高温烟气过滤器

—— 适用环境和运行机理 ——

江苏天雅环保科技有限公司提供

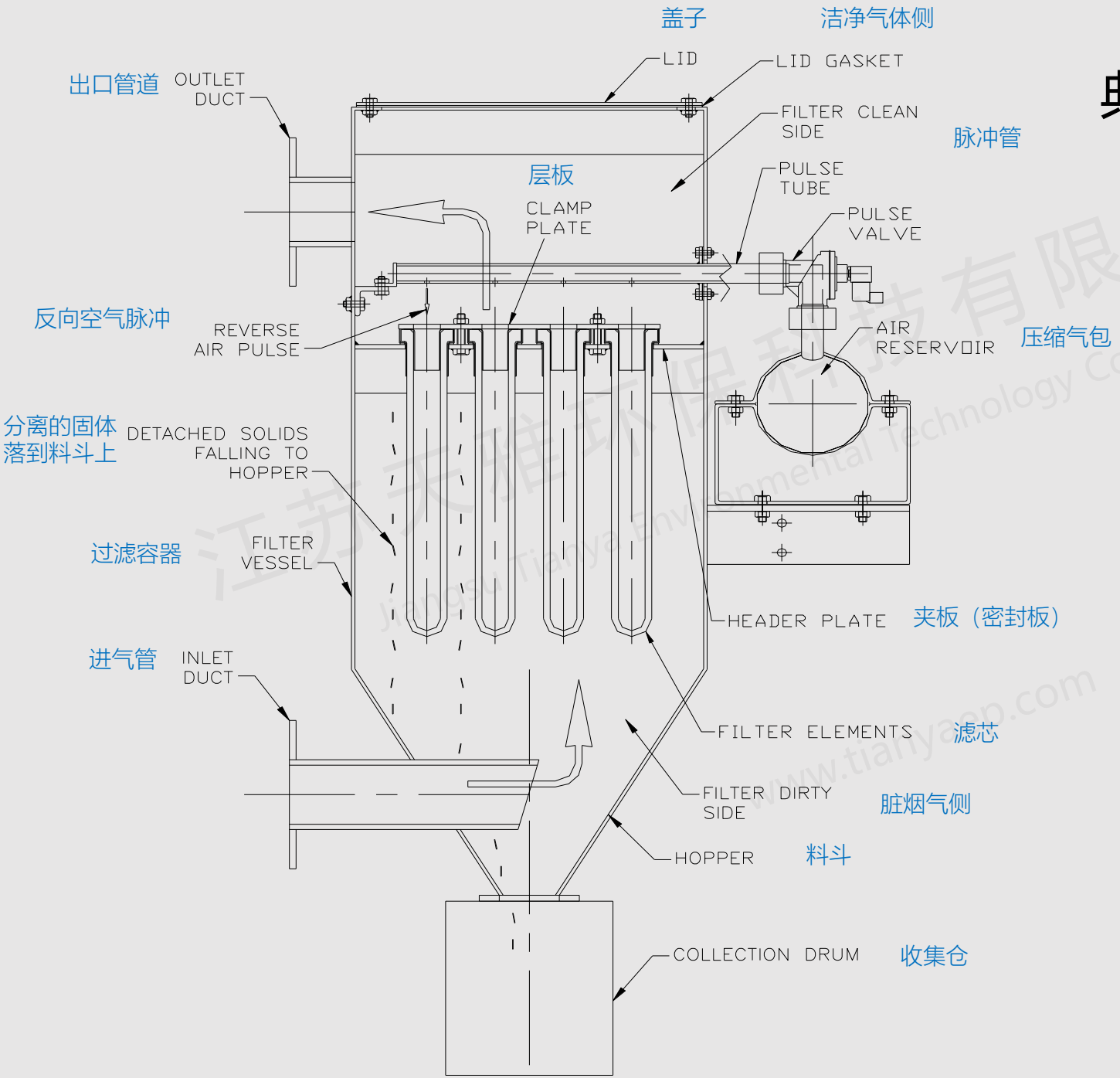
江苏天雅环保科技有限公司
Jiangsu Tianya Environmental Technology Co.Ltd.
www.tianyaep.com

热气过滤器的运用 —— 常规共识

- 大多数受控处理会将污染混合物排放到大气中
- 烟气中颗粒通常是构成混合物的重要部分
- 颗粒物只能通过阻隔过滤得到令人满意的控制
- 传统的阻隔滤清器-袋式过滤器，仅在 < 200°C 的温度下工作
- 使用更高温度的隔离过滤器，例如陶瓷过滤器，可以简化对其他污染物的控制以及去除微粒

江苏天雅环保科技有限公司
Jiangsu Tianya Environmental Technology Co.Ltd.
www.tianyaep.com

典型陶瓷过滤器



江苏天雅环保科技有限公司
Jiangsu Tianya Environmental Technology Co.Ltd.
www.tianyaep.com

热气过滤器的优势 - 第2部分

- 热气过滤器可以：
  - 允许气体在最佳温度下过滤
  - 为可再生的反应层提供支持
  - 从气流中除去所有颗粒
- 这意味着所有的排放控制过程都可以通过不同温度区的热气过滤器来完成

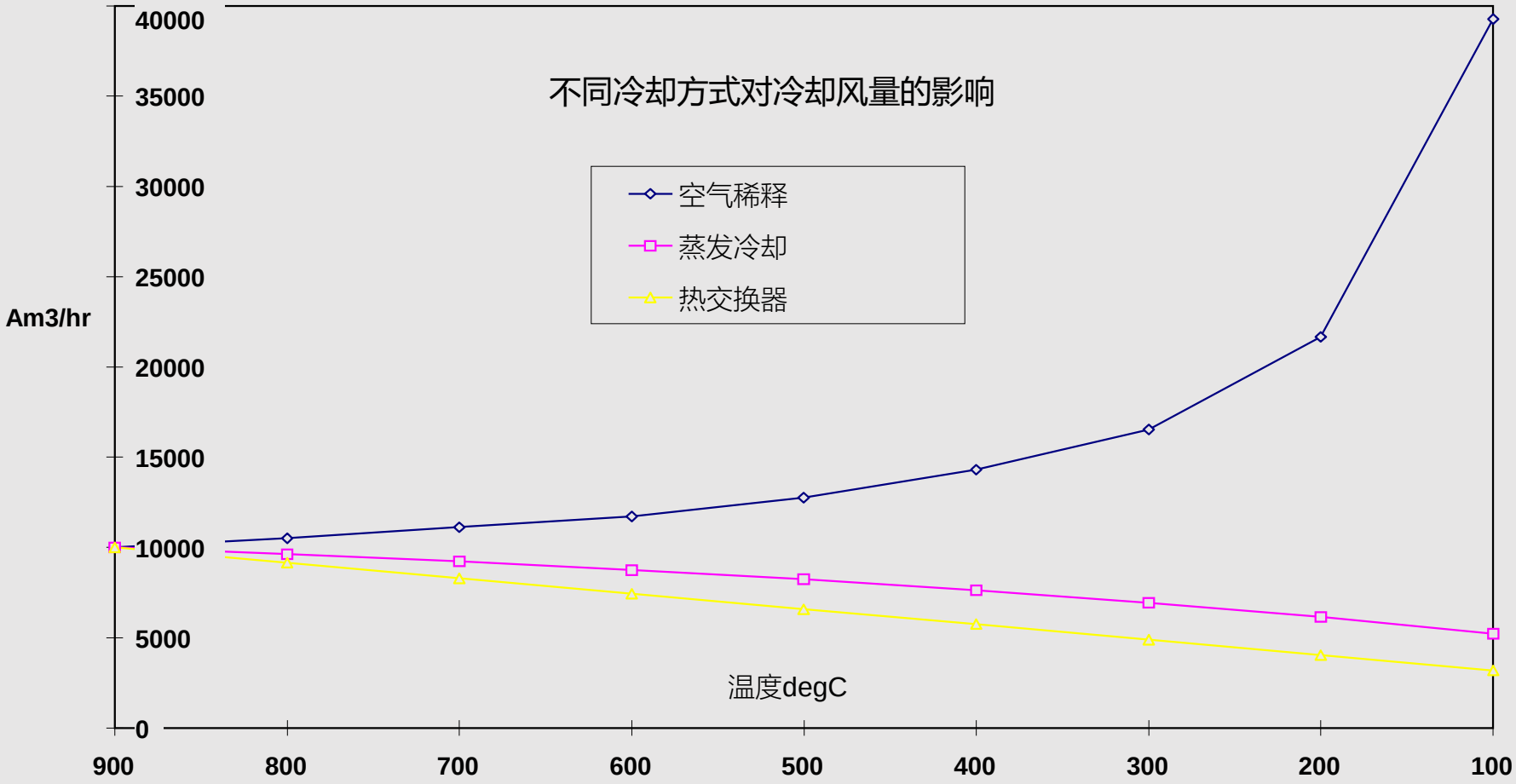
江苏天雅环保科技有限公司
Jiangsu Tianya Environmental Technology Co.Ltd.
www.tianyaep.com

热气过滤器的优势 - 第3部分

- 将气体冷却至200°C比将其冷却至400°C要困难得多
- 酸性气体吸附剂在较高温度下反应更好
- 在300°C +下运行避免酸性气体冷凝
- 在300-400℃下操作为SCR NOx控制提供了最佳条件
- 在400°C +下运行避免“重新”二噁英形成
- 在300°C +下排出气体避免烟囱羽流（白雾）

江苏天雅环保科技有限公司
Jiangsu Tianya Environmental Technology Co.Ltd.
www.tianyaep.com

热气体的冷却


不同冷却方式对冷却风量的影响
空气稀释
蒸发冷却
热交换器
Am3/hr
40000
35000
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
温度degC
900
800
700
600
500
400
300
200
100

200°C 冷却气体的问题

- 使用空气稀释 - 气量增加到2.25倍
- 使用蒸发冷却 - 湿固体和羽流形成
- 使用热交换器/锅炉
  - 酸性气体冷凝导致腐蚀
  - 固体冷凝/粘附导致气体流路堵塞
  - 需要定期清洁/维护
  - 二噁英的复生成
- 所有方法
  - 设备比400 - 450°C大很多

江苏天雅环保科技有限公司
Jiangsu Tianya Environmental Technology Co.Ltd.
www.tianyaep.com

控制向大气的排放

- 颗粒物
- 酸性气体
  - HCL, HF, S**O**x，H_2S, CO
  - N**O**x
- 重金属
- CO & VOCs
- 二噁英和呋喃
- CO_2和水

江苏天雅环保科技有限公司
Jiangsu Tianya Environmental Technology Co.Ltd.
www.tianyaep.com

颗粒物的控制

- 所有热气过滤介质均符合排放指南
- 陶瓷过滤器特别有效
  - 通常下游固体是不可检测的，低于5mg
- 热气过滤器在线进行反向脉冲清洗，不会中断过程
- 收集的固体通常是干燥和自由流动的

江苏天雅环保科技有限公司
Jiangsu Tianya Environmental Technology Co.Ltd.
www.tianyaep.com

H_2SO_4，HCl和HF去除

- 通过与吸附剂反应除去
  - 将吸附剂粉末分散并吹入气流中
  - 粉末聚集在过滤元件的表面上以形成可再生的粉饼层
  - 气体通过粉饼层 - 吸收了反应成分
  - 废粉末被吹掉并排出
- 使用两种主要吸附剂
  - 熟石灰 – $Ca(OH)_2$
  - 碳酸氢钠 – $NaHCO_3$
- 化学反应接触效率和时间是很重要的
  - 在稀相系统中反应物之间的接触太少

江苏天雅环保科技有限公司
Jiangsu Tianya Environmental Technology Co.Ltd.
www.tianyaep.com

吸附剂的比较

- 碳酸氢钠($NaHCO_3$)
  - 化学计量2.30kg/ 1kgHCl
  - 价格?元/ 吨（25公斤袋装）
  - 成本效率为100%，效率为？元/吨HCl
  - 典型的温度 使用200°C
- 熟石灰($Ca(OH)_2$)
  - 化学计量1.01kg/ 1kgHCl
  - 价格?元/ 吨（25公斤袋装）
  - 成本100%效率？元/吨HCl
  - 典型的温度 使用400°C
- 去除效率
  - 取决于吸附剂过量（摩尔比）

江苏天雅环保科技有限公司
Jiangsu Tianya Environmental Technology Co.Ltd.
www.tianyaep.com

去除效率

- 通常在200℃下使用碳酸氢钠($NaHCO_3$)以1:1的摩尔比得到85％的SO_2和95％的Hcl去除效率。
- 通常在400℃下使用熟石灰($Ca(OH)_2$)，以2:1的摩尔比得到85％的SO_2和95％的HCL去除效率。
- 将摩尔效率与化学计量当量和成本/吨相结合可得到去除成本
  - 用碳酸氢钠除去?/吨HCl
  - 用熟石灰去除?/吨HCl

江苏天雅环保科技有限公司
Jiangsu Tianya Environmental Technology Co.Ltd.
www.tianyaep.com

熟石灰的反应性1

- “当气体温度刚刚超过露点时，熟石灰的效率很高，使用熟石灰与酸性气体的化学计量比为1报告了SO_2去除效率为75%的数据。随着温度的升高，效率降低，直到通常，它在190°C时达到最低效率，此时它会增加直到大约350°C，效率已经恢复。 高于500°C，效率显着提高。 ”

——— *来源参考文献*

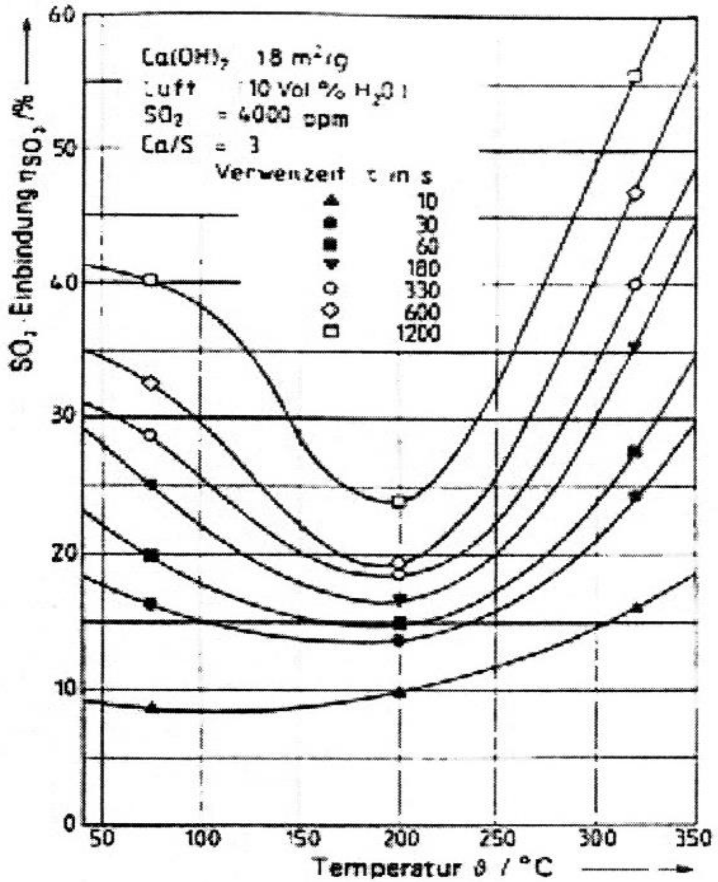


Bild 8: Temperatureinfluß auf die SO_2-Einbindung bei 10 Vol.-% Wasserdampf im Rauchgas (Kalkhydrat I, Ca/S = 3)

Influence of temperature on the fixation of SO_2 at 10 vol. % water vapour in the flue gas (hydrated lime I, Ca/S = 3)

江苏天雅环境科技 Jiangsu Tianya Environmental

熟石灰的反应性2

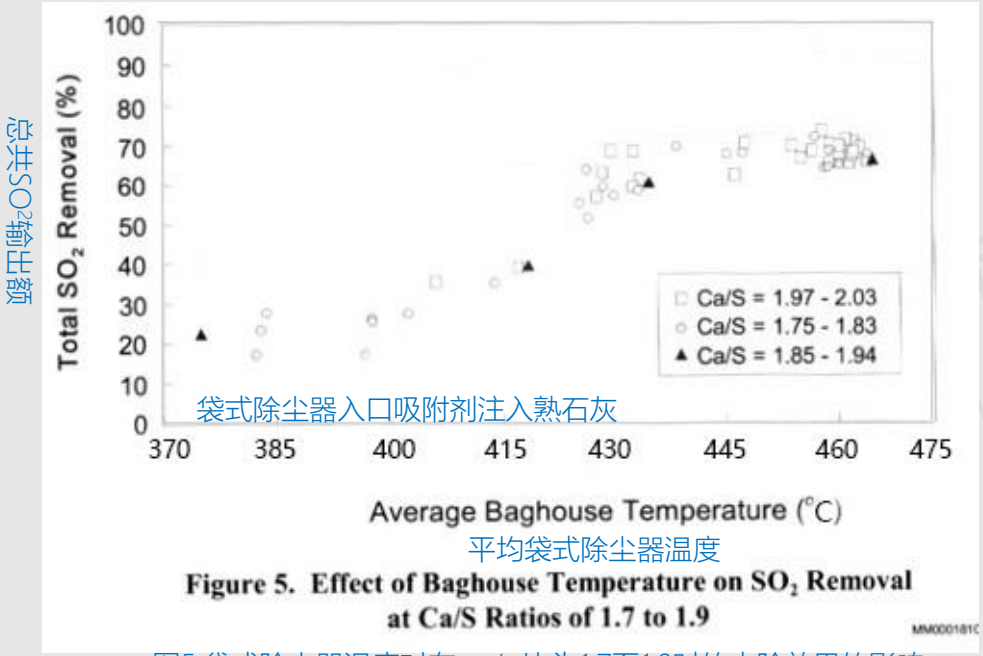


图5.袋式除尘器温度对在ca / s比为1.7至1.9时的去除效果的影响

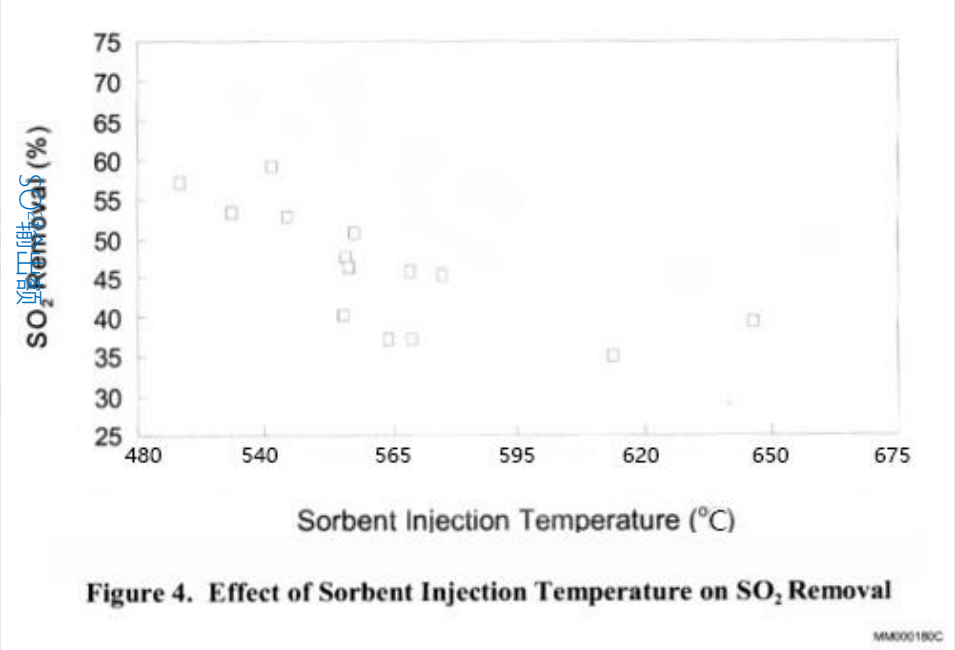


图4. 吸附剂注射温度对SO²输出额的影响

平均袋式除尘器温度=438-455°C

Ca/S化学计量=1.95-2.3mol/mol

熟石灰注入

- 温度对石灰去除SO_2的影响（参考4）

NOx控制措施

- 主要措施包括控制一次和二次燃烧条件，以最大限度地减少NOx的产生
- 二级措施包括使用NH_{2-x}化合物将NOx还原为氮气和水，不使用催化剂SNCR或使用催化剂SCR
- SNCR（选择性**非**催化还原）在850-900℃，即热气过滤器的上游进行。
- SCR（选择性催化还原）在300-400 ℃下进行 。
- 通过消除固体堵塞，在催化剂之前过滤气体将显着改善催化剂性能
- 或者，可以使用催化剂浸渍的过滤元件，例如带催化剂滤芯**（天雅环保）**
- 无论哪种方式，在高温下过滤气体都有利于二次NOx控制

江苏天雅环保科技有限公司
Jiangsu Tianya Environmental Technology Co.,Ltd.
www.tianyaep.com

重金属

- 可作为颗粒物去除
  - 热气过滤只能去除气流中的固体, 而不能去除蒸汽
  - 如果没有另一个减排阶段, 蒸汽就会排放到大气中
  - 只要有足够浓度的金属存在, 作为蒸汽排放的量将取决于过滤温度下的平衡蒸汽压 0.001Pa蒸气压约为 0.035 mg / Nm^3（+/- 60%）
- 限制是：
  - Hg 0.05mg / m^3
  - Cd和Tl $_{(total)}$ 0.05mg / m^3
  - Sb，As，Pb，Cr，Co，Cu，Mn和V $_{(total)}$ 0.5mg/m^3

江苏天雅环保科技有限公司
Jiangsu Tianya Environmental Technology Co.Ltd
www.tianyaep.com

Periodic Table of Elements 元素周期表

	IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VII			IB	IB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	0
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	57 *La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	89 +Ac	104 Rf	105 Ha	106 106	107 107	108 108	109 109	110 110								

镧系元素 * Lanthanide Series	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
+ Actinide Series 锕系元素	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

Legend - click to find out more...

H - gas　　Li - solid　　Br - liquid　　Tc - synthetic

- 非金属 Non-Metals
- 过渡金属 Transition Metals
- 稀土金属 Rare Earth Metals
- 卤素 Halogens
- 碱金属 Alkali Metals
- 碱土金属 Alkali Earth Metals
- 其他金属 Other Metals
- 惰性元素 Inert Elements

重金属的蒸汽压力 @ 400°C

重金属	符号	VP @400ºCPa
汞	Hg	690,000
镉/氧化镉	Cd/cdo	760 / .0007
铊	TL	.007
锑	Sb / Sb2O3	.035 / 2
砷/氧化砷	As / As2O3	2,400 / 72,400
铅	Pb	.00002
铬、钴、铜、锰、镍、钒	Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V	<10E-07

1 Pa = 10E-05 bar，因此1 Pa = 10ppm v / v。 1 ppm v / v = 2至7 mg / Nm **3**

江苏天雅环保科技有限公司
Jiangsu Tianya Environmental Technology Co.Ltd.
www.tianya-e.com

问题重金属

- 汞（Hg）
  - 可能会作为元素出现
  - 蒸汽压力接近7巴(bar)
  - 如果气流中有足够的汞，则会超过排放限值
- 锑（Sb）
  - 可能以三氧化物Sb2O3存在
  - 蒸气压2Pa表示平衡浓度为70mg / Nm3
  - 如果气流中有足够的锑，则会超过排放限值
- 砷（As）
  - 可能会以三氧化物As2O3存在
  - 蒸气压力为0.7巴(bar)
  - 如果气流中含有足够的砷，则会超过排放限值
- 镉（Cd）
  - 可能会以氧化物CdO存在
  - 蒸汽压力为0.0007Pa，表明平衡浓度为0.02mg / Nm3
  - 无论Cd的浓度如何，排放都将低于排放限值
- 如果有大量的Hg，Sb或As，那么热气过滤可能不是最好的解决方案
- 1bar=100kpa=1标准大气压

江苏天雅环保科技有限公司
Jiangsu Tianya Environmental Technology Co.Ltd.
www.tianyaep.com

CO和VOCs

- 通过氧化去除CO和VOCs，产生CO_2和H_2O.
- 这种氧化通常是上游燃烧过程的一部分
- 如果需要进一步氧化，则350℃下的催化氧化是有效的
- 热气过滤对催化剂寿命至关重要

江苏天雅环保科技有限公司
Jiangsu Tianya Environmental Technology Co.Ltd.
www.tianyaep.com

二噁英和呋喃

- 处理可以减少二噁英和呋喃复生成的形成
- 热气过滤通过以下方式实现这一目标:
  - 在二噁英和呋喃复生成的温度窗口顶部的温度下过滤
  - 使用石灰中和反应所需的 HCl
  - 去除气流中的所有颗粒
- 常规系统用活性炭捕获二噁英，用于处理垃圾填埋场
- 热气过滤避免了二噁英的形成，并避免了填埋的需要

江苏天瑞环保科技有限公司
Jiangsu Tianrui Environmental Technology Co.Ltd.
www.tianyaep.com