

分配联箱气液两相流流型对垂直并联管分配特性的影响

(东北电力学院) 程卓明 周云龙

[摘要] 对垂直U型并联管系统低质量流量的流量分配特性进行了理论和实验研究,获得气相和气液两相质量流量分配特性,以及各分支管的流型记录。分析了分配联箱中流型对流量分配以及各分支管中流型的影响。

关键词: 气液两相流; 并联管; 流量分配

中图分类号: O 359

1 引言

影响气液两相流在垂直并联上升管中的分配特性的因素有很多,且这种综合影响异常复杂。在高质量流量下,分配联箱和汇集联箱中的工质压力的变化对并联管的流量分配有直接的影响^[1]。但是对质量流量比较小的工况,分配联箱中的流型对各相分配的影响就相对较大了^[2]。至今为止,对这方面的研究还很少。

本文通过实验研究了U型联接系统分配联箱中流型对流量分配及相分配的影响,并对实验结果进行了归纳和分析。

收稿日期: 1998-08-27

收修改稿: 1998-10-12

入圆盘空腔的临界流量。

6 结论

(1) 本实验装置较好地模拟实际燃气轮机第一级叶轮前的几何结构和运行参数。

(2) 运用PIV实验测试技术,结合装置的实际情况,设计PIV的调节机构,选择实验参数,获得了圆盘空腔内不同截面上的流场,在数据处理方法及流场显示方法上作了有益的改进。

(3) 实验结果显示,密封冷却流体的流量,圆盘空腔内的流场及主流进入空腔的发生,三者之间有着密切的联系,当冷却流体的流量接近 $0.005 \text{ m}^3/\text{s}$ 时,主流就开始有少量进入空腔,静盘侧流场的向心流也延伸至密封环。

2 实验系统及测量方法

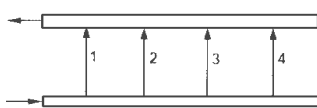


图1 实验并联管系统

全部实验是在东北电力学院流体力学实验室空气-水两相流实验系统上进行的。本实验系统

是根据Harwell的四管布置测量系统^[4]设计的。

试验参数范围如下:

压力 $P=0.1 \sim 0.25 \text{ MPa}$

温度 $T=14 \sim 22 \text{ }^\circ\text{C}$

气相体积流量 $Q_g=0.6 \sim 30 \text{ m}^3/\text{h}$

液相体积流量 $Q_l=0.06 \sim 2.5 \text{ m}^3/\text{h}$

实验设备尺寸:

分配/汇集联箱内径 $D=21 \text{ mm}$

分支管长度 $l=1.2 \text{ m}$

分支管内径 $d=15 \text{ mm}$

取压环室间距离 $l'=0.85 \text{ m}$

实验测量的参数: 空气体积流量、水体积流量、

(4) 研究结果为计算机模拟圆盘空腔中的流场提供了实验数据。

参考文献

- [1] Landreth C C and Adrian R J. Measurement and refinement of velocity data using high image density analysis in partial image velocimetry. Appl. of Laser Anemometry to Fluid Mech., Springer Verlag, 1989, 535.
- [2] Raffel M and Komperhens J. Theoretical and experimental aspects of image shifting by means of a rotating mirror system for partial image velocimetry. Meas. Sci Technol. 1994 (6): 795~808.
- [3] Roy R P, Agarwal V, Devasenathipathy S, He J, Meier L B, Kim Y W, Howe J and Ho K. A study of the flow field and convective heat transfer in a model rotor-stator cavity. To be presented in the ASME winter conference 1997.
- [4] Waggot J, Bhavnani S H, Khodadadi J M and Goodling J S. An experimental study of fluid flow in disk cavities. ASME Journal of Turbomachinery, 1992, 114, 454~461.

(静 编)

工质压力、空气温度,各分支管中压降以及截面含气率。

空气和水的流量测量采用玻璃转子流量计,工质压力的测量采用压力变送器,分支管压差的测量采用差压变送器,截面含气率的测量采用快关阀法,分配联箱中的流型是依据在此实验系统上作出的流型图来判断的^[3]。与此同时,利用差压波动法结合目测法对各分支管中的流型进行了判断。实验系统的详细情况请参阅文献[4]。

3 实验结果及分析

流量分配特性如图 2~4 所示。图中的横坐标是分支管管号,图 4(a)和图 2、3 中纵坐标是分支管气相质量流量与平均气相质量流量的比值,图 4(b)中纵坐标是分支管气液两相质量流量与平均气液两相质量流量的比值。各分支管中的流型记录如表 1~3 所示。

在表 1~3 中,各种流型由英文字母表示:

- a—环状流; b—间歇流; c—弹状流; d—泡状流;
- e—停滞; f—倒流; g—单相水; j_l—液相质量流量;
- j_g—气相质量流量

由图 2~4、表 1~3 以及初步的分析可以看出:分配联箱进口流型对流量分配特性以及相分配特性有非常显著的影响。

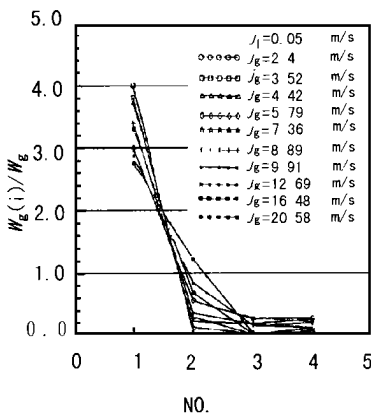


图 2 气相流量分配特性

当气液两相流质量流量很小,分配联箱中的流型是分层流动时,两相分开流动,气相在上,液相在下。因为分支管的入口与联箱的接口在联箱的上部,所以,在距联箱入口近的地方,气相会阻碍液相进入分支管,从而使气相本身有更容易进入距离分配联箱入口近的分支管的趋势,因此,大多数的的气相都会从距离分配联箱入口近的管通过,如图 1 所示。这时第一根分支管中几乎全是气相,管壁上只有一层极薄的液膜(几乎没有),这种现象在表 1 中被记录为环状。

随着流量的增大,分配联箱入口流型转变为波

状流,因波状流和分层流对分配特性的影响比较接近,不容易区分,故不对其进行单独分析。

表 1 各分支管流型

	j_g (m/s)	1	2	3	4
	$j_l = 0.05 \text{ m/s}$	2.4	a	cef	cef
3.5		a	cef	cef	cef
4.42		a	cef	cef	cef
5.79		a	ce	cef	cef
7.36		a	bce	cef	cef
8.89		a	bae	cef	cef
9.91		a	bae	cef	cef
12.69		a	bad	cef	cef
16.48		a	a	cef	cef
20.58		a	a	ce	cef

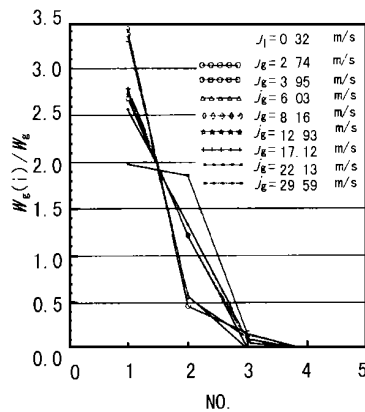


图 3 气相流量分配特性

当气液两相流流量进一步提高时,分配联箱入口液相波动更加激烈,波浪的顶峰会到达分配联箱的顶部,从而形成间歇状流动。当分配联箱顶部流过气相时,管 1 的进口处会随之流入气体;当分配联箱顶部流过液相时,管 1 的进口处会随之流入液相。从而使管 1 也发生间歇状流动,如表

表 2 各分支管流型

	j_g (m/s)	1	2	3	4
	$j_l = 0.32 \text{ m/s}$	2.74	ba	bde	cef
3.95		ba	bde	def	def
6.03		a	bde	def	def
8.16		a	bad	def	efg
12.93		a	ba	def	efg
17.12		a	a	de	efg
22.13		a	a	bd	eg
29.59		a	a	ba	d

2.3 所示。这时有更多的液相直接流入第 1 根分支管。从图 4 可见, 第一根分支管对气相的分流仍很大, 这就使第一根分支管后的联箱中的流速大大减小, 在管 2 处分配联箱中又接近了分相流动。于是, 就出现了以下现象: 管 1 中是间歇状流, 管 2 中是环状流(几乎全气)的情况, 如表 3 所示。当气液两相流量较小时, 管 2 处会发生停滞, 如表 2 所示。

当两相流量进一步提高, 分配联箱入口流动状况分布在环状流型区, 分配联箱入口会发生环状流, 引起距分配联箱入口近的管中产生环状流, 如表 2.3 所示。当随着流量的变大, 环状流型会向后面的管推进, 使各管渐次达到环状流。

总的来讲, 第一根分支管对气相始终存在大份额分流, 使距离分配联箱入口远的分支管中气相流量很小, 干度较小, 如图 2~4, 从而使其重位压降远远大于第一根分支管。当这些干度小的管中的重位压降和摩阻压降之和大于或等于分支管两端压力降时, 就会在这些管中产生流动的停滞或倒流或兼而有之。越远离分配联箱入口的管越容易发生停滞或倒流。这在流型表 1、2 中可以看到。并且, 随着气液两相流量的增大, 停滞和倒流所在的分支管越来越远离分配联箱入口。由图 4 可以看出, 当分支管中不再有停滞和倒流后, 气液两相质量流量分配特性呈现出一定的趋势, 即气相质量流量最大的管 1 中, 气液两相质量流量几乎都最小。研究发现, 与此相对应, 气液两相质量流量与液相质量流量分配特性几乎完全一样。

由以上阐述看出, 分配联箱入口流型对各分支管中的相分配起很大的作用, 进而影响流量分配。气液两相质量流量与液相质量流量分配特性几乎完全一样的原因, 是因为水的密度是空气的 800 多倍, 即使很小的液相体积流量也会比很大的气相体积流量的质量流量大。

4 结论

(1)对于 U 型并联管系统, 在气-水两相流的低质量流量工况下, 分配联箱中的流型是影响分支管中流量分配特性、相分配特性以及流型分布的主要因素。

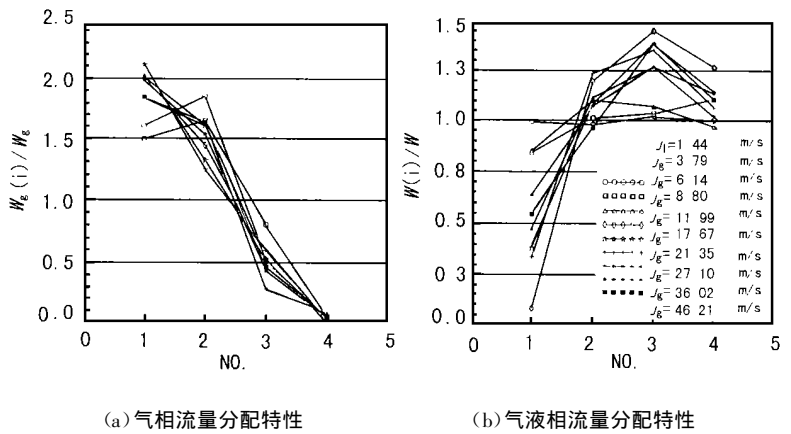


图 4 流量分配特性

(2)距离分配联箱入口近的分支管(在这里是管 1)的流型以及对气相的分流对其后的分支管中的流型和流量分配有很大影响。

(3)气相质量流量和气液两相质量流量的分配

表 3 各分支管流型

	j_g (m/s)	管号			
		1	2	3	4
$j_1 = 1.44 \text{ m/s}$	3.79	ba	a	d	d
	6.14	ba	a	bd	d
	8.80	ba	a	bd	d
	11.99	ba	a	ba	d
	17.67	a	a	ba	d
	21.35	a	a	ba	d
	27.10	a	a	a	d
	36.02	a	a	a	d
	46.21	a	a	a	d

很不均匀但却是有规律的。这时气相有更容易进入距离分配联箱入口近的管的趋势。

参考文献

[1] 林宗虎. 气液两相流和沸腾传热. 西安: 西安交通大学出版社, 1987.
 [2] Hewitt G F. Measurement of two-phase flow parameters. Academic, New York, 1978a
 [3] 周云龙. 水平管内气-液两相流流型及其转换特性研究. 热能动力工程, 1995, 10(6): 401~404.
 [4] 程卓明. 垂直并联管系统气液两相流流量分配特性研究. 东北电力学院硕士学位论文, 1998

(复 编)

observed when the blade spacing ratio has a variation interval of 2.5 ~ 3.0. **Key words:** pulverized coal concentrator, mound body, louver, resistance characteristics

火电厂水力输灰系统阻垢防垢研究 = **A Study of Scale Inhibition and Prevention for a Thermal Power Plant Wet-ash Transportation System** [刊, 中] / Chen Yafei, Gao Xiang, Fang Mengxiang, et al (Zhejiang University) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1999, 14 (4). -

Discussed in this paper are the scale prevention measures for an ash water transportation system and the scale inhibition mechanism of scale inhibiting agents. An experimental study of scale inhibition and prevention was conducted of a kind of utility boiler-fired coal with ash rich in CaO, addressing such a variety of topics as the scale characteristics and scale inhibition rate when scale inhibitors of various formulas are adopted, and the scale inhibition and prevention effectiveness when steel/rubber combination pipes and ash water precipitation tank are employed. A comparison analysis has also been performed with respect to different kinds of methods used. **Key words:** wet ash transportation, scale, scale inhibition and prevention

各向异性散射介质的辐射传热分析 = **An Analysis of Radiation Heat Transfer in Isotropically and Anisotropically Scattering Media** [刊, 中] / Xing Huawei, Ruan Jian, Zheng Chuguan (Central China University of Science & Technology) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1999, 14 (4). -

With the use of a combined Monte-Carlo and Zone method of numerical calculation (called MCZ method for short) an analysis was conducted of the radiation heat transfer in isotropically and anisotropically scattering media. For convenience of comparison an one-dimensional slab system is employed. With the help of specially prepared programs calculated respectively are the hemispherical reflectivity and transmissivity of isotropically scattering absorbing media and linear phase-function anisotropically pure scattering media as well as the radiation heat transfer in flat slabs of linear phase-function anisotropically scattering absorbing media. Fairly satisfactory conclusions were obtained. **Key words:** hemispherical reflectivity, hemispherical transmissivity, MCZ method, isotropical scattering, anisotropical scattering, phase function

用 PIV 测量法研究燃气轮机叶轮与导叶叶轮间的速度场 = **A Study of the Velocity Field Between a Gas Turbine Runner and Guide Vane Wheel with the Use of PIV Measurement Method** [刊, 中] / Zhao Yabin (Jiangsu Petrochemical Institute) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1999, 14 (4). -

A test rig for the experimental research of fluid flow condition inside the cavity ahead of a gas turbine first stage blade wheel is described along with the test method and results. Particle imaging technology was employed to measure the velocity field inside the disk cavity. Analyzed is the effect of the magnitude of seal gas flow rate on the flow field at various locations. Also studied is the relationship between the critical parameters of main flow into the cavity and the flow field. **Key words:** gas turbine, experiment, PIV system

分配联箱气液两相流流型对垂直并联管分配特性的影响 = **The Effect of Gas/Liquid Two-phase Flow Pattern in a Distribution Header on the Distribution Characteristics of Vertical U-Junction Pipe System** [刊, 中] / Cheng Zhuoming, Zhou Yunlong (Northeast Power Engineering Institute) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -1999, 14 (4). -

A theoretical and experimental study was conducted of the flow distribution characteristics of low-mass flow in a vertical U-junction parallel-connected pipe system. Obtained were the distribution characteristics of gas phase and gas/liquid two-phase mass flow rate as well as the flow pattern record of various branch pipes. Also analyzed is the effect of flow pattern in distribution headers on the flow distribution and the flow pattern in various branch pipes. **Key words:** gas/liquid two-phase flow, parallel pipes, flow distribution

双调风燃烧器锅炉燃烧参数优化的试验研究 = **An Experimental Study on the Optimization of Combustion Parameters of a Dual Air-Register Burner Boiler** [刊, 中] / Hu Jianguo, Huang Yuming, et al (Zhejiang Provincial