

WM 104 系列机械密封的性能

潘建忠

(无锡轻工大学机械工程系,无锡 214036)

摘要 在试验基础上,探讨了 WM 104 系列机械密封的性能,分析了密封的功耗、端面摩擦状态和泄漏以及端面宽度对密封性能的影响,提出了改善密封性能的若干建议。

关键词 机械密封;性能;功耗;端面摩擦状态

分类号 TH136

0 引 言

机械密封是一种先进的旋转轴流体密封装置,具有密封性能好、使用寿命长、适用范围广等优点,但也有结构复杂、一次性投资高等缺点。机械密封的性能在很大程度上取决于密封的结构和摩擦副的材料。WM 104 系列机械密封是针对农用水泵的工作特点而开发的系列产品,主要与各种轴向吸入式离心泵包括 IB 型离心泵系列、IS 型离心泵系列、WB 型微型泵系列、BP 型喷灌泵系列等水泵和油泵配套使用。其结构型式属内装、内流、旋转、单弹簧、非平衡、单端面、橡胶波纹管式,动环采用卡式传动。摩擦副材料为 Al_2O_3 陶瓷对 Al_2O_3 陶瓷,或 Al_2O_3 陶瓷对石墨,前者可用于含少量沙泥、杂质的介质。主要特点是结构简单、制造成本低,有利于推广应用。在大量试验数据的基础上,客观评价 WM 104 系列机械密封,为密封的正确选用和改进设计提供依据。

1 密封结构及其试验

1.1 密封结构

WM 104 系列机械密封的结构见图 1。适用轴径从 $\varnothing 9 \sim \varnothing 55$ (单位: mm) 共 19 个规格,从中选择有代表性的 5 个规格作为试验密封,其主要参数见表 1。

1.2 密封试验

WM 104 系列机械密封的性能试验是在专用的机械密封试验机上进行的。其功耗 N 是通过转矩转速传感器和显示仪测试密封运转时的摩擦力矩 T 和转速 n 并经计算得到的。

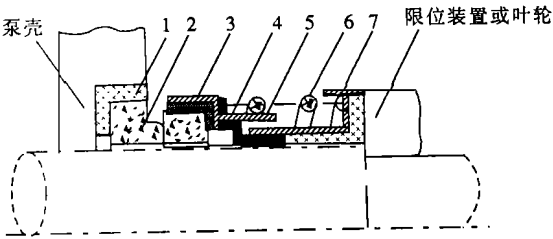


图 1 机械密封的结构

- | | | | |
|-------|------|-------|---------|
| 1 密封垫 | 2 静环 | 3 动环 | 4 波纹密封圈 |
| 5 传动套 | 6 弹簧 | 7 弹簧座 | |

表 1 试验密封的主要参数

密封型号	适用轴径 d/mm	端面宽度 b/mm	端面内径 d_1/mm	端面外径 d_2/mm	端面面积 A/mm^2	弹簧力 F_s/N	弹簧比压 p_s/MPa	端面速度 $v/(\text{m/s})$
WM 104-18B	18	2.5	20.5	25.5	180.6	19.9	0.11	3.61
WM 104-25B	25	2.5	26.5	31.5	227.8	27.3	0.12	4.54
WM 104-30B	30	2.5	31.5	36.5	267.0	32.0	0.12	5.34
WM 104-35B	35	2.5	36.5	41.5	306.3	36.8	0.12	6.13
WM 104-40B	40	2.5	41.5	46.5	345.6	41.5	0.12	6.91

设测得的轴承空载力矩为 T_1 ,正常运转时的总摩擦力矩为 T_2 ,考虑到试验机密封腔中主、副两套试验密封同时工作,则主试验密封的功耗为: $N = \pi n (T_2 - T_1) / 60$. 静环磨损量用投影立式光学计测量得到,而泄漏量根据量筒读数直接得到. 试验条件为: 常温清水,动环转速 $n \approx 3\,000\text{ r/min}$. 摩擦副材料为: Al_2O_3 陶瓷对 Al_2O_3 陶瓷.

2 试验结果与分析

2.1 功耗分析

表 2列出了 5种规格的试验密封的功耗测试值,表中每一数据是对同一型号试验密封 10次测量结果的平均值. 从表 2可知: WM 104 系列机械密封的功耗较低,仅有填料密封的一半左右. 功耗 N 随密封流体压力 p 的增加成线性缓慢增加(图 2),随密封件

表 2 机械密封功率损耗试验平均值 W

密封型号	密封流体压力 p/MPa			
	0.2	0.4	0.6	0.8
WM 104-18B	11.8	14.7	17.3	19.6
WM 104-25B	20.2	22.3	24.8	27.3
WM 104-30B	34.2	37.5	41.3	45.1
WM 104-35B	46.3	47.8	52.3	57.0
WM 104-40B	61.5	67.5	75.2	81.2

尺寸(轴径 d)的增加呈指数关系增加(图 3),事实上 d 的增加即意味着端面线速度 v 的增加(表 1),当轴径 $d > 40\text{ mm}$,功耗随 d 的增加呈加速上升的趋势,说明密封性能逐渐变差. 这一点有助于说明为什么在试验和实际使用中尺寸小的密封件性能很好,寿命很长,而尺寸大的密封件则性能不够稳定,寿命较短甚至早期失效的原因.

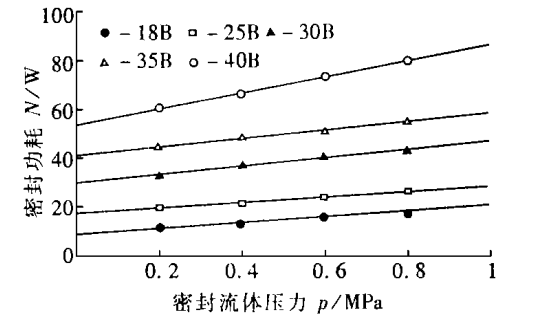


图 2 密封功耗 N 与密封流体压力 p 的关系

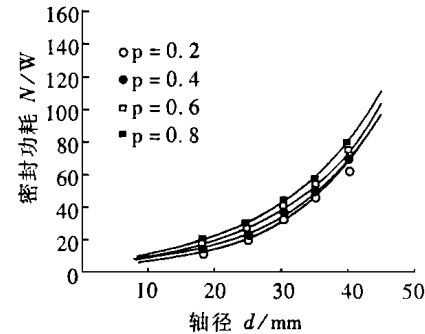


图 3 密封功耗 N 与轴径 d 的关系

采用如下形式的功耗统计学模型^[2]: $N = Ap^B d^C$,利用表 2的数据和基于最小二乘法的统计多元回归分析法,求得常数 $A = 0.06072, B = 0.2189, C = 1.9494$. 用上述功耗统计学模型可近似估算其它型号密封的功耗值. 由此也可知轴径 d 对功耗 N 的影响远比密封流体压力 p 的影响大.

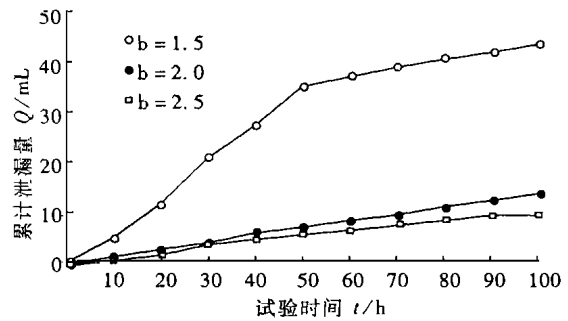
2.2 端面摩擦状态分析

摩擦系数 f 的计算公式^[4]为: $f = N / (p_c A v)$,端面比压 $p_c = p_s + (K - \lambda)p$,根据试验

密封的结构,近似取载荷系数 $K = 1$,反压系数 $\lambda = 0.5$,利用表 1和表 2的数据代入上述公式算得的摩擦系数 f 如图 4所示。从图 4可见:摩擦系数 f 的值随密封流体压力 p 的增加而减小,随轴径 d 的增加而有所增加,除 $p \leq 0.2$ MPa 外, f 的值均较小。由于表 2中的功耗值均包含了旋转组件的搅拌功耗,而搅拌功耗不随 p 变化,因而当 p 较小时,对计算得出的 f 值影响较大。如果计入搅拌功耗,则图 4中的摩擦系数 f 值还将变小。

2.3 泄漏分析

试验密封在静压试验和功耗测试时几乎见不到泄漏或仅有极微量泄漏。图 5为对 WM 104-25B 进行 100 h 运转试验实测到的累计泄漏量 Q 和试验时间 t 的关系。由图 5可知:



WM 104-25B, $p = 0.4$ MPa

图 5 累计泄漏量 Q 与试验时间 t 的关系

端面宽度 $b = 2.5$ mm 和 $b = 2.0$ mm 时,泄漏率比较稳定,分别为 0.10 和 0.14 mL/h; $b = 1.5$ mm 时,前 50 h 的泄漏率偏大,平均值为 0.7 mL/h。当 $t = 47$ h 时,试验中发现此时泄漏率最大,达到 2 mL/h,停机检查发现密封腔端盖螺钉没有均匀拧紧,从而造成端面的偏心和倾斜,导致泄漏率偏大,重新安装后,泄漏率趋于正常。后 50 h 的泄漏率基本保持在 0.17 mL/h 水平。

2.4 端面宽度 b 的影响

针对 WM 104-25B 机械密封,分别取 $b = 1.5, 2.0, 2.5$ mm 种不同宽度,进行功耗试验和 100 h 运转试验,结果见表 3、表 4、图 5。由上述试验数据可知:端面宽度 b 对机械密封的性能有很大的影响,适当减小端面宽度 b ,可以明显降低功率损耗和静环磨损量,改善端面摩擦状态,提高密封的可靠性和寿命,但泄漏率有所增加。端面宽度 b 最佳值的确定除考虑上述各因素外,还应结合密封的结构、机械强度、变形等多种因素加以综合考虑。

表 3 100 h 运转试验静环磨损量

密封型号	端面宽度 /mm	磨损量 / μ m
WM 104-18B	2.5	2.3
	2.5	4.5
	2.0	1.2
WM 104-25B	1.5	1.3
	2.5	8.0

表 4 改变 b 时机械密封的功耗试验值 W

端面宽度 b /mm	密封流体压力 p /MPa					
	0.15	0.30	0.45	0.60	0.75	0.90
1.5	14.7	16.5	18.6	19.8	21.1	22.3
2.0	16.6	18.5	20.4	21.9	22.8	24.2
2.5	18.0	20.3	22.6	24.8	26.7	28.7

注: WM 104-25B

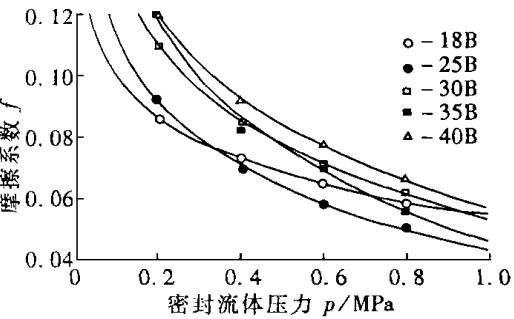


图 4 摩擦系数 f 与密封流体压力 p 的关系

注: $p = 0.4$ MPa

3 结 论

1) WM 104系列机械密封总体上具有功耗、磨损率低,泄漏量小的特点。功耗随密封流体压力 p 的增加缓慢增加,随轴径 d 的增加呈指数关系加速上升,建立的功耗统计学模型可以证实上述关系,并可用来近似估算密封的功耗值。在综合考虑摩擦系数 f ,静环磨损量和泄漏率后可以认为:中小尺寸的密封处于混合摩擦状态,而较大尺寸的密封则处于边界摩擦状态。结合功耗的变化趋势和端面摩擦状态的分析,说明了为什么尺寸小的密封件性能很好、寿命很长,而尺寸大的密封件则性能不够稳定、寿命较短甚至早期失效的原因。

2) 端面宽度 b 对机械密封的性能有很大的影响。如对于 WM 104-25B密封,将端面宽度 b 从 2.5 mm减小到 2.0 mm,则功耗可以降低 10%左右,100 h 静环磨损量从 $4.5\mu\text{m}$ 降低到 $1.2\mu\text{m}$,而泄漏率则从 0.10 mL/h 升到 0.14 mL/h。

3) 改善密封性能的建议:适当减小端面宽度 b ;对于大尺寸的密封,应选用较好的摩擦副材料组合。

参 考 文 献

1 潘建忠.农用水泵机械密封的性能研究: [硕士学位论文].镇江:江苏理工大学,1989
2 Hlaris J A. Computerized Seal Testing and Evaluation System. Tenth Int Conf On Fluid Sealing, 1984. 4
3 萨默·史密斯 J D.实用机械密封.沈锡华,白杰茹,邹凯译.北京:机械工业出版社,1993. 9
4 李继和,蔡纪宁,林海海.机械密封技术.北京:化学工业出版社,1988. 9

Performance Studies of Series WM104 Mechanical Seals

Pan Jianzhong

(Dept. of Mech. Eng., Wuxi University of Light Industry, Wuxi, 214036)

Abstract Based on experiments, the performance of series WM 104 mechanical seals was studied and the power consumption, face friction condition, leakage and face width affecting seal performance were analyzed. Some suggestions for improving their performance were presented.

Key words mechanical seal; performance; power consumption; face friction condition

(责任编辑:秦和平)