

火电厂高效燃烧技术与应用

杨兴杰

贵州黔西中水发电有限公司，贵州 毕节 551500

摘要： 本论文关注了火电厂运营中的燃烧效率问题。本研究首要目标是探究并实施高效燃烧技术，以降低环境污染并提高燃烧效率。带着这个目标，本文详细探讨了一系列高效燃烧技术的基本原理、应用，以及效果。其中包括稳态燃烧技术、细粉煤技术、空气阶段燃烧和气流涡旋燃烧等。它们旨在改进燃烧过程以减少有害排放，改善火电厂效率。此外，本文也关注了这些技术在现实工况中的应用，分析了实际应用中的优点与挑战。通过对案例的深入研究，我们希望找到解决方案以克服这些挑战。本研究强调了高效燃烧技术在火电厂中的重要性，并展望了未来的研究方向。

关键词： 火电厂；高效燃烧；技术与应用

High-Efficiency Combustion Technology And Application In Thermal Power Plant

Yang Xingjie

Guizhou Qianxi China Water and Power Generation Co., LTD. Bijie, Guizhou 551500

Abstract： This paper focuses on the combustion efficiency in the operation of thermal power plants. The primary goal of this study is to explore and implement efficient combustion techniques to reduce environmental pollution and improve combustion efficiency. With this goal in mind, this paper details the basic principles, applications, and effects of a series of efficient combustion techniques. These includes steady state combustion technology, fine pulverized coal technology, air stage combustion and airflow vortex combustion. They aim to improve the combustion processes to reduce harmful emissions and improve the efficiency of thermal power plants. In addition, this paper also focuses on the application of these technologies in real working conditions, and analyzes the advantages and challenges in practical application. Through a thorough study of the case, we hope to find solutions to overcome these challenges. This study highlights the importance of efficient combustion technology in thermal power plants and prospects future research directions.

Keywords： thermal power plant; high efficiency combustion; technology and application

引言：

火力发电作为现代社会最主要的发电方式，其在全球范围内所占比例较大。然而，标准燃烧过程中的废弃物排放问题以及能量转化率的问题，不断引发人们对火力发电厂运营效率及其环境影响的关注和思考。在这个背景下，高效燃烧技术的研究发展就显得尤为重要。这些技术包括但不限于稳态燃烧技术、细粉煤燃烧技术、空气阶段燃烧以及流体化床燃烧等。应用这些技术可以帮助我们更好地管理和控制燃烧过程，从而提高能源的利用率、降低污染物排放、并且增强火电厂的运营效率。^[1]该论文不仅会涉及这些技术自身的理论部分，还将对其实际应用案例进行深入研究，这些案例涵盖了多个火电厂以及不同类型的燃烧设备，展示了高效燃烧技术在实际中的广泛应用以及显著效益。

一、火电厂高效燃烧技术应用的研究意义

当前，火电厂在我国电力发展中仍占据主要地位。然而，随着对环保和效率的要求日益严格，火电厂的燃烧效率控制及降低污染排放已成为当务之急。特别是在当今的绿色发展背景下，高效燃烧技术的应用对火电厂的进步与发展显得尤为重要。本文将从三个方面，阐述火电厂高效燃烧技术应用的研究意义及其具体实例。

（一）提升燃烧效率，减少能耗

尽管现代火电厂已可实现锅炉效率达90%—94%，但因对燃烧效率控制不精确，仍使得大多数火电厂面临炭燃烧不完全，锅炉效率偏低的问题。^[2]高效燃烧技术的应用，能有效提升燃烧效率，保证锅炉运行的经济性和安全性，减少能耗。例如，通过运行优化调整以降低损失，如优化配煤方式等，以及保证锅炉正常稳定的运行，这些均是高效燃烧技术在实际中的典型例证。

* 作者简介姓名：杨兴杰，出生：1997年12月，性别：男，民族：布依族，籍贯：贵州省贵定县，学历：本科，职称：助理工程师，从事的研究方向或工作领域：火电厂化学实验

（二）降低对环境的影响

环保政策的推行，使得火电厂在提高发电技术的同时，更需重视降低对环境的影响。通过高效燃烧技术，火电厂能有效降低资源的消耗，减少污染物的排放，对环境造成较小的破坏。以“碱式硫酸铝脱硫富液负压解吸反应动力学”为例，这种技术可以高效协同脱除燃烧过程中产生的多种污染物，减少对环境的影响。^[3]

（三）能够提高火电厂的整体竞争力

高效燃烧技术的应用，能够提高火电厂的整体竞争力，适应社会和经济的快速发展。在不断追求绿色低碳的社会背景下，火电厂通过高效燃烧技术的使用，可以提高能量转换效率，降低燃煤消耗，控制排放，合理利用资源，从而达到经济效益与环保目标的平衡，提高火电厂的竞争力。

在实际操作中，如何提高燃烧效率，将能源损耗及污染排放降到最低，是现代火电厂面临的重要课题。根据此，在提高火电厂燃烧效率的技术方案选择上，科研人员和行业界不断寻找新的技术方法，锁定了几种可能的技术路线。^[4]

总的来说，随着科技的不断进步，火电厂高效燃烧技术的应用也在不断优化，既提升了电力生产效能，又控制了环境影响，将对我国电力产业的发展起到重要推动作用。从中我们也看到了学科交叉和技术融合在解决实际问题中的巨大潜力，这将影响未来电力产业绿色、高效、低碳的发展道路。

二、当前火电厂高效燃烧技术中所存在的问题

近年来，虽然在提升火电厂燃烧效率上取得了一定的成果，但在实践中仍存在许多问题。本文将从技术、经济和环保的角度对这些问题进行评述，并以具体的火电厂高效燃烧技术为例进行解析。

（一）技术问题

从技术角度，目前尚未找到一种可以在所有火电厂中通用并能保证最大效率的燃烧技术。各类燃烧技术在特定的环境和条件下可能会展示出优良的效能，但在其它环境中可能完全无法实施或效率急剧降低。例如，气化联合循环（IGCC）技术，这种技术有着较高的燃烧效率，然而其复杂的前处理过程和设备要求限制了其在某些火电厂中的应用。^[5]同时，高效燃烧技术的推广应用也受制于火电厂的工艺流程、燃料种类等因素，各不相同的火电厂需要投入大量的精力进行调试，这在技术上构成了一定的难度。

（二）经济问题

从经济角度看，当前火电厂在高效燃烧技术投入中面临着极大的经济压力。这包括设备更新换代费用、运行维护成本、人员培训费用等。以高效吸收烟气中二氧化硫的湿法石膏法为例，尽管可以有效减少二氧化硫的排放，对环保有积极作用，但由于其设备投资大，运营费用高，造成了许多火电厂在实施初期便面临资金压力。此外，燃烧优化系统等新兴的高效燃烧技术，也面临着缺乏人才、技术研发耗时长、投资风险大等问题。^[6]

（三）环保问题

再次，从环保角度，尽管现有的高效燃烧技术已经能够显著

降低一些污染物的排放，但对于一些微量元素和持久性有机污染物的控制效果仍显不足。如铅、汞等重金属的排放控制，在燃烧过程中往往容易被忽视，而它们的流入环境将可能引发严重的生态问题。某些高效燃烧技术，如流化床燃烧技术虽然有效提高了燃烧效率，减少了 NO_x 和 SO₂ 的排放，但其对颗粒物和重金属排放的控制还不完善。^[7]

三、火电厂高效燃烧技术的有效应用策略

对于火电厂的高效燃烧技术，如何有效应用以提升其经济效益，优化环境质量，成为了我们迫切需要得到解答的问题。下面将从技术创新、经济投入和环保导向三个方面，聚焦火电厂高效燃烧技术的有效应用策略。

（一）技术创新

技术创新无疑是带动火电厂高效燃烧技术应用的一大驱动力。在复杂的火电厂能源生产加工流程中，尤其是如何在提升燃烧效率与降低环境影响之间寻找平衡，技术创新的重要性显而易见。

引入新型的燃烧技术是技术创新的一种体现。例如，尽管传统的亚临界压力锅炉被广泛应用，但其效率受到物理极限的制约——水的临界温度和压力。于是，超临界压力锅炉应运而生。通过提高锅炉的工作压力至水的临界压力以上，水在高温高压下可直接转变为蒸汽，不仅效率提高，加热过程中的能量消耗也明显下降。而随着技术的不断创新，超临界压力锅炉又进一步提高了锅炉工作压力和温度，将热效率提升到近 60%，大大超过了传统火电厂的热效率。^[8]

对于现有技术的优化改进也是技术创新的基础。如循环流化床燃烧技术，这种技术允许在较低温度下实现高效燃烧，降低 NO_x 的产生，而且结构简单，维护成本低。但如何进一步优化燃烧工况，增强其处理燃烧残渣和重金属的能力，则需要进行持续的技术试验和经验总结，这是高效燃烧技术成功应用的基石。

技术创新还包括在探索新型燃料方面的努力。例如，生物质燃料已经被证明是一种可行的替代煤炭的低碳燃料。在生物质燃煤联燃模式中，生物质在燃烧过程中所释放的二氧化碳是其在生长过程中所吸收的，这将很大程度上减少燃煤电厂的温室气体排放。这一领域的进一步研究有助于解决火电厂在环保问题上的困境，这种创新对于火电厂的未来发展起到了积极的推动作用。基于此，未来的技术创新除了对 newly 出现的问题进行解答，还需着眼于系统的全面优化。突破物理极限的技术创新及兼容老旧设备的设备优化将会持续的推动火电厂高效燃烧技术的进步。

（二）经济投入

对于火电厂来说，实现高效燃烧技术的全面应用，必须考虑到经济投入方面的问题，这包括技术更新换代的设备投入，操作运营的维护更新支出，以及人员培训等方面的开支。

设备投入是实现高效燃烧技术的核心因素。尽管循环流化床（CFB）锅炉这类高效燃烧技术可以在较低温度下实现燃烧，明显降低了 NO_x 的排放，但由于该设备的初始投入相对较高，使得一

些火电厂在初始阶段就面临着较大的经济压力。因此，火电厂在进行技术更新换代的过程中，必须进行详尽的成本－效益分析，权衡设备投入与长期运营效率之间的关系，使得投资能在合理期限内得到回收。

燃烧技术的运营维护和更新也是一个重要的经济投入。任何一种设备，无论其技术多么先进，都需要经过一段时间的运行后进行维护和必要的更新。特别是一些高效燃烧设备，由于其结构和工作原理相对传统设备更为复杂，因此其运营过程中的维护更新成本必然会更高。这部分投入对于火电厂的运营成本有着直接的影响。

人员培训是实现高效燃烧技术应用的必要环节。新的燃烧技术需要有一批掌握相应技术能力的操作人员，而这就需要花费大量的经费来进行员工的培训和教育。而且由于燃烧技术的更新速度相对较快，这就需要火电厂定期对员工进行技术培训，保证员工的技术水平与时俱进。虽然这部分投入在短期内可能看不到明显的经济效益，但长远来看，有技术素养的员工是提高火电厂燃烧效率，实现经济效益最大化的重要保障。

同时，火电厂在进行经济投入的过程中，还需要关注政策导向。在很多情况下，政府会通过经济激励等方式，引导火电厂投资新的高效燃烧技术。利用这些优惠政策，火电厂可以有效地降低经济投入，缩短投资回收期，提高经济效益。例如，政府可以通过给予消减二氧化碳排放的税收优惠政策，鼓励火电厂更积极地投入到燃烧技术更新换代的工作中。^[9]

（三）环保导向

环保导向是火电厂实施高效燃烧技术选择的一个重要方向，对于在全球可持续发展的大背景下的火电厂来说，这不仅是一种社会责任，更是一种关乎自身发展生存的现实考量。遵从环保导向，实施高效燃烧技术，发展低碳火电，将为火电厂争取到更多的发展空间和社会声誉。

环保导向的高效燃烧技术可以降低火电厂的环境污染。这类技术的特性是在提高燃烧效率的同时，减少了有害物质的排放，符合当前全球对环境保护的基本理念。比如碱性燃烧技术，燃烧过程中形成的碱性气体可以中和煤燃烧过程中生成的酸性气体，从而极大地减少了酸雨的发生。微粉煤燃烧技术，通过将煤磨成

微米级的粉末燃烧，可以更充分地燃烧煤，减少了煤燃烧过程中有害物质的排放。

火电厂针对高效燃烧技术的剩余物质进行处理的举措，也是环保导向的体现。例如施用石膏法脱硫技术的火电厂，将脱硫生产的石膏等副产品进行合理利用，这既减轻了环境压力，也增加了电厂的额外收益。再比如一些火电厂采用碳捕获和储存技术，将燃烧过程中产生的二氧化碳捕获并存储起来，或者进一步利用二氧化碳制造化工原料，既实现了温室气体的减排，又带来了一定的经济效益。

环保的理念和导向已经不仅仅局限于应对环境污染的问题，而且已经凸显为推进经济转型和产业升级的重要驱动力，它将成为未来火电厂工作的基本课题之一。绿色发展的理念深化了人们对环境和经济发展关系的认识，实现环保与效益的双赢是新时代火电厂面临的挑战也是巨大的发展机遇。任何企业只有提前预见、主动应对这个趋势，才可能在未来的竞争中立于不败之地。作为全球最大的碳排放国的中国，已经饱受环境压力，有必要通过推动环保导向进行产业优化，实现高效低排放的燃烧技术。这同样适用于全世界的火电厂，以此达到倡导清洁低碳、健康持久的发展模式，营造人与自然和谐共生的优美环境。尤其是当前，在国际环保压力越来越大的背景下，环保导向的高效燃烧技术应用，将对全球火力发电行业产生深远影响。^[10]

结论：

综上所述，本文研究了火电厂高效燃烧技术及其应用，分析了这些技术在提升燃烧效率、降低能耗、减少污染排放方面的实际效果和存在的问题。通过稳态燃烧、细粉煤技术、空气阶段燃烧和气流涡旋燃烧等技术的应用，火电厂显著提高了运营效率，减少了环境污染。然而，技术的普及仍面临经济成本高、设备更新难等挑战。未来的发展方向应聚焦于技术创新、优化经济投入以及加强环保导向，以实现火电厂的绿色高效发展和可持续运营。通过系统化、创新性的发展策略，高效燃烧技术将为火电厂带来长远的经济效益和社会价值。

参考文献：

- [1] 张晓宇, 王天伟, 李燕, 等. 火电机组燃烧系统智能综合优化控制研究 [J]. 中国电机工程学报, 2019, 39(09): 2544–2553.
- [2] 冯旭刚, 鲍立昌, 章家岩, 等. 基于 IGPC 解耦控制的火电机组多目标协同燃烧优化控制策略 [J]. 中国电机工程学报, 2021, 41(09): 3223–3232.
- [3] 武瑞. 火电机组循环流化床燃烧系统床温控制研究 [J]. 设备管理与维修, 2019, (02): 36–37.
- [4] 刘刚. 火电锅炉燃烧优化技术研究 [J]. 决策探索 (中), 2018, (09): 61.
- [5] 杨沛豪, 刘向辰, 朱玉鑫, 等. 基于富氧燃烧技术的燃煤火电机组灵活性改造 [C] // 中国火力发电产业技术创新战略联盟, 国家火力发电工程技术研究中心. 全国火电机组灵活性改造技术交流会论文集. 西安热工研究院; 兰州理工大学电气工程与信息工程学院; 重庆富燃科技股份有限公司; , 2018: 8.
- [6] 张洪源. 火电机组锅炉燃烧优化研究 [D]. 东南大学, 2016.
- [7] 王志. 火电机组的燃烧自动优化初探 [J]. 贵州电力技术, 2015, 18(05): 34–37.
- [8] 潘锐. 火电机组锅炉燃烧系统建模与优化研究 [D]. 北京交通大学, 2014.
- [9] 陈彦桥, 刘建民, 曾德良, 等. 火电机组燃烧优化的研究现状及展望 [J]. 华东电力, 2010, 38(10): 1599–1603.
- [10] 赖坚. 改进火电的燃烧方式亟待进行 [J]. 中国能源, 1990, (05): 32–33.