

脱硫氧化风机节能应用研究

苟 进 张正君 张 瑞 李红刚 王玉勇
四川华电珙县发电有限公司 四川 宜宾 644000

摘 要：火电厂深度调峰常态化，脱硫系统工况波动明显，传统氧化风机固定送风模式与实际氧化需求不匹配，能耗浪费严重。本文围绕双导叶氧化风机结构、调控原理与现场改造方案展开分析，阐释进出口导叶协同调节机制，说明宽流量区间高效运行实现路径，为脱硫风机节能优化提供实操参考。

关键词：火电厂脱硫氧化风机；双导叶调控；变工况适配；风机节能

引言：机组深度调峰频次不断增加，烟气量与硫含量频繁变化，脱硫塔浆液氧化用风量随之动态调整。常规氧化风机可调风量范围窄，低负荷时过量空气只能放空，造成大量无效能耗；偏离额定工况后风机效率快速下降，难以适配变负荷脱硫工况，因此开展风机节能改造研究具备实际价值。

1 火电厂脱硫工况与氧化风机运行的内在关联

1.1 机组深度调峰模式下脱硫系统运行特征

机组降负荷会同步减少烟气总量与硫组分，塔内浆液氧化所需空气量随之改变。长期低负荷运行时，风机持续满风量输出，供需失衡加剧能耗；烟气波动还会改变塔内液面扰动，固定风量易造成氧化反应失衡，提升系统运行管控难度。

1.2 氧化风机在脱硫流程中的功能运行逻辑

氧化风机输送高压空气通入脱硫塔底部浆液层，空气气泡与浆液内部亚硫酸盐发生充分接触反应，推动物质转化流程持续推进^[1]。风机输送气流规模直接决定浆液内部氧化反应开展程度，气流输送形成的扰动作用能够强化塔内介质混合程度。整套脱硫系统依靠风机持续输送空气搭建完整氧化反应环境，空气供给体量直接左右脱硫介质转化进度。气流经由管路分散进入浆液内部，分散后的气流载体提升介质接触面积，支撑脱硫反应不间断开展。

1.3 常规风机结构与变负荷脱硫工况的适配矛盾

传统风机调节区间狭小，低负荷无法同步减小送风，只能放空泄压，产生多余能耗；仅额定工况下风机效率较高，偏离额定流量后内部气流损耗大幅上升。且风机调控未联动机组负荷，人工调节存在滞后，无法匹配频繁波动的脱硫工况。

2 双导叶氧化风机的结构体系与运行支撑条件

2.1 双导叶风机主体机械组成架构

风机外壳构成完整密闭气流通路，容纳内部叶轮与

导流构件形成稳定气流流转空间。叶轮承接外部输入动力完成空气压缩动作，叶片造型匹配高压脱硫供气所需的压力输出标准。轴承构件分担高速运转产生的径向与轴向作用力，降低高速转动带来的机械摩擦损耗^[2]。密封构件分布于轴体贯通位置，阻隔内部高压气体向外溢出，维持风道内部压力稳定。齿轮箱体收纳传动齿轮组，完成电机转速向叶轮运转转速的转换调整。各类构件按照气流行进顺序排布，空气从入口位置流入机体，经过导叶与叶轮增压后从出口向外输送，如图1所示。各机械部件相互配合搭建完整气流增压链路，支撑风机持续向脱硫塔输送高压空气。

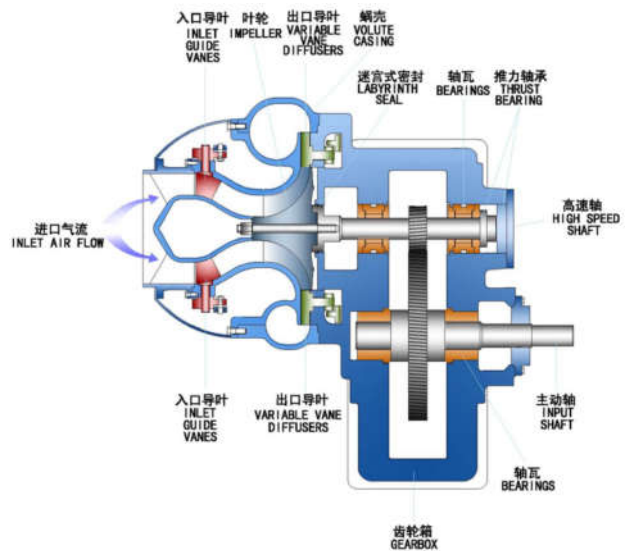
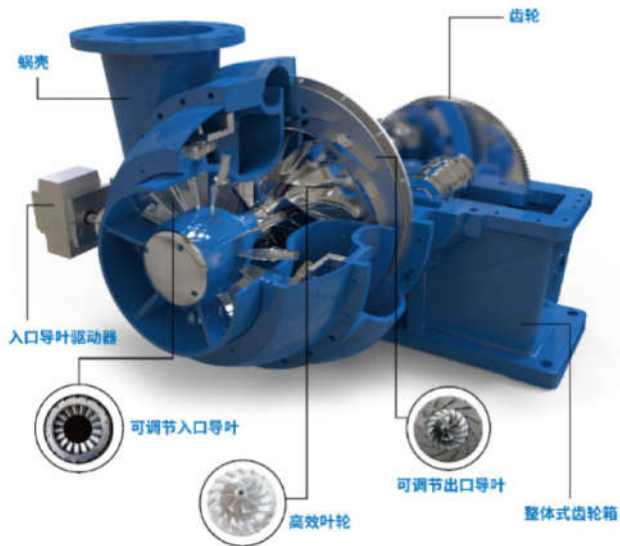


图1 双导叶风机主体机械组成架构

2.2 进出口双导叶调控结构的运行机理

入口导叶对流入机体的空气流向进行前置调整，改变气流进入叶轮的切入角度，减少气流冲击带来的能量损耗。出口导叶对增压完成的气流实施二次导流，平衡风道内部气流分布状态，稳定输出压力数值。两组导叶配合完成风量调整操作，机体内部压差维持固定数值，

气流输出体量随导叶偏转角度产生变化。导叶偏转调整气流通行截面，缩小截面空间即可缩减单位时间通过的空气总量，拓宽截面空间能够提升气流输送规模。气流经过双层导叶分层疏导，内部涡流产生规模得到控制，能量损耗维持较低水平。导叶偏转角度可跟随外部负荷信号完成动态调整，适配脱硫系统不同阶段的空气供给需求。



2.3 变速调节配套传动部件的运行适配逻辑

齿轮组搭建动力传输通道，转化电机原始转速匹配叶轮高效运转区间，拓宽风机风量可调范围。齿轮咬合精度控制传动过程中的动力损耗，保障动力稳定传递至叶轮构件。轴承持续承载齿轮与叶轮高速转动负荷，弱化机械震动对气流调控精度产生的干扰。传动构件与导

叶调节机构建立联动通路，机组负荷变动信号可以同步传导至两类调控单元。传动系统能够承接大范围风量调节带来的运转负荷波动，机械结构形变幅度维持可控区间。动力传递链路与导叶导流结构相互配合，让风机在宽幅风量区间保持稳定的动力转化水平，适配火电厂深度调峰带来的工况变动。

3 双导叶结构适配脱硫变负荷运行的调控运行机制

3.1 恒定压力条件下风量自主调节运行机制

在脱硫系统既定运行压力要求下，进出口导叶采用同步联动调节方式，对风机内部气流通道截面和气流方向进行协同控制，使气流在叶轮前后的流动状态保持合理匹配，从而维持风机对外提供的流体压升基本不变。当系统空气需求下降、风量指令减小时，进出口导叶同步收拢，通过减小有效流通截面与优化气流射角，降低叶轮所需的气动做功，风机运行点沿高效区向小流量方向平稳移动，气动效率保持在较高水平；与此同时，叶轮所需转矩随之减小，轴功率呈同步下降趋势，有效避免节流调节带来的额外能量损耗。当脱硫系统背压或工况条件发生变化时，控制系统实时修正进、出口导叶偏转角度，动态校正气流组织形态，使风机在压升不显著波动的前提下实现目标流量的稳定输出，并始终运行于接近最佳效率率的区域，从而兼顾恒压需求、恒流量控制与节能运行目标。如图2所示：设备进气环境稳定维持0.8989bara进气压力，风机压升统一保持1.500barG，风量收缩过程中轴功率跟随流量完成线性降低，实际体积风量19000m³/h对应轴功率815kW，流量收缩至7631m³/h时轴功率降至355kW。

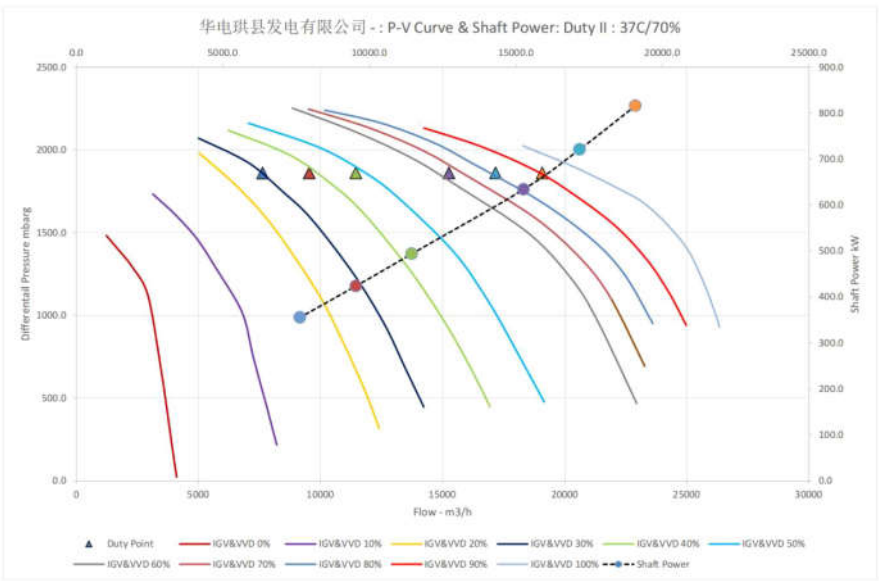


图2 风机性能曲线图

3.2 机组负荷波动对应的风机联动调控模式

锅炉烟气产出体量随机组出力改变产生浮动,脱硫塔内部氧化反应对空气的需求同步出现变动。系统采集机组出力相关运行信号,将信号传导至风机导叶执行机构,带动叶片完成角度调整动作。机组出力走低时,烟气总量收缩,氧化所需空气体量同步缩减,导叶收拢缩小气流通道的,降低风机向外输送风量。机组出力抬升后,烟气携带硫化物总量提升,氧化反应需要更多空气参与,导叶张开拓宽气流通道,提升空气输送规模。信号传输链路打通机组运行系统与风机调控单元,负荷变动带来的空气需求变化能够快速传导至导叶构件,叶片偏转动作跟随工况变化持续调整。整套调控链路依托数字化信号传输搭建,减少人工介入带来的调控滞后问题。

3.3 全区间流量区间稳定运转的动力匹配机制

导叶分层导流结构优化机体内部气流分布状态,风机在大范围流量区间内弱化涡流损耗,动力转化水平保持平稳状态。导叶调整气流切入叶轮的角度,匹配不同风量下叶轮的受力状态,避免局部气流冲击造成额外能量损耗。传动齿轮组转换电机输出转速,匹配当前风量对应的叶轮最优运转区间,动力输入与空气增压需求形成对应搭配。低流量工况下双层导叶协同规整气流走向,减少内部气体回流引发的动力浪费,高流量工况下导叶充分张开降低气流通行阻力,动力转化不会出现明显衰减。动力传递构件与导叶调控机构相互配合,让风机在宽幅流量区间内维持平稳的动力转化状态。

4 脱硫场景下双导叶氧化风机节能落地适配路径

4.1 基于机组负荷区间的风机调控模式搭建

按照机组出力变化划分多层运行区间,结合各区间烟气生成规模设定风机空气输送量级标准。搭建信号传输通路连通机组控制单元与风机导叶驱动装置,负荷数值波动直接生成叶片角度调整指令^[4]。机组维持低出力状态时收拢导叶缩减气流通行截面,减少向外输送的空气总量。机组抬升出力水平后扩大导叶开合幅度,提升气流供给体量适配氧化反应增量需求。多层区间划分细化风量调节梯度,弱化大幅度气流变化对脱硫塔内部介质平衡造成的扰动。调控模式依托不间断采集的实时负荷数据变更导叶工作姿态,让空气供给体量贴合不同时段浆液氧化的实际消耗需求。

4.2 脱硫系统工况匹配风机运行参数调整方案

持续采集脱硫塔浆液浓度与烟气流量等运行信息,依托介质反应需求划定风机整套运行参数标准。校准导叶初始偏转基准角度适配机组常规平均出力,压缩工况

波动阶段叶片调节行程。优化传动齿轮配比适配目标风量对应的叶轮运转速度,削减动力转换环节产生的能量损耗。结合浆液氧化反应平衡状态锁定风道压差区间,确立双导叶协同调节的压力基准。参数调整覆盖气流输送全流程构件,统一导叶偏转幅度与叶轮转速的变动逻辑,让风机输出状态贴合脱硫系统实时运行工况。

4.3 不同类型风机替换改造的工况适配体系搭建

梳理原有各类风机气流调控结构存在的运行短板,对照双导叶气流调控逻辑规划完整改造流程。改造作业保留原有风道管路主体框架,仅更换叶轮导叶以及传动调控组件,缩短管路重构造成的系统停滞时长。设计过渡调控逻辑衔接改造前后供气压力标准,逐步拓宽导叶调节区间匹配脱硫塔原有供气要求。按照原有风机机械构造差异划分分层改造步骤,统一改造完成后风机与脱硫系统的数据交互端口,保障负荷运行信号顺畅传递至导叶调控组件。

4.4 风机长期稳定运转的配套运维体系搭建

针对双导叶导流构件设置周期性检查流程,观测叶片转动顺滑程度与风道密封完整程度。规划齿轮传动部件润滑养护周期,减缓高速运转带来的机械磨损,维持动力传输稳定水平。制定风道内部积尘清理流程,降低气流通行阻力衍生的额外动力消耗。设置调控信号线路定期校验流程,规避负荷数据传递过程出现的滞后偏差。运维内容覆盖气流通道传动结构与调控执行单元,持续维持风机宽流量区间的高效运转状态。

结束语

双导叶氧化风机依托进出口双层导流结构,在恒定供气压力的前提下实现风量的宽幅动态调节,打通机组负荷信号与风机调控单元的联动链路,大幅缩减变工况运行阶段的无用动力损耗。整套改造适配路径依托现有脱硫系统框架推进,无需大范围重构原有管路体系,配套运维体系的同步搭建可长期维持风机高效运转状态,为火电厂脱硫环节的节能运行提供稳定支撑。

参考文献

- [1]殷骥.脱硫氧化风机气源节能应用研究[J].电力与能源,2025,46(5):525-528.
- [2]谢朝伟.电解铝烟气脱硫氧化风机节能技术及应用研究[J].工程技术研究,2024,6(12):26-28.
- [3]闫鹏,管成伟.深度调峰下的火电厂脱硫氧化节能研究及应用[J].电力设备管理,2023(11):53-55.
- [4]楠定.火电厂脱硫系统运行优化与能耗分析[J].数字化用户,2025(41):64-66.