

# 第六节

## 大气污染对健康影响的研究方法

# 一、调查和监测的目的

- 查明大气污染源
- 查明大气污染状况
- 查明大气污染对人体健康造成的各种危害
- 根据资料进行整理、分析、评价和提出建议

## **二、调查和监测的内容**

**(一) 大气污染源的调查**

**(二) 大气污染状况调查和监测**

**(三) 大气污染对居民健康影响的调查**

# **(一) 污染源的调查**

## **调查目的**

- ◆ 了解并掌握各类大气污染源排放的主要污染物，排放量以及排放特点；**
- ◆ 检查执行环境保护法规和废气排放标准的情况及废气回收利用和净化的效果；**
- ◆ 进一步分析该污染源对大气污染的贡献及其对居民健康可能造成的危害。**

## **通过污染源的调查，主要想获得什么？**

- 1、存在的污染源种类和数量；**
- 2、污染源的位置；**
- 3、污染源的性质和规模；**
- 4、污染物的排放方式；**
- 5、污染物的排放量及排放时间；**
- 6、污染物的种类和物理化学性质；**
- 7、污染物的净化措施利用情况及其效果；**
- 8、地区人口资料和居民对大气质量的反映；**
- 9、城镇的功能分区和气象资料。**

## 怎样获取资料?

- (1) 环境监测部门: 历年大气的质量情况;
- (2) 工业主管部门: 排放废气的工业企业的类型、数量、位置等;
- (3) 交通部门或公安部门: 机动车、船数量, 每日通过本地的车、船量等;
- (4) 城建部门: 功能分区的划分及自然地形地势和索取1: 2500或1: 5000地形地物勘测
- (5) 气象部门: 10—20年来的气象资料 (包括长年主导风向, 风向频率图等) ;
- (6) 现场调查。

## **大气污染源可分为：**

### **(1) 点源污染 (以一个工厂或一座烟囱 为单位)**

**即是对一个工厂或一座烟囱对周围大气影响的调查。**

### **(3) 面源污染 (以地区为单位)**

**即对整个城市或工业区进行大气污染源调查。**

### **(2) 线源污染 (以交通道路为单位)**

**铁路、公路**

# 点源污染

主要内容有：

- ①地理位置及其与周围居住区及公共建筑物的距离；
- ②生产性质、生产规模、投产年份、排放有害物质的车间和工序、生产工艺过程、操作制度和生产设备等；
- ③废气中污染物的种类、排放量、排放方式、排放规律、排放高度；
- ④废气净化处理设备及其效果，废气的回收利用情况；
- ⑤锅炉型号，燃料的品种、产地和用量，燃烧方式烟囱高度和净化设备等；
- ⑥车间内外无组织排放的情况。

# 面源污染

主要内容包括：

- ①该地区的地形、地理位置和气象条件；
- ②功能分区以及工厂和锅炉烟囱等污染源的分布；
- ③人口密度、建筑密度以及人口构成；
- ④民用燃料种类和用量，炉具的种类和型号，排烟方式，取暖方式等；
- ⑤交通干线分布，机动车种类、流量和使用燃料种类；
- ⑥路面铺设和绿化情况。

# 线源污染

**除上述面源中包括的线源以外，还有许多跨地区的线源，主要应调查该线路上交通工具的种类、流量和行驶状态，燃料的种类和燃烧情况，废气的成分等。**

## **(二) 大气污染状况的监测**

### **目的?**

- (1) 了解污染物的种类和浓度;**
- (2) 摸清污染范围和污染规律;**
- (3) 根据卫生标准评价污染的严重程度;**
- (4) 为进一步研究大气污染对人体健康的可能危害提供基本资料;**
- (5) 为城市建设合理布局和大气污染治理提供依据。**

# 污染状况的监测

- 采样点的选择
- 采样时间
- 监测指标
- 采样记录
- 监测结果的分析与评价

# 1. 采样点选择

取决于调查和监测的目的，一般可分为2种方式：

(1) 点源污染调查

(2) 面源污染调查

(3) 线源污染调查

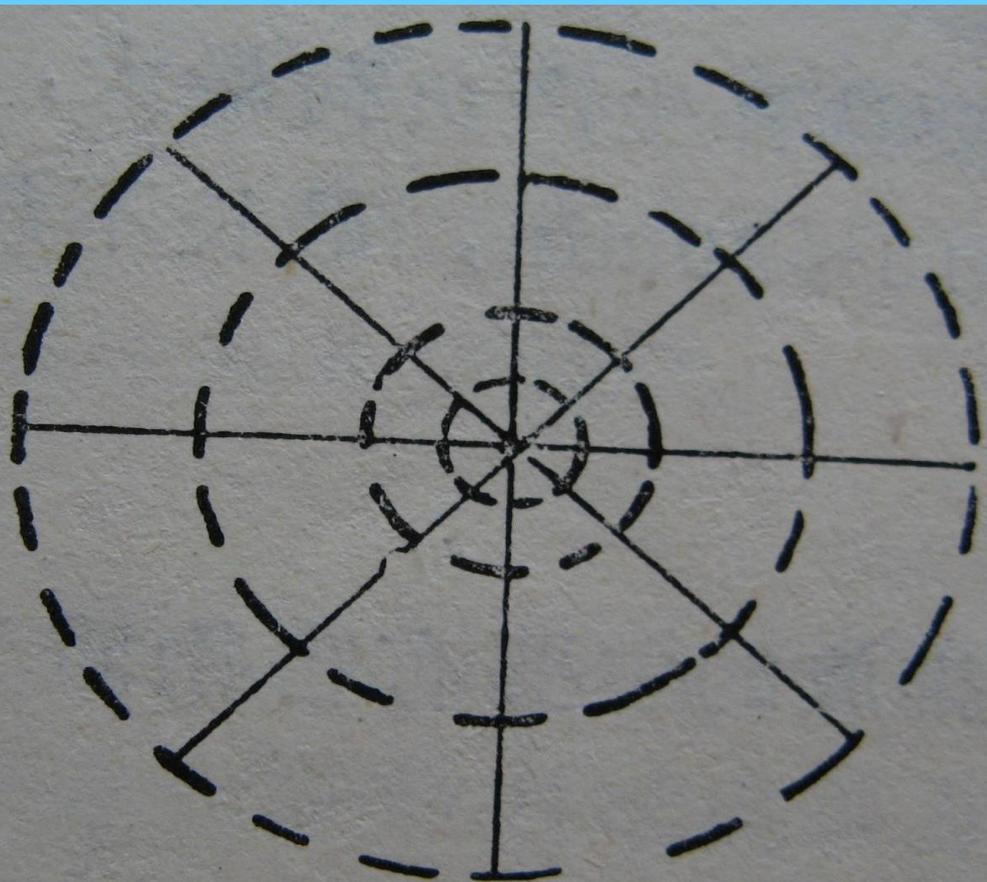
# (1) 点源性污染调查

以污染源为中心，在其周围不同方位和不同距离的地点设采样点。

考虑人力、物力，具体布点通常采用三种方式：

- ◆ 四周布点
- ◆ 扇型布点
- ◆ 烟波下方采样

# 四周布点



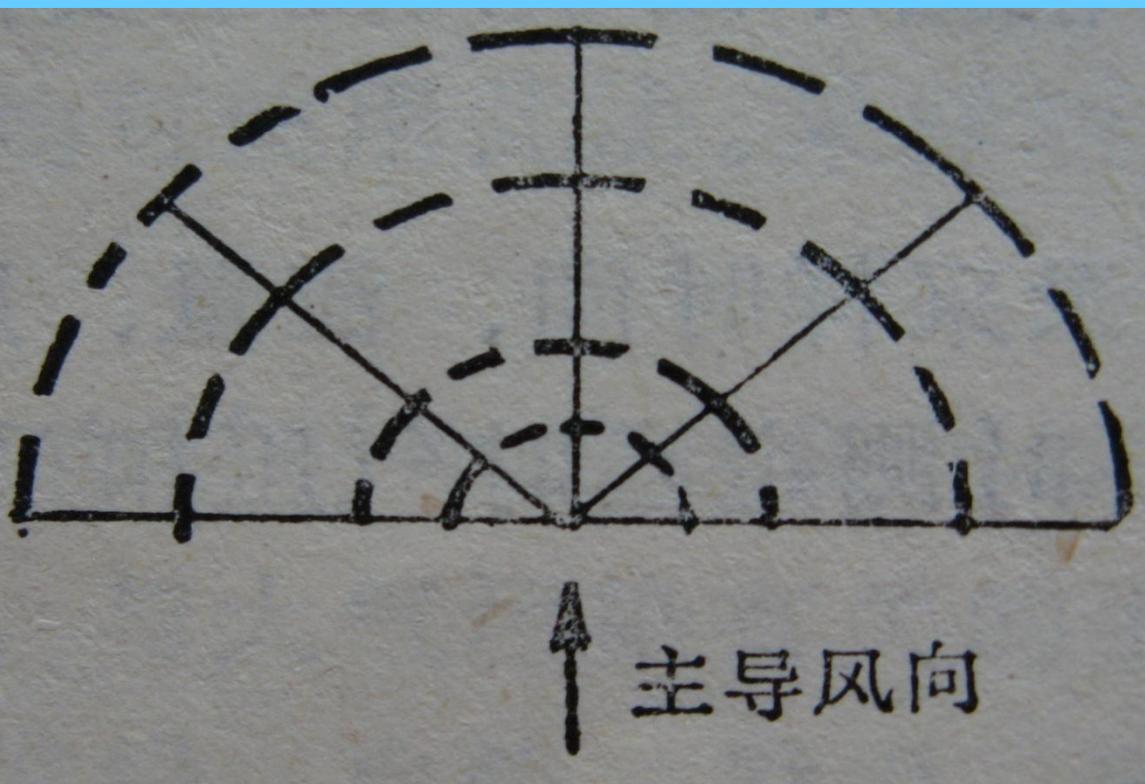
(1) 四周布点

常年或季节主导风向不明确

调查目的 - - 了解周围情况

地形原因

# 扇形布点

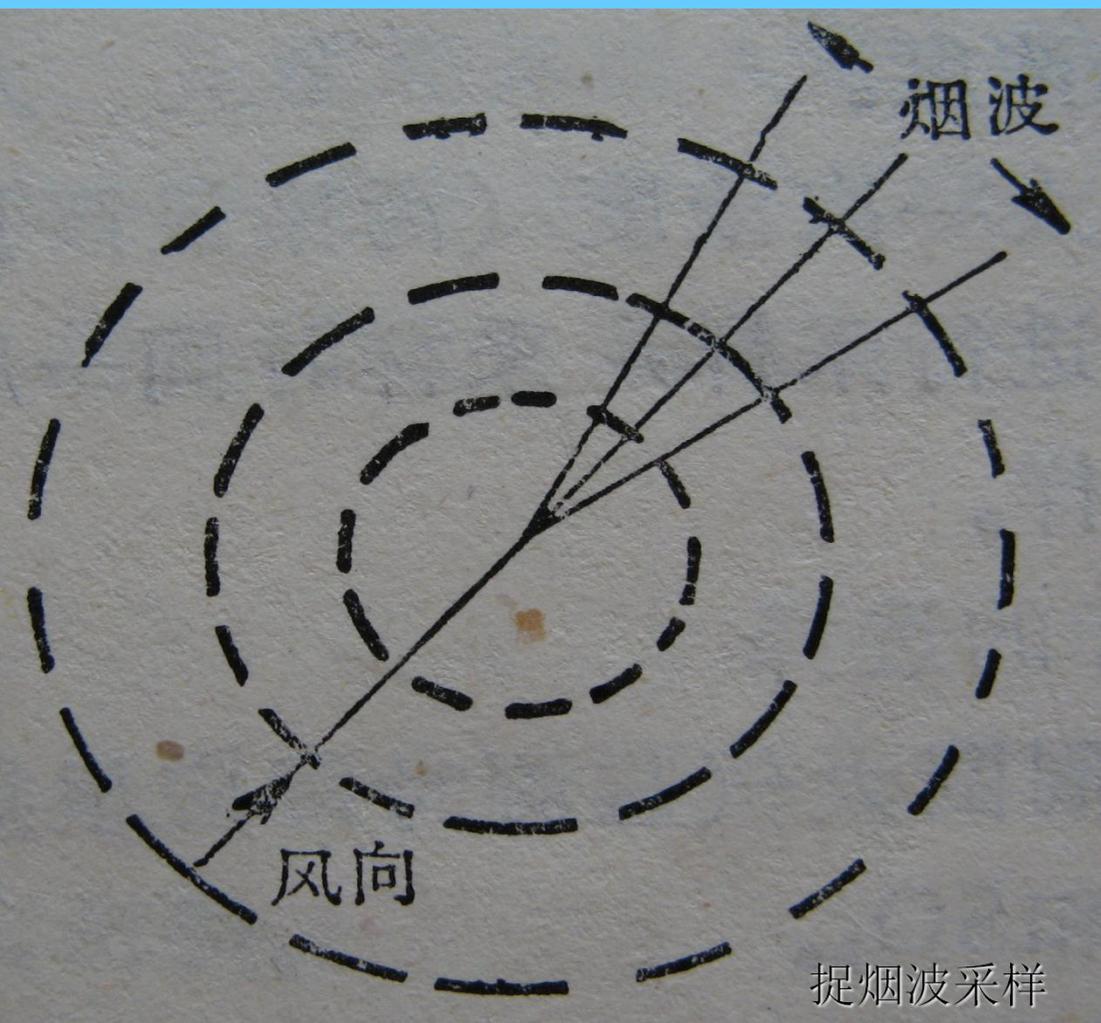


年或季节主导风向下风侧

3 - 5个方位的不同距离处

设立对照 - 上风侧适当距离

# 烟波下方采样



烟波变动的方向下风向不同距离处

不必经常更换采样点位置

上风侧适当距离设对照

# 轴线上采样点的设置

## 1、起点和止点：

起点设在烟波的落点处或设在距污染源最近的居民点，卫生防护带的边缘等。止点原则上以测定浓度与未受污染地区的本地值类似。

## 2、点距和点数：

点距视污染物排出量大小而定。如500，1000等或50，100，150，200等。可以等距或不等距。

## 3、采样点数量：

多一些好，但限于人力、物力一般设4—6个或3—4个。

## 4、采样点尽可能设在居民区内，以便结合对居民健康状况的调查。

## (2) 面源污染监测的采样点选择

①按照城市功能分区，选择有代表性的不同类型地区设置采样点。如在严重污染的工业区、交通枢纽区、商业区、受污染住宅区、未受污染住宅区、清洁对照区等。每个类型的地区内可设置2~3个采样点，使结果更有代表性。

②采样点呈几何状分布（之间的距离为5—10公里）。将整个监测的区域划分成若干方形或三角形小格，将采样点设置在交叉点上或在小格内。

③根据城市污染源及人口的分布、地形地貌等因素，有选择地设置采样点。

## **(3) 线源污染监测的采样点选择**

- ① 交通工具的种类**
- ② 流量和行驶状态**
- ③ 燃料的种类和燃烧**
- ③ 废气的成份**

# 采样点现场的要求

- 1、采样点应设在空旷地点；
- 2、采集有害气体的采样器放置高度应为1.5 m左右；
- 3、采集颗粒物采样器高度为3 ~ 5 m。

## 2. 采样时间

- ◆ **长年连续监测：每六天采样一昼夜**
- ◆ **季节采样：**
  - **每月采样，连续采样3~4天**
  - **如无条件昼夜连续采样，则每天至少采样3--4次，应包括一天中污染最严重、中等和最轻的时刻（2, 8, 14, 20或7, 12, 19时等）**
  - **选每季的代表月采样，如北京市各季的代表月是1, 4, 7, 10月。代表月即气象条件居中的月，也可选择气象条件最差的月。**

## 2. 采样时间

- ◆ 应结合气象条件的变化特征，尽量在污染物出现高、中、低浓度的时间内采集。
- ◆ 日平均浓度的测定：每日至少有12~18h的采样时间，这样测定结果能较好地反映大气污染的实际情况。如果条件不容许，每天也至少应采样3次，包括大气稳定的夜间、不稳定的中午和中等稳定的早晨或黄昏。
- ◆ 年平均浓度的测定：每月至少有分布均匀的5~12个日均值，每天的采样时间与测定日平均浓度时相同。
- ◆ 最大一次浓度（污染最严重）：选择生产负荷最大，气象条件最不利，污染最严重的时刻进行采样，采样时间一般为10~20min，最长不过30min。当风向改变时，应停止采样。

# 3. 选择监测指标

## 选择监测指标的原则

选取排放量大，危害严重，危害的特异性强，检测方法简便可靠的污染物作为检测指标。

### ◆点源：

应根据所排放的主要有害物质为指标。例如磷肥厂、铝厂周围应测定氟化物和 $\text{SO}_2$ ，氯碱厂----氯，化纤厂--- $-\text{CS}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ ，钢铁厂--- $\text{SO}_2$ 、 $\text{CO}$ ，灰尘等。

### ◆面源：

常用、常规的指标有TSP、 $\text{IP}$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 、 $\text{CO}$ 、微生物等指标。有条件可增加PAH、铅、氟化物、 $\text{H}_2\text{S}$ 等。

### ◆线源：

一般应测定 $\text{PM}_{2.5}$ 、 $\text{NO}_2$ 和 $\text{CO}$ 。

## 4. 采样记录

采样时应作好记录，包括采样地点、采样时间、采气量、周围环境，以及天气状况和气象条件（包括采样时的气压和采样点的气温）。

## 5.监测结果的分析与评价

- ◆ 分别计算1h平均浓度、日平均浓度和年平均浓度的均值（多计算几何均数）或中位数及标准差或95%可信限。
- ◆ 分别比较1h平均浓度、日平均浓度和年平均浓度的最大值和最低值，并计算最大值的超标倍数。
- ◆ 分别计算1h平均浓度和日平均浓度的超标率。
- ◆ 运用统计学方法，比较各地区和各个时期的污染状态。
- ◆ 计算大气环境质量指数，对环境质量进行综合评价，找出主要污染源和主要污染物。
- ◆ 查明影响范围和污染规律。

## **(三) 健康影响调查**

### **调查目的**

- ◆ **人群健康调查资料是反映大气质量对人体健康影响最直接的科学依据;**
- ◆ **有果求因：原因不明疾病或可疑症状与大气污染是否有关，从而探讨病因;**
- ◆ **有因求果：研究暴露不同类型的大气污染对人群健康影响的类型和危害程度;**
- ◆ **为制定大气污染物的MAC提供依据，以及对已有的MAC安全性进行鉴定，为进一步修订MAC提供科学依据。**

**根据不同的调查目的和大气质量资料，制订出具有针对性的调查计划，包括调查内容，现场要求、研究范围、调查对象、研究方法、测定指标、资料整理和分析方法等。**

**应根据大气调查监测结果及有关资料来选定调查现场。暴露现场的条件应符合调查目的，尽可能避免各种混杂因子，以保证调查结果的准确性，同时也必须重视对照区的选择。必须尽可能查实对照区内不存在排放该污染物的大气污染源，也不宜有来自其他环境介质（水、土等）的同类污染物存在。应了解该地区既往存在的污染源情况，以免某些污染物的慢性有害作用而干扰调查结果。**

**应选择暴露机会多的人群作为调查对象，甚至可选择老人、儿童等易感人群。**

**应避免职业暴露、服用药物、吸烟、饮酒等嗜好、室内空气污染等混杂因子的干扰。对照人群也必须同样按上述要求严格选定，而且在性别、年龄、居住年限、职业种类、生活居住条件、生活习惯、经济水平等均应大致相同。**

**如果人群调查研究工作涉及伦理学问题，应该在开展工作前获得所在机构或上级伦理委员会的批准。申请伦理批准时一般需要填写详细的申请书，需具体说明研究目的，研究设计，研究所涉及的伦理学问题（如个人的隐私权等），在研究中，有时会涉及被研究对象的姓名，年龄，家庭住址等隐私问题，如何保密成为一个重要的伦理学问题。在进行调查时，征得被研究对象的同意也是非常重要的，应该向被研究对象详细说明研究过程及可能的危害（如果有的话），并获得他们的书面同意，即填写知情同意书。**

# 人群健康调查的内容

## 1. 暴露评价

大气监测资料

调查问卷

个体暴露测定

生物材料监测

## 2. 健康效应测定

疾病资料

体检

生物材料监测

## 3. 资料的统计分析

# 1. 暴露评价

**获得大气污染物暴露的手段很多，如通过当地的大气监测数据、问卷调查、直接测量、个体暴露测定以及生物材料监测等。每种方法都有各自的优缺点，因此在人群健康调查研究中常同时采用多种暴露评价方法。**

## ◆ 大气监测资料

大气污染监测在一定程度上能反映出人群的暴露水平，但比较粗略。人的一生有2/3以上时间是在室内度过的，而室内空气污染物的浓度和种类与室外不尽相同。因此，大气监测资料不一定能很好地反映人实际对空气污染物的暴露情况。研究显示，人对空气颗粒物的实际暴露程度与大气颗粒物，尤其是PM<sub>2.5</sub>的监测结果有很好的相关关系，而气态污染物的实际暴露与大气监测结果之间的关系则不很一致。

## ◆ 调查问卷

可采用直接询问或被调查者自行填写的方法。直接询问通过面对面的交谈获得研究对象的暴露史。该方法的优点是比较直观、快速地收集到所需信息，缺点是调查费用比较高。自填式问卷的优点是节约费用，缺点是应答率可能比较低，而漏答率较高，可能需要多次返回给被调查者。自填式调查问卷的设计很重要，应本着简洁、先易后难、敏感问题放在最后面的原则。

## ◆ 个体暴露测定

近年来该方面的技术手段进步很快。常用徽章式或小管式个体采样器固定在衣领或胸前等靠近鼻孔的部位，以便采集到较确切的吸入空气量和其中所含的污染物浓度。目前用于SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO、甲醛、可吸入颗粒物等测定的个体采样器已商品化。这些采样器的动力可以是被动式、也可以连接小型抽气泵进行主动式采样。

## ◆ 生物材料监测

**污染物在生物材料中的含量可以反映该污染物被吸收到体内的实际含量，即内暴露水平。在实际工作中可测量不同生物材料（如头发、血液、尿液）中污染物的浓度，污染物在该生物材料中代谢转化物的浓度以及人体与该污染物接触后产生的生物学效应等。生物材料监测比较客观，具有定量测量的特异性与敏感性，但在实际应用时，应考虑到接触的来源可能是多途径的。**

## 2.健康效应测定

### ◆ 疾病资料

收集的方法是多种多样的，主要包括：

(1) 死亡和发病率资料收集：主要通过查阅死亡登记记录、疾病报告和医院病历记录来获得。

(2) 调查问卷(questionnaire)：使用调查问卷来获取信息是大气污染健康影响调查的基本手段。通过调查问卷可以获得环境暴露的信息、人口学信息、遗传学信息、个体和家庭健康信息及其他一些信息。

## 2.健康效应测定

**一些疾病如呼吸道肿瘤可通过收集医生的诊断资料来完成，而绝大多数呼吸系统疾病患者与非患者的区分并不那么容易，特别是一些慢性病患者在疾病早期往往不去就诊。临床功能检查和生化检验可提供较为准确的疾病信息，但在大样本人群的流行病学研究中很难使用。因此，调查问卷(questionnaire)是进行呼吸系统疾病流行病学研究的最为方便的基本工具。**

## 2. 健康效应测定

- 用于呼吸系统疾病研究的标准调查问卷有多种。最早的标准调查问卷在上世纪60年代开始使用，那时调查的重点疾病是一般人群的慢性支气管炎、肺气肿以及职业人群的尘肺。之后，哮喘引起了人们的普遍关注，调查问卷中涉及哮喘的项目逐渐增多。最近，世界各地变应性鼻炎的患病率普遍上升，问卷中有关上呼吸道疾患的内容也相应增加。
- 早期的问卷中有关呼吸系统疾病危险因素的内容主要集中在吸烟和职业暴露。目前使用的问卷中还包括大气污染、室内空气污染、饮食习惯、以及与儿童期健康状况和其他环境有关的问题。

## 2.健康效应测定

- 英国医学研究委员会(British Medical Research Council, BMRC)于1960年研制的BMRC调查问卷,主要用于成人慢性呼吸系统疾患的调查。
- 1978年根据美国胸科学会(American Thoracic Society, ATS)的调查问卷和美国国立心脏、肺脏和血液研究所肺部疾病部门(National Heart, Lung, Blood Institute, Division of Lung Disease)的调查问卷修改而成的ATS-DLD-78调查问卷,分为成人问卷和儿童问卷。

## ◆ 体检

针对某一人群的健康检查能获得该人群的有关健康效应信息，体检前要制订方案，统一标准，并要对结果进行认真的核查。对于儿童，体检内容可包括体格发育和智力发育，常用的指标有身高、体重、胸围、智商等。研究大气污染对健康影响时，还常进行肺功能测定。常用的指标有FVC、 $FEV_1$ 、 $FEV_1\%$ （1秒率，其值等于 $FEV_1$ 与FVC的百分比）、PEF、MMEF（最大呼气中段流速）等。

# ◆ 生物材料监测

大气污染物的生物效应指标

生物材料	指标	意义
血液	溶菌酶增高	慢性支气管炎
	II型原胶原氨基端前肽	肺纤维化
	淋巴细胞染色体畸变、姊妹染色单体交换增加	遗传损伤
	嗜酸性细胞、IgE增加	哮喘、过敏性炎症
呼出气	NO增加	哮喘、慢性支气管炎
诱导痰	细胞因子、嗜酸性细胞阳离子蛋白(ECP)、硝酸盐和亚硝酸盐增高	哮喘、COPD
支气管肺泡灌洗液	细胞学改变	各种类型的炎症
	组胺酸增高	过敏性炎症
	细胞因子和自由基分泌增加	肺纤维化
肺组织	细胞间质蛋白的mRNA增加	肺纤维化
	TNF的mRNA增加	肺纤维化
DNA	K-ras激活	细胞转化
	p53突变	肿瘤抑制活性减弱

# 3.资料的统计分析

- ◆ 根据资料的主要项目按不同地区分类进行统计，比较分析污染区与对照区之间有无显著性差异；
- ◆ 用相关、回归与多因素分析方法找出大气污染程度与居民健康（各项指标和疾病）调查结果之间相关关系；
- ◆ 区别和分清大气污染对居民健康影响的主因和辅因；初步估计是否有危害健康的可能性；为深入探索和提出防治措施打下基础。多因素分析除经典的逐步回归方法以外，常采用条件或非条件 Logistic 回归模型进行多因素分析，测出相关因素。例如大气污染与肺癌、心血管疾病等关系，均可使用此法。
- ◆ 在研究大气污染对健康的急性影响时，近些年来许多研究使用时间序列分析方法，把每日的环境监测资料(如大气颗粒物)和死亡(或医院住院)资料联系起来，这样就可监测该地区大气污染是否对健康构成危害。