

热能动力工程视角下垃圾焚烧发电项目技术管理策略研究

周文斌

广东 东莞 523100

DOI:10.61369/ME.2025080005

摘要：本文从热能动力工程视角探讨垃圾焚烧发电项目技术管理。阐述垃圾焚烧发电工艺，分析该领域技术优势，指出设备全寿命周期管理、多源污染物协同控制难点。强调项目前期技术论证、运维期技术标准、能效管理等重要性，提出基于数字孪生的预测性维护等多种创新策略，以提升技术管理水平。

关键词：垃圾焚烧发电；热能动力工程；技术管理

Research on Technical Management Strategies for Waste-to-Energy Incineration Projects from the Perspective of Thermal Power Engineering

Zhou Wenbin

Dongguan, Guangdong 523100

Abstract : This paper explores the technical management of waste-to-energy incineration projects from the perspective of thermal power engineering. It elaborates on the waste-to-energy incineration process, analyzes the technological advantages in this field, and points out the difficulties in the full life cycle management of equipment and the coordinated control of multi-source pollutants. It emphasizes the importance of technical argumentation in the project's early stages, technical standards during operation and maintenance, and energy efficiency management, and proposes several innovative strategies such as predictive maintenance based on digital twins to enhance the level of technical management.

Keywords : waste-to-energy incineration; thermal power engineering; technical management

引言

垃圾焚烧发电作为实现垃圾无害化、资源化处理的重要方式，其技术管理至关重要。2022 年颁布的《“十四五”城镇生活垃圾分类和处理设施发展规划》明确强调要提升垃圾焚烧处理能力及技术水平。在此背景下，垃圾焚烧发电工艺虽已成熟，但在设备全寿命周期管理、多源污染物协同控制等方面仍存挑战。从热能动力工程视角出发，构建科学全面的技术论证体系、运维期技术标准体系，以及实施能效管理、环保技术协同管理等策略，不仅是提升发电效率与环保效益的关键，更是契合最新政策导向，推动垃圾焚烧发电行业绿色、高效发展的必由之路。

一、垃圾焚烧发电技术基础与热能动力工程应用分析

(一) 垃圾焚烧发电工艺与热能转换原理

垃圾焚烧发电工艺一般包含垃圾接收、焚烧、余热利用等流程。垃圾经收集运输至发电厂，在焚烧炉内充分燃烧。在此过程中，垃圾的化学能转化为热能，使炉膛内温度可达 $850^{\circ}\text{C} - 1000^{\circ}\text{C}$ ^[1]。高温烟气在余热锅炉中与受热面进行热交换，将水加热产生高温高压蒸汽。这便实现了热能的初步转换。产生的蒸汽进入蒸汽轮机，推动轮机叶片旋转，将热能进一步转化为机械能。蒸汽轮机带动发电机运转，最终将机械能转换为电能。热能

动力工程技术在这一过程中至关重要，如优化余热回收系统，能提高热能利用率；合理设计蒸汽轮机参数，可提升发电效率，确保垃圾焚烧发电项目高效稳定运行。

(二) 热能动力工程技术优势分析

热能动力工程在垃圾焚烧发电领域展现出显著技术优势。从热效率提升方面看，通过合理配置余热锅炉及优化蒸汽参数，能有效提高系统对垃圾燃烧热能的利用率。例如，依据不同垃圾特性选择合适的余热锅炉配置方案，可使垃圾燃烧释放的热量得到更充分回收^[2]。在蒸汽参数优化上，精准调控蒸汽压力、温度等参数，能使热能向机械能的转化更为高效，进而提升发电效率。

同时,热能动力工程技术在垃圾焚烧发电中具备良好的稳定性与可靠性,成熟的系统设计和运行控制技术,可保障发电设备长期稳定运行,降低因设备故障导致的停机风险,确保垃圾焚烧发电项目持续稳定地向电网输送电能,为垃圾的无害化、资源化处理提供坚实的技术支撑。

二、垃圾焚烧发电项目技术管理问题诊断

(一) 设备全寿命周期管理难点

在垃圾焚烧发电项目中,设备全寿命周期管理存在诸多难点。焚烧炉、余热锅炉这类核心设备,运行维护方面,由于垃圾成分复杂,对设备磨损腐蚀严重,精确掌握设备实时运行状态及性能劣化趋势困难,难以制定精准有效的维护策略^[3]。故障预测上,设备运行工况多变,影响因素众多,建立准确的故障预测模型面临挑战,难以提前发现潜在故障隐患。备件管理亦是难题,不同设备备件种类繁杂,需求难以准确预估,库存控制难度大,储备过多易造成资金积压,过少又可能影响设备维修及时性,延误发电生产,给设备全寿命周期管理带来极大挑战。

(二) 多源污染物协同控制技术管理缺口

垃圾焚烧发电过程中会产生多种污染物,多源污染物协同控制至关重要,但目前存在技术管理缺口。一方面,缺乏系统性的协同控制技术标准与规范。不同污染物控制技术各自为政,未形成有机整体,导致在实际操作中,各环节的衔接不顺畅,无法充分发挥协同控制的优势。另一方面,对新型多源污染物协同控制技术的研发与应用管理不足。虽然行业内不断有新的协同控制技术涌现,但在引入项目时,技术评估、测试、适配性研究等管理流程不完善,难以快速有效地将新技术应用于实际生产。此外,对协同控制技术相关人员的培训管理也不到位,操作人员对技术原理与操作要点理解不深,影响技术应用效果,从而限制了多源污染物协同控制水平的提升^[4]。

三、热能动力视角下的技术管理体系构建

(一) 全流程技术管理框架设计

1. 项目前期技术论证体系

在热能动力视角下,垃圾焚烧发电项目前期技术论证体系至关重要。热平衡计算需精确分析垃圾燃烧产生的热量,考虑垃圾成分、热值波动等因素,确保热能高效转化为电能。设备选型优化方面,要依据热平衡结果,综合考量焚烧炉、汽轮机、发电机等核心设备的性能参数、可靠性及运行成本。例如,选择合适类型的焚烧炉以适应不同垃圾特性,确保稳定燃烧。同时,风险预判不可忽视,需对潜在的技术风险,如燃烧不充分、设备故障等进行评估,通过历史数据与模拟分析,制定应对措施^[5]。这三方面相互关联,热平衡计算为设备选型提供依据,而合理的设备选型与风险预判又保障热平衡的稳定实现,共同构成科学全面的项目前期技术论证体系,为项目后续实施奠定坚实基础。

2. 运维期技术标准体系

在热能动力视角下的垃圾焚烧发电项目运维期技术标准体系中,需制定涵盖设备状态监测与热力系统调节参数基准的技术管理规程。针对设备状态监测,明确各类设备的关键监测参数,如垃圾焚烧炉的温度、压力、振动等,建立定期巡检制度与实时监测机制,及时发现设备潜在问题^[6]。在热力系统调节参数基准方面,确定蒸汽温度、压力以及烟气含氧量等关键参数的标准范围,根据垃圾特性、环境条件等因素合理调整,确保热力系统高效稳定运行。通过这些技术管理规程,为垃圾焚烧发电项目在运维期的稳定、高效、安全运行提供坚实的技术标准支撑。

(二) 关键控制点技术管理策略

1. 热能系统能效管理策略

在热能动力视角下的垃圾焚烧发电项目中,构建热能系统能效管理策略极为关键。开发基于热力学分析的实时能效监测系统与动态调整方案是核心举措。该实时能效监测系统依托热力学原理,能精准捕捉热能系统各环节的能量转换与利用情况,对关键参数如温度、压力、热效率等进行实时监测^[7]。通过这些数据,可深度剖析系统运行状态,及时发现能效损失点。同时,依据监测结果制定动态调整方案,当发现某环节能效降低时,迅速调整运行参数,如优化焚烧温度、进料速度等,确保热能系统始终处于高效运行状态,提高垃圾焚烧发电项目的整体能源利用效率,实现节能减排与经济效益的双赢。

2. 环保技术协同管理策略

在热能动力视角下的垃圾焚烧发电项目中,环保技术协同管理策略至关重要。建立烟气处理设施运行参数与焚烧工况联动调控机制是关键。需实时监测焚烧工况各项参数,如温度、氧量、垃圾进料量等,这些参数直接影响燃烧效率与污染物生成^[8]。同时,密切关注烟气处理设施运行参数,像脱硫剂用量、脱硝反应温度等。通过大数据分析与智能算法,找到两者最佳匹配关系。例如,当焚烧温度升高,可能导致氮氧化物生成量增加,此时联动调控机制应及时调整脱硝设施参数,增加还原剂喷入量,确保烟气达标排放。如此,实现焚烧工况与烟气处理协同优化,提升垃圾焚烧发电项目环保效益与整体技术管理水平。

四、技术管理优化策略与实施路径

(一) 设备智能运维管理创新

1. 基于数字孪生的预测性维护技术

在垃圾焚烧发电项目中,基于数字孪生的预测性维护技术是设备智能运维管理创新的关键。通过构建涵盖热力设备三维建模与实时数据融合的智能管理系统,为预测性维护奠定基础。利用数字孪生技术,将热力设备在虚拟空间精确建模,与设备实时运行数据紧密融合^[9]。借助该模型,可对设备运行状态进行精准模拟与分析,提前察觉潜在故障隐患。通过对设备关键性能参数、运行工况等数据深度挖掘,结合人工智能算法构建预测模型,预测设备未来运行趋势与故障发生概率。基于此,运维人员能够制定更为科学合理的维护计划,在故障发生前及时干预,降低设备

故障停机时间，提升垃圾焚烧发电项目整体运行效率与稳定性，实现技术管理的优化。

2. 备件联合储备管理模式

在热能动力工程视角下的垃圾焚烧发电项目中，备件联合储备管理模式是提升技术管理效率的重要一环。应设计基于设备可靠性分析的备件共享库存管理模型^[10]。通过对设备进行全面的可靠性分析，精准把握各备件的需求规律与重要程度。在此基础上，构建共享库存管理模型，打破各部门或不同垃圾焚烧厂之间的备件储备壁垒。一方面，依据设备故障概率和备件使用频率，合理规划联合储备的备件种类与数量，避免备件积压或缺货。另一方面，利用信息化手段实现联合储备备件信息的实时共享，确保在设备出现故障时，能够快速调配所需备件，提升设备维修响应速度，保障垃圾焚烧发电项目稳定运行，从备件管理层面优化技术管理，降低运营成本，提高整体效益。

（二）环保技术管理能力提升路径

1. 最佳可行技术（BAT）集成应用

在垃圾焚烧发电项目中，从热能动力工程视角进行最佳可行技术（BAT）集成应用，对于提升环保技术管理能力至关重要。一方面，要深入研究先进燃烧控制技术的管理整合。通过精准监测与调控燃烧过程的温度、空气量等参数，确保垃圾充分燃烧，减少二噁英等污染物生成。另一方面，新型催化过滤材料的管理也不容忽视。需根据垃圾焚烧产生的废气特性，合理选择催化过滤材料，确保其高效吸附和分解有害气体成分。同时，要建立动态管理机制，定期对燃烧控制技术和催化过滤材料进行评估与优化，依据实际运行数据调整管理策略，使两者相互配合，最大程度提升垃圾焚烧发电项目的环保技术管理水平，实现高效、清洁的发电目标。

2. 环保指标全过程监控体系

在热能动力工程视角下的垃圾焚烧发电项目中，环保指标全过程监控体系的构建至关重要。建立从垃圾入炉到烟气排放的全链条数据采集与预警平台，是实现该体系的关键举措。借助先进的传感器和数据采集设备，对垃圾的成分、热值等入炉参数，焚烧过程中的温度、压力、氧气量等关键运行参数，以及烟气排放中的二氧化硫、氮氧化物、颗粒物等污染物指标进行实时精准采集。同时，利用大数据分析技术，对采集的数据进行深度挖掘与分析，设置科学的预警阈值。一旦监测数据超出阈值，预警平台

迅速发出警报，以便技术人员及时调整运行参数或采取相应措施，确保垃圾焚烧发电项目在环保指标合格的前提下高效稳定运行。

（三）管理效能评估与持续改进

1. 技术管理 KPI 体系构建

在热能动力工程视角下的垃圾焚烧发电项目技术管理中，构建技术管理 KPI 体系，应设计包含热能利用率、设备可用率等核心指标的评估模型。热能利用率反映垃圾焚烧产生热能转化为电能的有效程度，其提升能增强发电效率与能源利用效益。设备可用率衡量设备处于可正常运行状态的时间占比，对保障发电过程稳定持续意义重大。通过精确计算和监测这些指标，全面评估技术管理效果，找出影响项目效能的关键因素，如设备老化、操作流程不当等。基于评估结果制定针对性改进措施，实现技术管理的优化，进而提升垃圾焚烧发电项目的整体效能与竞争力。

2. PDCA 循环改进机制

在热能动力工程视角下的垃圾焚烧发电项目中，PDCA 循环改进机制是实现技术管理持续优化的关键。通过计划（Plan），依据项目目标与实际情况，详细规划技术管理方案，明确标准与流程。执行（Do）环节严格按照计划推进各项技术管理活动，确保设备稳定运行、操作规范执行。检查（Check）阶段运用大数据分析等手段，对技术管理效果进行全面评估，监测设备性能、能源利用效率等指标，与计划标准对比，找出偏差。处理（Act）时，针对检查发现的问题深入分析原因，制定针对性改进措施，将成功经验纳入标准流程，对遗留问题转入下一轮 PDCA 循环。

五、总结

在热能动力工程视角下，垃圾焚烧发电项目技术管理策略至关重要。技术管理策略的创新要点，涵盖了对设备运行效率的提升、能量转换过程的优化等方面，通过这些创新，可显著提高垃圾焚烧发电的整体效能。优化技术标准体系，则能为项目提供规范、科学的技术指导，确保各环节有章可循，保障项目稳定高效运行。同时，人工智能与清洁能源技术在垃圾焚烧发电项目管理中的融合应用前景广阔，不仅能实现智能化监控与精准控制，还能更好地契合可持续发展理念。未来，应持续聚焦这些要点，不断完善技术管理策略，优化标准体系，实现绿色、高效发展。

参考文献

- [1] 王路坤. 利益攸关方视角下垃圾焚烧发电项目选址决策研究 [D]. 青岛理工大学, 2023.
- [2] 刘慧芳. 垃圾焚烧发电 PPP 项目补贴机制设计研究 [D]. 大连理工大学, 2021.
- [3] 何莹露. 城市垃圾焚烧发电 BOT 项目风险管理研究——以南昌市麦园垃圾焚烧发电项目为例 [D]. 南昌大学, 2021.
- [4] 周倩倩. 物理 / 心理双视角下距离对垃圾焚烧发电项目公众感知的影响研究 [D]. 浙江理工大学, 2023.
- [5] 薛泳泳. J 市垃圾焚烧发电 PPP 项目绩效评价研究 [D]. 中国矿业大学 (江苏), 2022.
- [6] 赵洁, 韩冲, 崔晓珊, 等. 生活垃圾焚烧发电现状 [J]. 云南化工, 2021, 48(8): 31-32, 42.
- [7] 向巍. 垃圾焚烧发电项目建设管理重难点分析及措施 [J]. 价值工程, 2022, 41(3): 40-42.
- [8] 朱建彩. 垃圾焚烧发电烟气排放标准及提升策略探讨 [J]. 当代化工研究, 2022(24): 146-148.
- [9] 石巧英. 基于价值链视角的垃圾焚烧发电企业成本管理研究 [J]. 企业改革与管理, 2022(16): 16-18.
- [10] 黄阳. 基于 PSO 的垃圾焚烧发电 PPP 项目风险分担研究 [J]. 广西节能, 2021(1): 52-54.