## 第一章 概论

空气理化检验： 是一门以保护 人群健康 为目的， 应用现代理化科学技术，研究空气污染物采样和理化检验的原理、方法和技术 的科学， 它所涉及的空气包括：环境空气、工作场所空气、公共场所空气、室内空气。

### 1 基本任务和内容

#### 1.1 意义

#### 1.2 基本任务和分类

1. 分类(根据检验对象)：
   * 大气质量检验：大气污染物在空气中的组成、浓度变化及迁移规律；
   * 室内空气和公共场所空气质量检验:某一特定的房间或场所内的空气状况（污染物种类、水平、变化规律；
   * 工作场所空气质量检验：主要检验车间空气中有害物质的种类和含量

#### 1.3 主要内容

1.颗粒物的测定2.无机污染物的测定 3.有机污染物的测定 4.空气污染物的快速测定 5.气象参数的测定

#### 1.4 基本步骤

优先检验原则:

1. 污染范围广
2. 污染严重
3. 对人体健康和生态环境危害大
4. 具有代表性的样品

### 2 空气污染及其危害

#### 2.1 空气污染

空气污染指数API就是将常规监测的几种空气污染物浓度，简化成为单一的概念性指数值形式，并分级表征空气污染程度和空气质量状况，适合于表示城市短期空气质量状况和变化趋势

| 空气质量指数 | AQI级别 | AQI类别 | AQI颜色 | 健康影响 | 建议采取的措施 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0~50 | 一级 | 优 | 绿色 | 基本无空气污染 | 可以正常活动 |
| 51~100 | 二级 | 良 | 黄色 | 可能对极少数异常敏感人群健康有较弱影响 | 极少数异常敏感人群应减少户外活动 |
| 101~150 | 三级 | 轻度污染 | 橙色 | 易感人群症状轻度加剧，健康人群出现刺激症状 | 儿童、老年人及心脏病、呼吸系统疾病患者应减少长时间、高强度的户外锻炼 |
| 151~200 | 四级 | 中度污染 | 红色 | 易感人群症状加剧，可能对健康人群心脏、呼吸系统有影响 | 儿童、老年人及心脏病、呼吸系统疾病患者避免长时间、高强度的户外锻炼，一般人群适量减少户外运动 |
| 201~300 | 五级 | 重度污染 | 紫色 | 健康人群普遍出现症状 | 儿童、老年人及心脏病、呼吸系统疾病患者停止长时间、高强度的户外锻炼，一般人群减少户外运动 |
| >300 | 六级 | 严重污染 | 褐红色 | 健康人群运动耐受力降低，有明显强烈症状，提前出现某些疾病 | 儿童、老年人及心脏病、呼吸系统疾病患者应当停留在室内，避免体力消耗，一般人群避免户外活动 |

#### 2.2 空气污染的危害

国际上公认室内空气污染是对健康危害最大的环境因素

酸雨PH 5.6

### 3 空气污染物的来源和分类

#### 3.1 来源

1.自然污染源: 森林火灾、火山喷发

2.人为污染源: 工业企业(也是主要污染源)、生活性污染、交通运输

#### 3.2 分类

* 物理性污染物: 噪声、电磁辐射
* 化学性污染物: SO 、NO 、H S、 PM
* 生物性污染物: 病原微生物、花粉
* 放射性污染物: 氡、射线、射线

根据形成过程的不同，空气污染物可分为一次污染物和二次污染物:

* 二次污染物(次生污染物): 污染物在大气中 与其他物质 发生化学反应，或在太阳辐射作用下 发生光化学反应 形成的新的污染物。

#### 3.3 空气污染物的存在状态

1.气体

2.蒸气

3.气溶胶:

气溶胶按照物理形态可分为固体气溶胶(尘)、液体气溶胶(雾)和固液混合气溶胶(烟)。

按照形成方式可分为

* 分散性气溶胶:
* 由固体或液体经粉碎或喷射，形成微小粒子，分散在空气中形成的气溶胶
* 凝聚性气溶胶:
* 由气体或蒸汽在空气中冷却凝结成液体或固体颗粒形成的气溶胶
* 化学反应形成的气溶胶
* 在空气中有些一次污染物发生化学反应形成气溶胶

### 4 空气污染物浓度的表示方法

* 质量体积表示法:
* 每立方米空气中所含污染物的质量，单位为mg/m或g/m
* 体积表示法:
* 每立方米空气中所含污染物的体积，单位为ppm(百万分之一, ml/m)、ppb、ppt
* 个数、体积表示法
* 每立方米空气中所含污染物的粒子数，单位为个数/m

换算关系:

### 5 空气中有害物质的卫生标准

#### 5.1 环境空气质量标准

#### 5.2 工作场所空气质量标准

时间加权平均容许浓度(PC-TWA): 指以时间为权数 规定的8小时工作日、40小时工作周的平均容许接触浓度

最高容许浓度(MAC): 指工作地点、在一个工作日内、任何时间有毒化学物质 均不应该超过的浓度

短时间接触容许浓度(PC-STEL): 指一个工作日内任何一次接触 不得超过的 15min时间加权平均 的容许接触水平

## 二、 空气样品的采集

### 1 采样点的选择

#### 1.1 环境空气样品采样点的选择

#### 1.2 工作场所空气样品采样点的选择

#### 1.3 室内空气样品采样点的选择

#### 1.4 公共场所空气样品采样点的选择

### 2 气态污染物的采样方法

#### 2.1 直接采样法

#### 2.2 浓缩采样法

浓缩采集法是 大量空气样品通过空气收集器时，其中的待测物被吸收、吸附或阻留， 富集在收集器中 的采样方式

简述直接采样法和浓缩采样法的适用范围和优缺点。

* 溶液吸收法
* 原理: 在动力作用下，空气样品被吸入吸收液，形成许多气泡。由于气泡中待测物的浓度高于气-液面上的浓度分子的高速运动和浓度梯度促使待测物分子迅速向气-液面扩散，接触吸收液后被吸收，并与空气分离。
* 提高溶液吸收法采样效率的方法有:
  1. 选择合适的吸收液
  2. 优化吸收剂浓度
  3. 改善气液接触方式
  4. 优化采样条件
  5. 增加采样时间
  6. 使用反应助剂
* 常用的采样容器有气泡吸收管、多孔玻板吸收管、冲击式吸收管法
* 多孔玻板吸收管提高气体采样效率的原理是: 通过多孔玻板吸收管，空气样品在多孔玻板上形成许多气泡，气泡中待测物的浓度高于气液面上的浓度，分子的高速运动和浓度梯度促使待测物分子迅速向气液面扩散，接触吸收液后被吸收，并与空气分离。  
  即
  1. 增大表面积
  2. 增加接触时间
  3. 提高传质速率
  4. 增强选择性
* 固体填充柱采样法
* 固体填充柱的性能指标有穿透容量和解吸效率
* 当活性炭管后段为总含量（前后两端相加）的5%时，前段固体吸附剂采集的待测毒物的量，称之为穿透容量。以mg(待测物)/g(活性炭)表示。此时通过采样管的体积为穿透体积即最大采气量。
* 影响穿透容量和最大采气量的主要因素有填充剂的性质和用量、采气流速、被采集组分的浓度、采样管的长度和直径。
* 解吸效率是指被解吸下来的待测物的量占填充剂采集的待测物总量的百分数，是衡量解吸程度的重要指标，通常要求≥90％
* 热解吸: 是将填充柱采样管插入加热器中，迅速加热解析，用载气吹出并带入分析仪器中测定。
* 用填充柱采样后，通常采用热解吸和溶剂解吸两种方式洗脱待测物。
* 低温冷凝浓缩法
* 无动力采样法

### 3 气溶胶污染物的采样方法

#### 3.1 静电沉降法

#### 3.2 滤料采样法

#### 3.3 冲击式吸收管法

### 4 气态和气溶胶两种状态污染物的同时采样法

#### 4.1 浸渍滤料法

#### 4.2 泡沫塑料采样法

#### 4.3 多层滤料采样法

#### 4.4 环形扩散管和滤料组合采样法

### 5 采样仪器

#### 5.1 收集器

#### 5.2 气体流量计

#### 5.3 采气动力

#### 5.4 专用采样器

### 6 最小采气量和采样效率

#### 6.1 最小采气量

当空气中待测物的浓度为最大容许浓度时，所采用的分析方法能够检出待测物所需采集的最小空气体积

#### 6.2 采样效率及其评价方法

#### 6.3 影响采样效率的因素

### 思考题

1.用酚试剂分光光度法测定空气中的甲醛浓度时，取10ml含酚试剂的水溶液作吸收液采样，取5ml样液分析测定。已知方法的检出限为0.05ug/5ml。空气中甲醛的最高容许浓度(一次)为0.05mg/m3。

解：

式中，为最小采气量，;  
为绝对检出限，;  
为最高容许浓度，;  
为样液总体积，;  
为吸收液总体积，;  
为了确保防止出现假阴性，采样量扩大一倍()。  
根据上式计算最小采气量为4L。

## 第三章气象参数的测定

### 1 概述

空气质量参数: 是指空气中与人体健康有关的物理性参数、化学性参数、生物性参数和放射性参数等。

物理性参数包括气温、气压、气湿、气流、新风量、换气率、噪声、振动、电离辐射、非电离辐射等。

空气物理参数是描述空气物理性状和特征的重要指标，也称气象因素、气象参数。

### 2 气温的测定

在空气理化检验工作中，气温、气压对采样体积影响较大。

空气的温度称为气温，一般是距离地面1.5m左右，处于通风、防辐射条件下测得的温度

在气温测定中，对温度计进行读数时应暂停呼吸，迅速读数；要先读小数，后读整数。

### 3 气压的测定

通常把北纬45度的海平面上，0℃时的正常气压（101.325 kPa）称为一个大气压或一个标准大气压。

### 4 气湿的测定

绝对湿度一定气温下，单位体积空气中所含水汽的质量，通常用g/m3或mg/m3表示，也可用水蒸气的分压（kPa）来表示。

生理饱和差（physiological saturated difference）:指在37℃时空气的最大湿度与绝对湿度之差。生理饱和差越大，表明人体散热越容易，反之越难。

相对湿度：（relative humidity，RH）：指在同一温度时的绝对湿度与最大湿度的比值，即空气中实际含水汽的量与同一温度条件下饱和水汽量的比值，用百分比（%）表示。

人们常用相对湿度来表示空气湿度。相对湿度80%为高气湿，30%为低气湿。

使用干湿球温湿度计测量气湿时，干、湿球温度计温差.越大，空气越干燥，湿度越小。

干湿球湿度计测定的原理:

一定温度的气流匀速通过干湿球温湿度计时,干球温度计显示空气的温度。湿球温度计由于水分蒸发,温度示值低于干球温度计。被测空气愈干燥,湿球水分蒸发越快,干、湿球温度计温差越大,利用温差值可以测定空气的湿度。温差值越大,说明空气越干燥,湿度越小。

### 5 气流的测定

空气的流动成为气流，测定气流就是测定风向和风速

何为风向和风速?简述测定气流的几种方法?

①水平气流来的风向称为风向 ②风的速率称为风速，指单位时间内空气在水平方向流过的距离 ③三杯风向风速表测定法，翼状风速计测定法，热球式电风速计测定法

### 6 新风量的测定

影响室内空气质量的首要因素是新风量。

新风量(air change flow):指在门窗关闭的状态下，单位时间内由空调系统通道、房间的缝隙进入室内的空气总量，单位为m³/h。

GB/T18883-2002室内空气质量标准规定，新风量不少于30m/h 人，也就是说空间为30m的房子中仅有一人时，每小时至少要换气一次。

示踪气体(tracer gas)：指能与空气混合，而本身不发生任何改变，并且在很低的浓度时就能被检测出的气体的总称。

采用示踪气体衰减法测定新风量的原理是什么？示踪气体该如何选择？ 答：原理：在待测室内通入适量示踪气体，由于室内、外空气交换，示踪气体浓度呈指数衰减，根据其浓度随时间的变化值(空气交换率)计算室内的新风量。 1．示踪气体必须是无色、无味; 2.使用浓度无毒、安全; 3.环境本底值低，易采样、易分析; 常用的示踪气体有CO、CO2、 SF6 (六氟化硫)、八氟环丁烷和三氟溴甲烷。

失踪气体法的测定步骤是什么？

1. 测定室内空气总量
2. 调试仪器
3. 采样与测定
4. 计算新风量

在一次测定某实验室新风量的过程中，研究人员选择了以CO为示踪气体的测定方法，且在计算空气交换率时采用平均法。 已知：实验室室内容积为100，实验室内仪器和物品总体积为18，通入CO浓度均匀时测定CO浓度为，经过30min后再次测得CO浓度为，经过计算，= 问：①选择示踪气体的要求是什么？ ②计算本次测量的新风量 答：①示踪气体必须无色、无味，使用浓度无毒、安全，环境本底值低，易采样、易分析。 ②实验室内空气体积V=-=100-18=82() 空气交换率A====0.01 新风量Q=A×V=0.01×82=0.82/h

### 7 换气率的测定

换气率(ventilation rate):指在一个小时内由室外进入室内的空气量与该室室内空气量的百分比。

## 第四章：空气检验的质量保证

### 1 标准物质

标准物质的三大基本特性：均匀性、稳定性和溯源性。

#### 1.1 标准物质的定义、分类和分级

简述标准物质的分类方法。

答：

1. 按技术特性分类：（1）化学成分标准物质，（2）物理化学特性标准物质（3）工程技术特性标准物质
2. 按用途分类（1）用于产品交换，即国内外贸易使用得标准物质（2）用于质量控制，即用于生产流程的检测、产品的检验的标准物质（3）用于特性测定的标准物质（4）用于科学研究的标准物质
3. 按学科或专业分类，可分为地质学，物理化学，环境科学等学科或专业所用的标准物质。

ISO/REMCO将标准物质分级为：基准标准物质（PRM）、有证标准物质（CRM）和标准物质（RM）。

#### 1.2 我国标准物质/标准样品的管理

#### 1.3 气体标准物质

气体标准物质：又称标准气体，是指以混合气体，纯气或高纯气体形式存在和使用的标准物质，是高度均匀，稳定性良好和量值准确的气体。

气体标准物质的基本特性：均匀性、稳定性和有效期。

#### 1.4 标准物质量值的溯源性与测量不确定度

### 2 标准气体的配制

标准气体的配制法：静态法和动态法

#### 2.1 静态配气法

标准气体的配置方法中静态配气法包括大瓶配气法、注射器配气法、塑料袋配气法和高压钢瓶配气法。

静态法适用于配置少量、化学活泼性较差的标准气。

#### 2.2 动态配气法

##### 定义

动态配气法：是将已知浓度的原料气以较小的流量恒定不变的送入气体混合器中，同时将稀释气以较大的流量，恒定不变的送入气体混合室与原料气混匀并将其稀释

配置化学性质活泼物质的标准气时，必须选用动态配气法。

##### 方法

动态配气法包括：渗透膜法、气体扩散法、饱和蒸汽法。

动态配气法中渗透膜法的渗透率测定方法有称量法、化学分析法和电量法。

气体扩散法：气体扩散法是气体分子从液相扩散到气相，被稀释气流带走，再混匀配制成标准气的方法

气体扩散法和渗透管法都是用来配制标准气体的方法，它们在原理、适用性和精确度方面有一定的异同。具体分析如下：

**相同点**：

1. **目的**：两种方法的目的都是为了制备特定浓度的气体混合物，以用于校准和测试分析仪器等。
2. **过程**：都涉及到将一定量的气体或挥发性物质转移到气相中，并通过与稀释气混合来调整最终的浓度。
3. **设备**：在两种方法中，都需要使用到流量计、压力调节器等设备来控制气体的流量和浓度。

**不同点**：

1. **原理**：气体扩散法依赖于气体分子从液相扩散至气相中，再被稀释气带走的过程。而渗透管法是通过渗透膜将纯净的组分气体扩散到载气流中，通过控制已知流量的载气来配制气体。
2. **适用性**：渗透管法适用于配制低浓度的标准气体，尤其是对于那些易挥发的液体和能被冷冻或压缩成液态的气体。气体扩散法则更多依赖于气体分子的自然扩散特性。
3. **精确度**：渗透管法通常被认为是一种较精确的方法，因为它可以更准确地控制渗透速率和载气流量，从而得到更精确的气体浓度。

### 3 采样的质量保证

采样的质量保证主要包括采样仪器的检验和校正、采样系统气密性检验、现场空白检验、平行样品检验以及采样效率界限的有关规定。

#### 3.1 采样仪器的检验和校正

#### 3.2 气密性检验

#### 3.3 现场空白检验

#### 3.4 平行样品检验

什么是平行样品测定？进行平行样品测定有什么意义？

**平行样品测定是指对同一样品进行多次独立的测定，以评估分析结果的精密度和可靠性**。

平行样品测定的意义如下：

1. **检验分析方法的稳定性**：通过对同一样品进行多次测定，可以检查所采用的分析方法在相同条件下得到的结果是否一致，从而验证方法的稳定性。
2. **确保数据的精确度**：平行样测定有助于发现可能的操作失误或仪器故障，确保数据的准确性和可靠性。
3. **提高分析结果的可信度**：如果多次测定的结果相近，说明分析结果的可信度较高，这对于关键项目的检测尤为重要。
4. **质量控制的一部分**：在环境监测等领域，平行样的测定是质量保证的常用手段，有助于监控整个分析过程的质量。
5. **减少质量风险**：即使仪器和方法验证都没有问题，通过平行样测定也可以进一步降低误差的可能性，提高整体分析的质量。

#### 3.5 采样效率界限的有关规定

### 4 空气检验的质量控制

空气理化检验质量控制包括：实验室内部质量控制；实验室外部质量控制

#### 4.1 实验室内部质量控制

什么是比较实验？实验室内比较实验有什么意义？

**比较实验是指对同一样品采用不同的方法测定，比较其结果符合地程度来估计测定的准确度**。

绘制质控图时应注意那些？ 答：如果测定结果中有超出控制限者，应予剔除，如剔除过多，其数据点少于20个时，应补充新的测定数据，重新计算各参数并绘制控制图，直至落在控制限内的数据不少于20个为止：②落在上下辅助线范围的数据点应约占总数的68%，如果少于50%，则说明数据分布不合理，此图不可靠：③连续7个数据点位于中心线的同一侧时，表明所测数据失控.此图不能用：④绘制控制图时的测定条件应和样品的测定条件相同。出现以上数据分布不合理或数据失控的情况时，应立即查明原因，加以纠正，然后测定更多数据、重新绘制控制图。必庄击沈庭范围实验温度压。

#### 4.2 实验室间部质量控制

实验室间质量控制具体操作为：统一分析方法、进行实验室质量考核、实验室误差检验。

#### 4.3 国际实验室间质控简介

## 第五章：空气中颗粒物的测定

### 1 空气颗粒物

是悬浮在空气中的固态或液态颗粒状物质的总称，是空气中的不定组分之一。

#### 1.1 空气颗粒物的来源和化学成分

#### 1.2 空气颗粒物粒径表示方法和粒度分布

空气动力学当量直径：在通常的温度、压力和相对湿度下，层流气流中，与单位密度（1g/cm3）球体具有相同沉降速度的颗粒直径。

颗粒物的空气动力学直径：在通常温度、压力、相对湿度的空气中，在重力作用下与实际颗粒具有相同末速度、密度1g/cm3为球体的直径。

颗粒物的扩散直径：在通常温度、压力、相对湿度条件下，与实际颗粒物具有相同扩散系数的球形直径。

MMD的含义是什么？其卫生学意义是什么？

MMD：质量中值直径，是指颗粒物的质量分布中，质量中值直径的颗粒物所占的百分比为50%。

#### 1.3 空气颗粒物的分类

根据粒径大小分类：

1. 总悬浮颗粒物(TSP)：空气动力学当量直径小于100m的颗粒物。
2. PM(可吸入颗粒物)：空气动力学当量直径小于10m的颗粒物。
3. PM：空气动力学当量直径小于2.5m的颗粒物。

二次颗粒物：进入大气中的颗粒物通过化学反应或物理化学过程转化形成的颗粒物。 生产性粉尘：在生产过程中形成的，并能较长时间漂浮在空气中的固体微粒。

#### 1.4 空气颗粒物对人体健康的影响

### 2 PM和PM的测定

#### 2.1 重量法

#### 2.2 光散射法

#### 2.3 微量振荡天平法

#### 2.4 射线法

$$
\lim\_{n \to \infty} \prod\_{i=1}^{n} \frac{2i-1}{2i}
\\ \quad \\
\lim\_{n \to \infty} \prod\_{i=1}^{n} \frac{2i-2}{2i}
$$

### 3 TSP的测定

### 4 灰尘自然沉降量的测定

### 5 生产性粉尘

#### 5.1 来源和分类

#### 5.2 粉尘的理化性质及其卫生学意义

简述粉尘的理化特性及其对采样方法选择的影响。

1. **粉尘的粒径和分散度**：粉尘的粒径大小和分散度决定了粉尘在空气中的行为。较小的颗粒更容易悬浮在空气中，而较大的颗粒则较快沉降。因此，在选择采样方法时，需要采用能够区分不同粒径范围的采样器，如用于测定总粉尘浓度的设备可能与测定呼吸性粉尘的不同。
2. **化学组成、浓度和接触时间**：决定作用性质和危害程度，而接触时间则影响了粉尘对人体的影响程度。

* 在采样时，浓度较高的场所，采样时间要适当缩短；而浓度较低的场所，采样时间可以适当延长，以保证采样的粉尘量能够符合要求。

1. **比表面积**：比表面积越大，其吸附能力越强，越容易吸附空气中存在的水分、化学物质，采样时越难捕 集
2. **溶解度**：粉尘的溶解度决定了其在空气中的稳定性和沉降速度。溶解度高的粉尘可能在空气中形成气溶胶，难以采样；溶解度低的粉尘则可能在空气中长时间悬浮，增加了采样的难度。
3. **荷电性**：一般粉尘粒径越小，越容易荷电。环境温度升高、湿度降低时，粉尘容易荷电。粉尘颗粒带有不同电性的电荷时，有利于粉尘颗粒凝集，加速沉降。
4. **比重、形状与硬度**：粉尘比重愈大、愈接近球形，沉降速度愈快；采集这类粉尘样品时，采样流量要相应加大，否则，粉尘难以到达滤膜表面。
5. **爆炸性**：高分散度、高浓度的可氧化的粉尘遇到明火、火花或放电时可发生爆炸。在采集这些样品时，不能用带电的动力采样，以防爆炸。
6. **黏附性**：指粉尘颗粒附着在固体表面上，或颗粒相互附着的现象。一般情况下，粉尘粒径越小、形状越不规则、表面越粗糙、含水率越高、荷电量越大，越易于产生黏附现象。粉尘的黏附性越 高，采样时越易被捕获采集。

### 6 粉尘浓度的测定

使用滤膜重量法测定粉尘浓度时，对于滤膜上的粉尘增重量有何要求？为什么？

为了减免误差，粉尘采样量（即采样后滤膜的增重量 m）不能太小，也不能太大。采 样量一般在 1-20mg，根据滤膜大小确定。10mg 左右为适宜 ①采样量（ m）不能小于 1mg。 m <1mg 时，称量误差大； ②采样量（ m）不能太大。采样滤膜直径（d）的大小不同，对 m 的要求也不同：d≤37mm时， m≤5mg;d=40mm 时， m≤10mg;d=75mm 时， m 不限。d<75mm 时，若 m >20mg， 滤膜上粉尘过厚，粉尘堵塞滤膜微孔，采气阻力增大，尘粒容易脱落，采样误差大。所以， 粉尘采样量要适当。d=75mm 的滤膜很大，用得不多，因此，一般要求粉尘的最适宜采样量 为 1-10mg。

### 7 粉尘分散度的测定

#### 7.1 自然沉降法

在测定粉尘分散度时，如何标定目镜测微尺？

物镜测微尺标定目镜测微尺： 物镜测微尺是一标准尺度，总长 1mm，100 等分刻度，每一分度值为 0.01mm(10μm)。目镜 测微尺放在目镜内，其刻度间距固定不变，用它测定粉尘颗粒的大小。 标定时，将目镜测微尺有刻度的一面向下放在目镜内，把物镜测微尺放在显微镜的载物台上， 移动载物台，使物镜测微尺的某一刻度线与目镜测微尺的某一刻度线相重合，然后找出另一 条相互重合的刻度线，分别计算出两个测微尺重合的刻度数，则目镜测微尺每个刻度数标定 后的长度（μm）为：

D=10a/b

式中： D：标定后目镜测微尺一个刻度的长度，μm a：物镜测微尺两条重合线间刻度数 b：目镜测微尺两条重合线间刻度数 10 为物镜测微尺每刻度的间距，μm

#### 7.2 滤膜溶解涂片法

采用滤膜溶解涂片法测定粉尘分散度时，应选择 聚氯乙烯 滤膜。

### 8 粉尘中游离二氧化硅的测定

#### 8.1 焦磷酸质量法

用焦磷酸质量法测定粉尘中游离二氧化硅，为何用焦磷酸溶解样品时要严格控制温度和 时间？

用焦磷酸溶解样品时，必须严格控制温度和时间在 245-230 C，15 分钟。温度低、时间短时， 硅酸盐等化合物 溶解不彻底，可能残留在二氧化硅中，使测定结果偏高；时间过长时，已溶 解的硅酸盐可能脱水形成胶体。

### 9 颗粒物中水溶性离子组分的测定

### 10 颗粒物中金属元素的测定

## 第六章：空气中无机物染污的测定

### 1 二氧化硫

简述甲醛缓冲液溶液吸收-盐酸夫玫瑰苯胺分光光度法测定 SO 的原理，哪些因素会影 响测定结果的准确度？

（1）原理：空气中的二氧化硫被甲醛缓冲溶液吸收后，生成稳定的羟基甲基磺酸。羟基甲 基磺酸与盐酸副玫瑰苯胺（简称 PRA，俗称副品红）反应，生成紫红色的化合物：在 570nm 处有最大吸收，其吸光度与 SO2含量成正比。其吸光度值与 SO2含量符合朗伯-比尔定律

（2）影响测定结果准确度的因素：

1）试剂的影响：  
1、甲醇缓冲吸收液应现配现用，否则空白  
2、NaOH 固体试剂及溶液易吸收空气中的 SO2，使试剂空白值高，故应密封保存  
  
2）操作过程中的影响：  
1、显色温度和时间的影响：温度高，显色快，但褪色也快；温度低，显色慢，但稳定时间  
较长，通常采用恒水浴控制温度  
2、溶液加入顺序的影响：A 管：样品溶液、氨基磺酸钠溶液、NaOH 溶液；B 管：PRA 溶液 A 管倒入 B 管中，在酸性条件下，测定的精密度更好  
3、仪器及比色皿的影响：使用前需用纯水作参比  
  
3）采集、运输、存储过程中的影响：  
1、采样中空气流量的影响以及气温、气压的影响  
2、导气管可能存在吸附作用  
  
4）氮氧化物、臭氧以及锰、铜、铬等离子的干扰，应加入氨基磺酸钠消除干扰  
  
5）空白管的影响：  
1、PRA 纯度  
2、PRA 浓度：浓度高，空白颜色深  
3、盐酸用量：用量小、显色深；用量大，显色弱  
4、甲醛浓度：浓度高、颜色深；浓度低、时间延长  
5、显色温度：颜色随温度升高而加深  
一般控制空白管的吸光度<0.170

### 2 氮氧化物

简述盐酸萘乙二胺分光光度法测定空气中 NOx 的原理，分析影响测定准确度的因素。

（1）原理：

样气中的 NOx 氧化后全部转变成 NO2，被对氨基苯磺酸和盐酸萘乙二胺混合吸收液吸收， 与水反应形成亚硝酸；

亚硝酸与对氨基苯磺酸进行重氮化反应生成重氮盐，

然后与盐酸萘乙二胺偶合，形成玫瑰紫色染料。

在 540nm 处分别测定第一个、第二个吸收管中溶液的吸光度值（A1、A2），

标准曲线法分别计算空气中 NO2、NO 的浓度；两者之和即为空气中氮氧化物的浓度（以 NO2计）。

（2）影响测定结果准确度的因素：

1、阳光的影响：NO2溶于水生成的 HNO2不稳定，容易分解成 NO、NO2和 H2O，因此采样必 须用棕色吸收瓶密闭，避光存放。若呈现淡红色，应重配

2、大气中其他污染物的影响：空气中臭氧浓度超过 0.25mg/m3时，对 CO2的测定产生负干扰，采样时在采样瓶进气端串接 15-20cm 长的硅橡胶管，可排除干扰

3、氧化管的氧化效率的影响：三氧化二铬氧化管内氧化剂呈红棕色，若颜色改变，应及时 更换。高锰酸钾氧化管变绿，也应及时更换。若管内有结块或沉淀，系统阻力增大也会产生 影响

4、吸收液倒吸产生的影响：采样流量过大，吸收液产生大量气泡（吸收液有磺酸根存在）

5、流量误差和玻板阻力的影响：采用前应确定合适的流量，并检查通过玻板后气泡的均匀性，阻力不符合和气泡分散均匀性不合格则不使用

6、样品放置时间的影响：放置时间长，NOx 浓度衰减，吸光度减少

7、温度的影响：温度过高，高浓度的吸光值衰竭产生影响

### 3 氨

### 4 一氧化碳和二氧化碳

简述不分光红外线吸收法测定空气中 CO 和 CO2的原理

红外线是波长为 0.8~600um 的电磁波，多数气体具有吸收特定波长红外线的特点，CO 吸收 4.5~5um 的红外线，CO2吸收 4~4.5um 的红外线，两者选择性吸收各自的红外线；在一定范 围内，吸收值与气体浓度符合朗伯-比尔定律。根据吸收值可测定 CO（CO2）的浓度。

式中：

I 为吸收光强度，I0为红外辐射光强度，K 为吸收系数，c 为 CO 或 CO2的浓度，L 为吸收光 程的长度。

### 5 臭氧

测定空气中臭氧的主要方法有哪些？如何进行选择？

（1）主要方法： 分光光度法，如硼酸碘化钾比色法、中性碘化钾比色法、丁子香酚法、靛蓝二磺酸钠法，以 及化学发光法、电化学法、紫外光度法和荧光法等。 （2）选择：

1)化学发光法：因其灵敏度高、专一性好、分析速度快，已得到美国环保局、日本工业  
标准以及世界卫生组织的认可，但其设备昂贵。  
2)电化学法：选择性较差，因此应用不广泛。  
3)分光光度法: 准确性较高，设备普及率高，易于推广使用，

简述紫外分光光度法测定臭氧的原理。

原理: 样品空气以恒定的流速进入仪器的气路系统，通过除湿器和颗粒物过滤器后分为两路，一路 为样品空气；另一路通过选择性臭氧洗涤器成为零空气，两路空气分别进入样品吸收池和参 比池，或在电磁阀的控制下交替进入吸收池，根据臭氧对 253.7mm 紫外光具有特征吸收的 性质，检测臭氧样品的透光率，根据朗伯-比尔定律，由透光率按下式计算臭氧浓度： In(I/I0)=-apd 式中： I0:为零空气通过吸收池检测的光强度； I：为样品空气通过吸收池检测的光强度； I/I0为臭氧样品的透光率； a 为臭氧在 253.7nm 的吸收系数，1.44×10 -5m 2/ug; d 为吸收池光程，m； P 为采样温度压力条件下臭氧的浓度，ug/m 3。

### 6 硫化物

### 7 氟及其化合物

用氟离子选择电极法测定空气中氟化物时，最适 PH 是多少？加总离子强度缓冲液的目 的是什么？

（1）氟离子选择电极使用的适宜酸度为 pH =5.0~7.0

1. 当试液 pH<5.0 时，试液中的 F  
-将与 H  
+结合生成 HF 或 HF2-。由于氟离子选择电极对  
HF 和 HF2-不响应，故使测定结果偏低。  
2. 当 pH 过高时，溶液中的 OH  
-浓度增加，由于 OH  
-的离子半径为 0.135nm，F  
-的离子半  
径为 0.133nm，两者相近，且都为负一价离子，所以 OH  
-可以置换出氟离子选择电极的  
氟化镧单晶申的氟，从而增加了溶液中的 F  
-浓度，使测定结果偏高。

（2）总离子强度调节缓冲溶液（TISAB）组成及作用：

①1mol/L 的 NaCl，控制试液的离子活度基本一致，从而消除由于试液之间活度差异给测定  
结果带来的影响  
  
②0.25mol/L HAc 和 0.75mol/L NaAc,，维持试液 pH=5.0~5.5，从而消除 pH 值过高或过  
低带来的影响  
  
③0.001mol/L 的柠檬酸钠，缓冲液中的柠檬酸盐能与 Al3+、Fe  
3+形成稳定的络合物，使 F $^-$ 从氟的铝、铁络合物中释放出来，从而消除试液中 Al3+、Fe  
3+的干扰。

### 8 氰化物

### 9 铅

### 10 汞

用原子荧光光谱法测定空气中的汞时，盐酸羟胺的作用是什么？

还原加入的过量的高锰酸钾

### 11 锰

磷酸-高碘酸钾分光光度法测定空气中的锰时，磷酸的作用是什么？

1.掩蔽 Fe 3+,形成稳定的无色络合物，消除其干扰  
2.也和其他金属络合，避免一些盐类析出产生浑浊  
3.催化锰离子与高碘酸钾的氧化还原反应

### 12 镉

### 13 锑

## 第七章：空气中有机污染物的测定

### 1 甲醛

空气中甲醛测定方法有哪些？各有何优缺点？

（1）分光光度法 优点： ①高精密度：能够准确测定甲醛含量 ②操作简便：与气相色谱法相比，操作更简单 ③性能稳定：有色溶液可稳定存在 12h，减少了重新取样的需要 ④误差小：减少了测量过程中的误差 缺点： ①灵敏度较低：最低检出浓度为 0.25mg/L，不适用于低浓度甲醛的测定 ②反应较慢：需要较长反应时间 ③易受干扰：SO₂对测定存在干扰，虽然使用保护剂可以消除，但增加了操作的复杂性 ④技术含量较高：需要专业人员操作，限制了非专业人士使用 （2）气相色谱法 优点： ①快速、灵敏度高，具有较高的回收率 ②可以通过直接进样毛细管柱进行分离，再进行气相色谱（FID）测定，分离效果好，适用 于公共场所及家庭居室空气中甲醛的测定 缺点： ①操作繁琐，以及在分析监测时存在明显的滞后性 ②样品预处理过程复杂且耗时，需要消耗大量样品和溶剂 （3）高效液相色谱法 优点： ①分析速度快，重现性好 ②适用于多种类型的样品分析，包括复杂基质中的甲醛 缺点： ①相对于气相色谱法，对甲醛的分离和检测灵敏度稍低 ②甲醛在高效液相色谱法中的分析通常需要衍生化过程，这可能会增加分析的复杂性 （4）酚试剂分光光度法（MBTH） 优点： ①操作简单，在常温下可以显色，灵敏度比乙酰丙酮分光光度法好 ②检出限为 1μg/10ml，适合测定微量甲醛 缺点： ①乙醛、丙醛的存在会对测量结果有干扰 ②酚试剂稳定性较差，检测过程受时间和温度的限制 （5）AHMT 分光光度法 优点： ①特异性、选择性好，灵敏度高 ②在室温下显色，SO₂、NO₂共存时不干扰测定 缺点： ①重现性较差，不易操作，且在操作过程中显色随时间逐渐加深，标准液的显色反应和样品 溶液的显色反应时间必须统一 （6）乙酰丙酮分光光度法 优点：操作简单、重现性好、共存的酚和乙醛不干扰测定，显色剂稳定 缺点：灵敏度较低，操作过程复杂、繁琐、时间较长

### 2 苯、甲苯、二甲苯

试述空气中苯、甲苯、二甲苯的采样方法和采样原理

1.直接采样法-适用于现场苯系物含量较高时的样品分析

原理：一般用铝塑采气袋直接采集现场空气，再取 1ml 进行色谱测定。必须在数小时之内完 成测定。测定工作场所空气中的苯系物时，一般用铝塑采气袋或其他容器直接采集空气样品， 不需经过其他处理，直接进行色谱分析

2.吸附采样法-适用于现场苯系物含量较低时的样品分析

原理：先用吸附剂（活性炭或多孔聚合物等）制备采样管，在现场用采样管吸附空气中的苯 系物，经过热解吸或有机溶剂解吸后，取解吸物进行色谱分析。 容积洗脱（解吸）法操作简便，不需要特殊的仪器、但检出限较高；热解吸法需用热解吸仪，可使方法的检出限降低约100 倍。

### 3 挥发性有机化合物

什么是挥发性有机化合物？可以分为哪几类？ （1）定义：常压下，沸点为 50~250°C 的各种有机化合物的总称，具有较快的蒸发速率和 较低的分子量。VOCs 是室内空气质量检测的重要指标之一。 （2）按其化学结构，VOCs 可进一步分烷烃类、烯烃类、芳烃类、卤烃类、酯类和醛酮类等；

### 4 苯并[a]芘

空气样品中 B[a]P 有哪些提取和分离技术？

在苯并［a］芘的整个检测过程中，关键是苯并［a］芘的分离提取。 1、索氏提取法 采样后，将玻璃纤维滤纸尘面向里小心放入索氏提取器的渗滤管中，加入环己烷，于沸水中 连续回流提取 8 小时；把提取液转移至 K-D 浓缩器中，在 70~80°C 水浴中减压浓缩至 0.5~1.0ml，浓缩液转移至 5ml 离心管内，离心 5 分钟，取上清液分析。减压浓缩时，不可 蒸干，以防苯并［a］芘分解。 2.超声波提取法 用超声波提取苯并［a］芘时，先剪去采样玻璃纤维滤纸边缘的无尘部分，再将滤纸等分成 n 份，取 1 份，剪碎，放入玻璃离心管中，加入乙腈-水或甲醇-水溶液，超声提取，离心， 取上清液用 0.45um 滤纸过滤，保存滤液，待分析用。 3.真空升华法 将采样后的玻璃纤维滤纸卷成筒状，放人升华管内，旋紧磨口塞，接口处用少量稀石膏密封。 将升华管放在管状电炉中，连接好抽真空气路，将升华管抽真空，转动三通活塞，向管内充 氮气，再抽真空，以除去管内的空气。 然后，用电炉加热升温至（300 士 5）C，升华 40 分钟，苯并［a］芘升华后，遇冷凝聚于毛 细管中。待电炉温度降至室温且内外气压平衡后，关用真空泵。取下升华管，用甲醉反复冲 洗毛细管内壁。收集洗脱液，浓缩至 0.1~0.5ml，即为待测样品。

### 5 总烃和非甲烷烃

如何测空气中的总烃和非甲烷烃？

测定烃类化合物的首选方法是气相色谱法。由于这些物质在空气中的浓度较低，通常需要先 用填充柱采样管浓缩采样，再用气相色谱法测定其含量。有些现场空气中烃类化合物的浓度 较大，不必浓缩采样，可以用大注射器直接采集环境空气样品 （1）热解吸-气相色谱法（测定非甲烷烃） 室温条件下，用 GDX-102 和 TDX-01 吸附采样管采集空气样品中的非甲烷烃。经 240 度加 热解吸，用氮气将非甲烷烃导人气相色谱仪，以火焰离子化检测器进行检测。根据用正戊烷 绘制的标准曲线，以峰面积计算非甲烷烃的浓度。 （2）直接进样-气相色谱法（测定总烃） 用注射器采集空气样品，取 1.00ml 直接注入气相色谱仪，经色谱柱分离后，经火焰离子化 检测器检测，在保留时间 0.184 分钟、0.185 分钟处分别出现总烃色谱峰、氧气色谱峰，据 此计算样品中总烃和氧气两者的总量（以甲烷计）。此后，再取 1.00ml 除烃空气进样，依 据 0.185 分钟处氧气色谱峰计算氧气的含量（以甲烷计），两次测定结果之差即为空气样品 中总烃的含量

### 6 有机磷农药

### 7 拟除虫菊酯类农药

### 8 液化石油气

## 第八章：空气中有毒物质的快速测定

### 1 概述

快速测定有何意义和特点？ （1）定义：快速测定是一种应用简便的分析方法或便携式的简易仪器，在现场短时间内检 测出空气中有害物质浓度的测定方法。 （2）意义： 当发生有害气体泄漏等突发性环境污染事故时，需要及时了解现场空气中有毒物质的瞬间浓 度和危害程度时，需要简便快捷的分析测定方法，以满足现场快速测定的需要。因此，在实 际工作中，快速测定是处理突发污染事故和公共卫生事件的常用检验手段，具有重要的意义。 （3）特点： 1.一方面快速测定着重于现场快速分析，因此，它必须具备设备简单、易于操作、便于携带、 反应快速、采样量少等特点，测定结果具有一定的准确性。 2.另一方面，受现场条件的限制，快速测定方法的灵敏度和准确度难以达到常规测定方法要 求，通常是定性或半定量测定方法

快速测定常用的四类方法各有什么特点？ （1）试纸法： 1. 器材简单，携带、操作简便；但测定误差较大，是一种半定量的方法。 2. 滤纸的质量、致密度和均匀度，对测定结果有很大的影响。 （2）溶液法： 1.检测灵敏度和准确度均比试纸法高，采样量少，反应速度快。 2.一般用目测比色，多用小体积的吸收液和微量吸收管。 3.不适宜在采样时显色，或因化学反应慢，在抽气时间内反应不完全的情况下，用第二种方 法。 补充： 溶液法有两种方式： 一种是吸收液兼作显色剂，当待测空气通过吸收液时，边吸收边显色，根据颜色的深浅与标 准色管比较，在现场测出待测物质的浓度； 另一种是待测物质的显色反应速度慢，不能在吸收的同时完成显色反应，或不宜在采样时显 色。可先用吸收液将待测物质吸收，然后加人显色剂显色，再比色定量。 （3）检气管法 1. 检气管法适于测定空气中气体或蒸气状态的有毒物质。 2. 由于指示粉颗粒会将气溶胶粒子阻留在检气管的进气端，因此，检气管法不能用来检测 空气中气溶胶状态的有毒物质 3. 操作步骤简单，容易掌握； 4. 测定迅速，可以在几分钟之内出结果。 5. 灵敏度高，可达 0.01 mg/m 3； 6. 采气量小，一般采样体积为几十毫升； 7. 应用范围广。 （4）仪器测定法 探测空气中多种气体和蒸气，包括甲烷、一氧化碳、硫化氢、乙炔和氢气。但是，只能测定 可燃性气体或可燃气体的混合气体，不能分辨其中单独的化学成分

试纸法和溶液法的异同？ （1）不同点： 1．原理不同：试纸法是一种以试纸为反应介质，利用空气中待测物质与显色剂在试纸上发 生化学反应而产生颜色变化，再与标准色板比色定量的快速测定方法。溶液法是当空气样品 通过吸收管时，空气中待测物质被吸收液吸收，然后与显色液作用，显色后与标准色管或标 准色板目测比色定量。 2.测定方式的介质不同：试纸法的测定截止为试纸，溶液法的吸收介质是洗手液 3．溶液法的灵敏度和准确度均比试纸法高，采样量少，反应速度快 （2）相同点： 1.两种方法都是目前空气中有害物质快速测定的简便方法 2.两种方法都可用于 SO2、H2S 等有毒气体的快速测定 3.都是发生了显色反应，都是通过显色后与标准色管或标准色版目测比色定量

### 2 简易比色法

### 3 检气管法

检气管的测定原理是什么？它的准确性与哪些因素有关？

（1）选用适当的试剂浸泡载体颗粒，制备成指示粉后装入玻璃 管中，当待测空气以一定流速通过检气管时，待测组分与试剂发生显色反应，根据生成有色 化合物颜色的深浅或变色柱的长度确定待测组分的浓度。 常用几种检气管的工作原理如下： 1．H2S 检测管 以硅胶为载体，乙酸铅为显色剂，当空气样品通过检测管时，硫化氢与显色剂反应，生成黑 色的硫化铅。 2.CO2检测管 以氧化铝为载体，NaOH 和百里酚酞为显示剂，当待测空气通过检测管时，CO2与 NaOH 反应 使其 pH 值变化，蓝色的显色剂褪色。 3.苯检测管 以硅胶为载体，发烟硫酸和多聚甲醛为显色剂，当含有苯的空气通过检测管时，苯与多聚甲 醛聚合，显色剂变为紫褐色 （2）影响准确度的因素： 1.抽气速度 抽气速度快，待测物质来不及与显色剂反应，变色柱加长，界限不清楚；抽气速度慢时，变 色界限清楚，但变色柱变短。由于采样速度直接影响测定结果，必须按照标准浓度表上规定 的速度进行操作，采样速度误差不能超过标定值的 10%。 2.采样体积 采样体积增加，则待测物质含量增加，变色柱长度随之增加，反之減少。但变色柱长度与待 测物质浓度、采样体积不一定呈线性关系，所以当待测物质的浓度不在检测管测定范围内时， 不能随意增加或减少采样体积，而应按规定的采样体积进行采样测定。 3.温度的影响 温度导致吸附平衡过程、化学反应速度和气体密度三个方面的变化。当温度升高时，平衡吸 附常数改变，气体密度变小，化学反应速度加快，同时载体的物理吸附能力降低，这些变化 都会影响测定的结果。因此，当实际测定时的温度与制备标准浓度表或标准比色板时的温度 不一致，需要校正结果 4.采样器 采样器必须与检气管配套使用。测定时，最好使用与标定检气管时使用的相同类型的采样器。 5.装管技术 指示粉的装填紧密程度、载体的粒度大小对变色柱程度也有影响。指示粉装填太松，抽气阻 力小，变色柱加长，易出现界面倾斜；反之，变色柱缩短。测定时应选用同一批检气管。

### 4 便携式仪器测定法

仪器测定法有哪几种类型，它们适用于那些物质的检测？

1、可燃气体测定器

气体或蒸汽，包括甲烷、硫化氢，乙炔和氢气，但它们只能测量可 燃性气体或可燃气体的混合气体，不能分辨其中单独的成分

2、便携式红外光谱气体测定仪

CO2、CO、NO、NO2、NH3、CH4

3、便携式电化学气体测定仪

可测定 CO、CO2、Cl2、SO2、H2S、NO2 等气体，还可检测 F2、NH3、HCl、甲醛、乙烯等有 毒有害气体

4、便携式光离子化气体检测仪

多种挥发性有机化合物和 NH3、H2S、AsH3、Cl2、Br2 及 NO

5、便携式可吸入粉尘测定仪

适用于公共场所可吸入颗粒物（PM10）浓度的快速测定，工矿企业生产现场等劳动卫生方 面粉尘浓度的检测

6、便携式气相色谱仪

测定苯、三氯乙烯、四氯乙烯、环氧乙烷等挥发性有机化合物

### 5 空气质量自动监测系统