

克鲁勃E-bike摩擦解决方案， 让您的骑行体验更“顺畅”



引言：

此篇白皮书中，克鲁勃将通过相关实验测试，为大家详细介绍E-bike核心驱动系统以及电触点所涉及到的润滑应用与要求，从而为实现更长的

齿轮马达寿命、更高的驱动效率，更舒适的骑行感受提供多样化、量身定制的整体摩擦解决方案。

E-bike（**电动助力自行车**），简称**电踏车**，国内的电瓶车在外形与功能上与电动摩托车更为接近，而E-bike是具有电池助推的传统自行车。近些年来E-bike在欧美市场，尤其是新冠疫情期间越来越多的人开始将其作为个人交通工具，环保又健康，体力消耗更少但是乐趣更多。



（电瓶车）



（E-bike电踏车）

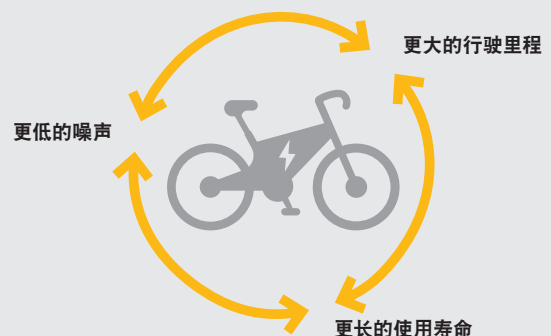
在选购电踏车时，消费者会考虑骑行的舒适度和日常使用的适用性，比如骑行里程、电机功率、使用寿命、车子噪音大小和轻量化等，这些选购需求都与电踏车驱动装置的性能密不可分，也对电踏车制造商和零部件制造商们带来了巨大挑战，促使他们制造出更加高效的高功率密度驱动系统。

驱动装置的性能会因使用的润滑油而产生很大差异。来自克鲁勃润滑剂的创新润滑解决方案不仅能够帮助研发和技术设计人员去满足终端消费者们的各项需求，提高电踏车驱动装置的效率，还能帮助制造商们打开市场，赢得更多潜在客户。

齿轮马达： 电踏车的核心

齿轮马达是电踏车及其驱动系统的核心，对车辆的使用寿命有着重要影响。齿轮也是用户在骑行时听到的大部分噪音的源头。因此合适的高性能润滑剂对优化各种齿轮箱的功能至关重要。

电动自行车驱动系统的重要要求

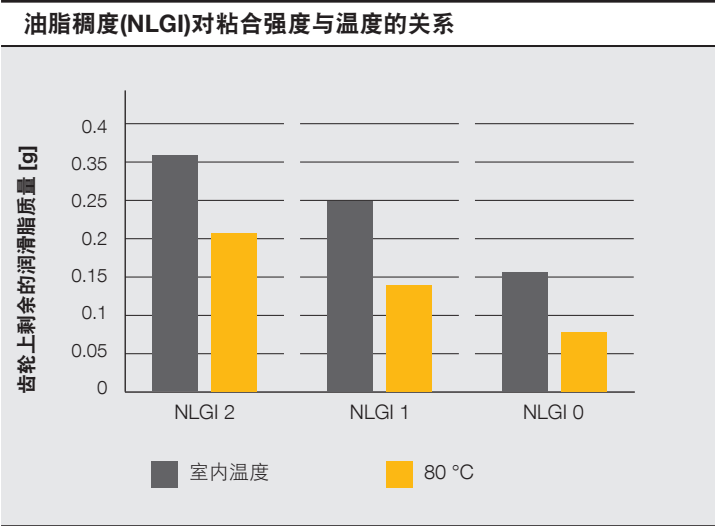


合适的润滑剂， 延长齿轮使用寿命

- 粘附性能

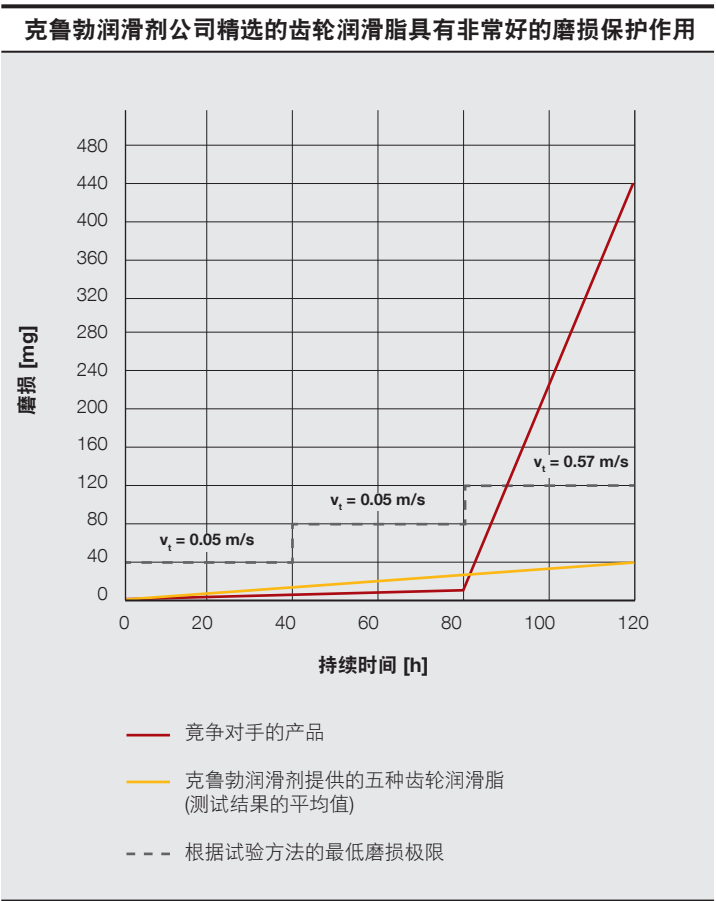
合适的润滑剂可以在不影响电子系统的情况下提高驱动装置的效率并减少磨损，从而显著延长电踏车驱动系统的使用寿命。这可通过使用在齿轮齿上的粘附性好的润滑脂来实现，一款合格的润滑脂即使在临界工作条件下也不会被甩出。

确定润滑脂粘附强度的一种直接方法是在齿轮齿面涂上油脂。润滑后的齿轮在升温后，会在特定的时间内齿轮以恒定速度旋转，齿面上残留的油脂重量就是评定粘附性的一个指标。同时，齿轮的速度、温度和油脂稠度都会对油脂的粘附强度有显著影响。如果润滑剂粘附强度过低或分油率过大，一旦与马达电子元器件发生接触，可能产生一些负面影响。下图实验结果显示稠度等级为NLGI 2的润滑脂拥有最佳黏附效果。



- 抗磨损保护

高性能电踏车驱动系统具有非常高的功率密度。相比塑料齿轮，润滑脂的防磨作用在钢制齿轮上更显著。根据DGMK 377-01, 在FZG试验台架上进行低速磨损试验来测试润滑脂对钢制齿轮的磨损保护程度。该试验可以通过测量齿轮的重量损失来研究润滑脂在低速和高负荷下的边界摩擦行为。前80小时齿轮以0.05米/秒的圆周速度运转进行测试，每20小时测量一次齿轮的重量损失。在最后的40小时里，齿轮以0.57米/秒的速度不停地运转，期间每20小时测量一次齿轮的重量损失。**下图显示，即使在临界条件下，克鲁勃润滑剂公司的高性能润滑脂也为钢制齿轮提供非常好的磨损保护。**



效率提高，带来更长行驶里程

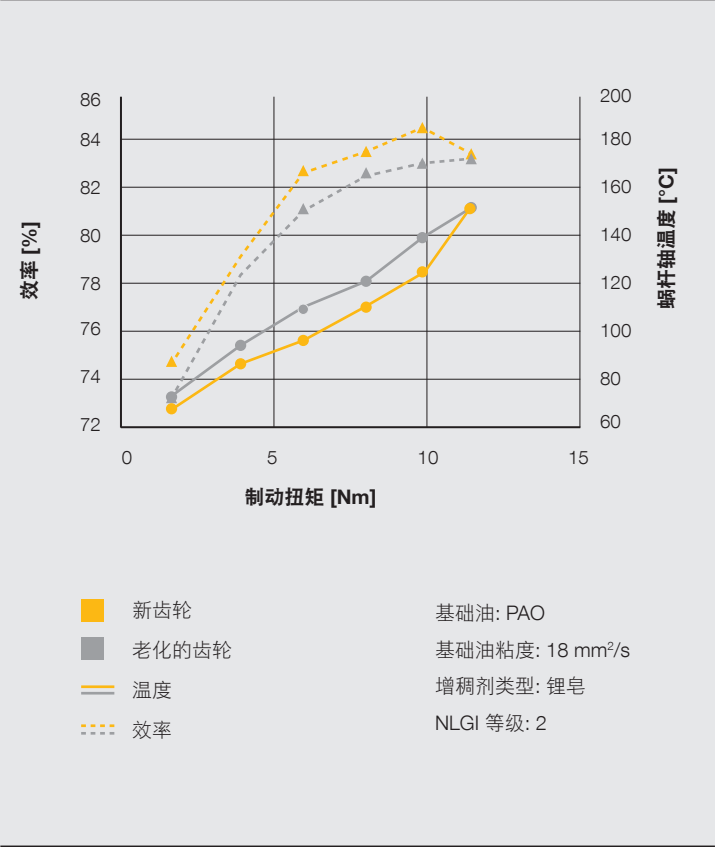
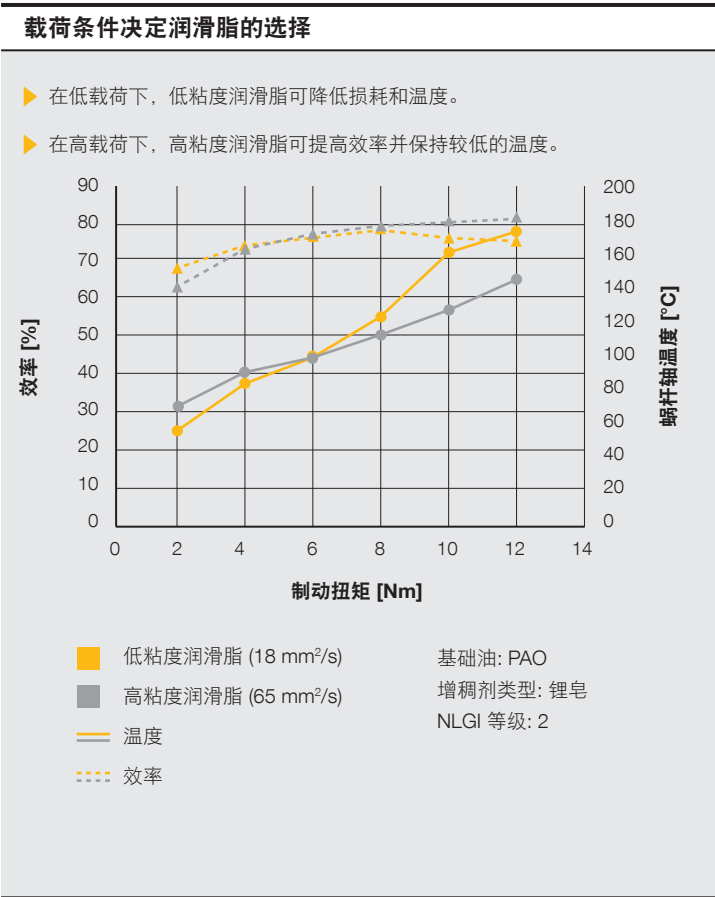
• 载荷与粘度

驱动系统决定了电踏车行驶里程，这也是终端消费者购买时一项重要参考指标。用于齿轮润滑的润滑脂在这里起到了决定性作用，因为优化润滑可以显著提高驱动系统效率。克鲁勃润滑剂公司使用自己的试验台，研究了蜗杆变速箱上的PAO锂基粘性润滑脂的效率和温度变化。尽管电踏车驱动系统使用的大多数齿轮都是正齿轮，该测试仍然可以清楚地体现出润滑效果。

• 塑料材料兼容性问题

对于塑料齿轮的润滑，润滑脂和塑料材料之间的兼容性起着至关重要的作用。如果两者不兼容，这可能导致塑料过早老化，齿轮变脆。随之改变的齿轮尺寸和增加的粗糙度会降低变速箱效率，进一步导致电踏车行驶里程缩短。在最坏的情况下，齿轮上的应力和高载荷将导致齿轮齿断裂，使电踏车驱动系统立刻停止运转。因此，根据塑料齿轮来调整基础油极性并选择兼容的添加剂，是确保电踏车驱动系统使用寿命长、免维护的关键所在。例如，下图显示新的聚酰胺齿轮比已经老化的齿轮效率更高、工作时的温升也更低。

合适的润滑脂有助于保持高效率



考虑到齿轮润滑脂对电踏车行驶里程的影响，必须在上述润滑脂粘附强度之间找到平衡。如果粘附强太高，驱动系统的效率会降低，温度也会升高。如果强度太低，则缺少足够的润滑油来延长使用寿命。

结果清楚表明，润滑脂的选择必须参考载荷类型。对于多级电踏车变速箱，必须在整个系统尽可能微调的前提下保护关键齿轮级。

润滑剂对变速箱噪音的影响

电踏车驱动系统产生的噪音可能会让人感到耳朵不适，因而受到投诉，甚至影响消费者的购买意愿。齿轮啮合更加容易产生噪音，这主要是由齿面的几何形状和材料决定的(见下图)。这些噪音随后通过作为“音箱”的轴、轴承和外壳传播。它们穿过踏板、车架和链条，最终通过空气和固体传播，传到骑行者耳中。尽管有些噪音可以被接受，但有些可能会带来困扰。钢制正齿轮产生的噪音最大，如果换成斜齿轮，即使采用同样的材料，也会降低这一噪音。若是改用钢和塑料混合材料、纯塑料接触面的斜齿轮，则可以进一步降低噪音。

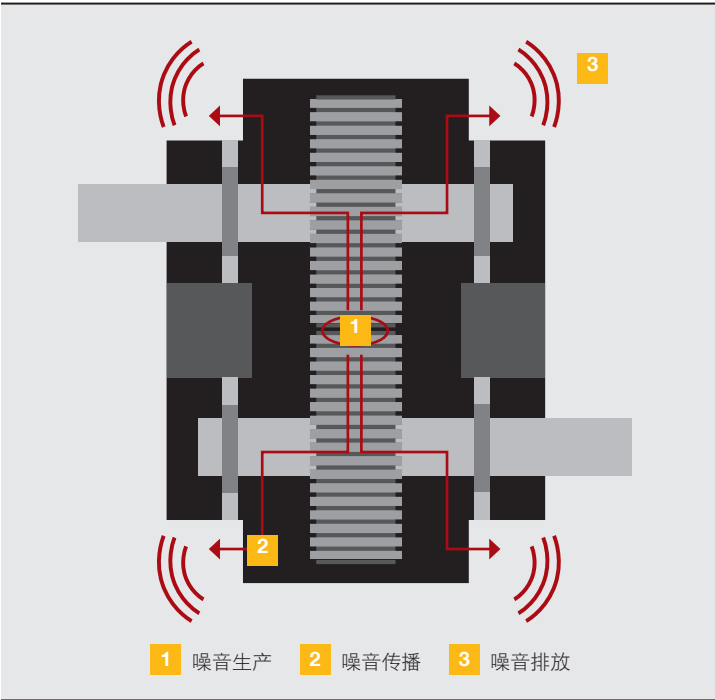
因此，齿轮设计，包括使用的（材料和公差），是降低噪音的主要因素之一。然而，齿轮的设计并不是唯一的降噪因素。作为齿轮之间的介质，润滑脂可以降低齿轮表面的摩擦系数，并起到阻尼作用来降低噪音或将噪音变得相对不刺耳。首先，润滑脂必须要附着在齿面上，油脂的粘附强度在这里再次发挥了至关重要的作用。润滑膜有助于降低啮合齿轮齿之间的噪音。稠度等级、增稠剂类型和基础油粘度等因素的相互作用决定了膜的厚度。但是也不能孤立地去考虑噪音问题，例如，降低噪音的高粘性润滑脂也可能对变速箱的效率产生负面影响。

克鲁勃润滑剂公司的高性能润滑脂——电踏车齿轮的整体解决方案

事实证明，电踏车驱动系统要求必须作为一个整体来考虑，确保使用合适的润滑脂来获得完美的骑行体验。为了延长使用寿命，润滑脂应尽可能保护材料，防止磨损并保持在润滑点。但是，这样所需的粘附强度也会影响齿轮的效率，就像通过高粘度润滑脂降低噪音的例子。我们必须找到一个平衡点，既能达到延长使用寿命所需的粘合强度，也能符合降低噪音的目标。作为专业的润滑剂解决方案供应商，克鲁勃润滑剂将帮助您选择合适的润滑脂，满足您的个性化需求，优化电踏车驱动系统。



噪音产生在变速箱内并传递到外部



润滑脂另一应用领域：电触点润滑

电踏车电池系统的插入式触点会受到各种环境影响，而特殊的表面保护可以使其整个使用寿命期间防止摩擦腐蚀、磨损，从而提高耐磨性。由涂有金、银或锡的铜合金制成的触点，可以在更长的插拔周期和更广的温度范围内承受相当高的应变。克鲁勃润滑剂在这一领域拥有丰富的产品技术应用经验，为电触点润滑提供了多样化摩擦解决方案。新产品更是为满足用户的需求而量身定制。

目前，我们正在与科学和工业领域的合作伙伴一起，不断努力为电踏车研发高性能润滑油，并将新的解决方案推向市场。我们可以为您的驱动系统制定个性化解决方案，一起打造完美的驱动系统体验，塑造可持续发展的未来。