润滑

润滑脂的高温性能及其科学应用

针对同一款润滑产品依据不同原理、采用不同方法测定出的高温极限值会有很大区别，常常在用户选择合理的润滑产品时造成困扰。为避免这一问题，埃克森美孚利用其丰富的经验科学评估润滑产品的高温性能，帮助用户更合理的选择润滑产品。

文 | **周苏平**，埃克森美孚（中国）投资有限公司总工程师

随着工业化水平的提升和各行业的发展，越来越多机械设备的润滑部位处于高温环境，选择具有杰出高温性能的润滑脂对满足设备的高温润滑要求无疑具有重要意义。但是，同一款润滑脂产品依据不同原理、采用不同方法测定出的润滑脂高温极限值会有很大的区别，如果在不清楚这些高温值测定背后的原理，只凭借产品所宣称的耐高温值而进行采购或制定润滑方案可能会事与愿违，并对机械设备的运行产生不良后果。

滴点 - 评定高温性能的老方法

过去，宣称为高温润滑脂的依据通常是其“滴点”。“滴点”代表的是在测试中润滑脂内的增稠剂失效，即增稠剂失去凝聚作用，不能保持内部油时的温度。“滴点”主要是被用来在生产质量控制试验中确定正确的增稠剂形成的参数，而非表现润滑脂性能的指示参数。滴点温度并不代表润滑脂的实际耐高温性能的情况，而人们也无法用滴点温度数值减去某一数值的方法得到润滑脂的实际耐高温值。

图 1 DIN51821(FE9) 测试

轴承测试 - 现代评定方法

确定润滑脂高温性能的较好方法是标准轴承测试。这种测试通过提高操作强度以加速润滑脂的老化过程，从而来测试润滑脂的高温性能。限制润滑脂高温性能的因素包括因增稠剂和基础油的氧化而引起的老化；由于润滑脂析油和蒸发而引起的基础油的损失。总的来说，轴承测试是一种动态润滑脂测定方法，其更能体现润滑脂在日常机械运作中的真实情况，因而基于这种方法测定的最高极限温度比基于滴点所得的数值更为真实可靠。

有多种不同类型的轴承测试方法都可以用来评估润滑脂的极限高温，这些不同的测试方法都会用到一个基本的装置，那就是轴承被安装在 5 套平行摆放的相同的设备上进行测试。根据每套设备上润滑脂失效的时间，并利用威布尔（Weibull）统计法就可以确定 50% 的轴承停止正常运作的时间点，即所谓被测试润滑脂在给定温度下的“L50”寿命，由此得出润滑脂的高温极限。

高温润滑脂轴承测试的具体方法有：ASTM D3336 测试、SKF R0F+ 测试以及 DIN 51821（或 FE9）测试。

ASTM D3336 测试：该方法一般让 5 个 6204 滚珠轴承以 10 000 r/min 的速度按照持续运行 20 h 后停止 4 h 的循环连续运作，直至润滑脂出现温度剧增或轴承出现扭矩过大的情况，即可判定润滑脂失效。

SKF R0F+ 测试：在此测试中，5 个测试装置上各安装两个 6204 试验滚珠轴承，并让它们连续运行。轴承温度剧增时，说明润滑脂失效。此装置的运转速度和载荷可灵活改变，但通常采用较轻载荷并把速度设定为 10000r/min。可根据 L50 寿命超过 1000h 中出现的最高温度确定润滑脂连续运行温度的上限值。

DIN 51821（或 FE9）测试（图 1）：采用 7206B 向心止推滚珠轴承，并使其在 3 种标准模式中的任意一种模式下运行。方法 A 为在无密封盖的轴承中注入 2 ml 润滑脂，

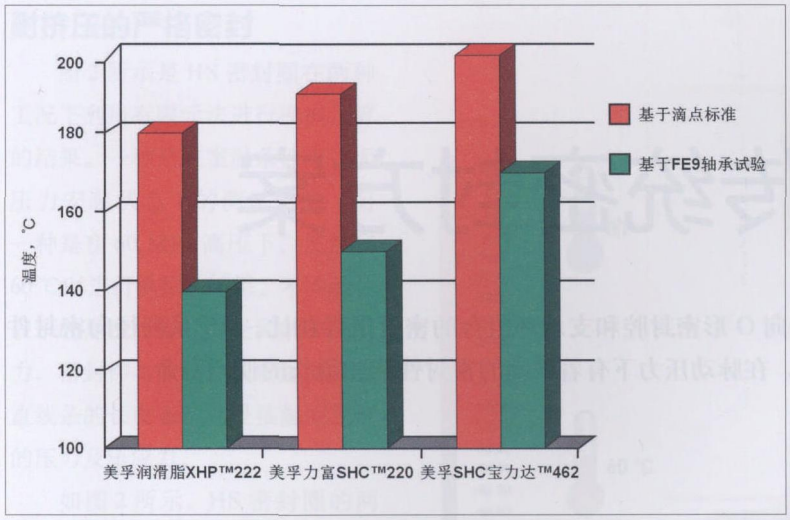

图 2 轴承测试比滴点提供了更为真实的操作温度参考

并施加大小为 1500 N 的轴向载荷，然后使之在 6000 r/min 的速度下运行，从而确定润滑脂的最高温度极限。当轴承扭矩增大时（也就是装置电源供给需求增大时），说明润滑脂失效。在 DIN 51825K 类润滑脂中，润滑脂的极限高温是其 L50 寿命达到 100 h 中出现的最高温度。

科学评估润滑脂的高温性能

理解润滑脂耐温范围测定原理和方法后，企业可在选择高温润滑脂产品时进行科学评估并作出恰当选择。埃克森美孚的产品测试直观展现了“滴点”和“轴承测试”测定高温数值的差异及在差异背后蕴涵的对润滑脂高温性能的科学判断（图 2）。

美孚润滑脂专门设计用于满足工业设备中各种各样的极端运行条件，其中就包括超高温的状况。美孚润滑脂主要的产品系列包括：

美孚润滑脂 XHP™ 系列——该系列润滑脂设计用于多种重型设备。美孚润滑脂 XHP™ 具有卓越的性能，能够延长换脂间隔，特别适用于严苛条件。美孚润滑脂 XHP™222 已经获得了 150 多家主要设备制造商的认可或授权。

美孚力富 SHC™ 系列——该系列产品经科学研配，能胜任极端温度下的严苛应用需要。其均衡的配方使其成为各种机械设备与零件润滑的理想选择。美孚力富 SHC™ 润滑脂的性能得到了超过 370 家重要工业设备制造商的认可或授权。

美孚 SHC 宝力达 ™ 系列——该系列润滑脂专门设计和用来帮助改善设备可靠性，解决各种应用领域中的高温润滑问题，旨在实现设备的无故障运行，从而降低维护成本并让生产力提高。美孚 SHC 宝力达 ™ 系列经过 NSF H1 等级登记并通过犹太和清真洁食认证。

对这 3 种系列的具体产品进行不同方法的测试，可以发现基于滴点标准测定的美孚润滑脂 XHP™222 保守的高温极限值是 180 ℃，而美孚力富 SHC™220 和美孚 SHC 宝力达 ™462 的高温极限值很接近，由于它们采用的是合成基础油，因而性能更佳，所以两者的高温度上限值比美孚润滑脂 XHP™222 还要更高一些。与之形成鲜明对比的是，通过 DIN51821(FE9) 轴承测试得到的结果则分别是：美孚润滑脂 XHP™222 的耐温极限为 140 ℃，美孚力富 SHC™220 为 150 ℃，美孚 SHC 宝力达 ™462 为 170 ℃。

这两种测试得出的数值差异意味着在实际的润滑应用中润滑脂的寿命会有显著延长的可能，从而具有重要的参考意义。基于此，美孚的工程师团队通常会以轴承测试得出的高温值为依据向用户提供设备运行的建议。不过当设备润滑部位超过上述推荐温度时，美孚工程师也会指出在这种情况下短时间的运行也是允许的，但需要对换脂间隔进行适当调整。总之，在评估不同的润滑脂产品是否能满足应用需求时，务必确保它们的高温极限值是基于同一种方式测定得出的。

美孚 ™ 润滑脂因其卓越的性能被广泛应用于食品、化工、塑料、水泥、钢铁、加工与装配、纸浆与造纸等诸多行业的高温应用场合。某国内甜菜加工厂在使用了美孚 SHC 宝力达 ™462 润滑脂后，每年节约了零部件及维护成本 23 000 美元（所引用的数据和结果是基于埃克森美孚对特定用户使用有关美孚产品的测试和分析，并经该特定用户确认。该产品的实际应用效果对不同的用户可能由于设备的种类、运行条件和环境、保养情况等的不同而有所差异。）。这家工厂原来在蒸汽干燥器关键部件上使用了另一家公司的润滑产品，在 150 ℃高温潮湿的环境中连续运作后，由于无法控制的析油现象导致了水闸侧壁及润滑油环发生过度磨损。之后，该厂在紧张的制糖期内换用了美孚 SHC 宝力达 ™462，使用一段时间后对关键部位的检查发现无磨损迹象，且润滑脂保持着一定的稠度，从而确保集中供脂系统的正常运转。

美孚 ™ 润滑脂具有先进的配方，可解决各种应用领域中的高温润滑问题，帮助设备实现无故障运行并延长重新润滑周期，从而降低维护成本，让企业从安全、环保和高效的生产中受益。MM