

# 大气污染与呼吸道疾病

(环境保护参考资料)

一九七六年三月

本专辑译自W. W. Holland编的“大气污染与呼吸道疾病”（Air Pollution and Respiratory Disease）一书。本书搜集了大量近年来有关这方面的文献，分为几个专题从各个不同的角度及各国的情况（主要是英、美、日）介绍了近年来在研究大气污染对健康影响的进展情况及存在的问题，有助于我们了解国外在这方面研究的梗概，在“洋为中用”的方针指导下，批判的吸收国外的经验及教训，作为我国在开展这方面工作的参考。



## 目 录

- 第一章 在流行病学调查中的大气污染物检测..... ( 1 )
- 第二章 关于大气污染监测常用方法的评价问题..... ( 5 )
- 第三章 英国的高度污染事件..... (11)
- 第四章 美国都市化地区的污染..... (18)
- 第五章 日本都市化地区的污染..... (21)
- 第六章 呼吸道疾病发病率的现场研究..... (24)
- 第七章 与大气污染有关的慢性呼吸道疾病死亡率  
的地区差异..... (31)
- 第八章 儿童呼吸道疾病和大气污染..... (35)
- 第九章 大气污染在肺癌病因中的作用..... (42)
- 第十章 感染和空气污染..... (47)
- 第十一章 非特异性呼吸道疾病的临床表现、病理和病程..... (58)
- 第十二章 肺功能和检查技术..... (65)



# 第一章 在流行病学调查中的大气污染物检测

流行病学家需要空气污染的定量资料藉以对人群的观察进行比较,为此又有两种可供选择的途径:1.采用已发表的资料,2.在主要地区建立特定的采样制度。在确定采用那些污染资料之前,应该了解什么呢?

有这样一种设想(这是所有采样仪器的制造者很热心鼓励的)即测定空气污染不困难。然而要使技术上能办到的以适应研究人员真正的需要有许多困难。完全解决是不可能的,就目前尽可能了解的一些认识可以选择兼顾两方面的折中办法。

屡次引人注目的严重污染事件已清楚地表明了污染的作用,但是对健康有害物质的作用机理和特性,我们仍然不清楚。毒理学的研究令人失望,因为用受试物在现场的周围空气中的浓度所进行的实验看不出什么变化。试验主要是用健康志愿者或实验动物,使用的是单一物质或者是根据实验的目的混合在一起的简单复合物。与此相反,实际的污染成分是极其复杂的,其对健康的影响我们目前还不了解,如果我们要如实的评价空气污染调查所得的任何资料,我们必须记住这一点。

## 固体燃料作为污染源的重要性

在某一个特定的污染源,例如熔化炉或化工厂,甚至自然现象如森林火灾或火山所在的局部地区,某些物质经常达到具有极不愉快气味及危险的浓度。受这种情况影响者为数不多。与之相比经常用煤和油作燃料及用内燃机引擎作交通工具涉及面则很广,这里所接触的是不同类型的或者是另一种的“居民区污染”(Community Pollution)。以下引用钱伯斯(Chambers)的话:

“能量转换中形成的产物构成居民区空气污染问题的核心……使用燃料的种类,以及使用燃料的方式是现代城市空气资源的首要威胁。”

这一章仅限于讨论燃烧固体燃料引起的污染,但是必须考虑这些燃料形成的环境和世界不同地区在其形成以后的地质时期中的变化情况,藉以了解有机物和无机物成分在这些环境中的分布。这些成分组成的比例,不但在主要污染源之间,而且在污染源内也都不同。这些燃料根据目的要求,在使用之前通常以不同的方式加以变更,燃烧的效能因采用不同的燃烧方法而异,因此燃烧的最终产物是由于不同程度的氧化而形成的,或有时候是由于还原而形成的,释放以后可能形成新的化合物,在大气中作为原始物相互作用,抑或是由于氧化或照射而变化。这种情况决不是静止的,因为在任何一定的时间内进入空气中的不同成分的组成的总量都有变化。通常出现有规则的较大的波动(昼夜的或季节的),抑或是由于技术的发展或经济上的变化而促成这种变化。污染扩散和稀释的程度是受一系列

情况包括气象学、环境的地貌，污染源离地面的高度和污染气体的温度所控制。

## 固体燃料污染的类型

鉴于上述固体燃料的多变特性，及在燃烧过程中采用的不同处理方法，显然对所产生的污染物不论采取什么分类法都是过于简单。通常区分为气体和微粒污染，后者又根据粒径大小和性质再细分。放射性构成另一种污染，因是非常专门的题目，未考虑在内。下面简单介绍主要类型的污染物及其影响社会的方式。

### 气体污染物

最严重的气体污染物是硫氧化成二氧化硫和碳氧化成一氧化碳和二氧化碳所形成的气体污染物。只有在极不平常的情况下，二氧化碳才能达到被视为污染物的浓度，这是从非技术观点上来说的。空气和燃料中的氮也能形成氧化物（ $N_2O$ ， $NO$ 和 $NO_2$ ）。如果氧不足，就能形成氮和硫的氢化物（ $NH_3$ ， $H_2S$ ）。在不完全燃烧中产生更多复杂的化合物和碳氢化合物和醛，多环芳香族的某些碳氢化合物已被证明有致癌性，醛能强烈刺激粘膜，一氧化碳和二氧化氮阻滞氧在血流中的传递。有一些证据表明，二氧化氮能降低对细菌和病毒传染的能力，洛杉矶著名的刺激性光化学“烟雾”在其形成的反应中，氮的氧化物起着重要作用。

然而，从居民区污染更广泛的角度来看，二氧化硫已被认为比以上提及的各种物质还要严重，因为硫如此频繁地包含在煤和石油中，并存在于天然气中（虽然不频繁）。二氧化硫腐蚀性强，对植物也有害，虽然它在人呼吸道疾病病因学上所起的真正作用尚未了解，它是某些人最敏感的一种气体。

在所有固体燃料中含有微量元素和无机污染物，其中一些在燃烧时形成氧化物，虽然数量很小，但是重要的催化剂。其中包括五氧化二钒和二氧化锰，能催化二氧化硫氧化为三氧化硫。因为三氧化硫立刻与水蒸气结合形成硫酸，硫酸量可能增加。燃料中的氟虽以氟化物尘粒为主，可能形成氟化氢气体，与特定的工业加工工艺相比则这种由燃烧燃料所引起的严重氟化物污染较罕见。

### 粒状污染物

粒状污染物的类型包括小到分子样大小，大到进入眼睛足以引起痛疼这一范围的物质。后者以及受地心吸力作用下沉的任何东西（通常定为直径10微米以上的东西）划为沉降物，“砂砾和灰尘”或落尘。这些需要强大的气流来带动，它们很可能从高烟囱里随同热的烟道气体，而不是从住宅烟囱排出。他们在污染源附近降落。遗留下来的是细小的悬浮微粒（“烟”、“气”等）。在大气气流中其沉降速率是很小的，因此它们随空气移动，从而能被吸入。它们在呼吸道疾病的发生中比大的颗粒更为重要，而引起注意。微小颗粒的稠度范围由液体（例如，存在于空气中的硫酸雾），到半液体和焦油状混合物以至固体。后者具有多种形状，例如单个的球体、晶体和纤维。它们也可形成聚集体。由极小的球体构成的链条连接成强度大和稳固的具有巨大的表面积的精密筛网。这样为污染的气体 and 蒸气提供了大的潜在吸收能力，并已证明酸是以这种方式携带在颗粒上。

微细颗粒的来源包括未燃烧完的燃料（为粉末状固体或油滴）以及在燃烧过程，特别是碳及其化合物的不完全燃烧形成的任何中间物质。燃料的矿物性污染物也在进行燃烧时形成烟道气中的飞灰，这是最细小的颗粒，很难除去。氧化铁是另一种催化剂，而上述氟化物，对食用受其污染的牧草的牲畜来说可能是危险的。

### 燃烧条件

形成居民区污染的燃烧方式可分为三种主要形式，一、家庭用敞式火炉抑或是任何其它燃烧不充分的设备燃烧固体燃料，二、在充分控制燃烧过程并得到妥善管理和维修的大小设备中燃烧任何固体燃料，燃烧是有效和完全的。这种形式引起的污染是来自燃料中的污染物。三、使用石油/汽油或柴油的内燃机。另外还有一种污染是由于以上三种和其它燃烧过程包括吸烟所引起的。大气氮被氧化的速率取决于温度，而不取决于燃料中的任何成分。

### 效率不高的设备

敞式家用炉的主要问题在于其效率不高的设计。在相当短的时间内不能充分燃烧，每添一次燃料温度就降低，进入燃料层的空气减少。即使采取各种措施，还有严重的缺点，即家庭用炉灶烟囱因设计不当，烟不能排出或迅速上升，因此在建筑物的周围形成涡流。烟在烟囱内冷却，在微风中，漂落在建筑物之间，被截留在低的逆温层下面。这种炉灶在燃烧时要浪费 8—1/2% 的煤。在较大的建筑物中，设计不当的设备，在人工控制下及遇到锅炉运转不正常也能产生一定量的煤烟。这些在英国数量已大大减少，但在其它国家仍然很普遍。

更有一种燃烧效率不高的严重情况，即在露天或在焚烧炉中用燃烧的方法处理废物时不添加燃料以保证充分的燃烧。在缺少完善的垃圾排除设施的一些居民区，燃烧“废物”是常有的事。这种燃烧的排出物中含有腐蚀性物质诸如醛和碳氢类化合物，虽然家庭和花园废物中硫的污染很少。大规模的废物燃烧能够满意地控制，但如果具有相当量的含卤化物的聚合物，也会产生危险的气体——例如，光气或氟化氢必须采取特殊的预防措施以防止它们的排出。

### 有控制的燃烧

控制适当的燃烧不仅较为经济（燃料浪费 0.5% 或更少），而且能使气体在高温上排出，从而进一步上升。效率高的设备也会产生飞灰、氮的氧化物，若燃料含硫，产生二氧化硫，但如果烟囱设计较好，且有足够的高度，气体是热的，任何污染将上升而被迅速扩散和稀释，这种设备比家庭用烟囱造成的地面污染小得多。然而，好的设计和有效的燃烧并不经常足以克服污染问题。在不利的情况下，需对排放加以某些限制以保持周围大气容许浓度。目前，其它的一些能源（低硫燃料、电力、核能）比通常用的多硫固体燃料昂贵。然而并非一定如此，将来的情况将取决于制定的燃料政策和洁净空气的立法。

### 机动车

目前使用的内燃机并不是二十世纪下半期的超凡技术。石油或汽油引擎因汽化的原燃料漏出，工作效能不高，排出的气体含有大量的一氧化碳和碳氢化合物。氮的氧化物经常存在，还存在着多种铅、钒和其它金属的化合物。这种有气味的混合物具有一定毒性，当它在充足的阳光下聚积在静止的气团里，通过复杂的途径与臭氧和氮氧化物相互作用，产生一系列活性强的新化合物。所产生的一些化合物上面已提及。关于洛杉矶现象（虽然别

处也发生)这方面的资料相当多。最近戈德史密斯(Goldsmith, 1969)已提出一份总结,在第四章概述了洛杉矶“烟雾”对健康的影响。柴油机车如操作恰当,效率较高,然而由于维修不好及调节上的毛病极为普遍,以至难闻的黑烟令人讨厌地逸散出来。

虽然机动车排气在排放点形成高浓度的污染源,当其遇到湍流的情况是一个有利的环境条件。废气的初始速率和车辆的流动保证废气迅速与空气混合,街道愈窄愈是如此。这就促进了污染物的沉降与吸收,即使在离交通线很短的距离内,很少见到高浓度的废气。(Waller, Commans and Lawther 1965; Reid and Barrett, 1965)上述关于氧化反应的浓度很低,所以早期调查非常困难。

## 控制扩散的条件

### 天气

天气对污染浓度的影响是很大的。湍流的空气有助于稀释和带走污染物,虽然烟囱阵阵排出的烟向下偏斜,在接近地面接触到的高浓度通常是短暂的。总之,风向是多变的,因此同一地区不能长期受到影响。若有大的污染源,仅仅当风大到足以克服其浮力,烟才能降到地面。由于热烟从高烟囱排出,这种现象很少发生。但是潮湿的烟是冷烟,因而浮力小,不久即沉降下来。这就是经过洗涤的气体以及任何产生冷烟的工业处理方法的最大缺点。许多住宅区的低烟囱,烟可能因受风吹而下降,形成较高浓度的污染。

在无风的情况下,烟囱排气上升直至其温度降至周围空气的温度为止。因此排气的起始温度愈高则上升愈高。再次说明冷烟和住宅排出的烟气影响最恶劣。在各季晴朗无风的情况下,由于黑夜时间长,辐射热减少,这就是说,接触地面的空气变冷,且比上面的暖空气更为稠密。由于这层冷空气增厚,烟和烟囱排气将被截留在热和冷空气之间的交界面下。在此交界面上,正常状态(温度随高度而下降)被逆转了。“逆转”这一术语适用于整个情况。

甚至暖气流进入温度稍低的空气层时也出现类似的情况。此发生于在一地加热时,热空气在冷空气上侧移动而上升,与之同时冷空气下降进而取代热空气。高处的空气引起退时,它成为压缩空气,从而比接近地面的空气更温暖,这就是洛杉矶上空气温“逆转”形成的方式。两种类型的“逆转”可能兼有,大气可能变成多层在一系列的界面的不同水平上形成逆转。

除了风速和风向,湍流和稳定性的影响外,污染浓度受其它气象因素的影响,例如气温控制着用于供热的燃料的消耗量,温度影响着污染物参与的化学反应,空气受到任何形式降物的“洗刷”。污染由此而来,它或者存在于水滴的溶液中,抑或是运载于水滴内或其表面,或者载于伴同下行的气流而下的雨、冰雹或雪中而被带下。其结果有时达到净化空气的效果,有时则把污染从无害的高处移至能被人吸入的地面。

反之,污染可影响天气。例如,尘粒可作为水滴凝聚的中心,因此,促进雾的形成。太阳辐射亦可为污染的空气层散射或反射,致使光和热不能到达地面。在全球范围内,假若由于人的活动产生的二氧化碳不断增加,世界气候就会受到很大影响,因为这种气体阻碍地球表面向外辐射。这种储热的作用是否可因失去由浮尘所引入的辐射而被抵消,迄今

仍未能肯定。

#### 地区的地理位置

位于逆温频繁地区的居民区，污染聚积在逆温层之下，其浓度比产量相同而不形成逆温层的地区要高。处于冬夜漫长的纬度的山谷，显然情况最坏。而一些城镇却恰恰经常是在这样一些地方建设。在这些地方河流提供便利的运输条件，最初可涉水而过，以后可以架桥。在这些地方比位于山上的国家修建公路、铁路和运河均较为容易。所有大的污染事件都发生在山谷里，如在比利时的马斯河谷，在宾夕法尼亚的孟农加希拉河谷和泰晤士盆地。

## 结 语

当流行病学家想利用污染资料于个别的研究项目考虑上述各个方面很有裨益，即：使用燃料的种类以及任何与控制排放污染物的质和量有关的情况，诸如采用的燃烧方法，决定供热需要量的气温及其季节性的变化，影响扩散的因素。后者包括污染物排放的高度、局部地形的状况，逆温气象条件发生的频率。这种认识可以获得对不同类型污染包括各个时间和各个地方的差异的一些概念。引用发表的资料时应考虑这些因素，同时应该看到其中的缺陷。采用新措施的地方，在时间和布局的计划上都应考虑这些因素。

## 第二章 关于大气污染监测常用方法的评价问题

空气污染的监测方法几乎在每种情况下最初都是为其他目的而发展起来的，但是居民区（Community）的空气污染监测有两个问题难以在常规实验室的分析中解决。第一，除少数例外，被监测的物质通常以低浓度出现；第二，它们是在高度发生能量转变的过程中连续不断地产生，所产生的混合物有些成分对正常的分析方法不起反应。

在燃烧中发生的变化使情况更为复杂。有些已经叙述过了：在紫外光照射下二氧化硫的催化氧化和光化反应，在这种复杂的情况下，观察和记录很细微的变化显然需要很高超的技术。另一方面，假若要求如此精确的设备和高水平的研究者，这笔费用限制了他们的应用，而不能达到目的。正如在其他领域中一样，通过权衡费用和效益来确定所选用的方法。

另外，经常应当优先予以进一步考虑的是：是否有适宜的标准化的方法已为别的国家



所采纳和使用？随着这样一些方法的更多使用，我们就可以从更广泛的领域所取得的经验中进行广泛的比较。

对作为新调查的每个建议和每一个已发表的报告必须仔细地审查，看它是否达到著者的意图。这种评价应该包括考虑其所采用的技术，监测的位置与时间以及污染物或根据研究目的监测的一些污染物的关系。

在医学调查中，所监测的物质也必须和观察的疾病类型有关。研究特异的危害诸如铍是不存在问题的，至于非特异性的呼吸道疾病！所有研究者能够做的是选择某些物质，并观察它们起什么作用。通常选择以下一种或几种。

- 1、二氧化硫，作为气体成分的代表和一种具有潜在毒害的物质。
- 2、微细的飘尘（烟雾），因其细小，认为它是可以吸入的。
- 3、带有或没有氮氧化物的一氧化碳，假若在此环境中车辆来往是很重要的话。
- 4、在适当的气候条件下，臭氧和总氧化物，代表光化学产生的污染物。

其它有时包括的物质有多环芳香烃（假若正在研究肺癌时），沉降物或降尘，硫酸或硫酸盐。

## 用于监测常见污染物的技术

### 二氧化硫

二氧化硫达到何种程度可以引起人类产生与空气污染有关的疾病迄今尚未肯定，但是这种气体无疑有腐蚀和分解物质的作用，并对某些植物有害，单就这些作为根据即可以提倡进行二氧化硫的监测。且不说它对敏感人可能有毒性和在稍微高的浓度时它给人以不舒服的感觉，它的存在是含硫燃料燃烧的其它产物，包括硫酸和氮氧化物所引起的污染的一个指标。无论包括它的理由是什么，流行病学家都需要知道在这个城区内二氧化硫的浓度及其在时间与空间二者中是如何起变化的。

通常测定这种气体的方法是用涂有二氧化铅的圆柱暴露于大气中每月测定一次，然后估计在这期间中所形成的硫化铅量。然而，这种方法既不是特异的（因为所有硫的化合物都能起反应），也不反映确实的浓度（因为这种反应决定于风速和温度）。假若高浓度的二氧化硫是在低风速的情况下，这种比较是极端错误的，反之也是这样。这种方法也不能指示短时间的严重污染。

对二氧化硫这种特定气体尚没有既简单又便宜且可精确测定低浓度的监测方法。然而，假若极低浓度的二氧化硫认为其流行病学的意义不大的话，假若任何干扰的物质例如氨似乎不存在的话假若有怀疑，能够极容易鉴定，通过过滤除去所有的微粒之后，在稀的过氧化氢溶液中收集 $\text{SO}_2$ 进行测定。因为这种气体被氧化后形成一种稳定的硫酸溶液，因此可以经过一段时间后再处理样品。用指示剂的简单滴定法，总酸度以 $\text{SO}_2$ 表示；如果有的话亦可以使用pH计。

测定总酸度的过氧化氢法已在英国和巴黎应用多年，也应用于其他的欧洲国家和别的地方。该法很适用于24小时的采样，用一种便宜的，流速为每分钟1—1/2升的抽气机，

并且假若浓度高的话也可用于较短时间的采样。由于通常采用一次24小时采样，当然不能在平均数相同的情况下分辨天与天之间变化之大小，因此这种方法不适用于短时间的严重污染。针对此提出应具备设备价廉，方法简单之优点，使其在不同的情况和难以采用先进技术的地方也可直接进行逐日的测定。在这种情况下连续采样很重要，该方法的基本原理不外乎是用过氧化氢溶液的电导法，比色法或是库伦法。

更先进的方法亦即更精密的仪器与高超的技术，在低浓度时可以保证具有更高专一性和精确性（见Sterm, 1969; OIEP, 1964; Katz, 1969）。Rode等（1969），Palmer, Rodes和Nelson（1969）与Shikega及MacPhee（1969）曾报导过在市场上可以买到的采样装置。

#### 烟或微细的黑色飘尘

空中飘尘的极端多样性，其大小和结构已经叙述过了。流行病学家主要注视的是可以吸到气管内或更深部位的那种粒径的烟尘。包括 $5\mu$ 或小于 $5\mu$ 的尘粒，特别是那些直径在 $1\mu$ 以下的尘粒。具有潜在致癌性的和带有刺激性的物质特别重要，应该考虑尚可能有其它不知道的特性。测定沉降物或降尘意义不大，因为大小范围如上所限定。人们希望知道吸入的气溶胶的分散度，重量和构成。这些方面的各方面已经进行研究，但是，把所有方面都包括在内进行全面完整的分析，则非在局限的地区进行研究的少数研究团体力所能及。这一工作即使是按流行病学的目的进行的，我们也不能断定所获得的大量资料是能用于解决我们流行病学上的问题，因此采用了各种方案。

美国的空气采样网采用大容量采样器，系以约 $1-1/2\text{m}^3/\text{分}$ 的流速，经过 $20\times 25\text{Cm}$ 的玻璃纤维滤器。采集的物质进行称重和分析。然而，Shamty和Hemcon（1963）指出能进入肺内的微粒为样品重量的50%，这50%的粒子构成在许多方面不同于整个样品。为称重和分析的需要欲在24小时内获得足够量的样品，必须使用高流速的采样器，但它又有带走较大粒子的缺点。假若使用低流速的话，则粒子的大小在要求范围内，但在通常情况下这样所采集的量同于直接称重和最常用的分析方法又嫌太少。因此他们在滤器染上颜色，测定反射或透射的光时，该染色的黑色度与所收集的黑物质量相关。这种装置尚不能确切地鉴定烟的任何成分，但可评价污染的程度。从而可以估价不完全燃烧产物对健康影响的相应程度。Salivan（1962）指出直径大于 $1\mu$ 的烟尘不能形成该染色的黑色度，这样所得结果即属于能够进入肺内的黑色微粒。

欧洲改进此法（OECD, 1964）应用一反射计来评价以每分钟约为 $1-1/2$ 升的流速所获得的黑色度。如上述用于测量每24小时的 $\text{SO}_2$ 一样，滤器一般被插入到同样的采样器内。结果以相当一个标准都市的烟尘量来表示。在美国每分钟 $6-10$ 升的流速获得一英寸的着色点通过光的反射或透射（经过用后者多）评价，并以实验单位表示结果。因为存在许多不同之处，显然不可能对用这些方法观察的结果进行比较。

光散射法曾用于研究飘尘，光散射的量决定于粒子大小，反射指数，粒子的形状和颜色以及浓度，这种技术需要复杂的设备和有训练的技术人员。也曾使用过电子显微镜来研究，Waller, Brooks和Carlwright（1963）曾比较了取自伦敦和Sheffield在不同制备和曝露条件下已知成分的烟尘样品的外观和状态，这种比较使研究者可用类推法去推断某些烟尘粒子的性质。虽然他们没有作出结论，不过这样的研究对不同来源的烟尘成分提供有

用的证据，尤其是烟尘的沥青（已知含有致癌因子）和硫酸滴的含量。Waller, Brooks和Cartwright也证明来自香烟和来自燃烧煤或柴油机的烟的气溶胶有明显的区别。Wynder和Hoffman（1967）叙述了烟叶烟的成分及不同部分的致癌性，对经过鉴定的化合物加以分类计有尼古丁和其他生物碱，环状芳香烃，酚，醛类、酮和酸。

#### 其他污染

Sterm（1968和1969）与Katz（1969）都曾叙述过监测一氧化碳，氮的氧化物，臭氧和总氧化物的方法。这些研究也用于处理城镇地区空气中发现的其他物质，例如多环芳香族烃，硫酸雾，氨和铅。

非常需要研究某些较不寻常的污染物，特别是被认为可能对健康构成威胁的特殊工业控制的地区。然而到目前为止这方面的研究进展很小。如First指出（1969）：“过去我们注意力放在已知如何用较简便且费用小的方法监测的那些物质。”而现在，“最先进的现代监测方法也几乎只能确定大气污染总量中的一小部分。”近来，他提倡必须把力量集中于监测与可调查的地区直接有关的空气中存在的特定物质。假若对能测定的每一项目都测定的话（甚至用现有的不恰当的技术），由于获得的材料复杂可使研究者混乱。这确实是问题的本质，精密而昂贵的装置未必能帮助研究者很准确地确定有损于健康的物质。再者，这样的装置必须限制在较少的几个地点使用。首先认为遗憾的是两个大城市Nashville和St. Louis的研究没有得到对其他城镇也有有效的说明。他也批评对连续空气监测计划（见Nader 1964）在地面上的选点工作，这种简单的采样未必能表示居民可能接受的空气的真实情况，就算他可以反映情况的话，这样一个均化的平均数对于研究疾病来说其意义不如了解其偏差。

考虑到使用高度特殊装置的困难，因此，我们提出必须扩大使用国际上采纳的和广泛应用的技术。这样做有几个好处，第一，可以从很小的点开始逐渐扩大监测范围，如用已提到的SO<sub>2</sub>或烟尘连续24小时每小时采样的装置。第二，从经常的研究中获得的广泛经验可为新从事这一领域研究的人员提供对比的依据。在初期也可以借助于校准表和计算机的资料。第三，在严重污染季节，可使用这些装置作居民区的研究，然后贮存起来，或者待需要时用于其他类型的调查研究。

最后，必须强调的是如果没有开展相应的气象监测，则调查时也许有必要同时观察风速和风向。

#### 室内污染

First（1969）也指出大多数的人在室内渡过的时间比在室外多，因此提出问题，户外采样的结果用于流行病学研究是否恰当。就很细小的飘尘来说，在不同的地区进行的研究说明在普通的情况下室内外的烟尘浓度是相近的（Shepherd, Carey和Phain, 1958; Biersleker, DeGraaf和Nass, 1965; Weatherleg, 1966, 个人交流资料）。在室外浓度高的情况，室内的烟尘较少（约80%），而当室外的浓度低，特别是若有人在室内吸烟，室内烟尘则很多。但是SO<sub>2</sub>的测定表明室内浓度始终较低（为室外的20—50%）。Spedding（1969）报告，他利用从中型实验室意外放出的少量用<sup>35</sup>S标记的SO<sub>2</sub>，通过测定各种表面的放射性以确定其分布。他发现木材、纸、混凝土、棉花纤维、砖瓦和灰泥，带腊的表面和污浊或潮湿的表面全部能吸收SO<sub>2</sub>，而漆光或乳剂涂料处理过或是密闭的清洁而干

燥的表面和清洁的金属则不吸收。他指出在家里像毛毯、陈设品和寝具等物品，以及敷在墙上的纸和打蜡的地板皆提供大量的吸收表面。Spedding 和 Rowlands (1970) 在下一步的研究中，在类似城市空气进入一小屋的情况下检测了墙壁覆盖物的吸收性。使用放射性的 $\text{SO}_2$ ，他们发现确实在30小时内能够从空气中把所有的 $\text{SO}_2$ 除去。墙纸能吸收，而Pvc墙的覆盖物则吸收很少，用湿布能够除过吸收到墙纸上的 $\text{SO}_2$ 。

因此，室外监测的 $\text{SO}_2$ 未必是代表人们在室内的情况，虽然 Biersleker, DeGraaf 和 Nars (1965) 指出，大量的烟气从烟道往上冒出或漏烟的炉子可以造成严重的室内污染。对这种可能性应与当前用以防止空气从通风道进入我们室内的装置，很普及的联系起来考虑；从烟囱往上的空气必须在下面造成真空，这样可以形成足够强的吸力把向下回流到烟囱的气体吸出。劝告患气管炎的人逗留室内，在这种情况下，可能证明是无事的而且是有保护作用的。

## 监测的国际标准及资料的可比性

最近几年才采取步骤以确立国际统一的测定方法，在欧洲确有些进展，而当对大西洋两岸表面看来相近的资料进行确切的比较则仍然有许多疑点。论文中的数据超出市场上可以买到的检测二氧化硫仪器的性能，不能再次验证。Rose等(1969)和Palmer, Rodes及Nelson(1969)发现大量错误的观察结果。当所有的仪器都在运转，在现场测试记录的平均浓度变动在0.148—0.250ppm之间。在实验室测试，零点在图表上的偏移范围由0.0%至15%之间，量距偏移(Spandrift)从0.0%至27%，仪器电的偏差其标准差范围为0.0%—0.9%。有些仪器可还见到有气泡形成及霉菌生长，滞后时间变动于0.1—23.5秒，反应时间为1.5—26.5秒。采样效率为98.27—99.9%。Shikiya与Macphee(1969)认为没有一种方法在当前复杂的情况下是可靠的。

与大气污染有关的机构有：世界卫生组织、经济协作与发展组织(OECD)，欧洲委员会(Council of Europe)及欧洲经济委员会(ECE)。ECE开始进行广泛课题的研究。欧洲委员会召开过大气污染的会议。经济协作与发展组织出版了以代表几个国家的研究组的研究为基础的“大气污染的检测方法”(1964)，世界卫生组织也有许多出版物，同时非常关注环境问题。最近出版的书籍(Katz, 1969)概括了有关采样方法的一些情况，并对许多方法作了简要的描述，但没有从仪器设备及人力方面指出这些方法的应用价值。

### 单位数量的标准化

随着国际上讨论有关大气污染的兴趣日益增长，以统一的计量单位来表示污染检测的结果显得愈加重要。关于二氧化硫现在采用两种表示方法，即以PPm与毫克/立方米。在绝大多数的欧洲国家目前通常采用的是以微克/立方米来表示。世界卫生组织(1968)和Nafe(1969, Annex1)曾建议以此作为国际上标准的计量单位。由于许多作者习用老的计量单位，在上述推荐的计量单位未普及之前，折衷的办法是以两种计量单位表示。

### 监测的位置和时间

由于各种流行病学调查的目的不同，不容易笼统的确定污染采样的位置和时间。有的

学者可能对研究终生接触有兴趣，有的则对单纯的暂时的呼吸道损害有兴趣。短暂的接触，受到的影响是瞬间的，受其影响的人群的改变不显著，则大部分辅助的因素可以忽略。然而如果为查明长期接触的后果，抑或是研究地区的差异，则有许多变化的因素必须加以考虑。

### 仪器设置的位置

监测仪器设置的位置既往没有从流行病学的需要来确定，有时甚至与之矛盾。有很多情况是按First (1969) 所描述的以“均化的”平均值假定为居民区的代表浓度，则只需小规模采样即可获得上述数据。如果居民区都是相同的，同时居民都分散在所有的地区，则这点是可取的。然而大部分居民区的情况差异很大而不能代表其真实情况。既然流行病学的研究涉及人群，必须与人们居住和工作地点的情况有关。如果把管理上的方便凌驾于这些认识之上——例如由于使用的是政府当局房子而忽视其地点极不合适这一事实——则该项计划的整个结果可能陷于失败。忽视理论而从极为狭窄的统计途径去探索也是极不可靠，例如：像一个完善的隔栅装置那样间隔一哩设点，可以完全遗漏拥挤的贫民区。反之，周围环境几乎一致的情况下设置好几个点是不必要的浪费，或者几个点的设置都界于类型相异地区之间，所得结果不能代表任何地区。

短距离内环境即有变化的地区，需要增设采样点，条件一致的地区则可少些。必须同时考虑污染源的类型和分布的情况以及所研究地区内和其周围的地貌。采样地点愈少，每个点要能反映大部分的人接触该环境的特点则愈是重要。从这点来说连续气体监测规划(CAMP)设置的采样点似乎对流行病学者的帮助不大，因为这些采样点位于各个大城市的商业区或闹区，且由于费用昂贵，数量也就极为有限。Larsen (1970) 在讨论利用CAMP的材料时发现“他处同样的城市可能具有较高的浓度”并主张污染排放增加则计算时宜采用系数为<sup>2</sup>。鉴于没有每一个城市实际污染水平的材料，做到这点就算是最好的，然而它与所采用的采样技术极端先进是不相称的。这些技术的最可贵特点在于它们具有记录变化的效能，而在选择采样点时则又以变化小为宜。

由于现代电讯技术的发展，采样装置及气象仪表可以设在任何地点，观察的结果纪录在磁带或遥测器传送至中心实验室。定向采样可用于研究特定污染源污染的移动情况。

### 采样的时间

1、间断或全时间。观测点采样、随机采样、常规的定期采样是间断的。全时间采样包括连续记录和累积采样，在采样周期内没有中断。

2、累积或连续记录。累积采样可以包含短期的或长期的，同时可以是连续或间断。

3、断续或非断续。且不说连续记录，一种有规则的通-断采样周期装置可用以防止滤器超负荷或保护电池。通-断周期系以在整个采样期间提供有代表性的采样来选定的。

美国国家大气采样网进行的是随机间断采样(每14天一次24小时累积采样)，经过一个较长的时间，它可以提供一些情况预计浓度的范围。然而只有在污染的情况基本上是静止的才准确。因为该方法是以统计学的概率为依据，假定24小时采样周期对其所选择的地方有代表性。如果情况实际是在逐渐变化，污染量持续增加或减少，每年只能提供26个数值的采样体系要明确污染的趋势必然是缓慢的。再者这种采样体系不能探测真正的峰值，该峰值是季节性出现的，因为全年在14天中只有一天是连续性的采样。

24小时采样仪器的缺点在于不能反映日间的差异。当这种仪器在整个一周中运转至周末，如果某一天污染严重而另一天不严重，则所得结果的平均值无参考的价值。1952年伦敦毒雾事件便是一个实例。当时最严重的污染发生在周末，那时应用的24小时采样仪器为数很少，只有一个仪器进行了两天的采样。由于没有认识到最高的浓度实际几乎全被遗漏，因此对该事件的评论是有缺陷的。1962年事件的监测较完善，一方面是它发生在一周的中期，另一方面是常规的采样制度有所发展，进行了每小时，每3小时或其它短期的烟尘观测，因此大部分的情况避免了滤器的超负荷，1952年正是由于这点致使烟尘测定结果全部作废（幸运的是除去周末测定有困难，两次事件中二氧化硫的资料是完善的）。1962年设置了大量的采样点从而有可能绘制整个大伦敦区雾天污染逐日分布的详图，测定的浓度可结合家庭医生的检查、住院记录及每个伦敦市的日死亡数进行分析研究。

#### 个体采样器

设想在个人身上进行采样的仪器设备值得重视。它似乎可以解决个人活动性、室内与室外污染、工作地点和住宅之间污染差异诸问题。要取得可靠的结论则研究的数量要大，同时装备要小，便于携带，再者在各种条件下应有足够的可靠性而且是实用的。这种设想已在职业卫生的研究中实际应用，但是在操作及评价方面仍较费人力。从目前情况的认识来看用于研究居民区污染似嫌太复杂。

## 第三章 英国的高度污染事件早期的研究

在130多年以前对英格兰和威尔士的死亡率第一次详细分析时，没有看出污染对城市居民的死亡率有任何严重影响的依据。在1845年注册负责人的第五号报告中关于需要对英国的污染进行测定的论述中有如下一段评述：“烟尘对呼吸道有刺激性、它损害健康并且是造成死亡的原因之一。城市居民接触烟尘的机会可能比乡村居民多。如果影响是很大的，那么在浓雾天里可能是最明显，那时大气烟尘弥漫，居民——男、女和儿童吸入这种空气连续几个小时。迄今我们仍未看出死亡率增高和伦敦雾天的联系。再者由烟尘引起的疾病，其性质必然是机械刺激，它影响肺和呼吸道，可能使肺部疾患增多，但烟尘绝不会引起猩红热、麻疹、斑疹伤寒和其它城市流行的疾病”。报告接着论述了在通风不良而又拥挤的房间里，传染病显然容易传播，当时污染的任何影响为传染病的影响所掩盖。

到1870年污染加重了，并且开始显露出在高度污染时死亡率的变化。当年有关雾天死亡率增高的报告汇集在1952年伦敦毒雾事件的官方报告里（1954年卫生部）。在1873年12月连续三天的雾天里伦敦郡的死亡率突然增加1.4倍，雾天发生的类似死亡率增加亦见于1880年，1882年，1891年和1892年的报道。每次雾天都伴有特别明显的气温下降，污染在促使死亡率增加究竟起何作用还是不清楚。虽然如此，却提高了需要进行污染测定的

注意, Russell (1886) 的报告指出, 在1882年12月雾天中  $\text{SO}_2$  的浓度较正常时高。Russell 对伦敦空气中的飘尘和硫化物也进行一些最早的测定。另一 Russell 关于1870—1897年间伦敦人口密集地区死亡率资料的研究 (Russell 1924与1926), 表明死亡率和低温以及死亡和雾天出现频率之间存在一定的相关性。他的结论是死亡率和低温的相关性比它和雾天的相关性更为密切, 虽然上述所见未必适用于这一阶段中发生的任何一次较为重要的污染事件。

奇怪的是, 在本世纪初, 伦敦烟雾对死亡率的影响仍然没有获得明确的证据。直到第一次世界大战, “黄色浓雾” 成为臭名远扬的伦敦景色。若以耗煤量予以评价, 当时烟尘所引起的污染已极为严重 (Waller 1966)。当时公众对法律施加强大的压力, 要求消除烟尘, 故在1909年成立了全国消除煤炭烟尘协会, 组织了一个委员会从事污染研究和建立常规的测定方法。医生兼工程师 J.S.Owens 设计了精巧的借助水压的自动烟尘过滤器, 类似盥洗的水槽。从早期进行的测定来判断 (气象局1917年); 当时烟尘的浓度经常是和近代的烟雾事件一样高。

曾报导在英格兰的格拉斯哥出现死亡率的增高是在1909年的两次伴有低温的浓雾期。其后 Chalmers (1930年) 指出, 当时死亡率的增高较1912年低温无雾期为高。当然, 当时烟尘污染视为有关联的因素。Harris (1934) 用类似近代采用的方法测定了格拉斯哥不同雾期烟尘和  $\text{SO}_2$  的浓度, 结果表明: 和伦敦一样, 当时的烟尘浓度与近代的浓度一样高, 显然是致命性的烟雾。

从1918年起用更加精确的大气透明度来确定雾天, 在许多地区从航空的需要进行常规的测定, 同时也用 (Owens) 仪器直接测定烟尘浓度。1918年因有流感暴发流行, 致使同年12月浓雾的任何影响显露不出来。同时在1921年11月和1924年无低温的浓雾期间对死亡率也无明显的影响。在1925年11月格拉斯哥一次意外的持续雾天导致死亡率明显增高, 但1929年2月伦敦的流感再次掩饰了雾天的任何影响。

1930年12月比利时的马斯河谷小城镇受到污染, 引起60人的死亡。这一事件的危险性曾受到伦敦和全世界的注意。虽然在雾天没有进行测定, 而其对死亡率的影响是无可争辩的, 污染 (特别是硫化物) 无疑起主要作用。(Firket, 1930)。从此以后, 在英国许多地区都把用容积法测定  $\text{SO}_2$  和烟尘作为一项常规工作。

1935年12月伦敦又发生一次重要的污染事件, 由于低温和雾天引起死亡率显著上升。在1939—1945年第二次世界大战期间, 任何评价烟雾作用的工作中断了。1948年11月伦敦再次发生较高浓度的污染事件, 当时测知烟尘和  $\text{SO}_2$  的日平均浓度分别为2780和2150微克/米<sup>3</sup>, 死亡率的增高是十分肯定的。它是没有特别低温的雾天引起了死亡率显著增高的第一个记录。

## 在评价污染作用方面的问题

在考虑最近二十年来主要污染事件之前, 需要对正确评价污染作用存在的问题加以若干说明。不同地区居民死亡率的比较或同一地区长期内居民死亡率的比较常遇到这样的困

难，即所观察居民中的差异可受污染差异之外的其它因素影响。当评价高度污染引起的急性作用时，这方面问题少些，但并没有完全解决。只延续几天和局限一个城市死亡率突然增加的原因是相当容易确定的，除地震、火灾、飞机或火车撞毁之外，这些增加是在气温急剧增高或降低以及严重污染期间出现的。在英国急性的烟雾事件通常和气温急剧下降有关，所以污染的影响难以和气象条件分开。但是迄今已有许多在雾天中死亡率明显增高的实例，高度污染是所有这些已知事件的共同因素。

传染病（尤其是流感）也可能是死亡率增加的原因，但不同于雾天所致的死亡率增加，本身呈一种渐进性且有持续较长期期的特点。另外人群的易感性也符合呼吸系疾患的流行规律。那些健康不良其预期寿命短者最容易被侵犯。假若大量“易感”人群死于流感流行期，则其空气污染变化的反应显得不那么重要；反之，在轻型流感流行时有些人因体质变弱则更加容易受污染作用的影响。与十九世纪报导有关雾天的资料进行比较，人群易感性的变化可能是近年雾天死亡率显著增高因素之一。人群中老年比例大大增加，但由于现代医学的进展和对外环境细微变化（如气温急剧下降或污染加重）的精密观察，尤其是治疗肺炎和其它传染病新药物的发展，提高了药物疗效，致使许多患慢性呼吸道疾病的人延长了寿命。

上述这些问题对比较各个污染事件带来困难，再者由于事件发生的过程无一定的规律，急性污染和其它因素的相互作用迄今研究不多。

研究急性污染事件对发病率的影响存在的问题更大。能从早年的污染事件中取得发病率的材料极少，以至在1954年卫生部<sup>(注)</sup>有关“1952年伦敦烟雾事件中死亡率和发病率”的报告中有这样的叙述：“发病率的资料比死亡率更为缺乏”。这确实是事实，从那时起发病率统计工作仍然没有进展。发病率的统计可作为佐证，而它本身一般来说证据是不充分的。

可以从高浓度污染特殊事件发生期间以及以后立即所进行的特定研究取得最详细和最精确的发病率资料。这样一些研究必须限定在一定范围。发病率的资料一般来自国家抚恤和保险部、医院就诊单、肺炎报告书和一般开业医师诊断书。对这些资料必须慎重对待。患病缺勤方面的资料仅涉及享受保险待遇的工人，大多数是男的，另外为期三天之内的短期缺勤者没有精确统计。此外，由于对症状的出现和记录常被耽搁，故在一定时期内记录的疾病情况实际上反映了在此之前的情况。医院住院资料和急诊住院申请单都反映了病床的需求情况。在污染事件即将发生前的患者数量和开业医师最先就诊的患者，在搜集事件发生紧要时刻的患者就诊资料时都应包括在内。原发性及流感性肺炎的诊断书虽然是法定的要求，但在一个时期出现许多呼吸道疾患时容易误诊。

伦敦 1952年12月

### 死亡率

1952年12月5日至8日的伦敦大雾是“有别于其它而处于不同的水平”（卫生部，

注1958年11月1日英国卫生部和社会安全部（既往为抚恤和国家保险部）合并为卫生和社会安全部。



1954)。出现死亡率空前的急剧上升(伦敦地区死亡数较平时约多4000余人)。烟尘和SO<sub>2</sub>浓度达到有记录以来的最高水平,(当时48小时平均值分别为4460和3830微克/米<sup>3</sup>)。尽管如此,应该指出:由于早年的记录不完善,以上浓度不是独一无二的,除SO<sub>2</sub>,仅就烟尘浓度看来,在本世纪初即已经常达到类似的数值。

无论如何,死亡率是超过了以往任何一次,死者绝大多数在45岁以上。发生事件的一周和前一周相比死亡数增加了1472人,婴儿的死亡率也有显著增加,但是数字少得多。在1952年12月雾天的一周中,生下四周到一周岁的婴幼儿有14人死亡,它较平时的一周多了两倍。

在增加的死亡率中心脏和呼吸道疾患占84%,冠状动脉的死亡数增加3倍,而支气管炎是最主要的死因,它由平时每周死亡74人增至704人,约增加10倍。同时发现既往患心脏病在烟雾事件中又得支气管炎或肺炎的病人最容易死亡。另外,在事件末期心血管疾患的死亡数急剧下降而呼吸系疾患的死亡数仍维持在较高水平达两周之久。除此以外,在事件的一周中像脑溢血、脑血栓、糖尿病和肺结核也较平时多两倍。

病理报告表明:受烟雾作用在机体中引起非特异性组织损害,咽喉和支气管粘膜充血和支气管分泌物增多,而没有发现毒雾(Smog)所引起的死亡病徵的病理改变。8个死者肺组织切片显示病变较为一般,诸如支气管上皮的脱落和表皮下层毛细血管极度充血并伴有核白血球、淋巴细胞、浆细胞和组织细胞浸润,另外还有大量粘蛋白的形成。病理学家就此检查作的结论是:“这些变化是轻微的,但却具有明显的一致性,似乎可以认为毒雾造成的损害如大支气管表层炎症”(卫生部,1954年25页)。

可以断定,在烟雾事件中尽管有少数健康成人死亡,但死亡率的增加主要来自既往患呼吸道和心脏疾患的病人。这将进一步支持这种观点:1952年12月伦敦烟雾事件和过去任何一次比较,死亡率所以急剧上升系由于人群中患严重慢性的呼吸道疾病的比例增加。

#### 发病率

抚恤和国家保险部为了统计的方便采用星期二为周末。当以12月十六日为周末的一周中,在伦敦和Middlesex(译者注:英格兰南部的州名)发病数为该区过去三年平均值的208%,为整个英格兰和威尔士的143%,它超过预期人数约9000人。以医院就诊情况来看,伦敦地区4家市级医院统计,在雾天即将到来前,在伦敦地区到医院急诊住院病人平均为750人其中约有175人为呼吸道疾患。到12月9日雾天时急诊病人达到高峰为1100况相近人,其中460人属于呼吸道疾患。在伦敦地区的远郊区住院病人没有增加,但与伦敦市情急诊就医的高峰出现在同一天。在伦敦地区截止至12月13日的一周中,肺炎患者较前一周增加95%,增长的幅度并不像人们预想的那么大,所以从这类资料得到的发病率对它给予数量的评价是不可能的。

Fry(1953)发表了涉及烟雾作用的有参考价值的报告。引用作者接诊的近4500名病人,根据临床诊断患上呼吸道疾患的新病人,在12月1日至7日及8日至14日期间约增加两倍,分别为67和77。这组病人的主要症状是流涕、咽喉炎、少量咳嗽和咳嗽。深部呼吸道疾患的病人在上述期间分别为20和25,即较平时增加3倍。在105名既往患慢性呼吸系疾患的病人中有37人因烟雾作用而使病情加重,其中有两人死亡。作者指出:尽管医院就诊保持恒定,但要求出诊的数目骤然增加是明显的,另外在45岁以下的人极少受烟雾