

# 燃煤机组烟气污染物超低排放研究

翟陈婷

内蒙古蒙东能源有限公司鄂温克电厂

**[摘要]**在工业生产中,煤炭的加工利用是一项不可或缺的能源。随着工业的发展,对煤炭需求量在不断增加,但煤炭燃烧会产生大量烟气污染物,其会污染大气和危害人类身心健康,因此,实施燃煤机组烟气污染物超低排放十分重要。

**[关键词]**燃煤机组;烟气污染物;超低排放

**【DOI】**10.12252/j.issn.2096-6261.2021.09.857

燃煤电厂一直被认为是主要污染大户和大气污染主要来源。火电厂燃煤机组排放的烟气中PM<sub>2.5</sub>是大气污染的一个重要原因。为进一步落实大气污染防治计划,响应国家节能减排政策,本文分析了燃煤机组烟气污染物的超低排放。

## 一、超低排放的概念

超低排放是指燃煤火力发电机组烟气污染物排放浓度应达到或低于规定限值,即在基准氧含量为6%时,烟(粉)尘 $\leq 5\text{mg}/\text{m}^3$ ,二氧化硫 $\leq 35\text{mg}/\text{m}^3$ ,氮氧化物 $\leq 50\text{mg}/\text{m}^3$ 。

## 二、国产600MW超临界燃煤机组烟气排放

### 1、机组设备

1) 锅炉。锅炉为超临界压力、一次再热直流锅炉,采用单炉膛,形岛式露天布置,平衡通风,前后墙对冲燃烧方式,固态排渣,全钢架悬吊结构。

2) 脱硝系统。脱硝系统采用SCR技术,在设计煤种、600MW工况处理100%烟气量条件下,脱硝效率不小于80%,采用2+1模式布置。脱硝反应器布置在锅炉省煤器和空预器之间,烟气从省煤器引出,1台炉配置2个反应器,经脱硝后,烟气接入空预器。

3) 电除尘。每台锅炉配置静电除尘器1套2台,电除尘型号为:2-FAA4 $\times$ 45M-2 $\times$ 147.6-150,每台静电除尘器为双室4电场除尘器,设计入口烟尘浓度为26.8g/m<sup>3</sup>,保证除尘效率99.68%,除尘器本体阻力 $< 200\text{Pa}$ ,本体漏风率 $< 2\%$ 。对干式静电除尘器原工频电源进行了高频电源改造,改造后静电除尘器除尘效率要求99.68%。

4) 脱硫系统。电厂每台机组原脱硫装置采用石灰石-石膏湿法脱硫工艺,无旁路、有回转式GGH,无增压风机。其中吸收塔采用带托盘的逆向喷淋塔,设计配备3台循环泵及3层标准型喷淋层,1层托盘。

### 2、某电厂国产600MW超临界燃煤机组环保设施运行情况

1) SCR脱硝系统运行情况。对1、2、4号机组进行SCR脱硝装置的加装改造,表明进口浓度基本在350~400mg/m<sup>3</sup>,机组的SCR出口浓度基本低于100mg/m<sup>3</sup>,满足现有排放标准要求,但距50mg/m<sup>3</sup>有一定差距。

2) 除尘系统运行情况。各机组静电除尘器高频电源改造完成后,烟囱出口月平均烟尘排放浓度最大值在20mg/m<sup>3</sup>左右,根据月平均排放浓度数据计算出年平均烟尘排放浓度为13mg/m<sup>3</sup>。

3) 脱硫系统运行情况。机组燃煤的实际分硫为0.6%~1.0%,脱硫装置入口SO<sub>2</sub>浓度范围为1326~2210mg/m<sup>3</sup>。由于该厂环评要求脱硫效率保证在90%以上,因此电厂一般运

行2台循环泵,脱硫效率91.5%~92.5%,烟囱出口SO<sub>2</sub>浓度为99~188mg/m<sup>3</sup>。

## 三、烟气超低排放改造方案

### 1、脱硝系统提效改造方案

1) 超低排放目标。SCR系统出口NO<sub>x</sub>的排放浓度从原设计的90mg/m<sup>3</sup>降低到50mg/m<sup>3</sup>以下,达到《火电厂大气污染物排放标准》中天然气机组NO<sub>x</sub>排放指标,实现超低排放。

### 2) 脱硝系统提效技术方案

① 锅炉低氮燃烧器改造。锅炉厂对低氮燃烧器改造提出了两种方案,方案一为NO<sub>x</sub>喷口标高不变,在左右侧墙各增加2只NO<sub>x</sub>喷口,燃烧器改造为最新型的AireJet低氮高效燃烧器,可取得更好的低氮燃烧效果。方案二是调整NO<sub>x</sub>喷口标高,并重新设计NO<sub>x</sub>喷口,而燃烧器保持不变。经测算能保证改造后省煤器出口NO<sub>x</sub>排放浓度低于280mg/m<sup>3</sup>。

② SCR脱硝装置提效方案。脱硝系统提效改造考虑一定余量,按入口NO<sub>x</sub>浓度330mg/m<sup>3</sup>,脱硝效率87%设计,改造后SCR出口NO<sub>x</sub>浓度降低到50mg/m<sup>3</sup>以下。该机组脱硝装置原设计初装两层催化剂,设计脱硝效率80%,预留第三层催化剂安装空间。脱硝提效需增加催化剂体积,可采用在预留层增加催化剂或更换两层原催化剂。

经核算,SCR提效前后还原剂消耗量有所减小,主要是因原有系统设计要求从450mg/m<sup>3</sup>脱除到90mg/m<sup>3</sup>,脱除量为360mg/m<sup>3</sup>;而本次改造由于低氮燃烧器的改造,脱硝系统入口浓度为330mg/m<sup>3</sup>,出口浓度要求达到50mg/m<sup>3</sup>,脱除量为280mg/m<sup>3</sup>,单位体积烟气NO<sub>x</sub>脱除量相比原系统设计减少了约22%,因此系统改造后还原剂消耗量相对之前会减少。

由此可见,在锅炉实施低氮燃烧改造基础上,通过SCR脱硝装置更换催化剂等措施,该厂机组烟气NO<sub>x</sub>排放可满足超低排放要求,但改造后催化剂阻力有所增加,引风机运行电耗会上升。

### 2、脱硫系统提效改造方案

1) 超低排放目标。脱硫装置提效后,烟囱入口SO<sub>2</sub>排放浓度从111mg/m<sup>3</sup>降低到35mg/m<sup>3</sup>以下,实现超低排放。

2) 脱硫系统提效技术方案。石灰石-石膏湿法脱硫技术是目前最成熟、应用最多的脱硫工艺,单机容量已达1000MW,吸收塔脱硫效率最高可达到99%。因此,通过适当控制燃煤含硫量,在燃煤电厂湿法脱硫装置上使SO<sub>2</sub>排放值低于35mg/m<sup>3</sup>能实现。

影响脱硫效率的有液气比、烟气分布均匀性、吸收区高度、吸收塔浆池容量等因素,可采用以下技术手段:

①增加液气比。液气比对脱硫效率有着重要影响。吸收塔设计中,循环浆液量决定了SO<sub>2</sub>吸收表面积大小,在其他参数恒定下,提高液气比相当于增大了吸收塔内浆液喷淋密度,从而增大了气液传质表面积,强化了气液两相间的传质,提高了系统脱硫效率。当然,液气比增大会促使循环浆液流量和吸收塔阻力增大,从而增加电耗。

②采用托盘提高脱硫效率。吸收塔托盘能改善吸收塔内烟气分布,烟气和浆液流场分布直接决定着吸收塔内传质、传热和反应程度。对于无托盘塔,改善烟气分布最有效措施是增加托盘,使进入吸收塔内烟气分布均匀,避免偏流问题;而对已有托盘的吸收塔,可通过调节托盘开孔率、加装第二层托盘来达到目的。托盘塔缺点是吸收塔阻力高,相应的引风机电耗高。

双托盘脱硫系统是在原有单层托盘基础上新增一层合金托盘,起到脱硫增效作用。该技术在脱硫效率高于98%或燃用高硫煤时优势明显。双托盘气流均质作用:烟气进入吸收塔后,先通过塔内托盘,与托盘上的液膜进行气液相均质调整,在吸收区域的整个高度上能实现烟气与浆液的有效接触。双托盘气流相均质调整更充分,气相均布更好,脱硫增效明显。

③拆除回转式GGH。回转式GGH的漏风对系统脱硫效率影响明显,所以为保证系统脱硫效率,将回转式GGH拆除,在此基础上进行脱硫提效改造,能满足超低排放要求。

④脱硫系统提效技术方案。按烟气超低排放要求,烟囱出口SO<sub>2</sub>浓度需控制在35mg/m<sup>3</sup>以下,原有脱硫装置已无法满足要求,需提效改造。根据场地条件、工期等原因,脱硫提效方案设计要考虑以下问题:一是因现场场地条件有限,只能新增一台浆液循环泵,无法再增加更多循环泵和吸收塔浆池;二是如再增加高吸收塔,则吸收塔改造工程量大,改造时间长,无法满足停机时间要求。

基于上述因素,脱硫提效方案以新增1台循环泵,吸收塔高度不增加为原则设计,方案为:双层交互式喷淋层+双托盘方案,即将原有三层标准型吸收塔喷淋层改造为双层交互式喷淋层;增加一层吸收塔托盘,与原有托盘形成双托盘,在液气比不增加下,通过改善塔内气流分布,强化脱硫传质效果实现脱硫增效。

改造后,脱硫装置在锅炉燃用设计煤种时,开3台循环泵可满足超低排放要求。

因此,脱硫系统在拆除回转式GGH,采用双托盘+双层交互式喷淋系统的技术方案进行提效改造后,在设计煤质工况下能满足超低排放要求,且改造后增加了1台备用浆液循环泵,提高了系统可靠性。改造后,系统烟气系统阻力和循环泵电耗均有所增加,电厂运行费用也会有所增加。改造采用的双托盘技术和双层交互式喷淋系统在国内外燃煤电厂脱硫工程中均有应用实例,技术成熟可靠,改造技术风险小。

### 3、除尘提效改造方案

1) 超低排放目标。除尘系统提效后,烟囱出口烟尘排放浓度从约30mg/m<sup>3</sup>降低到5mg/m<sup>3</sup>以下,满足烟气超低排放要

求。

### 2) 除尘系统提效技术方案

①除尘系统提效技术。目前,降低烟尘排放浓度、提高除尘系统效率的主流技术有湿式静电除尘技术、低低温电除尘技术、旋转电极式电除尘技术、电袋复合除尘技术等方式。

湿式静电除尘器通常布置在脱硫吸收塔后,可有效去除烟气中烟尘微粒、PM<sub>2.5</sub>、SO<sub>3</sub>微液滴、汞、除雾器后烟气中携带的脱硫石膏雾滴等污染物,是一种高效的静电除尘器。与干式电除尘器通过振打将极板上的灰振落至灰斗不同的是,湿式电除尘器是将水喷至集尘板上形成连续的水膜,流动水将捕获的烟尘冲刷到灰斗中随水排出。由于无振打装置,湿式静电除尘器除尘中不会产生二次扬尘,并且放电极被水浸润后,使电场中存在大量带电雾滴,增加亚微米粒子碰撞带电概率,能在较高烟气流速下,捕获更多微粒。湿式静电除尘器可明显提高除尘和除SO<sub>3</sub>效果。

低低温电除尘技术通过降低电除尘器入口烟气温度,一般降到酸露点温度下,从而降低烟尘比电阻,使除尘器性能提高,达到提高除尘效率效果。另外,温度降低到酸露点以下,烟气中的SO<sub>3</sub>以H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>的微液滴形式存在,能吸附于烟尘并与烟尘一起收集至集尘板,从而除掉大部分SO<sub>3</sub>,同时烟尘中碱性物质可中和硫酸液滴。

②除尘系统提效技术方案。根据机组目前实际情况,在脱硫系统拆除回转式GGH后,要实现烟尘超低排放,提高烟囱入口烟气温度至80℃以上,可采用除尘提效技术方案:管式GGH+低低温电除尘+一电场湿式电除尘器方案,即安装管式GGH,并对原干式静电除尘器进行改造,在吸收塔出口增加一电场的湿式静电除尘器。锅炉空预器出口的烟气经管式GGH烟气冷却器降温至90℃以下,然后进入低低温电除尘器,经除尘后通过引风机进入吸收塔,吸收塔出口烟气进入一电场湿式静电除尘器,除尘净化后进入管式GGH烟气加热器升温至80℃后通过烟囱排放。该方案在设计工况下,低低温电除尘、脱硫吸收塔和湿式电除尘器的除尘效率分别为99.88%、50%、80%,烟尘排放浓度4.4mg/m<sup>3</sup>。

因此,拆除回转式GGH后采用低低温电除尘器+一电场湿电的方式可实现烟尘超低排放目标,满足烟尘排放浓度5mg/m<sup>3</sup>要求。

总之,我国能源消费结构以煤炭为主,这是造成我国环境空气污染和各类人群呼吸系统疾病频发的重要根源,无论是能源政策还是经济社会发展要求,其共同目的都是通过控制煤炭消费强度来减少大气污染物排放,改善区域环境质量。而超低排放能进一步减少烟气污染物排放总量,这是当前复杂形势下解决能源、环境、经济需求的最佳手段。

### 参考文献

[1] 郦建国. 低低温电除尘技术的研究及应用[J]. 中国环保产业, 2014(03).

[2] 卢泓樾. 燃煤机组烟气污染物超低排放研究[J]. 电力科技与环保, 2014(05).