

生物质锅炉尾气超低排放技术

喻兵

(光大城乡再生能源(钟祥)有限公司,荆门448000)

摘要：随着社会经济的发展，人们的观念等都发生了巨大的变化，保护环境、节约资源已经成为当前人们的共识。这种意识已经充分渗透于我国社会生活的方方面面。为了进一步减少锅炉使用过程中产生的污染，生物质锅炉得以出现。本文介绍了生物质锅炉的含义及其生产排污情况，分析了生物质锅炉尾气超低排放技术的必要性，对生物质锅炉脱硝技术、脱硫技术及降尘措施进行了深入探讨。

0引言

我国已于2006年1月开始实施《中华人民共和国可再生能源法》，为生物质能等可再生能源的广泛应用提供制度和法律保证。在不少省区，生物质正在成为煤炭的有效补充和替代燃料，因为燃煤锅炉对环境的污染极大，因此生物质锅炉的应用愈加广泛，然而生物质锅炉也会有一部分废气产生，而产生的粉尘以及废气需要经过处理才可达废气排放标准。并且而随着燃煤锅炉“超低排放”的不断推进，自身排放标准缺失的生物质往往需要面临同样的“超低”考验，生物质锅炉尾气超低排放技术研究刻不容缓，本文主要从生物质锅炉脱硝技术、脱硫技术及降尘措施三个方面展开研究。

1生物质锅炉

生物质锅炉是锅炉的一个种类，就是以生物质能源做为燃料的锅炉叫生物质锅炉，分为生物质蒸汽锅炉、生物质热水锅炉、生物质热风炉、生物质导热油炉、立式生物质锅炉、卧式生物质锅炉等。从简单意义上来说，生物质锅炉具有普通锅炉的功能，其实它是以生物质能源为燃料而进行工作的锅炉。

1.1常见生物质燃料的工业分析成分

生物质气化是利用空气中的氧气或含氧物做气化剂，在高温条件下将生物质燃料中的可燃部分转化为可燃气体（主要是氢气、一氧化碳和甲烷）的热化学反应。20世纪70年代，Ghaly首次提出了将气化技术应用于生物质这种含能密度低的燃料。生物质的挥发份含量一般在76~86%，生物质受热后在相对较低的温度下就能使大量的挥发份物质析出。几种常见生物质燃料的工业分析成分见表1。



图 1 生物质锅炉

表 1 几种生物质的工业分析成分

种类	工业分析成分				
	水分 (%)	挥发份 (%)	固定碳 (%)	灰分 (%)	低位热值 (MJ/kg)
豆秸	5.10	74.65	17.12	3.13	16.146
玉米芯	15.0	76.60	7.00	1.40	14.395
棉秸	6.78	68.54	20.71	3.97	15.991
稻草	4.97	65.11	16.06	13.86	13.970
玉米秸	4.87	71.45	17.45	5.93	15.450
麦秸	4.39	67.36	19.35	8.90	15.363
杂草	5.43	68.77	16.4	9.46	16.192

1.2 常见生物质锅炉选型

随着生物质锅炉在市场上的广受认可，其类型及相关型号也越来越丰富，包括快组装生物质锅炉、生物质循环流化床锅炉、生物质角管锅炉、生物质发电（电站）锅炉等，以快组装生物质锅炉、生物质发电（电站）锅炉为例，全面分析了其相关参数，具体情况如表2、表3所示。

表 2 快组装生物质锅炉

型号规格	额定蒸发量 (t/h)	额定蒸汽压力 (MPa)	额定蒸汽温度 (°C)	给水温度 (°C)	设计燃料
DZL4-1.25-T	4	1.25	194	20	成型生物质颗粒
DZL4-1.6-T	4	1.6	204	20	
DZL6-1.25-T	6	1.25	194	20	
DZL6-1.6-T	6	1.6	204	20	
SZL6-1.25-T	6	1.25	194	20	
SZL10-1.25-T	10	1.25	194	20	
SZL10-2.5-T	10	2.5	226	105	
SZL15-1.25-T	15	1.25	194	105	
SZL15-1.6-T	15	1.6	204	105	

表 3 生物质发电(电站)锅炉

型号规格	额定蒸发量 (t/h)	额定蒸汽压力 (MPa)	额定蒸汽温度 (°C)	给水温度 (°C)	设计燃料
KG65-450/5.29-FSWZ	65	5.29	450	152	秸秆、稻壳
NG-130/9.81/540-S	130	9.81	540	220	林废、秸秆
DPCT-130/9.2-T	130	9.2	540	220	林废、秸秆
YG-130/13.7-T	130	13.7	540	230	林废、秸秆
NG-130/13.7/540-S	130	13.7	540	245	林废、秸秆

2推广使用生物质锅炉尾气超低排放技术的必要性

2.1国家政策要求

生物质锅炉大气排放标准严格执行国家环保部门制定的《锅炉大气污染物排放标准》。我国现行生物质锅炉排放标准如

表4所示

。而生物质锅炉

尽管相比煤炭锅炉污染较小，但

在其燃烧过程中还会产生颗粒粉尘、二氧化硫 (SO₂)、氮氧化物 (NO_x)、酸性气体等，应采取有效措施将其排放量控制在最低。

表 4 我国现行生物质锅炉排放标准

地区	颗粒物 mg/m ³	二氧化硫 mg/m ³	氮氧化物 mg/m ³
国家	30-80	200-550	200-550
山东 (2020 年之前)	20	200	300
山东 (2020 年之后)	5-20	35-100	50-200
北京	5-10	10-20	30-150
上海	10-20	10-100	50-100
天津	20	30	150
吉林	30	30	250
河北 (征求意见稿)	10	35	80
广东 (征求意见稿)	20-30	30-50	150-200
陕西 (征求意见稿)	20	60	150

2.2 社会责任体现

生物质能源作为一种清洁的可再生能源，已经成为继石油、天然气、煤炭三大能源之后的第四大能源，越来越多的生物质锅炉取代了原有的燃煤锅炉。然而生物质锅炉燃烧产生的污染物严重影响了生态环境和人民的身心健康。生物质锅炉燃烧产生污染物主要包含：颗粒粉尘、二氧化硫（SO₂）、氮氧化物（NO_x）、酸性气体等。（图2）

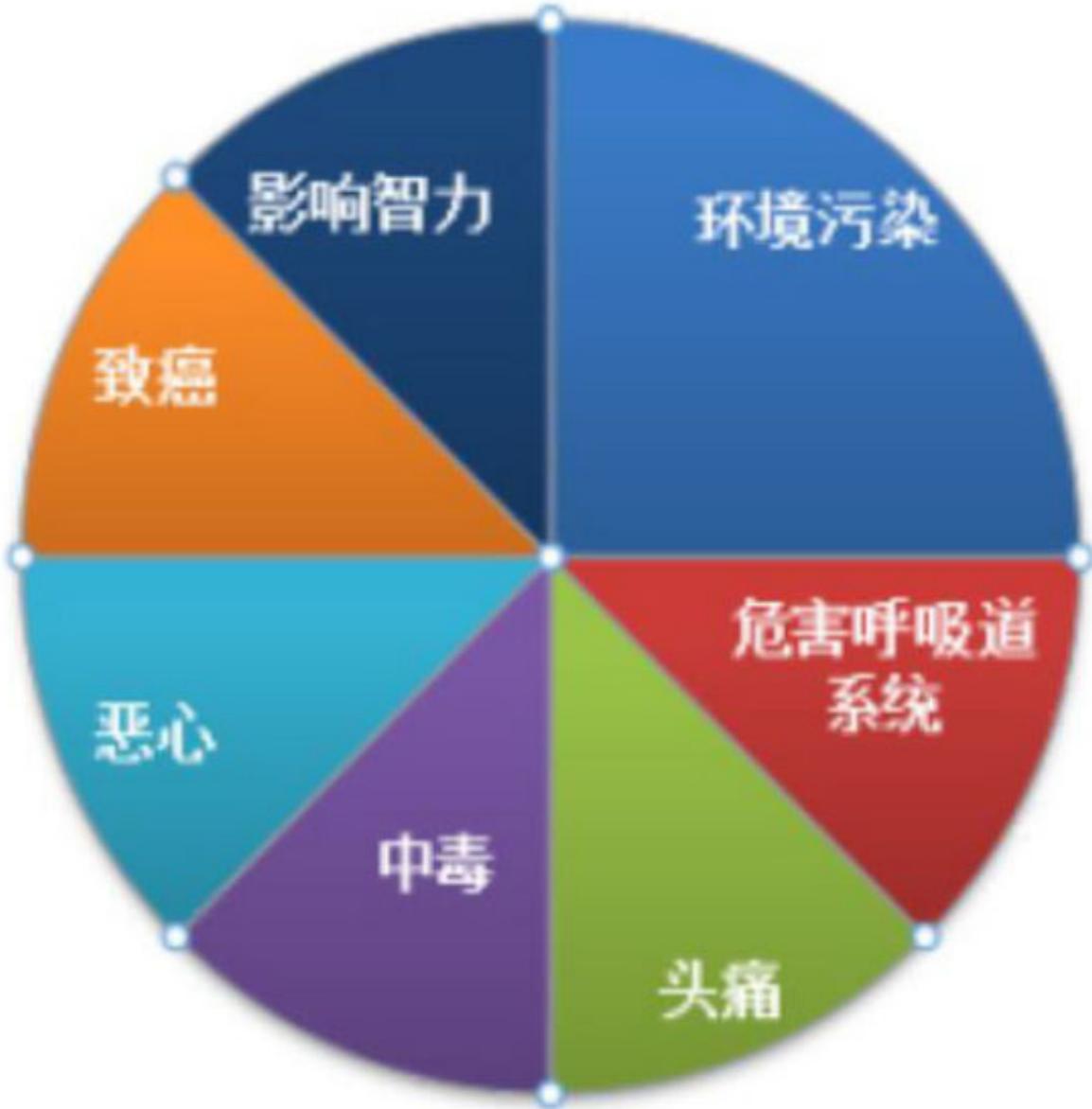


图 2

3 生物质锅炉尾气超低排放技术分析

在充分了解生物质燃料的成分以及相关的参数的基础上，制定详细的生物质锅炉尾气超低排放处理方案，如此才能达到生物质锅炉尾气处理达标排放的效果。我国的生物质锅炉集中在电力、供热、冶金、造纸、建材、化工等行业，主要分布在工业和人口集中的城镇及周边人口的密集地区，以满足居民供电、采暖、工业用热水和蒸汽的需求，因此生物质锅炉尾气超低排放技术分析十分必要，下文针对生物质锅炉脱硝技术、脱硫技术及降尘措施三个方面展开了深入分析。

3.1 脱硝技术

3.1.1 常规脱硝技术对比（表5）

表 5 常规脱硝技术对比

项目	SNCR 技术	SCR 技术	低温氧化技术
催化剂	无催化剂	V ₂ O ₅ 催化剂	无催化剂
脱硝原料	NH ₃ 或尿素	HN ₃ 或尿素	碱金属吸收剂
脱硝效率	≤50%	65%–90%	约 85%
反应温度	850–1200℃	310–420℃	20–150℃
对空气预热器影响	无影响	NH ₄ HSO ₄ 造成堵塞腐蚀	无影响
NH ₃ 逃逸	5–10ppm	3–5ppm	——
燃料要求	无影响	催化剂易磨损, 钝化	无影响
运行成本	低	中	高

3.1.2各脱硝技术具体分析

SNCR流程。

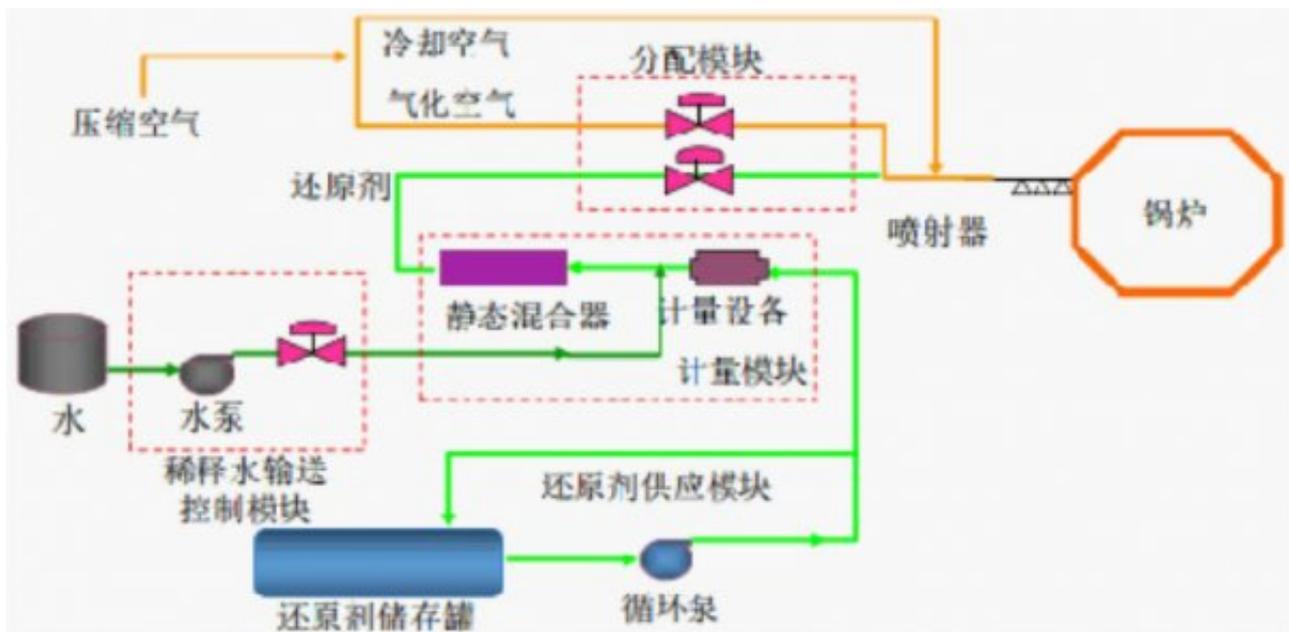


图 3

优势：投资费用低；

劣势：脱硝效率较低；对电站锅炉控制要求高；氨的逃逸率较大。

SCR脱硝原理。（图4）

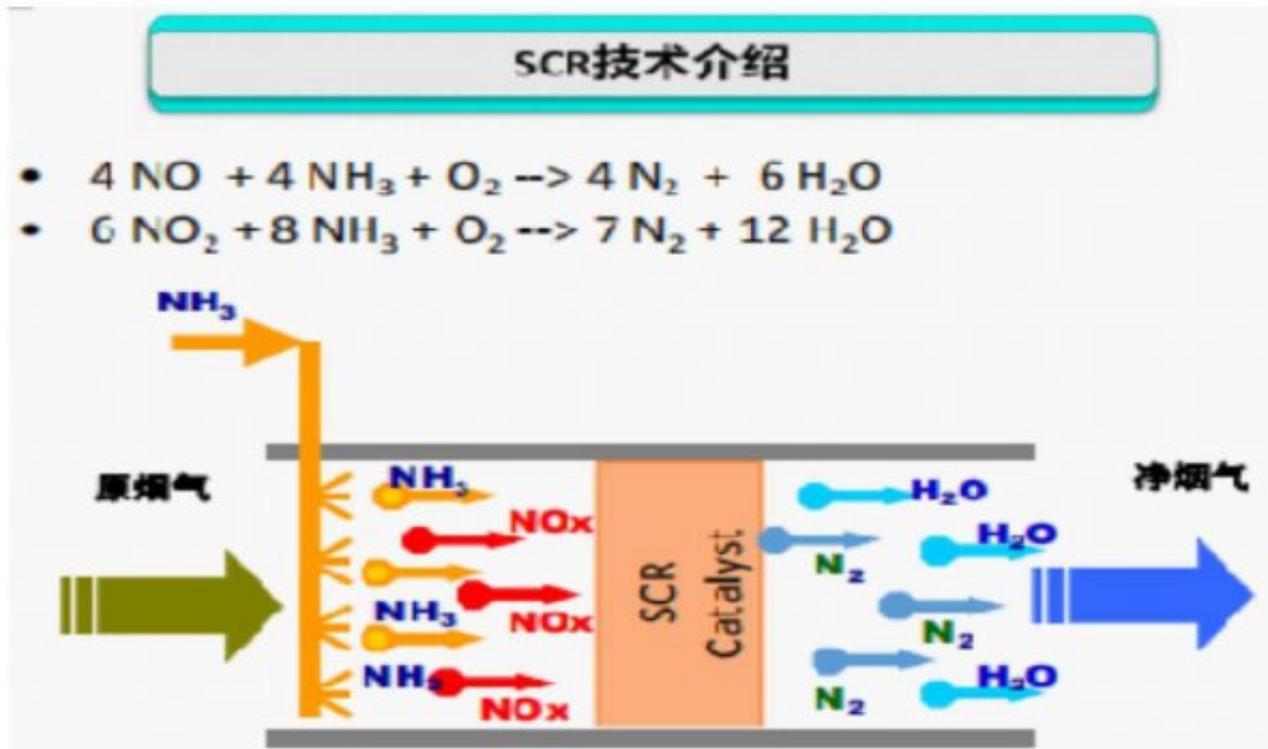


图 4

需要说明的是由于目前的催化剂以钒钛体系催化剂为主，而生物质锅炉高温烟气中含有大量的草木灰，其中富含碱性金属。碱性金属对对催化剂的毒腐作用明显，难以保证长期高效运行，因此，常规的SCR技术目前在生物质锅炉脱硝中无法应用。

低温氧化脱硝。

2、N₂O₃、N₂O₅等高价态氮氧化物；2) 在吸收塔内采用碱金属进行吸收，最终将NO_x转化为硝酸盐达到脱除的目的。

低温氧化脱硝的效率主要由两方面决定：一是氧化效率；二是吸收效率。目前，低温氧化吸收脱硝利用湿法脱硫塔作为NO_x的吸收塔已经有很多成熟的应用，效率较高，稳定可靠，但投资较大，系统较复杂，运行维护成本较大。

3.2脱硫技术

3.2.1干法脱硫技术

干法是指石灰粉经过石灰消化器（LDH）消化后进入反应器，与烟气中的SO₂发生化学反应，生成CaSO₃和CaSO₄，烟气中的SO₂被脱除。干法的操作温度控制在60 - 110 °C。（图5）

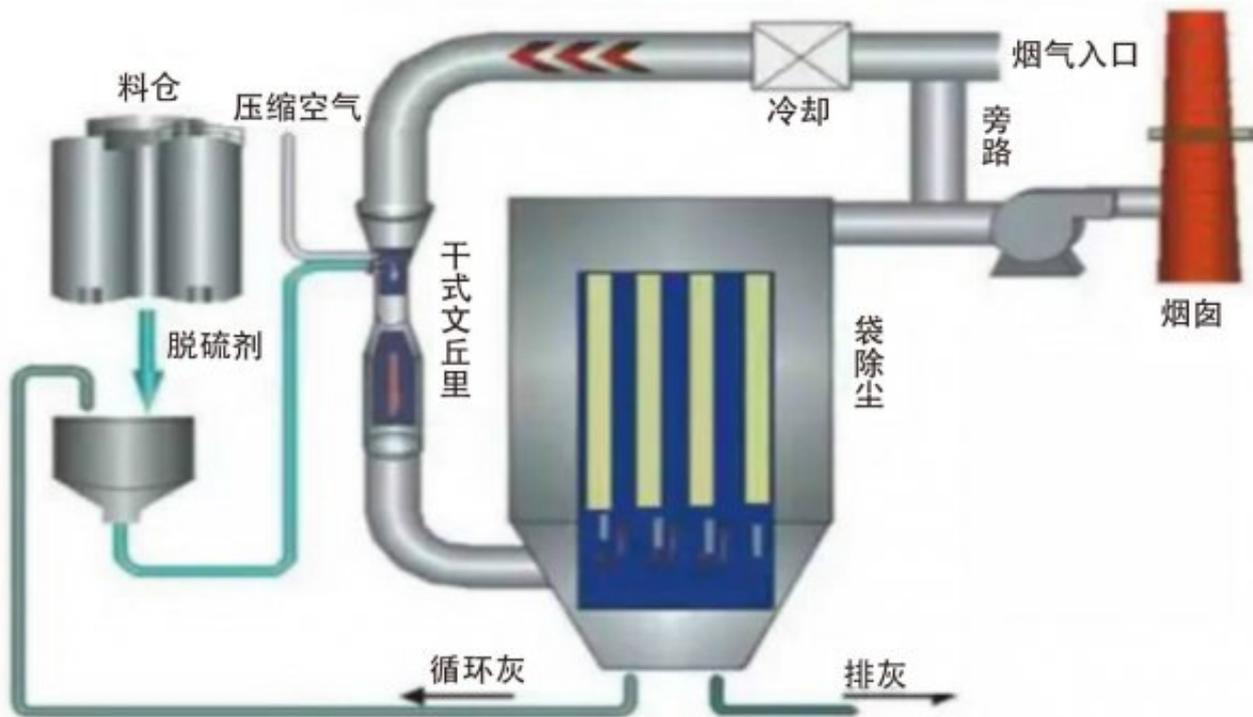


图 5

优势：设备简单，占地面积小，投资和运行费用较低，操作方便，能耗低，生成物便于处置等。劣势：脱硫效率低，吸收剂利用率低，磨损、结垢现象比较严重，设备维护难度较大，设备运行可靠性不高，寿命较短等。

3.2.2 半干法脱硫技术

半干法是指在有液相和气相介入脱硫方法，脱硫剂一般为石灰，脱硫产物为硫酸钙及亚硫酸钙。半干法的操作温度控制在60 - 80 。（图6）

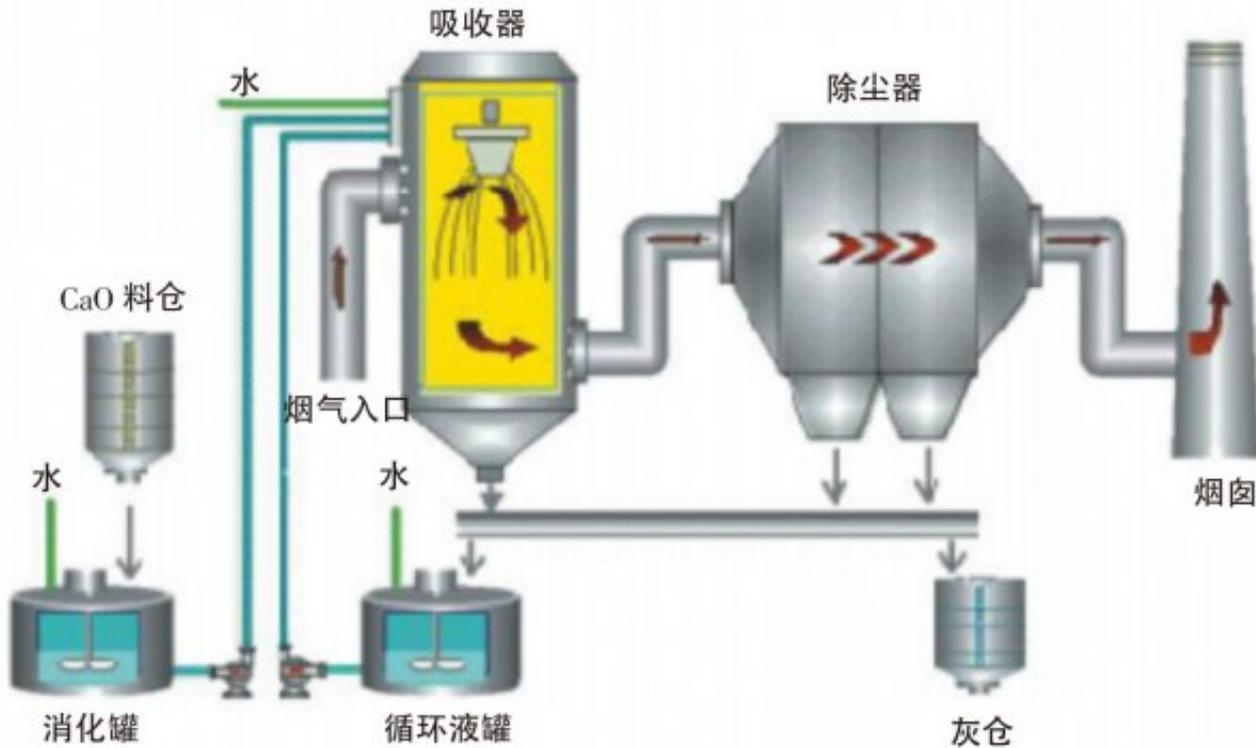


图 6

优势：系统简单，无废水产生；运行成本较低；劣势：脱硫效率较低，对于较高含硫量烟气难以保证超低排放；负荷适应性差，烟气量及SO₂浓度波动较大时脱硫效率波动很大，难以稳定达标排放；粉尘超低排放完全依赖布袋除尘器，除尘器对于粉尘超低排放的稳定性较差；配合低温氧化吸收的效率较低。

生物质燃料中硫含量比较低，因此生物质发电项目大多采用干法或半干法脱硫技术。

3.2.3湿法脱硫技术

湿法是利用石灰石、氧化钙、氧化镁、钠碱等为脱硫剂，应用吸收原理在气、液、固三相中进行脱硫的方法，脱硫产物和残液混合在一起，为稀糊状的流体。湿法脱硫的操作温度在44 - 55 。

优势：脱硫效率高，能够稳定达标排放；系统稳定，负荷适应性好。

劣势：产生废水，需要进一步处理；系统较干法复杂。

3.2.4气液耦合脱硫技术

在吸收塔烟气入口上部设置气液耦合器，可以在小液气比的工况下实现高效脱硫除尘。（图7）

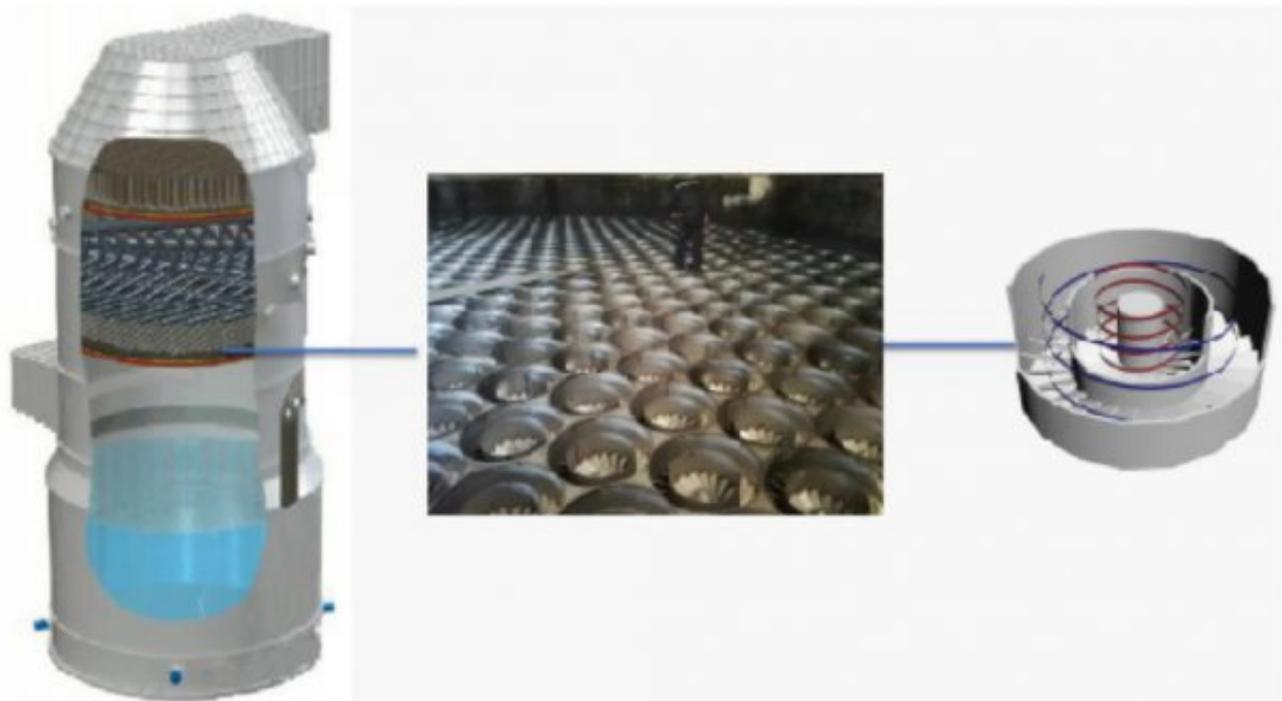


图 7

气液耦合脱硫技术——技术优势：一是均气效果好，避免烟气偏流及短路；二是提高传质能力，增加气液碰撞频率，提高气液传质效率，提高吸收效率；三是降温速度快。高温烟气经过双气旋气液耦合器时，烟气与浆液高强度混合碰撞使烟气迅速降温，为上层喷淋层浆液吸收二氧化硫提供最佳反应温度并扩大了有效的吸收空间；四是提高烟气停留时间。该技术使气液强制传导，使浆液与烟气接触时间增加50%，碰撞频率提高两倍，浆液液滴液与烟气碰撞动能提高近一倍。

气液耦合脱硫技术——技术效果：一是有效降低了改造成本和运行成本，在保证脱硫效率的前提下，加装双气旋脱硫增效气液耦合器可有效降低液气比，减少喷淋层加装量，可使改造投入降低，同时低运行成本。在同等条件下，气液耦合塔与空塔喷淋选取液气比低约20%~40%，脱硫综合厂用电率比空塔喷淋低20%；二是在吸收塔内加装双气旋脱硫增效气液耦合器提高高脱硫效率同时，其除尘效率明显提高，这是因为双气旋脱硫增效气液耦合器可使浆液液滴与烟气充分混合碰撞，同时还不会产生液滴二次破碎雾化产生的气液夹带造成浆液二次污染问题。目前为止，采用该技术运行的脱硫装置，可实现稳定脱硫效率99%以上，除尘效率超过80%；三是加装双气旋脱硫增效气液耦合器后，由于有效解决了烟气偏流和烟气降温使得整个吸收系统运行更加稳定可靠，其运行调整极为简单。同时，气液耦合塔检修维护方便，装置使用寿命长，系统检修维护量低，运行安全稳定。

3.3降尘措施

3.3.1布袋除尘技术

布袋除尘器结构由：布袋除尘器由壳体、净气室、阀箱、灰斗、过滤装置、喷吹和压缩空气管路系统、楼梯平台以及防雨棚等部分组成。

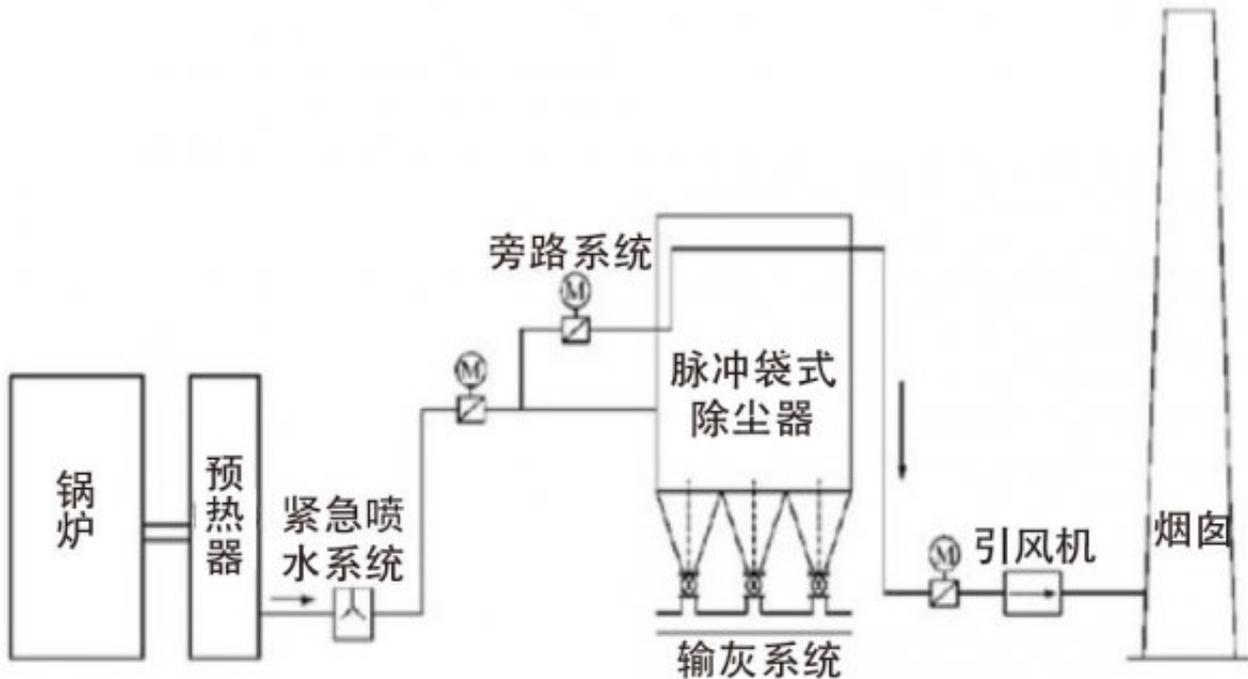


图 8

其工作原理是：当锅炉出口含尘烟气从进风口进入收尘器后，气流经进气阀进入收尘室，在隔栅板的作用下，由于惯性作用，气流中的粗颗粒粉尘直接落入灰斗，起到预收尘的作用。然后气流向上通过内部装有金属骨架的滤袋，粉尘被捕集在滤袋的外表面，净化后的气体进入袋室上部的净气室，经提升阀汇集到出风管排出。当滤袋外部的粉尘聚集到一定厚度，脉冲阀动作（由清灰程序控制仪控制），一股压缩空气流进入喷吹管，并由一组喷孔喷出，高速气流带动周围空气经喷孔分别喷入各个滤袋内，使捕集在滤袋外壁上的粉尘脱落，脱落的粉尘沉降到灰斗经下料器进入输送设备。

布袋除尘技术优点：除尘效率高、粉尘处理简单、运用灵敏、布局简单。

布袋除尘技术缺点：耐高温性能差，烟气含水适应性差，检修困难，滤袋（1-3年）需更换，运维成本较高。

3.3.2管束式除雾器技术

气旋除尘除雾器是由4级气旋串联组合而成。

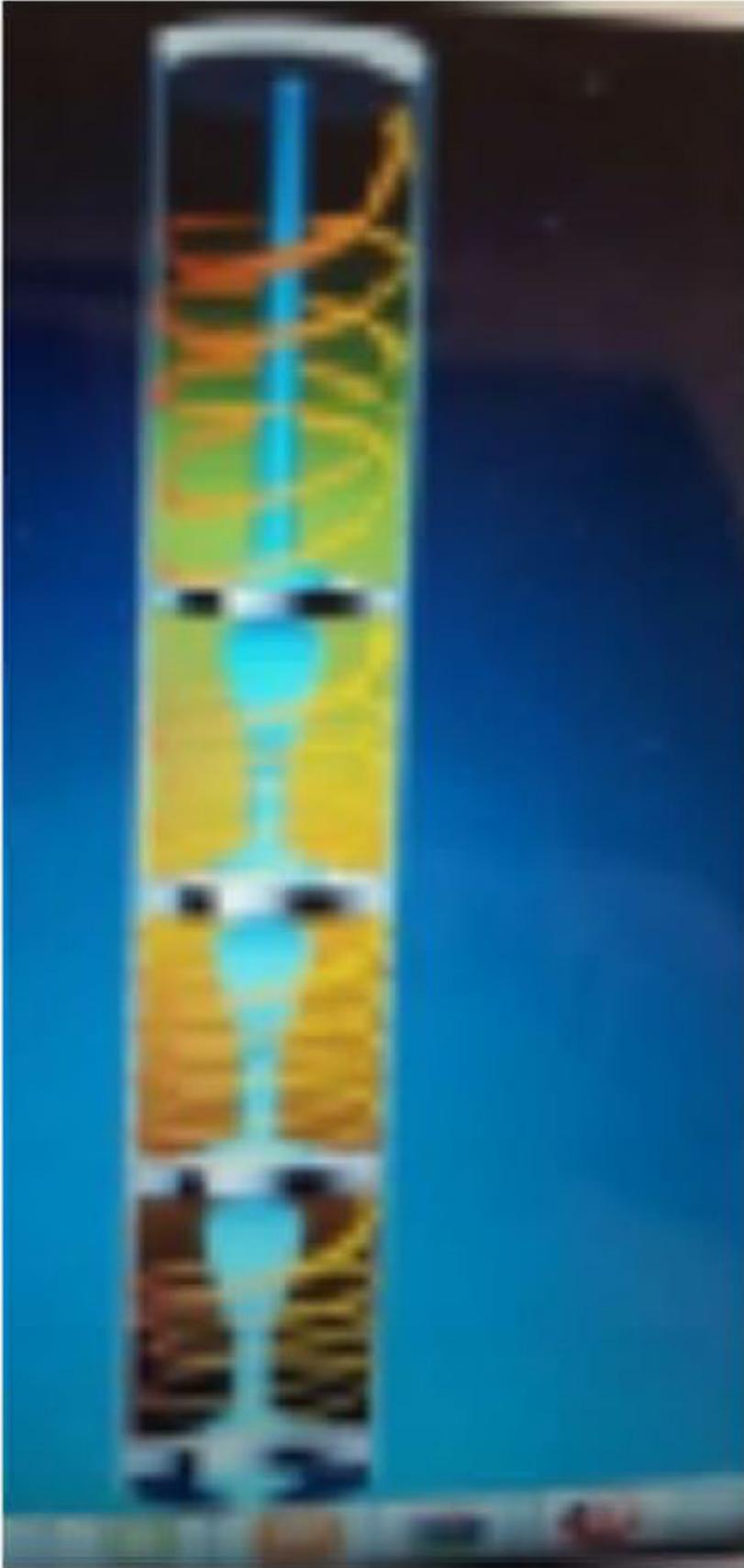


图 9

其工作原理是：经过湿法脱硫的净烟气其含有大量的雾滴，雾滴是由湿法喷淋过程产生，雾滴构成是浆液液滴、凝结水液滴和粉尘颗粒，当含有大量雾滴的净烟气进入气旋除尘除雾器后，气旋除尘除雾器筒内加设的气旋板使含雾滴的净烟气在气旋筒内旋转起来，在气旋器上方形成气液两相的剧烈旋转及扰动，从而使得净烟气中的细小雾滴、细微粉尘颗粒等微小颗粒物互相碰撞团聚凝聚成大雾滴，同时，旋转净烟气再在离心力的作用下，使得净烟气中的雾液滴向桶壁运动，最终与气旋筒壁碰撞，被气旋筒壁液膜捕获吸收，实现高效除雾除尘。

气旋除尘除雾器优点：系统阻力小，投资小，系统简洁、运维简单。

气旋除尘除雾器缺点：除尘效率较低，除雾器叶片积浆导致效率降低，用水量大，运行维护量大。

4结语

生物质锅炉的使用会给我国社会经济的发展带来较大的好处，相关人员应该从自己工作的实际情况出发，针对生物质锅炉脱硝技术、脱硫技术及降尘措施三个方面，加快技术研发和设备升级工作，制定合理的技术方案，保证生物质锅炉的排放满足国家环保政策要求。

参考文献：

[1]刘亚玲, 谢方, 彭宇辉.2016 年四川省锅炉设计文件鉴定与能效测试检验质量分析[J].西部特种设备, 2018 (02) .

[2]Deeds. Defect analysis of circulating fluidized bed boiler operation and correct installation [J]. North China electric power technology, 2001 (01).

[3]葛健, 李静婷, 刘辉, 刘沛奇, 吴少华.热态燃烧装置炉内温度和组分分布及 SNCR 脱硝实验研究[J].节能技术, 2012 (01) .

[4]Study,design and prototyping of an animaltraction cam based press for biomass densification. Angelo Mazzu. Mech -anism and Machine Theory . 2007

[5]陈正宇, 张雷, 陆辛, 徐德民.生物质成型燃料在我国的发展与应用[J].锻压技术, 2012 (05) .

[6]Xie mei. Biomass boiler manufacturing supervision, inspection and research [J]. technology to the wind.2018 (33).

[7]曾德政.某成型生物质锅炉技改前后大气污染物排放情况及污染防治措施探讨[J].环境科学导刊, 2017 (01) .

[8]Fuel lignocellulosic briquettes, die design and products study. E. Granada,,L.M. Lopez Gonzalez,,J.L. Miguez,,J. Moran. Renewable Energy. 2002.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/153667.html>