

文章编号:1000-582X(2009)12-1436-04

引射混合式低压加热器加热特性的实验

童明伟,白秀娟,蔡 琴,王超生

(重庆大学 动力工程学院,重庆 400030)

摘 要:采用实验方法研究了由水喷嘴引射压力为 0.18~0.22 MPa 的水蒸汽时,所形成的汽液两相流的混合加热特性。实验表明在该进汽压力下,引射混合式低压加热器可稳定、可靠地运行,且温升效果明显,能满足电力、供暖、轻工等许多行业蒸汽加热的要求。特别是在单级引射加热不能满足要求的条件下,可以采用双级引射加热,双级在加热能力上比单级提高了 20%。

关键词:汽液两相流;低压加热器;单级引射;双级引射

中图分类号:TK223

文献标志码:A

Experimental research on heating performance of jetting-mixing low pressure heaters

TONG Ming-wei, BAI Xiu-juan, CAI Qin, WANG Chao-sheng

(College of Power Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, P. R. China)

Abstract: This paper conducts the experimental study on the performance of steam-water two-phase flow device composed by a nozzle, mixing chamber and the corresponding valves when the inlet steam pressure is in the range of 0.18~0.22 MPa. The experimental results show that the injector can run stably and reliably and the temperature of outlet water is increased obviously in low inlet steam pressure. This characteristics can be used as effective heaters in the engineering fields such as power plants, heating, the light industry, etc. When a single-stage ejector can not meet the requirements of heating conditions, double-stage ejectors can be used.

Key words: steam-water two-phase flow; low pressure heaters; single-stage ejectors; double-stage ejectors

引射混合式加热器是射流技术在传热领域的新应用,它通过汽液两相流体的混合加热制取过饱和水,加热热源可以采用低压放散蒸汽、凝结水闪蒸汽或汽轮机的低压抽汽,起到节能减排作用。它具有热效率高、热力系统简单、价格低、占地少、使用寿命长、无振动、噪音低等优势,因而在供热、电力、化工石油、轻工、酿造、制药等行业得到了广泛应用。文献[1-4]对引射混合式加热器在供热系统的应用与节能做了详细的介绍。文献[5-13]对引射器内汽液

两相流混合后的压力均有提高这一特性开展了卓有成效的理论和实验研究,文献[14-15]分别详细介绍了利用喷射式混合加热器回收电厂多余蒸汽及其应用的情况。综合目前国内外对引射器加热特性的研究可以发现,最主要的问题是对引射式低压加热器升温特性的研究较少,严重影响了该升温技术的发展和性能的提高。因此,文中研究的内容主要是通过实验来确定中心进水、环周进汽结构的引射混合式低压加热器加热过冷水的效果和进口参数对其效

收稿日期:2009-07-19

基金项目:重庆市科委重点攻关项目(CSTC2009AB3084)

作者简介:童明伟(1945-),男,重庆大学教授、博士生导师,主要从事动力工程及工程热物理的研究,(E-mail) xiaobaixj@sina.com。

果的影响以及两级和一级引射结构在加热效果上的比较。

笔者拟在低压加热器的抽汽压力(0.18~0.22 MPa)范围内,通过实验分别比较了单级与双级引射混合式低压加热器对过冷水的加热能力。根据文献[16]设计的引射式低压加热器的结构如图 1 所示,在单级引射时,一级引射段引射蒸汽,二级引射段不引射蒸汽,即二级蒸汽阀门关闭。在双级引射时,一级引射段和二级引射段都引射蒸汽。其中,二级引射段是有均部的 5 排 12- ϕ 2 的小孔来引射蒸汽的。由于实验条件的限制,在实验中,所用的蒸汽为实验室锅炉产生的蒸汽,过冷水为自来水。由于锅炉抽汽的不稳定性,所以所测的蒸汽温度也会有些误差。

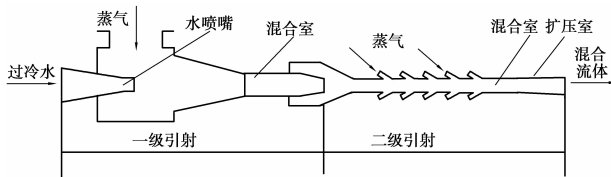


图 1 引射混合式低压加热器结构简图

1 实验方法

引射混合式低压加热器的实验系统如图 2 所示。该双级引射混合式低压加热器装置由水喷嘴及混合室组成,当过冷水通过引射混合式加热器的喷嘴时,压力降低,流速增加,在喷嘴的出口处形成低压区,蒸汽在此区域进入加热器内,与被加热的水进行混合,蒸汽在水中凝结放热,汽、水之间进行能量、动量和质量的交换,然后汽水混合物进入混合室进一步均匀混合,蒸汽加热了过冷水,在一级引射段均匀混合的流体又经过减压增速进入二级引射段,在二级引射段又一次引射蒸汽,在此基础上,混合流体的温度进一步提高,最后进入扩压室使水的流速降低,压力升高,完成加热水的过程。在该实验中,分别测量了:进口过冷水、引射器出口水的压力、温度及流量。实验中所用的引射器的主要结构尺寸如表 1 所示。其中实验测试的温度结果由电脑记录,其它测试结果则手动记录。

表 1 实验中所用的引射器的主要结构尺寸 mm

d_1	d_2	d_3	d_4
3	7.5	4	5

注: d_1 为水喷嘴口处的直径; d_2 为一级引射段混合室喉部直径; d_3 为一级引射段混合流体出口处的直径; d_4 为二级引射段混合室喉部直径。

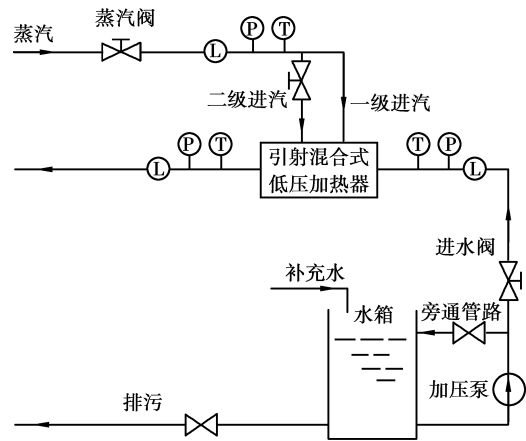


图 2 引射混合式低压加热器实验系统图

2 实验结果与讨论

图 3~7 分别给出了一级、双级引射器在不同蒸汽压力(P_0)下出口水温随进口水压(P_w)的变化规律以及一级和双级引射器在加热能力上的比较。其中过冷水的温度为 10 $^{\circ}$ C,蒸汽的温度均为其压力下的饱和温度。通过分析各图中曲线的变化规律,得出以下结论。

从图 3 可知,在一定的进口水压下,单级引射混合式低压加热器出口水温的变化量(δT)随着进口蒸汽压力的升高而增大,特别是 $P_0=0.22$ MPa 时,温升较为明显。在进口蒸汽压力一定的情况下,出口水温的变化量随进口水压升高而降低,但是降低的幅度不一样, P_w 在 0.25~0.35 MPa 时,水温的变化量较大,大约接近 20 $^{\circ}$ C,而在 0.35 MPa 之后,水温的变化量大约才 10 $^{\circ}$ C 左右。这主要是因为随着水流量的增大,蒸汽流量却减小的缘故。所以,总体而言,出口水温的变化量随进口水压的变化较大,而随进口蒸汽压力的变化较小。

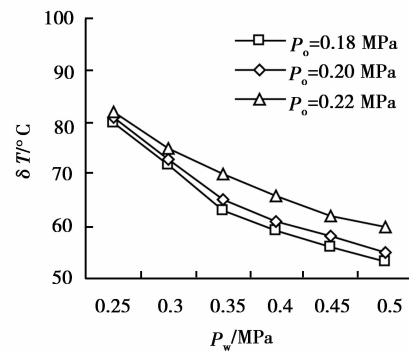


图 3 在不同的进口蒸汽压力下,单级引射器出口水温的变化量随进水压力的变化

从图 4 中可以看出,在一定的进水水压下,双级引

射混合式低压加热器出口水温的变化量随着进口蒸汽压力的升高而增大。在进口蒸汽压力一定的情况下,出口水温的变化量随进口水压升高而降低。特别地, P_w 在 0.25~0.35 MPa 时,水温的变化量随着进口水压的变化量很小,而在 0.35 MPa 以后,变化量则很明显。因为水压较低的情况下,水流量较小,在该流量下,过冷水和蒸汽能够充分的混合,即能够很好进行质量、动量及能量的交换,当水压升高时,水流量也增大,而蒸汽流量的变化量不是太大,此时过冷水和蒸汽不能够充分的进行质量、动量及能量的交换,所以,只有在一定的水压范围内,出口水温才有比较理想的升高值。

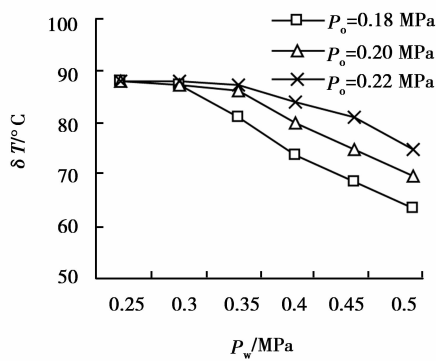


图 4 在不同的进口蒸汽压力下,双级引射器出口水温的变化量随进水压力的变化规律

为了更好的比较单、双级引射混合式低压加热器在加热能力上的不同,在图 3 和图 4 的基础上,又分别产生了图 5~7。从这 3 个图中,可以很明显的看出,在相同的条件,双级引射比单级引射的效果好,温升提高了十几度,并且有的接近 20 °C。在 0.18 MPa 时,双级比单极在加热能力上提高了 19%,在 0.20 MPa 时,提高了 22%,在 0.22 MPa 时,提高了 20%。充分显示了双级引射器在低压加热能力上的优势。同时看到,在进口水压变化范围内,双级较单级引射器稳定,因为其温度变化曲线较为平缓。而实验中蒸汽的最高温度为 120 °C,过冷水的温度为 10 °C。由于在实际的电厂中,低压抽汽的温度范围为 130~140 °C,凝结水的温度一般在 40 °C 以上,这充分说明了该加热器的温升还可以提高很多。

3 结 论

采用实验方法研究了引射混合式低压加热器加热的特性及优势,在加热器结构尺寸一定的情况下,得出了单级、双级引射器随进口水压及进口蒸汽压

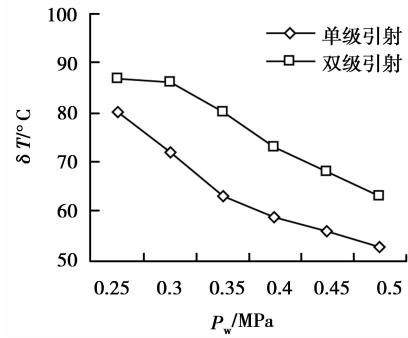


图 5 在进口蒸汽压力为 0.18 MPa 时,单级与双级引射加热效果的比较

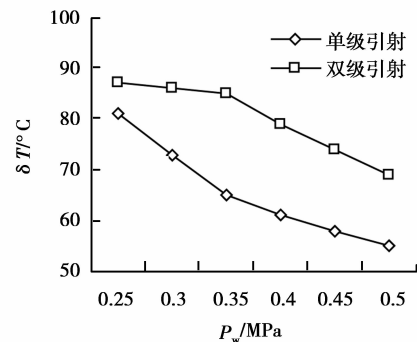


图 6 在进口蒸汽压力为 0.20 MPa 时,单级与双级引射加热效果的比较

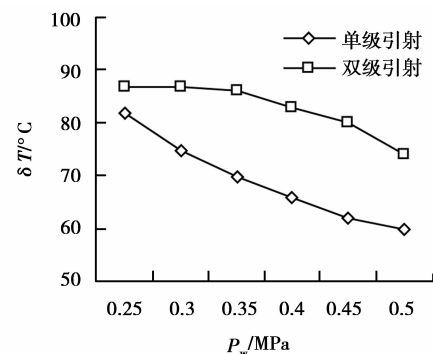


图 7 在进口蒸汽压力为 0.22 MPa 时,单级与双级引射加热效果的比较

力的变化规律,进口水压和进口蒸汽压力对双级、单级的影响相近,进口水压对温升的效果影响较大,而进口蒸汽压力对其影响较小。双级比单级在加热能力上平均提高了 20%,这充分说明了双级比单级在加热能力上具有明显的优势。因而在加热不足的情况,可以采用双级引射。由于引射混合式加热器比表面式加热器加热效果好,所以可满足电力、供暖、轻工等许多行业蒸汽加热的要求。

参考文献:

[1] 高阳. 喷射式混合加热器在供热系统中的应用与节能

- [J]. 节能与环保技术,2006(8):41-44.
GAO YANG. Application of jet-type blending heater on the heat supplying system and energy saving [J]. Energy Conservation and Environmental Protection, 2006(8):41-44.
- [2] 田疆,刘继平,严俊杰,等. 超音速汽液两相流升压加热器用于供暖系统的研究[J]. 热力发电,2003,32(10):22-25.
TIAN JIANG, LIU JI-PING, YAN JUN-JIE, et al. Study on application of booster heater with supersonic steam-water two-phase flow to central heating system [J]. Thermal Power Generation, 2003,32(10):22-25.
- [3] 刘继平,严俊杰,邢秦安,等. 超音速两相流加热技术用于电厂低压加热器理论研究[J]. 中国电机工程学报,2003,23(12):175-179.
LIU JI-PING, YAN JUN-JIE, XING QIN-AN, et al. A theoretical research on supersonic heating technology applied for the L. P. heater system in a power plant [J]. Proceeding of the CSEE, 2003, 23(12):175-179.
- [4] 曾玲娜,王刚,严俊杰,等. 超音速汽液两相流升压加热装置供热系统的经济性[J]. 山东电力技术,2003,132(4):1-4.
ZENG LING-NA, WANG GANG, YAN JUN-JIE, et al. Research on the Thermo-economics of heat supply system with supersonic steam-water two-phase flow injector [J]. Shandong Electric Power Technology, 2003,132(4):1-4.
- [5] YAN JUN-JIE, SHAO SHU-FENG, LIU JI-PING, et al. Experiment and analysis on performance of steam-driven jet injector for district-heating system [J]. Applied Thermal Engineering, 2005,25(8):1153-1167.
- [6] 邵树峰,严俊杰,刘继平. 超音速两相流极限升压能力的理论与试验研究[J]. 工程热物理学报,2005,26(2):267-269.
SHAO SHU-FEN, YAN JUN-JIE, LIU JI-PING. Theoretical and experimental research on the maximum lifting-pressure performance of steam injector [J]. Journal of Engineering Thermophysics, 2005,26(2):267-269.
- [7] 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,2007,26(3):41-43.
YANG JIAN-PING, YAN JUN-JIE, LIU JI-PING, et al. Influence of parameters on the maximum lifting pressure of supersonic steam-water two-phase flow in channel of variable section [J]. Journal of Engineering Thermophysics, 2004,25(6):965-967.
- [8] 赵良举,李德胜,李斌,等. 引射式增压装置的设计与试验研究[J]. 工程热物理学报,2008,29(8):1283-1286.
ZHAO LIANG-JU, LI DE-SHENG, LI BIN, et al. Design and experimental study of injector with pressure rise [J]. Journal of Engineering Thermophysics, 2008,29(8):1283-1286.
- [9] 赵良举,李德胜,王飞,等. 增压引射器的设计与试验研究[J]. 核动力工程,2008,29(5):103-106.
ZHAO LIANG-JU, LI DE-SHENG, WANG FEI, et al. Design and experimental study on steam injector with pressure-gain [J]. Nuclear Power Engineering, 2008,29(5):103-106.
- [10] CATTADORI G, GALBIATI L, MAZZOCCHI L, et al. A Single-stage high pressure steam injector for next generation reactors: test results and analysis [J]. International Journal of Multiphase Flow, 1995,21(4):591-606.
- [11] 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(5):841-855.
- [12] TADASHI N, WATARU M, MICHITUGU 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(1-2):261-271.
- [13] NARABAYASHI T, MIYANO H, NEI H O, et al. Feasibility Study On Steam Injector Driven Jet Pump For Next-Generation Reactor [J]. Int Conference on Advance Nuclear Power Plant, 1992,36(2):1-7.
- [14] 王汝武. 混合式加热器的发展及应用[J]. 节能,2004(1):22-23.
WANG RU-WU. Development and application on maxing heater [J]. Energy Conservation, 2004(1):22-23.
- [15] 王汝物,曹猛. 提高热电厂效率的几项措施[J]. 节能,2007,26(3):41-43.
WANG RU-WU, CAO MENG. The measures of improving the efficiency of power plants [J]. Energy Conservation, 2007,26(3):41-43.
- [16] 陆宏圻. 喷射技术理论及应用[M]. 武汉:武汉大学出版社,2004.

(编辑 陈移峰)