

文氏管用于竖炉排风除尘试验报告

二机部第五设计院

1976.9

文氏管用于竖炉排风除尘的试验

×××厂竖炉除尘试验小组

五 院 暖 通 组

×××厂在×稀有金属冶炼中有一道“竖炉反应”工序，×稀有金属氯化物和其它添加物在竖炉中进行瞬时的放热反应，反应时产生大量气体和粉尘，从通风系统排走。需要设计有效的除尘系统，回收×稀有金属和减少对周围环境的污染。

竖炉排风有以下特点：

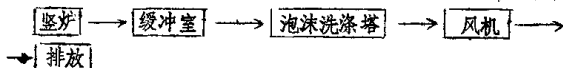
1. 风量大。以前设计中采用 $40000 \text{ M}^3 / \text{时}$ ，在实际运行中也都大于 $20000 \text{ M}^3 / \text{时}$ 。

2. 含尘量大。每立方米空气中×金属含量平均约 100 mg ，最大时可达 500 mg 左右。

3. 颗粒度细。按颗粒数计算，绝大部份粒子直径在 $1 \sim 2.5 \mu$ 左右。

此外，竖炉反应时炉内温度高，排出的灰尘冷却后有湿凝现象，粘附在物体表面。但是由于风量大和反应时间短，对除尘设备来说，排风温度可以按常温考虑。

以前几个厂使用的竖炉排风除尘设备，大多是泡沫洗涤塔。



根据测定，泡沫洗涤塔用于竖炉排风除尘时，除尘效率约在 50% 到 90% 之间。除尘器后排风中的金属含量在 $32 \text{ mg} / \text{M}^3$ 以上。竖炉每反应一炉，从排风中损失的金属，根据不同厂的

测定，在145 g至500 g之间。

有的厂为了减少排风中的金属含量，在泡沫洗涤塔后面，增加了中效过滤器（蚌埠绝缘材料厂产品）。但是由于排风中粉尘量大，过滤器使用周期极短，过滤器堵塞后，整个系统的排风量减小，影响竖炉正常生产。

据实测，中效过滤器用于竖炉排风除尘时，除尘效率在90%左右。

我们分析了原来使用的除尘系统，认为泡沫洗涤塔有其使用方便，维护简单，适合大风量，大粉尘量等优点，但是它对细颗粒度的粉尘除尘效率不高。针对这一点，我们提出了在泡沫洗涤塔前增加文氏管的除尘方案。利用文氏管的凝聚作用，使1~2.5μ左右的细颗粒，凝聚成大于50μ的粗颗粒，以提高泡沫洗涤塔的除尘效率。

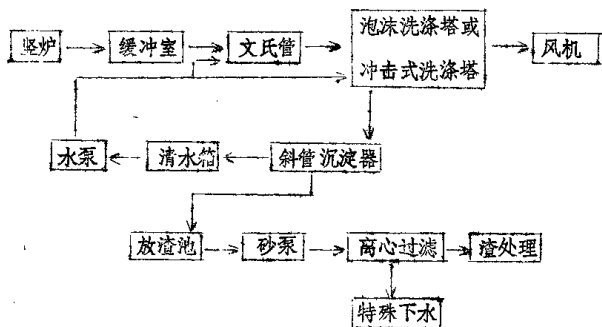
这次试验就是按照上述设想进行的。为了对除尘系统进行实际运行的考验，文氏管除尘器的试验设备是按照生产规模设计的。试验于76年7月15日至21日在XXX厂进行。

一、文氏管除尘试验系统概况。

我们设计了两个平行系统：“文氏管——泡沫洗涤塔”系统和“文氏管——冲击式洗涤塔系统”，各占风量一半，并联运行。由于冲击式洗涤塔在结构上比泡沫洗涤塔简单，空气阻力低，而且没有筛板，可以避免筛板容易结垢堵塞的弊病。如果在对比试验中，证明两个系统的除尘效率相同，或相差不大，在以后的设计中就可以采用“文氏管——冲击式洗涤塔”系统。

为了提高除尘效率和避免文氏管喷嘴堵塞，我们还要求水道专

业配合。设计了一套水处理系统。对文氏管供水水质提出的要求是，
 悬浮物 $\leq 50 \text{ mg} / \ell$ 。



为试验选用的设计参数如下：

风量： $12000 \times 2 = 24000 \text{ M}^3 / \text{时}$

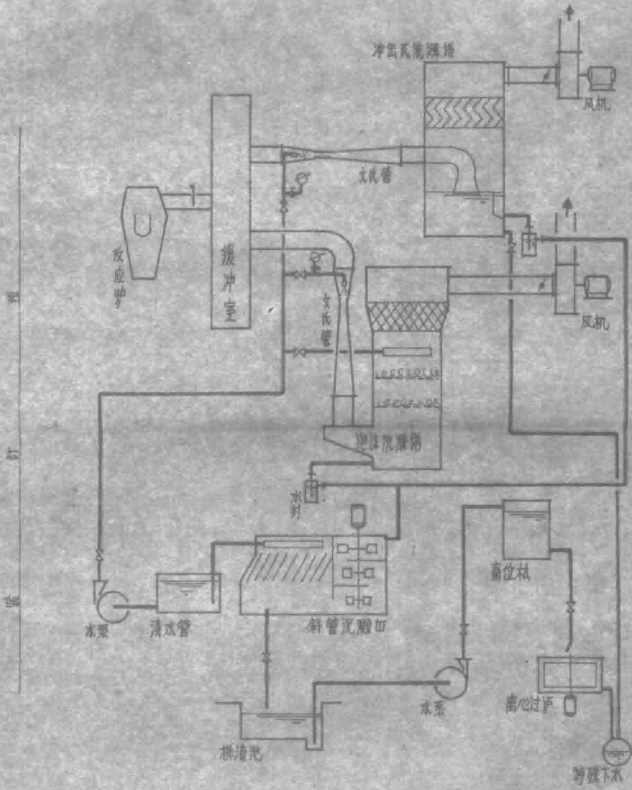
水气比： $0.7; 1.0; 1.3 \ell / \text{M}^3$

(供水压力在喷嘴前 $2.5 \text{ kg} / \text{cm}^2$)

喷口风速： $80; 100; 120 \text{ M} / \text{S} \text{ e e}$

计算阻力： $643 \sim 1240 \text{ mmH}_2\text{O}$

计算效率： $95.8 \sim 99.41\%$



文氏管用于窑炉排风除尘试验系统图

原设计中选用两台8-18型8#风机，配用J094-2电机(100KW)，联轴节连接。风机运行参数，原设计选用风量12250M³/时，风压1380mmH₂O；在试验期间测得，其中一台风机风量为7000~10000M³/时，风压为720~600mmH₂O，另一台风机风量为5000~7000M³/时，风压为380~200mmH₂O。两个系统都没有达到原设计要求的风量，试验在文氏管喉口风速远小于原设计要求下进行的。

三、试测方法简介。

空气取样，分别在两个系统的除尘器前后，计四组人员同时进行。取样使用国产取样滤膜(有效直径 ϕ 70)，玻璃管孔板流量计，DK-2抽风机。取样风量为40~50l/分，每张滤布取样3~4分钟。样品中金属含量测定采用“萃取光电比色法”，金尘量测定用精度为0.1mg天平称重，颗粒度分析使用600倍显微镜观察。

系统风量、风压测定，使用自制的比托管，未经标准比托管校验，误差很大，只具参考价值。

对水样进行PH值，固体沉淀物和金属含量三项分析。由于联系不周，金属含量只分析了溶解金属这部分，固体沉淀物里的金属含量没有计算进去。

三、除尘效率。

我们测得的文氏管用于竖炉排风除尘的除尘效率见下表：

“文—冲”系统除尘效率

三种 喉管	实 测 系统阻力 mmH ₂ O	三种不同喷嘴的水气比 L L/m ³				
		喉 口风速 M/Sec		0.7	1.0	1
		设计	实测			
大喉管	614	80	70	97%	98.5%	97
中喉管	680	100	73	99.5%	97%	9
小喉管	720	120	70	99.9%	99.9%	99

“文——泡”系统除尘效率

三种 喉管	实 测 系统阻力 mmH ₂ O	三种不同喷嘴的水气比 L L/m ³				
		喉 口风速 M/Sec		0.7	1.0	1
		设计	实测			
大喉管	204	80	50	87%	98%	9
中喉管		100		98%	95%	9
小喉管	580	120	50	95.5%	98.5%	9

由于比托管不准和测点位置的限制，测得的风量，风压误差很大，并且互相矛盾。从所测动压计算出来的风量和从所测静压（阻力）反推出来的风量相差甚大。但是有两点是比较明显的：其一，喉管风速最大时也没有超过 100 m/s ，估计“文—冲”系统最大喉口风速为 $80\sim 100\text{ M/s}$ ，“文—泡”系统为 $50\sim 60\text{ M/s}$ 。其二，风机在运行中一直是阀门全开，所以风机出力基本是恒定的。当三种不同直径的喉管轮换使用时，经过喉管必定有三种不同风速，其中使用最小喉管时经过喉管的风速应为最大。喉管风速的变化，在实测中，可以从系统总阻力的变化看出来。

从除尘效率测定的结果看出：

1. 当水气比大于 0.7 l/m^3 时，水气比的变化对文氏管的捕尘效率没有明显影响。

2. 文氏管喉管风速的增大，对文氏管捕尘效率的提高有明显作用。如“文—冲”系统使用小喉管时，喉管风速，根据测得的静压推算，大约在 $80\sim 100\text{ M/s}$ 之间，除尘效率达 99.9% 。

3. 文氏管后使用泡沫洗涤塔，或冲击式洗涤塔都能达到很高的除尘效率。在速次试验中，“文—冲”系统的除尘效率比“文泡”系统高。按照一般对除尘器的认识，泡沫洗涤塔的效率应该高于冲击式洗涤塔的效率。但是在本次试验中，“文—泡”系统的风量，因风机出力不足，只达设计一半左右。由于文氏管喉管风速较低，所以“文—泡”系统的效率一直较低。

为了进行对比，在试验中还关闭过文氏管的喷嘴，取了一次样。

文氏管喉管内停止喷雾以后，文氏管就失去了凝聚作用，这时我们测得“文—冲”的效率为78%， “文—泡”的效率为80.5%，大致与冲击式洗涤塔和泡沫洗涤塔单独使用的效率相同。

四排风中损失金属量估计：

从这次试验取得的数据表明，竖炉排风中金属含量在除尘前平均为 98 mg/m^3 。如果×××厂在以后的竖炉生产中使用小喉管的文氏管除尘，那末在现有设备情况下，“文—冲”系统的平均效率为99.9%， “文—泡”系统的平均效率为97.3%，两个系统的平均效率为98.6%。即除尘器后排风中金属量为

1.37 mg/m^3 ，每反应一炉排走金属 6.6 g 。

空气取样，因抽气机连续运行时间的限止，未能取得从装炉到出渣的整个生产过程中，每炉生产的金属损失量。这里每反应一炉排走的金属量是估算的。估算的方法是假定竖炉反应后，最大排尘量延续时间为6分钟；其它装料，出渣时间虽然要长得多，但排风中的含尘量，大大低于反应时的最大含尘量。我们也按最大排尘量再增加6分钟，作为估算。

所以每反应一炉从排风中损失的金属为：

$$G = 1.37 \times \frac{1}{1000} \times 24000 \times \frac{12}{60} = 6.6 \text{ g}$$

必须指出，这个估算最偏大的，因为在计算中使用了设计风量 $24000 \text{ m}^3/\text{时}$ 。而实际上，现在运行的两台风机总风量，最大时也不到 $16000 \text{ m}^3/\text{时}$ 。而如果总风量真能达到 $24000 \text{ m}^3/\text{时}$ ，“文—泡”系统由于喉管速度的提高，除尘效率至少与

“文氏冲”相同，即两个系统的平均效率可 达到99.9%，那时除尘器后排风中的金属含量将小于 0.1 mg/m^3 ，每炉从排风中损失的金属少于 0.48 g 。

在这次试验中测得，如果不用文氏管，泡沫洗涤塔和冲击式洗涤塔的除尘效率在80%左右，即除尘器后排风中金属含量 $\sim 20 \text{ mg/m}^3$ ，每炉从排风中损失的金属大约 96 g 。

三排风中的金尘含量和灰尘颗粒度。

原来，我们还想测定文氏管除尘的全尘效率，但是我们使用的天平精度为 0.1 mg ，而除尘器后取样滤膜上灰尘的总重往往不到 0.1 mg ，所以经常出现负值，全尘效率也就没能得出。但是在除尘器前的取样滤膜上，灰尘总重在几十毫克到几百毫克之间，天平秤重的误差就比较小。从这批样品中得出，除尘器前排风中全尘含量平均为 222 mg/m^3 ，为金属平均含量 98 mg/m^3 的2.25倍。

对除尘器前后取得的样品，分别在600倍显微镜下所作的颗粒度分布观察，所得的结果是出乎意料的。

除尘器前的粒度分布如下（按颗粒数）：

直径	< 1.2	1.2	2.5	5	10	15	> 20
“	-2.5	-5	-10	-15	-20		
%	70.2	25.6	2.5	0.7	0.65	0.3	0.05

除尘器后的粒度分布如下（按颗粒数）：

直径	1.2	2.5	5-15	15	25	> 35
“	-2.5	-5		-25	-35	
%	10.2	30.8	51.9	4.8	0.9	1.4

数据表明，除尘器后细颗粒灰尘消失了，或减少了，粗颗粒灰尘所占的百分比却增大了。按颗粒数计算主要的已不是 2.5μ 以下的细灰尘，而是 $5-15\mu$ 的较大灰尘了。

用显微镜观察了四组样品，这四组样品得出的结果相当一致。

对这观察结果我们只能做如下几种假设，有待以后做更细致的工作来证实或推翻。

1. 文氏管把细颗粒灰尘统统凝聚成大颗粒灰尘了。但是具体做颗粒度分析的同志否定这一点，他认为在显微镜下的粒子更象是单个粒子，而不是凝聚起来的灰尘团。

2. 透过除尘器的粒子是憎水性的石墨粉尘，而被除掉的细小粉尘是亲水性的 \times 金属氧化物，文氏管对憎水性的粉尘效率较低。

3. 在除尘器后的样品中，出现了大于 25μ 和大于 35μ 的粒子，这甚至在除尘器前的样品上都是没有的。很有可能是安装时未曾清洗过的除尘器隔水层和除尘器后管道中的积灰所造成的污染。特别应指出的是大于 25μ 和大于 35μ 的粒子，只是在“文——泡”系统后的样品中才有，而“文——泡”系统的隔水层是采用塑料刨花，这些刨花是废物堆里拣来的，没有经过仔细清洗就安装上了。

六文氏管循环用水的处理。

文氏管循环用水处理系统采用斜管沉淀器，用3#高分子混凝剂（聚丙烯酰胺）作凝聚剂。原来设计时认为，水处理后水中悬浮物含量可以低于 $50\text{mg}/\ell$ ，但是在试验运行中没有达到预期的效果。

竖炉生产29炉后，经过水处理送往文氏管喷嘴循环的水质分析结果： $\text{PH}\approx 9.3$ ，悬浮物 $\sim 100\text{mg}/\ell$ ，溶解金属 $\sim 40\text{mg}/\ell$ 。

斜管沉淀器与清水箱的总容积 $\sim 40\text{ M}^3$ ，在运行过程中有一部份水从溢流管排入特殊下水了。

循环水的PH值也相当高，长时期运行后会使水管和喷嘴堵塞，应当采取措施降低PH值。

循环水中还含有大量的溶解金属。（在另一个已运行了几个月的泡沫洗涤塔的循环水箱中测得，水中溶解金属含量 $575\text{ mg}/\ell$ 。）这一点是设计时未曾考虑到的。试验系统中采用的斜管沉淀器，就是达到设计要求，也只是对固体悬浮物有效。这次在 $\times\times\times$ 厂解决的办法，是将污水通过特殊下水排入污水处理车间，用“沉淀—沙滤—离子交换”的办法处理。 $\times\times\times$ 厂这套水处理系统是有效的。处理后水中金属总含量在 $0.05\text{ mg}/\ell$ 以下。

其它问题。

1. 8—18型高压风机的噪声和振动都很大，加之风机的安装质量差，可能影响生产方面在以后生产中经常采用这套除尘设备的积极性。在以后的设计中要尽量降低系统阻力，选择转速较低，噪声和振动较小的风机，并适当采取消声和隔振措施。

2. 文氏管除尘系统风管的负压较一般排风系统要大 $3\sim 10$ 倍左右。所以要特别注意风管的密封性和管道附件的强度等问题。 $\times\times\times$ 厂的试验系统在第一次试车时漏风量达 $30\sim 50\%$ ，风机的进风阀因为变形而打不开。

3. 文氏管除尘资料中提供的计算效率和阻力的公式非常多，使用不同资料所提供的公式，计算结果相差很大。我们原打算通

过不同喉管风速和不同水气比的组合，验证一下我们自己设计制造的文氏管除尘设备，与那一种公式的计算结果较为接近，但是由于风机出力不足和测量仪器准确程度的限制，没有做到这一点。我们认为这项工作对文氏管除尘设备的推广使用是必不可少的，我们将在条件允许时继续进行，也希望其它单位有条件时来完成这项工作。

水处理部份是文氏管除尘设备的重要环节，这次试验中我们没有解决好，在这方面还要继续做工作。

简短的结论：

1. 文氏管除尘设备适合于竖炉排风除尘，除尘效率可达99.9%。根据试验，文氏管对管后除尘器的除尘效率要求并不高，在以后的设计中可以采用“文氏管——冲击式洗涤塔”方案。（冲击式洗涤塔也可用别的性质相类似的除尘器代替），和采用如下设计参数：

喉管风速： $80 \sim 100 \text{ m/s}$ ；

水气比： 0.7 ；（水压 2.5 kg/cm^2 ）

总压头消耗： $600 \sim 800 \text{ mm H}_2\text{O}$ ；（其中 $400 \sim 600 \text{ mm H}_2\text{O}$ 为文氏管阻力， $\sim 100 \text{ mm H}_2\text{O}$ 为冲击式洗涤塔阻力， $\sim 100 \text{ mm H}_2\text{O}$ 为系统其它部份阻力）。

除尘效率估计： $99.5 \sim 99.9\%$ 。

2. 竖炉排风中初金属含量 $\sim 100 \text{ mg/m}^3$ ，全尘含量为金属含量 2.25 倍。在设计时为谨慎起见可取初金属含量 $150 \sim 200 \text{ mg/m}^3$ ，全尘含量为金属含量的 4 倍。

3. 还要做更细致工作，总结出有效的文氏管计算公式，并降低文氏管的阻力；使文氏管在保持较高除尘效率的同时，减少耗电量

和有可能使用较低压头的风机。

当循环水供水水质含悬浮物 $\leq 100 \text{ mg}/\ell$ 时，可不影响文氏除尘效率。考虑到喷嘴和系统工作的长期性，为防止堵塞，水质标准在设计时仍应将悬浮物限止在 $50 \text{ mg}/\ell$ 以下为宜。

1976年7-9月

(上接12页)