

设计工程师快速学习指南



为你的设计挑选油脂

为你的设计挑选油脂

微振磨损

添加剂

粘度指数

温度

°C

塑料相容性

油

简要概述

您为设计所选择的润滑脂至关重要，它可以确保您的部件在耐久性试验期间以及整个使用期限内按预期发挥效用。

本快速学习指南将探究选择润滑脂所涉及的主要因素，了解其配方如何与您设计中规定的载荷、速度、工作温度、可用功率以及结构材质相匹配。



基本概念： 润滑脂是什么，它是如何工作的？

基础油具有润滑作用。基础油在两个表面之间形成一层保护膜，以防止摩擦和磨损。

稠化剂将油固定住，这与海绵将水吸住极为相似。接触部分移动时会切断稠化剂，并将油释出，在移动部分之间形成一层润滑膜。当移动停止时，稠化剂再吸收油液。

添加剂增强润滑脂的关键性能品质，如低温扭矩、防腐和抗氧化。

固体润滑剂，如 PTFE、MoS₂ 和石墨，都是负载添加剂，可改善润滑脂的润滑能力，尤其是在启动时。



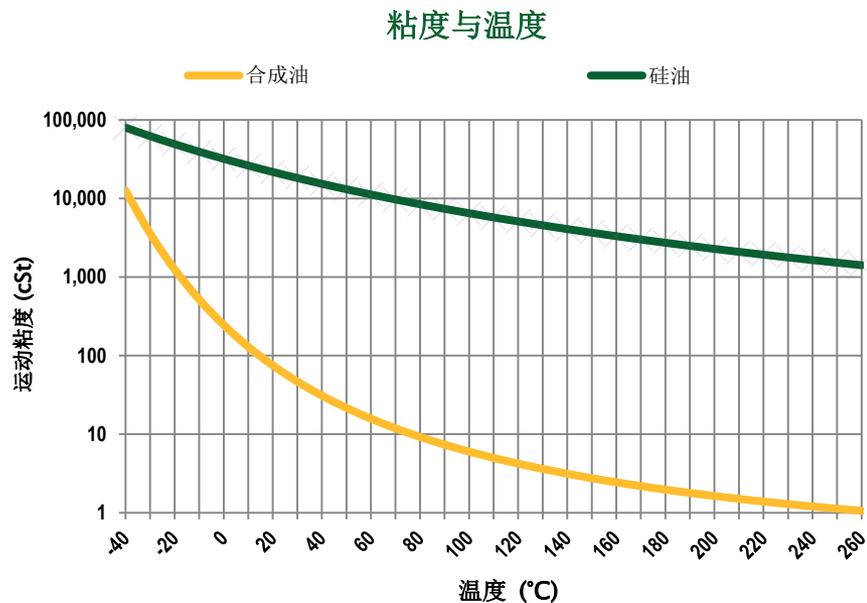
油
(最高达 90%)

稠化剂
(15 - 30%)

添加剂
(5 - 10%)

固体润滑剂
(5 - 10%)

第一步：选择油及其粘度



有关粘度指数 (VI) 的注释

油的粘度在低温状态下变稠，温度越高粘度越低。粘度指数显示了 -40°C 到 100°C 之间的粘度变化情况。高 VI 说明粘度变化小（见上图中的硅油曲线）。低 VI 说明粘度受温度变化的影响较大。高 VI 可以确保组件在较宽温度范围内保持更加一致的性能。

温度

- 移动部件产生的热量以及环境工作温度共同决定了润滑脂中所需的油的类型。对于温度低于 -30°C 以及高于 100°C 的情形，需选择合成油。
- 温度会改变油的粘度。正确的粘度可以确保油在高温下不会因过稀而无法防止磨损，在低温下不会因过稠而无法正常润滑。

粘度及负载

- 负载越大需要油的粘度就越高，以便在两个表面之间形成连续润滑膜。
- 润滑性添加剂及固体润滑剂可以增强油的自然粘度，改善组件性能。

粘度、速度和功率

- 高速低功率装置需要粘度较低的油，以便在减少阻力的同时仍能提供使用寿命内磨损防护所需的润滑膜。

润滑油：功能和成本

油的工作温度

矿物油	-30 至 100°C
聚 α 烯烃 (PAO) 炭化氢合成油 (SHC)	-60 至 150°C
酯类	-70 至 150°C
聚二醇 (PAG)	-40 至 180°C
硅	-75 至 200°C
全氟聚醚 (PFPE)	-90 至 250°C

工作温度决定基础油的成本

- 基础油的温度范围扩大时，成本也随之增加。请勿“购买”超出你需求的产品。设计阶段就将工作温度确定下来。
- 每种附加配料（稠化剂、添加剂和固体润滑剂）同样会影响成品润滑脂的成本。

考虑使用复合油，这样能够以较低成本提高温度性能

- 矿物油可以与 PAO 及酯油混合，但不能与其他油混合。
- 酯油与 PAG 相容。
- 硅油和 PFPE 与其他油不相容。



检查油液与塑料的相容性

油与塑料相容性指南

塑料		矿物油	PAO	酯油	PAG	硅油	PFPE
丙烯腈/丁二烯/苯乙烯共聚物	ABS	●	●	●	●	●	●
聚酰胺（尼龙）	PA	●	●	●	●	●	●
酰亚胺	PAI	●	●	●	●	●	●
聚对苯二甲酸丁二醇酯（聚酯）	PBT	●	●	●	●	●	●
聚碳酸酯	PC	●	●	●	●	●	●
聚乙烯	PE	●	●	●	●	●	●
聚醚醚酮	PEEK	●	●	●	●	●	●
酚醛树脂	PF	●	●	●	●	●	●
聚酰亚胺	PI	●	●	●	●	●	●
聚甲醛（缩醛）	POM	●	●	●	●	●	●
聚苯醚	PPO	●	●	●	●	●	●
聚苯硫醚	PPS	●	●	●	●	●	●
聚砜	PSU	●	●	●	●	●	●
聚丙烯	PP	●	●	●	●	●	●
PTFE	PTFE	●	●	●	●	●	●
聚氯乙烯	PVC	●	●	●	●	●	●
热塑性聚氨酯	TPU	●	●	●	●	●	●

● 相容

● 有选择性

● 不相容

某些油与塑料不相容

- PAO 几乎与所有塑料相容，但与 PPE、PP 或 PVC 的相容性具有选择性。
- 硅油和 PFPE 与任何塑料都相容。
- PAG 和酯油与 PC、PPO、PPS、PSU、PP 和 PVC 不相容。

检查油与合成橡胶的相容性

基础油与合成橡胶相容性指南

合成橡胶		矿物油	PAO	酯油	PAG	硅油	PFPE
聚丙烯酸酯橡胶	ACM	●	●	●	●	●	●
乙烯丙烯橡胶	AEM	●	●	●	●	●	●
氯丁橡胶	CR	●	●	●	●	●	●
三元乙丙橡胶	EPDM	●	●	●	●	●	●
氟橡胶	FKM	●	●	●	●	●	●
氟硅橡胶	FVMQ	●	●	●	●	●	●
氢化丁腈橡胶	HNBR	●	●	●	●	●	●
丁基合成橡胶	IIR	●	●	●	●	●	●
腈（丁腈橡胶）	NBR	●	●	●	●	●	●
丁苯橡胶	SBR	●	●	●	●	●	●
硅油	VQM	●	●	●	●	●	●
天然橡胶		●	●	●	●	●	●

● 相容 ● 有选择性 ● 不相容

某些基础油与合成橡胶不相容

- 硅油与所有合成橡胶相容，氟硅橡胶除外。
- PAO 与大多数合成橡胶相容，三元乙丙橡胶、丁基合成橡胶、丁苯橡胶及天然橡胶除外。
- PFPE 与所有橡胶相容。

第二步：选择与基础油、工作温度和环境相容的稠化剂

稠化剂在工作条件下的性能

	铝基	复合铝基	无定形硅	复合钡基	膨润土	钙基	复合钙基	磺酸钙基	锂基	复合锂基	聚脲	PTFE	复合钠基
粘着性	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
自泳涂装工艺	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
腐蚀	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
滴点	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
微振磨损	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
低摩擦	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
盐水	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
水	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
磨损	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
工作稳定性	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

● 相容 ● 有选择性 ● 不相容

某些基础油和稠化剂不相容

- 矿物油、PAO 及酯油可以与任何稠化剂混合。
- 硅油只能与锂基、硅基和 PTFE 混合。
- PFPE 油只能由 PTFE 增稠。

稠化剂在特定温度下将开始分解

- 铝基：<80°C。
- 复合钡基和锂基：<135°C。
- 复合铝基、复合钙基、磺酸钙基和复合锂基：<175°C。
- 高温稠化剂包括聚脲 (<200°C)、PTFE (<275°C) 和无定形硅 (<300°C)。

根据工作环境选择合适的稠化剂

- 选择稠化剂时需考虑的所有因素包括低温性能、腐蚀、微振磨损、低摩擦、盐水及防磨损。请参见左侧表格。

粘连滑动现象



粘连滑动是一种自发的不均匀运动，可能会在两个物体相互滑动时出现。不仅会增加磨损，而且通常会产生噪音，从而影响部件的感知质量。

您每天可能听到的粘连滑动实例

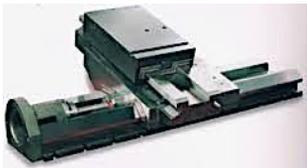
- 雨刷器的颠簸移动。
- 松弛的驱动皮带。
- 弓弦乐器发出的音乐声或“玻璃竖琴”。

通常受粘连滑动影响的部件

- 液压缸、机床以及其他需要在滑道上平稳及无声滑动的部件。
- 当静摩擦（“粘连面”）大于动摩擦（“滑动面”）时会产生粘连滑动。

粘连滑动解决方案

- 提高基础油的粘度。
- 加入添加剂改善油的润滑性。
- 固体润滑剂可以有助于降低间歇性静摩擦积聚、减少磨损和降低噪音。



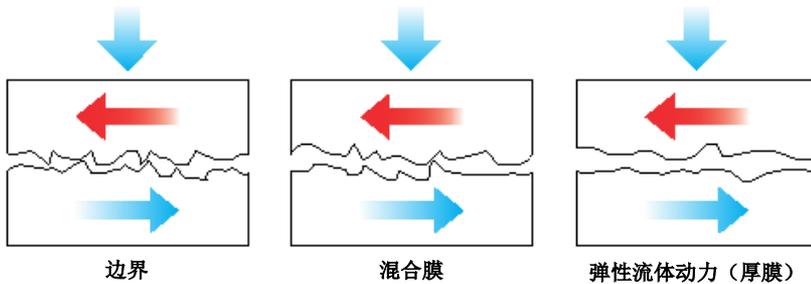
设计注释

当把润滑剂置于两个超光滑抛光面之间时，其润滑效果不会很理想。

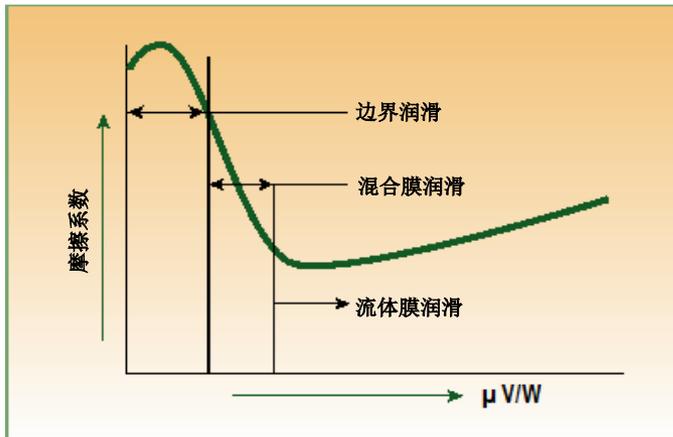


频繁启停元件

润滑状态
(润滑从启动到停止分为三个阶段)



斯特里贝克曲线示意图
(摩擦损失与三种状态的相互关系)



润滑脂如何工作

- 负荷及速度可以将油从稠化剂中释放出来，从而形成一层流体膜，可降低两个表面之间的摩擦。

润滑从启动到停止分为三个阶段

- **边界润滑:** 两个表面基本处于完全接触状态，即使在加入润滑油之后。
- **混合润滑:** 两个表面被油部分分隔。
- **弹性流体动力润滑 (EHD):** 两个表面被一层薄流体膜分隔。
- 注意：流体膜的厚度可决定润滑状态。

边界润滑状态下需关注添加剂

- 启动时是发生摩擦和磨损最严重的阶段，这时油还不会将两个表面完全分隔。
- 极压添加剂在边界润滑状态下可以起到强化油的作用。
- 添加到稠化剂中的固体润滑剂 (MoS_2 、石墨以及 PTFE) 可在启动时的边界润滑状态下在两个表面之间提供一层附加的非磨蚀性“衬垫”。

微振磨损及磨损腐蚀



发生微振磨损

微振磨损也称为振动磨损。由于几乎所有机器都会发生振动，因此可能产生微振磨损的位置包括：

- 栓接、销接、压接、键接及铆接的接合处
- 两个不发生相互移动的组件之间
- 摆动花键、联轴器、轴承、离合器、主轴及密封件内部
- 底板、万向接头及钩环内部

“微振磨损是造成疲劳裂纹的起因，通常会导致轴及其他高度受压组件内部发生疲劳失效。”

微振磨损是由热膨胀、收缩或附近的运动造成的。

- 微幅振动可导致“静止的”金属部件上出现微小的表面微凸体，这些微凸体会互相摩擦，然后会“脱落”，从而产生妨碍性能的磨损碎屑。
- 紧密安装的金属部件最容易受到微振磨损的影响，此外微振磨损还会使塑料变形。

磨损腐蚀是指对微振磨损碎屑的氧化

- 微振磨损将会不断的使新金属表层暴露于氧气，从而会产生进一步加快基质磨损的磨蚀性金属氧化物。

润滑剂可以阻止磨损和腐蚀

- 金属抑制添加剂有助于减少微振磨损，但不可能完全阻止微振磨损。
- 在大多数微振磨损情况中，润滑剂是充当隔氧层的角色。它可以防止氧气与微振表面接触，进而阻止其与磨损碎屑反应而生成磨蚀性氧化物。

可以在润滑脂中添加着色剂吗？



为润滑脂添加颜色要考虑的四个因素

- **高效生产。**紫外线染料通过红外视觉系统可以实现联机质量检验。
- **人工组装。**有颜色的润滑脂可以帮助装配线工人进行目检。
- **颜色编码。**颜色有助于确保仓库正确出库。
- **市场感知。**虽然颜色与密封件无关，但如果润滑脂是暴露在外的，其颜色可能会影响买方的感知。

三种改变润滑脂颜色的途径

- **染料。**如果您选择颜色，请使用染料。我们可提供五彩缤纷的颜色！染料几乎不会影响到润滑脂的性能。
- **添加剂。**某些油品添加剂可为润滑脂加色，虽然这不是它们的主要功能。确保颜色变化不会对市场感知度造成负面影响。
- **固体润滑剂。**正如油品添加剂一样，固体润滑剂（如 MoS_2 或石墨）可以使润滑脂变黑。PTFE 可以使润滑脂的颜色变浅。



A QUAKER CHEMICAL COMPANY



[联系 ECL](#)



[ECL 润滑剂研讨会](#)



[润滑剂工程设计图表](#)



[ECL 网站](#)



[转发给同事](#)