

亚临界超高温煤气发电技术应用和研究

隋 意

中冶京诚工程技术有限公司 北京 100176

摘 要：亚临界超高温煤气发电技术是一种高效利用煤气资源的新型发电方式。该技术通过煤气预处理、蒸汽发生及发电能量回收等系统设计，实现了煤气的高效转化与利用。在设备选型与优化、运行参数调控、系统维护与故障诊断以及技术改进与创新等方面，该技术展现了显著的应用策略。其不仅能够提高能源利用效率，还能减少环境污染，具有广阔的应用前景和发展潜力。

关键词：亚临界超高温；煤气发电技术；应用

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，开发高效、清洁的发电技术成为当务之急。亚临界超高温煤气发电技术作为一种先进的能源转换技术，能够有效利用煤气资源，实现能源的高效利用和环境的可持续发展。本文将对亚临界超高温煤气发电技术进行系统介绍，探讨其系统设计、应用策略及技术改进等方面，为相关领域的研究和应用提供参考。

1 亚临界超高温煤气发电技术概述

亚临界超高温煤气发电技术是一种先进的能源利用技术，特别适用于钢铁等工业领域。该技术通过高效利用钢铁生产过程中产生的富余煤气作为燃料，实现了能源的二次回收与利用，其核心原理在于利用煤气燃烧产生的高温蒸汽推动汽轮机旋转，进而带动发电机发电。亚临界超高温煤气发电技术之所以高效，关键在于其能够将煤气的温度提升至超过1000摄氏度，并使其压力达到亚临界状态，从而最大限度地提取煤气中的热能，提高发电效率。该技术具有显著的技术优势，第一，其热效率相比传统煤气发电方式有大幅提升，通常可达40%以上，甚至接近同参数的煤电机组，有效降低了能源消耗和生产成本；第二，亚临界超高温煤气发电技术运行稳定可靠，采用了成熟的亚临界煤气流化床技术，使煤气燃烧过程更加充分和均匀，保证了发电过程的稳定性和安全性。该技术还具有良好的环保效益，通过高效利用煤气资源，减少了有害气体的排放，有助于改善企业周边环境，符合当前绿色发展和碳减排的全球趋势。在钢铁企业转型升级、实现高质量发展的背景下，亚临界超高温煤气发电技术无疑是一种极具竞争力的解决方案。近年来，随着技术的不断成熟和应用案例的增多，亚临界超高温煤气发电技术已在多个钢铁企业成功实施，并取得了显著的经济效益和环保效益。未来，随着技术的

进一步发展和推广，该技术有望在更多工业领域得到应用，为推动能源高效利用和环境保护作出更大贡献。

2 亚临界超高温煤气发电系统设计

2.1 煤气预处理系统设计

煤气预处理系统在整个发电流程中扮演着极为关键的角色。其核心任务在于将原始煤气转化为符合蒸汽发生系统及后续发电环节严苛要求的洁净气体。原始煤气通常裹挟着大量杂质，包括固体颗粒物、焦油、硫化物等。这些杂质若未经有效处理，不仅会严重磨损后续设备的关键部件，如蒸汽发生器的换热管束，还会在高温环境下发生复杂化学反应，生成积垢，大幅降低设备的传热效率，进而影响整个发电系统的运行稳定性与能源转换效率。在设计中，要构建高效的除尘单元，多采用旋风分离器与布袋除尘器的组合模式。旋风分离器凭借离心力的作用，能够快速分离出煤气中粒径较大的固体颗粒，初步净化煤气，而布袋除尘器则利用纤维滤料对细微粉尘的拦截效应，进一步降低煤气中的粉尘含量，确保进入后续环节的煤气含尘量控制在极低水平。除焦油环节同样重要，可采用喷淋洗涤与电捕焦油器协同工作的方式，喷淋洗涤通过喷洒特定的吸收液，使焦油雾滴被吸收液捕捉并随液流排出。电捕焦油器则借助高压电场，使焦油雾滴荷电后向集尘极移动并被捕集，极大程度地降低煤气中的焦油含量。针对煤气中的硫化物，常运用湿法脱硫工艺，利用碱性吸收液与硫化物发生化学反应，将其转化为易于处理的硫化物盐类，从煤气中脱除，为蒸汽发生系统提供纯净的煤气原料^[1]。

2.2 蒸汽发生系统设计

蒸汽发生系统作为连接煤气预处理与发电环节的关键枢纽，其性能直接关乎整个发电系统的产能与效率。该系统主要基于煤气的燃烧释放热能，通过高效的热交换过程产生高温高压蒸汽，为后续的汽轮机做功发电提

供动力源。煤气在特制的燃烧室内与经过精确配比的空气充分混合并燃烧。燃烧室的设计需充分考量煤气的燃烧特性,确保燃烧过程稳定、高效且完全,通过优化燃烧器的结构与布置,使煤气与空气能够均匀混合,形成稳定的火焰,释放出大量热能。产生的高温烟气随后进入热交换区域,此区域内布置有大量的换热管束,管内流动的是经过软化、除盐等精细处理的给水。高温烟气的热量通过管壁传递给给水,使其逐步升温、汽化并过热,最终生成满足亚临界参数要求的高温高压蒸汽。为了强化热交换效率,常采用翅片管、螺旋槽管等特殊结构的换热管束,增大换热面积,提高传热系数。蒸汽发生系统还配备了完善的汽水分离装置,由于蒸汽在生成过程中不可避免地会携带部分水分,汽水分离器利用离心力、重力沉降等原理,将蒸汽中的水分有效分离出来,保证输出的蒸汽具有极高的干度,避免汽轮机叶片因带水冲击而受损,确保蒸汽品质满足发电系统的严格要求,稳定持续地为发电环节输送高品质蒸汽。

2.3 发电及能量回收系统设计

发电及能量回收系统是整个煤气发电流程的终端环节,旨在将蒸汽的热能高效转化为电能,并对发电过程中的余热等能量进行回收利用,提升系统整体的能源利用率。汽轮机作为发电的核心设备,高温高压蒸汽从蒸汽发生系统引入后,在汽轮机的喷嘴中膨胀加速,形成高速气流冲击汽轮机的叶片,带动转子高速旋转。汽轮机的转子与发电机的转子通过联轴器刚性连接,从而驱动发电机发电。在汽轮机的设计中,需精确计算蒸汽的流量、压力、温度等参数,合理设计叶片的形状、级数以及通流面积,以实现蒸汽热能向机械能的高效转换,提高汽轮机的发电效率。在发电过程中,汽轮机排出的蒸汽仍带有大量余热。为了回收这部分能量,通常设置有凝汽器。凝汽器利用循环冷却水将汽轮机排出的乏汽冷凝成水,在这个过程中,乏汽的潜热传递给循环冷却水,使循环冷却水温度升高。升高温度后的循环冷却水可通过换热器为其他工业生产过程提供预热热源,或者用于建筑物的冬季供暖等,实现余热的梯级利用。发电机产生的电能需要经过升压变压器、整流器、滤波器等电气设备进行处理,以满足电网的接入要求。通过合理配置变压器、整流器、滤波器等设备,确保输出的电能质量稳定、可靠,能够顺利并入电网,为社会提供清洁、高效的电力能源,同时完成整个煤气发电系统从煤气到电能的高效转换及能量回收利用过程^[2]。

3 亚临界超高温煤气发电技术的应用策略

3.1 设备选型与优化

(1) 在亚临界超高温煤气发电系统中,合理选择燃气轮机是关键。需依据煤气的成分、热值及流量等特性,挑选适配的燃气轮机型号。例如,针对低热值煤气,宜选用具有高燃烧效率和良好变工况性能的燃气轮机,以确保在不同煤气供应条件下稳定运行,充分利用煤气能量。对燃气轮机的燃烧系统进行优化,采用先进的燃烧技术,如贫预混燃烧,降低氮氧化物排放,提高燃烧稳定性,减少因燃烧问题导致的设备故障与性能下降。(2) 蒸汽轮机的选型同样不容忽视。要综合考虑蒸汽参数,如亚临界超高温状态下的蒸汽压力、温度等,选择合适通流面积和级数的蒸汽轮机,以实现高效的能量转换。对蒸汽轮机的叶片进行优化设计,采用高强度、耐高温的材料,提高叶片的抗侵蚀和抗疲劳性能,延长蒸汽轮机的使用寿命。优化蒸汽轮机的密封结构设计,有效减少蒸汽泄漏量,进而提升机组的热效率。(3) 配套设备的选型与协同优化也至关重要。如煤气净化设备,应根据煤气中的杂质种类和含量进行精细选择,挑选出高效的脱硫、脱硝、除尘设备,以确保进入燃气轮机的煤气达到严格的洁净度要求,有效防止杂质对设备造成不必要的磨损与腐蚀。还需优化余热锅炉的设计,通过技术创新提高余热回收效率,使产生的蒸汽参数与蒸汽轮机实现完美匹配,从而确保整个发电系统能够高效稳定地运行。

3.2 运行参数调控

(1) 对于亚临界超高温煤气发电系统,精确控制燃气轮机的燃烧温度极为重要。通过调节煤气与空气的混合比例,将燃烧温度维持在最佳范围内。第一,确保燃烧充分,提高能源利用率;第二,避免温度过高对燃气轮机部件造成热损伤。利用先进的温度监测系统,实时反馈燃烧温度数据,自动调整燃料与空气供给量,保证燃烧过程的稳定性和高效性。(2) 合理调控蒸汽轮机的进汽参数。在亚临界超高温条件下,我们必须严格控制蒸汽的压力和温度,确保它们始终符合蒸汽轮机的设计工况。为了实现这一目标,我们需要通过精细调节余热锅炉的运行参数来稳定蒸汽状态,如适时调整燃烧强度以控制热输入,精确控制给水流量以维持适当的汽化过程。根据负荷的实时变化,我们应不断优化蒸汽轮机的调速系统,确保其在各种工况下都能保持高效稳定运行,避免因进汽参数波动而导致机组效率下降或运行不稳定。(3) 优化整个发电系统的负荷分配。根据电网需求和发电设备的性能,合理分配燃气轮机与蒸汽轮机的负荷。在低负荷时,适当提高燃气轮机的负荷占比,充分发挥其快速响应特性;在高负荷时,优化蒸汽轮机

的运行,提高整体发电效率。利用智能化的负荷控制系统,实时监测电网负荷变化,自动调整发电设备的运行参数,实现发电系统的经济、稳定运行^[3]。

3.3 系统维护与故障诊断

(1) 建立完善的设备日常维护制度对于确保设备长期稳定运行至关重要。我们应定期对燃气轮机、蒸汽轮机及配套设备进行全面细致的检查与保养工作,这其中包括设备的清洁、润滑、紧固等基础维护措施。特别地,对燃气轮机的燃烧器、涡轮叶片等关键部件,需采用先进的探伤检测技术进行定期检查,以及时发现并处理潜在缺陷,有效预防故障发生。定期更换设备的润滑油、滤清器等易损件,确保设备始终处于良好运行状态。(2) 运用先进的故障诊断技术。采用振动监测、温度监测、油液分析等多种手段,对发电设备进行实时状态监测。通过分析设备运行数据,及时发现设备的异常情况,如燃气轮机的振动异常、蒸汽轮机的温度过高等,提前预警可能出现的故障。利用智能诊断系统,结合设备的历史运行数据和故障案例,准确判断故障类型与位置,为及时维修提供依据。(3) 制定应急预案。针对可能出现的重大设备故障,如燃气轮机熄火、蒸汽轮机超速等,制定详细的应急预案。明确应急处理流程、各岗位人员职责以及所需的应急设备与物资。定期组织应急演练,提高工作人员的应急处理能力,确保在突发故障时能够迅速、有效地采取措施,保障人员安全,减少设备损坏和经济损失,尽快恢复发电系统的正常运行。

3.4 技术改进与创新

(1) 在燃烧技术方面进行创新。研究新型的煤气燃烧方式,如催化燃烧技术,进一步提高燃烧效率,降低燃烧过程中的能量损失。通过优化燃烧器结构,改善煤气与空气的混合效果,使燃烧更加充分、均匀,减少不完全燃烧产物的生成。探索燃烧过程中的实时控制技术,根据煤气成分和工况变化,动态调整燃烧参数,提高燃烧系统的适应性和稳定性。(2) 致力于提高余热回收效率,我们不断深入研发新型的余热回收设备与技

术。通过采用高效的热管换热器、创新设计的新型翅片结构等先进技术,显著增强了余热锅炉对煤气燃烧余热的吸收能力,使得余热回收更加高效。我们优化了余热回收系统的流程设计,不仅提高了蒸汽的产生量,还提升了蒸汽的品质,确保了能源的高效转化。我们还在积极探索将余热进一步利用的新途径,如用于供热、制冷等,以实现能源的梯级利用,全面提高整个发电系统的能源综合利用率。(3) 推动智能化技术在发电系统中的应用。利用大数据、人工智能等技术,对发电设备的运行数据进行深度分析,实现设备的智能运维。通过建立设备运行状态预测模型,提前预测设备故障,合理安排维护计划,降低设备维护成本。开发智能化的发电控制系统,实现对发电过程的自动优化控制,提高发电系统的运行效率和可靠性,提升亚临界超高温煤气发电技术的整体水平^[4]。

结语

综上所述,亚临界超高温煤气发电技术以其高效、清洁的特点,在能源领域展现出巨大的应用潜力。通过优化系统设计、合理调控运行参数、加强系统维护与故障诊断以及持续进行技术改进与创新,可以进一步提高该技术的性能和可靠性。未来,随着技术的不断发展和完善,亚临界超高温煤气发电技术有望在能源领域发挥更加重要的作用,为实现能源可持续发展和环境保护目标做出更大贡献。

参考文献

- [1]曹韦韦,丁勇山,王艳红.微型亚临界煤气发电工程的数字化(BIM)设计应用[J].冶金标准化与质量,2024,62(1):43-47,62.
- [2]宋著坤,张晓凯,卫军.直接空冷超高温亚临界发电技术在钢铁企业的实践应用[J].冶金动力,2023(3):68-71.
- [3]丁勇山,曹韦韦.微型亚临界煤气发电技术在钢铁厂的应用[J].冶金标准化与质量,2022,60(5):58-63.
- [4]井芳波,尹刚,卫栋梁,等.超高温亚临界煤气发电汽轮机设计及经济性分析[J].能源与节能,2021(12):153-155.