

找回蓝天白云,要让富氧烟气再循环燃烧技术大显身手

本报记者 魏东

“一个相比于鲁霏的沉重,冀霏的激烈,沪霏的湿热和粤霏的阴冷,我更喜欢京霏的醇厚,它是如此的真实,又是如此的具体。黄土的甜腥与秸秆焚烧的碳香充分混合,再加上尾气的催化和低压的衬托,最后再经热源袅袅硫磺的勾兑,使得京霾口感干冽适口,吸入后挂肺持久绵长,让品味者肺腑欲焚,欲罢不能。”这是网友在雾霾来袭的日子里写下的段子,曾一次次刷屏“朋友圈”。其实,调侃段子的背后,透露出的则是对雾霾天气的万般无奈。亚洲开发银行和清华大学在发布的《中国国家环境分析》报告提出,尽管政府部门一直在积极治理大气污染,但世界上污染最严重的10个城市中,中国仍占了7个,在中国500个大型城市中,只有不到1%达到世界卫生组织空气质量标准。在前不久的2016中国环保上市公司峰会上,环保部环境规划院副院长兼总工程师王金南指出,目前我国几乎所有与大气污染物有关的指标的排放,在全世界都是第一,整个大气环境所面临的压力前所未有。

空气污染真的要了人的命,工业锅炉烟气排放难辞其咎

雾霾是身体健康的“隐形杀手”,甚至比2013年那场突如其来的“非典”还可怕。这并非耸人听闻。

“研究结果显示,中国2013年大气PM2.5所致共91.6万例过早死亡。其中燃煤导致的空气污染而过早死亡的达到36.6万例。如果采取行动控制空气污染,2030年之前大气污染水平将大幅度下降,这将避免27.5万例过早死亡。”2016年8月18日,清华大学和美国健康影响研究所联合发布的《中国燃煤和其他主要空气污染源造成的疾病负担》报告指出:“91.6万例过早死亡”,这个冰冷的数据表明人类寿命因空气污染已付出了高昂的代价。

《报告》称,燃煤产生的颗粒物是大气PM2.5的最重要来源因素,2013年对PM2.5年均浓度的贡献率达到40%。而在特定省市(重庆、贵州、四川),其贡献率甚至高达近50%。燃煤已是中国疾病负担的重要贡献因素之一,2013年,燃煤产生的大气污染导致死亡率已明显高于高胆固醇甚至吸毒。

据《报告》的首席科学家、清华大学大气污染与控制研究所所长王清华介绍,这是第一次在国家和省级层面对中国燃煤和其他颗粒物空气污染的主要来源引起的当前和未来的疾病负担进行的综合评估。评估结果显示,2013年中国的PM2.5人口加权平均浓度为54微克/立方米,估计99.6%的人口生活在超出世界卫生组织空气质量指南标准(10微克/立方米)的地区,工业燃煤排放导致15.5万例死亡,工业过程排放导致9.5万例死亡。“到2030年,燃煤对PM2.5年均浓度的贡献率将上升到44%—49%之间。即便按照最严格的能源消耗和污染控制理念,煤炭仍将是大PM2.5和疾病负担的最大单一来源。”

中国疾病预防控制中心在《大气污染与公众健康》报告中指出:燃煤导致的大气污染已成为影响中国公众健康的最主要危险因素之一。专家估计,如果在燃烧技术和煤的转换上没有大的突破,我国的大气污染可能还会加重。“和燃煤电厂排放相比,工业和民用燃煤还存在很大减排潜力,减少工业和民用燃煤污染排放应成为未来大气污染防治的优先管理策略。”中国工程院院士、清华大学环境学院教授郝吉明曾为此呼吁。

“要环保必禁煤”?煤炭是我国目前仍不可替代的主要能源

为减少燃煤对大气造成的污染,我国在重点城市及人口稠密的中心城区设立了“禁烟区”,这使得一些人错误地认为“要环保必禁煤”,甚至一些中小城市脱离缺乏天然气、电等清洁能源的实际,不顾燃油的二氧化硫污染更严重和光化学烟雾污染的危害,也依葫芦画瓢地展开了“环保禁煤”。但实际上,小型燃煤锅炉仍源源不断地大批出厂,用户出于经济利益的考虑,和环保部门玩起了“双打”;检查时就开启烧油、燃气锅炉,人一走依旧是燃煤锅炉当家。

临汾市曲沃县立恒钢铁公司转炉车间冒红烟;唐山市滦县兴隆钢铁有限公司3号高炉无组织排放严重;石家庄市晋州塑胶制品厂燃煤小锅炉正在运行;天津市北辰区河北工业大学供热站两台燃煤锅炉烟气无法达标排放……2月19日至20日,2017年第一季度空气质量专项督查的18个督查组,对京津冀及周边地区18个城市大气污染工作进行现场督导检查,发现包括上述问题137个。由此看来,如全面实施禁煤还难以符合当下中国的国情。

众所周知,我国的化石能源特点是“富煤少油缺水”,煤炭在我国一次性能源结构中处于绝对位置,50年代的比例曾高达90%。数据显示,2010年,煤炭在我国一次能源消费结构中占68%,到2015年才降到64%。当前,中国煤炭年消耗量仍约占世界煤炭消费量的一半,达40亿吨。

在《中国可持续发展战略》研究报告中,20多位中科院和工程院院士一致认为,即使到2050年,我国煤炭所占能源比例仍然不会低于50%。可以预见,能源资源条件决定了我国以煤炭为主的能源消费结构在短期内难以转变,未来几十年内,在清洁能源不具备经济性的情况下,煤炭仍是我国不可替代的最主要能源。

中国迫切需要适合国情的治理大气污染的技术,燃煤工业锅炉将成为大气污染治理的主战场

其实,找出污染源并不难。据不完全统计,我国在用工业锅炉约有47万余台,其中燃煤锅炉占到80%,每年所消耗标准煤约4亿吨。以达到大气污染物排放限标准I时段为例,每公斤标煤实际烟气量按13.46Nm³/kg计算,每年向大气排放烟气达53.84亿Nm³,烟尘16.152万吨,二氧化硫538.4万吨,氮氧化物1346万吨。数据显示,工业锅炉(65吨/小时以下)中烟尘、二氧化硫、氮氧化物等污染的排放比普通发电厂还高出2—4倍。

为此,中国环发国际合作委员会在提交的一份建议中指出:煤炭将长期作为中国的主要能源,应推广清洁高效的净煤技术,鼓励研究、开发适应中国国情的技术装备,加速自身的研发开发与自主创新。

2014年11月6日,国家能源局、国家发改委、环保部等七部委联合发布《燃煤锅炉节能环保综合提升工程实施方案》:到2018年,推广高效锅炉50万吨,完成节能改造40万吨,提高燃煤工业锅炉运营效率6个百分点,计划节约4000万吨标准煤。

这是继火电行业大幅提高排放标准后,国

家部委首次针对其他燃煤工业锅炉的环保提升改造措施。业内人士表示,在环保压力倒逼下,燃煤工业锅炉行业迎来了以燃煤清洁化、替代化为主要技术路线的节能减排革命,将催生数千亿元的改造、运营市场。到2018年,燃煤工业锅炉改造市场将高达4500亿元。

据了解,在火电与其他燃煤工业锅炉行业之间一直存在大气污染物排放双重标准,燃煤工业锅炉标准低,与火电超临界、超超临界机组相比,技术水平和环保措施落后至少十年。我国工业锅炉平均热效率仅为60%,较国外低20%—25%。工业窑炉超过16万座,年耗煤量3亿吨,供热窑炉平均热效率仅为40%,较国外低10%—30%。技术装备落后,环保设施不到位是导致燃烧效率低、污染物排放浓度高的直接原因。

消除工业污染,中国要走自己的治霾道路

我国自2013年起已出台一系列治霾政策与法规,环保治理虽初见成效,但仍任重道远。专家表示,我国工业化进程比发达国家晚,雾霾成因更为复杂,治霾要充分结合自身国情。作为发展中国家,在现阶段资金不足、缺乏先进的、适用的新技术是我国在发展能源工业中消除污染、保护环境很难逾越的障碍。

对污染防治技术,中国政府报告明确指出:我国环境科技研究的任务,应该是发展适合我国国情的实用技术,努力协调经济发展和环境保护之间的关系,控制环境技术的发展。根据我国的能源结构、资源条件和经济能力,以燃煤为主的基本格局将成为我国大气污染防治的出发点和立足点。今后的研究方向是采用综合的、低投资、低运行费、高效益、适合国情的技术。

“煤炭本身不是污染,可以通过技术进步实现洁净利用,我国要实现以节能减排治理雾霾设备,必须靠科技手段解决。”烟台华盛燃烧设备有限公司董事长姜政华在接受科技日报记者采访时一语中的。他认为,当前社会普遍对治霾的难度认识还不够充分,同时经济效益至上和监管力量薄弱也降低了雾霾治理的效果。我国的一些环保技术,如烟气超低排放等已达到甚至超过了国际先进水平,大部分电厂也安装了在线实时监测系统,但仍然有许多工厂偷排,其其实是经济在作祟。更重要的是,关于雾霾治理的技术路线还缺乏创新。无论是英国、美国还是日本,都经历过从制定标准到标准执行、从技术开发到技术应用的过程。我国应该从科学研究出发,针对现实问题,多方参与治理,才能重现“蓝天”。

大气污染催生新技术,“控制锅炉烟气排放总量”在我国首次提出

面对我国严峻的空气质量治理形势,企业家们看在眼里,急在心里。日前,姜政华就在国内率先提出了“控制锅炉烟气排放总量,减少废气向大气排放”新方法,旨在通过采用富氧烟气再循环技术,为我国工业锅炉及电厂中小型锅炉实现大幅度节能减排找到新的出路。

烟气再循环是指把锅炉煤炭燃烧后排出的烟气抽回10%—20%,再送进锅炉作为一部分送风助燃,故称烟气再循环。因抽回的烟气中含氮量比空气中含氮低又称为低碳燃烧技术,烟气再循环低碳燃烧技术是当前大型火力发电锅炉的标准配置,技术成熟。

姜政华提出的“控制锅炉烟气排放总量”新方法,正是在这个技术之上采用富氧烟气再循环技术,可使减排、节能效率大为提高。

目前,热电厂锅炉采用烟气再循环技术时的烟气回收率一般控制在10%—20%。如烟气再循环率太高,造成烟气太多,燃料就得不到充足的氧气,会出现燃烧不稳定或不完全燃烧,导致热损失增加,同时还会增加黑烟的产生量。

富氧烟气再循环是把锅炉煤炭燃烧后排出的烟气由原来抽回15%—20%增加到50%—70%,在50%—70%的烟气再循环中再增加一定的富氧,姜政华将这项技术命名为富氧烟气再循环混合燃烧技术。据介绍,该技术原理由研究者Home(霍姆)和Steinburg(斯坦伯格)于1981年提出,“此前我国膜法制富氧助燃技术尚不成熟,所以国内目前还没有企业从事该项技术研发。”

据姜政华介绍,目前一般富氧烟气再循环可抽回50%烟气。工业锅炉如采用该技术,烟气量可以降低烟尘排放50%,降低二氧化硫排放50%,降低氮氧化物排放50%。

“在工业燃煤锅炉采用富氧烟气再循环是可行的,技术是成熟的。不仅如此,在工业燃油、燃气、燃生物质工业锅炉、火电厂、中小炉窑等都可采用富氧烟气再循环燃烧技术,以有力控制烟气排放总量,达到减少雾霾的形成。该技术是节能减排可持续发展、治理大气污染最行之有效的简便方法,为我国工业锅炉特别是循环流化床炉排放烟气开辟出了一条全新的路径。”姜政华告诉记者:“烟气温度和湿度都能影响雾霾天气,治理脱硫脱硝不能放松,最重要的还是采用富氧烟气再循环技术,减少烟气排放总量,这才是根治我国雾霾天气的必由之路。”

姜政华认为,在进行大气污染治理时,最重要的设计数据之一是锅炉运行实际烟气排放量。但目前我国在运行炉膛出口空气过量系数标准是1.3,按系数1.3计,以每公斤标煤实际烟气量按10.36Nm³/kg计算,每年就向大气排放烟气41.44亿Nm³,工业锅炉运行炉膛出口空气过量系数运行好的锅炉在1.7左右,按系数1.7计,以每公斤标煤实际烟气量按13.46Nm³/kg计算,每年就向大气排放烟气53.84亿Nm³,大部分工业锅炉运行炉膛出口空气过量系数都在2.0左右,按系数2.0计,以每公斤标煤实际烟气量按15.28Nm³/kg计算,每年就向大气排放烟气61.12亿Nm³,工业锅炉运行炉膛出口空气过量系数一般在2.0左右。与工业锅炉运行炉膛出口空气过量系数1.3相比,多向大气排放烟气19.68亿Nm³,排放烟尘590.4万吨,排放二氧化硫1968万吨,排放氮氧化物4920万吨。

因烟气总量是根据空气过量系数的变化而变化,所以导致数据差距非常大,锅炉超排放烟气量也是直接形成大气污染的主要原因



素。“比较可靠的方法是在锅炉运行中实际测定排烟量,也可以根据锅炉热力学、热工测试报告,得出锅炉在运行负荷下的限额排放,不得超额排放排烟量。”

现有热力设备最大的节能制约因素在于空气燃烧法。在常规的化石燃料燃烧装置中,燃烧过程都是以空气助燃,空气中含有大量的氮气(接近79%),因此导致烟气中CO₂的浓度较低(约为13%—16%),直接分离CO₂需要消耗大量的能量,致使成本过高。“如果能在燃烧过程中大幅度提高烟气中CO₂的浓度,使浓度达到无需分离即可回收,就能有效控制CO₂的排放。富氧烟气再循环技术就是在这种原理下产生的。”在姜政华看来,控制锅炉烟气排放总量采用烟气再循环技术应用十分灵活,既可在锅炉系统上使用,也可在其他燃烧设备、燃烧技术配合使用,都能达到降低氮氧化物生成量的目的。“通过降低燃烧器氧气的浓度,烟气还可用来输送二次燃料。如利用省煤器后烟气(温度为250℃—350℃)的一部分烟气再循环,并可以实现调节炉膛温度的作用。”

现有工业锅炉的燃烧方式使NO_x排放较高,无法通过燃烧调整达到国家环保要求。“就拿目前普遍采用的SNCR和SCR燃烧后脱硝技术,其运行成本不但高,且脱硝剂为化工产品,在消防等方面存在安全隐患,如氨逃逸会造成二次污染。”姜政华分析说。

相比之下,O₂/CO₂混合富氧燃烧技术的优越性就十分明显。首先,采用烟气再循环比达到50%左右后,以烟气中的CO₂替代助燃空气中的氮气,与增加的富氧一起参与燃烧,使排出的CO₂体积分数大于95%,可直接回收CO₂,与常规空气燃烧相比,SO₂、NO_x排放量大为降低。再者,富氧烟气再循环使得燃烧装置的排烟量仅为传统方式的1/4,使锅炉烟气排放量明显减少,排烟热损失的降低,也使得锅炉热效率显著提高。此外,通过调整CO₂的循环比例,还可以实现燃烧、传热的优化设计。

膜法富氧燃烧技术已在我国钢铁、水泥等行业成功应用,节能减排效果显著

2012年8月18日,由烟台华盛燃烧设

备工程有限公司研制的“MZYR-12000富氧助燃节能装置”在中国企业500强—河南天瑞集团汝州水泥有限公司日产5000吨的水泥回转窑上投入运行。这是目前我国水泥炉窑配备的最大膜法富氧助燃装置。运行效果显示,炉窑火焰温度提高了200℃,二次风温提高100℃,节煤率达到8.18%。通过在线仪表测试,炉窑排放烟气中NO_x浓度降低了15.64%,二氧化硫浓度降低7.71%,烟气流速降低2.28%,各项排放指标达到了设计要求。

该装置采用国内尖端制造技术,率先把膜法制氧设备大型化。为保障在恶劣环境下的使用,该公司精心设计了自洁式PLC控制空气过滤系统,可确保膜组件使用寿命长达10年以上。同时,该装置还首次采用大型集成化膜组件,使富氧流量每小时可达24000立方米,能满足日产10000吨水泥炉窑和企业自备热电联产每小时450吨以下的锅炉使用。局部全富氧助燃技术的应用,不仅让工业炉窑节能率达到了10%—15%,也使设备性价比更加合理。该装置填补了该领域的国内空白,已达到国际同类产品领先水平。

研究表明,煤炭(包括油品、天然气)在氧浓度为26%时燃烧最完全,速度最快,温度最高,热辐射强度最大,其燃烧机理是高分子膜在压力差的作用下,使空气中的氧气优先通过进入,以提高工业炉窑内氧气的含量,让燃料中的挥发份和没燃尽的碳粒子在富氧中充分燃烧,最大化地转为热能,在不增加燃料的前提下,火焰温度提高100℃—350℃,由此达到节能的目的。

当前,我国工业总体上尚未摆脱高投入、高消耗、高排放的发展方式,资源能源消耗量大,生态环境问题比较突出,迫切需要加快构建科技含量高、资源消耗低、环境污染少的绿色制造体系。工业和信息化部在印发的《工业绿色发展规划(2016—2020年)》的通知中规定指出,未来五年,是落实制造强国战略的关键时期,是实现工业绿色发展的攻坚阶段。“结合国家政策要求和我国大力推动以富氧代替空气助燃,锅炉采用控制烟气排放总量的方式,更符合工业绿色发展的方式,此举不仅有利于推进节能降耗、实现降本增效,更补齐了工业绿色发展中的重要短板。”姜政华表示。

创建美丽中国,应重视节能减排新技术的推广应用

——访烟台华盛燃烧设备工程有限公司董事长姜政华

本报记者 魏东

科技日报:膜法制氧、富氧助燃技术也称为有机高分子气体分离膜技术,其研究已有百年历史,直到上世纪70年代膜技术取得突破,膜法制氧、富氧燃烧才被国内关注。该技术在我国的推广应用情况如何?

姜政华:这是一个值得探讨的问题。1983年美国康宁公司率先应用在燃烧领域,在熔炉采用全富氧燃烧技术并成功。几十年来,国内外研究机构对富氧燃烧技术和节能效果、污染物减排效果、燃烧和传热特点开展了一系列的理论计算和试验,取得了较好的效果,被发达国家称之为“资源的创造性技术”。

国内外的研究成果表明,富氧燃烧技术目前有三种技术,分别是深冷空分技术、变压吸附制氧技术、膜法制氧技术。深冷空分技术始于1903年,高炉炼钢主要采用(深冷法)富氧燃烧技术,已有将近一个世纪的历史,综合节能效益非常显著,至今仍是钢铁厂标配的主流工艺技术,现在建钢厂必建制氧车间。变压吸附制氧技术发明于1958年,上世纪70年代应用在燃烧领域。20世纪90年代,我国把高炉富氧喷煤作为

钢铁工业节能降耗的重点改造项目,在冶金行业推广应用。

实践证实,膜法制氧是成熟的技术,特别是对锅炉、工业炉窑采用富氧烟气再循环混合燃烧技术,膜法制氧是最安全、投资量少,且安装简单,操作方便灵活,使用寿命长,维修费用低,为我国工业炉窑应用膜法制氧开辟出一条全新的道路。

科技日报:据统计,我国的水泥、钢铁、有色冶金、玻纤等工业企业现有各种炉窑约80万台,年耗用燃料约3亿吨标准煤,其中水泥回转窑每年消耗煤炭2.3亿吨。富氧助燃节能技术对这些行业将发挥怎样的作用?

姜政华:目前,国外的膜法富氧技术采用全富氧燃烧,而国内大部分仍采用的是局部增氧技术。我们研制的局部全富氧燃烧技术,更适用于中国新型干法水泥生产线,节煤率大幅度提高,可与国外最先进的技术相媲美,而价格又比国外产品低得多,由此带来的经济、社会效益巨大。因此,膜法制富氧助燃技术是目前我国工业炉窑实现节能减排降耗的重要手段和必由之路。该技术的成功应用,也标志着我国工业炉窑节能改造在科技

创新方面达到了新的高度。

科技日报:雾霾治理牵动国人的神经,富氧助燃节能技术可以在这方面担当重任。当前影响到该技术推广的难题有哪些?您有何建议?

姜政华:总体而言,国家对膜法制氧、富氧助燃节能产品的重视尚处于开始阶段。鉴于这项技术在雾霾治理中的独特作用,我们期待着对此项高科技的重视应该提高到国家层面上,在相关的政策制定中也应有所涉及。这样对该技术的推广,减少废弃物的排放大有好处。同时,也能壮大我们的行业力量,我希望越来越多的企业加入到研发中来,将富氧助燃节能产品的市场越做越大。这同样离不开国家的支持。

科技日报:在没有一分政府拨款的情况下,作为一个民营科技企业企业家,您先后筹措投入数千万元去研制、生产中国最大的富氧助燃装置,这需要极大的勇气和魄力。尽管产品已推向市场,但研发生产投入一时难以收回,使企业背上了沉重的包袱。什么动力使您在创新的道路上奋力前行?

姜政华:首先这是个利国利民的好产品,

为了研发和生产,我将企业的全部资金投入后仍不够,先后从银行贷款几千万元,后来又从亲戚朋友、兄弟姐妹手里借钱,为了把这个产品早日推向市场,我没有给自己留后路,即使倾家荡产也在所不辞。走前人没有走过的路,干前人没有干过的事,勇于超越、知难而进、自强不息的信念已融入我的血液和骨子里。冒险精神是企业非常重要的

一种天性,要敢为天下先,要勇于敢为第一个吃螃蟹的人,企业家只有敢于冒险,才能够在企业成长的过程中捕捉到契机。创新是企业家的生命和灵魂,但对我而言,最终还是源于肩负的责任。

前进的道路不总是平坦的,曲折带给我的磨炼。如给河南天瑞水泥制造的大型装备,造价1500多万元,这些资金都是通过我们自筹和银行贷款。现在推广一项节能减排技术非常艰难,企业不敢出样板工程,别人是不会用的。既然在这个行业里拼搏,首先就要付出,为了完成向枣庄中联、临沂市施可丰等多家用户生产这些装备,公司先后从银行贷款5000多万元。这些贷款像沉重的山大一样,压得我有些透不过气来。酸甜苦辣,个中滋

味只有自己知道,目前公司依然没有走出资金短缺的困境,处于危机境地,但为了这个利国利民的产品,再艰难也要走下去。

节能减排是国家发展中的大趋势,我们的产品属于朝阳产业,成长性非常好。尽管企业背负重担,我也承受着巨大压力,但看到产品能为国家节能减排做贡献,心里又感到特别欣慰。尤其是我们的新产品研发成功,被烟台市政府授予优秀节能奖,被山东省政府授予山东省优秀节能成果奖,并下发文件在全省推广。该产品更受到了国家部委的高度重视,科技部把富氧助燃技术列入节能减排和低碳技术推广清单第一名向全国大力推广。这些都给我增添了无穷的动力。

科技日报:华盛燃烧设备工程有限公司作为当前我国最大的富氧装置生产基地,为了满足不同行业的需求,公司在新产品开发上还有何计划?

姜政华:我们正计划研发应用于垃圾焚烧的富氧助燃装置。据统计,我国每年产生垃圾30亿吨,约有2万平方公里耕地被迫用于堆置存放垃圾,同时带来土地退化及荒漠化现象非常严重。由于大量塑料袋、废金属等有毒物质

直接填埋或遗留土壤中难以降解,严重腐蚀土地,致使土壤硬化、碱化。垃圾处理是困扰当前我国环境治理的一大难题,光靠填埋已行不通,现在垃圾焚烧要解决异味、氮氧化物、二恶英等有害物质,采用富氧燃烧是一条最为可取的路径。膜法富氧燃烧技术应用领域非常广泛,既是新兴产业,也是我国未来新的经济增长点,市场空间巨大。当前,公司正和实力雄厚的环保企业兼并重组,联合研发,努力打造出世界一流的富氧助燃技术。

科技日报:膜法富氧助燃技术有着积极的示范作用和重大的现实意义,您对该产品的未来有何期待?

姜政华:找回属于我们的蓝天白云,是13亿人民最质朴的期待和梦想。我国通过节能减排治理雾霾天气,归根结底要走自己经济发展的道路,这首先离不开先进科技的支撑。我相信,随着国家对膜法制富氧燃烧技术的重视,会加快其在全国燃烧领域的推广步伐,我更坚信,这项新技术会在“雾霾战役”中担当重任,发挥出巨大的减排节能作用,为美丽中国和早日实现中国梦做出应有的贡献。