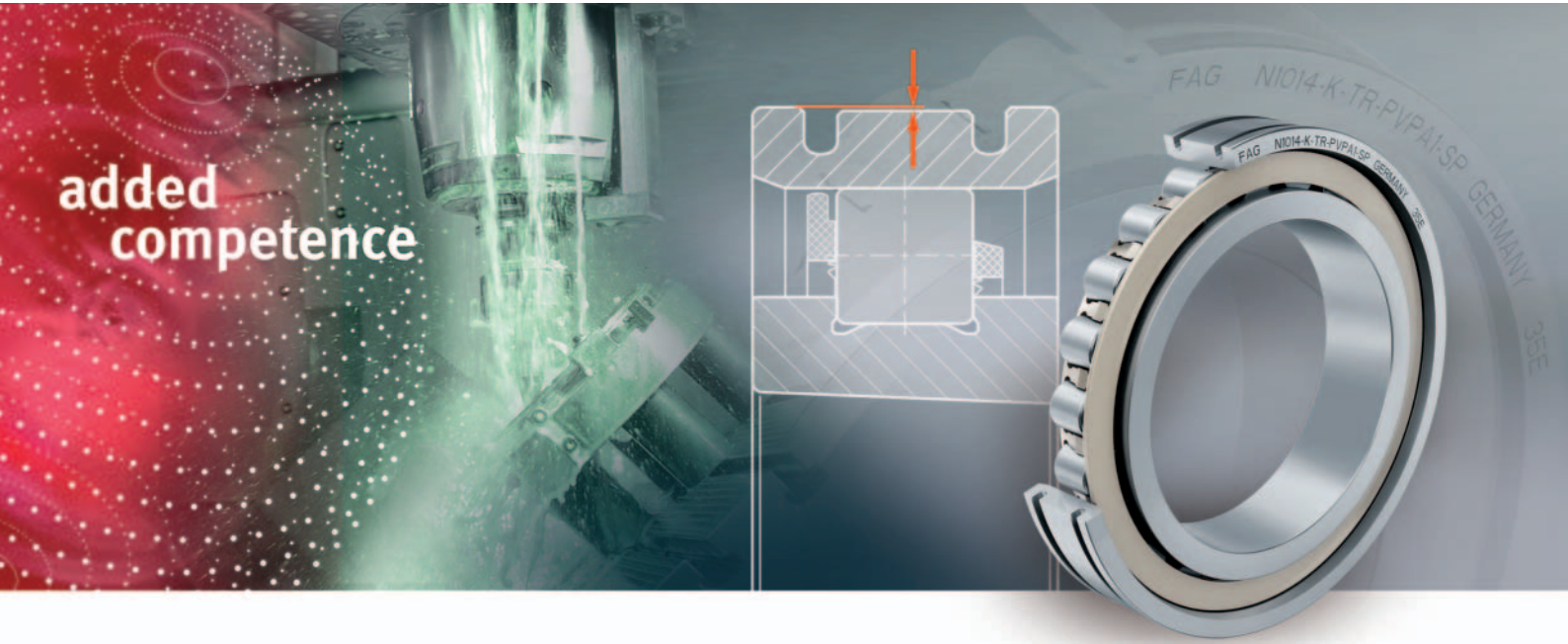




FAG



FAG N..-TR – 圆柱滚子轴承

用于电主轴的热稳定性部件

FAG N..-TR – 圆柱滚子轴承

订货举例：N1014-K-TR-PVPA1-SP



图 1 · 圆柱滚子轴承 N..-TR

新的热稳定 FAG 高精度圆柱滚子轴承 N..-TR 通过其新型设计，首次将圆柱滚子轴承的安全浮动轴承功能与极高速能力及不同温差的适应性相结合，图 1。

由于优势明显，N..-TR 将成为适合大量电主轴应用的理想浮动轴承，并在今后对该领域的设计产生重大影响：

- 安全的浮动轴承功能
- 温度波动补偿
- 极高速度能力
- 最优润滑剂分配。

如今的电主轴：复杂的折衷方案

若要补偿轴和轴承座之间由于热胀冷缩而造成的长度变化，外圈不带挡边，纯粹作为向心轴承使用的单列高精密圆柱滚子轴承基本上是理想的浮动轴承。锥形内孔可以在安装过程中调节圆柱滚子轴承的径向内部游隙，使得轴承可以无游隙或小预载运转，图 2。然而，对于在电主轴中的应用，标准的高精密圆柱滚子轴承目前有两个明显的劣势：一方面，它的浮动端经常达不到工作端可以达到的速度；另一方面，轴和轴承座之间的温差时常变动，造成径向内部游隙变化，从而可能导致滚动接触载荷极高，图 3。径向变形会增加接触应力，进一步增加摩擦力，轴承会出现过热，从而加大径向变形，最终使轴承失效。

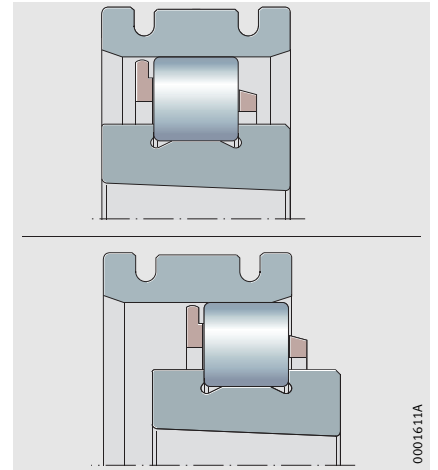


图 2 · 圆柱滚子轴承 – 浮动轴承中的滑动功能

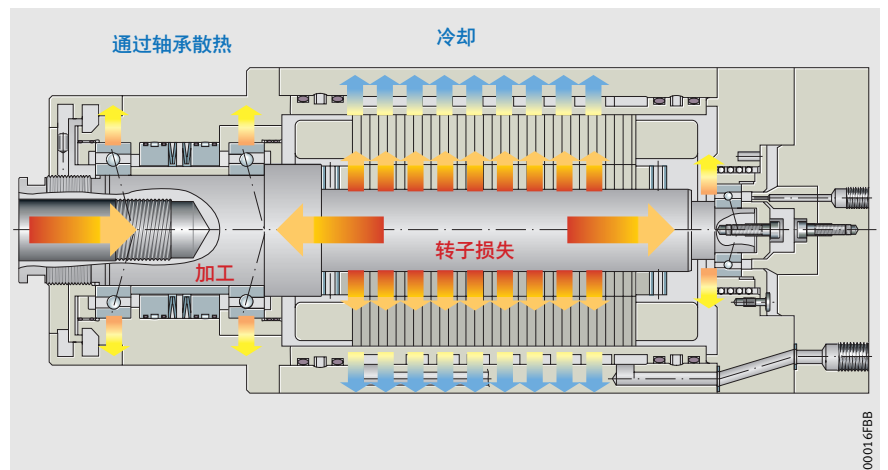


图 3 · 电主轴中的热源和散热

因此目前，电主轴中浮动轴承的位置通常使用角接触球轴承，但这其实是折衷方案：外圈与轴承座之间的弹簧调节机构实现滑动功能。如果外圈与轴承座之间的温差或外圈在轴承座中倾斜导致弹簧被卡住，滑动功能便容易丧失。

因此，为了保证浮动轴承的功能，经常会选用带有滑动衬套和直线球轴承的复杂的相邻结构，图 4。

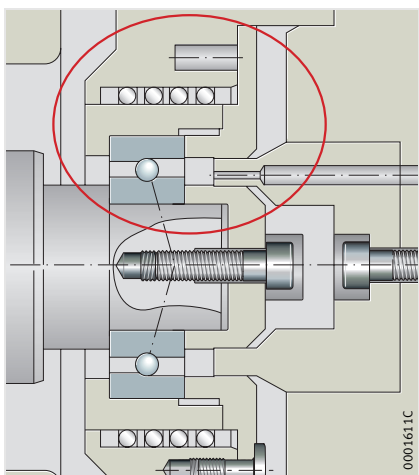


图 4·复杂的折衷方案：
采用滑动衬套的弹簧调节浮动轴承

因而，由于标准圆柱滚子轴承对径向内部游隙变动敏感，当速度非常高（尤其是电主轴）的时候，只能采取脆弱而复杂的设计方案，涉及多个配合面、大量部件及繁琐的安装工作。

未来解决方案：

具有标准尺寸的径向弹性系统

热稳定的圆柱滚子轴承具有弹性外圈，可以补偿由于径向内部游隙变化引起的变形。外圈符合先前的标准尺寸，具有两个凹槽，图 5。

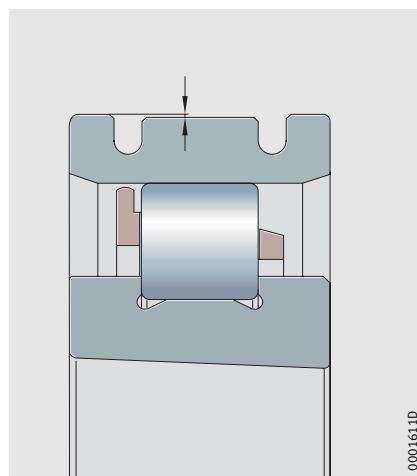


图 5·弹性外圈

在凹槽之间，外径有少许径向凹陷。这样，当温差变化时，外圈的中央部分可以径向膨胀，轴承可以实现“径向呼吸”。

径向内部游隙出现变化时，工作中的接触应力上升幅度较小，从而防止出现径向内部游隙减少，摩擦进一步增加的恶性循环。即使出现 40 K 的温差，接触应力仍远低于 1500 MPa 的疲劳极限。

减少润滑剂损耗

轴承的最高转速主要受制于轴承中产生的摩擦。如果可以将工作中产生的热量保持在恒定值，或（理想情况下）将其散发到周边区域，轴承温度便可维持在许可区间，润滑剂便可达到较长的工作寿命。

由于在这种情况下，相关的摩擦始终较少，因此接触力和接触应力亦较小，使得润滑剂损耗降低。

径向呼吸系统：

- 安全的浮动轴承功能和温度波动补偿。
- 对于标准设计 N1011-K-PVPA1-SP 轴承（无游隙安装）与相应带弹性外圈的 N1011-K-TR-PVPA1-SP 轴承，[图 6](#)，法向力和接触应力是温差的函数。

适应极高转速

FAG 高速圆柱滚子轴承已经上市两年，速度能力比之前的标准高 60%。这种轴承带有钢质滚动体，可以实现之前采用陶瓷滚动体才可能达到的速度参数。通过巧妙方式尽量减少轴承中两个关键热源产生的摩擦，即滚动接触面和保持架摩擦，从而提高速度。

标准的高精密圆柱滚子轴承采用滚动体引导的黄铜保持架。另一方面，高速圆柱滚子轴承采用摩擦性能优化，外圈引导的 PEEK 保持架。

另外，通过优化滚子和内圈接触形状，减少了滚动接触面的摩擦。在采用 PEEK 保持架轴承的设计中，热稳定的圆柱滚子轴承具有和高速圆柱滚子轴承相同的内部优化设计，从而实现更高转速。

关于这种轴承的更多信息，请参考样本 AC41130 《超精密轴承》，可以索取该样本或访问下列网站查阅：

www.schaeffler.com 或 www.fag.com，[图 7](#)。



图 7 · 样本 AC41130：《超精密轴承》

优化润滑剂分配

圆柱滚子轴承对过量润滑敏感。尤其是脂润滑情况下，润滑脂快速分布，并去除滚动体之间多余润滑脂，这样，滚动运动中的高强度搅动才不致造成损害。

外圈两侧引导的 PEEK 保持架确保工作中的低摩擦。这种保持架更重要的好处在于，不论内圈位置如何，至少有一个保持架横梁始终由外圈引导。

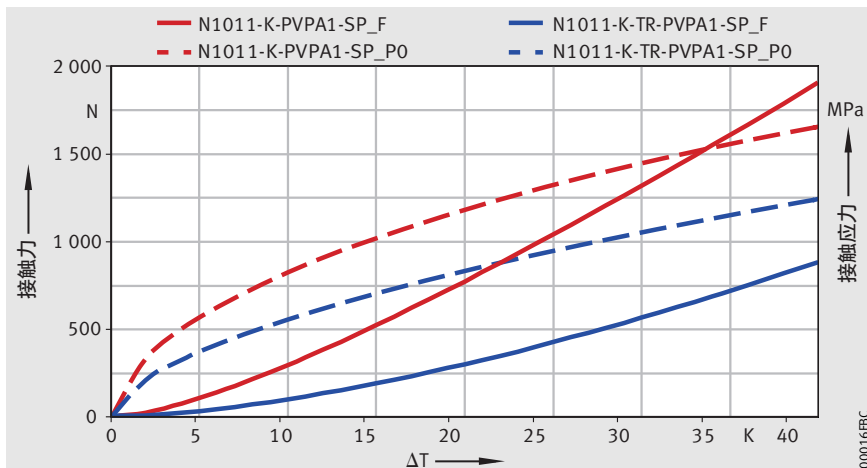


图 6 · 比较 - 接触力和接触应力

因此，内圈两个方向的可能位移大小均相同，并受外圈滚道宽度的限制，如同保持架是滚动体引导的圆柱滚子轴承。

然而，两侧引导保持架的缺点在于，由于引导间隙较小，滚动体之间的多余润滑剂排出去存在困难。因此，脂润滑轴承中润滑脂的分布过程时间较长，并且滚动可能导致润滑脂损害。

单侧引导保持架

在电主轴的浮动端，工作中仅产生单向位移。由于电机和外部冷却造成的热损失，轴的温度高于轴承座的温度。

这样，内圈会脱离电机。这样便可使用单侧引导的保持架，因为圆柱滚子轴承总是以内圈内孔较大直径一侧朝向电机的方式安装，图 8。

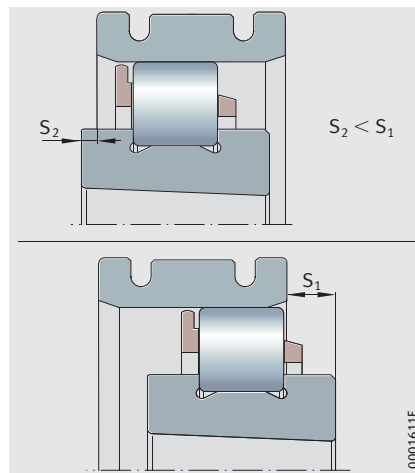


图 8 · 单侧引导的保持架 - 位移距离 S_1 和 S_2

更快的润滑脂分布过程，更低的温度水平

由于单侧引导的保持架，可以大大加速将多余润滑脂排出轴承。因此，可以缩短润滑脂分布所需的时间。由于滚动造成润滑脂损害的风险也大大降低。

客户经验表明，这种方案可加快润滑脂分布过程，降低最高温度。磨合后，可实现较低的温度水平，并且波动范围较小。

总结

新型高精度圆柱滚子轴承 FAG N...-TR 具有径向弹性外圈，从而首次通过绝佳方式，实现对温度波动的补偿，并且在电主轴的浮动轴承位置上实现极高的速度能力。优化的润滑脂分布过程及较低的工作温度水平，更是提高了浮动轴承功能的安全性。



联系人

陈士玮

电话：+86 21 3957 6597

电邮：chensiw@schaeffler.com

舍弗勒贸易（上海）有限公司

嘉定区安亭镇安拓路 1 号

201804, 上海