

Analysis of air pollution prevention and control measures under the background of ecological environment governance

Guoquan Lu

Chenzhou Zhongzhou Ecological Environment Technology Co., Ltd., Changsha, Hunan, 410205, China

Abstract

In recent years, China has made significant progress in ecological and environmental governance, but regional air pollution remains a prominent issue. Under the guidance of the “dual carbon” goals, it is imperative to innovate air pollution control approaches and promote the coordinated reduction of pollution and carbon neutrality. This paper, based on an analysis of the limitations of traditional end-of-pipe treatment measures, focuses on new technologies for source reduction centered around cold emissions. It systematically evaluates their application value in reducing thermal pollution, improving energy efficiency, and utilizing carbon dioxide for resource recovery. Using the case of the Guiyang Industrial Park in Hunan as a reference, it specifically analyzes the environmental benefits, economic benefits, and industrial driving effects of cold emission projects. Furthermore, it proposes accelerating the restructuring of the air pollution control knowledge system, enhancing policy support for thermal pollution control technologies, building a multi-energy complementary distributed energy system, and establishing an integrated innovation system for industry, academia, research, and application. This will help form a new pattern of atmospheric environmental quality management characterized by precise, scientific, and systematic pollution control.

Keywords

air pollution prevention and control; cold emission technology; thermal pollution control; carbon neutrality; environmental management

生态环境治理背景下的大气污染防治管理措施分析

卢国全

郴州中洲生态环境科技有限公司, 中国·湖南长沙 410205

摘要

近年来,我国生态环境治理取得显著成效,但区域性大气污染问题仍较为突出。在“双碳”目标引领下,亟须创新大气污染防治路径,协同推进污染减排与碳中和。本文在剖析传统末端治理措施局限性的基础上,重点阐述了以冷排放为核心的源头减排新技术,系统评估了其在削减热污染、提升能效、资源化利用二氧化碳等方面的应用价值。结合湖南桂阳工业园区典型案例,具体分析冷排放项目的环境效益、经济效益与产业带动作用。进一步提出应加快重构大气污染防治认知体系,完善热污染控制技术政策支持,建设多能互补的分布式能源系统,健全产学研用一体化创新体系,推动形成精准治污、科学治污、系统治污的大气环境质量管理新格局。

关键词

大气污染防治;冷排放技术;热污染控制;碳中和;环境管理

1 引言

改革开放以来,我国经济社会发展取得举世瞩目的伟大成就,但也积累了大量生态环境问题。尤其是在能源利用、产业发展、城镇建设等领域,忽视了污染物排放与资源环境承载力的客观规律,导致区域性大气污染问题日益突出,一度成为制约民生改善与高质量发展的瓶颈短板。党的十八大以来,以习近平同志为核心的党中央立足新发展阶段,贯彻新发展理念,将生态文明建设纳入“五位一体”总体布局,

采取一系列标本兼治、综合施策,推动大气污染防治取得显著成效。然而,受技术路线选择、政策措施配套、基础能力不足等因素制约,一些地区的大气污染治理仍存在“头痛医头、脚痛医脚”的问题,缺乏精准治污、科学治污、系统治污的系统方略。

2 冷排放技术在大气污染防治中的应用创新

2.1 冷排放技术的工作原理与核心优势

冷排放技术是通过烟气全热梯级回收实现污染物超低接近常温排放的创新工艺路线。如图1所示,其核心是将固废中的可燃成分通过70%的时间绝氧热解转化为可燃气和含碳固体燃料,在30%的时间富氧条件下进行高温悬浮燃

【作者简介】卢国全(1971-),男,中国湖南长沙人,博士,外籍双科学院院士,从事应对气候变化的研究。

烧,既充分释放了燃料的热值,又极大抑制了硫氮氧化物和二噁英等有毒污染物的生成。在此基础上,采用“省煤器+冷凝器+溴化锂吸收式制冷机组”的组合工艺,可将1000℃炉温,及高温烟气梯次降温至30-35℃,使排烟温度接近环境温度,最大限度消减了热污染排放。

与传统燃烧工艺相比,冷排放技术具有四大核心优势:源头减量显著,燃料热值利用率提高20个百分点以上;污染物超低排放,二氧化硫、氮氧化物去除率均达99%以上,二噁英排放浓度降至0.01ngTEQ/m³以下;无烟气黑,不可见烟羽;显热梯级回收利用,可将烟气的物理余热转化为电、热、冷等多种能源品位。

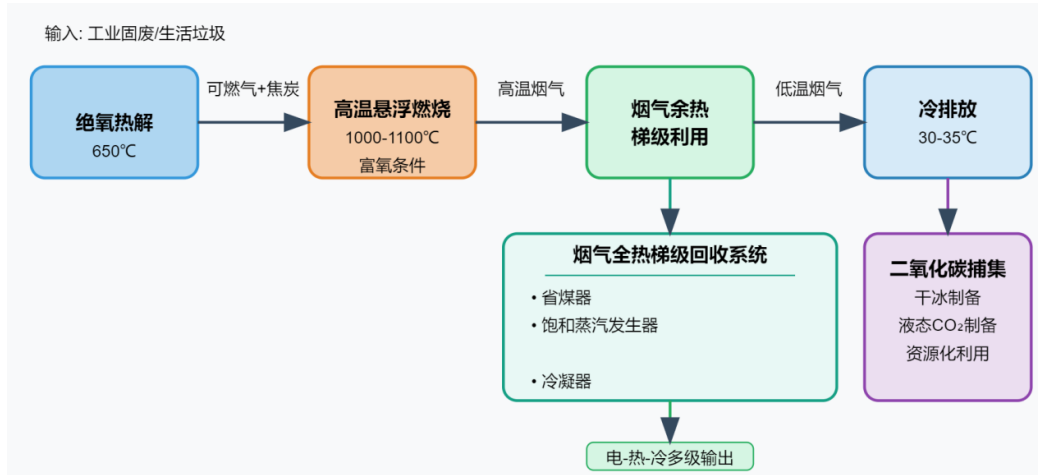


图1 冷排放技术原理流程示意

2.3 能源利用效率提升与减排协同推进

在应对气候变化方面,发展以煤为主的清洁高效发电技术对于“双碳”目标实现具有重大意义。煤电行业综合供电煤耗每降低1g/kWh,全国火电每年可节约标煤约130万t。而要进一步挖掘节煤空间,突破燃烧效率瓶颈至关重要。冷排放技术为此开辟了创新路径。一是燃烧过程的能量充分释放。冷排放系统采用高温熔融态流化床锅炉,在炉内950-1000℃恒温燃烧,可实现燃料热值的最大化利用。二是显热梯级回收效率大幅提升。通过烟气与高温蒸汽、低温循环水换热,可使电站锅炉的热效率由传统的45%提升至60%以上。以江苏某2×1000MW超超临界机组为例,采用冷排放工艺后,锅炉给水温度提高20℃,热效率提高0.8个百分点,折合供电煤耗下降2g/kWh。同时,烟气排放温度由150℃降至30℃,污染物排放浓度下降90%以上,在提质增效的同时实现了环保减排。

2.4 二氧化碳资源化利用的创新路径

在“双碳”约束下,电力、钢铁、建材等传统高耗能产业面临着巨大的节能减排压力。CCUS技术被视为实现二氧化碳减排的重要途径,但受制于高昂的成本与能耗,推广应用面临诸多挑战。冷排放技术为破解这一难题提供了新思路。得益于烟气温度大幅降低,可显著降低CO₂捕集能耗^[2]。

2.2 热污染减排与雾霾防治的协同效应

在当前大气污染防治工作中,雾霾问题无疑是最受关注的焦点。热污染排放与颗粒物污染是诱发雾霾的两大驱动因素。冷排放技术可从热污染控制入手,实现颗粒物污染协同治理^[1]。一方面,高温熔融态燃烧使得烟气中SO₂、NO_x去除效率大幅提升,二次颗粒物生成潜力显著降低;另一方面,烟气经“冷凝+洗涤”后温度迅速降至环境温度以下,有利于抑制气溶胶的生成。某钢铁企业采用冷排放技术对130t/h循环流化床锅炉进行低碳化改造后,厂界周边区域PM_{2.5}年均浓度下降35%,重污染天数减少28天,取得了热污染减排与颗粒物污染防治的多赢局面。

某电厂采用冷凝法脱除CO₂,电耗仅为30kWh/tCO₂,不到传统化学吸收法的1/3。更为重要的是,基于冷排放技术的CO₂捕集利用可实现多场景应用。以郴州桂阳工业园为例,园区配套建设了100t/d CO₂液化装置,将捕集的高纯CO₂制成干冰,一部分供应大型商超、食品加工企业,一部分供应园区智能玻璃温室作为促生剂,不仅提高了园区蔬菜产量30%以上,也为CO₂资源化利用开辟了新的增值空间。

3 湖南桂阳工业园区冷排放技术应用案例分析

3.1 项目概况与技术路线

郴州市桂阳县是典型的资源型欠发达地区。近年来,随着工业园区的快速发展,供热供电需求不断攀升,大气污染压力日益加剧。为破解资源枯竭与环境约束的双重瓶颈,桂阳工业园区积极探索能源结构优化与污染协同治理之路^[3]。2018年,园区引进了日处理600t工业固废、生活垃圾的分布式能源项目,配套建设了10km供热管网,可满足园区100多家企业的热力、电力需求。项目采用“绝氧热解+悬浮燃烧+烟气余热梯级利用+二氧化碳回收”的工艺路线,通过绝氧热解使垃圾中的可燃物在无氧条件下,在650℃裂解成可燃气和焦炭。随后,可燃气在锅炉中与空气充分混合,在850℃以上进行旋流悬浮燃烧,使燃料热值得

到充分释放。同时,高温烟气依次通过省煤器、饱和蒸汽发生器、溴化锂吸收式制冷机组,可将1000℃的炉温,及高温烟气温度降至35℃以下。在此过程中,系统可输出0.6MPa、350℃的饱和蒸汽,供应园区企业生产需要;输出85℃的热水,与园区集中供热管网对接;输出7℃的冷冻水,替代园区企业分散式空调系统。

3.2 环境效益评估与量化分析

项目自投运以来,取得了显著的节能减排与环境改善效益。烟气污染物排放方面,二氧化硫、氮氧化物的去

除效率均在99.5%以上,二噁英类排放浓度不足0.01ng TEQ/m³,各项指标均优于国内同类项目的超低排放限值。在热污染控制方面,项目采用低温省煤器、烟气换热器、空气预热器等设备,使炉温度由1000℃,及高温烟气降至30℃左右,可见烟羽长度不足50m。与此同时,项目配套建设了CO₂捕集利用装置,年回收利用CO₂12万t,制得8.1万t干冰和3600t液态CO₂,可满足食品加工、干冰清洗、设施农业等领域的用CO₂需求。表1汇总了项目的主要技术经济指标。

表1 桂阳工业园区冷排放项目主要技术经济指标指标

指标	单位	设计值	实际值
锅炉热效率	%	92	94.1
供电煤耗	g/kWh	280	263
发电量	亿 kWh	1.08	1.15
供热量	万 GJ	180	196
SO ₂ 排放浓度	mg/m ³	35	18.2
NO _x 排放浓度	mg/m ³	50	32.6
颗粒物排放浓度	mg/m ³	10	4.1
CO ₂ 捕集率	%	90	93
CO ₂ 利用量	万 t/a	10.5	12.6

3.3 经济效益与产业转型价值

从经济效益看,项目年处理工业垃圾与生活垃圾60万t,可满足园区120多家企业的供热供电需求,年节约标煤21万t,节能效益显著。与此同时,项目配套的CO₂捕集利用装置和智能温室,可带动农副产品深加工等高附加值产业发展,既拓展了园区产业链,又增加了周边农户收入,实现了良性循环发展。此外,作为典型的“无废城市”建设项目,桂阳工业园区的分布式能源系统还获得了各级财政补贴4200万元,进一步降低了企业的环保运营成本。可以预见,随着碳税、碳交易等政策工具的实施,冷排放等源头减排技术在碳资产开发等方面将凸显出更加明显的经济价值。

3.4 技术推广前景与发展建议

基于桂阳工业园区的成功实践,冷排放技术已在湖南、江西、山东等省份的大中型园区掀起了推广应用热潮。为推动这一新兴产业健康发展,建议加快完善冷排放技术的标准规范,为项目的工程设计、建设运营提供科学依据;进一步强化示范引领,针对不同区域、不同行业,实施差异化的激励政策,促进先进适用技术成果的推广应用;鼓励金融、保险等服务业创新产品与商业模式,为冷排放技术的产业化发展提供长效支持机制。

4 大气污染防治的系统治理与长效机制构建

4.1 大气污染防治认知体系的科学重构

当前,在大气污染防治领域仍存在着一些认知误区。例如,将煤炭等化石能源妖魔化,片面强调煤炭清洁高效利

用的重要性;对二氧化碳的气候效应估计过高,而忽视了热污染排放等因素的综合影响^[4]。对此,亟需厘清燃煤、燃气过程中二氧化碳、硫氮氧化物、烟尘等污染物的排放规律,准确评估热污染、气溶胶污染对空气质量的影响,在燃烧这一传统领域重塑创新话语体系。冷排放技术的出现恰恰印证了热污染控制的重要性。环保部门应将冷排放技术的环境效益、资源节约等优势纳入大气污染防治顶层方案,打造精准治污、科学治污的管理新模式。

4.2 热污染控制的技术路径与政策支持

在“双碳”目标引领下,火电、钢铁、建材等高耗能行业亟需开发节能减排新路径。冷排放技术为此提供了可资借鉴的创新范式。应加快在现役燃煤电厂开展低碳化、清洁化改造,推动溴化锂吸收式制冷、烟气余热发电等技术在钢铁、建材行业的规模化应用,促进供给侧结构性改革与污染防治的有机融合。与此同时,应设立专项资金支持冷排放等创新技术的研发及产业化,在电价、税收、金融等方面制定差异化优惠政策,撬动更多社会资本投向源头减排领域。生态环境部、发改委等部门应抓紧制定冷排放技术的技术规范与产业政策,为后续推广应用创造有利条件。

4.3 多能互补的分布式能源系统构建

从本质上看,大气污染不仅是一个环境问题,更是一个能源结构问题。以煤炭为主的一次能源结构是大气污染频发的深层次原因。但在相当长时期内,煤炭作为我国的基础能源地位难以撼动。因此,应在源头高效清洁利用煤炭的基础上,因地制宜发展风能、太阳能、地热能等可再生能源,

构建多能互补的分布式能源利用格局。以冷排放技术为纽带,通过热—电—冷三联供等方式,可显著提高园区、社区能源系统效率,实现源头节能与末端减排的双赢。同时,还应借助智慧电网、智慧管网等信息化手段,提高能源需求响应能力,切实降低化石能源消费总量。

4.4 产学研用一体化的创新体系建设

冷排放技术的突破离不开政产学研多方协同创新。发展以冷排放为代表的颠覆性技术,关键要发挥企业的创新主体作用,推动科研机构、高校与头部企业共建产业创新联合体,围绕关键核心技术联合攻关。同时,要壮大节能环保产业联盟,加强与金融机构的对接,拓宽中小微企业融资渠道。对于节能减排潜力大、示范价值强的重大项目,可采取企业牵头、市场化运作的模式,建立健全技术创新、成果转化的激励机制。在全社会营造崇尚创新、鼓励创新的浓厚氛围,加快构筑大气污染防治领域原始创新高地^[5]。

5 结语

大气污染防治是一场攻坚战、持久战。当前,应准确

把握碳达峰、碳中和背景下大气污染防治面临的新形势、新任务,加快创新源头减排、过程控制、末端治理的系统解决方案。冷排放技术作为近年来大气污染防治领域的原创性成果,在实现煤炭清洁高效利用、打赢蓝天保卫战等方面大有可为。各级生态环境部门应积极转变监管理念,将冷排放作为大气污染防治的关键抓手,健全完善配套政策措施。

参考文献

- [1] 李伟城.生态环境治理背景下的大气污染防治管理措施分析[J].中文科技期刊数据库(全文版)自然科学,2024(11):265-268.
- [2] 余洋.生态环境治理背景下的大气污染防治管理措施分析[J].农村科学实验,2023(21):31-33.
- [3] 程珊珊,于雪凤.生态环境治理背景下的大气污染防治管理措施分析[J].皮革制作与环保科技,2024,5(15):104-105+111.
- [4] 陈江,郑跃君,张宏金.生态环境治理背景下大气污染防治管理措施探讨[J].皮革制作与环保科技,2024,5(15):37-39.
- [5] 张平.生态环境治理背景下的大气污染防治管理措施研究[J].清洗世界,2024,40(12):127-129.