

垃圾焚烧电厂电力生产、输送与分配的实践研究

齐德志

广州环投从化环保能源有限公司，广东 广州 510000

DOI:10.61369/EPTSM.2025110024

摘要：垃圾焚烧电厂电力生产、输送与分配需多方面优化。从焚烧过程能量转化、蒸汽轮机与发电机协同等多环节提升效率，通过无功补偿等提升电能质量，利用智能化技术实现设备监测、故障预警等，还涉及技术经济分析、污染物监控等，需完善并网标准与产业政策配套，未来将借助新技术推动智能化发展。

关键词：垃圾焚烧电厂；电力优化；智能化技术

Practical Research on Electricity Production, Transmission, and Distribution in Garbage Incineration Power Plants

Qi Dezh

Guangzhou Huantou Conghua Environmental Protection Energy Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract : The power production, transmission, and distribution of waste incineration power plants need to be optimized in multiple aspects. Improving efficiency in multiple aspects such as energy conversion during incineration, collaboration between steam turbines and generators, enhancing power quality through reactive power compensation, utilizing intelligent technology to achieve equipment monitoring, fault warning, as well as technical and economic analysis, pollutant monitoring, etc. It is necessary to improve grid connection standards and industrial policy support. In the future, new technologies will be used to promote intelligent development.

Keywords : garbage incineration power plant; power optimization; intelligent technology

引言

随着环保意识的增强与能源需求的增长，垃圾焚烧发电成为重要的能源利用方式。2023年颁布的《关于推进垃圾焚烧发电行业高质量发展的指导意见》强调提升垃圾焚烧发电效率与环保水平。垃圾焚烧过程能量转化效率优化，涉及焚烧炉温度、燃料配比及余热回收系统的精准把控，同时蒸汽轮机与发电机协同运行、厂内电力传输网络设计、并网电能质量提升等方面也至关重要。政策的支撑为垃圾焚烧电厂在电力生产、输送与分配各环节实现高效、可持续发展提供保障，推动行业不断探索优化技术路线与智能化升级。

一、垃圾焚烧电厂电力生产运行优化策略

(一) 垃圾焚烧过程能量转化效率优化

垃圾焚烧过程能量转化效率优化，关键在于对焚烧炉温度、燃料配比及余热回收系统的精准把控。焚烧炉温度直接影响垃圾燃烧的充分程度，进而决定能量释放效率，需依据垃圾特性精确调控，确保在高效燃烧的温度区间运行。合理的燃料配比不可或缺，通过分析垃圾成分，科学调配助燃剂等，让垃圾燃烧更充分，释放更多可用能量。余热回收系统则是将垃圾焚烧产生的废热进行回收利用，转化为蒸汽驱动汽轮机发电。基于热力学平衡的运行参数优化方法，可综合考虑以上因素，建立数学模型，精算计算各环节最佳参数，使整个垃圾焚烧过程能量转化更高效，从而提升电力生产效率^[1]。

(二) 蒸汽轮机 - 发电机协同运行优化

在垃圾焚烧电厂中，蒸汽轮机与发电机的协同运行至关重要。需研究蒸汽参数调节与发电机组负荷匹配策略，通过精准调控蒸汽的压力、温度等参数，使其与发电机负荷变化相适应，以保障机组高效稳定运行。例如，当垃圾焚烧量发生波动导致蒸汽产量变化时，及时调整蒸汽参数，避免因参数与负荷不匹配造成能量损耗或设备故障。同时，构建热电联产系统能效评价模型，综合考量蒸汽轮机做功发电以及余热利用供热等环节，全面评估系统的能源利用效率^[2]。通过该模型对不同运行工况下的系统能效进行分析，挖掘优化潜力，指导蒸汽轮机 - 发电机协同运行的进一步优化，实现垃圾焚烧电厂电力生产的高效与节能。

二、电力输送与分配系统优化策略

(一) 厂内电力传输网络优化设计

在垃圾焚烧电厂中，厂内电力传输网络的优化设计对电力的高效输送与分配至关重要。一方面，需深入探讨不同电压等级的厂用电网络架构。合理规划高压、中压和低压网络的布局与连接方式，例如依据设备分布和负荷特性，确定各电压等级线路的走向与敷设方式，确保网络结构稳定且具备良好的适应性。另一方面，要提出基于负荷预测的配电设备容量配置方案^[3]。通过精准的负荷预测，了解不同时段、不同区域的用电需求变化。依据预测结果，科学配置变压器、开关柜等配电设备的容量，避免设备容量过大造成资源浪费，或容量过小导致电力供应不足。如此，实现厂内电力传输网络在架构与设备容量配置上的优化，提升电力输送与分配的整体效能。

(二) 并网电能质量提升技术

垃圾发电因垃圾特性、燃烧工况等因素存在波动特性，这对电网电能质量影响显著。为提升并网电能质量，需研究无功补偿与谐波抑制的协同控制策略^[4]。无功功率的波动会造成电压不稳定，而谐波的产生会干扰电网正常运行，降低电能质量，影响用电设备寿命与可靠性。通过协同控制策略，可有效补偿无功功率，稳定电压，同时抑制谐波，使垃圾焚烧电厂输出的电能更符合电网接入标准。具体而言，可采用静止无功补偿器（SVC）、静止同步补偿器（STATCOM）等设备进行无功补偿，运用有源电力滤波器（APF）等实现谐波抑制，并通过智能算法优化两者配合，使垃圾焚烧电厂电力在并入电网时，最大限度降低对电能质量的负面影响，确保电网稳定、高效运行。

三、智能化技术在电力系统中的应用

(一) 智能监测与诊断系统

1. 设备状态实时监测平台

在垃圾焚烧电厂的电力生产、输送与分配中，设备状态实时监测平台至关重要。借助智能化技术，该平台通过构建基于物联网的焚烧-发电全流程数据采集系统，对关键设备的运行参数进行实时、全面收集，如温度、压力、振动频率等^[5]。这些数据经系统快速分析处理，能精准反映设备当前的运行状况。基于此，可实现对关键设备健康状态的科学评估，提前察觉潜在故障隐患。例如，若某发电设备温度异常升高，系统迅速发出预警，运维人员据此及时排查维修，预防设备故障引发的电力生产中断，确保垃圾焚烧电厂电力生产、输送与分配的稳定、高效，最大程度减少对整体生产流程的负面影响。

2. 故障预警与自愈控制

在垃圾焚烧电厂电力系统中，故障预警与自愈控制借助智能化技术实现关键保障。一方面，开发基于机器学习的设备故障预测模型，通过收集电力生产、输送与分配各环节设备的运行参数，如温度、压力、电流、电压等数据，利用机器学习算法对历史数据及实时数据进行深度分析。模型能够提前捕捉到设备潜在

的故障迹象，在故障发生前发出预警，以便运维人员及时介入，提前安排检修，降低故障对电力供应的影响。另一方面，研究电力系统自动重构技术，当局部出现故障导致供电异常时，该技术可依据实时监测数据，快速分析故障位置与影响范围，自动调整电力系统的拓扑结构，重新分配电力潮流，绕过故障区域，保障电力的持续稳定供应，实现电力系统的自愈控制，有效提升垃圾焚烧电厂电力供应的可靠性和稳定性^[6]。

(二) 智能调度与优化控制

1. 多目标动态调度算法

在垃圾焚烧电厂电力生产、输送与分配中，多目标动态调度算法旨在建立经济性与环保指标协同优化的电力调度模型，并设计自适应遗传算法求解策略。该算法充分考虑垃圾焚烧电厂电力系统复杂多变的特性，将发电成本、污染物排放等多个目标纳入调度模型。通过动态调整，使电厂在不同工况下都能实现电力资源的高效分配。自适应遗传算法求解策略则根据模型特点，动态改变遗传算法的交叉、变异概率等参数，有效避免算法陷入局部最优，从而快速准确地找到满足多目标要求的最优调度方案，为垃圾焚烧电厂在保障电力供应的同时，实现经济效益与环境效益的最大化提供有力支持^[7]。

2. 虚拟电厂协同控制技术

在垃圾焚烧电厂的电力生产、输送与分配中，虚拟电厂协同控制技术发挥着关键作用。虚拟电厂并非传统意义上的实体电厂，而是通过先进的信息通信和智能化技术，将垃圾电厂与其他分布式能源、储能系统及可控负荷等整合起来，形成一个虚拟的可控集合体^[8]。通过该技术，可实现垃圾电厂与可再生能源的互补。比如，在可再生能源发电不稳定时，垃圾电厂能稳定输出电力，而可再生能源充足时，垃圾电厂可适当调整发电功率。同时，基于此构建区域能源互联网协调控制框架，能对电力生产、输送与分配进行精细化管理，提升能源利用效率，确保区域电力供应的可靠性与稳定性，达成垃圾电厂与可再生能源的协同优化运行，促进区域能源体系的高效、清洁发展。

四、综合效益评估与发展对策

(一) 技术经济性分析

1. 全生命周期成本模型

在垃圾焚烧电厂的技术经济性分析中，全生命周期成本模型至关重要。该模型需全面考虑设备投资、运行维护及环境成本等要素^[9]。设备投资涵盖垃圾焚烧设备、发电设备等购置与安装费用，是电厂初始建设的主要成本。运行维护成本涉及日常燃料、人工、设备检修等费用，贯穿电厂运营全过程。环境成本则包括废气、废水、废渣处理等相关支出，反映电厂对环境的影响代价。通过构建这样的全生命周期成本模型，能精准核算垃圾焚烧电厂在电力生产、输送与分配各阶段的成本，为综合效益评估提供坚实数据支撑，助力制定科学合理的发展对策，使电厂在经济可行与环境友好之间达成平衡，实现可持续发展。

2. 边际效益敏感性分析

在垃圾焚烧电厂电力生产、输送与分配的实践中，边际效益敏感性分析至关重要。电价政策、碳交易机制等外部因素显著影响项目收益^[10]。电价的变动直接关系到垃圾焚烧电厂的销售收

入，微小的电价调整，可能导致边际效益的大幅波动。而碳交易机制为电厂带来额外收益途径，碳价的升降对边际效益影响明显。深入分析这些外部因素，有助于明确各因素变动对边际效益的作用程度，从而帮助电厂管理者精准把握项目盈利状况，制定科学的生产、输送与分配策略，提升运营效率与经济效益，增强在复杂市场环境中的适应能力与竞争力，确保垃圾焚烧电厂的可持续发展。

（二）环境影响评价

1. 污染物排放监控体系

在垃圾焚烧电厂污染物排放监控体系方面，构建二噁英、重金属等特征污染物的在线监测与排放预警系统意义重大。通过该系统，能实时精准掌握污染物排放数据，为环境影响评价提供可靠依据。这不仅有助于及时发现超标排放等潜在问题，采取针对性措施减少对周边环境的污染，还能增强公众对垃圾焚烧电厂运营的信任。从综合效益看，可有效平衡电力生产与环境保护的关系，提升电厂的社会形象和可持续发展能力。未来发展对策上，需持续优化监测系统的稳定性与准确性，加强对监测数据的分析与应用，同时与相关部门的监管系统有效对接，实现信息共享，推动垃圾焚烧行业的绿色、规范发展。

2. 碳足迹核算与减排路径

对垃圾焚烧电厂进行碳足迹核算，明确其在电力生产、输送与分配各环节的碳排放情况。通过分析垃圾处理量、发电效率、输送损耗等参数，精准量化碳排放量。核算结果显示，垃圾焚烧替代化石能源发电，在减少温室气体排放方面具有显著潜力。基于此，提出一系列减排路径。优化垃圾焚烧工艺，提高能源转化效率，降低单位发电量的碳排放。加强电力输送与分配系统的维护，减少线路损耗，间接降低碳足迹。同时，探索引入碳捕捉与封存技术，进一步提升碳减排效果，助力垃圾焚烧电厂向低碳化运行模式转型，实现经济与环境效益双赢。

（三）政策与标准化建设

1. 并网技术标准完善建议

现行垃圾发电并网规程存在一定不足，需完善并网技术标准。一方面，针对电压调节，应明确更为精准的电压控制参数范

围。例如，结合垃圾焚烧电厂的实际发电规模与电力输送距离，详细规定不同工况下并网点的电压允许波动范围，确保输出电压稳定在合理区间，减少对电网的冲击。另一方面，在电能质量方面，制定更严格的谐波、三相不平衡度等指标。垃圾焚烧发电设备运行可能产生谐波等电能质量问题，新的标准要规定谐波含量的最大允许值以及三相不平衡度的合格范围，同时给出有效的监测与治理措施建议，以此保障垃圾焚烧电厂所发电力符合电网接入要求，提升整个电力系统的稳定性与可靠性。

2. 产业政策配套机制设计

在垃圾焚烧电厂电力生产、输送与分配领域，产业政策配套机制设计至关重要。政府补贴政策应进一步优化，精准评估垃圾焚烧发电成本与收益，合理调整补贴力度，以保障项目长期稳定运营。同时，强化市场化交易机制，完善电力直接交易规则，让垃圾焚烧电厂能更顺畅地参与市场竞争，提升其经济效益。构建与垃圾焚烧电力特性相适配的绿色电力认证机制，使绿色电力价值得以体现，增强企业的积极性。还要建立动态的政策调整机制，依据行业技术进步、成本变化等因素，及时调整补贴标准和市场交易规则，确保产业政策始终贴合产业发展实际，推动垃圾焚烧电厂电力生产、输送与分配各环节高效、可持续发展。

五、总结

垃圾焚烧电厂在电力生产、输送与分配的实践中，通过系统总结全流程优化技术路线，从垃圾预处理、焚烧过程控制到发电设备运行管理等各环节，实现了电力生产效率与质量的提升。提炼出的智能化升级共性关键技术，如智能监测与故障诊断、智能调度等，为垃圾焚烧电厂向智能化迈进奠定基础。而展望未来，数字孪生与5G通信技术在电力系统的深度集成，将进一步推动垃圾焚烧电厂电力生产的智能化、高效化发展，实现更加精准的模拟与控制、更快速的数据传输与交互，助力垃圾焚烧电厂在电力领域持续创新，为城市能源供应与环境保护协同发展贡献更大力量。

参考文献

- [1] 李寅斌.某城市生活垃圾焚烧发电厂系统设计 [D].浙江工业大学,2021.
- [2] 钟吴君.含垃圾焚烧电厂的综合能源系统优化调度研究 [D].长沙理工大学,2021.
- [3] 张健炜.垃圾焚烧电厂运行可靠性分析及评估 [D].广东工业大学,2021.
- [4] 朱传强.垃圾焚烧电厂脱硝工艺开发及工程优化 [D].中国科学院大学,2022.
- [5] 郑家银.垃圾焚烧电厂锅炉过热器钛铝涂层的高温腐蚀性能研究 [D].扬州大学,2023.
- [6] 邱留良.垃圾焚烧电厂锅炉优化设计措施 [J].应用能源技术,2022(12):27-30.
- [7] 邢家丽,王甲,曾武.垃圾焚烧发电厂垃圾储坑应急除臭优化研究 [J].广东化工,2022,49(21):190-192,227.
- [8] 李键.垃圾焚烧电厂锅炉吊装安全技术管理 [J].应用能源技术,2022(9):13-16.
- [9] 吴志达.垃圾焚烧电厂电气安全问题与检修管理研究 [J].造纸装备及材料,2022,51(7):192-194.
- [10] 刘东.垃圾焚烧电厂汽轮机真空严密性优化 [J].电力系统装备,2021(11):112-113.