

第一届全国劳动保护
科学技术学术会议材料

编号: 392-⑨

陶瓷粉尘危害性及 预防措施的研究

刘占元 肖杏元 冯金章
刘湘文 方玉香 冯裕庭

中国劳动保护科学技术学会

一九八三年三月十四日

陶瓷粉尘危害性及预防措施的研究

辽宁省劳动卫生研究所

刘占元 肖杏元 冯金章 刘湘文

方玉香 冯裕庭

陶瓷生产在我国已有悠久的历史。解放前 陶业工人的劳动条件极为恶劣。解放后 陶瓷工业发展很快，劳动条件有显著改善，但有些单位，粉尘危害仍未彻底解决。为调查我省陶瓷工业中粉尘的危害，研究防尘措施，组织全省四十几个市地盟县属的劳研所，职防院（所）、卫生防疫站，对省内六十一户陶瓷厂进行了调查，研究了陶瓷粉尘的卫生学特征，评价了现有防尘措施，对尘肺的发生情况进行了统计分析，对陶瓷粉尘的致纤维化能力进行了动物实验，同工程技术人员、工人相结合，对几项防尘措施进行了试验研究。现将调查研究结果报告如下。

一、调查及实验结果

（一）、陶瓷粉尘性质

1、陶瓷原料成份：

为研究陶瓷粉尘的性质对陶瓷原料的成份进行了分析。陶瓷原料可分为可塑性原料、~~非可塑性原料~~、助熔性原料、特殊性原料、辅助材料等。各种原料成份的分析结果如附表。

2、沉离二氧化硅的含量：

按不同地区，不同陶瓷产品选取有代表性的原料及混合坯料120份样品，用焦磷酸法分析了沉离二氧化硅的含量：

（1）陶器（缸、罐、坛、瓮等）的原料，主要是本省产的

各种粘土，采集 9 种粘土，沉离二氧化硅含量的分析结果如表 1。

陶瓷厂原料及坯料中沉离 SiO_2 分析结果 表 1

原料名称	沉离 SiO_2 (%)	原料名称	沉离 SiO_2 (%)
泉水粘土	14.5	夏州湾黄釉	15.7
夏州湾粘土	40.2	夏州湾研釉	40.6
大虎山粘土	34.2	大缸坯料	37.0
碎子粘土	23.3	混合坯料	36.2
英额门粘土	18.7		

(2) 瓷厂(碗、盘、茶具、酒具等)的原料，一部分本省产的，还有外地原料。从瓷厂中采集 29 种样品，分析结果如表 2。

瓷厂原料及坯料中沉离 SiO_2 分析结果 表 2

分 类	名 称	沉离 SiO_2 (%)	分 类	名 称	沉离 SiO_2 (%)
非可塑性原料	硅 石	95.5		梨树沟白泥	15.3
	长 石	5.6—34.0		小平房土	54.9
可塑性原料 (一)非本地产	大同土	2.3		澎 润 土	1.1
	介牌土	2.8		生 B 石	8.6
	代岳土	9.5		熟 B 石	20.4
	五家土	2.3		熟 C 石	43.9
	塑县土	3.0		叶腊石	13.5
	木节土	3.0	其他原料	石 膏	2.7
	苏州土	2.8		滑 石	0.7
(二)地 产	宝国老土	32.2		石灰石	4.5
	水田柳土	58.4		白云石	3.3
	范设土	65.4	坯 料	粗瓷坯	40.3
	东关堡土	15.0		细瓷坯	29.4
				匣钵坯	14.3
				瓷 粉	33.3

(3) 建筑陶瓷(锦砖、面砖等)的原料,除硅石、长石外,多选用纯净的粘土。采集了13种样品,分析结果如表3。

建筑陶瓷原料及坯料中沉离 SiO_2 分析结果 表3

原料名称	沉离 SiO_2 (%)	原料名称	沉离 SiO_2 (%)
硅石	94.3	介牌土	3.1
长石	35.0	木节土	4.0
生白石	5.1	焦宝石	5.1
塑县土	11.8	大同土	4.1
五家土	3.2	面砖坯	31.1
苏州土	3.1	锦砖坯	39.6
樟香土	28.6		

(4) 电瓷的主要原料,基本上也是长石、硅石、粘土三大类。采集了7种样品,分析结果如表4。

电瓷主要原料及坯料中沉离 SiO_2 分析结果 表4

原料名称	沉离 SiO_2 (%)	原料名称	沉离 SiO_2 (%)
硅石	95.5	石灰石	4.5
长石	7.8	滑石	0.7
法库粘土	44.7	坯料	35.1
介牌土	2.8		

(5) 耐酸陶瓷中的耐酸水泥原料84%是硅石。各种耐酸砖的原料与建陶类似。采集10种样品,分析结果如表5。

耐酸材料主要原料及坯料中沉离 SiO_2 分析结果 表5

名称	沉离 SiO_2 (%)	名称	沉离 SiO_2 (%)
硅石	9.4	水曲柳	18.4

续表 5

长 石	7.0	膨 润 土	1.1
彰 香 土	28.8	标准砖坯	43.5
建设土	65.4	耐 耐 水 泥	88.9
小平方工	50.5		
宝 国 老 土	32.6		

(二) 粉尘浓度及分散度

1. 目前在陶瓷工业中，与粉尘关系较大的原料生产方式，大致可分为三种，即水法生产（如瓷丁）、干法生产（如陶丁）、半干法生产（如建陶）。三种不同生产方式的粉尘浓度测定结果如表 6。

不同生产方式粉尘浓度测定结果 (mg/m ³)				表 6
原料粉碎 生产方式	原料粉碎	样 料	成 型	装出窑
干法生产	681.0 (481.6—1637.4)	25.0 (13.2—253.2)	29.0 (5.0—159.0)	60.0 (35.0—533.2)
水法生产	1.1 (0.3—1.7)	4.2 (0.7—15.7)	11.0 (1.6—30.6)	7.0 (1.2—14.5)
半干法生产	175.0 (53—457.5)	150.6 (50—550.1)	36.0 (4.1—94.4)	

2. 在陶瓷生产过程中，特别是各种原料的粉碎过程中都产生粉尘，对瓷丁坯料，匣料，细料，模型料粉碎时粉尘浓度问题结果如表 7。

粉碎各种原料时粉尘浓度测定结果 (mg/m^3)

表 7

原料名称	粉尘浓度
坯料 (水碾)	0.6—1.9
匣料 (干碾)	10.5—225.6
釉料 (干碾)	47.4—238.0
模料 (干碾)	52.5—35.4

3. 陶瓷生产作业中粉尘分散度的测定结果如表 8。

空气中粉尘分散度测定结果

表 8

作 业 别	取 样 范 围			
	0—5%	5—10%	10—20%	20—50%
干 碾	30	17	3	2
坯 磨	45	24	2	2
匣 型	40	32	12	5
精 磨	42	24	3	10
打 灰	51	22	2	10
发 生 窑	54	—	2	11

4. 为了探讨陶瓷生产中，工人实际接触的粉尘浓度和环境平均浓度的关系，使用了俘粉尘采样器和普通滤膜采样器，对十四个工种、十六种作业进行了测定，结果如表 9。

工人实际接触浓度与环境平均浓度测定结果

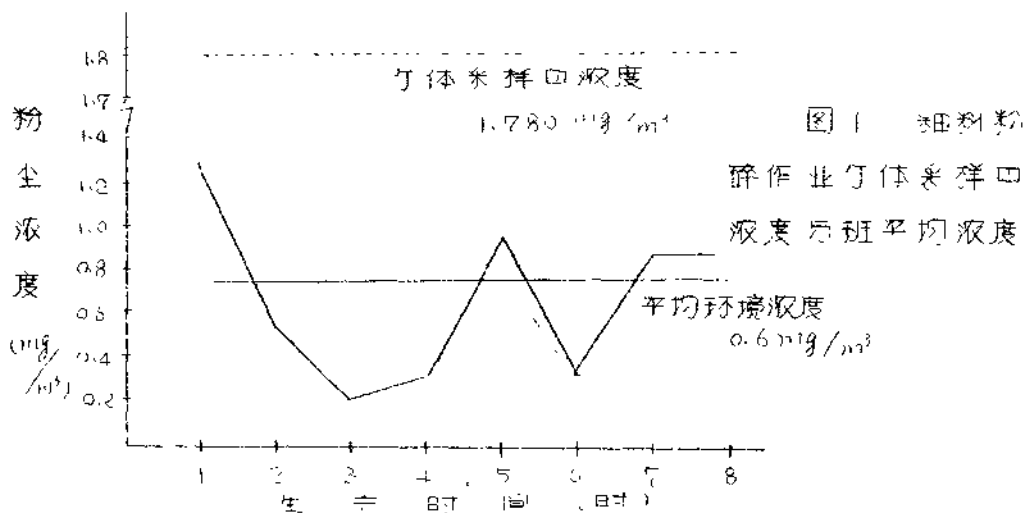
表 9

工种别	作业别	一班生产中作业环境平均粉尘浓度	个体粉尘采样器浓度
		(mg/m^3)	(mg/m^3)
坯 料	坯料粉碎	0.6	4.6
	匣料粉碎	10.2	5.4

续表 3

原料	石膏粉碎	17.3	36.7
	球磨	0.6	17.8
	搅泥	4.0	3.1
成型	碗成型	1.3	5.7
	匣钵成型	4.7	8.3
	电瓷成型	1.8	6.4
	精修五寸碗	1.2	2.9
	碗挂釉	0.9	2.9
	小件扫灰	2.1	5.4
烧成	电瓷装窑	7.9	16.0
	装窑前筛砂	6.0	15.7
	碗出窑	6.9	4.8
模 型	石膏煅制	52.6	5.7
	石膏模型	1.2—25.3	13.9

其中两种有代表性的作业，釉料粉碎作业和煅石膏作业，工人每班接触的粉尘浓度和环境平均浓度的关系如图(1)及图(2)。



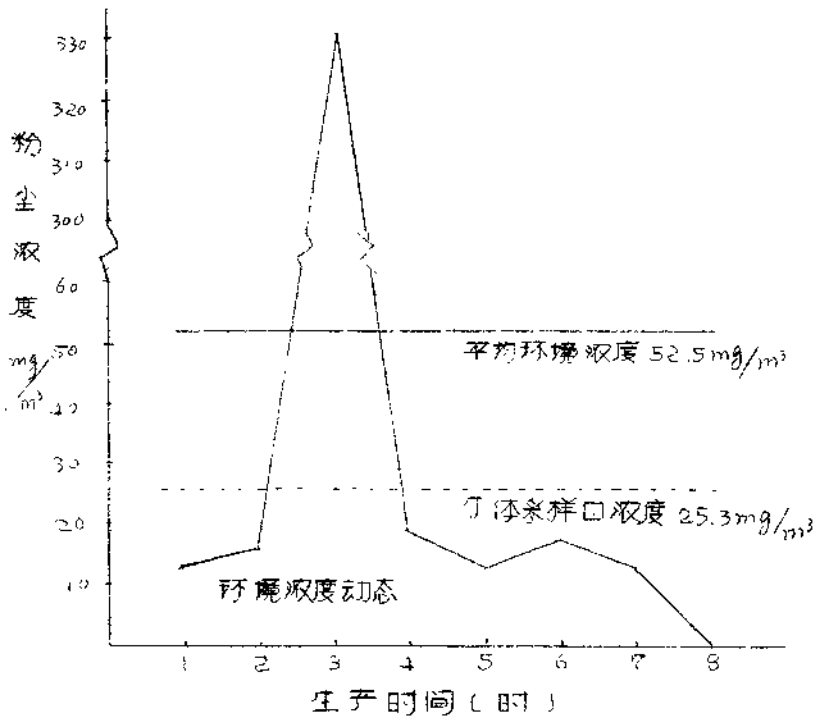


图2 煅石膏作业的个体采样口浓度与班平均浓度

(三) 尘肺患病率、X线及临床

按统一设计的调查表，登记了全省六十一间瓷厂中已发现的全尘肺病例，进行了初步的统计分析，结果如下。

(1)、全省陶瓷工业中尘肺发病情况调查结果如表10。

全省陶瓷工业尘肺发病情况调查结果 表10

工厂类别	厂数	接尘人数	发生矽肺人数	尘肺占接尘人数 (%)	尘肺死亡数	病死率
耐酸材料	2	589	83	14.1	25	30.1
建陶	2	1274	83	6.5	14	16.2
日用陶瓷	10	3772	346	9.2	41	11.8
电瓷	3	2357	104	4.4	11	10.6

续表 10

陶工(一)	18	2606	75	2.1	4	5.3
陶工(二)	26	1691	0	0	0	0
计	61	1075	691	5.7	95	13.7

(2) 据对十八个厂, 581例有工种记录尘肺病例的统计, 尘肺在工种上的分布的如表 11。

581例尘肺工种的分布

工 种 别	尘 肺 例 数	工 种 别	尘 肺 例 数
原料粉碎工	224	喷 泥 工	31
装 出 窑 工	122	造 料 工	4
成 型 工	100	模 型 工	3
挂釉扫灰工	14	石 匠	2
匣 钵 工	13	其 它	33
转 修 工	10	总 计	581

据海城五厂陶瓷厂的尘肺发病资料, 工种患病率的统计结果如表 12。

海城五厂陶瓷厂工种患病率调查结果 表 12

工 种 别	检查人数	累计发生尘肺数	尘肺患病率 (%)
原 料 工	252	52	20.6
喷 泥 工	217	21	9.7
成 型 工	279	12	4.3
挂釉扫灰工	93	5	5.4
装出窑工	319	34	10.7
匣 钵 工	39	2	5.1
模 型 工	41	1	2.4
其 它	339	6	11.7

(3) 工种分布的统计结果如表 13,

423 例尘肺工种别发病工令的分布 表 13

工种别	统计 例数	平均发 病工令 (年)	发 病 工 令 的 分 布 (年)					
			-5	-10	-15	-20	-25	25-
选 料	6	14.0	1	1	1	2	1	
粉 碎	127	15.0		38	63	41	39	7
攪 泥	27	16.8		1	7	10	8	1
底 型	100	21.3		7	15	37	25	16
特 修	4	17.9			1		2	1
石 灰	12	20.0		1	1		3	7
装出窑	105	18.5	1	9	21	28	38	8
石 匠	5	21.2				4	1	
匣钵工	12	22.4			4	2	5	1
模 型	2	20.5			1			1
其 他	17	15.8			1	3	7	

4. 陶瓷尘肺的X线及临床。

陶工尘肺的X线及临床表现较为复杂。

接触石英粉尘较多的工种，如耐酸材料厂，患病率高。发病工令短，进展快，由I期进入II，III期，平均仅3.6年，病死率也较高。在X线表现上，以结节形为主，密度较大，分布较为密集，结节形2—3 mm以上，肺门及肺纹也有不同程度的改变（照片1）。

接触混合性粉尘为主的其他各工种，发病工令10—15年左右，进展较慢，病死率略低。在X线表现上，网织形较多，结节形大小不等，小者居多，网织形及结节形密度较淡，分布也较稀疏，有时不太清晰。接触石英粉尘较多的出窑工以及粉尘

浓度较高的建陶原料工，网织形及结节形较明显些。（如照片 2）

接触粘土粉尘的陶厂原料工，以网织影改变为主，同时也可见到小的结节形。但均较淡。进入更为缓慢。（如照片 3）

已确诊尘肺的模型工，匣钵成型工，也以网形为主，病例较少，未见特殊的特征。

四）动物实验结果

实验动物为四组 实验甲组（常见的瓷口坯料混合性粉尘），实验乙组（从甲组配方中去掉石英的混合性粉尘），对照甲组（纯石英粉尘），对照乙组（生理盐水）。分组及各组实验粉尘成份如表 14。

动物实验分组及各组粉尘成份表（%） 表 14

实 验 粉 尘 中 加 入 的 成 份	实 验 组 甲	对 照 组 乙	实 验 组 甲	对 照 组 乙
硅 石	21	0	100	0
长 石	9	10	0	0
梨 树 沟 粘 土	40	51	0	0
紫 木 节 粘 土	10	13	0	0
澎 润 土	5	4	0	0
塑 恩 粘 土	17	20	0	0
混合后粉尘中沉 离 SiO_2 含量	22.3	8.0	95.5	0

动物实验观察（肺组织学）结果 表 15

组 别	病 理 变 化	肺组织学结果（mg）
实 验 甲 组	Ⅲ	111.04
“ 乙 组	Ⅲ	58.21
对 照 甲 组	Ⅳ	155.77
对 照 乙 组	0	39.24

50mg 一次气囊注入。观察 1、3、6、9、12 个月的病理改变及全肺胶原定量。结果如下：

实验甲组：

染尘后一个月，可见细胞性结节增大，发现少量网状纤维。6 个月结节中的细胞成分减少，网状纤维增多，9 个月可见胶原纤维。12 个月胶原纤维增多，细胞成分显著减少，结节有融合趋势（照片 5）。本组 12 个月的病变过程，约相当于对照甲组 6 个月的变化。

实验乙组：

染尘后一个月，出现细胞性结节，3 个月时无明显差别，到 6 个月时可见少量网状纤维，有少量增多，在 9 个月 12 个月时可见纤维的胶原纤维（照片 6）。

对照甲组是典型的实验性矽肺的改变，3 个月时，即可见较明显的胶原纤维（照片 4）。对照乙组始终未见结节及间质的纤维性增生性病变。

全肺胶原定量结果，从 1—12 个月，全肺胶原量各组均呈增加趋势，实验甲、乙组及对照甲组增加的较为明显。实验甲组较乙组增加的明显。病理及生化观察结果如表 15。

五、防尘措施试验结果

（1）调整生产工艺（如图 2 及图 3）：

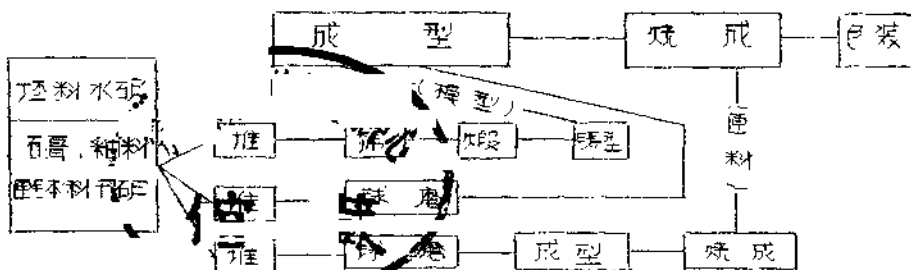


图 2 调整前瓷口生产工艺示意图

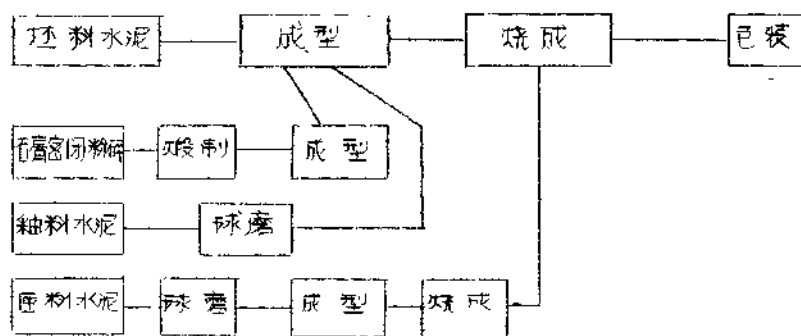


图 3 调整后窑口生产流程示意图

(2) 将釉料干法粉碎 改为水磨。水磨釉料的生产工艺流程如图 (4)

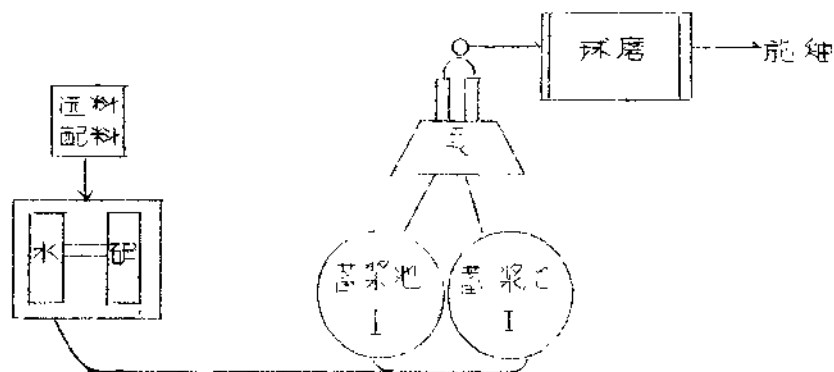


图 4 水磨釉料工艺流程示意图

3. 陶料及石膏粉碎的密闭、通风、除尘设备如图(5)

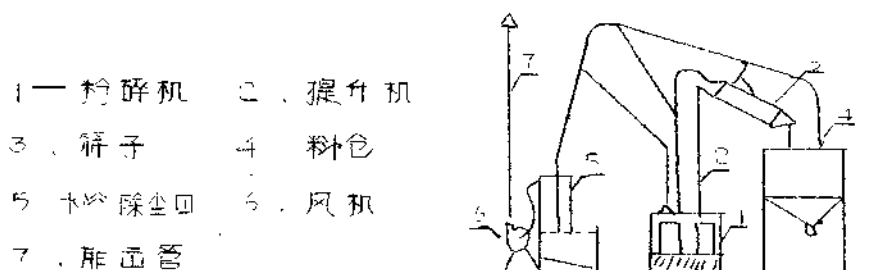


图 (5) 陶料及石膏粉碎的防尘通风系统示意图

(4) 水浴除尘器的试验结果如表 16。

在不同条件下水位与除尘器阻力、除尘率关系的试验结果表 16

通风 机 转 数 (转/分)	除尘口水位 (mm)	通风机开动后除尘口水位 的变化			除尘吸入风 管风速 (m/s)	除尘口阻力 (mmHg)	除尘 率(%)
		外池下降 (mm)	内池上升 (mm)	风管距 水面距离 (mm)			
607	-50	15	15	-35	9.4	10.6	82.5
	0	20	20	+20	5.4	12.8	97.0
	+50	20	20	+70	0	37.8	78.8
1120	-50	40	40	-10	11.1	48.6	98.8
	0	50	50	+50	7.3	72.9	92.3
	+50	50	50	+100	0	75.6	—

注 水位符号表示方法：-表示高于水面；+表示低于水面

5. 局部吸尘罩的试验

精修作业因系手工作业，无法密闭

采用局部吸尘罩解决，罩口风罩按下式

计算：

$$Q = (5x^2 + S) V_x \times 3600$$

$$Q = \text{罩口必须吸风量} (m^3/h)$$

$$S = \text{罩口面积} (m^2)$$

$$x = \text{发生点边缘距罩口距离} (m)$$

$$V_x = \text{有效控制风速} (\text{取 } 0.5 m/s)$$

计算结果：

$$\text{每个罩口 } Q = 324 m^3/h$$

$$\text{共 20 个罩口 } Q_{\text{总}} = 468 m^3/h$$

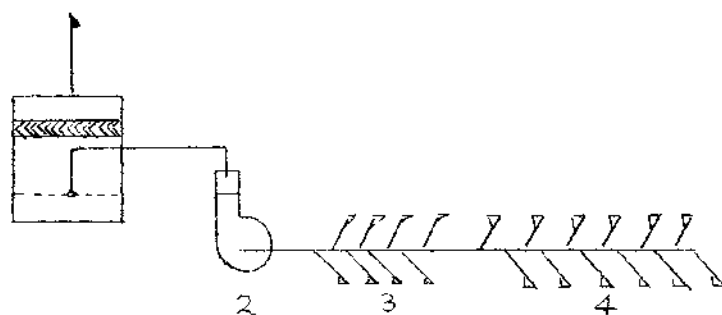
$$\text{总阻损系数} = 200 mmHg$$

管道设计：

$$\text{总管设计风速 } 20 m/s \quad \text{管径 } 500, 400 (mm)$$

支管设计风速 11 m/s 管径 130 (mm)

通风系统如图 (6)



1 除尘器 2 通风机 3 前段吸尘罩 4 后段吸尘罩

图 6 转修作业岗位局部吸尘罩通风系统示意图

试车时用电微风速仪，对风罩，风速测试结果如表 17

局部吸尘罩风速、风势测定结果

表 17

位置	项目	前 段				后 段				段	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
南例	风速 (m/s)	6.8	6.8	6.4	6.3	6.7	6.1	5.0	4.0	3.3	3.0
	风势 (m ³ /h)	324.8	326.1	305.0	300.6	321.0	291.3	240.7	194.9	157.6	147.1
北例	风速 (m/s)	7.0	6.1	5.8	4.5	3.7	3.6	3.0	3.0	2.9	
	风势 (m ³ /h)	334.3	291.3	280.8	243.6	178.6	171.9	147.1	147.1	137.5	

速度场的控制风速的分布及有效控制距离的测试结果如表 18

吸尘罩控制风速及有效控制距离

表 18

罩口编号	罩风量 (m^3/h)	罩风速 (m/s)	速度场风速(m/s)				控制风速 $0.5 m/s$
			0.5D	1.0D	1.5D	2.0D	
9	167.2	2.2	0.8	0.36			100
8	200.6	2.5	0.6	0.3			110
6	286.6	3.7	1.5	0.5	0.3		160
1	453.7	5.6	2.5	1.2	0.7	0.26	190

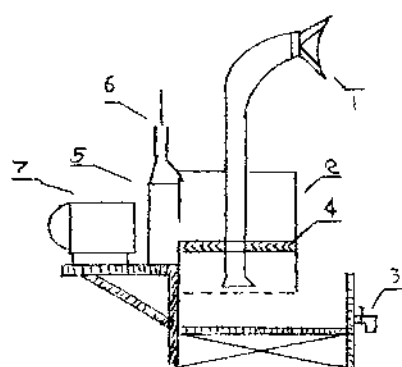
局部吸尘罩的防尘效果测定，结果如图(7)。

6. 小型局部除尘吸尘罩

为解决分散的手工作业点的粉尘问题，试验了一种局部除尘罩，结果如下：

局部除尘吸尘罩的构造如图(8)

图(8)



1. 吸尘罩口 2. 除尘筒 3. 排水管
4. 挡水板 5. 小型风机 6. 排气管 7. 电动机

图 8 局部除尘罩的构造示意图

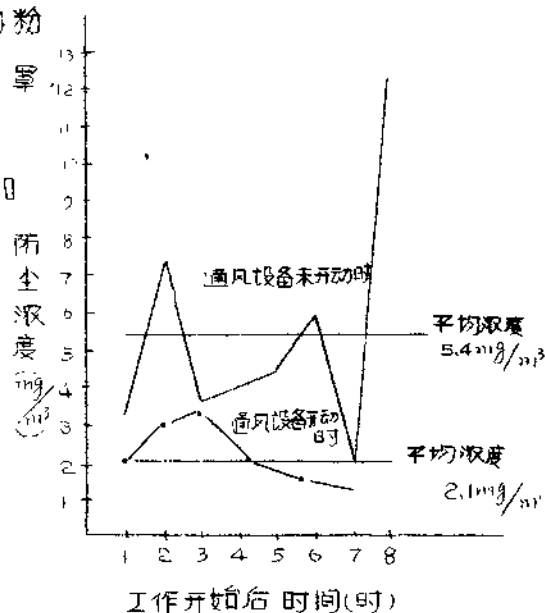


图 7 精修作业岗位有无通风设备粉尘浓度对比

小型局部除尘器，在使用条件下各项参数及效果测定结果如表 19。

小型局部除尘器及防尘除尘效果

表 19

处理风量 (m^3/h)	罩口风速 (m/s)	作业场所粉尘浓度 (mg/m^3)		除尘器效果		除尘率 (%)
		未开动时	开动时	入口浓度 (mg/m^3)	出口浓度 (mg/m^3)	
144	3.0	10.5	1.5	15.8	2.3	85.0

小型电机额定参数：380V，600W，4.62A，1450转/分

7. 水洗地百，消除二次扬尘的效果，测定的结果如图(九)

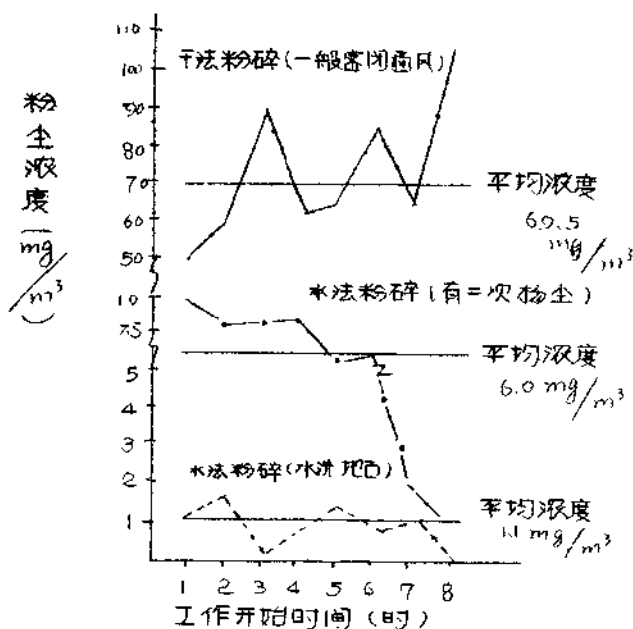


图 9 干法粉碎，水法粉碎，水洗地百粉尘浓度对比