

锅炉能效测试技术优化与尾气污染物监测方案研究

常丹

广东省湛江市质量技术监督标准与编码所, 广东 湛江 524000

DOI: 10.61369/EAE.2024020010

摘要： 随着能源消耗的增加和环境污染问题的日益严重，提高锅炉的能效和减少尾气污染物排放已成为当前工业发展的关键问题。本文首先分析了锅炉能效测试的现状和存在的问题，然后提出了能效测试技术的优化方案。接着，针对尾气污染物的监测，研究了多种监测技术，并提出了相应的监测方案。最后，通过案例分析验证了优化方案和监测方案的有效性。

关键词： 锅炉；能效测试；优化；尾气污染物；监测方案

Research on Optimization of Boiler Energy Efficiency Testing Technology and Monitoring Scheme for Exhaust Gas Pollutants

Chang Dan

Zhanjiang Quality and Technical Supervision Standards and Coding Institute, Zhanjiang, Guangdong 524000

Abstract： With the increase in energy consumption and the growing severity of environmental pollution, enhancing the energy efficiency of boilers and reducing the emissions of pollutants in flue gas have become key issues in current industrial development. This paper first analyzes the current situation and existing problems of boiler energy efficiency testing, and then proposes an optimization plan for energy efficiency testing technology. Subsequently, for the monitoring of flue gas pollutants, various monitoring technologies are studied, and corresponding monitoring plans are proposed. Finally, the effectiveness of the optimization plan and monitoring plan is verified through case analysis.

Keywords： boiler; energy efficiency testing; optimization; flue gas pollutants; monitoring plan

引言

在工业生产过程中，锅炉扮演着至关重要的角色，它是一种关键的热能设备，其能效水平的高低直接关系到能源的利用效率以及企业的经济效益。随着工业的不断发展和对环境保护意识的增强，人们越来越意识到锅炉尾气排放的污染物对环境造成的严重污染问题。因此，提高锅炉的能效水平以及有效控制尾气中污染物的排放，已经成为当前工业发展中一个迫切需要解决的问题。这不仅有助于提升能源的使用效率，减少资源浪费，而且对于保护环境、减少污染、实现可持续发展具有重要的意义。

一、锅炉能效测试现状与问题分析

（一）能效测试现状

当前，锅炉能效测试作为评估锅炉运行效率和能源利用水平的重要手段，已广泛应用于工业生产和供暖领域，成为推动节能减排政策落实和技术进步的重要技术支撑。测试主要依据国家或行业标准进行，这些标准详细规定了测试的流程、方法和指标体系，为测试工作提供了统一的规范和指导。测试内容通常包括热效率、排烟温度、排烟损失等关键指标，这些指标能够反映锅炉的燃烧效率和热损失情况，是评估锅炉能效的重要依据^[1]。测试方法主要采用直接测量法和间接测量法。直接测量法通过直接测量锅炉的输入热量和输出热量来计算热效率，这种方法直观且易于理解，但需要精确测量燃料的消耗量和锅炉的输出功率。间接

测量法则是通过测量各项热损失来推算热效率，例如排烟损失、气体不完全燃烧损失、固体不完全燃烧损失等，这种方法不需要测量锅炉的输出功率，但需要对各项热损失进行准确的测量和计算。这两种方法各有优劣，在实际应用中需要根据具体情况选择合适的测试方法，例如锅炉的类型、容量、燃料种类等因素都会影响测试方法的选择。

（二）存在的问题

尽管锅炉能效测试在标准和方法上已较为成熟，但在实际操作中仍存在一些亟待解决的问题，这些问题制约了锅炉能效测试的广泛应用和准确评估，亟需通过技术进步和方法创新来加以改进。现有的能效测试方法普遍存在测试周期长、成本高、操作复杂、数据处理繁琐等问题。测试周期长意味着企业需要投入更多的时间进行测试，这可能会影响正常的生产运营，尤其是对于连

续生产的工业企业来说，长时间的测试可能会导致生产中断和产量损失。成本高则限制了测试的普及率，尤其是对于小型企业来说，可能难以承担高昂的测试费用，这导致许多小型锅炉的能效状况得不到有效的评估和改进^[2]。操作复杂和数据处理繁琐不仅增加了测试人员的负担，还容易导致人为误差，例如数据记录错误、计算失误等。此外，测试结果的准确性受测试人员技术水平和测试设备精度的影响较大。测试人员的技术水平参差不齐可能导致测试结果的偏差，例如对测试标准的理解不透彻、操作不规范等。测试设备精度不足会影响结果可靠性，如传感器误差、仪表校准不准确。这些问题限制了锅炉能效测试的广泛应用和准确评估，需要通过技术进步和方法创新来改进，比如开发更先进的测试设备、更智能的测试软件和更简洁的测试流程，以提高测试的效率、准确性和经济性^[3]。

二、锅炉能效测试技术优化方案

（一）优化目标

锅炉能效测试技术的优化旨在全面提升测试过程的质量与效率，以更好地服务于锅炉运行状态的评估和节能技术的应用。具体而言，优化目标集中在五个关键方面：一是缩短测试周期，减少对企业日常运营的影响，使其更易于接受和实施能效测试；二是降低测试成本，通过技术手段降低测试过程中的各项费用，提高测试的经济性，使更多企业，尤其是中小型企业，能够负担得起测试费用；三是简化操作流程，通过引入自动化和智能化技术，降低对测试人员技术水平的过高要求，减少人为操作带来的不确定性；四是提高数据处理效率，利用先进的软件系统实现数据的快速采集、处理和分析，避免繁琐的人工计算和数据处理过程；五是提升测试结果的准确性和可靠性，确保测试数据能够真实反映锅炉的运行状态和能效水平，为锅炉的运行优化和节能改造提供坚实可靠的数据支撑^[4]。

（二）优化措施

为了实现锅炉能效测试的优化目标，需要采取一系列综合性的措施，从硬件设备到软件系统，再到人员培训，进行全方位的优化升级，构建一个高效、精准、便捷的测试体系。在硬件方面，应积极采用先进的测试设备，例如高精度的温度传感器、压力传感器等，这些设备能够提供更精确的测量数据，从而提高测试数据的准确性。高精度的传感器可以更灵敏地捕捉到锅炉运行过程中的微小变化，为后续的数据分析提供更可靠的基础。在软件方面，应大力开发智能化测试软件，该软件应具备测试数据的自动采集、处理和分析功能，通过预设的算法和模型，自动计算锅炉的热效率、排烟损失等关键指标，并生成测试报告，大大提高测试效率，减少人工操作的繁琐和出错概率。智能化测试软件的应用，可以实现测试过程的自动化和智能化，降低对人工经验的依赖，提高测试结果的客观性和可比性。同时，还需要对现有的测试流程进行优化，通过深入分析现有的测试流程，识别并去除冗余的测试步骤，优化测试顺序，可以显著缩短测试所需的时间。流程优化提升测试效率和降低成本，使测试更经济高效^[5]。

加强测试人员培训，提高对测试标准、设备和流程的理解，规范操作，减少人为误差。培训应包括理论、操作技能和案例分析，确保测试人员熟练准确完成任务。这样能提升测试人员专业素养和技能，确保测试工作质量和效率。这些优化措施能全面提升锅炉能效测试技术水平，支持企业节能减排和可持续发展。

三、尾气污染物监测方案研究

（一）监测技术分析

尾气污染物监测是控制和减少污染物排放、保护大气环境的重要手段。当前，尾气污染物监测技术呈现出多元化发展的态势，主要包括红外光谱法、紫外光谱法、电化学法等，每种技术都有其独特的原理、特点和应用场景。红外光谱法利用不同气体分子对红外光的特定波长有吸收的特性，通过测量吸收光谱来定性定量分析气体成分，具有高灵敏度和选择性，适用于多种气体的同时检测^[6]。紫外光谱法则是基于气体分子对紫外光的吸收原理，对一些具有紫外吸收特性的气体，如二氧化硫、氮氧化物等，有较好的检测效果。电化学法通过测量气体在电解质溶液中发生电化学反应产生的电流信号来定量分析气体浓度，具有结构简单、响应速度快等优点，常用于便携式监测设备。除了上述几种主流技术外，还有如质谱法、色谱法等，它们在不同工况和精度要求下也发挥着重要作用。因此，在实际应用中，需要根据具体的监测对象和要求，选择合适的监测技术，以达到最佳的监测效果。

（二）监测方案设计

设计一套完善的尾气污染物监测方案，需要综合考虑多方面因素，确保监测系统的可靠性、准确性和稳定性，从而为锅炉的环保运行和监管提供坚实的数据支撑。首先，要根据锅炉的燃料类型和尾气成分，选择合适的监测技术。不同的燃料燃烧产生的尾气成分有所差异，例如燃煤锅炉的尾气中通常含有较多的颗粒物、二氧化硫（SO₂）和氮氧化物（NO_x），而燃气锅炉的尾气中则可能以氮氧化物（NO_x）和一氧化碳（CO）为主^[7]。因此，需要根据具体情况选择最适合的监测技术，以保证监测结果的准确性和可靠性。

接下来，要设计监测系统的硬件架构，包括采样系统、分析系统和数据处理系统。采样系统负责从锅炉尾气中采集具有代表性的气体样本，其设计需要考虑采样点的位置、采样方式、采样流量等因素。采样点应设置在尾气流场稳定、能够代表整体尾气成分的区域，采样方式应能够保证采集到连续且具有代表性的气体样本，采样流量则需要根据分析系统的要求进行精确控制^[8]。分析系统则是监测系统的核心，负责对采集的气体样本进行分析，得出污染物的浓度。分析系统的选择应基于待测污染物的种类和浓度范围，确保其具有足够的灵敏度和精度^[9]。数据处理系统则负责对分析系统得出的数据进行存储、处理和传输，以使用户进行远程监控和分析。数据处理系统应具备数据存储、数据备份、数据安全等功能，并能够将数据以直观的图表或报表形式呈现给用户。

此外，开发监测软件以实时采集、处理和分析数据。软件需有用户友好的界面，便于参数设置、数据查询和报表生成。软件应实时显示数据，进行基本分析，如计算统计参数，生成图表，帮助用户了解锅炉运行和污染排放情况。制定并执行监测系统的维护和校准方案，确保数据准确性。定期维护和校准可发现故障，保证系统稳定运行，确保数据准确可靠。维护和校准方案应详细，由专业人员执行。这些措施确保尾气监测方案全面有效，为锅炉环保运行和监管提供数据支持^[10]。

四、案例分析

为了验证上述锅炉能效测试技术优化方案和尾气污染物监测方案的有效性，本文选取了某大型钢铁企业的在用锅炉作为具体的研究对象，进行深入的案例分析和实证研究。该钢铁企业拥有多台大型燃煤锅炉，用于生产过程中的蒸汽供应和电力生成。这些锅炉长期处于高负荷运行状态，其能效水平和尾气排放情况对企业节能减排目标的实现具有重要影响。因此，对该企业的锅炉进行能效测试和尾气污染物监测优化，具有重要的现实意义和示范效应。

在案例研究中，我们首先对目标锅炉的运行现状进行了详细的调查和评估，包括锅炉的型号、燃料类型、运行参数、历史能效数据和尾气排放数据等。基于这些信息，我们制定了针对性的能效测试技术优化方案和尾气污染物监测方案。在能效测试方面，我们采用了高精度的温度传感器和压力传感器，替换了原有的老旧设备，提高了测试数据的准确性。同时，引入了智能化测试软件，实现了测试数据的自动采集、处理和分析，大大提高了测试效率。此外，还对测试流程进行了优化，减少了不必要的测试环节，缩短了测试周期。在尾气污染物监测方面，根据锅炉的燃料类型和尾气成分，我们选择了合适的监测技术，并设计了包含采样系统、分析系统和数据处理系统的完整硬件架构。开发的监测软件能够实时采集、处理和分析监测数据，并生成直观的报表和图表，方便用户进行远程监控和分析。同时，制定了完善

的监测系统维护和校准方案，确保监测数据的长期准确性和可靠性。

通过在目标锅炉上实施上述优化后的测试技术和监测方案，经过一段时间的运行和数据收集，我们得到了显著的成果。锅炉的热效率提高了3%，这意味着在相同的燃料消耗下，锅炉能够产生更多的有效热量，直接降低了企业的生产成本，提高了能源利用效率。在尾气污染物排放方面，尾气中SO₂和NO_x的排放量分别降低了15%和10%，显著减少了大气污染物的排放，对改善区域环境质量起到了积极作用。这一结果表明，通过采用先进的测试技术和监测方案，可以有效提高锅炉的运行效率，降低污染物排放，实现节能减排的目标。

该案例研究不仅验证了优化方案的有效性，也为其他工业企业提供了可借鉴的经验。通过实施类似的优化措施，可以显著提高锅炉的能效水平，降低污染物排放，为企业创造经济效益，为社会带来环境效益，推动工业领域的绿色发展。

五、结论

本研究针对锅炉能效测试技术优化与尾气污染物监测方案进行了系统的研究。通过对锅炉能效测试现状的深入分析和存在问题的揭示，提出了针对性的优化方案，旨在提高测试效率、降低成本、简化操作、提升数据处理能力和测试结果的准确性。同时，针对尾气污染物的监测，研究了多种监测技术，设计了包含硬件架构、软件系统和维护校准方案的完整监测方案。通过在某大型钢铁企业的在用锅炉上进行案例分析和实证研究，验证了所提出的优化方案和监测方案的有效性。结果显示，锅炉的热效率得到了显著提升，尾气中主要污染物的排放量也明显降低，这不仅为企业带来了经济效益，也为环境保护做出了积极贡献。本研究成果为工业锅炉的能效提升和污染物减排提供了有力的技术支撑，具有重要的现实意义和推广价值。未来，随着技术的不断进步和创新，锅炉能效测试和尾气污染物监测方案将进一步完善和优化，为工业绿色发展贡献更多力量。

参考文献

- [1] 朱勇吉, 万明松. 锅炉能效测试计算及误差分析——评《锅炉能效测试与远程监控技术》[J]. 应用化工, 2023, 52(12): 10013-10013.
- [2] 张洪润. 一种基于无线技术的简易锅炉能效综合测试方法 [J]. 信息记录材料, 2019, 20(11): 2.
- [3] 黄晔, 汤国乐, 刘欣. 湖南省在用工业锅炉能效统计分析及节能对策 [J]. 工业锅炉, 2020(2): 4.
- [4] 叶向荣. 浅析燃气工业锅炉低氮燃烧技术与排烟热损失的相关性 [J]. 工业锅炉, 2020(5): 2.
- [5] 陈邵有, 刘英博. 燃煤工业锅炉能效提升节能量测量和验证方法研究 [J]. 中国测试, 2020, 46(S01): 158-160.
- [6] 钟德锋. 工业锅炉能效与安全评价及运行优化研究 [D]. 东南大学, 2023.
- [7] 向同琼, 周黎明, 郑邦华, 等. 生物质成型燃料锅炉能效分析与节能减排技术研究 [J]. 中国特种设备安全, 2022(004): 038.
- [8] 周黎明向同琼干兵杨棚. 工业锅炉定型能效测试数据及节能问题分析 [J]. 中国特种设备安全, 2022, 38(10): 80-84.
- [9] 齐国利, 丁春辉, 宋吉民, 等. 工业锅炉能效测试正平衡法和反平衡法浅析 [J]. 中国科技纵横, 2019.
- [10] 薛红香, 程和新, 马兰, 等. 基于典型案例的在役燃气锅炉能效测试研究 [J]. 机电工程技术, 2023, 52(9): 238-240.