



白皮书

新一代EAL(环保润滑剂)

航运业的润滑剂创新

KLÜBER
LUBRICATION
your global specialist

可持续发展成为主要话题

由于新的法规要求, 以及可持续经营意识的提高, 航运业正面临巨大挑战。船舶运营商需减少其对气候和水质的影响, 同时对强势增长的货物运输需求进行管理。他们正在平衡盈利能力、成本效益和环境可持续性方面的竞争目标。航运业正大量投资于优化船舶尺寸和设计以提高船舶效率。他们还在探索优化现有技术的方法。在诸如推进器、螺旋桨及其润滑等船舶的各种推进系统中, 能找到相当大的优化潜力。

此外, 还必须满足全球和地区环境法律要求。其中包括排放目标、压载水管理和防止油类污染物的排放。对于全球航运而言, 重要的是美国当前的《船只通用许可证》(VGP)和未来的《船舶意外排放法》(VIDA)对通过美国水域的所有船舶做了规定, 必须对其运营产生的污染物排放进行管理。其中包括在水润滑界面强制使用的环境可接受润滑剂(EALs)。因为在 正常运行和意外事故中, 润滑剂可能泄漏到海

中, 进而危及人类健康和环境。因此, EAL对防止海洋污染做出了重大贡献。

不幸的是高性能环境兼容性, 在润滑剂中显然是相互矛盾的两个目标。市面上的多数EAL, 其性能要比矿物油基润滑剂低得多, 因为性能取决于其设计和化学成分。包括将螺旋桨轴与螺旋桨轴承分隔的油膜厚度较薄、EAL与螺旋桨轴密封用弹性体的相容性较差, 以及/或者EAL与水的化学稳定状态较差。与矿物艏轴管用油相比, 此类弱性能点可能导致设备损坏或换油间隔更加频繁。此外这里也包括润滑剂的性能与其应用特点相互作用的问题。螺旋桨轴密封和径向轴承的设计是以矿物油为基础。如果将性能不如矿物油的EAL替换矿物油后, 对整个摩擦系统会产生深远的影响。

航运业在通往清洁未来的道路上

克鲁勃润滑剂公司是首批在可快速生物降解润滑剂领域进行研发的润滑剂制造商之一, 其研发的润滑剂是无毒的, 并符合螺旋桨轴和推进器润滑的摩擦学性能。2006年至2013年间, 克鲁勃润滑剂公司以酯油技术为基础, 开发了主导市场的用于艏轴管(Klüberbio RM2系列)和推进器(齿轮油, Klüberbio EG2系列)的EAL。这两个系列的润滑油均以酯油基EAL为基准, 获得了全部先进螺旋桨设备和推进器制造商的批准。

开发新型EAL的主要目标是保持酯基润滑油的优势, 同时延长换油间隔, 以和五年干船坞检修计划周期一致。克鲁勃润滑剂公司的新一代基于新技术的产品是一种符合《船只通用许可证》(VGP)要求, 并且具备与矿物油基润滑油相似、甚至更优性能特征的艏轴管润滑油。这项创新是船舶推进系统润滑领域期待已久的巨大突破, 是航运业实现无污染未来的重要先决条件。最近推出了名为**Klüberbio RM8-100**的新款艏轴管用油。



EAL在高负载下的问题

因为无法完全防止润滑油从螺旋桨密封处渗入大海, 为了保护环境, 《船只通用许可证》(VGP)规定, 对于用于在艀轴管中运行的螺旋桨轴的润滑剂和螺旋桨轴密封件的润滑剂要使用EAL。几家供应商提供的应用的艀轴管的可生物降解润滑剂已有近20年的历史。至今还没有油品厂家能够成功地提供一种在强润滑油膜厚度、油中掺水时的稳定性、以及出色的密封适应性等重要性能标准上, 均能与矿物油产品相媲美的EAL产品。

为什么油膜强度不够会成为问题? 在负载特别高的情况下, 例如在螺旋桨部分浸没水中或操纵困难的航行中, 润滑剂的油膜强度不足会导致金属与金属接触、以及径向轴承温度升高, 最终导致轴承损坏。许多市面上的EAL显示出抗氧化能力和水解能力不足, 以及在高负荷下的润滑能力差的问题。过度的剪切载荷可能会导致EAL快速丧失粘度, 从而丧失形成承重润滑膜的能力。高度氧化和老化会导致EAL的粘度以不理想的方式增加。化学反应过程和水分的存在往往会分解润滑剂。有可能导致部件故障, 甚至是推进系统故障。因此, 若使用市面上的某些EAL, 则会不可避免地频繁更换环保油, 增加额外的运营成本。

螺旋桨润滑的另一个挑战是当润滑油泄漏到海水里的同时海水会同样回流进润滑油里, 市面上的大多数酯油基EAL都有抗水解能力不足的问题, 这会导致TAN(总酸值)升高, 从而导致全部换油或部分换油, 以及缩短艀轴管中密封件的使用寿命。截至目前, 防止因总酸值(TAN)升高而进行早期换油的唯一方法是安装价格昂贵的过滤系统和油烘干机。然而, 这是一项重大投资, 会增加船体的复杂性。

生态兼容性与性能

开发Klüberbio RM8-100的目的是获得一种与传统EAL相比使用寿命更长、且不易水解的艀轴管用油, 并满足欧盟生态标签认证、美国当前的《船只通用许可证》(VGP)和将来针对船舶运营的《船舶意外排放法》(VIDA)的所有可持续性要求。

除了已验证的生物生态兼容性以外, 设计改良新产品的目的还是为了在与密封适应性、剪切稳定性、磨损特性、防锈和防摩擦方面能有出色的性能。解决市场上的某些EAL形成的润滑膜不够厚, 无法防止过重负载条件下艀轴管轴承的损坏, 克鲁勃旨在制作一款承重膜接近于矿物油基的承重膜的产品。

简单来说: 艀轴管的作用

无论集装箱运货船、散货船、港口拖船还是邮轮, 所有类型的船舶都有一个共同点, 即推进装置均通过各种设计的大型螺旋桨提高效率。定螺距螺旋桨和调距螺旋桨轴均在装有润滑油的艀轴管内的径向轴承中运行, 很少有例外。螺旋轴在轴承内的径向移动要比其他工业轴的径向移动大, 并且有可能因海流或激振力而加剧。

径向轴密封件或机械密封件可防止机油泄漏到海中, 并使艀轴紧贴发动机舱。由于推进器装满了齿轮油, 为防止齿轮油泄漏到水中, 需在螺旋桨轴和全方位推进器的旋转转向轴处密封。但是不可能为了防止漏油而将艀轴管或推进器进行100%密封。



艀轴管中螺旋桨轴、轴承和密封件的典型配置

测试中的EAL

两类油可视为EAL基础油: 合成油或从植物/动物脂肪中获取的油脂。虽然天然油可生物降解, 但其特性不适合制作高性能润滑剂。只有将合成技术与生物降解性结合起来, 才能制造出具有最高性能、且对环境安全的润滑剂。

通常而言, 艀轴管润滑剂必须满足几个要求。举几个例子: 确保流体动力润滑的油膜厚度、良好的承载能力、良好的密封适应性、防划伤/磨损、剪切稳定性、氧化稳定性、水解稳定性、生物降解性、低毒性等。一直以来, 矿物油因其价格优势和可用性一直主导着海洋市场, 但缺点是其毒性和生物降解性差。这就是EAL比矿物油得分更高的方面。到目前为止, 市面上已有相当多的EAL声称适用于艀轴管润滑。在合成家族中, 有几种不同类型的化学品, 但市面上最广泛的一种是酯基EAL。例如, 对于相同的粘度等级VG 100, 这些EAL能否提供相似的性能, 或是否有不同的表现一直备受争论。

上述问题由挪威船级社-德国劳埃德船级社(DNV-GL)提出, DNV-GL是一个处于世界领先地位的国际认证注册机构和船级协会。*其实验室研究表明, EAL不仅与矿物油不同, 而且两者间也存在特殊性。这些特性会影响船舶艉轴管轴承在某些特定关键操作条件下的安全度, 并可能导致艉轴管轴承出现大规模故障。每个EAL产品的化学和设计理念决定了其在应用中的安全程度。

试验规范ASTMD2619中的烧瓶实验法是说明油在有水存在的情况下相对稳定的合适的方法。易水解的油, 即酯油和水产生化学反应后会形成酸, 酸会导致艉轴管系统腐蚀或艉轴管用油与螺旋桨轴密封的弹性材料不相容。油中的酸含量可以用KOH滴定法测量。这种滴定法的测量结果是TAN(总酸值)(单位: mgKOH/g油)。

截至目前, 在酯基EAL的所有测试中, Klüberbio RM8-100的测试结果表现最好, 总酸值(TAN)几乎未增加, 同时油膜厚度维持得足够好(见下图)。上述测试结果证明, 油在有水存在的情况下非常稳定, 甚至与矿物油基艉轴管用油的稳定性相类似。

艉轴管用油应具备的另一个重要特性是在动态条件下可充分形成润滑膜的能力。这一点尤其重要, 因为合成润滑油的压力, 即粘度系数通常比相同粘度等级的矿物油更低, 因而其润滑膜会更薄。此外, 即使在高剪切速率下, 润滑剂的剪切稳定性在确保所需粘度方面也起着至关重要的作用。因此, 流体动力全流润滑触点(如螺旋桨径向轴承)中的润滑效果在很大程度上取决于使用的润滑剂的特性。即使在高负载条件下, 艉轴管用油也能通过形成足够的润滑膜, 将螺旋桨轴与轴承完全分离, 这一点很重要。这将在船舶操纵期间等极端负载条件下, 提供

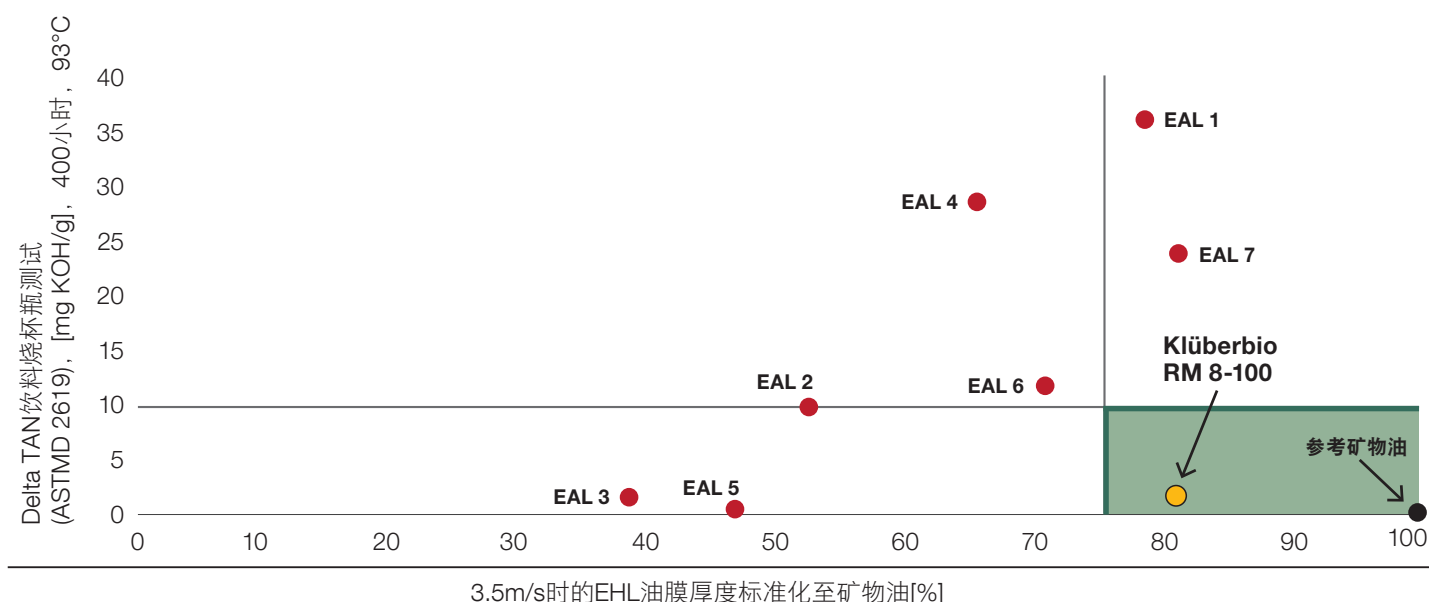
更高的安全裕度, 防止螺旋桨轴和径向轴承的金属间接触。若使用某些劣质EAL, 则在安装压力过大及高压操作条件下出现径向轴承过热或轴承损坏的情况, 但若使用经优化的具有良好流体动力油膜特性的EAL则不会。

各种环保艉轴油使用不同的合成酯类油或聚 α -烯烃(PAO)作为基础油和不同的长链聚合物作为配方可能具有很大不同的流体动力学成膜特性。尤其是当低粘度的基础油混合了长链聚合物以提高环保油整体粘度到100或150号的时候这种特性会越发的劣质。

利用PCS仪器的EHD(油膜厚度测试台)可以比较在弹性流体动力润滑(EHL)接触条件下, 不同种类环保油的润滑油膜形成特性。在我们研究的条件下, Klüberbio RM8-100形成了比其他可用EAL更厚的油膜。该研究的结果突出了Klüberbio RM8-100具备、而其他EAL无法提供的高性能。因此, 选择润滑剂时必须谨慎, 以避免损坏艉轴管轴承。

*挪威船级社-德国劳埃德船级社(DNV-GL), 环境可接受的润滑剂在某些条件下表现出能力下降, 技术法规新闻2019号15号

散点图——EHL油膜厚度与delta TAN (总酸值)



新一代EAL润滑剂

新开发的Klüberbio RM8-100成功地满足了环境和性能的最高要求。Klüberbio RM8-100会生成一层极厚的润滑膜，即便螺旋桨轴承处于高边缘载荷下也能保持。使用这种润滑膜，可使螺旋桨轴承和轴保持分离状态，并防止轴承过热或损坏。Klüberbio RM8-100与螺旋桨轴密封件中弹性材料的兼容性极佳，为其提供了最佳润滑。这确保了组件更长的使用寿命和全部功能。

在TAN(总酸值)和抗水解性方面，新产品的性能等级是酯基EAL艉轴管用油的数倍，这几乎达到了矿物油基润滑剂的标准。这表明润滑油的化学成分可防止其与通过弹性密封件进入艉轴管的水发生反应。由于TAN(总酸值)几乎不升高，因而显著延长了螺旋桨轴封和润滑油的预期寿命。

Klüberbio RM8-100是首款基于新技术的润滑剂。克鲁勃润滑剂公司还将在其为隧道式推进器和方位 全回转推进器设计的EAL齿轮油系列中采用这项新技术。

两个世界和谐共存

克鲁勃润滑剂公司已经用实际行动表明生物环保润滑剂不会为了追求绿色安全就可以在技术性能上妥协。我们Klüberbio凭借新一代的艉轴管和齿轮油优异的润滑性能，产品性能来表明要比竞争对手生产的直接以矿物油为基础的润滑剂优越得多，而且我们的产品还可生物降解，且无毒。

使用Klüberbio RM8-100的用户不仅可获取技术先进的产品，满足法律环境要求，同时还可以体验传统矿物油基润滑剂所具备的极佳性能等级。这对于可持续提高的要求而日益增加的国际航运业务尤其重要。

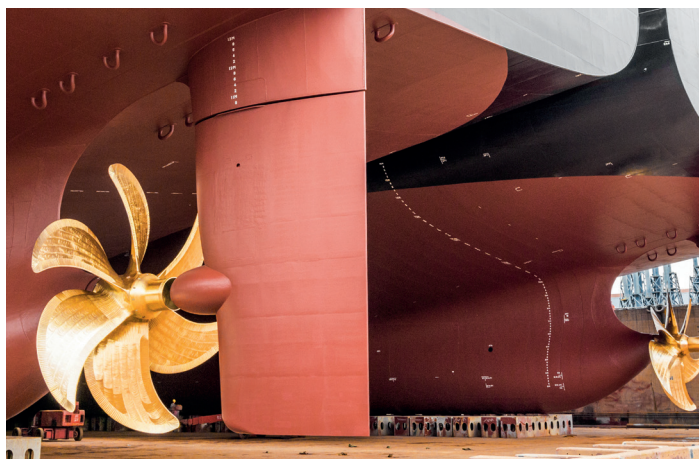
简单来说：VPG和EAL

虽然这些个别润滑油泄漏中的大部分规模较小，但航运活动的增加意味着这将构成日益严重的环境问题。海水中微生物分解含有添加剂的矿物油的速度很慢。特别是矿物油产品中所含碳氢化合物和添加剂可能对海洋生物有害。

为了限制润滑剂等有害介质泄漏，美国颁布了《船只通用许可证》(VGP)，于2013年生效。《船只通用许可证》(VGP)将被新的《船舶意外排放法》(VIDA)所取代。矿物油基的标准润滑剂仅在特殊情况下允许用于螺旋桨、推进器和其他带有水润滑界面的设备的润滑。唯一允许使用的润滑剂是那些投放到市场上作为环境可接受的润滑剂(EAL)。EAL必须具备以下特征：

- 非生物累积：化学物质可能不会在有机体组织中累积并进入食物链
- 可生物降解：润滑剂的成分必须在28天内自然分解至少60%的配方
- 对水生生物无害：润滑剂不得阻碍水生生物的生长或危害其健康

这显示了确定EAL与润滑剂泄漏对水和水中微生物产生影响的相关标准。生物蓄积描述了化学物质在生物体内积累的程度；生物降解是指润滑剂分解为无害成分的时间间隔。低毒润滑剂对海洋生物没有影响或影响很小。



版本03.21

出版商和版权：

克鲁勃润滑剂(上海)有限公司

Geisenhausenerstraße 7, 81379 München, 德国

注册证书46624

www.klueber.com