

火电厂锅炉排放标准及控制技术研究

彭召润

贵州西电电力股份有限公司鸭溪运营分公司, 贵州 遵义 563108

摘 要： 本文着手对火电厂锅炉排放的污染物种类及特点进行了细致分析，包括二氧化硫、氮氧化物、颗粒物等，并介绍了我国火电厂锅炉排放标准，并对这些标准与国际标准的对比进行了探讨。然后，本文详细探讨了火电厂锅炉排放控制技术，包括燃烧过程优化技术、高效除尘技术、超低排放脱硫技术、选择性催化还原（SCR）脱硝技术和节能减排技术。在本文的总结部分，提出了火电厂锅炉排放控制的多重策略，这些策略包括：完善排放标准体系、强化技术创新与研发、加大政策支持力度、落实企业主体责任以及促进社会监督与公众参与。这些策略旨在推动火电厂锅炉排放控制技术的创新发展，为我国火电厂锅炉排放污染物的减排提供理论支持和实践指导。

关 键 词： 火电厂；锅炉；排放标准；控制技术；污染物

Research on Emission Standards and Control Technologies of Boilers in Thermal Power Plants

Peng Zhaorun

Yaxi Operation Branch of Guizhou Xidian Electric Power Co., Ltd. Zunyi, Guizhou 563108

Abstract： This paper conducted a detailed analysis of the types and characteristics of pollutants emitted from boilers in thermal power plants, including sulfur dioxide, nitrogen oxides, particulate matter, etc. It also introduced the emission standards for boilers in thermal power plants in China and discussed the comparison of these standards with international standards. Then, this paper delved into the emission control technologies for boilers in thermal power plants, including combustion process optimization technology, high-efficiency dust removal technology, ultra-low emission desulfurization technology, selective catalytic reduction (SCR) denitrification technology, and energy conservation and emission reduction technology. In the summary section of this paper, multiple strategies for emission control of boilers in thermal power plants were proposed, including improving the emission standard system, strengthening technological innovation and research and development, increasing policy support, implementing corporate responsibility, and promoting social supervision and public participation. These strategies aim to drive innovative development of emission control technologies for boilers in thermal power plants and provide theoretical support and practical guidance for reducing emissions of pollutants from boilers in thermal power plants in China.

Keywords： thermal power plant; boiler; emission standard; control technology; pollutant

引言

随着经济的迅猛增长和能源需求的持续攀升，火电厂作为我国电力供应的主力军，其锅炉排放问题日益凸显，引发了广泛关注。在燃烧过程中，火电厂锅炉释放出诸如二氧化硫（SO₂）、氮氧化物（NO_x）、颗粒物（PM）等大气污染物，这些物质对环境和人类健康构成严重威胁。

近年来，我国政府对环境保护工作给予了高度重视，陆续出台了一系列火电厂锅炉排放标准，旨在通过减少污染物排放来改善空气质量。然而，这些排放标准的实施涉及诸多技术难题，如何在确保电力供应稳定性的同时，有效地控制和降低锅炉排放污染物，成为亟待解决的关键问题。因此，我国火电厂锅炉排放控制技术的研究与应用显得尤为重要。

一、火电厂锅炉排放现状及标准

随着全球气候变化和环境污染问题的日益严重，火电厂锅炉排放问题已成为公众和政府关注的焦点。为了应对这一挑战，我国政府制定了一系列火电厂锅炉排放标准，以期减少污染物

排放，改善空气质量。本节将重点介绍火电厂锅炉排放现状及标准。

（一）火电厂锅炉排放污染物种类及特点

在全面建成小康社会的目标引导下，国内对于电能需求越来越高，以煤炭为主的火电发电模式，是当前电力建设的重要组成

部分。深入分析能源结构可以发现，以煤炭为主的能源模式是未来一段时间的主要发展模式^[1]。在火电厂锅炉的燃烧过程中，不可避免地会产生一系列污染物，其中包括二氧化硫（SO₂）、氮氧化物（NO_x）、颗粒物（PM）以及汞（Hg）等。这些污染物不仅对自然生态环境构成威胁，而且对人类健康产生深远影响，例如，它们是酸雨、光化学烟雾和雾霾等环境问题的重要成因。深入认识火电厂锅炉排放污染物的种类及其特性，对于构建科学合理的排放控制策略具有至关重要的意义。这些策略的制定，不仅关乎环境保护的成效，也直接影响到能源利用的可持续性和社会经济的健康发展。

（二）我国火电厂锅炉排放标准

我国政府对于火电厂锅炉排放问题的关注体现在一系列排放标准的制定与实施上。例如，《火电厂大气污染物排放标准》（GB 13223-2011）等标准的颁布，不仅为火电厂锅炉排放污染物的浓度设定了严格的限值，而且对排放的监测、控制和治理等方面提出了具体而明确的要求^[2]。这些标准的执行，标志着我国在火电厂锅炉排放管理方面迈出了坚实的步伐，实现了排放水平的显著提升。通过这些标准的实施，不仅促进了环保技术的进步和创新，也为推动火电行业的绿色转型和可持续发展提供了有力的制度保障。

（三）国际火电厂锅炉排放标准对比

在国际火电厂锅炉排放标准的比较中，不同国家和地区在排放限值、监测方法、治理技术等方面存在显著差异。例如，欧盟和美国等发达国家和地区对火电厂锅炉排放的要求更为严格，采用更为先进的监测设备和技术，并采用多种先进的治理技术，如湿法脱硫、干法脱硫、选择性催化还原（SCR）脱硝等，有效地减少二氧化硫、氮氧化物和颗粒物等污染物的排放^[3]。这些差异反映了不同国家和地区在环保政策和技术水平上的差异，也为我国在环保技术进步和创新方面提供了方向和动力。

二、火电厂锅炉排放控制技术

为了应对火电厂锅炉排放带来的环境问题，研究和应用先进的排放控制技术成为关键。本节将详细介绍几种主要的火电厂锅炉排放控制技术，包括燃烧过程优化技术、高效除尘技术、超低排放脱硫技术、选择性催化还原（SCR）脱硝技术以及节能减排技术。

（一）燃烧过程优化技术

燃烧过程优化技术，旨在通过精调燃烧机制和参数，以实现污染物生成与排放的显著降低。该技术涵盖了燃烧器的创新设计、燃料的精细预处理，以及燃烧空气的精确控制等多个方面。通过对燃烧过程的深度优化，不仅能够有效提升燃烧效率，进而促进能源的充分利用，同时还能在源头上减少氮氧化物和颗粒物等有害物质的排放^[4]。这种技术的应用，体现了对环境保护与能源效率双重目标的追求，是推动火电行业向清洁、高效方向发展的关键途径。

（二）高效除尘技术

除尘技术旨在减少锅炉排放中的颗粒物对大气环境的污染。该技术主要包括电除尘器、布袋除尘器等高效过滤系统，能够有

效地捕集和去除锅炉排放中的颗粒物，显著降低对环境的影响。

电除尘器通过在烟气中施加高压电场，使烟气中的颗粒物带电，并在电场力的作用下被吸附到集尘板上，从而实现颗粒物的去除。该技术具有处理烟气量大、除尘效率高等优点，但存在能耗高、易受烟气湿度影响等问题。布袋除尘器则是利用纤维滤料对烟气中的颗粒物进行过滤，实现颗粒物的捕集和去除。该技术具有除尘效率高、能耗低等优点，但存在滤料更换周期短、易受烟气温度影响等问题。

（三）超低排放脱硫技术

超低排放脱硫技术是针对火电厂锅炉排放中的二氧化硫进行控制的技术。该技术主要包括湿法脱硫、干法脱硫和半干法脱硫等。这些技术能够将锅炉排放中的二氧化硫浓度降低到很低的水平，有效地减少了酸雨等环境问题的发生。

湿法脱硫技术是利用水溶液吸收二氧化硫，常用的吸收剂有石灰石浆液、氢氧化钠溶液等。该技术具有脱硫效率高、操作简便等优点，但存在吸收剂消耗大、运行成本高的问题^[5]。干法脱硫技术则是利用固态吸收剂吸收二氧化硫，常用的吸收剂有氧化钙、氧化镁等。该技术具有脱硫效率高、运行成本低等优点，但存在吸收剂再生困难、易受烟气温度影响等问题。半干法脱硫技术结合了湿法和干法脱硫的优点，采用固态吸收剂与水溶液混合的方式吸收二氧化硫。该技术具有脱硫效率高、运行成本低等优点，但存在吸收剂混合不均匀、易堵塞管道等问题。

（四）选择性催化还原（SCR）脱硝技术

选择性催化还原（SCR）脱硝技术是一种高效的氮氧化物（NO_x）减排技术，广泛应用于火电厂锅炉排放控制中。SCR技术通过在锅炉排放流中注入还原剂，在催化剂的作用下将氮氧化物转化为无害的氮气和水蒸气。这种技术具有脱硝效率高、运行稳定等优点，成为火电行业应对氮氧化物排放挑战的重要手段。

SCR技术的关键在于催化剂的选择和优化^[6]。目前常用的催化剂主要包括钒钛催化剂、钼钛催化剂等。这些催化剂具有较好的活性、稳定性和抗中毒性能，能够满足火电厂锅炉排放控制的需求。

（五）节能减排技术

余热回收技术、能源管理系统和绿色调度技术是火电厂锅炉运行过程中重要的节能减排手段。余热回收技术通过回收烟气中的热量，用于加热锅炉给水或发电机组的其他用途，提高能源利用率，减少燃料消耗和能源成本。能源管理系统利用先进的监测、控制和优化技术，实时监控和管理锅炉运行过程，自动调整运行参数，优化燃烧过程，减少能源浪费^[7]。绿色调度技术根据电网负荷需求和环保要求，合理调度锅炉运行，优化锅炉运行模式，减少污染物排放，提高环保水平。这些技术的应用不仅有助于减少环境污染，还能提高火电厂的经济效益，促进可持续发展。

三、火电厂锅炉排放控制策略探讨

有效的排放控制策略是实现火电厂锅炉污染物减排的关键。本节将从完善排放标准体系、强化技术创新与研发、加大政策扶

持力度、企业主体责任落实以及社会监督与公众参与等方面，探讨火电厂锅炉排放控制的策略。

（一）完善排放标准体系

为了有效地指导火电厂锅炉排放控制工作，建立一个全面而完善的排放标准体系是至关重要的。这要求持续地更新排放限值，以顺应最新的环保要求和科技进步的步伐。同时，制定更为细致的排放监测、报告和核查制度，确保排放数据的有效收集和处理^[6]。此外，还需要建立与排放标准相配套的技术规范和指南，以提高标准的可操作性和执行力。通过这些措施，可以确保火电厂锅炉排放控制工作的顺利进行，从而为改善我国环境质量、实现绿色发展作出贡献。

（二）强化技术创新与研发

强化技术创新与研发是提升火电厂锅炉排放控制水平的关键所在。因此，应当显著提升对新型排放控制技术研发的投入，同时积极促进企业、高校和科研机构之间的产学研合作，以此作为推动先进技术转化和应用的动力。同时，也需紧密关注国际技术发展趋势，引进并消化吸收国外先进技术，以此增强我国在火电厂锅炉排放控制领域的自主创新能力。通过这些举措，能够为火电厂锅炉排放控制技术的持续进步注入强劲动力，从而进一步推动我国环境保护事业的发展。

（三）加大政策扶持力度

政府在推动火电厂锅炉排放控制技术发展方面扮演着至关重要的角色。为了促进环保技术的应用和普及，政府应当通过一系列政策措施，如财政补贴、税收优惠和绿色信贷等，来加大对火电厂锅炉排放控制技术的支持^[9]。这样的政策扶持不仅有助于减轻企业在采用排放控制技术时的经济负担，还能够激励企业主动采取减排措施，进而推动整个火电行业向绿色发展转型。这种政策的实施，体现了政府对环境保护和可持续发展的承诺，也为火电行业的长远发展注入了活力。

（四）企业主体责任落实

火电厂作为排放控制的核心主体，其责任的落实对于实现环

保目标至关重要。企业必须建立健全内部环境管理体系，确保排放控制设施的有效运行与维护，并严格执行排放标准。此外，企业应主动披露环境信息，积极接受社会监督，以此提升自身的环境责任意识^[10]。通过这些措施，火电厂不仅能够履行其环保责任，还能为推动整个行业的可持续发展作出积极贡献。这种责任意识的提升和实践，将有助于构建更加和谐的环境共生关系，促进企业与社会共同迈向绿色发展。

（五）社会监督与公众参与

社会监督与公众参与在推动火电厂锅炉排放控制方面发挥着不可或缺的作用。为了确保公众能够有效地行使知情权和参与权，政府应当建立健全信息公开制度，确保环境数据的透明度和可获取性。同时，鼓励和支持环保组织、媒体和公众积极参与环境监督，共同关注和推动火电厂锅炉排放控制工作的深入开展。这种全社会共同参与的氛围，不仅能够增强公众对环境保护的认识和参与意识，还能够为火电厂锅炉排放控制提供更加广泛的社会支持和舆论监督，从而推动火电行业向更加绿色、可持续的方向发展。

四、结束语

总之，火电厂锅炉排放控制是关乎我国环境保护和能源可持续发展的重要课题。本文研究旨在为政策制定者、企业管理者以及研究人员提供有益的参考，以期进一步促进火电厂锅炉排放控制技术的应用。然而，火电厂锅炉排放控制仍面临诸多挑战，需要政府、企业和社会各界共同努力，不断探索和创新，为实现我国绿色发展和生态文明建设贡献力量。

虽然研究的理论与实践意义显著，但也必须认识到其中存在的局限性。在未来的研究中，将持续关注火电厂锅炉排放控制领域的新技术和新政策，旨在为本领域的发展提供更全面和深入的支持。

参考文献

- [1]高春阳. 火电厂燃煤锅炉大气污染物排放估算研究 [J]. 环境科学与管理, 2022, 47(09):32-37.
- [2]李成飞. 火电厂锅炉节能减排技术的应用 [J]. 中国新技术新产品, 2020, (15):86-87.DOI:10.13612/j.cnki.cntp.2020.15.037.
- [3]焦永杰. 某厂燃气锅炉烟气氮氧化物排放治理研究 [D]. 兰州交通大学, 2020.DOI:10.27205/d.cnki.gltcc.2020.000807.
- [4]彭国伟, 王翀, 李雷刚, 等. 燃煤供热锅炉烟气可凝结颗粒物排放特征研究 [C] //中国环境科学学会, 中国环境监测总站. 第三届环境监测与预警技术大会论文集. 河南省生态环境监测和安全中心; 河南省郑州生态环境监测中心; 河南省洛阳生态环境监测中心; 中国环境科学研究院; 上海淳禧应用技术股份有限公司; ,2023:10.DOI:10.26914/c.cnkihy.2023.107534.
- [5]吕龙城, 李丹. 火电厂锅炉汽机联合运转实施措施研究 [J]. 设备管理与维修, 2023, (20):8-9.DOI:10.16621/j.cnki.issn1001-0599.2023.10D.04.
- [6]汪鑫, 陈钧, 范卫东. 燃煤电站锅炉掺氨燃烧与排放特性综述 [J]. 洁净煤技术, 2022, 28(08):25-34.DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.LH22070101.
- [7]刘振江. 火电厂锅炉氮氧化物排放控制技术研究 [J]. 机电信息, 2016, (03):65-67.DOI:10.19514/j.cnki.cn32-1628/tm.2016.03.038.
- [8]王宏亮, 许月阳, 薛建明, 等. 燃煤机组烟气汞污染物全过程综合控制技术研究 [J]. 电力科技与环保, 2020, 36(06):18-22.
- [9]朱智勇. 火电厂锅炉烟气脱硫脱硝超低排放改造工程DCS控制系统受电操作技术分析 [J]. 城市建设理论研究(电子版), 2018, (15):82-83.DOI:10.19569/j.cnki.cn119313/tu.201815076.
- [10]马洪金, 徐建元, 王仕龙, 等. 燃煤电厂电除尘PM₁₀和PM_{2.5}的排放控制Ⅵ:以75t/h工业锅炉为例分析讨论电除尘的运行(嘉兴协鑫环保热电分析) [J]. 科技导报, 2015, 33(18):20-22.