

关于火电厂脱硫脱硝系统设备综合治理及节能降耗的关键技术研究

黄婉婉

大唐环境产业集团股份有限公司特许经营分公司, 中国·江苏 南京 211100

摘要: 随着“双碳”目标的提出及环保政策的持续收紧, 火电厂作为大气污染物的主要排放源, 其脱硫脱硝系统的稳定高效运行的同时实现节能降耗, 成为推动电力行业绿色低碳转型的核心任务。针对我国火电厂烟气脱硫/脱硝系统运行中存在的紊流支撑梁冲蚀、管道堵塞渗漏、防腐保温失效等突出问题, 以及风机、磨机等公用电动设备能耗高、维护成本高的行业痛点, 本文开展了设备综合整治及节能降耗关键技术研究。通过优化脱硫塔端流层支撑梁结构设计与维护技术、改善管道系统水动力学特性、研发高效防腐保温修复技术, 提升装备综合性能。在此基础上, 结合机组运行工况优化、变频调速、智能运维等技术方法, 构建火电厂脱硫脱硝系统节能降耗与成本调控系统, 为火电厂“高效、节能、低成本、长周期”运行提供技术支撑与实践参考。

关键词: 脱硫脱硝系统; 综合治理; 节能降耗; 支撑梁改造; 公用设备优化

Research on Key Technologies for Comprehensive Treatment and Energy Conservation in Flue Gas Desulfurization and Denitrification Systems of Thermal Power Plants

Huang Wanwan

Datang Environment Industry Group Co.,Ltd.Franchised Operation Division, China Jiangsu Nanjing 211100

Abstract: With the proposal of the "dual carbon" target and the continuous tightening of environmental policies, thermal power plants, as the main source of atmospheric pollutants, have become the core task of promoting the green and low-carbon transformation of the power industry by ensuring the stable and efficient operation of their desulfurization and denitrification systems while achieving energy conservation and consumption reduction. In response to the prominent problems of turbulent support beam erosion, pipeline blockage and leakage, and ineffective anti-corrosion and insulation in the operation of flue gas desulfurization/denitrification systems in thermal power plants in China, as well as the industry pain points of high energy consumption and maintenance costs of public electric equipment such as fans and mills, this article conducts comprehensive equipment improvement and key technology research on energy conservation and consumption reduction. By optimizing the design and maintenance technology of the turbulent layer support beam structure of the desulfurization tower, improving the hydrodynamic characteristics of the pipeline system, and developing efficient anti-corrosion and insulation repair technology, the comprehensive performance of the equipment is enhanced. On this basis, combined with technical methods such as optimizing unit operating conditions, variable frequency speed regulation, and intelligent operation and maintenance, an energy-saving and cost control system for desulfurization and denitrification in thermal power plants is constructed, providing technical support and practical reference for the "efficient, energy-saving, low-cost, and long-term" operation of thermal power plants.

Keywords: Desulfurization and denitrification system; Comprehensive governance; Energy conservation and consumption reduction; Support beam renovation; Optimization of public equipment

0 引言

我国的经济迅速发展, 带来的是能源消耗量的增大, 是对能源更大的需求, 是对自然更多的索取, 是对生存环境更大的挑战。所以, 节能降耗成为了社会发展中一个最为关键的环节。为满足《全面实施燃煤电厂超低排放和节能改造工作方案》(发改能源[2015]1640号)等文件要求,

大型火电机组普遍配备脱硫脱硝系统, 但在长期高负荷、复杂工况下, 系统设备出现了一系列的问题, 严重影响机组稳定、经济运行。因此, 开展火电厂脱硫脱硝系统设备集成优化与节能降耗关键技术研究, 对于解决我国火电厂脱硫脱硝系统存在的问题、优化设备运行状况、降低能耗与维护成本、探索先进节能技术应用途径等方面具有重要

的理论与实践意义。

1 火电厂脱硫脱硝系统设备运行现状

目前,我国火电厂主要采用石灰石-石膏湿法脱硫工艺,而部分火电厂则采用半干法脱硫+活性焦脱硝一体化工艺,脱硫脱硝系统涵盖脱硫塔、脱硝反应器、管道系统、公用设备(氧化风机、石磨机、浆液循环泵等)、检测控制系统等多个单元,随着超低排放技术的不断推广,国内大多数火电厂脱硫脱硝系统的运行效率已超过95%,但受煤质波动大、烟气参数变化大、设备老化、维护不到位等因素的影响,系统故障频发,能耗及维护成本居高不下,已成为制约系统稳定高效运行的重要瓶颈^[1]。

2 火电厂脱硫脱硝系统设备综合治理关键技术

2.1 脱硫塔内湍流层支撑梁改造与维护技术

2.1.1 支撑梁结构优化改造

支撑梁结构优化改造需要结合烟流特性及注浆冲刷规律进行设计,改善支护梁的受力状态,减小注浆水冲刷及气流扰动对支护梁的影响。支撑梁采用“弧形导流+加强筋”结构,通过在支撑梁表面设置弧形导流面,改变烟、浆流方向,降低浆料对支撑梁壁面的冲刷,降低磨损率。为提高结构的强度与刚度,还可以采用纵向、横向加强筋的方式,避免长期交变载荷作用下的疲劳变形与开裂。在此基础上,根据脱硫塔规格及运行负荷,合理调整支撑梁间距及布置角度,优化塔内湍流场,使烟气与浆液充分接触,提高脱硫效率^[2]。

2.1.2 支撑梁防腐涂层升级技术

针对支撑梁防腐性能差的问题,提出底层打底+中层防腐+面层耐磨复合防腐涂层技术,以提高其耐腐蚀性能。底层采用环氧类防锈底漆,厚度控制在80-100 μm ,提供良好附着与基材防护;中间层选用具有屏蔽防腐功能的厚浆型涂料,厚度为100-120 μm ,有效阻隔腐蚀介质渗透;面层采用高耐磨耐蚀型涂层,厚度150-200 μm ,该涂层具有良好的耐磨损、耐腐蚀和耐老化性能,能够有效的抵抗浆液冲刷和酸性介质的腐蚀,预期使用寿命可达8年,较传统防腐涂层有显著提高。在涂装过程中,必须对表面处理、涂料涂刷等各个环节进行质量控制,确保涂层无气泡、无裂纹、附着力达标,提高防腐性能。

2.2 脱硫脱硝管道系统优化技术

2.2.1 管道结构与布置优化

脱硫工艺的选择应遵照“适应现场、工艺成熟、运行稳定、脱硫效率高、投资省、无二次污染”的原则。管道

结构与布置优化需结合浆液、烟气、药剂等介质的输运特性进行设计,以改善管内流体力学特性,减少介质的冲蚀、结垢及阻力损失。对浆液管道,采用大口径、低流速设计,合理调整管径及流速,将浆液速度控制在1.2-1.5m/s以内,防止流速过快造成堵塞,也可避免因流速过大造成的管路磨损;或者采用耐磨弯头及导流装置,改变介质流动方向,减少局部冲蚀及结垢现象,而在烟气管道易受腐蚀的部位,应采用耐腐蚀钢材如玻璃钢、双相钢等^[3]。

2.2.2 管道防堵与智能清淤技术

针对浆液管道结垢与堵塞问题,除选用内壁光滑的材质如高密度聚乙烯衬里从源头减少结垢堵塞隐患外,还应建立基于流量、压力实时监测的智能预警系统。该系统可对管道运行参数进行持续监控,当监测到参数出现异常波动时,将自动发出提示,及时预警潜在的堵塞风险,为后续处理争取时间。在清堵方式上,可采用周期性高压水自动冲洗或气动脉冲清灰技术,替代传统人工敲击、被动清洗等低效方式,既能显著提高清堵效率,又能有效降低工作人员的劳动强度。对于长期运行后因结垢导致管径缩小、通流能力下降的管道,则可采用物理清管器(PIG)进行在线机械清理,快速恢复管道正常通流能力,保障浆液输送稳定顺畅。

2.3 设备防腐保温修复技术

针对现有脱硫脱硝系统设备防腐保温层老化破损,导致设备腐蚀、能源浪费等问题,通过对防腐保温材料的选择及施工工艺的优化,提高设备防腐保温性能,减少能耗,延长设备使用寿命。

2.3.1 防腐保温材料选型优化

根据不同设备运行工况,选用适当的防腐保温材料,以确保材料的适应性与耐久性。针对高温高腐蚀设备如脱硫塔、脱硝反应器等,需采用耐高温、耐腐蚀的隔热材料如硅酸铝纤维毡、岩棉保温板等,这些材料具有优异的耐高温、保温、防腐性能,可有效减少设备表面的热损失,隔离腐蚀介质。为防止雨水及腐蚀性介质侵入保温层,对保温层的保温性能造成影响,外层采用彩钢板、防水卷材等防水防腐保护层^[4]。对于低温潮湿设备如浆料储罐、管道等,需要采用聚氨酯泡沫保温材料,这种材料不仅具有优异的隔热性能,而且具有良好的防潮性能,能有效防止设备结露、腐蚀。

2.3.2 防腐保温修复施工工艺

优化防腐保温修复施工工艺,严格控制施工质量,确保修复后的防腐保温层平整、牢固、无破损,提高保温隔

热及防腐性能。施工前要将设备表面的锈斑、油污、灰尘及破损的防腐保温层清理干净,确保设备表面平整、干净,增强防腐保温层与设备表面的附着力;在施工过程中,要严格控制保温层的厚度、密度,并且要根据设备的工作温度合理地调整保温层的厚度,确保保温效果,防止由于保温层厚度不足而造成的热量损失,或者由于厚度过大而造成的材料浪费。为使涂层均匀、无气泡、无裂纹、附着力达标,可采用刷涂或喷涂的方式涂敷。为确保防腐保温效果符合规范要求,防止保温层脱落、破损,需对防腐保温层进行全面检测。

3 火电厂脱硫脱硝公用设备节能降耗关键技术

3.1 氧化风机节能降耗与维护优化技术

3.1.1 氧化风机选型升级

从节能角度看,为实现节能降耗,可采用新型节能风机如磁浮氧化风机替代传统罗茨风机。首先选用无机械摩擦力、传动效率高、可智能调整的磁浮氧化风机,该设备的电磁轴承非接触式设计使其传动效率接近100%,与传统罗茨风机相比可节省30%~40%,以一台160千瓦风机为例,在典型工况下,年节约电费可相当可观。然后配备智能变频控制系统,可根据脱硫系统负荷变化、浆液氧化需求,动态调整风机转速与风量,避免“大马拉小车”的电能浪费,实现按需供风。磁浮氧化风机的无油运行设计,无需定期加油,避免了因机油泄漏而造成的石膏污染和管道堵塞,日常保养只需十分钟内更换滤芯棉片,年维护费比普通罗茨风机省80%,设计寿命可达20年,是常规风机的两倍^[5]。

3.1.2 氧化风机运行参数优化

结合氧化反应机理,对风机运行参数进行优化,以达到提高氧化反应效率、减少能源消耗的目的。基于此,通过试验研究,确定氧化风机的最佳运行参数,即根据矿浆中亚硫酸钙浓度及脱硫负荷,动态调整风量,确保亚硫酸钙氧化率>98%,避免因风量过大而造成的能源浪费,或因风量不足引起的石膏纯度降低、管路堵塞等问题。将风压控制在0.08~0.12MPa之间,既能满足氧化反应的要求,又能降低风机能耗。同时优化浆液浓度、pH值等运行参数,加快氧化反应速率,减少风机运行负荷,实现节能降耗,如将浆液PH值调整到5.5~6.0,既能保证脱硫效果,又能加快氧化反应,缩短风机运行时间,减少能源消耗。

3.2 石磨机节能降耗与维护优化技术

对于石磨粉磨效率低、能耗高、维护成本高等问题,

从设备改造、工艺参数优化、磨损零部件维护三个方面开展石磨机节能降耗与维护优化技术研究,以提高磨矿效率,降低能耗及维护成本。

3.2.1 石磨机设备改造

为了提高磨矿效率,降低能源消耗,对磨矿结构进行了改造,一是优化石磨粉碎腔结构,采用分段粉碎+高效筛分结构,在粉碎腔内增加分级机构,对符合粉碎要求的粉碎浆料及时分离,避免过度粉碎能量浪费。二是通过改善研磨件结构,采用高硬度耐磨衬板及钢球如高锰钢衬板、高铬钢钢球等,提高磨损件的使用寿命,减少更换次数。三是在石磨机中加入变频控制系统,可根据石灰石原料的硬度及研磨要求动态调整电机的转速,实现研磨负载的精确控制,防止电机满负荷运转造成的能源浪费,改造后可降低石磨能耗15%~25%。四是对石灰石原料进行预处理,对石灰石进行粉碎、过筛,去除其中的杂质及大颗粒,以减轻磨矿负荷,提高磨矿效率^[6]。

3.2.2 石磨机研磨参数优化

结合石灰石浆液制备要求,通过正交试验,优化石磨机研磨参数,提升研磨效率与石灰石利用率,减少能耗浪费。通过试验,确定了石磨机的最佳粉碎参数,即一是粉碎时间控制在2~3小时以内,根据石灰石的硬度、细度要求,对粉碎时间进行动态调整,避免因粉碎时间过长而能量浪费,或因粉碎时间过短而使浆液细度达不到要求;二是钢球填充率控制在70%~75%,钢球按“大、中、小”合理搭配,提高粉碎效率;三是为避免原料过多造成研磨室堵塞,减少进料量过少造成设备空转及能量浪费,对石灰石的加料量控制在设计用量的80%~90%。四是对水的配比进行优化,使其在1.5:1~2:1的范围内,提高浆料的流动性,降低磨屑阻力,从而达到节能降耗的目的。

3.3 其他公用设备节能降耗技术

除氧化风机、石磨机外,其它公用用电设备如浆液循环泵、脱水系统的真空泵、脱水皮带机等也是能耗控制的重点环节。在浆液循环泵方面,采用高效节能泵替代传统离心泵,加装变频调速系统,根据脱硫负荷变化动态调整泵转速、流量。同时通过优化操作参数,减少泵的磨损,降低能耗,改造后的浆液循环泵能耗降低10%~15%。针对脱水系统,对离心机转鼓等核心部件进行结构优化,采用高效设计以提升分离效率;加装变频器,根据物料处理量动态调节设备转速,降低运行能耗;定期清洗滤网、滤布等部件,防止堵塞与磨损,维持设备高效状态。同时,建立系统内多设备协同机制,优化进料、脱水、输送等环节

的时序与负载匹配, 实现系统整体能耗最小化与经济运行。

4 结语

由上可知, 通过脱硫塔内湍流层支撑梁结构改造、防腐涂层升级与常态化维护, 管道系统结构优化、防堵防腐蚀处理与流体参数优化, 以及防腐保温修复技术的应用, 能够有效提升设备综合治理水平, 降低设备故障率, 延长设备使用寿命; 通过氧化风机、石磨机等公用设备的选型升级、运行参数优化与维护工艺改进, 能够显著降低设备能耗, 减少维护成本。此外, 智能运维、脱硫脱硝一体化、新型节能材料与设备等前沿技术的探索与应用, 为系统节能降耗提供了新的路径与支撑。

参考文献:

[1] 吴铮. 脱硝自动控制在烟气脱硫脱硝系统中的设计

与应用[J]. 冶金与材料, 2025,45(03):70-72.

[2] 张宁智. 高效脱硫脱硝设备在能源降本中的关键技术应用[J]. 全面腐蚀控制, 2025,39(03):82-84.

[3] 王先权, 孙海翠, 刘念一等. 脱硫脱硝除尘一体化设备的数字化控制技术研究[J]. 机械设计与制造工程, 2023,52(12):25-29.

[4] 杨海东, 刘金英. 半干法脱硫 + 低温 SCR 脱硝技术的研究与应用[J]. 矿业工程, 2022,20(02):45-50.

[5] 张宏. 如何提升火电厂改造脱硫脱硝设备的控制水平[J]. 现代工业经济和信息化, 2022,12(03):155-156.

[6] 孙雪景, 王占华. 火电厂锅炉脱硫脱硝控制技术设计[J]. 北方建筑, 2019,4(06):22-25.