

Efficiency Optimization and Operation and Maintenance of Steam Turbine in Waste-to-Energy Plant

Hao Sun

Guangzhou Huantou Zengcheng Environmental Protection Energy Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 511300, China

Abstract

In waste-to-energy power plants, improving turbine efficiency and operational maintenance is crucial for enhancing overall plant economic performance and reliability. Unlike conventional thermal power units, waste-to-energy steam turbines face unique challenges, including low and fluctuating steam parameters, complex working fluid composition, and frequent load variations. This paper provides a detailed analysis of the operational characteristics of waste-to-energy steam turbines, with a focus on core technologies for efficiency improvement in main steam parameter control, feedwater reheating systems, and cold-end systems. Furthermore, it demonstrates how implementing condition monitoring, adopting scientific maintenance measures, and strengthening operational management can establish a comprehensive efficiency assurance system, thereby achieving safe, efficient, and long-term stable turbine operation.

Keywords

steam turbine; waste-to-energy; efficiency optimization; operation and maintenance; condition monitoring

汽轮机在垃圾发电厂中的效率优化与运行维护

孙浩

广州环投增城环保能源有限公司, 中国·广东广州 511300

摘要

垃圾发电厂里,要想改善全厂的经济性和可靠性,汽轮机效率的改良和运行维护非常关键。与传统火电机组不同,垃圾发电汽轮机存在一些独有的难点,比如蒸汽参数低而且起伏不定,工质成分复杂,负荷变换频繁等情况。文章详细剖析了垃圾发电汽轮机的运行特性,并着重探究了其在主蒸汽参数调控、给水回热系统、冷端系统等方面用于改良效率的核心技术。在此基础上,阐述了经由状态监测与判断、采取科学的维护措施并加强运行维护管理后,可以形成起完善的效率保证体系,从而达成汽轮机安全、高效、长时间稳定运行的目的。

关键词

汽轮机; 垃圾发电; 效率优化; 运行维护; 状态监测

1 引言

汽轮机在垃圾焚烧发电厂的能量转换当中处于核心地位,其运行效能同项目的经济效益和环境效益休戚相关。不过,因为垃圾燃料的成分繁杂、热值不稳,所以焚烧锅炉所产生的蒸汽参数常低于常规燃煤机组,而且存在很大的波动性。这样的独特运行环境给汽轮机的设计、效率改良以及日常维护带来了更为严格的要求。怎样应对垃圾发电的特别之处,采用有效技术和管理手段,深入发掘汽轮机的性能潜力,并保证其运行可靠,一直都是垃圾发电行业不断探究的焦点。本文打算以效率改良和运行维护这两个主题为切入点,全面论述有关的技术和管理策略,从而为垃圾发电厂汽轮机的精准化管理赋予理论支撑和实践指导。

【作者简介】孙浩(1994-),男,中国重庆人,本科,助理工程师,从事垃圾发电厂研究。

2 垃圾发电厂汽轮机运行特点

2.1 垃圾焚烧锅炉蒸汽参数特性

垃圾焚烧锅炉所产生蒸汽往往具有中温中压这一特征,这在很大程度上受到垃圾燃料里氯、硫等腐蚀性元素致使锅炉受热面存在高温腐蚀风险的限制。而且,垃圾热值大幅波动使得锅炉蒸发量以及蒸汽参数不断改变,这样的不稳定状况使得汽轮机需具备很好的变工况适应能力。蒸汽参数频繁波动,不但会影响机组即时效率,其引发的交变热应力还给汽轮机关键部件的热疲劳寿命带来重大考验。所以,深刻认识并有效地解决这种特别的蒸汽参数特性,乃是改良垃圾发电汽轮机运行性能的关键前提,也是制订相关控制策略的基本依据。

2.2 汽轮机通流部分特殊性问题

垃圾发电汽轮机通流部分遭遇固体颗粒侵蚀和腐蚀两种威胁。即便蒸汽经过净化,微量杂质颗粒仍会随高速气流

冲蚀喷嘴和动叶，造成型线改变、效率下降。更为严重的是，蒸汽中可能存在的腐蚀性成分在特定工况下极易引起应力腐蚀开裂。所以，通流部件材料要有良好的抗腐蚀性能，而且要采用有效的表面防护技术。叶片型线设计也要事先考虑到抗固体颗粒侵蚀的能力，经由改良几何形状和表面处理工艺来提升部件的使用寿命，保证汽轮机长期运行的效率和安全可靠。

2.3 变工况运行对效率的影响

汽轮机要适应垃圾处理量和电网调度的需求，常常处于变工况运行状态。当负荷偏离设计点时，其内效率会大幅下降，各级的压比和焓降重新分配，这可能造成末级蒸汽湿度上升，加重动叶水蚀现象。在部分负荷情况下，调节阀的节流损失增多，使得经济性进一步恶化。这种效率损失和运行方式紧密相关，需经由改良调节策略并加强设备对宽负荷的适应能力来解决。深刻剖析变工况下能量损失的原理，并采取相应措施改善部分负荷的性能，这对于优化垃圾发电汽轮机全生命时段的运行经济性十分关键。

3 汽轮机效率优化关键技术

3.1 主蒸汽参数优化控制

在保证锅炉安全的情况下，要让主蒸汽参数保持在额定值并稳定，这是效率改良的根基所在。先进的控制系统会按照燃料热值以及负荷的改变来迅速调节燃烧，从而减小参数的波动情况。运行过程中应紧密观测蒸汽品质，避免因过热器结焦而造成温度偏移。经由采取诸如吹灰改良之类的举措来维持受热面干净十分关键。只要有任何一个参数出现偏差，就会直接提升热耗量。所以，稳定的而且接近设计值的蒸汽状况乃是高效运行得以达成的先决条件^[1]。也要留意到参数波动会给机组寿命带来的影响，进而去谋求在追寻高效能和捍卫设备安全二者之间找到最理想的调和点，这样才能做到综合效益的最大化。

3.2 给水回热系统优化

给水回热系统经由抽汽来加热锅炉给水以减小冷源损失，这属于提升循环效率的重点所在。其改进之处主要体现在要让各个加热器以及除氧器维持在理想状态，应当保留恰当的水位，并防止端差过大使换热效果得到保障。定时核查抽汽管道阀门是否密封良好以防止内部泄漏，而且还要妥善调配抽汽量使得给水温度接近设计要求的数值，如此一来就能突出改善热效率。至于加热器的启停过程务必平稳，不可造成热冲击现象发生。系统性能哪怕出现微小下降也会影响整体效率表现，所以务必要精确观测并及时开展保养工作，从而保证这个节能部分始终发挥预期功效。

3.3 冷端系统运行优化

冷端系统的性能会直接左右汽轮机的背压，并给其出力 and 效率带来大幅改变。循环水系统要遵照环境温度和负荷状况来改良水泵的运行模式，以找到电耗和背压收益之间的

理想调和点。空冷机组必要改良风机的运行情况，既要防止结冰也要留意散热。维持凝汽器换热管的清洁程度十分关键，应当定时执行胶球清洗或者高压水冲刷。良好的传热效率是守住低背压的前提，背压哪怕有一点点的改良都会直接变成更多的发电收益。所以，冷端系统的精准化运行是加强机组经济运行水平的重要部分。

4 汽轮机状态监测与诊断

4.1 关键运行参数监测

对汽轮机关键参数实施持续而精确的检测，这是执行状态考量的基本前提。所提及的参数包含主蒸汽的压力、温度、流量、转速、震动情况、轴向位移、差胀量、轴承温度、排汽压力等。一旦出现异常波动就有可能表明存在故障，所以要有完备的报警记录系统。利用历史数据来分析其走向对于辨别设备逐步恶化状况十分关键。监测数据既需准确又得及时，这才能够做到有效的判断。务必确保测量仪表具备可靠性与高精度，经由全方位的检测，可以尽早察觉到问题的迹象，从而给预防性维修决策供应一手信息，防止问题进一步加剧。

4.2 效率性能指标计算与分析

定期对热耗率、汽耗率、内效率等指标执行计算分析，可以定量评定经济运行水平。把它们同经过实际工况修正的设计值或者历史数据做对比，就能及时察觉到效率下滑的趋势。性能分析要依靠精确的测量数据，而且还要考虑到运行工况的修正情况。效率下降大概会由很多因素造成，比如通流部分结垢、磨损、阀门内漏、轴封泄漏或者回热系统出现故障等等。这个系统的性能计算和分析既是衡量当下运行状况的标准，也是引导改善运行和安排检修的关键依照。不断跟进性能动态有益于找出潜在的问题，做到经济运行的循环运作。

4.3 常见故障预警方法

按照监测数据并执行性能分析来形成故障预警机制，振动特征出现变化也许表明存在转子不平衡、对中不佳或者发生碰摩的情况；轴承温度上升则显示出润滑油或者负载方面存在问题；效率渐渐降低往往与通流部分积垢或者磨损有关。利用趋势分析、频谱分析等技术能够做到对旋转机械常见故障实施早期警报。智能判断系统经由多源信息整合，可以提升警报的准确性和及时性^[2]。有效的警报既要有先进的技术手段，也要创建起规范的警报应对流程，从而保证警报信息得到及时处理，给预知性检修营造良好的环境。

5 汽轮机维护策略

5.1 日常维护与定期检查

日常维护是保障稳定运行的基本前提，其重点在于润滑油系统的维持、调节保安系统的检查以及辅机的巡视。润滑与调节，运行人员要凭借听、触、视、嗅这些方法尽早察觉异常情况，而定期检查则是按照预定计划去做油质分析、

保护装置校验之类更为细致的工作，目的在于积极找出潜在问题。这种将点检和定检相融合的形式，可以塑造起包含设备整个生命时段的保护体系。详尽的维护记录既给当下工作赋予依照，也是实施设备可靠性评价以及改良维护方案的重要素材。标准化、程序化的维护操作对于改善工作效率和可靠性十分关键。

5.2 通流部分清洗与防腐

通流部分若出现结垢情况，则要依结垢程度来决定执行在线或者离线清洗。所谓在线清洗即在不停机的情况下向其中注入清洗介质以实施清洗，这适合结垢比较轻的情形。而离线清洗则是在停机之后针对相关部件执行物理或者化学清洗，其效果更为彻底。不过在停机期间一定要做好内部的防腐保护工作，常见的做法有充氮、热风干燥或者存放干燥剂等，以此避免金属发生锈蚀现象^[9]。清洗以及防腐这两项工作的质量会直接影响到检修之后机组的热力性能以及设备的使用寿命，所以务必制订出严谨的计划并且切实加以执行。对于那些长时间处于备用状态的机组来说更是如此，其防腐措施是否有效会在很大程度上左右重新启动时的顺畅程度以及设备的实际状况。

5.3 停机大修关键项目

大修对于恢复设备性能而言极为关键，其中包含几项重要任务，其一为掀开汽缸以检查通流部分的间隙，其二为衡量叶片的磨损情况，其三为核查转子的对中状况及动平衡情况，其四是对转子执行无损检测。而且，轴承、汽封、阀门这些关键部件也要拆开来仔细检修。大修时的重新装配务必按照标准来操作，这样才能保证启动之后达到预定的性能水平。大修的时延和项目应当依照设备状态评价来科学地加以确定，要既规避过度维修，也要免除维修不够的情况发生。若大修得以顺利完成，那么它既能解决当前存在的问题，又能够经由细致的调节和改进来优化机组的整体可靠性，从而为接下来的长时间运行形成基础。

6 运行维护管理优化

6.1 运行操作规程标准化

创建并严格执行标准化操作规程，这是保障安全、改良运行的根基所在。该规程要包含启停、正常运行、事故处理等各个环节，对于参数波动特征，更要细致地划分操作重点。标准化能够缩减人为差错，促使机组达到理想的工作状态。规程应当定时开展评审修订工作，吸收先进的应用经验，加大人员培训力度，保证其精准地加以执行。优秀的规程既会明确正确的操作步骤，也会阐述操作原理及存在的风险之处，从而增强人员应对异常情况的能力。规程不断得到完善，

这体现出管理水平的改善，而且还是安全文化得以落实的关键依据。

6.2 维护计划与备件管理

实施以可靠性为中心的维护策略，制订综合定期维护、状态监测和预知性维护的科学方案，并动态调整其时段和项目。计算机化的维护管理系统有益于效率的优化。备件管理要采用ABC分类法，保障关键备件的可用性并控制库存成本。同可靠的供应商形成长期合作关系，针对长时间使用的备件制订储备策略^[4]。良好的备件管理能够切实缩减非计划停机时间。维护计划和备件管理需遵照设备的重要性和故障后果执行风险评定，合理调配资源，达成安全性和经济性的兼顾。

6.3 性能评估与持续改进

创建常态化性能评价机制，定时剖析效率、可靠性、维护成本等指标，并与历史数据以及同行业数据做对比，找到改进之处。性能评价的结果需服务于管理决策，针对识别出的问题展开改进流程，推动技术更新，把有效的举措归入标准程序当中。经由计划、执行、检查、处理这样一种循环，做到管理水平逐步优化。性能评价既要重视结果指标，也要分析过程指标，这样才能从根本上改善管理效能。形成持续改进的组织文化，让每个员工都能自动自发地去追寻卓越，这便是提升竞争力的关键所在。

7 结语

垃圾发电厂汽轮机效率的改良及其运行维护属于复杂的系统工程，要深入融合技术与运作手段。应对蒸汽参数波动、工质腐蚀性强以及负荷频繁改变等特有难题，需从运作改良、状态监测、科学维护一直到创建维护体系全面展开。通过精准调节运作参数、加强设备状态警报、采用预知性维修方案，并形成标准化、不断完善的维护机制，才可以切实增强机组运作的经济性和可靠性。这既是保证垃圾发电厂自身经济效益的重点所在，也是做到城市固体废物高效清洁能源化利用的重要技术支撑。

参考文献

- [1] 李玲,张泽宇,张斌.垃圾焚烧发电机组汽轮机转子动叶片断裂失效分析[J].设备管理与维修,2025,(12):144-146.
- [2] 安俊龙.垃圾焚烧发电汽轮机紧急跳闸保护系统调试技术[J].安装,2024,(10):65-67.
- [3] 方俊,杨世华,吴宗健.垃圾焚烧发电用汽轮机开发及应用[J].能源与环境,2023,(03):34-37+40.
- [4] 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(01):127-129.