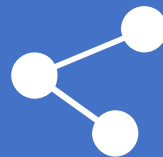


# 燃煤锅炉“白烟”治理的腐蚀堵塞问题及解决途径

中国能源学会

清洁燃煤专业委员会





### 背景资料

BACKGROUNDS

1

### 存在的问题

TROUBLES

2

### 新技术介绍

NEW TECHNOLOGIES

3

### 结束语

END

4

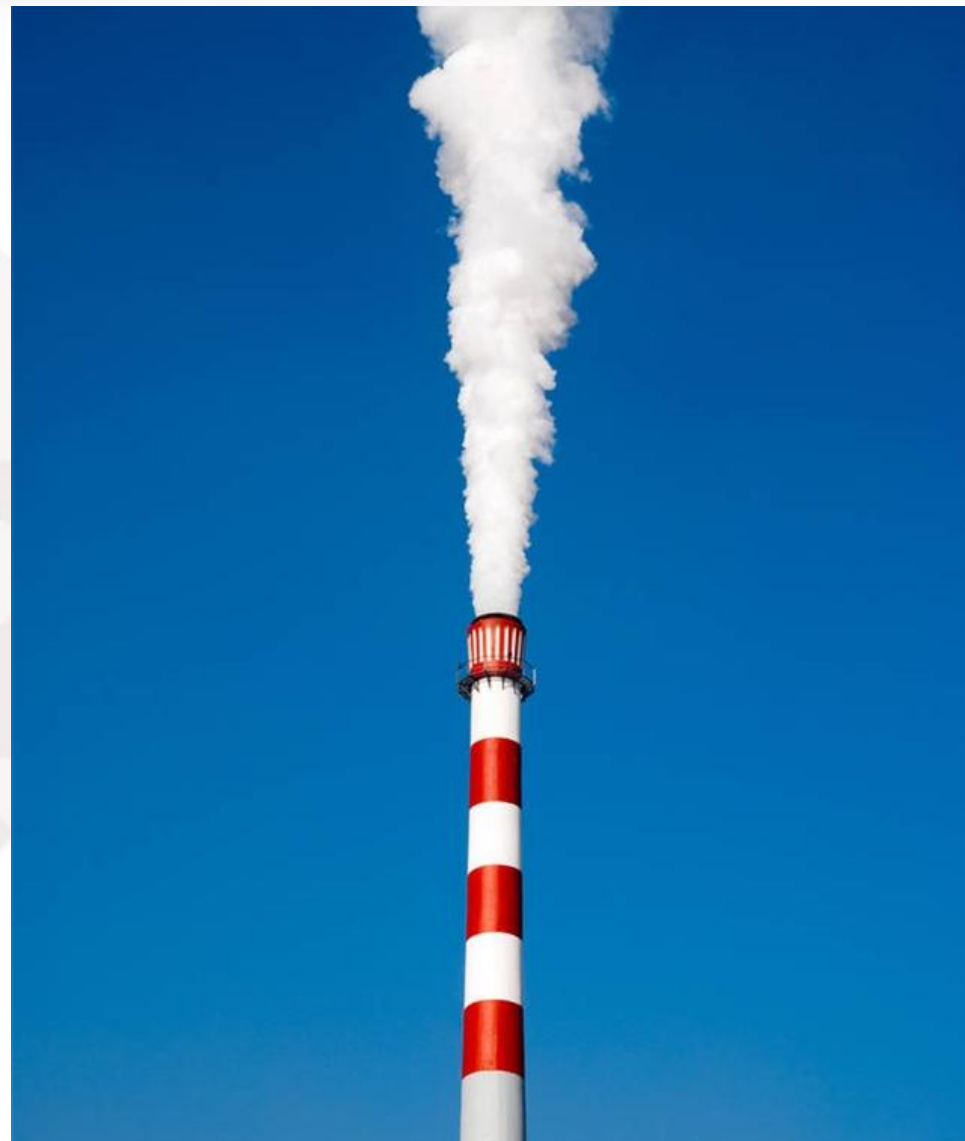


# 1

## BACKGROUNDS 背景资料



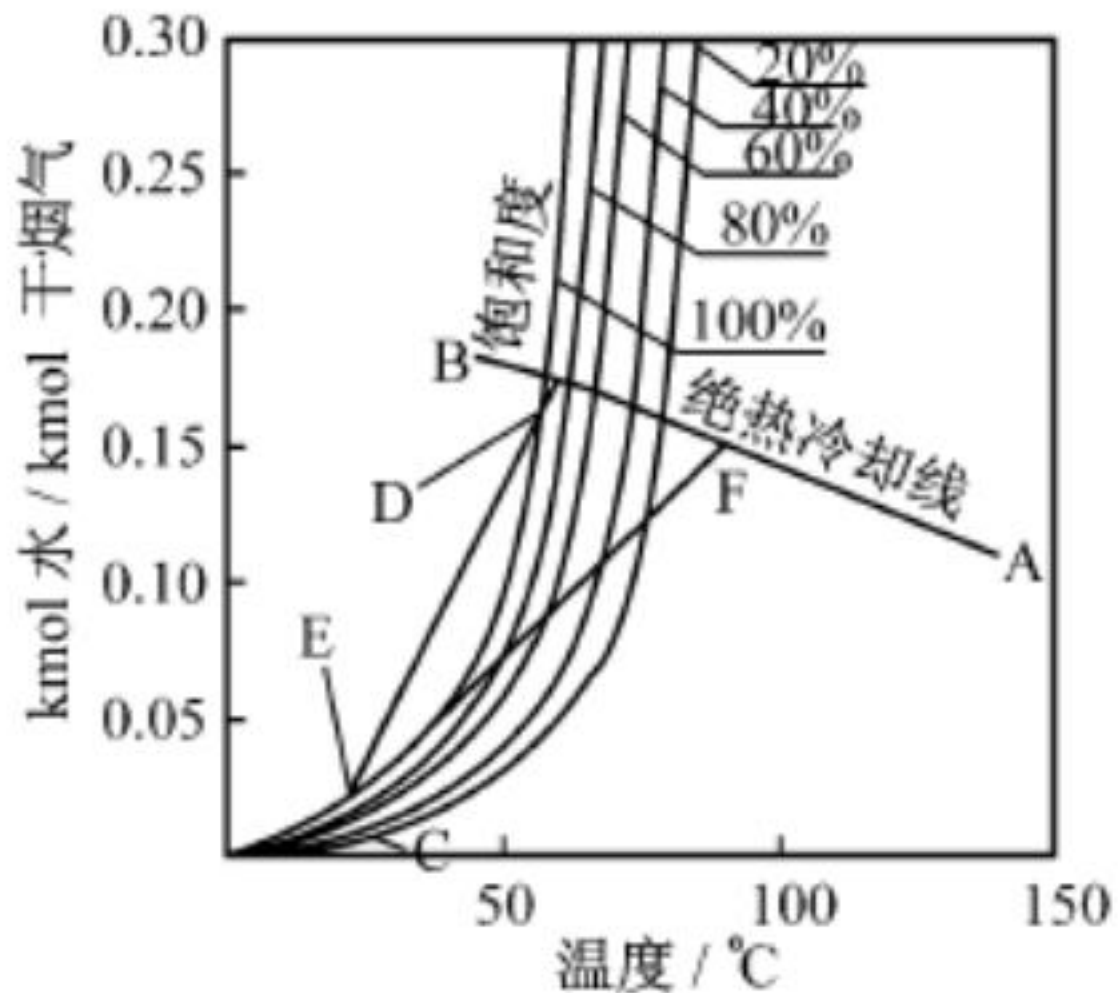
湿式烟气脱硫是目前市场上应用最为广泛的一种脱硫工艺，但脱硫处理后的烟气被增湿冷却，这种处于饱和相对湿度的烟气在一定的气象条件下的排放形成白烟，引起二次公害。因此，对湿式脱硫过程白烟产生的机理和防治措施的研究，具有十分重要的意义。





## 产生机理

湿法脱硫之所以会产生白烟,是因为在湿式脱硫系统中,脱硫剂溶液和高温烟气直接接触,使烟气被增湿冷却,而脱硫剂溶液中的水分则吸热汽化,导致烟气中的水蒸气相对湿度大大增加,基本上是处于出口温度对应的饱和湿度以上的状态。若含有蒸汽处于饱和湿度以上的烟气排放后遇到更低温度的大气环境,就会有大量的水蒸汽凝结为液滴,形成白烟。





# 治理“白烟”的目的和手段？

## 解决视觉污染

- 减温去湿+再热
- 出口直接再热

## 减少水蒸气排放（节水）

- 减温去湿
- 物理去湿
- 物理除液滴

## 余热回收利用

- 对应品位的能源用途

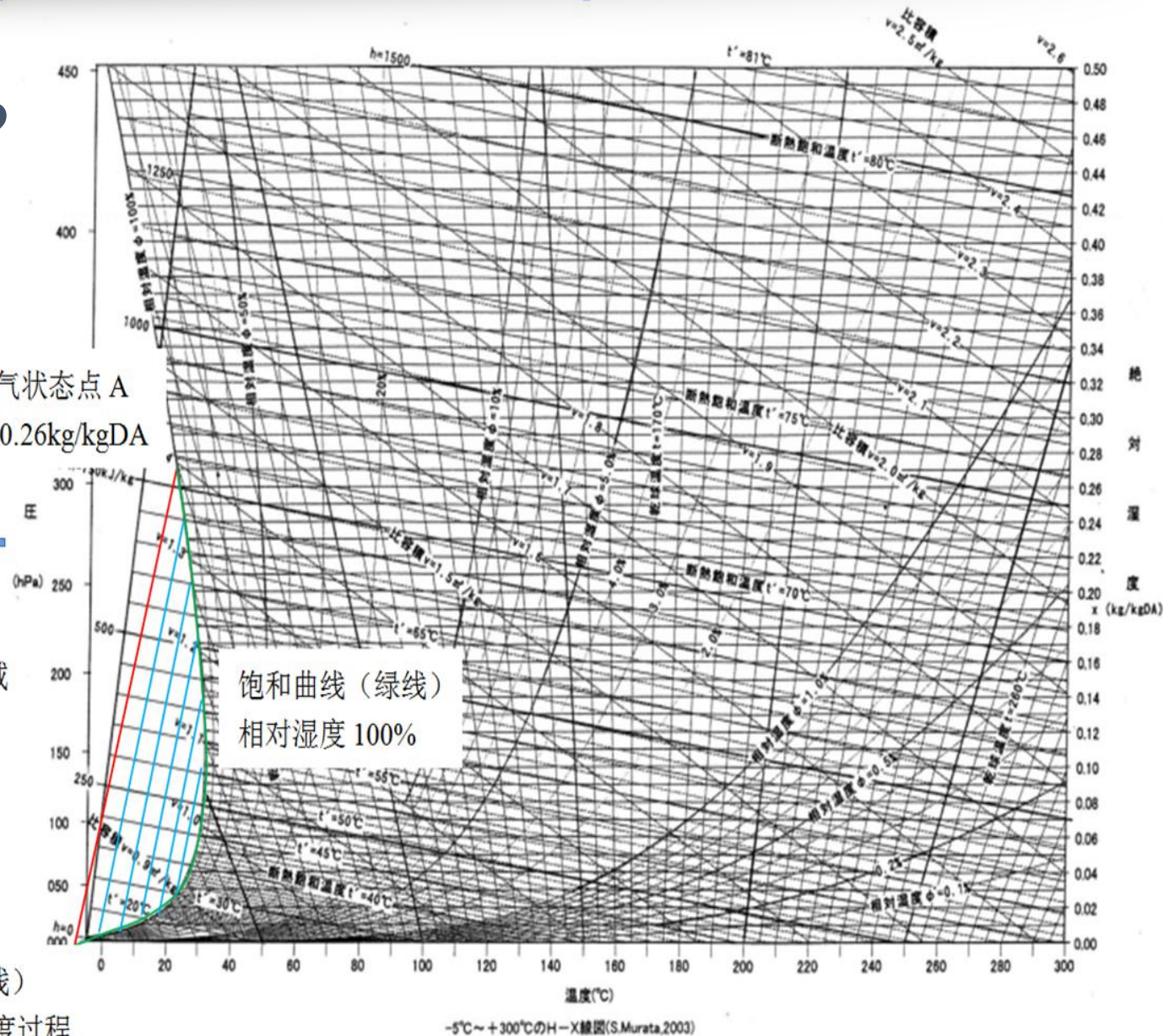
现出脱硫塔烟气状态点 A  
70℃ 绝对湿度 0.26kg/kgDA

冷凝产生水区域  
(蓝线阴影区)

饱和曲线(绿线)  
相对湿度 100%

出烟囱后冷却线(红线)

从 70℃ 降低到室外温度过程





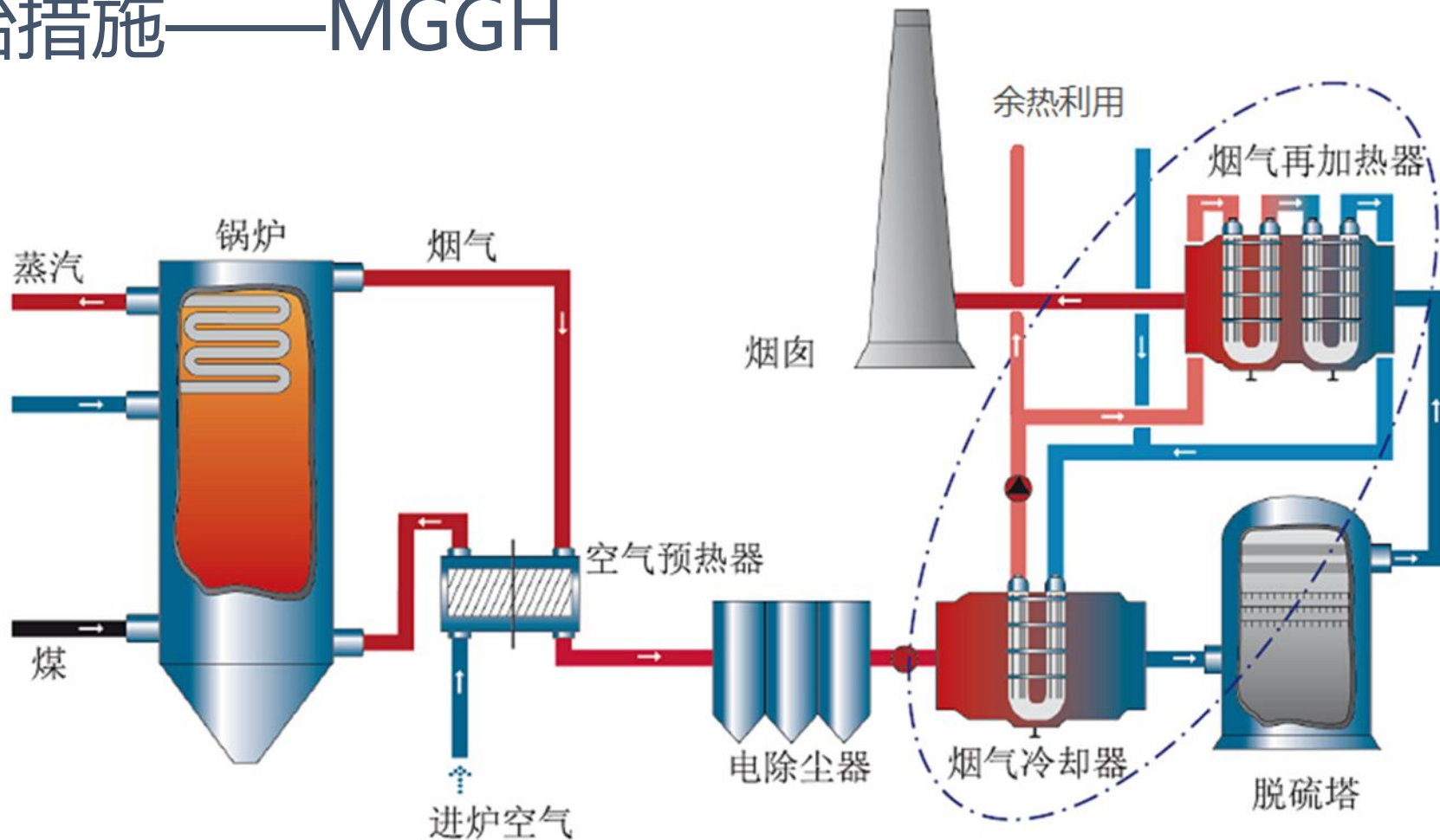
## 典型防治措施——GGH

要避免风机带水和避免产生白烟现象,必须降低烟气的水蒸汽饱和度,常用的烟气再热消除白烟的方法。GGH的主要用途就是将脱硫塔入口的原烟气降温去湿,并利用所回收的热量来提升脱硫后的烟气温度,实现再热消除白烟。





## 典型防治措施——MGGH





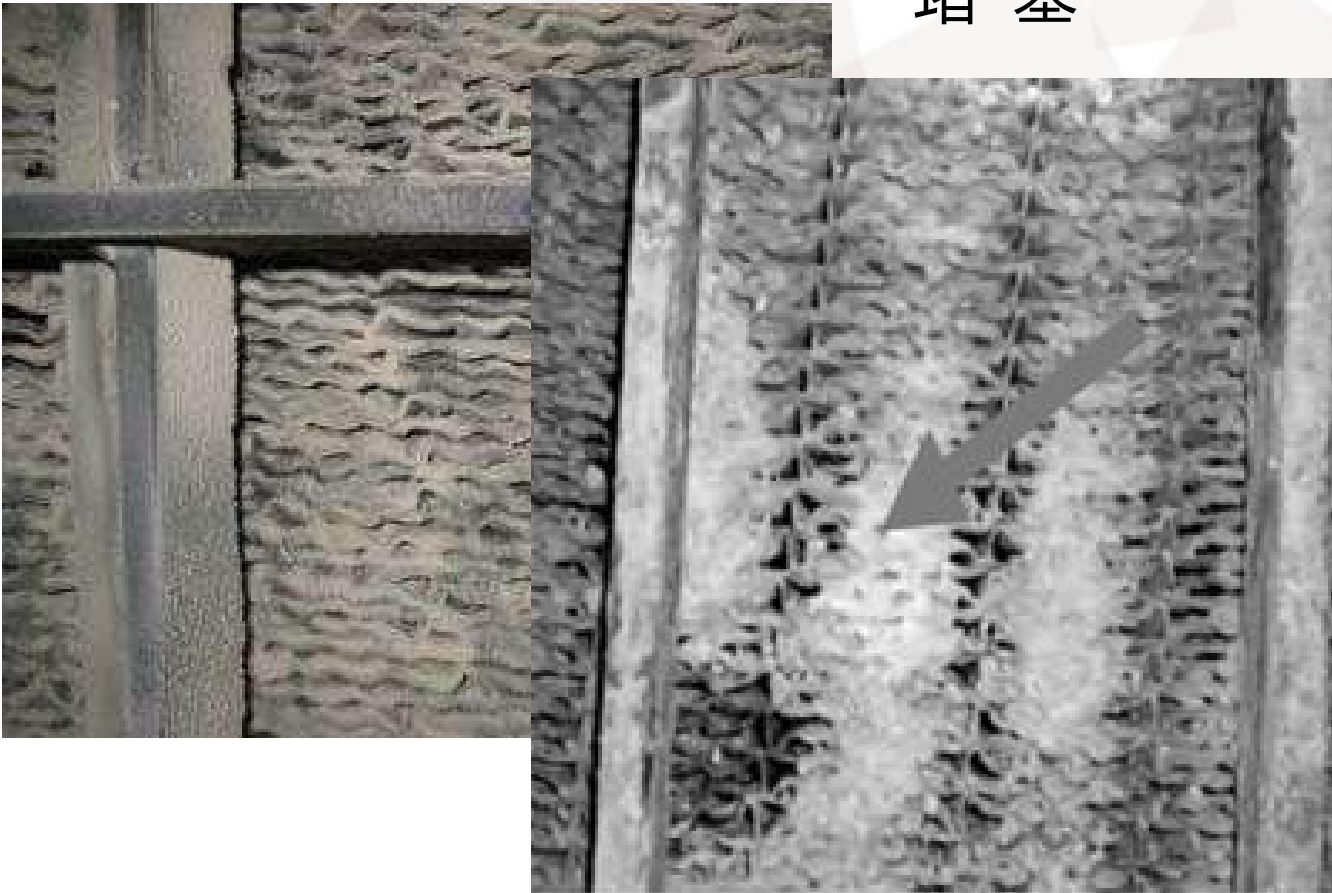
# 2

TROUBLES

# 存在的问题

## 存在问题

堵塞



露点腐蚀



## 存在问题——腐蚀

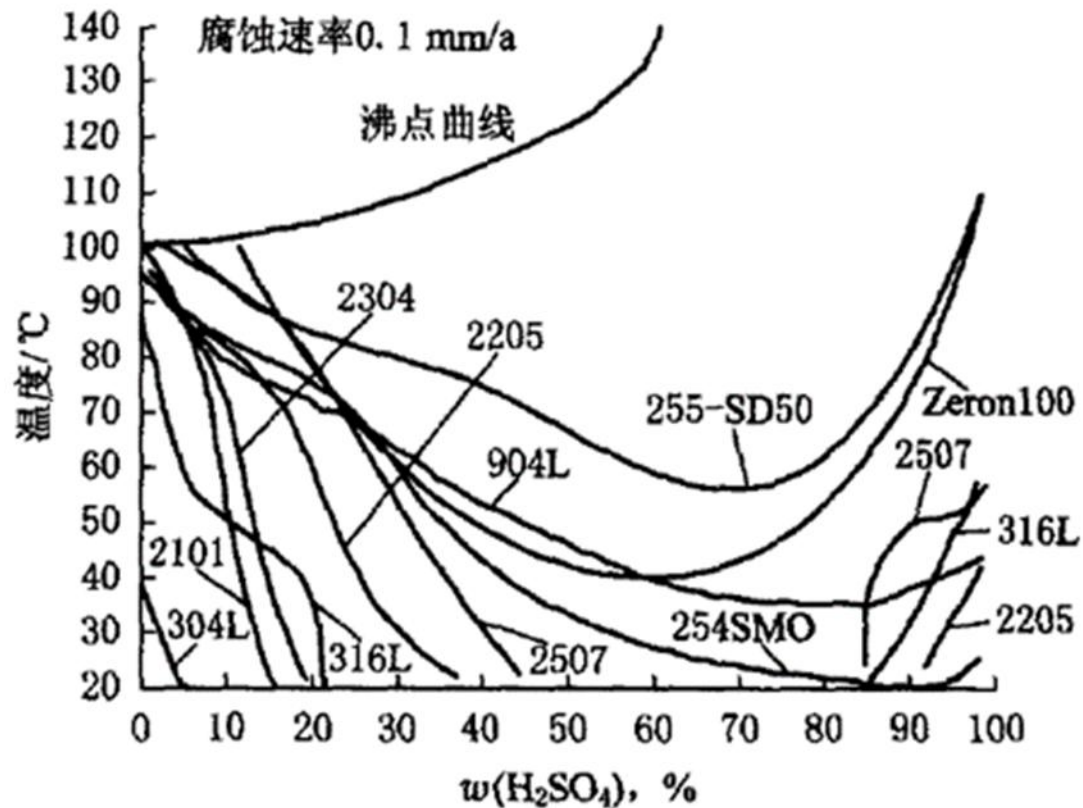
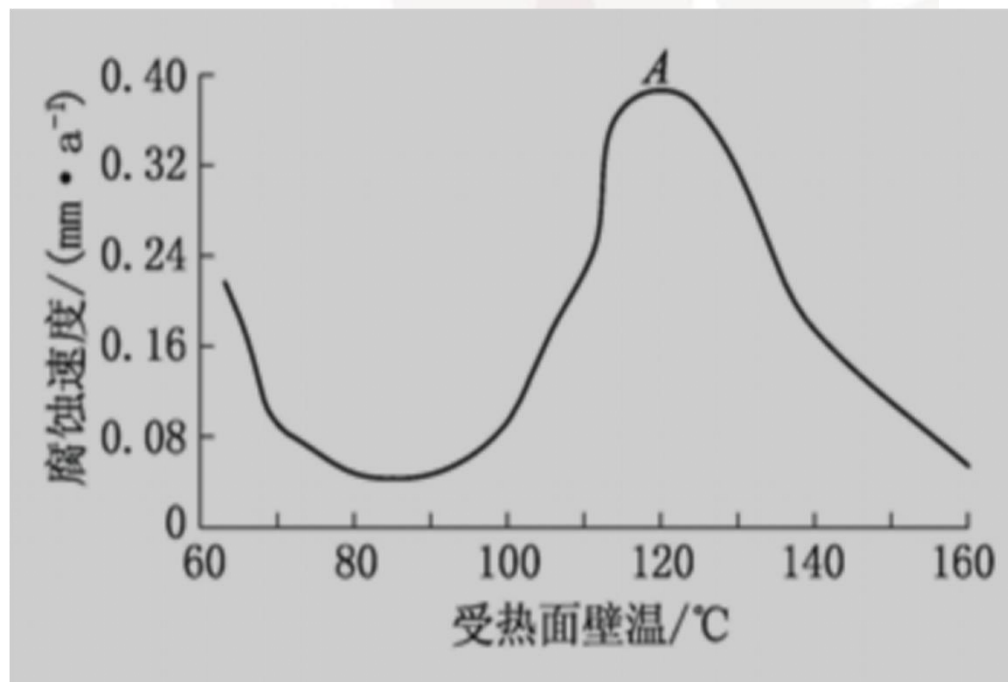
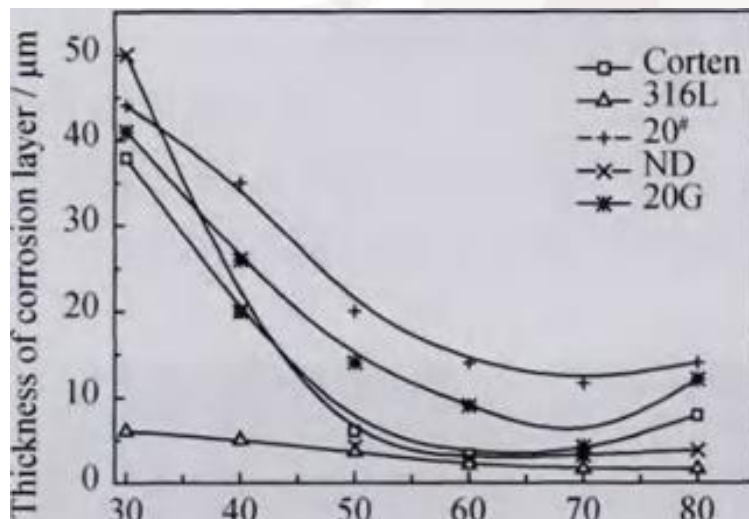


图1 双相不锈钢在硫酸中的等腐蚀曲线



## 存在问题——腐蚀实验研究

- 不锈钢的点腐蚀
- 腐蚀仍以氧化还原为主



“低温腐蚀反应顺序如图11所示，首先金属及金属氧化物与酸反应，产物主要是金属的硫酸盐，很快管壁面会被积灰覆盖，接下来在外层发生的是积灰与酸液的反应，在内层发生的是管壁面与水和氧的氧化还原反应。腐蚀产物的顺序：第一层是灰分及与酸的反应产物，该层较厚；第二层为铁的硫酸盐，该层很薄；第三层为铁的氧化物，该层较厚，构成了主要的腐蚀层。

|                                                |                                                                                                                                 |                  |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Reaction of ash with acid                      | CaSiO <sub>4</sub> , K <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> , FeSiO <sub>4</sub> and Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , SiO <sub>2</sub> | Deposit layers   |
| Reaction of metal and metallic oxide with acid | Metallic sulfate                                                                                                                |                  |
| Oxidation-reduction reaction                   | Metallic oxide                                                                                                                  | Corrosion layers |
| Metal matrix                                   | Metal matrix                                                                                                                    |                  |
|                                                |                                                                                                                                 | Metal matrix     |

图11低温腐蚀机理示意图

Fig. 11 Schematic diagram Of dewpoint corrosion mechanism

由此可知，含灰气流对金属管的腐蚀主要为电化学腐蚀，而316L中cr含量高，cr具有很强的抗O腐蚀能力，因此316L具有很强的抗低温腐蚀能力。该现象也反映出黏性积灰下的低温腐蚀主要是O腐蚀。”

——《燃煤锅炉露点腐蚀实验研究》



## 积灰及结垢的原因 (GGH)

**GGH污垢最根本的来源就是经过脱硫塔的净烟气携带的浆液沉积。这些液滴富含了 $\text{CaSO}_4$ 、 $\text{CaSO}_3$ 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 等物质，容易在GGH的蓄热片上沉积，造成GGH的堵塞腐蚀。**

### 一、除雾器除雾效果下降

除雾器内部通道如有结垢现象便会影响烟气的通过和分离，会使净烟气携带浆液量增加，浆液经过GGH净烟气侧的换热元件时就会在其表面停留结垢。

### 二、吸收塔浆液品质下降

吸收塔内浆液pH值控制不当、吸收塔内浆液密度控制不当，均会加速GGH的结垢堵塞。

### 三、吸收塔液位控制不当

吸收塔液位控制过高、液面与除雾器相距过近或浆液发生泡沫反应，经净烟气携带入GGH的浆液总量会增加。

### 四、设备故障

GGH压缩空气喷嘴与高压冲洗喷嘴频繁堵塞、GGH压缩空气吹扫机故障、GGH高压冲洗水泵故障等导致GGH不能有效、及时地进行压缩空气吹扫与高压水冲洗，加快了GGH的堵塞。



## 积灰及结垢的原因 (烟气换热器)

- 酸露点温度下的高湿环境造成的小颗粒粉尘的粘性及吸附力
- 有可能大颗粒大浓度粉尘排放抗堵塞效果更好



# 3

## BACKGROUNDS 新技术介绍



新技术二

特利尔  
烟气深度净化器

新技术

睿能四方  
板式烟气余热机组

新技术一



## 睿能四方板式烟气余热机组

——两大特点：  
低成本防腐性能及有效清洗系统





## 技术核心—板式气液换热器

技术核心为气体和液体热交换专用、全焊接、本体采用专属冶金材料制作、内衬氟塑料，不对称结构的板式气液换热器，将锅炉的尾气在进入脱硫塔之前降到70℃以下。一部分加热热网水回水，另一部分提供烟气回热的热量，不但取代了传统GGH的作用，还可以提高锅炉效率，节约能源。

烟气通过板壳交换器将温度降低到70℃以后，将更利于提高现有脱硫系统效率及减少脱硫耗水量。



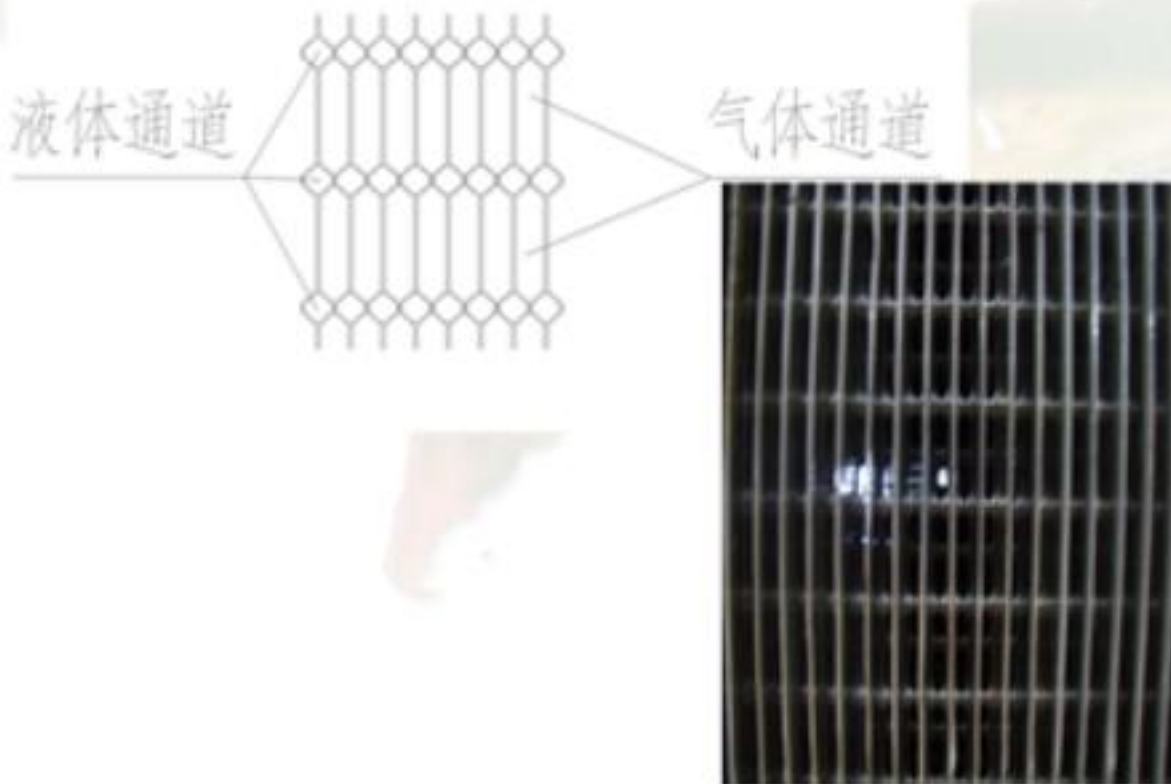
## 板式气液换热器结构特征

不对称结构，保证介质所需的换热流速，板管束中气体通道所占的截面积为液体面积的10倍，留有足够的空间通过气体来降低气体阻力损失，金属板管的快速导热性能，将气体热量迅速传导给液体，而液体流道的较小截面积确保了液体流速，高效的将热量带走。

### 气液板壳特点—不对称结构

板管束截面图

睿能四方





## 睿能四方

# 板式烟气余热机组的优势

采用专属金属做为母材，  
烟气侧内衬氟塑料，解决了  
酸露点腐蚀的问题

体积只有传统管式的1/10，  
可适应安装空间非常有限  
情况下的安装



不对称的结构：气相侧空间占流通截  
面的90%以上，一般在300Pa左右

各处阻力损失几乎完  
全一至，受热均匀

与清洗系统相适应的板片  
表面，板片表面纹路采用  
自洁结构的板纹，不易积  
灰结构

抽出式结构，换热器本体后，可在壳  
体上方盖上一块平板，壳体相当于一个  
直通烟道



## 板壳式冷凝换热器应用效果

### 节煤节能

回收了烟气中的显热及水蒸汽的潜热，可用于加热供暖回水，提高了锅炉效率，起到了部分省煤器的左右。

### 消除白烟

减轻“烟羽”和“石膏雨”现象，还能减轻对净烟道和烟囪的腐蚀

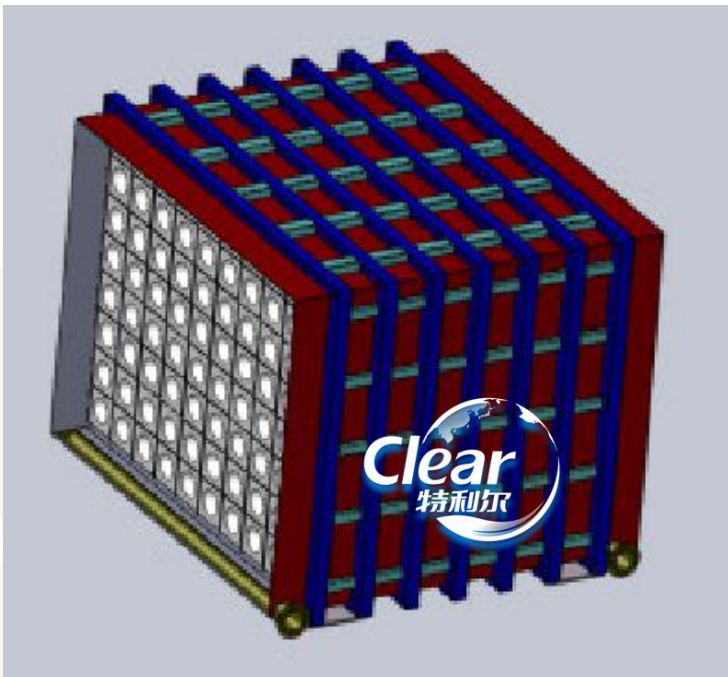


### 节水

锅炉的尾部烟气在进入脱硫塔之前降到80℃以下，减少了脱硫塔的耗水量

### 减排

烟气中部分SO<sub>x</sub>和NO<sub>x</sub>，在水蒸气冷凝时产生的大量水中凝结或吸附，减少了污染物的排放



### ◆ 特利尔烟气深度净化器

深度净化器以高性能旋流式分离器为技术核心。它是一种静态设备，运行过程中无需用电和用水此外，本技术具有稳定性高、无二次污染等优点，是解决燃煤电厂尾部烟气石膏雨、硫酸雨排放以及粉尘超低排放并减缓烟囱腐蚀的先进技术。

### ◆ 安装位置

安装在脱硫塔出口和烟囱之间的水平或垂直烟道上，其截面尺寸基本与烟道一样大小，长度约为四米，可以看成为烟道的一部分，安装方便，现场施工只需停机10天便可完成。





## 特利尔烟气深度净化器—工艺系统

脱硫工艺水  
(仅启停机时开启)

脱硫塔出口湿烟气



- 烟气进入净化器壳体内部的分离涡管，分离涡管把净烟气中的烟尘（包括石膏颗粒和硫酸雾滴）进行分离，且通过对涡管的特殊设计将分离下来的雾滴及颗粒与主流隔离，避免烟尘的二次携带。
- 收集系统则将分离出来的雾滴及尘颗粒进行收集并排入集水箱，然后送入脱硫塔内。
- 冲洗系统采用脱硫系统的工艺水，仅在启停机时对核心分离装置进行冲洗，避免装置结垢。



## 特利尔烟气深度净化器—技术指标



### 技术创新点

- ◆ 高效离心分离，负荷适应性强，分离效果高效稳定
- ◆ 彻底消除二次携带
- ◆ 设备体积小，占地面积小

### 技术指标

- ◆ 在脱硫塔入口粉尘浓度 $\leq 30\text{mg}/\text{Nm}^3$ 时，设备出口可达到 $\leq 5\text{mg}/\text{Nm}^3$
- ◆ 脱硫塔出口烟气雾滴浓度 $\leq 75\text{mg}/\text{Nm}^3$ 时，设备出口可达到 $\leq 20\text{mg}/\text{Nm}^3$   
脱水效率73%
- ◆ 压降 $\leq 550\text{Pa}$



## 特利尔烟气深度净化器—技术优势

### ◆投资成本:

设备体积相对湿电、塔内除雾器小，投资成本较低

### ◆运行成本:

运行中无需用水用电，运行所需能量由压力势能提供

### ◆安全性:

分离涡管采用耐腐蚀PP（聚丙烯）材料，外壳体与烟气完全隔绝，彻底消除腐蚀隐患。



### ◆负荷适应性强:

设计流速高，有宽负荷适应性。同时，在低于50%负荷时，可在设备入口设置烟气调节挡板，保证稳定达标运行

### ◆性能稳定:

分离出来的烟尘颗粒及酸性雾滴被彻底收集出来，与烟气主流完全隔离，彻底消除二次携带

### ◆工程量:

安装便捷，仅需停机10天左右即可完成对接安装工作。



## 板式余热机组与深度净化器的完美组合

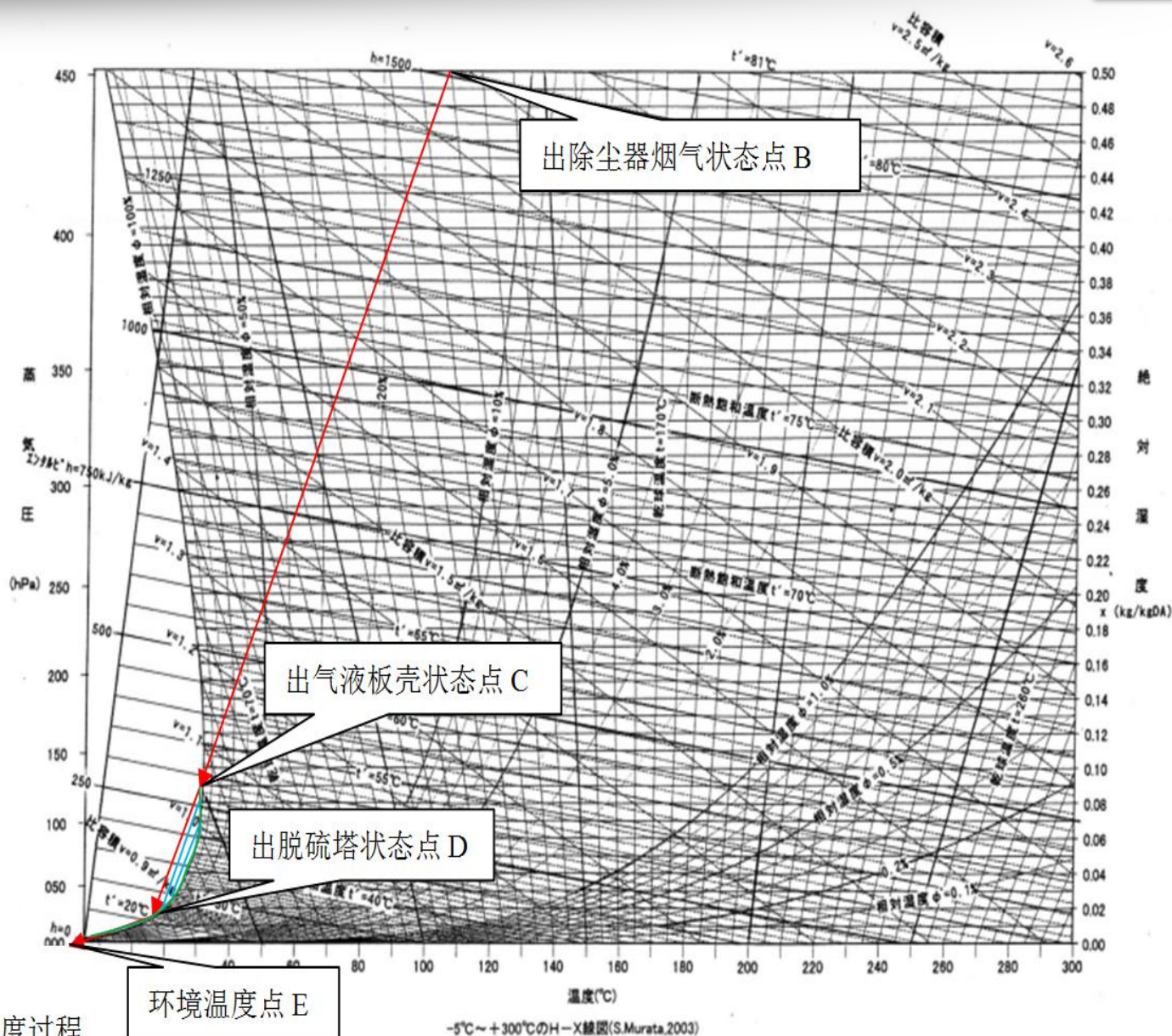
板式余热机组  
承担降温去湿余热  
回收的作用。

深度净化器承  
担降低排烟中水蒸  
气相对湿度，治理  
消除白烟并实现粉  
尘超低排放的作用。

饱和曲线（绿线）  
相对湿度 100%

冷凝产生水区域  
（蓝线阴影区）

烟气冷却线（红线）  
从 130℃ 降低到室外温度过程





根据条件和目标选择恰当的消“白烟”治理措施！

结束语



# 感谢聆听

A cluster of overlapping, semi-transparent squares in various shades of beige and light brown, scattered around the central text.

# THANKS

