

# 660MW 机组电动给水泵电机漏油分析及技术改造

## Oil Leakage Analysis and Technical Renovation of 660MW Unit Electric Feed Water Pump Motor

刘云亮 王清义

Yunliang Liu Qingyi Wang

国家能源集团国神集团店塔电厂 中国·陕西 神木 719300

Dianta Power Plant, Guoshen Corporation, the National Energy Corporation, Shenmu, Shaanxi, 719300, China

**摘要:** 论文分析了中国转机轴封油挡结构形式原理优缺点及使用情况, 针对国家能源集团国神集团店塔电厂 2×660MW 机组六台电动给水泵电机油挡的严重的漏油问题, 深刻分析了电动给水泵电机击穿原因, 并对给水泵电机油挡进行了技术改造, 彻底避免了电机油挡漏油问题, 从而保障机组给水泵电机的安全稳定运行。

**Abstract:** The paper analyzes the advantages and disadvantages of the sealing oil block structure in China, analyzes the serious oil leakage problem of six 2660MW units, deeply analyzes the reasons of the electric water supply pump motor, and avoids the oil leakage problem to ensure the safe and stable operation of the feed pump motor.

**关键词:** 660MW 机组; 电动给水泵; 电机漏油; 技术改造

**Keywords:** 660MW unit; electric feed water pump; motor oil leakage; technical renovation

**DOI:** 10.12346/etr.v3i10.4462

## 1 引言

机组电动给水泵电机油挡如果发生漏油问题, 将发生给水泵电机定子绕组绝缘击穿事件, 导致给水泵无法正常运行, 从而影响机组出力, 并严重影响整台机组的安全稳定运行。

## 2 转机轴封油挡结构形式原理优缺点及使用情况

### 2.1 轴封油挡结构

接触型密封油挡、非接触型密封油挡。接触型轴封油挡主要形式: 压毛毡轴封油挡(已淘汰)、石墨环轴封油挡(极少用)、骨架 O 型环轴封油挡(普遍用)、对开型雨刷轴封油挡(90 年代产品, 极少用)、对开型碳晶石墨环浮动轴封油挡(日本 80 年代产品, 日本已经淘汰)、聚四氟乙烯浮动轴封油挡(德国 80 年代产品, 90 年代引入中国, 现还在应用)、陶瓷轴封油挡(极少用)、波纹管轴封油挡

密封装置(水泵普遍用)、集成轴封油挡密封装置(水泵普遍用)等<sup>[1]</sup>。

非接触型轴封油挡主要形式:

铜或铝合金梳齿型轴封油挡、迷宫式轴封油挡、磁力密封轴封油挡、负压式密封轴封油挡、蜂窝式轴封油挡、对开型螺旋机械密封装置。

### 2.2 转机常用的轴封油挡

2.2.1 非接触型铜或铝合金梳齿型轴封油挡、接触型聚四氟乙烯梳齿型浮动轴封油挡和碳晶石墨环浮动轴封油挡

铜或铝合金梳齿型轴封油挡、聚四氟乙烯梳齿型浮动轴封油挡、碳晶石墨环浮动轴封油挡的结构主要分两部分组成: 一是密封端盖; 二是铜或铝合金及聚四氟乙烯梳齿浮动轴封油挡、碳晶石墨环浮动轴封油挡。其中铜或铝合金及聚四氟乙烯梳齿型浮动轴封油挡、碳晶石墨环浮动轴封油挡都是安装在轴瓦上或密封端盖的内圆上, 密封端盖下部有多个

【作者简介】刘云亮(1981-), 男, 中国陕西神木人, 本科, 工程师, 从事发电厂汽机检修与诊断研究。

回油孔。整套密封装置各个部件全部是对开形式，通过端盖上的螺丝拧紧形成完整的密封装置。

当转机转动后，润滑油就会沿轴向往端盖外侧溢出，润滑油遇到铜制或铝合金梳齿型轴封油挡及聚四氟乙烯梳齿型轴封浮动油挡、碳晶石墨环轴封浮动油挡时，润滑油在铜制或铝合金梳齿型油挡及聚四氟乙烯梳齿型轴封浮动油挡、碳晶石墨环轴封浮动油挡跟转轴的作用下，润滑油就会被甩进铜制或铝合金梳齿型轴封油挡及聚四氟乙烯梳齿型轴封浮动油挡、碳晶石墨环轴封浮动油挡内，润滑油靠本身的自重，就会流到密封端盖下的多个回油孔里，并通过回油孔流进轴瓦的油池里。

### 2.2.2 接触型浮动轴封油挡和梳齿型轴封油挡

用聚四氟或铜及铝合金梳齿型油挡改造过的转机轴封油挡，转轴和轴封油挡被磨损的情况如图 1 所示。

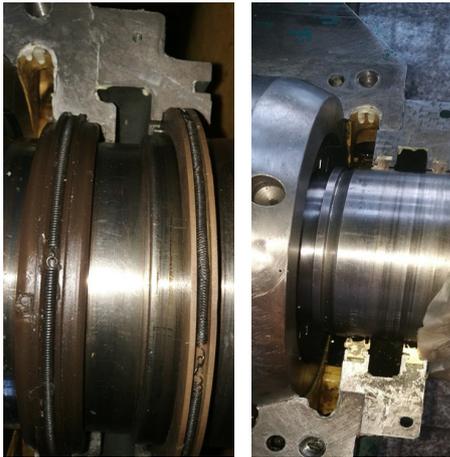


图 1 转轴和轴封油挡磨损情况（一）

用碳晶环浮动油封油挡改造过的电机轴封油挡，转轴和轴封油挡被磨损及漏油情况如图 2 所示。

### 2.2.3 对开型螺旋机械密封装置

对开型螺旋机械密封装置是 20 年代的新产品，其结构主要有四部分组成：一是外圆带来福螺旋线的动挡油环；二是内圆带 O 型密封槽外圆带 N 个喇叭口形状的静挡油环；三是密封钟罩；四是密封端盖。其中密封钟罩安装在密封端盖内，静挡油环安装在密封钟罩内，动挡油环一端安装固定在转轴上，另一端插进静挡油环外圆 N 个喇叭口跟密封钟罩内圆之间的间隙里。整套密封装置各部件全部是对开形式，扣合在转轴上，用密封端盖上的耳板螺丝拧紧固定，使两半部的密封装置形成完整的一套密封装置。

当转机转动后，润滑油就会沿轴向往端盖外侧溢出，润滑油遇到转动的动挡油环后，就会使轴向油压变成径向油压打到轴瓦内壁上，润滑油再二次反弹落到动挡油环上后，在动挡油环外圆上的来福螺旋线跟密封钟罩内圆的作用下，被强行打回轴瓦内的油池里。假如还有极少一部分润滑油没被

打回轴瓦内的油池里，并通过动挡油环跟静挡油环的轴向间隙进入并落到静挡油环表面上，润滑油靠本身的自重，从静挡油环的喇叭口高处流到喇叭口根部，再从喇叭口根部流到动挡油环内腔上。由于动挡油环内腔上有 N 个甩油孔，流到动挡油环内腔上的润滑油，在动挡油环转动作用下，润滑油通过 N 个甩油孔被甩到密封钟罩内圆上，润滑油在动挡油环外圆上的来福螺旋线跟密封钟罩内圆的作用下，又被强行打回轴瓦内的油池里，从而形成了内部回油体系。

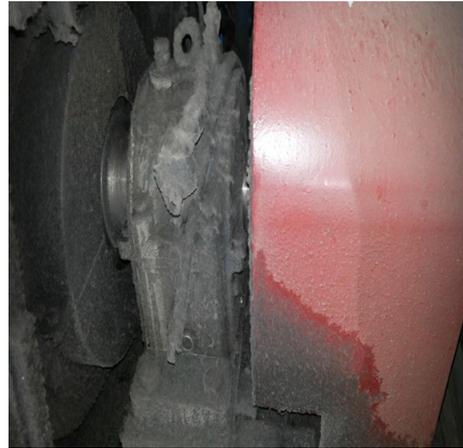


图 2 转轴和轴封油挡磨损情况（二）

## 3 660MW 机组电动给水泵电机漏油情况

国家能源集团国神集团店塔电厂 2×660MW 机组，于 2015 年 12 月份实现双投，由于受场地局部受限无法布置，未采用汽动给水泵，每台机组配置 3×35% 容量的 CHTD5/7 型电动调速给水泵组，前置泵和给水泵均为德国 KSB 公司上海 KSB 水泵有限公司提供的抽芯包式结构。给水泵和前置泵由同一电动机驱动，前置泵通过联轴器与电机直

接相连, 给水泵通过液力耦合器与电机相连。电机采用上海电机厂生产的型号为 STMKS900 4M 电动机, 额定功率 10500kW, 电压等级 10kV。随负荷变化投退泵的运行台数, 满负荷时无备用泵, 因我厂是调峰机组, 负荷波动大波动快, 给水流量跟随负荷调整, 给水泵也必然进行相应的调整, 启停频繁, 自 2015 年 12 月投产以来, 结合机组检修及日常点检中发现给水泵电机室内底部有大量集油, 电机绕组上全部是油污时, 当给水泵从运行转备用时, 电机冷却器排水口能排放大量油污, 最多一次能接 100L, 究其原因是给水泵电机轴承油档一直存在不同程度的漏油状况, 漏油沿电机轴流入给水泵电机内部, 不仅污染电机的工作环境, 而且恶化电机定、转子绝缘水平, 给机组安全运行带来严重安全隐患, 从而导致该厂 2# 机 C 给水泵电机在启动时, 将电机转子绝缘击穿, 引起电机及烧损事件, 这引起了各级管理人员和技术人员的高度重视, 由于上海电机厂生产的此类型给水泵电机两侧轴承室, 靠电机一侧是内置式布置, 轴承室靠电机一侧油档全部在电机内, 与电机风冷室直接汇通, 由于电机散热风扇的高速旋转, 在轴径处形成了微负压区域, 这一抽吸力导致附着在轴径上的润滑油向电机内窜油, 经过多次调研, 并进行了多次改造, 通过改造采用周端气密式齿形油档; 轴端接触式软密封油档; 调整油档间隙为下限; 降低轴承室回油高度等一系列的改造或调整, 始终未彻底治理了漏油问题, 这个缺陷成为影响给水泵电机安全运行的重要隐患, 严重威胁着电机的使用寿命<sup>[2]</sup>。

#### 4 机组电动给水泵电机漏油原因分析

国家能源集团国神集团店塔电厂 2×660MW 机组配套安装了 6 台电动给水泵, 驱动电机为中国上海电机厂配套生产的 10KV 高压空冷卧室电机, 两台机组于 2015 年 12 月投入商业运行。通过对电机内部打开端盖检查发现 6 台给水泵电机均有不同程度地向电机内部漏油的问题进行分析。

上海电机厂生产的 STMKS900 4M 型电动给水泵电动机, 转子由电机两端的轴承室支撑, 两端支撑轴承一侧油档外漏, 靠近电机侧内置, 轴承室采用滑动轴承定位, 轴承室润滑油由液力耦合器正常工作的润滑油系统提供, 确保各轴承室处于良好的润滑和冷却效果。电机转子上有在电机工作时提供内部循环冷却的风叶, 将电机内部工作时产生的热量带着顶部的水冷器进行散热, 保证了电机内部温度不至于过高, 使得电机靠近轴承室两侧保持为负压, 如果轴承室轴端油档密封不严, 就会将轴承的润滑油漏入电机内部。从而出现电机受潮、引起绕组绝缘老化等一系列问题。

通过分析电机轴承座在电机内部设计, 由于电机散热风扇的高速旋转, 在轴径处形成了微负压区域, 这一抽吸力导

致附着在轴径上的润滑油向电机内窜油, 给水泵电机轴承室油档漏油至电机内部, 导致电机绕组长期受油雾包围, 致使绕组长期处理受潮状态, 电机绝缘老化, 机组常年处于调峰运行阶段, 再加之电网负荷变化频繁而且迅速, 给水泵电机启停频繁, 在给水泵启动阶段, 因启动电流大, 绕组承载的电流冲击较大, 导致给水泵电机定子绕组击穿。

通过调研及可研论证, 决定对此油档进行技术改造, 通过改造确保电机内部不再出现漏油, 彻底消除给水泵电机内部长期油雾包围的情况, 使电机绕组处于一个干燥优良的运行环境。

#### 5 STMKS900 4M 电动机轴承室油档改造

从技术先进性、设计合理性、实施可靠性、实施经济性、社会效益性全面分析, 对应存在的问题和提出技术改造方案, 对可选的这一方案再进行综合比较, 推荐最佳方案。综合对比转机轴封油档的结构、原理、优缺点的阐述, 再根据技术先进性、设计合理性、实施可靠性、实施经济性、社会效益性全面分析, 对应存在的问题和提出解决的方法及现场图片展示和客户反馈意见, 首选“对开型螺旋机械密封装置”<sup>[3]</sup>。

##### 5.1 技术先进性、设计合理性对比

①接触型轴封油档, 如铜或铝合金梳齿型轴封油档及聚四氟乙烯梳齿型轴封浮动油档、碳晶石墨环浮动轴封油档, 这些轴封油档都不是机械密封, 都存在轴封油档跟转机轴接触摩擦产生电晕腐蚀现象, 轴封油档长时间运行会造成轴封油档及转轴磨损致使轴封油档径向间隙过大, 另外设计时没有加装封尘环, 下部回油孔进入粉尘就会堵塞回油孔, 最致命一点是不能有效解决轴瓦内高油位、高油压造成的轴封油档漏油问题。

②对开型螺旋机械密封装置是典型的机械密封。密封装置动挡油环外圆和静挡油环内圆设计成带来福螺旋线, 靠来福螺旋线跟密封钟罩及转轴的作用, 把润滑油打回轴瓦油池内, 有效解决了转机轴瓦内高油位、高油压造成的轴封油档漏油问题; 由于螺旋机械密封装置各部件之间设计时, 都留有轴向和径向间隙, 密封装置运行过程中各部件之间不互相摩擦; 最后一道密封还加上封尘环; 设计新颖合理、技术先进。

##### 5.2 实施可靠性、实施经济性、社会效益性对比

①接触型轴封油档, 由于不能有效解决转机轴瓦内高油位、高油压造成的轴封油档漏油问题, 所以运行的可靠性就得不到保证; 而且日后维护工作量大, 需要经常更换配件, 加大了企业运营成本, 对企业的经济效益和社会效益都受到影响。封油档及转轴磨损致使轴封油档径向间隙过大, 另外

(下转第 185 页)

响较小,锯齿状的形成主要受机械压力的影响,在制动后期,应力曲线仍有上升趋势,表明在制动后期,等效应力受温度和机械压力的双重影响。

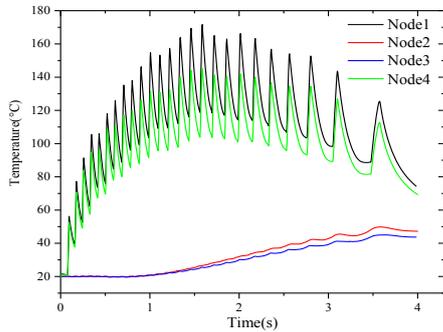


图 6 制动盘轴向节点温度变化曲线

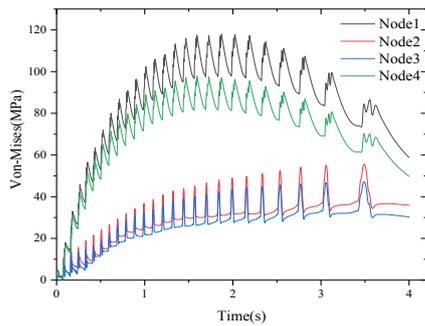


图 7 制动盘轴向节点应力变化曲线

## 5 结论

盘式制动器在紧急制动过程时,等效应力的变化趋势与温度的变化趋势具有一致性,应力的最高值滞后于温度的最高值,表明在制动盘温度场与应力场耦合过程中,温度与应力二者具相互耦合特性;热传导具有延迟性,热量在短时间内来不及向周围传导,导致越靠近摩擦区域温度越高,在制动盘径向和轴向上形成较大的温度梯度,并引起较大的应力梯度。

## 参考文献

- [1] 高诚辉,黄健萌,林谢诏,等.盘式制动器摩擦磨损热动力学研究进展[J].中国工程机械学报,2006,4(1):83-87.
- [2] 葛振亮,吴永根.盘式制动器数值模拟及失效机理分析[J].汽车与公路,2008,5(3):1-3.
- [3] Gao C H, Lin X Z. Transient temperature field analysis of a brake in a non-axisymmetric three-dimensional model[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2002,129(1-3):513-517.
- [4] Day A J, Tirovic M, Newcomb T P. Thermal effects and pressure distributions in brakes[J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part D Journal of Automobile Engineering, 1991,205(34):199-205.

(上接第 174 页)

设计时没有加装封尘环,下部回油孔进入粉尘就会堵塞回油孔,最致命一点是不能有效解决轴瓦内高油位、高油压造成的轴封油挡漏油问题。

②对开型螺旋机械密封装置是典型的机械密封。密封装置动挡油环外圆和静挡油环内圆设计成带来福螺旋线,靠带来福螺旋线跟密封钟罩及转轴的作用,把润滑油打回轴瓦油池内,有效解决了转机轴瓦内高油位、高油压造成的轴封油挡漏油问题;由于螺旋机械密封装置各部件之间设计时,都留有轴向和径向间隙,密封装置运行过程中各部件之间不互相摩擦;最后一道密封还加上封尘环;设计新颖合理、技术先进。

### 5.3 技术改造效果

国家能源集团国神集团店塔电厂 2×660MW 机组电动给水泵电机油档,采用开型触螺旋机械密封装置机构,非接触式设计,设计后的螺旋机械密封装置端盖外径尺寸跟原端盖外径尺寸保持不变。

## 6 结语

通过对国家能源集团国神集团店塔电厂 2×660MW 机组电动给水泵电机油档进行技术改造,对改造前后设备安全运行,经济运行状况,社会环境影响进行对比分析,明确改

造后对于提高系统和本单位安全性、可靠性,节能降耗、环境保护等应达到的指标,从提高效益,降低成本,增加利润及对投资回收等方面进行分析可看出,采用开型触螺旋机械密封装置机构后,能够有效地将这种电机内置式轴承油档漏油的问题进行治理,为电机的转子及绕组创造良好的运行环境,避免受潮,出现绝缘易老化的问题,从根本上解决和消除了转机轴封油挡严重漏油隐患,对机组的安全稳定运行,提高设备可利用小时,延长转机轴瓦及轴承使用寿命,提高了转机设备运行的可靠性,起到了节能降耗,促进了文明生产和环境保护等应达到的指标。保证大机组长周期安全稳定的运行,确保电厂最重要设备给水泵机组的运行可靠,调峰灵活。另外这种密封装置是免维护、免备件配件,从而减少和节约了平时对设备维护量及备件配件的占用资金。

## 参考文献

- [1] 王川川,李金霞,禹贯省,等.1000MW超超临界机组凝结水泵变频改造[J].内蒙古电力技术,2019(2):84-87.
- [2] 秦英武,高德民,程明,等.大型火力发电机组电动给水泵节能改造应用及研究(下)[J].变频器世界,2018(1):86-90.
- [3] 包伟伟,孙桂军,李贺莱,等.600MW超临界空冷机组双背压低真空供热改造[J].热力透平,2017(4):252-257.