

国家计量技术规范规程制修订

《口罩颗粒物过滤效率检测仪校准规范》  
实验报告

2022年9月

# 实验报告

## 一、 实验目的

验证《口罩颗粒物过滤效率检测仪校准规范》的适用性和可行性。

## 二、 实验地点

验证实验均在不同客户实验室完成。

## 三、 环境条件

实验过程中环境温度均在（5~40）℃，相对湿度≤85%。

## 四、 实验仪器与实验设计

在验证实验中，对 TSI、青岛众瑞智能仪器有限公司、广州标际包装设备有限公司、济南思明特科技有限公司和东莞市奥图自动化科技有限公司等公司生产的 6 台口罩颗粒物过滤效率检测仪进行了验证实验，覆盖了国内检验检测机构、口罩生产企业常用的口罩颗粒物过滤效率检测仪类型。

## 五、 测量标准及其他设备

### 5.1 精密气溶胶光度计

质量浓度测量范围为（0.5~200） $\mu\text{g/L}$ ，最大允许误差为 $\pm 10\%$ ；流量测量范围（1.0~2.0） $\text{L/min}$ ，最大允许误差为 $\pm 5\%$ 。

### 5.2 扫描电迁移率粒径谱仪

粒径范围 10 nm~1000 nm，颗粒计数效率 100% $\pm 10\%$ ，颗粒计数重复性不大于 3%。

### 5.3 气体标准流量计

测量范围为 0~150  $\text{L/min}$ ，准确度等级不低于 1.0 级。

### 5.4 数字压力计

测量范围（0~1500） $\text{Pa}$ ，准确度等级不低于 0.05 级。

### 5.5 标准孔板

阻力扩展不确定度不大于 1%（ $k=2$ ）。

### 5.6 标准滤膜

过滤效率 $\geq 90\%$ ，最大允许误差为 $\pm 1.0\%$ ； $80\% \leq$ 过滤效率 $< 90\%$ ，最大允许误

差为±1.5%；过滤效率≤80%，最大允许误差为±2.0%。

### 5.7 气溶胶稀释器

稀释倍数为 4~100，最大允许误差为±15.0%。

### 5.8 游标卡尺

测量范围 0~150 mm，最大允许误差为±0.02 mm。

### 5.9 其他

调压泵、三通及连接管路。

## 六、 实验结果

### 6.1 TSI 8130 验证实验

根据校准规范的要求，对 TSI 8130 进行验证实验，结果如下所示。

#### 6.1.1 外观与功能检查

外观	<input checked="" type="checkbox"/> 符合要求 <input type="checkbox"/> 不符合要求
荷电中和装置	<input checked="" type="checkbox"/> 具备 <input type="checkbox"/> 不具备 <input type="checkbox"/> 不适用

#### 6.1.2 流量示值误差

流量示值 (L/min)	测量值 (L/min)			平均值 (L/min)	实际流量 (L/min)	示值误差 (%)
	1	2	3			
15	15.76	15.66	15.74	15.72	15.72	-4.6
30	31.52	31.58	31.43	31.51	31.51	-4.8
85	87.46	87.40	87.58	87.48	87.48	-2.8
95	96.6	96.5	96.4	96.50	96.50	-1.5

#### 6.1.3 流量稳定性

流量示值 (L/min)	测量值 (L/min)						平均值 (L/min)	流量稳定性 (%)
	0min	3min	6min	9min	12min	15min		
85	87.45	87.66	87.50	87.52	87.48	87.32	87.49	0.39

#### 6.1.4 过滤效率示值误差

标准光度计法		气溶胶种类：盐性 <input checked="" type="checkbox"/> 油性 <input type="checkbox"/>				校准流量：85 L/min		
滤纸 1	次数	检测仪过滤效率 $E_{m1}$ (%)	检测仪过滤效率 $E_{m2}$ (%)	检测仪过滤效率 $E_m$ (%)	精密光度计浓度 $C_1$ ( $\mu\text{g/L}$ )	精密光度计浓度 $C_2$ ( $\mu\text{g/L}$ )	实际过滤效率 (%)	单次示值误差 (%)
	1	86.5	86.3	86.40	6.685	0.996	85.10	1.30
	2	87.0	87.1	87.05	6.380	0.961	84.94	2.11
	3	87.6	87.7	87.65	6.308	0.892	85.86	1.79

	检测仪平均过滤效率 (%)		87.03		示值误差 (%)		1.03	
滤纸 2	次数	检测仪过滤效率 $E_{m1}$ (%)	检测仪过滤效率 $E_{m2}$ (%)	检测仪过滤效率 $E_m$ (%)	精密光度计浓度 $C_1$ ( $\mu\text{g/L}$ )	精密光度计浓度 $C_2$ ( $\mu\text{g/L}$ )	实际过滤效率 (%)	单次示值误差 (%)
	1	75.7	75.3	75.50	6.491	1.785	72.50	3.00
	2	76.8	77.2	77.00	6.410	1.591	75.18	1.82
	3	78.1	77.3	77.70	6.380	1.568	75.42	2.28
	检测仪平均过滤效率 (%)		76.73		示值误差 (%)		2.37	
标准光度计法			气溶胶种类: 盐性 <input type="checkbox"/> 油性 <input checked="" type="checkbox"/>			校准流量: 85 L/min		
滤纸 1	次数	检测仪过滤效率 $E_{m1}$ (%)	检测仪过滤效率 $E_{m2}$ (%)	检测仪过滤效率 $E_m$ (%)	精密光度计浓度 $C_1$ ( $\mu\text{g/L}$ )	精密光度计浓度 $C_2$ ( $\mu\text{g/L}$ )	实际过滤效率 (%)	单次示值误差 (%)
	1	82.8	82.0	82.40	49.883	9.338	81.28	1.12
	2	82.3	81.7	82.00	50.911	9.699	80.95	1.05
	3	81.8	81.5	81.65	50.960	9.767	80.93	0.72
	检测仪平均过滤效率 (%)		82.02		示值误差 (%)		0.96	
滤纸 2	次数	检测仪过滤效率 $E_{m1}$ (%)	检测仪过滤效率 $E_{m2}$ (%)	检测仪过滤效率 $E_m$ (%)	精密光度计浓度 $C_1$ ( $\mu\text{g/L}$ )	精密光度计浓度 $C_2$ ( $\mu\text{g/L}$ )	实际过滤效率 (%)	单次示值误差 (%)
	1	71.5	70.6	71.05	50.949	15.439	69.70	1.35
	2	71.1	69.9	70.50	50.540	15.818	68.70	1.80
	3	70.9	70.5	70.70	49.322	15.796	67.97	2.73
	检测仪平均过滤效率 (%)		70.75		示值误差 (%)		1.96	

## 6.2 TSI 8130A 验证实验

根据校准规范的要求, 对 TSI 8130A 进行验证实验, 结果如下所示。

### 6.2.1 外观与功能检查

外观	<input checked="" type="checkbox"/> 符合要求 <input type="checkbox"/> 不符合要求
荷电中和装置	<input checked="" type="checkbox"/> 具备 <input type="checkbox"/> 不具备 <input type="checkbox"/> 不适用

### 6.2.2 夹具模口面积误差

$S_M/\text{cm}^2$	$d_i/\text{cm}$				$d/\text{cm}$	$\delta_S/\text{cm}^2$
	上夹具 X 轴	上夹具 Y 轴	下夹具 X 轴	下夹具 Y 轴		

100	11.277	11.274	11.274	11.277	11.276	0.19
-----	--------	--------	--------	--------	--------	------

### 6.2.3 流量示值误差

流量示值 (L/min)	测量值 (L/min)			平均值 (L/min)	实际流量 (L/min)	示值误差 (%)
	1	2	3			
15	15.72	15.73	15.73	15.73	15.73	4.84
30	30.45	30.46	30.43	30.45	30.45	1.49
42.5	42.96	42.99	42.94	42.96	42.96	1.09
85	82.71	83.29	82.99	83.00	83.00	-2.36
95	92.0	91.7	90.5	91.40	91.40	-3.79

### 6.2.4 流量稳定性

流量示值 (L/min)	测量值 (L/min)						平均值 (L/min)	流量稳定性 (%)
	0min	2min	4min	6min	8min	10min		
85	82.38	82.32	83.43	83.45	82.9	82.44	82.82	1.36

### 6.2.5 阻力示值误差

标准压力 (Pa)	阻力示值 (Pa)			示值误差 (%)
	上升	下降	平均值	
100	102	102	102.0	2.00
200	204	205	204.5	2.25
300	308	308	308.0	2.67
500	513	513	513.0	2.60
1000	1023	1024	1023.5	2.35

### 6.2.6 阻力重复性

次数	1	2	3	4	5	6	RSD (%)
阻力 (Pa)	84.5	84.6	84.5	84.5	84.6	84.5	0.06

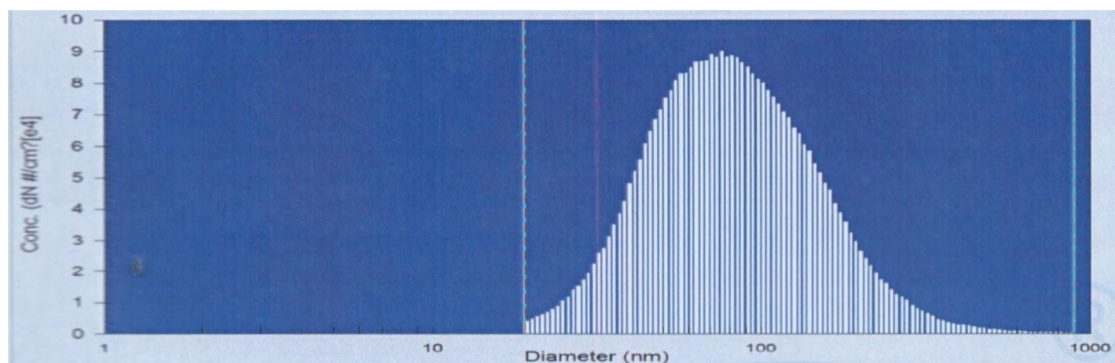
### 6.2.7 过滤效率示值误差

标准光度计法		气溶胶种类: 盐性 <input checked="" type="checkbox"/> 油性 <input type="checkbox"/>				校准流量: 85 L/min		
滤纸 1	次数	检测仪过滤效率 $E_{m1}$ (%)	检测仪过滤效率 $E_{m2}$ (%)	检测仪过滤效率 $E_m$ (%)	精密光度计浓度 $C_1$ ( $\mu\text{g/L}$ )	精密光度计浓度 $C_2$ ( $\mu\text{g/L}$ )	实际过滤效率 (%)	单次示值误差 (%)
	1	89.89912	89.73016	89.81	12.050	1.264	89.51	0.30
	2	90.2216	90.3745	90.30	11.953	1.180	90.13	0.17
	3	90.54409	90.91714	90.73	11.971	1.109	90.74	-0.01
	检测仪平均过滤效率 (%)		90.28		示值误差 (%)		0.16	

滤纸 2	次数	检测仪过滤效率 $E_{m1}$ (%)	检测仪过滤效率 $E_{m2}$ (%)	检测仪过滤效率 $E_m$ (%)	精密光度计浓度 $C_1$ ( $\mu\text{g/L}$ )	精密光度计浓度 $C_2$ ( $\mu\text{g/L}$ )	实际过滤效率 (%)	单次示值误差 (%)
	1	80.36047	80.57089	80.47	12.068	2.289	81.03	-0.57
	2	81.19333	82.06702	81.63	12.074	2.172	82.01	-0.38
	3	83.05957	82.79347	82.93	12.636	2.088	83.48	-0.55
检测仪平均过滤效率 (%)		81.67		示值误差 (%)		-0.50		
标准光度计法			气溶胶种类: 盐性 <input type="checkbox"/> 油性 <input checked="" type="checkbox"/>			校准流量: 85 L/min		
滤纸 1	次数	检测仪过滤效率 $E_{m1}$ (%)	检测仪过滤效率 $E_{m2}$ (%)	检测仪过滤效率 $E_m$ (%)	精密光度计浓度 $C_1$ ( $\mu\text{g/L}$ )	精密光度计浓度 $C_2$ ( $\mu\text{g/L}$ )	实际过滤效率 (%)	单次示值误差 (%)
	1	86.03697	85.45975	85.75	144.870	22.033	84.79	0.96
	2	84.54503	84.54182	84.54	144.870	23.429	83.83	0.72
	3	83.8839	83.68329	83.78	144.870	24.230	83.27	0.51
检测仪平均过滤效率 (%)		84.69		示值误差 (%)		0.73		
滤纸 2	次数	检测仪过滤效率 $E_{m1}$ (%)	检测仪过滤效率 $E_{m2}$ (%)	检测仪过滤效率 $E_m$ (%)	精密光度计浓度 $C_1$ ( $\mu\text{g/L}$ )	精密光度计浓度 $C_2$ ( $\mu\text{g/L}$ )	实际过滤效率 (%)	单次示值误差 (%)
	1	75.18711	74.9883	75.09	144.870	37.276	74.27	0.82
	2	74.14443	73.35099	73.75	144.870	38.361	73.52	0.23
	3	73.39373	73.2915	73.34	144.870	38.711	73.28	0.06
检测仪平均过滤效率 (%)		74.06		示值误差 (%)		0.37		

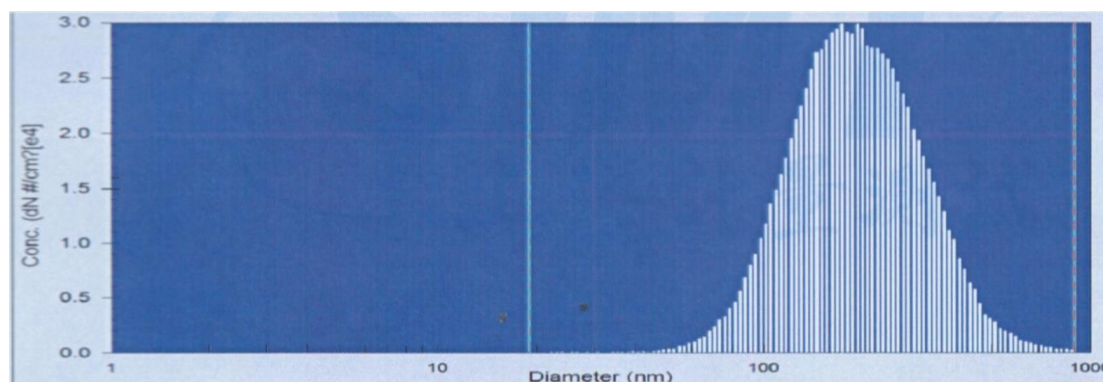
### 6.2.8 盐性气溶胶粒径分布

发生介质	NaCl 溶液质量百分比浓度 2%
计数中位粒径 (CMD) <u>79.9</u> $\mu\text{m}$	粒径分布的几何标准偏差 <u>1.78</u>



### 6.2.9 油性气溶胶粒径分布

发生介质	石蜡油
计数中值位径 (CMD) <u>192</u> $\mu\text{m}$	粒径分布的几何标准偏差 <u>1.57</u>



### 6.3 青岛众瑞智能仪器有限公司 ZR-1006A/B 型验证实验

根据校准规范的要求,对青岛众瑞智能仪器有限公司 ZR-1006A/B 型进行验证实验,结果如下所示。

#### 6.3.1 外观与功能检查

外观	<input checked="" type="checkbox"/> 符合要求 <input type="checkbox"/> 不符合要求
荷电中和装置	<input checked="" type="checkbox"/> 具备 <input type="checkbox"/> 不具备 <input type="checkbox"/> 不适用

#### 6.3.2 流量示值误差

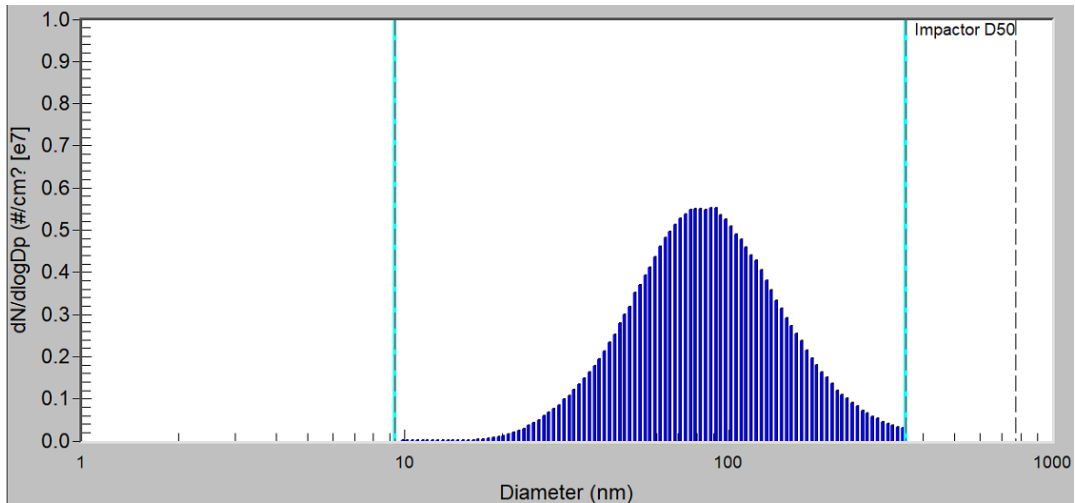
流量示值 (L/min)	测量值 (L/min)			平均值 (L/min)	实际流量 (L/min)	示值误差 (%)
	1	2	3			
32	31.39	31.47	31.30	31.39	31.39	2.0
85	86.39	86.54	86.69	86.54	86.54	-1.8
95	96.84	96.60	96.69	96.71	96.71	-1.8

#### 6.3.3 流量稳定性

流量示值 (L/min)	测量值 (L/min)						平均值 (L/min)	流量稳定性 (%)
	0min	2min	4min	6min	8min	10min		
85	87.37	86.37	87.63	87.54	87.52	87.29	87.29	1.44

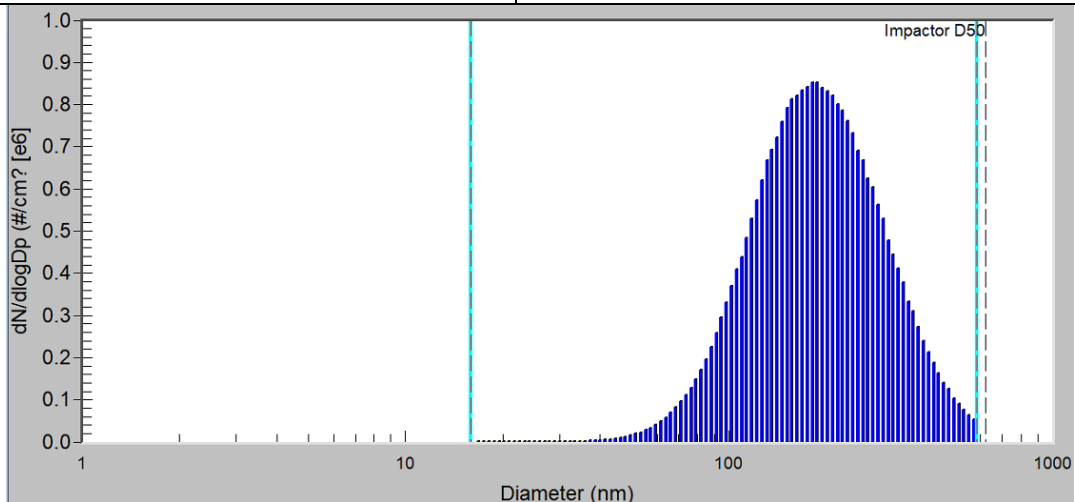
#### 6.3.4 盐性气溶胶粒径分布

发生介质	NaCl 溶液质量百分比浓度 2%
计数中值位径 (CMD) <u>97.8</u> $\mu\text{m}$	粒径分布的几何标准偏差 <u>1.7</u>



### 6.1.5 油性气溶胶粒径分布

发生介质	石蜡油
计数中值位径 (CMD) <u>206.4</u> $\mu\text{m}$	粒径分布的几何标准偏差 <u>1.57</u>



### 6.4 广州标际包装设备有限公司 GBKF30010 验证实验

根据校准规范的要求，对广州标际包装设备有限公司 GBKF30010 进行验证实验，结果如下所示。

#### 6.4.1 外观与功能检查

外观	<input checked="" type="checkbox"/> 符合要求 <input type="checkbox"/> 不符合要求
荷电中和装置	<input checked="" type="checkbox"/> 具备 <input type="checkbox"/> 不具备 <input type="checkbox"/> 不适用

#### 6.4.2 流量示值误差

流量示值 (L/min)	被校检测仪流量测量值 (L/min)				气体标准流量计测量值 (L/min)				示值误差 (%)
	1	2	3	平均值	1	2	3	平均值	
32	32.17	32.03	32.11	32.10	31.8	31.9	31.8	31.83	0.85
85	84.7	84.88	85.27	84.95	85.3	85.4	85.7	85.47	-0.60

#### 6.4.3 流量稳定性



流量示值 (L/min)	测量值 (L/min)						平均值 (L/min)	流量稳定性 (%)
	0min	2min	4min	6min	8min	10min		
85	84.7	84.88	85.27	84.95	84.95	85	84.96	0.67

#### 6.4.4 阻力示值误差

标准压力 (Pa)	阻力示值 (Pa)			示值误差 (%)
	上升	下降	平均值	
143.867			142.55	-0.92

#### 6.4.5 阻力重复性

次数	1	2	3	4	5	6	RSD (%)
阻力 (Pa)	142.9	142.7	142.4	142.3	142.4	142.3	0.17

#### 6.4.6 过滤效率示值误差

标准光度计法	1	2	3	平均值
上游颗粒物浓度 ( $\mu\text{g/L}$ )	18.900	18.900	18.900	18.9
下游颗粒物浓度 ( $\mu\text{g/L}$ )	5.360	5.410	5.440	5.40
标准测量过滤效率 (%)	71.640	71.376	71.217	71.411
仪器测量过滤效率 (%)	74.361	74.380	74.318	74.353
过滤效率示值误差 (%)	2.721	3.004	3.101	2.942

#### 6.4.7 过滤效率重复性

测量次数	1	2	3	4	5	6	重复性
仪器测量 过滤效率 (%)	74.361	74.380	74.318	74.268	74.370	74.574	0.1

### 6.5 济南思明特科技有限公司 SUPC-KZGL 验证实验

根据校准规范的要求,对济南思明特科技有限公司 SUPC-KZGL 进行验证实验,结果如下所示。

#### 6.5.1 外观与功能检查

外观	<input checked="" type="checkbox"/> 符合要求 <input type="checkbox"/> 不符合要求
荷电中和装置	<input checked="" type="checkbox"/> 具备 <input type="checkbox"/> 不具备 <input type="checkbox"/> 不适用

#### 6.5.2 流量示值误差

流量示值 (L/min)	被校检测仪流量测量值 (L/min)				气体标准流量计测量值 (L/min)				示值误差 (%)
	1	2	3	平均值	1	2	3	平均值	
85	80.7	81	79.9	80.53	80.4	80.4	80.3	80.37	0.21

#### 6.5.3 流量稳定性

流量示值	测量值 (L/min)	平均值	流量稳定性

(L/min)	0min	2min	4min	6min	8min	10min	(L/min)	(%)
85	80.5	80.4	80.6	80.3	80.4	80.6	80.47	0.37

#### 6.5.4 阻力示值误差

标准压力 (Pa)	阻力示值 (Pa)			示值误差 (%)
	上升	下降	平均值	
119.2			127.5	6.96

#### 6.5.5 阻力重复性

次数	1	2	3	4	5	6	RSD (%)
阻力 (Pa)	127	128	126	128	127	129	0.82

#### 6.5.6 过滤效率示值误差

标准光度计法	1	2	3	平均值
上游颗粒物浓度 (µg/L)	7.990	8.000	7.850	7.95
下游颗粒物浓度 (µg/L)	0.002	0.002	0.002	0.00
标准测量过滤效率 (%)	99.975	99.975	99.975	99.975
仪器测量过滤效率 (%)	98.863	99.056	98.979	98.966
过滤效率示值误差 (%)	-1.112	-0.919	-0.996	-1.009

#### 6.5.7 过滤效率重复性

测量次数	1	2	3	4	5	6	重复性
仪器测量过滤效率 (%)	98.863	99.056	98.979	99.002	98.992	99.048	0.1

### 6.6 东莞市奥图自动化科技有限公司 ATR-2020 验证实验

根据校准规范的要求，对东莞市奥图自动化科技有限公司 ATR-2020 进行验证实验，结果如下所示。

#### 6.6.1 外观与功能检查

外观	<input checked="" type="checkbox"/> 符合要求 <input type="checkbox"/> 不符合要求
荷电中和装置	<input checked="" type="checkbox"/> 具备 <input type="checkbox"/> 不具备 <input type="checkbox"/> 不适用

#### 6.6.2 流量示值误差

流量示值 (L/min)	被校检测仪流量测量值 (L/min)				气体标准流量计测量值 (L/min)				示值误差 (%)
	1	2	3	平均值	1	2	3	平均值	
85	85.3	85.3	85.4	85.33	85.3	85.5	85.4	85.40	-0.08

#### 6.6.3 流量稳定性

流量示值 (L/min)	测量值 (L/min)						平均值 (L/min)	流量稳定性 (%)
	0min	2min	4min	6min	8min	10min		
85	85.3	85.3	85.4	85.6	85.5	85.7	85.47	0.47

#### 6.6.4 阻力示值误差

标准压力 (Pa)	阻力示值 (Pa)			示值误差 (%)
	上升	下降	平均值	
150.3			152.5	1.46

#### 6.6.5 阻力重复性

次数	1	2	3	4	5	6	RSD (%)
阻力 (Pa)	151.9	152.5	152.1	153	151.7	152.5	0.31

#### 6.6.6 过滤效率示值误差

标准光度计法	1	2	3	平均值
上游颗粒物浓度 ( $\mu\text{g/L}$ )	0.847	0.822	0.823	0.83
下游颗粒物浓度 ( $\mu\text{g/L}$ )	0.020	0.025	0.023	0.02
标准测量过滤效率 (%)	97.639	96.959	97.205	97.268
仪器测量过滤效率 (%)	97.025	97.965	96.973	97.321
过滤效率示值误差 (%)	-0.614	1.006	-0.232	0.053

#### 6.6.7 过滤效率重复性

测量次数	1	2	3	4	5	6	重复性
仪器测量过 滤效率 (%)	99.584	97.025	97.965	96.973	99.972	98.589	1.3

## 七、 实验结论

通过对 TSI 8130/8130A、青岛众瑞智能仪器有限公司 ZR-1006A/B 型、广州标际包装设备有限公司 GBKF30010、济南思明特科技有限公司 SUPC-KZGL 和东莞市奥图自动化科技有限公司 ATR-2020 等公司生产的 6 台不同型号口罩颗粒物过滤效率检测仪进行验证,证明制定的《口罩颗粒物过滤效率检测仪校准规范》能够很好的评价检测仪的夹具模口面积误差、流量示值误差、流量稳定性、阻力示值误差、阻力重复性、过滤效率示值误差、过滤效率重复性、盐性气溶胶粒径分布和油性气溶胶粒径分布等计量特性,从而实现量值传递,保证口罩颗粒物过滤效率检测仪检测结果的准确可比。