



圣戈班汽车聚合物解决方案白皮书



如何为传动应用密封件选择合适的材料？

圣戈班高性能塑料（上海）有限公司

上海市闵行区昆阳路 1476 号 · 电话：021-5472 1568 · 咨询邮箱:sales.pplcn@saint-gobain.com
www.plastics.saint-gobain.com.cn

如何为传动应用密封件选择合适的材料？

旋转连接是动力总成应用中为离合器和执行器提供油压的常见解决方案。大多数情况下，其中包含两个位于旋转轴供油通道两侧凹槽中的矩形密封件。密封设计与活塞环非常相似，但轴不存在往复运动。最初使用的是灰口铸铁材料，但后来 90 年代被 PTFE 代替。如今该密封件几乎完全采用高温热塑性塑料制成，这种材料具有比以往解决方案更高的负载能力、更低的拖曳扭矩和泄漏性能。

诸如聚苯硫醚（PPS）、聚醚醚酮（PEEK）、热塑性聚酰亚胺（TPI）和聚酰胺酰亚胺（PAI）之类的聚合物能够与各种纤维和添加剂组合生成各种复合物。就这方面而言，为新应用选择材料可能会成为一项挑战。第一个方向是图 1 中给出的公称密封直径和压力范围的关系。

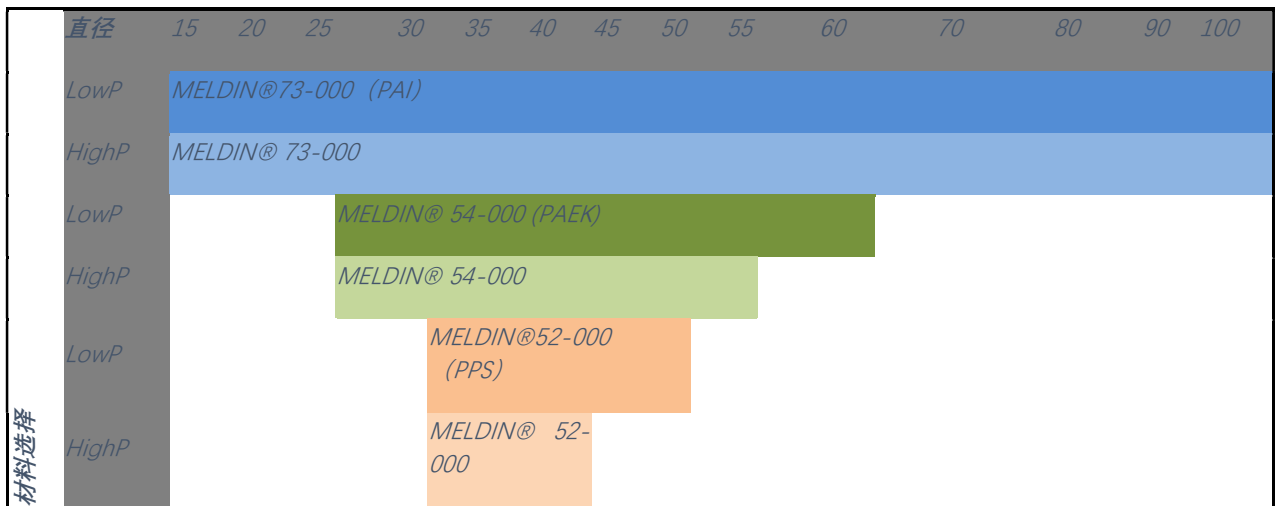


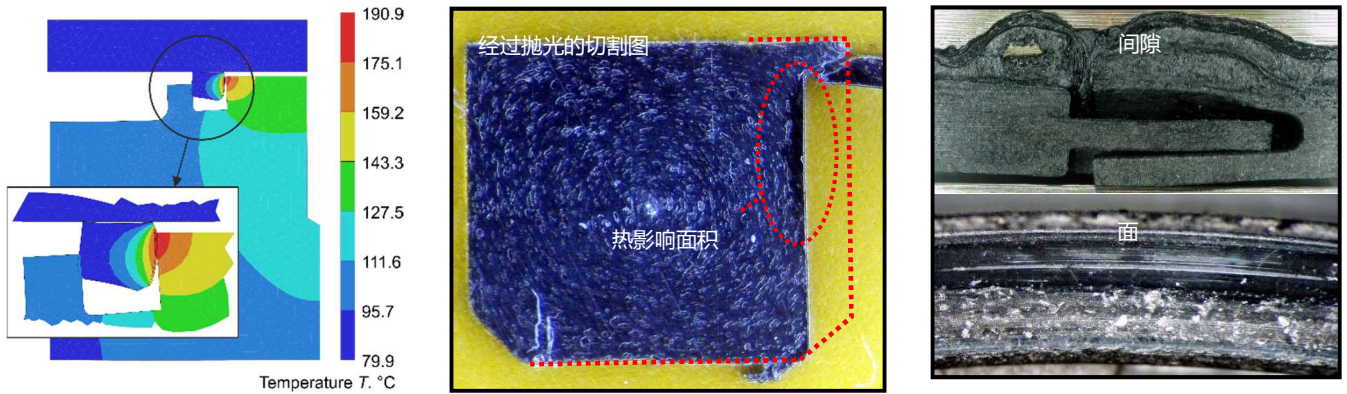
图 1

让选型更加准确的关键在于了解此类密封件的潜在失效模式。其中包括以下情况

- 1) 热失效
- 2) 磨损
- 3) 机械失效

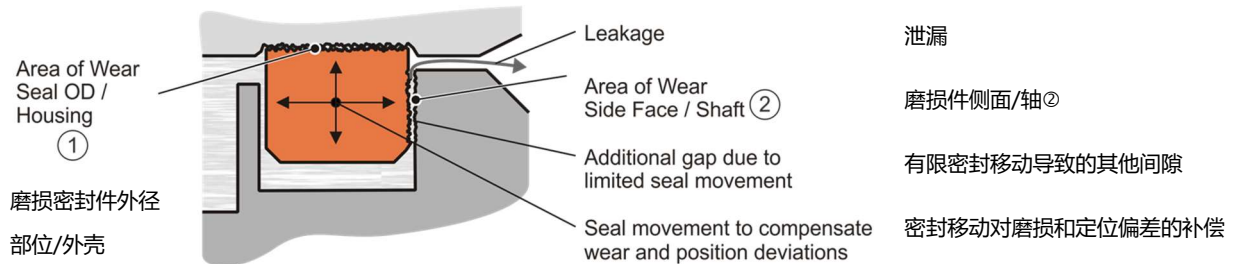
热失效案例

如果发生热失效，密封环表面会由于摩擦相关的温度升高而变软或熔化。这通常会导致油在密封接触部位中断并因此强化摩擦加热效果，最终让部件变形，从而失去密封功能。凹槽内的关键接触部位位于存在最高压力和最高温度的轴边缘附近（图 2）。



磨损

只要密封圈与坚硬的配合表面（钢）组合使用，磨损一般就会发生在密封件侧面。在整个使用寿命中，光滑表面 0.1 毫米的磨损深度以及粗糙表面 0.25 毫米的磨损深度都很常见，且可通过自适应设计进行补偿。（图 3）。在实践中问题比较少见，并且可以通过调整粗糙度轻松解决。基本上，越硬的相对表面就需要更光滑的表面光洁度。



①	<p>在“密封外径与孔”接触处的磨损：</p> <p>严重磨损不可接受。磨损痕迹可防止密封件发生移动/密封。与软质材料（铝）结合使用的情况下尤其要注意。</p>
②	<p>在“密封侧面与凹槽”接触处的磨损：</p> <p>不算严重的磨损。密封件可通过轴向浮动补偿磨损。典型磨损凹痕最大十分之一毫米（0.1 到 0.3）。</p> <p>关键点：密封袋的一致性。</p>

图 3



柔软的相对表面材料（铝、灰铸铁）需要特别检查。对于这类组合而言，金属部件本身的磨损也可能存在危险。这类应用需要适当的尺寸或特殊密封设计才能防止密封和软质配对件之间发生移动。

机械失效案例

在安装过程中出现机械问题往往必须要将密封圈扩大到超出轴径。如果膨胀超过材料的弹性极限，其就会断裂。通常，材料会在最薄弱的部位、注塑口或熔接线（如有）部位失效。密封件和轴在周围孔内的安装也可能会出现问题。如果密封环伸出太远，其会被切断，无法再发挥功能。

因此，小密封圈（直径小于 30 毫米）最好选择具有高断裂伸长率的非增强材料。对于大密封件，少量的纤维增强很有好处，并且还能实现具有足够性和精密公差的较小横截面。

实用方法

实际上，材料选择首先要考虑到热失效情况，因为在选择过程中其占据主导地位。详细说明如下。基于相对熔点而言具有合理安全性的给定材料，可以查看组装过程。为此，需要对所有配合组件和相关轴承进行全面的公差分析。最后，根据经验数据估算磨损。该方法可能必须反复使用多次，直到找到合适的材料为止。

当然，模具填充问题也会影响选择。但在出现问题的情况下，可以通过调整密封件的横截面解决这些问题，因此仅存在间接性影响。

热失效案例详细分析

密封处的表面温度对于热失效问题至关重要。其应始终远低于材料的临界极限。该极限接近于无定形聚合物的玻璃化转变温度，并且介于半结晶聚合物的玻璃化转变温度与熔融温度之间。大致情况如图 4 所示。

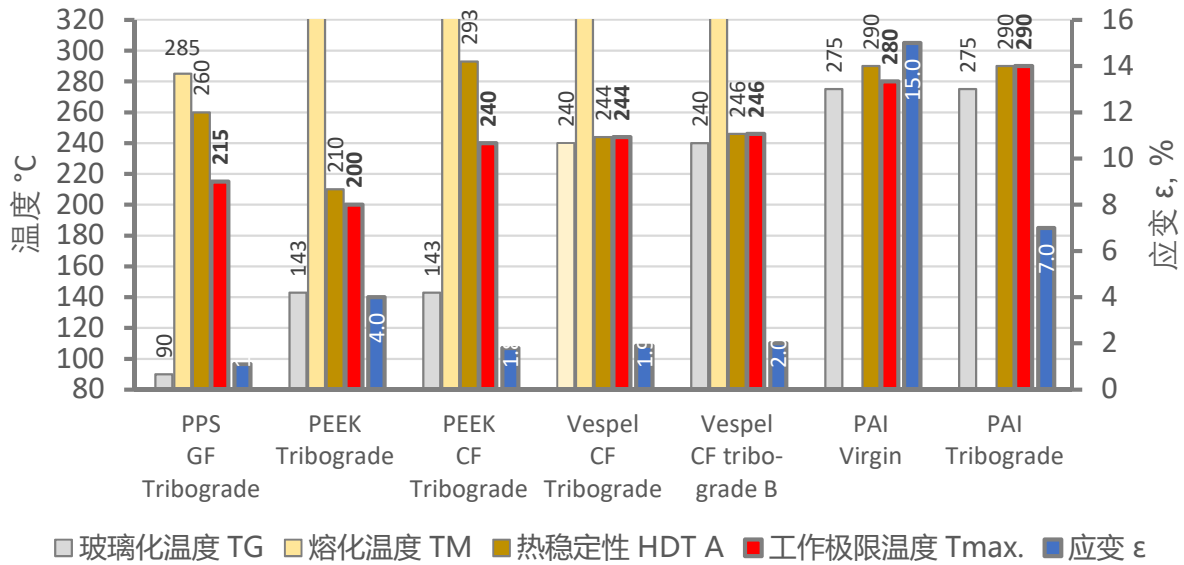


图 4

表面温度本身就是应用环境温度（通常是油底壳）与密封圈摩擦所致温度升高之和。对于单项应用，其仅为相关摩擦力的函数，并且几乎与材料、密封件设计和周围油的类型无关。

$$T_{Surface} = T_{oilsump} + f(P_{Loss}, thermal\ system\ set - up)$$

这是由于与密封环的影响相比，整个系统的散热特性更为关键。图 5 展示了 62 毫米密封系统上的这种相关性。进行各种的测试，包括各种设计和材料的表面温度测量。

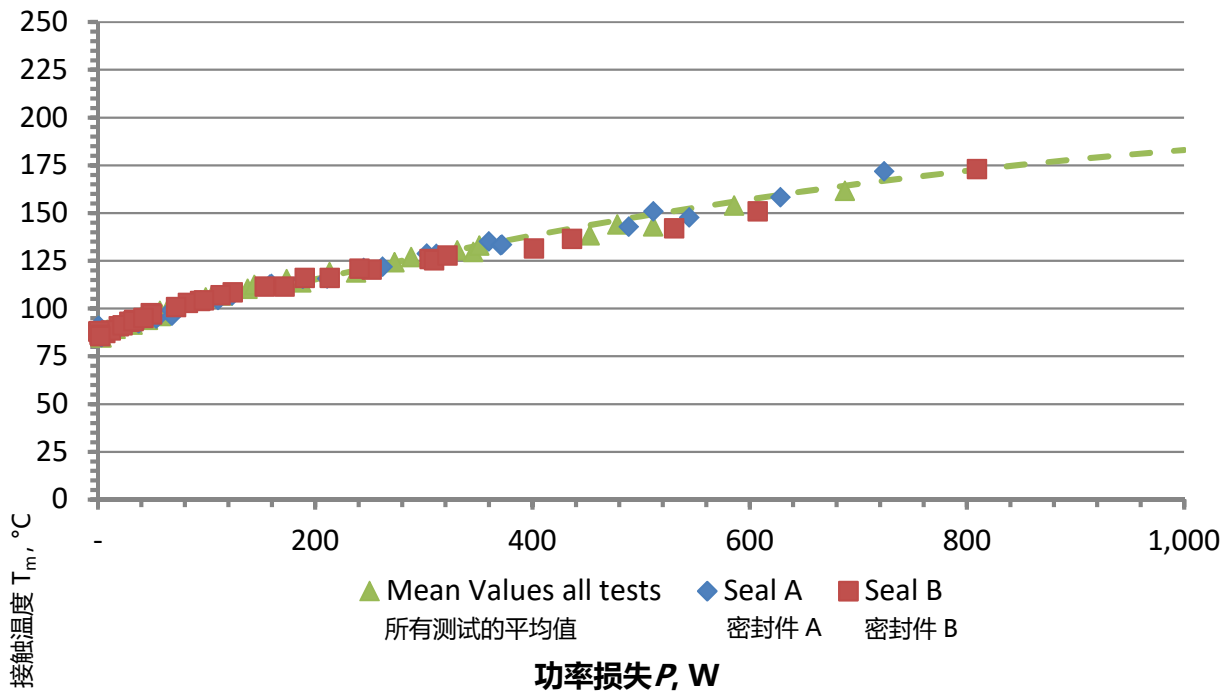


图 5

当然， $P_{\text{损失}}$ 取决于密封件的设计和材料的选择。其通过作用在滑动表面上的剪应力乘以速度的积分得出。一个很好用的计算变量模型可在“用于汽车变速箱旋转连接的矩形密封件-系统分析和优化，CTI2006”中找到。材料的影响体现在摩擦系数中。

$$P_{\text{Loss}} = f(\text{design}, \text{CoF}) = v \cdot M_F$$

$$M_F = \mu_F (G) \cdot \int_{r_i+h_f}^{r_w} \int_0^{2\pi} \rho_{K,F} \cdot r \, d\phi \, dr$$

$$\rho_{K,F} = \rho_1 \cdot (k_F - K_{\text{Sp},F}) - \rho_{\text{dyn},F}$$

与给定的热极限相比，其可以对比不同的设计、材料（CoF 冲击）和安全裕度。最佳选择往往不是具有最高热阻的材料，而是能够在最高热阻和相应温升之间获得最大限度折中的材料。

实际示例

下面以 $\varnothing 62\text{mm}$ 密封件为例说明实际应用情况。图 6 显示了基于给定密封圈设计“A”的接触温度。其基于 PAI 材料，并具有优化静压力释放空间。在考虑到各种条件下，均可达到超过 40 K 的安全度。

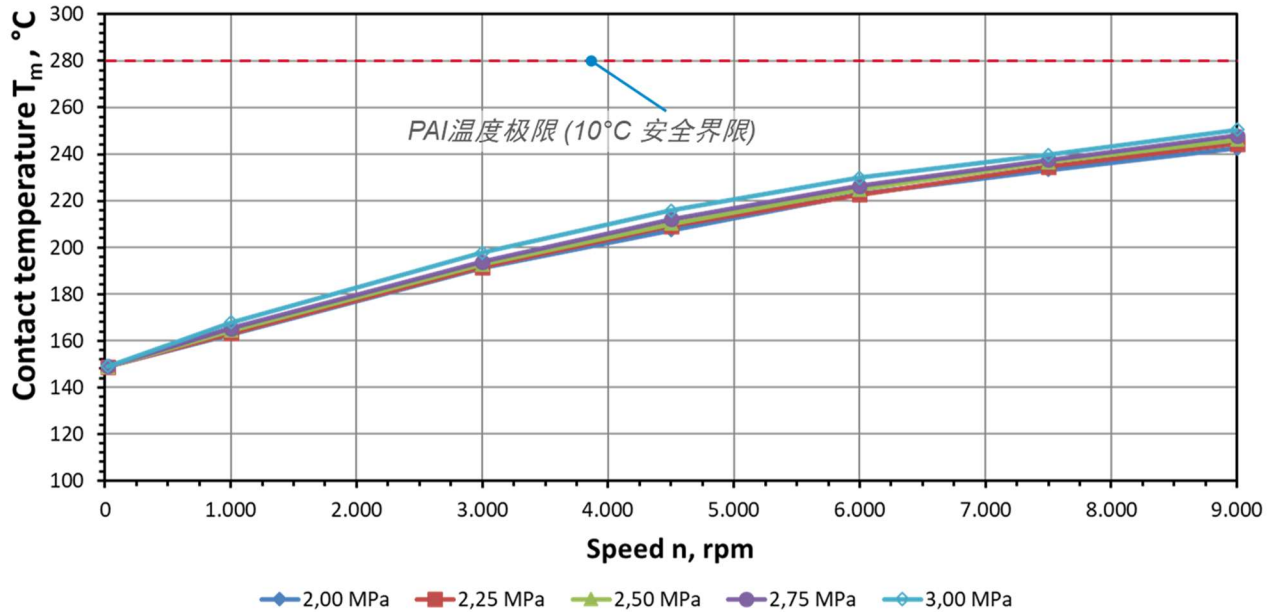


图 6

对于基于纤维增强 PEEK 材料的密封设计“B”，最高转速不能超过 6000 rpm（图 7）。有趣的是，在这两种情况下，压力负载远不及基本速度重要。这主要是由于 CoF 在较高压力下下降的结果。

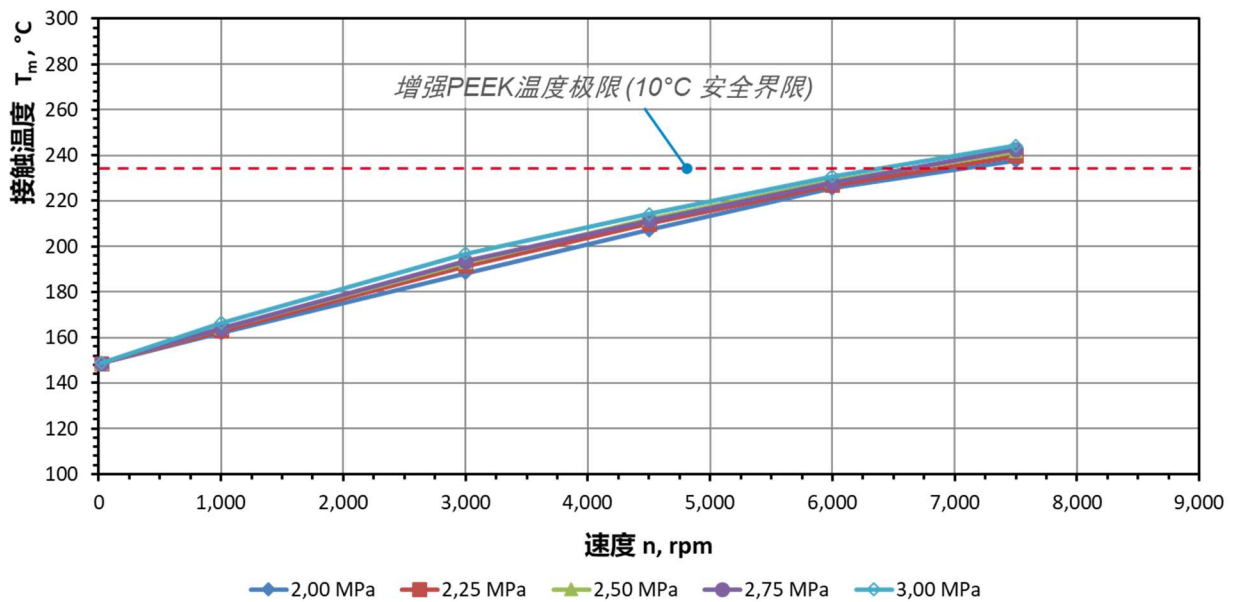


图 7

结论

维持汽车系统的终生舒适性和控制力正在推动对动力总成技术中高性能密封和材料解决方案的需求。圣戈班汽车聚合物解决方案（APS）与主要客户就聚合密封和材料解决方案进行合作，以提供通用解决方案。选择合适的密封件或材料解决方案至关重要。密封件直径、密封间隙、速度和压力范围等参数会影响密封件的负载情况。必须考虑三种主要的故障模式。

- 1) 热膨胀失效
- 2) 磨损
- 3) 机械性能失效

本技术白皮书分享了各种测试的结果。最后证明了在关键应用中，最佳选择是耐温性和温度升高的折衷。

圣戈班汽车聚合物解决方案的密封件和材料（例如 Meldin®热塑性塑料）是精确匹配的定制解决方案，由于其出色的耐高温和耐油性而非常有价值。

作者：



Mirco Gronitzki 博士

圣戈班汽车聚合物解决方案

技术咨询，请扫描下方二维码：



或发邮件至：sales.pplcn@saint-gobain.com