

煤粉直接点火燃烧器技术及其进展

(浙江大学) 李文蛟 姚强 周俊虎 石伟 曹欣玉 岑可法

摘要:煤粉直接点火燃烧器应是我国电站煤粉锅炉燃烧器改进的主要方向。提出把直接点火技术与稳燃技术相结合来设计直接点火燃烧器的思路,对该类燃烧器做了较合理的分类。指出了少油煤粉直接点火燃烧器及无油煤粉直接点火燃烧器两大系列燃烧器发展状况及存在的问题,并指出目前应大力开发无油煤粉直接点火系列燃烧器,对电站锅炉煤粉直接点火燃烧器的研究有指导意义。

关键词:煤粉; 锅炉; 直接点火燃烧器

中图分类号: TK223.23

1 绪论

在常规电站煤粉锅炉运行过程中,要耗费大量的燃油。这些燃油的消耗主要有两种途径:一是在锅炉启动点火过程中,要达到煤粉的燃烧工况,所投入的燃油数量往往是很可观的,如某台 670 t/h 锅炉在冷态启动过程中,要耗费 50 t 轻质柴油;另一个途径是锅炉运行中,为了调峰的需要,在低负荷时拌油燃烧,以防发生熄火事故。

大量的燃油消耗,以及因此而带来的在燃油采购、运输、储存、硬件设备等方面的费用,无疑加大了发电成本。为了降低这一成本,开发无油或少油煤粉直接点火燃烧器便成了大家一直公认的一条途径。二十多年来,世界各国科技人员在这方面做了大量的工作,开发了一些新式煤粉直接

点火燃烧器,取得了一些成果。但是,可以看到,这些成果有以下特点:零散化,没有成为系统;当有一项新技术问世后,大家只是紧随其后,没有创新,拘泥于某一种形式。另外,煤粉直接点火燃烧器没有把直接点火技术同稳燃技术有机地结合起来,有碍于这一技术的深入推广。

2 煤粉直接点火燃烧器的分类

煤粉点火需要有一个激发热源,按照这一激发热源的形式,煤粉直接点火燃烧器可以分为两大类:一是以某种物质的燃烧热为激发热源的形式,我们称之为 CES;二是以电能作为激发热源的形式,我们称之为 EES。

对 CES 系列,这些化学物质具有以下特点:(1)着火温度较低;(2)化学动力反应速度快;(3)释热量大;(4)扩散系数大。比如天然气、甲烷、乙炔、轻质柴油……。根据这些燃料的不同,可将 CES 划分为不同的子系列。对同一种燃料,可以采用不同的燃烧器结构,以不同的方式利用它的燃烧热来点燃煤粉气流。从对 CES 系列划分的次序,读者可以看到我们考虑的侧重次序,我们更主要考虑的是所用的点火燃料,其次才是具体的结构,这种思路是比较客观的。

对 EES 系列,根据电能转化

为点燃煤粉气流的热能的形式,可以分为若干子系列。这种电热转换方式主要有:高能电弧等离子体、激光、电热阻等。在相同的转化方式下有不同的具体结构。

我们认为,煤粉直接点火燃烧器应是点火技术与稳燃技术的有机结合,这一点,反映在我们的分类上。多年来的发展也证实了这一点。

应该说,在煤粉锅炉稳燃技术方面,这些年来,已经开发出各种各样的技术。根据其形成稳燃的机理不同,大体上可以分为三类:煤粉浓淡分离技术、组织回流区的稳燃技术和预燃室。

按照点火技术同稳燃技术相结合的原则,可以形成很多种具体结构不同的煤粉直接点火燃烧器。这是煤粉直接点火燃烧器发展的方向。

3 煤粉直接点火燃烧器的应用评述

3.1 我国电站煤粉锅炉的现状

事实上,煤粉直接点火燃烧器在我国电站煤粉锅炉上的普及率还是很低的。大多数的煤粉锅炉的启动点火还是以大油枪投油燃烧的方式为主。近几年来,迫于电站频繁的调峰需要以及降低

收稿日期: 1998-10-19; 修订日期: 1999-05-04

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(59876035)

作者简介: 李文蛟(1967-),男,大连人,博士研究生,现从事电站锅炉煤粉直接点火燃烧器、气固多相流燃烧理论的研究。

通讯处: 310027 杭州市浙江大学热能工程研究所

©1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

NO_x 排放量的环保要求,煤粉浓淡燃烧技术在我国火电厂得到广泛推广。从降低燃油消耗来讲,这一技术在一定程度上解决了燃油在第二途径上的消耗,但对燃油在第一途径上的消耗却无能为力。

造成这种现状的原因是多方面的。要改变这一现状,第一,电站管理及技术人员对此要达成共识;第二,有成熟的煤粉直接点火燃烧器做技术支持。

3.2 煤粉直接点火燃烧器的技术现状

3.2.1 评价煤粉直接点火燃烧器的标准

(1)技术标准包括:点火技术、稳燃技术、污染物排放水平。这一标准代表煤粉直接点火燃烧器的技术可靠性,以及锅炉效率和环保方面的性能。(2)经济标准包括:初投资及运行、维护等综合费用

3.2.2 少油直接点火燃烧器

(1)图 1 所示的煤粉直接点火燃烧器,“其基本原理是在燃烧器内装有燃烧管、点火枪和电弧枪。进入燃烧器的一次风粉混合物的一部分通过燃烧管,其余部分通过燃烧管与外壳之间的环型通道,当锅炉点火或稳燃时,可用点火枪将流经燃烧管的一次风点燃,而流经管外的一次风起冷却

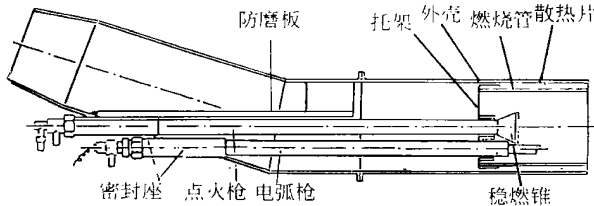
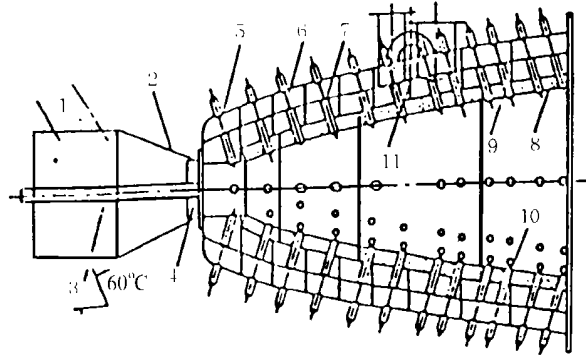


图 1 煤粉直接点火燃烧器简图

作用,并在燃烧器出口与从燃烧管喷出的火焰混合而燃烧,形成以煤粉为主的火炬。”同时也可以看到,如果这套装置同更好的稳燃技术相结合,则更有效。

(2)图 2 所示的煤粉直接点火燃烧器,是一种发展较成熟的结构形式。一方面,预燃室内采用了抛物线型,有将热量聚焦的作用,再加上旋流产生的热回流,可以较理想地点燃煤粉;另外,在内



1- 一次风进口管 2- 锥型管 3- 套管 4- 旋流叶片
5- 燃烧筒外壳 6- 外层风套 7- 内层风套
8- 抛物线型内衬 9- 二次风嘴 10- 吹灰喷嘴 11- 隔板

图 2 抛物线内筒式直接点火燃烧器

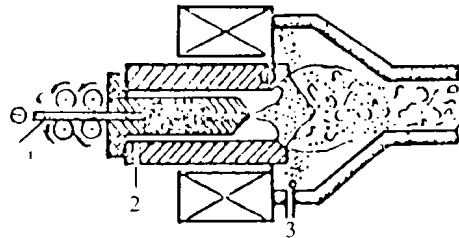


图 3 俄罗斯乌斯基-可麦洛沃斯克电站锅炉用等离子体点火系统

筒外流过的二次风,既起冷却内筒的作用,又使本身加热,以一定的方式进入预燃筒,起到防渣、吹灰的作用

3.2.3 无油直接点火燃烧器

(1)等离子直接点火燃烧器: 20 年前,从美国燃烧

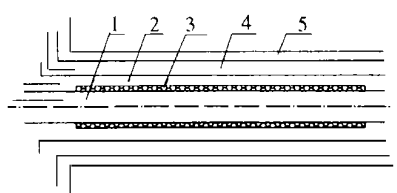
公司研制出高能电弧煤粉直接点火燃烧器开始,世界上其它国家,也相继研制出这种产品。图 3 为俄罗斯开发的等离子体点火系

统,由预燃室和具有可动石墨阴极的同轴直流等离子体发生器(功率达 200 kW)组成。中国也成功地进行了等离子直接点燃煤粉的工业性实验,相继在 70 t/h, 120 t/h, 400 t/h 锅炉上点火成功。

这种点火技术如果同较先进的煤粉稳燃技术结合起来,可以设计出有相当水准的 EES 系列煤粉直接点火燃烧器,但由于这套装置投资大,而没有广泛推广起来。如今很少报道这方面的研究。

(2)激光点火燃烧器: 进入 90 年代以后,世界上一些国家,已经把注意力转向激光点火燃烧器的研究。美国、澳大利亚、日本等国已经做了大量的实验室研究。

(3)电加热多级点火燃烧器: 根据资料显示,目前国内只有浙江大学从事电加热煤粉直接点火燃烧器方面的研究,并形成一套独特的方式。在开发出电热腔点火、电热管点火、多级电点火技术后,又在这方面进行更深入的研究。图 4 为电加热多级点火燃烧器示意图。



1- 第一级煤粉气流 2- 环间风
3- 电热丝 4- 第二级煤粉气流
5- 第三级煤粉气流

图 4 电加热多级点火燃烧器示意图

EES 系列煤粉直接点火燃烧器有着广阔的潜在市场。比起 CES 系列,它操作、维护方便,使用面广。

3.3 直接点火燃烧器存在的问题

3.3.1 CES 系列方面

(1) CES 系列煤粉直接点火燃烧器,要实现少油(或用其它燃料)点火,必须和局部的或整体的预燃室技术相结合。应寻找一种防结焦的简单有效的方法

(2) 该系列燃烧器在结构形式上,从以往的报道来看,数目太少,单调。本着“点火技术和稳燃技术相结合”的原则,CES 系列的煤粉直接点火燃烧器应该有多种多样的结构形式。现在人们往往受一种思维定势的影响或其它

原因,总是拘泥于一种纯粹预燃室的形式。

(3) 设计煤粉直接点火燃烧器应有针对性。比如,针对某个地区,应该选用哪种燃料的点火方式?稳燃方式采用哪种比较合适?点火技术同稳燃技术也不是简单的叠加,如何有机地结合起来?

3.3.2 EES 系列方面

该系列无油直接点火燃烧器应往下面方向发展:设备投资不大,技术成熟,控制方便,使用寿命长。

参考文献

- [1] 涂建华. 煤粉/水煤浆的着火理论与无油点火稳燃技术的研究. 浙江大学博士论文, 1994, 1.
- [2] 王永正. 一种用于煤粉锅炉点火和稳燃的煤粉直接点火燃烧器. 动力工

- 程, 1989, (2): 44~48.
- [3] 胡荫平, 贾鸿祥. 新型煤粉燃烧器. 西安交通大学出版社, 1994.
- [4] 孙家鼎. 少油煤粉直接点火及稳燃喷燃器. 中国电力, 1996, 10.
- [5] 邱瑜. 煤粉锅炉电热多级点火与稳燃技术. 浙江大学硕士论文, 1995, 2.
- [6] Zhang Dong-ke. Laser-induced ignition of pulverized fuel particles. *Combustion and Flame*. 1992, 90: 134~142.
- [7] PHUOC T X. et al. High-energy Nd-Yag laser ignition of coal experimental observation. *Combustion and Flame*, 1993, 93: 19~30.
- [8] Jone c Chen. et al. Observation of laser ignition and combustion of pulverized coals. *Fuel*. 1995, 74(3): 323~330.
- [9] 樊有德译. 煤粉燃料采用低温等离子体点火及稳定燃烧. 锅炉技术, 1995, (1): 18~22.
- [10] 刘迎晖. 激光点火煤粒着火的模型分析. 燃烧学术会议, 984031.

(复 编)

《常压流化床水煤气气化炉》 通过新产品鉴定

(江苏理工大学专利事务所) 曹焕元

由江苏理工大学提供的授权发明专利《一种水煤气气化方法及其装置》,在郑州永泰能源新设备有限公司积极实施。研制成的《常压流化床水煤气气化炉》,于 1999 年 3 月 18 日通过河南省经济贸易委员会组织的 product 鉴定

目前,生产水煤气的方法有两种,一种是固定水煤气炉,该炉以空气和水蒸气为气化剂,采用自热间歇工作法生产水煤气。这种固定床水煤气炉,不仅劳动强度大,气化强度低,操作复杂,而且原料煤只能用无烟块煤或焦块,因此原料来源少,煤气成本高。另一种是流化床气化炉,使用粉煤,以氧和水蒸气为气化剂连续生产水煤气。这种气化炉由于需要制氧设备,投资和运行费都很高,难以推广。江苏理工大学为了克服以上两种炉的缺点,将两种炉的两种气化工工艺有机地结合起来,采纳流态化原理,以空气和水蒸气既作汽化剂又作流化介质,将粉煤在流化状态下燃烧与气化,即间歇制取水煤气。达到了理想的效果。整个水煤气生产过程是这样的:简单地说,分供风和气化两个阶段。在供风阶段,空气进入气化炉,使煤流化燃烧,床层温度迅速升高,达到预定温度(约 1050℃)时停止供风。接着向气化炉供水蒸气,使赤热的焦炭在流化状态下进行水煤气反应,产生水煤气,床层温度随之下降。当下降到预定温度(约 850℃)时,停止供水蒸气。接着重复下一个循环。

由于该炉已经过较长时间的实践,与公司合作后,又经过两年的开发实施,研制成的 FM 1.6 型常压流化床水煤气气化炉,经为此而建成的示范性煤气站 2 万居民半年的用气试用考核,所有技术指标均达到或超过设计要求,并具有如下优点:

1. 由于该炉可以使用各种粉煤,特别是我国富产的挥发分较高的烟煤、长烟煤、褐煤及贫煤等,使我国煤炭资源可得到充分合理的使用。
2. 由于该炉中直接生产出 CO 含量低于 20% 的煤气,热值在 9 400~12 600 kJ/m³,在生产过程中可在较大范围内对煤气成份进行调整,因此使用较安全,容易增热,可用做广大中小城市的民用煤气。
3. 该炉煤气中不含焦油和酚类,有利环保。
4. 该炉净化装置简单,工艺简单,投资省,操作方便,易于自动化。

参加鉴定的主任和副主任委员有浙江大学能源专业中国工程院院士、教授岑可法,西安交通大学热能专业教授、博导、校长徐通模,中国华北市政设计院煤化工专业教授级高工项友谦,煤炭总院北京煤化所煤气化教授级高工陈家仁及其他委员共 12 人,一致认为:该炉为国内外首创,具有国际先进水平,为我国煤屑气化开创了新的途径。该产品的推广应用,将会产生巨大的经济效益和社会效益,该炉工艺技术已具备推广应用条件,是我国现有固定床水煤气炉理想的替代产品。该炉在化工原料气,工业与民用煤气的生产中有广泛的应用前景。

煤粉直接点火燃烧器技术及其进展 = **Directly Ignited Pulverized-Coal Burner Technology and Its Development** [刊,中] / Li Wenjiao, Yao Qiang, Zhou Junhu, et al (Zhejiang University) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 1999, 14(5). - 327~ 329

In improving the pulverized-coal burners of utility boilers the main focus of attention should be accorded to directly ignited pulverized-coal burners. Based on an integration of direct ignition techniques with combustion stabilization technology the authors have designed a directly ignited pulverized-coal burner. Such burners can be rationally classified into two types: directly ignited pulverized-coal burners without using any fuel oil and directly ignited pulverized-coal ones using only a small quantity of fuel oil. Presented in this paper are the current status of development of these two kinds of burners and their respective drawbacks. It is recommended that main efforts should now be directed to the improvement of directly ignited pulverized-coal burners using no fuel oil. The paper can offer some guidelines during the study of directly ignited pulverized-coal burners for utility boilers. **Key words** pulverized coal, boiler, directly ignited pulverized-coal burner

核态池沸腾中气泡生长和脱离的动力学特征——气泡的脱离直径与脱离频率 = **Dynamic Characteristics of Bubble Growth and Departure in Nucleate Boiling— Bubble Departure Diameter and Frequency** [刊,中] / Yang Chunxin, Wu Yuting, Yuan Xiugan (Beijing University of Astronautics and Aeronautics), Ma Chongfang (Beijing University of Industrial Technology) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 1999, 14(5). - 330~ 333

On the basis of currently available study results this paper introduces a characteristic length scale and time scale to describe the dynamic growth and departure process of bubbles in nucleate boiling. A general correlation between bubble departure diameter and bubble growth time is thereby obtained. Through the use of heat transfer analogous method a general formula has been worked out to calculate the bubble departure diameter. The study results of the present paper are in full agreement with experimental ones provided by other researchers. **Key words** nucleate boiling, bubble, departure diameter, departure frequency

具有煤种和负荷自适应性的新型燃烧器的研究 = **The Study of a New Type of Burner with Self-Adaptation to Coal Sort and Load Changes** [刊,中] / Chi Zuohe, et al (Zhejiang University) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 1999, 14(5). - 334~ 336

Analyzed are the contradictory mechanisms existing among such factors as intensified ignition, stable combustion during low-load operation, boiler furnace slagging and nozzle burnout, etc. On this basis a self-adaptation principle of burners with respect to coal sort and boiler loads is proposed and some satisfactory application results have been obtained through lab and on-site tests of such boilers. **Key words** pulverized-coal burner, stable combustion at low loads, boiler furnace slagging, control

用饱和核态池沸腾换热机理模型预测加热壁面活化核心密度 = **Prediction of the Active Nucleation Density of Heated Wall Surfaces through the Use of a Model Incorporating the Mechanism of Saturated Nucleate Pool Boiling Heat Transfer** [刊,中] / Wu Yuting, Yang Chunxin, Yuan Xiugan, et al (Beijing University of Astronautics and Aeronautics) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 1999, 14(5). - 337~ 339

Active nucleation density represents a major parameter in the nucleate boiling process. However, there lacks a unified method for its description. To avoid the difficulty involved in the direct measurement of the active nucleation density, the authors have proposed a prediction method with the help of a model featuring the mechanism of nucleate boiling heat transfer. The measured active nucleate size distribution curves of six types of surfaces are in good agreement with experimental results given by predecessors active in this area of research. This fully demonstrates the reliability of the above-cited model. **Key words** nucleate boiling, active nucleus, size distribution density, heat transfer model

单相螺旋管圈动态特性研究 = **A Study of the Dynamic Characteristics of Single-Phase Spiral Tube Coils**