

空气质量准则

Guidelines for Air Quality

译者 王作元 王 昕 曹吉生
审校 王陇德



人民卫生出版社



世界卫生组织

空气 质量 准 则

Guidelines for Air Quality

译 者 王作元 王 昕 曹吉生

审 校 王陇德



人民卫生出版社



世界卫生组织

图书在版编目(CIP)数据

空气质量准则/王作元等译. —北京:
人民卫生出版社, 2003. 6

ISBN 7-117-05585-5

I. 空… II. 王… III. 空气质量标准
IV. X-651

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 056008 号

©世界卫生组织 2000

根据《世界版权公约》第二条规定, 世界卫生组织出版物享有版权保护。要获得世界卫生组织出版物的部分或全部复制或翻译的权利, 应向设在瑞士日内瓦的世界卫生组织出版办公室提出申请。世界卫生组织欢迎这样的申请。

本书采用的名称和陈述材料, 并不代表世界卫生组织秘书处关于任何国家、领土、城市或地区或它的权限的合法地位、或关于边界或分界线的划定的任何意见。

本书提及某些专业公司或某些制造商号的产品, 并不意味着它们与其他未提及的类似公司或产品相比较, 已成为世界卫生组织所认可或推荐。为避免差讹和遗漏, 专利产品第一个字母均用大写字母以示区别。

空气 质 量 准 则

译者: 王作元 王 昕 曹吉生

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 67616688)

地 址: (100078) 北京市丰台区方庄芳群园3区3号楼

网 址: <http://www.pmph.com>

E-mail: pmph@pmph.com

印 刷: 北京市增富印刷有限责任公司(万通)

经 销: 新华书店

开 本: 889×1194 1/16 印张: 8.75

字 数: 253 千字

版 次: 2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 7-117-05585-5/R·5586

定 价: 18.00 元

著作权所有, 请勿擅自用本书制作各类出版物, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

致 辞

在许多发展中国家,空气质量管理方面的成效是经济和社会福利增长的基础。合理的空气质量管理也是增强公众健康的有效途径,因为空气污染会使呼吸道和心血管疾病门诊量、住院数和日常死亡数增加。最近对日常死亡的增加进行了估计,全球范围内有4%~8%的过早死亡是由于接触周围和室内环境中的颗粒物造成的。另外,大约20%~30%的呼吸道疾病是由周围和室内空气污染造成的,特别是室内空气污染。显然,没有清洁的空气,可靠的经济发展实际上是不可能的,社会冲突是不可避免的。

虽然在制定城市地区清洁空气实施计划方面取得了很大成绩,特别是在发达国家,但仍有许多生活在城市地区的居民——约15亿,或全球人口的25%——暴露于他们吸入空气中的高浓度气态和颗粒状化合物。现在大约有20亿人在室内使用明火做饭和取暖,从而受到相当高浓度的悬浮颗粒暴露,根据少量测定资料,其浓度是周围空气中浓度的10~20倍。空气污染的其他来源包括工业和汽车废气以及植被着火等。而且,人口增长率持续增加,在2000年左右可能达到高峰,到21世纪中期全球人口将是现在的2倍。大部分人口增长将出现在低收入国家,使他们原本不足的基础设施、技术力量和财力感到更为紧张。与此同时,城市化进程仍将继续,到2025年全球城市人口从约占总人口的45%增加到62%,将会出现人类活动所致污染物排放的密集中心。

WHO《空气质量准则》的主要目的是保护公众健康,免受空气污染影响,消除或最大限度地减少对有害污染物的接触。制定空气质量准则是为了帮助政府制定有法律效力的强制执行的空气质量标准,并对环境卫生管理机构和致力于保护人类免受环境空气污染之害的专业人士给以指导。

第6章提到的联合国环境和发展会议21世纪议程文件,关于人类健康和环境污染问题表述如下:

国家制定的这方面的行动计划,必要时要有国际协助、支持和协调,应包括:

(a)城市空气污染:

(i)为采用符合环保要求的生产程序和适宜的大众交通运输,需进行危险度评价和流行病学研究,以此为依据开发出适宜的污染控制技术。

(ii)扩大大城市空气污染的控制能力,把重点放在实施计划上,并视情况需要使用监测网。

(b)室内空气污染

(i)支持研究并制定用以降低室内空气污染的预防和控制措施的计划,包括为发展适当的技术而提供经济上的资助。

(ii)开展和实施健康教育运动,特别是在发展中国家,以降低家庭用煤和生物燃料造成的健康危害。

WHO的《空气质量准则》将有助于大大降低贫穷人口遭受的本可预防的残疾和过多死亡。也有助于抵御经济危机、不卫生环境和危险行为带来的潜在健康威胁。从这个意义上讲,准则有助于达到1999年世界卫生报告着重提出的两项关键性要求,为使健康成为一个基本人权做出了贡献。

Richard Helmer 博士
WHO 人类环境保护部主任

前 言

自 1950 年以来人们就一直在评估空气污染对人类健康带来的危害,并于 1958 年推导出了指导值。1987 年,WHO 欧洲地区办公室 EURO 出版了《欧洲空气质量准则》。自 1993 年以来,这份准则已经过修订与更新。1997 年 12 月在瑞士日内瓦召开了最近一次专家组工作会议,扩充了空气质量准则的篇幅,使其范围扩大,对空气质量评价和控制问题叙述更详细并应用于全球。《空气质量准则》一书是 WHO 专家工作组协商一致的结果。

《空气质量准则》为保护公众健康免受环境污染影响,以及消除或把已知或可能对人类健康和幸福有害的污染物降至最低提供了基础。为政府作出危险管理决定,特别是制定标准提供了相关的背景资料和指导。它还能够帮助政府实施当地的空气污染控制措施。

《空气质量准则》所定的值是指低于此值下的终生暴露或一定的平均时间内的暴露,不会造成明显的健康危害的污染水平。如果短期内超出了这些限值,并不意味着会出现负面影响,但这些效应的危险度是增加了。虽然《空气质量准则》定出的值是以健康或环境为依据的限值,但它们本身不是标准。空气质量标准是政府颁布的空气质量准则,其中也可能考虑了其他因素,例如,通常的暴露水平、天然本底污染、温度、湿度、高度等环境条件以及社会经济因素。

当由《空气质量准则》过渡到标准时,政策的选择要考虑保护多大比例的人口和哪些易感人群等。其他须考虑的事项还有:法律问题;判断形成不良效应的原因;危险人群的描述;暴露量-效应关系;暴露量的确定;危险度的评价及其可接受度;空气污染控制的成本-效益分析。

《空气质量准则》是为适应地区级空气污染的控制需要和在国家级和地区级改进立法、管理和指导方面的需要而编写的。WHO 希望准则会被广泛使用,并将在内容和结构改进方面做出继续努力。欢迎准则的使用者能够提供反馈和经验。请将相关意见和建议直接寄到 the Department of Protection of the Human Environment, Occupational and Environmental Health, World Health Organization, Geneva, Switzerland (传真: + 41 22-791 4123;电子信箱:schwelad@who.int)。

致 谢

WHO 感谢为编写《空气质量准则》做出贡献的所有人员。附件 5 中列出了起草文稿和参与审评的国际多学科小组成员。特别感谢 1997 年 12 月在瑞士日内瓦举行的世界卫生组织专家工作组会议和工作小组会议的主持人及会议主席:Robert Maynard 博士。感谢 Morton Lippmann 教授和 Bernd Seifert 教授主持了三个工作小组会。感谢 Frank Murray 博士,他担任了会议报告起草工作并审阅了会议文件草稿。感谢为 WHO 专家会议提供背景资料以及对会议成功召开做出贡献的所有人员:

Ursula Ackermann-Liebrich 教授,瑞士巴塞尔大学;
Amrit Aggarwal 博士,印度那格浦尔国立环境工程研究所;
Jonathan Bower 先生,英国 Culham 原子能局技术部;
Bingheng Chen 博士,瑞士日内瓦世界卫生组织;
Mostafa El-Desouky 博士,科威特卫生部;
Ruth Etzel 博士,美国佐治亚州亚特兰大疾病预防控制中心;
Hidekazu Fujimaki 博士,日本茨城国立环境研究所;
Kersten Gutschmidt 博士,瑞士日内瓦世界卫生组织;
Richard Helmer 博士,瑞士日内瓦世界卫生组织;
Michal Krzyzanowski 博士,荷兰 De Bilt 世界卫生组织欧洲环境与健康中心(ECEH);
Rolaf van Leeuwen 博士,荷兰 De Bilt 世界卫生组织欧洲环境与健康中心(ECEH);
Gerhard Leutert 先生,德国波恩联邦环境,森林和景观办公室;
Morton Lippmann 教授,美国纽约塔克西多纽约大学医学院;
Angela Mathee 女士,南非 Sandton 城市东部地下建筑部(约翰内斯堡);
Robert L. Maynard,英国伦敦卫生部;
Frank Murray 教授,澳大利亚默多克,默多克大学;
Mahmood Nasralla 教授,埃及开罗 Dokki 国立研究中心;
Roberto Romano 博士,泛美卫生组织/世界卫生组织美洲地区分部,美国华盛顿特区;
Isabelle Romieu 博士,美国佐治亚州亚特兰大疾病预防控制中心;
Dieter Schwela 博士,瑞士日内瓦世界卫生组织;
Bernd Seifert 教授,德国柏林联邦环境局水、土壤和空气卫生研究所;
Bimala Shrestha 博士,尼泊尔加德满都世界卫生组织代表处;
Kirk Smith 教授,美国加利福尼亚州伯克利,加利福尼亚大学;
Yasmin von Schirnding 博士,瑞士日内瓦世界卫生组织;
Gerhard Winneke 教授,德国杜塞尔多夫大学;
Ruqiu Ye 博士,中华人民共和国北京国家环境保护局;
Maged Younes 博士,瑞士日内瓦世界卫生组织。

特别感谢德国波恩环境部和瑞士伯尔尼联邦环境森林景观办公室,他们为 1997 年 12 月在瑞士日内瓦召开的 WHO 专家工作组会议提供了资助。

内 容 提 要

1. 概论

空气污染是一个重要的环境健康问题，它影响着世界每一个发达国家和发展中国家。在全球范围，具有潜在危害的气体 and 粒子向大气中的排放量日益增加，导致了对人类健康和环境的危害。它正在损害着我们这个星球赖以长期可持续发展所需的资源。

由于人类活动造成空气污染可分三大类：固定污染源、移动污染源和室内污染源。在发展中国家，使用明火做饭和取暖导致室内空气污染是一个严重问题。估计在发展中国家农村地区，由于悬浮颗粒造成的室内环境高浓度污染，每年可导致1,900,000人死亡，与此同时，由于大气中的悬浮颗粒和二氧化硫污染，每年会增加50万人死亡。虽然由于监测数据不全，室内空气数据可靠性略差，但此估计仍表明在发展中国家存在着严重的室内空气污染问题。

空气污染通常可分为悬浮颗粒污染（灰尘、烟尘、雾、吸烟）、气态污染（气体和挥发物）和气味污染。通常使用特定的粒径取样装置来测量空气中颗粒的质量浓度。可以测量粒径小于10微米的颗粒质量浓度（ PM_{10} ）作为能进入人体肺部颗粒的浓度指标。粒径小于2.5微米颗粒的质量浓度（ $PM_{2.5}$ ）是量度几种化学性质不同颗粒总重力浓度的指标，这些颗粒是进入环境空气，或在环境空气中形成的极小粒子。

尽管有一部分重叠，但一般来讲，细小和粗的颗粒有不同的来源和形成机制。像细菌、花粉和孢子这样的生物质认为是大的颗粒。细小和大的颗粒在大气中有不同的行为，在解释中心区监测值时，必须要考虑这些差别，进入人们停留大部分时间的家庭房间和工作间的颗粒，情况也一样。细小聚集型的颗粒要比粗的粒子在大气中停留的时间长（数天或数星期），细小颗粒会均匀扩散到整个城市或大的地理区域。粗的颗粒要比细小的粒子沉降的快；这样，在整个地区的浓度中，总的粗颗粒质量就没有小粒子均匀。

本书主要是针对那些公认会对健康造成威胁的气体 and 颗粒物。不同污染气体 and 颗粒对健康的威胁随时间浓度和距离有所变化，这表明国家之间，空气污染对健康的影响会有不同。所以，在产生可接受的效应估算之前，仔细监测污染气体浓度，以及颗粒粒径分布、浓度和组成是必要的。一些污染物会有相加作用，有的甚至会有协同作用，这会使情况更为复杂。

第一本WHO编写的有关空气质量准则的书是于1987年以《欧洲空气质量准则》的书名出版的。自1993年以来，根据1987年以后发表的文献对《欧洲空气质量准则》进行了修正和更新（WHO 1999a）。在修改过程中，还增加了对1,3-丁二烯、吸烟环境（ETS）、氟、人造玻璃纤维和铂的考虑。在审改欧洲空气质量准则的同时，还继续执行属于国际化学安全规划的环境健康标准系列，在1987到1998年期间，共审议了120多种化学成分和混合物的健康危险度。

WHO《欧洲空气质量准则》的基础是北美和欧洲发表的流行病学和毒理学文献。对发展中国家不同的环境空气颗粒浓度暴露的影响及不同的条件，并没有给予考虑，但是此准则的应用却是全世界范围的。考虑到发展中国家的不同情况，逐字引用WHO《欧洲空气质量准则》可能会产生错误导向。诸如高低温度、湿度、高度、本底浓度和营养状况等因素可能会对空气污染暴露人群的健康后果产生影响。为使WHO《欧洲空气质量准则》能在全球应用，1997年12月2~5日在WHO总部召开了专家工作组会议。这次会议的成果就是出版了这部适用于全球的空气质量准则。

出版WHO《空气质量准则》的目的是帮助有关国家制定自己国家的空气质量标准。本准则有技术上的灵活性，要考虑社会经济和文化上的制约。准则为保护公众健康，免受空气污染的负面影响，为消除空气污染，或把对人类健康有害的空气污染降至最低提供了基础。当然，本书也提到了空气质量管理手段。

2. 影响空气污染浓度的因素

地区空气污染浓度取决于污染源的强度及其扩散效率。每日浓度变化主要受气象条件影响，受源强变

化影响较小。在空气污染的扩散中风起着关键作用。对地面源，污染浓度与风速成反比。湍流也起重要作用：像楼群那样的起伏地域，会增加湍流，因而有利于污染扩散。

3. 污染暴露

一个人每日受到的空气污染总暴露量，是他在一天之中接触一系列环境（或称微环境）中空气污染的总和（即在家、上下班公交车上、街上等）。在每个这样的环境中受到的暴露量，是污染浓度与在此环境中停留时间的乘积。

对多项指标而言，可以认为，在中心地点测到的污染物浓度与社区中人体呼吸带处的浓度有很大差别。但现在，对许多这样的指标进行模式化处理，并被用来估算与周围空气浓度有关的剂量分布。

4. 空气污染对健康影响的显著性

新的流行病学研究数据库包括有 80 年代末到 90 年代的数据。这个时间顺序研究数据库首先在美国建立，随后在欧洲和其他地区建立。基本上，时间顺序法以日为分析单位，确立每日出现的诸如死亡、住院等事件与平均污染浓度的关系，同时要仔细考虑诸如季节、温度和星期几这样的干扰因素。采用强功能统计技术，求得日平均污染浓度与效应关系的系数。已经找到了颗粒、臭氧、二氧化硫、酸性气溶胶、二氧化氮以及一氧化碳等污染物日平均浓度与效应的关系。虽然每一这样污染物与效应的关系在所有研究中并不总是显著的，但是从整体上看，一致性还是明显的。许多研究都承认，对颗粒和臭氧而言，没有任何效应阈值。

5. 空气污染浓度和影响悬浮的因素

在《欧洲空气质量准则》（WHO 1999a）中已经广泛讨论了欧洲国家和美国环境空气中传统污染物的浓度。根据空气管理信息系统（AMIS）提供的发展中国家空气污染资料，发展中国家的环境空气污染水平浓度要高一个数量级。

在形式和浓度上，通常室内空气污染物与室外空气污染物有差别。室内污染物包括吸烟环境烟雾、生物颗粒、非生物颗粒、挥发有机成分、氮氧化物、铅、汞、一氧化碳、石棉、各种合成化学品及其他。室内空气质量的退化与健康效应息息相关，可从不舒服、发炎、慢性病理改变到癌症。

在全球范围，约有一半家庭使用的能源是生物燃料，用于取暖和做饭。生物燃料产生的烟中含有大量若干种重要污染物：一氧化碳、颗粒物、碳氢化合物以及少量的氮氧化物。生物燃料烟中有多种有机成分，包括有毒、致癌、致畸的多环芳烃（PAH）。在中国，燃煤是一种主要的室内空气污染源，煤烟中包括所有的污染物，除此之外还有氧化硫及铅等重金属。

生物燃料燃烧会使大量空中烟需流向通风不良的居住空间，这样的比例虽然没有掌握，但是肯定不小。所以最高的颗粒浓度和其他污染物往往出现在发展中国家农村室内环境中。由于高浓度污染并涉及大量人群，在发展中国家，许多重要污染物对人体的总暴露量，贫穷家庭室内可能比发达国家城市室外空气还要高。

就全球范围而言，高度、温度和湿度差别很大。随高度增加，氧的分压力要降低，作为代偿，呼吸就要增加。从颗粒角度，呼吸的增加会导致摄入气溶胶粒子增加。另一方面，在海平面，就不能期望气体污染的影响会增加。温度对健康也有明显影响，而湿度对气体污染物的毒性影响似乎不大。

国家间，人群年龄结构有很大差别。老人对空气污染的易感性更强。幼儿危险性也会增加。生活标准低的人群由于卫生条件差和居住拥挤，易患营养不良和传染性疾病，而且没有好的医疗条件，这些因素会使个体对空气污染效应易感性增强。导致气道狭窄的疾病，肺部气体交换表面积的减少，以及通气血流比改变的增加，都会使个体对空气污染程度的影响更为敏感。

6. 准则和标准的作用

制定《空气质量准则》的目的是为保护公众健康提供一个基础，使其免受空气污染的负面影响，并把已知或可能对人类健康产生有害影响的污染物清除或把其降至最低。准则将为制定空气质量标准的国家提供基本资料，当然它的作用远不限于此。不能把准则看做标准。在把准则变为标准的过程中，要考虑普遍的暴露水平和环境，国家或地区的社会、经济和文化条件。在一定情况下，可能会有充分的理由使标准值高于或低于准则给出的值。

《欧洲空气质量准则》的最新版本,采用了与1987年《欧洲空气质量准则》相同的方法。首先要计算多种污染物的总允许摄入量,然后根据不同的暴露途径再进行适当的划分。不再使用1987年准则曾用过的术语“防护系数”。使用不确定系数来考虑由动物到人的外推(另外还要计算人的当量浓度)和考虑个体差异。在药物动力学中具备种群内和种群间差异资料的情况下,要用由数据导出的不确定系数。在考虑待观察效应的性质和严重程度以及数据库的适用性时,还要用到另外的不确定系数。要为决策者提供有关大部分须考虑成分的剂量/暴露与效应关系方面的资料,根据准则使其清楚不同暴露水平的污染物可能带来的危害,并允许启动已报告的决策过程。对像铂这样的物质,就没有必要考虑准则值了,因为环境空气水平的暴露量远低于可观测到效应的最低水平。对其他像颗粒物(PM_{10})这样的物质,因为没有效应阈值,当然也就无法导出准则值。针对不同污染物水平对公众健康的有害影响,准则都给出了暴露-效应资料。

在更新致癌物资料的过程中,采取了比1987年空气质量准则更为灵活的办法。作为一种不完善的方法,对国际肿瘤研究机构(International Agency for Research on Cancer, IARC)的第1组(已证明的人类致癌物)和2A组(可能的人类致癌物,有证据但不多)物质,都进行了低剂量危险度的外推,对IARC的2B组(可能的人类致癌物,证据不充分)和第3组(未分类的化学品)的物质,使用了不确定系数。致癌物质的作用机理是评价方法的决定性因素。所以决定,如果存在致癌无阈值机理的证据,就可以用不确定系数来评价分在1组和2A组中的物质。同样,如果能证明动物致癌无阈值机理,则可用低剂量外推法来评价2B组中的物质。在选择外推模型方面也有一定灵活性,这取决于数据的适用性(包括生理基础药物动力学模型的数据)。作为一种不完善的方法,可选用线性多阶段模型。在进行低剂量危险度外推时,除要给出单位危险度估计外,还要计算出癌症附加危险度为1:10000, 1:100000和1:1000000时的相应水平。

7. 暴露-响应关系

准则强调的是流行病学数据。流行病学研究优于控制暴露研究,它能提供人群反应资料和对污染物与污染混合物实际暴露效应方面的资料。但是,与制定准则所用的控制暴露研究结果相比较,流行病学研究结果应用起来并不容易。

对粒子和臭氧而言,在修改准则中确定暴露-响应关系时,使用了线性假设。但是向适用数据以外的推导还需要谨慎从事,因为有证据显示,随着环境颗粒水平的上升,暴露-响应关系上升的没那么快。对臭氧而言,低浓度时的关系可能凹向上。如果在污染水平与准则适用范围有差异的国家应用此准则,考虑这一点很重要。

8. 从准则变为标准

空气质量标准是对管理当局认可、可实施的空气质量水平的描述。简言之,一项空气质量标准应该给出一种或多种浓度及其平均时间。还应该有暴露方式(如户外),为评价与标准一致性所用的监测、数据分析方法,以及质量保证和质量控制方面的要求等方面的内容。在制定空气质量标准中,要考虑的其他因素还包括污染效应的性质,是否为有代表性的负面健康效应,是否有处于危险中的特定人群。

制定空气质量标准只是进行空气质量管理战略的一部分。还需要立法,明确执行排放标准的管理责任,以及对超过标准的处罚等措施。在管理策略中,排放标准起着十分重要的作用,特别是把超过空气质量标准作为采取降低措施依据的情况下,更是如此。需要国家水平和地区水平的标准。在向公众通报空气质量情况时,空气质量标准也是很重要的。这样使用标准使它成为一把双刃剑,因为一般公众会认为,一旦超过了标准就会对健康产生负面效应。实际情况并非如此。

在把剂量-效应关系用到世界其他地区时,特别对颗粒物,由于下列原因要特别慎重:

- 1) 颗粒的化学成分。
- 2) 浓度范围。
- 3) 人群的敏感性。
- 4) 已建立的剂量-效应关系的局限性。

9. 成本-效益分析和其他因素

成本-效益分析是正式权衡降低空气污染所付代价与产生利益的一种分析方法。其概念是减少排放,

直至使成本与带来的效益达到平衡。采取降低措施付出的代价比较好定量,但使用非技术措施就不是这样了。但是在任何情况下,把获得的利益用钱数表示都比较困难。在降低发病率的一些方面,如减少使用医院设施,减少用药,比较容易用钱数表示,其他像早产死亡和症状方面就不容易了。曾建议使用基于“自愿支付”的钱数算法,并已成为许多保健经济学家所接受。显然此法只适合于以降低产量,减少收入或住院花费为指数的情况。

在制定国家空气质量标准时,除要考虑钱的因素以外,还要考虑其他因素。这些因素包括一个国家为达到和维持空气质量符合标准所需的技术能力,采用标准保证群众的成本-效益平衡的社会影响,以及环境的成本与效益。

10. 以健康为基础的准则

为了制定以健康为基础的空气质量准则,关键的空气污染物,亦称“传统”空气污染物-二氧化硫、二氧化氮、一氧化碳、臭氧、悬浮颗粒物和铅,对它们的健康危险估计及推荐的准则值要做简要介绍。特别是对直径小于10微米的悬浮粒子(PM_{10})和直径小于2.5微米的悬浮粒子($PM_{2.5}$)。准则值在第3章中的表3.1到3.5和图3.1到3.9中给出。其他许多空气污染物(包括致癌物和非致癌物)的资料也汇总在综合表中了。

11. 传统空气污染物: WHO《欧洲空气质量准则》在世界范围的应用

在制定WHO《欧洲空气质量准则》时,对一些物质曾作过一些假设,这些假设对世界其他部分未必适用。例如,一些污染物不同暴露途径的重要性在国家间可能差别很大。要知道如果把这些因素考虑在内,就会得到不同的准则值。对许多污染物,都给出了假设的单位危险度(UR)。做出这些假设也考虑了不同暴露路径的相对重要性。

重要的是,在制定本地区准则或标准时,管理当局要对WHO《空气质量准则》中规定的准则值是否适合本地情况做出评估。

12. 室内空气质量

在评价空气污染危险度时,室内空间是很重要的微环境。对许多空气污染物而言,日常大部分暴露都来自室内吸入,这是由在室内的停留时间,或污染浓度水平所决定的。建筑物内部的空气质量受许多因素影响。为了节约能源,现代建筑设计倾向于更为密封的结构,通风率很低。相反,在世界的一些地区,惟一使用的是自然通风,在其他一些地区,机械通风比较普遍。在现代建筑物中,大部分污染问题来自低的通风率,以及使用能散发出大量污染物的产品和材料,而许多发展中国家居民面临的问题,与人类的活动,特别是燃烧过程,产生的污染有关。

如果只考虑空气污染的健康问题,吸入室外或室内空气中的污染物区别不大。但是,室外和室内空气中的污染混合物组成有重要差别。例如,室外空气中主要是汽车排放的尾气,而室内空气污染主要来自吸烟的烟雾或做饭时生物燃料的燃烧。在制定空气污染准则时,并没有考虑所有这些成分。所以准则未必适用于所有情况,使用时要谨慎,避免错误解释。

13. 环境空气质量监测与评价

主要有三种空气质量评价手段:1)环境监测;2)模型;3)排放调查/测量。

监测的最终目的不仅是收集数据,还要为科技人员、决策者、制定计划人员提供相关资料,以使它们能做出明智的管理和改进环境的决定。在这一过程中,监测起着核心作用。它为制定政策和战略、确定目标、使目的与采取的措施保持一致提供了科学依据。但是,也应该认识到监测的局限性。我们资助和设计的监测计划,没有一项能对空气污染的空间和时间方面给出广泛的定量描述。在许多情况下,完全确定一个城市或国家居民暴露情况,只进行测量是不够的,也是不实际的。所以,通常须把监测与其他客观评价技术结合起来应用,这包括模型、排放测量和调查、内插和做图。在最好情况下,监测能给出不完全的,但是有用的现实环境质量情况。

单纯依靠模型同样是不可取的。虽然模型为内插,预测和控制战略最优化提供了有力的工具,但是除非它被真实的监测数据所证实,否则是没有用的。重要的是,所用的模型都只适用于局部条件、污染源和地形,是根据与排放和气象数据一致的精神选择的。许多模型都取决于可靠排放数据的适用性。

对一个城市或国家进行完整的排放调查, 需要包括点排放源、面排放源和移动排放源。在某些情况下, 需要考虑评价外来污染物传输到研究地区产生的影响。在大多数情况下, 要用适合于不同源相的排放因子(通过测量证实)来评估调查计划, 并与人口密度, 燃料的使用, 运输里程或工业产量等代用统计量结合起来使用。排放测量通常只适用于大的工业点源, 或来自在标准行驶条件下有代表性的交通工具的污染。

三种评价手段在范围和应用方面是互相依存的。所以在任何暴露评价的整体方案中, 或在判断与空气质量标准的一致性方面, 应该把监测、模型和排放评价看做是互补的成分。

14. 环境空气质量管理

国际和国家对所有形式空气污染的管理政策, 必须遵循一些基本原则。1983 年联合国大会成立了以 Gro Harlem Brundtland 为首的世界环境与发展委员会, 这是一个全球范围内的重要开端。委员会产生的报告题目是《我们共同的未来》, 已提交 1987 年联合国大会并获得通过。这一文件把环境问题带入了世界舞台, 影响很大, 它表达的一些思想对空气质量管理很有影响。

Brundtland 委员会建议, 为了满足世界人民的正当需求而又不破坏环境, 需要可持续发展。可持续发展的定义是: 既满足当代人的需要, 又不对后代人满足其需要的能力构成危害的发展。这一思想已被包括在整体环境政策和经济发展的明确概念之中。

在 Brundtland 委员会成立之后, 联合国环境和发展会议于 1992 年在里约热内卢举行。其目的是摆正可持续发展现实基础的位置。21 世纪议程文件和里约热内卢宣言是这次会议的最显著结果。21 世纪议程文件涉及的可持续发展不应局限于国家之内, 国家的实施要经可持续发展委员会和联合国大会审议。21 世纪议程文件支持多项环境管理原则, 这是政府空气质量管理等政策的基础。这些包括:

防范原则 当危害环境后果的可能性很清楚时, 就应该采取保护环境的措施, 不必再等待环境危害的全部科学证据。

污染者偿付原则 有关污染的全部费用(包括监测、管理、清除和监督)都要由污染源负责单位支付。

此外, 许多国家还采用预防污染原则, 其目的是减少来自污染源的污染。

国家政府有责任把其国内的环境问题向国际通报, 这样在世界范围内能充分交流空气质量信息。

政府的政策架构是空气质量管理的基礎。没有适宜的政策架构和适当的立法, 很难维持一项积极的或成功的空气质量管理规划。政策架构涉及交通、能源、规划、发展和其他方面的政策, 还涉及环境政策。如果政府内部政策衔接无问题, 如果对涉及不同领域政府政策的问题, 存在协调反应机制, 那么空气质量目标就很容易达到。许多发达国家采取措施, 以达到涉及卫生、能源、交通和其他方面的空气质量总体政策目标。

一般来说, 空气质量管理的目的在于维护空气质量, 保护人类健康。目标是把空气质量维持在保护人类健康的水平, 与此同时, 还要保护动物、植物(作物、森林、天然草场)、生态系统、设备和景观, 如天然能见度等。政策和策略需要不断发展, 以达到空气质量目标。

15. 室内空气质量管理

大部分人都在室内度过大部分时间, 他们在室内接受的是低质量空气暴露。污染和室内空气恶化会导致疾病, 增加死亡率, 降低生育率, 还会造成严重的经济和社会影响。健康效应包括癌症发病率、肺部疾病、过敏和哮喘的增加, 以及产生致命的环境, 如一氧化碳中毒和军团菌病, 这在 4.1 节中要谈到。这些疾病造成的医疗和社会代价, 以及与此相关的人类生育降低, 都会造成巨大的经济损失。

室内空气质量问题对所有类型的建筑物都有影响, 这包括民居、学校、办公室、保健设施和其他公共和商用建筑。通过良好的城市规划、设计和运作, 以及对建筑物、材料和建筑物中设备的维护, 可以减少室内空气存在的问题。

本书考虑了发达国家的室内空气质量管理问题, 在某种程度上也考虑了发展中国家的问题, 而后把焦点集中在一个重要和普遍的问题上: 即在发展中国家如何处理生物燃料燃烧带来的室内空气质量问题。

16. 确定空气质量管理的优先顺序

在如何合理确定空气质量管理的优先顺序方面，对一些国家给予指导是很重要的。实际上，每个国家都有各自不同的优先顺序，所以不同国家要根据自己的政策目标、需要和能力来确定自己的优先顺序。确定空气质量管理的优先顺序，须参照要避免的健康危险的先后顺序，相应空气污染成分的先后顺序，以及最重要污染源的浓度。概念上，健康危险的优先顺序比较直观。高度健康危险性指那些人们遇到的“高”毒，“高”暴露的成分。相反，“低”毒性，“低”暴露污染物带来的健康危险最小。处于“中间”状态的可包括那些在毒性或暴露方面是“低”的，而在另一方面是“高”的污染物。

需要一个政治、法规和管理方法方面的体系，以保证推导空气质量标准的一致性和透明度，并作为采取降低危险度措施和废止策略的决策基础。在此体系中应考虑下列因素：

- 法律方面。
- 在考虑危险人群的情况下，空气污染导致对健康产生负面影响的可能性。
- 污染物和污染混合物的暴露-反应关系，以及与健康 and/或环境危险有关的实际暴露责任。
- 危险的可接受性。
- 成本-效益分析。
- 风险承担者应参与标准的制定。

17. 空气质量标准的实施：清洁空气执行计划

执行空气质量标准的目的是对控制排放源行动的必要性进行评估，使其与标准一致。用以达到这一目标的手段是清洁空气执行计划（CAIPs）。此计划的大纲应由管理政策和策略来定。清洁空气执行计划是上世纪70年代到80年代在几个发达国家发展起来的。由于多种不同类型污染物的许多污染源，使空气污染具有不同特点。因此，评价单一污染源，甚至一组污染源，对公众健康危险度的影响是非常困难的。结果，根据污染者偿付原则（第6章），建立了灵活的方法以评价排放源、空气污染浓度、健康和环境效应以及控制措施。一个典型的清洁空气执行计划（CAIP）包括：

地区概述；排放调查；监测与模拟的空气污染浓度调查；把排放与空气质量标准或准则进行比较；对公众健康和环境效应的调查；对效应及单个排放源的构成进行归因分析；控制措施及其花费；交通和土地使用规划；实施程序；资金保证；未来规划。

在发展中国家，空气污染的特点通常是只有几种类型的大量污染源，或有时是几个污染源。运用发达国家取得的经验，采取控制措施通常效果明显。所以，在只有很少监测数据可用的情况下，较少的监测就足够了，用扩散模型可帮助模拟污染浓度的空间分布。必须发展一种非常简化的CAIP，以用于发展中国家或过渡国家的城市。现在，在发展中国家的许多城市中，主要排放源是老式汽车和一些工业污染源，诸如发电厂、砖窑、水泥厂及其他。通过快速排放调查，可以确定对空气污染的相对作用。此调查中使用的排放系数已公开发表，也可用相应的个人计算机程序，以对排放和环境空气浓度进行估计，还可估计可能的控制措施产生的影响。用此程序也可评估未来计划。

目 录

致辞

前言

致谢

内容提要

1 绪论	1
2 空气质量与健康	3
2.1 基本情况	3
2.1.1 空气污染的物理化学性质及表示空气污染浓度的单位	3
2.1.2 空气污染源	6
2.1.3 影响空气污染物浓度的因素	6
2.1.4 空气污染暴露量	7
2.1.5 空气污染对健康的影响	7
2.2 空气污染浓度和影响敏感度的因素	8
2.2.1 环境空气中传统污染物的浓度	9
2.2.2 影响对室内空气污染敏感性的因素	11
2.2.3 气象因素	11
2.2.4 人口统计学因素	11
2.2.5 社会经济因素	11
2.2.6 人群中不同发病情况的影响	12
2.2.7 空气污染程度的特殊差别	12
2.3 空气污染物暴露量	12
2.4 准则和标准的作用	14
2.4.1 1987 年 WHO《欧洲空气质量准则》	14
2.4.2 准则制定过程	16
2.4.3 暴露量-响应关系	16
2.4.4 由准则到标准	17
2.4.5 制定空气质量标准需考虑的因素	17
2.4.6 不确定因子	18
2.4.7 成本-效益分析及其他因素	18
3 以健康为基础的准则	20
3.1 重要空气污染物	20
3.2 其他空气污染物	30
3.3 传统空气污染物: WHO《欧洲空气质量准则》在世界范围的适用性	36
3.4 WHO 地区分部关于空气污染物对健康影响的研究	36

4	室内空气质量	43
4.1	发达国家的室内空气污染	43
4.1.1	重要室内空气污染物及其来源	43
4.1.2	室内空气污染物的浓度	43
4.1.3	健康影响和症状	45
4.2	发展中国家的室内空气质量	45
4.2.1	排放物	46
4.2.2	浓度	46
4.2.3	暴露量	46
4.2.4	健康效应	46
4.2.5	对室内空气污染物暴露应用空气质量准则	48
5	环境空气质量的监测与评价	50
5.1	评价手段和功能	50
5.2	监测目的	51
5.3	质量保证和质量控制 (QA/QC)	52
5.4	监测网设计	53
5.4.1	资源限制和问题	53
5.4.2	测量点数目与选择	54
5.4.3	取样策略和体系	56
5.5	仪器问题	56
5.6	把数据变为信息	58
5.7	重要污染物及测量方法	58
6	空气质量管理	64
6.1	引言	64
6.1.1	环境空气质量管理策略	64
6.1.2	环境空气质量管理发展步骤	65
6.1.3	排放源调查	66
6.1.4	气象和数学模型	67
6.1.5	排放控制方法	67
6.1.6	控制方案评估	69
6.1.7	点污染源控制	69
6.1.8	移动污染源控制	71
6.1.9	面积污染源控制	72
6.1.10	“非传统”空气污染物	73
6.1.11	宣传教育和沟通	73
6.1.12	国际空气质量管理	73
6.2	室内空气质量管理	74
6.2.1	发达国家的室内空气质量管理	74
6.2.2	解决室内空气质量问题	76
6.2.3	发展中国家的室内空气质量管理	78
7	确定空气质量管理中的优先顺序	81

7.1 引言	81
7.2 法律方面	82
7.3 负面健康效应	82
7.4 危险人群	83
7.5 暴露量-响应关系	83
7.6 暴露特点	83
7.7 危险度评价	83
7.8 可接受的危险度	84
7.9 成本-效益分析	84
7.10 标准制定过程中的审议	85
7.11 贯彻空气质量标准：清洁空气实施计划	85
附录1 参考文献	87
附录2 缩写	101
附录3 术语汇编	105
附录4 环境健康标准文件索引	114
附录5 参与人员名单	119

1 绪论

空气污染是一个影响着世界发达国家和发展中国家的主要环境健康问题。具有潜在危害的气体 and 颗粒向全球大气的排放量日益增加，导致了对人类健康和环境的危害。也损害了我们这个星球长期可持续发展所必须的资源。

由于人类活动形成的空气污染源可分为三大类。

固定污染源。又可细分为：

乡村地区污染源，如农业生产、采矿和采石业。

工业点和地区污染源，如化学制造业、非金属矿产品生产、基础冶炼工业、发电厂。

社区污染源，如家庭和建筑物内的取暖、城市垃圾和污物焚化炉、壁炉、烹调设备、洗衣店和清洗车间。

移动污染源。这包括任何形式的内燃机车辆，如轻型汽车、轻型和重型柴油车、摩托车、飞机以及像交通运输产生的飘尘那样的线性污染源。

室内污染源。这包括吸烟产生的烟雾、生物污染源（像花粉、螨虫、霉菌、昆虫、微生物、宠物过敏物等）、燃烧排放、室内材料和物质的排放，如挥发有机成分，铅、汞、石棉、各种化学合成物及其他。

此外，还有一些天然污染源，如风蚀区、火山、释放大量花粉的植物、细菌、孢子和病毒等的产生地等。在本书中将不讨论这些天然物理的和生物污染源。

近年来，人们越来越清楚地认识到，用明火做饭和取暖造成的室内空气污染，是发展中国家的一个严重问题。据估计，每年约有 2 800 000 人死于室内空气环境中高浓度悬浮颗粒的暴露；由于环境空气中悬浮颗粒和二氧化硫的暴露，每年可使死亡数增加 500 000 人（Murray and Lopez 1996; Schwela 1996a; WHO1997a）。虽然缺乏监测结果，使室内空气数据库数据不足，但这些估计已经表明，发展中国家可能存在着严重的室内空气污染问题。

通常把空气污染物分为：悬浮颗粒物（灰尘、烟尘、雾、香烟）、气态污染物（气体和气化物）和气味污染物。

悬浮颗粒物（SPM）指悬浮在空气中的粒子，包括总悬浮颗粒物（TSP）、 PM_{10} （中位空气动力学直径小于 $10\mu m$ 的悬浮颗粒）、 $PM_{2.5}$ （中位空气动力学直径小于 $2.5\mu m$ 的悬浮颗粒）、细小和超细粒子、柴油机废气、煤尘、矿物粉尘（如煤、石棉、石灰石、水泥）、金属颗粒和粉尘（如锌、铜、铁、铅）、酸雾（如硫酸）、氟粒子、油漆颜料、农药喷雾、碳粒、油烟和其他多种。悬浮颗粒物污染会诱发呼吸系统疾病，引起癌症，造成腐蚀，毁坏植物。悬浮颗粒还会形成污垢（即积累污垢），妨碍阳光（即烟雾散射光线）并对吸附化学反应起表面催化作用。

气态污染物：气态污染物包括硫化物（如二氧化硫（ SO_2 ）、三氧化硫（ SO_3 ））、一氧化碳（CO）、氮氧化物（如一氧化氮（NO）、二氧化氮（ NO_2 ））、氨（ NH_3 ）、有机成分（如碳氢化合物（HC）、挥发有机成分（VOC）、多环芳香烃（PAH），以及卤素衍生物，乙醛等）、卤素成分（HF 和 HCl）和气味物质。

还可通过热、化学或光化学反应形成二次污染物。如通过热反应， SO_2 可以氧化成不溶于水的 SO_3 ，形成硫酸雾（通过锰铁氧化物的催化）。 NO_x 和活泼的碳氢化合物之间的光化学反应，会形成臭氧（ O_3 ）、甲醛（HCHO）和硝酸过氧化乙酰（PAN）；HCl 和 HCHO 之间的反应，会生成双氯甲基乙醚。

气味：有些气味是特定的化学物质产生的，如硫化氢（ H_2S ），二硫化碳（ CS_2 ）和硫醇（ R-SH ， R_1SR_2 ），其他气味难以用化学方法确定。

一项空气污染浓度调查汇总了环境空气污染物的监测结果。数据以年平均值、百分比和测量参数趋势表示。在大多数发达国家中，这种调查测量的成分有 SO_2 、氮氧化物（ NO_x ）、SMP、CO、 O_3 、重金属、PAH 和 VOC。在发展中国家，通常监测的“传统”污染物有： SO_2 、 NO_x 、SPM、CO、 O_3 和铅。

空气污染物暴露趋势，通常用年算术或几何平均值表示，短期暴露统计量有高百分位，或样品的最大或次最大值。本书考虑的“传统”污染物一般情况是：在发达国家， SO_2 和 SPM 的浓度在降低，而 NO_x 和 O_3 的浓度维持不变或略有升高（UNEP/WHO 1992）。在许多转型和发展中国家，由于燃烧增加的结果，使 SO_2 和 SPM 的浓度有所增加，由于交通工具排放的增加，使 NO_x 和 O_3 也增加了，以 O_3 为代表，工业来源的 VOC 排放也增加了。

WHO 的空气质量准则首先是作为《欧洲空气质量准则》于 1987 年出版的。自 1993 年以来，在查阅了 1987 年以来发表过的文献（WHO 1992a, WHO 1994a, WHO 1995a, WHO 1995b, WHO 1995c, WHO 1996a, WHO 1998a, WHO 1999a,）之后，又对《欧洲空气质量准则》进行了修改和内容更新。在审阅过程中，考虑了如下的一些新成分：1, 3 丁二烯、吸烟环境（ETS）、氟、人造玻璃纤维（MMVF）和铂。在审阅《欧洲空气质量准则》的同时，继续执行国际化学品安全规划署的环境健康标准系列，在 1987 年至 1998 年期间，共审评了 120 多种化学品及其混合物的健康危险度。

在 1973 年到 1995 年期间，WHO/UNEP 的全球环境/空气污染监测系统/空气污染（GEMS/Air）仍在运作，评估了环境空气污染趋势（UNEP 1993）。GEMS/Air 规划已被 WHO 健康城市规划中的空气管理信息系统（AMIS）所取代。AMIS 起一个信息平台的作用，它由参加者那里收集空气质量管理中各种问题的信息，然后通过 WHO 信息中心再把这些信息发布出去。已经建立了几个数据库（WHO 1997b; WHO 1998b）。AMIS 环境空气污染浓度核心数据库包括有数据摘要，提供世界 100 多个城市的年平均值，超过 WHO 空气质量准则的百分比和天数。空气质量准则和空气质量标准数据库包括来自约 60 个国家的数据。空气污染管理能力数据库包括有来自 70 个城市的数据。AMIS 数据库的重点在于帮助不同的 AMIS 参加国相互联系。室内空气污染浓度数据库和噪音数据库已经建成并将于近期开始工作。

欧洲和北美已发表的流行病和毒理学文献是 WHO 欧洲空气质量准则（WHO 1987）的基础。他们并没有考虑发展中国家的环境空气浓度暴露和这些国家的不同状况。但是此准则却企图用于全世界。从发展中国家的不同条件来看，刻板应用 WHO 欧洲空气质量准则可能是不合适的。有些因素，如高、低温度、湿度、海拔高度、本底浓度以及营养状态，都影响着人群受空气污染暴露的健康后果。为了使 WHO《欧洲空气质量准则》能在世界范围应用，于 1997 年 12 月 2~5 日在 WHO 总部召开了专题组会议。这次会议的结果就是出版这本适用于全球的《空气质量准则》。

WHO《空气质量准则》的目的在于帮助各国制定自己国家的空气质量标准，以保护公众健康免受空气污染之苦。准则在技术上是比较灵活的，要考虑社会-经济和文化方面的制约。准则为保护公众健康，免受空气污染的负面影响提供了基础，为把对人类健康有害的空气污染物减少到最低提供了基础。当然，在本书中也谈到了空气质量管理设备。