

多源固废耦合发电技术进展

 王一坤

 时间：2022.04.18

 apollo18144656

目录

CONTENTS



背景

技术及案例



对机组的影响

面临的问题



结论及建议



Part **1**

多源固废耦合发电背景



1.多源固废耦合发电背景

4

2016

能源发展“十三五”规划



2018

关于燃煤耦合生物质发电
技改试点项目建设的通知



2020

30碳达峰，60碳中和



2016

“十三五”控制温室气体
排放工作方案



2019

产业结构调整指导目录
2019



2021

关于开展全国煤电机组改
造升级的通知
节能降耗改造、供热改造
和灵活性改造



我国目前投产的煤粉锅炉容量已经高达1350 MW，700 MW乃至更大容量的CFB锅炉也在研发中。诸如二次再热、HT700T高温合金、六缸六排汽汽轮机、BEST双机带小发电机回热系统、烟气污染物一体化协同治理、烟气余热深度回收系统、脱硫废水零排放等先进技术已在燃煤机组上付诸实施，皆取得了显著的节能减排效果

大唐东营电厂2×1000 MW

系统参数31.0 MPa/600 °C/620 °C/620 °C
厂用电率3.88%，发电热效率49.4%
供电煤耗258.72 g/(kW·h)

安徽平山二期1×1350 MW

系统参数32.5 MPa/610 °C/630 °C/623 °C
厂用电率3.5%，发电热效率49.8%
供电煤耗251 g/(kW·h)



华能瑞金电厂2×1000 MW

系统参数31.0 MPa/605 °C/622 °C/620 °C
厂用电率3.19%，发电热效率48.38%
供电煤耗262.3 g/(kW·h)

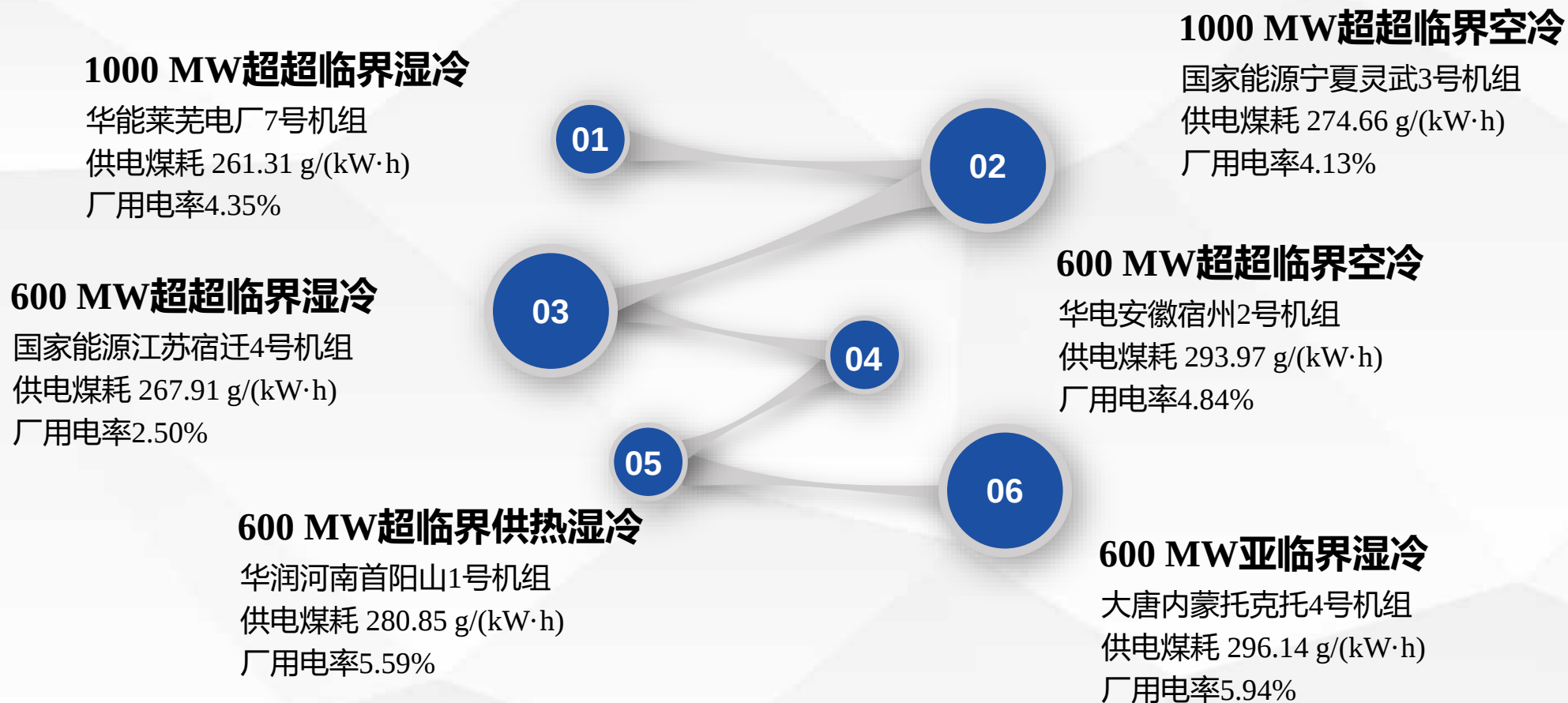
山西平煤中朔2×660 MW

系统参数25.4 MPa/571 °C/571 °C
厂用电率7.07%，发电热效率41.9%
供电煤耗315.86 g/(kW·h)



1.多源固废耦合发电背景

6



2021年煤炭相关的CO₂排放量达到历史峰值**153亿吨**，占全球温室气体的排放总量408亿吨的**37.5%**。目前我国供热和发电行业CO₂排放量占比超过全国**40%**。2020年我国燃煤机组的发电CO₂排放值为**832 g·kWh⁻¹**，是全国单位发电CO₂排放值**565 g·kWh⁻¹**的**1.47倍**。



Part **2**

多源固废耦合发电技术及案例



2.多源固废耦合发电技术及案例

草	高灰、高氯、高钾、高硅、低钙、低铁
木	低灰、低氯、低钾、低硅、高钙、低铁
皮	高灰、低氯、低钾、低硅、高钙、高铁
泥	高氯、高氮、高重金属、恶臭
渣	高氯、高重金属、恶臭
废	高水、高重金属、恶臭







2.多源固废耦合发电技术及案例

项目	直燃耦合	间接耦合	并联耦合
工艺流程	生物质燃料制粉后入炉燃烧	生物质燃料气化或液化处理后的生物质燃气或生物油入炉燃烧	生物质燃料在专用锅炉内燃烧后的蒸汽和燃煤锅炉蒸汽耦合
系统结构	简单	较复杂	复杂
单位千瓦造价	2000-3000	5000-7500	6000-8000
运行稳定性	稳定	一般	稳定
能源利用效率	最高，几乎等同燃煤机组效率	较高	较低
综合厂用电率	低	较低	较高
运行维护成本	低	较高	高
与燃煤机组运行维护兼容性	兼容性好	单独维护生物质气化炉系统	单独维护生物质锅炉
主要危险源	燃料存储	燃料存储、高温可燃气体处理和输送	燃料存储
燃料存储性	易于保存	易于保存	易于保存
电量检测及监管难度	差	好	好
燃料运输	易于运输	较易于运输	不适宜长距离运输
燃料议价能力	强	强	强
我国当前政策	无明确政策	生物质耦合电量部分全额上网	无明确政策
补贴依赖性	较强	强	强



2.多源固废耦合发电技术及案例

电厂名称	机组容量	耦合方式	耦合炉型	耦合原料	处理规模	技术方案
英国Drax电厂	4×660 MW	直接耦合	煤粉锅炉	木质成型颗粒	2460 MW	采用锤磨机将生物质颗粒破碎至2 mm以下，通过正压管路气力输送送入专用燃烧器。
华电十里泉电厂	140 MW	直接耦合	煤粉锅炉	秸秆	3×5 t/h	将秸秆用锤片磨破碎至10~15 mm后送入锅炉新增的两台30 MW热功率的秸秆燃烧器。
国电宝鸡二电厂	300 MW	直接耦合	煤粉锅炉	生物质压型块	24 t/h	将生物质成型块送入最上层磨煤机煤仓后在磨煤机中进行粉碎和磨制，通过原煤燃烧器喷入炉内进行燃烧。
华能日照电厂	1×680 MW	直接耦合	煤粉锅炉	生物质成型颗粒	2×20 t/h	将生物质成型颗粒送入炉前料仓后，使用锤片磨破碎至1 mm左右，采用正压气力输送至原有煤粉管道，通过原煤燃烧器进入炉内燃烧，在建。
华能杨柳青电厂	2×300 MW	直接耦合	煤粉锅炉	湿污泥	2×250 t/d	以高温烟气作为热源和输送介质，将80%含水率的湿污泥在专用的前置碳化一体机中干燥、磨制后进入新增设的污泥燃烧器燃烧。
华能珞璜电厂	2×600 MW	直接耦合	煤粉锅炉	干化污泥	182 t/d	将蒸汽干化后35%含水率的干污泥采用专用皮带送入原有磨煤机的落煤口与原煤共同磨制进入炉膛。
华润南京板桥电厂	2×330 MW	直接耦合	煤粉锅炉	湿污泥	60%含水率污泥150 t/d，80%含水率污泥210 t/d	将蒸汽干化后30%含水率的干污泥送入原煤仓后与原煤共同磨制进入炉膛 ^[13] 。



2.多源固废耦合发电技术及案例

电厂名称	机组容量	耦合方式	耦合炉型	耦合原料	处理规模	技术方案
福建永安电 厂	300 MW	直接耦合	流化床锅 炉	生物质+固 废+污泥 +RDF	生物质200 t/d、固 废400 t/d、污泥 200 t/d、 RDF50 t/d	生物质、固废燃料经开包后通过铲车铲入进料链 板，破碎后采用皮带+气力输送系统送至炉内进行 燃烧利用。
国电乐东电 厂	2×350 MW	间接耦合	煤粉锅炉	生活垃圾	30 t/d	将垃圾采用经煤粉锅炉预热后的高温空气气化送入 锅炉燃烧，产生的飞灰熔融为玻璃体后填埋。
国电长源荆 门热电厂	600 MW	间接耦合	煤粉锅炉	稻壳	10.8 MW	原料在气化炉中气化后经旋风除尘后降温至400 °C 管道进入增设在锅炉侧墙的燃气燃烧器燃烧。
华电襄阳电 厂	600 MW	间接耦合	煤粉锅炉	稻壳+秸秆+ 木废料	10.8 MW	原料在气化炉中气化后经旋风除尘后降温至400 °C 管道进入增设的燃气燃烧器燃烧。
大唐长山热 电厂	660 MW	间接耦合	煤粉锅炉	秸秆	20 MW	生物质进入微正压循环流化床气化炉后产生燃气， 降温后送入燃煤锅炉燃烧。
华能南通电 厂	2×350 MW	间接耦合	煤粉锅炉	一般固废	30 MW	原料在气化炉中气化后经旋风除尘后降温至400 °C 管道进入增设的燃气燃烧器燃烧，筹建。
丹麦 Enstedvaerket 电厂	600 MW	并联耦合	煤粉锅炉	木屑+稻草	39.7 MW	增设生物质锅炉分别燃烧秸秆和木屑，木屑生物质 锅炉用于加热从秸秆生物质锅炉来的过热蒸汽，最 后引入耦合机组高压蒸汽系统。



2.多源固废耦合发电技术及案例

13





2.多源固废耦合发电技术及案例

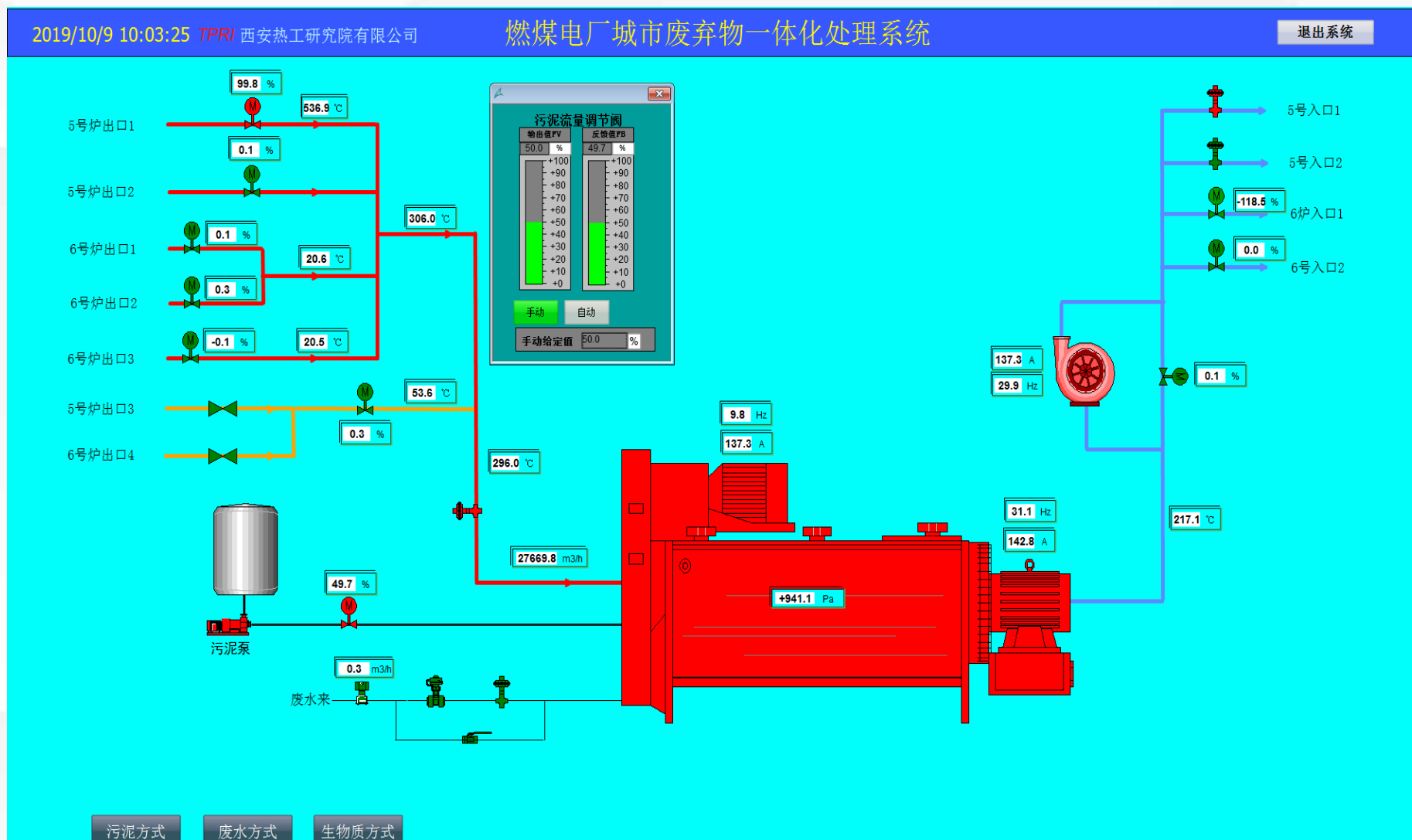
14





2.多源固废耦合发电技术及案例

15



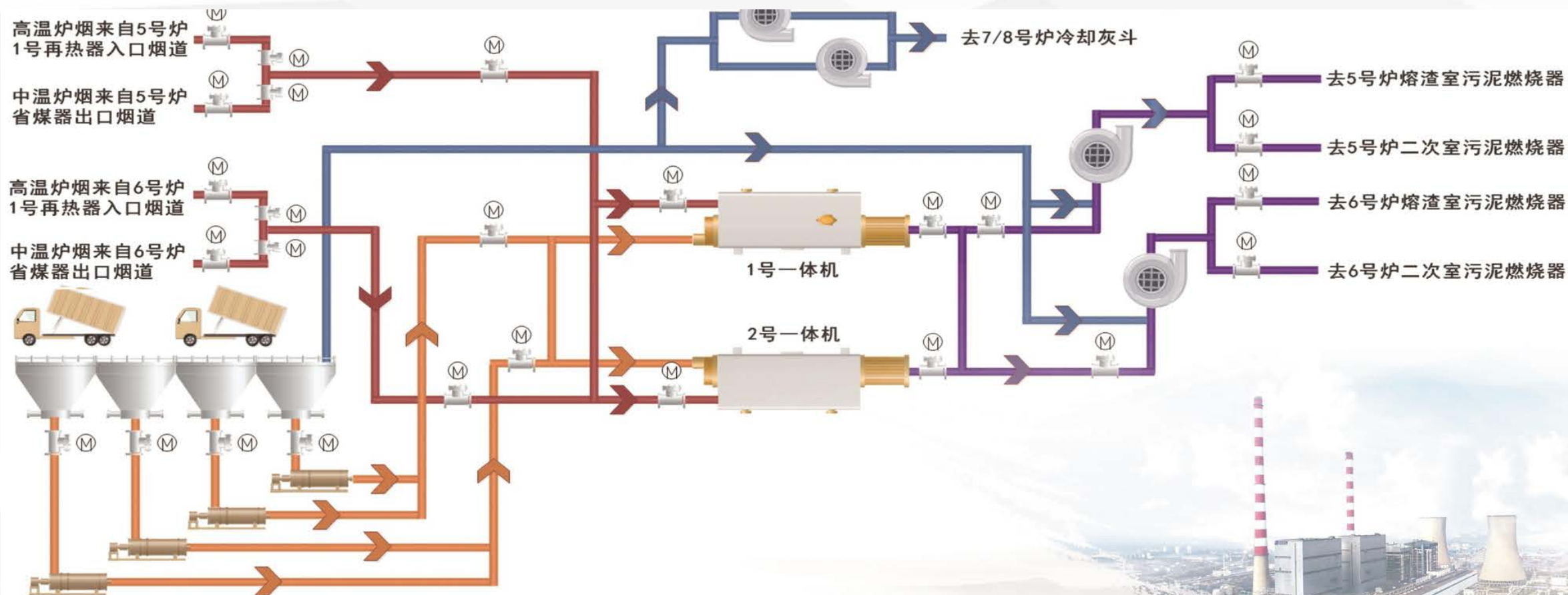


2.多源固废耦合发电技术及案例

16

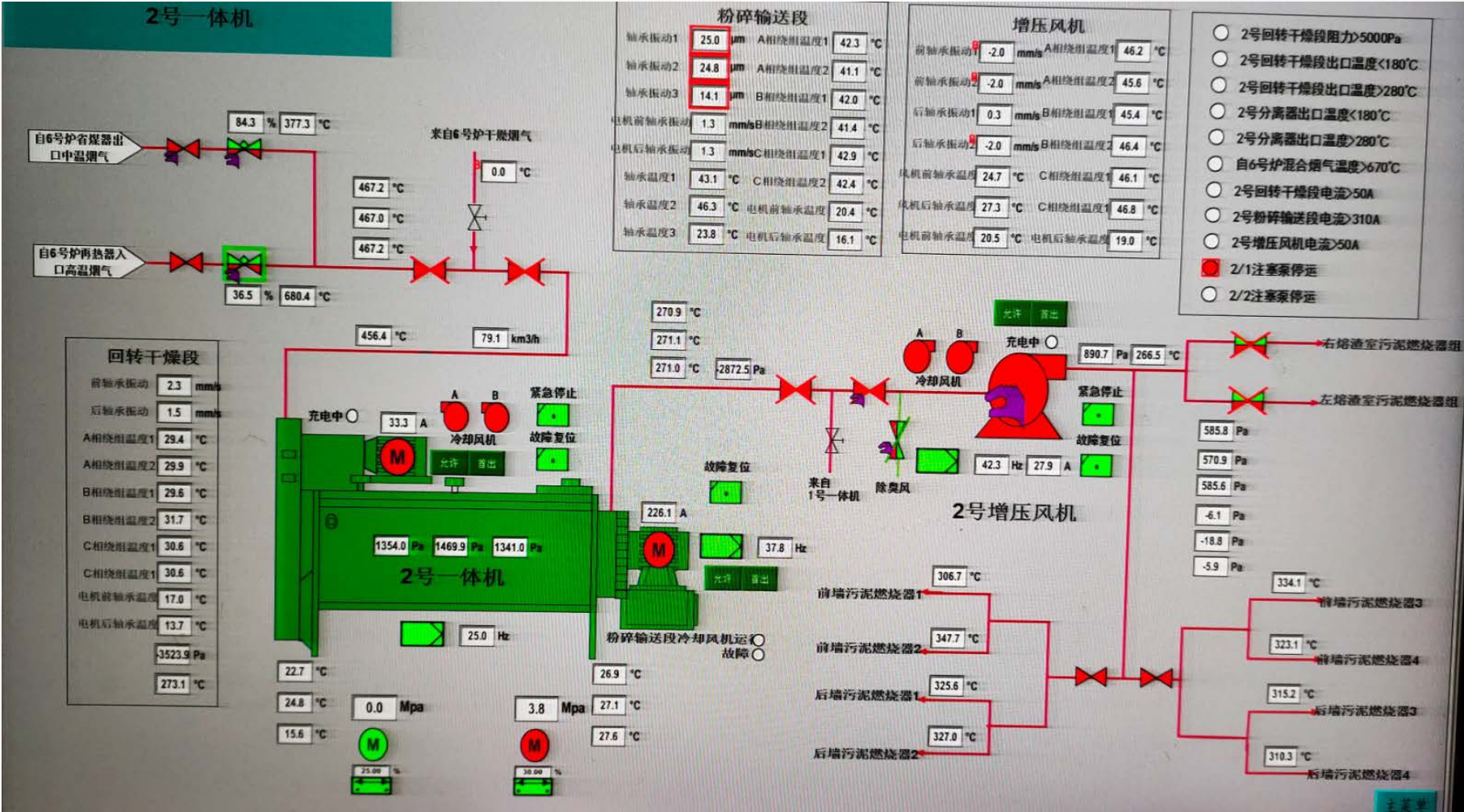


华能杨柳青电厂2×250 t/d污泥处置项目





华能杨柳青电厂2×250 t/d污泥处置项目





2.多源固废耦合发电技术及案例

18



华能杨柳青电厂2×250 t/d污泥处置项目



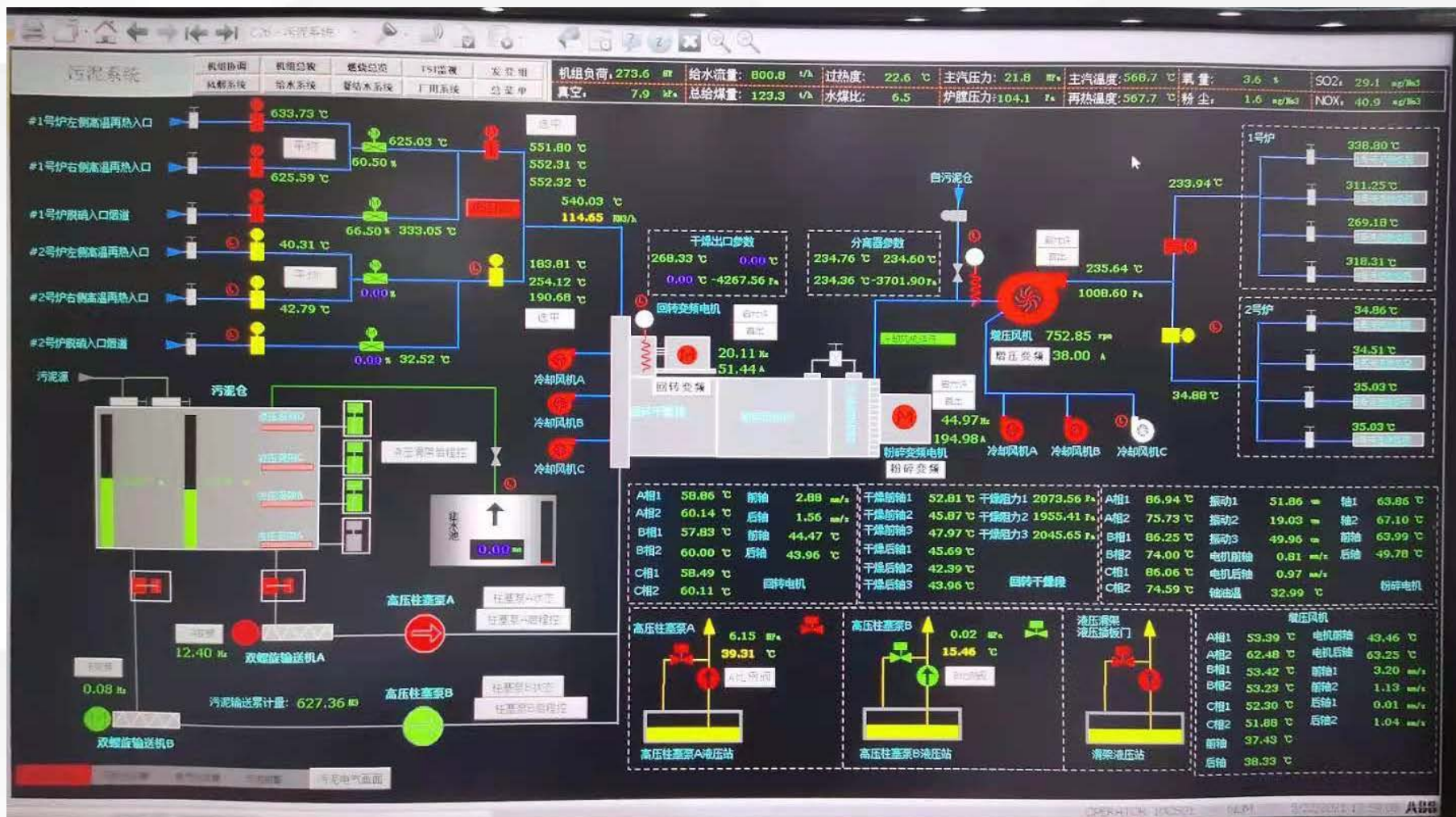


2.多源固废耦合发电技术及案例

19



华能洛阳电厂1×250 t/d污泥处置项目





2.多源固废耦合发电技术及案例

序号	客户名称	机组容量	改造内容	投运时间
1	华能福州电厂	2×600MW	新建2×150t/d 含水率60%污泥处理能力的前置干燥炭化系统	2021年11月
2	华能长兴电厂	2×600MW	新建1×200t/d 含水率60%/80%污泥处理能力的前置干燥炭化系统	2021年11月
3	华能运河电厂	2×600MW	新建1×230t/d 含水率80%污泥处理能力的前置干燥炭化系统	2021年12月
4	华能太仓电厂	2×300MW	新建2×150 t/d含水率60%/80%污泥处理能力的前置干燥炭化系统	2022年8月
5	华能岳阳电厂	2×600MW	新建2×300t/d含水率60%/80%污泥处理能力的前置干燥炭化系统	2022年12月
6	华能阳逻电厂	2×600MW	新建2×300t/d含水率60%/80%污泥处理能力的前置干燥炭化系统	2022年12月
7	华能海口电厂	2×300MW	新建1×250t/d含水率80%污泥处理能力的前置干燥炭化系统	2022年12月
8	华能日照电厂	680 MW	新增2×20 t/h生物质成型颗粒破碎一次风管直吹	2022年6月



Part **3**

多源固废耦合发电对机组的影响



3.多源固废耦合发电对机组的影响

主要参数

排烟温度上升，锅炉热效率下降；
烟气量增大，减温水量增加。

安全性

直接耦合发电对安全性影响较大，其余两种方式影响较小。



环保特性

SO₂排放量降低，NO_x排放略有降低，烟尘排放量变化不大。

CO₂排放

CO₂排放量显著降低。



3.多源固废耦合发电对机组的影响

23

烟风系统

一般送风系统无需改造，大比例耦合时引风机系统可能需要增容。

制粉及燃烧系统

小比例时影响较小，大比例耦合时需增设专门的燃烧系统，并联耦合发电无影响。

受热面安全

生物质中K、Na
生活垃圾及固废中Cl
添加富硫剂、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、富硅酸盐物质
和采用镍铬合金涂层

煤耗

当生活垃圾掺烧量5%（质量比）约影响供电煤耗0.50 g/(kW·h)。
大唐长山项目BMCR工况下排烟温度增加3 °C，锅炉效率降低0.24%。

CO₂排放

掺烧比例5%（质量比）垃圾时可减排CO₂约5.41万吨；日照项目每年可减排CO₂约13.0万吨（花生壳颗粒）和14.0万吨（锯末颗粒）



持久性有机污染物

二噁英类(PCDDs, PCDFs)、多环芳烃(PAHs)、多氯联苯(PCBs)、多氯萘(PCNs)和多种溴代芳烃化合物

常规污染物

能够实现达标排放，但需注意PM_{2.5}



痕量元素

应将耦合后的燃料入炉痕量元素控制在原煤水平

灰渣利用

直接掺入比例较低时，不会导致耦合机组飞灰中的重金属含量超标；而间接耦合和并联耦合的灰渣与原有机组完全分离，不存在利用问题

掺烧9.2%污泥时，烟囱入口烟气PCDD/Fs的I-TEQ浓度为**5.7 pg/m³**，其余三个掺烧比例下烟气中PCDD/Fs的I-TEQ浓度为**2.8~3.4 pg/m³**。



Part **4**

多源固废耦合发电面临的问题



4.多源固废耦合发电面临的问题

26

耦合发电优势

效率高

生物质直接耦合发电后利用效率将从低于**30%**提高至**38%**以上。

灵活性好

克服固废供应分散、运输成本高、能量密度低、季节性明显等问题，与燃煤机组耦合发电后将充分利用已有设施的规模和灵活效应，并大幅度降低原料质量和供应量对项目运行的影响。

缓解结渣问题

原煤灰分中矿物质与生物质等原料的高挥发分互为补充，能够缓解甚至解决生物质单独燃烧产生的结渣及腐蚀等问题，如原煤中含有的 Al_2O_3 、 CaO 、 MgO 等成分可大大降低生物质中K、Na等的析出量

投资成本低

对原有机组的改动较小，项目投资费用低，在充分利用电厂环保排放优势的同时为燃煤电厂提供了一种低成本快速碳减排方案。



政策问题

应当参照欧盟针对大型火电厂掺烧废弃物的污染物控制标准DIRECTIVE 2010 /75 /EU限制重金属、二噁英等污染物的排放，而不是单纯限制掺烧规模。

2006年我国发布的《可再生能源发电价格和费用分摊管理试行办法》中规定，发电消耗热量中常规能源超过20%的项目不享受补贴电价，而大部分耦合发电项目均无法达到此种比例。

我国在耦合发电的电量监管、污染物排放限值、测试标准等方面仍然缺失，应尽快研究制定符合我国国情的燃煤电站耦合发电技术指南和规范，对耦合比例、监测指标、排放限值、检测频次等要求进行细化

01

02

经济问题

污泥处理费180~400 元/t。
垃圾处置费80~100 元/t，折算电量280 kWh/t。

山东省2021年关于做好大型燃煤机组耦合生物质发电相关工作的通知》（鲁发改能源〔2021〕32号）中规定每消耗1万吨生物质燃料，次年奖励78 h计划发电量，年累计奖励不超过750 h，时间暂定5年。



Part **5**

结论及建议

- 多源固废耦合发电能够发挥现有煤电机组的环保优势和降低机组的CO₂排放量，是低成本实现生活垃圾处置的有效途径。
- 采用间接耦合和并联耦合发电对依托机组的运行安全性、污染物排放和能耗指标以及灰渣利用等方面的影响较小；当耦合比例较低时，采用直接耦合发电方式也能满足相关的控制标准。
- 重金属及Cl含量低、耦合比例小时（低于10%）建议选择直接耦合发电方式；重金属及Cl含量高、耦合比例大时建议选择间接耦合发电；并联耦合发电虽然在现有的政策下不存在任何风险，但系统最复杂且经济性最差。
- 建议尽快制定符合我国国情的燃煤电站耦合废弃物发电的技术指南、规范和污染物控制标准。



华能长江环保科技有限公司

HUANENG YANGTZE ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY CO.,LTD.

汇报完毕，请多指教！