

移动一流化型组合阀工作特性的研究

张静媛¹, 叶桂珍²

(1. 山西大学 工程学院, 山西 太原 030013; 2. 广东省电力试验研究所, 广东 广州 510006)

摘要: 移动一流化型组合阀是一种输送固体颗粒物料的新型非机械阀, 影响其工作特性的关键技术是移动床底部松动风的设置。本文主要介绍了松动风设置的实验研究和计算物料流率的数学模型。

关键词: 阀; 松动风; 非牛顿流体; 指数定律

中图分类号: O359 文献标识码: A

1 前言

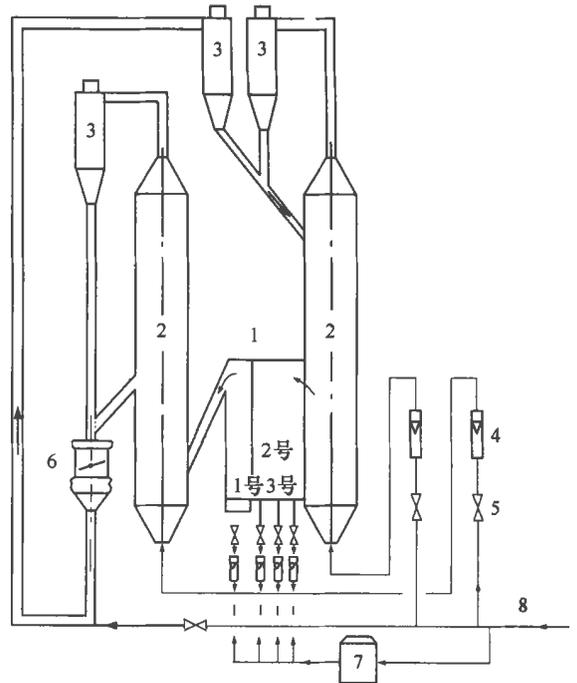
在循环流化床煤的燃烧或气化技术的应用中, 循环物料的输送装置是一个重要部件。工程上一般要求该部件在负压差下工作, 即将物料由压力较低处送往压力相对较高处。在工作过程中, 要求对通过的物料量具有良好的调节性能, 并且保证它所连接的两器气体互相不泄漏。由于物料循环回路在 $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右高温下工作, 机械阀很难保证长期安全可靠地运行, 通常采用非机械阀。目前使用比较广泛的几种非机械阀都要求入口侧的料腿中保持一定高度的料位。当工程中两个流化床处于同一标高位置又需要在两床之间直接进行物料输送时, 这些阀由于入口侧不便于布置较高的料腿而不适用。因此, 作者研究了移动一流化型组合阀, 并在冷态实验台进行了各种性能试验。

2 实验装置

移动一流化型组合阀(以下简称组合阀)由两部分组成, 进料侧是V型移动床, 出料侧是小型流化床。组合阀装在试验台的两个并列的流化床之间(见图1)。阀体和两个流化床下部用有机玻璃制成, 可观察物料的流动状态。试验用的固体物料是一种颗粒状树脂, 平均料径 0.124 mm , 真实密度为 1390 kg/m^3 。

在组合阀移动床一侧的底部需要设置松动风。

松动风的作用是: 一方面使移动床内死滞料区尽可能小, 物料能平稳、均匀地整体向下移动, 并且风量的变化对物料流率具有调控作用。另一方面要保证阀两边流化床之间的气体密封。实验研究的目的是, 要确定松动风的设置型式及其对物料流率的影响。



1—移动一流化型组合阀; 2—流化床; 3—旋风分离器; 4—转子流量计; 5—调节阀; 6—闸板阀; 7—稳压罐; 8—压缩空气管

图1 试验装置示意图

3 实验方法

移动床底部松动风的设置方案有三种型式, 如图2所示。通过风量的变化, 分别进行阀的工作性能试验。

3.1 单点送风实验

松动风的喷口位置如图2(a)所示, 2号和3号

喷口分别送入基本风量和调控风量。每一组试验,基本风量保持不变,改变调控风量,测相应的物料流率。

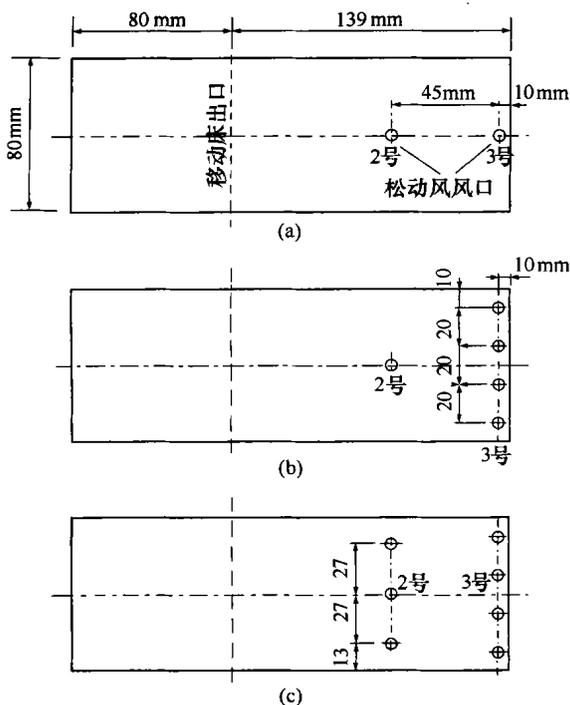


图 2 移动一流化型组合阀底部松动风风口的布置

3.2 多点送风实验

松动风的喷口位置如图 2(b)、(c)两种型式。3号位以横向多喷口形式送入基本风量 Q_3 , 2号位分别以单喷口形式[图 2(b)]和横向多喷口形式[图 2(c)]送入调控风量。风量的搭配情况见表 1。

表 1

3号喷口送基本 风量/ $m^3 \cdot h^{-1}$	2号喷口送调 控风量/ $m^3 \cdot h^{-1}$
3.0	单点送入 0.3, 0.6, 0.9, 1.2, 1.5, 1.8 多点送入 0.3, 0.6, 0.9, 1.2, 1.5, 1.8, 2.0

4 实验结果

4.1 实验曲线

实验结果表明,松动风风量的变化对组合阀的物料流率影响都比较显著。3.2中的多点送风实验,情况明显优于单点送风的实验,而以2号和3号位的多点送风的情况更好。实验曲线见图 3和图 4。

4.2 移动床物料的流动状态

实验中,组合阀的移动床内物料处于自然填充

状态,在重力和松动风的作用下,向下移动。松动风在床的底部颗粒间扩散,形成了半流化区域,使颗粒之间相互解锁,物料与壁面之间的摩擦力减弱,流动阻力减少,物料的流量增加。可见松动风的量和扩散程度是影响移动床工作性能的主要因素。

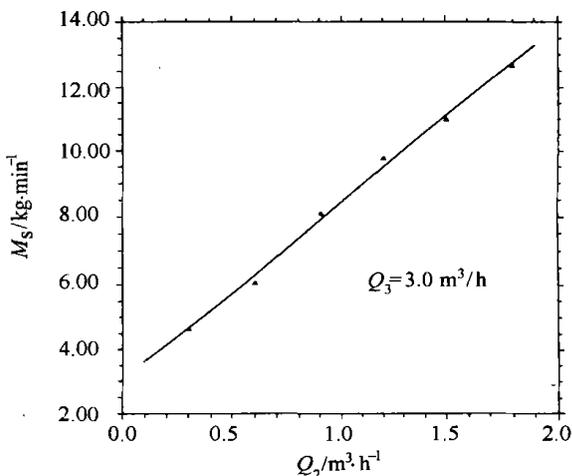


图 3 3号风多点送入,2号单点送入,其风量对循环物料流率的影响关系曲线

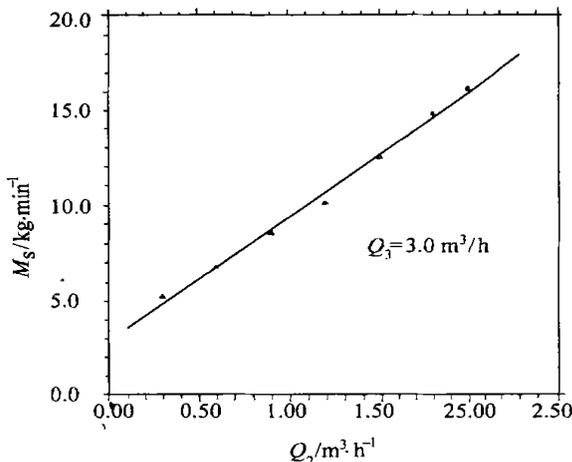


图 4 2号、3号均为多点送入,其风量对循环物料流率的影响关系曲线

第一组单点送风实验时,风量集中。当风量过大时,气体易聚集形成气泡,造成窜气现象,破坏了组合阀的正常工作。正常工况下气体在喷口周围扩散范围有限,床内不同程度存在死滞料区,尤其3号喷口风量较小时,这一区域的死料更多。这些都不利于阀的工作。

第二组实验松动风以多点形式送入时,移动床物料的流动在整个床面比较均匀。特别是2号、3号位都以多喷口型式送风时,床内物料接近平稳地

整体下移,死滞料区很小,没有气泡出现,组合阀的流动性能和密封性能都有很大改善,而且组合阀的工作范围也扩大了。

5 数学模型

实验结果表明,横向多点送入松动风,组合阀的工作性能很好,下面以这部分实验为基础,探索数学模型的建立。

在描述非牛顿型流体的流动状态时,常用指数定律方程。我们将移动一流化型组合阀中固体物料的流动作为不可压缩性非牛顿型流体在管中的流动考虑,借用指数定律数学模型建模。所谓符合指数定律的流体就是指剪应力 R 和剪切速率 γ 之间的关系,可用下式表示:

$$R = K(\gamma)^n \quad (1)$$

式中: K — 粘稠系数; γ — 流动行为指数。

对假塑性或胀塑性非牛顿型流体的层流流动,管中的压降 ΔP 与流动特性 $8u/d_i$ 之间的关系可表达为:

$$\frac{\Delta P}{4L/d_i} = K_p' \left(\frac{8u}{d_i}\right)^{n'} \quad (2)$$

式中: L — 管长; d_i — 管内径; u — 流体的平均线速度。

对于符合指数定律的流体,式(2)中系数 K_p' 和 n' 保持为常数,且内径 d_i 可用当量直径 d_e 表示,式(2)可写成:

$$\frac{\Delta P}{4L/d_e} = K_p \left(\frac{8u}{d_i}\right)^n \quad (3)$$

式中: K_p — 管中流体流动的粘稠系数; n — 指数定律中的指数。

由式(3)可得流体流动的平均线速度 u 为:

$$u = \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta P}{L \times K_p}\right)^{\frac{1}{n}} \times \left(\frac{d_e}{4}\right)^{\frac{n+1}{n}} \quad (4)$$

式(4)可用来计算组合阀中固体颗粒流动的平均线速度,式中流动的压降 ΔP 由下式确定:

$$\Delta P = \rho_s(1-\epsilon)g(h_2-h_3) + (p_2-p_3) \quad (5)$$

式中: ρ_s — 固体物料的真实密度; ϵ — 移动床的平均床层空隙率,计算中可采用堆积空隙率 ϵ_0 代替; (h_2-h_3) — 移动床进出口高差; (p_2-p_3) — 移动床进出口静压差。

组合阀中固体颗粒的质量流率 M_s 用下式计算:

$$M_s = \rho(1-\epsilon_0)uA$$

式中: A — 管的横截面。

根据实验所得数据,应用式(2)~式(6),分别拟合出两组实验的 K_p 和 n 值,然后计算出不同送风量下的质量流率 M_s 数值。下面对两组实验的理论计算值和相应的实验值进行误差分析。

表2是2号位单点送风时的数据;表3是2号位多点送风时的数据。两组实验的实验值与理论值的相对误差最大值分别是16.00%和10.62%,而以2号为多点送风时的误差较小。这表明用于非牛顿型流体的指数定律方程可以用来处理移动一流化型组合阀的物料流动。据此建立的数学模型,其计算值和实验值的吻合情况良好。

表2 2号位单点送风时物料流率 kg/min

实验值	计算值	误差 %
12.68	13.64	7.57
11.00	11.96	8.73
9.80	9.22	5.92
8.12	7.17	11.70
6.08	5.41	11.02
4.68	5.41	16.00

注: $n = -0.40264$ $K_p = 41.8796$

表3 2号位多点送风时物料流率 kg/min

实验值	计算值	误差 %
16.20	17.92	10.62
14.88	14.10	5.24
12.52	11.76	6.07
10.16	10.48	3.15
8.60	8.30	3.49
6.88	6.70	2.62
5.32	5.57	4.50

注: $n = -0.36667$ $K_p = 37.5656$

指数定律方程中的指数 $n \geq 0$, 并且 n 的变化反映了假塑性和胀塑性非牛顿流体层流时的速度分布,具有明显的物理意义。而在组合阀的两组实验数据的处理中,拟合出来的 n 为负数。

指数定律描述的是非牛顿型流体在等截面管道中的流动状态。组合阀的V型移动床中,物料在向下运动时,床截面逐渐收缩,颗粒运动加快,同时有横向间的混合。颗粒的流动状态有其自身的特殊性,因此这里拟合的 n 值,其数值范围及物理意义需要进一步深入的研究。

6 结论

(1) 移动一流化型组合阀中松动风的最优送风型式是3号送入基本风量,2号位送调控风量,以横向多点方式送入。

(下转第413页)

热烟气通过燃烧器的蜂窝微孔流出,并对蜂窝微孔结构进行预热。当蜂窝微孔腔体被预热至 $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右时,停止预热启动,燃烧器转入蜂窝微孔燃烧阶段。此时,燃油经油喷嘴喷入燃烧器内蒸发筒,在此与预热的空气和部分循环流体混合并发生冷焰燃烧,使得燃油在进入蜂窝微孔燃烧室前实现预蒸发。可燃混合气体在炽热的蜂窝腔体里自燃,火焰被稳定在微孔燃烧室内。为保障当功率大范围调节时燃烧区域中的火焰稳定,可以这样来设计蜂窝结构,使得底部(可燃流体入口处)腔体的尺寸足够小,以阻止在此处发生燃烧反应;而顶部蜂窝腔体的尺寸足够大,以保证燃烧反应在此能够顺利进行。

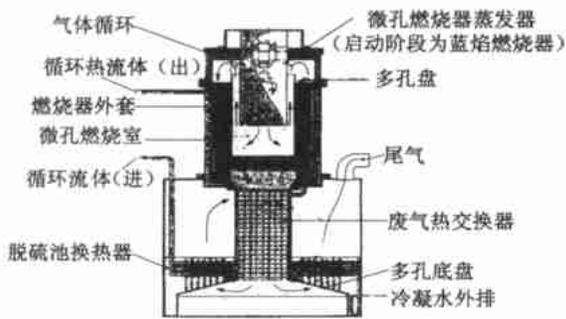


图7 蜂窝微孔驻流稳焰的轻油预蒸发燃烧器结构示意图

4 结语

(1) 预蒸发燃烧技术的原理是:通过分离液体燃料的蒸发过程和燃烧过程,实现液体燃料的“气体化”燃烧;

(2) 燃烧过程中实现火焰稳定的关键是使火焰锋面上流体的扩散速度等于火焰的传播速度。在液

体燃料的预蒸发燃烧中,为保证实现燃料在燃烧前的预蒸发,一般采用了大量的热废气(或流体)参与循环燃烧,于是增大了燃烧器蒸发段中流体的流速,带来了火焰稳定问题;

(3) 在轻油的预蒸发燃烧中,可通过布置逆向阻流筒,旋转燃烧空气,采用复层网孔燃烧表面和蜂窝微孔腔体燃烧结构等措施来稳定火焰。

参考文献:

- [1] 何宏舟, KOEHNE H. 轻油的预蒸发燃烧—预蒸发燃烧技术原理及实践[J]. 工业锅炉, 2001(3): 2-8.
- [2] LUCKA K, KOEHNE H. Moderne gemischaubereitung fuer fluessige brennstoffe [A]. 3 Aachener Kolloquium Heizwaerme aus Oelverbrennung [C]. Aachen: Shaker Verlag, 2000. S. 35-42.
- [3] DOETSCH C. Trennung der verbrennung von der verdampfung und der gemischbildung bei einem oelbrenner durch ausnutzung der zündverzugszeit [D]. Dissertation RWTH - AACHEN, 1999. ISBN: 3-8265-6868-0. ISSN: 1430-9629.
- [4] WARNATZ J, MASS U, DIBBLE R W. Verbrennung[M]. 2. Auflage. Springer Verlag Berlin, 1997.
- [5] DOETSCH C, KOEHNE H. Emissionsamer vorverdampfungsbrenner mit stabilisierung im umkehrinsatz [J]. Schornsteinfeger. Heft 4 1998; S.4-10.
- [6] MUELLER H J. Feststoff und sauerstoffames rauchgas aus nahstoichiometrischen schwereol - luftflammen (Blauflammen) [D]. Fortschritte-Bericht VDI Reihe 15 Nr. 43. Duesseldorf: VDI-Verlag, 1986.
- [7] GIZINGER H P, KOEHNE H. Nutzung“ kalter flammen ” zur entwicklung eines strahlungsbrenners fuer fluessige brennstoffe [A]. GVC - Fachausschuss “ Thermodynamik ” und VDI - GET “ Thermodynamik - Kolloquium 1998 ” [C]. Referat Nr. 47. Leipzig 1998.
- [8] HEIDERMAN T, HATZFELD O, KOEHNE H. Der oelporenbrenner fuer die haushaltssteuerung [J]. VDI Berichte Nr. 1492 1999. S. 623-628.

(辉 编辑)

(上接第401页)

(2) 根据非牛顿流体的指数定律建立组合阀的数学模型,其物料流率的计算值与实验值吻合较好,可以用来计算组合阀的物料流率。

本研究的实验在清华大学“煤的高效低污染燃烧国家重点实验室”进行。

参考文献:

- [1] 戴维森 J F, 哈里森 D. 流态化[M]. 北京: 科学出版社, 1981.

(渠 源 编辑)

speed-measuring pump with a floating type seal construction and reliable conclusions obtained. All the above has provided a theoretical and experimental basis for the improvement of an overspeed protection device for a main steam turbine. **Key words:** main steam turbine over-speed protection, speed-measuring pump, seal, test

寒区太阳能—土壤源热泵系统太阳能保证率的确定 = **Determination of the Solar Energy Assurance Factor of a Solar Energy - Ground Soil-source Heat Pump System in Frigid Regions** [刊, 汉] / YU Yan-shun, LIAN Le-ming (Department of Architectural Thermal Energy Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin, China, Post Code: 150090) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2002, 17(4): 393 ~ 395

In frigid regions the use of solar energy and ground soil-source heat as a low-level heat source of heat pumps is of great significance from the perspective of environmental protection and the development and utilization of new and renewable energy sources. The authors have for the first time put forward the concept of ground-soil temperature restoration rate of the ground soil-source heat pump system under different ratios of operation/shutdown. With the above-cited restoration rate serving as an index the restoration degree of ground soil temperature field is evaluated of the ground soil-source heat pump under various operation/shutdown ratios. On this basis, the optimum operation/shutdown ratio of the said heat pump and solar energy assurance factor were identified, and thereby the capacity of solar energy heat-collection device was determined. **Key words:** frigid region, solar energy - ground soil-source heat pump, solar energy assurance factor, ground soil temperature restoration rate

大型火电站高压加热器可靠性增长模型验证及预测 = **Verification of a Reliability Enhancement Model and its Prediction for High-pressure Heaters at a Large-sized Thermal Power Plant** [刊, 汉] / CAO Xian-chang, ZHONG Zhi-qiang, JIANG An-zhong (Department of Energy Sources, Shanghai Jiaotong University, Shanghai, China, Post Code: 200240), SHI Jin-yuan (Shanghai Power Equipment Design and Research Institute, Shanghai, China, Post Code: 200240) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2002, 17(4). // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2002, 17(4): 396 ~ 398

A reliability enhancement model is proposed for high-pressure heaters at a large-sized thermal power plant along with a detailed discussion of the model parameter estimation and fitting inspection. According to the statistics data of Electric Power Reliability Management Center the model fully conforms with the reliability-enhancement change tendency of high-pressure heaters under statistical evaluation. The results of analysis also indicate that the reliability of the heaters has been gradually enhanced through the introduction of such measures as eradication of defects in product design and fabrication, enhancement of personnel quality, improvement of operational level, production facilities and operating conditions. **Key words:** high-pressure heaters, reliability, growth model, prediction

移动—流化型组合阀工作特性的研究 = **A Study Concerning the Test of the Operating Characteristics of a Shifting-fluidized type of Combination Valve and Its Model** [刊, 汉] / ZHANG Jing-yuan (Power Engineering Department, Taiyuan Electric Power High Technical School, Taiyuan, China, Post Code: 030013), YE Gui-zhen (Guangdong Provincial Electric Power Test Research Institute, Guangzhou, China, Post Code: 510006) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2002, 17(4): 399 ~ 401, 413

A shifting-fluidized type of combination valve is a kind of novel non-mechanical valve for transporting solid-particle raw materials. The key technique affecting its operating characteristics involves the provision of a sort of slackening air at the bottom of the shifting bed. The present paper mainly focuses on an experimental investigation regarding the provision of the slackening air device and a mathematical model for calculating raw material flow rate. **Key words:** valve, slackening air, non-Newton fluid

获取知识的一种新方法——粗糙集(Rough Set) = **“Rough Set” as a New Method of Machine Self-learning** [刊, 汉] / DONG Cai-feng, WANG Tian-yu (Aerospace Institute under the Harbin Institute of Technology, Harbin, China, Post Code: 150001) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2002, 17(4): 402 ~ 404

A difficult issue encountered during the diagnosis of rotating machine failures consists in the acquisition of diagnostic