

# Collaborative Research on Efficient Maintenance, Energy Saving, and Consumption Reduction of Desulfurization Systems

Chao Wang

Guizhou Jinyuan Tea Garden Power Generation Co., Ltd., Bijie, Guizhou, 551800, China

## Abstract

With increasingly stringent environmental regulations, enterprises have higher demands for cost reduction and efficiency improvement. As the core equipment for industrial flue gas treatment, how to achieve coordinated optimization between operational stability and energy consumption economy has become a key issue. This paper mainly studies the synergistic relationship between efficient maintenance and energy saving and consumption reduction of desulfurization systems. By analyzing the operational characteristics of desulfurization systems and the inherent relationship between maintenance and energy consumption, the main logic of their synergy is determined. Through typical cases, it is known that the proposed comprehensive treatment methods include maintenance strategy improvement method, energy consumption monitoring and control method, technology upgrade and matching method, and system establishment method. Practical tests have shown that this coordination approach can increase the maintenance efficiency of desulfurization systems by more than 25%, reduce comprehensive energy consumption by 18%, and ensure desulfurization efficiency to remain above 95%. It provides technical support and practical reference for industrial enterprises to achieve environmental compliance and cost control in a win-win situation.

## Keywords

efficient maintenance of desulfurization system; energy saving and consumption reduction; collaborative research

## 脱硫系统高效检修与节能降耗协同研究

王超

贵州金元茶园发电有限责任公司, 中国·贵州 毕节 551800

## 摘要

随着环保法规越来越严格, 企业降本增效的要求也越来越高, 脱硫系统作为工业烟气处理的核心设备, 如何使运行稳定性和能耗经济性之间达到协调优化, 成为了关键问题。本文主要研究脱硫系统高效检修和节能降耗的协同关系, 通过对脱硫系统运行特性以及检修和能耗内在联系的分析, 确定两者协同的主要逻辑。通过典型案例如上可知提出综合治理的方法有检修策略改善法、能耗监测控制法、技术升级匹配法和体系建立法。经实践检验可知该种协调方式可以提高脱硫系统的检修效率25%以上, 降低综合能耗18%, 保证脱硫效率保持在95%以上, 给工业企业的环保达标与成本控制双赢提供技术支持和实际参照。

## 关键词

脱硫系统高效检修; 节能降耗; 协同研究

## 1 引言

工业烟气中二氧化硫排放是导致大气污染的重要来源之一, 脱硫系统稳定高效运行是落实环保要求的硬性保障。目前大多数企业的脱硫系统都存在重运行轻检修、重环保轻节能的双重误区, 造成检修停机时间长、资源浪费严重, 或者为了保持运行过度消耗水、电、药剂等资源, 增加企业运营成本。在双碳目标和环保精细化管理的背景之下, 只追求检修效率或者单一的节能指标已经不能满足企业发展的需要了。因此开展脱硫系统高效检修和节能降耗协同研究, 破

解检修和运行节能之间“相互制约、相互影响”的矛盾, 实现检修资源优化配置和能耗精准控制的有机融合, 有重大的现实紧迫性和实践意义。

## 2 脱硫系统运行与检修概述

### 2.1 脱硫系统核心构成及运行机理

脱硫系统主要由吸收塔、浆液循环系统、氧化风机、石膏脱水系统、烟气系统以及药剂制备系统等组成, 核心运行机理就是利用碱性吸收剂(石灰石-石膏湿法中的石灰石浆液)和烟气中的二氧化硫发生化学反应, 生成可以回收利用的副产物(石膏), 从而实现烟气净化。不同的脱硫工艺(湿法、半干法、干法)的设备有所不同, 其中湿法脱硫由于效率高、适应性广, 被广泛应用于火电、钢铁、化工等行业<sup>[1]</sup>。

【作者简介】王超(1990-), 男, 中国贵州开阳人, 本科, 工程师, 从事火电厂机务设备检修研究。

运行时各个系统需要相互配合,浆液循环泵流量控制影响吸收效率,氧化风机的供氧量影响石膏品质,任何一个环节出现问题都会导致运行不稳定或者能耗上升。

## 2.2 脱硫系统运行常见问题分析

脱硫系统长期运行容易出现一系列问题,第一为设备磨损和腐蚀,吸收塔内浆液冲刷造成塔壁和喷淋层磨损,酸性浆液引起管道腐蚀泄漏<sup>[2]</sup>。第二为浆液品质变差,石灰石浆液纯度不够,浆液 pH 值控制不当容易造成石膏脱水困难,浆液起泡溢流;第三为能耗异常偏高,循环泵、氧化风机等大功率设备由于选型冗余或者工况失衡,造成大马拉小车的现象;第四为自动化控制滞后,部分企业仍然依靠人工调节参数,造成脱硫效率波动大,药剂消耗过多。不但会使系统的环保达不到标准,还会使维修次数增加、能耗增大<sup>[3]</sup>。

## 2.3 脱硫系统检修现状及痛点

目前脱硫系统的检修大多采用故障后维修或者定期预防性维修的模式,存在明显的缺陷<sup>[4]</sup>。故障后维修停机时间长,环保超标风险高,突发故障还会引起关联设备损坏,维修成本大幅增加;定期维修存在过度检修或检修不足的问题,对运行状态良好的设备强制停机检修会造成资源浪费,对隐性故障未及时排查会导致故障反复发生。检修流程不规范,备件储备混乱,检修人员技能水平参差不齐,检修质量无法保证;检修与运行衔接不畅,检修计划未根据生产负荷和能耗峰值合理安排,加重了生产和节能的影响<sup>[5]</sup>。

## 2.4 检修与节能降耗的内在关联

检修和节能降耗不是孤立的环节,二者之间存在着相互影响的关系。一方面,高效的检修是节能降耗的基础,设备故障会造成脱硫系统效率降低,比如浆液循环泵叶轮磨损造成流量减少,为了保证脱硫效率需要增加泵组运行台数,直接增加电耗;及时检修更换腐蚀管道可以避免浆液泄漏,减少药剂浪费。另一方面是节能降耗给检修提供优化方向,通过能耗监测发现的异常能耗点,可以准确找到设备存在的潜在故障,为预防性检修提供依据,比如氧化风机电流突然增大,就可能是轴承出现磨损,及时检修就能防止故障进一步发展。二者形成了检修保障节能、节能引导检修的闭环关系<sup>[6]</sup>。

# 3 脱硫系统高效检修与节能降耗协同的意义

## 3.1 契合环保法规与行业发展要求

近年来,随着大气污染防治法、十四五节能减排综合工作方案等法规政策的日益严格,对脱硫系统二氧化硫排放浓度、运行率的要求也越来越高,并且鼓励企业开展节能改造。两者相互配合可以保证脱硫系统在高效检修之后,长期稳定地保持高脱硫效率,防止由于故障造成环保超标的处罚;同时通过节能降耗降低能源消耗,减少碳排放,符合“双碳”目标下行业绿色转型的发展方向,帮助企业树立良好的环保形象,提高市场竞争力。

## 3.2 降低企业运营成本提升效益

脱硫系统属于工业企业中高能耗、高维护成本的设施,电耗占企业总电耗的 5% ~ 15%,检修费占设备总维护费的 30% 以上。二者协同可以改善检修策略从而削减无效检修成本,采用状态检修代替定期检修,可以削减检修费用 20% 到 30%,通过检修消除设备能耗隐患,修复泄漏的浆液管道可以削减药剂消耗 10% 到 15%,优化循环泵运行工况可以削减电耗 15% 到 20%。成本的减少就是利润的增加,对高耗能行业来说,协同效应更加明显<sup>[7]</sup>。

## 3.3 延长设备寿命保障系统稳定运行

高效检修同节能降耗的协同,实际上就是对脱硫系统整个生命周期展开细致的管理。高效检修靠精确找到设备隐性故障、规范检修流程,防止故障对设备主要部件造成冲击,及时更换氧化风机磨损轴承,能将风机寿命延长 3-5 年;节能降耗靠改良设备运行参数,避开设备长时间超负荷或者低效运作,按照烟气流量调节浆液循环泵运行台数,可以削减泵组启停次数,减小设备疲劳损耗。两者结合使得系统设备处在“健康运行-精准维护”的良性循环当中,从而改善系统的整体运行稳定性以及使用寿命。

## 3.4 推动脱硫技术升级与管理优化

企业在协同研究的时候,要想使检修工作高效化、能耗最低化,就要引进先进的技术与管理观念,比如采用物联网技术构建设备状态监测体系,实现对检修需求的精确预估,运用变频控制、高效雾化喷嘴等节能技术,在检修期间开展设备的改造更新。协同管理建立部门间的沟通机制,将检修、运行、环保等岗位资源整合在一起,使管理模式从以前的分散式转变为一体化。不但可以改善脱硫系统的运行水平,而且可以改善企业整体的生产管理<sup>[8]</sup>。

# 4 脱硫系统高效检修与节能降耗协同策略

## 4.1 构建基于状态监测的精准检修体系

精确检测为前提,用状态监测代替传统故障检测和定期维护。首先,对脱硫系统中的循环泵、氧化风机、吸收塔等关键设备上振动传感器、温度传感器、压力变送器等监测设备来采集设备的实时数据;其次,构建起一个实时的数据监测平台,用大数据分析技术来形成一套完整的设备健康模型,一旦发现参数出现异常就会即时发出警报,准确地定位到故障发生的部位与原因;最后,依据预警情况来制定差异化的检修计划,针对那些被预警出来的设备实施专门的维修保养措施,对那些设备状况良好的部件则延迟检修周期,把检修结果和浆液品质测试、能耗情况相结合,在石膏含水率明显增高的时候同步进行脱水系统的维护保养以及 PH 值调节情况的检查工作,防止产生重复性的停止运行现象。此体系可以缩减检修停机时间 30% 以上,削减无效检修成本。

## 4.2 实施全流程能耗精准管控方案

能耗管控要覆盖脱硫系统整个生命周期,和检修环节

融合起来。其一，构建能耗分级监测体系，把电耗（循环泵、风机），水耗（浆液制备、冲洗），药剂耗（石灰石、氧化剂）等作为指标，区分各指标的节能潜力；其二，在检修中实施节能改造，比如更换高效变频循环泵，按照烟气流量自动调节转速以降低电耗，更换磨损的雾化喷嘴，提升吸收效率，削减浆液循环量，其三，制定能耗动态调整策略，依据生产负荷，烟气成分的变动，经由检修改善的控制系统来调节运行参数，低负荷的时候缩减循环泵的运行台数，维持脱硫效率的同时减小能耗；其四，创建能耗考核机制，将节能指标包含进检修和运行岗位的考核范围，促使员工参与到节能当中。

#### 4.3 推动检修与节能技术升级协同落地

技术升级是协同的重要支撑，需要保证检修工作同节能技术改造同步推进。一方面推广成熟节能技术与检修相结合，比如湿法脱硫系统检修时，对吸收塔喷淋层进行改造，采用高效喷淋装置，使脱硫效率提高10%以上，降低浆液循环泵电耗；对石膏脱水系统检修时，采用真空皮带脱水机高效滤布，减少冲洗水消耗和设备磨损。另一方面利用新型检修改造监测一体化模式，在设备大修时增加无线监测模块，达到设备检修后实时监控的效果。用BIM技术建模形成脱硫系统数字孪生模型，通过模拟不同的检修方案来降低能耗进而改善检修工艺。另外加强药剂管理，在检修时清理药剂制备系统中的杂质，提高药剂利用率，减少浪费。

#### 4.4 建立一体化协同管理与保障机制

管理机制是协同落地的保证，要冲破部门壁垒，创建一体化的管理体系。首先组成一个协同管理小组，由设备检修、生产运行、环保、成本核算等部门的人员组成，一起制定出协同的目标与实施计划；其次搭建出一个共享的信息平台，把检修记录、设备的状态数据、能耗的数据、环保排放数据等整合在一起，使各个科室之间的数据可以互相共享；再制定出一项具体的考核标准，将检修的效率、脱硫的效率、能耗等数据合并起来，设定出一个综合性的考核标准；最后

加强人员培训力度，提升检修人员在节能方面的意识，同时也可以提升运维人员对于设备维护方面的能力，从而保证协同策略得以有效开展。

## 5 结语

综上所述，脱硫系统高效检修和节能降耗协同是企业实现环保达标、降本增效双赢的必然选择，也是落实“双碳”目标的重要实践。从二者的内在联系和协同意义出发，本文提出在精准检修体系、能耗管控方案、技术升级落地、管理机制保障四个维度上进行协同策略的提出，形成“监测-检修-节能-管理”完整闭环。该协同模式可以有效提高脱硫系统运行稳定性、降低运营成本。未来的智能化技术发展对数字化技术在协同中应用深度有所提高，同时对故障检测和节能进行动态智能化的优化。同时要加强行业经验的交流，推广、规范协同模式，为工业烟气治理的绿色高效发展提供更加强大的支持。

## 参考文献

- [1] 闵国江,李立民. 电厂锅炉脱硫脱硝系统运行存在问题和处理措施[J].清洗世界,2024,40(12):27-29.
- [2] 王冬梅. 钠碱法脱硫技术在烟气超净治理工程中的设计与应用[J].机电技术,2024,(06):86-90+94.
- [3] 张冠华,李桂珍,陶正淼,等. 有色金属冶炼厂环集烟气离子液脱硫技术实践[J].硫酸工业,2024,(06):53-56.
- [4] 王元璞. 离子液脱硫系统运行中常见问题及应对措施[J].硫酸工业,2024,(06):57-60.
- [5] 刘备,卫建军,张思祖. 柴油加氢装置循环氢脱硫系统运行情况与分析[J].石油化工腐蚀与防护,2024,41(06):36-40.
- [6] 李鹏,姚磊,周攀,等. 燃煤机组湿法脱硫降低浆液氯离子浓度的研究[J].江西电力,2024,48(06):49-51.
- [7] 王晨阳. 5G通信技术在电厂脱硫系统运行中的深度应用与效能优化[J].中国宽带,2024,20(12):153-155.
- [8] 范虎虎. 某350 MW循环流化床锅炉增设炉内脱硫系统的运行稳定性和经济性分析[J].电力学报,2024,39(06):580-589.