锅炉循环水泵机械密封设计探讨

王耀红，杨光
（广州水泵厂）

摘　要：通过IR型热水循环泵轴封结构的更新设计实践，阐述了在水温150℃下机械密封的正确设计方法和组合式密封结构专利技术的优点。实践表明，该组合式密封结构作为锅炉热水循环泵的轴封使用是可行的，可以推广应用。

关键词：锅炉循环水泵，机械密封，设计
文献标识码：B　**文章编号**：1005-6254(2003)01-0012-03

1　概述

2000年底，广东某电厂一台原装进口锅炉循环水泵的机械密封损坏，造成水泵泄漏，影响生产安全。该厂维修时，由于种种原因未能买到进口配件，所以在国内购买了一套国产同类型的机械密封，但装机后使用不到半个月，该泵又因机械密封损坏而出现泄漏，造成整个发电系统停机。

该电厂用于输送锅炉循环水的水泵使用条件是：泵进口压力0.6MPa左右，输送介质温度130℃～150℃；水质较硬，虽经软化处理，但效果不理想，会出现热水结垢现象；冷却水采用自来水，一般压力为0.3MPa左右。两台水泵互备，一旦开机运行后，连续运转24h不停机。

我们将该泵拆卸，发现该泵采用的轴封是平衡型波纹管结构机械密封，机械密封所使用的波纹管弹性件表面上结了非常厚的水垢，波纹管已失去了弹性并已破裂。分析认为硬水在受热的情况下，会在波纹管的表面上结水垢，使波纹管失去弹性而无法补偿机械密封端面的磨损，结垢严重时，在水垢的挤压下，使波纹管胀破，这些原因都会使机械密封失效而漏水。实际情况表明，在该厂的使用环境下用波纹管结构机械密封是不合理的。根据用户的要求，我们对它进行了设计探讨。

2　机械密封设计

首先，我们为该电厂选择了我厂生产的性能可以满足使用要求的IR型热水循环泵，但这种水泵的轴封型式不能满足该厂的使用环境的要求，改造设计主要是针对轴封进行的。

用于锅炉循环水输送的水泵一般说来采用平衡型的机械密封较好。参见图1。

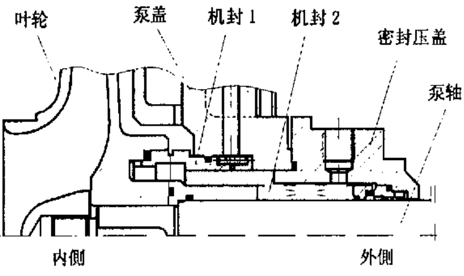

图1　机械密封示意图

机械密封的一个重要参数是端面比压P_C。对于锅炉循环水泵的机械密封，由于介质压力较高，且压力在一定范围内波动，因此对使用的机械密封应进行P_C的校验。如果弹簧压缩量过小，密封端面比压会过小，密封会泄漏；如果弹簧压缩量过大，密封件易被挤压变形，严重磨损，影响使用寿命，甚至破坏，因此端面比压P_C值应符合推荐P_C=0.3～0.5MPa。

（1）机械密封平衡度B（平衡型平衡系数）

$$B=\frac{D_0^2-D_b^2}{D_0^2-D_i^2}$$

式中：D_0——密封面外径；
D_b——平衡直径；
D_i——密封面内径。

第一作者简介：王耀红(1939.11-)，男，广州水泵厂　副研究员；广州市(邮编：510420)。

（2）密封流体压力有效作用面积 A

$$A=\frac{\pi}{4}\cdot\left(D_0^2-D_i^2\right)$$

式中的符号意义同上。

（3）弹簧弹力 F

$$F=\frac{G\cdot D_2\cdot\delta}{8\cdot n\cdot C^4}$$

式中：G —— 切变模量，$G=7\times10^3$；

D_2 —— 弹簧节径，mm；

n —— 弹簧有效圈数；

C —— 弹簧指数，$C=D_2/d$；

d —— 弹簧丝直径，mm；

δ —— 弹簧变形量，mm；

（4）液压闭合力 F_h

$$F_h=A\cdot\left(\Delta P\cdot B+P_a\right)$$

式中：ΔP —— 密封内外压差，MPa；

P_0 —— 密封外压力，MPa；

B —— 机械密封平衡度；

A —— 密封流体压力有效作用面积，mm^2。

（5）密封闭合总力 F_c

$$F_c=F_h+F$$

（6）密封开启力 F_0

$$F_0=\lambda\cdot\Delta P\cdot A$$

式中：λ —— 反压系数，一般取值为：$\lambda=0.5$。

（7）密封端面比压 P_C

$$P_c=\frac{F_c-F_0}{A}$$

为保证密封端面始终处于贴合状态，控制泄漏量在一定范围内（一般为：3～5ml/h），并且有较长的使用寿命，应该使计算的P_C值在推荐的范围内。

3 选用机械密封特点

计算了机械密封的端面比压P_C并考虑泵的轴向力后，经综合评估，采用了我们的专利组合式密封部件作为轴封，该套密封的技术特点是：在现有离心泵轴伸有限的空间安装尺寸内，在保证泵的性能规格与安装尺寸与现有IR泵一致，符合GB5662－1985《轴向吸入离心泵（16bar）标记、性能和尺寸》，等效于ISO2858－75的前提下，通过设立相互隔离的密封腔，使输送液介质与冷却液隔离，降低对密封系统的技术要求，实现输送液介质的无泄漏。这种新型组合式密封（见机封结构示意图）有包括安装在泵轴上的叶轮、泵盖、密封压盖和安装在它们之间的并联套装的机械密封。其结构特点与效果具体如下：

（1）机封1采用我厂自行设计的单端面平衡型外置静环补偿式机封，旋转环安装在叶轮后端口环内，静止补偿环安装在泵盖内，机封大部分零件不与输送液介质接触，防腐蚀、防堵塞、防结垢与追随补偿密封性好，机封工作时产生的离心力，可以防止输送介质中的颗粒进入机封动静环界面。

（2）机封1机封面的外侧润滑介质为输送介质本身。机封2采用BIA型机封安装在密封压盖与泵轴之间，冷却水一般采用自来水循环，对冷却水的工作压力及其后处理都没有严格要求，降低了这一部分投资与管理费用。由于正常工作时机封2不与输送液介质接触，故工作条件好，使用寿命长。当机封1已经损坏时，机封2仍然可以工作相当长一段时间，保持工作现场无泄漏、无污染。

（3）机封1与机封2采用图示并联套装方式，实现了轴向安装尺寸的最小化连接，保证了能够对现有泵型进行通用化、标准化改造。

（4）机封1旋转环安装在叶轮后端口环内，可以平衡或部分平衡轴向力，由于取消了叶轮平衡孔，减少了输送液介质的回流损耗，实践证明，采用机封1方式后，水泵效率可以提高3%～6%（比转数愈小效果愈明显）。

4 热水端的机封需注意事项

（1）由于锅炉水温度高、压力大，应考虑以下因素的影响：

a. 热水端机封动、静环和辅助密封O形圈的材料需能耐高温；

b. 动、静环尽量不要采用镶嵌结构，防止不同材料膨胀系数不同损坏动、静环；如果采用镶嵌结构，那么需要考虑材料的膨胀系数的影响。

（2）因为水质较硬，热水会结水垢，应考虑以下因素的影响：

a. 不应因为水垢而影响机械密封的动环或静环磨损后的补偿；

b. 水垢硬度较大，为保证机封的使用寿命，动、静环应采用硬对硬的形式。

因为上述两点，所以，机封1作为热水端的

机封，选择了不锈钢／碳化硅的硬对硬形式，其中，静环选用不锈钢材料，动环选用整体碳化硅材料；辅助密封O形圈材料，因氟橡胶耐蒸汽性能不良，所以选用了乙丙橡胶。

2000年5月改变了机械密封结构的IR型水泵安装并运行后，状况良好，得到了用户的好评。

5 结论

实践证明，我们的轴封设计计算是合理的，轴封结构设计是良好的，专利号：[ZL99236406.X]组合式密封部件作为锅炉热水循环泵的轴封使用是可行的，具有润滑和冷却充分、不结垢、密封可靠、使用寿命长的优点。我们认为还可以推广应用到其他相似条件的热水循环水泵上使用。

参考文献

1 关醒凡. 现代泵技术手册. 北京：宇航出版社，1995

2 沈阳水泵研究所. 叶片泵设计手册. 北京：机械工业出版社，1983

3 顾永泉. 机械密封实用技术. 北京：机械工业出版社，2001

4 夏廷栋，等. 实用密封技术手册. 哈尔滨：黑龙江科学技术出版社，1985

Design on Mechanical Seal for Boiler Cycle Water Pump

WANG Yao-hong, YANG Guang

(Guang Zhou Pump Factory)

Abstract: According to practice on designing about axle seal structure used in IR model water cycle pump. Proper designing measure about the machine seal structure worked in the condition of 150℃ water is discussed. Advantages of assembled mechanical seal structure are stated. The practice confirm that the assembled sealer used for axle seal structure in boiler hot water cycle pump is feasible, and this sealer can be widespread.

Keyword: Boiler cycle pump, Mechanical seal structure, Designing