泵轴承室漏油改造优化方案

浅析核电用泵轴承室漏油的原因及改造优化措施——通过对核电用泵轴承室漏油现象进行分析，确定漏油产生的原因，为核电站漏油泵设备的改造明确方向，总结并提出一些泵轴承室漏油改造优化方案及设计过程中如何避免出现漏油的工程应用经验。

文 / 何正石

PROCESS-Tip
* 更多信息请扫描二维码：
chem.vogel.com.cn
* 反馈编码：A210850

近年来，随着我国核电站建设步伐的加快，越来越多的核电机组进入到了发电商运阶段，安全是核电机组稳定运行的前提，泵设备作为核电站重要组成部分，与核电站的安全运行息息相关。

泵作为转动机械必须有轴承支承，而轴承在使用中必须有相应的润滑系统，润滑系统中常见的润滑剂有润滑油、润滑脂和固态润滑剂 3 大类，其中泵轴承最常用的润滑剂为润滑油。润滑油为液态，若轴承箱体润滑油油位、结构以及密封形式等设计不合理或使用不当，将会出现润滑油泄漏的现象，对泵设备的安全运行存在隐患。

情况介绍

泵轴承箱体漏油为泵设备最为常见的故障之一，个别泵组在出厂试验、现场安装调试期间由于设备间断运行或连续运行时间较短，未发现漏油情况，而在设备正式投入运转半个月以上后在轴承压盖外边缘下端或轴承箱体外表面出现润滑油，如图 1 所示。

本文作者供职于大连深蓝泵业有限公司。

原因分析

泵轴承润滑的方式有浸油润滑、甩油环润滑和强制润滑，单级、卧式、悬臂式离心泵多采用浸油润滑，卧式、两端支撑泵多采用甩油环润滑，高速泵（转速 > 3 000 r/min）采用强制润滑，浸油润滑和甩油环润滑在核电用泵中最为常见，浸油润滑和甩油环润滑典型结构如下图 2、图 3 所示：

漏油的原因有很多种，常见的有油位过高、油封失效以及轴承油室内外存在压力差等，详细分析如下。

油位过高

油位过高导致漏油一般发生在浸油润滑轴承结构中，对于浸油润滑，其润滑原理是通过轴承中的滚珠把油带到轴承的其他部

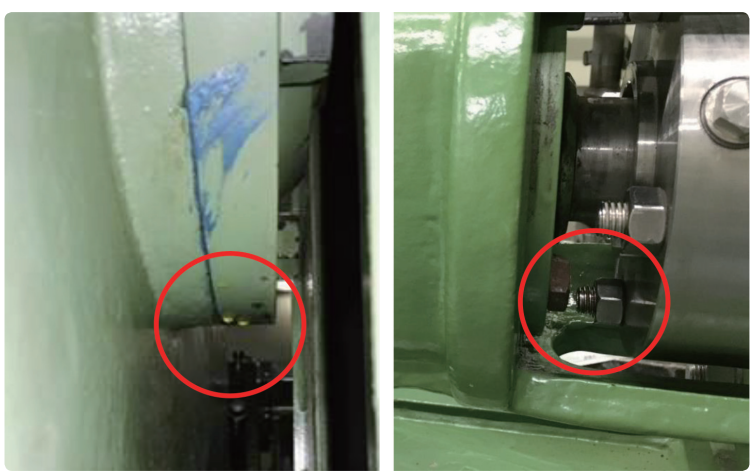


图 1 润滑油泄漏

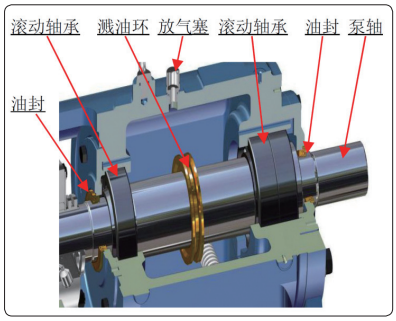


图 2 浸油润滑

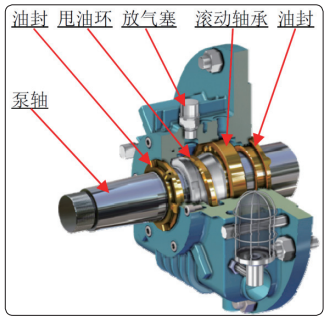


图 3 甩油环润滑

位，然后润滑油再流回到轴承室中；设计油位的高度在轴承最下部滚珠的中心稍低的位置，由于油杯孔位置加工、油杯制造及泵组安装等偏差影响，部分泵组安装后出现油位过高，油位距离油封较近，从而导致漏油，这类问题在轴承规格较小的泵组漏油中比较常见。

油封失效

常见的油封结构有防尘盘、骨架油封、机械油封等；

防尘盘是利用许多节流间隙与膨胀空腔组成的通道，多次节流减压达到封油的目的，但一旦防尘盘与静止件间隙增大，封油效果将大大降低，出现漏油，防尘盘结构如图 4 所示。

骨架油封是通过自紧弹簧的收缩力对轴产生一定的径向抱紧力，遮断泄漏间隙达到封油的目的，但密封圈易受热老化、磨损而出现漏油。

机械油封是一种采用动静环配合 O 型圈机械式动密封，浮动 O 型圈在泵停机时也具有密封效果，加工精度高、油封效果好，但安装过程中 O 型圈划伤损坏或轴承室内压力较大时，会出现漏油的情况，机械油封结构如图 5 所示。

油室存在压力差

泵运转过程中，轴承产生的热量传递给润滑油使润滑油温度升高，润滑油温度升高后体积变大，黏度降低，并且部分润滑油由液态变成气态，因此在轴承压盖与滚动轴承之间腔体处出现油气混合现象；轴承室温度升高使轴承室内部压力略微大于大气压力，若该压力差如不能及时消除，在压力差的作用下会导致油气通过油封逸出，油气遇空气冷凝，逐步产生油滴，在轴承压盖处聚集形成漏油。

改进措施

降低油位

设计时在保证轴承安全使用寿命的前提下尽量降低润滑油油位，泵设备在现场安装后因润滑油油位过高导致漏油可采用下述方法降低油位：

① 加工油杯座端面降低油杯相对油杯座的位置。② 检查轴承箱体上油杯安装孔加工是否倾斜，若油杯安装孔加工倾斜导致油杯座横支管上翘，则可在不改变孔位置的情况下，使油杯座横支管下弯，保持其水平。③ 轴承箱体尺寸允许时，更换位置重新加工油杯安装孔。

上述方案①和②由于油杯结构的原因，只能进行微调，降低的油位较有限。

优化油封结构

① 改进优化防尘盘结构方案有两种。方案一：将油室内防尘盘静环端面前伸，使防尘盘静环比动环长，被甩油环带起飞溅的润滑油不易落在防尘盘动环上，避免防尘盘动环上存油泄漏，如图 6 所示；方案二：在保证运转安全的前提下，尽量减小防尘盘动环与静环间径向间隙（如图 6 中的 E 值）E，提高防尘盘节流减压的效果。② 更换油封结构，将防尘盘、骨架油封结构升级改造为机械油封。

消除油室压力差

当轴承压盖与滚动轴承间的腔体处与大气压存在压差时会出现漏油，而轴承运转时润滑油在轴承间隙处形成液膜，轴承压盖与滚动轴承间的腔体处的压力不能通过轴承室放气塞释放，因此为消除该腔体处的压差，改造优化方案如下：

① 轴承压盖与轴承之间的腔

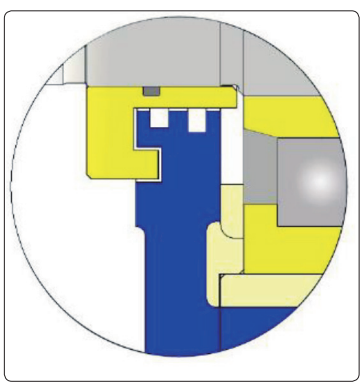


图 4 防尘盘结构

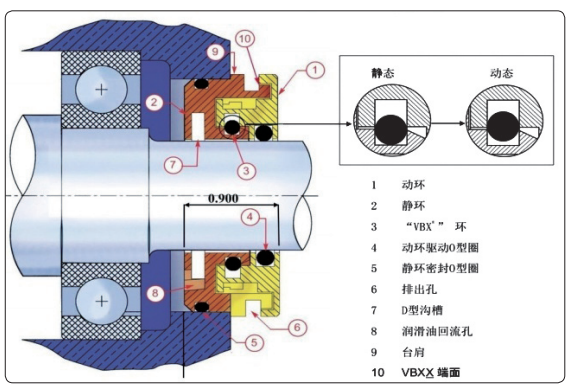
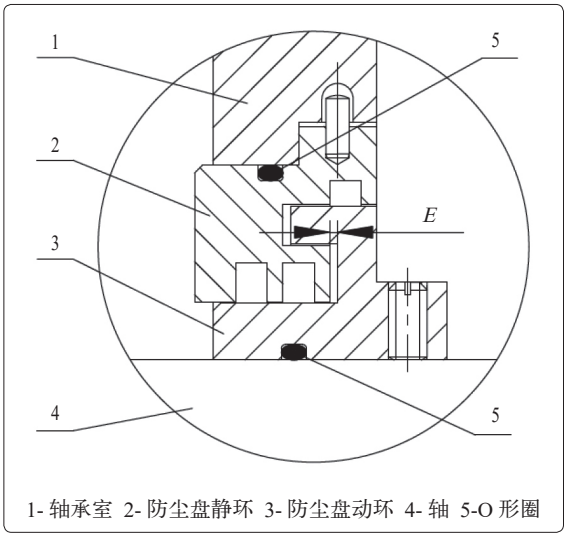


图 5 机械油封



1- 轴承室 2- 防尘盘静环 3- 防尘盘动环 4- 轴 5-O 形圈

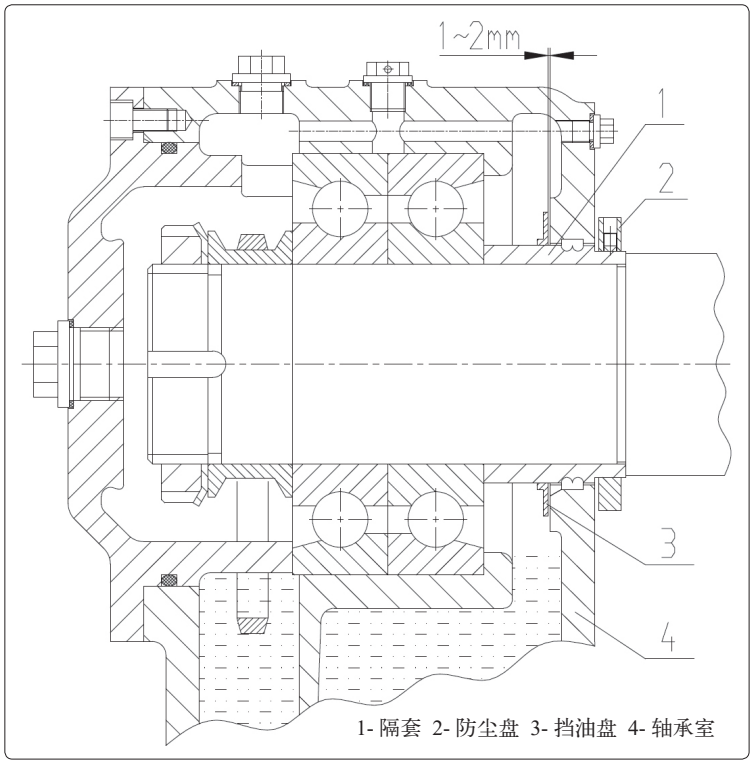
图 6 优化防尘盘

体与轴承室内部设置平衡孔，通过轴承室的放气塞与大气连通，消除轴承压盖与滚动轴承腔体处压差，防止润滑油泄漏，如图 7 所示。② 轴承压盖上增加通气管，连通大气，如图 8 所示。

动力密封

根据离心泵背叶片平衡轴向的工作原理及背叶片有能够防止杂质进入轴封的功能，在轴承室内部泵轴上采用热装或螺钉紧固的方式安装挡油盘，调整挡油盘与轴承室的轴向间隙，使其间隙控制在 1 ~ 2mm（挡油盘与轴承室不摩擦的情况下，尽量减小二者间隙），如图 9 所示。

泵轴旋转带动挡油盘旋转，转动过程中挡油盘通过对空气摩擦做功，使挡油盘附近空气产生一个微弱的离心力，在离心力的作用下，挡油盘边缘处压力高于根部的压力，在压差的作用下，外部空气会向轴承箱体内部微弱的流动，以此来阻挡轴承箱体内油雾向轴承箱体外逸出，达到消除漏油问题的目的。



1- 隔套 2- 防尘盘 3- 挡油盘 4- 轴承室

图 9 轴承室挡油盘结构

结论

上述改进措施均可用于解决核电用泵的轴承室漏油情况，在实际应用中需根据轴承部件结构、尺寸及现场具体情况确定合适的解决处理方案，也可几种方案一起配合使用，使轴承室的封油效果达到最佳。

本文主要针对核电现场已运行泵组的漏油问题提出改造优化方案，在泵轴承油封结构设计时除参考上述方案外，还应注意以下几点：

① 兼顾成本的同时合理选择适用的油封结构。② 保证轴承使用安全的前提下尽量降低轴承室润滑油油位。③ 若选择防尘盘迷宫油封时，保证转动件（防尘盘或防尘盘动环）与静止件（轴承压盖或防尘盘静环）不摩擦的情况下，尽量减小二者间隙，增强油封效果。④ 结构及外形尺寸允许的情况下，加大轴承与轴承压盖间腔体的体积，并尽量加大回油孔或回油槽的面积，使轴承压盖处回油及时，不存油。

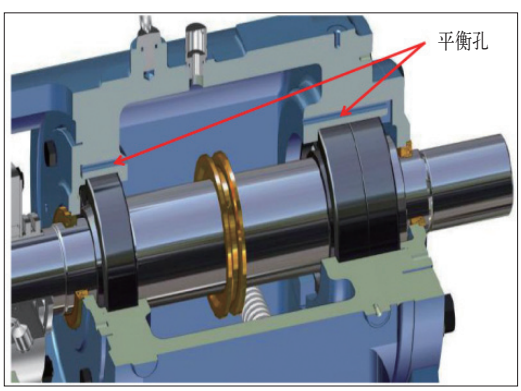


图 7 轴承室平衡孔

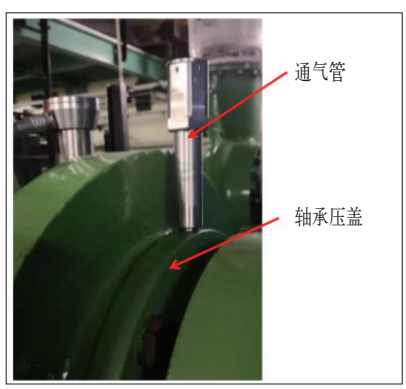


图 8 轴承压盖通气管