

环周进水汽-液两相喷射性能优化

马昕霞¹,袁益超¹,黄 鸣²,刘聿拯¹

(1. 上海理工大学 能源与动力工程学院,上海 200093; 2. 上海市质量监督检验技术研究院,上海 200233)

摘 要: 基于环周进水型汽-液两相喷射器流动机理的分析,研究并发展了一种新的喷射器优化的方法。采用在圆柱段混合室壁上增加侧向孔的方式,使外界环境的低温水通过侧向孔进入混合室,形成二级引射,从而提高喷射系数。设计了以湿蒸汽为工作蒸汽的实验台和多喷嘴喷射器作为实验元件,湿蒸汽的压力在 0.15 ~ 0.4 MPa 范围内,湿蒸汽干度在 0.25 ~ 1 范围内,实验比较了优化前、后试件的性能,结果表明:在相同的蒸汽干度下,喷射系统实现了阶跃性的增长,且随蒸汽干度的增大,喷射系数提高的幅度增加,验证了采用该优化方法提高喷射性能是可行的。

关 键 词: 汽液两相流; 喷射器; 二级引射; 喷射系数; 湿蒸汽; 优化; 蒸汽干度

中图分类号: O359; TK219 文献标识码: A

引 言

汽-液喷射器是利用射流紊流扩散作用实现传质传能的混合加热设备。优化喷射器的结构,提高喷射性能一直受到许多研究者的关注。从已发表的关于喷射器优化的文献来看,改变喷嘴的型式、安装位置及个数^[1-6],改变混合室的形状及长径比^[7-10],采取这些优化方式虽可达到一定的优化目的,但耗时费力,代价较高。而且,喷射器的工况改变时,为保证喷射器处于最佳工作状态,喷射器的结构(如喷嘴的轴向位置、喷嘴喉口截面积、混合室的截面积等)必须作出相应的调整。

实际工业应用中,相当一部分低压蒸汽是具有一定干度的湿蒸汽^[11-13],而国内外学者对汽-液喷射技术的研究仅限于干饱和蒸汽或过热蒸汽^[14-17],而以湿蒸汽作为工作蒸汽的研究很少报道。本实验中的工作蒸汽采用湿蒸汽。基于环周进水型汽-液喷射器流动机理的分析,从喷射器的流动过程入手,提出一种新的提高喷射性能的方法。

1 环周进水汽-液两相喷射优化机理

环周进水汽-液喷射器主要由蒸汽喷嘴、水喷嘴、混合室和扩散室 4 部分组成,其工作原理如图 1 所示。混合室分为混合室锥形段(截面 1-1 ~ 截面 2-2)和混合室圆柱段(截面 2-2 ~ 截面 3-3),其工作过程可分为 3 个阶段:(1) 喷射阶段(从蒸汽喷嘴和水喷嘴到混合室入口截面 1-1 之间的区域)。蒸汽喷嘴到截面 1-1 之间为蒸汽的喷射,水喷嘴到截面 1-1 之间为低温水的喷射。高压蒸汽在蒸汽喷嘴中膨胀后形成的高速气流,将压力能转换为动能。在水喷嘴进出口压差的作用下,低温水被抽吸进入混合室。(2) 混合室内蒸汽与低温水的混合阶段(截面 1-1 与截面 3-3 之间的区域)。在喷嘴出口处,蒸汽射流将形成一个虚拟的扩张拉伐尔喷管。低温水则在拉伐尔管外沿收缩截面流动^[18]。同时蒸汽射流在环境水的冷凝作用下收缩,蒸汽与低温水之间进行剧烈地动量和能量的传递,最后蒸汽凝结在水中,而后逐渐形成均匀的混合流体流入扩散段。(3) 扩压阶段(截面 3-3 至截面 4-4)。在扩散室内流体速度场进一步均衡,同时逐渐减速增压,将一部分动能转化为压能,并排出喷射器。

由以上分析可知,蒸汽与低温水的凝结混合主要发生在混合室圆柱段。由于蒸汽的比容远远大于水的比容,故混合室内蒸汽的凝结,使混合室内的压力将迅速下降。蒸汽的凝结量较大时,混合室内的压力将小于低温水压力。因此,若在混合室圆柱段壁上增加侧向孔,外界的低温水将在压差的作用下进入混合室,形成二级引射。这样在不改变喷射器其它部件的情况下,不增大原有工作蒸汽的质量流量的基础上,通过二级引射增大了引射流体的质量流量,从而增大喷射器的喷射系数。根据该原理,

收稿日期: 2010 - 03 - 04; 修订日期: 2010 - 12 - 09

作者简介: 马昕霞(1973 -),女,河北灵寿人,上海理工大学博士研究生,现工作在上海电力学院讲师。

对喷射器进行了优化,并通过实验对相同工况下的优化前后的喷射性能进行了比较。

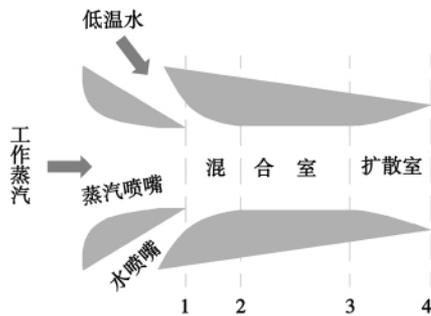


图 1 环周进水汽-液喷射器工作原理图

Fig. 1 Schematic drawing of the working principle of the full-arc water-admission steam-liquid steam-water ejector

2 实验装置与数据处理

2.1 实验装置与实验元件

环周进水多喷嘴汽-液喷射实验装置如图 2 所示。工作流体是蒸汽锅炉产生的饱和蒸汽和饱和水引入汽-液混合器形成的湿蒸汽,引射流体是由高位水箱经进水阀流入低位水箱的低温水。测试段(汽-液喷射器)安装在低位水箱的底部。实验元件采用多喷嘴喷射器。多喷嘴喷射器的性能优于单喷嘴。早在 20 世纪 50 年代左右,全苏热工研究所实验研究了四喷嘴水喷射器的性能,指出在相同的工况下,四喷嘴的工作流体流量比单喷嘴少 15% 的情况下,引射的空气流量却增加了 10% ~ 20% [10]。文献 [19] 中对喷嘴个数分别为 4、8、16 的多喷嘴喷射器的喷射性能进行了实验,指出随喷嘴个数的增加,引射量相应增加。究其原因:喷嘴个数的增加,增大了工作流体与引射流体的接触面积,改善并加快了混合过程,从而使引射量增大。然而,并不是喷嘴个数越多越好,当喷嘴布置过于集中时,使得工作流体不能完全及时与引射流体进行那个掺混,将导致引射量降低 [6]。此外,孔口直径也是影响多喷嘴喷射器性能的重要因素。若孔口直径设计的过小,使工作流体流动阻力增大,则其流量随之减少。容易造成喷射器工作参数不能达到设计工况。

图 3 为实验元件优化前的结构,由 7 个蒸汽喷嘴、吸入室、7 个混合室和扩散室组成。蒸汽喷嘴采用渐缩喷嘴。圆周方向上均匀布置了 6 个蒸汽喷嘴,中央位置布置 1 个蒸汽喷嘴,以保证蒸汽与过冷

水充分接触换热。在相同的工况条件下,相比单喷嘴而言,多喷嘴增大了蒸汽与低温水的接触面积,于是引射的低温水量增多,蒸汽的凝结量增大,导致混合室内的压力更小。低温水的二次引射的效果更加显著。蒸汽喷嘴喉部直径为 8 mm,可保证工作蒸汽的通畅流动。优化后结构如图 4 所示,在 7 喷嘴喷射器的每个混合室圆柱段的壁面上增加 4 个小孔,小孔的孔径为 3 mm。7 喷嘴喷射器的主要尺寸如表 1 所示。

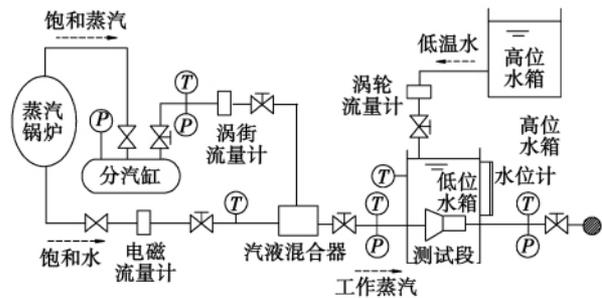


图 2 实验装置图

Fig. 2 Test rig drawing

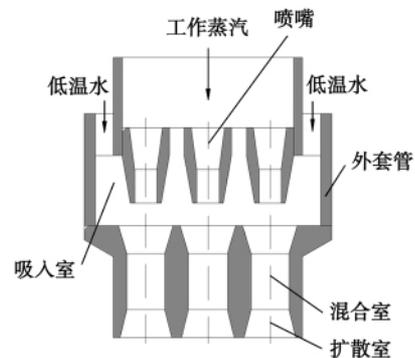


图 3 实验元件优化前的结构

Fig. 3 Structure of the test piece before the optimization

表 1 实验元件主要结构参数

Tab. 1 Main structural parameters of the test piece

结构参数	
蒸汽喷嘴喉部直径/mm	8
混合室长度/mm	30
混合室喉部直径/mm	14
扩散管长度/mm	10
扩散管出口直径/mm	20
蒸汽喷嘴长度/mm	27
蒸汽喷嘴与混合室的距离/mm	18
喷嘴数/个	7

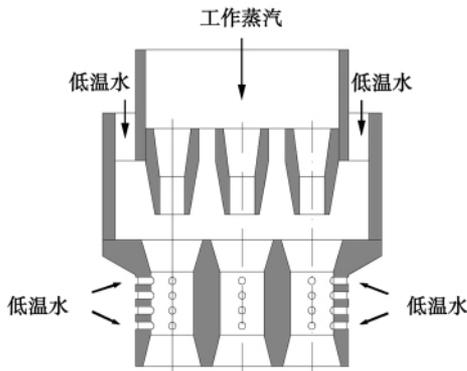


图 4 实验元件优化后的结构

Fig. 4 Structure of the test piece after the optimization

实验中, 低温水流量采用涡轮流量计测量, 根据实验工况不同, 涡轮流量计型号分别为 LWGY-80A 型和 LWGY-40B 型, 精度为 0.2 级; 饱和蒸汽流量采用 YF105-AGSC2-CD 型涡街流量计测量, 精度为 1 级; 饱和水流量采用 YLD15F211411211 型电磁流量计测量, 精度为 0.5 级。压力测量采用 GECY-160 型压力变送器, 精度为 0.2 级。温度测量采用 Pt100 铂电阻, 精度为 A 级。

2.2 数据处理

蒸汽干度可根据热平衡原理由饱和蒸汽流量、饱和水流量及其物性参数计算得出。

喷射系数表示一定工况下单位质量的工作蒸汽通过喷射器所能抽吸的低温水的量, 即:

$$u = G_L / G_s \quad (1)$$

式中: u —喷射系数; G_s 、 G_L —工作蒸汽和低温水的质量流量, kg/s。

喷射器优化前, 引射的低温水流量 G_L 为由环形水喷嘴吸入混合室的水量 G'_L ; 优化后 G_L 则由由环形水喷嘴吸入混合室的水量 G'_L 和由侧向孔进入混合室水量 G''_L 两者之和。相同的实验工况下, 优化后喷射系数的增加量 Δu 为侧向孔进入混合室的低温水流量 G''_L 与工作蒸汽流量 G_s 的比值, 即:

$$\Delta u = G''_L / G_s \quad (2)$$

3 实验结果与分析

研究不同的蒸汽干度下, 混合室增加侧向孔后喷射器性能的变化是本研究的主要内容。实验中过冷水的压力 P_L 为 0.106 MPa, 低温水的温度 T_L 为 35 ~ 65 °C, 蒸汽压力 P_s 在 0.15 ~ 0.41 MPa 范围内, 蒸汽干度 x 在 0.25 ~ 1 范围内, 喷射器背压 P_c 为 0.106

和 0.118 MPa 两个工况。

3.1 优化后引射的低温水流量的变化

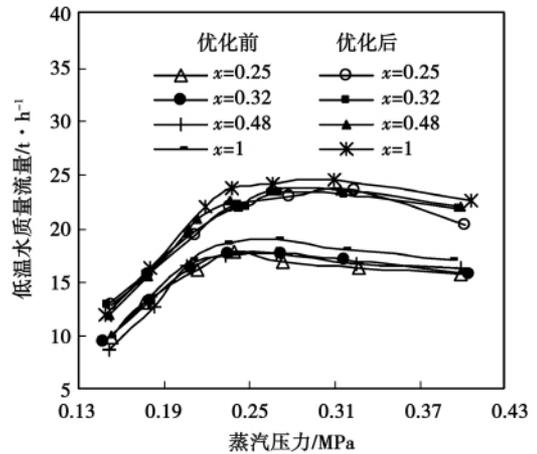


图 5 低温水流量的比较

Fig. 5 Comparison of the low temperature water flow rates
($T_L = 65\text{ °C}$, $P_c = 0.118\text{ MPa}$)

图 5 给出了不同的蒸汽干度 x 下, 优化前、后的低温水流量与蒸汽压力 P_s 关系。从图 5 可看出: 相同的蒸汽压力下, 优化后的喷射器引射的低温水流量明显大于优化前, 这说明采用混合室壁面增加侧向孔的方法, 可使引射的低温水流量明显增加。

随蒸汽压力的升高, 喷射器优化前、后的低温水流量先迅速增大而后缓慢减小。由于蒸汽射流速度随着 P_s 的升高而增大, 吸入室的真空度也随之提高, 所以低温水流量最初表现为随蒸汽压力的升高而迅速增大。高温高压蒸汽在低温水中凝结过程中会产生汽羽, 汽羽的穿透长度随 P_s 和 T_L 的升高而增大^[18]。当 P_s 和 T_L 升高到一定值后, 汽羽将会占据圆柱段混合室的一部分截面积, 从而减小了水通过的截面积, 所以蒸汽压力升高到一定值后, 优化前、后的低温水流量开始减小。

从图 5 还可看出蒸汽干度 x 对优化前、后的低温水流量均未造成明显影响。已知优化后的低温水流量的增量为通过侧向孔流入混合室的水量。优化前, 引射的低温水量由水喷嘴出口压力与低温水压力的差值决定; 优化后, 低温水流量的增量 G''_L 由混合室内压力与低温水压力 P_L 的差值决定。实验中 P_L 保持 0.106 MPa。 x 对优化前、后的低温水流量未造成明显影响, 说明 x 对水喷嘴出口压力及混合室内压力均未造成明显影响。

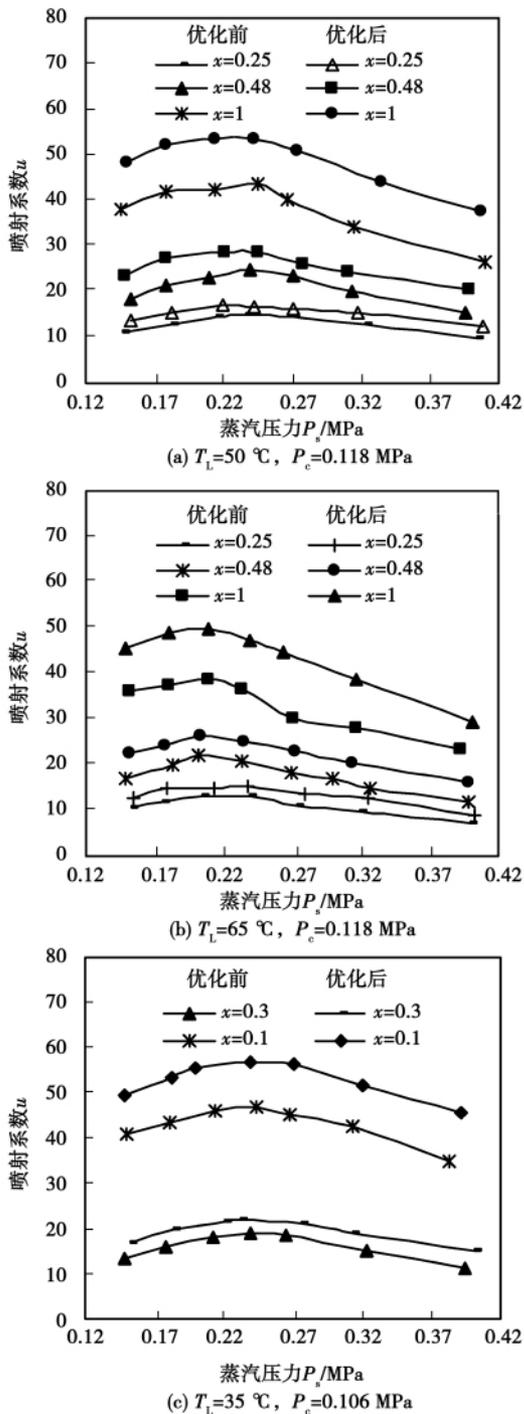


图6 喷射系数的比较

Fig. 6 Comparison of the ejection coefficients

3.2 优化后喷射系数的变化

图6给出了3个不同实验工况下,喷射器优化前、后的喷射系数 u 与蒸汽压力 P_s 和蒸汽干度 x 的关系。从图6可看出:不同的 x 下,随 P_s 的升高,喷射器优化前、后的喷射系数随蒸汽压力的变化趋势基本相同,喷射器的优化使该特性曲线向上平移,也就是说,在相同的实验工况下,喷射器混合室增加侧

向孔后,喷射系数实现了阶跃性的增长,验证了该方法是可行的。但是 P_s 相同,而 x 不同的工况下,喷射系数的增量 Δu 有所不同,随着 x 的增大, Δu 逐渐变大。

喷射系数的增量 Δu 为侧向孔进入混合室的低温水流量 G''_L 与工作蒸汽流量 G_s 的比值,由于 G''_L 基本不随 x 的变化而变化(图5),且根据 Henry RE 的研究^[20],随蒸汽干度的增大, G_s 逐渐减小。则 Δu 随 x 的增大而增加。

本研究为喷射器性能优化的初步实验,在喷射器刚度允许的情况下,增加混合室壁上侧向孔的数量,可使引射量进一步增大。因为在混合室内外压差相同的情况下,小孔的个数越多,低温水进入混合室的阻力就越小,于是二次引射量增大。

4 结论

(1) 分析了环周进水型汽-液两相喷射器的流动机理,提出采用在圆柱段混合室壁上增加侧向孔来提高喷射性能的优化方法。

(2) 设计了以湿蒸汽为工作蒸汽的实验台和7孔喷射器作为实验元件。将7孔喷射器的每个圆柱段混合室上增加4个侧向孔,小孔的孔径为3mm。

(3) 实验比较了7孔喷射器优化前、后的性能。主要的实验结论为:蒸汽干度对优化前、后的低温水流量未造成明显影响;在不同的低温水温度下,湿蒸汽的压力变化范围为0.15~0.4MPa,湿蒸汽干度的变化范围为0.25~1时,喷射系数实现了阶跃性的增长,且随蒸汽干度的增大,喷射系数提高的幅度增加。实验验证了采用该优化方法提高喷射性能是可行的。所得的研究结果为喷射器的设计提供了可靠的理论依据。

参考文献:

[1] Chang Y J, Chen Y M. Enhancement of a steam-jet refrigerator using a novel application of the petal nozzle [J]. *Experimental Thermal and Fluid Science* 2000, 22(2): 203-211.
 [2] 张少维,徐海涛,桑芝富. 新型喷嘴结构下蒸汽喷射式热泵性能的数值研究[J]. *热能动力工程* 2004, 19(5): 506-509.
 ZHANG Shao-wei, XU Hai-tao, SANG Zhi-fu. Numerical Study of the Performance of a Steam Jet Type Heat Pump With an Innovative Nozzle Structure [J]. *Journal of Engineering for Thermal Energy and Power*. *Journal of Engineering for Thermal Energy and Power* 2004, 19(5): 506-509.
 [3] 季红军,陶乐仁,王金锋,等. 喷嘴位置对喷射器的性能影响的研究[J]. *制冷* 2007, 26(4): 16-19.

- Ji Hong-jun, TAO Le-ren, WANG Jin-feng, et al. Study of the Influence of the Nozzle Location on the Performance of an Ejector [J]. Refrigeration 2007 26(4): 16-19.
- [4] 陈向阳, 袁丹青, 王冠军, 等. 多喷嘴液体射流泵的设计及试验研究[J]. 中国农村水利水电 2009(4): 49-53.
CHEN Xiang-yang, YUAN Dan-qing, WANG Guan-jun, et al. Design and Experimental Study of a Multi-nozzle Liquid Jet Flow Pump [J]. China Rural Area Water Conservation and Hydropower, 2009(4): 49-53.
- [5] 王锁芳, 李立国. 多喷嘴引射器的性能分析[J]. 南京航空航天大学学报 1996 28(3): 350-356.
WANG Suo-fang, LI Li-guo. Performance Analysis of a Multi-nozzle Ejector [J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics 1996 28(3): 350-356.
- [6] 段新胜, 孙孝庆. 环形多喷嘴射流泵结构参数的实验研究[J]. 探矿工程 1999(6): 17-19.
DUAN Xin-sheng, SUN Xiao-qing. Experimental study of the structural parameters of an annular multi-nozzle jet flow pump [J]. Prospection Engineering 1999(6): 17-19.
- [7] Nahdi E, Champoussin J C, Hostache G, et al. Optimum geometric parameters of a cooling ejector-compressor [J]. International Journal of Refrigeration 1993 16(1): 67-72.
- [8] 程效民. 喷射器结构参数优化设计[J]. 化学工程 1994(3): 71-73.
CHENG Xiao-min. Optimized Design of the Structural Parameters of an Ejector [J]. Chemical Engineering 1994(3): 71-73.
- [9] 陆宏圻. 喷射技术的理论及应用[M]. 武昌: 武汉大学出版社, 2004: 336-345.
LU Hong-qi. Theory and Applications of Jet Technology [M]. Wuchang: Wuhan University Press 2004: 336-345.
- [10] 索科洛夫 E. Я, 津格尔 H. M. 喷射器[M]. 黄秋云译. 北京: 科学出版社, 1977P: 176-180.
Sokolov E R, Zinger N M. Jet Devices [M]. Huang Qiuyun trans, Beijing: Science Press 1977: 176-180.
- [11] Beithou N, Aybar H S. A mathematical model for steam-driven jet pump [J]. International Journal of Multiphase Flow 2000 26: 1609-1619.
- [12] Narabayashi T, Mori M, Nakamaru M, et al. Study on two-phase flow dynamics in steam injectors, II: High-pressure tests using scale-models [J]. Nuclear Engineering and Design 2000 200: 261-271.
- [13] Deberne N, Leone J F, Duque A, et al. A model for calculation of steam injector performance [J]. International Journal of Multiphase Flow 1999 25: 841-855.
- [14] 阳剑平, 严俊杰, 刘继平, 等. 参数对变截面内超音速两相流极限升压能力的影响[J]. 工程热物理学报 2004 25(6): 965-967.
YANG Jian-ping, YAN Jun-jie, LIU Ji-ping, et al. Influence of parameters on the limit pressurization capacity of an ultrasonic two-phase flow in a variable section [J]. Journal of Engineering Thermophysics 2004 25(6): 965-967.
- [15] 葛震弘, 宋徐辉. 从锅炉排污中回收热能, 有效降低燃料成本[J]. 工业锅炉 2006 97(3): 44-46.
GE Zheng-hong, SONG Xu-hui. Heat recovery from the blow-down of a boiler [J]. Industrial Boiler 2006 97(3): 44-46.
- [16] 王维慧. 蒸汽-水喷射混合器的设计与应用[J]. 流体机械, 2007 35(2): 26-28.
WANG Wei-hui. Design and application of a steam-water ejector mixer [J]. Fluid Machinery 2007 35(2): 26-28.
- [17] 马昕霞, 袁益超, 刘聿拯, 等. 超临界机组启动系统的研究[J]. 锅炉技术 2008 39(5): 1-4.
MA Xin-xia, YUAN Yi-chao, LIU Yu-zheng, et al. Study of the start-up systems destined for supercritical units [J]. Boiler Technology 2008 39(5): 1-4.
- [18] 马昕霞, 袁益超, 黄鸣, 等. 多喷嘴汽-液两相喷射性能的实验研究[J]. 动力工程学报 2010 30(10): 777-781.
MA Xin-xia, YUAN Yi-chao, HUANG Ming, et al. Experimental study of multi-nozzle steam-liquid two-phase jet flow performance [J]. Journal of Power Engineering 2010 30(10): 777-781.
- [19] 陈亮, 刘敬辉, 陈江平, 等. 两相流喷射器流动模型研究[J]. 制冷学报 2010 31(2): 26-30.
CHEN Liang, LIU Jing-hui, CHEN Jiang-ping, et al. Study of models for jet flow in a two-phase flow ejector [J]. Journal of Refrigeration 2010 31(2): 26-30.
- [20] Henry R E, Fauske H K. The two-phase critical flow of one-component mixtures in nozzles, orifices, and short tubes [J]. ASME, Journal. Heat transfer 1971 93(2): 179-187.

· 书 讯 ·

太阳能光伏技术(第 2 版)

本书详细介绍了太阳能光伏技术的物理概念、数学推导、常用科技表达(发电曲线、光谱响应、转换效率等),以及各类半导体太阳能电池和新型太阳能电池的原理。书末附有与具体工程设计紧密联系的练习题,描述和分析了太阳能电池的工作原理,是对理论部分的补充,可以指导相关的分析实验。

主要要目

- 太阳辐射——光伏能源
- 用于光伏能量转换的半导体材料
- 太阳能电池的晶态半导体材料基础
- 单晶硅太阳能电池
- 多晶硅太阳能电池
- 化合物半导体太阳能电池
- 非晶硅薄膜太阳能电池
- 其它类型太阳能电池

读者对象为: 从事太阳能技术研究的工程师、高校的师生。

本书作者: 汉斯-京特·瓦格曼教授 德国柏林工业大学

某正车油动机故障诊断与处理 = Diagnosis and Disposal of the Faults of a Forward-drive Oil Servo-motor

[刊 汉] LIU Jiang, ZHAO Shao-hua, WANG Chong(CSIC No. 703 Research Institute, Harbin, China, Post Code: 150078), SHI Zhi-gang(Department of Planning and Development, China Shipbuilding Industry Corporation, Beijing, China Post Code: 100097) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2012 27(6). - 24 ~ 27

Such fault phenomena as an insufficient power output, an increase of oil consumption and vibration in the oil exhaust pipelines etc. appeared in a forward-going oil servo-motor during a cold-state joint commissioning test on a trial run test rig. On the basis of a preliminary analysis of the faults of the servomotor, a model for the forward-going servomotor was established by utilizing the software AMESim. Furthermore, the working performance in the state of the design operating condition was simulated with the faults being simulated and replayed. It is diagnosed that the oil leakage is the root cause for the faults of the forward-going servomotor. It is calculated that the flow area causing the oil leakage is between 66.5 and 132.7 mm². The authors preliminarily located the fault and according to the simulation results, the defect location was identified with the remedy measures for the defect being given. **Key words:** oil servomotor, fault diagnosis, simulation

小型涡轮在有机朗肯循环系统中的性能测试与分析 = Performance Testing and Analysis of a Small-sized Turbine in an Organic Rankine Cycle System

[刊 汉] LI Yun-zhu, PEI Gang, LI Jing, JI Jie (Department of Thermal Sciences and Energy Source Engineering, China National University of Science and Technology, Hefei, China, Post Code: 230027) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2012 27(1). - 28 ~ 32

Described was a high speed small-sized turbine applicable for organic Rankine cycles (ORC). With an electrically heated oil heater serving as the heat source and the circulating cooling water as the heat sink, a testing platform was set up for organic Rankine cycles. On the above-mentioned platform, a small-sized high speed turbine was tested and a performance analysis was performed with R123 serving as the circulating working medium. The research results show that when the rotating speed of the turbine is 24000 r/min, the adiabatic inner efficiency of the turbine can hit 0.68. **Key words:** organic working medium, Rankine cycle turbine, performance test

环周进水汽-液两相喷射性能优化 = Optimization of Full-arc Water-admission Steam-liquid Two-phase Jet Flow Performance

[刊 汉] MA Xin-xia, YUAN Yi-chao, LIU Yu-zheng(College of Energy Source and Power Engineering, Shanghai University of Science and Technology, Shanghai, China, Post Code: 200093), HUANG Ming (Shanghai City Quality Surveillance and Inspection Technology Research Institute, Shanghai, China, Post Code: 200233) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2012 27(1). - 33 ~ 37

On the basis of an analysis of the mechanism governing the flow in a full-arc water admission type steam-liquid two-phase ejector, studied and developed was a new method for optimizing ejectors. By adopting a mode that several holes in the side direction along the wall surface of the mixture chamber in the cylindrical section are additionally provided, the low temperature water in the outside world can be introduced into the said chamber through these holes, forming a second stage ejection and thus enhancing the ejection coefficient. A test rig was designed with wet steam serving as the working steam and a multi-nozzle ejector as the test piece. The pressure of the wet steam ranged from 0.15 MPa to 0.4 Mpa and the dryness of the wet steam was within a range of 0.25 - 1. During the test, the performance of the test piece before and after the optimization was compared, verifying that the optimization method under discussion is feasible. The research results show that at a same steam dryness, the ejector system has realized a stepped increase and with an increase of the steam dryness, the increment of the ejection coefficient will also increase. **Key words:** steam-liquid two phase flow, ejector, second-stage ejection, ejection coefficient, wet steam, optimization, steam dryness

基于图像处理的小通道内气液两相流含气率的实验研究 = **Experimental Study of the Gas-liquid Two-phase Flow Gas Content in a Small Channel Based on Image Processing** [刊 汉] ZHOU Yun-long, WANG Hong-bo, GU Yang-yang (College of Energy Source and Power Engineering, Northeast University of Electric Power, Jilin, China, Post Code: 132012) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2012 27(1). - 38 ~ 42

By using a high speed video camera, real-time photographed and image acquired were the flow patterns of a gas-liquid two-phase flow in a small regular triangular channel with a hydraulic radius of 1.15 mm. On this basis, a method for inspecting and measuring gas-liquid two-phase slug flow volumetric gas content in a small channel by utilizing digital image processing technology was proposed. By utilizing the advantage that the bubbles in two-phase flow in small channels are not covered with each other and such processing methods as noise elimination, edge detection, binarization, zone marking and filling etc., the volumetric gas content was obtained based on the three-dimensional gas phase volume calculation model. Finally, a comparison was made with the results calculated by using the drifting flow model. Both the comparison and the test results show that for a slug flow, the method in question has a relatively high measurement precision with the error between the gas content obtained by using the method and the practical value being in a range of $\pm 15\%$ and a gas content formula in a section being obtained by regression analyzing the test data. The above-mentioned method can be used for on-line testing the parameters of a gas-liquid two-phase flow in small channels, thus, offering reference for studying two-phase flow characteristics in small channels. **Key words:** gas-liquid two-phase flow, small channel, volumetric gas content, image processing, drift flow model

新型拐角式整体针翅回转热管设计与试验 = **Design and Test of a New Elbow Type Integral Pin-fin Rotary**