

电厂锅炉余热利用技术研究 with 经济效益分析

孙龙

国家能源集团郭家湾电厂, 陕西 榆林 710100

摘 要： 本文先概述了电厂锅炉余热资源的特点，对余热利用技术进行了分类，并分析了我国电厂锅炉余热利用的现状。在此基础上，研究了余热回收装置的设计、余热利用系统的优化、设备选型与匹配以及控制系统设计等关键技术。随后，本文对电厂锅炉余热利用项目的经济效益进行了分析，包括投资估算、运营成本分析、节能减排效益等。最后，分析了政策环境、市场需求与前景预测，以及存在的阻碍因素和应对策略。研究结果表明，电厂锅炉余热利用技术具有良好的经济效益和环境效益，具有重要的推广和应用价值。

关 键 词： 余热利用；电厂锅炉；技术研究；经济效益；节能减排

Research On Waste Heat Utilization Technology And Economic Benefit Analysis Of Power Plant Boiler

Sun Long

Guojiaowan Power Plant, National Energy Group, Shaanxi, Yulin 710100

Abstract： In this paper, the characteristics of waste heat resources of power plant boiler are summarized, the technology of waste heat utilization is classified, and the current situation of waste heat utilization of power plant boiler is analyzed. On this basis, the design of waste heat recovery device, optimization of waste heat utilization system, equipment selection and matching, control system design and other key technologies are studied. Then, this paper analyzes the economic benefits of the boiler waste heat utilization project, including investment estimation, operation cost analysis, energy saving and emission reduction benefits. Finally, it analyzes the policy environment, market demand and prospect forecast, as well as the hindrance factors and countermeasures. The results show that the waste heat utilization technology of power plant boiler has good economic and environmental benefits, and has important popularization and application value.

Keywords： waste heat utilization; power plant boiler; technical research; economic benefits; energy conservation and emission reduction

引言

随着我国经济的快速发展，能源需求不断增长，电力行业作为能源消耗大户，其节能减排工作显得尤为重要。电厂锅炉在发电过程中会产生大量余热，这部分热量若能得到有效利用，将对提高能源利用率、降低能源消耗具有重要意义。近年来，电厂锅炉余热利用技术已成为我国能源领域的研究热点。

电厂锅炉余热利用技术是指在锅炉运行过程中，将排放的废热回收并转化为可用能源，以达到节能减排、提高经济效益的目的。然而，目前我国电厂锅炉余热利用水平相对较低，大量余热资源尚未得到有效开发。因此，研究电厂锅炉余热利用技术，提高余热资源利用率，对推动我国能源结构调整、实现可持续发展具有深远意义。

一、电厂锅炉余热利用技术概述

在当今全球能源短缺和环境污染问题日益严重的背景下，电厂锅炉余热利用技术作为一种有效的能源回收方式，受到了广泛关注。以下是电厂锅炉余热利用技术的几个重要方面：

（一）锅炉余热资源特点

目前传统的锅炉排污热能余热回收利用方式主要有冷凝水闪蒸回收和换热器热交换回收两种。冷凝水闪蒸回收是指将高温的

冷凝水通过减压闪蒸器进行蒸发，全程密闭回收，使冷凝水在瞬间汽化转化为蒸汽^[1]。

在电厂锅炉的运行过程中，余热资源展现出几个显著的特点：其温度普遍高于250℃，这一特性使其具备了较高的回收价值；余热资源的产出与锅炉的运行状态紧密相关，这种稳定性确保了余热利用的连续性和可靠性；此外，这些余热资源的潜在利用率非常高，通过科学有效地回收与利用，能够显著提升整体的能源利用率。

（二）余热利用技术分类

余热利用技术根据其回收方式和应用领域的不同，可以细分为以下几类：在余热利用技术中，直接利用技术如余热锅炉和热交换器，能够直接将余热转化为蒸汽或热能，这些技术在工业生产中得到了广泛应用^[2]。间接利用技术，例如有机朗肯循环（ORC）系统，通过使用中间介质将余热转化为电能，为可再生能源领域开辟了新的路径。此外，综合利用技术，如余热供暖、空调和热水系统，将余热用于生活和工业用热，实现了能源的多用途和高效利用。

（三）我国电厂锅炉余热利用现状

在我国，电厂锅炉余热利用技术尚处于发展初期阶段。一方面，一些电厂已经开始了余热利用的实践探索，通过安装余热回收装置等措施，取得了初步的经济效益和环境效益。这些实践为余热利用技术的发展积累了宝贵的经验，为其他电厂提供了可借鉴的模式^[3]。另一方面，由于技术水平、资金投入以及认知程度等方面的限制，我国许多电厂的余热资源尚未得到充分开发和利用。这不仅导致了能源的浪费，也影响了电厂的经济效益和环境保护目标的实现。因此，深入研究和推广电厂锅炉余热利用技术对于我国能源结构的优化和环境保护具有重要意义。这不仅有助于提高能源利用效率，减少能源浪费，降低温室气体排放，还能推动我国能源行业的可持续发展。同时，通过技术研发、政策支持、资金投入等方面的努力，可以进一步提高余热利用技术的普及率和效率，促进电厂锅炉余热利用技术的广泛应用。

二、电厂锅炉余热利用技术研究

为了充分发挥电厂锅炉余热资源的潜力，这一部分对余热利用技术进行了深入的研究和探讨。以下是研究的几个关键方面：

（一）余热回收装置设计

余热回收装置作为余热利用技术的核心组件，其设计的合理性对于提升余热利用效率具有决定性作用^[4]。在设计阶段，首要的任务是深入分析锅炉的运行参数和余热的具体特性，以确保回收装置能够适应各种复杂的工作条件。这包括对锅炉的热力学性能、余热的温度、流量和质量等关键参数的细致分析，以便设计出能够高效回收余热的装置。挑选适宜的换热介质和换热技术，以最大化热交换效率。这涉及选择适合的流体作为换热介质，以及确定最佳的换热方式，如直接接触换热、间接换热等，以实现热能的最大化转换。

设计时需兼顾装置的紧凑布局、耐腐蚀性能以及维护的便捷性。紧凑的布局可以节省空间，提高设备的安装效率；耐腐蚀性能可以确保设备在恶劣环境下的长期稳定运行^[5]；而维护的便捷性则可以降低设备的运维成本，提高系统的整体可靠性。

（二）余热利用系统优化

余热利用系统优化的核心宗旨，在于显著提高整体的能源利用效率，实现能源的深度挖掘与高效应用。该优化过程不仅涉及对系统热力性能的深度剖析，还包括对系统能量平衡的精确测算，以及对整体流程布局的优化调整。通过采用先进的模拟技术

和严谨的实验方法，能够精确识别系统的性能瓶颈所在，挖掘出潜在的优化空间，为系统的改进提供科学依据。这种综合性的优化策略，不仅有助于揭示系统内部各环节之间的能量转换与传递机制，还能为系统设计提供更为合理的参数配置，确保系统能够在高效、稳定的状态下运行。

（三）余热利用设备选型与匹配

精准选型与匹配余热利用设备是确保系统高效运作的核心步骤。在设备选择过程中，必须细致考虑余热的温度、流量和质量等关键参数，以确保所选设备的工作性能和规格与实际需求相匹配^[6]。此外，设备的兼容性也是关键因素，必须确保各个设备单元能够协同工作，发挥最优的整体效能。同时，设备的成本效益比也是决策时不可或缺的考量因素，旨在实现经济性与技术性的均衡。

（四）余热利用控制系统设计

控制系统充当着余热利用系统的大脑，承担着实时监控和调节系统运行状态的重任。在设计阶段，应当集成最先进的控制策略和算法，以确保对余热回收装置进行精准控制。此外，控制系统的稳定性和可靠性是确保系统安全稳定运行的关键。它必须能够应对各种突发状况，保证系统的稳定运行^[7]。通过精心优化控制逻辑，还能够显著提升系统的自动化程度和操作的便捷性，进一步强化系统的整体性能。

三、经济效益分析

经济效益分析是评估电厂锅炉余热利用项目可行性的重要环节，对于决策者和投资者来说，这是决定项目是否值得投入的关键因素。以下是对经济效益分析的几个主要方面的详细阐述：

（一）投资估算

投资估算是经济效益分析的核心基础，它涉及对余热利用项目所需全部投资的详尽计算。这一过程不仅包括了设备采购、安装、土建工程、技术支持、人员培训等直接费用，还涵盖了项目管理、财务成本、备用金等间接费用。精准的投资估算对于项目团队来说是资金合理分配和项目顺利实施的关键所在^[8]。通过对比不同实施方案的投资成本，项目团队能够有效地筛选出性价比最高的方案。这种比较分析不仅有助于优化项目的经济性，还能够确保投资决策的明智性，从而在保障项目技术先进性和高效运行的同时，实现成本效益的最大化。因此，投资估算的精确性和全面性对于项目的成功启动和长期盈利能力具有决定性作用。

（二）运营成本分析

运营成本分析构成了对项目在整个生命周期内所产生费用的全方位审视，它覆盖了能源消耗、设备维护与保养、人力资源投入，以及管理费用等多个关键成本要素。通过对运营成本的深度解析，能够精确地描绘出项目的成本结构，为有效降低日常运营成本、增强项目的经济效益提供了坚实的数据支撑。长期的运营成本分析为投资者提供了一个评估项目长期经济性的前瞻性视角。这种分析不仅有助于投资者洞察项目在长期运营中的财务表现，而且对于评估投资回报的持续性和稳定性具有重要作用^[9]。

通过对运营成本的持续监控和优化，项目团队可以更好地规划资源分配，确保项目的长期可持续发展，同时为投资者提供信心，确保其投资能够获得稳健且可持续的回报。

（三）节能减排效益

节能减排效益是余热利用项目所带来的一项至关重要的社会效益。通过精确计算项目实施后所降低的能源消耗量和减少的污染物排放量，能够客观地衡量项目对环境保护和可持续发展的具体贡献。这种评估不仅对于提升企业社会责任形象具有显著作用，而且还可能使企业获得政府的政策性补贴和其他形式的附加收益，从而在增强项目经济性的同时，也巩固了其社会价值和环境效益。这种多赢的局面，不仅为企业赢得了良好的社会声誉，也为推动绿色经济发展模式提供了强有力的支撑，进一步提升了项目的综合效益和长远影响力。

四、电厂锅炉余热利用政策与市场分析

电厂锅炉余热利用技术的发展不仅受技术因素的影响，还与政策环境和市场需求密切相关。以下是对电厂锅炉余热利用政策与市场分析的几个主要方面的详细阐述：

（一）政策环境分析

政策环境是推动电厂锅炉余热利用技术发展的重要外部条件。当前，我国政府高度重视节能减排和绿色发展，出台了一系列支持余热利用的政策措施。这些政策包括财政补贴、税收优惠、绿色信贷等，旨在降低企业的投资成本，鼓励技术创新，促进余热资源的开发利用^[10]。分析这些政策的内涵、实施效果以及对余热利用项目的影

（二）市场需求与前景预测

市场需求是推动技术发展的根本动力。随着能源价格的上涨和环境标准的提高，市场对余热利用技术的需求日益增长。通过对市场需求分析，可以预测余热利用技术在未来一段时间内的市场规模、增长速度和潜在客户群体。此外，结合行业发展趋势和宏观经济环境，可以对余热利用技术的市场前景进行预测，为企业的市场布局和战略规划提供参考。

（三）阻碍因素与应对策略

尽管电厂锅炉余热利用技术具有广阔的市场前景，但在推广过程中仍面临诸多阻碍因素。这些因素包括技术成熟度、投资成本、运行管理、市场认知等。针对这些阻碍因素，需要制定相应的应对策略。例如，通过技术研发提高余热利用效率，降低成本；通过政策宣传和示范项目提高市场认知度；通过完善服务体系和培训专业人才，提升项目的运行管理水平。通过这些策略，可以有效地推动电厂锅炉余热利用技术的广泛应用。

结束语

本文针对电厂锅炉余热利用技术进行了全面探讨，并对其经济效益进行了分析。通过对现有技术的深入研究、系统优化、实证检验和政策探讨，本文揭示了电厂锅炉余热利用技术在节能减排和经济效益提升方面的巨大潜力。虽然研究过程中存在一定的局限性，但本文仍为电厂锅炉余热利用领域提供了有益的理论支持和实践参考。期待未来更多研究者能够在此基础上，进一步推动技术创新，促进电厂锅炉余热利用技术的广泛应用，为我国能源事业和环境保护贡献新的力量。

参考文献

- [1] 易国刚. 焓差补偿净化技术在锅炉余热回收中的应用 [J]. 广东化工, 2023, 50(23): 110-112.
- [2] 王一丰, 翟春华, 黄庆, 等. 大功率燃气轮机联合循环机组三压再热余热锅炉建模及变负荷运行规律研究 [J]. 热力发电, 2023, 52(12): 79-89. DOI: 10.19666/j.rld.202309142.
- [3] 魏海军. 燃气—蒸汽联合循环机组余热锅炉腐蚀泄漏的缓解与预防措施 [J]. 设备管理与维修, 2023, (22): 80-82. DOI: 10.16621/j.cnki.issn1001-0599.2023.11D.35.
- [4] 孙友佳, 王邦万, 邱永华, 等. 余热发电锅炉自动排污技改创新实践 [J]. 水泥, 2023, (11): 82-84. DOI: 10.13739/j.cnki.cn11-1899/tq.2023.11.025.
- [5] 冯琳峰, 秦成, 符瑞斌. 燃气锅炉烟气余热回收与低氮排放协同处理技术研究 [J]. 中国设备工程, 2023, (22): 223-226.
- [6] 王鹏, 朱冬, 杨尊志. 制硫炉余热锅炉出口过程气超温原因分析及处理措施 [J]. 硫酸工业, 2023, (05): 51-55.
- [7] 张劲松, 高龙飞, 任鹏, 等. 基于数值模拟的铜闪速炉余热锅炉盐化风送风模式优化 [J]. 有色金属 (冶炼部分), 2023, (11): 20-25.
- [8] 李财红, 金丽梅, 沈慧斌, 等. 微量硬度指示剂法在硫黄制硫酸装置余热锅炉给水硬度监测上的应用 [J]. 磷肥与复肥, 2023, 38(10): 40-42.
- [9] 王剑杰, 桑伟逢. 燃机电厂余热锅炉降压节能研究 [J]. 价值工程, 2023, 42(28): 82-84.
- [10] 陈嵩涛, 朱德力, 刘军, 等. 焚烧炉—余热锅炉系统不同负荷下运行能效与分析 [J]. 锅炉技术, 2023, 54(05): 61-65+76.