

燃煤电厂灰硫运行过程中的能效与环保平衡分析

辛宇博 侯 卓

内蒙古京能检修工程管理有限公司 内蒙古 丰镇 012199

摘 要: 本文聚焦燃煤电厂灰硫运行过程,剖析其系统现状,阐述能效与环保平衡理论基础。针对能效与环保矛盾统一关系,通过供电煤耗等指标评估能效,依据国家标准衡量环保。提出灰渣处理、烟气脱硫等环节能效优化策略,强化脱硫脱硝技术、应用高能辐射技术并加强环保管理。旨在实现燃煤电厂灰硫运行系统能效与环保的平衡,推动电厂可持续发展,为行业提供理论与实践参考。

关键词: 燃煤电厂; 灰硫系统; 能效优化

1 燃煤电厂灰硫运行系统现状分析

1.1 灰硫处理工艺流程

燃煤电厂灰硫处理流程对电厂稳定运行与污染物减排意义重大。煤炭燃烧产生的高温烟气含大量粉煤灰,先经除尘系统处理,常见的电除尘器借高压电场使粉尘荷电被捕集,袋式除尘器利用滤袋拦截过滤,大幅降低烟气含尘量。随后,烟气进入脱硫系统,目前应用广泛的石灰石-石膏湿法脱硫工艺,以石灰石浆液为吸收剂,与二氧化硫反应生成亚硫酸钙,再氧化成石膏,实现脱硫。分离出的粉煤灰,一部分通过气力输送至灰库用于建材等综合利用,另一部分经水力除灰系统送至灰场。各环节紧密相连,任一环节故障都会影响电厂运行与环保达标。随着技术发展,循环流化床锅炉脱硫一体化等新型工艺不断涌现,简化流程并提升处理效率。

1.2 能效与环保现状

当前燃煤电厂灰硫运行系统在能效与环保方面形势复杂。能效上,虽部分电厂通过技术升级有一定成效,但整体仍待提升。灰渣处理环节,水力除灰耗水耗电;烟气脱硫系统中,石灰石-石膏湿法脱硫的浆液制备、循环泵运行能耗大,脱硫能耗占电厂总能耗3%-5%。环保方面,电厂虽采取措施,但二氧化硫、氮氧化物和粉尘等污染物排放控制仍是难题^[1]。部分电厂因设备老化、管理不当,难以稳定达标。煤炭品质波动会使烟气中二氧化硫含量不稳,增加脱硫难度与超标风险。灰场粉煤灰易污染土壤、水体和大气,如灰场扬尘会提高周边大气颗粒物浓度。

1.3 关键影响因素

影响燃煤电厂灰硫运行系统能效与环保的因素多样。设备层面,先进高效的除尘、脱硫设备可提升污染物去除效率并降低能耗,老旧设备则因效率低、故障多,增加能耗与排放。煤炭品质差异大,高硫分、高灰

分煤炭会加重灰硫处理系统负荷,使脱硫剂用量增加、灰渣处理难度加大,影响能效与环保效果。运行管理水平也至关重要,合理的参数调整、定期维护和规范操作能保障系统高效稳定运行,反之则会降低能效、增加环保风险。同时政策法规的变化,如更严格的环保标准,促使电厂持续改进技术与管理以满足要求。

2 燃煤电厂灰硫运行过程中的能效与环保平衡的理论基础

2.1 能效与环保的关系辨析

在燃煤电厂灰硫运行过程中,能效与环保既相互矛盾又相互统一。从矛盾的角度来看,提高能效往往侧重于降低能耗、提高能源利用率,以获取更大的经济效益;而环保则强调减少污染物排放,保护生态环境,有时可能需要投入更多的资源和成本,这在一定程度上会增加电厂的运行成本,对能效产生负面影响。然而,能效与环保也存在统一的一面,从长远来看,高效的能源利用能够减少煤炭的消耗,从而从源头上降低污染物的产生量。同时先进的环保技术在降低污染物排放的过程中,也可能带来能源利用效率的提升。例如,采用先进的烟气脱硫脱硝一体化技术,不仅能够更有效地去除污染物,还可能通过优化工艺流程,实现能量的回收利用,提高系统的整体能效。因此在燃煤电厂灰硫运行过程中,需要正确认识和处理能效与环保的关系,寻求两者之间的平衡,实现经济效益和环境效益的双赢。

2.2 燃煤电厂能效评估指标

科学合理的能效评估指标是衡量燃煤电厂灰硫运行系统能效水平的重要依据。常见的能效评估指标包括供电煤耗、厂用电率和热效率等。供电煤耗是指电厂每发一度电所消耗的标准煤量,它综合反映了电厂能源转换效率和生产管理水平。供电煤耗越低,说明电厂在将煤炭转化为电能的过程中能源利用效率越高。厂用电率是

指电厂生产过程中自身消耗的电量占总发电量的比例。厂用电率的高低直接影响电厂的经济效益,降低厂用电率意味着更多的电能可以对外输出。在灰硫运行系统中,除尘、脱硫等设备的能耗对厂用电率有较大影响。热效率则是衡量电厂能量转换效率的重要指标,它反映了燃料化学能转化为电能和热能的有效程度。提高热效率可以减少煤炭消耗,降低运行成本,同时也有助于减少污染物排放,还有一些针对灰硫处理环节的特定能效评估指标,如灰渣综合利用率、脱硫系统单位能耗等。灰渣综合利用率越高,说明灰渣得到了更充分的利用,减少灰场存放的压力,同时也实现资源的再利用,具有一定的经济效益和环境效益。脱硫系统单位能耗则反映脱硫过程中能源消耗的强度,降低该指标有助于提高脱硫系统的能效。

2.3 燃煤电厂环保评估标准

为了规范燃煤电厂污染物排放,保护环境,我国制定了一系列严格的环保评估标准。在大气污染物排放方面,主要控制指标包括二氧化硫、氮氧化物和颗粒物排放浓度。根据《火电厂大气污染物排放标准》(GB13223-2011及后续修订版本),不同地区、不同类型的燃煤电厂执行不同的排放限值。例如,重点地区的燃煤电厂,二氧化硫排放浓度限值通常较低,一般要求不超过 $35\text{mg}/\text{m}^3$ (基准含氧量6%);氮氧化物排放浓度限值不超过 $50\text{mg}/\text{m}^3$ (基准含氧量6%);颗粒物排放浓度限值不超过 $10\text{mg}/\text{m}^3$ (基准含氧量6%)。在废水排放方面,环保评估标准对化学需氧量(COD)、氨氮、悬浮物等指标进行了严格限制。电厂产生的废水需要经过处理,达到相应的排放标准后才能排放或回用^[2]。另外,对于灰场的环境保护也有相关标准,要求灰场采取防渗、防尘等措施,防止粉煤灰对土壤和水体造成污染,同时要控制灰场扬尘,减少对大气环境的影响。这些环保评估标准为燃煤电厂的环保工作提供明确的依据和要求,促使电厂不断改进技术和管理,减少污染物排放,保护环境。

3 燃煤电厂灰硫运行过程中的能效优化策略

3.1 灰渣处理环节的能效优化

在燃煤电厂灰硫运行系统中,灰渣处理环节的能效优化具有重要意义。首先,可以对气力除灰系统进行优化升级。采用高效的仓泵和输灰管道,降低输送过程中的阻力,提高输送效率,减少能量消耗。合理设计输灰管道的走向和布局,避免不必要的弯头和阻力点,进一步降低能耗。另外,通过优化气力除灰系统的运行参数,如控制合适的输送压力和输送速度,既能保证灰渣

的顺利输送,又能降低空压机等设备的能耗。对于水力除灰系统,可采用节水型除灰技术。在灰渣综合利用方面,加大研发和推广力度,提高灰渣在建筑材料、道路工程等领域的应用比例。将粉煤灰加工成优质的水泥混合材、混凝土掺合料等,不仅减少了灰渣的堆放量,还能创造一定的经济效益,同时也降低了灰渣处理过程中的能耗。

3.2 烟气脱硫环节的能效优化

烟气脱硫环节是灰硫运行系统中能耗较高的部分,其能效优化至关重要。对于石灰石-石膏湿法脱硫工艺,优化石灰石浆液的制备系统是关键。通过采用先进的磨粉设备,提高石灰石的研磨效率,降低研磨过程中的能耗。精确控制石灰石浆液的浓度和细度,确保其在脱硫过程中能够充分反应,提高脱硫效率,减少脱硫剂的浪费。在脱硫系统运行过程中,优化设备的运行参数也能有效降低能耗。合理调整循环泵的流量和扬程,根据烟气中二氧化硫的浓度和负荷变化,动态调节循环泵的运行台数和转速,避免设备长期在高能耗状态下运行。加强对脱硫系统的监测和维护,及时清理吸收塔内的结垢和堵塞物,保证系统的正常运行,提高设备的运行效率,降低能耗。还可以探索新型脱硫技术,如氨法脱硫、海水脱硫等,这些技术在某些工况下可能具有更高的能效和更低的运行成本。

3.3 系统整体能效优化方案

除了对灰渣处理和烟气脱硫环节分别进行能效优化外,从系统整体角度出发制定能效优化方案至关重要。建立先进的灰硫运行系统能源管理系统是核心基础,该系统通过在除尘、脱硫、除灰等关键设备及管网节点部署高精度传感器,实时采集电流、电压、温度、流量等能耗数据,并借助大数据分析 with 人工智能算法,深度挖掘数据价值,精准定位能耗异常部位,例如快速识别出因管道泄漏导致的气力除灰系统能耗增加、因设备老化引发的脱硫系统效率下降等问题,为后续优化决策提供详实可靠的依据^[3]。先进的自动化控制技术是实现智能化控制的关键手段。以分布式控制系统(DCS)为例,它能够构建起覆盖整个灰硫运行系统的控制网络,将除尘、脱硫、除灰等设备纳入统一管理范畴。在实际运行中,当电厂负荷出现波动时,DCS系统可依据预设的数学模型和控制策略,自动调节除尘设备的电场强度、脱硫系统的浆液循环量以及除灰系统的输送频率;当环保要求提高时,又能迅速调整各设备运行参数,确保系统始终处于高效、稳定且符合环保标准的运行状态。在系统集成层面,加强子系统协同配合能显著提升整体能

效。将烟气脱硫系统与锅炉燃烧系统进行深度优化整合,通过建立数据交互与联动机制,使脱硫系统可实时获取锅炉燃烧产生的烟气量、二氧化硫浓度、氮氧化物浓度等关键参数,并据此动态调整脱硫剂用量、反应温度等运行参数,实现两者的精准匹配与协调运行。

4 燃煤电厂灰硫运行过程中的环保措施

4.1 烟气脱硫脱硝技术强化

强化烟气脱硫脱硝技术是减少燃煤电厂污染物排放的关键措施。在脱硫技术方面,进一步改进和完善石灰石-石膏湿法脱硫工艺。研发新型高效的脱硫添加剂,提高脱硫剂的活性和反应速率,增强脱硫效果,降低二氧化硫排放浓度。同时加强对脱硫废水的处理,采用先进的废水处理技术,如膜处理技术、蒸发结晶技术等,实现脱硫废水的零排放,减少对环境的污染。对于脱硝技术,推广应用选择性催化还原(SCR)和选择性非催化还原(SNCR)技术。优化SCR脱硝系统的催化剂性能,提高催化剂的活性和使用寿命,降低氮氧化物排放。同时,加强对SNCR技术的研究和改进,提高其脱硝效率和适应性。还可以探索脱硫脱硝一体化技术,如湿式氨法脱硫脱硝一体化技术、活性炭法脱硫脱硝一体化技术等,这些技术能够同时去除二氧化硫和氮氧化物,简化工艺流程,降低设备投资和运行成本,提高环保效益。

4.2 高能辐射技术在脱硫脱硝中的应用

高能辐射技术作为一种新兴的环保技术,在燃煤电厂脱硫脱硝领域具有广阔的应用前景。常见的高能辐射技术包括电子束辐照技术和脉冲电晕等离子体技术。电子束辐照技术利用电子加速器产生的高能电子束照射烟气,使烟气中的水分子、氧气分子等发生电离和激发,产生大量的自由基,这些自由基与二氧化硫和氮氧化物发生化学反应,将其氧化为硫酸和硝酸,然后与加入的氨反应生成硫酸铵和硝酸铵等化肥产品,实现脱硫脱硝的同时还能产生经济效益。脉冲电晕等离子体技术则是通过高压脉冲电源在反应器中产生强电场,使气体分子电离产生等离子体,等离子体中的活性粒子与二氧化硫和氮氧化物发生反应,将其转化为无害物质^[4]。与传统的脱硫脱硝技术相比,高能辐射技术具有反应速度快、效率高、不产生二次污染等优点。但目前该技术还存在设

备投资大、运行成本高等问题,需要进一步加大研发力度,降低成本,提高技术的可靠性和稳定性,以实现大规模推广应用。

4.3 系统环保管理的加强

加强燃煤电厂灰硫运行系统的环保管理是确保环保措施有效实施的重要保障。首先,建立健全环保管理制度,明确各部门和人员的环保职责,制定严格的环保考核指标和奖惩制度,将环保工作纳入电厂的日常管理和绩效考核体系。加强对环保设备的运行维护管理,定期对除尘、脱硫、脱硝等设备进行检查、维护和校准,确保设备正常运行,污染物排放稳定达标。其次,加强环境监测能力建设,配备先进的监测设备,对烟气、废水、灰场等进行实时监测,及时掌握污染物排放情况。建立环境监测数据管理系统,对监测数据进行分析 and 处理,为环保决策提供科学依据。同时加强与环保部门的沟通和协作,及时了解最新的环保政策和要求,主动接受环保部门的监督和检查。另外,还应加强环保宣传教育,提高员工的环保意识和责任感,营造全员参与环保的良好氛围,共同推动燃煤电厂的绿色发展。

结束语

综上所述,实现燃煤电厂灰硫运行过程中能效与环保的平衡,是行业可持续发展的必然要求。本文通过对现状分析、理论探讨及策略研究,为平衡能效与环保提供了可行方向。然而实际运行中仍面临诸多挑战,未来需持续关注技术创新、管理优化,进一步探索两者平衡的有效路径,以满足环保标准与能源高效利用的双重需求,助力燃煤电厂绿色转型。

参考文献

- [1]廖国权,季海,李皎.燃煤电厂二氧化硫排放浓度控制经济性探讨[J].环保科技,2020,26(06):7-10.
- [2]夏刚,吴其荣,周川雄,赵培超,杜云贵.燃煤电厂超低排放要求下的技术经济性分析[J].能源环境保护,2020,34(04):68-75.
- [3]马毅.热电厂锅炉燃烧运行优化策略探微[J].电力设备管理,2020(09):133-135.
- [4]姚雪鸣.装置工况影响阀门设计的共性因素探讨[J].化工设备与管道,2021,58(05):75-79.