

# 火电机组烟气脱硫系统的节能优化分析

陈孝连

国家电投集团吉林能源投资有限公司白山分公司, 吉林 白山 134300

DOI:10.61369/ETQM.2026020017

**摘 要 :** 为了降低火电机组烟气脱硫系统能耗, 文章首先对其能耗特点加以分析, 简要阐述氧化风机、增加风机、浆液循环泵的节能优化方法, 并以 A 火电厂火电机组烟气脱硫系统为例进行节能分析, 分析结果表明: 在 40% ~ 100% 机组负荷的条件下, 通过调整风机开度和浆液循环泵运行台数便可降低系统能耗 2.0% ~ 21.6%, 使其年度节约电量为 1515.6 万 kW · h, 共节省费用 53.04 万元, 具有良好的节能优化效果。

**关 键 词 :** 火电机组; 烟气脱硫系统; 氧化风机; 增压风机; 浆液循环泵

## Energy-Saving Optimization Analysis of Flue Gas Desulfurization System of Thermal Power Unit

Chen Xiaolian

State Power Investment Group Jilin Energy Investment Co., Ltd. Baishan Branch, Baishan, Jilin 134300

**Abstract :** In order to reduce the energy consumption of the flue gas desulfurization system of the thermal power unit, the paper analyzes its consumption characteristics, briefly describes the energy saving optimization methods of the oxygen blower, the booster fan, and the slurry circulating pump, and takes the flue gas desulfur system of a thermal power unit of a power plant as an example for energy saving analysis. The analysis results show that under the condition of 40%–100% unit, the system energy consumption can be reduced by 2.0%–21.6% by adjusting the opening of the fan and the number of slurry circulating pumps running, that the annual electricity saving is 15.156 million kW · h, saving a total cost of 530,400 yuan, which a good energy-saving optimization effect.

**Keywords :** thermal power unit; flue gas desulfurization system; oxidation fan; booster fan; slurry circulating pump

### 引言

火电机组烟气脱硫系统的应用能够有效减少大气污染, 但同时也会存在较大的能量消耗, 浪费能源。因此, 技术人员可对火电机组烟气脱硫系统进行节能优化研究, 以便降低系统能耗, 促进火电机组烟气脱硫系统的高效运行。

### 一、火电机组烟气脱硫系统能耗特点

对火电机组烟气脱硫系统而言, 其能耗特点可从三方面进行阐述。其一, 氧化风机能耗特点。氧化风机能耗参数为确定值, 其容积效率为确定值, 当其转速越高时, 其能耗越大。其二, 增压风机能耗特点。烟气流经脱硫系统时会出现阻力, 通过增压风机可以克服阻力, 可通过调节动静轴风机叶片开度来降低系统阻力。其三, 浆液循环泵能耗特点。浆液循环泵主要是进行石灰石浆液的输送, 并运用单级离心式水泵进行开关操作, 进而能够将石灰石浆液传输至喷淋层。在额定满负荷的条件下, 其输送的石灰石浆液会和烟气之间发生反应, 从而进行脱硫。为了可以吸取

更多浆液, 需要提高泵数, 而不是对单台泵流量进行调节<sup>[1]</sup>。

### 二、火电机组烟气脱硫系统节能优化方法

#### (一) 氧化风机节能优化方法

对氧化风机来说, 大部分为多容积回转式风机, 其出风口阻力不会对其鼓风量造成影响, 无法通过调节出风口风门来进行节能优化。因此, 技术人员可通过调整风机转速来改变流量大小, 进而达到降低能耗的目的。技术人员可通过变频调速的方式调整氧化风机的空气量, 改变入口烟气中二氧化硫的浓度。氧化风机能耗公式如下所示:

作者简介: 陈孝连 (1972.01—), 男, 吉林白山人, 本科, 工程师, 研究方向: 节能环保、运行管理。

$$N_{of} = \frac{N_{th} Q_{air}}{3600 Q_{th}} \quad (1)$$

公式(1)中的 $N_{of}$ 指的是氧化风机的能耗; $N_{th}$ 指的是氧化风机的额定功率<sup>[2]</sup>。

### (二) 增压风机节能优化方法

在对增压风机进行节能优化时,技术人员需要根据其自身特点进行节能设计。增压风机主要是通过动叶和静叶来调节流量,其性能曲线与风机全压、体积流量以及叶片开度具有关联,在不同开度下,当增压风机流量增大时,风机效率会先增加后减小。当风机烟气流量固定时,叶片开度越大,增压风机的总体能耗越大。因此,在满足烟气流量排放的基本要求下,应尽量降低风机叶片开度,才能达到节能优化的目标。

### (三) 浆液循环泵节能优化方法

在确保脱硫系统正常脱硫工程的基础上,为了实现浆液循环泵的节能优化目标,技术人员需要对其运行台数加以调整,能够有效降低其总体能耗。加入脱硫操作后系统的净烟器二氧化硫浓度与其最大允许排放浓度相等,便可获得理论上的最低脱硫率值,具体如下所示:

$$\eta_{min} = 100 \times \left( 1 - \frac{C}{C_{SO_2, in}} \right) \quad (2)$$

公式(2)中的 $\eta_{min}$ 指的是理论最低脱硫率,其计算单位为%; $C$ 指的是二氧化硫的最大允许排放浓度,其计算单位为 $mg/m^3$ 。

理论最小液气比公式计算如下:

$$\left( \frac{L}{G} \right)_{min} = \frac{\ln(1 - \eta_{min}) - a}{b} \quad (3)$$

理论最低浆液量公式计算如下:

$$Q_{min} = \left( \frac{L}{G} \right)_{min} Q_g \quad (4)$$

理论循环浆液裕量公式计算如下:

$$\Delta Q_{cycle} = Q_{cycle} - Q_{min} \quad (5)$$

公式(3)(4)(5)中的 $(L/G)_{min}$ 指的是理论最小液气比,其计算单位为 $L/m^3$ ;  $Q_{min}$ 指的是理论最低浆液量,其计算单位为 $m^3$ ;  $\Delta Q_{cycle}$ 指的是理论循环浆液裕量,即超出反应所需要的浆液量<sup>[3]</sup>。

由上述分析可见,在净烟器能够满足二氧化硫的最大允许排放量要求的基础上,当循环浆液裕量高于1台泵的额定流量时,技术人员可停运1台浆液循环泵,从而能够达到降低能耗的作用。

## 三、火电机组烟气脱硫系统节能优化案例分析

### (一) 火电机组烟气脱硫系统概况

A火电厂的火电机组为300MW超临界机组,此机组配备910t/h的燃煤过滤,锅炉负荷处于40%~100%之间。在燃用煤种设计中,碳占比60.33%,氢占比3.62%,氧占比9.95%,氮占比0.69%,硫占比1%,水分占比14%,灰分占比11%。当烟气

脱硫系统处于100%工况下,其入口湿烟气量为993588 $m^3/h$ ,其温度为114℃,烟气阻力值为3178Pa,二氧化硫的排放浓度为2099 $mg/m^3$ ,出口二氧化硫浓度最大值为105 $mg/m^3$ <sup>[4]</sup>。

### (二) 烟气脱硫系统入口烟气参数分析

烟气脱硫系统能耗与入口烟气量和二氧化硫浓度相关,其参数与火电机组的负荷和燃料硫分之间息息相关,具体关联情况如图1和图2所示:

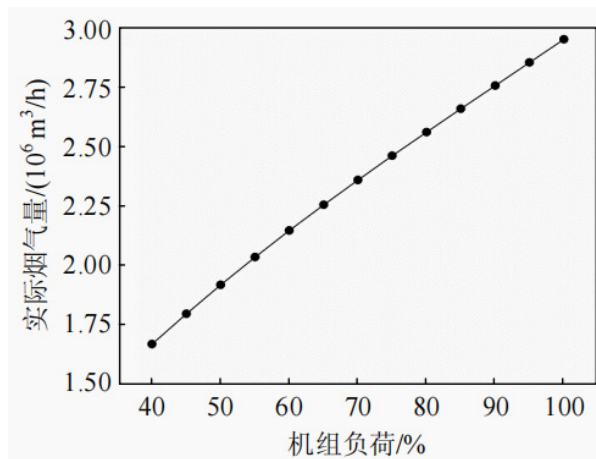


图1 机组负荷与烟气量直接的关系

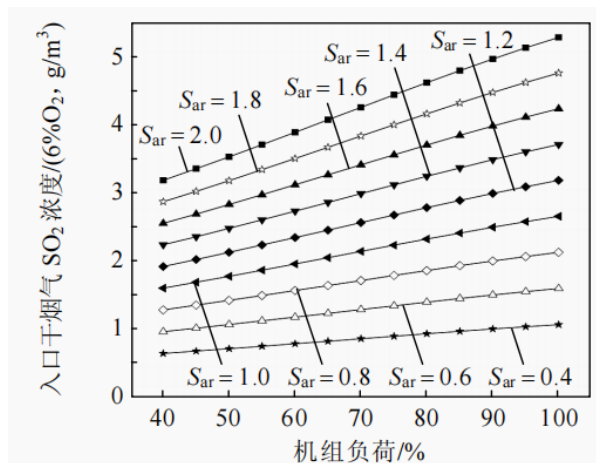


图2 机组负荷与入口干烟气二氧化硫浓度的关系

由图1和图2可见,当机组负荷增大后,烟气量与二氧化硫浓度不断上升,二者呈正相关<sup>[5]</sup>。

### (三) 氧化风机节能优化

A火电厂火电机组的烟气脱硫系统中共有3台氧化风机,其中2台位运行设备,另外1台位备用设备。1台氧化风机所具有的额定流量为3050 $m^3/h$ ,其风机全压为90kPa,其额定功率大小为117.7kW。该机组的风机大部分为容积式风机,可以通过变频调速的方式对其空气量加以控制,从而实现节能目标。当机组负荷降低后,烟气入口的二氧化硫浓度降低,而其所需要的空气量也在不断下降,进而降低氧化风机能耗,达到节能优化的目的<sup>[6]</sup>。

### (四) 增压风机节能优化

在对增压风机进行节能优化操作时,技术人员可对其基本情况加以了解。A火电厂火电机组具有1台能够调节的轴流增压风机,该设备的设计流量值为1238760 $m^3/h$ 。在增压风机运行过程

中, 需要确保其烟气压力能够有效克服烟气阻力, 因此, 技术人员可对风机叶片的开度进行调整, 在一定程度上降低烟气压头余量, 可以达到降低增压风机能耗的目的。增压风机优化运行方案如表1所示:

表1 增压风机优化运行方案

| 机组负荷 $L$ (%) | 叶片开度 $k$ (°) | 系统所需升压 $\Delta p$ (Pa) | 烟气流 $Q_g$ ( $m^3/s$ ) | 风机全压 $\Delta P_d$ (Pa) | 风机效率 $\eta_1$ (%) | 风机能耗 $N_f$ (kW) |
|--------------|--------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|-----------------|
| 95           | 65           | 2956                   | 237.59                | 4158                   | 86.50             | 1142.2          |
|              | 60           |                        |                       | 3231                   | 87.84             | 874.0           |
|              | 55           |                        |                       | 1135                   | 54.54             | 494.5           |
| 100          | 70           | 3196                   | 245.65                | 4600                   | 77.15             | 1465.0          |
|              | 65           |                        |                       | 4007                   | 87.81             | 1140.6          |
|              | 60           |                        |                       | 2962                   | 85.52             | 850.7           |
|              | 70           |                        |                       | 4643                   | 74.12             | 1488.33         |

由表1所示, 当机组负荷为100%时, 其烟气流量为818.8m<sup>3</sup>/s。为了有效克服烟气阻力需要的压头3196Pa, 技术人员可将叶片开度设置为65°, 其压力便可达到4007Pa, 满足系统运行要求, 与叶片开度70°相比, 能够节省功率1081.1kW<sup>[7]</sup>。

（五）浆液循环泵节能优化

对A火电厂而言, 其火电机组烟气脱硫系统配备4台浆液循环泵, 每一台浆液循环泵对应1层喷淋层, 由下而上的喷淋层扬程为19.8m、21.6m、23.2m以及25.2m, 每一台浆液循环泵的额定流量均为3000m<sup>3</sup>/h<sup>[8]</sup>。通过对实际运行数据的计算分析可知, 当液气比不断增加时, 脱硫效率也在不断增大。随着液气比的增大, 脱硫效率的增长幅度变得越来越小, 最终接近水平变化趋势。在此时, 当技术人员不断提高液气比, 对脱硫效率的影响微乎其微, 但却耗费巨大的能量。因此, 在浆液循环泵日常运行过程中, 不要盲目追求过大的液气比。技术人员需要对火电机组的实际情况加以分析, 了解其燃煤条件, 掌握机组运行工况, 明确烟气脱硫系统的基本参数, 才能设置合理的脱硫效率, 为浆液循环泵运行方案的设计提供指导, 避免产生过多能耗。根据浆液循环泵运行方案优化情况可知, 当机组负荷为90%且运行4台浆液循环泵时拥有最大循环浆液裕量, 大于1台泵的容量300m<sup>3</sup>/h, 因此, 技术人员可将4台浆液循环泵降至3台, 仍然能够满足系统运行需求, 但能够有效减少能耗723.3kW。当机组负荷

为40%, 技术人员可将3台浆液循环泵降至2台, 能够降低能耗788.1kW<sup>[9]</sup>。

四、火电机组烟气脱硫系统节能优化效果

在对火电机组烟气脱硫系统进行优化后, 其节能优化结果如表2所示:

表2 火电机组烟气脱硫系统节能优化结果

| 机组负荷 (%) | 节约能耗 (kW) | 节约能耗占比 (%) |
|----------|-----------|------------|
| 100      | 324.4     | 12.7       |
| 90       | 481.8     | 21.6       |
| 80       | 275.0     | 15.4       |
| 70       | 30.9      | 2.0        |
| 60       | 283.5     | 17.7       |
| 50       | 49.7      | 3.6        |
| 40       | 244.2     | 20.2       |

由表2可见, 机组负荷处于40% ~ 100%之间, 无需另外增加设备, 只需要做好风机开度和浆液循环泵运行台数便可降低系统能耗2.0% ~ 21.6%。加入设定火电机组年利用时数为5500, 则其在100%机组负荷中的运行小时数为2300h, 在70%机组负荷中的运行小时数为2040h, 在50%机组负荷中的运行小时数为3100h, 在40%机组负荷中的运行小时数为300h。若是每千瓦时电价为0.35元, 这优化后的年度节约电量为1515.6万kW·h, 节省费用53.04万元, 具有良好的节能优化效果<sup>[10]</sup>。

五、结语

综上所述, 通过火电机组烟气脱硫系统节能优化方案的研究, 得出以下结论:

- （1）利用变频调节的方法能够降低氧化风机的能耗。
- （2）过度追求较高的脱硫率会提升系统能耗。
- （3）通过调整风机开度能达到降低能耗的目的。
- （4）合理减少浆液循环泵数量可以降低烟气阻力, 从而实现节能目标。

参考文献

[1] 张建伟, 王朋飞. 锅炉烟气脱硫技术的节能降耗效果研究 [J]. 科技与创新, 2025, (18): 142-145.  
[2] 洪尚德, 张圆明, 谭志华. 锅炉烟气脱硫系统风机节能改造及效益分析——以广东省某燃煤电厂为例 [J]. 质量与市场, 2025, (01): 21-23.  
[3] 陈宝荣, 陈新梅. 火电厂烟气脱硫节能减排与优化运行分析 [J]. 能源研究与利用, 2024, (06): 49-52.  
[4] 丁伟. 火电厂烟气脱硫脱硝技术应用与节能环保策略探讨 [J]. 电气技术与经济, 2023, (09): 92-94.  
[5] 孙化军. 火电机组烟气脱硫系统的节能优化运行 [J]. 化工管理, 2021, (33): 24-25.  
[6] 王永生. 火电机组烟气脱硫系统的节能优化 [J]. 化工设计通讯, 2018, 44(12): 115+156.  
[7] 赵羽. 火电机组烟气脱硫系统的节能优化运行 [J]. 河北企业, 2018, (11): 164-165.  
[8] 翁青征. 浅谈烟气脱硫系统节能优化对策 [J]. 资源节约与环保, 2017, (04): 4+10.  
[9] 李卫东, 门浩, 韩锋, 王佳斌. 火电机组烟气脱硫系统的节能优化运行 [J]. 化工设计通讯, 2016, 42(02): 124-125.  
[10] 程永新, 胡玲玲. 湿法脱硫系统的节能降耗优化措施 [J]. 浙江电力, 2014, 33(08): 35-39.