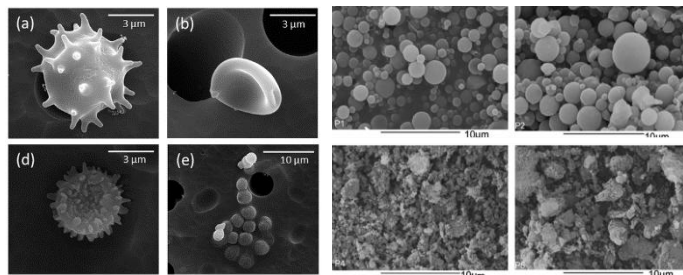


# 第五章 气溶胶化学



生物质气溶胶

飞灰等

## 5.1 气溶胶基本概念

### 5.1.1 气溶胶引入

**气溶胶** 气溶胶 **Aerosol** 是指**液体或固体微粒**分散在气体中形成的**相对稳定的悬浮体系**。其粒径覆盖非常宽泛。整个人类赖以生存的环境大气可视为一个宏大的气溶胶体系。大气中的气溶胶以**粉尘 dust**、**烟羽 fume**、**烟 smoke**、**雾 fog**、**轻雾 mist**、**霾 haze** 以及**烟雾 smog** 的形式存在。

**颗粒物** 大气中的**颗粒物 (固态) Particle** 是气溶胶的一部分，通常是指动力学直径为 $0.003 - 100 \mu\text{m}$ 的颗粒态粒子。由于人们重点关心和研究气溶胶体系中各种粒子的来源、组成、迁移转化及其沉降的影响和危害等，因此，通常将气溶胶体系中分散的各种**固态粒子称为大气颗粒物**。

**作用** 气溶胶参与**云的形成和湿沉降** (雨、雪和雾等，科勒曲线)，**降低能见度**。

**气溶胶形态** 黑炭气溶胶(**链状结构**)、硫酸铵(**液滴形状**)、沙尘海盐等(**不规则几何形**)、病毒花粉孢子(**奇特形状**)

### 5.1.2 基本概念和分类

#### 5.1.2.1 气溶胶的分类

**颗粒物成因** 分散性气溶胶、凝聚性气溶胶

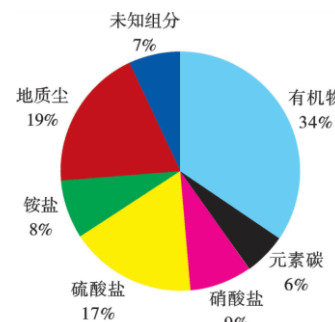
**物理状态** 固体气溶胶、液态气溶胶、固液混合态气溶胶

**粒径大小** **总悬浮颗粒物 TSP**: 分散在大气中各种离子的总称

**飘尘**: 可在大气中长期漂浮的悬浮物  $< 10 \mu\text{m}$

**降尘**: 用降尘罐采集到的大气颗粒物  $> 30 \mu\text{m}$

**可吸入颗粒物**:  $PM_{10}$



**细粒子**:  $PM_{2.5}$  通常以 $2.5 \mu\text{m}$ 为界分为粗细颗粒物 **可入肺颗粒物**

**核膜**:  $0.005 \mu\text{m} < d < 0.1 \mu\text{m}$  生长为**积聚态**:  $0.1 \mu\text{m} < d < 2.5 \mu\text{m}$  发丝在 $70 \mu\text{m}$ 左右

**化学组成** 硫酸盐、硝酸盐、铵盐、有机物气溶胶等

**地理位置** 海洋、大陆、城市、乡村、远陆、沙漠、极地气溶胶等

**大气位置** 平流层(硫酸盐气溶胶层)和对流层气溶胶、中高层对流层气溶胶

**其他概念** **一次气溶胶**: 直接排放 **二次气溶胶**: 二次生成

**均值气溶胶**: 化学成分一致的气溶胶，大气中不存在

**单谱气溶胶**: 粒径大小相同的气溶胶 **多谱气溶胶**: 粒径大小不同的

#### 5.1.2.2 气溶胶的来源

**一次气溶胶** 又叫**原生气溶胶**，是直接以粒子的形式排放到空气中的气溶胶。

**自然**  **$3100 Tg/y$** : **风吹起的沙尘、海盐(共 $2800 Tg/y$ )**、火山喷发、星际尘(来自彗星的尘埃和陨石雨，多出现在两极地区)

**人类活动**  **$450 Tg/y$** : 化石燃料的燃烧、工业、汽车、生物燃烧

**二次气溶胶** 又叫**次生气溶胶**，是在大气中通过气粒转换过程形成的气溶胶。气溶胶的前体物包括**植物和人类活动释放的气体**。其同时有自然源和人为源。产生的气溶胶包括：硫酸盐，硝酸盐和有机颗粒物等。

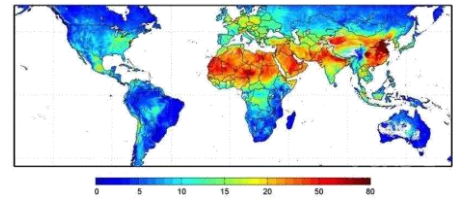
**概述** ① 一次生成的气溶胶粒径较大，二次生成的粒径较小。

② **人为源的量级比自然源要少，但相比去除沙尘海盐的自然源要多。**

**光学厚度** **AOD** 即消光系数在垂直方向上的积分，代表整个空气层的消光系数。其值越大，则气溶胶浓度越多。高值：东南亚、北美、欧洲、南非、亚马逊等**森林大火**、**南半球海盐**。

### 5.1.2.3 气溶胶的环境影响

环境影响	能见度、交通安全、酸雨、文物保护等。
能见度影响	主要由于 <b>消光作用</b> <b>Light extinction</b> (吸收+散射)。
雾	悬浮在空气中的 <b>水滴或冰晶</b> ，多发于秋冬季， <b>能见度</b> < <b>1km</b> <b>RH 90%~100%</b> <b>雾</b> 清晨常见
霾	悬浮空气中的 <b>固体颗粒物</b> ， <b>能见度</b> < <b>10 km</b> <b>RH &lt; 80%</b> <b>霾</b> 80~90% <b>雾+霾</b> 全天存在
健康影响	<b>越小的颗粒物对人体危害更大</b> (重金属携带附着)，同质量颗粒物小颗粒表面积更大，对人体影响更大。
气候影响	<b>直接效应</b> ： <b>气溶胶消光</b> (散射吸收)，到达地表辐射减小 <b>间接效应</b> ： <b>气溶胶成云的作用</b> ，通过云影响整个辐射 <b>第一间接效应</b> ：云削弱减少到达地表的辐射 <b>第二间接效应</b> ：大气气溶胶粒子增多，同样的水分分配更多的粒子，导致云滴更小，云无法生长，云的 <b>寿命更长</b> ，更多的辐射被反射等作用 <b>半直接效应</b> ：吸光性的气溶胶(黑炭)，导致云滴温度增加，云逐渐消散。
我国污染	中国严重大气污染事件： <b>2012年12月上旬</b> ，雾霾波及25个省，100多个大中城市，全国平均雾霾天数为52年来之最，江苏、浙江、安徽等13地均创下“历史纪录” <b>我国污染集中于京津冀地区、四川地区</b> 。近年随着工业西迁，新疆等地也有污染。
污染标准	年均 < $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ 日均 < $75\mu\text{g}/\text{m}^3$ (WHO 准测值年均 < $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



## 5.2 粒径

### 5.2.1 基本概念

气溶胶尺寸	气溶胶最重要的几何特征参数之一；表征颗粒物尺寸的主要参数：粒径和粒径分布。 ① <b>生物质气溶胶粒径普遍较大</b> ② 海盐、沙尘、灰尘是粗粒子 ③ 城市气溶胶等 <b>燃烧过程</b> 产生的气溶胶为 <b>细颗粒物</b> 。
重要性	人体健康相关、气候相关(0.1 – 2.5 $\mu\text{m}$ 细颗粒物寿命长对气候影响更大、参与成云与辐射平衡)、形成和来源相关(粗颗粒物来源于机械过程，小颗粒物来源于碰并凝结、燃烧过程、云滴蒸发等)。

#### 5.2.1.1 粗粒子与细粒子的区别

直径	细粒子： $D < 2.5\mu\text{m}$ 粗粒子： $D > 2.5\mu\text{m}$
产生方式	细粒子： 化学反应、核化、凝结增长、碰并过程、云滴蒸发等 (来源于 <b>燃料燃烧、气粒转换</b> ) 粗粒子： 机械作用、力学原因 (来源于 <b>扬尘、海水飞沫</b> 等)
化学成分	细粒子： 硫酸盐、硝酸盐、氨盐、元素碳、有机物、金属 (易溶于水) 粗粒子： 沙尘、烟灰、地壳元素氧化物、碳酸钙、氯化钠、花粉、孢子等 (不易溶于水)
清除机制	细粒子： <b>湿沉降 (云雨过程)</b> 粗粒子： <b>干沉降</b>
寿命与传输	细粒子： <b>几天~几周</b> (大于粗粒子) 传输几百~几千公里 粗粒子： <b>几分钟~几天</b> ，传输小于几十公里

#### 5.2.1.2 基本概念与分类

粒径	以 <b>单个颗粒为对象</b> ，表征单颗粒几何尺寸的大小
单一粒径	表示单个颗粒大小，分为 <b>投影直径、几何当量、物理当量</b> 。
投影直径	有定向径、面积等分径(投影面积一分为二的直径)、 <b>长径</b> (最长的定向径)、 <b>短径</b> 等。 即用显微镜观察到的颗粒粒径 在不同方向上的投影是不同的。
几何当量	有 <b>等投影面积径、等体积径、等表面积径、体积表面积平均径</b> (体积和表面积的比值)等。 与颗粒某一几何量相同的 <b>球形颗粒的直径</b> 。