

## 47.循环流化床锅炉固废及生物质直燃耦合发电技术

技术依托单位：福建华电永安发电有限公司、中国华能集团清洁能源技术研究院有限公司、福建省环境保护设计院有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：循环流化床锅炉协同处置具有一定热值的一般固体废物（危险废物除外），如鞋服边角料、城市污泥、园林绿化垃圾、农林废弃物、河道漂浮物、生活垃圾衍生燃料、大件家具垃圾等。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

技术工艺路线一：利用技术依托单位的专利技术将固体废物经破碎等预处理后用输送带和压力风相结合的输送方式将固体废物送入锅炉燃烧。

技术工艺路线二：固体废物经破碎、挤压成型等预处理后制成成型燃料，再通过输煤系统送入锅炉燃烧。

工艺过程：经前端预处理破碎后的一般固体废物运至厂区后，通过叉车接卸送入料仓，然后通过进料链板输送至破碎机，经过破碎后的固废通过除铁器除去金属物质，而后通过输送皮带进入缓冲仓，最后通过布置在缓冲仓下部的发送器及管道输送至锅炉进行燃烧利用，在循环流化床锅炉燃烧后的烟气依托机组烟气净化系统（炉内喷钙+SNCR 脱硝+静

电除尘+半干法脱硫+袋式除尘)实现超低排放。装设破碎系统和气力输送系统各2套,破碎系统设计出力 $2\times 12\text{t/h}$ ,气力输送系统设计出力 $2\times 12\text{t/h}$ 。

## 二、主要技术指标

序号	项 目	数 据
1	破碎系统设计出力	24t/h
2	输送系统设计出力	24t/h
2.1	输送最远距离	80m
2.2	输送管道管径	DN350
2.3	计算输送风量	$135\text{Nm}^3/\text{min}$
2.4	计算输送风压	78kPa

## 三、技术特点

集成生物质及固废混燃机理、生物质及固废破碎、分选、计量、气力输送、流化床剧烈混燃以及烟气超低排放、灰渣综合利用等关键技术,实现固废的减量化、资源化和无害化。

## 四、技术推广应用情况

2018年,福建华电永安发电有限公司300MW循环流化床锅炉固废及生物质直燃耦合发电关键技术研发与工程应用项目达产运行,日处理城市固废400吨、生物质200吨、城市污泥200吨、生活垃圾衍生燃料(RDF)50吨。

2019年,华电(漳平)能源有限公司300MW循环流化床锅炉掺烧工业固废项目立项,日处理城市固废400吨、生物

质 200 吨。

## 五、实际应用案例

案例名称	300MW 循环流化床锅炉固废及生物质直燃耦合发电关键技术研发与工程应用
业主单位	福建华电永安发电有限公司
工程地址	福建省永安市尼葛工业园北区 2008 号
工程规模	日处理城市固废 400 吨、生物质 200 吨、城市污泥 200 吨、生活垃圾衍生燃料（RDF）50 吨
项目投运时间	项目分二期建设，项目一期于 2017 年 5 月投产，二期于 2017 月 12 月建成并于 2018 年 3 月份完成调试投入运行
验收情况	<p>工程验收情况：工程建设项目分别于 2017 年 5 月和 2018 年 10 月完成一、二期工程竣工验收。</p> <p>环保验收情况：</p> <p>2017 年 8 月委托厦门市华测检测技术有限公司完成一期工程竣工环境保护验收监测，各项环保排放指标及环保控制措施均符合环评批复要求。</p> <p>2017 年 9 月取得永安市环境保护局同意实施项目二期工程批复函。</p> <p>2017 年 10 月委托厦门市华测检测技术有限公司完成二期工程阶段性环保设施验收监测，各项环保排放指标及环保控制措施均符合环评批复要求。</p> <p>2019 年 6 月委托厦门市华测检测技术有限公司完成项目竣工环境保护验收监测，各项环保排放指标及环保控制措施均符合环评批复要求。</p> <p>2019 年 7 月福建华电永安发电有限公司组织项目竣工环境保护验收会。验收结论：建设项目执行了“三同时”环保制度，落实了环评及批复要求的相应环保治理措施，环保设施运行正常，污染物实现了达标排放，无《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》第八条规定的九种不得提出验收合格意见的情形，符合项目竣工环境保护验收条件，验收组同意该项目通过环境保护竣工验收。</p>

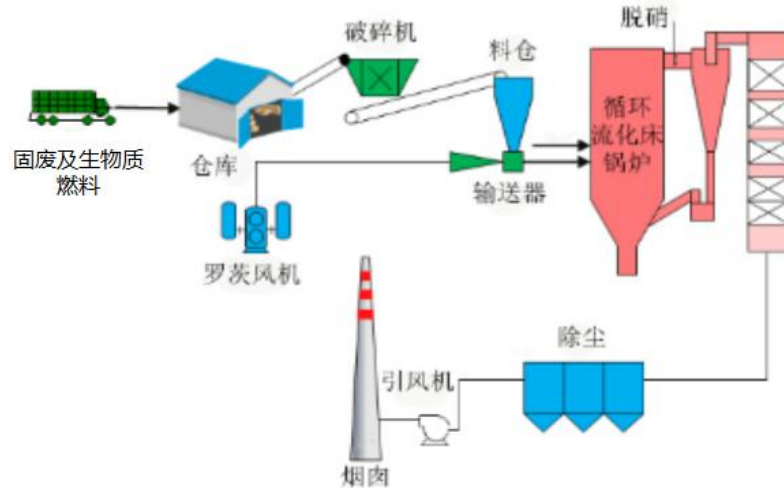


图 1 工艺布置图

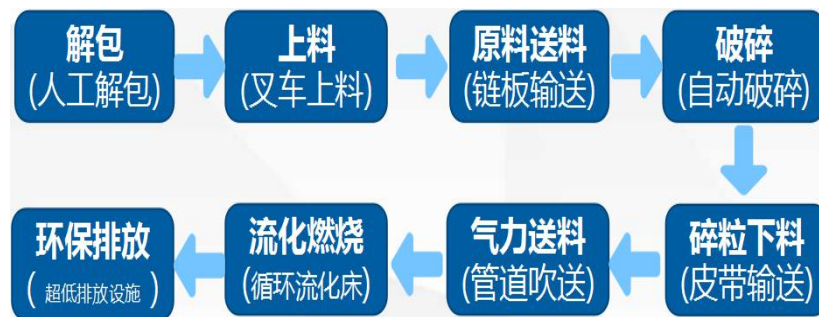


图 2 工艺流程图

工艺流程

工艺过程：经前端预处理破碎后的一般固体废物运至厂区后，通过叉车接卸送入料仓，然后通过进料链板输送至破碎机，经过破碎后的固废通过除铁器除去金属物质，而后通过输送皮带进入缓冲仓，最后通过布置在缓冲仓下部的发送器及管道输送至锅炉进行燃烧利用，在循环流化床锅炉燃烧后的烟气依托机组现有烟气净化系统（炉内喷钙+SNCR 脱硝+静电除尘+半干法脱硫+袋式除尘）实现超低排放。

运行控制方式采用操作站集中控制，实现系统输送所有工艺设备模拟量控制功能、顺序控制功能、保护连锁功能、现场电气设备的运行状态和事故报警等功能控制。上位 PLC 控制柜与锅炉集控 DCS 进行通讯，向锅炉集控 DCS 传送数据，并接受来自集控 DCS 的保护信号，同时就地设置视频监控，监视整个系统运行情况，

	称重信号传至 PLC 与集控 DCS，运行人员根据工况及就地情况来调整掺烧量。			
主要工艺运行和控制参数	序号	项目	数据	
	1	破碎系统设计出力	24t/h	
	2	输送系统设计出力	24t/h	
	2.1	输送最远距离	80m	
	2.2	输送管道管径	DN350	
	2.3	计算输送风量	135Nm <sup>3</sup> /min	
	2.4	计算输送风压	78kPa	
关键设备及设备参数	序号	设备名称	型号规格	参数
	1	双轴撕碎机	DSS40160	138kW, 15/16 r/min
	2	双轴撕碎机	TD1216	160kW, 15/16 r/min
	3	悬挂式电磁除铁器	RCDD-14G3	励磁功率≤8.8kW
	4	链板输送机	12 t/h	11kW
	5	罗茨风机	BKW10027	200kW,78kPa,
	6	罗茨风机	SR32L-4	280kW,78kPa,
	7	除尘器	MDC-156	≥14000 m <sup>3</sup> /h
	8	发送器	FSQ 800	12 t/h
9	皮带输送机	B=1200	45kW, 2m/s	
污染防治效果和达标情况	<p>1.烟气中各项污染物（包括二噁英）的排放浓度均能满足《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）的要求和《火电厂大气污染物排放标准》（GB 13223-2011）表1标准、《生活垃圾焚烧污染物控制标准》（GB 18485-2014）表4标准、《恶臭污染物排放标准》（GB 14554-93）表2限值要求。</p> <p>2.无组织颗粒物最大浓度为 0.21mg/m<sup>3</sup>，符合《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）表2无组织排放监控浓度限值，氨的最大浓度为 0.615g/m<sup>3</sup>，硫化氢的最大浓度为 0.002mg/m<sup>3</sup>，臭气浓度最大值为 11，符合《恶臭污染物排放标准》（GB14554-93）表1二级新扩改标准。</p> <p>3.项目厂界噪声昼间最大值为 63dB(A)，夜间噪声最大值为 54dB(A)，符合《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）3类标准限值要求，昼间≤65dB(A)，</p>			

	<p>夜间<math>\leq 55\text{dB(A)}</math>。</p> <p>4.根据监测结果计算，烟气中颗粒物的排放总量为22.275吨/年，二氧化硫的排放总量为49.5吨/年，氮氧化物的排放总量为184.25吨/年，氯化氢的排放总量为1.1吨/年，汞的排放总量为0.000022吨/年，铅的排放总量为0.0195吨/年，二噁英的排放总量为4.06mgTEQ/a，符合环评及批复的要求。</p>		
二次污染治理情况	<p>一般固体废物在循环流化床锅炉燃烧的产物依托机组现有烟气净化系统，保证了烟尘、二氧化硫、氮氧化物等燃煤发电机组特征污染物的超低排放，固体废物燃烧的特征污染物在燃烧过程被有效抑制，并在烟气净化系统中被进一步脱除，具体情况如下：</p> <p>二噁英：锅炉实际燃烧温度达<math>920^{\circ}\text{C}</math>以上，烟气在炉膛内停留时间4-5秒，满足《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB 18485-2014)要求的“炉膛内焚烧温度<math>\geq 850^{\circ}\text{C}</math>，炉膛内烟气停留时间<math>\geq 2</math>秒”，锅炉尾部烟温从<math>750^{\circ}\text{C}</math>下降至<math>285^{\circ}\text{C}</math>仅用时2.03秒，急冷过程有效防止二噁英在<math>300\sim 500^{\circ}\text{C}</math>时的再合成，其燃烧特性对二噁英具有显著的抑制作用，炉内喷钙及炉后半干法脱硫工艺对烟气中的二噁英具有很好的脱除效果，使得二噁英的排放指标(<math>0.00079\text{ ngTEQ/m}^3</math>)远低于《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB 18485-2014)规定的允许值(<math>0.1\text{ ngTEQ/m}^3</math>)。</p> <p>重金属：新型布袋除尘器对重金属具有很好的脱除效果，烟气中重金属排放指标基本为零，由于一般固体废物的重金属含量并不高，飞灰中重金属含量也远低于允许值。</p>		
投资费用	序号	项目	金额(万元)
	1	项目总投资	4414.13
	1.1	设备购置及安装费	3113.05
	1.2	工程基础设施建设费	992.18
	1.3	其他费用(车辆)	308.9
运行费用	序号	项目	金额(万元/年)
	1	运行总费用	1325.21
	1.1	设备设施折旧费	367.79

	1.2	人工费	413.71
	1.3	维修费	213.16
	1.4	电费	261.79
	1.5	管理费	68.76
能源、资源 节约和综 合利用情 况	<p>1.按循环经济计算口径，1年掺烧一般固体废物12万吨，可节约用能量折合标准煤8.55万吨，减排二氧化碳23.7万吨、二氧化硫726.8吨、氮氧化物632.7吨、灰渣3.35万吨。</p> <p>2.项目每年按相应减排燃煤所减少的SO<sub>2</sub>量计算可节约脱硫费用约29.81万元，减少温室效应气体CO<sub>2</sub>量可增加碳排放交易收入约396.5万元，具有良好的环境效益。</p> <p>3.项目综合经济效益约2426万元/年（不含政策效益），直接经济净效益约2000万元/年。</p>		