

文章编号:1671-6833(2003)02-0070-03

水压电磁阀阀口密封性能试验研究

廖义德¹, 王 清², 李壮云¹

(1. 华中科技大学机械学院, 湖北 武汉 430074; 2. 武汉铁路工程机械研究设计院, 湖北 武汉 430074)

摘 要: 阀口的密封性能是表征开关型水压电磁阀质量的重要技术指标. 分别以不锈钢与黄铜、聚四氟乙烯及丁腈橡胶配对构成密封面, 测试了密封宽度和粗糙度对密封面密封性能的影响, 并得出了保证密封所需的最小接触比压力. 试验结果表明, 不锈钢/橡胶密封副的接触比压力较低, 适合电磁阀阀口密封.

关键词: 电磁阀; 阀口; 密封; 试验

中图分类号: TH 137.9 **文献标识码:** A

0 引言

电磁阀作为二位开关型阀使用时, 要求关闭状态下阀口的泄漏量尽可能小, 有的甚至为零泄漏. 电磁阀阀口通常采用接触式密封, 要获得良好的密封效果, 密封面必须存在足够大的接触比压力, 所需接触比压力与密封材料、宽度、表面粗糙度及介质压力有关^[1]. 受电磁铁吸力的限制, 密封接触压力又不能太大, 因此, 确定阀口合适的接触比压力是电磁阀设计的关键技术之一.

对于低压 ($\leq 2.5\text{ MPa}$) 电磁阀阀口密封所需的接触比压力, 前人已做了大量的研究. 苏联学者 Л. Ф. 古列维奇提出了线接触、面接触密封的接触比压力计算公式和常用密封材料的许用接触应力. 济南铸造锻压研究所与上海自动化仪表研究所在实际使用中发现该计算数据过大, 指出应予以修正^[2]. 上海气动成套设备厂采用人造红宝石作为密封材料研制了中压 (3.8 MPa) 电磁阀, 获得了较好的密封性能, 但无泄漏量数据, 而红宝石的作用是能够承受较大的接触比压力和阀芯关闭的冲击载荷^[3]. 对于高压 ($\geq 10.0\text{ MPa}$) 电磁阀的设计, 尚无可靠的理论和实验依据^[4]. 由于水压介质清洁、安全, 对环境无污染, 水压传动技术日益受到人们的重视. 随着工程材料应用, 水压系统的工作压力已超过 12.0 MPa , 对电磁阀的密封性能提出了更高的要求. 本文分别以不锈钢与黄铜、聚四

氟乙烯及丁腈橡胶配对构成密封面, 测试了密封宽度和粗糙度对密封面密封性能的影响, 并得出了保证密封所需的最小接触比压力. 试验结果表明, 不锈钢/橡胶密封副的接触比压力较低, 适合作为电磁阀阀口密封. 试验结果可供水压电磁阀设计参考.

1 试验

1.1 试验装置与方法

高压电磁阀密封性能试验装置由高压氮气瓶、减压阀、气液转换罐、加载砝码、传力轴、量杯、阀芯及阀座等组成, 如图 1 所示. 试验介质为水, 介质压力 p_L 由减压阀调节, 并显示在压力表上. 阀芯与阀座的接触比压力通过传力轴上的砝码重量 W 确定, 阀芯试件或阀座试件可根据试验需要更换. 量杯用于计量通过密封面的泄漏量 ΔV .

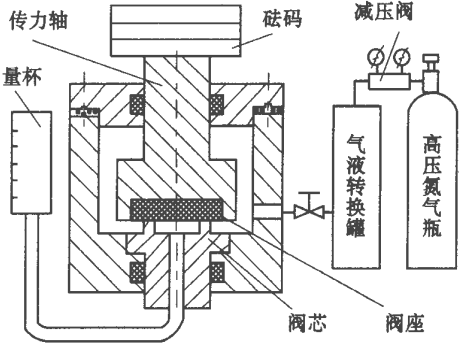


图 1 阀门静密封试验装置

Fig. 1 The device on static seal of valve orifice

收稿日期:2003-01-03; 修订日期:2003-02-01

基金项目:国家自然科学基金资助项目(59975031)

作者简介:廖义德(1963-), 男, 湖南省衡阳市人, 华中科技大学副教授, 博士研究生, 主要从事水压传动及其基础理

论研究

密封面上的接触比压力为

$$p_b = \frac{W}{2\pi r b} \tag{1}$$

式中: b 为环形密封面径向宽度; r 为平均半径.

单位密封长度上的泄漏流量为

$$q_l = \frac{\Delta V}{2\pi r t} \tag{2}$$

式中: t 为泄漏试验时间.

1.2 试验内容

试验分别在不锈钢与黄铜、聚四氟乙烯及丁腈橡胶配对构成密封面上进行,确定在一定介质压力下通过密封面的泄漏量与接触比压力的关系,测试密封宽度和粗糙度变化对密封性能的影响,并得出保证完全密封所需的最小接触比压力.

2 试验结果及分析

2.1 密封材料及其接触比压力对泄漏量的影响

试验装置的基本参数为:密封宽度 $b=1.5\text{ mm}$, 不锈钢试件表面粗糙度 $R_a=0.08\text{ }\mu\text{m}$, 介质压力 $p_L=10.0\text{ MPa}$. 对于不同接触比压力,分别测试通过不锈钢/黄铜、不锈钢/聚四氟乙烯及不锈钢/丁腈橡胶等密封面的泄漏量 ΔV ,并由式(2)计算出相应的泄漏流量 q_l ,试验结果如图2所示.从图2中可以看到,密封材料对泄漏流量有较大的影响,在同一接触比压力下,通过不锈钢/黄铜双硬密封面的泄漏流量最大,不锈钢/聚四氟乙烯密封面次之,不锈钢/丁腈橡胶硬软密封面最小.另外,泄漏流量随接触比压力的增大而减小,当泄漏流量等于零时,不锈钢/黄铜密封面的接触

比压力为 17.0 MPa ,远大于不锈钢/丁腈橡胶密封面的 5.2 MPa .

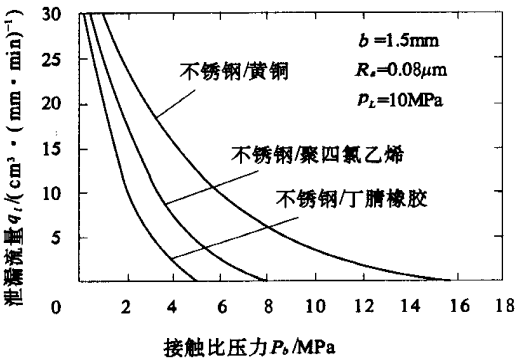


图2 密封副材料对泄漏流量的影响

Fig.2 The effects seal material on leaking flow

2.2 密封面宽度对密封性能的影响

为了研究宽度对密封性能的影响,试验按 $0.5, 1.5, 3.0\text{ mm}$ 三种密封宽度进行,不锈钢试件表面粗糙度 $R_a=0.08\text{ }\mu\text{m}$.以高压水为试验介质,测量密封面无泄漏时的砝码重量(即密封面接触压力) W ,并由式(1)计算出相应的接触比压力 p_b .试验结果如图3所示.其结果表明,减小密封宽度,接触比压力增大,但密封面接触压力降低,有利于电磁阀的开启.随着介质压力增加,密封接触比压力增大,但增大速度逐渐降低.

对于开关型电磁阀,为补偿弹簧力的不足,压力介质一般位于阀芯上部.介质压力提高,密封接触比压力将进一步增大.因此,在设计电磁阀阀口时,应确保介质最大压力下的接触比压力小于密封材料的许用比压力.

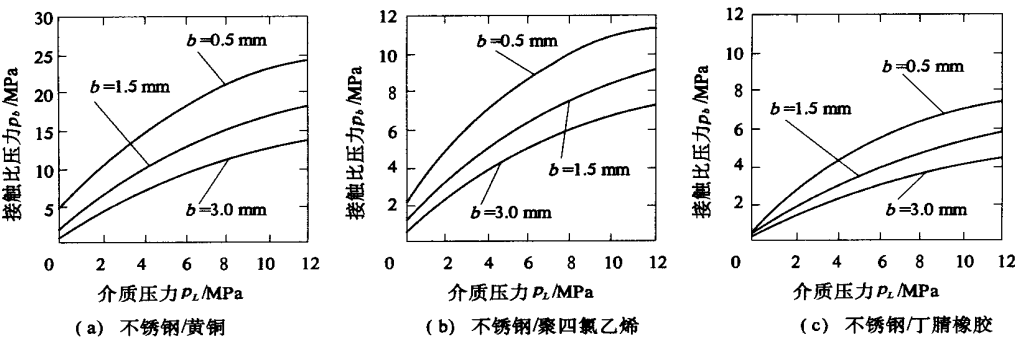


图3 接触宽度对密封性能的影响

Fig.3 The effects of (interface) content breadth on seal function

2.3 接触表面粗糙度对密封性能的影响

试验分三组进行,不锈钢/黄铜密封面中,不锈钢试件的表面粗糙度分别为 $0.08, 0.32, 0.63\text{ }\mu\text{m}$,黄铜的表面粗糙度为 $0.08\text{ }\mu\text{m}$;不锈钢/聚四氟乙烯密封面与不锈钢/丁腈橡胶等密封面中,不锈钢试件的表面粗糙度分别为 $0.08, 0.63,$

$1.25\text{ }\mu\text{m}$,聚四氟乙烯与丁腈橡胶表面粗糙度约为 $0.63\text{ }\mu\text{m}$.试验装置密封面宽度为 1.5 mm .试验结果如图4所示.曲线图表明,试件表面粗糙度对密封性能的影响随构成密封面的材料而异.当不锈钢试件表面粗糙度由 $0.08\text{ }\mu\text{m}$ 增大到 $0.63\text{ }\mu\text{m}$,不锈钢/黄铜双硬密封面接触比压力急剧提高,而不

锈钢/丁腈橡胶硬软密封面几乎不受试件表面粗糙度影响.

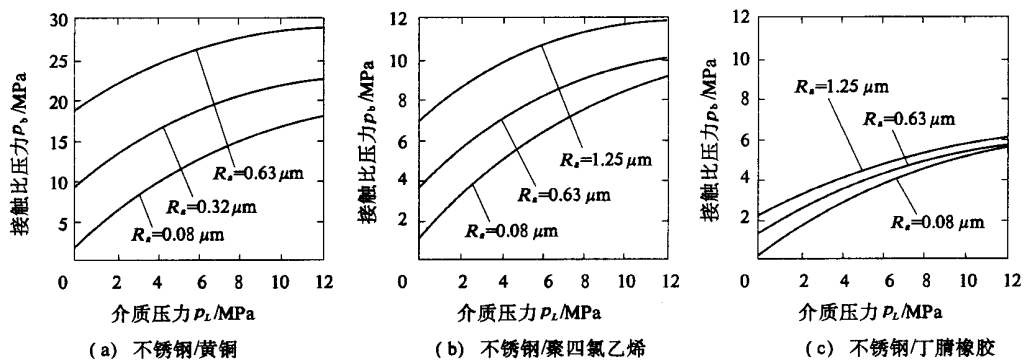


图 4 接触表面粗糙度对密封性能的影响

Fig. 4 The effects of contact face roughness on seal function

3 结论

- (1) 在同样的介质压力和接触比压力条件下, 不锈钢/丁腈橡胶硬软密封面泄漏流量低于不锈钢/黄铜双硬密封的泄漏流量.
- (2) 减小密封宽度, 接触比压力增大, 密封面接触压力降低, 有利于电磁阀的开启. 在考虑减小密封宽度时, 应确保介质最大压力下的接触比压力小于密封材料的许用比压力.
- (3) 试件表面粗糙度对密封性能的影响随构成密封面的材料而异. 当不锈钢试件表面粗糙度

增大时, 不锈钢/黄铜双硬密封面接触比压力急剧提高, 而不锈钢/丁腈橡胶硬软密封面几乎不受试件表面粗糙度影响.

参考文献:

[1] 刘后桂. 密封技术 [M]. 长沙: 湖南科技出版社, 1983.
[2] 蒋庆华. 阀孔密封[J]. 自动化仪表, 1993, (6): 11~13.
[3] 陈烈昌. 23VD-4 高压电磁阀的研究[J]. 液压气动与密封, 1992, (3): 21~23.
[4] 金竞竞. 对夹式升降止回阀密封可靠性研究[J]. 阀门, 1986, (1): 32~35.

Experimental Research for Seal Performance of Water Hydraulic
Electromagnetic Valve Orifice

HAO Yi -de¹, WANG Qing², LI Zhuang -yun¹

(1.College of Mechanism, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China ; 2. Wuhan Research & Design Institute of Railway Engineering Machine, Wuhan 430074, China)

Abstract : Seal performance of water hydraulic electromagnetic valve orifice is an important technical index. This paper tests the effect of the breadth and roughness for seal function with seal faces constructed respectively by stainless steel to brass, PTFE and NBR, and obtains the smallest contact stress to assure sealing. The test data demonstrates that the contact stress of valve orifice with material pairing of stainless steel /NBR is the lowest, and those materials are suitable for water hydraulic electromagnetic valve orifice seal.

Key words : electromagnetic valve ; orifice seal ; test