

热水泵机械密封泄露分析与改造方案

热水泵机械密封失效原因以及改造的具体方案——就某热水泵机械密封的改造实例，以结合实际解决问题为前提，从结构设计、材料选择、冲洗方案等方面进行分析，阐述其运行中失效的具体原因，并根据用户要求针对性地改进机械密封的结构，确保其达到长周期使用的效果，为化工行业热水泵的密封技术提供参考及支持。

PROCESS-Tip

文 / 贺子华

* 更多信息请扫描二维码：



chem.vogel.com.cn

* 反馈编码：A211152

机械密封是流体机械和动力机械中不可或缺的零部件，对机械设备、乃至整个生产线的影响都很大，对保证设备运转可靠、装置连续生产具有重大意义。机械密封稳定运行是其工作参数与运行环境来决定的，为确保机械密封安全、可靠、长期地运行，机械密封结构及辅助系统的选择不容失误。

机械密封的设计，是根据机械设备的密封介质及使用工况来确定的，而辅助系统也是机械密封必不可少的重要组成部分。对于特殊工况，为机械密封选择合适的辅助系统是保障机械密封长周期运行的前提。

本文将以某热水泵机械密封泄露的改造实例，从设备使用工况、介质性质、机械密封结构、

辅助系统等方面进行分析，找出运行中密封失效的原因，并给出改进方案。为化工行业热水泵的密封技术提供参考及支持。

设备工况条件

热水泵

该热水泵是生产工艺流程的关键设备，是为聚氯乙烯生产工艺中提供所需要的热水。

设备工况

设备工况如表 1 所示。

表 1 设备工况

参数	数值
转速 / (r/min)	2 980
工作温度 / (℃)	95
流量 / (m ³ /h)	950
泵入口压力 / (MPa)	0.06
扬程 / (m)	25

机械密封结构机械密封结构如图 1 所示。

现场拆解机械密封后发现：介质端密封环热裂，部分密封圈变形失效。

国内外热水泵机械密封的首选冲洗方案为 Plan23，此冲洗方案可有效改善机械密封的运行环

机械密封及辅助系统

该热水泵原机械密封采用双端面、平衡型、静止式、集装式

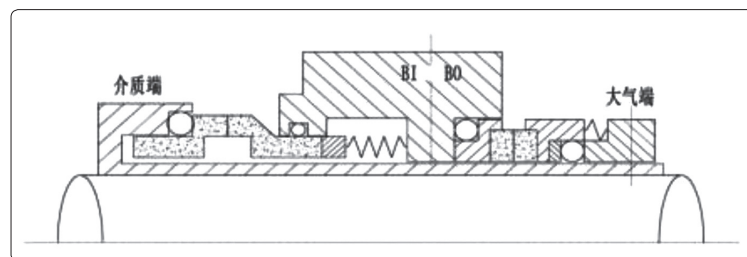


图 1 机械密封结构示意图

本文作者供职于西安泵阀总厂有限公司。

境,使机械密封运行工况由热水变为低温水,为长周期稳定运行提供了保障。但设备现场不具备相应的条件,同一工位设备均采用 Plan54 冲洗方案,应用户要求沿用该方案。

改造后机械密封采用单端面、平衡型、旋转式、集装式机械密封结构,机械密封结构如图 2 所示。

泄露原因分析

机械密封运行会产生大量的热量,辅助系统没办法将这些热量有效带走,会直接影响机械密封的使用寿命。此工况下的热水,当动静环之间不能有效形成液膜时,摩擦热会加剧,使得密封环产生热裂,从而导致机械密封的失效。密封圈变形则是由于长时间处于高温之中造成的。

密封环热裂的原因是密封端面局部热量过高,此热量一部分来自介质,另一部分来源于密封环端面之间的摩擦。原机械密封大气端设计采用外装式结构,辅助系统为 Plan54 方案,结构上使得冲洗水压力在一定程度上受限,冲洗水压力不能太高,否则大气端容易泄露,所以使得冲洗水压力较低,造成冲洗不到位,无法有效进行换热。

密封材料选择

机械密封技术的水平与材料选择有着密切的联系。热水工况较为特殊,水在一定温度及压力下会发生闪蒸,润滑性变差。动静环应选用自润滑性较好的材料进行配对,动环材质选择碳石墨,静环材质为碳化硅。辅助密封圈应选择耐高温水解的三元乙丙橡胶,其余零部件材料与原机械密

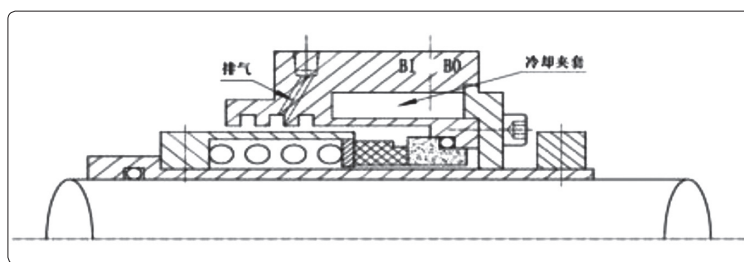


图 2 机械密封结构示意图

封选材一致。

热交换热计算

热交换的过程主要依靠辅助系统来实现的,换热效率直接影响机械密封的稳定运行。为保证换热效率,需要计算机械密封产生热量、热传导热量和冲洗液流量。

密封产生的热量(二级标题)
密封消耗功率的计算公式:

$$P=(T_r n)/9550$$

其中

$$T_r=P_{tot} A f(D_m/2000)$$

式中 P —密封消耗功率, kW;
 n —转速, r/min; T_r —密封转矩, N·m;
 P_{tot} —端面总比压, MPa;
 A —端面面积, mm²; f —摩擦系数;
 D_m —端面平均直径, mm;

根据机械密封及泵的相关参数,通过计算可知密封消耗功率约为 2.8 kW。

传热导

机械密封的密封腔与冷却腔中的液体存在温差,密封腔的温度传导至冷却腔,由冷却腔中的液体带走热量。假设在传导过程中温度不变,则可用下式计算:

$$Q_{hs}=U A D_b \Delta T_{hs}$$

式中 Q_{hs} —热传导热量, W;
 U —材料特性系数; A —传热面积, mm²; D_b —密封平衡直径, mm;
 ΔT_{hs} —密封腔与冷却腔的温差, °C;

根据机械密封零部件的材质,

取热导率 $U \times A=0.00025$ 进行计算,最终得出该机械密封的传导热约为 5 kW。

冲洗流量

在算出密封产生的热量后,可由下式计算辅助系统冲洗液流量:

$$q_{inj}=n' \times 60000(P+Q_{hs})/(d \Delta T_{inj} C_p)$$

式中 q_{inj} —冲洗液流量, L/min;
 n' —冲洗流量安全系数;
 d —轴径规格, mm; ΔT_{inj} —冲洗液温升, K;
 C_p —冲洗液比热容, J/kg·K;

为保持机械密封良好的运行环境,在进行冲洗量计算时,冲洗流量安全系数按 2 倍来进行计算。由上述计算可知机械密封的换热总功率约为 7.8 kW,冲洗液流量为 6.6 L/min。

结论

通过对热水泵机械密封的泄露分析、结构改进、换热计算等研究,为热水工况下密封设计提供了思路,给出了密封功耗及热交换的计算方法,为化工行业热水泵的密封技术提供参考及支持。

在此特别提出,本次改型机械密封通过对其结构及材料的优化设计,基本满足当前工况的使用,相比于 Plan23 冲洗方案来讲,其经济性、适用性更好。