

# 降低 2 号锅炉再热汽温偏差策略探析

路 飞, 张博超, 杨 锦

(国能陈家港发电有限公司, 江苏 盐城 224000)

**摘要** 在火力发电技术飞速发展的进程中, 超超临界机组开始出现, 因燃煤经济性高、环境排放低等优势获得广泛关注。再热汽温偏差是锅炉运行中常见的问题, 对锅炉运行效率造成了较大的不利影响。本文分析了苏北某电厂 2 号锅炉再热汽温偏差的表现, 论述了 2 号锅炉再热汽温偏差的原因, 提出了降低 2 号锅炉再热汽温偏差的策略, 以期为 2 号锅炉再热汽温偏差的控制提供有益参考。

**关键词** 2 号锅炉; 再热汽温偏差; 制粉系统; 二次风配风方式; 燃尽风燃烧器

中图分类号: TK227.1

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.08.021

## 0 引言

以苏北某电厂 660 MW 燃煤发电机组超超临界参数变压运行直流锅炉为例, 锅炉为 II 型直流炉, 燃烧方式为四角切向, 再热方式为一次中间再热, 通风方式为单炉膛平衡通风, 排渣为固态, 整体半露天布置。在运行过程中, 2 号锅炉再热器出口蒸汽温度偏差问题频出, 无法达到额定数值, 影响了超超临界机组经济性优势的充分展现。因此, 探究 2 号锅炉再热汽温偏差的控制策略具有非常突出的现实意义。

## 1 2 号锅炉再热汽温偏差的表现

在 2 号锅炉运行过程中, 根据再热器受热面差异, 划分为高温再热器、低温再热器两个等级, 分别布置于水平烟道(顺流)、尾部烟道的前烟道(逆流), 受热面特性分别为对流、纯对流, 整体汽温受挡板、过量空气系数、摆动燃烧器的共同影响。因烟气分布不均, 2 号锅炉运行两侧再热汽温偏差问题长期存在, 偏差较为接近, 均超出 8 ℃(见图 1)。

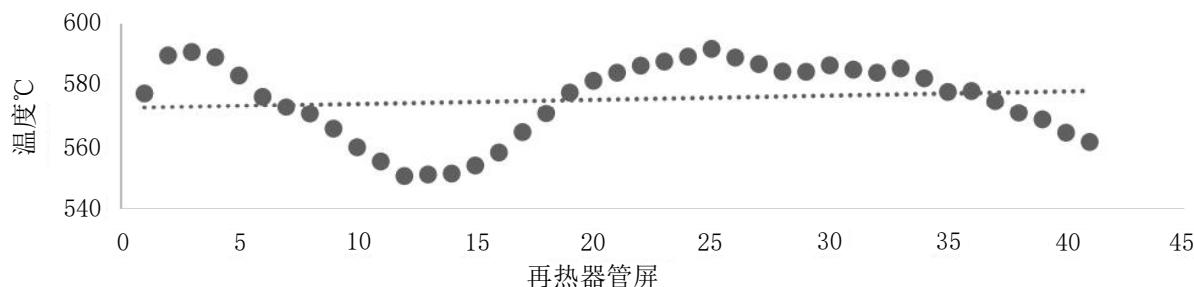


图 1 2 号锅炉运行两侧再热汽温偏差

## 2 2 号锅炉再热汽温偏差的原因分析

### 2.1 制粉系统调整不合理

磨煤机出口粉管存在一定风速偏差, 且磨煤机入口一次风的表盘通风量与实测通风量偏差较大。不够合理的制粉系统导致实际锅炉炉膛内燃烧用煤粉结渣沾污特性提升, 锅炉炉膛水冷壁壁面吸热量减少, 锅炉炉膛出口烟气温度上升<sup>[1]</sup>。与此同时, 进入高温再热器、低温再热器的传热温差上升, 对应再热汽温偏差增加。

### 2.2 二次风配风方式不合理

二次风配风方式对超超临界参数变压运行直流锅

炉再热汽温偏差具有直接的影响。在锅炉运行过程中, 不够合理的二次风配风方式, 会直接导致再热汽温偏差上升。比如, 在燃烧稳定的高负荷状态下, 选择正宝塔二次风配风方式, 导致燃烧稳定性不高, 炉膛内温度失控, 埋下 2 号锅炉再热汽温偏差增高的隐患。

### 2.3 燃尽风门 (SOFA) 开度不合理

燃尽风门 (SOFA) 开度疑似开关反置, 表现为 0% 为开、100% 为关, 风箱与炉膛差压增加, 表明风门关小; 另一角燃尽风门由 45% 开大至 100%, 一角燃尽风门开度由 45% 关小至 15%, 风箱与炉膛差压仍然增加<sup>[2]</sup>。不够合理的燃尽风门 (SOFA) 开度, 导致 2 号锅炉再热

汽温偏差进一步增加。

#### 2.4 燃尽风燃烧器水平与垂直摆角调整不合理

660 MW 燃煤发电机组超超临界参数变压运行直流锅炉燃尽风燃烧器水平摆角不合理，导致低温再热器出口汽温偏差增大、高温再热器出口汽温偏差减小（或高温再热器出口汽温偏差增大、低温再热器出口汽温偏差减小）现象显著，直接引发 2 号锅炉再热汽温偏差增加。

#### 2.5 主燃烧器摆角调整不合理

主燃烧器摆角不合理是导致超超临界参数变压运行直流锅炉再热汽温偏差的主要原因之一。在主燃烧器摆角不合理的情况下，低过侧烟气流量超出低温再热侧，低温再热侧烟气流动阻力则超出低过侧，低过侧部分烟气经中间孔洞流入低温再热侧。中间孔洞位于 2 号锅炉尾部烟道中间隔墙偏下位置，在总烟气流量一定的情况下，低过侧烟气量增加导致低温再热器工质温升下降，再热汽温偏差上升。

#### 2.6 运行氧量不合理

在超超临界参数变压运行直流锅炉运行过程中，运行氧量增加，煤在锅炉炉膛内部充分燃烧，锅炉内烟气放热量增多<sup>[3]</sup>。与此同时，水冷壁内部工质吸热量、分离器出口工质温度随之上升，锅炉炉膛出口烟气温度随之下降，流经低温再热器的传热温差下降，高温再热器出口汽温偏差上升。

### 3 降低 2 号锅炉再热汽温偏差的策略

#### 3.1 合理调整制粉系统

制粉系统调整涉及了磨煤机出口粉管风速偏差调整、磨煤机入口一次风表盘通风量偏差调整等几个方面。

一方面，利用冷态不等速调平手段，调节可调缩孔降低各台磨的粉管风速偏差。在 2 号锅炉机组磨煤机参数一定的情况下，综合考虑水平段、弯头、垂直段，计算各段阻力。随后，忽略煤质中水分蒸发对空气阻力的影响、热态膨胀后弯头角度以及各管段长度变化、缩孔节流后对近距离弯头进入段干扰，根据并联管路压降一致的原理，对现有粉管风速进行迭代，持续调整缩孔，确保各段风速偏差在规定范围内。

另一方面，根据风量标定系数，对磨煤机入口一次风量进行修正。修正前，将煤质以及磨煤机运行状态参数设定为边界条件，结合磨煤机质量与热量守恒原理，进行煤量一定下磨煤机入口风量的计算。对比磨煤机入口风量、DCS (Distributed Control System,

集散控制系统) 磨煤机入口一次风表盘通风量，确定风量标定系数，为磨煤机入口一次风量修正提供依据。

在粉管风速偏差与磨煤机入口一次风量修正的基础上，可以调整煤粉细度。在煤粉细度调整时，根据磨煤机给煤量与动态分离器转速的差异，应在设计值的基础上进一步调低。比如，在给煤量为 51 t/h 时，将动态分离器转速由 597 rpm 调整为 647 rpm，将煤粉细度由 17.60% 调低至 16.40%；在给煤量为 40 t/h 时，将动态分离器转速由 606 rpm 调整为 649 rpm，将煤粉细度由 22.80% 调低至 19.20%。

#### 3.2 合理选择二次风配风方式

二次风配风方式的选择需要参考 660 MW 燃煤发电机组超超临界参数变压运行直流锅炉负荷水平。

在锅炉为燃烧稳定的大负荷状态下，优选均等配风方式，在两个一次风喷口（或背火侧）进行两个二次风喷口的均等布置，确保二次风开度一致，锅炉炉膛内热负荷分布均衡，减少再热汽温偏差。

在锅炉为燃烧不稳定的炉膛高温或局部结焦状态下，优选鼓腰配风方式，适当开大中部二次风，切割燃烧中心，促使燃烧器二次风形成中间大、上下逐渐减小的形式，降低再热汽温偏差。

在锅炉为燃烧不稳定的小负荷状态下，优选束腰配风方式，关小一组燃烧器中部二次风，开大相邻的上下二次风，提高局部断面热负荷，形成中间小、上下逐渐增大的配风形式，避免燃烧不稳引发再热汽温偏差<sup>[4]</sup>。

#### 3.3 合理设置燃尽风门 (SOFA) 开度

燃尽风门是控制锅炉燃烧器燃气与空气混合比例的重要部件，合理设置燃尽风门开度，可以保证锅炉燃烧期间氧气与煤粉供给的匹配，降低再热汽温偏差。燃尽风门开度受锅炉负荷、煤质等多重因素的干扰。

此外，根据现场燃尽风燃烧器 SOFA I、SOFA II、SOFA IV、SOFA V 疑似开关反置现象，重新调整 2 号锅炉反置燃尽风门开度方向。在燃尽风风门开度调整时，应从燃煤发电机组超超临界参数变压运行直流锅炉低负荷状态着手，关小上两层燃尽风风门，开大下三层燃尽风风门，记录低温再热器出口、高温再热器出口的汽温偏差最小值。同理，在燃煤发电机组超超临界参数变压运行直流锅炉中负荷状态下，整体开大燃尽风风门，确定低温再热器出口、高温再热器出口的汽温偏差最小值。而在燃煤发电机组超超临界参数变压运行直流锅炉高负荷状态下，固定燃尽风风门开度数值，最大限度地减小再热汽温偏差。

### 3.4 合理调整燃尽风燃烧器水平与垂直摆角

根据 660 MW 燃煤发电机组超超临界参数变压运行直流锅炉负荷的差异，燃尽风燃烧器水平摆角也应当具有一定差异。

在 660 MW 燃煤发电机组超超临界参数变压运行直流锅炉为低负荷状态时，一角 SOFA (Separated Over-Fire Air, 分离燃尽风) 燃烧器由最小水平摆角反切调整至最大水平摆角，低温再热器出口汽温偏差随之下降，高温再热器出口汽温偏差随之上升。同理，SOFA 燃烧器由最小水平摆角正切调整至最大水平摆角，低温再热器出口汽温偏差增加，高温再热器出口汽温偏差下降。调整期间，记录再热汽温偏差最小值，固定调整摆角。比如，在 SOFA 燃烧器由  $0^\circ$  调整至  $-15^\circ$  (反切最大) 过程中，低温再热器出口汽温偏差增加值、高温再热器出口汽温偏差减小值均不明显，可以将该 SOFA 燃烧器固定到反切最大位置。

在 660 MW 燃煤发电机组超超临界参数变压运行直流锅炉为高负荷状态且左侧减温水量一定时，一角 SOFA 燃烧器由最小水平摆角反切调整至最大水平摆角，记录高温再热器出口汽温偏差增加值和低温再热器出口汽温偏差减小值。继续调整 SOFA 燃烧器至正切最大水平摆角，记录低温再热器出口汽温偏差增加值和高温再热器出口汽温偏差减小值，对比确定汽温偏差最小的水平摆角<sup>[5]</sup>。

此外，燃尽风燃烧器垂直摆角调整应当在水平位置，向上摆方向调整，记录低温再热器出口汽温偏差增加值与高温再热器汽温偏差减小值<sup>[6]</sup>。同理，由水平向下摆方向调整，记录高温再热器出口汽温偏差减小值。对比确定最佳垂直摆角。

### 3.5 合理调整主燃烧器摆角

为同时减小低温再热器出口汽温偏差高温再热器出口左侧汽温偏差，调整主燃烧器摆角。考虑主燃烧器喷嘴自重、机械装配间隙误差等对主燃烧器摆动角度的影响，在主燃烧器摆角调整前，手拉拖拽驱动杆，促使驱动杆旋转至指针零位且定位孔、制动盘中间重合<sup>[7]</sup>。在定位孔内插入定位销，旋拧铰座，调整外连杆长度，连接外连杆与驱动杆。

在将主燃烧器喷嘴调整至水平零位后，复核摆动主燃烧器启动执行机构参数，包括气缸行程、气缸底座与耳板距离、气缸支座与驱动杆开孔距离等。复核无误后，将气动执行器安装到主燃烧器适宜位置，将驱动杆位置定位插销拆除并进行摆动执行器的自动整定，确保主燃烧器摆角（含水平零位主燃烧器一次风喷嘴上下摆动角度、二次风喷嘴上下摆动角度）适宜。

### 3.6 合理控制运行氧量

在燃煤发电机组超超临界参数变压运行直流锅炉低负荷状态下，将减温水量控制到零，减小运行氧量，确定高温再热器出口汽温偏差进入减小趋势后，继续降低运行氧量，以低温再热器出口汽温偏差增加临界点为运行氧量设定点。

在燃煤发电机组超超临界参数变压运行直流锅炉中负荷状态下，减小运行氧量，再热汽温偏差未出现减少趋势。表明运行氧量对中等负荷状态下的 2 号锅炉再热汽温偏差影响不显著。

在燃煤发电机组超超临界参数变压运行直流锅炉高负荷状态下，减小同样的运行氧量，确定高温再热器出口汽温偏差下降且减温水量减少，继续降低运行氧量，将减温水量增加节点作为 2 号锅炉再热汽温偏差控制的最适宜位置。

## 4 结束语

2 号锅炉运行两侧再热汽温偏差问题与制粉系统调整不合理、二次风配风方式不合理、燃尽风门 (SOFA) 开度不合理、燃尽风燃烧器水平摆角调整不合理、主燃烧器垂直摆角调整不合理、运行氧量不合理等具有较大关系。因此，应合理调整制粉系统、二次风配风方式、燃尽风门开度与燃尽风燃烧器、主燃烧器摆角，合理控制运行氧量，降低 2 号锅炉运行两侧再热汽温偏差，确保超超临界参数变压运行直流锅炉的运行经济性。

## 参考文献：

- [1] 杨辉, 梁仕铨, 杨玉, 等. 某 2030 t/h W 火焰锅炉低负荷下再热汽温偏低原因分析及对策 [J]. 热力发电, 2020, 49(09):114-120.
- [2] 于汭民, 庞力平, 段立强. 混煤对二次再热锅炉汽温特性的影响 [J]. 华北电力大学学报: 自然科学版, 2022, 49(06): 92-99.
- [3] 王小华, 王煜伟, 赵鹏, 等. 燃烧器摆角同步性对切圆锅炉再热汽温和壁温偏差的影响研究 [J]. 热能动力工程, 2021, 36(02):73-79.
- [4] 岳峻峰, 孔俊俊, 李旭升. 660MW 超超临界二次再热燃煤锅炉运行特性试验研究 [J]. 热能动力工程, 2023, 38(11):130-140.
- [5] 叶青, 王朝阳, 易广宙, 等. 超超临界二次再热尾部三烟道锅炉汽温动态特性及协同优化控制 [J]. 动力工程学报, 2023, 43(02):117-125.
- [6] 胡相余, 许仁发, 孟涛, 等. 超超临界二次再热锅炉关键技术研究进展 [J]. 煤炭转化, 2022, 45(06):89-100.
- [7] 同 [6].