

第二届燃煤锅炉耦合生物质发电技术应用研讨会



别如山

哈尔滨工业大学能源科学与工程学院教授，博导，循环流化床课题组组长。中国工业锅炉节能减排专业委员会委员，中国电器工业协会工业锅炉分会委员。主持完成循环流化床锅炉、生物质锅炉、生物质循环流化床气化炉、生活垃圾焚烧炉、垃圾飞灰高温熔融二恶英零排放研究、污泥干燥与焚烧处理、含盐有机废液焚烧炉、草浆造纸黑液流化床碱回收技术、医疗垃圾焚烧炉等科研及工程项目60余项。在国内外杂志上发表学术论文130余篇，其中SCI、EI收录50余篇。

生物质双循环流化床气化及污泥干化与燃煤锅炉耦合技术

2019年4月17-18日 中国·石家庄

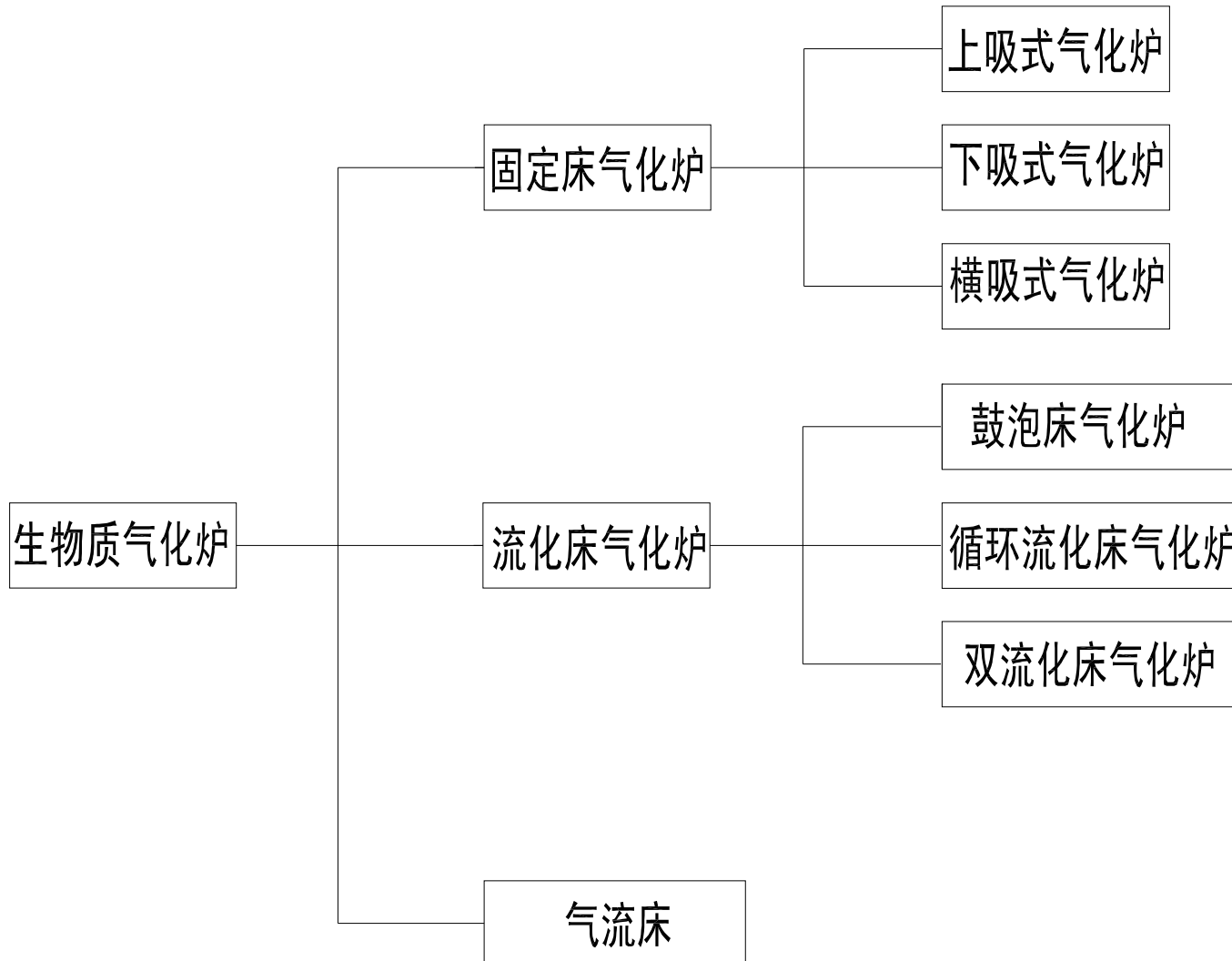
生物质双循环流化床气化及 污泥干化与燃煤锅炉耦合技术

哈尔滨工业大学

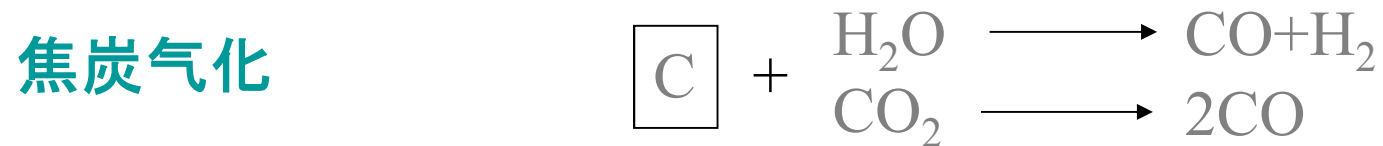
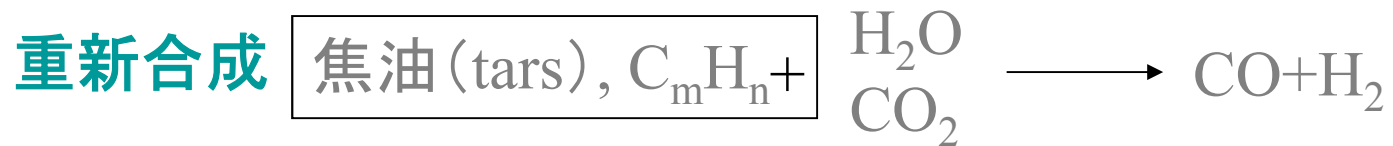
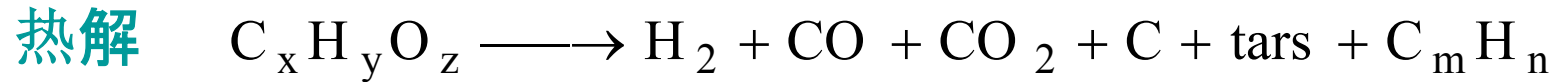
别如山

1、气化技术介绍

1.1 生物质气化炉分类



1.2 化学反应



1.3 技术分类

- 气化剂
 - 空气
 - 氧气
 - 蒸汽
- 气化压力
 - 常压
 - 高压
- 气化所需的热量
 - 自热式
 - 间接换热

1.4 固定床: 上吸式

- 特点

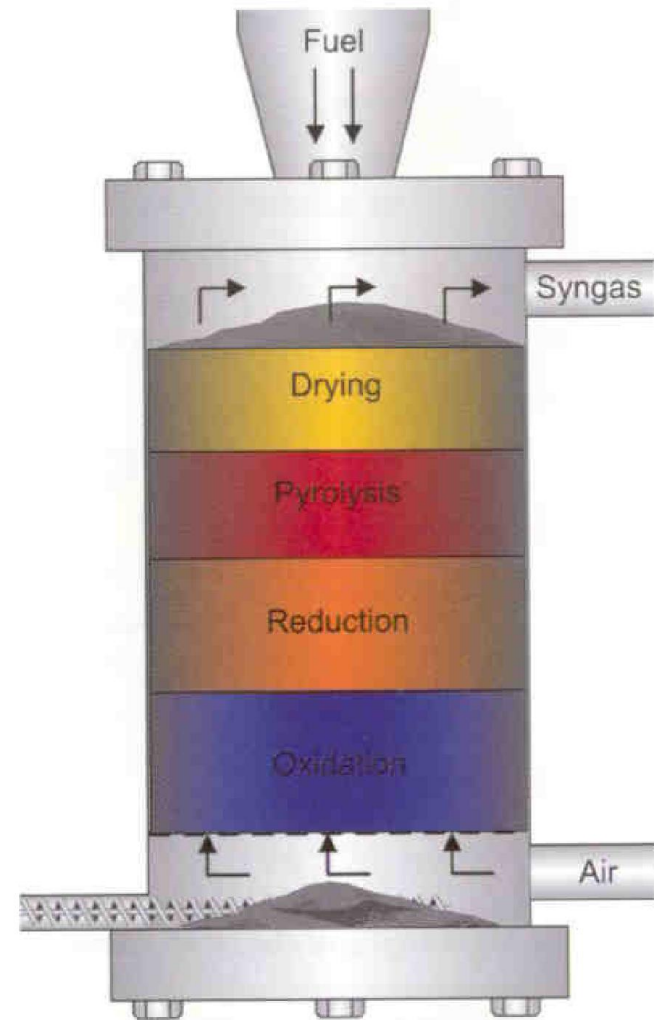
燃气向上，燃料向下

- 优点

- 结构简单
- 燃料适应性好

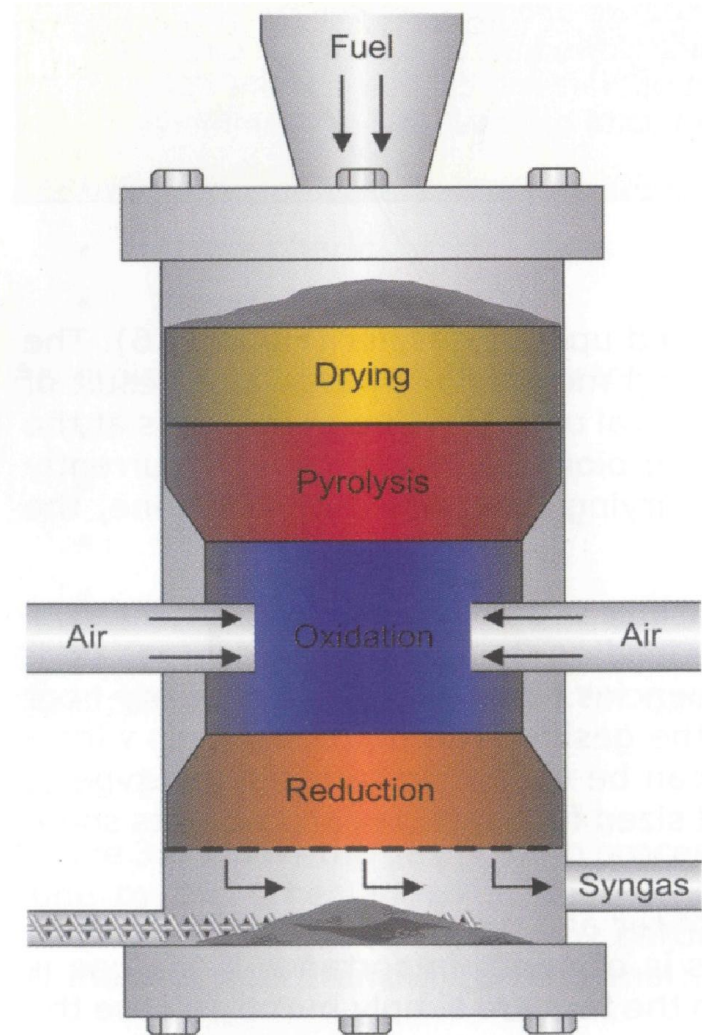
- 缺点

- 焦油含量高
- 容量小
- 难以大型化



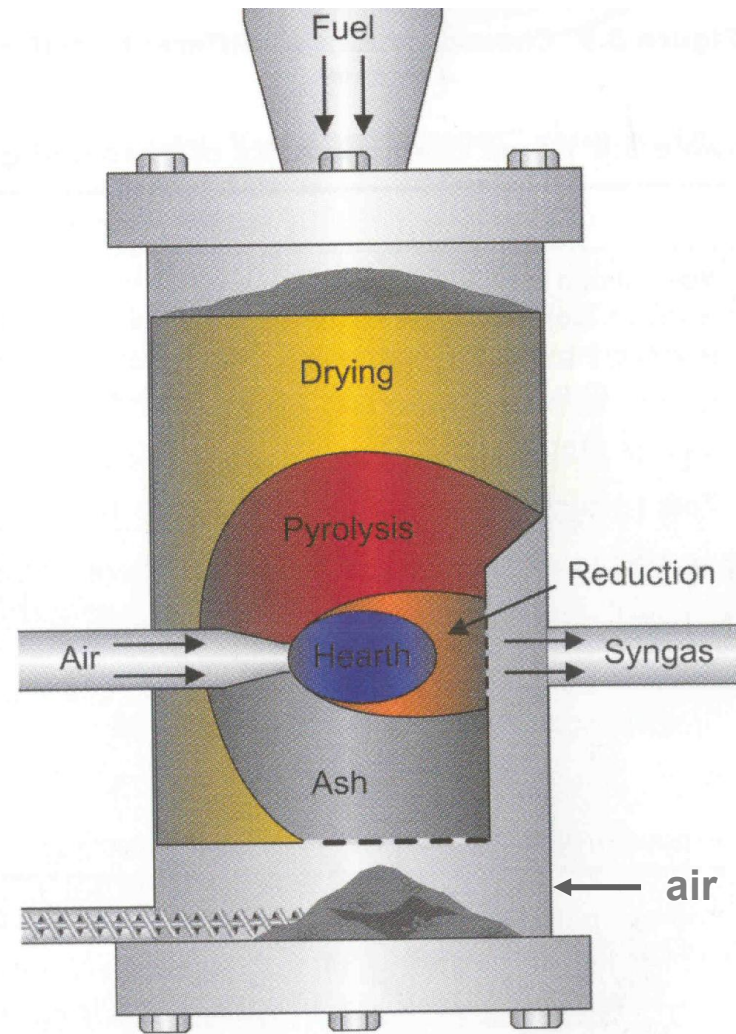
1.4 固定床：下吸式

- 特点
 - 燃气、燃料向下流动
- 优点
 - 焦油含量较低
 - 气化效率较高
- 缺点
 - 含灰量高
 - 难以大型化
 - 燃料要求严格 (水分 < 25%, 粒径: 20~100 mm)



1.4 固定床: 横吸式

- 特点
 - 中间进气，中间出气
- 优点
 - 结合上吸式和下吸式优点;
 - 低灰、低焦油
- 缺点
 - 焦油分解能力有限
 - 难以大型化
 - 燃料要求严格 (同下吸式)



1.5 固定床特点

	downdraft	updraft	Cross draft
Fuel (wood)			(charcoal)
- moist. cont. (% wet basis)	12 (max. 25)	43 (max. 60)	10 - 20
- ash content (% dry basis)	0.5 (max. 6)	1.4 (max. 25)	0.5 - 1.0
- size (mm)	20 - 100	5 - 100	5 - 20
Gas exit temp (°C)	700	200- 400	1250
Tars (g/Nm) ³	0.015- 0.5	30- 150	0.01 - 0.1
sensitivity to load fluctuations	sensitive	not sensitive	sensitive
Producer gas LHV (MJ/Nm ³)	4.5- 5.0	5.0- 6.0	4.0 - 4.5

1.6 固定床气化炉总体评价

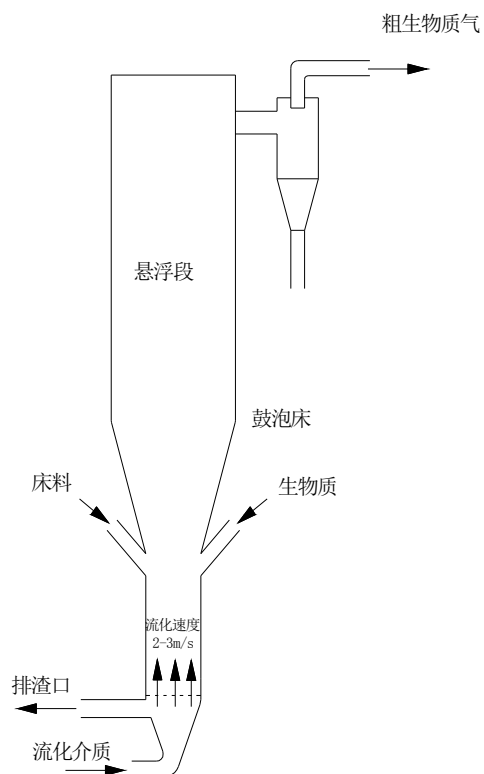
优点:

- ◇ 简单、价廉;
- ◇ 焦油含量较低（下吸式及横吸式）;
- ◇ 适用于高水分（上吸式）、尺寸较大的燃料.

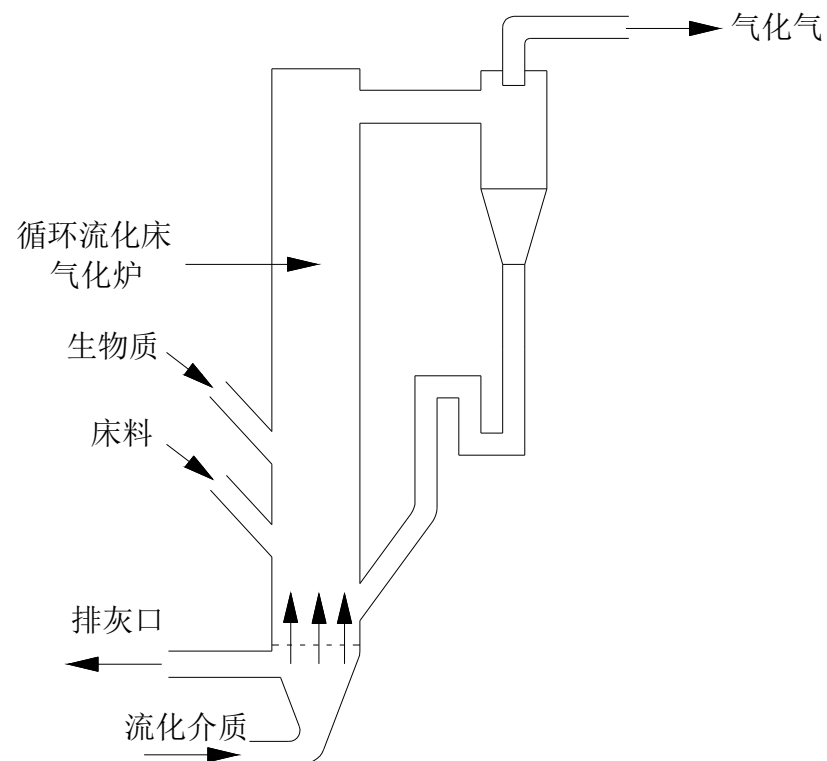
存在问题:

- ◆ 对高灰分燃料不太适用;
- ◆ 床内容易搭桥和穿孔;
- ◆ 形成结渣;
- ◆ 放大受限;

1.7 流化床和循环流化床气化炉



鼓泡床气化炉



循环床气化炉

1.8 BFB和CFB的优缺点:

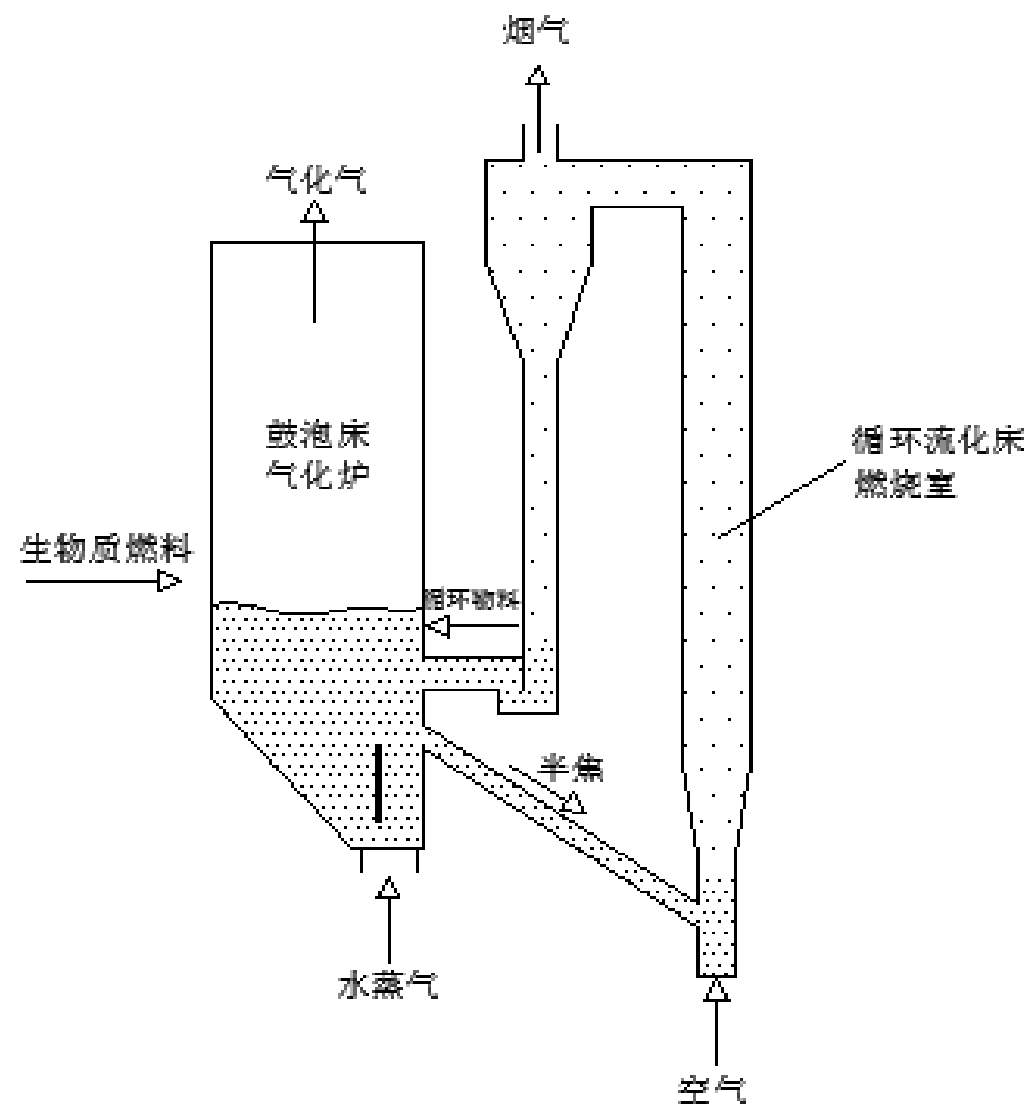
- 优点

- 结构紧凑（换热速率高、反应速度快）；
- 温度范围窄，对气化产物有利；
- 燃料适应性好 (水分 $<15\%$, 含灰量, 体积密度, 等);
- 允许较低的灰熔点 ($<900^{\circ}\text{C}$);
- 适于大型化 ($<100 \text{ MW}_{\text{th}}$).

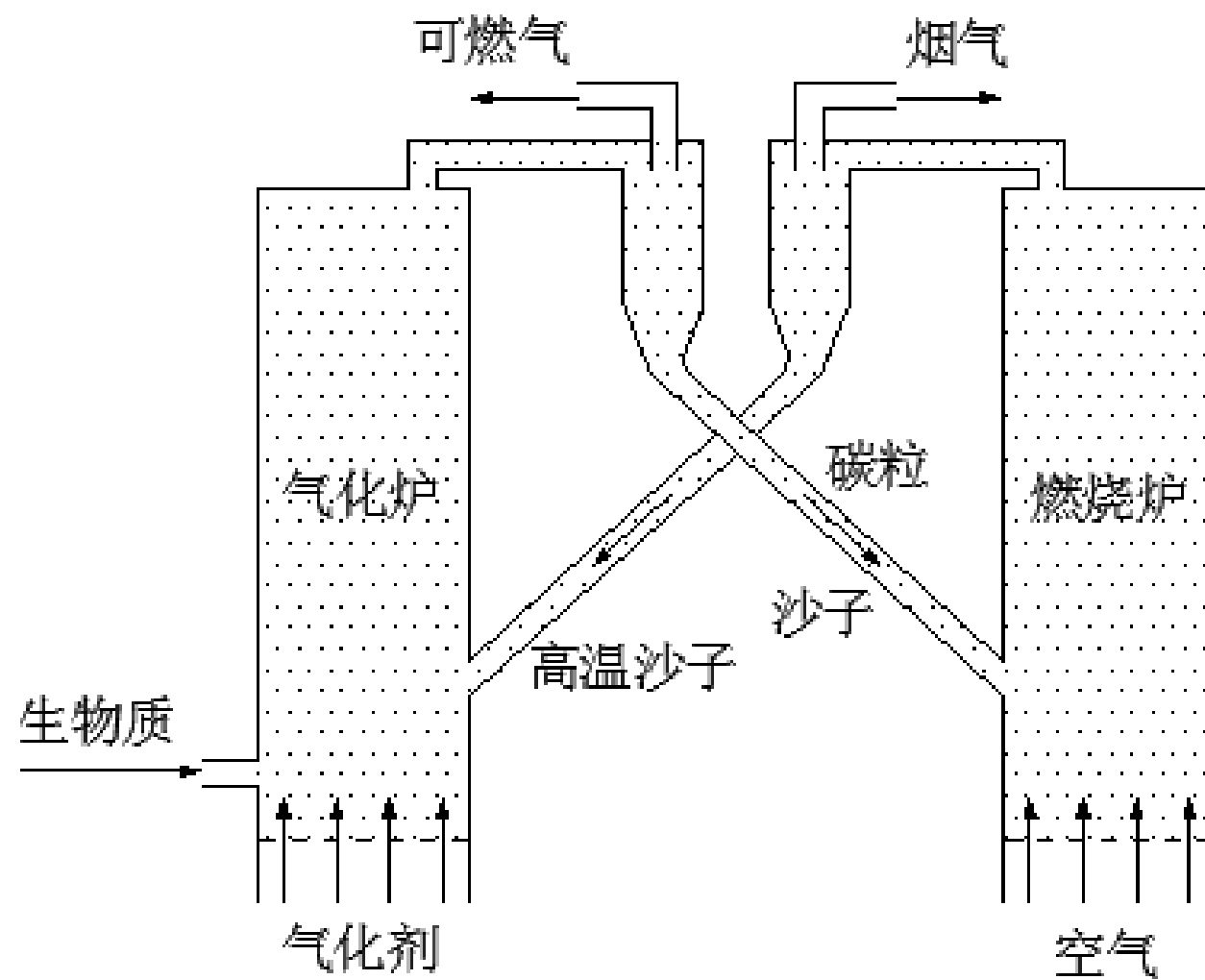
- 缺点

- 灰量及焦油含量高;
- 含有碱金属蒸汽;
- 相对于固定床气化炉运行操作与控制难度较大.

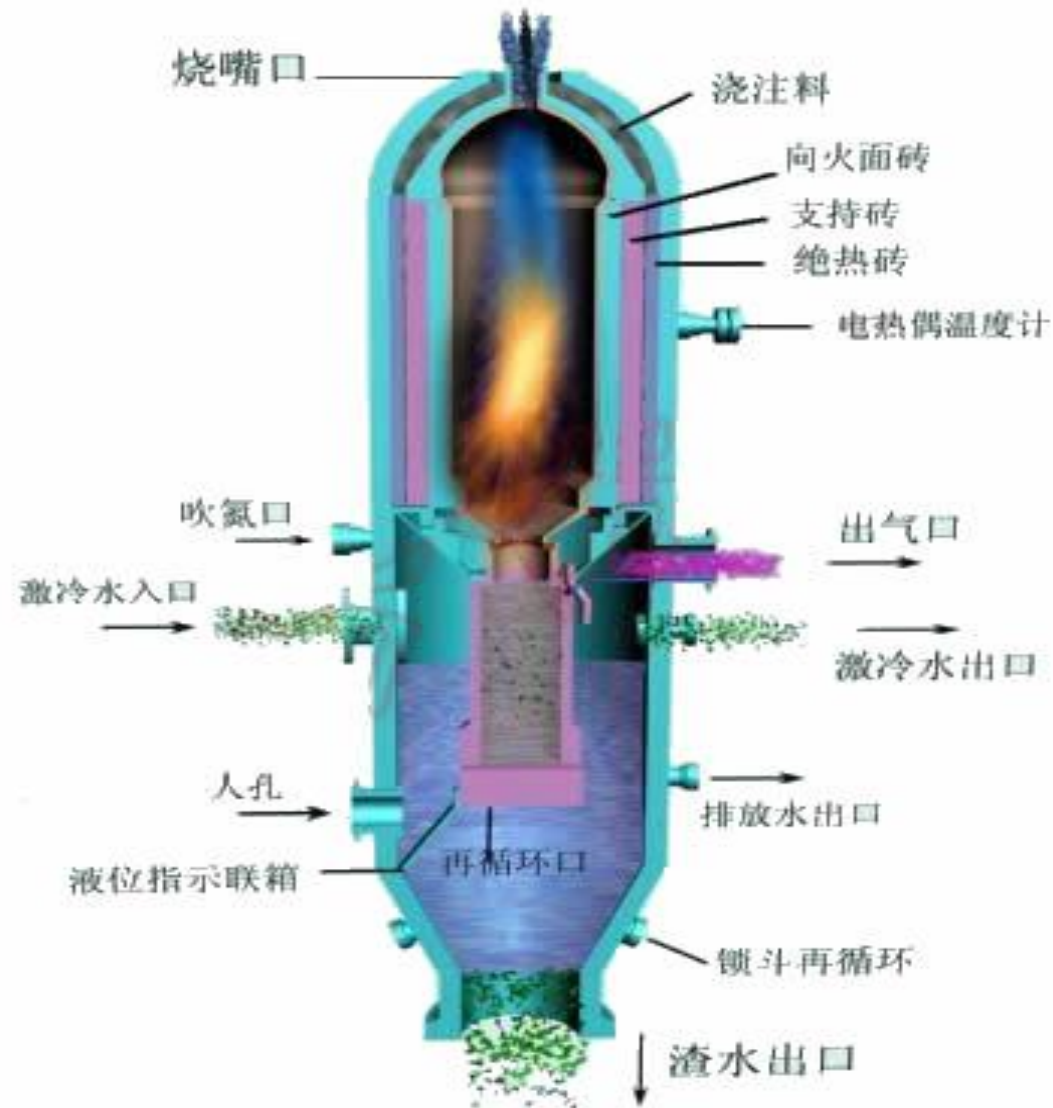
1.9 双流化床(I)



1.9双流化床(II)



1.10 气流床 (Entrained flow gasifier)



特点

- 固体或液态给料;
- 停留时间短 (1~3 s);
- 高温 (1300~1600 °C);
- 高压 (25~60 bar);
- 容量大 (>100 MW_{th});
- 燃气中没有焦油;
- 碳转化率高.

缺点

- 成本高 (材料及空分系统);
- 控制、运行复杂;
- 仅适用于大型气化方式

2、双循环流化床气化炉+生物质炭+燃煤锅炉耦合

- 循环流化床气化炉含碳量较高，达到25-30%，影响气化效率进一步提高；
- 提出双循环流化床气化炉，飞灰含碳量低于10%，
- 采用高效低阻分离器，减少系统阻力。

1200万
大卡双
循环流
化床稻
壳气化
热风炉



2台
20t/h-
3.82-
450双
循环流
化床稻
壳气化
发电锅
炉



特 点

为了提高气化效率，降低飞灰含碳量，
飞灰含碳量小于10%，采用双循环流化床
气化炉+生物质炭+煤粉炉耦合，采用高效
低阻旋风分离器，3个分离器阻力相当于2
个旋风分离器，已获专利。

3、差速流化床气化炉+生物质 炭+燃煤锅炉耦合

- 基于鼓泡床气化炉中生物质与床料密度差大，混合效果差，含碳量高，气化效率较低；
- 提出差速流化床气化炉，大幅改善生物质与床料混合效果，提高气化效率。

3、10t/h流化床气化炉



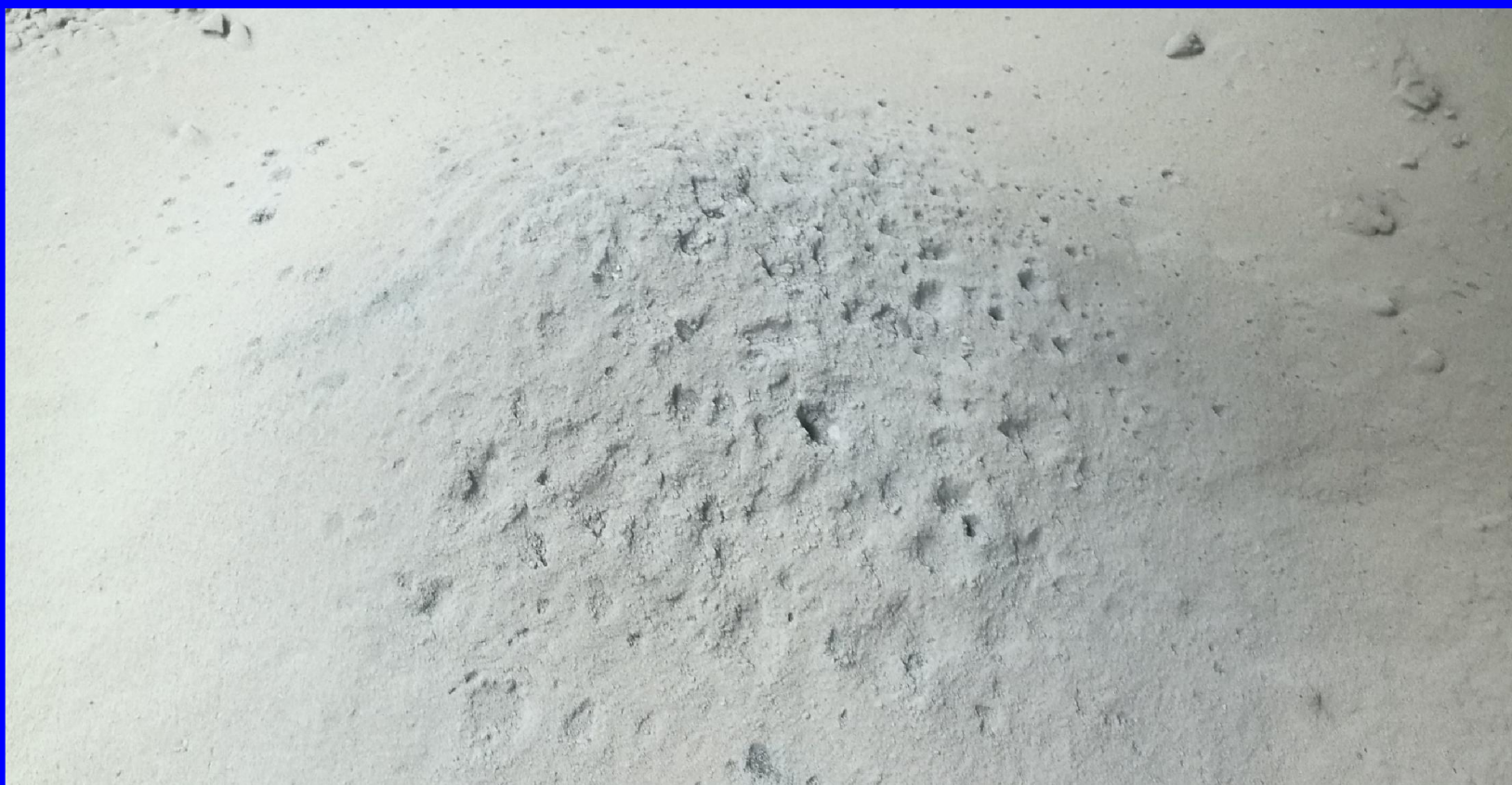
3、10T/h气化室控制柜



3、分离器排出的炭



3、布袋除尘器放灰



3、气化炭



4、层燃炉气化炉与燃煤锅炉耦合

- 流化床及循环流化床气化炉需要高压鼓风机，阻力大，电耗高，系统复杂，造价高；
- 提出层燃炉气化炉+生物质炭+燃煤锅炉耦合

4、100t/h链条炉改为气化炉 +二燃室燃尽



5、污泥处置现状

- 到2020年，污泥产量达到6000万吨(80%含水率)，工业废水占比40-50%，污水中60%污染物(有毒有机物，重金属，抗生素、化妆品等)富集在污泥中；
- 污泥处置方法：(1)卫生填埋，(2)好氧堆肥，(3)厌氧发酵，(4)焚烧，最彻底，(5)碳化(原则上可行，泥沙含量高，灰分45-50%，含碳量低，固定炭一般5-6%)；
- 德国64%污泥焚烧处理，日本80%焚烧处理；
- 沈阳一天1800t湿污泥(80%)，不允许填埋，累计150万吨污泥要求3年处理完。

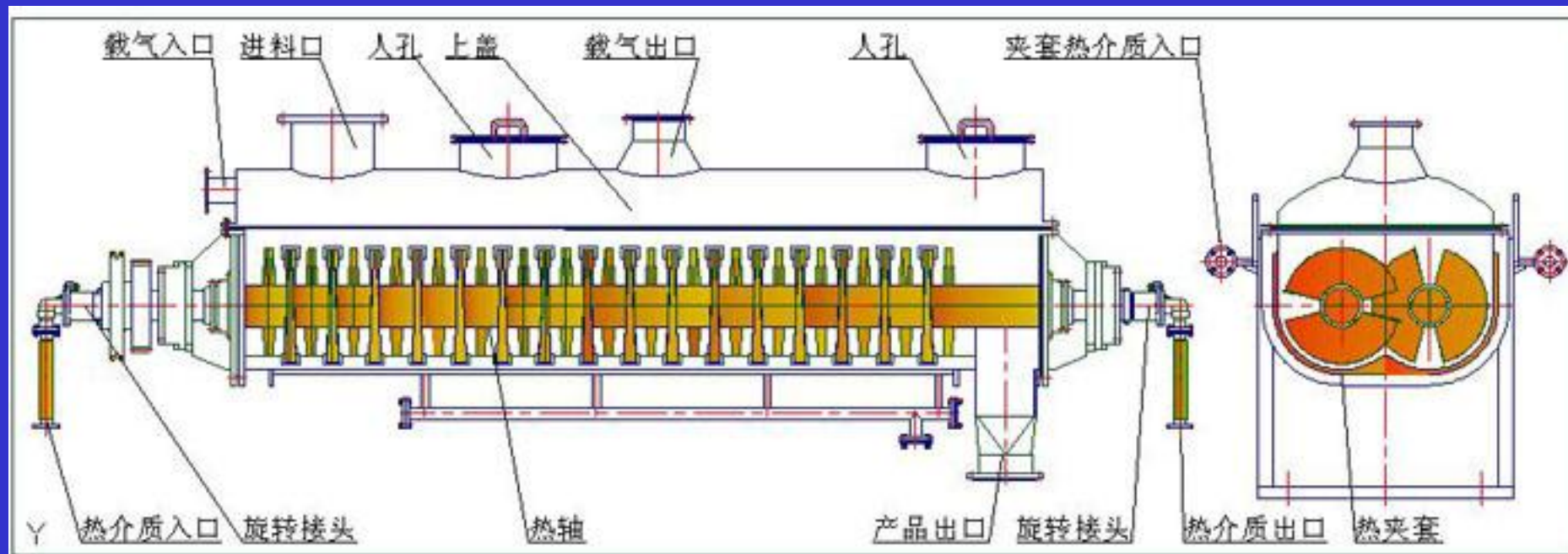
5.1 目前国内污泥干化与焚烧模式

污泥干化采用桨叶干燥机、圆盘干化、薄层干化、流化床干化等间接干化(能耗高)，焚烧采用流化床焚烧炉+余热锅炉。烟气净化采用炉内脱硫+SNCR+活性炭喷射+布袋除尘器+湿法脱硫。

5.2、国内污泥干化设备

- 1、桨叶干燥机
- 2、圆盘干燥机
- 3、蒸汽薄层干燥机
- 4、流化床干燥机
- 5、喷雾干燥机
- 6、空气能低温干化机

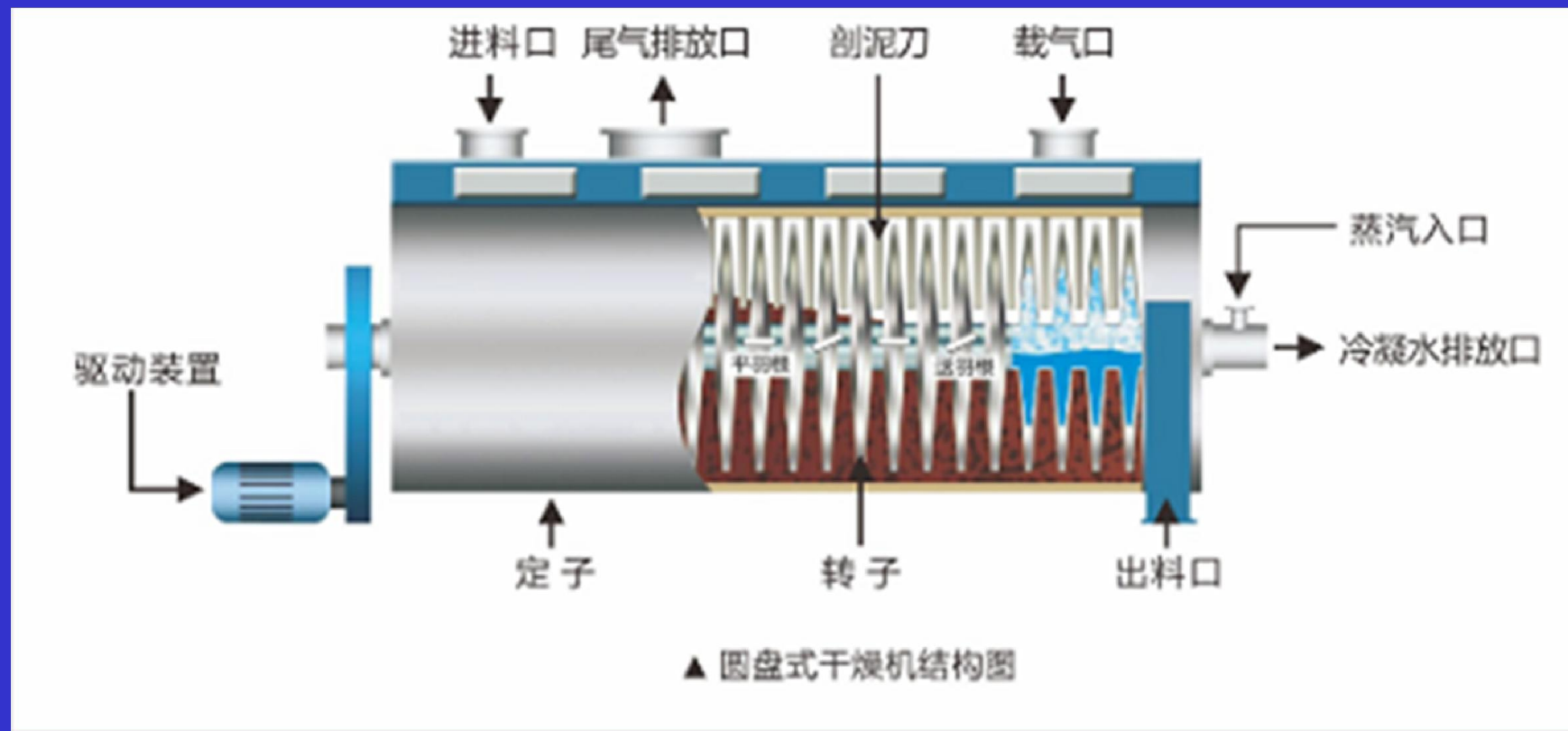
5.2.1 桨叶干燥机示意图



5.2.1 桨叶干燥机实物



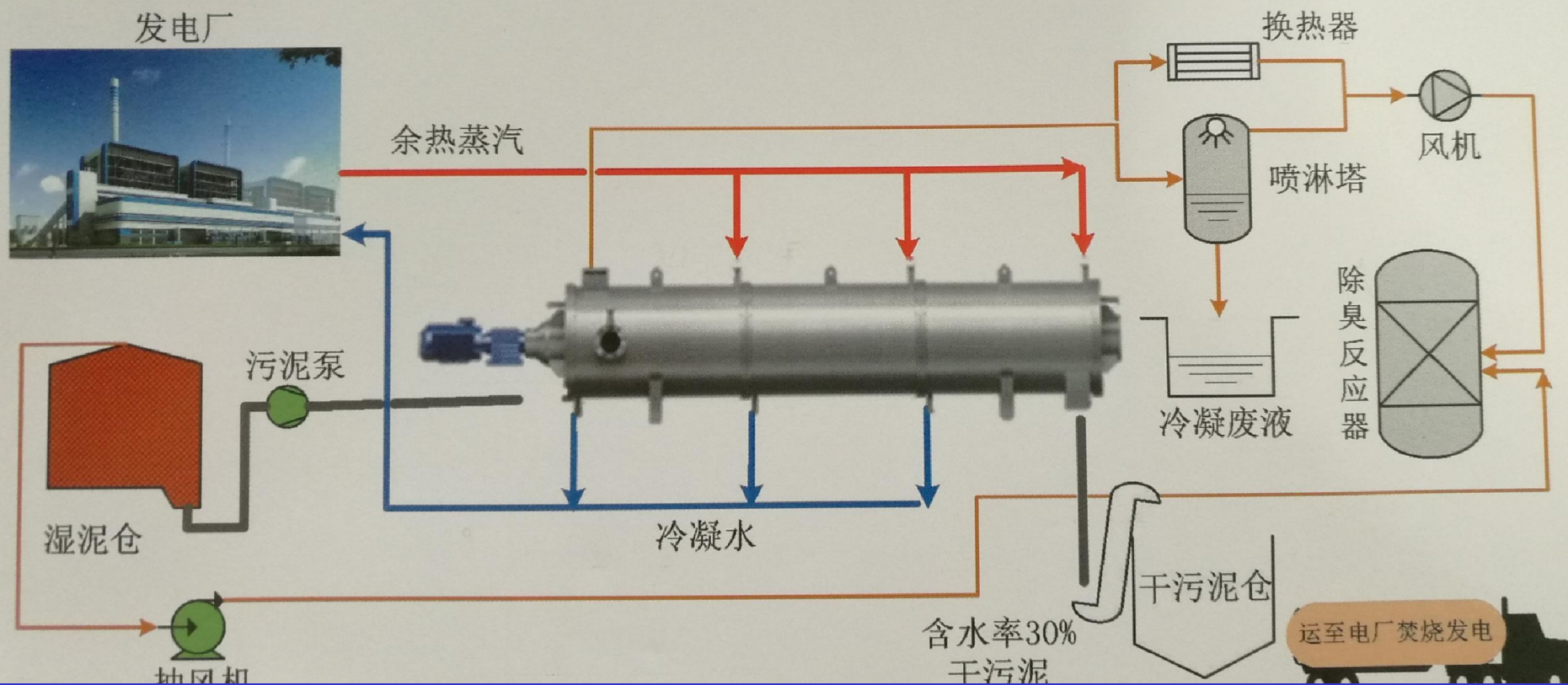
5.2.2 圆盘干燥机



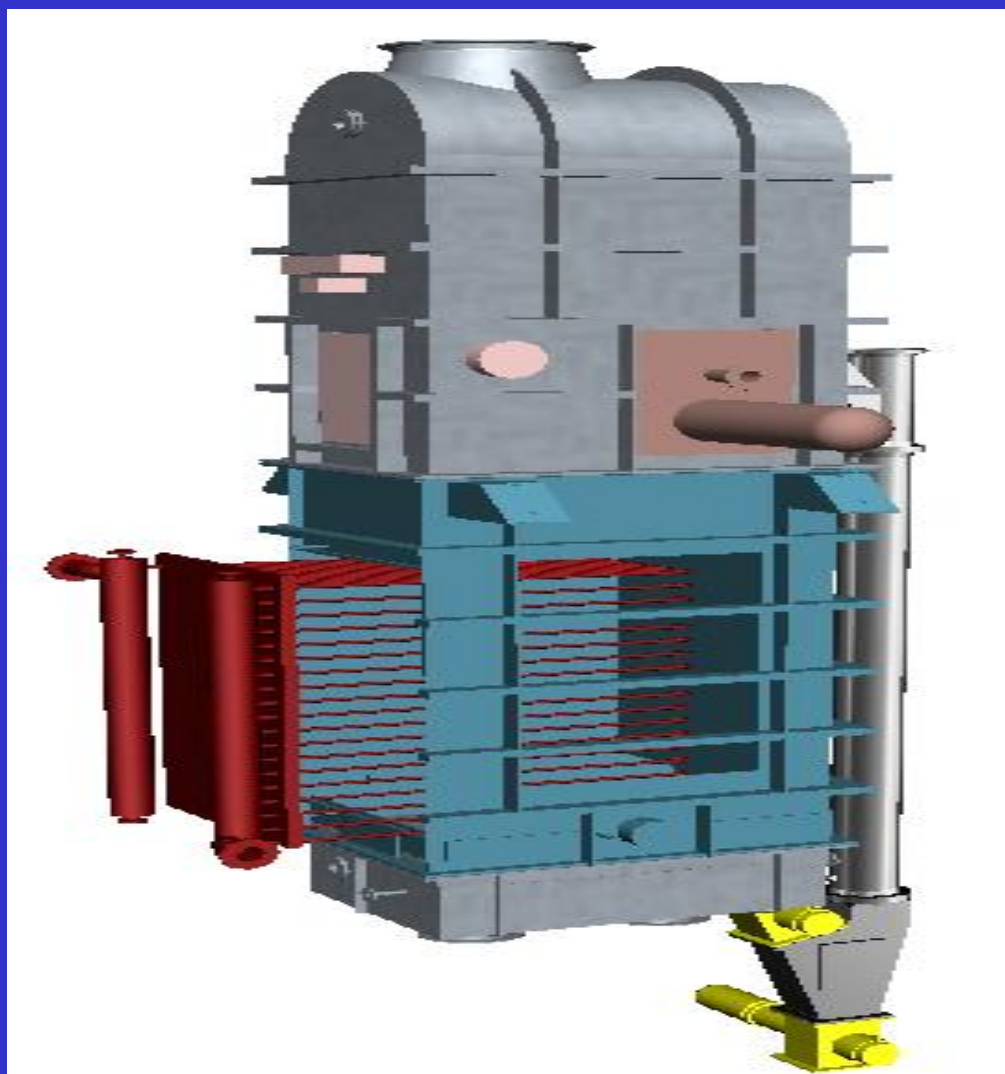
5.2.2 圆盘干燥机实物



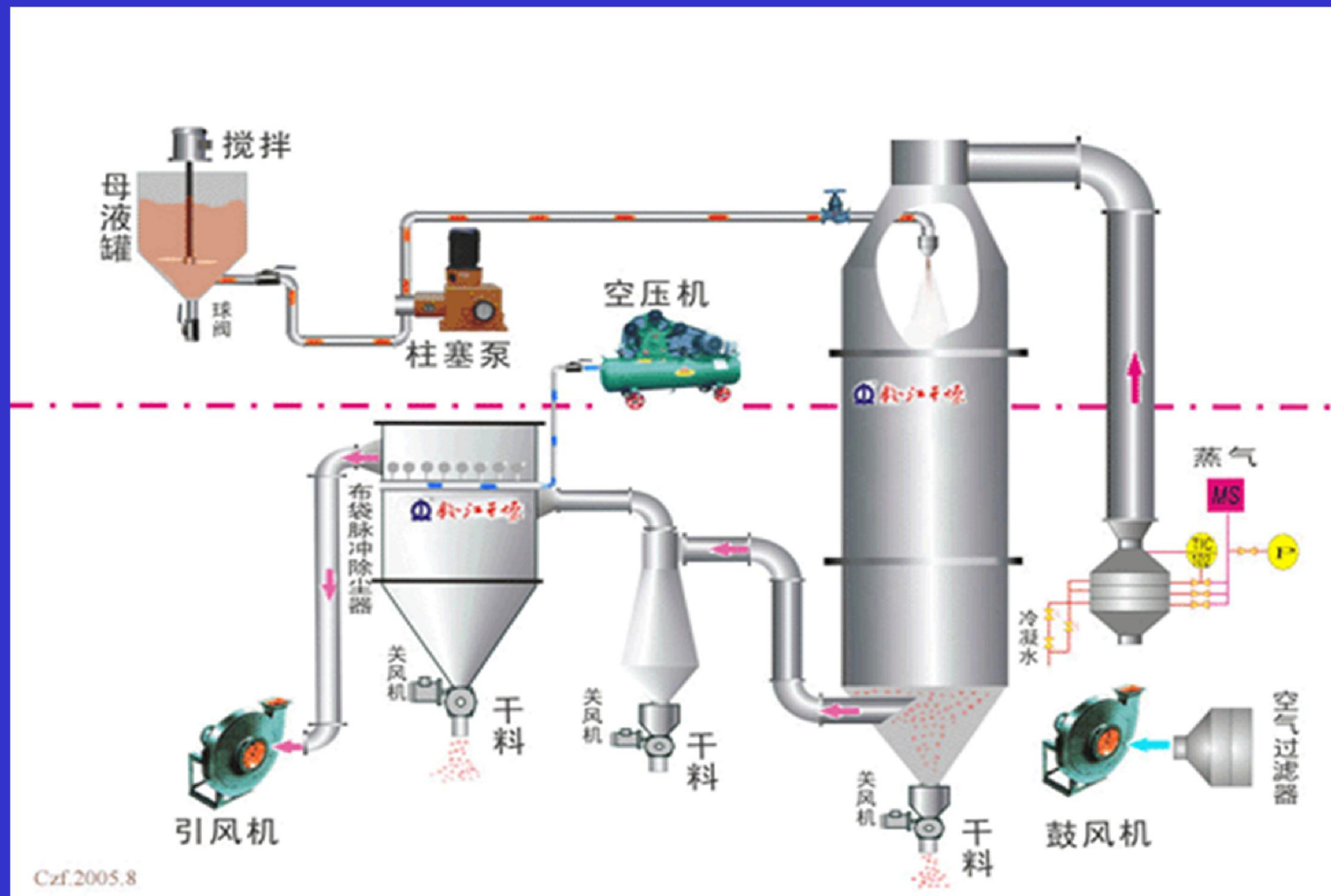
5.2.3 蒸汽薄层干化系统



5.2.4 流化床污泥干燥机 (上海石洞口)



5.2.5 污泥喷雾干燥器



5.2.6 空气能低温冷凝干燥器



6、日处理10t湿污泥中试研究

6.1 日处理10t湿污泥中试装置



6.1 专家论证会



与会专家在华崴公司合影



专家意见

能量自给型污泥干化与循环流化床焚烧技术及装备，具有

(1) 占地面积小，工艺简单，投资省，操作简便，投资成本仅为国内现有技术的1/2，运行成本是现有技术的1/2；

(2) 当污泥干基热值达到2200Kcal/kg，实现能量自给自足；

(3) 采用常压过热蒸汽干燥污泥，无爆炸危险；

(4) 该工艺不设余热锅炉，无承压部件，不受特检部门监察；

(5) 环保效果好，采用循环流化床分级燃烧、烟气再循环技术，配置布袋除尘及湿法烟气处理系统，各项污染物排放浓度均优于国家排放标准GB18485-2014；

(6) 经查新与技术检索，此技术属国内领先，建议尽快产业化

7、日处理30t(含水80%)工业示范

地址：哈尔滨市龙江环保院内



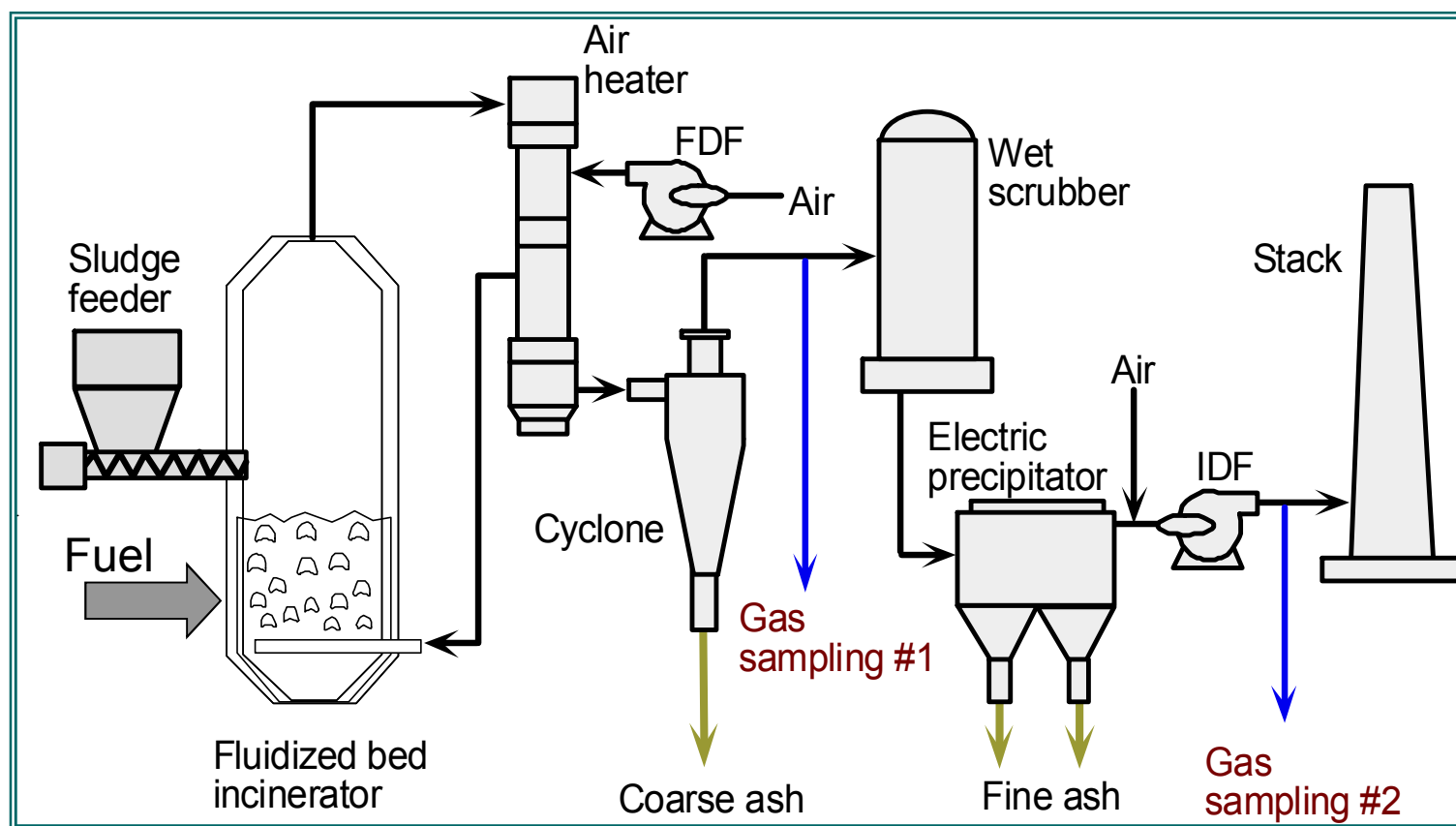
热烈欢迎各级领导和各位专家莅临指导
污泥干化与循环流化床焚烧及尾气净化一体化装置



8、污泥微干化与燃煤锅炉耦合

- 技术思路：
- 污泥微干化后送绝热焚烧炉焚烧，实现自持燃烧，尾气除尘后送入燃煤锅炉，完成除尘、脱硝及脱硫。

日本通用的污泥焚烧形式



- 典型容量为日处理100吨湿污泥
- 没有热量回收系统

谢谢！！