

电磁离合器轴承的动态密封分析

王志伟
(上海人本集团轴承技术研发有限公司 上海 201411)

摘要: 空调压缩机电磁离合器轴承在使用过程中产生润滑脂泄露, 不仅会影响轴承的使用寿命, 更有可能引起电磁离合器的摩擦片与皮带轮无法正常吸合, 打滑产生高温, 影响压缩机使用寿命。本文介绍了电磁离合器轴承在极端恶劣工况下工作时的动态密封, 分析了轴承润滑脂泄露问题, 并提出了相应的解决办法。

关键词: 外圈旋转; 密封负压; 润滑脂; 泄露; 过盈量

0 引言

空调压缩机用电磁离合器轴承在工作时外圈旋转并承受偏心载荷, 旋转速度极高, 随着压缩机体积的减小、效率的提高, 轴承的使用条件越来越苛刻, 要求轴承的耐高温、高速和强化密封性能, 进而保证轴承的长寿命和高可靠性。为避免轴承润滑脂泄露而造成空调压缩机皮带轮与电磁衔铁打滑失效, 也为了防止因润滑脂泄露而造成轴承自身早期失效, 对电磁离合器轴承而言, 轴承的密封在其要求中显的尤为重要。

1 情况描述

电磁离合器轴承在实际工作中要求外圈旋转, 轴承内的润滑脂会随着外圈的旋转产生向内搅动的作用力, 相对内圈旋转轴承而言更容易发生润滑脂泄露。根据实际试验结论, 在极端恶劣条件下试验时, 大多受测试轴承均会产生润滑脂早期泄露的状况。

试验条件如下:

轴承规格: (30mm×52mm×22mm)

试验条件: 试验轴承由皮带轮带动其外圈旋转, 承受载荷为 90kgf, 测试环境温度为 120℃ ;

步骤 1 : 轴承在 4000rpm 情况下运行 2hrs ;

步骤 2 : 在 6000rpm 情况下轴承继续运行 2hrs ;

步骤 3 : 在 600rpm 到 9000rpm 急加速急减速 (加速时间为 10s) 的条件下运行 2hrs ;

其中, 步骤 1, 步骤 2 和步骤 3 所述的试验条件要求进行 2 个循环。

试验结论: 试验后有 30% 以上的轴承存在润滑脂早期泄露现象, 密封件表面有明显的放射状漏脂 (状态如图 1 所示)。

2 润滑脂泄露的要因分析

众所周知, 造成轴承润滑脂泄露的原因往往有很多, 而目前可以确定润滑脂是从内圈的密封槽和密封件唇口之间流出的。为彻底解决这一现状, 找出油脂泄露的主要原因, 图 2 对润滑脂泄露的要因进行了分析, 接下来则需要对图 2 中的要因进行梳理和排查。

电磁离合器轴承由于工作温度和转速较高, 承受偏心载荷较大, 对润滑脂的特性及润

滑脂注入量 (注入量为轴承内部有效空间的 25%, 试验轴承注脂量满足此要求) 有特定要求, 不允许轻易变动。因此, 只能从轴承剩余的因素中进行核查和改善。根据上述试验条



图 1 试验后产品漏脂外观

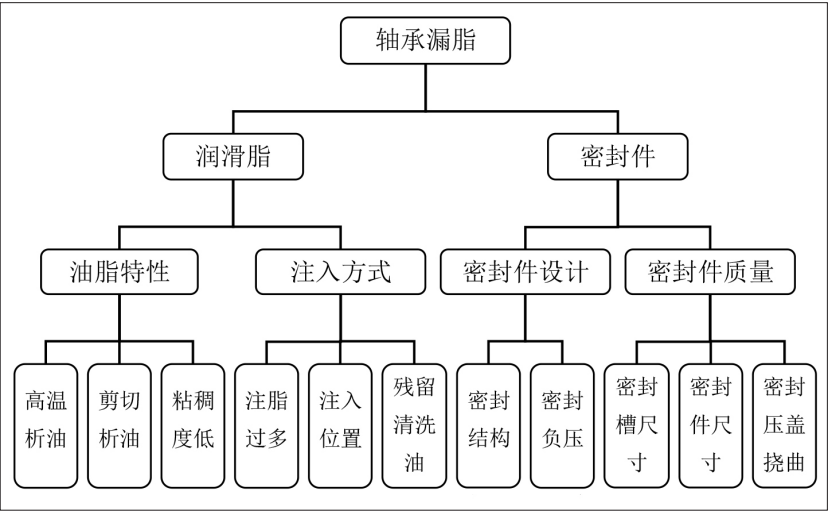


图 2 造成润滑脂泄露的主要因素

件和图 2 的要因,采用控制变量法对上述其他因素进行了试验和分析,可以得出:① 对于试验轴承通过采用不同结构的密封件设计进行验证,只要密封唇与轴承密封槽有接触过盈量,试验产品均有不同程度的油脂泄露,漏脂概率无明显改善;② 通过改善轴承密封件的质量和改善润滑脂的注入方式(润滑脂注入位置为轴承的静空间区域,同时采用特殊方式清洗轴承配件),都可以显著改善轴承的润滑脂泄露问题,可将目前的漏脂概率由 30% 分别降低为 25% 和 8%,但均无法 100% 解决轴承漏脂的问题。

通过进一步观察和研究发现,试验后发生润滑脂泄露的轴承运转扭矩均发生了明显增大现象,而运转扭矩增大的原因是由于密封唇与轴承防尘槽的贴合力增加,轴承的憋气(即轴承内部有负压)而引起的,因此,造成轴承润滑脂发生泄露的原因与轴承的密封负压之间有着密不可分的联系,只有先分析清楚密封负压产生的原理,才能进一步推断出轴承润滑脂泄露的原理。

3 油脂泄露的原理分析及解决办法

轴承在高温、高速条件下试验时,伴随着轴承内部润滑脂的搅拌以及钢球与套圈滚道之间的摩擦,轴承内部会产生急剧的温升,轴承内部的温升引起气压升高,随着轴承内部气压的升高和聚集,高压气体会推开密封件的密封唇口向外逃逸,从而轴承在运转过程中其内、外部气压才能保持平衡,当轴承停止运转时,轴承温度的冷却需要一定的时间,但密封件主唇在轴承完全冷却前已恢复与防尘槽的自然贴合状态,轴承内部空间形成密闭区域,轴承冷却后内部气压的降低会导致该密闭区域形成半真空状态,从而使得密封唇与轴承防尘槽的贴合力增大,从而引起了轴承的密封负压现象。通过上述分析可知,轴承的密封负压现象是由于轴承的内部气压聚集过大后释放而引起的,因此,解决轴承密封负压的关键点在于避免轴承内部的气压聚集。

下面结合图 3 和图 4 进一步分析轴承密封负压与润滑脂泄露之间的关系:图 3 是轴承及其密封件安装位置的剖切视图,图 4 是密封件唇口的局部放大图。从图 3 中可以看出轴承内部聚集的高气压

推开密封唇的具体情况。从图 4 可以看出,当轴承内部的润滑脂在 A 区产生局部饱和时(润滑脂大量堆积在图 4 中的 A 区),伴随着轴承内部高压气推开密封唇的瞬间,润滑脂会随着高压气被带出,从而产生放射状的润滑脂泄露。由此可知,造成润滑脂泄露的原理是:(1) 轴承内部温升导致气压聚集后推开密封唇对外释放;(2) 润滑脂在轴承的密封件唇口大量堆积,在密封唇圆周的部分区域形成了局部饱和;(3) 高压气体从轴承内释放的瞬间将密封件唇口堆积的润滑脂一同带出,从而使轴承发生了发射状的润滑脂泄露和憋气现象。密封件两侧的压力差使润滑脂的泄露有了推动力。

通过以上分析可知,要解决润滑脂泄露问题,可以有两种思路:围堵或者疏通。

围堵思路的分析和操作方式为:① 运转轴承内部的温升

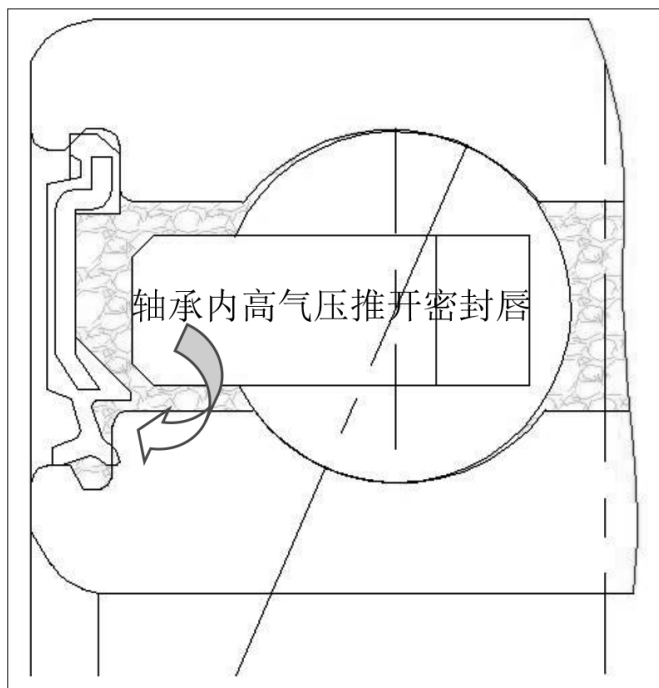


图 3 轴承内高压气推开密封唇

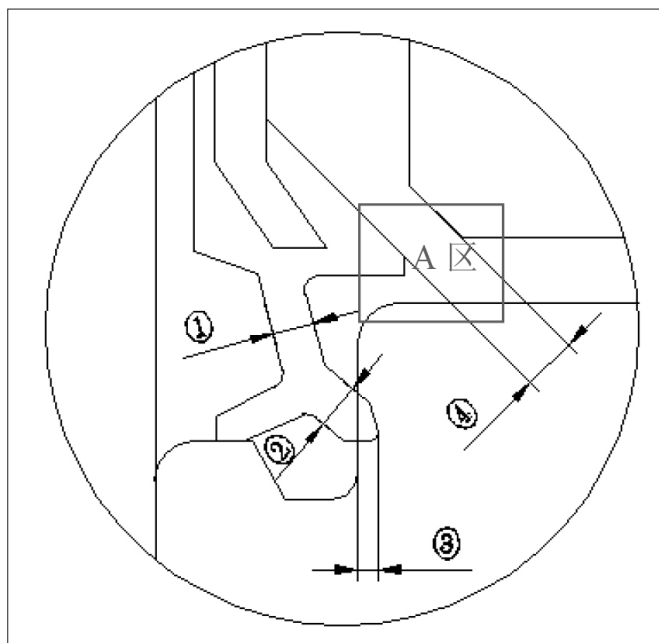


图 4 密封件唇口的局部放大图

不可避免,但达到一定程度将会趋于稳定,因此气压值也将稳定;②若设计产品的密封件贴合力大于轴承内部高压气产生的推动力,则气压将被限制在轴承内部,无法推动油脂的泄露;③此种方式会引起轴承的扭矩过大,不适用于高转速工况,因此电磁离合器轴承不宜采用此种思路解决问题。

疏通思路的分析和操作方式与围堵思路正好相反:首先要做的是防止轴承内部气压的过高聚集,其次要做的是避免轴承内部 A 区域润滑脂的大量堆积。为避免轴承内部气压的过高聚集,可以通过减小图 4 所示的密封件①、②、③尺寸,

(下转第 58 页)

3.4 比较和讨论

3.4.1 与现有系统的比较

通过与现有系统的对比, 突出本文研究的自动化车库系统的优势。为了直观地说明性能的提升, 比较了一些反映车库性能的参数。在市场上四个容量大致相同的车库中, 我们概括了它们的参数范围, 并将它们用作现有系统的性能指标。对于容量, 现有车库可容纳 30 ~ 150 辆汽车。也就是说, 这个车库可以满足大部分市场需求。就平均消耗时间而言, 现有系统中传输汽车所花费的时间在 90 秒左右, 如果等待, 每个客户消耗的总时间会更长时间增加。相比之下, 在测试对比下本研究中的系统只需 40 ~ 60 秒即可完成相同的过程, 并且访问车辆的时间至少缩短了 33%, 这表明我们提出的车库系统的效率是显着改善。

3.4.2 适用范围及扩展

如果在此规范基础上扩建车库, 并通过智能分配技术将车流平均分配到各个车库, 则可以通过单个车库的适用车流范围来确定需要建造的车库数量。例如, 在当地交通高峰为每小时 200 辆 (车次) 的繁忙商业区, 则需要建造大约两个该规格的车库。当然, 实际要建的车库数量还需要根据占地面积、高度限制等因素来确定。算上车库的附属空间, 这个规格的单个车库占地约 700 m²。如果上面例子中的建筑面积限制在 1500 m², 那么只能建造两个左右相同大小的车库。如果需要限制建筑面积, 车库是需要满

足更高车流量的需要, 需要调整车库基本规格, 需要重新设置堆垛机的速度。

4 结语

提出这个停车系统的初衷是为了让自动化大容量车库通用化、高效化。简化的模块让安装更方便, 可调节的设置更能适应市场的变化, 这些都会让立体车库更受欢迎。为了提高效率, 缓存车位的设置不仅充分利用了一层的优势, 还大大缩短了存取车客户的等待时间。智能辅助设备的加入也提高了自动化水平。车库效率导向策略和客户从两个方面建立了面向等待时间的提高车库性能的策略, 也为车库调度提供了两个研究方向。创造性地将基于调度的仿真和排队理论相结合, 从更全面的角度分析系统性能。

参考文献:

- [1] 张慎如, 周前飞. 机械式停车设备人员误入联动报警系统 [J]. 起重运输机械, 2021(13):4.
- [2] 杨玉, 倪大进, 王强, 等. 机械式停车设备紧急停止开关设置 [J]. 起重运输机械, 2020(16):4.
- [3] 赵攸乐, 段威林, 邱郡, 等. 后悬臂机械式停车设备立柱的静力学分析及检验思考 [J]. 起重运输机械, 2020(15):4.

作者简介: 周洁 (1963.01-), 男, 汉族, 安徽淮南人, 本科, 高级工程师, 研究方向: 机械式停车设备。

(上接第 55 页)

降低密封件唇口对轴承内圈的压迫力, 使得轴承在内部气压升高至一定程度时及时排出, 与外部气压均衡, 避免气压过高而造成爆发式释放。合适的密封件过盈量设计会使得轴承在运转初期密封件唇口就产生动态的呼吸, 在润滑脂在 A 区域堆积之前降低轴承内部气压, 从而可以有效防止轴承内部气压的急剧增大和减小, 避免试验后的轴承产生负压现象。在轴承运转过程中, 伴随着钢球和保持器的转动, 轴承内部的润滑脂也会随之发生搅拌和流动, 当润滑脂流动至图 4 所示的 A 区域时, 若尺寸④ (保持器与密封件之间的距离) 较小, 润滑脂无法畅快的流通, 容易堆积在密封件唇口 (图中所示 A 区域), 因此, 增大尺寸④可以解决 A 区域润滑脂产生局部饱和的现象, 从而可以有效的解决轴承润滑脂泄露的问题。

4 结语

汽车空调压缩机电磁离合器轴承的润滑脂泄露现象, 是轴承在高温、高速和急变速的工况下产生的, 通过改善密封件的生产质量和润滑脂的注入方式可以改善润滑脂泄露的现象, 但是无法根本解决问题。本文从产品的设计角度对润滑脂泄露的原理进行了分析, 通过大量试验对不同状态的

产品进行了验证并最终进行了归纳和总结, 最终对密封件的设计进行了优化。融入了上述设计理念而进行设计的全新产品, 可以完全满足本文所述的试验要求。

参考文献:

- [1] 北村昌之. 汽车空调电磁离合器轴承 [G]. 洛阳: 洛阳轴承研究所, 1992: 8, 52-59.
- [2] 吴秀鸾, 汤洁. 密封结构及填脂量对密封轴承性能的影响 [J]. 洛阳: 洛阳轴承研究所, 1992: No.6, 49-52.
- [3] 宋丽, 邓允龙. 汽车空调压缩机电磁离合器球轴承 [G]. 合肥: 合肥工业大学, 2002: 12, 107-109.
- [4] 刘桂明, 许新建, 施明烁. 发电机深沟球轴承密封件的研制 [J]. 上海: 上海固耐汽车零部件有限公司, 2008: No.4, 13-15.
- [5] 李婉, 吴振东. 汽车轮毂轴承的密封结构技术现状及发展 [J]. 广州: 华南理工大学, 2008, (7), 344: 47-51, 53.
- [6] Mitsuo KAWAMURA, 崔静伟, 杜晓宇. 双列角接触球轴承漏脂的防止. 洛阳: 国外轴承技术, 2016: 1, 55-61.

作者简介: 王志伟 (1984.06-), 男, 汉族, 上海人, 工程师, 学士学位, 研究方向: 轴承的设计研发。