

稀醋酸斜孔板法净化氧化铅粉尘

罗永才 木成义

杨祥生 金天祥

谭进发 (工厂)

北京市劳动保护科学研究所科研小分队

北京光理化工厂

一九七九年十月

摘

要

本法采用的是稀醋酸斜孔板吸收塔新工艺。这种净化方法国内外尚无报导。在实验室中净化效率 99.54% ，即由 51.2 毫克/米³，降到 0.182 毫克/米³。并于七八年十月应用于北京光明化工厂氧化铅生产排气净化中。含铅粉尘先经脉冲布袋除尘器收尘，然后再进入净化塔。经过净化塔的氧化铅浓度由 21.33 毫克/米³，降到 1.51 毫克/米³。氧化铅车间扬尘点排气的净化塔含氧化铅浓度由 170.6 毫克/米³，降到 5.54 毫克/米³。两座净化塔的净化效率分别为 91% 、 97% 。净化中产生的醋酸铅全部用作生产三盐基性硫酸铅的原料。上半年生产 50.3 吨产品，据不完全统计节约国产一号铅 36×76.6 公斤。收到了改善劳动环境、防止污染、化害为利、综合利用的效果。

一、前 言

氧化铅中铅丹(Pb_3O_4)和密陀僧(PbO)用于防锈涂料、颜料和生产聚氯乙烯的稳定剂。在玻璃工业中用来生产光学透镜和电视机阴极射线管等特种玻璃。

北京光明化工厂是生产三盐基硫酸铅、氧化铅、硬脂酸等产品的化工厂，产品为化工原料。氧化铅的生产工艺是在化铅锅中将国产一

号铅铅锭熔化。熔融状的铅进入巴尔登锅被剧烈搅拌呈灰黑色的氧化铅，经电炉加温进一步氧化呈黄丹（ PbO ），在负压下，通过管道进入六十个布袋的脉冲布袋除尘器，氧化铅作为产品被收集，排气经8—13—11 H。6 风机后排出，该除尘器的除尘效率虽然很高，（99、98%）但排气中含氧化铅的绝对值仍然很高，达20毫克/米³左右。所以厂里在脉冲布袋除尘器之后，加水浴除尘器，在正常操作时，每周可回收氧化铅30~40公斤左右，但有较多的氧化铅（黄丹）排出，尤其是操作不正常或维护管理跟不上时更为严重，把车间厂房的墙壁也染黄了。车间排气筒很低，只有10米左右。国家规定排放标准是100米高的排气筒34毫克/米³，120米高的排气筒47毫克/米³。显然在脉冲布袋除尘器收尘后，不再经处理直接排放是达不到国家环境保护要求的。因此引起周围居民的不满，纷纷向环保部门反映。

在车间内部由于在扬尘点所设置的吸气罩不能有效地控制氧化铅粉尘飞扬，而在车间的墙壁、窗户等处皆有氧化铅积尘，加之原风机排气口低，致使排气中氧化铅在排出后，又进入车间引起恶性循环，因而使操作场所恶化，造成工人铅中毒。该厂每年有8~10名工人住院排铅，严重地影响了工人的健康。

国内外对铅尘、铅烟的净化多采用过滤干法。也有的用湿法，如水浴除尘器、喷淋洗涤器、文氏管洗涤器等，均用水作介质。但尚未

查到用板式塔作洗涤器，用醋酸吸收净化的报导。我们对北京光明化工厂生产的粉状氧化铅进行了分析，它的特点是比重大，粒度小的憎水性粉尘。在四百倍显微镜下观察是一些不规则型的颗粒。实测比重 9.4 克/厘米^3 ，用巴库法测定颗粒分散度如表一所列。其中位直径为 $6.8 \mu\text{m}$ 。由此可

表一 北京光明化工厂颗粒

分散度—(巴库法)

粒 径* (μm)	筛下累积百分数 (%)
1 μm 以下	0.5
2 μm 以下	5
3 μm 以下	14
5 μm 以下	34
10 μm 以下	69
15 μm 以下	85.5
20 μm 以下	92.5
30 μm 以下	97.5
40 μm 以下	99.1
50 μm 以下	99.6

知对这样的粉尘采用一般的水浴除尘器或用水淋洗其效果是很有限的。我们决定把已应用于氮氧化物净化，并做过许多工作的高效洗涤器—斜孔板吸收塔来代替水浴除尘器和简单的淋洗器。而用易与铅及氧化铅发生化学反应的醋酸 (OH, COOH)，代

* 粒径是 $\alpha s t$ 斯托克斯径。

替水，即由物理的方法变成物理化学方法。为了提高净化氧化铅粉尘的净化效率，避免造成二次污染，防止氧化铅粉尘进入洗涤器堵塞设备及回收利用，我们以光明化工厂生产的氧化铅粉尘为对象，开展了稀醋酸斜孔塔吸收法净化氧化铅粉尘的实验，在实验的基础上为该厂设计了处理能力每小时 4000 米^3 风量的斜孔板吸收塔两套，稀醋

酸腐蚀性较强。而选用硬聚氯乙烯作塔体材质。由于经脉冲袋式除尘器后排气温度 70°C 左右, 根据厂里的实际情况而改用不锈钢制作。

稀醋酸斜孔塔吸收法是湿式化学除尘, 它具有气泡塔鼓泡除尘的特点, 同时醋酸与氧化铅迅速反应生成醋酸铅, 故具有化学吸收的特点, 克服了湿法中用水作介质的缺点。

二、原 理

一般布袋除尘器可把大于 $5\ \mu\text{m}$ 的粉尘除掉, 所以经脉冲布袋除尘器收尘后排气中的氧化铅粉尘主要是小于 $5\ \mu\text{m}$ 的, 我们采用板式塔(斜孔塔板)使含氧化铅粉尘的排气在塔中多次穿过液层, 致使粉尘有更多的机会与液相接触而被捕集, 从而达到净化的目的〔实验中可观察到黄色氧化铅 (PbO) 实验气体经 $3\sim 4$ 层塔板后完全消失。〕, 由于铅溶于硝酸, 有基酸〔尤其是醋酸 (CH_3COOH)〕和碱。我们在用水、烷基磺酸钠水溶液净化试验中出现了所捕集的氧化铅堵塞塔板后, 利用铅、氧化铅易与醋酸作用的特点而改用醋酸作吸收液。醋酸是有挥发性的, 为了降低其分压减少因挥发造成的损失和避免醋酸污染而采用低浓度的醋酸进行实验。实验中用 0.25% 醋酸溶液吸收氧化铅 (PbO) 黄丹碱性氧化物与醋酸的化学反应如下:



醋酸铅 [$\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$] 俗称铅糖, 比重 2.55 , 易溶于水。

三、实 验：

(一)主要实验装置：

1. 粉尘发生装置：（见图 1）

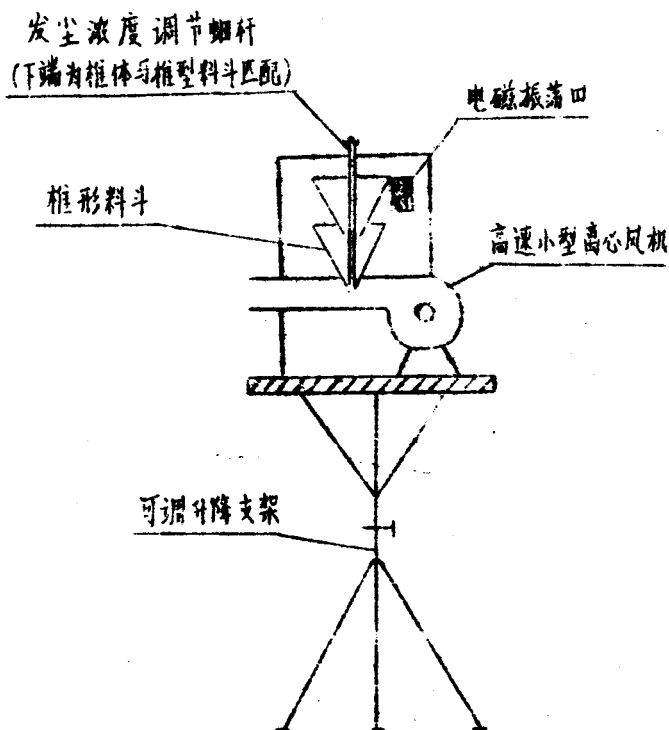


图 1

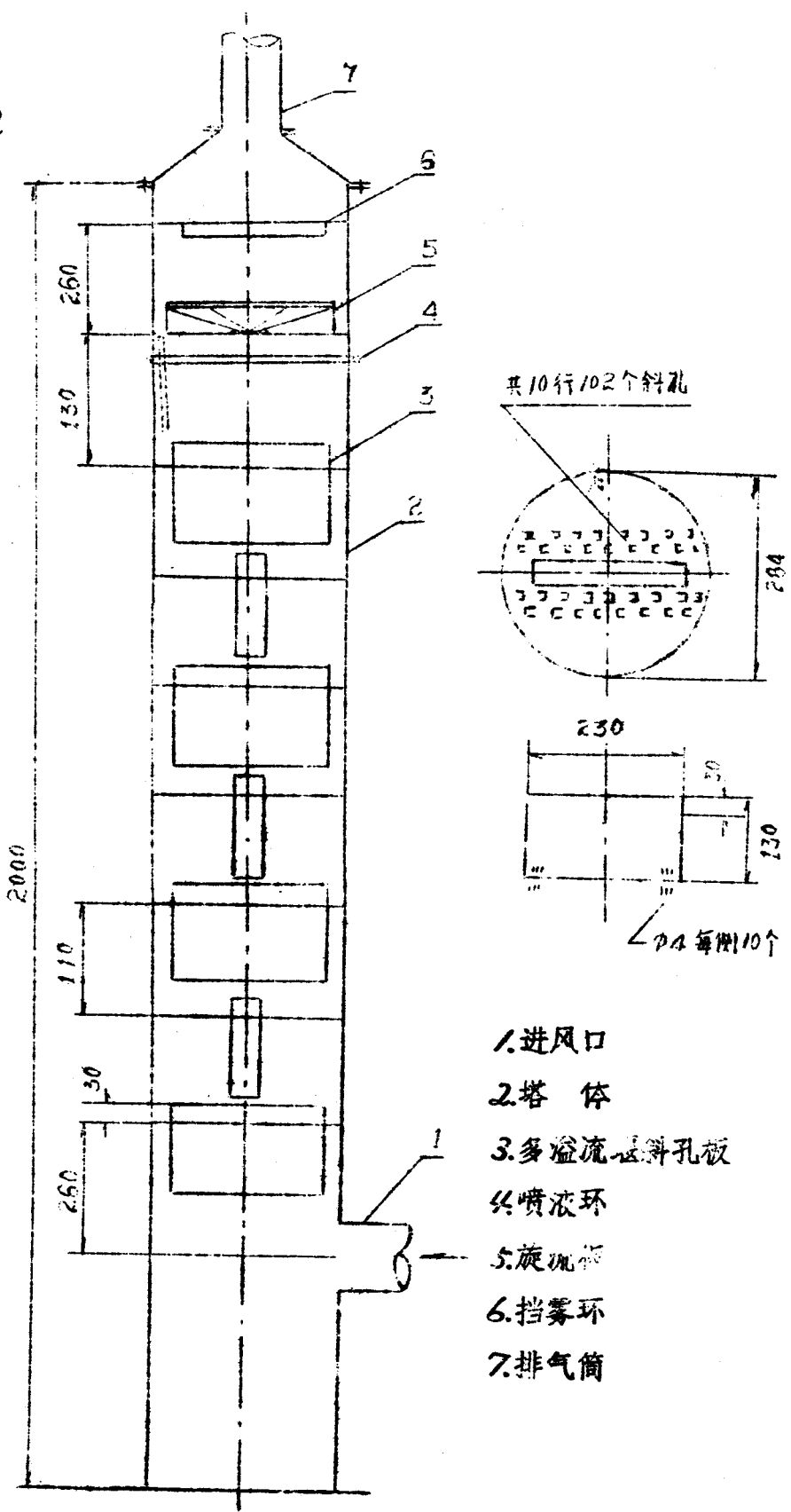
将一定重量的氧化铅粉尘放入调定好浓度的椎型料斗中，开动高速小型离心风机和电磁振荡器，即可发出定量的粉尘。

2. 多逆流斜孔板吸收塔：（见图 2）

多逆流斜孔板吸收塔由七层作吸收用的斜孔板和一层除雾用的旋流板组成。其结构和基本参数如下：

塔 高 $H = 2000 \text{ mm}$

图 2



- 1.进风口
- 2.塔 体
- 3.多溢流层斜孔板
- 4.喷淋环
- 5.旋流板
- 6.挡雾环
- 7.排气筒

塔径 $D = 234 \text{ mm}$ (内径)

塔截面积 $F = 0.064 \text{ m}^2$

板间距 $H_T = 130 \text{ mm}$

溢流形式: 多溢流

堰 高: 30 mm

溢流堰周长 $L_M = (230 \times 2 + 40 \times 2) = 540 \text{ mm}$

溢流堰面积: 0.0083 m^2

溢流堰底部泄液孔 $= 20 \times \phi 4$

每块塔板开孔数 $n = 102$

单孔面积 $f_n = 13 \times 4 + 10 \times 4 = 92 \text{ mm}^2$

总开孔面积 $f_n = 92 \text{ mm}^2 \times 102 = 0.009 \text{ m}^2$

开孔率 $\alpha = \frac{0.009 \text{ m}^2}{0.064 \text{ m}^2} \times 100\% = 14.7\%$

旋流板直径 $D_X = 254 \text{ mm}$

旋流板叶片数: 18

盲板直径 $D_m = 62.5 \text{ mm}$

叶片仰角 $\alpha = 28^\circ$

每块斜孔板阻力约为 $34 \text{ mm} \cdot H_2O$

旋流板阻力: $18 \text{ mm} \cdot H_2O$

3. 采样系统:

(1) 鞍劳 D—4 型粉尘采样器

(2)等速采样头

(3)用上海红光造纸厂生产的药用除菌滤纸制作的采样袋。

(4)收尘袋夹具—采样罐

测定用采样管的内径为6毫米,故截面积为 $28[\text{毫米}^2]$,而吸尘袋的面积按其展开为一梯形。实际测量为高83毫米,梯形上底为46毫米,下底为116毫米,其表面积为 $712[\text{毫米}^2]$ 。这样比采样管截面积大约2.5倍。而为了避免在采样管内积尘,采样管中气速应为2.2米/秒以上,则滤袋过滤气速为 0.88米/秒 ,粉尘易被捕集。

(二)实验工艺流程:(见图3)

由粉尘发生器1产生浓度为 50毫克/米^3 左右的粉尘,经 $\phi 100\text{mm}$ 的聚氯乙烯管路后进入斜孔塔5与由70—1塑料泵3吸出,经液体转子流量计4进入斜孔塔的 0.25% 醋酸吸收液接触,气液在每层斜孔板的塔盘上进行传质,即氧化铅粉尘由气相进入液相并发生化学反应而被吸收,从气相中除去,经七层斜孔板的气流穿过除雾旋流板后经8—18—11 No.4离心风机6和塑料阻性消声器7后排入大气。

(三)实验操作条件:

风量: $242\text{米}^3/\text{小时}$

管道风速: 8.5米/秒

空塔速度: 1.09米/秒

吸收液流量: 1.2 吨/小时

孔 速: 7.5 米/秒左右

液气比: 4.95 升/米³

液流强度: 2.2 米³ / 米·小时

负荷因子 $F = 1.1$

孔的动能因子 $F_0 = 9$

醋酸浓度: 0.25%

实验数据:

1. 采样方法: 等速采样法。气样经采样头、采样罐、鞍劳 D—4 型粉尘采样器后排出 (虽然氧化铅粉尘粒度很小, 可以不一定用等速采样方法, 但为了尽量消除采样引起误差而仍用等速采样)。粉尘被置于采样罐中的滤尘袋捕集。

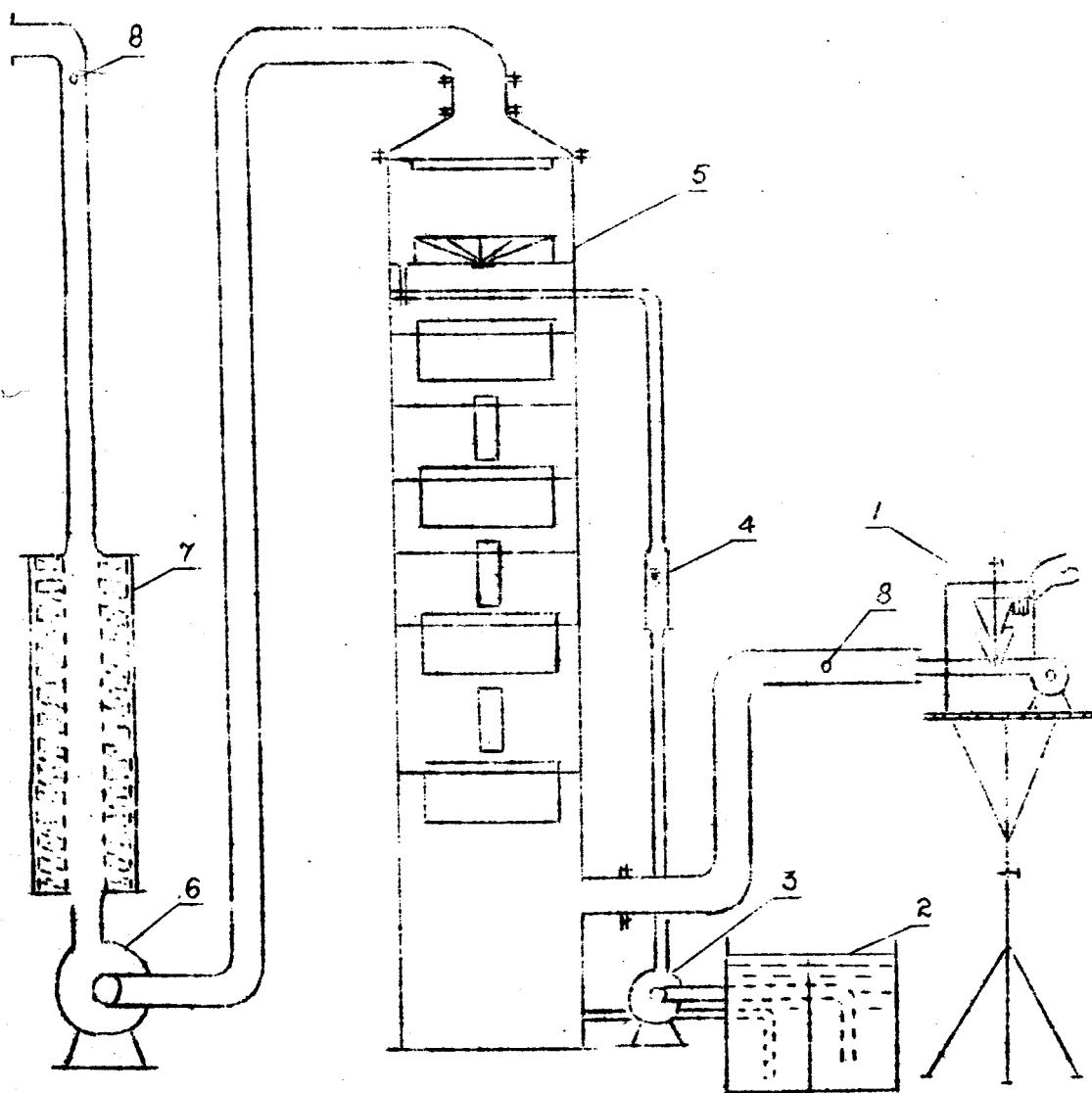


图 3

1. 粉尘发生器

4. 液体转子流量计

2. 0.25% 醋酸吸收液贮槽

5. 斜孔吸收塔

3. 70-1 塑料离心泵

6. 8-18-114 号离心风机

7. 塑料阻性消声器

8. 粉尘浓度采样点

2. 双硫脲比色法测定结果：（分析方法附后）

表二

双硫脲比色法测定结果

项目 编号	净 化 前			净 化 后			净化率 (%)
	采样 体积 (升)	样品中铅 的绝对量 (毫克)	空气含氧化 铅的浓度 (毫克/米 ³)	采样 体积 (升)	样品中铅 的绝对量 (毫克)	空气含氧化 铅的浓度 (毫克/米 ³)	
1	390	5.8	53.39	390	3.6	0.4751	99.54
2	390	6.3	58.00	390	2.7	0.1492	
3	390	4.6	42.33	390	3.4	0.1877	
4				390	1.8	0.0995	
5				390	0.7	0.0387	
6				390	2.1	0.1451	

净化前空气含氧化铅的平均浓度：51.23毫克/米³；

净化后空气含氧化铅的平均浓度：0.182毫克/米³。

四、斜孔塔醋酸吸收法在氧化铅生产中的应用

(一) 斜孔板吸收塔的设计基本参数：(1)

1. 处理风量：L=4000米³/小时；

2. 空塔速度：V=2米/秒；

3. 塔 径：D=850毫米；

4. 板间距：HT=400毫米；

5. 溢流型式：单溢流弓形堰；

6. 堰长：L_w=615毫米；

7.堰 高: $h_w = 30$ 毫米;

8.溢流管底隙: 25 毫米;

9.塔板层数: $n = 6$

吸收斜孔塔板 $n' = 5$

除雾旋流板 $n'' = 1$;

10.除雾旋流板设计参数:

塔径: $D = 850$ 毫米 (同前)

旋流板直径: $D_x = 750$ 毫米

育板直径: $D_m = 220$ 毫米

环形集液槽宽: $B = 50$ 毫米

旋流板叶片数: 12

旋流板仰角: $\alpha = 28^\circ$

锥形罩高: 比旋流板叶片扳起后高 20 毫米;

11.挡溅环高: 70 毫米;

12.挡溅环宽: 90 毫米;

13.塔顶收缩段高: 200 毫米;

14.排气管直径: 360 毫米;

15.窥视镜位置: 1、3、5 层塔板位置;

16.吸收液储槽容量: 1.68 米³。

(二)实测运转中的操作参数:

1. 车间各发尘点排风系统排气净化塔:

处理风量: $3350 \text{ 米}^3 / \text{小时}$;

(设计 $4000 \text{ 米}^3 / \text{小时}$)

空塔速度: $1.63 \text{ 米} / \text{秒}$;

(设计 $2 \text{ 米} / \text{秒}$)

系统阻力: $3.15 \cdot 5 \text{ 毫米水柱}$;

(测点 1、2 位置如图 4 所示)

液体流量: $9.5 \text{ 吨} / \text{小时}$;

(设计 $14 \sim 16 \text{ 吨} / \text{小时}$)

液流强度: $15.5 \text{ 米}^3 / \text{米} \cdot \text{小时}$;

(设计 $23 \sim 27 \text{ 米}^3 / \text{米} \cdot \text{小时}$)

排气管风速: $9.6 \text{ 米} / \text{秒}$;

(设计 $11 \text{ 米} / \text{秒}$)

2. 经脉冲布袋除尘器收尘后排气净化塔:

处理风量: $2450 \text{ 米}^3 / \text{小时}$;

(设计 $4000 \text{ 米}^3 / \text{小时}$)

空塔速度: $1.2 \text{ 米} / \text{秒}$;

(设计 $2 \text{ 米} / \text{秒}$)

实测阻力: 359 毫米水柱 ;

(测点位置 1、2 如图 5 所示)

吸收液流量: 9.5 吨/小时;

(设计 $14 \sim 16$ 吨/小时)

液流强度: 15.5 米³/米·小时;

(设计 $23 \sim 27$ 米³/米·小时)

液气比: 3.9 升/米³;

排气筒风速: 7.1 米/秒;

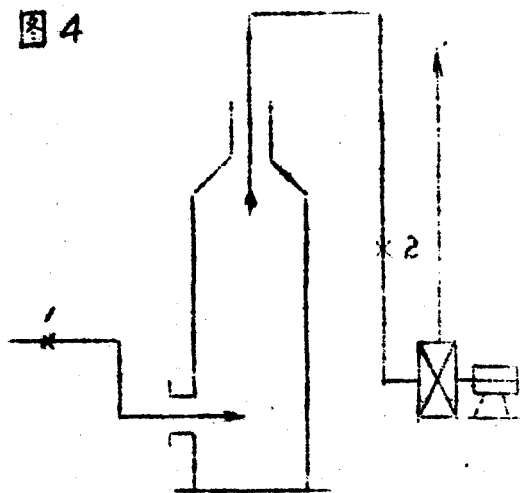
(设计 11 米/秒)

(三) 采样及测定:

1. 采样用吸尘器作动力, 接出两根橡皮管同时平行采样。粉尘经等速采样头, 采样管及很短的连接橡皮管与收尘罐连接粉尘被收尘罐内的滤尘袋收集。然后以较长的橡皮管与流量计连接, 最后并连在吸尘器上。

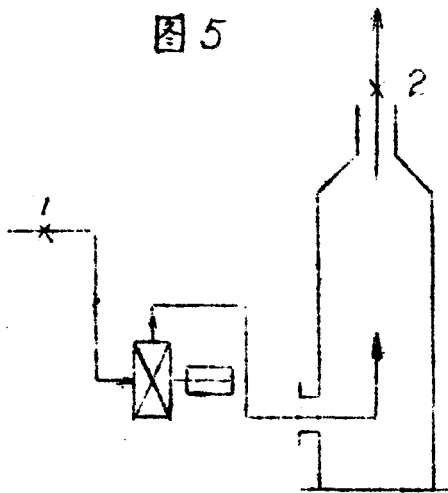
2. 双硫腺比色法测定结果(分析方法附后):

图 4



• 14 •

图 5



表三 稀醋酸斜孔塔吸收法1号净化塔净化氧化铅测定结果*

净化项目 编号	净 化 前		净 化 后		净 化 率 (%)		
	采样体积 (升)	样品中铅的绝对量 (毫克)	空气中氧化铅的浓度 (毫克/米 ³)	样品中铅的绝对量 (毫克)			
1	322	17.20	57.52	228	0.31	1.48	97.4
2	316	5.90	20.04	228	0.48	2.25	88.8
3	317	4.50	15.30	228	0.26	1.24	91.9
4	317	3.80	12.90	228	0.23	1.10	91.5
5	322	4.10	13.73	228	0.24	1.12	91.8
6	377	5.20	14.85	228	0.37	1.75	88.3
7	377	4.80	15.34	228	0.35	1.62	88.0

* 1号塔处理的排气是经脉冲布袋除尘器净化后的排气。

净化前平均浓度: 21.38毫克/米³;

净化后平均浓度: 1.51毫克/米³;

平均净化效率: 91.1%。

表四 稀醋酸斜孔塔吸收法 2 号净化塔净化氧化铅测定结果**

净化 编 号	净 化 前		净 化 后		净 化 率 (%)
	采样体积 (升)	样品中铅的绝对量 (毫克)	空气中氧化铅的浓度 (毫克/米 ³)	样品中铅的绝对量 (毫克)	空气中氧化铅的浓度 (毫克/米 ³)
1	258	24.67	103	0.039	1.63
2	258	23.33	97.33	0.016	0.07
3	258	29.38	122.6	1.64	6.88
4	258	34.38	143.4	1.44	6.02
5	258	60.00	250.3	3.12	13.1
6	258	53.75	224.2	1.44	6.02
7	258	60.63	253.0	1.54	6.5

** 车间各扬尘点吸气罩排气。

净化前空气中含氧化铅平均浓度: 170.6 毫克/米³ ;

净化后空气中氧化铅平均浓度: 5.54 毫克/米³ ;

净化率: 96.64%。