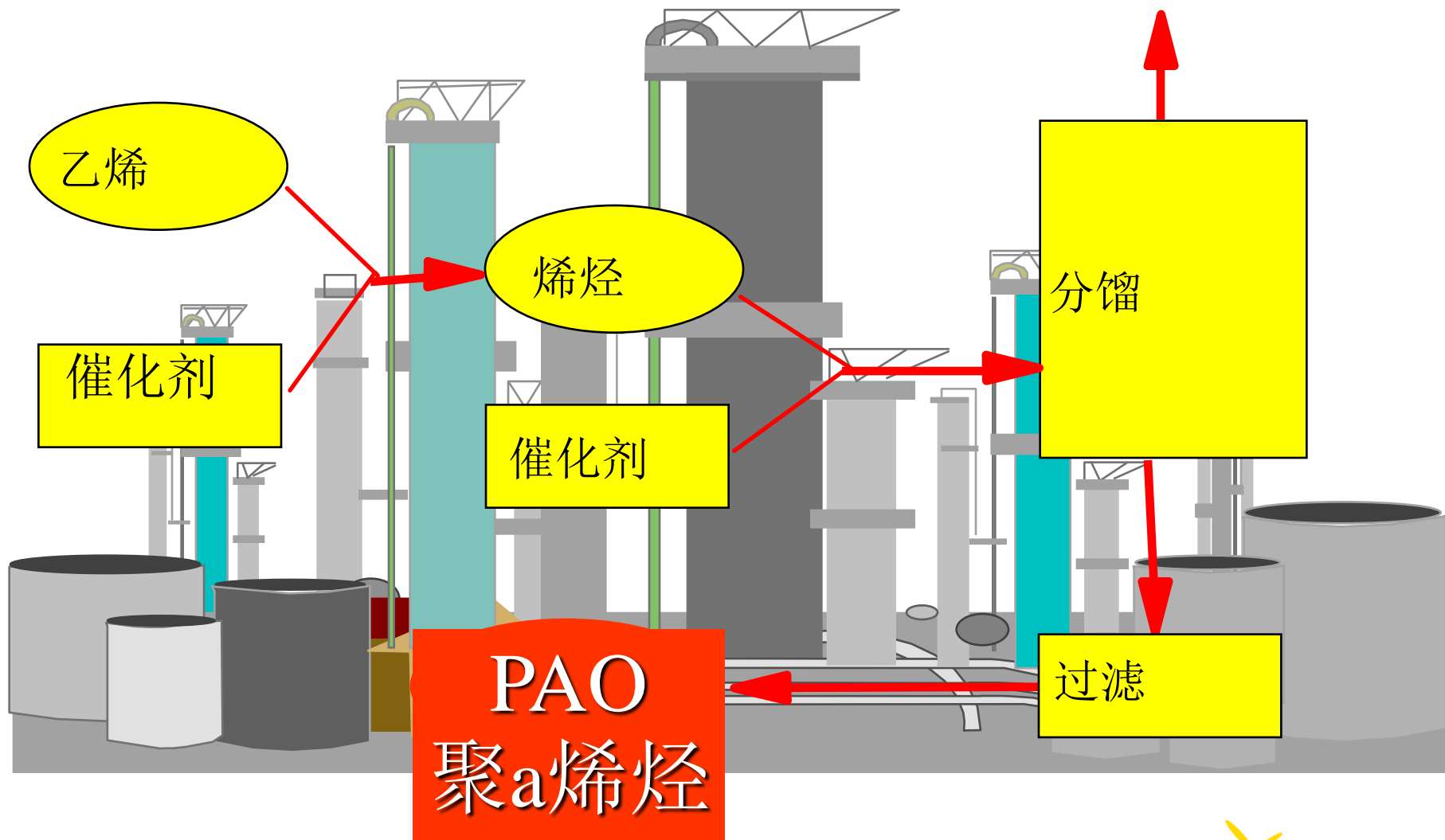


## 重要性

- 用于润滑油已达数十年
- 较便宜
- 一般的稳定性、流动性和挥发性
- 低温流动性好
- 提高了的氧化/热稳定性
- 差到一般的溶解力
- 粘度范围有限
- 卓越的低温性能
- 极佳的氧化/热稳定性
- 节能

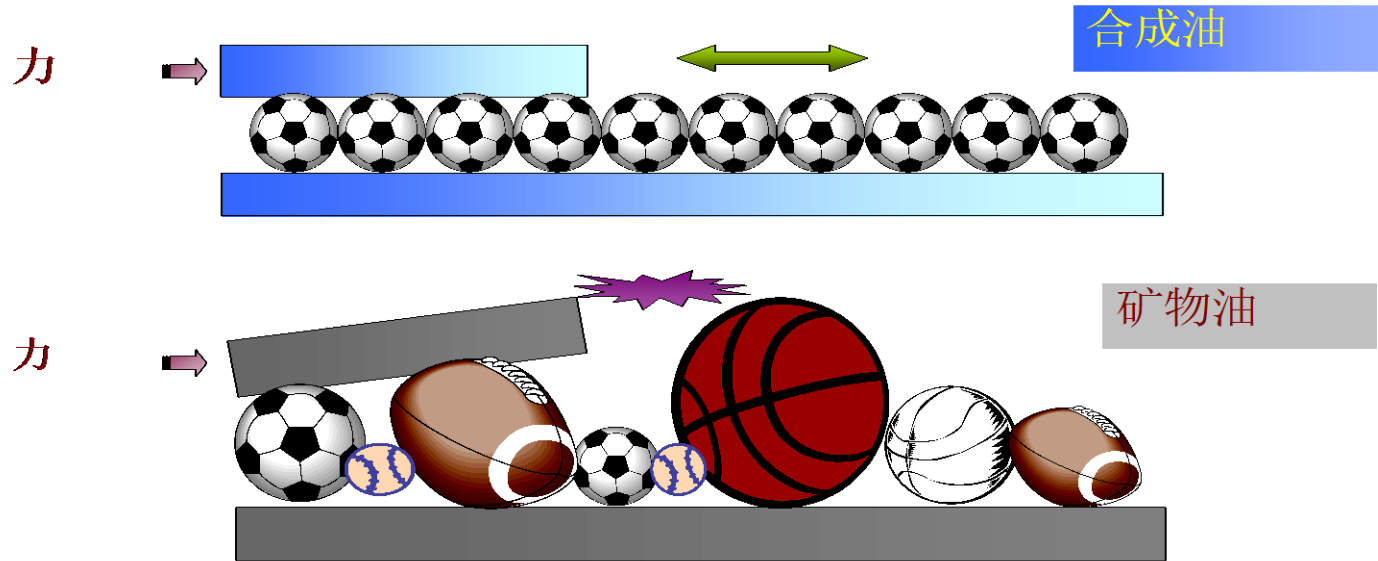


# 第四类基础油的生产



# 为什么合成油是最好的？

最卓越的技术



- 度身定做的分子结构可获得最理想的特性
- 重负荷下具有更低的牵引系数和摩擦阻力
- 更低的操作温度，抗氧化性能极佳因而寿命长久

为什么合成油是最好的？

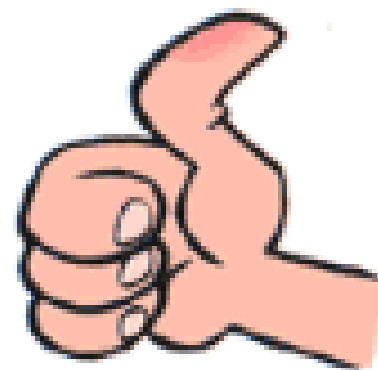
“高抗低防”优势

高温承受能力

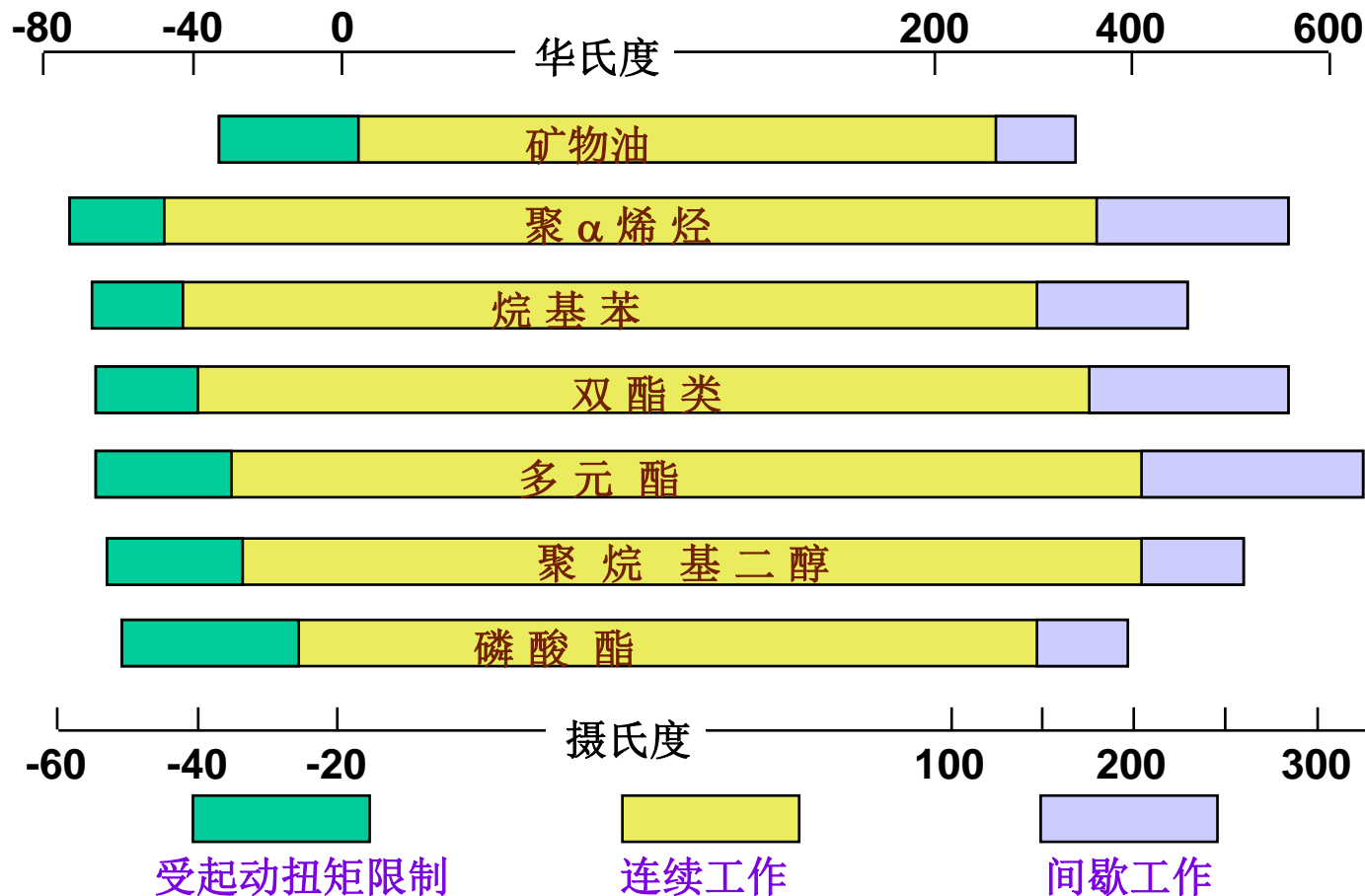
抗氧化性能力

低温流动性

防磨损能力



# 合成油工作温度范围



---

# 工业油分类及标准

# 工业油标准

- **ISO**
  - 国际标准组织
  - **ISO** 标准根据工业油的粘度划分润滑油
  - 由一系列润滑油的粘度等级(**VG**)组成，基于**40°C**是的运动粘度
  - **KV** 单位  $\text{mm}^2/\text{s}$  (**cSt**)
  
- **AGMA**
  - 美国齿轮制造商协会
  - 使用一套与**ISO VG**相对应的等级描述齿轮油的粘度
  - 也根据性能试验和组份规定齿轮油的种类
  - 四种主要的齿轮油, **R & O**, **EP**, 复合以及合成油

工业油标准

# 工业油标准

- **NLGI** - **NATIONAL LUBRICATING GREASE INSTITUTE**
  - 确定润滑脂的一致性等级
  - 根据工作针入度测试(X 60)
  - 试验温度 25°C
- 其它
  - 其它更特定的标准用于特定的应用和环境
  - **DIN 51506: VB, VC, VD, VB-L, VC-L, VD-L (压缩机油)**
  - **DIN 51524: HH, HL, HM, HV (液压油)**
  - 新 **ASTM** 液压油标准推出，测量润滑油受剪切后的粘度和VI (例如，模拟泵的工作)

工业油标准

# ISO 粘度等级分类

ISO VG	MID-POINT	LIMITS, KV@40°C		ISO VG	MID-POINT	LIMITS KV@40°C	
	KV@40°C, mm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>	Min.	Max.		KV@40°C, mm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>	Min.	Max.
ISO VG 2	2.2	1.98	2.4	ISO VG 100	100	90	110
ISO VG 3	3.2	2.88	3.52	ISO VG 150	150	135	165
ISO VG 5	4.6	4.14	5.06	ISO VG 220	220	198	242
ISO VG 7	6.8	6.12	7.48	ISO VG 320	320	288	352
ISO VG 10	10	9	11	ISO VG 460	460	414	506
ISO VG 15	15	13.5	16.5	ISO VG 680	680	612	748
ISO VG 22	22	19.8	24.2	ISO VG 1000	1000	900	1100
ISO VG 32	32	28.8	35.2	ISO VG 1500	1500	1350	1650
ISO VG 46	46	41.4	50.6	ISO VG 2200	2200	1980	2420
ISO VG 68	68	61.2	74.8	ISO VG 3200	3200	2880	3520

工业油标准



# AGMA 9005- E02 - 工业齿轮油分类

ISO VG	AGMA LUBRICANT CLASSIFICATION			
	R&O	COMP	EP	SYNTHETIC
32	0			0 S
46	1		1 S	
68	2		2 EP	2 S
100	3		3 EP	3 S
120	4		4 EP	4 S
220	5		5 EP	5 S
320	6		6 EP	6 S
460	7		7 COMP 7 EP	7 S
680	8		8 COMP 8 EP	8 S
1000	8A		8A COMP 8A EP	
1500	9	9 EP	9 S	
3200	10	10 EP	10 S	
4600	11	11 EP	11 S	
Note 1	12	12 EP	12 S	
Note 2	13	13 EP	13 S	
KV 100°C		RESIDUAL COMPOUNDS		
428.5 - 857.0		14R		
857.0 - 1714.0		15R		

Note 1 - KV 40°C, 6120-7480 cSt

Note 2 - KV 100°C, 190-220 cSt

工业油标准

# NLGI 润滑脂分类

NLGI GRADE	CONE PENETRATION*, mm <sup>-1</sup>	CONSISTENCY
000	445-475	SEMI-FLUID
00	400-430	SEMI-FLUID
0	355-385	VERY SOFT
1	310-340	SOFT
2	265-295	MEDIUM SOFT
3	220-250	MEDIUM
4	175-205	STIFF
5	130-160	VERY STIFF
6	85-115	BLOCK GREASE

\* - WORKED x 60 at 25°C

工业油标准

# 示例

工业油分类	粘度限度, KV 40° C, mm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>		
	平均值	最小	最大
ISO VG 32	32	28.8	35.2
ISO VG 68	68	61.2	74.8
AGMA 2	68	61.2	74.8
AGMA 2 EP	68	61.2	74.8
润滑脂分类	CONE PENETRATION*, mm <sup>-1</sup>		
CLASSIFICATION	Mid-point	Minimum	Maximum
NLGI 2	280	265	295
NLGI 3	235	220	250

\* 25°C下工作 60 次

工业油分类