

# 能源与动力工程在锅炉领域的实践研究

顾 涛

宁波市特种设备检验研究院 浙江 宁波 315048

**摘要：**文章聚焦于能源与动力工程在锅炉领域的实践研究，探讨通过优化燃烧过程、提升热传递效率、严格控制废气排放及强化运行管理与优化等策略，实现锅炉系统的高效、环保运行。研究表明，这些技术的应用显著提高锅炉的能源利用效率，降低污染物排放，为工业可持续发展提供有力支持。本文旨在为锅炉行业的节能减排和绿色发展提供理论依据和技术参考。

**关键词：**能源与动力；锅炉；实践研究

引言：能源与动力工程作为推动工业发展的重要基石，在锅炉领域的实践研究中扮演着至关重要的角色。锅炉作为能源转换的关键设备，其性能优化直接关系到能源利用效率与环境保护。本文旨在探讨能源与动力工程在锅炉领域的最新研究成果，通过深入分析燃烧技术、热传递机制、废气处理及运行管理等方面的创新与实践，为锅炉行业的可持续发展提供理论支撑与实践指导。

## 1 能源与动力工程基础概述

能源与动力工程是一门集理论性、实践性与创新性于一体的综合性学科，它致力于探索能源的高效转换、利用及其对环境的影响。该领域广泛涉及化石能源（如煤、石油、天然气）的清洁燃烧技术，可再生能源（太阳能、风能、水能、生物质能）的开发与利用，以及核能、氢能等新型能源的研究与应用。在基础理论方面，能源与动力工程涵盖了热力学、流体力学、传热学、燃烧学等核心课程，这些理论为能源转换装置的设计、优化及运行提供了坚实的科学依据，随着科技的进步，材料科学、自动控制、信息技术等交叉学科的融入，进一步推动了能源与动力工程领域的创新发展。实践应用上，该专业毕业生在电力、汽车、航空航天、制冷空调、能源管理等多个行业发挥着重要作用，参与设计高效能发动机、优化能源系统、开发新能源技术等关键任务，为解决全球能源危机、促进可持续发展贡献力量。

## 2 锅炉的工作原理

### 2.1 燃料燃烧过程

锅炉的燃料燃烧过程是锅炉工作的起点，也是能量转换的初始阶段。在这一过程中，燃料（煤如、天然气、生物质等）被送入锅炉的燃烧室内进行燃烧。煤被加热时，首先进行的是水分的蒸发过程，煤被逐渐干燥。这一阶段消耗的热量与煤中水分的含量成正比，水分越多，干燥所需时间越长，消耗的热量也越多。煤被

干燥后，随着温度的继续升高，达到一定温度时（不同种类的煤有不同的温度阈值），煤开始析出挥发分并生成焦炭<sup>[1]</sup>。挥发分中包含大量的可燃物质，如碳氢化合物等，这些物质在高温、缺氧条件下会进行热分解，形成微小的碳粒（碳黑），随烟气排出。当挥发分达到一定浓度和温度时，开始着火燃烧，形成明亮的黄色火焰。随着挥发分的不断析出和温度的升高，挥发分中的可燃物质与氧气发生剧烈的化学反应，形成火焰。这一过程加速了燃料的燃烧速度，提高了燃烧效率。当挥发分基本燃烧完毕后，氧气才能扩散到焦炭表面，焦炭开始着火燃烧。焦炭是煤的主要可燃质，燃烧时能放出大量热量。焦炭的燃烧速度相对较慢，因此组织好焦炭的燃烧是煤燃烧过程的关键。焦炭在持续燃烧过程中逐渐燃尽，形成灰渣，这一阶段标志着煤的燃烧过程结束。

### 2.2 热量传递过程

在燃料燃烧过程中产生的高温烟气是锅炉热量的主要来源。这些高温烟气通过炉膛内的热交换器将热量传递给水或其他工质，实现热能的传递。热量传递过程主要通过火焰和高温烟气直接向水冷壁等金属受热面辐射热量。这是热量传递的主要方式之一，尤其在炉膛内部高温区域更为显著。高温烟气在炉膛内流动，通过烟气与水冷壁之间的对流作用传递热量。这种传递方式在炉膛上部和烟道内尤为明显。水冷壁等金属受热面吸收热量后，通过金属管壁将热量传递给管内的水，这是实现水加热和汽化的关键步骤。

### 2.3 水的循环与蒸汽产生过程

在锅炉中，经过预热的给水通过给水泵升压后进入锅炉的汽包。汽包是锅炉的重要部件之一，它起着汇集、分配和分离汽水混合物的作用。水在汽包中通过下降管进入水冷壁下联箱，再分配进入一系列并联的水冷壁管中。在水冷壁管中，水受到火焰辐射传热而迅速加

热并产生大量汽泡。这些汽泡与水混合形成汽水混合物，并由于汽水混合物的密度小于下降管内的饱和水而自然上升进入汽包。汽水混合物在汽包内进行汽水分离后，分离出来的饱和蒸汽被引入过热器继续加热至过热状态。过热蒸汽具有更高的热能和动力性能，能够满足各种工业生产中的需求。分离出来的水又沿着下降管进入水冷壁重复循环，这种自然循环方式不仅保证了水的持续加热和汽化过程，还确保了与高温烟气相接触的金属受热面得到有效冷却而不会被烧毁。

### 3 锅炉的类型

#### 3.1 按燃料分类

锅炉的燃料类型直接决定了其燃烧方式和能源利用效率。根据所使用的燃料不同，锅炉可以分为燃煤锅炉、燃油锅炉、燃气锅炉以及生物质锅炉等几大类。

(1) 燃煤锅炉：燃煤锅炉是历史最悠久、应用最广泛的锅炉类型之一。它以煤炭为主要燃料，通过煤的燃烧产生高温烟气，进而加热锅炉内的水或工质。燃煤锅炉具有燃料成本低廉、储量丰富的优点，但同时也存在燃烧效率低、污染排放大等缺点。随着环保要求的日益严格，燃煤锅炉正逐步向高效、低污染方向发展。(2) 燃油锅炉：燃油锅炉以柴油、重油等液体燃料为能源，通过喷油嘴将燃料雾化后喷入炉膛与空气混合燃烧。燃油锅炉具有燃烧效率高、自动化程度高、调节灵活等优点，且燃料运输和储存相对方便，燃油锅炉的燃料成本较高，且对燃油品质有一定要求<sup>[2]</sup>。(3) 燃气锅炉：燃气锅炉以天然气、液化石油气等气体燃料为能源，通过燃烧器将燃料与空气混合后送入炉膛燃烧。燃气锅炉具有燃烧效率高、环保性能好、占地面积小等优点，是近年来发展迅速的锅炉类型之一。随着天然气等清洁能源的普及，燃气锅炉的应用范围将进一步扩大。(4) 生物质锅炉：生物质锅炉是一种利用生物质能作为燃料的锅炉。生物质能来源于植物、动物及其排泄物等有机物质，具有可再生、环保等优点。生物质锅炉通过燃烧生物质颗粒、秸秆等燃料产生热能，实现能源的循环利用，生物质锅炉的燃料收集、处理和储存相对复杂，且燃烧过程中可能产生一定的污染物。

#### 3.2 按结构分类

锅炉的结构类型决定了其热交换方式和运行特性。根据结构特点的不同，锅炉可以分为水管锅炉、火管锅炉以及复合式锅炉等几大类。第一、水管锅炉：水管锅炉是指水在管内流动、烟气在管外流动的锅炉。这种锅炉结构紧凑、热效率高、水循环良好，且易于实现大容量和高参数。水管锅炉广泛应用于电站、化工、冶金等

领域的大型锅炉中。第二、火管锅炉：火管锅炉则是指烟气在管内流动、水在管外流动的锅炉。火管锅炉结构简单、制造方便、运行可靠，但热效率相对较低且难以实现大容量和高参数，火管锅炉多用于小型蒸汽或热水供应系统。第三、复合式锅炉：复合式锅炉结合了水管锅炉和火管锅炉的优点，采用多种热交换方式以提高热效率和运行性能。复合式锅炉的设计灵活多样，可根据具体需求进行定制和优化。

#### 3.3 按用途分类

锅炉的用途决定了其设计参数和运行要求。其一、工业锅炉：工业锅炉主要用于工业生产过程中的加热、蒸发、干燥、消毒等工艺环节。它们通常具有较小的容量和较低的压力参数，但要求运行稳定可靠、操作简便。工业锅炉广泛应用于纺织、印染、造纸、食品等行业。其二、电站锅炉：电站锅炉是火力发电厂的核心设备之一，用于产生高温高压的蒸汽以驱动汽轮机发电。电站锅炉具有大容量、高参数、高效率等特点，是电力生产的重要基础设施。随着电力需求的不断增长和环保要求的提高，电站锅炉正朝着超临界、超超临界等更高参数方向发展。其三、生活锅炉：生活锅炉主要用于供暖、热水供应等民用领域。它们通常具有较小的容量和较低的压力参数，但要求运行安全可靠、噪音低、维护方便。生活锅炉广泛应用于居民小区、学校、医院等场所。其四、特种锅炉：特种锅炉是指用于特殊场合或具有特殊功能的锅炉。它们可能具有特殊的结构、材料或运行方式，以满足特定的工艺要求或环保标准。特种锅炉包括但不限于余热锅炉、垃圾焚烧锅炉、船用锅炉等。

### 4 能源与动力工程在锅炉中的应用实践

#### 4.1 燃烧过程优化

燃烧过程是锅炉运行的核心环节，其优化对于提高锅炉整体性能具有重要意义。能源与动力工程通过深入研究燃烧机理，结合先进的控制技术，实现了燃烧过程的全面优化。优化策略与效果：通过精确控制燃料的投放量和风量的配比，确保燃烧过程中的空气与燃料充分混合，提高燃烧效率。实验数据显示，优化后的燃烧系统可使NO<sub>x</sub>生成浓度降低15%，锅炉效率提升0.25%。针对新能源并网背景下火电机组超低负荷运行的需求，通过调整燃烧参数和控制系统，确保锅炉在低负荷工况下仍能稳定燃烧。例如，在35%BMCR负荷下，无需硬件设备改造即可实现稳定运行，脱硝入口烟温提升10~20℃，为环保运行提供有力支持。通过优化燃烧控制策略，减少锅炉受热面结焦、爆管等故障，提高锅炉运行的安全性和经济性<sup>[3]</sup>。数据显示，优化后的锅炉故障率显著降

低, 维修成本减少约20%。在保证锅炉经济性和安全性的前提下, 通过调整燃烧参数和采用低氮燃烧技术, 有效降低NO<sub>x</sub>排放量。在常规工况下, NO<sub>x</sub>生成浓度可降低至原排放量的85%以下, 达到国家环保标准。

#### 4.2 热传递效率提升

热传递效率是衡量锅炉性能的重要指标之一。能源与动力工程通过优化锅炉传热表面的设计、改进燃烧室结构以及利用烟气余热回收等手段, 显著提高了锅炉的热传递效率。优化措施与成效: 采用高效的传热材料, 如不锈钢和耐高温合金, 并优化传热表面的形状和布局, 增加传热面积, 提高热对流和辐射传热的效果。实验表明, 优化后的传热表面可使锅炉传热效率提升约5%。通过改进燃烧室的结构设计, 优化火焰形状和燃烧区域分布, 使热量更加集中和高效地传递给工质。例如, 采用旋流燃烧技术, 可以显著提高火焰的稳定性和燃烧效率, 进而提高锅炉整体热效率。利用烟气中的余热进行回收和再利用, 是提高锅炉热效率的有效途径。通过在锅炉尾部安装余热回收装置, 如热管换热器或余热锅炉, 可以将烟气中的热能转化为有用的热能或电能。实验数据显示, 余热回收系统可使锅炉热效率提升约3%~5%。

#### 4.3 废气排放控制

锅炉废气中含有大量的污染物, 如颗粒物、二氧化硫、氮氧化物等, 对环境和人体健康构成威胁。能源与动力工程通过采用先进的废气处理技术和排放控制策略, 有效降低了锅炉废气的排放。控制措施与成效: 在燃烧过程中加入脱硫剂或在锅炉尾部安装脱硫装置, 使烟气中的二氧化硫与碱性物质反应生成硫酸盐, 随炉渣或废水排出。实验表明, 脱硫效率可达90%以上, 显著降低二氧化硫排放量。采用选择性催化还原法(SCR)或选择性非催化还原法(SNCR)等脱硝技术, 利用还原剂将烟气中的氮氧化物还原为无害的氮气和水。实验数据显示, 在优化运行条件下, 脱硝效率可达80%以上, 有效减少NO<sub>x</sub>排放。利用重力沉降、惯性除尘、电除尘等除尘技术, 将烟气中的颗粒物分离并收集。实验表明, 除尘效率可达99%以上, 确保烟气中的颗粒物排放符合国家环保标准。

#### 4.4 运行管理与优化

科学的运行管理与优化策略对于提高锅炉的能源利用效率、降低运行成本和减少环境污染具有重要作用。管理与优化措施: 通过安装先进的监测设备, 实时监测锅炉的运行参数(如燃料供应、燃烧温度、风量等), 并根据监测数据及时调整运行参数, 确保锅炉处于最佳运行状态<sup>[4]</sup>。实行节能管理策略, 包括从供应链角度控制原材料和能源消耗, 从生产流程角度优化工艺和机械设备运行, 以及从地理位置角度利用当地资源和环境等。这些措施有助于减少能源浪费, 提高生产效率。定期对锅炉设备进行维护和保养, 包括清洗传热表面、更换易损件、检查密封性等, 确保设备处于良好状态, 减少能源损失和热阻, 提高热传递效率和能源利用效率。研究并优化锅炉的运行模式, 包括燃烧控制策略的优化、负荷调节策略的优化以及燃料供应系统的优化等。通过合理的运行模式优化, 可以实现锅炉在不同负荷条件下的高效运行, 减少能源浪费和排放。

#### 结束语

能源与动力工程在锅炉领域的实践研究展现了其在提高能源利用效率、减少环境污染方面的巨大潜力。随着技术的不断进步和应用的深入推广, 锅炉系统将更加高效、环保, 为工业生产和居民生活提供更加清洁、可持续的能源支持。未来, 需继续加强技术创新与应用研究, 推动锅炉行业向更高水平发展, 为实现全球能源转型 and 环境保护目标贡献力量。

#### 参考文献

- [1]刘天红.能源与动力工程在锅炉领域的实践研究[J].化工管理,2021(36):177-178.DOI:10.19900/j.cnki.ISSN1008-4800.2021.36.085.
- [2]牛红军.能源与动力工程在锅炉领域的实践研究[J].电脑爱好者(电子刊),2020(12):4299-4300.DOI:10.12277/j.issn.1005-0043.2020.12.2149.
- [3]侯燕.发锅炉锅炉节能减排的应对措施分析[J].电子技术,2022,51(01):156-157.
- [4]庄岳荣.能源与动力工程中的节能技术分析[J].工程技术研究,2021,6(10):52-53.