

潜水泵扩张式喷嘴排液装置的优化设计与试验

朱荣生¹, 李继忠², 刘铭媛³, 燕浩¹, 苏保稳¹

(1. 江苏大学流体机械工程技术研究中心, 江苏镇江 212013; 2. 航天晨光股份有限公司, 江苏南京 211100; 3. 国电科学技术研究院, 江苏南京 210031)

摘要: 针对泄漏液体严重危及潜水泵安全的问题, 在原非扩张式喷嘴排液装置的基础上, 优化设计了一种具有扩张式喷嘴的在线排液装置。为了比较分别具有扩张式和非扩张式喷嘴的排液装置性能的优劣, 设计了这两种形式的喷嘴, 并设计了4种不同尺寸喉嘴距及6种不同尺寸混合管直径的排液装置; 对各种不同的排液装置在同一试验台上分别进行了试验。试验结果表明, 当排液装置的扬程为6 m时, 具有扩张式喷嘴的排液装置具有更好的排液性能, 其最佳工作压力为0.3 MPa, 最佳喉嘴距为1.67倍喷嘴喉部直径之长度, 最佳混合管直径为2倍喷嘴喉部直径。与非扩张式喷嘴排液装置相比较, 具有最佳尺寸的扩张式喷嘴排液装置可以更好地解决潜水泵液体泄漏问题。

关键词: 潜水泵; 泄漏; 喷嘴; 喉嘴距; 混合管直径

中图分类号: TH48 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-6254(2009)04-0220-04

Optimization and experimental study of expansion liquid leaking excluder device for submersible pumps

Zhu Rongsheng¹, Li Jizhong², Liu Mingyuan³, Yan Hao¹, Su Baowen¹

(1. Technical and Research Center of Fluid Machinery Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang, Jiangsu 212013, China; 2. Aerosun Corporation, Nanjing, Jiangsu 211100, China; 3. Guodian Science and Technology Institute, Nanjing, Jiangsu 210031, China)

Abstract: Considering the problem that the leakage of liquid seriously affects the safety of submersible pumps, an online device to resolve the harm of leakage of liquid to submersible pumps was designed. In order to compare the performance of two kinds of nozzles, expansion and non-expansion, 4 different-sized distance of mixing tube to nozzle and 6 different-sized mixing tube diameter were designed. Experiments were done in the same test-bed. The results show that liquid leaking excluder devices with the expansion nozzle have better performance, the best distance of mixing tube to nozzle is 1.67 times the diameter of nozzle throat, and the best diameter is 2 times the diameter of nozzle throat. The liquid leaking excluder device after optimization can solve the problem of fluid leakage better.

Key words: submersible pump; leaking; nozzles; distance of mixing tube to nozzle; mixing tube diameter

潜水泵以结构简单紧凑、使用方便等优点, 吸引了大批用户; 而大中型潜水泵具有简化泵结构和节省泵站建设投资的突出优点, 在工农业生产中越来越发挥出其重要的作用。然而, 由于潜水泵应用于水

下, 工作环境十分复杂, 其安全可靠性和寿命受到严重影响, 故障频发。造成这一后果的主要原因就是泄漏。液体的泄漏不仅破坏轴及轴承的精度, 大大降低泵的效率, 甚至会烧毁电机。而潜水泵一旦出现问题,

收稿日期: 2008-12-29

基金项目: 江苏省科技攻关重大项目(BE2006084)

作者简介: 朱荣生(1964—), 男, 湖南道县人, 研究员(jsgqby@sina.com), 主要从事流体机械研究。

李继忠(1981—), 男, 河北秦皇岛人, 满族, 硕士生(pengyoujizhong@126.com), 主要从事流体机械研究。

只能把泵从水中吊出.对大中型潜水泵而言,运输及维修费用都很昂贵.

以往国内外通常仅仅检测泄漏液体,并没有对其进行有效的排除.笔者此前设计了一种泄漏液体在线排除装置,使用压缩空气来排除泄漏液体.此装置在潜水泵不停机的情况下解决液体泄漏问题,达到了预期效果.但是,由于排液装置的喷嘴为非扩张式^[1],排液性能不是很好,还需对排液装置喷嘴及其他结构尺寸的确定进行进一步的探讨,以便更好地解决潜水泵的液体泄漏问题.

目前对使用空气来抽取液体的装置还比较少,而对使用蒸汽来抽取液体的装置比较多^[2].但是,与蒸汽不同的是,空气属于不可凝结流体,和水混合后不能与水融为一体,而是呈两相流分布.在线排液装置一般安装在潜水泵内,这对其尺寸有限制,故对排液装置的几个主要结构参数有必要进行进一步的研究.

1 排液装置的结构及原理

排液装置基本结构见图1,总长约75 mm.其工作原理为:排液装置的工作流体,即高压气体,经进气管到达喷嘴,在喷嘴处将压力能转化为动能,形成高速射流,并将喷嘴附近压力较低的液体吸走.被吸走的液体称为引射流体.由于喷嘴出口附近形成了一定的真空,故液体经过吸液管不断地补充到喷嘴出口处.两种流体在混合管混合,速度渐趋一致,形成气液混合物.而在扩散室中,由于管横截面积的扩大,使混合流体的动能转化为压能.混合流体减速增压到一定的压力后,沿排液管继续输送^[2,3].

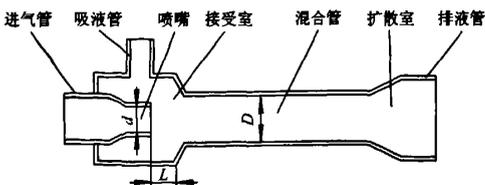


图1 排液装置结构示意图
Fig.1 Sketch of leaking excluder device

将在线排液装置和泄漏传感器固定在泵的轴腔下端,排液装置分别与进气管和排液管相连.当泄漏传感器检测到泄漏液体后,启动空气压缩机等可提供有压气体的设备.有压气体通过进气管到达排液装置,然后和泄漏液体一起通过排液管排到潜水泵外.

2 在线排液装置的优化设计

按照以往蒸汽抽取液体装置的参数选取范围,并考虑加工方便的原则,选取了几个混合管直径不同的以及混合管到喷嘴距离不同的排液装置进行试验研究.

2.1 喷嘴的设计

已研制的排液装置出口为非扩张式,出口直径是仅为3 mm的圆孔^[1],出口直径符号为*d*.为了比较喷嘴的扩张与非扩张对小型排液装置排液性能的影响,在非扩式喷嘴的基础上设计了扩张式喷嘴.考虑到加工的难度,喷嘴出口没有设计成圆弧式的扩张式,而是在喷嘴中间设计了与非扩张式喷嘴出口直径相同的小喉管,喉管直径与非扩张式喷嘴出口直径相同,故符号也为*d*.喷嘴出口处逐渐扩大,这样加工方便,而且截面尺寸类似圆弧,结构简图见图2^[1,4].

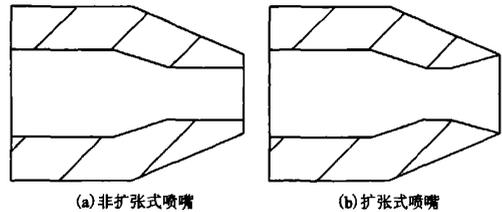


图2 喷嘴简图
Fig.2 Sketch of muzzle

2.2 混合管的设计

混合管是在线排液装置中的重要部件,工作流体和引射流体在混合管内混合并发生能量的交换,其直径*D*对在线排液装置效果的影响非常明显.故设计了具有4种不同直径混合管的在线排液装置,直径分别为1.67*d*(5 mm),1.83*d*(5.5 mm),2*d*(6 mm),2.33*d*(7 mm).

2.3 喉嘴距的设计

喉嘴距*L*,是指从喷嘴出口到混合管进口这一段距离.喉嘴距对排液装置的性能也有很大的影响.为确定喉嘴距对排液装置性能的影响,设计了6种不同喉嘴距的排液装置,分别为0.67*d*(2 mm),*d*(3 mm),1.33*d*(4 mm),1.67*d*(5 mm),2*d*(6 mm),2.33*d*(7 mm).

3 排液性能试验

为了对比几种不同尺寸的排液装置的性能,需

要进行一系列的试验.排液装置是为排除泵内的泄漏液体而设计的,故把排液装置所抽取水的流量来作为衡量其性能的参数.

3.1 试验设备布置

试验设备布置见图3.空气压缩机用来提供恒压的空气,量筒用来测量被抽取水的体积.空气压缩机上置压力计,可以直接读取输出空气的压力.空气压缩机的出口和排液装置的进气管相连^[5].排液装置的进水口与量筒中的水相连,右侧为气液混合物的出口.为了调节出水口的高度,用吊车把出水口吊到距离排液装置进水口高6 m的位置.出水口下端为水池,以保证实验室的清洁.在测取排液装置抽取水的流量时,要先开启空气压缩机,使其达到要求的压力并保证排液装置稳定工作后,再开始记录水的减少量,并记录所用时间.测试时间应尽量长,以减少误差.

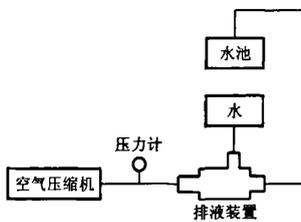


图3 试验设备布置图

Fig.3 Sketch of test apparatus

测试最少进行3次,然后取其平均值.

3.2 试验结果分析

3.2.1 两种喷嘴排液装置的试验

在不同空气压力下,测取两种不同喷嘴的排液装置所抽取水的变化情况,见图4^[6].在图4中,流量普遍较高的曲线,为具有扩张式喷嘴的排液装置的流量随压力变化曲线.

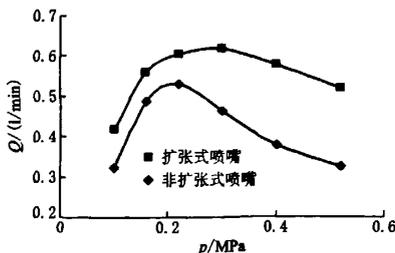


图4 水流量随压力的变化

Fig.4 Water flow rates of different pressure

从图中可以清晰地看出,具有扩张式喷嘴的排液装置在不同空气压力下的流量,明显高于具有非扩张式排液装置的流量.当工作气体压力为0.3 MPa时,

被抽取的水的流量最大,为0.62 L/min.而且,具有扩张式喷嘴的排液装置,其高效区较宽,当气体压力在0.15~0.4 MPa范围内,所抽取水的流量相差不多,并且都高于具有非扩张喷嘴排液装置的最大流量.这使得排液装置对压力的要求大大降低,很容易就达到其高效区.

3.2.2 不同混合管直径排液装置的试验

当工作气体压力(表压)维持在0.3 MPa,混合流体输送管出口被固定在6 m高度时,混合室的直径分别为1.67d(5 mm),1.83d(5.5 mm),2d(6 mm),2.33d(7 mm)时,测试其性能^[7].测试结果曲线见图5.

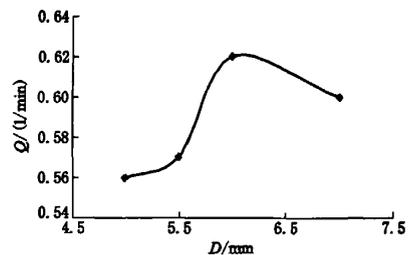


图5 水流量随混合管直径变化

Fig.5 Water flow rates of different mixing tube diameter

由图5可知,混合室的直径对排液装置的性能也有很大的影响.当混合室的直径为喷嘴喉部直径的2倍时,排液装置的性能最佳,所抽取水的流量达到0.62 L/min.当混合室的直径小于2倍喷嘴喉部直径,即为喷嘴喉部直径的1.67倍和1.83倍时,排液装置所抽取水的流量几乎没有变,并且与混合室直径为2倍喷嘴喉部直径的排液装置有很大的差距;当混合室的直径大于2倍喷嘴喉部直径时,即为喷嘴喉部直径的2.33倍时,排液装置的性能有所降低.

3.2.3 不同喉嘴距排液装置的试验

对具有扩张式喷嘴排液装置的喉嘴距这一参数进行试验研究.即不改变其他尺寸,仅改变混合管到喷嘴距离这一设计尺寸,并在同一试验台进行试验.当工作气体压力(表压)固定在0.3 MPa,混合流体输送管出口被固定在6 m高度时,喉嘴距分别为0.67d(2 mm),d(3 mm),1.33d(4 mm),1.67d(5 mm),2d(6 mm),2.33d(7 mm)时,测取水的流量,结果绘成曲线,见图6.

由图6可知,喉嘴距的大小对排液装置有着很大程度的影响.当喉嘴距为5 mm,即为1.67倍喷嘴直径的时候,取得最佳性能,被抽取水的流量约为

0.62 L/min;当喉嘴距为1~2倍喷嘴喉部直径时,被抽取水的流量都大于0.6 L/min,且曲线比较平缓,这说明,具有扩张式喷嘴排液装置的喉嘴距为喷嘴喉部直径的1~2倍时,都能达到良好的性能;而喉嘴距小于1倍或大于2倍喷嘴喉部直径排液装置所抽取水的流量有较大幅度的降低,不适宜应用。

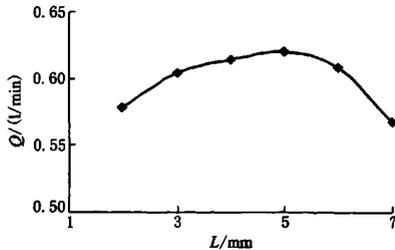


图6 水流量随喉嘴距变化图

Fig. 6 Water flow rates of different distance of nozzle - mixing tube

4 结 论

经过大量的试验来测试不同结构尺寸排液装置的排水性能。当排液装置的扬程为6 m时,可得到以下结论:

1) 具有扩张式喷嘴的小型排液装置的性能,要比具有非扩张式喷嘴的小型排液装置好很多。两种排液装置的最佳工作压力分别为0.3 MPa和0.22 MPa。

2) 具有扩张式喷嘴的小型排液装置,其另一可优化尺寸为混合室直径,当混合室直径为2倍喷嘴直径时,排液装置取得最佳性能。

3) 具有扩张式喷嘴的小型排液装置,其喉嘴距为其一可优化尺寸。当喉嘴距为1.67倍喷嘴直径的长度时,排液装置有最佳性能。

目前对使用空气来抽取液体的装置研究得还比较少。故本研究对以后这一领域的研究有一定的指

导作用。

参考文献 (References)

- [1] 朱荣生,李继忠,付强,等.潜水泵泄漏液体在线排除装置的设计与开发[J].排灌机械,2008,26(5):5-8.
Zhu Rongsheng, Li Jizhong, Fu Qiang, et al. Design and implementation of online liquid leaking excluder device for submersible pump[J]. *Drainage and Irrigation Machinery*, 2008, 26(5): 5-8 (in Chinese)
- [2] 陆宏圻.喷射技术理论及应用[M].武汉:武汉大学出版社,2004.
- [3] 裴二荣,柴金城.喷嘴水力性能分析及设计[J].排灌机械,2004,22(5):29-31.
Pei Errong, Cai Jincheng. Research on the flow characteristic of spray nozzle and design[J]. *Drainage and Irrigation Machinery*, 2004, 22(5): 29-31. (in Chinese)
- [4] Chuech S G, Chen C C, Lu J C, et al. Design and implementation of ejector driven micropump[J]. *Energy Conversion and Management*, 2007, 48(10): 2657-2662.
- [5] Cramers P H M R, Beenackers A A C M. Influence of the ejector configuration, scale and the gas density on the mass transfer characteristics of gas-liquid ejectors[J]. *Chemical Engineering Journal*, 2001, 82(1-3): 131-141.
- [6] Kumar R S, Kumaraswamy S, Mani A. Experimental investigations on a two-phase jet pump used in desalination systems[J]. *Desalination*, 2007, 204(1-3): 437-447.
- [7] Rogdakis E D, Alexis G K. Investigation of ejector design at optimum operating condition[J]. *Energy Conversion & Management*, 2000, 41(17): 1841-1849.

(责任编辑 张文涛)