

垃圾焚烧发电厂设备运行技术管理： 提升运行效率的有效途径

黄晓茂

广东 潮州 521000

DOI:10.61369/ME.2025090009

摘要：垃圾焚烧发电厂设备运行技术管理对提升运行效率意义重大。需兼顾设备运行效率与能源转化率，减少非计划停机，通过红外热成像等检测诊断设备状态，基于 RCM 理论优化维护策略，运用大数据分析预测寿命等，还应管控垃圾热值、优化二次风配置，完善 SOP 文件更新等多举措提升效率，技术管理成效显著，未来可引入前沿技术。

关键词：垃圾焚烧发电厂；设备运行技术管理；运行效率

Technical Management of Equipment Operation In Waste Incineration Power Plant: an Effective Way to Improve Operation Efficiency

Huang Xiaomao

Chaozhou, Guangdong 521000

Abstract : The equipment operation technology management of waste incineration power plant is of great significance to improve the operation efficiency. It is necessary to take into account the equipment operation efficiency and energy conversion rate, reduce unplanned downtime, detect and diagnose the equipment status through infrared thermal imaging, optimize the maintenance strategy based on RCM theory, and use big data analysis to predict the service life. It is also necessary to control the calorific value of waste, optimize the secondary air configuration, and improve the SOP file update to improve efficiency. The technical management has achieved remarkable results, and cutting-edge technologies can be introduced in the future.

Keywords : waste incineration power plant; equipment operation technology management; operating efficiency

引言

随着环保要求的日益提高，《“十四五”城镇生活垃圾分类和处理设施发展规划》于2021年颁布，对垃圾焚烧发电厂的高效、环保运行提出了更高要求。垃圾焚烧发电厂设备运行技术管理关乎运行效率提升，从建立设备负荷率与热效率量化关系模型，到运用多种检测手段诊断设备状态、优化预防性维护策略，再到基于大数据分析预测设备寿命等一系列措施，均致力于此。通过技术管理提升设备运行效率，不仅能减少非计划停机带来的经济损失，还能实现资源高效利用与环保指标达标，对垃圾焚烧发电行业的可持续发展意义重大。

一、垃圾焚烧发电厂设备运行技术管理的重要性

(一) 设备运行效率与能源转化率关联分析

垃圾焚烧发电厂设备运行效率与能源转化率密切相关。通过实际运行数据建立设备负荷率与热效率的量化关系模型可知，当设备在合理负荷率下运行时，能有效提升热效率，实现能源的高效转化。例如，若设备负荷率过低，燃烧不稳定，会导致热损失增加，能源转化率降低；而过高的负荷率可能使设备过度损耗，同样影响能源转化。同时，设备维护水平对能源转化效率也存在影响机制。良好的设备维护可保障设备各部件处于最佳运行状态，减少故障发

生，维持稳定的运行效率，进而提高能源转化率^[1]。反之，维护不善易引发设备性能下降，阻碍能源的高效转化，因此设备运行技术管理需兼顾设备运行效率与能源转化率的提升。

(二) 非计划停机对生产效率的经济影响

垃圾焚烧发电厂设备若发生非计划停机，将对生产效率产生显著经济影响。以发电量损失来看，垃圾焚烧发电通过持续燃烧垃圾转化为电能，非计划停机期间，垃圾无法正常焚烧发电，导致发电量锐减。据核算^[2]，每次非计划停机可能使发电量损失达数千甚至数万度，直接影响电力销售收入。同时，环保指标也会偏离。正常运行时，设备能有效控制污染物排放，停机后，垃圾

暂存或不充分燃烧，会使废气中污染物浓度上升，为使环保指标重回正轨，后续需投入更多成本用于污染治理与设备调试。运用生命周期成本分析法（LCCA）能精准核算这些因设备故障导致的发电量损失及环保指标偏离带来的运营成本增加，直观展现非计划停机对生产效率的经济冲击，凸显设备运行技术管理、减少非计划停机的重要性。

二、发电设备全周期技术管理方法

（一）关键设备运行状态监测技术

在垃圾焚烧发电厂中，红外热成像检测和振动频谱分析对锅炉系统、烟气处理装置等核心设备的状态诊断起着关键作用。红外热成像检测可通过捕捉设备表面温度分布，快速发现诸如锅炉管道的局部过热、烟气处理装置密封处的热量泄漏等潜在问题，提前预警设备故障，因其非接触式检测，不影响设备正常运行^[3]。振动频谱分析则通过采集设备振动信号，分析其频率成分，能精准判断设备内部部件的磨损、松动等状况。比如，锅炉风机叶片磨损、烟气处理装置电机转子不平衡引发的异常振动，都可借助振动频谱分析及时察觉，为设备维修与更换提供依据，从而保障垃圾焚烧发电厂关键设备的稳定运行，提升整体运行效率。

（二）预防性维护策略优化

基于可靠性中心维护（RCM）理论建立设备润滑管理与备件更换周期的动态优化模型，是垃圾焚烧发电厂预防性维护策略优化的关键。RCM理论强调以设备功能及其故障后果为出发点，确定设备的预防性维护需求。在设备润滑管理方面，通过该理论可依据设备运行工况、环境因素等，动态调整润滑周期与润滑量，确保设备关键部件良好润滑，减少磨损与故障风险。对于备件更换周期，考虑设备可靠性、故障概率、运行成本等因素，利用动态优化模型精准评估，避免备件过早或过晚更换。这不仅提高设备可靠性与运行效率，还能降低维护成本。如此，以RCM理论为核心构建的动态优化模型，为垃圾焚烧发电厂预防性维护策略优化提供科学、高效的路径^[4]。

三、运行效率提升技术路径

（一）设备检修周期优化

1. 基于大数据分析的寿命预测

在垃圾焚烧发电厂设备运行技术管理中，基于大数据分析的寿命预测对优化设备检修周期、提升运行效率至关重要。通过整合设备历史运行数据，涵盖设备运行时间、温度、压力等多维度参数，利用数据挖掘和机器学习算法构建剩余寿命预测模型^[5]。例如采用深度学习中的长短期记忆网络（LSTM）模型，其能有效处理时间序列数据，捕捉设备运行状态随时间变化的复杂特征。基于该模型，精准预测设备剩余寿命，进而优化锅炉受热面等关键部件的更换决策。避免过早更换造成资源浪费，也防止因过晚更换引发故障影响运行效率。这种基于大数据分析的寿命预测，为垃圾焚烧发电厂设备检修周期的科学优化提供有力支持，是提升运行效率的重要技术路径。

2. 可靠性维修窗口确定

在垃圾焚烧发电厂设备运行技术管理中，可靠性维修窗口

的确定对提升运行效率至关重要。通过运用蒙特卡洛模拟来确定多设备系统的最佳并行检修时机，能够有效优化可靠性维修窗口^[6]。蒙特卡洛模拟可基于设备历史运行数据、故障概率分布等，对不同检修时间组合下的系统可靠性进行大量随机模拟试验。这一模拟过程可充分考虑设备间相互影响及不确定性因素，精准识别出既能保证设备可靠性又能最小化对运行效率影响的维修窗口。在该窗口内进行检修，能减少因设备故障导致的非计划停机时间，同时避免过度频繁检修造成的资源浪费与运行效率降低，从而实现垃圾焚烧发电厂设备运行效率的提升，确保生产过程的稳定与高效。

（二）燃烧过程控制优化

1. 垃圾热值波动应对策略

垃圾热值波动会对垃圾焚烧发电厂的燃烧过程和运行效率产生显著影响。开发在线热值监测系统，能够实时精准掌握垃圾热值变化情况。基于此，构建炉排运动参数的智能调节算法^[7]。该算法可依据实时监测到的垃圾热值数据，自动且动态地调整炉排运动速度、停留时间等关键参数。当垃圾热值较高时，适当加快炉排运动速度，减少垃圾在炉内停留时间，避免过度燃烧造成能源浪费；当垃圾热值较低时，则降低炉排运动速度，延长停留时间，确保垃圾充分燃烧。通过这种对垃圾热值波动的有效应对，实现燃烧过程的精准控制，从而提升垃圾焚烧发电厂设备的运行效率，保障生产过程的稳定性与高效性。

2. 二次风优化配置技术

在垃圾焚烧发电厂设备运行技术管理中，二次风优化配置技术对提升运行效率至关重要。通过CFD仿真优化燃烧室空气分配时，二次风的合理配置不可或缺。二次风能够增强垃圾燃烧后期的扰动，促进可燃气体与氧气充分混合。需精确调控二次风的喷入位置、角度和风量^[8]。合适的喷入位置可确保与未燃尽物质有效接触；恰当的角度能引导气流形成良好的混合流场；精准的风量则保障燃烧所需氧气充足且不过量。优化后的二次风配置，能使垃圾燃烧更充分，进一步提升燃烧稳定性，进而提高热效率，最终实现运行效率的显著提升。

四、技术管理保障机制建设

（一）运行管理体系标准化

1. SOP文件动态更新机制

SOP文件动态更新机制对垃圾焚烧发电厂设备运行技术管理至关重要。随着设备技术改造与环保标准升级，需及时更新SOP文件，确保其准确性与有效性。当出现新的设备技术改造项目时，技术人员要深入分析改造对设备运行流程、参数等方面的影响，据此对SOP文件中的相关操作步骤、标准进行修订。对于环保标准升级，明确新的污染物排放指标、监测要求等，将其融入SOP文件，使操作流程符合最新环保要求。同时，要建立反馈机制，操作人员在日常工作中发现SOP文件存在的问题及时反馈，以便进一步优化。通过这种动态更新机制，使SOP文件始终贴合实际运行情况，为提升设备运行效率筑牢基础^[9]。

2. 跨班次交接管理规范

跨班次交接管理对于垃圾焚烧发电厂设备的稳定运行至关重要。开发数字化交接系统，能确保运行参数与设备状态的完整性

传递。在交接过程中，操作人员可通过该系统详细录入当前班次设备的运行参数，如温度、压力、处理量等，同时记录设备的实时状态，包括是否存在故障、异常声响等情况^[10]。接班人员登录系统后，能迅速获取全面且准确的信息，及时掌握设备运行状况，对潜在问题提前做好应对准备。这种数字化交接方式，避免了传统交接过程中信息遗漏、模糊等问题，提升了交接效率与准确性，有力保障了垃圾焚烧发电厂设备在不同班次间的平稳过渡，进而提升整体运行效率。

（二）人员技能提升路径

1. 三维仿真培训系统建设

三维仿真培训系统建设旨在为垃圾焚烧发电厂工作人员提供高度逼真的模拟环境，有效提升其设备操作与故障处理能力。该系统借助先进的建模与仿真技术，精准还原垃圾焚烧发电设备的结构、运行原理及各类工况。工作人员能在虚拟场景中开展设备启停、参数调整等常规操作训练，熟悉设备运行的每个环节。同时，系统设置各种典型故障场景，让工作人员在模拟环境中锻炼故障诊断与应急处置能力，通过反复练习，深入掌握故障处理方法。三维仿真培训系统打破了传统培训受场地、设备限制的弊端，以高效、安全且经济的方式，全方位提升人员的专业技能，为垃圾焚烧发电厂设备的稳定运行提供坚实的人才保障。

2. 技术比武长效机制

建立垃圾焚烧发电厂技术比武长效机制，对提升设备运行效率意义重大。可定期组织主控、巡检等岗位人员参与技术比武，设置涵盖理论知识与实际操作的丰富竞赛项目，如设备故障诊断与处理、运行参数优化调整等。技术比武要注重公平公正，邀请行业专家、资深工程师组成专业评审团队，依据科学合理的评分标准进行评判。对表现优异者给予物质奖励与精神表彰，激发员工参与热情。同时，将技术比武结果与员工绩效考核、职业晋升挂钩，强化激励效果。通过持续开展技术比武，营造比学赶超的良好氛围，促使员工不断提升自身技能水平，为垃圾焚烧发电厂设备高效运行提供有力的人员技能支撑。

（三）智能化管理平台构建

1. 设备健康度评价系统

在垃圾焚烧发电厂的智能化管理平台构建中，设备健康度评价系统发挥着关键作用。该系统通过整合多源监测数据，涵盖设

备的温度、压力、振动等各类关键运行参数，全面且精准地反映设备实时状态。利用先进的数据分析算法，对这些数据进行深度挖掘与分析，将设备复杂的运行状态转化为直观的健康度指标。基于此，开发出设备健康状态可视化看板，以图形、图表等形式，向运维人员清晰展示设备健康状况，如健康度得分、潜在故障预警等。运维人员可依据可视化看板提供的信息，及时掌握设备运行趋势，提前制定维护策略，有效预防设备故障，从而保障垃圾焚烧发电厂设备的稳定高效运行，提升整体运行效率。

2. 能效对标管理系统

垃圾焚烧发电厂的能效对标管理系统，建立在对核心指标的精准把控上。吨垃圾发电量作为关键指标，反映了垃圾能源转化的效率。通过实时对标体系，将本厂的吨垃圾发电量与行业先进水平、历史最佳数据进行对比。一方面，精准找出差距，分析设备运行、工艺操作等环节可能存在的问题。另一方面，利用智能化管理平台实现数据的实时采集、分析与展示，让管理人员和技术人员能及时掌握能效动态。基于对标结果，有针对性地优化设备参数、改进工艺流程，推动设备运行向更高效率迈进，持续提升垃圾焚烧发电厂整体能效，以实现资源的最大化利用和运行成本的有效降低。

五、总结

垃圾焚烧发电厂设备运行技术管理对于提升运行效率意义重大。通过全厂设备KPI对标，清晰展现出技术管理措施实施后显著成效，设备可用率大幅提升8.6%，非计划停运次数锐减43%，这充分证明强化技术管理切实是提升垃圾焚烧发电综合效能的有效途径。在技术不断革新的当下，人工智能技术在预测性维护中的应用前景广阔，有望进一步优化设备运行管理。未来，垃圾焚烧发电厂应持续强化技术管理，深入挖掘技术潜力，不仅要巩固现有成果，更要积极引入如人工智能这类前沿技术，不断探索创新管理模式，为垃圾焚烧发电行业的高效、稳定运行提供坚实支撑，推动行业可持续发展迈向新高度。

参考文献

- [1] 候来义. 贵州省农业保险运行效率提升研究 [D]. 贵州大学, 2021.
- [2] 张艺丹. 垃圾焚烧电厂垃圾干燥系统仿真优化 [D]. 山东大学, 2021.
- [3] 周胤希. 基于混合行驶的公交专用道运行效率提升研究 [D]. 重庆交通大学, 2021.
- [4] 龚媛. 我国住房公积金制度运行效率评价研究 [D]. 燕山大学, 2023.
- [5] 俞杨. 政府投融资平台运行效率研究 [D]. 浙江工业大学, 2022.
- [6] 章清平. 垃圾焚烧发电厂电气设备安全运行管理与维护 [J]. 设备管理与维修, 2023(9): 1-3.
- [7] 李悦. 垃圾焚烧发电厂电气设备安全运行管理与维护探究实践 [J]. 电力系统装备, 2023(1): 142-144.
- [8] 伍建成. 垃圾焚烧发电厂电气设备安全运行管理与维护 [J]. 电力系统装备, 2021(20): 106-107.
- [9] 李雪莲. 发电厂电气设备运行效率提升策略研究 [J]. 电气技术与经济, 2024(3): 229-231.
- [10] 宋景全. 垃圾焚烧发电厂发电效率的影响因素及提升措施 [J]. 工程技术研究, 2023, 8(1): 127-129.