大型燃煤锅炉耦合生物质发电技术

大唐东北电力试验研究院

2018年3月

1 大型燃煤锅炉耦合生物质发电必要性

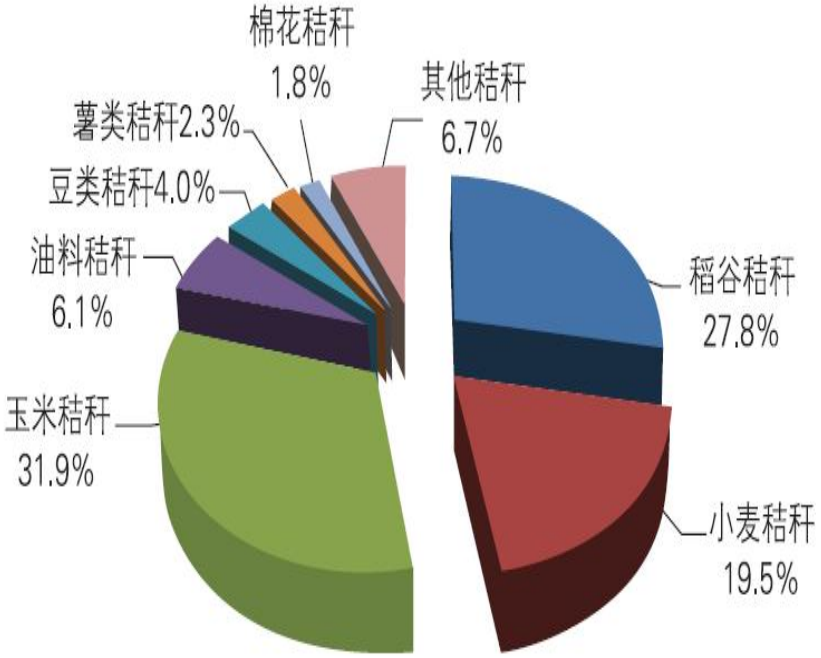
2 大型燃煤锅炉耦合生物质发电技术应用介绍

3 大型燃煤锅炉耦合生物质发电技术路线

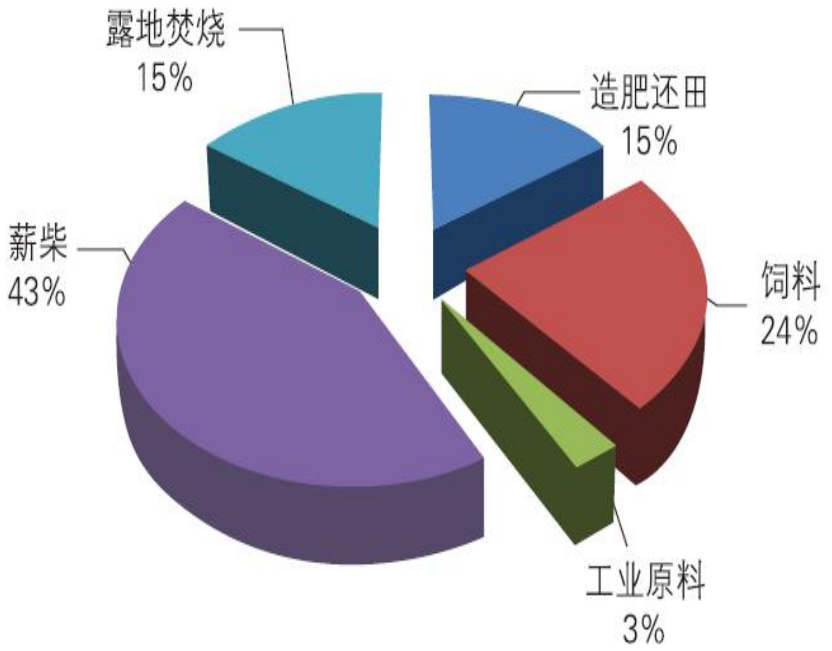
4 效益分析及结论

我国生物质资源丰富，能源化利用潜力大。全国可作为能源利用的农作物秸秆及农产品加工剩余物、林业剩余物和能源作物、生活垃圾与有机废弃物等生物质资源总量每年约4.6亿吨标准煤。

全国农作物秸秆主要构成比例图



全国农作物秸秆主要利用情况图



1、就近原则、有效利用。

2、消除“狼烟” 。

3、与大型燃煤锅炉耦合替代部分原煤，减少污染物的排放。

4、相应国家政策支持。

国家发改委和能源局等7部委《推进燃煤与生物质耦合发电的指导意见（征求意见稿）》中提出，要求“十三五”期间依托现役燃煤电厂建设100个以上燃煤与农林废弃残余物耦合发电项目。

《国家能源局环境保护部关于开展燃煤耦合生物质发电技改试点工作的通知》（国能发电力〔2017〕75号）旨在发挥世界最大清洁高效煤电体系的技术领先优势，依托现役煤电高效发电系统和污染物集中治理设施，构筑城乡生态环保平台，兜底消纳农林废弃残余物、生活垃圾以及污水处理厂、水体污泥等生物质资源，破解秸秆田间直焚、污泥垃圾围城等社会治理难题，促进电力行业特别是煤电的低碳清洁发展。

国家对农林生物质发电项目统一执行标杆上网电价0.75元（含税）/千瓦时。电网按照当地燃煤机组的标杆上网电价与电厂结算，超出部分由可再生能源发展基金补贴。

国家能源局
环境保护部 文件

国能发电力〔2017〕75号

国家能源局 环境保护部关于开展燃煤耦合生物质发电技改试点工作的通知

各省（区、市）发展改革委（经信委、经委、工信厅）、能源局、环境保护厅（局），新疆生产建设兵团发展改革委、环境保护局，国家电网、南方电网公司，华能、大唐、华电、国家能源、国电投集团公司，国投、华润电力公司，电力规划设计总院（国家电力规划研究中心），清华大学、浙江大学、南京林业大学：

为深入贯彻落实党的十九大精神，以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，推进能源生产和消费革命，构建清洁低碳、安全高效的能源体系，持续实施大气污染防治行动，加强固废和垃

国家发展和改革委员会文件

发改价格〔2010〕1579号

国家发展改革委关于完善农林生物质发电价格政策的通知

各省、自治区、直辖市发展改革委、物价局：

为促进农林生物质发电产业健康发展，决定进一步完善农林生物质发电价格政策。现将有关事项通知如下：

一、对农林生物质发电项目实行标杆上网电价政策。未采用招标确定投资人的新建农林生物质发电项目，统一执行标杆上网电价每千瓦时0.75元（含税，下同）。通过招标确定投资人的，上网电价按中标确定的价格执行，但不得高于全国农林生物质发电标杆上网电价。

二、已核准的农林生物质发电项目（招标项目除外），上网电价低于上述标准的，上调至每千瓦时0.75元；高于上述标准的国家核准的生物质发电项目仍执行原电价标准。

— 1 —

1 大型燃煤锅炉耦合生物质发电必要性

2 大型燃煤锅炉耦合生物质发电技术应用介绍

3 大型燃煤锅炉耦合生物质发电技术路线

4 效益分析及结论

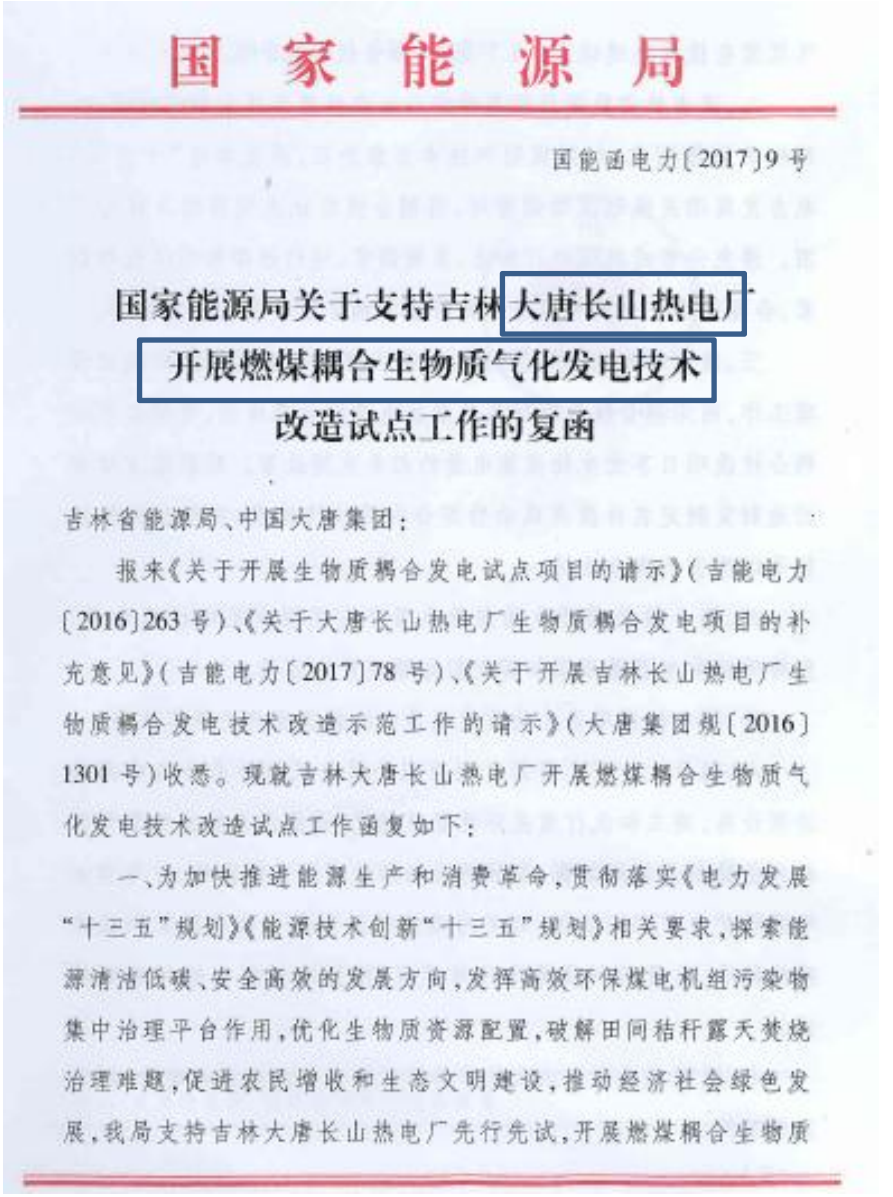
1、华电国际十里泉发电厂140MW机组：2005年，5号锅炉对燃烧器进行了秸秆（麦秆和玉米秆）直接混燃技术改造，增加两台秸秆专用燃烧器，布置在锅炉的二次风口内，原燃烧系统未变动，入炉秸秆热值占总入炉热量的18.6%。并且增加一套秸秆收购、储存、粉碎、输送设备。由于掺烧秸秆后每年亏损约1636万元，已经停止掺烧。

2、 国电宝鸡第二发电厂300MW机组：该厂耦合采用生物质燃料压榨成型技术，主要工艺是先将玉米、小麦、棉花等植物秸秆进行切割、揉丝或粉碎，然后再用专用压制设备进行去水和压缩成型；成型生物燃料密度在0.8t/m^3～1.2t/m^3左右，与原煤密度相似，并适应了磨制要求，直接将成型颗粒混入燃煤中。由于没有电价的补贴政策，压缩设备维护成本高，掺烧系统已经停止运行。

3、国电荆门发电厂660MW机组耦合生物质发电技术：

生物质气化炉处理能力8t/h（主要稻壳为主）与7号燃煤锅炉耦合发电。生物质气化装置采用循环流化床生物质气化技术，产气量约为18000Nm³/h，燃气热值3500kcal/kg，发电能力10.8MW。该气化装置于2012年7月完成72小时试运行及性能测试，2013年10月1日起正式与电网公司结算电费。流化床稻壳气化发电示范项目设计规模日处理秸秆原料192t/d，燃气产量45万m³/d。生产装备投资为4000元/kW。生物质发电部分的上网电价按照0.75元/kwh，超出当地燃煤标杆电价部分，由可再生能源发展基金补贴，电厂每年均可盈利。

4、大唐长山热电厂燃煤耦合生物质气化发电示范项目：大唐长山电厂1×660MW超临界机组的现有场地建设1台生物质气化炉折合总发电功率20MW，气化炉产生的生物质燃气送至660MW燃煤机组锅炉，与煤耦合燃烧后产生的蒸汽送至660MW超临界汽轮机做功发电。生物质气化装置采用微正压循环流化床气化技术，玉米秸秆成型燃料入炉粒度:32×32×32mm，气化炉设备年利用小时：5700小时。计划2018年4月开工，2018年9月底投产。



国 家 能 源 局

国能函电力〔2017〕9号

国家能源局关于支持吉林大唐长山热电厂开展燃煤耦合生物质气化发电技术改造试点工作的复函

吉林省能源局、中国大唐集团：

报来《关于开展生物质耦合发电试点项目的请示》（吉能电力〔2016〕263号）、《关于大唐长山热电厂生物质耦合发电项目的补充意见》（吉能电力〔2017〕78号）、《关于开展吉林长山热电厂生物质耦合发电技术改造示范工作的请示》（大唐集团规〔2016〕1301号）收悉。现就吉林大唐长山热电厂开展燃煤耦合生物质气化发电技术改造试点工作函复如下：

一、为加快推进能源生产和消费革命，贯彻落实《电力发展“十三五”规划》《能源技术创新“十三五”规划》相关要求，探索能源清洁低碳、安全高效的发展方向，发挥高效环保煤电机组污染物集中治理平台作用，优化生物质资源配置，破解田间秸秆露天焚烧治理难题，促进农民增收和生态文明建设，推动经济社会绿色发展，我局支持吉林大唐长山热电厂先行先试，开展燃煤耦合生物质

1 大型燃煤锅炉耦合生物质发电必要性

2 大型燃煤锅炉耦合生物质发电技术应用介绍

3 大型燃煤锅炉耦合生物质发电技术路线

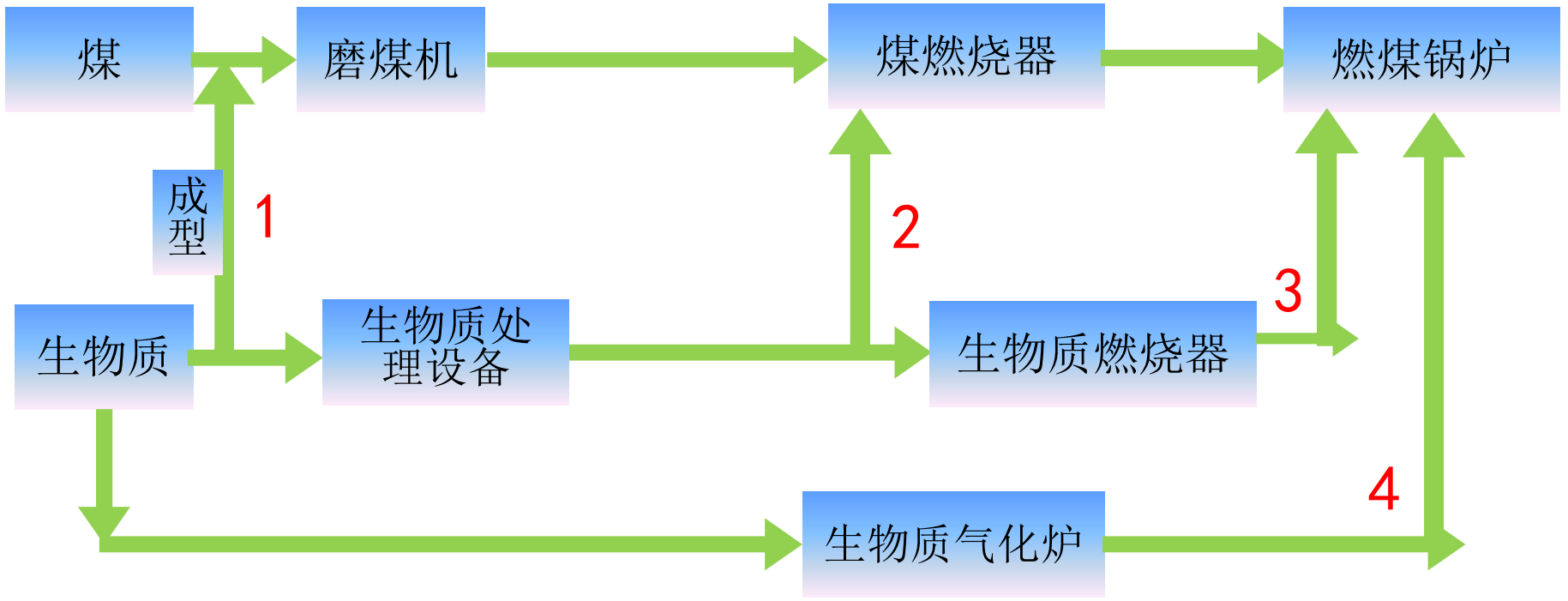
4 效益分析及结论

技术路线介绍

燃煤锅炉耦合生物质发电技术路线

- ◆生物质与燃煤锅炉直接混燃耦合发电技术（1、2、3）
- ◆生物质气化与燃煤机组耦合发电技术（4）

技术路线框架图



总结

1、对于生物质与燃煤锅炉直接混燃发电发电技术：

此技术路线可适用于大型燃煤锅炉，并且现有设备不需太大改动，燃煤锅炉的改造费用不高，发电效率高，运行方式灵活，运行费用低（散料），减少对生物质燃料依赖。 但是由于暂时直混无法计量生物质耦合发电量，无法得到补贴电价，会因亏损无法运行系统（十里泉发电厂、宝鸡第二发电厂）。

2、生物质气化与燃煤锅炉耦合发电技术：

生物质气化耦合发电技术可以利用电站锅炉消纳生物质气及焦油，具有发电效率高、环境污染小、燃气热值便于计量等优点，且技术可行。生物质能电量单独计量，电价按国家相关规定执行，且有电网企业全额收购，目前得到国家大力支持推广。

生物质气化与燃煤锅炉耦合发电技术路线

- ◆ 固定床气化技术路线
- ◆ 微负压循环流化床气化技术路线
- ◆ 微正压循环流化床气化技术路线
- ◆ 双床气化技术（循环流化床+固定床）

技术路线1—固定床气化技术

固定床：气化技术比较成熟。

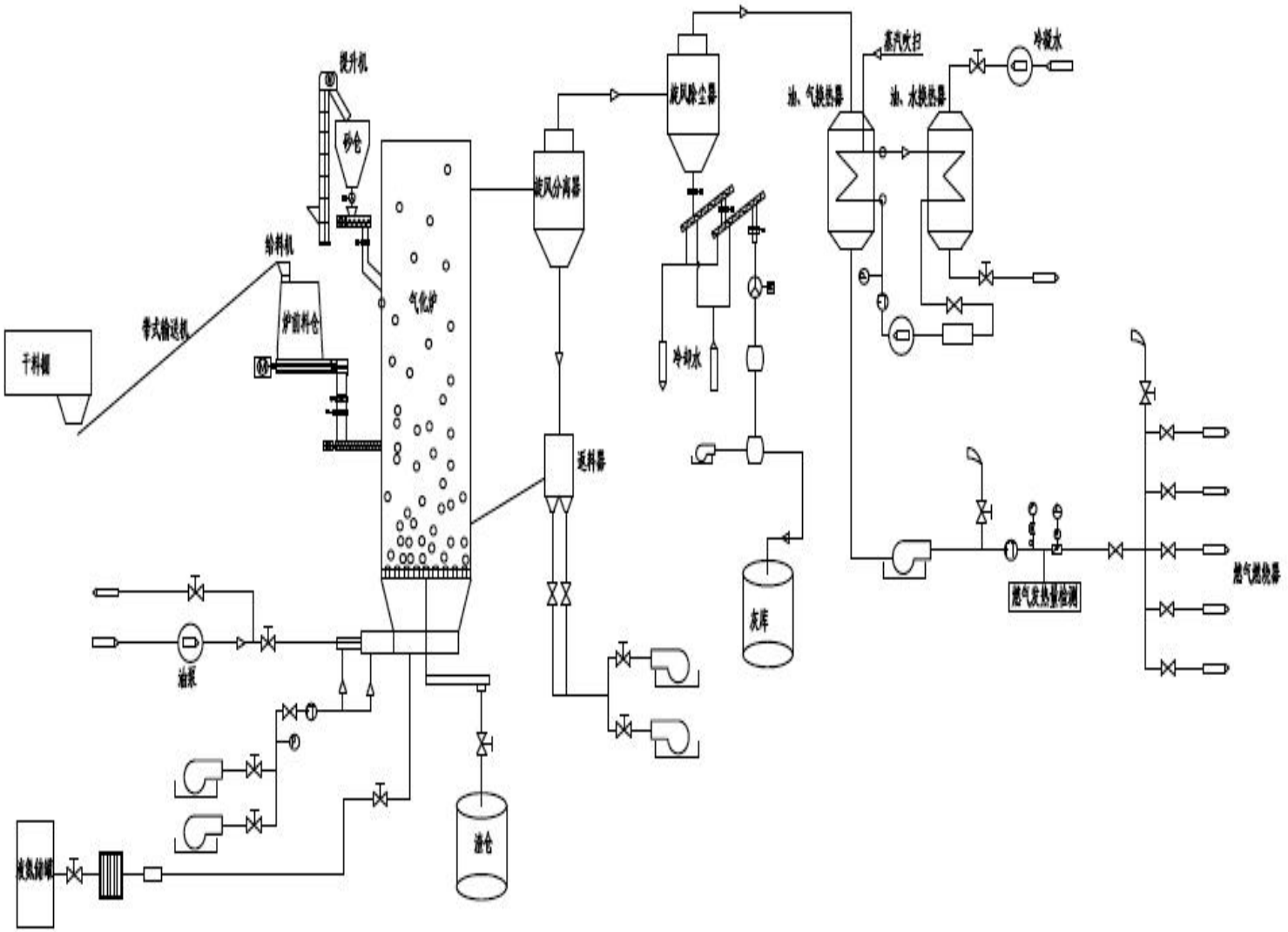
优点：气化炉结构简单、投资少、运行可靠、易操作，对原料的种类及粒度适应广泛。

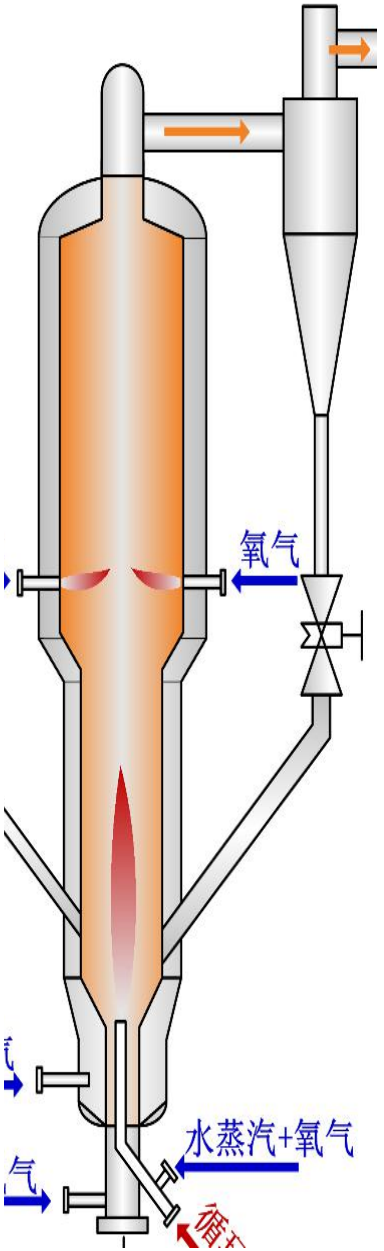
缺点：单台炉处理量小，通常产气量比较小，多用于小型气化站供气。

固定床气化主要参数

名称	单位	数值
单台原料处理量	t/h	2.5
气化空气温度	℃	20
气化炉运行温度	℃	900
气化效率	%	～72
燃气低位热值	kJ/Nm³	＞5000
单台产气量	m³/h	5000
燃气输出温度	℃	＜150
最大颗粒尺寸	mm	100
排灰率	%	＜8

技术路线2—微负压循环流化床气化技术





微负压循环流化床气化技术：已经有10.8MW成功运行案例，技术比较成熟。

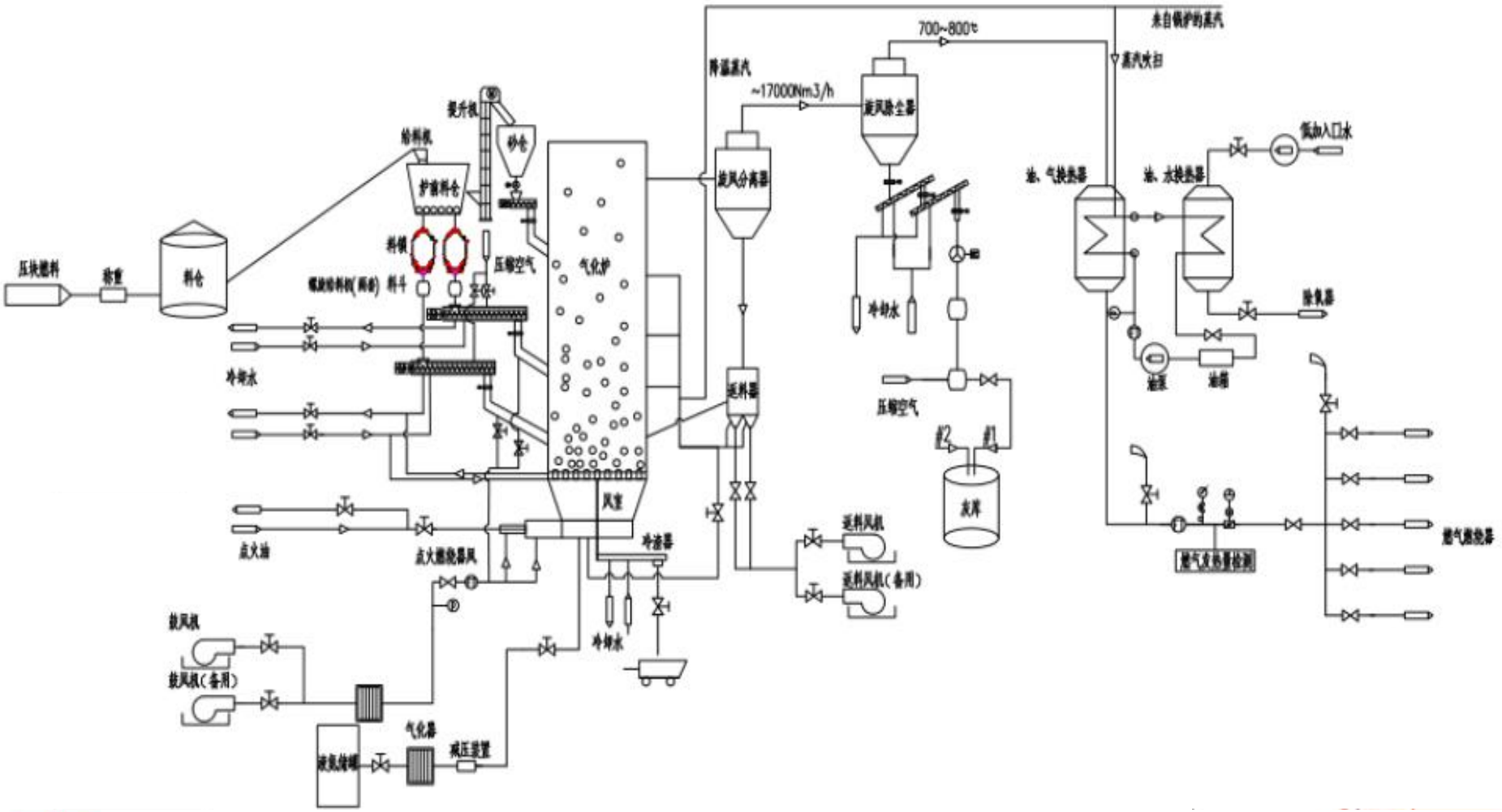
优点：可大规模商业运行，实现连续给料，气化炉出口温度均匀，传热面积大，气化效率高，对散料以及成型燃料均可适用。

缺点：必须增设燃气冷却系统，使得燃气由800℃冷却至430℃左右，通过引风机把生物质气输送至燃煤锅炉。

微负压循环流化床生物质气化主要参数

名称	参数要求
生物质原料	生物质秸秆、稻壳等
负荷范围	60～110%额定负荷
气化效率	72%
产气率	1.8～2.2Nm^3/kg
湿燃气热值	4500～5500kJ/Nm^3
出口燃气含灰量	≤15g/Nm^3
焦油含量	＜2g/Nm^3
出口燃气温度	750～800℃

技术路线3—微正压循环流化床气化技术



微正压循环流化床气化技术（国家示范项目——大唐长山热电厂1×20MW气化耦合发电技术（国内首个最大））：国家示范项目燃煤锅炉耦合20MW（单台）生物质气化炉四月份即将开工建设。

优点：可大规模商业运行，实现连续给料，气化炉出口温度均匀，传热面积大，气化效率高，根据情况适当提高燃气温度，避免燃气管路泄漏引起内爆，取消了引风机，燃料收购半径灵活。

缺点：对给料系统、排渣系统、飞灰系统等要求较高。

微正压循环流化床气化主要参数

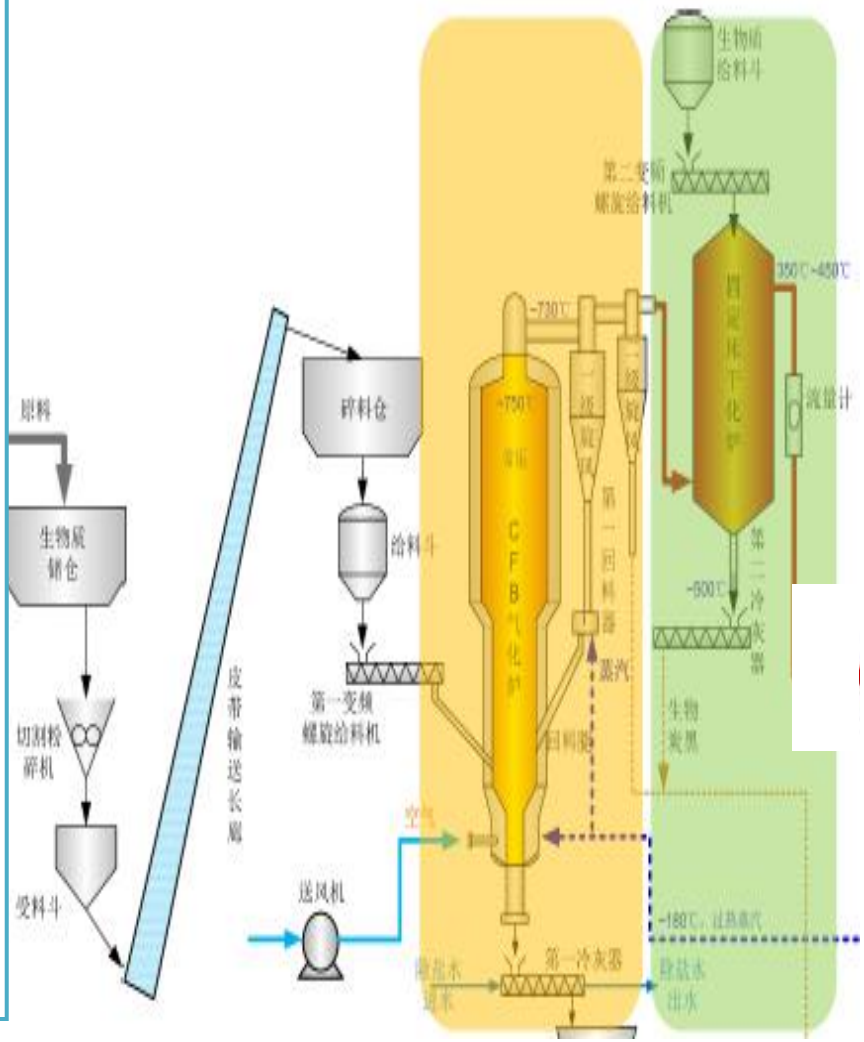
名称	参数要求
生物质原料	成型生物质秸秆、稻壳等
负荷范围	60～110%额定负荷
气化效率	＞73%
产气率	1.8～2.2Nm^3/kg
湿燃气热值	4500～5500kJ/Nm^3
出口燃气含灰量	≤15g/Nm^3
焦油含量	＜2g/Nm^3
出口燃气温度	750～800℃

技术路线4—双床气化技术

双床气化技术：3月9日，电力规划总院组织召开了上锅“SG-生物质气化耦合高效燃煤发电系统” 评审会，认为能够广泛推广。暂未实施案例。

优点：采用正压循环流化床气化生物质，并利用固定床生物质热解过程对高温生物质燃气进行提质、降温处理，副产生物质半焦，通过双床耦合获得高热值、高清洁度生物质燃气，生物质发电效率可达41.5%。

缺点：双床运行，系统相对复杂。



双床气化主要参数

名称	参数要求
生物质原料	成型生物质秸秆、稻壳等
负荷范围	60～110%额定负荷
热效率	～86%
产气率	2.0Nm^3/kg
循环流化床出口温度	～730℃
出口燃气含灰量	～12g/Nm^3
焦油含量	＜2g/Nm^3
固定床出口燃气温度	390℃

项目	固定床技术	微负压循环流化床气化技术	微正压循环流化床气化技术	双床气化技术
适用燃料	适用多种燃料（散料及成型燃料均可）	适用多种燃料（散料及成型燃料均可）	适用多种燃料（成型燃料）	适用多种燃料（成型燃料）
进料系统	目前运行均采用间断进料方式	微负压进料	系统正压进料	系统正压进料
气化炉	气化温度可控制100～150℃，引风机微负压输送	气化温度约750℃，微负压运行	气化温度约720～850℃，压力根据现场距离设定	通过固定床后燃气温度约390℃
燃气除灰	有旋风除尘系统，气化产生的飞灰被部分去除	有高温旋风除尘系统 气化产生的飞灰被部分去除，灰含量40～60g/NM³	可无除灰系统 气化产生的飞灰直接送入锅炉灰含量10～20g/NM³	通过固定床后灰分被固定在固定床内，烟气含尘量低
燃气冷却	用引风机输送	必须将燃气冷却到400℃以下，以便高温引风机输送	利用高温热导油将燃气冷却到400～450℃	利用固定床热解将燃气冷却到390℃
燃气输送	需引风机输送，引风机有焦油凝结和磨损风险	需高温引风机，高温引风机有焦油凝结和磨损风险	无需高温引风机	无需高温引风机
碳转化率	>75%	>80%	>80%	>80%
气体品质	燃气焦油含量少，热值偏低	焦油含量高于国外技术15倍，热值比国外技术低约10%。	燃气焦油含量少，热值较高，粉尘含量少	燃气焦油含量少，热值较高，粉尘含量少
工艺流程	结构相对简单	流程相对复杂，高温引风机增加事故风险	上料系统相对复杂，可无旋风除粉尘系统、无高温燃气引风机系统	系统较复杂，可无旋风除粉尘系统、无高温燃气引风机系统
系统安全	正压运行	负压运行，发生泄漏不易及时检测，防爆配置要求更高	正压运行，设备要求较高，发生泄漏易检测	正压运行，设备要求较高，发生泄漏易检测
投资	单位投资0.3～0.4万元/kW	单位投资0.6～0.8万元/kW	单位投资0.6～0.8万元/kW	单位投资0.7～0.85万元/kW

1 大型燃煤锅炉耦合生物质发电必要性

2 大型燃煤锅炉耦合生物质发电技术应用介绍

3 大型燃煤锅炉耦合生物质发电技术路线

4 效益分析及结论

效益分析

项目	单位	散料入炉	成型燃料入炉
利用小时数	h	5000	5000
入炉燃料热值	kcal/kg	3000	4000
入炉燃料单价	元/t	390	550
生物质发电上网电价	元/kwh	0.75	0.75
燃煤发电上网电价	元/kwh	0.38	0.38
掺烧生物质后锅炉效率	%	92	92
电厂标煤单价	元/t	480	480
生物质消耗量	t/h	9.86	7.40
设备投资	万元	8000	8000
改用生物质后年收益	万元	860	749

结论

1、固定床气化：气化炉结构简单，操作较容易，处理量小，投资小，不宜大型化，必须几台固定床气化炉并联才能实现大型化。

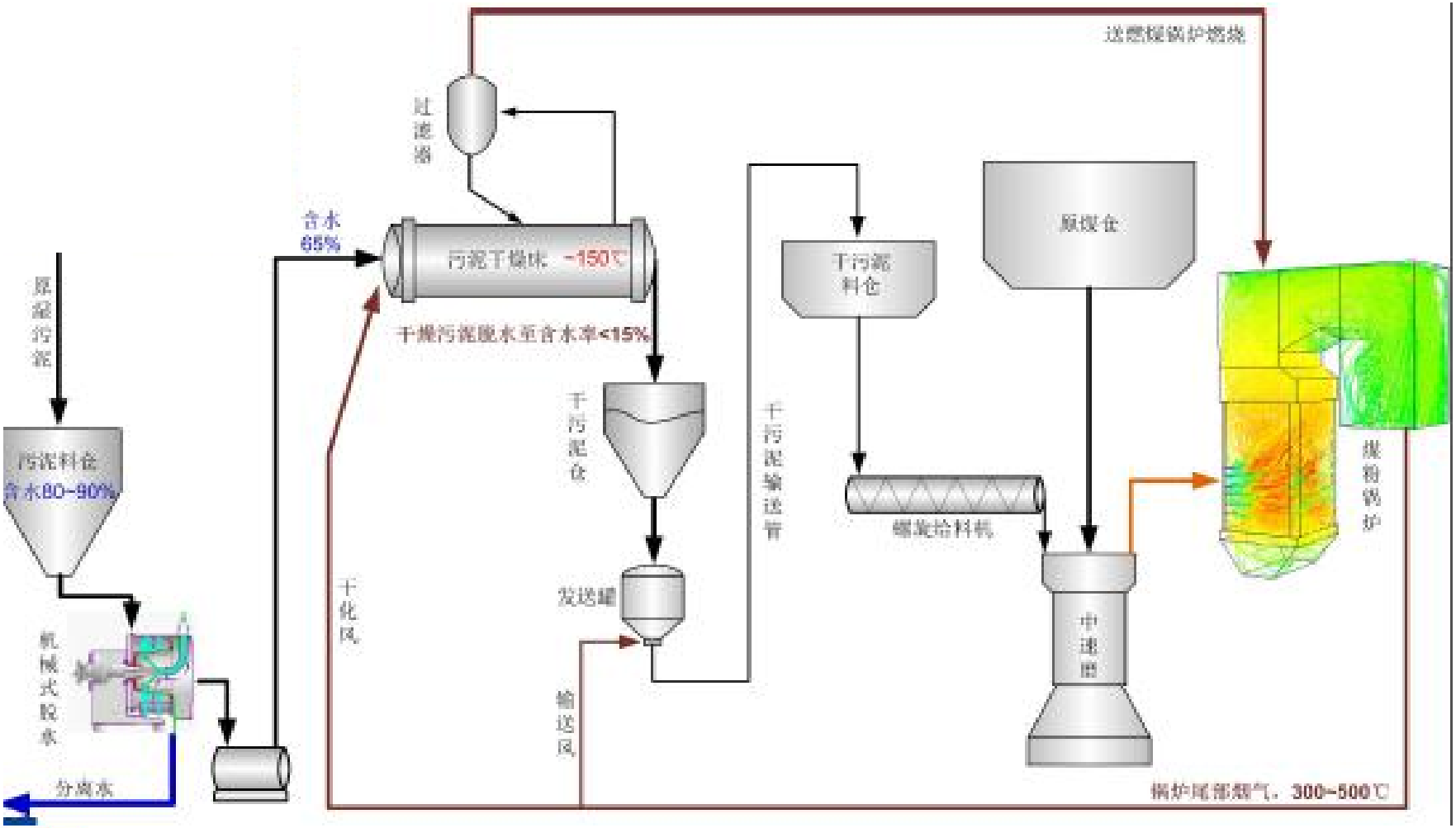
2、微负压循环流化床气化技术路线：实现生物质气化的大型化，有商业应用案例。对燃料的适用性较强（成型燃料或者散料）。受引风机限制，燃气温度必须通过冷却系统降至450℃以下。

3、微正压循环流化床气化技术路线：采用块状或者颗粒状燃料，相对增加燃料成本，但是燃料的收购半径灵活。系统取消了引风机，系统较简单。对于给料系统、除灰系统、排渣系统的设计要求较高。

4、双床气化技术路线：系统相对复杂，运行同时协调控制固定床和循环流化床流化床。

通过技术路线对比分析，按照经济效益最大化考虑，推荐技术路线2。

大型燃煤锅炉耦合污泥发电技术



收益综合分析

名称	单位	年收益	
		烟气干燥	蒸汽干燥
节煤收益	万元/年	396.33	396.33
污泥处置补贴	万元/年	3650	3650
电价补贴	万元/年	500	500
干燥用电成本	万元/年	226.8	351.54
年耗蒸汽成本	万元/年	0	960
年耗水成本	万元/年	0	61.32
污泥处理量	吨/天	500	500
静态投资	万元	7500	12500
掺烧污泥收益	万元/年	4319.53	3232.01

大型燃煤锅炉耦合垃圾发电技术

技术路线：双链耦合技术

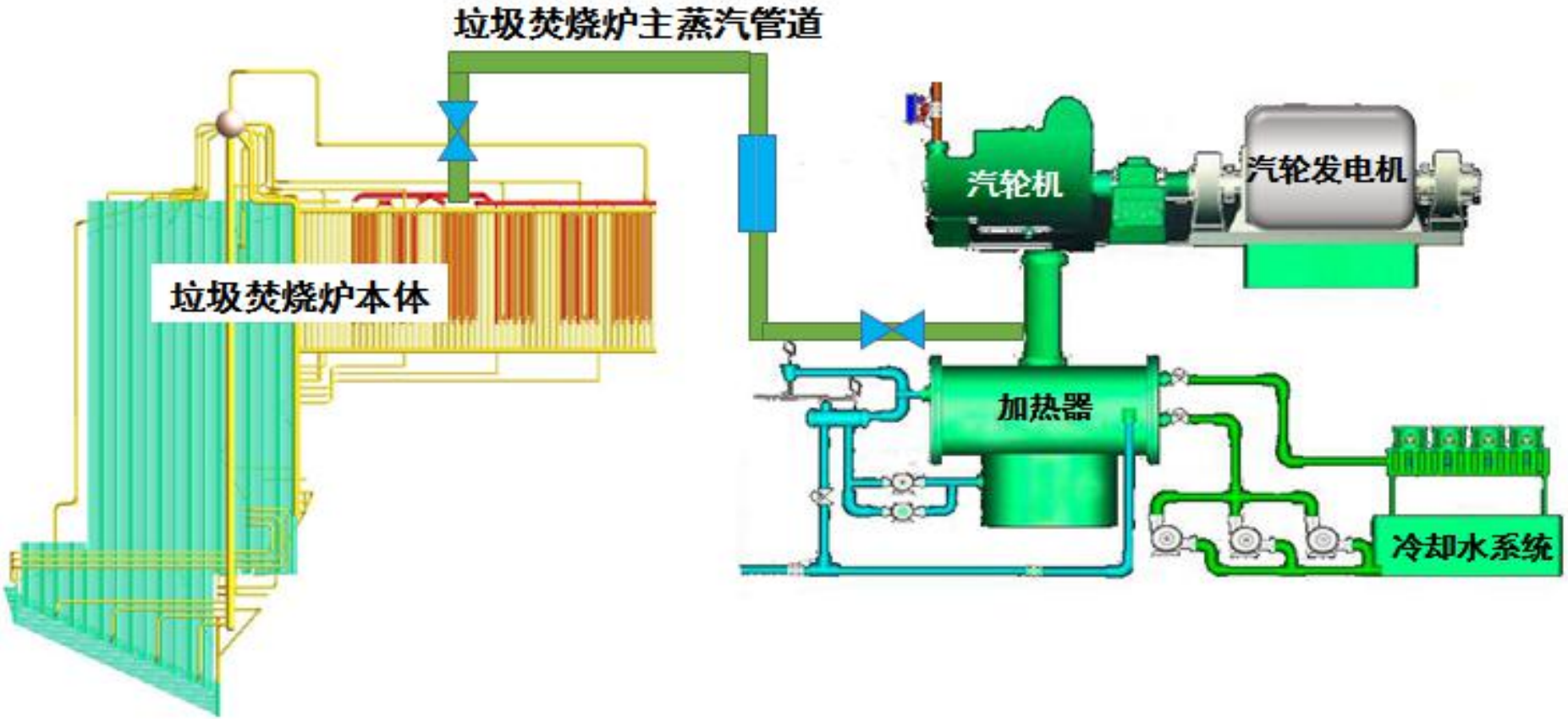
蒸汽侧耦合：

垃圾焚烧炉中温次高压蒸汽与燃煤机组热力系统耦合。

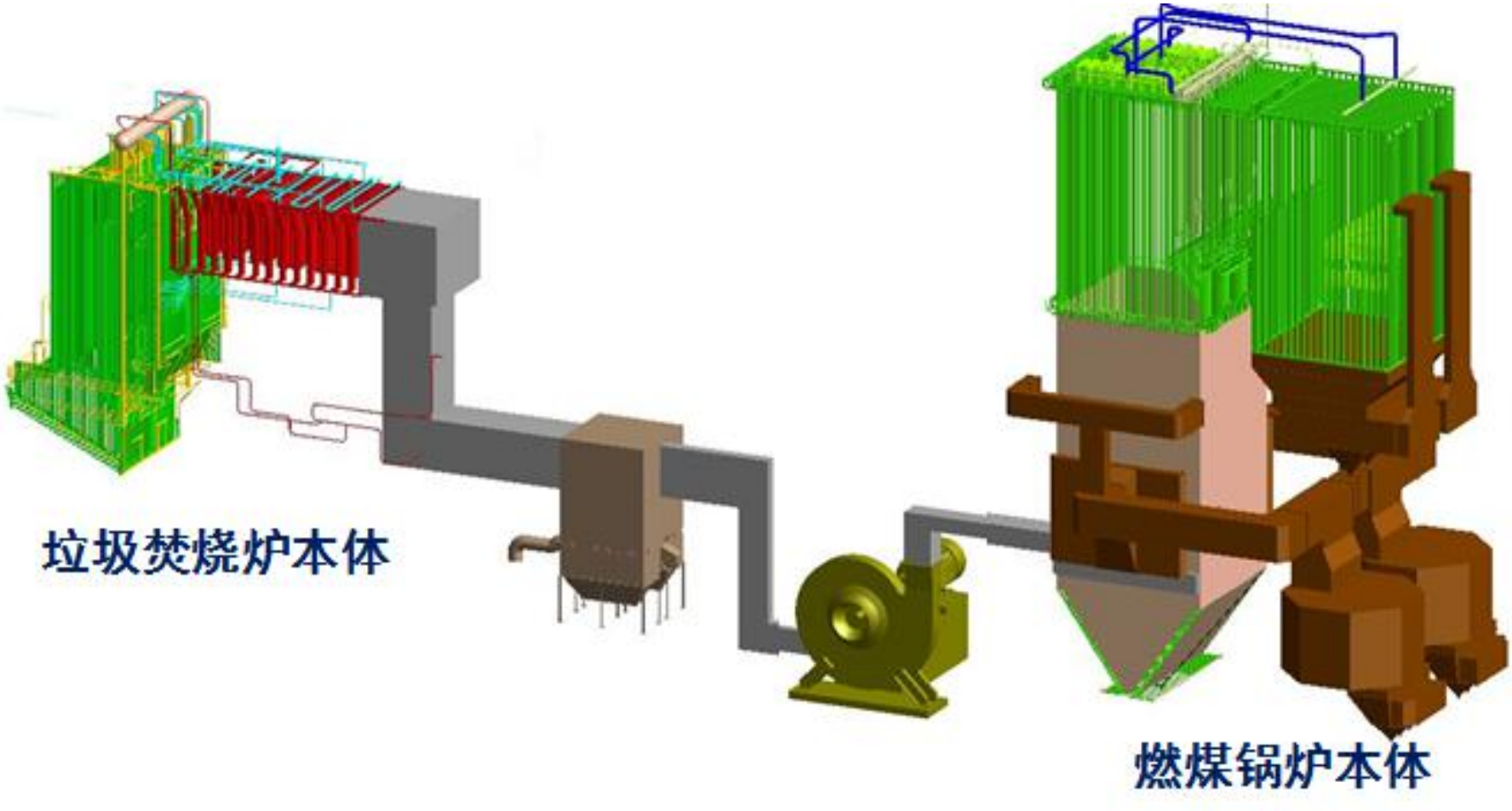
烟气侧耦合：

垃圾焚烧炉烟气与燃煤锅炉耦合。

蒸汽侧耦合



烟气侧耦合



谢谢！