

新型气~固两相流体平均流速测量仪的试验研究

孙保民¹, 赵勇纲¹, 赵智勇², 史忠权³

(1. 华北电力大学 能源动力与机械工程学院, 北京 102206; 2. 内蒙古电力科学研究所, 内蒙古 呼和浩特 010020;

3. 北方联合电力包头第二热电厂, 内蒙古 包头 014030)

摘 要: 为了解决管道中气~固两相流体平均流速实时、准确测量问题, 开发出了基于直接测量方式的新型气~固两相流体平均流速测量仪及相关二次测量系统。为了进一步研究测量仪性能和持续改进结构设计, 开发了新型气固两相流体平均流速测量仪, 建立了气~固两相流试验系统, 对该测量仪进行了相关的性能试验研究工作。试验及现场应用表明, 该测量仪性能良好, 能够实现对工业管道中气~固两相流体平均流速长期、稳定、准确的测量, 测量误差 < 2%。现场安装所需要的直管段短, 流动阻力小, 使用寿命长, 能够测量高、低浓度的气~固两相流体平均流速, 可以在圆形、矩形截面管道上安装使用, 该测量仪已获得了国家发明专利和省部级科技进步奖, 已经在数十台电站锅炉上得到良好的应用。

关 键 词: 气~固两相流; 平均流速; 测量仪; 试验研究

中图分类号: TK125 文献标识码: A

引 言

在很多工业生产过程中, 包括电力、冶金、化工、食品加工等工业部门都大量存在使用密闭管道以正压或负压方式对固体颗粒进行气力输运的过程。由于气~固两相流体的流动速度、浓度、温度等参数对设备、工艺过程、产品质量存在着直接、重要的影响。因此, 在很多情况下, 需要对气~固两相流体的流动状况及主要参数进行准确测量, 以实现对其工艺的合理、有效的控制, 达到优化工艺过程的目的。

到目前为止, 工业现场一直缺少一种有效的, 对气~固两相流体平均流速能够实现在线、连续、可靠、准确测量的测量仪。虽然国内外成熟流速或流量测量仪有很多种, 但大多数测量仪都是基于均相流动的。这些测量仪主要设计应用于均匀、单相、牛顿流体或非牛顿流体的稳定流。由于被测流体状况远远偏离设计适用工况, 实践中如果这些测量仪被直接应用于非均相流, 往往会造成很大、甚至是难以估计的测量误差。

本研究应用相关原理, 采用先进的技术、材料和设计理念, 开发了新型气~固两相流体平均流速测量仪, 解决了实现气~固两相流管道平均流速测量仪长期稳定运行和准确测量的难题。同时, 完成了二次系统的配套开发, 解决了对变送器、数据采集系统、数据处理和显示等硬件设备选型、接口问题, 编制了相应的监测软件, 以良好的人机界面实现了对气~固两相流体管道平均流速的实时、在线、准确测量。

1 测量仪的设计

1.1 气~固两相流体管道平均流速测量仪的测量原理

应用伯努利线性能量守恒方程, 采用基于面积速度方法的差压式测量方式实现气~固两相流体管道平均流速的测量。

在充满流体的管道中, 当流体流经各道内的测量仪时, 流体将在测量仪处形成局部的收缩, 从而使流速增加、静压力下降, 于是沿流体流向测量仪前后形成压力差。

流动介质的流量愈大, 在测量仪前后产生的压力差也愈大, 所以可以通过测量压差来衡量流体流速的大小。压差大小不仅取决于流速, 而且还与其它许多因素有关。例如, 当测量仪形式或管道内流动介质的物理性质(密度、粘度等)不同时, 在同样大小的流量下产生的压差也是不同的。

被测介质流经各种测量仪时, 其流速特性和压力分布情况是类似的。对于水平管道, 根据伯努利方程和流动连续性方程推导出基本流速方程式为:

$$V = \alpha \varepsilon \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_1 - P_2)} \quad (1)$$

式中: V —测量截面的平均流速, m/s; ρ —节流测量

收稿日期: 2012-02-17; 修订日期: 2012-03-05

作者简介: 孙保民(1959-), 男, 山东冠县人, 华北电力大学教授。

仪前面的含粉气流密度, kg/m^3 ; ε —被测介质的膨胀校正系数; α —流量系数; P_1 —测量截面前压力, Pa; P_2 —测量截面后压力, Pa。

其中, 流量系数 α 和被测介质的膨胀校正系数 ε 均可通过实验方法求得。若被测介质不可压缩, 则 $\varepsilon = 1$; 若可压缩, 则 $\varepsilon < 1$; 流量系数 α 是一个影响因素复杂, 变化范围较大的重要因素。

对于干空气, 标准状态下气流密度 $\rho = 1.293 \text{ kg}/\text{m}^3$; 对于湿空气, 标准状态下气流密度为:

$$\rho = (1 + 0.001 d) / \left(\frac{1}{1.293} + \frac{0.001 d}{0.804} \right) \quad (2)$$

式中: d —干空气中含湿量, g/kg (干空气); 对于含粉气流密度 ρ 为:

$$\rho = \frac{\mu + \mu \left(1 + \frac{\Delta M}{100} \right) \frac{\Delta M}{100} + 1}{\frac{(273 + t) 101.3}{273(P_n + P_p)} \left(\frac{\mu \left(1 + \frac{\Delta M}{100} \right) \frac{\Delta M}{100}}{0.804} + \frac{1}{1.285} \right) + \mu V_c} \quad (3)$$

式中: μ —含粉气流浓度(固/气), kg/kg ; t —含粉气流温度, $^{\circ}\text{C}$; ΔM —磨煤机内固体原料蒸发水分, kg/kg ; P_n —大气压力, Pa; P_p —含粉气流静压力, Pa; V_c —每千克固体颗粒的体积, 煤粉取 $0.001 \text{ m}^3/\text{kg}$ 。其中 ΔM 按式(4)计算:

$$\Delta M = \frac{M_{ar} - M_{pc}}{100 - M_{pc}} \quad (4)$$

式中: M_{ar} —固体原料收到基水分, kg/kg ; M_{pc} —含粉气流中固体颗粒水分, kg/kg 。

1.2 测量仪结构参数的确定

1.2.1 取压管、取压孔形状、整体布置方式的确定

通过观测不同截面形状对流动阻力大小的影响分析, 以及材料性能和加工难易程度等因素进行综合考虑、评价, 确定单根全压、负压~静压取压管的最佳截面形状为圆形。每根全压和负压~静压取压管的下端取压孔设计为楔形, 倾角范围 $0^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 。全压取压孔开口方向与管道气流来流方向相反, 负压~静压取压管开口方向与来流方向相同或垂直向下。

由于流体充分发展段的气~固两相流体基本上左右对称, 上下分布不均匀, 因此开孔位置采用“对数~切比雪夫”方法进行等面积分割定位。在每个分割区域中心布置一根全压取压管和负压~静压取压管进行压力采集, 不同长度的取压管沿流体流动方向像排箫一样依次排成一排, 构成一个整体, 从顶部竖直插入管道中。其截面形状为两端半圆形的近

似流线型体, 能够大大降低整体测量仪的流动阻力。

设计的均压腔实现了对多个压力信号的充分混合、直接平均, 能够实现多感压孔全截面取压、大腔体均压、沉降固体颗粒和消除气流脉动的效果, 保证了平均流速的准确测量。

另外, 如果直管段严重不足, 加装整流测量仪不便或是被测管道直径过大, 可以在管道中平行布置几排测速测量仪, 满足准确测量的要求。

1.2.2 其它参数的测量和气固两相流的密度修正

现场可以通过安装防磨热电偶测得气~固两相流的温度, 通过取压测量仪和压力变送器测得管道内部绝对压力和大气压力, 通过数据采集系统将数据传递到工业控制计算机对气~固两相流密度进行修正。

另外, 还要考虑对雷诺数、气体膨胀系数、取压测量仪热膨胀系数和流通截面比对流量系数的影响, 以及水分含量对气~固两相流密度的影响。实际计算中对根据实际入炉煤水分范围, 通过程序预设进行密度修正。

1.2.3 反吹扫系统

项目开发之初设计了定期反吹扫系统, 利用压缩空气反向吹扫测量仪及相关管道消除堵塞。系统设计为自动和手动两种模式。自动系统由 PLC 程序控制系统和两位三通电磁阀等元器件构成, 能够实现在线切换测量和吹扫功能。

实际运行表明, 反吹扫系统设计合理, 性能稳定, 运行可靠, 到目前为止, 早期安装使用的系统已运行 10 年以上。另外, 经过运行考验, 气~固两相流体管道平均流速测量仪本身的防堵功能出色, 随后的设计中, 往往取消了反吹扫系统, 降低系统投资。

2 气~固两相流试验系统

试验系统为开式气~固两相流试验系统, 如图 1 所示, 设计风速 $0 \sim 60 \text{ m}/\text{s}$, 精度 $\pm 0.5\%$ 。由送风系统、标准测量系统、气固混合系统、试验系统、除尘系统 5 个部分构成。

送风系统由鼓风机、引风机、消音器等组成。标准测量系统完成对管道平均风速或通风量的准确测量。其前端安装有筛网和用于消除选流及速度型线偏离的赞格(Zanker)型整流测量仪, 按等环面分割加权平均方法, 用标准皮托管或热线风速仪测定管道平均风速, 用蝶阀控制通风量。气固混合系统由

料斗、给粉机、混合器等组成,由给粉机控制下料量。除尘系统由布袋除尘器、灰仓等组成。

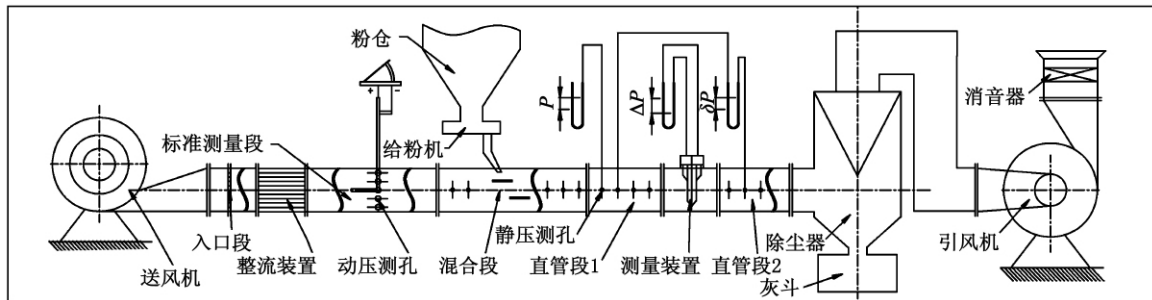


图 1 气~固两相流试验系统示意图

Fig. 1 Schematic diagram of an air-solid two-phase flow test system

主管路为圆形截面管道,试验段可以通过方圆节可以接入矩形截面。部分试验段管路用有机玻璃制作,能够直接观察其内部的流动状况。

主体管道规格为 $\phi 245 \times 6.5$ mm 的普通 A3 钢无缝钢管,管道实际内径为 $\phi 232$ mm,圆形截面试验管路规格与主管道相同。矩形截面试验管路断面尺寸为 $300 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$,采用厚度为 3 mm 的普通 A3 钢冷轧钢板焊接制作,其当量直径为 $\phi 240$ mm。

为安装、拆卸和组合试验方便,管路系统各构件间采用法兰连接、钢架支撑,地脚螺栓固定的方式。在风洞的试验段,可以对各种形式、结构构件进行灵活组合,模拟不同结构型式下的管内流动工况。如在测量仪前后加装弯头、三通、节流阀门、甚至多个阻力结构件弯头串联等复杂的结构,在管道试验段内建立与现场相类似的流动工况。在试验段前后安装足够数量的动、静压测点。

测速测量仪设计为两个等环面,取压探头 4 点布置。

3 测量仪的性能试验

研究期间,进行了测量仪相关性能试验。完成了系统管路调节风门的性能,不同截面比的测量仪阻力特性,流速与测量仪输出差压特性,流量系数特性,测量仪偏斜角度对测量准确性影响的特性及测量仪前后直管段长度对测量准确性影响等的一系列特性试验。

3.1 蝶形调节风门特性试验

试验管路系统中设计使用蝶形调节风门,开度 $0^\circ \sim 90^\circ$ 均匀分隔成 10 个可固定的档位,便于流量的调节。测试条件:直管段 1(门前有 10 倍管道当量直径长度管道) + 风门 + 直管段 2(3 倍管道当量

直径长度),风门开度—管道平均速度特性曲线如图 2 所示。

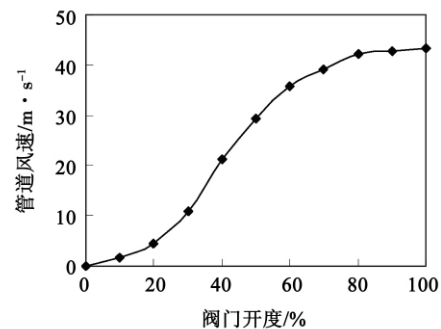


图 2 风门开度—管道风速特性曲线

Fig. 2 Air valve opening vs. air speed in a pipeline

3.2 流量仪局部阻力特性试验

管道流体雷诺数 Re 与流量仪局部阻力特性关系曲线如图 3 所示。

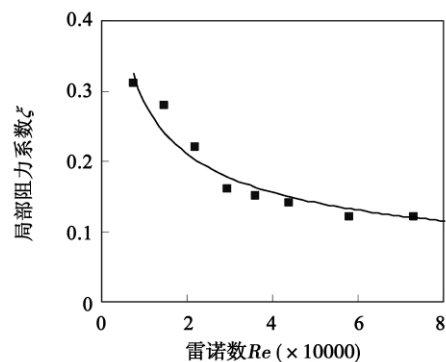


图 3 雷诺数与局部阻力特性关系曲线

Fig. 3 Re vs. local resistance characteristics

3.3 测量仪局部阻力特性试验

管道平均流速与测量仪局部阻力特性试验结果

如图 4 所示。

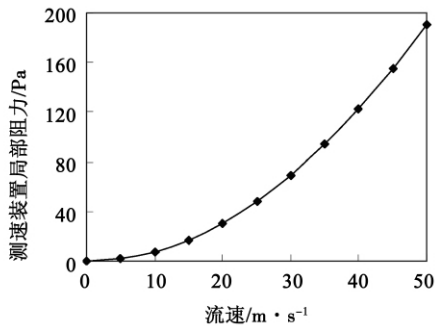


图 4 管道平均流速与测量仪局部阻力特性关系
 Fig. 4 Average flow velocity in a pipeline vs. local resistance characteristics of a metering device

3.4 测量仪输出差压特性试验

管道平均流速与测量仪输出差压特性关系如图 5 所示。

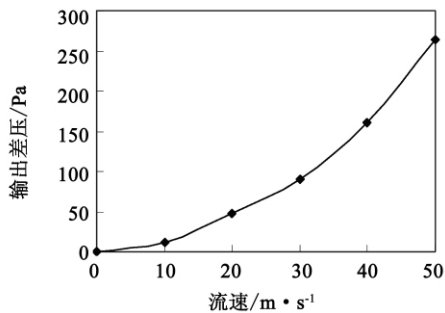


图 5 管道流速与测量仪输出差压特性试验
 Fig. 5 Test of the flow velocity in a pipeline and the output pressure difference characteristics of a metering device

3.5 流体粘性力对测量仪流量系数影响试验

管道流体雷诺数与测量仪流量系数的特性试验结果如图 6 所示。

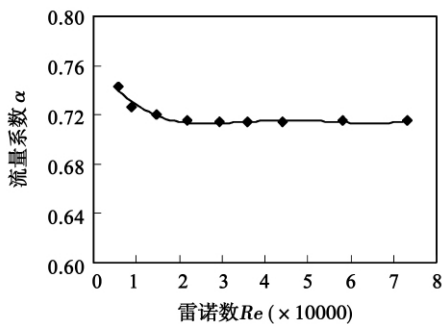


图 6 雷诺数与流量系数特性关系曲线
 Fig. 6 Re vs. flow coefficient

3.6 测量仪偏斜角度对测量准确性影响的特性试验

测量仪偏斜角度对测量准确性影响的特性试验结果如图 7 所示。

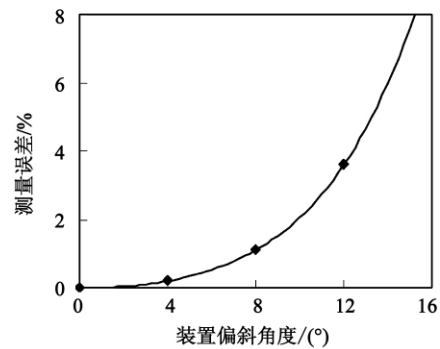


图 7 测量仪偏斜角度对测量准确性的影响
 Fig. 7 Influence of the inclination angle of a metering device on its measurement accuracy

3.7 测量仪前后直管段对流量系数 α 的影响特性试验

试验管段组合方式: 阻力件 + 直管段 1 + 测量仪 + 直管段 2 + 90° 弯头(同一平面)。因为蝶形阀门对流场的影响比三通和弯头更大的情况, 选择阀门作为阻力件。

以阀门全开, 直管段 1 为 10 倍当量直径长度, 直管段 2 为 3 倍当量直径长度组合方式下测试的流量系数为基准, 依次调整直管段 1、直管段 2 的长度, 改变阀门开度, 分别测试测量仪流量系数与基准偏差最大的值, 求出相对误差, 判断其影响。

3.7.1 直管段 1 长度对测量仪流量系数的影响

直管段 2 长度不变, 缩短直管段 1 长度, 测试流量系数与基准流量系数的最大相对误差。直管段 1 长度对测量仪流量系数影响结果如图 8 所示。

3.7.2 直管段 2 长度对测量仪流量系数的影响

固定直管段 1 的长度为 10 倍当量直径, 缩短直管段 2 长度, 测试流量系数与基准流量系数的最大相对误差。直管段 2 长度对测量仪流量系数影响结果如图 9 所示。

3.7.3 直管段 1 和直管段 2 长度对测量仪流量系数的共同影响

在工业现场, 测量仪会受到前后阻力件的共同影响。这种影响造成的误差可能不是上述单项试验的相对误差简单叠加, 需要通过试验确定。试验中为了确定这种影响, 调整直管段 1 长度为 2 倍当量直径, 调整直管段 2 长度, 测试流量系数与基准流量

系数的最大相对误差。测量仪前后直管段长度对测量准确性影响结果如图 10 所示。

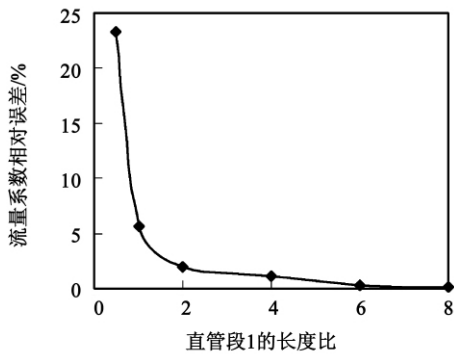


图 8 直管段 1 长度对测量仪流量系数影响
Fig. 8 Influence of the length of the straight pipe section No. 1 on the flow coefficient of the metering device

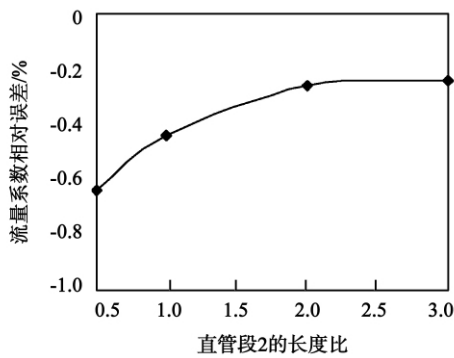


图 9 直管段 2 长度对测量仪流量系数的影响
Fig. 9 Influence of the length of the straight pipe section No. 2 on the flow coefficient of the metering device

3.8 浓度对流量系数的影响

在工业现场,气~固两相流体的浓度会经常发生变化,浓度的变化可能会对测量仪的测量精度带来影响。为了确定这种影响,试验在标准测量段空气流速 30 m/s 的工况下进行。首先,不投粉测试基准流量系数;然后,通过增加给粉机转速,调节两相流浓度(固体 kg/空气 kg)在 0~1 kg/kg 浓度范围内,测量流量系数。从而比较不同浓度情况下测量仪流量系数与基准流量系数的最大相对误差,结果如图 11 所示。

3.9 防堵、均压等结构的性能

通过试验台观测,采用柔性连接悬吊重力摆锤,在气流的冲击下,在感压孔内产生无规则振荡。该

项结构可以起到有效清除附着的固体颗粒作用。同时,设计的扩容器也起到连通、均压、扩容、沉降、回流的作用。在工业现场煤粉气流管道中的安装使用效果良好,也证明了该结构的有效性。

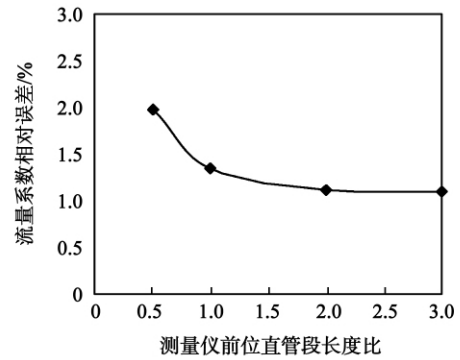


图 10 测量仪前后直管段长度对测量准确性的影响

Fig. 10 Influence of the length of the straight pipe sections before and after the metering device on the measurement accuracy

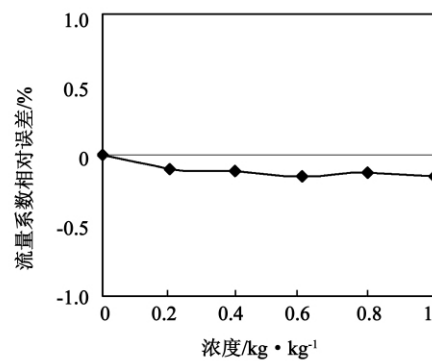


图 11 浓度对测量仪测量准确性的影响
Fig. 11 Influence of the concentration on the measurement accuracy of the metering device

4 结 论

(1) 平均流速测量仪局部阻力系数很小,对于流通截面比 m 在 0.04~0.18 范围内,局部阻力系数 ξ 在 0.1~0.3 之间。当管道气体流速为 30 m/s,密度为 1.096 kg/m³,局部阻力系数 ξ 为 0.14,安装测量仪将增加系统阻力约 69 Pa。

(2) 当 $Re > 1 \times 10^5$,流速 > 8 m/s 时,测量仪的流量系数趋于一致,不随 Re 数变化。

(3) 当测量仪前面有 2 倍、后面有 0.5 倍当量

直径长度的直管段时,可以保证测量误差 $\leq 2\%$ 。

(4) 由于安装不当或气流偏斜造成测量仪中心线与管道中心线形成夹角,角度 $< 6^\circ$,误差 $< 1\%$ 。

(5) 两相流体浓度的变化对测量仪流量系数的影响非常小,工业现场应用可以忽略不计。

(6) 防堵、均压结构性能科学合理,反吹扫系统工作正常。工业现场的应用证明,测量仪的防堵、均压表现突出,可以取消反吹扫系统。

专利名称:气~固两相流体管道平均流速测量仪。专利号:ZL200620002882.6。

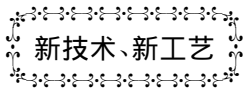
“气~固两相流体平均流速测量仪的开发与应用”获得 2011 年内蒙古科技进步三等奖。

该测量仪的开发有效地解决了气~固两相流平均流速或流量准确测量的问题。目前,在国内大型火力发电厂的数十台燃煤锅炉中得到推广应用,为电站锅炉实现燃烧优化提供必要条件,改善锅炉燃烧工况,缓解炉膛结焦,有效地提高锅炉热效率,同时降低 NO_x 生成量。为发电企业带来了显著的经济、社会效益。

参考文献:

- [1] 切尔米谢诺夫 N P. 流体工程简明手册[M]. 北京:宇航出版社,1984.
Nicholas P Cheremisinoff. Fluid engineering concise handbook (Fluid flow process and equipment design) [M]. Beijing: Space Navigation Press,1984.
- [2] 盖德·希特罗尼. 多相流动和传热手册[M]. 北京:机械工业出版社,1982.
Gad Hetsroni. Handbook of multiphase flow and heat transfer[M]. Beijing: Mechanical Industry Press,1982.
- [3] Мочан С И. 锅炉设备空气动力计算(标准方法)[M]. 杨文学等译. 北京:电力工业出版社,1981.
Prepared by ЦКТИС. Н and translated by YANG Wen-xue et al. Boiler equipment aerodynamic calculation (standard method) [M]. Beijing: Power Industry Press,1981.
- [4] DL/T 467 - 2004,《电站磨煤机及制粉系统性能试验》[S].
DL/T 467 - 2004. Performance test of power plant coal mills and pulverizing systems[S].
- [5] 米勒 R W. 流量测量工程手册[M]. 北京:机械工业出版社,1983.
MILLER R. W. Flow measurement engineering handbook [M]. Beijing: Mechanical Industry Press,1983.

(丛敏 编辑)



三重联合循环发电技术

据《Gas Turbine World》2012年5-6月刊报道,在NEITDO(新能源和工业技术开发机构)的支持下,日本MHI(三菱重工)今年将开展SOFC(固态氧化燃料电池)与燃气轮机和汽轮机的三重联合循环发电系统的研究。

固态氧化燃料电池放置在燃气轮机联合循环系统前。借助于三个相互作用的阶段—燃料电池、燃气轮机和汽轮机生产电力,FCCC(燃料电池联合循环)设计预期对于500 MW和更大型的装置可以达到超过70%低热值效率,对于小于10 MW的装置可以达到60%的效率。

作为研究的组成部分,MHI将开发SOFC和燃气轮机发电系统联合所需要的基本技术,MHI将测试该系统在高压(最高达3.0 MPa)下的特性和耐久性。

燃气轮机的问题包括燃气轮机的转换和燃燃室的开发,MHI也将验证发电模拟,包括SOFC和燃气轮机系统一起工作。

MHI把三重联合循环发电看作是一种革命性技术,将导致发电效率比现有天然气发电系统提高10%到20%。

研究完成后,MHI将根据试验计划的结果开展工作,最终目标是实现此项技术的商业化

(吉桂明 摘译)

system on its thermal efficiency and output power. The numerical simulation results show that when the back pressure of the steam turbine is set at 0.25 MPa, the highest evaporation pressure of the working medium can reach 2.566 MPa. Within this range of the evaporation pressure, the thermal efficiency of the system will monotonically increase with an increase of the evaporation pressure. Under a same evaporation pressure, it will not increase obviously with an increase of the flow rate of the working medium, however, more net output power can be obtained. When the evaporation pressure is set 1.5 MPa, with a drop of the waste heat discharging temperature, the net output power of the system will increase markedly. With a drop of the back pressure of the steam turbine, the thermal efficiency of the system will be obviously improved. However, the drop of the back pressure of the steam turbine increases the difficulty for condensing the working medium and the proper back pressure is regarded as 0.2 MPa. **Key words:** oil shale, exploitation by making use of convection heat, low temperature waste heat, organic Rankine cycle, thermodynamic analysis

新型气~固两相流体平均流速测量仪的试验研究 = **Experimental Study of a Novel Gas-solid Two-phase Fluid Average Flow Speed Measuring Meter** [刊,汉]/SUN Bao-min, ZHAO Yong-gang (College of Energy Source, Power and Mechanical Engineering, North China University of Electric Power, Beijing, China, Post Code: 102206), ZHAO Zhi-yong (Inner Mongolia Electric Power Science Research Institute, Huhhot, China, Post Code: 010020), SHI Zhong-quan (Baotou No. 2 Thermal Power Plant, Northern Joint Power Corporation, Baotou, China, Post Code: 014030) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2012, 27(6). - 670 ~ 675

To solve the problem to real-time and accurately measure the average flow speed of a gas-solid two-phase flow in a pipeline, developed was a novel gas-solid two-phase flow average flow speed measuring meter and a relative secondary measurement system based on a direct measurement mode. To further study the performance of the meter and continuously improve its design structure, a gas-solid two-phase flow test system was set up. Relevant experimental study of the performance of the measuring meter was conducted. The test and on-site applications show that the meter has a good performance and can realize a long-period, stable and accurate measurement of the average flow speed of the gas-solid two-phase flow in an industrial pipeline with the measurement error being $<2\%$. The straight tube section required for installation at the site is short. The meter has a small flow resistance and a long service life, capable of measuring the average flow speed of a gas-solid phase flow at a high and low concentration. It can be installed and used in a pipeline with a round and rectangular section. It has obtained the national invention and patent as well as the provincial and ministry-level science and technology advancement prize and has got good applications in tens of utility boilers. **Key words:** gas-solid two-phase flow, average flow speed, measuring meter, experimental

study

管内段塞流传热模型及实验研究 = **Heat Transfer Model for and Experimental Study of an In-tube Slug Flow** [刊, 汉]/MA Yong-qian, SHAO Ru (Shengli Oil Field Well-drilling Technology Research Institute, Dongying, China, Post Code: 257017), WANG Zhi-yuan ((East China) College of Petroleum Engineering, China Petroleum University, Qingdao, China, Post Code: 266580), HE Pi-xiang (Oil Production Technology Research Institute, Dagang Oil Field Company, Dagang, China, Post Code: 300280) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2012 27(6) . - 676 ~ 679

In the light of the specific features of a slug flow, established was a heat transfer model for slug flows. The theoretical value of the average heat transfer coefficient calculated by using the model is in very good agreement with that of the test one with the error being within 10%. Compared with other models, the heat transfer model for slug flows is more close to the actual conditions. In addition, the authors have also analyzed the influence of the fluid and gas flow rate on the heat transfer coefficient. The heat transfer law test results show that the gas and fluid flow rate (speed) under a slug flow and the convection heat exchange coefficient assume a linear relationship and the fluid flow rate is regarded as the main factor influencing the heat transfer. **Key words:** slug flow, heat transfer model, fluid flow rate, gas flow rate

管束污染对增压锅炉性能参数的影响分析 = **Analysis of the Influence of the Contamination of the Tube Bundles on the Performance Parameters of a Supercharged Boiler** [刊, 汉]/JIA Ru-bin, WANG Jian-zhi, WANG Yong-tang, XUE Wei (CSIC No. 703 Research Institute, Harbin, China, Post Code: 150078) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2012 27(6) . - 680 ~ 683

The value of the thermal effectiveness coefficient obtained by complying with “Thermodynamic calculation of boiler units-standard method” (1973 Edition) is not applicable for a supercharged boiler. The authors have determined the values of the thermal effectiveness coefficients of the vaporizer tube bundles and the superheater tube bundles of a supercharged boiler at various loads on the basis of the test data of the supercharged boiler. It has been found that with an increase of the load, both thermal effectiveness coefficients of the vaporizer tube bundles and superheater ones of the boiler assume a descending variation tendency. The contamination of the soot deposited on the tube bundles will increase the thermal resistance of the tube bundles and decrease the thermal effectiveness coefficient of the