

12.2 润滑剂和添加剂（Lubrication）

润滑剂定义： 润滑油，润滑脂和固体润滑材料等的总称



加润滑剂的目的

减轻磨损
降低摩擦
带走摩擦热
防锈
除污
减振
密封

润滑剂的选择

通常机械中常用润滑油和润滑脂；

特殊环境选择固体润滑剂，如真空、高低温

润滑剂分类

液体润滑剂—润滑油

半固体润滑剂—润滑脂

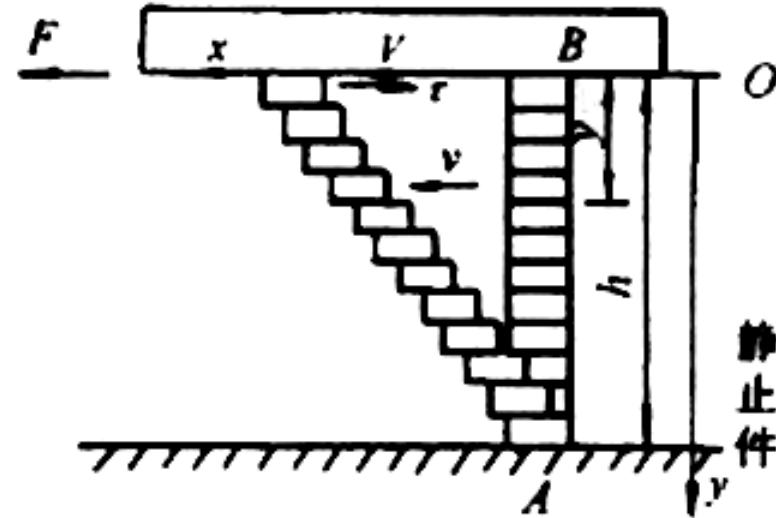
气体润滑剂—空气

固体润滑剂—石墨,二硫化钼,聚四氟乙烯

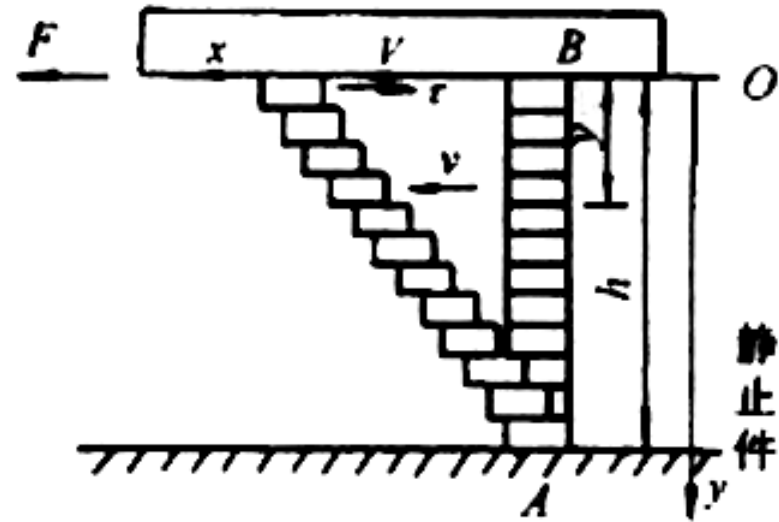
1 液体润滑剂（润滑油）的性质

1) 润滑油的粘度概念

润滑油的**粘度**反映了润滑油在外力作用下抵抗剪切变形的能力，是**内摩擦力大小**的标志。



粘性流体模型



实验表明，剪切应力 τ 与流体沿 y 方向速度的梯度成正比，即

$$\tau = -\eta \cdot dv / dy$$

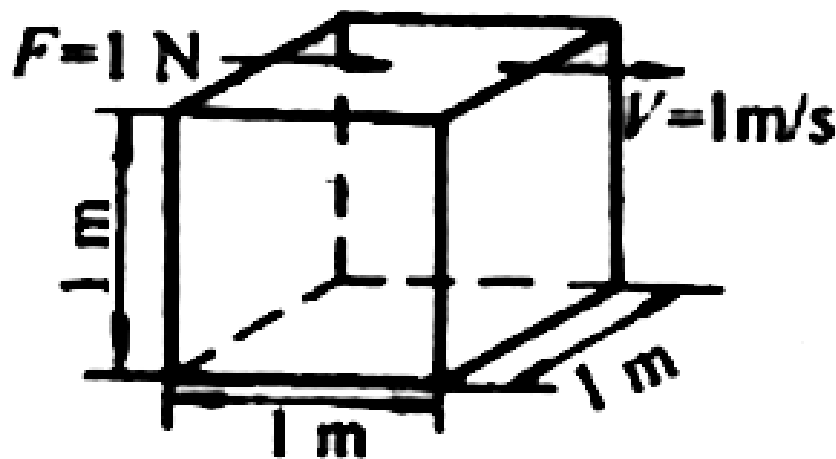
η -- 定义为流体的粘度。上式称为**牛顿流体粘性定律**

凡符合此定律的流体称为**牛顿流体**, 否则称为**非牛顿流体**。

2) 粘度的表示方法

(1) 动力粘度 η (润滑计算、理论研究多用)

定义：图示,长、宽、高各为1m的流体,如果使立方体顶面流体层相对底面流体层产生1m/s的运动速度,所需要的外力 F 为1N时,则流体的粘度 η 为 $1\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$,叫做“帕秒”,常用 $\text{Pa}\cdot\text{s}$ 表示。用这种方法定义的粘度为**动力粘度**。



(2) 运动粘度 ν (销售和常用)

定义: 流体的动力粘度与同温度下的密度 ρ 的比值,称为**运动粘度**

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}$$

单位: cm^2/s ,称“斯”,常用St表示,1/100为“厘斯”
cSt。

换算: $1\text{m}^2/\text{s}=10^4\text{St}=10^6\text{cSt}$

工业上, 润滑油的牌号是指在40 °C时润滑油运动粘度的平均值。

3) 相对粘度(条件粘度) (生产中多用)

恩氏粘度：用200ml的粘性流体,在给定的温度t下流经一定直径和长度的毛细管所需的时间,与同体积的蒸馏水在20℃时流经同样的毛细管所需时间的比值来衡量流体的粘性。**恩氏粘度用 $^{\circ}Et$ 表示。** (时间比值)

是相对粘度的一种表示方法

3) 润滑油的粘温特性和粘压特性

(1) 粘温特性

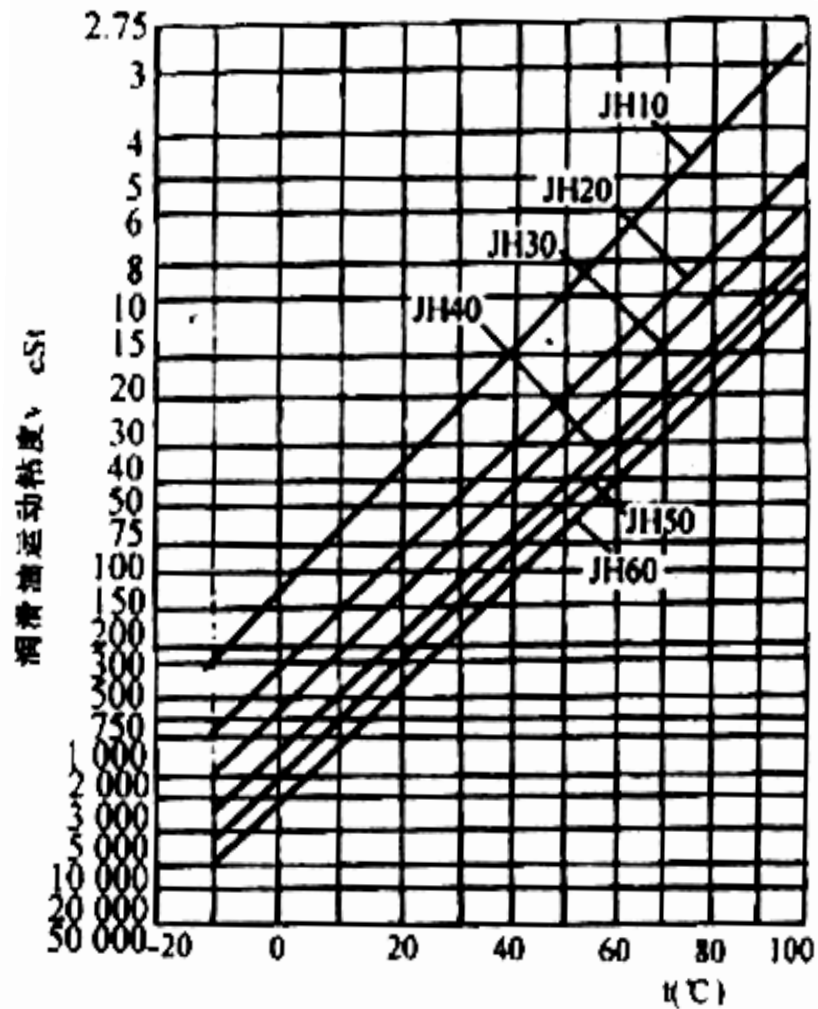
润滑油的粘度随温度的变化存在指数关系:

$$\eta_t = \eta_0 \left(t_0 / t \right)^m$$

式中: m—粘温指数

知道两个温度 (t,t₀) 对应的

(η, η_0) 其他值就可以计算了



(2) 润滑油的粘压特性

粘度和压力的关系近似表示为:

$$\eta = \eta_0 e^{\alpha p}$$

η_0 -常压下油的粘度 (Pa.s)

P-油的压力(Pa)

α -粘压指数 (m²/N),与油的种类有关

4) 工业润滑油粘度牌号

表 3-2 工业用润滑油粘度牌号

新国标 粘度牌号	运动粘度范围 cSt(40℃)	运动粘度平均值 cSt(40℃)
5	4.16~5.04	4.6
7	6.12~7.48	6.8
10	9.00~11.0	10
15	13.5~16.5	15
22	19.8~24.2	22
32	28.8~35.2	32
46	41.4~50.6	46
68	61.2~74.8	68
100	90.0~110	100
150	135~165	150

5) 润滑油的其它特性

润滑油的特性除了粘度以外，还包含以下特性：

(1) 油性 (2) 极压性 (3) 凝点

(4) 闪点和燃点 (5) 酸值

油性—润滑剂在摩擦表面的吸附性能。
油性越好，吸附能力越强。

极压性—润滑油中的活性分子与摩擦表面形成耐压、减摩、抗磨化学膜的能力，称为极压性。
极压性越好，形成油膜能力越强。

工业常用润滑油牌号及应用

名称	牌号	相当于旧牌号	运动粘度 ($\times 10^{-6}$)/($\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)		主要用途
			40℃	50℃	
全损耗通用油 (GB443—1989)	L-AN7	HJ-5	6.12~7.48	4.68~5.61	用于 8 000~12 000 r/min 高速轻负荷机械设备
	L-AN10	HJ-7	9.00~11.0	6.65~7.99	用于 5 000~8 000 r/min 轻负荷机械设备
	L-AN15	HJ-10	13.5~16.5	9.62~11.5	用于 1 500~5 000 r/min 轻负荷机械设备
	L-AN22		19.8~24.2	13.6~16.3	用于 1 500~5 000 r/min 轻负荷机械设备
	L-AN32	HJ-20	28.8~35.2	19.0~22.6	用于小型机床齿轮、导轨、中型电机
	L-AN46	HJ-30	41.4~51.6	26.1~31.3	适用于各种机床、鼓风机和泵类
	L-AN68	HJ-40	61.2~74.8	37.1~44.4	适用于重型机床、蒸汽机、矿山、纺织机械
—	L-AN100	HJ-50	90.0~110	52.4~63.0	适用于重载低速的重型机械
	L-AN150	HJ-60	135~165	75.9~91.7	适用于重型机床设备、起重、轧钢设备
主轴油 (SY 1229—1982, 1988年确认)	N2	2	2.0~2.4	1.7~2.0	精密机床主轴轴承的润滑;以压力油浴、油雾润滑的滑动轴承或滚动轴承的润滑;N5和N7亦可做高速锭子油;N10可做普通仪表轴承及缝纫机用油;N15可做低压液压系统和其他精密机械用油
	N3	3	2.9~3.5	2.4~2.9	
	N5	4	4.2~5.1	3.3~4.0	
	N7	6	6.2~7.5	4.8~5.7	
	N10	HJ-7	9.0~11.0	6.8~8.1	
	N15	HJ-10	13.5~16.5	9.8~11.8	
中负荷工业齿轮油 (GB 5903—1986)	68	50号	61.2~74.8	38.7~46.6	工业设备的齿轮、蜗轮及蜗杆传动润滑,460可代替轧钢机油
	100	50或70号	90.0~110	55.3~66.6	
	150	70号	135~165	80.6~97.1	
	220	120号	198~242	115~136	
	320	150号	288~352	163~196	
	460	250号	414~506	228~274	

2、润滑脂及其主要性能

润滑脂的组成：在润滑油中加入适量的稠化剂，加热后混合均匀，冷却成为润滑脂。

润滑脂的性能指标：主要有针入度、滴点、析油量、机械杂质、灰分、水分等。

1) **针入度** —表示润滑脂的稠化度或软硬性能。低速重载场合宜选用针入度小的润滑脂。



针入度越小，润滑脂越硬，稠度越大，流动和变形越不容易

2) **滴点**—表示润滑脂的耐热性能，是一个温度的概念。滴点高耐热性好，润滑脂的工作温度应比滴点低**20°C**。



3) 析油量—表示油从脂中的析出量（分油量）。过大过小均不宜。过大，润滑脂会过早枯竭，润滑脂寿命太短；过小，润滑油量不充分，润滑不良。小于5~10%。



常用润滑脂的牌号、性能和应用

名称	牌号	针入度 1/10 mm (25 ℃)	滴点 ℃	使用温度 ℃	主要用途
复合钙基润 滑脂 ZBE36003—1988	ZG-1	310 ~ 340	75	< 55	用于负荷轻和有自动给润滑脂系统的轴承及小型机械的润滑
	ZG-2	265 ~ 295	80	< 55	用于轻负荷、中小型滚动轴承及轻负荷、高速机械的摩擦面的润滑
	ZG-3	220 ~ 250	85	< 60	用于中型电机的滚动轴承、发电机及其他中等负荷中转速摩擦部位的润滑
	ZG-4	175 ~ 205	90	< 60	用于重负荷、低速的机械与轴承的润滑
	ZG-5	130 ~ 160	95	< 65	用于重负荷低速的轴承的润滑
钠基润滑脂 GB 492—1989	ZN-2	265 ~ 295	140	< 110	耐高温,但不抗水,适用于各种类型的电动机、发电机、汽车、拖拉机和其他机械设备的高温轴承润滑
	ZN-3	220 ~ 250	140	< 110	
	ZN-4	175 ~ 205	150	< 120	
合成锂基润 滑脂 SY1413— 1980, 1989 年确 认	ZL-1H	310 ~ 340	170	< 145	是一种多用途的润滑脂,适用于 - 20 ~ 140℃范围内的各种机械设备的滚动和滑动摩擦部位的润滑
	ZL-2H	265 ~ 295	175		
	ZL-3H	220 ~ 250	180		
	ZL-4H	175 ~ 205	185		
铝基润滑脂 ZBE36004 - 1988		230 ~ 280	75	50	抗水性好,用于航运机器摩擦部位润滑及金属表面的防腐,是高度耐水性的润滑脂

3 固体润滑剂

在恶劣条件或有特殊要求的场合，润滑油和润滑脂不能应用，可以选择固体润滑剂。它们多数是粉末状，有些是薄膜状。

常用的有：石墨、二硫化钼、聚四氟乙烯等。

特点是：剪切强度低，摩擦系数较小。

应用中，可以直接涂刷在摩擦部位，或填加到固体摩擦副材料中，制成固体自润滑材料，经常也被加入到油或脂中作为添加剂使用。

4 添加剂

研究的目的：为了改善润滑油和润滑脂的某些性能，延长其使用寿命，可以加入适量的添加剂。

按用途不同添加剂可分为：摩擦调节，如油性添加剂，抗磨和极压添加剂；抗氧和防腐添加剂；清净分散剂；防锈剂；降凝剂；增粘剂和消泡剂等。

添加剂的加入量：一般很少，在百分之几到百万分之几，但对润滑剂的改善效果十分巨大，可以研究出性能优良，解决关键技术的新型润滑剂。

例如：在重载摩擦副中，常使用**极压添加剂**，它们**高温**下可以分解出**活性元素**，与**金属**表面发生**化学反应**，生成具有**低的剪切强度**，**高的承载能力**的**金属化合物薄膜**，提高抗粘着能力。

油性添加剂也称**边界润滑添加剂**，是由**极性很强的分子**组成，在**常温**下即可**吸附**到金属表面而形成**边界膜**，起润滑作用。

常用添加剂及其作用（8种）

表 4.5 常用添加剂及其作用

目的	添加剂	说明
油性添加剂	脂肪、脂肪油、脂肪酸、油酸	加入量 1% ~ 3%
抗磨与极压添加剂	硫化异丁烯、磷酸三甲酚酯、环烷酸铅、氯化石蜡、二烷基二硫代磷酸锌、偏硼酸钠	加入量 0.1% ~ 5%
抗氧化添加剂 抗腐蚀添加剂	二硫化磷酸锌、硫化烯烃、酚胺 2,6-二叔丁基对甲酚、N-苯基萘胺	加入量 0.25% ~ 5%
洁净分散剂	石油磺酸钙(或钡)、硫磷化聚异丁烯钡、烷基水杨酸钙、丁二酰亚胺	加入量 0.5% ~ 1%
防锈剂	石油磺酸钙(或钡与钠)、烯基丁二酸、双硬脂酸铝、环烷酸锌、羊毛脂	
降凝剂	聚甲基丙烯酸酯、烷基酚、聚 α -烯烃、烷基萘	加入量 0.1% ~ 1% 低温工作的润滑油使用
增粘剂	聚异丁烯、聚甲基丙烯酸酯	改善油的粘温特性,使之适应较高的工作温度范围,加入量 3% ~ 10%
消泡剂	二甲基硅油	加入量 1% ~ 10%