

# Discuss the blockage causes and treatment of air preheater of 600MW thermal power unit

Bo Qiao

Nanyang Yahekou Power Generation Co., Ltd., Nanyang, Henan, 473000, China

## Abstract

As the main auxiliary component of thermal power plant, air preheater is used to recover the heat of flue gas and reduce the exhaust temperature. At the same time, due to the increase of combustion air temperature, it is conducive to fuel ignition and combustion, reducing the incomplete combustion loss, and plays a vital role in improving the boiler efficiency and ensuring the stability of boiler combustion. In the process of operation, once the blockage is serious, the heat exchange effect will be poor, and the power consumption of the fan and the coal consumption of the unit will increase significantly. In serious cases, the reception load of the unit will be restricted. Its operating environment determines that it is prone to low temperature corrosion. In recent years, after the increase of environmental protection control, thermal power units have been installed on flue gas denitration equipment, which aggravates the blockage frequency and degree of air preheater. Through the discussion of the blockage causes of air preheater and related treatment, it has certain guiding significance for similar situations in other units.

## Keywords

differential pressure of preheater; blockage; denitration; NOx

# 探讨 600MW 火电机组空预器堵塞原因及处理

乔博

南阳鸭河口发电有限责任公司, 中国·河南 南阳 473000

## 摘要

空预器作为火电厂主要辅机部件,用于回收烟气能量,降低排烟温度,同时由于燃烧区域空气温度提高,有利于燃料着火燃烧,减少了炉内不完全燃烧损失,对于提高了锅炉效率,保证锅炉燃烧稳定起着至关重要的作用。在运行过程中,一旦堵塞严重,会导致换热效果差,风机电耗、机组煤耗显著增加,严重情况下,制约机组接待负荷。其运行环境决定了容易出现低温腐蚀,近几年环保管控力度加大后,火电机组陆续上马烟气脱硝设备,加剧了空预器堵塞频率和程度。通过对于空预器堵塞原因和相关处理的探讨,对于其余机组出现类似情形有一定的指导意义。

## 关键词

空预器差压; 堵塞; 脱硝; NOx

## 1 引言

空预器作为锅炉主要辅机,功能是尾部烟气所含的热量,来加热参与锅炉燃烧所需要空气的一种装置,它的工作环境处于锅炉烟气温度最低区域,吸收烟气所含热量,降低锅炉排烟温度,进而提高锅炉整体热效率。

空预器按传热方式分为: 传热式和蓄热式两种形式。前者是将热能通过传热面不断地由烟气传导给空气, 烟气和空气有各自的通路。后者是烟气和空气交替不断地通过受热面, 能量由烟气传给受热面, 被其积蓄起来, 然后空气再通过受热面, 此时将能量传给空气, 依靠这样持续往复的循环加热。

本次讨论的对象是回转式空预器。按其风仓的数量分类, 可以分为二分仓式和三分仓样式两种。均由圆筒形状转子外壳、烟风道和驱动装置构成。其中受热面安装在转子上, 转子又被分割成若干个扇形仓, 每个仓内装满了呈现为波浪样式的金属薄板制成的受热板。其烟气流动区与锅炉的烟道相连, 空气流动区与锅炉的风道相连, 在密封区中烟气和空气均不流动, 所以烟气与空气不能混合在一起。装有受热面的转子由空预器马达通过传动装置带动一起旋转。因此受热面不断地往复地通过烟气和空气流动区域。从而进行热交换, 每转一周就完成一次热交换。

## 2 空预器堵塞原因以及采取措施

由于煤炭在锅炉内燃烧时候会产生一定量的  $SO_3$ , 特别是在掺烧高硫煤时, 情况会愈加严重, 与水蒸汽结合生成硫酸蒸汽。该物质在受热面上一旦开始凝结, 将会给受热面

【作者简介】乔博(1983-), 男, 中国河南新野人, 本科, 工程师, 从事热能动力工程研究。

产生严重的腐蚀。低温腐蚀会造成空预器热端金属的破裂，大量空气漏进烟道中，燃烧恶化，锅炉效率降低，影响空预器传热效率，同时腐蚀也会加重积灰，使烟风道内部阻力加大，影响锅炉整体的安全、经济运行<sup>[1]</sup>。

同时火电机组适应环保要求，大量上马脱硝设备，在运行中特别是近几年为了响应电网需求长期进行深度调峰，在低负荷时段氨逃逸现象明显升高，生成大量硫酸氢铵。造成运行中机组两侧空预器进、出口压差较高，引风机出力明显增加，停炉后就地检查两侧空预器中下部、下部堵塞严重。下面进行分别探讨。

## 2.1 空预器低温腐蚀方面危害及防治

### 2.1.1 低温腐蚀带来的危害

燃料在锅炉燃烧过程中会生成一定含量的  $\text{SO}_3$ ，当锅炉内部烟气温度一旦低于  $200^\circ\text{C}$  时， $\text{SO}_3$  会与蒸汽反应生成硫酸蒸汽。

同时因为硫酸蒸汽的凝结温度比水蒸汽要高得多（可能达到  $140^\circ\text{C} - 160^\circ\text{C}$  以上，有时候会更高），因此烟气中一旦含有少量硫酸蒸汽，烟气露点就会显著的升高。

当锅炉内部的烟气进入低温受热面时，烟气温度一旦降低或当其接触到低温受热面时，出现温度低于露点温度的情况，水蒸汽与硫酸蒸汽一起同时凝结。水蒸汽在受热面上发生凝结情况，会导致金属的氧腐蚀；硫酸蒸汽在受热面上开始凝结，将会导致金属发生反应，造成严重的酸腐蚀。带有酸性粘结的灰分能使烟气中携带的飞灰大量沉积，造成不易被蒸汽吹灰清除的低温粘结灰份。一旦发生结灰不能被清理，其传热能力必然会降低，壁温降低，将导致更严重的低温腐蚀和粘结结灰，严重情况下将会堵塞烟气通道。

### 2.1.2 低温腐蚀的减轻和防止

在运行过程中尽量降低入炉煤质硫分，采用低氧燃烧的策略。即在燃烧过程中采用降低过量空气系数方式减少烟气中的氧气，使  $\text{SO}_2$  反应后产出  $\text{SO}_3$  的量降低，采用低氧燃烧的方法前提是必须保证燃烧安全。也可以增加热风再循环或暖风器两种方法来提升空预器受热面的温度，是防止低温腐蚀的最有效的措施。在运行中采用定期吹灰，这样有利于清除积灰，又利于防止低温腐蚀。针对尾部烟道内受热面漏风情况进行治理。一旦出现严重漏风，受热面壁温将会下降，加重腐蚀程度。特别是空预器一旦漏风，该处的温度将会大幅降低，形成严重的低温腐蚀现象。利用机组停运检修期间对其进行定期冲洗。针对冷段积灰，可以用碱性水进行冲洗受热面从而清除积灰。冲洗完成后一般都能够恢复至原先的排烟温度，还可以减轻腐蚀。

## 2.2 机组因脱硝装置造成空预器堵塞原因与控制措施

### 2.2.1 脱硝系统简介

脱硝系统采用将尿素热解后产生氨气，作为制备还原剂。采用 SCR 烟气脱硝的工艺，脱硝装置按照一炉两室方式布置，每台炉配置一台热解炉、一台加热器，两台高温稀

释风机。

锅炉脱硝装置入口  $\text{NO}_x$  排放量按  $600\text{mg}/\text{Nm}^3$  设计，在锅炉的任何正常负荷范围内，SCR 反应器的脱硝效率不低于  $85\%$ ，脱硝装置出口  $\text{NO}_x$  含量不大于  $150\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，氨的逃逸率不大于  $3\text{ppm}$ ， $\text{SO}_2/\text{SO}_3$  转化率小于  $1\%$ 。

SCR 反应器安装在锅炉省煤器与空预器之间，脱硝分布在空预器正上方。催化剂的型式采用平板式。将雾化后的尿素溶液在隔热的分解室里面分解，生成产生浓度小于  $5\%$  的氨气，通过调节阀对进入锅炉脱硝反应区域的氨量进行调节，需氨量信号是  $\text{NO}_x$  含量经过脱硝率和烟气量的计算而得出。热解炉出口的氨空混合物经由母管送入各分支管后，通过栅格喷入烟道内与烟气充分混合反应，然后再流入催化反应器， $\text{NO}_x$  在这里发生催化还原的反应，还原成为  $\text{N}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$ 。在尿素溶解罐和溶液罐内部装有蒸汽加热系统，用来防止尿素溶液发生结晶，蒸汽加热系统的疏水将会全部返回到疏水箱，通过疏水泵打至溶解罐，作为尿素溶解水使用。

### 2.2.2 当前运行情况

随着国家对环保要求的提高，要求锅炉排放标准要求氮氧化物排放由原来的小时均值  $100\text{mg}/\text{Nm}^3$  降至  $50\text{mg}/\text{Nm}^3$  以内。同时为了降低煤耗和碳排放，上马了一套生物质直燃系统，即将生物质秸秆通过一系列的粉碎等工艺后，用风机将其直接吹入炉膛内进行燃烧，这样导致进入炉内燃烧区域的送风量加大，过量空气系数增加，会引起生成的  $\text{NO}_x$  增加，需要用更多的喷氨量进行调节。加上机组深度调峰的需求，机组长期稳定在低负荷区域，氨逃逸现象明显升高，生成大量硫酸氢铵。而硫酸氢铵特性是温度在  $150^\circ\text{C} \sim 230^\circ\text{C}$  时会分解气化。如果锅炉大部分保持在中高负荷时段，此时的排烟温度在  $120^\circ\text{C}$  以上，空预器内部温度可以到  $150^\circ\text{C}$  左右，部分硫酸氢铵可以自行气化解，可以削弱大量喷氨引起的影响。但是由于长期进行深度调峰，特殊情况会出现连续 24 小时处于深调状态，这样必然会加剧了空预器的堵塞。从参数上来看在  $300\text{MW}$  负荷下空预器差压由以前的稳定状态  $700\text{pa}$  上升到  $1000\text{pa}$  左右，引风机调开度和电流明显升高。在满负荷情况下，还会出现引风机调全开的情况，制约负荷接带。

### 2.2.3 堵塞的原因和采取的措施

第一，氮氧化物控制特性差导致氨逃逸率高。由于省煤器出口  $\text{NO}_x$  排放浓度随燃烧波动大，自动调节品质差，运行人员需要频繁手动调节，在出现氮氧化物大幅波动时，达不到精准控制，部分工况出现净烟  $\text{NO}_x$  低于  $10\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，氨逃逸增大。针对这种情况联系电科院进行脱硝喷氨格栅烟气分布均匀性试验并对各个喷嘴进行必要调整，运行部配合进行试验调整<sup>[2]</sup>。同时根据空预器差压变化情况，结合电科院网格法实测反应器出口  $\text{NO}_x$  浓度及运行中氨逃逸浓度情况来调节 AIG 入口及氨空手动分门的开度，尽可能降低喷氨量，同时适当提高电加热出力，热解炉出口氨空混

合气温度设定至 335℃, 以保证氨空混合气的充分热解; 另外对脱硝喷枪进行检查, 若发现喷口堵塞或脱落, 应及时修复, 保证尿素溶液雾化良好。

第二, 减少喷氨量。在环保政策进行重新调整初期, 为了保证环保参数达到超低排放, 不超过 50mg/ Nm<sup>3</sup> 考核值, 运行按公司原环保控制策略控制保守, NO<sub>x</sub> 排放浓度小时均值在 25 到 30 之间, 氨耗量大, 逃逸多, 预热器易堵塞。我们通过以下方法尽可能地减少喷氨量:

①通过进行专题讲解, 班组进行技术学习和讨论, 并结合实际情况进行不断修正完善。将喷氨量和 NO<sub>x</sub> 小时均值加入运行班组小指标竞赛中去, 对于定期喷氨量参数抽查等办法。在机组运行中注意控制烟囱出口氮氧化物避免过调, 减少喷氨量。重新完善相关规定, 完成月度净烟 NO<sub>x</sub> 出口浓度均值在 30~40mg/ m<sup>3</sup> 之间。

②机组启动前进行上煤方式调整。利用上次停机前将底层原煤仓拉空或清空, 机组启动前重新上仓为高发热量、高挥发分的优质煤, 这样可以保证着火效果且燃烧稳定, 有利于提高炉膛温度和烟温, 可以减少投油, 防止未燃烬油质附着在空预器, 造成堵塞。

③提高脱硝热解炉温度保证反应效率。由于脱硝系统的催化剂的活性范围在 290-400℃, 一般我们要求脱硝热解炉温度控制在 310-380℃ 以内, 这样能保持催化剂在安全范围以内, 才能保证氨气的反应效率, 减少喷氨量缓解空预器堵塞。在遇到以下情况下, 如燃烧恶化情况、降低负荷时间、掺烧低热值低挥发煤质时, 此时炉内燃烧减弱, 氧量上升, 生产的 NO<sub>x</sub> 明显增加, 可以从脱硝画面参数明显看到空预器入口 NO<sub>x</sub> 快速上升, 此时需要大量喷氨时, 可以通过提前投入热解炉电加热等手段, 提高热解炉出口温度, 从而保持其在最佳反应区域, 以最小的喷氨量就能控制环保参数不超限。

第三, 减少进入炉膛内部过量空气系数。由于深度调峰时间较长, 此时的送风机开度已经处于较低水平, 向下调节裕度不大。通过将停运的制粉系统将其对应的二次风门、中心风保持 10%~20% 开度, 将生物质系统进行停运, 从而减小风烟系统两侧氧量偏差, 控制 NO<sub>x</sub> 折算值, 减少喷氨量。

第四, 保持空预器蓄热元件光洁度, 减少飞灰附着也可以缓解空预器堵塞。在机组启动初期和燃烧不稳定时段, 需要大量投油。前文提到的空预器需要用烟气对通过的一次风进行加热, 致使空预器上面必然会有飞灰残留, 而部分未燃烬的燃油会和附着在蓄热元件上面的飞灰进行混合, 导致其差压明显增加。运行中关注省煤器灰斗料位的监视和控

制, 发现异常及时处理, 避免过量飞灰经过空预器。运行中严格执行预热器吹灰规定, 重点关注吹灰蒸汽参数 (防止疏水因为不畅或时间过短, 造成空预器吹灰蒸汽过热度不足, 吹灰效果不好)。

第五, 提高空预器排烟温度来缓解堵塞。上文提到过硫酸氢铵具有温度在 150℃ ~ 230℃ 时会分解气化的特性。我们可以通过减少空预器进口二次风量和增加空预器的烟气流来提高空预器中、下部的温度, 使得堵塞部位的硫酸氢铵分解气化, 再辅助空预器连续吹灰将该区域的堵塞物质吹走, 实现治理空预器的硫酸氢铵堵塞。冬季运行期间投入暖风器运行, 并保证空预器入口二次风温控制在 40℃ 以上。提高冷端综合温度至 160 度以上, 后部依靠低省来解决烟温高带来的负面影响。还可以根据空预器两侧差压实际情况, 适当偏置两侧送风和引风机出力以提高单侧烟温至 140℃ 以上 (高负荷时可至 155 度), 同时关注另一侧空预器出口烟温不低于 110 度 (满足低省入口烟温需求)。在此期间注意各风机运行正常、低省水温不出现过负荷、除尘器因烟温提高后降效导致烟尘超标等负面影响。若两侧差压均大, 则每班进行交替两侧烟温偏置切换工作。

第六, 设备升级改造。利用检修时机, 将脱硝反应器中催化剂进行定期更换, 避免其寿命超期运行。一旦长时间未进行更换, 反应效率下降严重, 将会造成氨耗量大, 逃逸多, 预热器易堵塞; 现阶段脱硝喷氨控制不是精准控制, 而具备粗放调整、延迟反应的特点, 这与烟气在烟道内的流场变化、均匀性分布均有关系。利用停机增加相应的测点, 并通过优化控制系统、改造脱硝系统流场及喷氨控制逻辑来进一步提高系统控制精度<sup>[1]</sup>。从而降低喷氨量和氨逃逸率, 减少空预器堵塞。

### 3 结语

在当期环保政策不断加码, 深度调峰时长日益增加的情况下, 这些不利因素均未有明显改善。通过上述的一系列方法的实施, 对于空预器堵塞状况有所缓解, 对于机组安全运行提供了保证。

### 参考文献

- [1] 白晓亮. 空预器堵塞的原因分析及调整对策[J]. 机电信息, 2020,(21):28-29.
- [2] 沈利, 徐书德, 关键, 等. 超临界大容量火电机组深度调峰对燃煤锅炉的影响[J]. 发电设备, 2016,30(01):21-23.
- [3] 雷会斌. 燃煤机组采用SCR脱硝技术对锅炉空预器的影响[J]. 能源研究与利用, 2012,(06):43-44.