



实验一 大气及室内空气采样方法

上海交通大学医学院环境与健康系

施蓉

2018-3-28



实验目的

- 掌握空气样品采集的主要方法
- 了解空气样品采集的主要仪器
- 掌握气泡吸收管的使用
- 掌握流量计的校准方法
- 了解空气中 $\text{PM}_{2.5}$ 的采样方法



大气污染物的结构

- 分为气态和气溶胶。气溶胶体系中分散的各种微粒也被称作大气颗粒物。
- 气态污染物：包括：气体和蒸汽
 1. 含硫化合物： SO_2 、 SO_3 、 H_2S ，其中 SO_2 的数量最大，危害也最重。
 2. 含氮化合物： NO 、 NO_2 和 NH_3
 3. 碳氧化合物： CO 和 CO_2

.....



交大实验室H₂S中毒死亡事件

- 硫化氢H₂S (hydrogen sulfide) :刺激性和窒息性的无色气体，具有“臭蛋样”气味。低浓度仅有呼吸道及眼部刺激，高浓度硫化氢可于短时间内致命。
- 2015年交大闵行校区实验室发生硫化氢中毒死亡事件。死者为气体供应商，更换气瓶过程中发生泄漏。



大气污染物的结构

■ **气溶胶（大气颗粒物）**：粒径是大气颗粒物最重要的性质。

1. 总悬浮颗粒物(TSP): 粒径 $\leq 100\mu\text{m}$ 。
2. 可吸入颗粒物(PM10): 粒径 $\leq 10\mu\text{m}$ ，又称为飘尘。
3. **细颗粒物(PM2.5)**: 粒径 $\leq 2.5\mu\text{m}$ ，穿透肺泡进入血液。
4. 超细颗粒物(PM0.1): 粒径 $\leq 0.1\mu\text{m}$ ，汽车尾气。



大气采样的方法



大气采样的方法

■ 直接采样法（集气法）

空气中被测组分浓度较高，或者所选用分析方法的灵敏度较高时，采用直接采样法采取少量空气样品就可满足分析需要

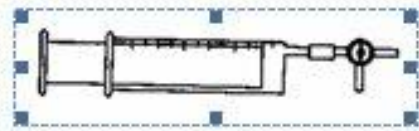


图1-1 注射器

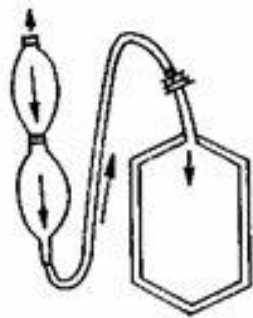


图1-2 采气袋及二联球



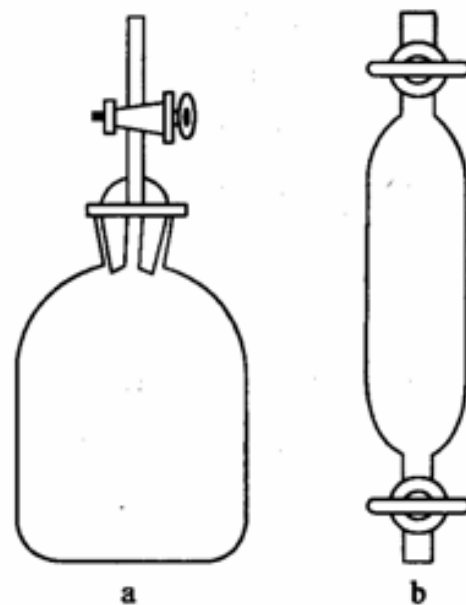
图1-3 真空采气瓶



注射器



采气袋



采气瓶

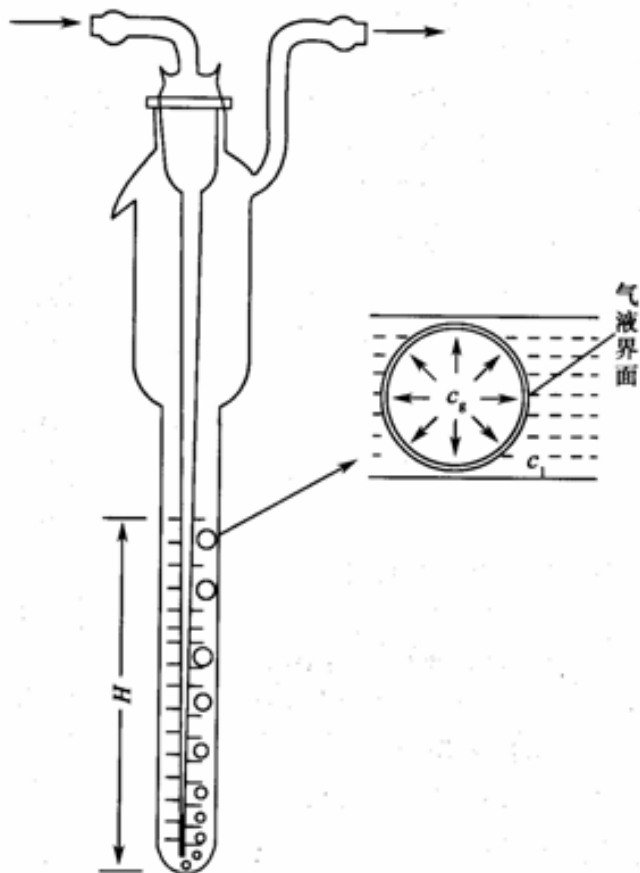
大气采样的方法

■ 液体吸收法

用一个内装吸收液的液体吸收管，与大气采样仪连接，构成一个采样系统。



溶液吸收法



采样器的动力装置使空气通过装有吸收液的吸收管时，空气中的被测组分经气液界面浓缩于吸收液中

气体吸收过程



吸收管



大泡吸收管



U型多孔玻板吸收管



直型多孔玻板吸收管

大气采样的方法

■ 颗粒物采样法

将滤料（滤纸或滤夹）放在采样器上，用抽气泵将空气中的悬浮颗粒物阻留在滤料上，分析滤料上被浓缩的污染物的含量，除以采样体积，计算空气中的污染物浓度。

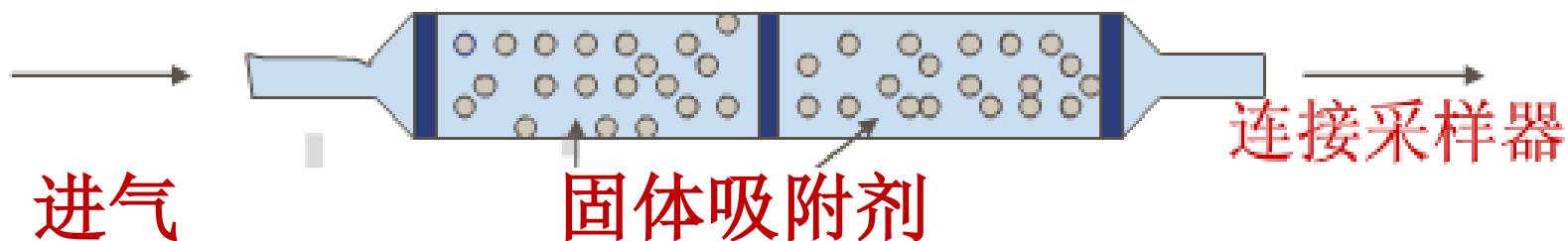




大气采样的方法

■ 固体吸附法

吸附剂填充在内径3~5mm，长80~180mm的玻璃或不锈钢管内，空气样品以0.1~1.0L/min流速通过填充柱时，空气中的被测组分因吸附、溶解等作用被阻留在填充剂上。送实验室后，倒入具塞比色管，用有机溶剂洗脱、分析。





填充柱采样管



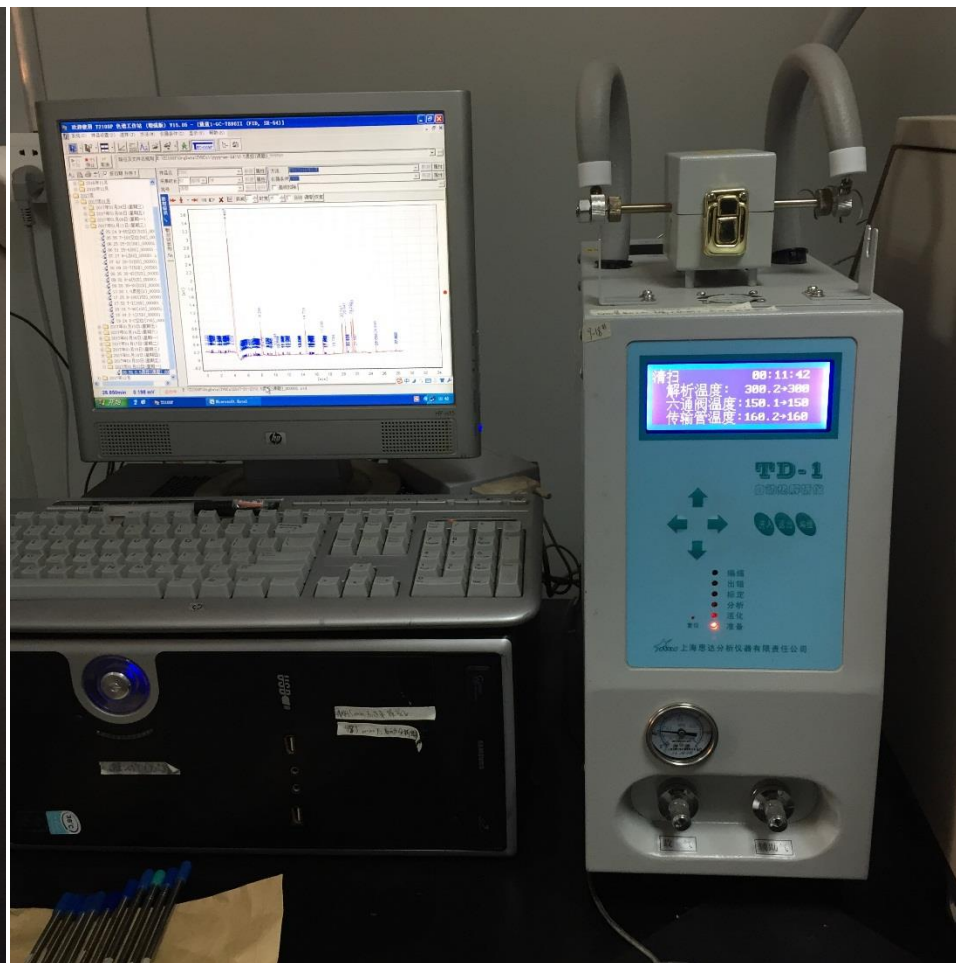
Tenax 采样管



活性炭采样管



Tenax采样管检测





采样器

- 小流量气体采样器
- 小流量可吸入颗粒物采样器
- 中流量颗粒物采样器
- 大流量颗粒物采样器
- 个体采样器



小流量气体采样器 (0.1-1L/min)



携带式



固定式

个体采样器



大流量TSP采样器



小流量颗粒物采样器



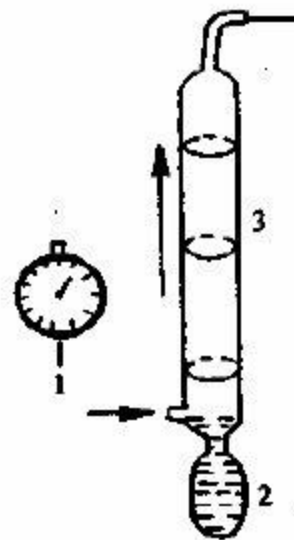
中流量颗粒物采样器

流量计的校准方法(操作)

- 采样器最常用以皂膜流量计校正气体采样器所带的转子流量计
- 当空气流经皂膜流量计时，用滴管滴入几滴肥皂液，使管下产生一个肥皂膜，随气流带动向管上移动(从0ml开始)，用秒表记录皂膜通过一定容积刻度所用时间。
- 计算出流量即转子流量计的实际流量。

该方法简便、可靠，常用于校准流量较小的流量计

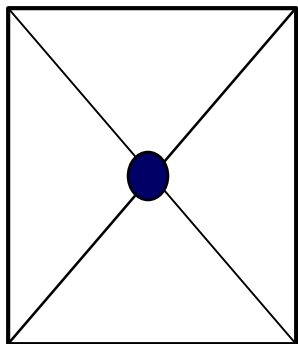
(皂膜流量计200ml，流量0.5L/分)



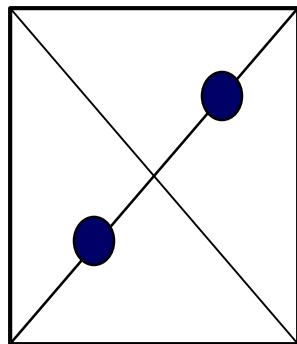


室内空气采样方法

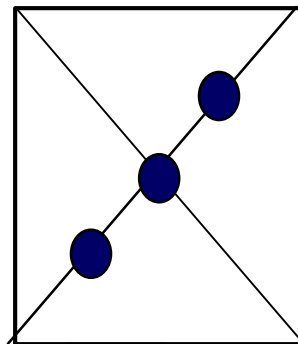
■ 采样点的选择（数量、分布、高度）



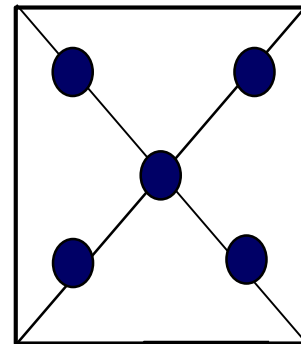
$<50\text{m}^2$



$50-200\text{m}^2$



200m^2



■ 采样点的高度

与呼吸带高度一致，测点距地面高度1.0-1.5m之间



室内空气采样方法

■ 采样时间和频率

➤ 监测年平均浓度、日平均浓度的方法

监测年平均浓度，至少采样3个月，室内空气一年平均浓度

监测日平均浓度，至少采样18h，用于环境接触评价

监测8h平均浓度，至少采样6h，用于职业接触评价

监测1h平均浓度，至少采样45min

➤ 长期累积浓度的监测

研究对人体健康的影响，采样需24h以上，甚至连续几天进行累计性采样。

➤ 短期浓度的监测

间歇式或抽样监测的方法，采样时间为几分钟至1小时



室内空气采样方法

■ 采样方法

➤ 筛选法采样

采样前关闭门窗12h，采样时关闭门窗，至少采样45min. (GB/T1883标准)

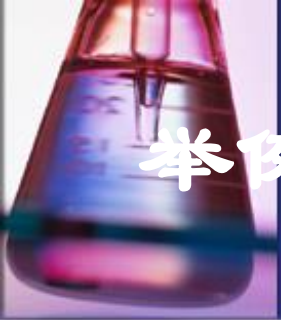
➤ 累计法采样

若室内空气不达标，必须采用累积法，按照年平均、日平均、8h平均的要求采样。



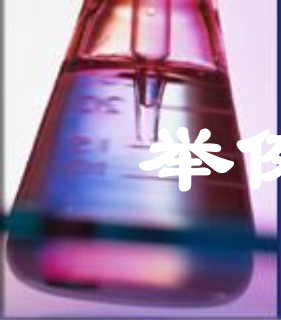
采样前计划及准备

- 计划：根据**目的**和**任务**制定采样计划，包括采样目的、时间、地点、频率、数量、指标及质量控制方法。
- 准备：根据调查内容，准备好现场采样用的记录笔、样品标签、采样单、运输工具等。
- 选择采样设备：选择采样仪和采样管、温度计、空盒气压表。



举例：室内环境与儿童急性白血病的关系

- 目的：研究室内环境与儿童急性白血病的关系，为儿童白血病的早期预防提供科学依据。
- 采样频率：密闭待测试的研究对象卧室12小时，湿度 $< 90\%$ ，采样24小时。



举例：室内环境与儿童急性白血病的关系

- 采样点的设置：10-15m²儿童卧室，室内中央设1个点，距墙>50cm，尽量避开通风口；高度为50~150cm（根据儿童呼吸带高度调整）。

室内空气检测



HCHO、NO₂



17种VOCs（苯、四氯化碳等）

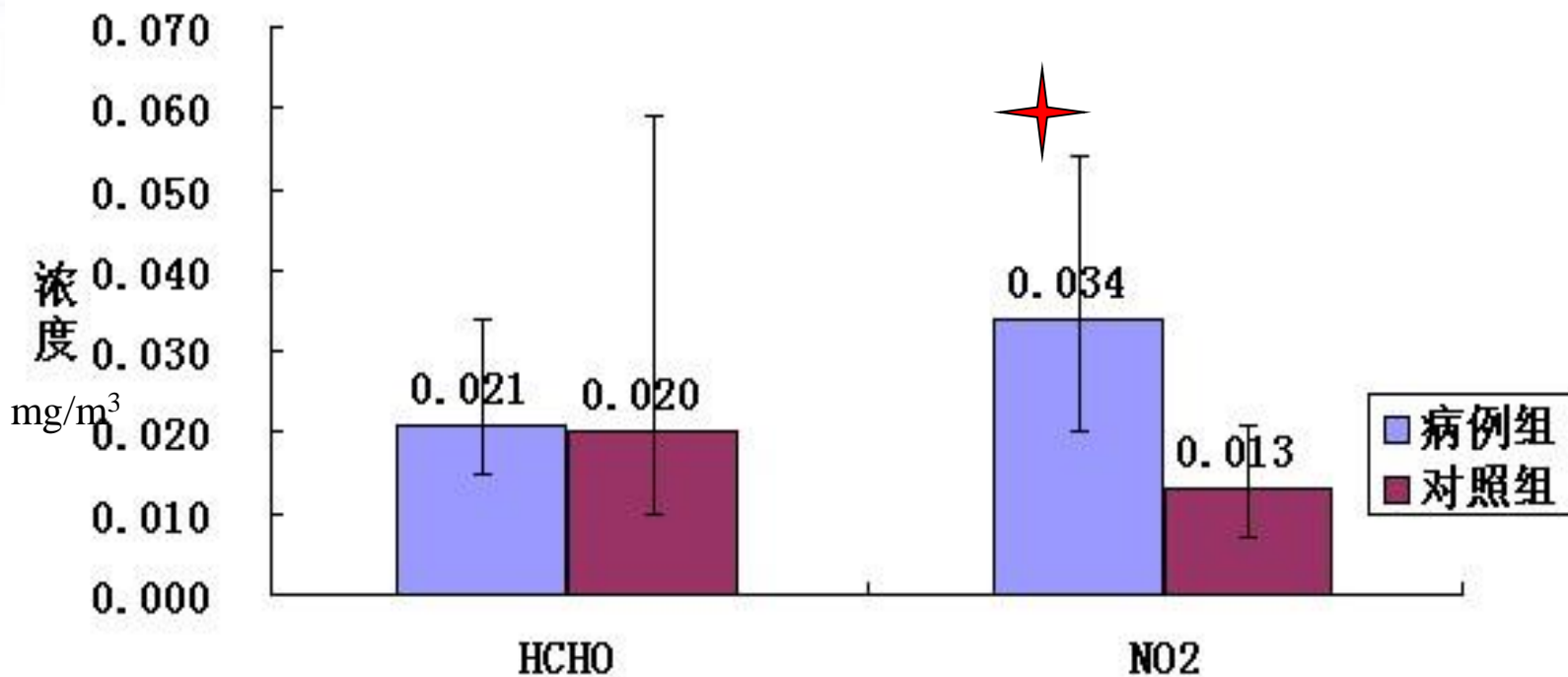


空气扩散采样器 (柴田科学株式会社, 日本)



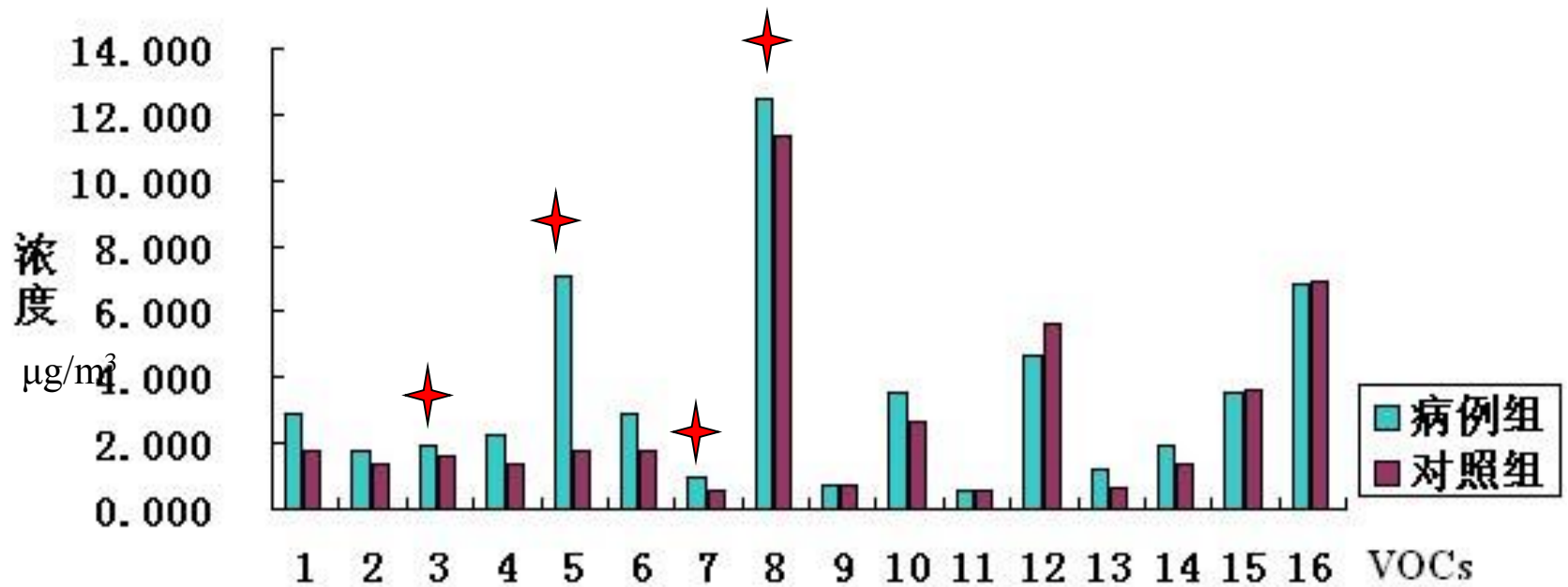


HCHO和NO₂浓度的比较 (中位数-四分位数间距)





VOCs 浓度的比较（中位数）



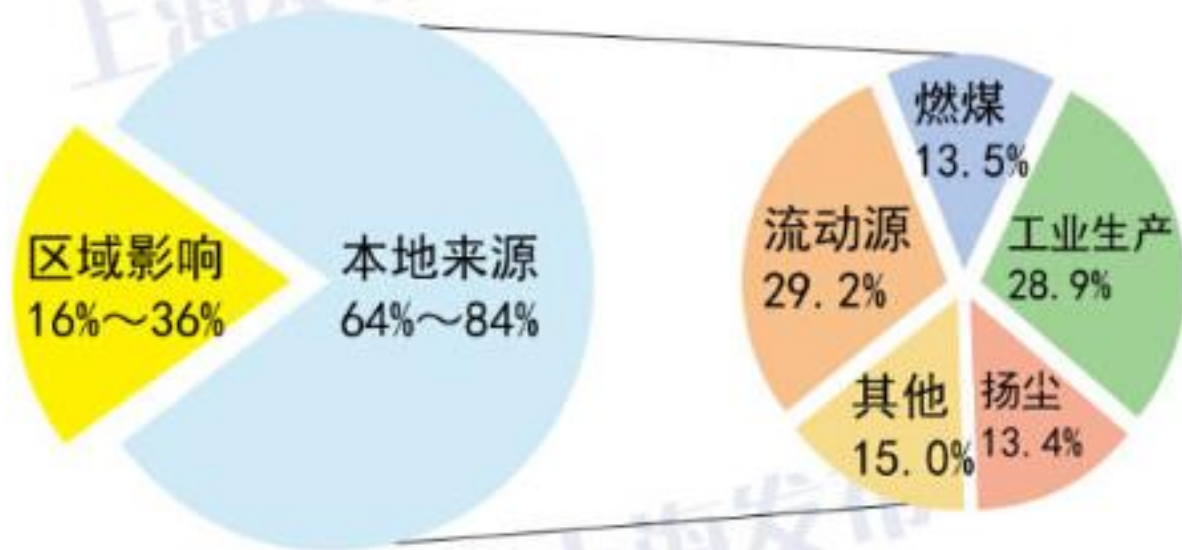
1 丁酮; 2 己烷; 3 氯仿; 4 二氯乙烷; 5 丁醇; 6 苯;
7 四氯化碳; 8 甲苯; 9 三氯乙烯; 10 丁醋酸盐; 11 四氯乙烯;
12 P-二甲苯; 13 苯乙烯; 14 O-二甲苯; 15 P-二氯苯; 16 总二甲苯



现场示教：大气中PM2.5监测

■ 来源：

★上海市PM2.5来源



注：本地排放中，流动源指：包括机动车、船舶、飞机、非道路移动机械等燃油排放



现场示教：大气中PM_{2.5}监测

■ 采样点及监测时间、频率：

➤ 采样点

在交通污染区（高架旁），居住区各选择一个采样点，切割器垂直放置。

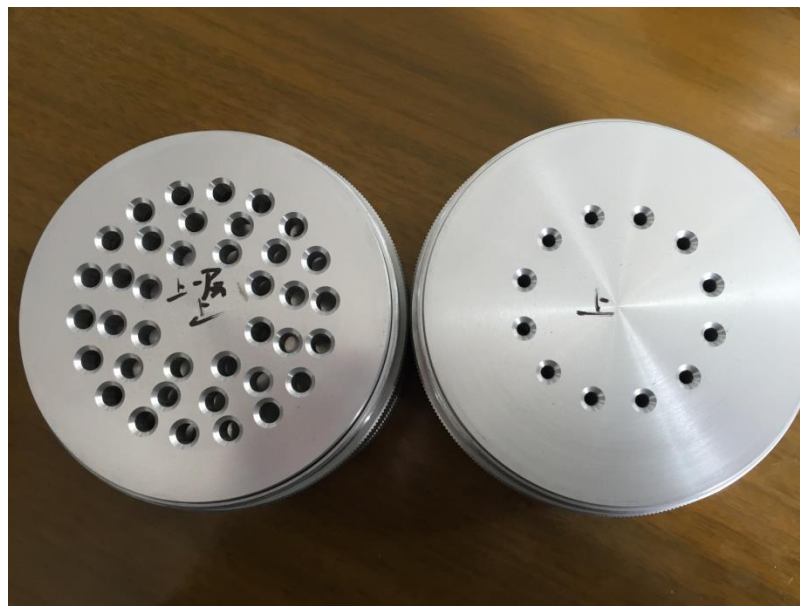
➤ 监测时间及频率

每月10-16日，每天采样不少于20小时；在颗粒物污染严重时，建议一天采集两张滤膜，即在采样12h左右时更换一次滤膜。



现场示教：大气中PM_{2.5}监测

- 采样原理：通过具有一定切割特性的采样器，以恒速抽取定量体积空气，使环境空气中PM_{2.5}被截留在已知质量的滤膜上，根据采样前后滤膜的重量差和采样体积，计算出PM_{2.5}浓度。





现场示教：大气中PM2.5监测

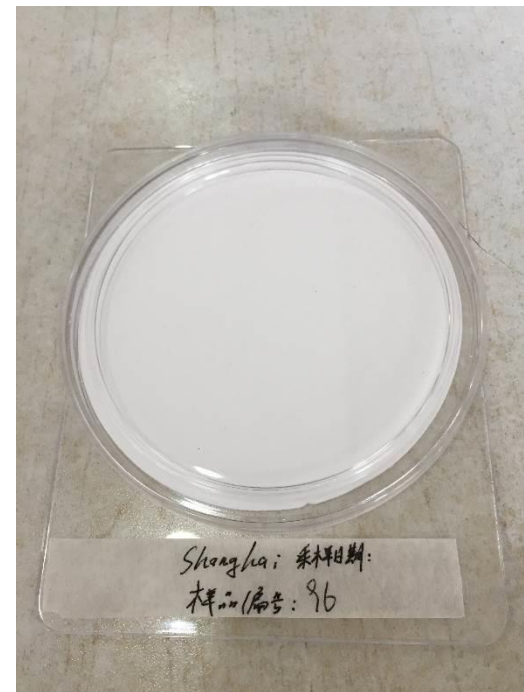
■ 仪器与材料：



中流量的采样器



十万分之一分析天平



直径90mm纤维滤膜



现场示教：大气中PM2.5监测

采样前准备

- 滤膜平衡与称重
- 切割器清洗及涂抹硅油
- 采样器温度、大气压测量
示值检查与校准
- 采样流量的校正



流量校正



现场示教：大气中PM_{2.5}监测

样品采集：

- 采样时，将已编号、称量好的滤膜放入采样器滤膜夹内，滤膜正面向上。
- 将滤膜正确放入采样器后，启动采样器采样。
- 采样结束后，用镊子取出滤膜，记录采样体积等信息，将滤膜放入密封袋中，做好样品运输、交接、保存。

表 1-2 PM_{2.5} 采样记录表

采样日期： 年 月 日	采样地点： ◻	
相对湿度： %RH	天气情况： ◻	
采样器型号： ◻	出厂编号： ◻	
滤膜编号： ◻		
环境温度检查 ◻		
采样器环境温度： ℃	实际环境温度： ℃ ◻	
环境大气压检查 ◻		
采样器环境大气压： kPa	实际环境大气压： kPa ◻	
流量检查 ◻		
采样流量： L/min	实际流量： L/min ◻	
采样开始时间： ◻	采样结束时间： ◻	
采样时间： ◻	累计工况体积： ◻	累计标况体积： ◻
异常情况说明及处置： ◻		记录人： ◻
备注： ◻		

采样人： ◻

校核人： ◻

日期： ◻



现场示教：大气中PM_{2.5}监测

质量浓度计算：

$$\rho = \frac{w_2 - w_1}{v_0} \times 1000$$

式中：

- ρ —— PM_{2.5}浓度，mg/m³；
- w_2 —— 采样后滤膜的重量，g；
- w_1 —— 空白滤膜的重量，g；
- v_0 —— 已换算成标准状态（101.325kPa，273K）下的采样体积，m³。



空气采样体积的测量

- 由于空气的体积随温度、气压等气象因素的变化而变化，因此，需换算成标准状况下的空气体积。其目的是为了便于资料的可比性

$$V_0 = V_t \times \frac{T_0}{T} \times \frac{P}{P_0} = V_t \times \frac{273}{273+t} \times \frac{P}{101.3\text{kPa}}$$

式中：V₀ 标准状况下的采样体积，L 或M³

V_t 为实际采样体积，L 或M³

T₀ 标准状况下的绝对温度，273K

t 为采样时摄氏温度，℃

P₀ 为标准状况下的大气压101.325kPa

P 采样时的大气压，kPa

示教：大气中PM2.5监测

采样仪器	TH-150CII 智能中流量总悬浮颗粒采样器 (301107140、301003103)											
采样日期	采样地点 (上海)	样品编号	采样时间 (分钟)	标况下采样体 积(L)	采样后 (mg)	采样后 (mg)	采样后称 量平均值	采样前 (mg)	采样前 (mg)	采样前 称量平 均值	称量后-称量 前 (mg)	PM2.5结果 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
2015.12.24	黄浦疾控	30	1041	100005.3	567.92	567.9	567.91	555.26	555.22	555.24	12.67	126.69
2015.12.24	医科大	38	1420	135598.1	571.57	571.59	571.58	554.08	554.06	554.07	17.51	129.13
2015.12.25	黄浦疾控	31	1440	139162.3	571.87	571.85	571.86	549.86	549.88	549.87	21.99	158.02
2015.12.25	医科大	37	1430	139778.7	572.92	572.96	572.94	550.98	550.96	550.97	21.97	157.18
2015.12.26	黄浦疾控	32	1437	136888.0	563.43	563.47	563.45	552.2	552.18	552.19	11.26	82.26
2015.12.26	医科大	35	1437	138590.7	559.67	559.69	559.68	548.74	548.7	548.72	10.96	79.08
2015.12.27	黄浦疾控	33	1429	137300.3	555.45	555.47	555.46	551.28	551.26	551.27	4.19	30.52
2015.12.27	医科大	36	1410	135569.1	558.06	558.04	558.05	553.74	553.72	553.73	4.32	31.87
2015.12.28	黄浦疾控	34	1425	139697.4	556.35	556.37	556.36	548.63	548.61	548.62	7.74	55.41
2015.12.28	医科大	44	1449	144191.2	555.52	555.54	555.53	547.90	547.88	547.89	7.64	52.99
2015.12.29	黄浦疾控	40	1430	138887.8	556.42	556.46	556.44	549.92	549.94	549.93	6.51	46.87
2015.12.29	医科大	45	1418	138522.9	553.67	553.69	553.68	547.11	547.13	547.12	6.56	47.36
2015.12.30	黄浦疾控	49	1404	135700.7	574.04	574.00	574.02	551.92	551.96	551.94	22.08	162.71
2015.12.30	医科大	46	1427	137528.9	568.09	568.05	568.07	546.35	546.33	546.34	21.73	158.00

示教：大气中PM2.5监测



2015-12-24滤膜采样前后比较



示教：大气中PM_{2.5}监测



2015-12-24 PM_{2.5}采集现场图片

示教：大气中PM2.5监测



上海市空气质量实时发布系统
Shanghai Environmental Monitoring Center

[首页](#) | [站点空气质量](#) | [相关知识](#) | [手机版](#) | [帮助](#) | [English](#)

最近3年全市历史数据查询

开始日期：2015-12-24 结束日期：2015-12-30

AQI 浓度

说明：以下数据未经环保部审核。

序号	日期	PM2.5日均值 (微克/立方米)	PM10日均值 (微克/立方米)	O3日最大8小时均值 (微克/立方米)	SO2日均值 (微克/立方米)	NO2日均值 (微克/立方米)	CO日均值 (毫克/立方米)	
1	2015-12-30	92	158.0	124	57	28	97	1.400
2	2015-12-29	55	47.36	76	70	20	66	0.900
3	2015-12-28	34	52.99	53	69	16	34	0.700
4	2015-12-27	68	31.87	77	71	20	57	1.100
5	2015-12-26	110	79.08	109	50	29	89	1.600
6	2015-12-25	179	157.18	173	73	34	73	1.700
7	2015-12-24	56	129.13	53	61	16	53	1.000



示教：大气中PM2.5监测

■ 卫生学评价：

与老的《环境空气质量标准》（GB 3095-1996）相比，空气质量新标准（GB 3095-2012）一方面提高了功能区标准要求，将三类区并入二类区，取消了三级标准；另一方面也加严了污染物控制要求，增设了PM2.5年平均、24小时平均浓度限值和臭氧8小时平均浓度限值，并收紧了PM10等污染物浓度限值。

空气质量新标准中6个基本项目的浓度限值详见下表。

空气质量新标准中污染物基本项目浓度限值

序号	污染物项目	平均时间	浓度限值		单位	
			一级	二级		
1	二氧化硫 (SO ₂)	年平均	20	60	μg/m ³	
		24小时平均	50	150		
		1小时平均	150	500		
2	二氧化氮 (NO ₂)	年平均	40	40		μg/m ³
		24小时平均	80	80		
		1小时平均	200	200		
3	一氧化碳 (CO)	24小时平均	4	4	mg/m ³	
		1小时平均	10	10		
4	臭氧 (O ₃)	日最大8小时平均	100	160	μg/m ³	
		1小时平均	160	200		
5	颗粒物（粒径小于等于10微米） (PM ₁₀)	年平均	40	70	μg/m ³	
		24小时平均	50	150		
6	颗粒物（粒径小于等于2.5微米） (PM _{2.5})	年平均	15	35		
		24小时平均	35	75		



作业（课程中心网上递交）

1. 设计我校重庆南路校区大气中SO₂调查与
监测方案。

(2017.4-6日递交截止)

THANK YOU





空气采样体积的测量

- 2017-3-16日pm2.5采样数据：
- 滤膜采样前重量0.5231g，采样后重量0.5271g，采样时温度12.8°，采样时大气压102.4Kpa，采样时间为7小时，采样时流量100L/min
- 计算pm2.5浓度（mg/m³）？