

WGZ1025 / 18.28-1型燃煤锅炉超低排放改造

陈海斌

靖远第二发电有限公司, 甘肃省白银市平川区电力路4号 730919

[摘要]为响应国家对碳达峰和碳排放的要求, 国家能源局联合下发的文件的报告鲜明提出要求, 燃煤汽轮发电机组环境污染物排放浓度数值基本要达到燃气轮机组排放限值的排放数值。针对不同的排放标准、锅炉炉型和燃煤煤质, 可采用的技术路线并不唯一, 燃煤电厂应综合考虑各种因素, 制定出符合自身实际情况的改造方案, 实现煤炭的清洁化利用。随着超低排放技术的逐步推广, 这将产生十分巨大的环境效益和社会效益。本文以靖远二电#5炉, 针对WGZ1025 / 18.28-1型燃煤锅炉脱硫、脱硝系统改造进行了研究。事实证明, 该超低排放改造方案对于降低污染物排放有显著效果, 即在含氧量百分之六基准条件下, 氮氧化物排放、二氧化硫分别不高于50、35毫克/立方米

[关键词]WGZ1025 / 18.28-1型燃煤锅炉; 超低排放; 脱硫; 脱硝

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6261.2021.09.410

1 主要设备及环保设施概况

1.1 锅炉设备

靖远二电#5机组锅炉制造厂是武汉锅炉厂。该锅炉是单炉膛、四角切向燃烧、亚临界参数、自然循环, 摆动燃烧器调温, 可采用滑压或定压运行控制方式。直流燃烧器采用四角布置。燃烧器分上、下两组布置各角, 使其燃烧器范围内的热负荷降低。12个燃烧器喷口布置在各角, 其中7个为二次风喷口, 另外5个为磨煤机煤粉喷口, 而下层3磨煤机煤粉喷口布置有油枪, 其中最底层A磨煤机煤粉喷口内直接布置油枪, 高能点火装置在油枪近旁。

1.2 脱硝装置

#5机组锅炉脱硝SCR烟气脱硝装置的工艺流程主要由反应器、烟气系统、氨供应系统、氨喷射系统、催化剂等组成。核心位置是反应器, 里面装有催化剂。储存罐内的氨储, 通过氨蒸发槽蒸发为氨气, 通过喷氨格栅(AIG)的喷嘴将氨气喷入烟气中与烟气混合, 再进入催化反应器前与静态混合器充分混合, 当温度达到反应温度与氨气充分混合的烟气流经催化层的SCR反应器后, 将氮氧化物还原为无害的氮气和水。进入SCR反应器氨气和烟气混合后, 在顶部整流器的导向下, 成垂直向下方向流入第1层催化剂和第2层催化剂, 在催化剂的作用下, 氨气有选择地把烟气中的NO_x还原为无毒无污染的氮气和水。为了避免造成催化剂失效导致脱硝效率的下降, 通过蒸汽吹灰器定时将积灰吹扫干净。催化剂是以二氧化钛为基础的陶瓷催化剂, 催化剂层按“2+1”布置。在烟气温度不高于405℃的情况下, 催化剂能长期运行。同时在运行温度450℃下催化剂能承受不少于5小时的运行考验, 而不产生任何损坏。催化剂中烟气流速范围为4m/s~6m/s。当氨逃逸率达到3ppm时追加或更换催化剂。

1.3 脱硫装置

WGZ1025 / 18.28-1型#5燃煤锅脱硫采用美国DUCON EEC公司先进成熟的石灰石-石膏湿法烟气脱硫技术, 脱硫装置采用一塔装备一炉的方式。#5炉从吸风机后的烟道主路上引出的烟气进入吸收塔。通过净烟气挡板门把经吸收塔脱硫后的烟气从烟囱排入大气。脱硫系统排放状况为: 入口二氧化硫浓度为3000毫克/立方米时, 脱硫系统出口二氧化硫排放值约为200毫克/立方米。锅炉实际工况的脱硫效率为76%左右。

2 超低排放改造方案

2.1 低氮脱硝方案

现有脱硝系统进行分区混合动态调平改造, 替换原来初

装层的催化剂, 增加备用层催化剂及配套吹灰系统, 对原稀释风系统进行扩容改造, 更换部分老旧仪表, 确保在使用业主提供的用于脱硝设计的常用煤种或相近煤种、锅炉正常负荷范围, 保证脱硝效率大于85.3%, 出口烟气NO_x排放浓度小于46mg/m³及其他相关技术要求。加装省煤器烟气旁路, 在低负荷情况下, 保证烟温满足催化剂的运行温度要求。#5炉脱硝系统的吹灰系统使用蒸汽吹灰系统, 2台吹灰枪布置在每一层催化剂上方, 吹灰枪汽源从现有空预器吹灰汽源蒸汽母管接入, 吹灰介质压力1.5MPa, 温度300℃, 蒸汽耗量123kg/min; 825kg/台, 行程: 2500mm; 运行时间: 556s, 喷嘴材质: 1Cr18Ni9Ti。

设计基础参数

项目	单位	数值	备注	
烟气流量	m ³ /h	1063920	标态、干基、6%O ₂	
SCR入口烟气成分	温度	℃	318.7~350.1	200~300MW
	O ₂	%	3.85	湿基
	H ₂ O	%	4.883	湿基
	SO ₂	mg/m ³	4000	标态、干基、6%O ₂
	飞灰浓度	g/m ³	35.23	标态、干基、6%O ₂
	NO _x	mg/m ³	400	标态、干基、6%O ₂
SCR性能参数	出口NO _x	mg/m ³	50	标态、干基、6%O ₂
	脱硝效率	%	87.5	
	NH ₃ 逃逸	μL/L	≤2	标态、干基、6%O ₂
	SO ₂ /SO ₃ 转化率	%	1	
催化剂化学寿命	h	≥24000		

2.1.1 脱硝工艺系统的要求

本脱硝系统为选择性催化还原烟气脱硝系统, 脱硝还原剂为液氨。为满足低负荷脱硝烟温的要求, #5炉脱硝系统安装了省煤器烟气旁路。更换了原有四层催化剂并加装备用层催化剂。催化剂采用蜂窝式, 脱硝系统在锅炉的启动、停机及负荷变动时, 能满足环保参数的规定值。

2.1.2 SO₂/SO₃转化率

SCR正常运行时, 二氧化硫/三氧化硫转化率小于1.0%达到性能保证指标。

2.1.3 运行温度与烟气温度

脱硝系统连续喷氨温度最高420℃, 连续喷氨最低温度290℃, 烟气的温度差降小于3℃。

2.1.4 蒸汽耗量

蒸汽吹灰器吹单层催化剂一次所用时间10分钟，蒸汽用量0.4t。

2.1.5 催化剂

脱硝系统配置2台选择性催化还原反应器；烟气垂直向下通过催化剂层，耙式蒸汽吹灰器安装与反应器。催化剂采用蜂窝式，上端顶部层催化剂采取耐磨措施；催化剂加装新的之前，催化剂体积应满足性能保证中关于脱硝效率和氨逃逸率等的要求。

2.2 脱硝系统分区混合动态调平改造

由于常规脱硝工艺存在局限性，更换喷氨格栅，并对外部喷氨系统进行分区改造。要求脱硝入口烟气分布均匀且稳定，各手动调节阀开度根据SCR入口氮氧化物浓度分布调节，来控制各分区喷入还原剂的量；反应器出口氮氧化物浓度测量不全面，无法反馈烟道中NOx浓度的真实分布情况；负荷变动时脱硝入口NOx浓度变化剧烈，为保证超低排放，过量喷氨情况严重。

因此本次改造针对以上问题对脱硝工艺有一系列的改进，即采用烟气大范围混合及分区混合动态调平技术，总体思路：大范围烟气预混降低NOx浓度偏差+后续烟道分区+分区内充分混合+分区采用CEMS巡测进行NOx浓度检测+分区采用NH3巡测进行氨逃逸检测+还原剂总量及分量控制。

因SCR单侧垂直烟道截面积为28.365m²（断面尺寸为3.1m×9.15m），因此建议喷氨格栅下游的分区数为3个（每个区域尺寸为3.1m×3.05m）。该技术既深度优化SCR流场，使速度场、温度场等更加合理，又可多点监测SCR出口烟气成分分布，实时调整喷氨格栅各分区喷氨量，保证氨氮摩尔比（浓度场）始终维持在合理水平，显著降低整体氨逃逸水平，预防后续设备的堵塞，也可显著降低催化剂的磨损和烟道积灰情况。因本次改造新增省煤器烟气旁路，保证低负荷下烟温混合的同时不能对原主流场进行负面影响。

更换喷氨格栅，并对外部喷氨系统进行分区改造。对原稀释风系统进行扩容改造，满足分区改造后稀释风压头和风量的要求。更换后的风机按流量5045 m³/h，风压8745Pa。

分区改造后，为了能实时监控SCR出口处各分区的NOx浓度，以实现实时控制喷入各分区氨量的功能，需要在每个分区出口安装 NOx/O2在线测点，每侧烟道布置一套CEMS仪表，采用巡测的方式扫描出3个点的NOx/O2分布。单侧烟道巡测出的NOx浓度分布情况可作为各分区喷氨调节阀开度调节依据。

对于分区氨逃逸的监测，目前可精确测量氨逃逸浓度的分析仪原理为抽取式化学吸收法。各分区精确的氨逃逸数据，不仅可实时显示各分区实际氨逃逸浓度，及时发现异常运行工况，有效的降低空预器堵塞风险，还可实现实时监控分区催化剂活性，分析氨逃逸浓度与空预器堵塞的具体关系，为机组科学及经济运行提供有力指导。为了实现精细化喷氨，判断脱硝装置运行水平，保证机组安全经济运行，需加装在线式氨逃逸测量仪。传统的激光法氨逃逸测量仪表受烟气中水份、粉尘、烟道热膨胀及安装位置等因素影响，无法反应真实情况，且烟道振动及膨胀移位会对测试结果造成干扰。因此氨逃逸分析仪采用原理为抽取式化学吸收法。

2.3 省煤器烟气旁路烟道

根据锅炉实际布置及实际运行烟温，后包墙52.7m标高处

接出，然后从M柱后侧穿下，下部与SCR入口烟道连接。在SCR脱硝入口注入，与原脱硝入口烟气进行混合，混合后烟温能完全满足机组宽负荷脱硝需求：机组30%负荷长期运行，脱硝入口烟温不低于催化剂最低允许温度。旁路烟道改造即在锅炉低温过热器前的主烟道上抽取部分高温烟气引入脱硝入口烟道，使抽取的高温烟气和省煤器出口的低温烟气混合，达到提高脱硝入口烟气温度的目的。这样设计可实现主旁烟道两侧协调配合，可确保锅炉低负荷运行时，保证旁路烟气量达到升温需要。同时，由于膨胀节的设置，可确保不同负荷下，旁路烟道热位移不传递到锅炉机组其他设备上。

旁路烟气挡板的改造满足了机组在低负荷运行情况下脱硝系统对烟温的要求，保证机组在低负荷运行情况下脱硝系统的正常运行。

2.4 脱硫方案

石灰石-石膏湿法脱硫是目前大容量机组效率最高、最成熟、应用最广泛的一种工艺脱硫，一般脱硫效率可以达到百分之九十五以上。从运行和投资成本方面考虑，#5机组环保超低排放改造方案为吸收塔增加喷淋层2层+增效装置改造方案。把脱硫塔原有的文丘里棒层改装成穿流孔板合金托盘，在整个吸收塔的横截面全面布置了托盘，使烟气进入吸收塔后被均匀分布在整个截面上。烟气经过托盘后再进入喷淋区洗涤净化，不仅有利于烟气分布均匀，而且流经托盘小孔时的节流喷射大大提高了喷淋区烟气的湍流度，改善了气液传质条件增加气液传质系数[6]。烟气中SO2等污染物由托盘上的存液脱除，既有效降低液气比，也可提高脱硫效率。

经上述改造后，吸收塔加高9m，改造后吸收塔标高从原来的35.3m，增加到44.3m。燃用校核煤种时，SO2排放浓度不超过35mg/m³。

WGZ1025 / 18.28-1型燃煤锅炉超低排放改造后环保数据 (2021年11月)

负荷 (MW)	NOx (mg / m ³)		SO ₂ (mg / m ³)	
	入口	出口	入口	出口
165	295	30.49	1453	11.29
200	313	21.28	2004	14.76
250	331	31.94	2491	11.82
300	325	24.74	1755	21.23
330	337	38.46	2587	28.05

3 结论及建议

WGZ1025 / 18.28-1型燃煤锅炉超低排放改造后满足国家对控SO2、NOx排放浓度（基准含氧量6%）分别不超过35、50mg/m³的标准，对于降低单位发电污染物排放效果显著。

参考文献

[1] 《靖远二电锅炉运行规程》
 [2] 靖君. 1000MW超超临界燃煤机组超低排放改造方案. [J]. 分布式能源, 2017.
 [3] 杜乐. 一种提高石灰石-石膏法脱硫效率的方法-托盘塔[J]. 环境与发展, 2014.

作者简介:

陈海斌(1973-), 男, 甘肃, 本科, 助理工程师, 研究方向: 火电厂发电运行。