

利用现有制粉系统规模化生物质耦合燃烧 技术与示范

谭厚章 教授

西安交通大学 能动学院

tanhz@mail.xjtu.edu.cn

电话: 15829053541

2022年4月23日

-
- 一 大型燃煤机组生物质耦合技术路线
 - 二 国内燃煤机组生物质耦合案例分析
 - 三 沙柳生物质耦合降碳发电技术开发



大型燃煤机组生物质耦合技术路线

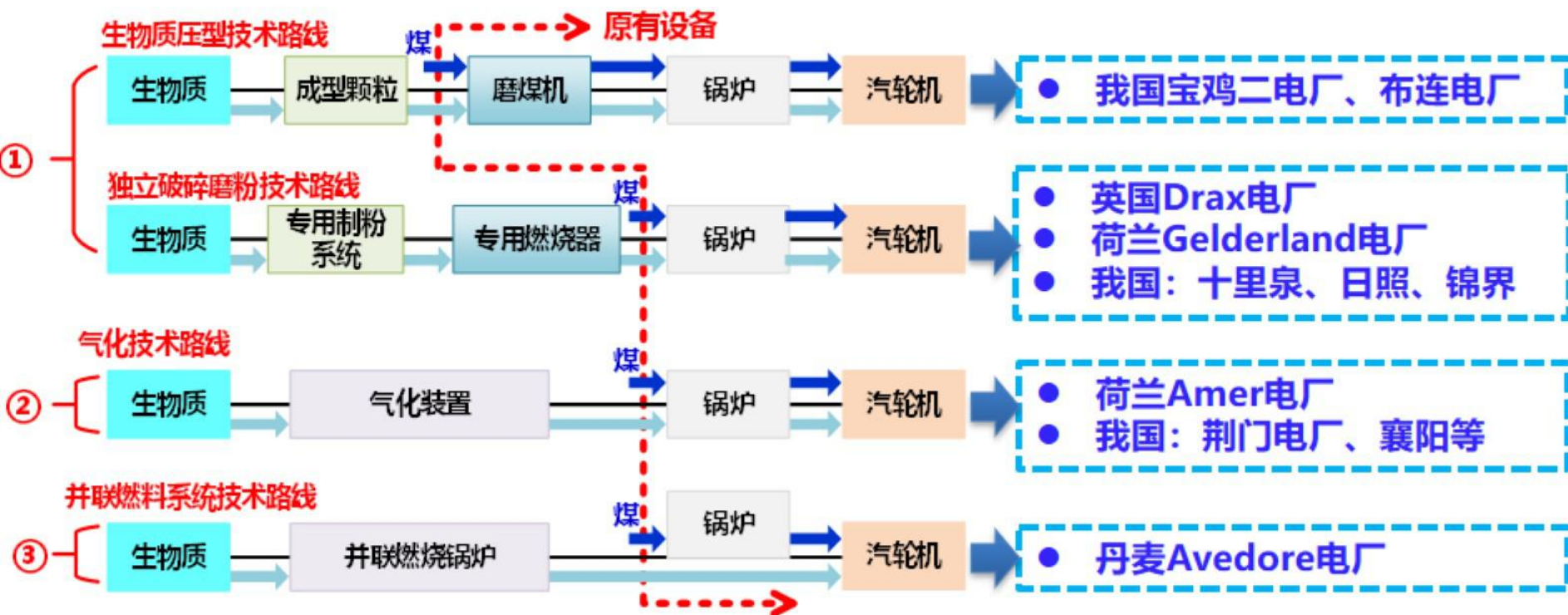
我国生物质掺烧难点：

- 资源总量丰富、资源分散，村庄分散
- 收集困难、运费高
- 破碎困难、管道输送困难（比重低）



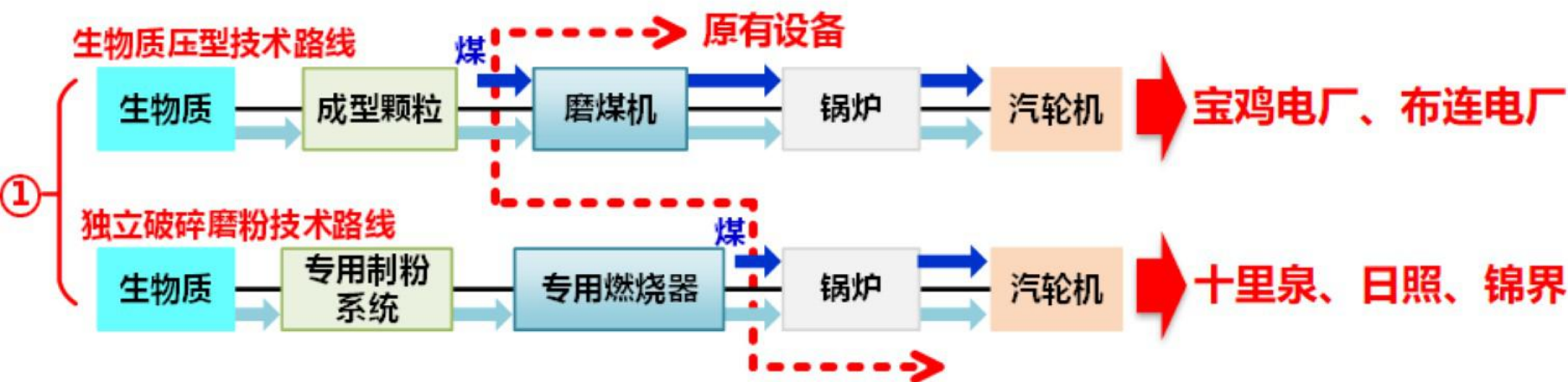
一、技术路线

- 生物质耦合燃煤机组发电方案：① 直燃耦合、② 间接耦合、③ 并联耦合



二、技术路线

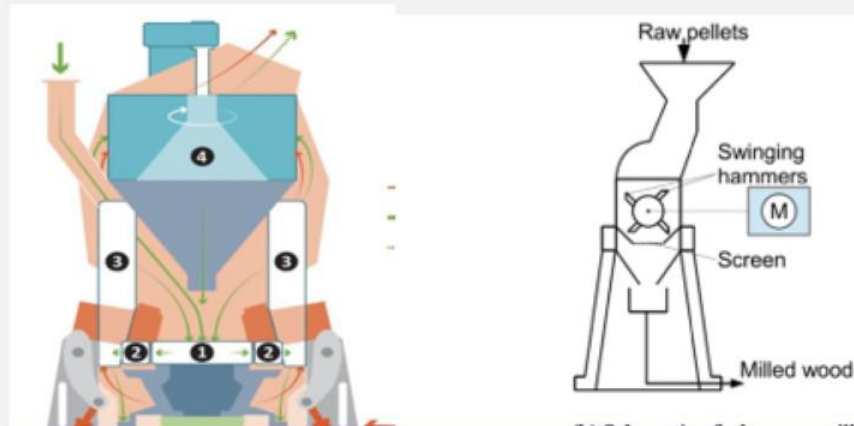
● 国际上大多采用直燃耦合生物质发电的模式



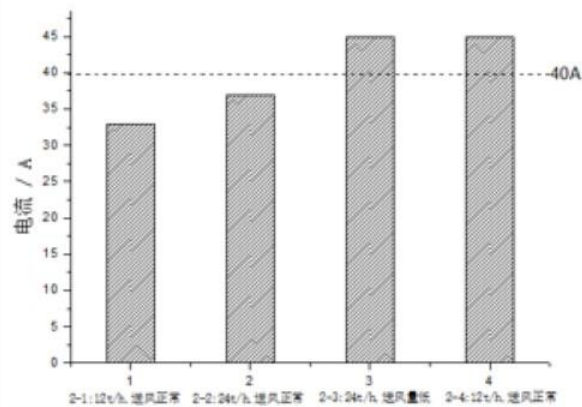
- 压型路线：初投资小，利用现有磨煤机；但燃烧调整要细，预处理费高，最好自建压型生产线；
- 独立破碎磨粉路线：初投资大，十里泉引进BWE技术，对多源生物质适应性差；
- 日照：从5cm破碎到3mm，再直接输送，输送风料比很大，
- 下料困难、破碎机刀片磨损维护量很大。

国内大型煤粉机组耦合生物质存在的问题

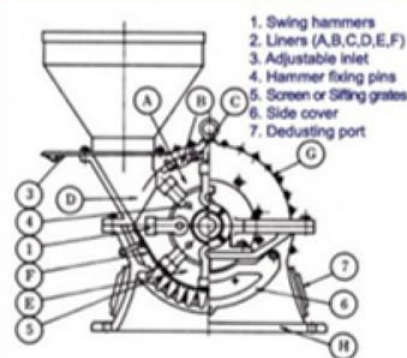
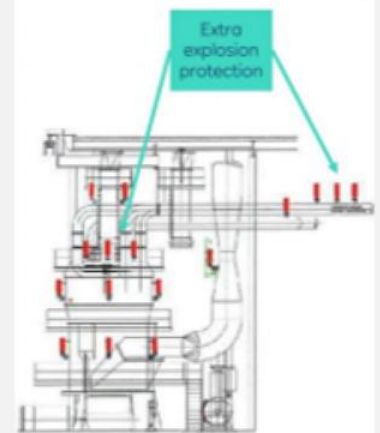
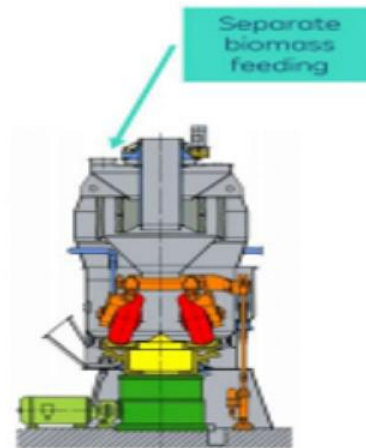
(1) 生物质制粉系统缺乏经验



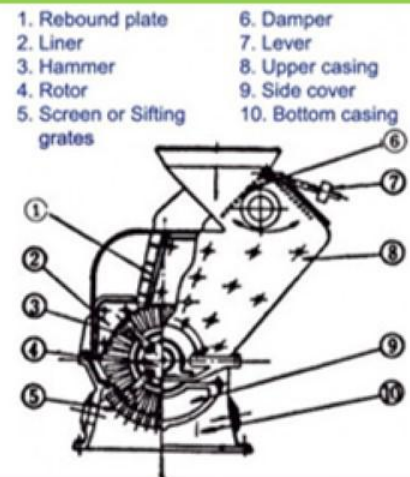
中速磨改造后用于磨制生物质颗粒



西安交通大学的宝二经验



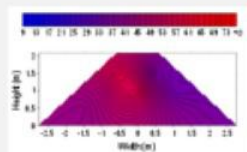
生物质专用锤磨机



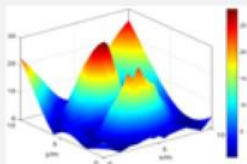
(2) 原料/粉体在储存和输送过程中的安全问题



英国Tillbury电厂原料仓自燃



生物质料堆温、湿度特性



自热反应机理模型



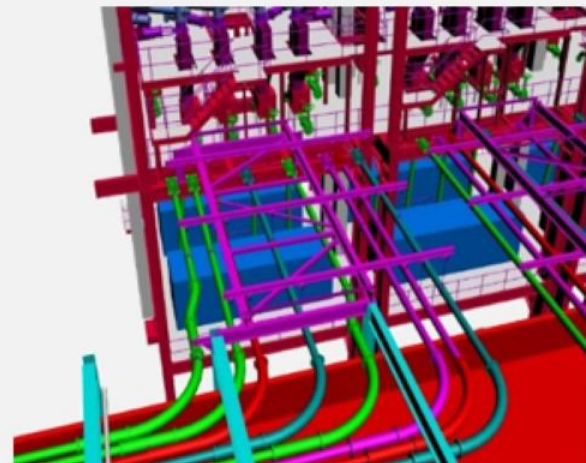
生物质料堆安全监测系统



ETC湿度检测技术



ATS温度检测技术



粉体热风输送自燃

研发非接触式生物质料堆自燃实时监测与智能预测系统

(3) 生物质直燃掺烧入炉物料的品质和量化检测

■ 入炉前计量方法：

- ① 气化耦合：合成气成分分析计量：
- ② 生物质颗粒成型料计量：上料皮带称重
- ③ 直接破碎送入：细破碎前5cm生物质上料皮带称重。

■ 入炉后烟气计量方法：

- ① 基于 ^{13}C 、 ^{14}C 同位素的烟气成分测定法



国内燃煤机组生物质耦合案例分析

国内大型煤粉机组耦合生物质的案例

案例1-华电十里泉电厂
(since 2005)

案例2-国电荆门(气化耦合)
(since 2012)

燃煤机组生物质耦合

案例3-国电宝二电厂
(直吹式) (since 2009).

案例4-白水新元热力
(中储式) (since 2018).

案例1：华电十里泉电厂：我国首个燃煤机组耦合生物质项目

- 华电十里泉发电厂：我国最早运行的在煤粉炉内掺烧生物质的电厂
- 技术：改造1*400t/h的切圆煤粉炉
- 燃料：麦秆、玉米秆
- 设计秸秆消耗量：10.5万吨/年，占燃料总热值的18.6%
- 时间：2005年12月投产



上图：秸秆料仓。

右上：秸秆原料输送。

右下：秸秆原料入锅炉

（三根加料管中，中间的为秸秆，上下均为燃煤）



“华电十里泉模式” 的问题

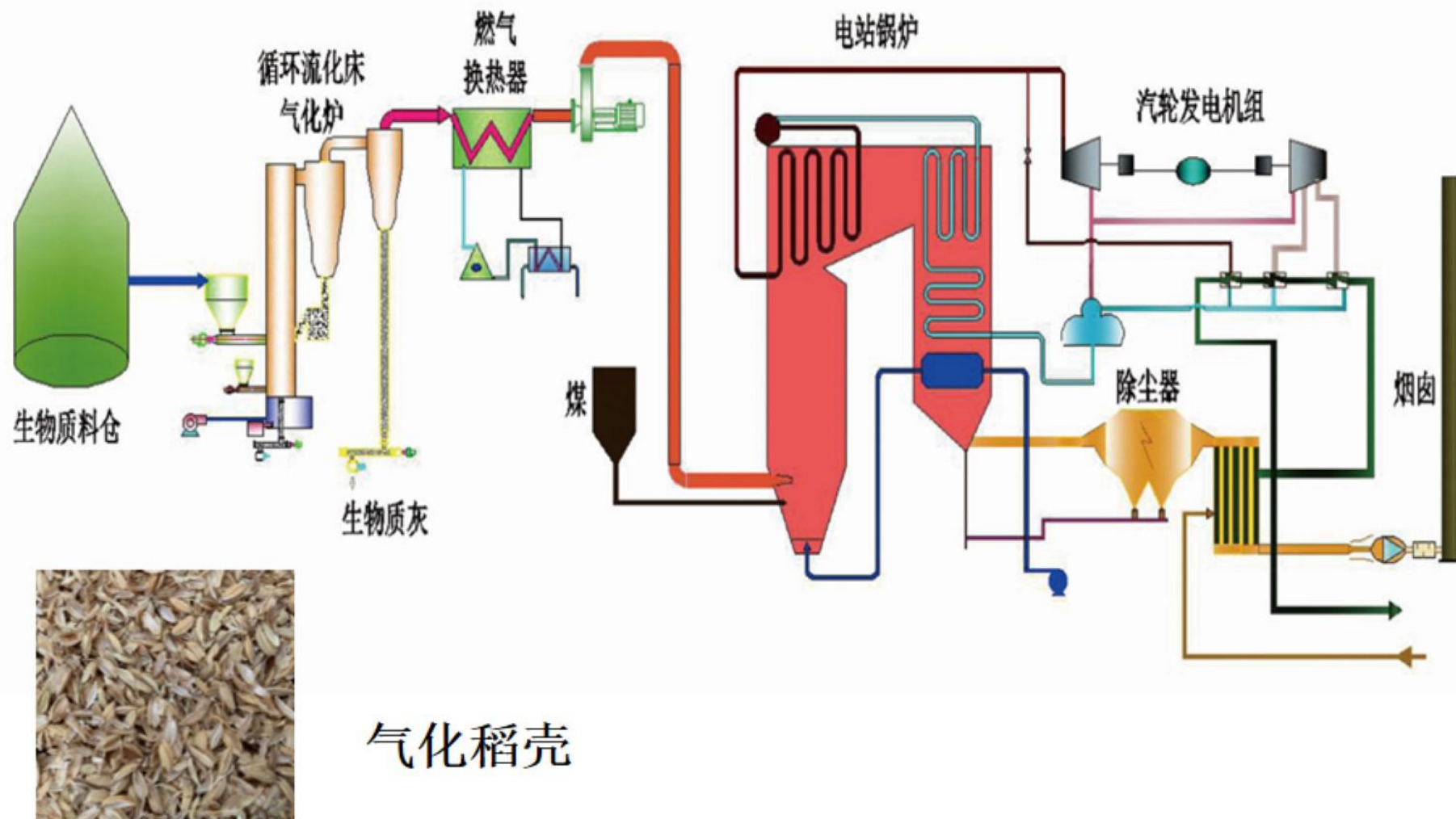
技术:

- 1. 出投资巨大 >85,000,000 元 (2005年) .**
- 2. 秸秆打捆收集, 价格不受控: 200 RMB/t → 500 RMB/t.**
- 3. 切割刀片不适应其他生物质, 来源受限.**
- 4. 实际掺烧比例不到5%.**

政策问题:

- 1. 地方政府补贴0.08 元/kwh.**
- 2. 取消后, 未争取到国家补贴, 停止掺烧.**

案例2：国电荆门生物质气化耦合模式

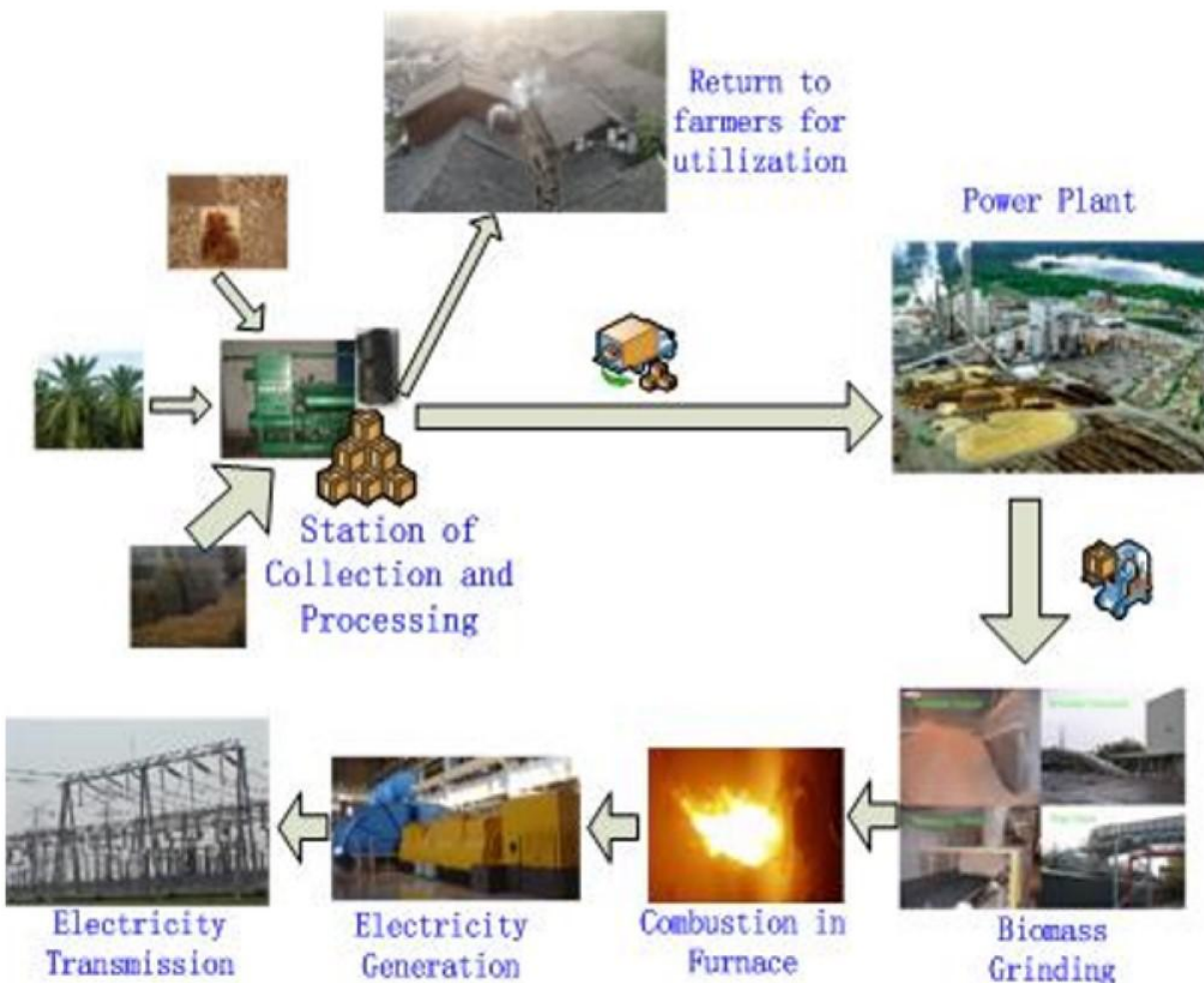


荆门电厂生物质气化耦合



- 优点：不结焦沾污；
- 可计量
- 气化生物质量可大比例
- 缺点：焦油堵塞换热器问题
- 投资大
- 气化生物质原料适应性限制
- 需要国家补贴

案例3：国电宝鸡第二发电厂/西安交大模式 (压型颗粒)



技术优势:

- 初始“零投资”
- 节省运费
- 更大规模化
- 积灰沾污可控
- 无焦油堵塞问题

大型电厂煤粉炉掺烧成型生物质试验

潘升全¹, 谭厚章², 刘 潇¹, 高社民², 王学斌², 徐通模²

(1. 国电宝鸡第二发电有限责任公司, 陕西 宝鸡 721000; 2. 西安交通大学, 陕西 西安 710049)

摘 要: 在某国内 300 MW 燃煤锅炉机组上利用已有磨煤机系统对成型生物质进行粉碎并送入炉内燃烧。试验对已有磨煤机系统磨制生物质粉料的可行性和安全性进行了分析, 研究了生物质掺烧对煤粉炉燃烧特性的影响, 并进一步重点对掺烧生物质产生的飞灰能否用于建筑行业进行了测试分析。试验结果表明: 辊式磨煤机的直吹式制粉系统, 可用于成型生物质的破碎和输送; 生物质燃烧器喷口火焰稳定, NO_x 和 SO₂ 排放略有降低, 掺烧生物质不会影响煤粉的正常燃烧。对飞灰的混凝土特性测试表明: 在本试验的掺烧量范围内, 生物质掺烧不会影响电厂飞灰在建筑行业的正常使用。

关键词: 生物质; 掺烧; 飞灰; 磨煤机

中图分类号: TK229.91

文献标志码: B

文章编号: 1004-9649(2010)12-0051-05

2010年发表了宝鸡二
电厂的掺烧项目文章

第30卷第14期
2010年5月15日

中国电机工程学报
Proceedings of the CSEE

Vol.30 No.14 May 15, 2010
©2010 Chin.Soc.for Elec.Eng.

1

文章编号: 0258-8013(2010)14-0001-06

中图分类号: TK 223

文献标志码: A

学科分类号: 470-20

300MW 燃煤机组混燃秸秆成型燃料的试验研究

王学斌, 谭厚章, 陈二强, 牛艳青, 刘洋, 刘正宁, 徐通模

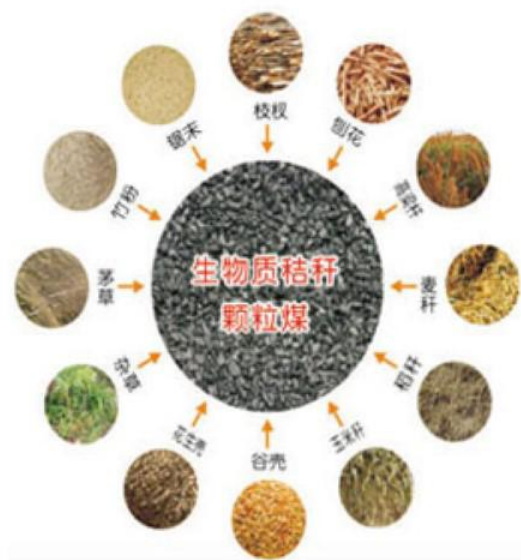
(西安交通大学能源与动力工程学院, 陕西省 西安市 710049)

Experimental Research on Co-firing of Molding-straw in 300 MW
Coal-firing Utility Furnace

WANG Xue-bin, TAN Hou-zhang, CHEN Er-qiang, NIU Yan-qing, LIU Yang, LIU Zheng-ning, XU Tong-mo
(School of Energy and Power, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, Shaanxi Province, China)

压型生物质颗粒特点:

- 密度增大约为 $1\sim 1.2\text{g}/\text{cm}^3$
- 体积小，储运方便
- 燃料致密，热值增高，无碎屑飞扬
- 燃烧后灰渣和烟气中污染物含量小
- 适合北方地区秸秆生物质等。





压型生物质颗粒及压型成套装置

我们建设的宝鸡凤翔县生物质压型颗粒加工基地



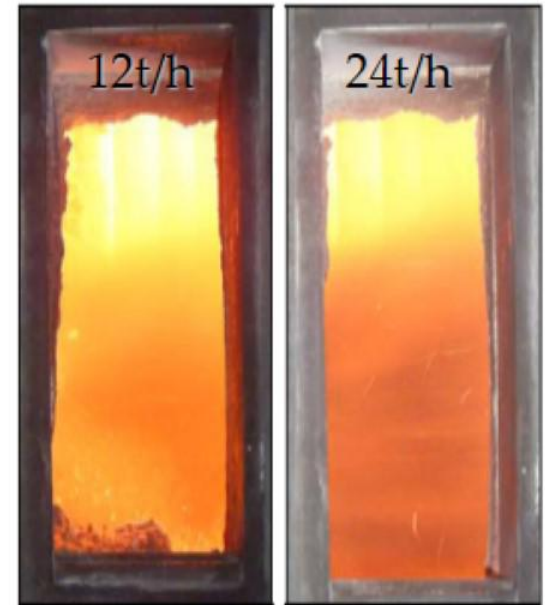
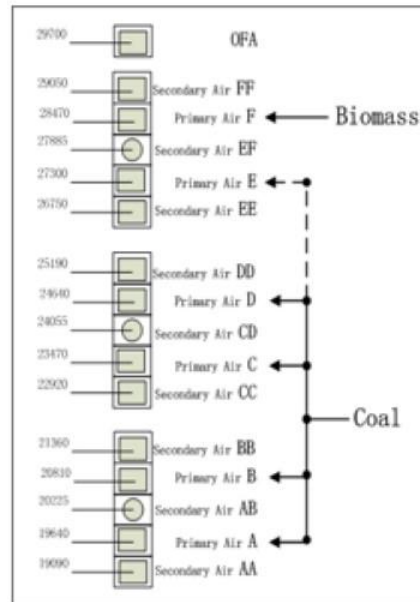
炉型和燃料

■ Furnace Parameters

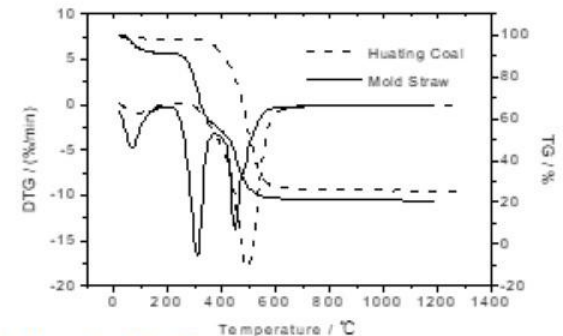
- 300MW, 1025t/h
- Tangentially fired furnace
- A-F, 6 layer combustors
- Medium-speed roller mill
- Direct-blow coal powder system

■ Position of Biomass Feeding

- F bunker (standby one)

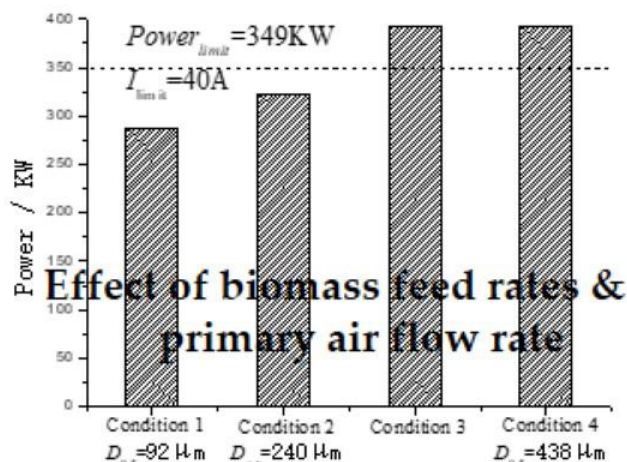
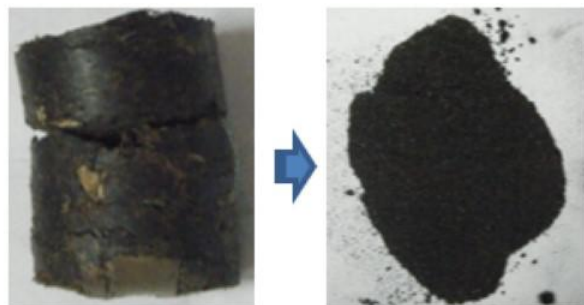


- 12 MJ/kg
- Ash content 28%
- Diameter 34 mm
- Density 1.18g/cm³

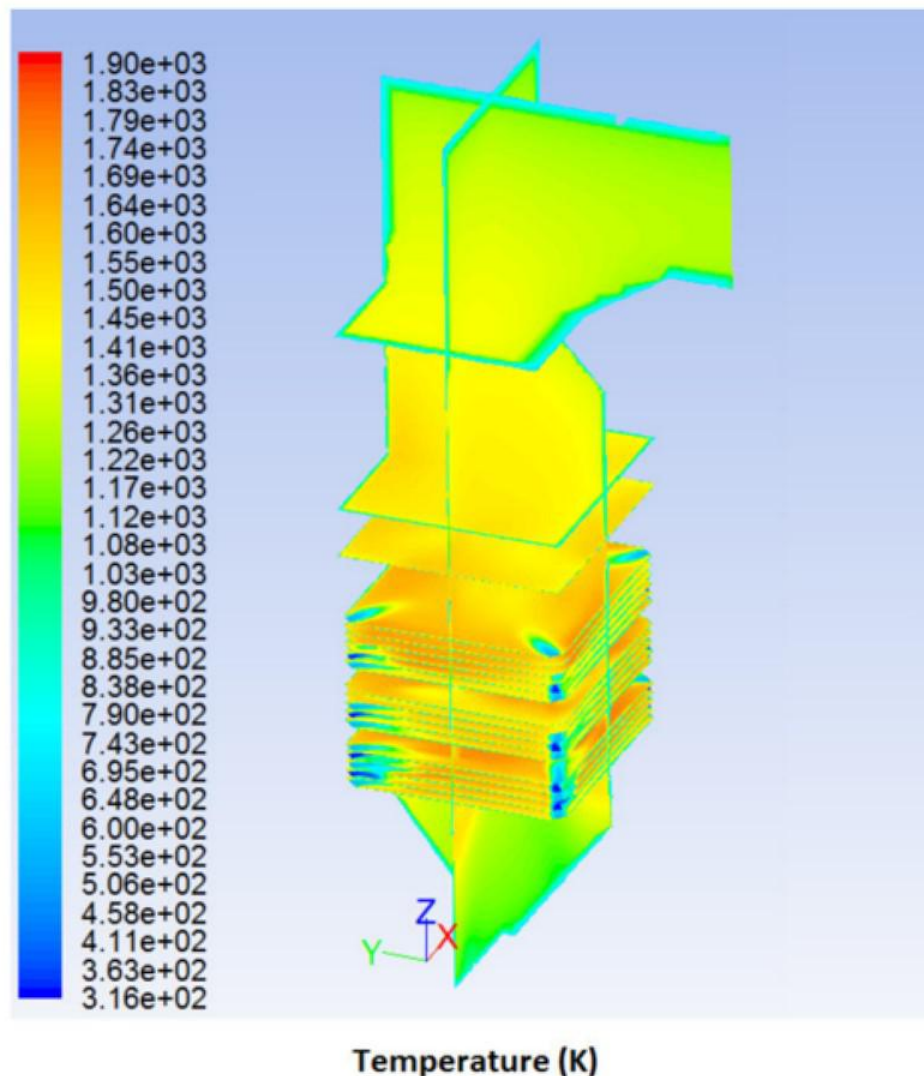


- (1) 磨煤机制粉可行性; (2) 炉膛温度场变化及效率;
(3) 污染物控制; (4) 灰利用.

直吹式中速磨制粉的可行性和安全性



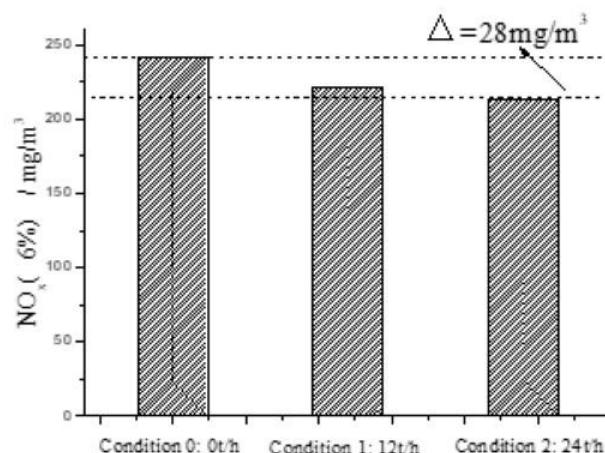
- Coal-mill can be used for biomass pellet grinding.
- Control biomass feeding rate
- Adequate primary airflow.



耦合生物质对锅炉效率和NOx排放的影响

Test conditions	0	1	2
Quantity of biomass feed (t/h)	0	12	24
Inlet temperature of upper mill (°C)	229	78	83
Content of unburned carbon in fly ash (%)	0.179	0.474	0.519
Content of carbon in slag (%)	1.393	1.438	1.269
Exhaust temperature (°C)	135.5	125.5	133
Furnace efficiency (%)	94.673	94.481	94.149

■ 锅炉效率略有降低: 与运行参数控制、送入位置有很大关系



■ NO_x 下降10%左右.

粉煤灰水泥&混凝土特性测试

- 试验根据国标GB/T1596-2005，将飞灰与标准水泥样GSB 14-1510制得胶砂，并与标准胶砂GSB 08-1337进行了对比，对胶砂的需水量、安定性和活性指数进行了测试

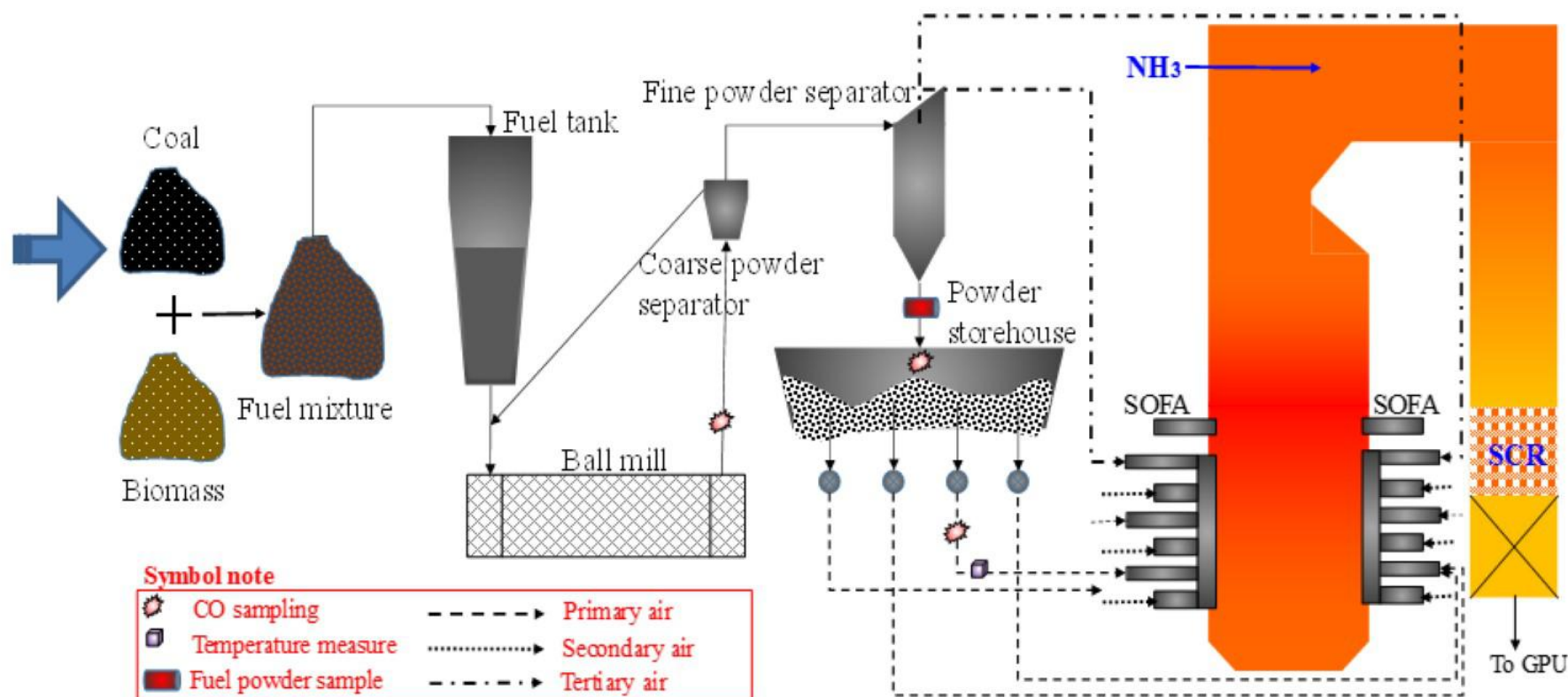
胶砂	标准胶砂	加入工况0/1/2中飞灰的胶砂		
飞灰	无飞灰添加	工况0-纯煤	工况1-12t/h	工况2-24t/h
需水率, %	100	91.15	88.50	88.50
膨胀值, mm	0.50	1.25	1.75	1.75
28天剪切强度,MPa	8.70	8.95	8.95	8.60
28天拉伸强度,MPa	49.6	39.95	37.95	37.45
活性指数	100	80.55	76.50	75.50

>75% ✓

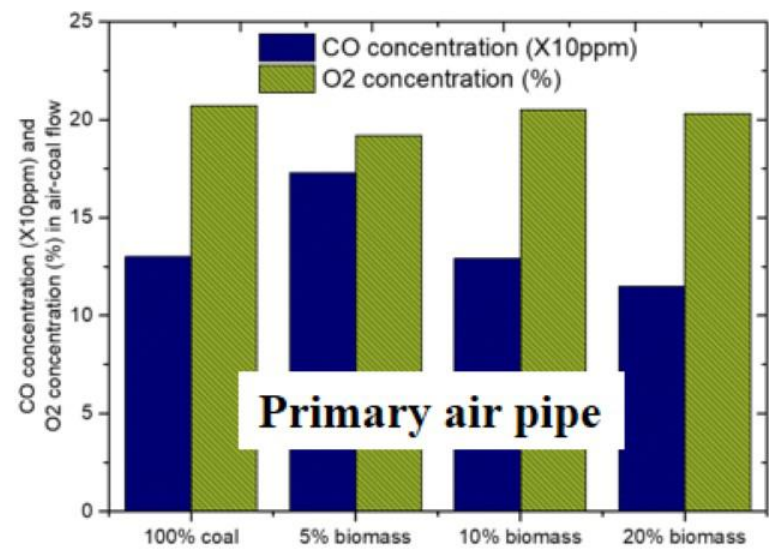
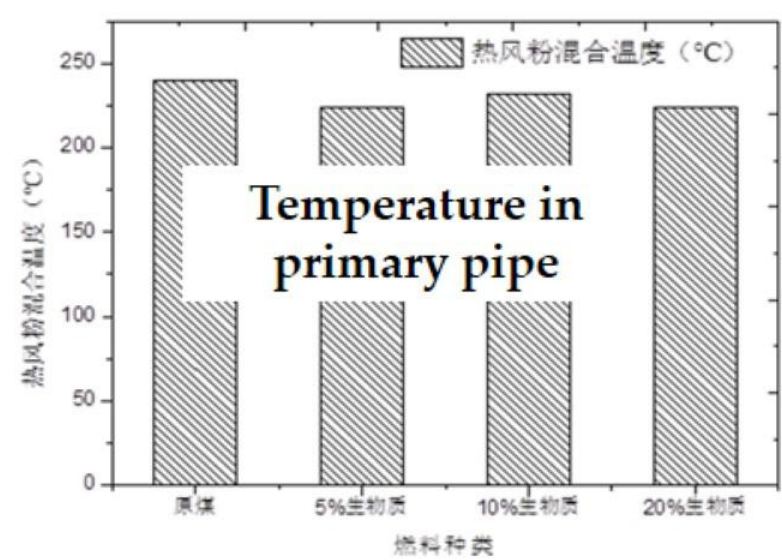
- 据国标GB/T1596-2005规定测试胶砂的活性指数不低于75%时，飞灰才能合格的应用于建筑行业，而表5中的测试结果表明：生物质掺烧所得飞灰对应的胶砂的活性指数均在75%以上，因此在本试验的掺烧量的范围内，掺烧生物质不会影响煤粉炉飞灰在建筑行业的正常使用。

案例4：白水电厂

中储式制粉系统：木质粉料耦合 (2018.6)



重点研究了生物质粉在磨制、储存和热风输送管道中的安全性



耦合生物质对锅炉效率和NOx的影响

Cases	Qnet (MJ/kg)	UBC in ash (%)	UBC in slag (%)	Efficiency (%)
Pure coal	22.67	4.706	11.479	90.88
5% biomass	22.370	4.676	14.063	90.82
10% biomass	22.069	5.769	15.960	90.09
20% biomass	21.468	5.161	15.992	90.11



沙柳生物质耦合降碳发电技术开发



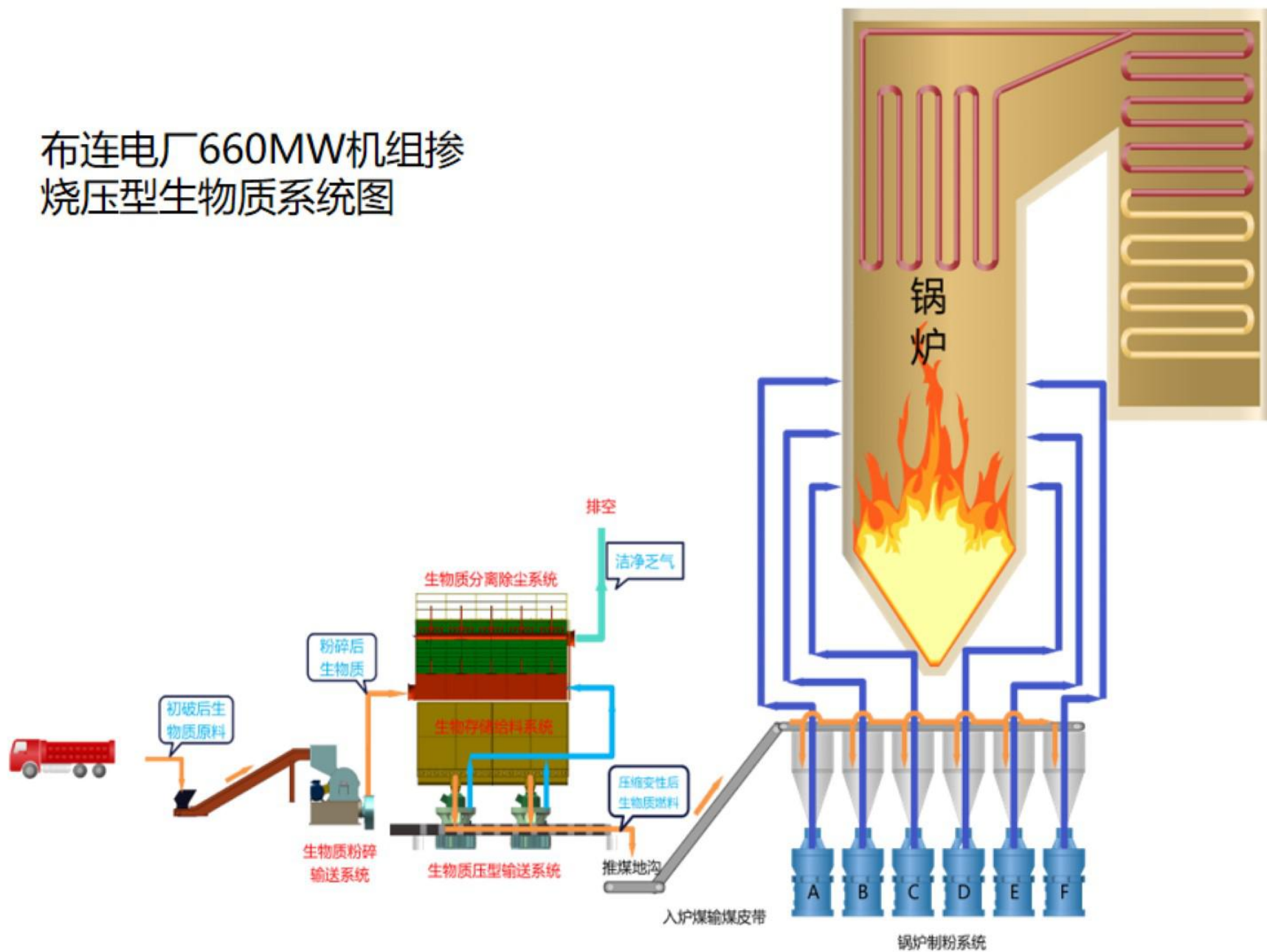
国家能源集团
CHN ENERGY

沙柳生物质耦合燃煤机组降碳发电技术研发与应用

国电建投内蒙古能源有限公司
陕西国华锦界能源有限责任公司



布连电厂660MW机组掺 烧压型生物质系统图



项目研究内容

沙柳生物质压型制备耦合燃煤机组降碳发电技术研发与应用

沙柳生物质全链条利用

收割

子课题（1）：沙柳生物质机械化高效收集和预处理工艺优化

压型

子课题（2）：沙柳生物质压型燃料化关键技术与生产系统开发

制粉

子课题（3）：沙柳生物质压型燃料的堆积储放与制粉特性研究

燃烧

子课题（4）：沙柳生物质粉体燃料输送与燃烧特性研究

影响

子课题（5）：沙柳生物质耦合利用对锅炉性能及污染物排放的影响研究

经济性

子课题（6）：燃煤机组耦合压型生物质的经济性分析

项目创新点：

- (1)开发形成沙柳生物质“种植-收割-压型-制粉-燃烧”的全链条式利用模式，利用现有制粉系统对生物质进行碾磨，对锅炉整体燃烧性能的影响最小化。
- (2)开发适用于生物质破碎及压型全封闭自动化系统，实现生物质处理、加工的自动化和密闭性，节省人力资源，满足环保排放要求。
- (3)通过技术开发及装备应用，形成沙柳生物质与燃煤发电机组耦合全生命周期的低碳利用模式，增加农民收入，带动地方经济发展，促进生态文明建设及乡村振兴。

项目经济效益

序号	经济效益	说明
1	沙柳替代燃煤产生效益	每年掺烧沙柳20-40万吨，沙柳612.5元/tce，标煤价格750元/吨，产生效益 1576-3135万元/年
2	减排CO ₂ 产生效益	每年掺烧沙柳20-40万吨，CO ₂ 减排29.6-58.2万吨/年，每吨CO ₂ 价格30元，产生效益 889-1778万元/年
3	生物质掺烧降低供电煤耗	掺烧沙柳生物质，降低供电煤耗 18-36 g/kWh
4	生物质掺烧，可生产“绿电”	每年掺烧沙柳生物质20-40万吨，发“绿电” 3.8-7.6亿千瓦时

项目社会效益

序号	社会效益	说明
1	减少二氧化碳排放	每年掺烧生物质20-40万吨，代替标煤11.4-22.8万吨， 减排二氧化碳29.6-59.2万吨
2	降低污染物排放	掺烧生物质可以 降低NO_x的排放10-15%和SO₂的排放5% ；节约运行成本
3	减少粉尘的排放	生物质灰分仅为煤的1/5左右，燃煤灰分按10%计算， 每年减少粉尘排放1-2万吨
4	带动地方经济发展和乡村振兴	每年掺烧生物质20-40万吨，每吨生物质260元，每年 增加农民收入5200-10400万元
5	植树造林，促进沙漠绿化，实现生态文明的建设	带动当地进一步种植沙柳的动力，更好绿化城市，实现生态文明建设

请专家批评、指正！