

基于氢氧化钙浆液输送系统的脱硫应急能力提升改造研究

刘绍伟 王明召 柳惠丰

大唐环境产业集团股份有限公司安阳项目部, 中国·河南 安阳 455000

摘要: 本文聚焦于大唐电厂安阳项目部 1、2、9、10 号机组脱硫系统应急能力提升改造, 详细阐述了氢氧化钙浆液输送系统的设计与应用。通过增设储液池、搅拌器及输送泵等设备, 该系统旨在应对高硫份、高负荷及浆液循环泵故障等情况, 有效降低二氧化硫排放值, 保障脱硫系统的安全稳定运行。

关键词: 氢氧化钙; 脱硫系统; 应急能力提升

Research on the improvement and renovation of desulfurization emergency capability based on calcium hydroxide slurry transportation system

Liu Shaowei, Wang Mingzhao, Liu Huifeng

Datang Environmental Industry Group Co., Ltd. Anyang Project Department, China Henan Anyang 455000

Abstract: This article focuses on the emergency capability improvement of the desulfurization system of Units 1, 2, 9, and 10 of the Anyang Project Department of Datang Power Plant, and elaborates in detail on the design and application of the calcium hydroxide slurry transportation system. By adding storage tanks, mixers, and transfer pumps, the system aims to address situations such as high sulfur content, high load, and slurry circulation pump failures, effectively reducing sulfur dioxide emissions and ensuring the safe and stable operation of the desulfurization system.

Keywords: Calcium hydroxide; Desulphurisation system; Emergency capability improvement

0 引言

随着环保要求的日益严格, 火力发电厂脱硫系统的稳定运行至关重要。在实际运行中, 高硫份、高负荷工况以及浆液循环泵故障等问题可能导致二氧化硫排放超标, 影响环境质量。因此, 提升脱硫系统的应急处理能力成为亟待解决的问题。本文所探讨的氢氧化钙浆液输送系统改造方案, 旨在为脱硫系统提供更可靠的应急保障, 确保在复杂工况下仍能高效脱硫。

1 系统改造设计思路

1.1 系统总体架构

本次改造的核心是构建一套全新的氢氧化钙浆液输送系统, 该系统将服务于 4 台机组, 即 1、2、9、10 号机组。通过合理布局, 使氢氧化钙浆液能够准确输送至每台机组的两台浆液循环泵入口, 进而进入吸收塔参与脱硫反应。

系统采用单源多支路集中供浆结构, 通过电动蝶阀实现主干管与各机组支管之间的联通切换以具备分区控制功能; 在控制策略上, 通过设置多组输送逻辑单元, 可根据不同机组负荷情况独立调节供浆量来提升系统运行柔性;

配有流量调节阀及手动旁通的各支路, 保障不同运行场景下浆液分配的精度与可靠性; 避开高温区和检修通道的整体管道布置, 最大限度减少与原有系统的交叉干扰, 方便后期运行维护与扩展。

1.2 储液池设计

在 1、2 号机组脱硫零米污泥回收池南侧增设一处储液池, 尺寸为 4500 × 4500 × 4500mm, 正常储液容量达 71m³。储液池的设计充分考虑了浆液的储存需求, 确保在应急情况下有足够的氢氧化钙浆液供应。其内壁四周采用玻璃鳞片防腐处理, 以提高储液池的耐腐蚀性, 延长使用寿命。

采用钢筋混凝土现浇池体作为储液池结构形式, 内部设置用于分隔进浆与取浆区域、防止死区形成的缓冲隔板; 设置汇流至中心排污口的三向排空斜坡于池底, 以方便定期清理沉淀物; 采用可开启结构作为顶盖, 便于人工检修与取样操作; 在池体上方设置防止雨水稀释浆液浓度、影响脱硫效果的防雨罩; 通过 4~20mA 模拟量将液位信号传输至 DCS, 配合设定上下限报警, 实现实时监测与自动

启停联动控制，进而提高浆液供给的智能化水平。

1.3 搅拌器选型与布置

在储液池正中上部安装一台搅拌器，型号为 SYC1300-80。该搅拌器配备整套台板、7.5kW 电机、SEW 减速机、联轴器、轴、叶片及配套螺栓等。搅拌器接触浆液部分采用衬胶材质，有效防止浆液对设备的腐蚀。搅拌器的合理选型与布置，能够确保储液池内的氢氧化钙浆液始终处于均匀混合状态，保证输送浆液的质量稳定。

1.4 输送泵及配套设备

在储液池旁边增设 2 台卧式耐磨耐腐蚀自吸泵，型号为 LCF50/350N2。每台输送泵功率 22KW，流量 30m³/h，扬程 80m，并各配套 1.0m³ 不锈钢自吸罐，材质为 2205。泵体内部采用陶瓷涂层加固设计，可有效抵抗浆液中细颗粒冲刷造成的磨损，提升使用寿命。自吸泵入口设两台 DN80 电动衬胶蝶阀，出口设一台 DN80 电动衬胶蝶阀，泵及自吸罐冲洗水设一台 DN50 电动衬胶蝶阀，出口母管冲洗水设一台 DN50 电动衬胶蝶阀，同时在泵出口母管增加就地压力表。这些阀门和仪表的设置，便于对输送泵的运行进行精确控制和监测，确保输送系统的安全可靠运行。

2 系统对接与运行逻辑

2.1 机组接入方式

输送泵出口引至每台机组 2 台浆液循环泵入口排放门处，具体接入方式为：1、2 号机组脱硫接入 C、D 浆液循环泵入口，9、10 号机组脱硫接入 1、2 号浆液循环泵入口。这种接入方式经过精心设计，充分考虑了机组的原有布局和运行特点，确保氢氧化钙浆液能够顺利进入吸收塔参与脱硫反应。从图中结构布置可以看出，两台输送泵分别通过 Y 型管汇入干管后再分支至各泵房节点。所有支路前端均配置压力表及止回阀，防止回流并实时反映供浆压力状态。输送总管设置膨胀节吸收热应力，避免运行中因温差引发管道变形。同时管路编号与机组循环泵编号一一对应，便于系统调度、检修定位及后期逻辑联动控制编程。

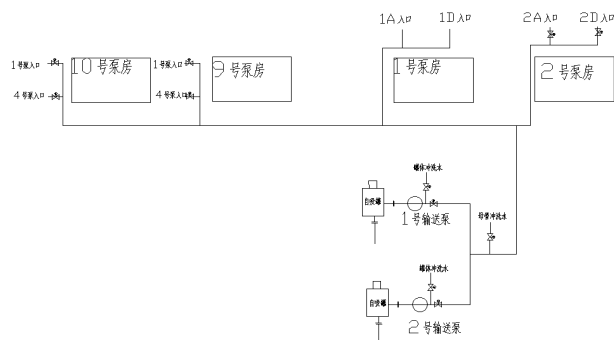


图1 输送泵管路布置示意图

2.2 运行逻辑控制

为确保系统安全稳定运行，制定了严格的运行逻辑。浆液循环泵必须在运行状态下方可启动输送泵，以防止浆液倒流等异常情况发生。同时，储液池上部设超声波雷达液位计，实时监测储液池内的液位情况，为系统的运行提供准确的数据支持。当液位过低时，可及时采取措施补充氢氧化钙浆液，保证系统的持续运行。

运行控制信号由 DCS 系统统一调度，并与机组负荷变化联动，实现输送泵启停的自适应调整。浆液输送状态设有电接点压力表与 PLC 控制模块联锁，若检测到供浆中断或压力异常，系统将自动切换备用泵组并发出声光报警，最大程度降低故障响应时间，提升应急处理效率。

3 备品备件及材料清单分析

3.1 清单构成

施工所需备品备件及材料清单涵盖了储液池、搅拌器、输送泵、自吸罐等主要设备及其相关配件。这些备品备件和材料的选择，均严格按照系统设计要求进行，确保其质量和性能能够满足系统运行的需要。此外，针对输送泵轴封、衬胶蝶阀执行器、电机联轴器等关键部件均设置 1:1 备件储备比例以确保设备突发故障时能快速更换，且系统中所有易耗件已建立生命周期追踪台账并由物资管理系统统一监控更换周期，从而有效避免因材料老化导致的运行中断。

3.2 设备选型依据

储液池的尺寸和防腐处理、搅拌器的型号和参数、输送泵的流量和扬程等选型，都是基于对脱硫系统应急需求的深入分析以及现场实际工况的考虑。例如，输送泵的流量和扬程参数，是根据浆液输送距离、阻力以及吸收塔内的压力等因素综合确定的，以保证浆液能够稳定、高效地输送至目标位置。选用斜叶式推进浆作为搅拌器浆型，使其搅拌流场在高固含条件下呈现出良好悬浮能力以避免浆液分层；选用知名品牌电机和减速机，兼顾输出稳定性与现场易维护性；在所有设备选型过程中参考近三年同类脱硫项目的运行数据及维护反馈，确保设备匹配度与实际应用高度一致。

4 系统改造的效果评估

4.1 脱硫效果提升

通过实际运行监控，在改造完成后进行了不同工况下的测试，摸索出效果最理想的氢氧化钙悬浊液指标：

表1 脱氢氧化钙悬浊液技术指标

项目	标准要求
名称	氢氧化钙悬浊液
固体含量（乳液状态）	25% ± 1%
外观	乳白色
PH	≥ 13
密度	约1130kg/m ³

图中氢氧化钙悬浊液密度为 1130kg/m³，结合表格中“固体含量（乳液状态）25% ± 1%”，按如下思路计算（以固体含量 25% 为例）：

设配置体积为 1m³ 的该悬浊液，根据密度公式 $m = \rho V$ ，

可得悬浊液总质量 $m_{总} = 1130\text{kg/m}^3 \times 1\text{m}^3 = 1130\text{kg}$ 。

因固体含量为 25%，则其中氢氧化钙质量

$$m_{\text{Ca(OH)}_2} = m_{总} \times 25\% = 1130\text{kg} \times 25\% = 282.5\text{kg}。$$

水的质量：

$$m_{水} = m_{总} - m_{\text{Ca(OH)}_2} = 1130\text{kg} - 282.5\text{kg} = 847.5\text{kg}，$$

水的体积：

$$V_{水} = \frac{m_{水}}{\rho_{水}} = \frac{847.5\text{kg}}{1000\text{kg/m}^3} = 0.8475\text{m}^3$$

通过实际运行监测发现，在高硫份、高负荷以及浆液循环泵故障等应急情况下，使用氢氧化钙经储液池稀释后通过输送泵送至浆液循环泵入口进入吸收塔，二氧化硫排放值得到显著降低。这表明改造后的系统能够有效提升脱硫系统的应急处理能力，确保脱硫效果符合环保要求。

4.2 系统稳定性增强

增设的储液池、搅拌器和输送泵等设备，为脱硫系统提供了额外的保障措施。在面对突发情况时，系统能够迅速切换至应急模式，维持吸收塔内的脱硫反应正常进行，大大提高了脱硫系统的整体稳定性。系统运行过程中，各

应急输送支路具备能在 5 分钟内完成模式切换且故障隔离效率高的独立控制能力；输送泵联锁保护与就地状态显示装置配合使用以确保操作人员能够第一时间识别异常、快速响应并减少运行波动和系统风险。

5 结语

本文详细阐述的安阳项目部 1、2、9、10 号机组脱硫系统应急能力提升改造方案，通过合理设计氢氧化钙浆液输送系统，增设储液池、搅拌器及输送泵等设备，并优化系统对接与运行逻辑，显著提升了脱硫系统在复杂工况下的应急处理能力。改造后的系统不仅有效降低了二氧化硫排放值，提高了脱硫效果，还增强了系统的稳定性，为火力发电厂的环保运行提供了有力保障。然而，随着环保标准的不断提高和电厂运行工况的变化，仍需持续关注系统的运行情况，不断优化和改进，以确保脱硫系统始终保持高效稳定运行。未来可进一步研究如何提高系统的自动化控制水平，降低人工操作的复杂性，提升系统的整体性能。

参考文献：

- [1] 严雯莉等. 氢氧化钙的制备工艺及其碳化产物, 华东理工大学.
- [2] 乔波波等. 氢氧化钙脱硫剂在烧结烟气湿法脱硫中的应用, 内蒙古包钢钢联股份有限公司炼铁厂.
- [3] 于涵等. 高温烟气中脱硫技术的发展和现状, 湘潭大学.
- [4] 李朝晖. 脱硫单元 H₂S 腐蚀泄漏数值模拟及环境应急研究[D]. 西南石油大学, 2021.DOI:10.27420/d.cnki.gxssyc.2021.000012.
- [5] 刘文军, 刘宏禄, 郭九峰等. 脱硫增压风机轴承抱轴事故原因分析和应急处理[J]. 河南冶金, 2024,32(02):41-43.