



# 污泥在水泥厂协同焚烧 应用与思考

杭世珺  
2018-11

## 主要内容

1 水泥窑协同处置固废优势

2 适用条件及规范要求

3 工程案例

4 问题及讨论

1

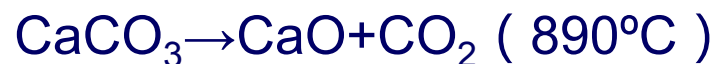


# 水泥窑协同处置 固废优势

# 水泥窑工作原理

分解炉的温度为900°C左右

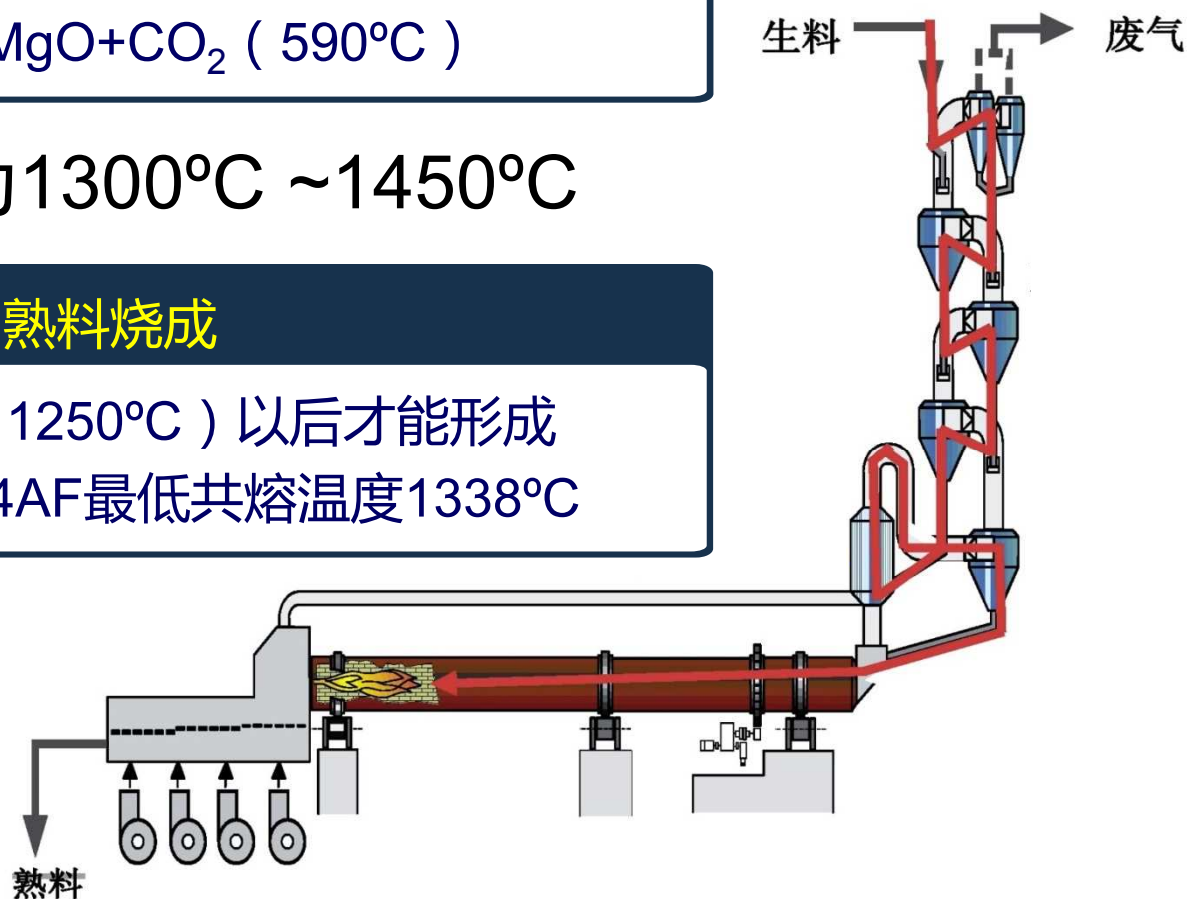
## 原料分解



熟料烧成温度为1300°C ~1450°C

## 熟料烧成

C3S在出现液相 (1250°C) 以后才能形成  
C3S-C2S-C3A-C4AF最低共熔温度1338°C



# 污泥在水泥窑协同处置的优势

## 协同处置

### CO-PROCESSING

国际上采用水泥窑进行废弃物处置的专门术语

- 在水泥窑所提供的特殊条件下，对废弃物进行焚烧，实现最终处置

强碱性环境、超高温、高温段处理时间长、无灰渣产生、重金属等被固化在无机化合物晶格中，而不会在环境中溶出

- 适合于处置大多数危险废弃物，也适合于处置一般废弃物如污泥
- 国际众多机构认同，环境风险较低，目前在我国的应用尚未得到广泛应用

# 污泥在水泥窑协同处置的优势

## 有机物分解彻底

1450°C

物料温度

1800°C

气流温度

$t > 3s$

$T > 1100^{\circ}C$

气相停留时间

$Re > 10^5$

湍流化

## 处理规模大， 不新增占地

24亿吨

2016年  
水泥产量

1300条

干法水泥  
生产线

热容  
量大

便于  
改造

# 污泥在水泥窑协同处置的优势

杜绝二次污染，  
环境综合效益显著

~~二噁英~~

高温  
碱性环境

~~焚烧  
灰渣~~

生成熟料

~~重金属~~

固化到晶格中

~~NO<sub>x</sub>~~

着火温度低  
抑制NO<sub>x</sub>生成

污泥资源化  
及能源化利用

SiO<sub>2</sub>  
CaO

生产原料

热值

热量利用

# 污泥在水泥窑协同处置的优势

## 水泥窑的温度、湍流度指标高于焚烧炉

参数名称	水泥回转窑	焚烧炉
气体温度 (°C)	1800	950~1000
物料温度 (°C)	1450	>850
气体在1100度以上停留时间 (秒)	6~10	2
物料在1100度以上停留时间 (秒)	2~3	——



## 2 } 适用条件及规范要求

## 适用条件：水泥窑规模

- 满足以下条件的水泥窑可用于协同处置固体废物：

a

窑型为**新型干法水泥窑**

b

单线设计熟料生产规模**不小于2000吨/日**

c

对于改造利用原有设施协同处置固体废物的水泥窑，在改造之前原有设施应**连续两年达到 GB4915 的要求**

【《水泥窑协同处置固体废物环境保护技术规范》(HJ662-2013)】等

### 水泥熟料生产线的污泥处置能力限值

水泥熟料生产线规模 ( t/d )	2500	3000	5000
脱水污泥处置能力* ( t/d )	<300	<600	<800

\*：以含水率80%污泥计

【《水泥窑协同处置污泥工程设计规范》(GB50757-2012)】

## 水泥窑协同处置 相关政策

- 《国家产业结构调整指导目录》（2011）
- 《国务院关于化解产能严重过剩矛盾的指导意见》（国发[2013]41号）
- 《关于促进生产过程协同资源化处置城市及产业废弃物工作的意见》（发改环资[2014]884号）
- 《六部委关于开展水泥窑协同处置生活垃圾试点工作的通知》（工信厅联合[2015]28号）
- 《“十三五”全国城镇生活污水处理及再生利用设施建设规划》

# 设计与环保标准

- 新型干法水泥窑协同处置污泥

## 主要遵循

《水泥工厂设计规范》

(GB50295-2016)

《水泥工业大气污染物排放标准》

(GB4915-2013)

《水泥窑协同处置污泥工程设计规范》

(GB50757-2012)

《水泥窑协同处置固体废物污染控制标准》

(GB30485-2013)

《水泥窑协同处置固体废物环境保护技术规范》

(HJ 662-2013)

# 设计与环保标准

## ● 新型干法水泥窑协同处置污泥

水泥窑大气污染物排放标准 (mg/m<sup>3</sup>)

组分	A 《水泥窑协同处置固体废物污染控制标准》	B 《水泥工业大气污染物排放标准》	
		一般排放限值	特别排放限值*
颗粒物	同B	30	20
氯化氢	10	——	——
氟化氢	1	——	——
氟化物 (以总F计)	——	5	3
氮氧化物 (以NO <sub>2</sub> 计)	同B	400	320
铊、镉、铅、砷及其化合物	1.0	——	——
汞	0.05	0.05	0.05
铍、铬、锡、锑、铜、钴、锰、镍、钒及其化合物	0.5	——	——
二噁英/呋喃类 (ng TEQ/m <sup>3</sup> )	0.1	——	——
二氧化硫	同B	200	100
氨	同B	10	8

\*——重点地区企业执行大气污染物特别排放限值。执行特别排放限值的时间和地域范围由国务院环境保护行政主管部门或省级人民政府规定。

3

# 应用案例

# 水泥窑协同处置污泥工程 系统组成

污泥运输系统

协同处置系统

进厂接收系统

热能利用系统

分析鉴别系统

烟气净化系统

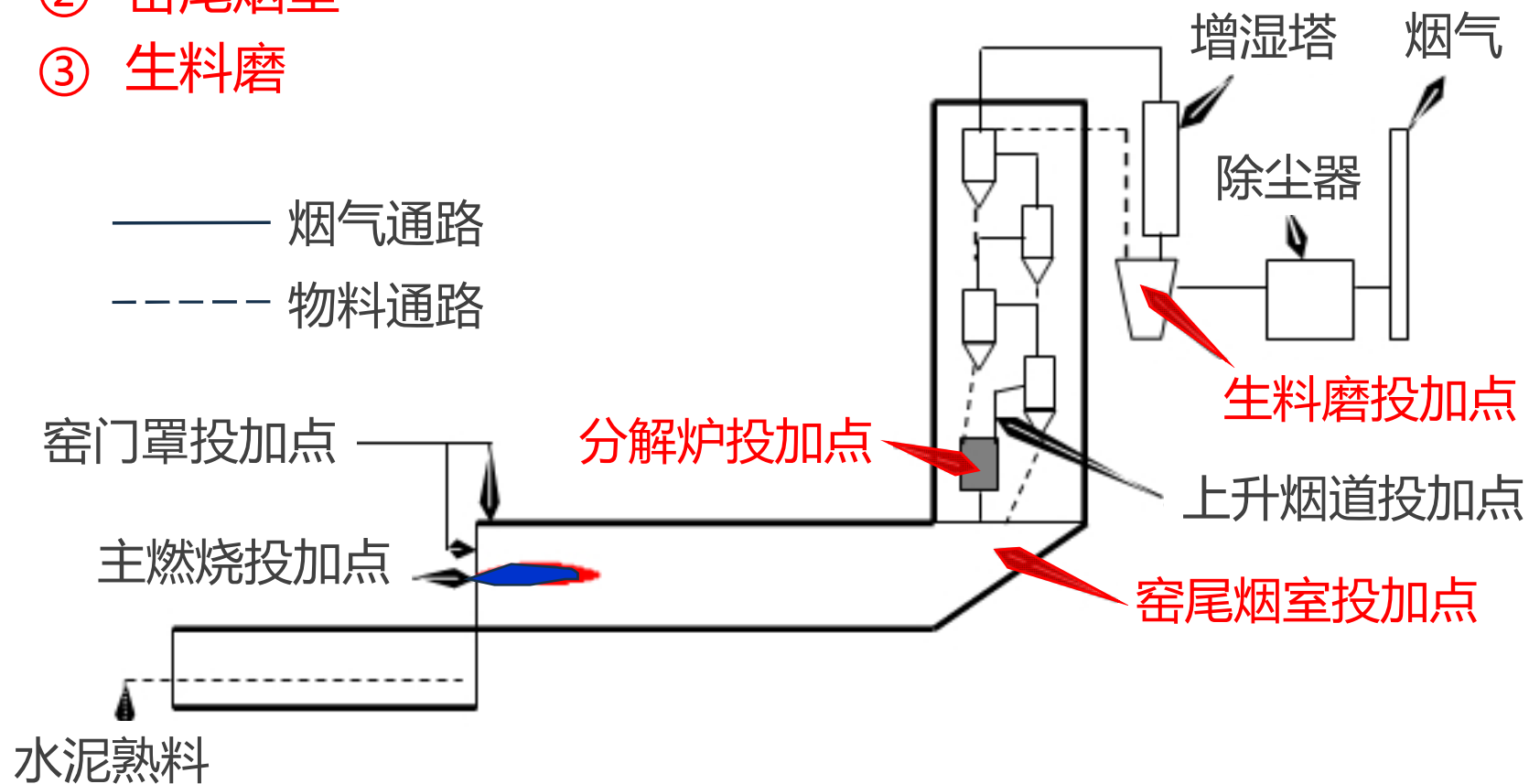
储存与输送系统

污水处理系统

预处理系统

# 污泥在水泥窑中的主要投加点

- ① 分解炉
- ② 窑尾烟室
- ③ 生料磨

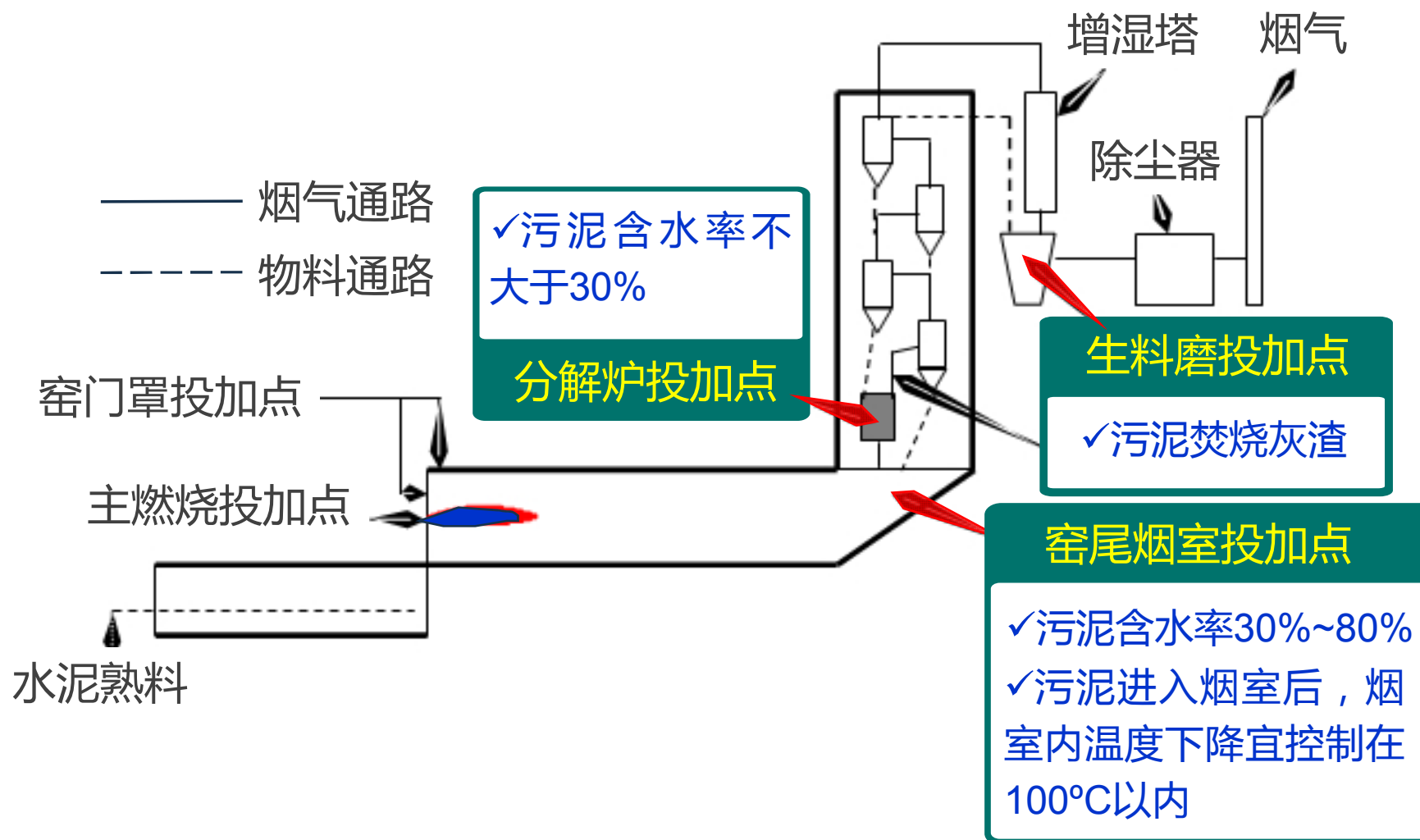


新型干法水泥窑固体废物投加点示意图



# 污泥在水泥窑中的主要投加点

应根据污泥特性和预处理工艺，确定污泥投加点



【《水泥窑协同处置污泥工程设计规范》(GB50757-2012)】

# 我国部分水泥窑协同处置污泥企业

企业名称	熟料产量 (t/d)	掺烧量 (t/d)
▶ 广州市越堡水泥有限公司	5000	600
▶ 重庆拉法基水泥有限公司	2500×2	100
▶ 安徽铜陵海螺水泥	5000	60
▶ 华新水泥股份有限公司	(3500+2500)+5000×2	150+700
▶ 北京新北水水泥有限责任公司	3000	500
溧阳天山水泥有限公司	5000	120
柳州鱼峰水泥股份有限公司	3200+2500+2800	—
尧柏水泥有限公司	2500×2	100
▶ 上海万安华新水泥有限公司	1500	300
杭州富阳钱潮水泥有限公司	2000	60~70
富阳南方水泥有限公司	5000	100
桐庐红狮水泥有限公司	5000	120
桐庐南方水泥有限公司	2500×2	70
湖州南方水泥有限公司	5000×2	400
大连水泥集团	5000	120
枣庄中联水泥有限公司	5000×1+2500×2	60
▶ 遵义三岔拉法基瑞安水泥有限公司	4600	180
贵阳海螺盘江水泥有限公司	4500×3	50
重庆海螺水泥公司	4500×2	80
唐县冀东水泥集团有限公司	4500	10
赞皇县金隅水泥有限公司	4000×1+2000×2	200

▶ 已完成现场调研

# 广州越堡：污泥直接干化——水泥窑协同处置

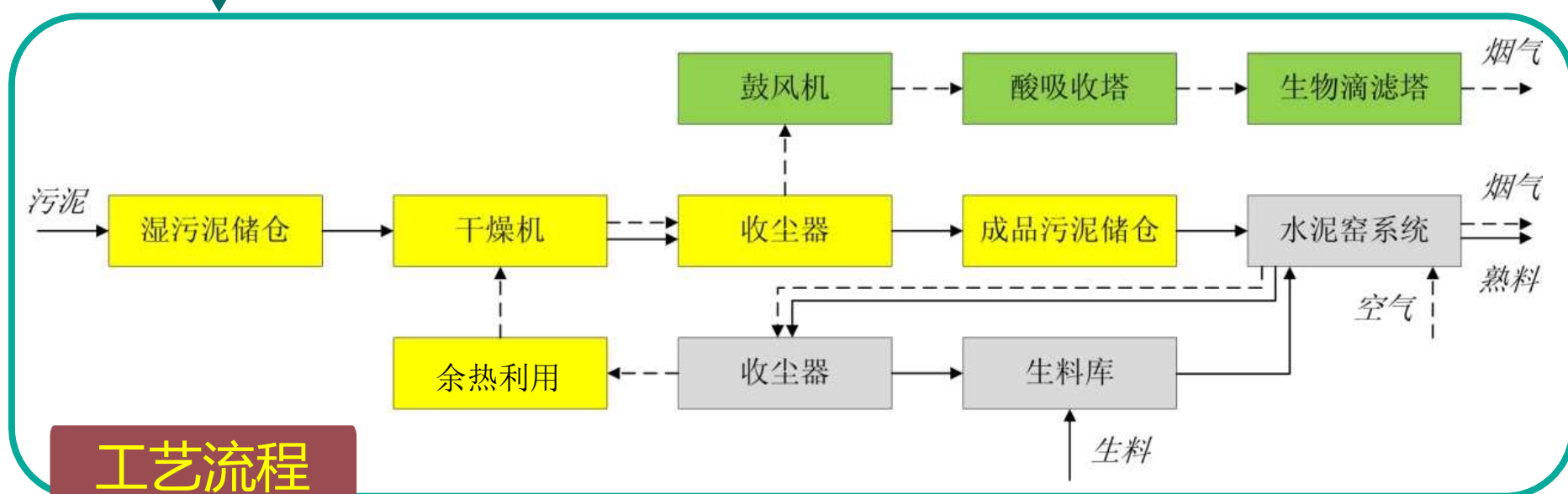
## 基本参数

- 熟料产量5000t/d，脱水污泥处置量600t/d，干污泥投加比例**2.4%**
- 干化热源：熟料生产线预热器出口窑尾废热烟气
- 干化进泥含水率80%，干化后污泥含水率**<30%**
- 污泥投加点：分解炉



窑尾和污泥干化系统

# 广州越堡：污泥直接干化——水泥窑协同处置



## 工艺流程



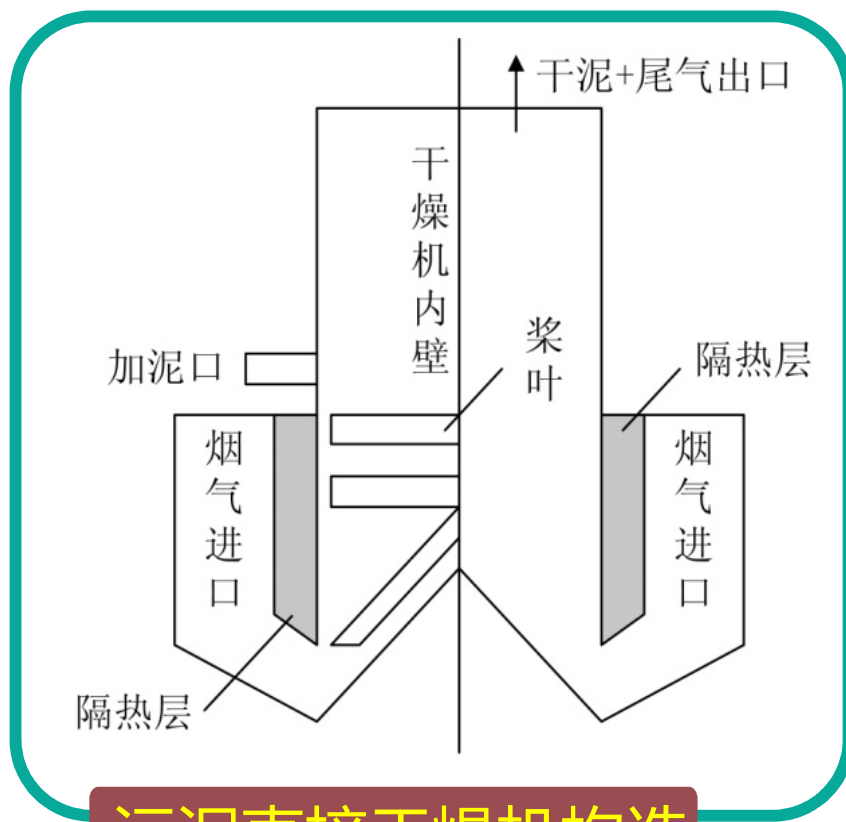
湿污泥储仓

污泥干燥机

干污泥储仓

分解炉/预热器

# 广州越堡：污泥直接干化——水泥窑协同处置



污泥直接干燥机构造



湿污泥



干污泥

- 余热废气以适宜的喷动速度从底部进入搅拌破碎干燥室，较大、较湿的颗粒团在干燥室底部搅拌器的作用下被破碎。
- 烟气从底部进入时温度 $260^{\circ}\text{C}\sim 280^{\circ}\text{C}$ ，但是在旋流风的分级作用下，半干化的污泥颗粒仅与低温烟气接触并被其带离，基本不与热烟气接触。



# 拉法基（重庆）：脱水污泥——水泥窑协同处置

## 基本参数

- 熟料产量5000t/d，脱水污泥处置量100t/d，干污泥投加比例0.4%
- 进泥含水率80%
- 污泥投加点：窑尾烟室

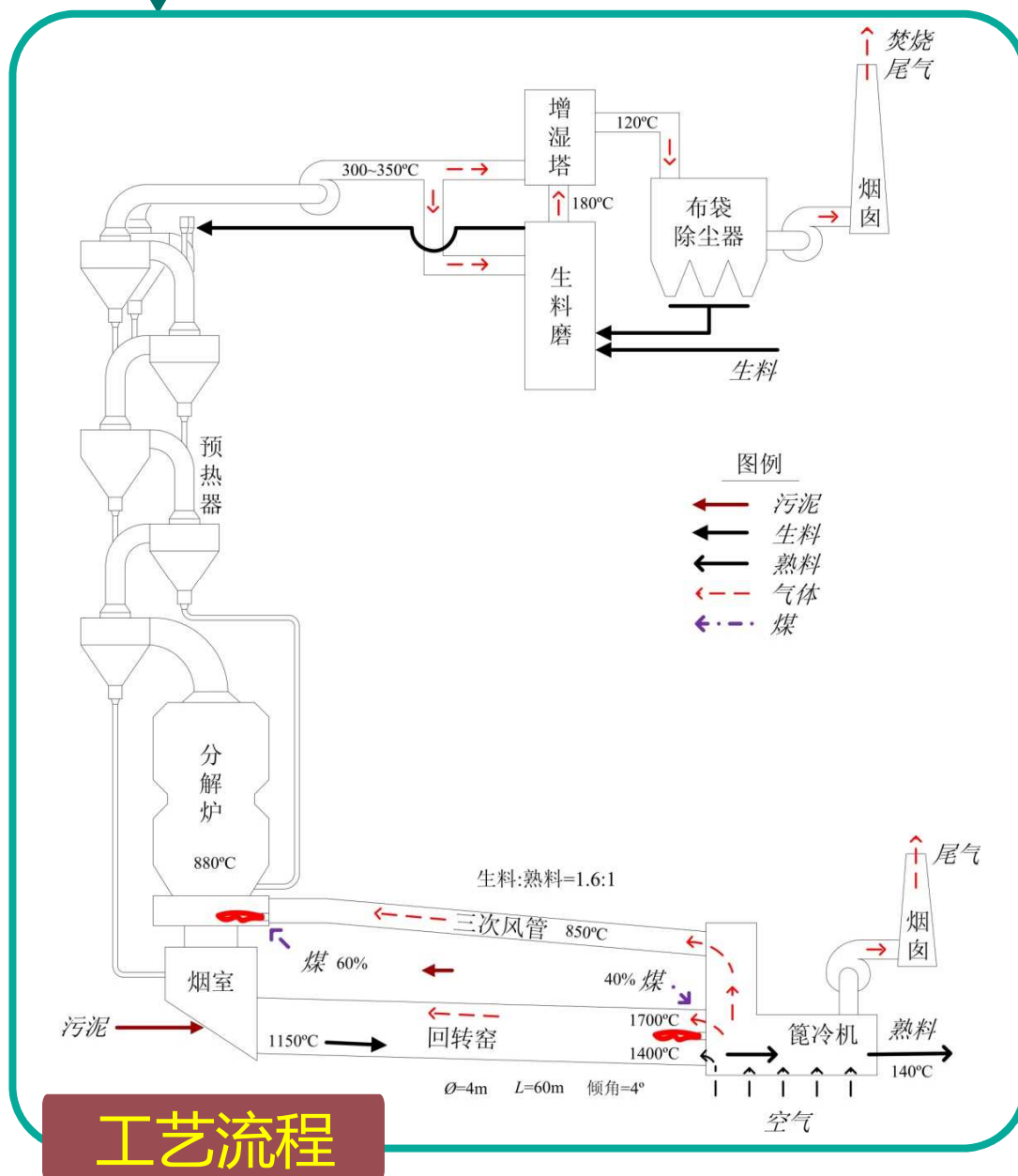


脱水污泥



窑尾

# 拉法基（重庆）：脱水污泥——水泥窑协同处置



湿污泥储仓



柱塞泵



污泥投加管

# 上海万安华新：深度脱水污泥——水泥窑协同处置

## 基本参数

- 熟料产量 1500t/d，脱水污泥处置量 300t/d，干污泥投加比例 4%
- 进泥含水率 50%~55%
- 污泥投加点：分解炉



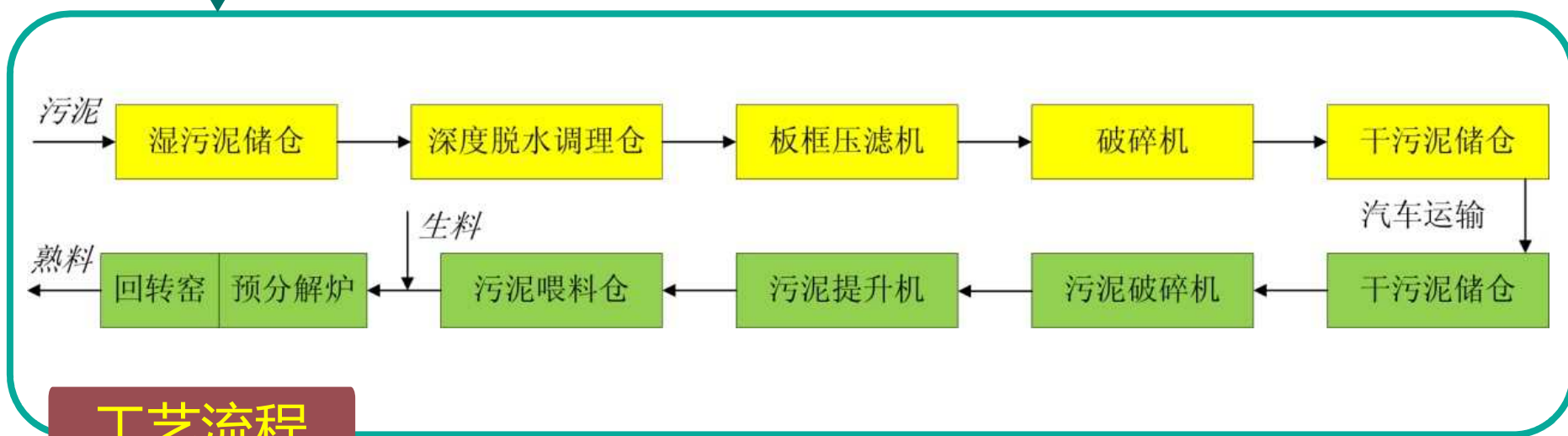
深度脱水污泥



深度脱水污泥储仓



# 上海万安华新：深度脱水污泥——水泥窑协同处置



## 工艺流程



窑头



窑尾

# 北京水泥厂：污泥间接干化——水泥窑协同处置

## 基本参数

- 熟料产量3000t/d，脱水污泥处置量500t/d，与危废混合入窑，干污泥投加比例**3.3%**
- 干化热源：水泥窑系统高温烟气
- 干化介质：导热油
- 干化进泥含水率80%，干化后污泥含水率**35%**
- 污泥投加点：分解炉

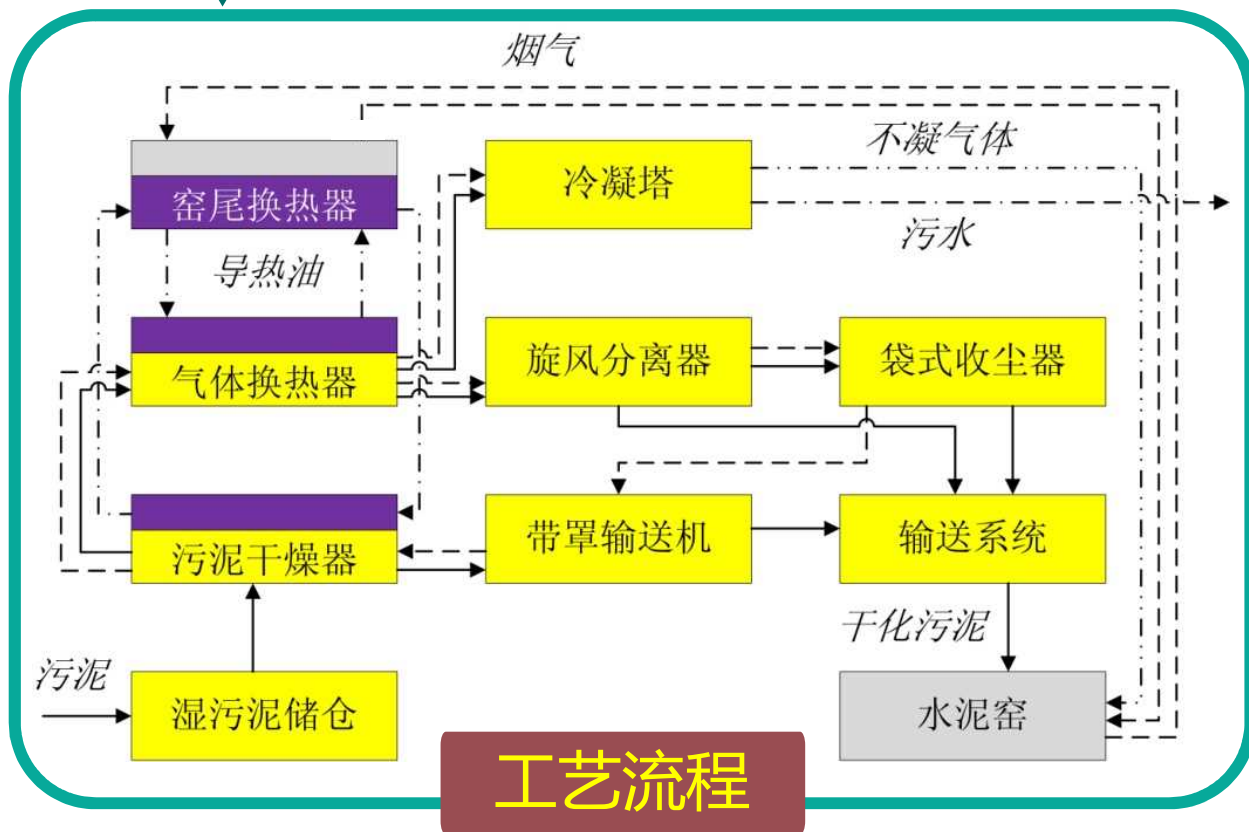


窑尾



窑头

# 北京水泥厂：污泥间接干化——水泥窑协同处置



湿污泥储仓



分解炉/预热器

污泥干化机



干化车间



# 华新环境（黄石）：深度脱水污泥——水泥窑协同处置

## 基本参数

- 熟料产量 $2 \times 5500\text{t/d}$ ，脱水污泥处置量 $700\text{t/d}$ ，与RDF混合入窑，干污泥投加比例**1.3%**
- 进泥含水率**50%**
- 污泥投加点：分解炉

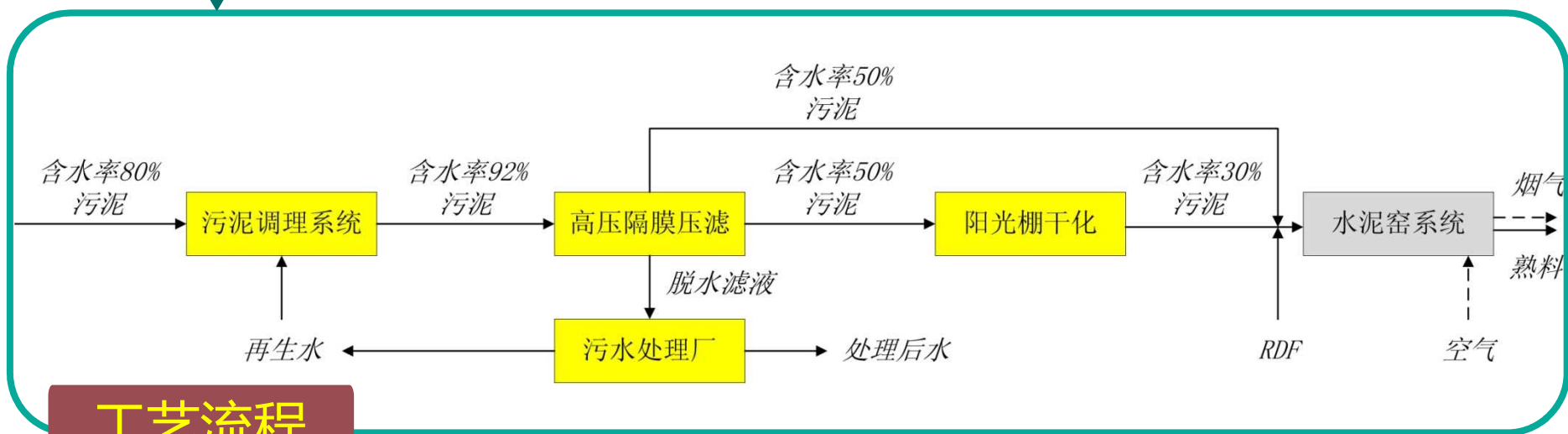


深度脱水污泥



污泥深度脱水设备

# 华新环境（黄石）：深度脱水污泥——水泥窑协同处置



## 工艺流程



阳光棚干化污泥



污泥与RDF混合物



窑尾

# 拉法基（遵义）：深度脱水污泥——水泥窑协同处置

## 基本参数

- 熟料产量4600t/d，脱水污泥处置量180t/d，与RDF等混合入窑，干污泥投加比例**0.8%**
- 进泥含水率**60%**
- 污泥投加点：分解炉



脱水污泥



污泥接收仓



# 拉法基（遵义）：深度脱水污泥——水泥窑协同处置

污泥运输车

板式喂料机

皮带秤

皮带

辊式破碎机

分解炉

锁风阀(3道)

工艺流程



污泥接收设备



污泥输送皮带

# 海螺（铜陵）：脱水污泥——水泥窑协同处置

## 基本参数

- 熟料产量4000+4500t/d，脱水污泥处置量60t/d，与RDF混合入炉，干污泥投加比例**0.14%**
- 进泥含水率**80%**
- 污泥投加点：气化炉

气化炉内的垃圾和污泥在500°C ~550°C 的温度环境下与炉内高温流动介质（流化砂）充分接触，一部分垃圾欠氧燃烧向流动介质提供热源，另一部分气化后形成**可燃性气体**送往水泥窑分解炉内进一步焚烧。不燃物在流动介质中不断沉降，形成**灰渣**从气化炉的底部排出。



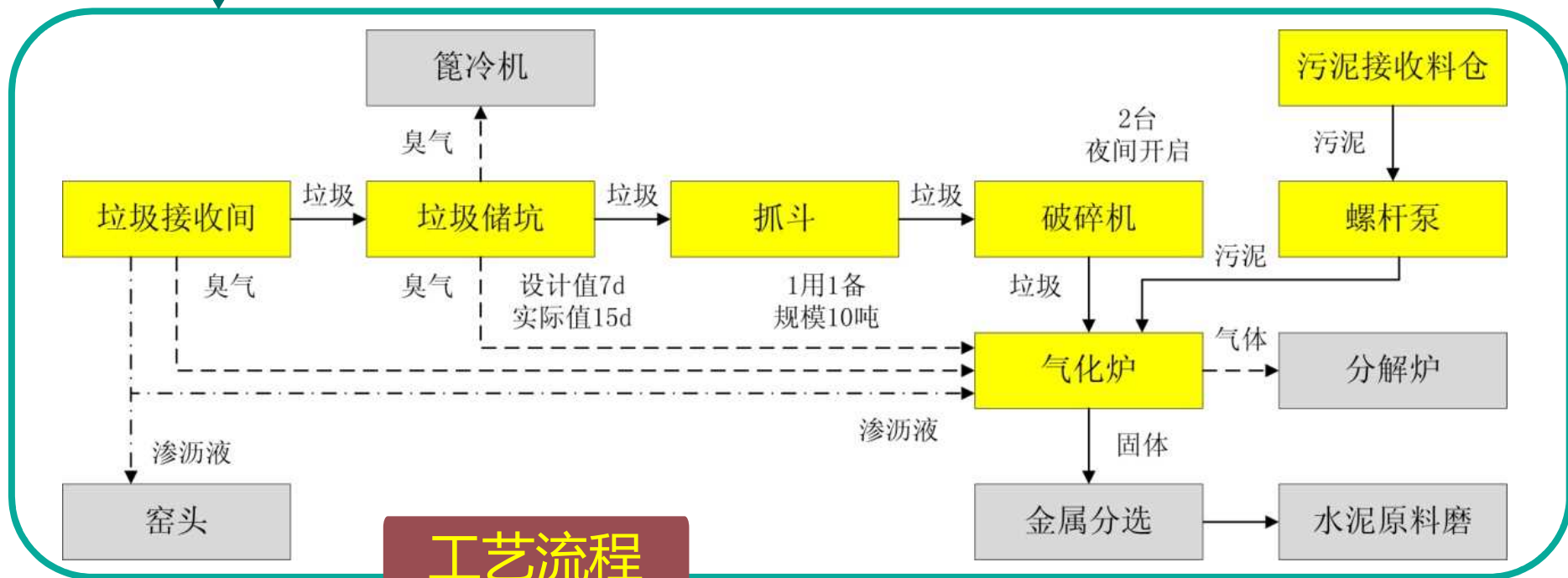
污泥接收仓



污泥输送泵



# 海螺（铜陵）：脱水污泥——水泥窑协同处置



气化炉车间外景

生活垃圾操作

# 4 } 问题及讨论

## 管理：有待新政策的支持

- 污泥水泥窑协同处置工程资金落实难度大
- 财政补贴和税收优惠政策不足（“用量占发电燃料比高于80%”很难实现，污泥对于“在水泥生产原料中掺兑废渣比例不低于30%”贡献较小）
- 水泥企业投资处理污泥利润低
- 水泥企业停产、限产的影响
- .....

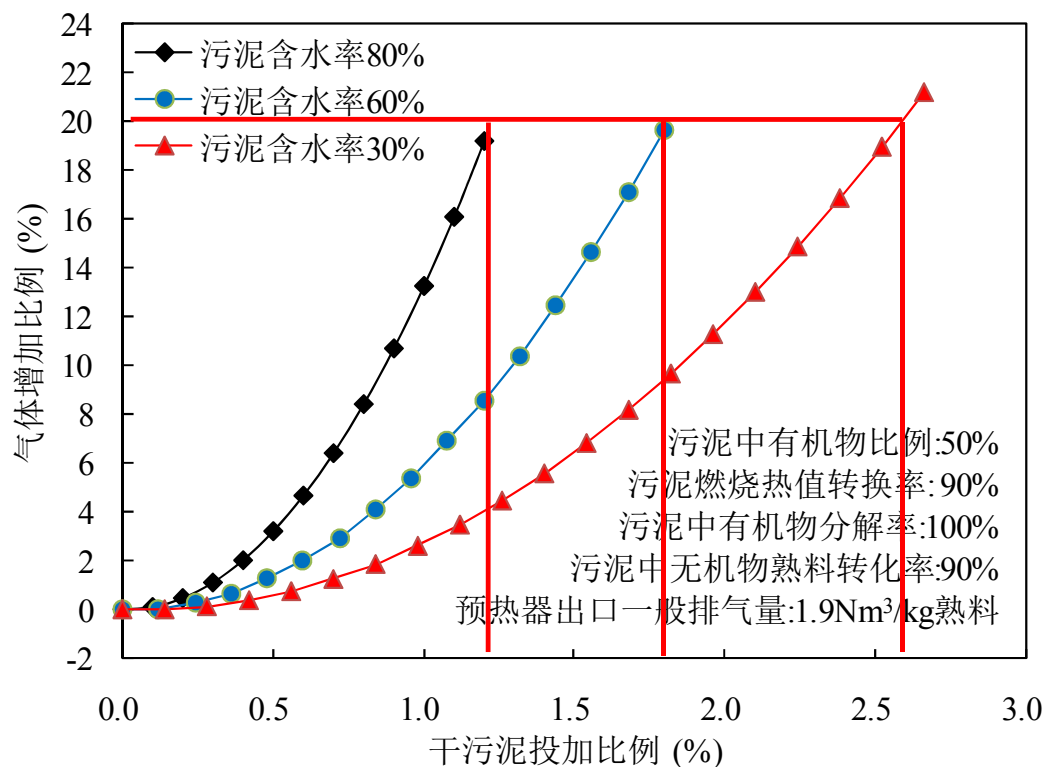
### 对策探讨

- 政府出台污泥在水泥窑协同处置的优惠政策，包括费用核算、免税政策、高新企业认定等。
- 污泥在进入水泥厂之前即深度脱水，降低水泥厂运行能耗。
- .....

## 技术：废气量增加对污泥投加量的限制

污泥带入的水量远高于正常的原料和燃料带入的水量，增加了水泥窑的废气量，污泥投加量过大，将改变窑内流态，影响水泥生产。

### 投加不同含水率污泥时的废气增加比例



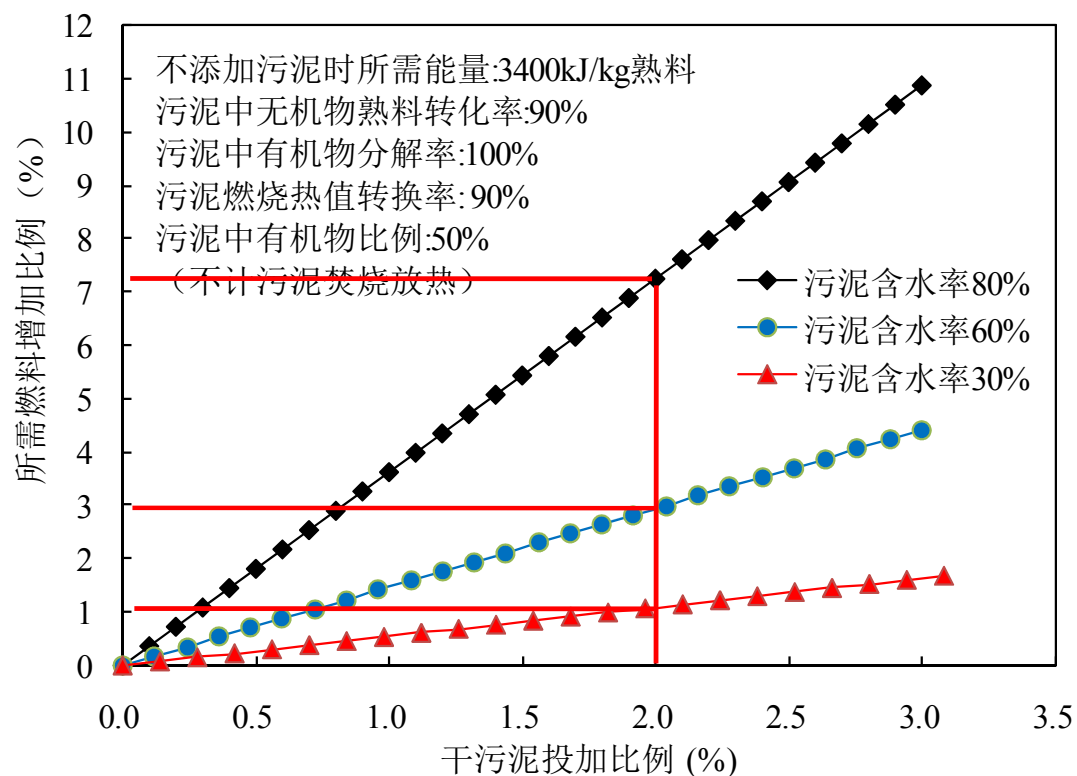
对策  
探讨

通过预处理降低污泥含水率，增加污泥在水泥窑的协同处置量

## 技术：燃料需求量增加对污泥投加量的限制

污泥中的水转化为蒸汽，需要增加能耗；虽然污泥焚烧产生热量，但是这部分热量不易被系统利用，总体能耗仍然增加。

### 投加不同含水率污泥时的能耗加比例



### 对策探讨

通过预处理降低污泥含水率，从而可降低污泥协同处置的能耗

## 技术：废气和废水处理

- 污泥干化预处理设施的尾气含有SO<sub>2</sub>和恶臭组分，需妥善处理，废气处理设备资金投入高，运行维护费用高。
- 污泥干化和废气除臭设施产生的废水中，COD和NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N浓度较高，处理工艺流程复杂，水泥厂处理经验尚不足。

### 对策探讨

建设循环经济产业园，对废气和废水进行集中处理，提倡企业间实现污染物的资源化循环利用链条





谢谢！