

关于X发电厂循环流化床锅炉机组 超低排放改造项目的研究

云红红 解寅珑 张 轩

神木职业技术学院 陕西榆林 719300

摘要: 随着国家“节能减排”政策号召,已有火力发电厂,都需要需对脱硫、脱硝、除尘装置进行改造,使锅炉满足超低排放“103550”的要求。

本项目从多角度对适合的脱硫、除尘技术路线进行了分析、比较,为X发电厂确定超低排放的技术路线,制定改造方案,并对环境效益和社会效益进行分析。

关键词: 超低排放; 脱硫; 除尘; 循环流化床锅炉

一、研究背景

某发电厂(以下称X发电厂)目前排放指标执行GB13223-2011排放标准,粉尘、SO₂、NO_x排放限值分别为30mg/Nm³、200mg/Nm³和50mg/Nm³,电厂实际粉尘排放浓度基本在27mg/Nm³左右,不超过30mg/Nm³,其中二氧化硫的排放在之前的运行浓度小于180mg/Nm³,也未满足标准规定的小于200mg/Nm³,其中NO_x排放浓度低于53mg/Nm³,综合分析可以得知目前粉尘和二氧化硫排放值均符合GB13223-2011排放标准,但达不到超低排放(“103550”排放)的要求。

在国家节能减排降耗的政策背景下,X发电厂必须进行超低排放改造,以保证该机组锅炉烟尘排放值不超过10mg/Nm³,二氧化硫的排放值低于35mg/Nm³。由于氮氧化物的排放值不超过50mg/Nm³的要求,因此氮氧化物并不作为此次超低排放改造的工作。

二、研究内容及目的

2.1 研究内容

本项目依据国家有关部门相关政策法规,基于X发电厂的生产条件以及该发电厂循环流化床锅炉目前燃料的SO₂、NO_x和粉尘排放现状,结合最新环保标准要求,

从多角度对适合的脱硫、除尘技术路线进行了分析、比较和论证,为X发电厂确定超低排放的技术路线,制定改造方案,最后对环境效益和社会效益进行分析。

本次超低排放改造项目研究主要内容包括以下几个方面:

- (1) 研究脱硫除尘改造工程的建设背景及条件;
- (2) 确定脱硫除尘工艺路线;
- (3) 确定脱硫除尘改造方案;
- (4) 分析除硫除尘调试情况;
- (5) 结论及建议。

2.2 研究目的

本项目研究的主要目的是:

- (1) 在X发电厂技改计划时期,为X发电厂量身定做一套经济、高效、适用的烟气超低排放工艺选择方案,提高项目改造的投资效益,尽可能避免项目决策出现重大的失误;
- (2) 在X发电厂技改投标和设计阶段,为项目建设方案的编制提供依据;
- (3) 在X发电厂技改调试阶段,提供调试方案和问题处理方法;
- (4) 为X发电厂技改验收阶段,提供评价参考。

三、CFB锅炉二级脱硫协同除尘工艺选择

现在的火力发电厂不仅是光明的使者,更是节能减排的践行者,因此烟气再排入大气之前,需要进一步回收烟气的热量的,通过空气预热器利用高温烟气加热冷空气,降低了排烟热损失,提高了机组的热效率。与此同时,烟气流经除尘器、脱硫及脱硝装置,用以降低烟气中粉尘、二氧化硫和氮氧化物等污染物的排放。《中华人民共和国大气污染防治法》第四十一条明确规定,除

基金资助: 陕西省教育厅2021年度专项科研计划项目,(21JK0623),项目名称:330MW循环流化床锅炉机组超低排放改造项目的研究

课题负责人:云红红

主要参与人:解寅珑,张轩,姜艳则,李红梅,刘杰,冯明,任杰

作者简介: 云红红,女,1987-06,汉,陕西神木人,硕士,讲师,从事热能动力工程技术专业教学。

尘器、脱硫及脱硝装置为火力发电厂锅炉三大烟气净化设备。2019年我国已有90%的火力发电厂进入超低排放阶段，即粉尘、二氧化硫和氮氧化物排放浓度分别为： $5\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $35\text{mg}/\text{m}^3$ 和 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 。据国家能源局对全世界主要国家火电厂污染物排放标准公布数据显示，我国比日本、美国、欧盟更严苛。在巴黎气候协定中我们庄严承诺，作为一个负责任的大国，我们要有大国的担当，到2030年实现碳达峰，2060年实现碳中和，助力全球“减排降碳”。这对我们火力发电行业来说是个巨大的挑战，所以需要我们要火电人孜孜不倦之追求，让我们山更绿、天空更蓝！

国内外目前有上百余种成熟的脱硫工艺，但煤粉炉的烟气脱硫以石灰石—石膏烟气脱硫湿法工艺在大中型

火电厂机组应用最为广泛，当然也有极少数的火力发电厂采用仍然采用海水脱硫技术。循环流化床的脱硫主要采用的是炉内喷钙与半干法脱硫工艺相结合。

从世界范围的现有技术分析，有以下两种脱硫+除尘工艺路线符合本机组的现有条件和超低排放要求：

湿法工艺路线	循环流化床锅炉炉内喷钙→高效除尘器→湿法脱硫（以下简称WFGD）→高效除雾器（或者湿式电除尘器）→气-气换热器（即GGH）
半干法工艺路线	炉内喷钙——烟气循环流化床及多组分污染物协同净化工艺技术。

针对本工程的特点，从技术、经济等方面对两种工艺路线对比结果如下：

工艺路线技术分析比较表

工艺路线	湿法脱硫工艺路线	半干法脱硫工艺路线
工艺配置	锅炉燃烧后的烟气→气-气换热器（即GGH）→一级高效除尘器→二级布袋除尘器（现有）升级提效→WFGD→高效除雾器→GGH。	循环流化床锅炉炉内喷钙一级脱硫→干式超净工艺装置（此装置是除尘脱硫一体化设备）。
技术成熟程度	成熟	成熟
技术指标	1. 二氧化硫的控制：该工艺采用湿法脱硫，脱硫效率大于99%，出口排放可实现 $35\text{mg}/\text{Nm}^3$ 以下； 2. 粉尘的控制：一级高效除尘可保障WFGD入口烟气粉尘浓度符合要求，石灰石湿法烟气脱硫的核心设备脱硫塔出口烟气中的三氧化硫气溶胶雾滴以及细微颗粒物只有利用布置在脱硫塔之后的高效除雾器达到控制目的，因此此种方法对高效除雾器的性能要求很高，还需要通过投运一段时间考证其运行的可靠性和稳定性。	1. 二氧化硫的控制：半湿法的脱硫效率也可以实现大于97%，也即二氧化硫排放值低于超低排放标准 $35\text{mg}/\text{Nm}^3$ ； 2. 烟气中粉尘的控制：CFB吸收塔的环境为喷水、凝聚，因此细微颗粒粉尘将在吸收塔内进行聚集，进而增大成较大、较重的颗粒，然后进入原有的布袋除尘器，通过吸收塔和布袋除尘器对烟气进行过滤控制，进而将粉尘的排放值控制在 $10\text{mg}/\text{Nm}^3$ 以下。
运行风险	1. 石灰石—石膏湿法脱硫工艺存在吸收塔浆液中毒、吸收塔大面积防腐材料脱落、湿烟囱腐蚀严重、重要设备腐蚀严重等严重影响脱硫运行的高风险因素。 2. 烟道腐蚀、吸收塔腐蚀磨损、管道腐蚀磨损、小型泵腐蚀磨损、PH计密度计测量不准等一般影响脱硫装置运行的风险因素。 总体风险较高。	1. 循环流化床半干法工艺存在塌床严重影响脱硫运行的高风险因素，可通过调整循环风量降低风险。 2. 管道磨损、设备故障等一般影响脱硫装置运行的风险因素。 总体风险较低。
防腐要求	WFGD工艺脱硫在湿态环境下运行，因此对系统的防腐设计要求较高，倘若没有烟气再热，烟囱以及烟气流经的出口烟道都要有防腐措施。	半干法脱硫系统为干态，而且烟气温度比露点温度还要高，不仅烟道中不设立再热器，而且整套系统设备不在需要防腐措施，甚至烟气流经的烟道的腐蚀问题也得到了解决。
废水	湿法烟气脱硫系统，必然会产生大量的废水，大量的氯离子存在于废水中同时废水中还有重金属等污染物，处理这些污染物难度很大，因此会增加脱硫成本。	半干法脱硫系统没有废水。
适应性（如烟温频繁波动、煤含硫量的变化等）	适应性一般： 1. 对于二氧化硫浓度变化时：主要通过改变吸收塔内喷淋层的投入数量，进而使得液气比改变，再通过调节吸收液的pH值，以保证脱硫效率，这种调节方式惯性大； 2. 对于烟气温度波动：通过投停预留的喷淋层，适应 $95\sim 160\text{℃}$ 的烟气温度变化。	适应性好： 1. 对于二氧化硫浓度变化时：只要增加减硫剂的量就能保证脱硫效率。 2. 对于烟气温度波动的措施是：调节进入吸收塔的水量即可实现实时适应。 3. 对于烟气量的变化，调节措施是出口清洁烟气再循环。

工艺路线	湿法脱硫工艺路线	半干法脱硫工艺路线
占地面积	WFGD脱硫工艺复杂、系统庞大，占地面积大	设备少，占地面积小
项目	WFGD工艺路线	CFB炉内喷钙+半干法脱硫
水耗	湿法脱硫工艺，加上湿式电除尘器耗水，系统总水耗大。	采用半干法脱硫工艺，运行温度较湿法高20℃以上，节水明显。
烟囱白烟羽	产生，需要配套建设烟气“脱白”装置。	不产生
综合性能	湿法脱硫需对现有烟囱进行防腐改造，改造难度大，投资高；且该脱硫方法产生一定量的脱硫废水。	在原有基础上改动小，项目简单，对已有设备利用率高，无废水产生，现场方便布置，同时还可以满足超低排放的脱硫和除尘要求。

综上所述，无论是工艺配置、占地面积、项目投资、运行维护费用还是“三废”等角度综合分析表明，本机组超低排放改造项目该选择“炉内喷钙+半干法脱硫除尘一体化工艺技术”工艺路线。

四、CFB—FGD脱硫除尘工艺的确定

烟气首先通过向CFB锅炉炉内喷钙实现预脱硫，接下来烟气进入半干法脱硫吸收塔，在反应塔内脱硫剂处于流化状态，烟气与脱硫剂充分接触，并在通过喷水降温作用，其中二氧化硫、三氧化硫等酸性污染物质与吸收剂反应实现S的有效脱除。与此同时，流化床塔内处于湍动状态，烟气中超细粉尘颗粒与汞等重金属物质在凝并作用下，汇集凝聚，变成较大、较重的颗粒，最后在布袋除尘器后，通过两级滤袋（织密滤袋和表面滤饼层）过滤控制烟气排放粉尘浓度。接下来含少量粉尘的烟气从半干法吸收塔顶部侧向排出，然后转向进入脱硫后除尘器进行气固分离。

CFB—半干法脱硫工艺实现高效脱硫和高效除尘一体化，符合“减排”、“双碳”目标。

五、超低排放改造项目环境、社会效益

经过对本机组超低排放改造，在大大降低了二氧化硫和粉尘等污染物的排放的同时，并未造成“废水”等污染物的增加，即工业“三废”都得到了更好的控制，利于改善当地的生态环境；利于提高X发电厂综合发电、供电能力；利于提高该发电厂综合经济效益；利于该电厂更好的响应国家“节能减排降耗”政策；并且会为当地发展带来较大的社会效益、经济效益和环保效益。

表4-1 X电厂技改前后污染物排放对比表（两台炉）

序号	污染物	技改前平均排放值mg/Nm ³	技改后平均排放值mg/Nm ³	年减排量t/a
1	烟尘	24	10	79.55
2	二氧化硫	185	35	852.29

烟气量按照1136382Nm³/h，年运行小时数为5000h。

可见，本工程超低排放改造实施后，不仅会带来明显的环境效益，同时也会产生良好的经济效益和社会效益。

参考文献：

- [1]环境保护部.GB13223-2011.火力发电厂大气污染物排放标准[S].北京：中国环境科学出版社，2012
- [2]环境保护部.关于执行大气污染物特别排放限值的公告[EB/OL].[2013-02-27].http://www.mep.gov.cn/gkml/hbb/hgg/201303/t20130305_248787.htm
- [3]环境保护部、国家发改委、国家能源局.煤电节能减排升级与改造行动计划（2014—2020年）[EB/OL].[2014-09-12]<http://www.mep.gov.cn/gkml/hbb/gwy/201409/W020140925407622627853.pdf>
- [4]环境保护部、国家发改委、国家能源局.全面实施燃煤电厂超低排放和节能改造工作方案[EB/OL].[2015-12-11]<http://www.mep.gov.cn/gkml/hbb/bwj/201512/W020151215366215476108.pdf>
- [5]陈雄伟.3×220t/h循环流化床锅炉烟气超低排放改造技术和经济路线对比[J].科学与信息化，2019
- [6]薛建明等.湿法烟气脱硫设计及设备选型手册[M].北京：中国电力出版社，2011
- [7]国家发展和改革委员会.DL/T 5375-2008.火力发电厂可行性研究报告内容深度规定[S].北京：中国电力出版社，2008
- [8]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，2014，5，8-11
- [9]薛建明，刘涛.新标准下燃煤电厂环保设施改造技术方案分析[J].中国环保产业，2014，10，37-42