

# 国外全自动燃油燃气燃烧机现状及发展趋势

黄思明

(湖南省机械研究所, 湖南长沙 410007)

**摘要:** 对国外全自动燃油燃烧机的产品标准化、全自动化及其生产的组装化进行阐述, 并分析燃烧机的雾化机理及配风、风量调节与风机设计、空燃比、节能与环保, 自动控制系统和燃烧机工作时的安全保护方面的现状, 就节能、燃料多样化、自控、点火能量等问题作了论述。

**关键词:** 燃油; 燃气;  
全自动燃烧机

中图分类号: TK174

文献标识码: A

## 1 前言

近十年来, 我国进口了各种类型的燃烧机, 在工业锅炉、生活锅炉及中央空调等领域得到了广泛应用。进口机具有燃烧效率高、环境效益好、工作安全可靠、自动控制水平高等许多方面的特点。

作者根据多年从事燃烧机产品开发的一点体会, 就国外全自动燃油燃气燃烧机现状及发展趋势作一扼要分析。

## 2 国外全自动燃油燃气燃烧机现状

### 2.1 燃烧机产品的标准化与全自动化及其生产的组装化

#### 国外全自动燃油燃气燃烧机

尽管品牌、规格繁多, 但其结构原理基本相同。所用油泵、油嘴的安装联系尺寸、启动过程的时间顺序要求、进入运行阶段的功率调节及火焰监视等, 国际标准均有明确规定。因此燃烧过程控制及监测保护系统已实现标准化、全自动化。油泵、油嘴、程控器、火焰传感器、油阀、气阀及安全保护装置的专业生产厂家都是按有关标准和规定组织设计、生产。

国外生产厂家对元器件不强调国产化程度, 而着眼于产品的可靠性与竞争优势。外购件几乎都采用同一或少数几个世界名牌产品。如美国 SUNTEC 公司油泵; HONEYWELL 公司的安全电磁阀、程控器, 各类气阀; STEINEN 公司油嘴; 瑞士 LANDS & GYR 公司的 LOA、IAL、LFL 程控器、ORA、ORB 火焰传感器; 德国 DUNGS 公司的各类气阀等。因此, 国外全自动燃油燃气燃烧机已实现组装化生产。

### 2.2 国外全自动燃油燃烧机的雾化机理及燃油燃气燃烧机的配风

#### 2.2.1 国外全自动油燃烧机的雾化机理

国外全自动燃油燃烧机以机械雾化为主, 机械雾化喷嘴生产厂家主要有美国 STEINEN 和 HA-

GO 及丹麦 DANFOSS 公司, 其安装联系尺寸相同。世界著名的燃烧机生产厂家多采用 STEINEN 公司油嘴(图 1), 分实心型、半实

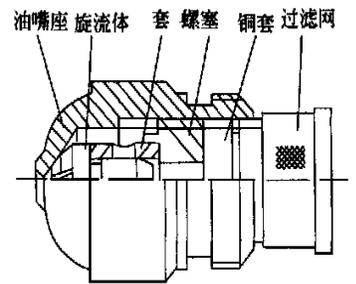


图 1 美国 Steinen 公司油嘴

心型、空心型三大系列, 喷射角度有  $45^\circ$ 、 $50^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $80^\circ$ , 图 1 中件 2 为旋流体, 锥体上开有 4 条斜槽, 油从切线方向流入旋流室, 高速旋转然后由件 1 油嘴上的喷口喷出, 由于离心力的作用产生很大的切线速度使油得到良好雾化, 并且形成油颗粒细化与空气均匀混合的有利条件。根据 1995 年湖南省机械研究所等单位对 Steinen 公司 10 Usqph 油嘴(半实心型)的冷态试验报告: 雾化角  $\alpha$  为  $60^\circ$ , 油压  $P$  为 1.2、1.0、0.8 MPa, 油嘴喷油量的  $Q$  为 51.4、46.8、42.51 L/h, 分别为高出理论计算值 3.86%、3.45%、5%。油滴最大直径  $d_{\max}$  为  $160 \mu\text{m}$ , 油滴平均直径  $d_{\text{平均}}$  为  $74.2 \mu\text{m}$  (国际

先进水平  $d_{\text{平均}}$  为 100  $\mu\text{m}$  以下)。流量密度分布曲线(图 2)沿圆周分布较均匀, 1-3 向线有点向左偏移, 2-4 向线向右偏移, 对合理配风影响较小。

燃油的雾化压力:

耗油量在 460 kg/h 以下的德

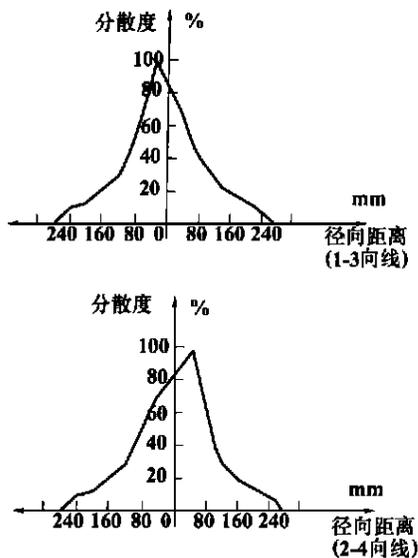


图 2 美国 Steinen 公司油嘴流量密度分布曲线

国威索燃烧机的雾化压力:

轻油  $P$  为 1~1.2 MPa

重油  $P$  为 2~2.5 MPa

比例调节型轻油  $P$  为 2~3 MPa; 比例调节型重油  $P$  为 2.5~3 MPa。

英国力威燃烧机的雾化压力:

轻油  $P$  为 2~2.2 MPa, 重油  $P$  为 2.5~2.9 MPa。

经过多次热工测试表明: 轻油燃烧机的雾化压力  $P$  为 1~1.2 MPa 时, 已能较好地满足节能和环保的要求。

### 2.2.2 国外全自动燃油燃气燃烧机的配风

对于燃油燃烧机, 充分燃烧的前提条件是良好的雾化质量和合理配风, 说明配风器和雾化器

(喷油嘴)同等重要。对于燃气燃烧机则主要是配风和混合方式的问题。

为了加强燃烧机出口气流的扰动, 促进油(燃气)一气均匀混合, 造成一个烟气回流区和不破坏着火条件, 进口燃烧机一般在燃烧头内装了一个内旋流式稳焰器。它结构简单, 效果很好。有些燃烧机的配风为: 双段火力和比例调节式燃油燃烧机, 根部风占总风量的 10% 左右, 与滑动两级式燃气燃烧机的配风基本接近; 对于一段火力油燃烧机的配风比一般在 20% 左右。

由于各类燃气的燃烧特性及火焰传播速度不同, 英国力威、意大利意高等燃气燃烧机都是按燃气成份及供气压力设计不同的燃烧头。低热值燃气常采用预混式燃烧头, 而高热值燃气、液化石油气则采用后混式燃烧头。笔者曾对威索 G3 燃气燃烧机进行过热工和环保性能测试, 当燃气为焦炉煤气\*, 燃气压力为 10 kPa, 过量空气系数为 1.2 时, 烟气中 CO 含量为  $200 \times 10^{-6}$ 、RO<sub>2</sub> 含量为 15.3%、O<sub>2</sub> 含量为 3.8%、燃烧机(燃料)燃烧效率  $\eta=99.922\%$ 、烟尘排放浓度为 6.3 mg/m<sup>3</sup>、SO<sub>2</sub> 排放浓度为 11.7 mg/m<sup>3</sup>、NO<sub>x</sub> 排放浓度为 42.8 mg/m<sup>3</sup>, 大大低于 GWPB3-1999 大气污染物排放标准。

## 2.3 风量的调节与风机设计

### 2.3.1 风量调节

耗油量在 30 kg/h 以下的小型燃烧机以手动调节风门居多。小型机一般采用出风口调节风门, 中型和大型机多采用进风口调节风门。

### 2.3.2 风量调节装置

采用液压调节风门的有耗油

量 200 kg/h 以下力威、意高、利雅路、百得等公司的燃烧机。其中: 耗油量在 60 kg/h 以下, 程控器一般采用 IOA21, 耗油量在 60~180 kg/h 之间, 程控器采用 IOA44, 是属于经济型燃烧机。德国威索、法国贵诺不论规格大小均采用电动型风门控制器。液动型风门控制器有第一段火、第二段火两级控制, 亦有停机、第一段火、第二段火三级控制。电动型风门控制器可以实现 4 级或 5 级式风门位置控制, 且停机时风门关闭, 功能广泛, 操作安全。但电控型原理比较繁琐, 对调整的要求稍高。

### 2.3.3 风机设计

风机设计分蜗壳内壁型线与叶轮两部分。

一般燃烧机蜗壳的内壁型线均根据叶轮直径和蜗壳的张开度  $A$  值按等边基四偏心法作近似对数螺旋线, 由四段型线组成蜗壳。为了结构紧凑, 有的小型燃烧机的蜗壳型面曲线由两偏心和两段光滑型线连接组成。

叶轮设计多数厂家采用多翼式强前向叶轮, 虽然效率较低, 但其具有大流量系数, 高压系数, 小尺寸系数的优点而获得广泛应用。有的燃烧机也有采用后向叶轮的, 如百得 BT40DSG、BT55DSG、BT75DSG、BT120DSG。为了降低燃烧机高度, 在保持一定的风量风压的前提下, 将叶轮的直径适当减小, 叶轮的宽度适当增加, 如: 意高 MINOR8、MINOR12 等。为了提高风压, 有的燃烧机采用串联叶轮(日本称蜗轮叶轮), 如韩国庆东锅炉有限公司的几种小型燃烧机。日本大型、小型燃烧

\* 焦炉煤气实测 CO 含量为 6.3%, 因此烟气中 CO 含量较高。

机均有应用。

我们曾多次对德国威索轻油燃烧机进行风机动力性试验,其 P—Q 特性曲线较平滑,是叶轮、蜗壳及长风道的有效组合,调节燃烧负荷时风压稳定,负荷的调节范围很宽,燃烧稳定性强。

## 2.4 空燃比、节能与环保

正确控制燃料量与空气量的配比,是合理组织燃烧过程的重要内容。在充分燃烧的条件下,使助燃空气以最小限量超过理论空气量,即过量空气系数最小,会使燃烧温度最高,锅炉的加热速度最快,燃料的消耗最小(图 3)。

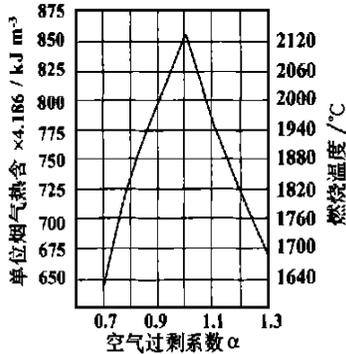


图 3 过量空气系数与油燃烧温度的关系

根据 10 次对 5 个规格威索轻油燃烧机的热工测试表明,过量空气系数在 1.1 ~ 1.2 时,燃烧机(燃料)燃烧效率平均为 99.96%, CO 含量平均为  $102 \times 10^{-6}$ 、烟气黑度为林格曼黑度 0—1 级。烟尘排放浓度平均为  $24 \text{ mg/m}^3$ 、 $\text{SO}_2$  排放浓度平均为  $137 \text{ mg/m}^3$ , 大大低于 GWPB3—1999 大气污染物排放标准,可在一类区(自然保护区、宾馆、旅游区等)使用,对大气污染可略而不计,实现洁净燃烧。

国外全自动燃油燃气燃烧机中,有的品牌如利雅路 GULLIVER BLU BG 系列低  $\text{NO}_x$  轻油燃

烧机,燃烧头的设计采用了烟气再循环技术(图 4),因而控制了一次风量。降低了火焰温度,减少了污染物的生成,且加速了燃料的气化,使轻油燃烧时具有燃气的特点而使火焰呈现蓝色。

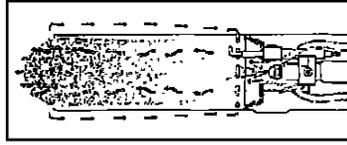


图 4 燃烧头烟气循环示意图

## 2.5 自动控制系统

自动控制系统包括程控器、火焰传感器(电离子棒)\*、电动机、安全电磁阀、电磁阀、点火变压器、点火电极、空气压力开关\*、燃气压力开关\*、双重电磁阀\*等。具有程序控制、光电检测、工作锁定、安全保护等功能。温度、压力、水位等自动控制,依靠外部电控元件来实现。

目前小型油燃烧机程控器用得最多的为 LOA 程控器系列。LOA 24.171 具有欠压保护功能,威索小型燃烧机全部采用它。意高、百得、法国贵诺等厂家小型机均采用 LOA21 程控器。对于耗油量  $460 \text{ kg/h}$  以下中型、大型燃烧机威索全部采用 LAL 系列程控器,具有后清扫功能,其他欧洲国家亦采用较多。

燃气燃烧机德国威索、英国力威等均采用 LFL 程控器。

美国 Honeywell 7800 系列油/气燃烧机程控器是以微电脑为基础的综合控制器,可替代超过 400 种各厂家推出的程控器,能使工作更安全并可实现全面自诊断,具有通讯和联网功能,已开始在我国推广运用。

## 2.6 燃烧机工作时的安全保护

国外全自动燃烧机在安全保

护方面有显著特色,主要措施有:

(1) 为了防止风道及燃烧头内积存污物等,在燃烧机点火前须进行预清扫,有的产品为了避免停机时逆火,还具有后清扫功能。

(2) 为了防止在预清扫期间,电磁阀泄漏,大量油液落入燃烧室内,造成点火时的爆燃现象,不少产品装有安全电磁阀。

(3) 为了非正常熄火保护,装有火焰传感器或电离子棒(燃气)。

(4) 为了防止异物进入叶轮或燃烧头内,在燃烧机进风口或集风器前安装有钢丝网。

(5) 对于低标号(60 号及以下)重油燃烧机有的产品采用温度控制器用以控制油嘴座内的加热温度。对于高标号重油和渣油燃烧机,内置低油压保护。如油压低于设定值时,喷嘴不会喷油,以避免燃油积存在燃烧室内,产生爆燃式炉膛结焦。

(6) 燃气燃烧机多采用燃气压力开关进行低气压保护,有的采用两个燃气压力开关分别进行燃气低气压和高气压保护。

(7) 燃气燃烧机的气阀防漏/测漏系统。

如气阀密封不严,燃气泄漏进入燃烧室内,在一定条件下会产生爆炸,造成重大事故。按照 prEN676 的规定,燃烧机必须安装双重电磁阀,在功率高于  $1\ 200 \text{ kW}$  的设备中一定要使用阀门自动检漏装置。

(8) 对于轻油燃烧机采用燃油预热。利雅路公司开发了一种新型的自动可调的电阻预热器,保证了轻油达到预先设置的最佳温度时才点火,保证了点火和整

\* 用于燃气燃烧机

个燃烧过程中的理想雾化,从而燃烧头和燃烧室也免于未燃物的沉积。

### 3 发展趋势

近年来,燃烧机生产厂家为了提高产品的竞争力,在节能、燃料多样化、自控、点火能量等几个方面做了许多工作,其发展趋势主要有以下几个方面:

(1) 进一步提高节能效果。特别是大型燃烧机要求实现低空燃比燃烧和可变火焰特性(包括火焰形状、大小、温度)的燃烧。

(2) 燃烧机不仅能烧各种热

值的燃气,而且能燃轻油和重油。使其能燃料多样化。

(3) 在空燃比的补偿自动控制技术应用方面有较大的进展;更安全并实现全面自诊断和具有联网与通讯功能的程控器,进一步得到推广应用。

(4) 抗积炭、抗结焦的高能点火装置进一步得到推广应用。现有点火装置电流小、电压高(20 mA、8 000~17 000 V),属小能量点火装置。两电极间距离一般为3~5 mm,同时电极在高温下变形,会改变放电距离,且易结焦积炭,需经常调节和清洗。高能点火装置的特点是电流大、电压低(变压器副线圈电流为35~500

mA、电压220 V)、能量高,点火电极发热端为耐高温的特殊材料制成的点火装置得以应用。此种装置点火电极间距离达12 mm以上,点火电极不易结焦,点火故障少,特别适于重油燃烧机。

\*本文中 $\text{mg/m}^3$ 为毫克每标准立方米。

#### 参考文献:

- [1] 张泉根主编. 燃油燃气锅炉房设计手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1999.
- [2] American Gas Association. Gas engineer handbook[M]. New York: industrial pr, 1987.

( 辉 编辑 )

## 改善冷凝器内水流动以便提高效率

据《Power》2000年7—8月号报道,动力装置的管道系统包含能引起紊流和能量损失的无数个弯管、三通管、弯头以及突然的扩张或收缩。当泵、冷凝器、控制阀和传感器位于这些管子附近时,紊流将对这些设备产生不利的影响。

正确的产品、技术和经验可以减少紊流,从而减少效率的损失。去年秋季,美国加利福尼亚州Mountain View的陈氏流体系统公司会见电站人员,讨论如何采用创新的流动技术,以便提高热力管道系统的效率。该公司最初审阅了Geysers电力公司冷凝器冷却水、除气系统(引射器)、蒸汽分离器和泵的管道系统的流动资料和管路图。分析表明,冷凝器和通往冷凝器的冷却水管道可明显得益于流动的改进。

使用商业代码STAR-CD软件完成了计算流体动力学(CFD)的计算,研究由弯管和突然膨胀引起的紊流及其对进入冷凝器管束的冷却水流的影响。CFD计算表明,斜接弯管和进入冷凝器水箱的突然膨胀产生明显的紊流。紊流限制了水流入冷凝器管束,从而减少了冷凝器从汽轮机排汽排去热量的能力并产生更高的冷凝器运行压力。

CFD计算进一步揭示,在冷凝器管束入口处并不是所有的管子均被很好地供给冷却水,而是只有65%管子接受冷却水,并且在管束外边缘处的一些管子中实际产生回流。

研究表明,如果在管道弯头和冷凝器水箱扩压器处安装陈氏旋转叶片(CRV),则可以改善流动并提高效率。在冷凝器扩张区放置大角度扩压器(LAD)将能控制该处的紊流。

( 思 娟 供稿 )

国外全自动燃油燃气燃烧机现状及发展趋势= **The Present Status and Development Trend Worldwide of Full-automatic Oil Combustion Engines** [刊, 汉] / HUANG Si-ming (Hunan Provincial Machinery Research Institute, Changsha, China, Post Code: 410007) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2001, 16(5). — 467 ~ 470  
A description is given concerning oil combustion engines in respect of their product standardization, comprehensive automation and assembly-line production. In addition, the above-cited engines are also analyzed with a focus on the following aspects: atomization mechanism, combustion air distribution, air fan design, air-oil ratio, energy savings potential, environmental protection, automatic control system and engine operation safety and protection. The engine development trend is also briefly discussed with regard to combustion techniques and multi-fuel firing capability, etc. **Key words:** fuel oil, fuel gas, full-automatic combustion engine

水处理固体废物用作燃煤脱硫添加剂的实用性= **The Practical Use of Solid Waste from Water Treatment as a Desulfurization Additive During Coal Combustion** [刊, 汉] / RAN Jing-yu, ZHANG Li, CUI Yan-peng (Energy and Environment Research Institute under the Chongqing University, Chongqing, China, Post Code: 400044) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2001, 16(5). — 471 ~ 474  
An experimental research is conducted of the mechanism of using solid waste from water treatment as a desulfurization additive during coal combustion. The experimental research results show that the above-mentioned solid waste can effectively catalyze a desulfurization reaction and lower the  $\text{CaSO}_4$  decomposition speed under high temperatures. As a result, the optimum desulfurization temperature during coal combustion can be made to further approximate the coal burning temperature, thereby enhancing the desulfurization efficiency during coal combustion and increasing the utilization rate of calcium. The use of the solid waste from water treatment as a desulfurization additive involves a simple implementation system and flow process. It is conducive to a decrease in emissions of solid waste from water treatment, thus alleviating pollution to water body. In addition, the emissions of  $\text{SO}_2$  during coal burning can also be effectively diminished. **Key words:** solid waste from water treatment, coal burning, desulfurization additive, usage practicality

一种新型空气加热器的研究= **A Study of a New Type of Air Heater** [刊, 汉] / LI Wen-jiao (Power Engineering Department, Dalian University of Science & Technology, Dalian, China, Post Code: 110000), LI Ling (Dalian Institute of Architectural Design & Research, Dalian, China, Post Code: 110000) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2001, 16(5). — 475 ~ 476, 480  
A novel and high-efficiency air heater is presented along with its theoretical analysis and numerical calculation. The results of the calculation were verified through relevant tests. **Key words:** heater, intensified heat exchange, numerical calculation

切向燃烧锅炉炉膛内旋流数分布的研究= **An Investigation of the Distribution of Swirl Numbers in the Furnace of a Tangentially Fired Boiler** [刊, 汉] / LI Yan-peng, Xu Yi-qian (Thermal Energy Engineering Research Institute under the Southeastern University, Nanjing, China, Post Code: 210096), DIAO Yong-fa, Xu Jin-yuan (Thermal Engineering Department, Xi'an Jiaotong University, Xi'an, China, Post Code: 710049) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2001, 16(5). — 477 ~ 480

With regard to a 600 MW tangentially fired boiler cold-state tests and numerical simulation were conducted with an in-depth study on the distribution law of swirl numbers, which characterize gas flow swirl intensity. It has been found that the actual swirl numbers in the boiler are by far greater than those selected during the design verification of the boiler. Some measures are proposed for lessening residual swirl flow from the viewpoint of boiler structural design. The present study can be of immense help for boiler design verification and the prevention of residual swirls. **Key words:** tangentially fired boiler, three-dimensional hot-film anemometer, swirl number, residual swirl