生物质锅炉烟气脱硫技术经济分析

高瑞华

(江苏中顺节能科技有限公司，南京211110)

摘要：分析了生物质锅炉烟气的特点，提出两种适用的脱硫技术方案，并对两种技术方案进行经济比较，结果表明：生物质锅炉烟气脱硫采用炉内干法脱硫方案具有投资省、运行期内的总费用低的优势。

随着国家对大气污染物排放要求的提高[1-2]，生物质锅炉的排烟已经不适应新的环保要求，需对烟气进行处理。经对生物质锅炉烟气调研[3]，生物质锅炉烟气有如下特点：(1)炉膛温度差别大，生物质锅炉主要有炉排炉和循环流化床炉，每种炉型又分为中温中压炉、次高温次高压炉、高温高压炉，炉膛温度分别为700℃～760℃、880℃～950℃、850℃～1100℃；(2)烟气含湿量高，生物质中氢元素含量较高，烟气中含水量也高，可达到15%～30%左右；而燃煤锅炉烟气含水量不会超过10%；(3)烟尘碱金属含量高，可达8%以上；(4)二氧化硫、氮氧化物浓度低、波动大，燃烧纯生物质时二氧化硫、氮氧化物平均浓度在100～250mg/Nm^3之间波动，如燃料中掺杂模板、木材、树皮，烟气中二氧化硫、氮氧化物平均浓度在250～600mg/Nm^3之间波动，瞬时可达1000mg/Nm^3以上[4]。

1脱硫技术方案[5-6]

生物质锅炉烟气属于低SO_2浓度烟气，常用的炉内喷钙、炉外循环流化床喷钙(CFB半干法脱硫)、炉外湿法等脱硫技术，各种方案都能实现排放指标要求，但运行周期内总的投资成本控制是关键。对炉内喷钙技术，设备投资较低，且根据我们在淮阴生物质电厂炉内喷钙脱硫试验数据，在高钙硫条件下，尾气二氧化硫排放指标可以满足环保要求，可以作为适合低SO_2浓度烟气的处理方案。对CFB半干法脱硫，设备投资较高，且已经有很多成功的业绩，在较高的钙硫条件下，尾气二氧化硫排放指标可以满足环保要求，也可以作为适合低SO_2浓度烟气的处理方案。湿法脱硫中的钙法、氨法、双碱法、镁法等技术处理低SO_2浓度烟气没问题，且氨法、双碱法、镁法处理运行成本都比较低，其中氨法直接产生硫铵化肥。但湿法脱硫的投资更高，且需对烟囱进行重防腐处理，因此并不适合生物质锅炉低SO_2浓度烟气的处理。

2两种适用技术方案的经济比较

2.1两种技术方案的主要工艺设备

根据以上技术分析，现对江苏国信如东生物质发电有限公司锅炉烟气进行炉内喷钙脱硫(方案1)和炉外CFB半干法脱硫(方案2)技术方案进行经济比较。烟气条件如下表1。

表 1　烟气条件参数表

指标名称	单位	数值	备注
设计烟气量（湿基）	m^3/h	300000	183000Nm^3/h
炉膛出口烟气温度	℃	700－750	
脱硫前 SO_2 浓度	mg/Nm^3	400	干基，6% O_2，平均浓度 250mg/Nm^3
脱硫后 SO_2 浓度	mg/Nm^3	≤50	干基，6% O_2

根据烟气条件，两种技术方案对应的主要工艺设备配置见表2。

表 2　两种脱硫技术方案主要工艺设备表

设备名称	方案 1			方案 2		
	规格	单位	数量	规格	单位	数量
石灰料仓	150m^2	座	1	150m^2	座	1
仓顶除尘器	DMC24	台	1	DMC24	台	1
罗茨风机	15m/min，58.8KPa，15kW	台	2	15m/min，58.8KPa，15kW	台	2
电加热器	6kW	套	1	6kW	套	1
旋转给料机	1.1kW	台	1	1.1kW	台	1
脱硫塔	/			Φ4.1m，H＝27m	座	1
烟道	/				套	1
布袋除尘器	/			S＝6000m^2	套	1
引风机改造	/			增加 220kW	台	2
星型排灰机	/			1.1kW	台	3
返料斜槽	/			L＝10m	台	2
电加热器	/			60kW	台	2
离心风机	/			1800m^3/h，11kW	台	2
电加热器	/			6kW	套	2
工艺水泵	/			5m^3/h，140m	台	2
工艺水箱	/			10m^3	台	1
雾化喷嘴	/			5t/h	个	2
压缩空气储罐	/			2.0m^3	台	1
罗茨风机	/			7.5m/min，58.8kPa，11kW	台	1
电加热器	/			20kW	台	1

由表2看出，方案2的主要工艺设备比方案1要多。

2.2两种技术方案的投资比较

根据设备配置，两种脱硫方案投资成本估算方案1为300万元，方案2为1000万元。

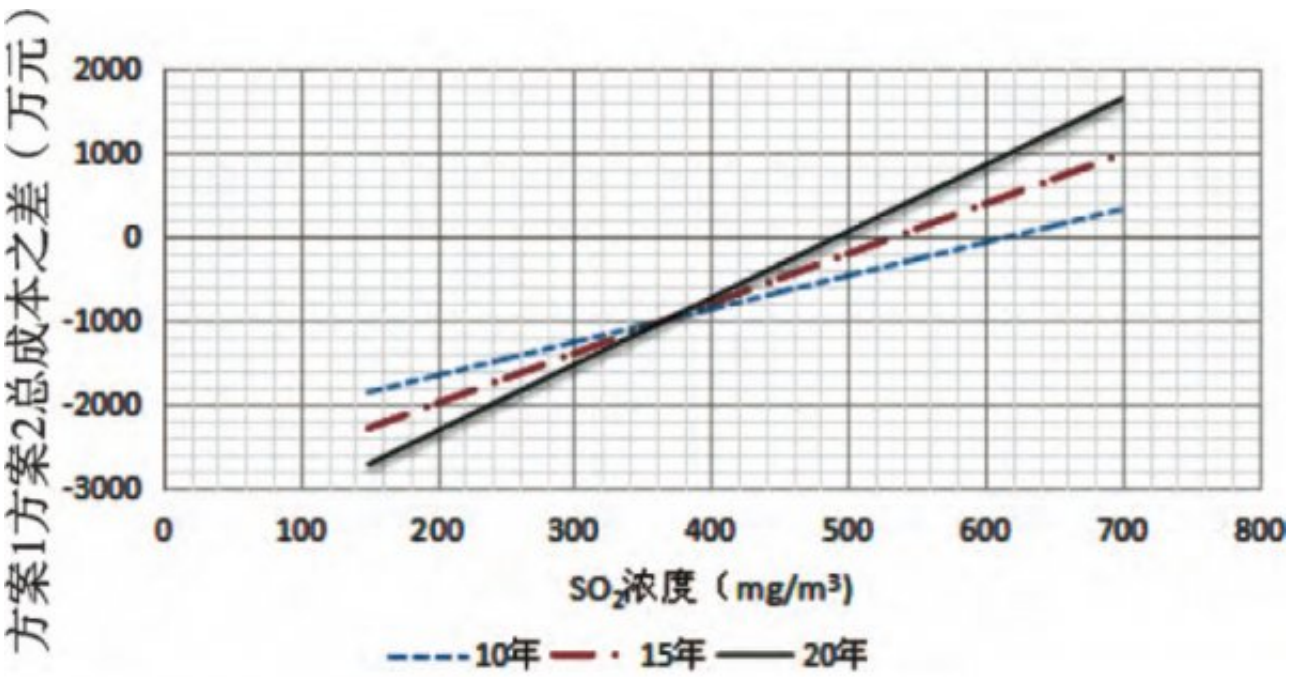
方案1的投资成本较低，是方案2投资的的30%，因此炉内喷钙脱硫有十分明显的初次投资优势。

2.3不同运行年限总费用比较

现分别按装置运行10、15、20年的运行寿命，在不同SO_2

浓度下总投资之差的经济比较。方案1，根据某生物质发电有限公司#1炉环保改造试验报告，在钙硫比按6：1设计时，能满足尾气排放要求。且脱硫改造时不影响机组发电量。方案2，在钙硫比按2：1设计，效率90%时，满足尾气排放要求，CFB半干法脱硫改造内容多，占地大，按影响企业发电量2个月时间考虑(配套12MW机组)。企业人员工资按6000元/月、总员工人数按100人考虑。脱硫剂用含量85%的氢氧化钙粉，按700元/吨计算。

三种设计运行寿命下两种方案总投资费用之差与二氧化硫浓度关系见下图1。



1　三种设计运行寿命内两种方案总投资费用之差比较图

由图1看出，10年运行寿命下，在二氧化硫浓度610mg/N
m^3
以下时，
方案1的10年运行
总费用比方案2低，采用方案1脱硫
有总费用低的优势；在二氧化硫浓度610mg/Nm^3以上时，采用方案2脱硫有总费用低的优势。

15年运行寿命下，二氧化硫浓度540mg/Nm^3
以下时，
方案1的15年运行
总费用比方案2低，采用方案1脱硫
有总费用低的优势；在二氧化硫浓度540mg/Nm^3以上时，采用方案2脱硫有总费用低的优势。

20年运行寿命下，二氧化硫浓度490mg/Nm^3以下时，方案1的20年运行总费用比方案2低，采

用方案1脱硫有总费用低的优势；在二氧化硫浓度490mg/Nm^3以上时，采用方案2脱硫有总费用低的优势。

2.4不同运行寿命两种方案总费用齐平点分析

不同设计寿命与两种方案总费用相等时二氧化硫浓度关系见图2。

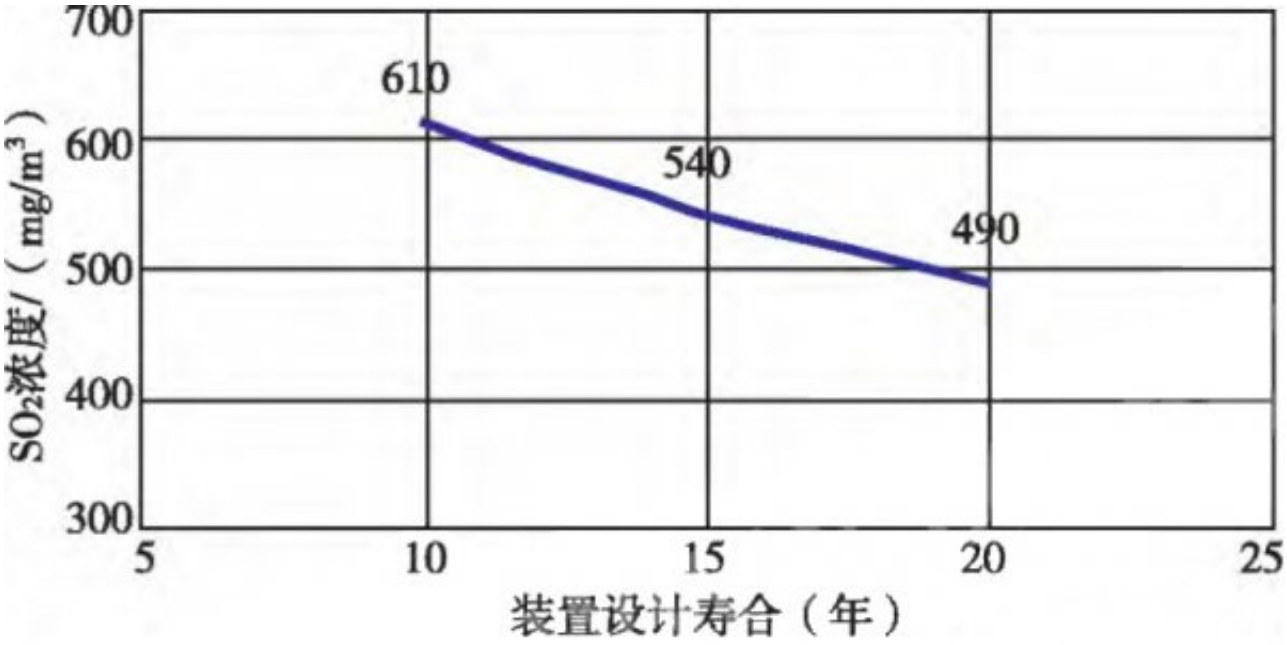


图 2　不同运行寿命两种方案总费用齐平点 SO_2 浓度图

由图2看出，随着装置设计运行寿命期的延长，两种方案总费用齐平点SO_2浓度下降，即：装置设计运行寿命期越长，越适用方案2；二氧化硫浓度越高越适用方案2，这也是为什么燃煤机组选择方案2的原因。

本项目的SO_2平均值为250mg/Nm^3，最大值为400mg/Nm^3，都小于490mg/Nm^3，因此炉内喷钙脱硫(方案1)更适合本项目。

3结论

(1)生物质锅炉烟气特点为：烟气含湿量高、烟尘中碱金属含量高、二氧化硫、氮氧化物浓度低、波动大，对脱硫技术方案的选择有较大影响。

(2)更适合处理生物质锅炉低浓度SO_2烟气的技术有：炉内喷钙和炉外循环流化床喷钙(CFB半干法脱硫)方案。

(3)通过两种方案的经济比较，炉内喷钙比炉外循环流化床喷钙更适合生物质锅炉烟气脱硫。

参 考 文 献

[1] 国家发展改革委，环境保护部，国家能源局. 煤电节能减排升级与改造行动计划（2014－2020 年）（发改能源（[2014] 2093 号）[EB/OL]. （2014－09－12）[2017－05－12] http://bgt.ndrc.gov.cn/zcfb/201409/t20140919_626242.html

[2] 环境保护部，国家质量监督检验检疫总局. GB 13223－2011 火电厂大气污染物排放标准 [S]. 2011.

[3] 蒋正武. 生物质燃料的燃烧过程及其焚烧灰特性研究 [J]. 材料导报，2010，24（2）：66－68.

[4] 高劲豪，高原. 生物质锅炉烟气半干法脱硫脱硝的技术与经济分析 [J]. 环保科技，2017，23（01）：8－11.

[5] 杨松. 生物质颗粒工业锅炉低氮燃烧技术改造及 NOx 排放监测 [J]. 化学工程与装备，2015（07）：258－260.

[6] 蒋文举，赵君科，尹华强，等. 烟气脱硫脱硝技术手册 [M]. 北京：化学工业出版社，2006.

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/142046.html