

我国燃烧新技术介绍及风铲多功能

燃烧器低NO_x污染论证

卫景彬

(中国科学院力学研究所)

邹文华

(河南电力试验研究所)

一、引言

能源是发展生产和提高人民生活水平的物质基础,是制约社会经济发展的重要因素之一。20世纪70年代由于两次石油供应短缺和大幅度提价造成的世界性能源危机,给西方各国经济以沉重打击,进一步加深了世界各国对能源在社会经济发展中重要地位的认识。许多国家除采取节能措施以外,还加强了对能源技术的科学研究。人类生产力水平的发展已到了要充分考虑自身赖以生存的生态环境的承受能力的时代。温室效应、臭氧空洞以及更多方面的环境污染的影响也越来越为人们所重视。

煤的合理利用已成为世界各国能源开发和合理利用的重大课题。我国的能源结构以煤为主的特点尤为明显。石油和天然气资源有限。新能源在技术经济方面尚未过关。虽大力发展水电、核电等,但远水难解近渴,所有这些都不足以取代以煤为主的化石燃料的地位。煤炭一直是我国的主要工业能源。煤的直接燃烧仍然是煤利用的主要方式。我国的能源政策决定了火电厂用煤种类多变,煤质比国外要差得多。经我国广大科技工作者的努力,近几年在煤的燃烧研究方面取得了不少成就,在沸腾炉、水煤浆及煤粉等的燃烧方面,有的已处于世界先进水平。随着发展,燃烧污染与环境保护的研究也提到了日程上。

二、煤粉燃烧技术近期发展

我国工程技术界在劣质煤种的燃烧技术上

是富有成就的。在四角布置直流式煤粉燃烧方面尤为明显,已有成功燃用无烟煤煤粉的炉子,有特色的还有一次风集中布置、夹心风燃烧器等。进入70年代,为了节约锅炉点火稳燃用油,为了安全运行及近年的调峰运行等几方面的需求,掀起了一个煤粉预燃室的开发研究热潮,并取得了不少成就。

在旋流式燃烧器的基础上,首先研制了一次风、二次风均为旋流的煤粉预燃室,在燃用烟煤锅炉上获得较成功的应用。但由于一次风为旋流型,存在着煤粉粒子经旋流器后因旋转,在离心力作用下被甩向壁面,仅少量粒子沿高温回流区的边界穿过;依靠湍流交换加热为主方式;煤粉加热有限,对难以着火的劣质煤就不很适应。除难着火外,煤种较好时,着火后近壁面处煤粉浓度较高,呈还原性气氛。在还原气氛下煤的灰渣特性变得极易结渣结焦。另外,旋流型预燃室的旋流器存在磨损、阻力较大和回流区大小调整不方便等缺点。与此类似的还有变二次风为根部环形风进入燃烧器或直流平进进入方式等,原理示意图1。

另一种则是一次风直流型,并有钝体(为一机械阻挡物,包括稳燃船、可控涡、犁式稳定器等等),如图2示意,钝体后存在一个回流区,但与旋流型类似,只有少部分煤粉进入回流区。根据近似的分析计算及试验结果可知,对于通常煤粉炉来说,其煤粉尺寸一般在80—120 μ m以下,主要着火热源的70—90%为对流换热。因此其效果也与旋流型类似。对难着火的劣质煤就不很适应。同样地也存在磨损和阻

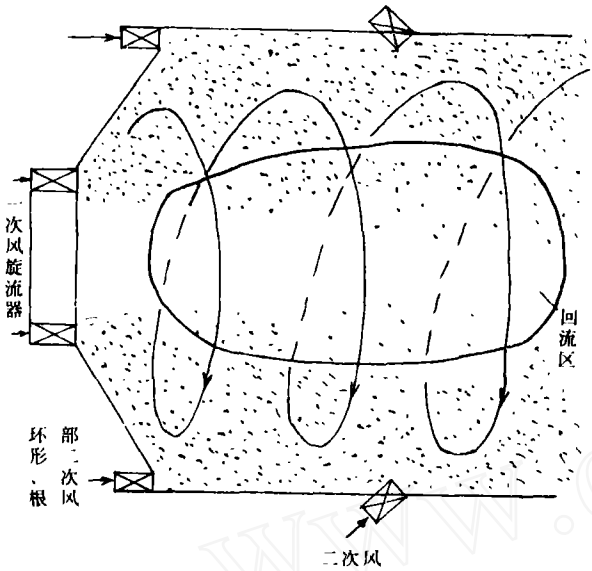


图1 旋流燃烧器

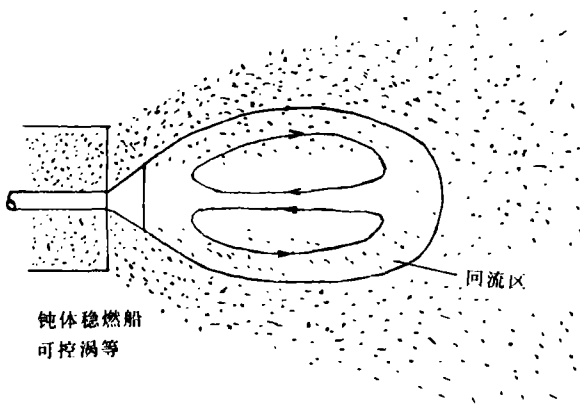


图2 钝体燃烧器

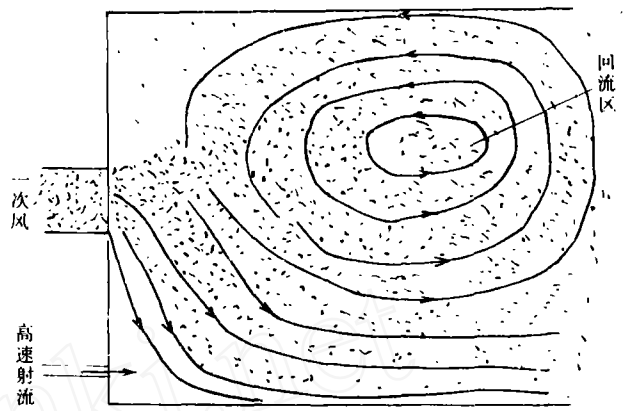


图3 大速差燃烧器

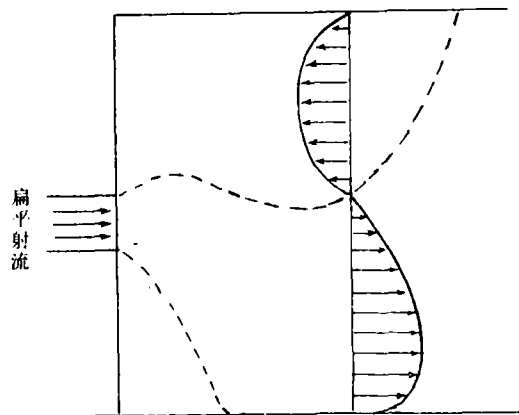


图4 扁平射流燃烧器

力问题。

大速差同向射流稳燃技术示意如图3，由于高速射流强烈的抽吸作用，使一次风中的空气偏离轴线被抽吸到高速射流中去，这样在一次风射流的后方造成负压，而产生一个很强的回流区；同时煤粉粒子运动情况是，对于直径很小者，随空气一起被抽吸到高速射流中，大部分煤粉粒子由于其惯性较大，将直奔高温回流区，受到高温气流的包围和加热，即煤粉粒子的加热大大强化，有利于着火。大速差稳燃技术中设有磨损件，其阻力较小。

风铲燃烧器是继大速差之后的又一新技术。其原理则是在有限空间的燃烧器端部布置一扁平射流。由示意图4看到，在有限空间中扁平射流从喷口喷出后立即偏转折向壁面，即存在附壁效应，由此产生的结果是：射流与下上壁之间有一大一小两个回流区，且产生此效果是其本身固有的特性（这与大速差中靠两股射流组合产生回流区不同）。煤粉粒子的运动方式与大速差中相似，能进入回流区的比例较大。上游入口处形成了有利于点燃的高浓度区，颗粒进入回流区强化着火燃烧，随后颗粒在气体

湍动下充分扩散与空气混合和燃烧。气流附于下壁,在燃煤粉的扁平射流燃烧器中,为了初始使射流向附壁及防止底部积粉结焦,除了扁平射流稍偏心设置外,底部还加有一股底部二次风。在燃烧器的底部存在一非反应底层区,且温度是较低的,底壁处颗粒浓度也较低,因此燃烧器内部不会积粉结焦。与大速差相同的是扁平射流燃烧器中也没有磨损件,其阻力小,稳燃能力强,灭火贫限低。

三、扁平射流燃烧的低NO_x论证

NO_x有两个来源:一个是燃料中含有的有机氮的氧化,而这是不可避免的;另一个是空气中氮和氧在高温反应时所形成的。后一种来源所产生的NO_x数量占主要地位,并与温度具有指数的正比关系。为了降低NO_x的发生量,采取的方法有从抑制火焰温度出发的多种形式,许多在燃气、燃油装置上已获成功应用。

控制从矿物燃料和废物燃料燃烧后放出的灰尘、SO₂和NO_x,无论从技术复杂程度上或是在成本上都继续在上升。例如,用布袋除尘或静电除尘,烟气除硫装置(FGD),低NO_x燃烧器或选择性催化还原装置(SCR),以及灰渣输送和处理系统等来装备一座燃煤发电厂,所需投资可能会高达电厂总投资的50%。越来越多的燃气轮机和联合循环发电厂也必须采用将蒸汽或水注入燃烧装置的方法来减少NO_x,欧美、日已采用选择性催化还原装置。联邦德国研制出一种用于燃气轮机的低污染燃烧器,具有扩散式、预混式两种功能,其NO_x极低。在预混式燃烧器中,燃烧前在预混区内进行的燃料空气混合是最均匀的,因而大大提高了火焰温度分布的均匀度,同时平均温度显著下降,NO_x排放很少。但纯预混式燃烧器的缺点是火焰稳定范围小。为此,增加了辅助火焰稳定预混火焰。由此构成所谓的双功能式燃烧器。

国外在流化床燃烧技术上花了很大的精力。现在循环流化床(CFB)燃烧技术以其脱硫(在燃烧过程中进行,故省费用)、低温反应降低NO_x生成与排放量($\leq 100\text{--}200\text{mg}/\text{m}^3$),

可以满足环保要求而被称为清洁燃烧技术。国外CFB电站锅炉单机容量达十万千瓦数量级规模,已获得成功运行应用。

对采用扁平射流燃烧器前后对比进行分析。在扁平射流燃烧器内是处于低空气比状态,燃烧处于还原性气氛中,并抑制了火焰温度;扁平射流燃烧器本身的二次风属分级配风方式,其与炉膛则构成了多级燃烧,即煤粉整个燃烧过程分别处于燃料空气比 $\varphi > 1$ 及 $\varphi < 1$ 的区域内;使用扁平射流燃烧器改善了炉膛火焰充满程度及炉内温度分布均匀程度;降低炉内局部高温,降低局部区域热负荷等。这诸多因素都使锅炉的燃烧过程中氮氧化物NO_x生成量及排放量降低,且是极为积极的手段。

四、展望

我国动力煤煤质比国外差得多,燃烧器较多地为一次风集中布置的直流燃烧器。运行煤粉浓度较高(由于煤质差浓度更高)。对于劣质煤,还含有一定数量的挥发份。在着火燃烧区内气体燃料多(挥发份析出),而氧气缺乏。从各台锅炉测量分析表明燃烧器出口普遍缺氧。测得该区烟气中的CO₂值高达14—15%,CO值在3%左右,另外还有H₂、C₂H₂、C₂H₆、CH₄等。这说明煤粉在该区域内进行着强烈的还原气化反应。虽然这种反应有利于煤粉的迅速气化,而其固体燃料的燃烧却因还原、气化吸热反应使温度下降而迟缓进行。若此时不能及时补充O₂,将影响燃烧速度和最终的燃烬程度。此外在一次风集中布置时,局部区域还原性气氛会使煤粉颗粒的灰熔点温度降低而易结焦。解决这一矛盾仍可以用扁平射流燃烧技术。此时燃烧器是开式立置稳燃型扁平射流燃烧器(示意图略)。上游热烟气流进入立置扁平射流燃烧器加热一次风粉气流,提高着火燃烧稳定性,因为部分煤粉粒子直接进入高温气流等,扁平射流附壁后背火侧相对空气多煤粉的浓度低,呈氧化性气氛,使燃烧器区域不易结焦。侧风和高速射流作为调节手段。这样构成

(下转第27页)

表 7

钢铁工业逐年有关情况表

(单位: 万吨)

项 目	1979年	1980年	1981年	1982年	1983年	1984年	1985年	$\frac{1985年}{1980年}$ %
(一) 钢产量合计	3448	3712	3560	3716	4002	4347	4679	126.1
其中: 重点企业		2826					3340	118.2
小型企业		72					168	233.3
(二) 钢材产量	2497	2716	2670	2902	3072	3372	3693	136.0
(三) 钢材进口量	847	500	332	394	978	1200	1930	386.0
(四) 土焦		845	661		709	874 (1050)	880 (1080)	

注: 土焦 () 内系数根据典型调查的推算数。

加强节能技改等。

五、小 结

按照以上经验教训, 调整阶段的能源产业政策, 既要解决当前的主要矛盾, 又要全面深化改革, 和加强宏观调控, 以促进经济结构的根本改善, 使之符合有计划按比例发展的经济规律, 并保持健康发展。具体应注意以下各点:

(1) 从国内外经验及我国实际出发, 相对于工农业总产值平均增长速度的弹性系数, 一次能源应为0.5—0.6, 电力应为1左右, 原

(上接第42页)

的燃烧器既有稳燃性, 又有防焦特性, 而且其煤粉着火燃烧过程为多级配风方式, 还具有低 NO_x 生成特性。此燃烧器也可望有宽的煤种适应能力。

煤、油为有限的不可再生资源, 是重要的原料, 作为燃料获取能源是可惜的。即其燃烧使用不仅效益低而且副作用不小, 产生大气污染(粉尘, CO_2 、 SO_x 、 NO_x 、CO与多种氮氢化合物等), 破坏生态环境。长远应该是发展核能、可再生能和开辟新能源。当今仍是以煤、油为主的时期, 然而生态环境的承受力有限是客观的。

扁平射流燃烧器原理科学、性能良好, 符

材料工业应为0.7—0.8。

(2) 为缓解能源紧张, 能源工业和原材料工业都必须加强技术进步、改善内部结构, 以提高能源利用率和减少污染。

(3) 在能源开发和节能工作中, 要十分重视价值规律的作用。应逐步通过价格、税收等政策, 使能源工业的资金利用率高于工业平均水平。以从根本上解决加工工业发展失控的顽症。

(4) 地质勘探和矿产资源管理, 应加速深化改革, 促进能源的勘探、开发和资源合理利用。

合并满足煤粉燃烧过程的组织特点要求。多用途的长处是具有自稳定特性, 优于着火燃烧因素较多部分取决于炉膛(外界)工况的其他燃烧技术, 可以实现点火、低负荷稳燃、高负荷主燃等多种功能。扁平射流燃烧器改造安装工作量小, 与原主火嘴结合, 不用改动水冷壁, 对煤粉炉不必增加给粉机、送粉管道等设备, 推广应用方便。采用多功能燃烧器, 在热态低负荷稳燃时节油率在95%以上, 在停炉过程中可以做到不用油; 锅炉冷态启动过程节约点火油在80%以上; 还具有降低 NO_x 生成物排放量能力。扁平射流燃烧器将得到广泛应用, 发挥其优越特性为人类作出贡献。