

燃气轮机联合循环机组的环境影响评估与减排技术研究

梁文韬

华电福新广州能源有限公司 广东 广州 511340

摘要: 本文深入探讨了燃气轮机联合循环机组的环境影响评估与减排技术。首先概述了燃气轮机联合循环机组的工作原理和发展现状,详细分析了其对大气、水、声和固体废弃物环境的潜在影响,并提出相应的评估方法。文章着重介绍了燃烧优化、尾气处理、余热回收与利用及智能化控制等减排技术,并通过实际案例分析了这些技术的应用效果。研究表明,通过合理应用减排技术,燃气轮机联合循环机组的环境影响可以显著降低,能源利用效率得到提升。

关键词: 燃气轮机联合循环机组;环境影响评估;减排技术

引言: 随着能源需求的不断增长和环境保护意识的日益增强,燃气轮机联合循环机组作为一种高效、清洁的能源转换设备,在全球范围内得到了广泛关注。然而,其运行过程中产生的大气污染物、水资源消耗、噪声污染以及固体废弃物排放等问题,对环境构成了潜在威胁。因此,对燃气轮机联合循环机组进行环境影响评估,并探索有效的减排技术,对于促进能源可持续发展、保护生态环境具有重要意义。

1 燃气轮机联合循环机组概述

1.1 燃气轮机联合循环机组的工作原理

燃气轮机联合循环机组由燃气轮机、余热锅炉和蒸汽轮机等主要设备组成。其工作过程主要分为两个循环:燃气轮机循环和蒸汽轮机循环。在燃气轮机循环中,空气首先被压缩机压缩,压缩后的空气进入燃烧室与燃料混合燃烧,产生高温高压的燃气。燃气在燃气轮机中膨胀做功,驱动燃气轮机转子旋转,从而带动发电机发电。做完功后的燃气仍具有较高的温度,这部分余热通过余热锅炉回收,将水加热成高温高压的蒸汽。在蒸汽轮机循环中,余热锅炉产生的高温高压蒸汽进入蒸汽轮机,推动蒸汽轮机转子旋转,进一步带动发电机发电。蒸汽在蒸汽轮机中做完功后,进入冷凝器冷凝成水,再由水泵送回余热锅炉,完成一个循环。通过将燃气轮机循环和蒸汽轮机循环有机结合,实现了能量的梯级利用,大大提高了机组的热效率。

1.2 燃气轮机联合循环机组的发展现状

近年来,燃气轮机联合循环机组在全球范围内得到了快速发展。在技术方面,燃气轮机的性能不断提高,单机容量不断增大,热效率也不断提升。目前,先进的燃气轮机联合循环机组的热效率已达到60%以上,远高于传统的燃煤机组。在应用领域,燃气轮机联合循环机组广泛

应用于电力调峰、分布式能源供应、工业自备电厂等领域。由于其启停迅速、调节灵活的特点,在电力系统中能够快速响应负荷变化,保障电网的安全稳定运行^[1]。同时,随着天然气资源的不断开发和利用,燃气轮机联合循环机组的发展前景更加广阔。

2 燃气轮机联合循环机组的环境影响评估

2.1 大气环境影响评估

燃气轮机联合循环机组在运行过程中主要排放的大气污染物包括氮氧化物(NO_x)、二氧化硫(SO₂)、颗粒物(PM)和一氧化碳(CO)等。其中,NO_x是主要的污染物之一,其排放量与燃烧温度、燃料成分、燃烧方式等因素密切相关。在高温燃烧过程中,空气中的氮气和氧气会发生化学反应生成NO_x。为了评估燃气轮机联合循环机组对大气环境的影响,通常采用大气扩散模型进行模拟计算。通过收集机组的基本参数、排放数据以及当地的气象条件等信息,利用模型预测污染物在大气中的扩散范围和浓度分布。同时,将预测结果与国家或地方的大气环境质量标准进行对比,评估机组排放对周边大气环境的影响程度。

2.2 水环境影响评估

燃气轮机联合循环机组在运行过程中需要消耗大量的水资源,主要用于冷却系统。冷却水在循环使用过程中,会因蒸发、泄漏等原因造成水量损失,同时还会吸收机组运行过程中产生的热量,导致水温升高。如果直接将升温后的冷却水排放到水体中,可能会对水生生物的生存环境产生影响,如水温升高会影响水生生物的代谢和繁殖。另外,机组在运行过程中还可能产生少量的含油废水、化学清洗废水等。这些废水中含有油类、化学药剂等污染物,如果未经处理直接排放,会对水体造成污染。因此,需要对机组的水资源消耗和水污染物排

放进行评估,制定相应的水资源管理和废水处理措施,确保机组运行对水环境的影响在可控范围内。

2.3 声环境影响评估

燃气轮机联合循环机组在运行过程中会产生较大的噪声,主要来源于燃气轮机、蒸汽轮机、压缩机、风机等设备。噪声会对周边居民的生活和工作产生干扰,影响人们的身心健康。为了评估机组对声环境的影响,通常采用声学测量方法,在机组周边设置多个监测点,测量不同位置的噪声水平。同时,根据当地的声环境功能区划和相关标准,评估机组噪声是否超标。如果超标,需要采取相应的降噪措施,如安装消声器、隔音屏障、对设备进行减振处理等,以降低噪声对周边环境的影响^[2]。

2.4 固体废弃物环境影响评估

燃气轮机联合循环机组在运行过程中产生的固体废弃物主要包括废润滑油、废催化剂、废滤芯等。这些固体废弃物中含有有害物质,如果随意丢弃或处理不当,会对土壤和水体造成污染。需要对机组产生的固体废弃物进行分类收集、储存和处理。对于废润滑油等危险废物,应由有资质的单位进行回收处理;对于废催化剂等可回收利用的废弃物,应进行再生利用;对于其他一般固体废弃物,应按照相关规定进行妥善处置。同时,要建立固体废弃物管理台账,记录废弃物的产生量、处理方式和去向等信息,确保固体废弃物的处理符合环保要求。

3 燃气轮机联合循环机组的减排技术研究

3.1 燃烧优化技术

燃烧优化技术是通过调整燃烧过程中的参数,如燃料与空气的混合比例、燃烧温度、燃烧压力等,以降低NO_x等污染物的生成。常见的燃烧优化技术包括干式低NO_x燃烧技术、水蒸气注入燃烧技术等。干式低NO_x燃烧技术通过改进燃烧器的结构和设计,使燃料与空气在燃烧前充分混合,形成均匀的混合气,从而降低燃烧温度,减少NO_x的生成。水蒸气注入燃烧技术是在燃烧过程中向燃烧室内注入一定量的水蒸气,水蒸气可以降低燃烧温度,同时还能与NO_x发生化学反应,将其还原为氮气,从而进一步降低NO_x的排放。

3.2 尾气处理技术

尾气处理技术是对燃气轮机联合循环机组排放的尾气进行进一步处理,以去除其中的污染物。常见的尾气处理技术包括选择性催化还原(SCR)技术、选择性非催化还原(SNCR)技术、湿式洗涤技术等。SCR技术是在催化剂的作用下,将尾气中的NO_x与还原剂(如氨气)发生化学反应,生成氮气和水。该技术具有脱硝效

率高、运行稳定等优点,但催化剂的成本较高,且需要定期更换。SNCR技术是在高温条件下,将还原剂(如尿素溶液)喷入尾气中,与NO_x发生化学反应,将其还原为氮气。该技术不需要催化剂,设备投资和运行成本相对较低,但脱硝效率相对较低。湿式洗涤技术是利用碱性溶液(如石灰石-石膏浆液)对尾气进行洗涤,去除其中的SO₂、颗粒物等污染物。该技术对SO₂的去除效率较高,但会产生大量的废水,需要进一步处理^[3]。

3.3 余热回收与利用技术

余热回收与利用技术是提升燃气轮机联合循环机组能源利用效率、降低能源消耗与污染物排放的关键手段。其核心在于对机组排放的余热进行有效捕捉与转化,使其重新投入生产或生活用途,如发电、供热、制冷等。当燃气轮机排放出高温烟气时,这些烟气会被引入余热锅炉。在锅炉内部,高温烟气与水进行热交换,将水的温度升高直至产生蒸汽。这些蒸汽随后被输送到蒸汽轮机中,推动轮机转子旋转,进而带动发电机发电。该技术经过长期的发展与实践,在众多燃气轮机联合循环机组中得到了成功应用,其稳定的性能和较高的效率为能源的高效利用提供了有力保障。有机朗肯循环(ORC)技术则聚焦于低温余热的回收利用,它采用低沸点的有机工质,这种工质在较低的温度下就能蒸发。当余热作用于有机工质时,工质吸收热量蒸发,随后进入膨胀机膨胀做功,驱动发电机发电。相较于传统技术,ORC技术具有效率高、系统结构简单等显著优点,尤其适用于处理温度相对较低的余热资源,进一步拓展了余热回收的适用范围。吸收式制冷技术则是将余热转化为冷能的一种创新方式,它利用余热作为驱动能源,使吸收式制冷机运转,从而实现制冷目的。这种技术能够将原本可能被浪费的余热转化为有价值的冷能,广泛应用于空调、冷藏等领域,极大地提高了能源的综合利用效率,为能源的梯级利用提供了新的思路。

3.4 智能化控制技术

智能化控制技术依托先进的传感器、控制器和通信技术,为燃气轮机联合循环机组的运行管理带来了革命性的变革,该技术能够对机组的各项运行参数进行实时、精准的监测,确保机组始终处于最佳运行状态。通过智能化控制系统,机组可以根据负荷变化、燃料特性等实时因素,自动调整燃烧参数和余热回收参数等关键指标。例如,当机组负荷降低时,系统会自动减少燃料供应量,并调整燃烧空气的比例,以保证燃烧的稳定性和高效性,同时优化余热回收过程,确保能源的最大化利用。这种动态调整能力使得机组能够在不同的工况下

都能实现最优运行，显著提高了机组的运行效率和可靠性。借助大数据分析和机器学习算法，智能化控制系统能够对机组的历史运行数据进行深度挖掘和分析。通过对大量数据的建模和预测，系统可以提前预判机组的运行状态和污染物排放情况，为运行人员提供科学、准确的决策支持。运行人员可以根据这些预测结果，提前采取相应的措施，避免机组出现故障或超标排放等问题。另外，智能化控制系统还具备远程监控和故障诊断功能。运行人员可以通过网络远程实时查看机组的运行状态，及时发现机组运行过程中出现的异常情况。同时，系统能够自动对故障进行诊断和分析，提供详细的故障信息和解决方案，帮助维修人员快速定位和解决问题，大大减少机组的停机时间和维修成本，提高机组的经济效益和社会效益。

4 燃气轮机联合循环机组环境影响评估与减排技术案例分析

4.1 案例机组概况

某燃气轮机联合循环电厂装机容量为2×400MW，采用先进的F级燃气轮机。机组采用干式低NO_x燃烧技术，配备了SCR尾气处理装置和余热锅炉。电厂周边为工业区和居民区，对环境保护要求较高。

4.2 环境影响评估实践

在大气环境影响评估方面，通过大气扩散模型模拟计算，预测机组在不同工况下的污染物排放对周边大气环境的影响。结果表明，机组在正常运行情况下，NO_x、SO₂、PM等污染物的排放浓度均符合国家相关标准要求，对周边大气环境的影响较小；（1）在水环境影响评估方面，对电厂的用水量和废水排放量进行了详细统计和分析。电厂采用了循环冷却水系统，水资源循环利用率较高。同时，对含油废水、化学清洗废水等进行了分类收集和处理，确保废水达标排放，对周边水环境的影响在可控范围内；（2）在声环境影响评估方面，在电厂周边设置了多个噪声监测点，测量了不同时间的噪声水平。结果表明，电厂噪声在白天和夜间均未超过当地的声环境质量标准，对周边居民的生活影响较小；

（3）在固体废弃物环境影响评估方面，对电厂产生的固体废弃物进行了分类统计和管理。废润滑油等危险废物交由有资质的单位处理，废催化剂等可回收利用的废弃物进行再生利用，其他一般固体废弃物按照相关规定进行妥善处置，固体废弃物的处理符合环保要求^[4]。

4.3 减排技术应用与效果评估

该电厂采用了燃烧优化技术和SCR尾气处理技术进行减排。通过调整燃烧参数，降低了NO_x的生成。同时，SCR尾气处理装置进一步去除了尾气中的NO_x，使NO_x的排放浓度大幅降低。经过实际运行监测，采用减排技术后，机组的NO_x排放浓度从原来的50mg/m³降低到了25mg/m³以下，减排效果显著。同时，余热回收与利用技术的应用提高了机组的能源利用效率，降低了能源消耗和污染物排放。智能化控制技术的应用实现了机组的优化运行，提高了机组的可靠性和经济性。

结束语

综上所述，燃气轮机联合循环机组的环境影响评估与减排技术研究是实现能源清洁、高效利用的关键。通过科学的评估方法和有效的减排技术，可以显著降低机组的环境影响，提升能源利用效率。未来，随着技术的不断进步和环保政策的日益严格，燃气轮机联合循环机组的环境保护和能源利用效率将进一步提升，为构建绿色、低碳的能源体系做出更大贡献。

参考文献

- [1]王登银,陈珂,黄雄亮.M701F4型燃气-蒸汽联合循环机组启动过程汽轮机旁路控制优化[J].电力系统装备,2021(024):45-47.
- [2]王一丰,翟春华,黄庆,牛晨晖,苏新民,焦道顺,潘赫男,王乾远,孙魏,肖俊峰,胡孟起,夏林,李军.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.
- [3]郝震震,王海涛,冯磊.H级联合循环汽轮机深度调峰技术研究[J].热力透平,2023,52(01):25-28+33.
- [4]马明锐.燃气轮机—蒸汽机联合循环发电机组调差系数优化整定分析与处理[J].科技风,2021,(36):192-195.