



空气质量管理

分册 5a

可持续交通: 发展中城市决策者手册

资料手册简介

可持续发展的交通:发展中城市政策制定者资料手册

本套资料手册是什么?

本书是一套关于可持续城市交通的资料手册,阐述了发展中城市可持续交通政策框架的关键领域。这套资料手册由超过31本的分册构成,其内容将在后面提及。此外,作为本套资料手册的补充,还配有一系列的培训文件及其它资料,可以从<http://www.sutp.org>(中国用户使用<http://www.sutp.cn>)上调阅。

供什么人使用?

本书的使用对象是发展中城市的决策者及其顾问。这个目标读者群会在本书的内容中体现,本书内容还提供了供一定范围内发展中城市使用的合适的政策工具。此外,学术部门(例如大学)也会从本书中获益。

应当如何使用?

本书可以有多种使用方法。若为印刷版,本套手册应当保存在同一处,各个分册分别提供给涉及城市交通工作的官员。本书还可以方便地改编,供正规的短期培训使用;还可以用作城市交通领域编制教材或其他培训课程的指南。GIZ(德国技术合作公司)正在为所选择的分册精心制作成套的训练材料,从2004年10月起全部可以在<http://www.sutp.org>或<http://www.sutp.cn>上调阅。

本书有哪些主要特点?

本书的主要特点包括以下各项:

- 可操作性强,集中讨论规划和协调过程中的最佳做法,并尽可能地列举了发展中城市的成功经验。
- 本书的撰写人员,都是各自领域中顶尖的专家。
- 采用彩色排版,引人入胜,通俗易懂。
- 在尽可能的情况下,采用非专业性语言,在必须使用专业术语的地方,提供了详尽的解释。
- 可以通过互联网更新。

怎样才能得到一套资料手册?

在<http://www.sutp.org>或<http://www.sutp.cn>上可以找到这些分册的电子版(PDF格式)。由于所有分册的经常更新,已经没有英文版本的印刷版。前20本分册的中文印刷版由人民交通出版社出版,并在中国地区出售。如有任何关于分册使用方面的问题可以直接发邮件至

sutp@sutp.org或transport@giz.de。

怎样发表评论,或是提供反馈意见?

任何有关本套资料手册的意见或建议。可以发送电子邮件至: sutp@sutp.org; transport@giz.de, 或是邮寄到:

Manfred Breithaupt
GIZ, Division 44
P. O. Box 5180
65726 Eschborn, Germany(德国)

其他分册与资料

今后的其他分册将涉及以下领域: 发展中城市的停车管理以及城市货运。其他资料正在准备过程之中,目前可以提供的有关于城市交通图片的CD-ROMs光盘和DVD(一些图片已上传到<http://www.sutp.org> - 图片区)。在<http://www.sutp.org>上还可以找到相关链接、参考文献以及400多个文件和报告(中国用户使用<http://www.sutp.cn>)。

分册及作者

各分册及撰写人

- (i). 资料手册概述及城市交通的交叉性问题
(德国技术合作公司GTZ)

机构及政策导向

- 1a. 城市发展政策中交通的作用
(安里奇·佩纳洛萨Enrique Penalosa)
- 1b. 城市交通机构(理查德·米金Richard Meakin)
- 1c. 私营公司参与城市交通基础设施建设
(克里斯托弗·齐格拉斯Christopher Zegras,
麻省理工学院)
- 1d. 经济手段(曼弗雷德·
布雷思奥普特Manfred Breithaupt, GTZ)
- 1e. 提高公众在可持续城市交通方面的意识
(卡尔·弗杰斯特罗姆Karl Fjellstrom,
Carlos F. Pardo, GTZ)
- 1f. 可持续城市交通的融资
(Ko Sakamoto, 英国交通运输研究室)
- 1g. 发展中城市的都市货运
(伯恩哈德·O·赫佐格Bernhard O. Herzog)

土地利用规划与需求管理

- 2a. 土地利用规划与城市交通(鲁道夫·彼特森
Rudolf Petersen, 乌普塔尔研究所)
- 2b. 出行管理(托德·李特曼Todd Litman, VTPI)
- 2c. 停车管理: 为创建宜居城市做出贡献
(Tom Rye)

公共交通, 步行与自行车

- 3a. 大运力公交客运系统的方案
(劳伊德·赖特Lloyd Wright, ITDP; GTZ)
- 3b. 快速公交系统
(劳伊德·赖特Lloyd Wright, ITDP)
- 3c. 公共交通的管理与规划
(理查德·米金Richard Meakin)
- 3d. 非机动车方式的保护与发展
(瓦尔特·胡克Walter Hook, ITDP)
- 3e. 无小汽车发展
(劳伊德·赖特Lloyd Wright, ITDP)

车辆与燃料

- 4a. 清洁燃料和车辆技术(迈克尔·瓦尔什
Michael Walsh; 雷恩哈特·科尔克Reinhard
Kolke, Umweltbundesamt—UBA)
- 4b. 检验维护和车辆性能
(雷恩哈特·科尔克Reinhard Kolke, UBA)
- 4c. 两轮车与三轮车(杰腾德拉·沙赫Jitendra
Shah, 世界银行; N. V. Iyer, Bajaj Auto)
- 4d. 天然气车辆(MVV InnoTec)
- 4e. 智能交通系统(Phil Sayeg, TRA;
Phil Charles, University of Queensland)
- 4f. 节约型驾驶(VTL; Manfred Breithaupt, Oliver
Eberz, GTZ)

对环境与健康的影响

- 5a. 空气质量管理(戴特里奇·
施维拉Dietrich Schwela, 世界卫生组织)
- 5b. 城市道路安全(杰克林·拉克罗伊克斯
Jacqueline Lacroix, DVR;
戴维·西尔科克David Silcock, GRSP)
- 5c. 噪声及其控制
(中国香港思汇政策研究所; GTZ; UBA)
- 5d. 交通领域的清洁发展机制(Jürg M. Grütter)
- 5e. 交通与气候变化(Holger Dalkmann,
Charlotte Brannigan, C4S/TRL)
- 5f. 让城市交通适应气候变化
(Urda Eichhorst, 女士现为德国)
- 5g. 城市交通与健康
(Carlos Dora, Jamie Hosking,
Pierpaolo Mudu, Elaine Ruth Fletcher)
- 5h. 城市交通与能源效率
(Susanne Boehler, Hanna Hueging)

资料

6. 供政策制定者使用的资源(GTZ)

城市交通的社会和交叉性问题

- 7a. 性别与城市交通
(Mika Kunieda, Aimée Gauthier)

作者简介

戴特里奇·施维拉 (Dietrich Schwela) 博士是一位物理学家。1974年, 他开始在德国的北莱茵河威斯特伐利亚空气污染中心工作。在这段时间里, 他在空气质量管理包括排放总量、模型发布、浓度总量、空气污染对人类、植物和资源的危害、环境影响评估等方面都获得了大量经验。在与医学院的合作中, 在空气净化的框架内, 他通过统计学的方法来系统地研究流行病学。1994年春天, 施维拉博士加入了设在日内瓦的世界卫生组织, 作为空气污染方面的科学家, 专职研究环境卫生项目。他负责WHO空气污染和健康标准化工作, 包括室内外空气质量标准、公共噪音标准、植被火灾的健康标准、室内生物物质标准。他还负责WHO成员国的健康和防治空气污染能力的培养和建设。2005年4月他加入了斯德哥尔摩环境研究所致力于“可持续性执行小组”的工作。

其他作者

阿德里安 (荷恩克)·范德维尔 (Adriaan (Henk) van der Wiele) 是一位化学家。他曾在澳大利亚和国际范围内从事工业项目环境影响的评估和管理工作, 时间长达二十二年, 具有丰富的工作经验。他还在西澳大利亚环境保护部门工作过。荷恩克先生曾任印度尼西亚政府的空气质量顾问, 帮助进行空气质量管理的建设, 他曾在中东和亚太地区工作过, 荷恩克先生目前是一个环境咨询组织的合作者和首席顾问。

分册 5a:

空气质量

免责声明

本文件中的调查结果、解释及结论基于德国国际合作机构及其顾问、合作方和捐助方收集的信息。

德国国际合作机构不保证本文件所含信息的准确性和完整性，亦不对由使用本文件产生的任何错误、遗漏或损失负责

作者: Dietrich Schwela
(Stockholm Environment Institute – SEI,
previously World Health Organization)
With additional contributions by
Adriaan (Henk) van der Wiele
(ATA Environmental)

编辑: 德国技术合作公司(GIZ)
Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
P. O. Box 5180
65726 Eschborn, Germany (德国)
<http://www.giz.de>

第44部: 水, 能源, 交通
部门项目 “交通政策咨询服务”

委托机构
德国联邦政府经济合作与发展部
Bundesministerium für wirtschaftliche
Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ)
Friedrich-Ebert-Allee 40
53113 Bonn, Germany (德国)
<http://www.bmz.de>

经理: Manfred Breithaupt, Andy Obermeyer

封面图片: Courtesy of Dietrich Schwela, SEI (Hong Kong traffic and cement factory in South Africa), Prof. J. Goldammer, University of Freiburg (fires in Ethiopia, courtesy Global Fire Monitoring Centre), Jan Schwaab (motorcycles in motion) and the remainder by Karl Fjellstrom.

翻译: 新版修订部分由王永华翻译完成。文本翻译及使用中出现的错误、遗漏及损失均与德国国际合作机构无关。

排版: Klaus Neumann, SDS, G.C.

编辑: 本分册是GIZ 2009年10月出版的《可持续发展的交通:发展中城市政策制定者资料手册》的一部分。

Eschborn, 2002/2004 (revised October 2009)

目录

1. 前言	1
2. 基本情况	2
2.1 空气污染管理的重要性	2
2.2 大气污染物的主要种类	5
2.3 大气污染对人体不同部位健康影响的分类	5
2.4 新出现的问题: 噪声	8
3. 空气质量管理	8
3.1 介绍	8
3.2 空气质量管理的战略目标	9
3.3 排放清单	12
3.4 空气质量的监测和评价	15
3.5 空气质量模拟	19
3.6 城市空气质量管理能力的基准	21
4. 发展中城市排放的控制手段	24
4.1 管理与控制	24
4.2 控制方案的评价	25
4.3 点源的控制	25
4.4 移动源的控制	27
4.5 面源的控制	31
5. 教育和交流	32
6. 空气质量管理的优先级设置	32
6.1 简介	32
6.2 法律方面	33
6.3 对健康的负面影响	33
6.4 风险人群	34
6.5 暴露——响应关系	34
6.6 暴露描述	35
6.7 风险评估	35
6.8 风险的可接受性	35
6.9 成本——效益分析	35
6.10 标准制定过程的回顾	36
6.11 空气质量标准的执行: 清洁空气实施计划	37
7. 国际计划和特定城市计划	38
7.1 联合国人居环境中心/联合国环境规划署	38
7.2 世界气象组织	38
7.3 联合国环境规划署/世界卫生组织: 全球环境监测系统/空气 (GEMS/AIR)	38
7.4 世界卫生组织: 空气管理信息系统	39
7.5 世界银行: 城市空气质量管理战略 (URBAIR)	41
7.6 世界银行: 清洁空气计划	42
7.7 联合国环境署/世界卫生组织/斯德哥尔摩环境协会/韩国环境协会: 亚洲主要城市的空气污染	42
8. 结论	43
References	44

1. 前言

1.1 本分册的目标

此部分的目标是为了帮助发展中国家的政策制定者及其顾问们在信息有限的情况下能采用最佳的方式来减少空气污染的程度。这份材料参照了世界各国的情况,并对发展中国家在如何建立合法可行的空气质量标准和简化清洁空气实施行动方面提供建议。

本分册从针对立法方面需要考虑的因素,如何定义影响人群受到的不利影响、怎样应用暴露-响应之间的关系以及评价风险可被接受的程度等问题提供了建议。它也描述了在不同的地域、社会、经济、文化的情况下如何确定空气污染对健康的不利影响,怎样强化实施空气质量标准的能力。此部分还论述了在城市空气质量管理中需要考虑的因素,以及各个国家和国际机构、项目计划中对城市空气质量管理的建议和指南。

1.2 概论

城市空气污染对人类健康的不利影响主要包括四个方面:

- 化学污染物和生物制剂引起的空气污染;
- 环境噪声污染;
- 辐射;
- 电磁场。

由化学污染物因子引起的空气污染在室外和室内环境中都存在。因为人们大部分时间都是在室内度过,所以室内环境的污染暴露占主导因素。环境噪声污染、辐射和电磁场在室内外环境污染中也同样存在。由生物制剂引起的环境污染绝大多数发生在室内环境中。在此部分中我们主要讨论室外空气污染中的化学物质。噪声污染将在分册5C《噪声及其控制》中讨论。

当今的空气污染问题应在气候变化管理的框架中来进行分析,因为温室气体和空气污染物的排放密切相关。温室气体和空气污染物均来自交通,工业,商业和住宅区。气候变化管理包括两个部分:减缓和调节温室气体排放。温室气体减排必须是气候变化管理的首要目标,我们已经能观察到气候变化。在此模块中空气质量管理将与气候变化管理结合起来进行分析。

当地城市空气质量管理的目标就是保护公众的健康和环境,使其免受空气污染的损害,并将人体对有害物质的暴露降低最小限度。在发达国家,空气质量管理运用了复杂的手段来决定控制污染源的必要措施。如清洁空气实施计划,就是在对减少污染方法的评价的基础上,选择削减污染的最有效途径。而在发展中国家,当地排放源、空气污染物扩散和实际污染水平以及其引起的不利影响等相关信息非常有限,在对污染削减措施的评价过程中只能基于这些有限的信息。尤其是缺少排放清单和空气质量标准这两项,给评估工作的进行造成了困难。

2. 基本情况

2.1 空气污染管理的重要性

以下观察体现了空气污染管理的重要性。欧盟环境署成员国中相当比例城市的可吸入颗粒物(PM₁₀)、二氧化氮和臭氧的浓度值都超过了欧盟的限制值和目标值, 参见表1和图1。

相反, 二氧化硫的浓度超过欧盟限制值的城市比例很小。而世界卫生组织最新的24小时二氧化硫指导值(20 μg/m³) 小于欧盟限制值的六分之一。

拉丁美洲、亚洲和非洲发展中地区严峻的形势在文字框1、2、3中有大致的描述。

文字框1: 拉丁美洲的空气污染

拉丁美洲城市室外空气污染已被视为一个严重的问题。如圣保罗和墨西哥城等大城市中污染物浓度上升, 有时造成工厂停业、机动车限行、或使工厂迁移到远离市区的地方。颗粒物、二氧化硫、氮氧化物和氨的排放造成了这些物质相应地在空气中的浓度上升, 以及造成近几十年臭氧水平显著增加。在墨西哥城, 一年中大多数天的臭氧浓度水平都超过了墨西哥360 μg/m³的标准。

人口的增长, 工业和私人交通的发展预示着中美洲、南美洲北部、智利和阿根廷北部的二氧化硫和颗粒物浓度将会比1990年上升100%-200%。巴西南部 and 东部地区将比1990年上升300%-400%。这些预测是和机动车保有量和工业燃烧的增长联系在一起的。如果实际发展超过了上面的估计, 那么到2050年空气质量将会和20世纪60年代美国和欧洲水平持平, 或者会更糟。

(来源: 改编自SEI/Sida, 2002a)

表1: 1997年至2007年受空气污染影响的欧洲城市比例

空气污染物	城市比例[%]	欧盟限制值/目标值[μg/m ³]	平均时间	欧盟限制值参考
可吸入颗粒物(PM ₁₀)	20-50	50	24小时	欧盟(1999)
二氧化氮	13-41	40	年	欧盟(1999)
臭氧	14-62	120	每天最多8小时	欧盟(2002)
二氧化硫	< 1	125	24小时	欧盟(1999)

资料来源: EEA (2009a)

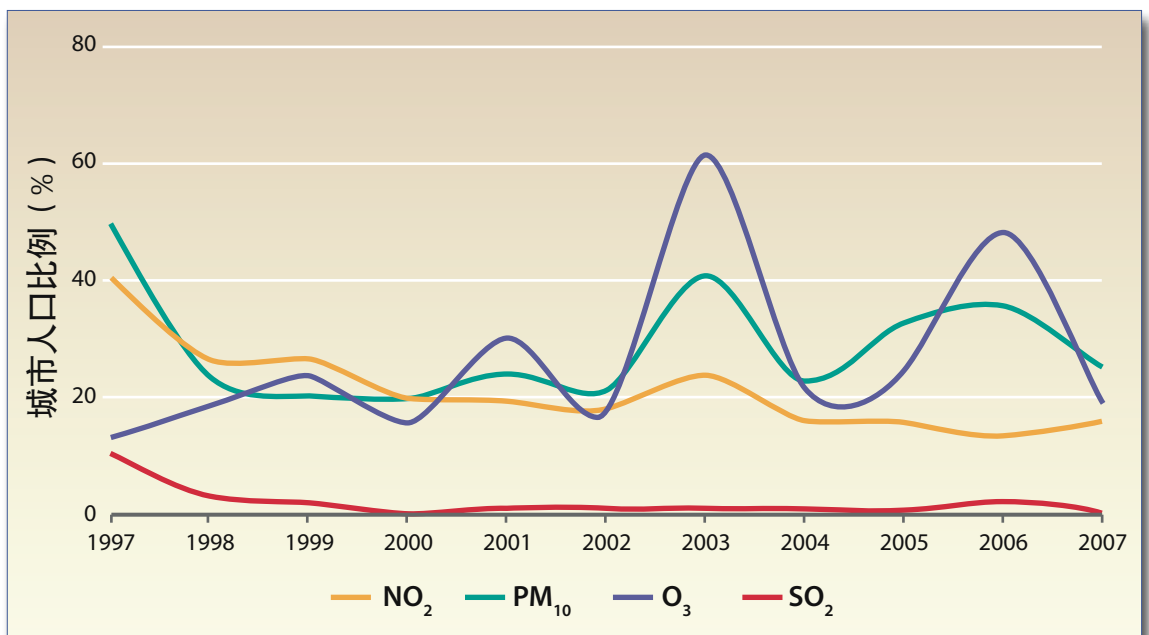


图1:

1997年至2007年欧洲经济区成员国城市人口居住地污染浓度高于限制值或目标值的比例

资料来源: EEA (2009a)

文字框2: 亚洲的空气污染

亚洲快速的城市化进程, 伴随着工业和交通的迅猛发展, 会使这些地区对颗粒物、二氧化硫和氮氧化物排放给予更多关注。一些国家由于缺乏城市污染控制规划, 使得造成空气污染的工业排放源修建在离居民区很近的地方。监测设备、评价技术和标准的缺乏, 不健全的执行法规框架, 意味着一些发展中国家城市的空气污染会达到很严重的程度。固定源排放, 加上移动源(电动单车、摩托车、机动三轮车、轿车、公共汽车和货车等)的排放, 更加剧了污染问题。

根据一项最新的研究估计, 按照目前能源消耗的增长速率, 在2000年前二氧化硫排放将超过北美和欧洲的排放总和。亚太地区颗粒物、二氧化硫和氮氧化物的主要人为排放源是能源、工业和交通部门的化石燃料燃烧。低质燃料的使用, 低效的能源制造和使用模式, 机动车车况恶劣以及交通堵塞都是造成这些气体排放增加的主要原因。排出的化合物能传输很长距离, 有时能达到几百公里, 造成在另一个国家沉降量的上升。从最近印尼的森林火灾中可以看到这种跨界空气污染的潜在趋势, 受火灾排放污染物影响的范围东西方向超过3200公里, 涉及六个亚洲国家的七千万人。在马来西亚的沙撈越帮, 细颗粒物的浓度超过 $900 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (高于2006年WHO吸入颗粒物指导标准的18倍)。有必要在地域范围内进行政府间的合作。

(来源: 改编自SEI/Sida 2002b; Schwela et al., 2006)

文字框3: 非洲的空气污染

非洲城市化和工业化进程使这些地区对二氧化硫和氮氧化物排放给予更多关注。根据预测, 如果非洲以预期的发展速度延续这种传统发展的道路, 到21世纪中期非洲的硫排放将超过欧洲和美国。非洲正在增长中的主要硫和氮氧化物排放源是发电厂和冶炼工业。南非是非洲工业化程度最高的国家之一, 酸雨对森林、作物、地表水的影响已有报导。南非市区的空气污染已对人体健康有所影响。非洲家用和工业能源消耗在未来50年将使硫和氮氧化物排放以惊人速度增长300%。排放出的污染物能传输很长距离, 有时能达到几百公里, 造成在另一个国家沉降量的上升。

(来源: 改编自SEI/Sida 2002b; Schwela 2007)

大城市中的空气污染: 圣保罗(1), 吉隆坡(2), 开罗(3, 4).

Karl Fjellstrom, 2002



文字框4: 空气污染造成的死亡人数是交通事故的2倍

Excerpt from Earth Policy Institute, Eco-Economy Update, <http://www.earth-policy.org/Updates/Update17.htm>, CAI-Asia list, September 2002.

世界卫生组织估计, 当今每年有250万人因受到空气污染的影响而死亡。这是每年死于车祸人数100万人的三倍。2006年世界卫生组织发表的研究估计, 法国、德国、意大利、波兰、西班牙和英国的室外空气污染导致每年这些国家有45000多人死亡。其中一半是由汽车排放所引起的空气污染而造成。

各国政府都在下很大力气来减少交通事故的发生, 对超速行驶进行处罚, 拘留酒后驾驶司机, 甚至会吊销驾驶执照, 但很少会关注仅由普通驾驶造成的死亡。吸入被机动车排放的污染物造成心脏和呼吸道疾病不会像发生车祸时伴随尖叫和车灯闪烁这般的戏剧化场景, 它们是真实存在的。

(来源: WHO2004; 2006)

文字框5: 印尼雅加达减少颗粒物的潜在健康效益

一项最新的研究通过使用暴露效益关系解释了减少空气污染对人体健康造成的潜在影响(暴露效益关系是对某种物质的暴露量和它造成的损害和疾病之间的数量关系)。发达国家应用监测的暴露-响应关系数据来评价当地每年为达到印尼标准和WHO指导标准所得到的空气污染削减效益。

减少雅加达颗粒物排放达到印尼标准所带来的健康效益。

除了可以作为不同政策方法进行费用效益计算的基础, 用实际情况来表示(发病或死亡人数)空气污染的影响也是促进政府行动的强有力手段。

如果雅加达到达印尼的颗粒物标准, 那么820万人口中可挽救的生命和疾病避免数量估计如下:

健康指标	估计量
过早死亡	1,200
住院数	2,000
急症就诊数	40,600
活动受限天数	6,330,000
下呼吸道疾病	104,000
哮喘发病	464,000
呼吸道疾病症状	31,000,000
慢性支气管炎	9,600

除了可以作为不同政策方法进行费用效益计算的基础, 这些数据可以作为促进政府行动的有效依据。

(雅加达数据基于Ostro 1994)

最新对死亡率的估计表明, 每年全球3%-6%的早亡是由室内外环境颗粒物的污染导致, 每年80万例早亡源于室外颗粒物污染, 室内颗粒物污染造成每年大约160万例早亡 (WHO, 2006)。另外, 在所有的呼吸道疾病中, 20%-30%由室外和室内的空气污染造成, 尤其是后者。

虽然在城市地区, 尤其是在发达国家, 空气质量管理与清洁空气实施计划中取得了显著的成就, 但是相当多一部分生活在城市地区的人——大约15亿人, 全球人口的25%——吸入的气体和颗粒污染物的浓度依然在不断升高。另外, 使用明火烹饪和取暖使得约20亿人的室内颗粒物暴露水平高于室外浓度的10-20倍。室外空气污染的来源包括工业、商业和机动车的排放, 以及农作物的燃烧。此外, 低收入国家人口增长给本已不健全的基础设施和薄弱的经济和科技水平造成负担。同时, 城市化进程使全球城市中的人口持续增加, 从1990年的43%到2030年约上升至60%, 参见图2 (UN, 2008)。

这从大城市数目的增加中可以看出, 这些城市大部分是在发展中国家:

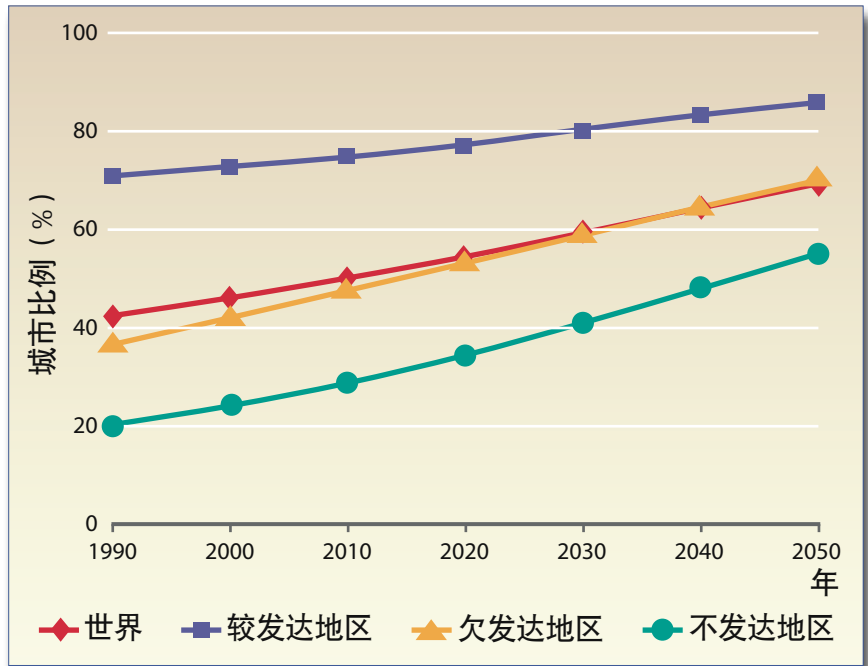
- 1990年, 68个人口超过300万的城市;
- 2009年, 88个人口超过400万的城市;
- 2025年, 43个人口超过800万的城市 (UNESA,2007)。

人体健康研究表明发展中国家的空气污染造成上百万例早死亡、上百万活动限制天数和数十亿美元的医疗费用, 见文字框4 (WHO,2006)。这些费用以及随之而来的生活质量的降低, 对社会的各个阶层, 尤其是穷人, 增加了明显的负担。例如, 世界银行在雅加达的研究估算了剂量反应和最终疾病的关系 (见文字框5)。

2.2 大气污染物的主要种类

主要的空气污染物包括颗粒物、铅、氧化物、氮氧化物、挥发性有机物、碳氢化合物以及光化学氧化物, 如臭氧。表2列出一些污染物和它们的主要来源和对人体健康的影响。表3是典型的引擎和燃料组合所产生的主要污染物。

然而在发展中国家最严重的空气污染物是颗粒物和臭氧。最近发表了一些有关发展中国家城市空气污染状况的研究报告 (Schela et al., 2006;Baldasano,2003;Molina & Molina 2004;Gurjar et al.,2008;Atash,2007)。



对于颗粒物, 最常用的指标是总悬浮颗粒物 (TSP)。在亚洲很多城市总悬浮颗粒物的年均浓度超过 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$, 最高值超过 $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Oanh et al., 2006; Kan et al., 2008;Vichit-Vadakan et al., 2008;Qian et al., 2008)。1997年至2006年之间亚洲城市的颗粒物浓度有所下降 (Schwela et al., 2006;CIA-Asia 200)。1995年至2004年中美洲和南美洲一些城市的颗粒物水平也出现下降的趋势 (Cifuentes, 2005)。1995年11月至1996年1月间在达卡地区监测到的铅浓度高达 $14.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ (UNEP/WHO/SEI/KEI2002b)。含铅燃料不再被使用的地区, 空气中的铅浓度降至低于 $0.2\mu\text{g}/\text{m}^3$ (WHO 1995a; UNEP/WHO/SEI/KEI2002a;b;Begum & Biswas, 2008;Hopke et al.,2008)。

比较WHO指导值(WHO, 2006)发展中国家大城市中空气污染物的浓度达到了关系到公众健康的水平 (见表2)。

2.3 大气污染对人体不同部位健康影响的分类

空气污染物对健康产生的影响是多种多样, 可以从人体不同部位的反应显示出来。受影响的器官包括呼吸系统、免疫系统、皮肤和粘液组织、感光系统和心血管系统。空气污染物对呼吸系统 (图3, 下呼吸道) 的健康影响包括急性和慢性肺功能疾病, 增加呼吸道疾病的发病率和呼吸道对变态反映原的

图2 世界、较发达地区、欠发达地区和不发达地区的城市人口比例。
资料来源: 联合国 (2008年)

表2: 某些空气污染物的来源、影响和WHO指导标准

污染物	主要排放源	影响	健康指导标准 (WHO 2002a)
一氧化碳(CO)	机动车尾气; 一些工业生产过程	被吸入时对人体有毒; 一氧化碳降低血液输氧能力, 加重心脏和肺的负荷	每8小时以上10 mg/m ³ (10 ppm); 每小时以上30 mg/m ³ (30,000 μg/m ³)
二氧化硫(SO ₂)	少量来自移动源; 使用含硫煤作为燃料供暖和发电工厂; 硫酸工厂	对人体有刺激作用; 促成大气中酸雨的生成	每24小时以上20 μg/m ³ ; 每10分钟以上500 μg/m ³
颗粒物PM ₁₀	土壤; 海盐喷溅; 灌木燃烧; 家用燃料燃烧; 机动车; 工业生产过程; 植物的有机灰尘	造成阴霾的生成, 增加癌症的发生率、死亡率, 恶化呼吸道疾病	24小时以上50 μg/m ³ ; 年平均值20 μg/m ³
颗粒物PM _{2.5}			24小时以上25 μg/m ³ ; 年平均值10 μg/m ³
铅 (Pb)	燃料添加剂; 机动车排放; 铅冶炼厂; 蓄电池厂	影响儿童的智力发育; 很多其它的不利影响	每年0.5 μg/m ³
氮氧化物 (NO, NO ₂)	机动车尾气中的副产物; 高温燃烧时氧和氮气结合; 供暖和发电厂; 酸雨; 炸药; 植物的肥料	刺激性; 光化学烟雾的前体	NO ₂ 每小时以上200 μg/m ³ 年平均值40 μg/m ³
光化学氧化物(主要是臭氧[O ₃]; 也有硝酸过氧化乙酰 [PAN] 和乙酰)	氮氧化物; 碳氢化物在日光的作用下在大气中生成	刺激性; 促进雾的生成; 对材料有腐蚀; 恶化呼吸道疾病	每8小时以上100 μg/m ³

来源: WHO (2006)

表3: 典型的引擎和燃料组合所排放污染物的类型总结

引擎类型	燃料类型	机动车类型	主要排放污染物
4冲程	汽油	客车 (也包括卡车、飞机、摩托车)	HC, CO, NO _x
柴油	柴油	卡车、公共汽车、拖拉机 (也有客车)	NO _x , SO _x , 黑烟, 颗粒物
2冲程	混合油	摩托车	颗粒物
燃气轮机	燃油喷射	飞机, 船舶引擎	NO _x , 颗粒物

敏感程度, 加重诸如鼻炎、鼻窦炎、肺炎、牙槽炎和军团病等疾病的症状。造成这些健康影响的主要原因是二氧化硫、二氧化氮、颗粒物和一氧化碳等燃烧产物。另外, 室内的空气污染物——来源于环境中烟草燃烧细颗粒物的, 以及甲醛和有传染性的生物体——也是影响健康的物质。

空气污染物对免疫系统产生影响, 体现在加重过敏症状, 如变应性哮喘、过敏性结膜炎、外因性变应性牙槽炎、过敏性肺炎等, 并能对患如肺动脉瓣闭不全疾病的敏感体质造成长期的肺部损害。造成这些健康影响的主要来源是室外的变态反应原和室内空气

文字框6: 对儿童的健康影响

1990年召开的世界儿童峰会旨在让全球儿童能有一个美好的明天。UNEP和UNICEF出版了《1990儿童与环境报告》，传达了“恶化的环境正在毁掉儿童”的信息。这个主题说明，清洁、健康的环境是为儿童能有美好未来的首要要求。然而，在峰会召开，报告出版多年以后，很多旧的问题仍然存在同时新的问题又出现了。

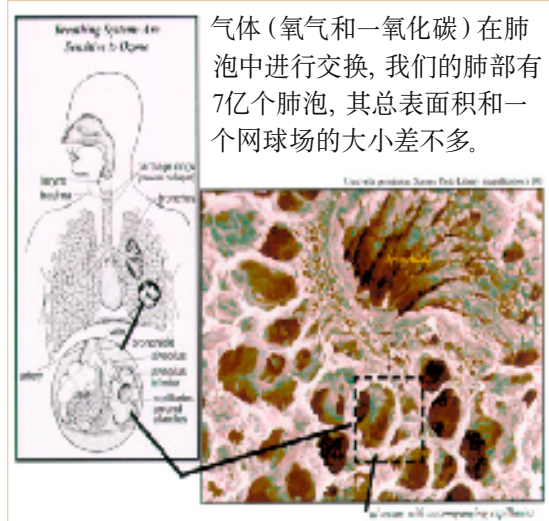
儿童的生理特点和行为特征是空气污染更容易对他们产生不良影响。从单位质量体重污染物摄入量的角度来看，儿童污染物摄入量比成年人多，他们饮食、呼吸中摄入的量也多，而且儿童比表面积/体积比是成年人的3倍。儿童身体机能，如解毒、新陈代谢、排泄毒物的机制也和成年人不同。免疫系统、神经系统和其它器官也还没有发育完全，这些影响都可能造成长期的损害。

低收入家庭的儿童经常会住在空气污染严重的地区，许多儿童住所不是紧挨着就是在不远处，原来或现在就有有毒废弃物堆放。更严重的是，城区穷人住处常离高速公路或工业区很近，所以会暴露在严重交通和排污工业导致的污染物当中。实际上，在孟加拉国的城市贫民区，空气中铅的浓度水平高于WHO指导标准的3倍。

(来源: UNEP/UNICEF 1990; CICH 2000; UNEP/UNICEF/WHO 2002)

中的活性物质，如螨类、蟑螂、寄居在宠物皮毛内的生物体，昆虫和潮湿环境中的霉等。多方面研究表明，还会引起多种类型的过敏疾病（哮喘、鼻炎、湿疹等）。病症的多样性并不随地域间的差别而有所减缓，因为大部分的变态反映原广泛存在。

空气污染物对皮肤和粘液组织的影响作用绝大多数是刺激性的。初步的刺激反应包括喉咙干涩、鼻子发麻、眼睛流泪疼痛。进一步的刺激作用可造



气体（氧气和一氧化碳）在肺泡中进行交换，我们的肺部有7亿个肺泡，其总表面积和一个网球场的大小差不多。

图3
呼吸统

来源: 科学图书馆

成皮肤水肿和发炎，呼吸器官粘膜中发生无法恢复的转变。造成这些影响的主要物质包括挥发性有机物、甲醛、其它醛类（如乙醛、丙烯醛等）和烟草燃烧的颗粒物。

空气污染物对感觉器官的影响包括器官觉察污染物后引起的恼怒反应。造成这种影响的主要物质是VOCs、甲醛以及EST。

空气污染物对中枢神经系统影响包括使神经元中毒或缺氧。造成这种影响的主要物质是VOCs(丙酮、苯、甲苯、甲醛)、CO以及杀虫剂。铅使婴儿和幼儿神经发生生理变化，造成发育迟缓甚至无法治愈的疾病。

空气污染物对心血管系统发育的影响包括减少氧和作用而导致心血管疾病，心肌梗塞等发病率升高，增加了心血管疾病造成的死亡。造成这种影响的主要物质是CO、颗粒物和ETS。

空气污染物还能造成癌症的发生。包括肺癌、皮肤癌和白血病。造成肺癌的主要污染物确认的有砒霜、石棉纤维、铬、镍、镉、多环芳xx、三氯乙烯、ETS、和氡等。苯会导致白血病，紫外线辐射是皮肤癌的病因之一。一个尚未解决的难题就是不同致癌物质之间以及致癌和非致癌物质间是如何协同作用的。

铅对儿童的健康影响尤为严重，因为它能对儿童在发育关键期间产生影响，造成学习障碍和智商下降（见文字框6）。

文字框7：噪声污染

现代社会的噪声问题主要由城市和农村数量巨大的客车和高负荷货车的柴油发动机造成，这在发展中国家尤为严重。它会造成实质上的健康问题，包括加剧身体压力，使听力受损，恶化心血管疾病。

发展中国家的噪声污染程度很严重。在泰国曼谷，车流量高的道路边24小时噪声水平在75-80dBA间（WHO 2000b）。一项在巴基斯坦卡拉奇的研究发现，噪声造成83%的交警听力损伤，该报告也指出，噪声还造成闹市中33%的人力车夫和57%店主听力损伤。

（来源：WHO 2000b）

2.4 新出现的问题：噪声

与其它的污染物相比，环境噪声是一个常被人低估的环境问题（见文字框7）。然而，控制噪声相当重要，因为噪声和其它空气污染物一样，会造成一些疾病的发生（Schwela 2003）。另外，由于噪声对人体健康的影响和剂量-响应关系等还缺乏详尽的研究，同时噪声标准也不健全，要将噪声问题纳入空气质量管理还受到一定阻碍。从以上两方面，控制和限制噪声暴露水平非常必要（见分册5C《噪声及其控制》）。2000年世界卫生组织出版了《社区噪声指南》（WHO, 2000C）。其专家小组随后于2009年10月讨论并发布了夜间噪声指导值（WHO, 2009）。世界卫生组织《社区噪声指南》涵盖了对噪声的评估和管理，可以帮助城市应对日益增加的噪声的挑战。许多其他机构参与了对噪声问题的研究（Schwela Smith, 2007），最近开发了一个适用于发展中国家环境噪声管理的战略性方法（Schwela&Finego, 2009）。

3. 空气质量管理

3.1 介绍

国际上和各国的空气污染管理都遵循基本的原则。当1983年联合国大会创建了世界环境和发展委员会，这是全球开展环境保护工作的一个重要动作。1987年的联合国大会通过了环境和发展委员会的报告：《我们共同的未来》。它将环境问题提升到了全球关注的范畴，并且强调了空气质量管理的概念（WCED 1987）（见后续的分册i：资料总论和跨领域城市交通问题）。

布伦特兰（Brundtland）委员会建议，要在不破坏环境的前提下满足人类正当需求，可持续发展是必需的。“可持续发展”的定义是：“可持续发展是指既满足现代人的需求，又不对后代人满足其需要的能力构成危害的发展。”这个概念内含了解决环境保护和经济发展的关系的途径。

在布伦特兰委员会的带领下，联合国环境和发展大会于1992年在里约热内卢召开，旨在确保可持续发展基金能用到实处。《21世纪议程》和《里约热内卢宣言》是这次会议最主要的成果。《21世纪议程》内容涵盖了无国界的可持续发展。可持续发展委员会和联合国大会评估了各国的实施方案。《21世纪议程》推荐了许多包括空气质量管理的内在环境管理原则，很多政府的法规正是基于这些原则。它们包括：

- **预防原则**——如果一项计划明显会危害到环境，在获取证明环境损害的科学证据前就必须采取行动保护环境。
- **谁污染谁付费原则**——污染相关的所有费用（包括监测、管理、整治和监督）都应该由造成污染的组织或个人来承担。

另外，为了减少污染排放源，很多国家遵循了污染防治的原则。

《21世纪议程》在第六章“人体健康和环境污染”中阐明，国家的城市空气污染行动项目在必要的情况下得到国际的支持合作，它必须包括以下内容（UNCED 1992）：

- I. 为了引入环境友好的生产工艺和可靠的物流，在风险评估和流行病学研究的基础上，应当开发适宜的污染控制技术。

II. 加强大城市空气污染防治能力, 在适当的情况下着重于项目的实施执行和监督网络的应用。

里约热内卢会议召开十年后, 世界可持续发展峰会 (WSSD) 在其行动纲要IV39 部分确认了空气污染问题, 对各国提出下面的要求:

“为了减少空气污染, 应加强国际的、地域间和国家的合作, 包括里约热内卢公约中涉及到的跨国界的空气污染、酸沉降和臭氧层损耗问题以及其它的环境问题。各国都有责任, 考虑到各国对全球环境恶化贡献程度不同, 来采取不同水平的行动计划:

(a) 加强发展中国家环保职能, 对空气污染削减和空气污染对人体健康等方面的影响进行评价, 将其转化为经济价值, 并为相关的项目提供资金和技术支持。” (WSSD 2002)

行动计划明确空气污染对人体健康产生显著的影响, 这在健康与可持续发展的VI部分得以陈述:

“49. 减少由空气污染引起的呼吸疾病和其它影响, 尤其要特别关注妇女和儿童的健康, 可通过以下途径:

(a) 强化区域间和国家级的项目, 包括通过公众-个人的合作, 以及为发展中国家提供技术和资金协助;

(b) 支持汽油的无铅化;

(c) 通过使用清洁燃料和先进的污染控制技术努力减少污染排放;

56. 逐步淘汰含有铅的涂料以及造成其它人体铅暴露的排放源, 尤其是防止儿童的铅暴露, 加强监测管理, 研究铅中毒的治疗方法” (WSSD 2002)。

发达国家和发展中国家都必须制定空气质量管理战略, 解决快速人口增长、城市化和工业活动以及机动车排放带来的空气恶化问题。

当然, 没有一个通用的空气质量管理方法对世界上所有的城市均适用。每个城市空气污染的特点, 排放源的时空分布, 文化经济社会特征和地理位置都不相同。

每当讨论市区空气质量管理时必须考虑到另外两个问题: 越境空气污染和气候变化。

越境转移的空气污染可能会导致对污染源国家以外的其他国家形成更加不利的影

响。空气污染几十年来一直都是科研课题, 其重要性已越来越被认同。对区域和洲际甚至半球环境形成污染的潜在物质包括细颗粒物和超细颗粒物, 二氧化硫, 二氧化氮, 一氧化碳, 臭氧, 挥发性有机化合物, 汞和持久性有机污染物。

失控的森林大火造成的烟雾污染区往往离失火森林几千公里。“大气褐云”已被定义为3公里厚毛毯般的空气污染, 其污染物主要由碳黑, 硫酸盐, 硝酸盐, 矿物粉尘和粉煤灰组成 (联合国环境规划署, 2008年)。酸沉降包括干沉降和湿沉降 (酸雨), 对环境的威胁严重, 特别是在北半球。撒哈拉沙漠的灰尘经常会在欧洲形成一些颗粒物的污染事件, 有时甚至到达了中美洲和南美洲。中国和蒙古沙漠地区的自然尘埃所形成的“黄沙”现象在卫星图像上明显显示为黄色的云块。

气候变化是人类如今所面临的巨大挑战之一。全球气候变化的影响已越来越明显 (IPCC, 2007)。自1906年以来, 地球表面温度上升了大约0.74摄氏度。气候变暖主要发生在近几十年, 很可能是因为人为的温室气体排放, 特别是运输业和工业所产生的温室气体 (IPCC, 2007)。

大多数温室气体的排放源和空气污染物的相同。它们在大气的作用下直接 (通过空气污染) 和间接的 (通过温室气体) 形成各种对健康和环境的不良影响。然而城市空气污染和温室气体的空间尺度不同。空气污染在大气中存在的时间相对较短 (数天或数周), 而温室气体如二氧化碳在大气中能存在150年, 甲烷约12年 (DEFRA, 2007)。同时减缓温室气体和环境污染物的排放既有利于人类健康和又能保护环境。

相关组织出版发行了有关空气质量管理指南手册:

- 世界银行 (2004年) 城市空气污染: 移动源的政策框架;
- 麻省理工学院 (2004年) 城市空气质量管理决策支持工具;
- 联合国环境规划署/联合国人居中心 (2005a;b) 城市空气质量管理工具书和工具箱;
- 亚行 (2006年) 年亚洲国家和城市空气质量管理综合报告;
- DEFRA (2008年) 地区空气质量管理。

3.2 空气质量管理的战略目标

空气质量管理的目标是使空气质量维持在一定的水平，保证人们能健康生活，同时也包括保护动物、植物（农作物、森林和自然植被）、生态系统、建筑材料，还有如能见度等感官指标（Murray 1997）。为了达到空气质量的目标，我们必须制定合理的空气质量政策和战略。

政府的政策是空气质量的基础。如果没有适宜的政策构架以及健全的立法制度，要维持一个成功有效的空气质量项目会很困难。政策构架指的是多个领域的政策，包括交通、能源、规划以及环境和发展部门。如果这些相互关联的政策能够一致，政府不同职能部门之间存在反馈机制来进行协调的话，要达到空气质量目标会更容易一些。在很多发达国家，它们通过很多途径来整合各方面空气质量政策，包括健康、能源、交通和其它的领域，联合国欧洲经济委员会的一份报告中对这些途径方法做了概述（UNEDCE 1999）。

图4列出了空气质量管理中各方面的相互关系。复杂的框图也说明空气质量是一项综合的任务。图4中有两处应该着重指出。第一，框图明确的表明，空气质量管理的最终目标是防止空气污染对健康和环境造成的损害。如果人为的空气污染没有造成什么影响，那我们就不会去关心它了。所以，在近50年来人们建立起来的各种手段，如排放清单、扩散模型或是浓度清单，只是为了能帮助决策者在制定政策和法规时能避免对人体健康和环境造成不利影响。上面提及的手段都是空气质量管理的决策工具，而人体健康和环境保护是空气质量管理的最终目标。排放清单、空气浓度的监测、扩散模型和其它空气质量管理的工具并不是最终的目标，我们追求的是人类的健康和对健康有益的环境。

第二，从监测和空气管理评价中获取的数据只是用于为决策者和公众提供信息，使制定的政策能

防止空气污染对人体健康和环境的不利影响。在目标制定时人体健康和环境处于关键的位置。（应当注意的是，为政治家提供的数据信息来自“一定精度的数据”就可，而不必要使用精度很高的数据，虽然高精度的数据多多益善，在发展中国家现有的条件下很难获取。）

在第六部分将会介绍空气质量决策支持系统的内容。下面将详细介绍空气质量工具，主要的工具有：

- 排放清单/检测
- 室外空气监测
- 扩散模型

三种评价工具的内容和在应用上都是相互关联的。因而，监测、建模和排放源的评价在进行暴露评价和确定空气质量达标率时都是很重要的补充。

SEI在亚洲开发了一个关于空气质量管理的成人自学基础课程（2008年，SEI）。该课程由各国研究空气污染的专家组成的国际小组编写，旨在向学生提供有关空气质量各方面的基础知识，并提供理解制定管理和改善城市空气质量规划的基本组件的机会。该课程结合了亚洲空气质量战略框架，包括有六个模块：

1. 亚洲的城市空气污染
2. 排放
3. 建模
4. 监测
5. 影响
6. 治理和政策

该课程由欧洲援助合作办公室的亚洲城市规划出资，其他赞助机构有世界卫生组织（WHO），国际原子能总署（IAEA），挪威空气研究所（NILU），挪威发展合作署（NORAD）和哥本哈根科技机构。

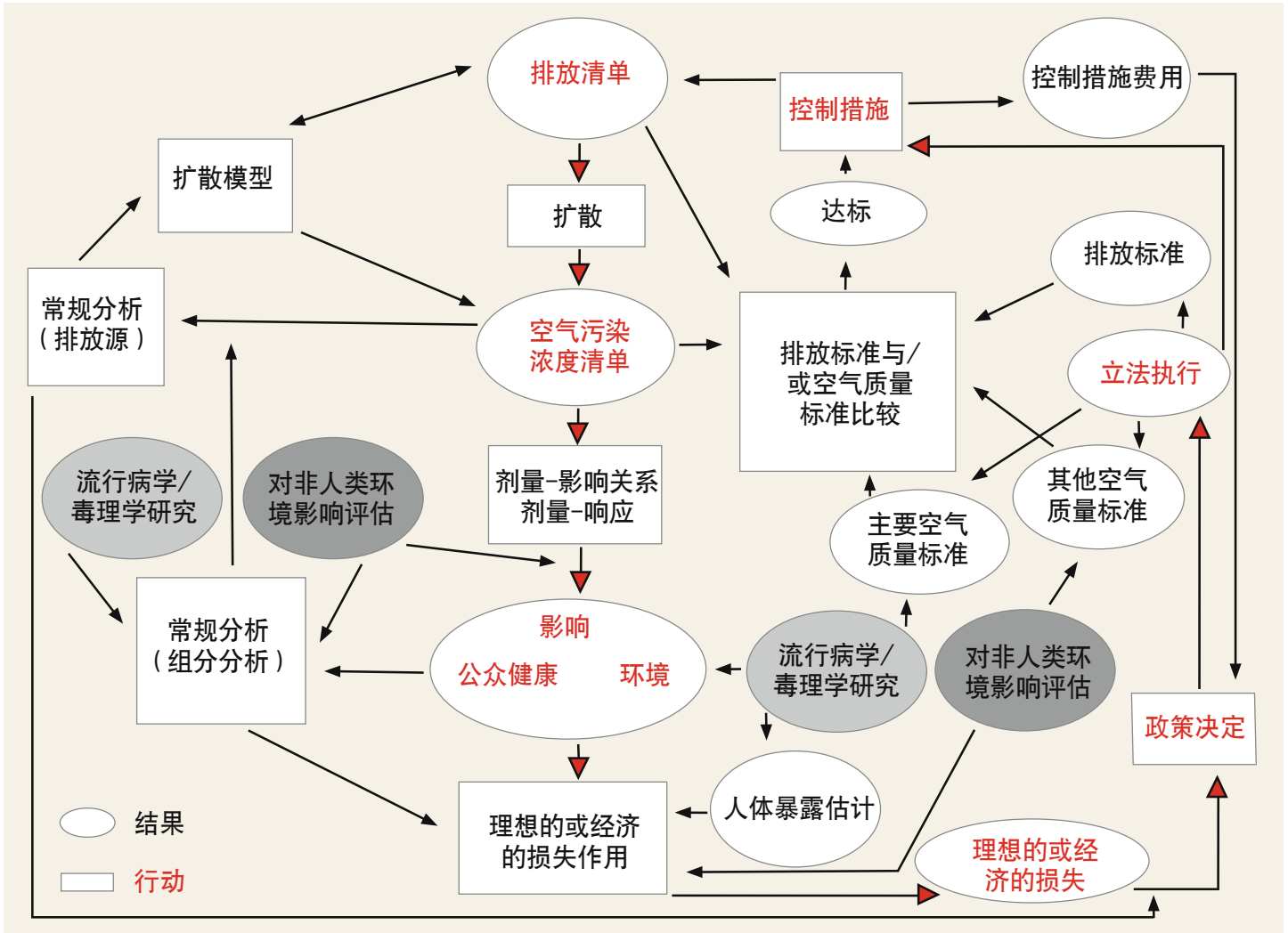
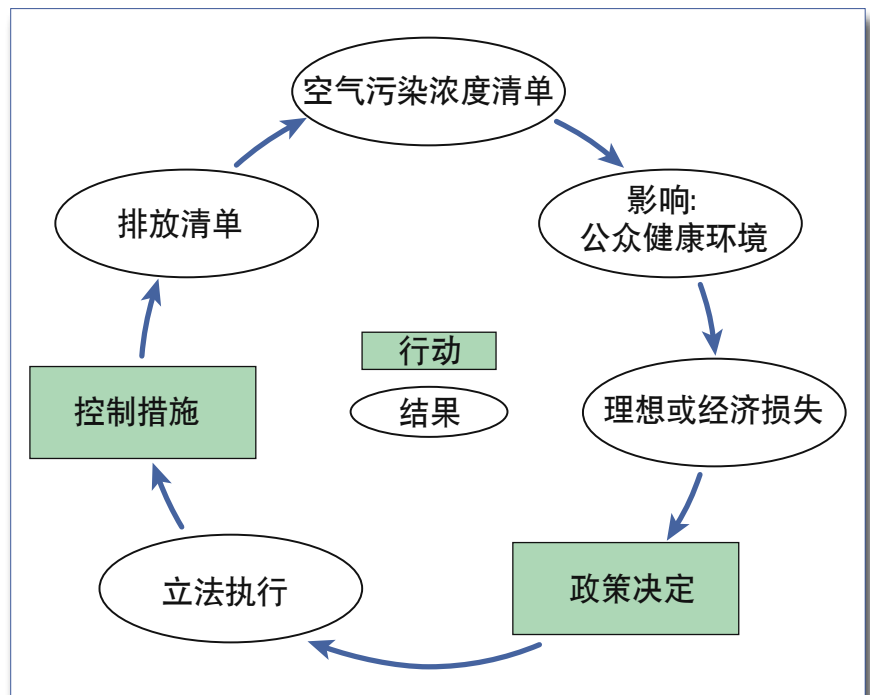


图4a和4b

空气质量管理范畴 (上图) 和简化的空气质量管理循环 (右图)



3.3 排放清单

3.3.1 介绍

空气质量管理规划的一个重要内容就是在数量上了解各种排放源的排放特征。排放清单就是必不可少的。在某些情况下，排放源被分成以下几类：

- **点源**：如主要工业区的烟囱（图5）。
- **移动源**：如道路上的机动车。移动源通常作为线源考虑，因为考虑单辆汽车的排放不如将其按沿道路排放的线源合计考虑（线源，见图6）。
- **面源**：包括露天燃烧的固定废弃物，如农作物、林木和其它废弃物。还有森林大火、机动车加油、非道路机动车和船舶、商业和家用燃料燃烧等排放源。在半干旱地区的地表采矿和过度放牧也是颗粒物的排放源。图7中是一个典型的面源。

生物或自然排放源，如沙漠、受侵蚀的土地、农作物的排放都属于非人为源，大部分纳入面源。

3.3.2 建立排放清单的步骤

建立排放清单并非只能通过一种途径。下面的步骤曾在发展中国家使用过，可以作为一个范例。

1. 污染物分类

包括：

- 污染物的种类应该分门别类，确定哪些数据是可以获取的（通常是一次污染物，如铅、颗粒物）；
- 应该包括数据有限或数据不能获取的污染物；
- 在大气中形成的二次污染物，只是会在数学模型中对产生污染的前提排放源的浓度产生影响（如地表的臭氧水平）。

2. 数据的汇总

建立清单需要关于特定区域内所有排放源的源强（排放的总量）信息。在计算一个排放清单时通常有以下五个步骤：

- 列出点源、面源和移动源名单；
- 联系企业的负责人获取点源排放的排放估计值；
- 获取原始数据，得到机动车排放的相关数据，如车队的保有量、车型分类、行驶里程和燃油消耗量；
- 检验数据的有效性和合理性；
- 将单独的源排放数据和活动水平数据进行处理，获得和空间分布无关的源排放清单。

在排放清单的计算中，某些部分的数据能够很精确。如一些工厂的烟囱排放可以监测到。而有的排放只能从生产流程的起始阶段进行估算，比如在对燃煤电厂的二氧化硫排放量进行计算时，从电厂的发电总量、燃料中的硫含量和其它的信息中就可以得到具有相当精度的结果。

在建立排放清单时需要排放量进行估算，对排放源进行测量检验估算值的准确性就很有必要。可以对点源，如大的工厂进行调查，获得其排放的数据。然而，由企业上报的数据并不总是全面的，尤其是一些容易忽视的排放（比如挥发物质蒸发排放，装置的泄漏和储存时考虑物的排放），一些燃烧产物，如PAH，也没有足够的的数据，或者根本就没有可用的数据。

在一些发展中国家，缺乏生产中排放的可靠统计信息。无论如何，在开展改善空气质量行动的地方，信息的缺乏比应该成为对排放进行初步估计的阻碍，初步的估计是基于人口、社会经济和交通相关指标的。基本的人口、交通、工业、燃料等信息，以及相应的交通排放削减手段，可以用于对排放进行初步估算（Kato & Akimoto 1992）。这些信息也和交通规划、法规和其它交通管理手段相关，通过交通管理能减少相关的排放（见2b部分；《出行管理》）。所有这些对建立和实施空气质量管理或清洁空气计划都有所帮助。当能获取更多的准确信息，就可以对上述这种排放的初步估计进行修正。



图5
秘鲁的一个炼钢厂
Dietrich Schwela, WHO



图6
曼谷一条街道
的交通堵塞
Karl Fjellstrom, 2002



图7
尼日利亚多斯的
固体废弃物
Dietrich Schwela, WH

排放因子软件

机动车排放因子模型是一种软件工具，用来预测客车、卡车和摩托车在各种工况下每英里（或千米）排放的碳氢化物、一氧化碳、氮氧化物、颗粒物和有毒气体的质量。

德国联邦环境署<http://www.uba.de>最近开发了一本排放因子手册；一个复杂的模型程序应用于各种车型和气候条件下的排放计算。

3. 确定排放因子

排放因子将污染物排放和活动水平联系起来。表4是各种排放源的活动水平示例。

当排放源的数据缺乏时，我们通常使用一般的源排放因子，对点源和扩散源均是如此（扩散源排放包括道路机动车排放和非道路移动源、面源诸如轻工业、家庭燃料燃烧、还有作物等自然生物源的排放）。计算时使用扩散源的排放因子时要根据不同源的类型，比如，机动车的排放量计算时要考虑机动车的行驶里程、保有量、气温、燃油消耗以及燃料的组成和特点。

各种工业流程的一般排放因子可以从出版物中获得[如EEA（未标日期）]；（美国环保局 1998；2000a）以及更多的增补和更新。但要谨慎地使用这些排放因子，要考虑操作条件，燃料和原料的不同，对排放因子进行修正。

关于怎么快速建立排放清单的信息资料包括WHO 1993a;b;1995;1997和最近的GAPF 2008。其中包括一个城市中机动车排放因子的应用，车队按车型、年龄、发动机排量、催化转化器类型、柴油颗粒物捕集器和其它排放控制设备进行分类。关于这个问题的更详细信息可以在WHO 1993a找到。世界卫生组织和美国环保局合作编写了“机动车空气污染指南”，还组织了为期一周的培训研讨会（WHO 1996），内容覆盖了所有的相关主题，包括发展中国家的案例研究。在第六部分有很多的相关内容。

排放清单的空间解析

考虑到WHO(参看WHO 1995b)和PAHO/世界银行DSS IPC(WHO/PAHO/WB 1995a)快速增长的技术能力，可以估算点源和线源排放，并将独特的排放源进行简单分类，在地图上1公里的网格只是用来对大的面源进行排放强度的计算比较合适。对点源费用效益分析中，像DSS IPC那样，有必要对单个排放源的分担率进行估算。将机动车作为线源处理对决策者来说更有好处。

在非洲、亚洲、欧洲和拉丁美洲各地研究空气污染物排放量专家的帮助下，全球大气污染论坛（GAPF）开发了空气污染物排放清单手册及其相关软件（基于Excel工作簿）（2008年，GAPF）。本手册的目的是为排放清单编制工作提供一个简易的及用户友好的框架，使之能在不同的发展中国家和迅速工业化的国家使用。该手册的设计考虑到地区适用性、使用便捷性、与国际上其他主要排放清单的研究相结合，以及遵循借鉴良好编制清单实践经验的原则。排放清单手册中包含的空气污染物有二氧化硫、氮氧化物，可吸入颗粒物，可入肺颗粒物，氨气，一氧化碳，非甲烷挥发性有机化合物和二氧化碳。

更详尽的机动车排放清单包括不同的控制技术因素，并可对给定的项目进行效果评估。一个更加全面的排放清单包括更多重要的参数：

- 新车排放因子预测；
- 机动车排放随车龄和行驶里程的劣化；
- 改造比例；
- 机动车维护；
- 检验维护制度和反作弊监测；
- 年均行驶里程；
- 机动车误加油、燃料挥发性及其它燃料品质，如硫含量、蒸馏特性和氧化剂；
- 环境温度。

Walsh于1999年列出了一些有关这些问题的细节。《EMEP / CORINAIR排放清单指南》（2007年，EEA）和更新后的《EMEP/EEA空气污染物排放清单指南》已在2009年底出版（2009年，EEA）。

排放清单完成以后，为了确保其准确性和精确度，必须对其进行校验，将误差控制在一定的范围之内。校验包括确认清单是否完整，输入的数据是否一致，以及以下几点：

- 污染源和污染物是如何定义分类的；
- 各个部分和污染源活动水平的数据是否完整；
- 不同空间划分的清单是否能保持一致；
- 排放清单中的数据来源是否明确。

清单的验证还包括使用扩散模型计算结果和空气质量监测结果进行比较。

表4：
各种排放源典型活动水平统计示例

排放源	污染物	活动水平
四冲程汽油车	NO _x	g NO _x /km
	CO	g CO/km
蒸汽锅炉	颗粒物	g颗粒物/吨蒸汽
	NO _x	g NO _x /吨蒸汽
发电厂	颗粒物	g 颗粒物/kW
	NO _x	g NO _x /kW
硝酸工厂	NO _x	g NO _x /t HNO ₃

3.4 空气质量的监测和评价

3.4.1 评价工具和作用

空气质量监测不仅仅是为了收集数据,而是为科学家、决策者和规划工作者在决策制定时提供必要的信息,改善环境质量。监测在其中充当了重要的角色,为政策和战略计划的制定、目标设置和项目执行达标率的评定提供必要的科学依据(见图4a和4b)。

但是,我们应该意识到监测也有其局限性。在很多情况下,仅空气质量监测的结果并不能完全,或是不能实际反映一个城市或国家人体的污染暴露水平。一个监测项目,无论资金如何充裕,设计如何合理,也不能期望它能综合地从时间、空间量化空气污染的模式。空气质量监测的结果最多可帮助我们了解目前的环境质量,虽然信息并不完备。所以空气质量监测通常和其它的目标评估手段结合使用,包括扩散模型、排放监测和排放清单、插值计算和绘图。

相反,也不推荐仅仅使用模型计算。虽然模型在插值计算,预测和控制策略的最优化等方面功能强大,但应用模型时需要获取可靠的排放数据。一个城市或国家的完整排放清单要包括点源、面源和流动源的排放。在某些情况下,还要考虑到传输到此区域的污染物排放。在选择模型时不光要考虑可获取的排放和气象数据信息,还要协调当地条件、地形、污染源因素。

绝大多数发展中国家的排放清单会使用各部门排放源的排放因子(通过监测进行验证),以及使用人口密度、燃料使用、机动车行驶里程和工业产量等统计数据。通常只能对大的工业点源和代表车型在典型的工作条件下的排放进行有效的监测。

3.4.2 监测的目标

设计或实施监测体系的第一步就是明确实际可行的目标。将目标设定得过于分散、严苛或宏大将导致项目的数据利用率低下。在这样的情况下,就无法达到已有资源使用的最优化。明确的、实际可行的监测目标包括:

- 确定人体的污染暴露水平和进行健康影响评价;
- 公布空气质量状况,提高公众意识;
- 明确对自然生态系统的威胁;
- 确定针对国家标准或国际标准的空气质量达标率;

- 为空气质量管理、交通规划或土地使用规划提供目标信息;
- 确定各排放源分担率;
- 在政策制定中确定行动计划的优先顺序;
- 建立/确认管理工具(模型、地理信息系统等);
- 对点源和面源做影响评价;
- 未来趋势分析,确定针对管理/控制目标将出现的问题或取得的进展。

在明确监测目标后,我们就可以确定所需的数据质量要求。如果监测的总体目标确定,下面就是监测中最为重要的几个要求:

- 监测的准确度和精确度;
- 监测标准的可追溯性;
- 时间的完整性(数据收集);
- 空间的代表性和覆盖性;
- 不同监测点之间和监测时段之间的一致性;
- 国际间进行监测的可比性/一致性。

注意以上几点,才有可能逐步完善一个明确目标、确保费用-效益的监测项目。

在监测项目筹划时,要考虑获取的数据和信息之间的关系。尤其要注意用户和潜在用户对监测中相关数据的要求,不仅仅要保证数据能满足他们的要求,还要保证资源配置是否合理。监测网络的设计总是要满足多种功能要求的,其中包括政策战略的制定、地区和国家的规划、针对国际标准的监测、确定/量化风险并提高公众意识。

3.4.3 质量保证和质量控制(QA/QC)

质量保证和质量控制在任何一个空气监测系统中都是一个非常重要的部分。它确保在一定的置信区间内,监测质量能达到一个合适的标准。QA/QC的主要作用是保证数据的有效性。QA/QC的主要目标包括:

- 监测结果精准有效;
- 监测数据能代表空气质量或人体暴露水平;
- 结果具有可比较性和可追溯性;
- 监测随时间保持一致性;
- 高数据捕集率,分布平均;
- 资源合理配置。

QA/QC项目的组成部分如表5所示。

QA/QC体系涉及如下方面,在(UNEP/WHO 1994a;Bower 1997;Schwela 2003;SEI 2008)有更详细的论述:

- 监测站的运作;
- 监测点的选择;
- 仪器知识;
- 操作人员培训;
- 实验室的质量保证;
- 监测手段的质量保证;
- 对数据进行有效合理的筛选;
- 避免数据的伪造。

表5:
空气监测的QA/QC: 主要组成部分

质量保证	<ul style="list-style-type: none"> ■ 监测和数据质量目标的定义 ■ 网络设计, 管理和培训系统 ■ 监测点的选择和建立 ■ 仪器的选择和评价
质量控制	<ul style="list-style-type: none"> ■ 监测点常规操作 ■ 校准/可追查性的建立 ■ 网络的审查和相互间的校正 ■ 系统维护和支持 ■ 数据检查和管理

3.4.4 网络设计

监测网络的设计最终会由监测的目标和资源条件所决定, 所以并没有一个通用的原则。

当然监测系统可以只有一个单一特定的目的, 但通常它们都被赋予了多项功能目标。没有一个监测网络设计可能完成3.4.2中列出的所有监测目标。然而, 满足单个监测目标的网络一般都有一些共同的特点, 而且有部分数据是可以共享的(避免重复劳动), 利用有交集的数据也可以对结果和结论可信度进行校验。总的设计目标就是保证在一定投入下获取尽可能多的信息。如果监测网络由多个组织来进行管理, 项目管理的规范化, 或至少做到协调一致, 以及数据的共享至关重要, 这样可避免不必要的工作, 达到总费用效益的最大化。

在网络设计的初期有一个关键问题需要注意, 就是资源的可获取性。在实际中, 这也是网络设计的决定性因素, 监测点数目、监测的污染物种类和使用的仪器都主要取决于它。每个空气监测项目需要一系列的工作事项和费用投入, 包括分析仪器的购买、保养维护、工作人员的工资和运行费用。所有在资金和资源确认之前, 要为监测网络做好计划, 考虑资源

配置的可行性, 选择适宜的仪器设备, 确定监测点的设置。如果政府过去没有执行过监测, 现应启动一个简单的不过于复杂和昂贵的显示器网络, 例如采集气态化合物的扩散管、粉尘监测仪DustTraks和大气颗粒物采样器minivol。使用这种方法的理由是, 投入复杂和昂贵的自动分析仪找出并不存在的特定化合物空气污染问题没有意义。

3.4.5 监测点的数目和选址

设计监测网络的目的是评价人体对污染的暴露水平和空气质量针对某个标准的达标率, 为了达到这个目的, 有一些基本的要素需要注意:

- 人群的位置?
- 它们被暴露的污染物的种类?
- 暴露时间?
- 在什么场所和微环境下暴露会很重?

实际中, 监测网络所需要的空气监测站数目及分布, 或是采样器的数目取决于以下几点:

- 所需数据的用途/目的;
- 监测需要覆盖的范围;
- 污染物随时间的变化;
- 资源的可获取性;
- 仪器的配置情况。

一旦监测点的类型确定——居民区、商业区、工业区或者道路边——监测点的实际条件就很重要, 需要考虑的要求有:

- 可接近性(潜在的破坏);
- 监测点的隐蔽性;
- 基础设施(电力、通信条件);
- 和建筑物的距离;
- 充分暴露于空气流;
- 与污染源有足够距离。

这些应该在购买仪器之前应该明确。关于网络设计和监测点选择的更多建议将在UNEP/WHO 1994a; WHO 2000a; Schwela 2003; EU 1996; 1999; 2000; 2002; 2004; 2008a中找到。

3.4.6 采样方法和系统

监测包括评价污染物的时空特性。一个好的设计合理的监测网络应该在有限的资源条件下, 尽可能扩大监测到时间和空间的覆盖范围(UNEP/WHO 1994a; Bower 1997; Schwela 2003)。像被动采样仪这样的综合监测方法虽然在采样时间上受到限制, 但能够在长期暴露水平的评价中发挥其作

用,对地域划分、定位和网络设计也有重要的贡献(UNEP/WHO 1994b)。然而,在移动间歇地使用手动采样方法也会出现问题。

纵观世界各地的监测点,采样系统的缺陷是最常见的问题。这通常是由设计不合理或采用不恰当方法清洁采样系统引起的(更多资料可参考UNEP/WHO 1994a;b;c; WHO 2000a; Schwela 2003)。

3.4.7 仪器设备问题

空气监测方法的性质以及它们必然涉及到的资源手段会对网络设计产生很强的影响。这部分概述了相关的几个问题。

空气监测方法一般可以分为四大类,包含了费用和性能差异明显的不同方法。这四类是被动采样、主动采样、自动分析、遥测分析。表6中总结了这几种技术的主要优点和特性。

在满足采样要求的情况下,我们建议尽量采用最简单的技术。过于复杂或易于失误的装置会导致监测网络性能低下,限制了数据的可用性,最糟糕的是浪费了资金。尽管监测的目的是主要的因素,但资源的限制和熟练的技术人员的配备也必须要考虑。仪器设备费用、复杂性、可靠性和性能之间明显需要

我们权衡考虑。越先进的系统可提供更加精确的数据,但仪器也更加复杂而难以操作。

“扩散采样...对于刚开始实施空气质量管理的发展中国家来说是一个不错的选择。”

采样分析方法并不一定比自动分析精度低。实际中,地方性或全国范围内的“混合”监测项目设计时将采样和自动分析方法相结合,能够提供更多样化的数据类型,也是提供费用效率的一种途径。为了使监测网络能在时间上和空间上覆盖更大的范围,可以使用被动或主动地采样仪。在慎重考虑选定的监测点使用自动分析仪,可以得到随时间变化的更为详尽的数据,以便了解峰值信息,与短期标准进行比较。主动采样仪的泵可使空气通过吸收材料,多年来在欧洲、北美以及其它地区有了广泛的应用(见图8)。在很多发展中国家,主动采样仪的部件都有生产,还有提供对几种污染物的分析服务(UNEP/WHO 1994a; Schwela 2003; SEI 2008)。

表6: 空气监测技术

方法	优点	缺点	费用
被动采样	<ul style="list-style-type: none"> ■ 成本很低 ■ 非常简单 ■ 不需要电力供应 ■ 采用数目可以很多 ■ 对筛分、绘图和基础研究很有用 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 对一些污染物的测量未经证实 ■ 一般只有月平均或周平均数据 ■ 分析工作量大 ■ 数据产出慢 	10-70 美元/采样器
主动采样	<ul style="list-style-type: none"> ■ 成本低 ■ 容易操作 ■ 操作/运转可信 ■ 有历史监测数据 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 日平均数据 ■ 样品需要人工收集和分析 ■ 需要进行实验室的分析 	1,000-3,000 美元/套设备
自动分析仪	<ul style="list-style-type: none"> ■ 可信 ■ 高效 ■ 每小时读取数据 ■ 在线信息 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 复杂 ■ 昂贵 ■ 对技术要求高 ■ 常规费用高 	10,000-15,000 美元/分析仪
遥测	<ul style="list-style-type: none"> ■ 从多种途径和范围提供数据 ■ 可以在离排放源很近时使用 ■ 多功能测量 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 很复杂和昂贵 ■ 维护、操作、校正和有效性验证都很困难 ■ 还不能和排放点数据进行比较 ■ 大气可见度的影响,操作易被干涉 	70,000-150,000 美元/传感器,或更多

来源: UNEP/WHO (1994a)

图8

一个英国机场附近使用主动采样器进行空气质量调查

Courtesy Jon Bower, AEA Technology



图9

保护的遮蔽物和良好的装备设施对被动采样器至关重要

Dietrich Schwela, WHO



被动采样仪在不使用泵的情况下采集空气污染物。被动采样仪有多种类型,包括大容量采样、替代表面法、流动采样、半扩散和扩散采样等。扩散采样是被动采样器中较为特殊的一种,它使用吸收材料收集通过分子扩散的气态污染物。扩散采样对下述几种情况尤为有效:

- 区域的分类;
- 对室外空气进行初步的评价;
- 监测网络设计/优化工具;
- 污染浓度不会超过一定限值的地区的空气质量监测;
- 确定空气质量一致性;
- 人体对相关污染物的暴露水平评价。

扩散采样仪有很多方面的优势,但与其它采样方法相比也存在一些缺点,它可以作为其它采样技术的补充,比如通过连续或半连续固定设备采样或手动采样泵等方式。被动采样仪一般都不显眼,而且需要的操作人员少,通常是费用效益很好的测量方式,对于刚开始实施空气质量管理的发展中国家来说是一个不错的选择。主动采样主要的问题在于采样泵的噪声,而扩散采样仪是无声的,加之其体积小,所以容易放置,也不需要监测点配备非常熟练的技术人员。主动采样仪可以由泵来控制流量,而扩散采样的主要缺陷正在于此,所以只能进行相对长时间的暴露监测,得到时间加权的平均浓度值。

最近新开发的辐射式扩散采样仪在一定程度上弥补了这方面的缺陷,比如在臭氧监测上的应用。扩散采样技术在空气质量监测应用的现状在欧共体(EC 2002)和英国皇家化学学会(RSC 2005; 2009)最近的会议上做了介绍。

如图9中所示,在监测中使用扩散管采样时,监测点的选择和良好的采样器装备设施至关重要。

3.4.8 数据向信息的转化

正如前面这部分介绍中强调的那样,空气质量监测不仅是为了收集数据,而是为规划、健康研究人员、政策制定和公众提供有用的信息。单凭原始数据本身,其用途有限。首先需要对原始数据进行筛选(有效性分析),整理后得到可靠的数据集(UNEP/ WHO 1994a; Bower 1997; Schwela 2003)。在一个有效的空气质量信息系统中,数据的有效性分析通常还结合了相应的排放数据集、模型预测和其它决策的相关信息。

数据管理的下一个阶段就是数据的分析解释,以恰当的方式提供有效的信息给最终的用户。空气质量数据分析方法有多种成熟的方法,简单的方法包括平均值的计算、频度分布、百分位数估计等,更复杂一点的方法有相关的分析、方差分析和回归分析等。数据管理至少应该包括空气质量的日报、月报和年度统计,将数据进行简单的统计和图表分析,显示监测数据的频度和时间分布。还可以采样地理信息系统,尤其是要将污染物的信息和流行病学、社会、经济、人口的地理分布信息结合的情况下。

从监测数据中提取的信息必须及时向最终用户提交或散发。报告的形式可以是完整的数据表格、综述、峰值统计、超标率统计、分析结果或图表和地图。信息传输的方式应该同时考虑网络的性能和用户的要求。

3.4.9 主要的污染物和监测方法

主要的传统污染物二氧化硫、二氧化氮、一氧化碳、臭氧、悬浮颗粒物和铅的分析方法在以下资料中有所描述: UNEP/WHO 1994c; AEA1996; WHO/SEARO 1996; WHO/PAHO 1997; BMU 1997; Schwela 2003; SEI 2008。最近SEI的基础课程对亚洲空气质量的主要方法进行了描述。

3.5 空气质量模拟

上面也提到,对排放、地形、气象和化学过程有全面的了解能有助于我们建立数学模型来进行一次或二次污染物的浓度预测和影响分析预测(空气质量模型)。还有其它的模型,如根据车速、环境温度、机车的技术类型和其它参数估算机动车的排放因子。

目前的计算机模型包括预测单个排放源空气污染浓度分布(烟羽模型)、在空旷地区固定源和流动源的污染扩散模型(空气流模型)、多种排放源在一定地形条件下风向地区的扩散模拟,如在城市地区(长距离传输模型)。

点源扩散模型最简单的应用是计算一定距离(一般是几百米到几千米)某种污染物的地表浓度。更复杂的模型对包括面源在内的多种排放源进行排放模拟。

扩散模拟是对控制策略进行改善、预测和优化的有效工具。通过模型计算我们可以比较不同控制措施对空气质量的影响。然而,模型需要通过监测的数据来进行验证。它们的准确性取决于很多因

素,包括源排放数据、当地的气象信息、对大气中污染物传输和转化的物理和化学过程的假设是否合理等。

扩散模型可在以下几种情况下使用:

- 当某种空气污染物不能或较难进行监测,或监测费用过高;
- 在城区计划建一个新的工厂或对已有设施进行改造;
- 计划对城市交通布局进行改变。

扩散模拟的结果一般都通过在地图上绘出相关污染物(通常是颗粒物、一氧化碳、臭氧、二氧化硫等)在排放源附近的浓度分布来表示。美国环保局和欧洲环保局在它们的网站上提供了城市扩散模型的程序(US EPA 2002a; 2005; 2006a; EEA 2002; SEI 2008)。新西兰环境部开发了一个成功建立大气扩散模型的实践指导(MOE 2004)。

3.6 城市空气质量管理能力的基准

为了对一个城市空气质量管理能力进行全方位的了解,有必要建立指标体系对各方面的管理能力做一个评价,然后再将这些指标综合成一个空气质量管理能力指数,用来发现薄弱环节,或在城市间进行比较。Schwela (2006)对20个亚洲城市的空气质量管理能力进行了研究。GEMS/AIR的研究中(UNEP/WHO/MARC 1996)建立了四套指标体系来评价管理能力的主要方面:

1. **空气质量监测能力指标**——对城市室外空气质量监测活动进行评价,还考虑数据的准确性、精确性和代表性。
2. **数据评价和实用性指标**——评价空气质量数据库的运作情况,如何在决策制定的过程中提供信息,发挥它们的作用。该指数还评价从不同渠道获取空气质量信息的程度。
3. **排放估算指标**——评价在政策相关的信息中,城市污染源排放清单的实用程度。
4. **管理授权指标**——空气质量管理排放控制策略开始实施时,对行政和立法的表现进行评价。

上面这四套指标体系都由一系列指标组成。例如,空气质量监测能力指标体系中就包括了下面一些指标组成:数据有效性(QA和QC);空气质量监测;用来确定污染物的趋势和空间的分布及其对健康的长期和短期的影响;对污染物成分的监测。

图10列出了空气质量管理能力指标的层次结构。

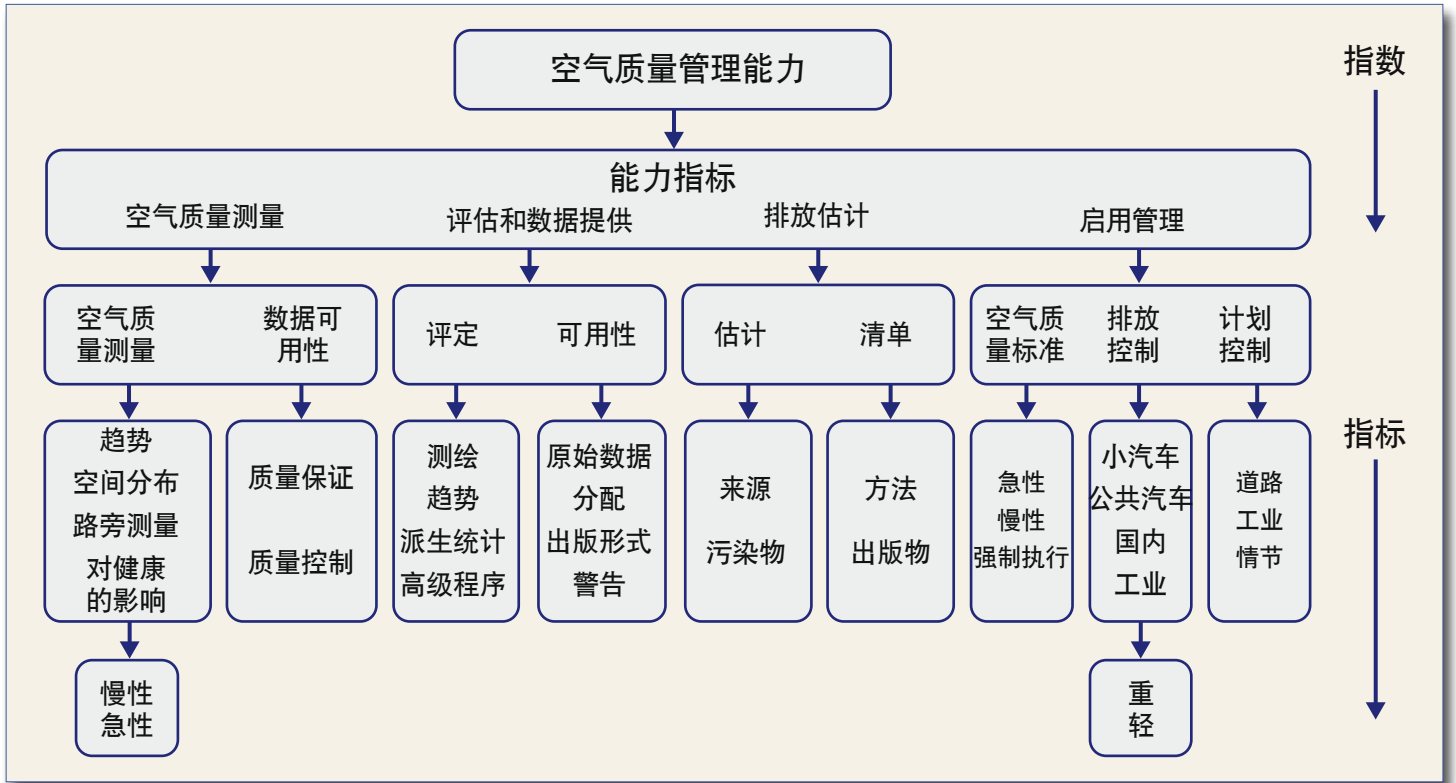


图10
空气质量管理能力
指标层次结构图

资料来源: Schwela et al., (2006)

参与这项研究的城市分别为: 曼谷, 北京, 釜山, 科伦坡, 达卡, 河内, 胡志明市, 香港, 雅加达, 加德满都, 加尔各答, 马尼拉, 孟买, 新德里, 首尔, 上海, 新加坡, 泗水, 台北和东京。这些城市的有关政府机构为这次评估提供了所需信息。调查答卷均由外部专家再次审查, 并进行了交叉检查。有可能时会提供其他的现有资料, 以确保信息的正确性。每个问题都有得分。问题回答肯定的越多, 城市管理能力越强。每个指数有25个指标分的最高得分; 将这些指数相加就能得到能力的整体评估, 其最高分为100分。表7给出了空气质量管理能力五个级别的评分。

表7:
空气质量管理个体和整体能力的评分

能力成效	个体指数得分	整体能力指数得分
差	0 - ≤5	0 - ≤20
较差	>5 - ≤10	>20 - ≤40
一般	>10 - ≤15	>40 - ≤60
良好	>15 - ≤20	>60 - ≤80
优秀	>20 - ≤25	>80 - ≤100

表7列出了空气质量管理个体和整体能力的评分。

结合这四个指数的评分可了解各城市制定和实施空气质量管理策略的能力概况, 如图11所示。

20个亚洲城市的能力和评分差距很大。表8对其整体能力进行了总结。

以下概括了几个要点:

- 在发展中国家管理能力的各个方面中, 空气质量监测是最强的一项。研究中85%的城市建立了可运作的监测网络, 其它的城市已经或正在开始进行监测活动。各污染物中, 颗粒物和二氧化硫的监测进行得最为广泛。监测最少的是铅、臭氧和一氧化碳。随着连续监测网络的建立, 主动采样技术成为应有最为广泛的采样方法, 被动采样器在这些城市中的使用有限, 被动采样能以较低的资金投入提供额外的空气质量信息。
- 研究中大部分城市定期进行校正和流量检查, 以保证测量数据的准确性, 很少城市对监测结果进行验证, 极少城市确定了正式的数据质量目标, 或对监测站进行技术方面的审查。所以, 对于很多发展中国家城市来说, 要确定监测数据的质量以及其是否能满足预先设定的要求很困难。

- 目前对监测数据的评价一般仅限于简单的统计分析、百分位数分析、空气质量超标率及其趋势分析。极少发展中国家城市能在流行病学研究中将空气监测数据和健康指标结合起来，或使用气象和排放数据来建立扩散模型或对污染物的变化进行情景分析预测。在涉及的城市中有80%使用计算机来进行数据的分析。总体来说，各城市并没有发挥空气质量数据的最大作用。
- 大部分发展中国家城市获取空气质量信息的途径是通过出版的空气质量年报，但有时印刷数量的限制导致报告发布的范围有限。一半以上发展中国家城市的空气质量信息可以通过媒体渠道获取，大部分空气质量的信息并不需要专业知识背景来理解。研究中的20个城市里，只有6个在空气质量不佳时会发出警报，提醒敏感人群如何减少对空气污染暴露所导致的影响，这样的建议并不常见。极少城市在空气质量恶劣时引入额外的排放控制措施。
- 排放估计普遍是管理能力中最薄弱的环节，不到50%的城市对排放进行了估算。此外，对于已

经对排放进行估算的发展中国家城市，极少对研究成果进行过验证，而且大多数没有将非燃烧排放源纳入在内。在大多数发展中国家排放估算中，尤其是对于某些污染物，只进行了粗略的、不确定性的估算，更应该考虑非燃烧排放源的排放。

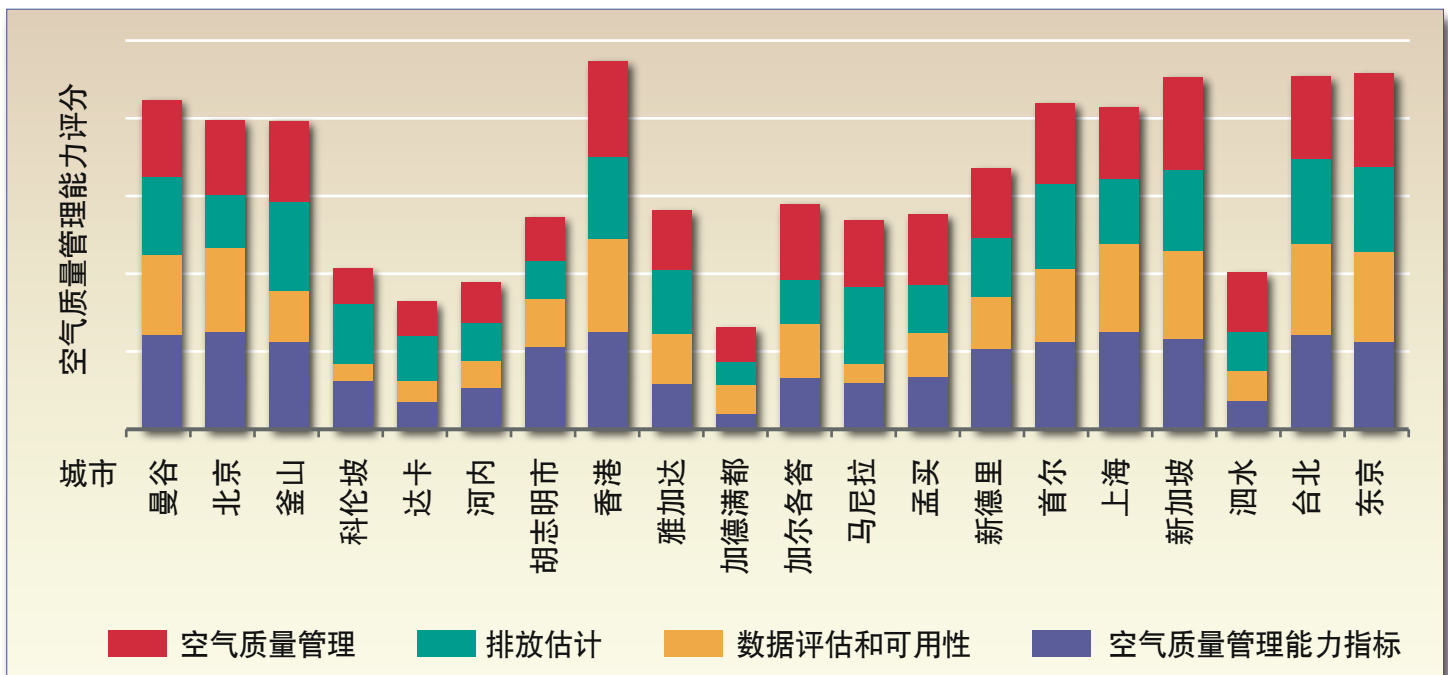
表 8: 亚洲20个城市空气质量管理能力

整体能力	城市
优秀	曼谷, 香港, 汉城, 新加坡, 上海, 台北, 东京
良好	北京, 釜山, 新德里
一般	科伦坡, 胡志明市, 雅加达, 马尼拉, 孟买, 加尔各答
较差	达卡, 河内, 加德满都, 泗水
差	无

图 11

空气质量管理
整体能力。

资料来源: Schwela et al., (2006)



4. 发展中城市排放的控制手段

4.1 管理与控制

法律法规是空气质量管理战略的核心部分。空气质量管理战略提出和实施的传统手段是“管理与控制”手段。这一手段具有以排放管制为中心的几个主要特点。管理与控制手段通常包括：

- 排放标准法规的制订和规范；
- 排放源许可证制度；
- 排放的监测和报告；
- 对超过许可范围的情况进行罚款。

在这种体系下，如污染控制这种应用于地区的技术应由政府规定，与具体情况的协调由政府检查员来核查。政府负责颁发许可证，设定排放标准，核查标准的执行和达标情况。超标的情况通常会告法庭，由法庭来决定减轻罪状的情况和决定判罚。新建的或改变很大的污染源要接受环境影响评价，并且新建的污染源要实施比现有情况更加严格的执行标准。

“管理与控制”手段的优点包括：

- 公众信心；
- 工业和公众的司法确认；
- 确定下限值；
- 很多情况下管理与控制手段的效果非常明显，许多国家已经减少了二氧化硫和颗粒物的排放，并减少或消除了汽油的铅排放。

这一手段的缺点包括：

- 耗时、昂贵和缺乏灵活性；
- 强制的少量罚款也许不适合所有情况；
- 这种严格的手段可能导致武断的决定，过分强调末端的解决措施，而忽略了预防污染的综合措施的使用；
- 缺乏对排放减少的激励机制；
- 通常会由于新建和在用项目使用不同的标准，而忽略公平性。只要求新建污染源使用极其昂贵的最好的技术，而与此同时正在排放的污染源却仍然可以使用低水平技术并继续排污。

虽然“管理与控制”这一方法存在有弱点，但它是全世界发展中国家和发达国家最为广泛使用的技术。

近年来，大多数发达国家的趋势是减少管理与控制手段的使用，转而使用其它形式的调节控制——经济手段、联合管理和自我管理（见表9）

。在自我管理的过程中，经常讨论的是那些熟悉本行业中现有最好的实践的企业集团。因此他们可以设定作业规范、行业标准和目标，包括接受或被迫进行审查的自我监测。然而，自我管理手段与政府的调节控制相比获得的公众信心较少。

经济手段的使用减少了污染防治的运作成本，例如减少能源利用的政府拨款和零排放产品的使用（UNECE 1999）。价格政策是改善空气质量的有力经济手段。另一条市场导向的途径是可交易的排污许可证系统。在这个系统中，管理部门确定地区内允许的排放总量，然后再给出可交易的排放权利的一个等价数值。这些可交易的许可证可以自由买卖。

这种方法的一个典型例子是加利福尼亚州的区域清洁空气激励市场项目。根据这项计划，数百个污染设施必须削减其排放的氮氧化物（NO_x）和硫氧化物（SO_x）。1994年至2003年氮氧化物预计减少70%，然而由于氮氧化物排放量上限设定得过于笼统，这一目标远远没有被实现（2002;2006, 美国EPA）。

公司以及它们的行业组织都已经参与了制度改革方案的讨论，并发表意见。行业组织这种主动的行动提高了本地区联合管理的程度。这使得一些实用和现实的规章和方针被采用，并简化和降低了完成国家政府目标的费用。

自我管理是建立在环境管理系统全球应用的基础上的。这些自我管理手段包括英国标准7750，欧盟生态管理和审计计划和国际标准化组织的环境管理系统——ISO14000系列（ISO 1996a;b;Sheldon 1997）。环境管理系统的采用还由于政府只是定义了行业的排放结果，而没有告诉企业这些成果如何达到而影响了进程。EMAS是针对所有经济部门，包括公共和私人的服务部门，用来报告和改善其环境绩效的一个管理工具（2001年;2008B, 欧盟）。关于经济手段、联合管理和自我管理的细节在WHO 2000和分册1d《经济手段》中详细讨论。

排放控制方案应包括广泛的战略途径，例如土地利用、交通运输、能源和工业发展规划。空气质量规划除非与这些其它领域保持一致，否则很难有实质性的进展。一些复杂的模型可以用来评价这些领域的变化与空气质量的相互作用及其后果。然而，土地利用、交通运输、能源和工业发展规划的变化可能要过几十年才能真正改善空气质量，因此还需要更具体的战略来控制排放。工业空气污染控制的决策支持系统现已建立，它可以帮助政策制定者

表9: 环境管理的类型

类型	描述	例子
管理与控制	许可证的颁发, 标准的设定, 达标验收, 超标的制裁	<ul style="list-style-type: none"> ■ 空气污染控制 ■ 政府审核 ■ 排放标准
经济手段	对组织和公众生产和消费方式改变的定价、拨款、税收和收费	<ul style="list-style-type: none"> ■ 基于负荷的排放收费 ■ 排污交易许可证 ■ 差额税 ■ 资源的真实成本定价
联合管理	与参与者进行磋商, 并在指定范围内通过协商指定和采用准则、规章和方针	<ul style="list-style-type: none"> ■ 国家排污登记 ■ 排放清单
自我管理	行业组织规章方针和环境审查的自我监督。环境管理措施的自愿实施	<ul style="list-style-type: none"> ■ 自发的实践规范 ■ 自我审查 ■ 排放削减目标 ■ 环境管理系统

来源: After Bradfield等 (1996)

和管理者进行政策和控制措施的分析、制度 (WHO 1995b)。为了解决这些问题SEI空气质量管理基础课程开发了一个特别的模块(2008, SEI)。最近世界银行发表了题为“低成本改善撒哈拉以南非洲城市空气质量的方案”的报告,总结了低成本改善空气质量的方法(排放量,建模,监测,对健康和环境影响的评估)和运输及工业部门的政策以及来自地面的污染、越境转移的污染和温室气体排放。

4.2 控制方案的评价

除非法律约束给出了一个特定的控制方案,不然控制方案的评价必须考虑以下因素:

- 技术可行性;
- 财政能力;
- 成本和效益的社会平衡;
- 健康和环境的成本和效益;
- 控制方案实施的速度;
- 可操作性。

虽然在一些发达国家空气质量已经取得了很大进步,但是财务成本太高,并且一些方法的资源需求太高,并不适合贫穷的发展中国家。

一些国家通过污染物对健康和环境的影响来确定空气污染控制的必要条件(影响导向型)。当评价显示污染物对健康和环境没有影响或其浓度没有超过环境空气质量标准时,增加的排放也是允许的。当显示影响或超标已经出现的时候需要采用方案来

降低户外浓度。而其它国家则将采用最有效的技术或不需过多投入的最有效技术,作为空气质量管理政策的基础(污染源导向型)。大多数国家采取污染源导向型和影响导向型相结合的办法(UNECE 1999)。

4.3 点源的控制

点源的空气质量管理方案涉及到:

- 工地选择和规划;
- 源排放削减;
- 管理和操作变化;
- 过程最优化;
- 燃烧改造;
- 排放控制。

最有效和经济的空气质量管理选择出现在一个新工厂的规划阶段。规划选择包括谨慎的选择厂址以达到最大的扩散,将拟建的工厂安排在远离诸如居住区及商业敏感区等敏感受体的地方。

对现有生产过程或污染控制技术进行改造的控制方案的选择范围是很有限的。控制已有空气污染源的有显著效益的途径是削减源排放量,包括:管理和操作的改造;过程最优化;燃烧改造和燃料改造。每个手段对不同的空气污染物具有不同程度的作用。例如过程最优化可以明显地减少挥发性和有毒化合物的排放,但却对氮氧化物和二氧化硫的排放几乎没有影响。相反,燃料改造则能减少氮氧

化物和二氧化硫的排放, 但是却对挥发性和有毒化合物没有影响。

操作过程中排放、污染源、源强和随后变化的管理审核需要管理和维护好实际执行和实施过程, 以保证系统处于良好状态, 并检查仪器是否经过维护, 员工是否已接受培训和适当的监督。它试图通过改变使用原料的组成来减少瞬时排放和库存液体固体的损失, 这样可以在保证产品质量的同时减少排放。

过程最优化是寻求在不造成产品质量和产量损失的前提下, 通过改变生产过程而达到排放削减的途径。它通常包括制造过程中的参数改变等一系列变化, 例如温度、通风或流速。

改变燃烧发生的方式, 增加燃烧器内的燃料, 改变燃烧室的几何尺寸和严格控制进入燃烧器的氧气供给能够有效地减少氮氧化物的排放。

“最有效和经济的空气质量管理方案出现在一个新工厂的规划阶段。”

燃料改造的最简单方法就是将组成相对污染严重的燃料(如煤)替换成更清洁的燃料(如天然气)。这通常是一种比从排放中去除二氧化硫更廉价的排放削减方法。也可应用燃料混合的方法, 例如通过

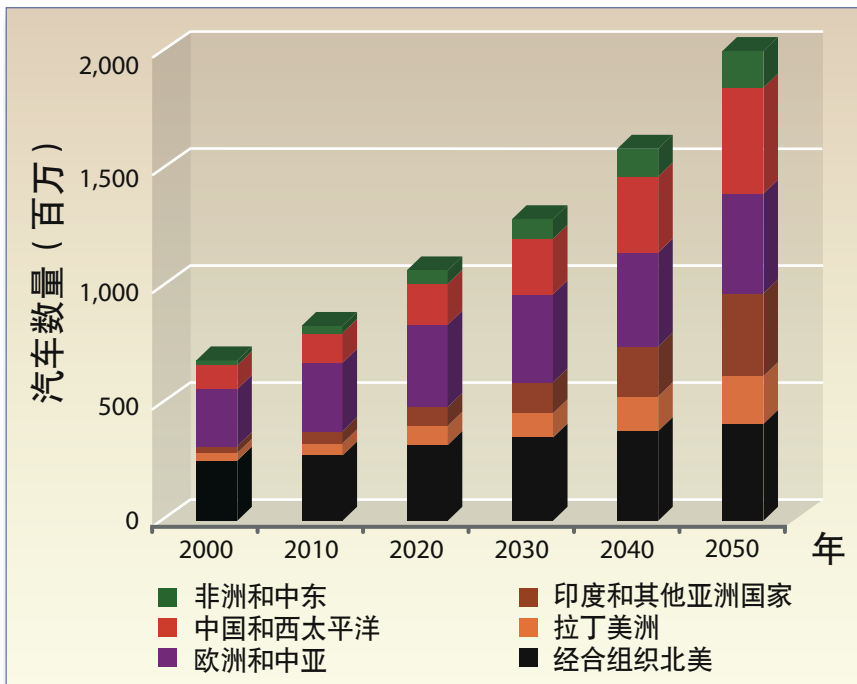
低硫煤和高硫煤的混合以及煤/油混合来减少二氧化硫的排放。使用煤作为燃料的过程也可通过洗煤来降低排放。洗煤就是降低煤中杂质的比例。

高烟囱在传统上作为一种对于生产者来说成本最低的方法而使用, 并用来自降低空气污染的地面浓度。它们的效果取决于高度, 烟道气的速度和温度以及一些大气条件如风速和风向、大气稳定性、当地地形和空气质量。200-400米高的烟囱修建在合适位置时, 对空气污染物地面浓度的降低是相当有效的。然而, 高烟囱却不能减少排放。它们只是把污染物通过一个广阔的区域稀释。当某一区域内的排放量很大或是受体环境很敏感的话, 例如酸沉降和森林衰退等严重的环境影响将会出现在遥远的区域。

控制颗粒物和气体排放还有一些技术(标准文献中有详细描述, 例如liu&Liptak 1997)。尽管这些控制技术很有效, 但是其中一些在成本和基础设施维护上的花费颇高, 并且超出了一些发达和发展中国家的财力。然而, 并不是所有的方法都花费很多。对于许多发展中国家来说, 污染源减排技术通常是最划算和合适的方法。这包括通过例如低硫煤和低灰分煤的准备和使用等燃料改造方法与控制操作方法相结合来减少排放。

图 12
世界各地轻型汽车保有量增长比较

资料来源: M. Walsh



4.4 移动源的控制

4.4.1 情景分析

在城市中心, 90%-95%的一氧化碳和铅以及60%-70%的氮氧化物和碳氢化合物来自于机动车排放。由于机动车排放多发生在人们的呼吸区附近, 因此暴露会很高并表现出严重的健康风险。

虽然发达国家拥有绝大多数的机动车, 但是发展中国家的机动车污染也随着机动车保有量增长和机动车的高排放率而迅速恶化(图12)。高排放率的原因: 二冲程发动机车辆的高比例, 造成每公里排放量增加的道路拥挤, 高铅成分的不佳燃料质量, 不充分的排放控制, 糟糕的保养状况和机动车车队的高平均车龄(见文字框8列出的参数)。

许多国家已经采取行动管制和加强对排放的削减, 因此大多数发达国家机动车相关的空气污染物——氮氧化物、一氧化碳、铅和碳氢化合物等的环境浓度在过去的二十年间已经下降了(USEPA 1995; UNECE 1999)。尽管在大多数最富有的发展中国家, 空气质量已经发生了明显的改善, 但是

文字框8: 影响机动车排放的因素

影响移动源污染物排放的一系列因素包括:

- 发动机类型和工艺: 燃料喷射, 传动系统的类型, 其他发动机特性;
- 排气装置, 曲轴箱, 催化转化器, 废气在循环;
- 车龄, 里程数, 发动机的机械条件和维护是否足够;
- 燃料特性和质量
(通常有关车辆和燃料的资源手册模块)。

车队特性

- 车辆混合 (在用车的数量和类型);
- 不同类型车辆的使用情况
(每车每年的行驶公里);

- 车队的车龄结构;
- 排放标准对清洁车购买的作用和激励/阻碍;
- 车队维护计划的足够性和广泛性;
- 清洁燃料计划。

运行特性

- 海拔, 温度, 湿度 (对氮氧化物来说)
- 车辆的使用方式——出行数量和距离, 冷启动的次数, 速度, 负荷, 驾驶行为的侵略性;
- 交通拥挤的程度, 道路基础设施的容量和质量以及交通控制系统;
- 交通需求管理计划。

文字框9: 智利圣地亚哥的空气质量管理

1998年, 智利圣地亚哥在圣地亚哥主管环境当局CONEMA和包括来自9个部门17个机构的支持下开展了一项综合空气质量管理规划 (防止空气恶化的规划)。除了纯粹的技术机制外, 该规划还包括了一些特有的市场导向手段。20世纪60年代快速的城市化进程, 加上工业化的超高速度和扩大的交通量, 造成粉尘、可吸入颗粒物、一氧化氮和臭氧等的排放远远超过空气质量标准, 到了不能容忍的程度, 必须采取极端的手段来消除这种现象。

该规划基于六个基本原则:

- 措施设计和执行过程中社会组织的参与;
- 预防;
- 污染者责任制;
- “排污收费原则” (诱发原则);
- 措施的 (成本) 效用;
- 措施的逐步实施已允许其逐步的修正。

超过100个限定措施被应用于交通、工业、建筑和农业部门。除了工业活动和交通运输的排放标准和减少悬浮颗粒物排放的规章的建立

和监测外, 该规划还依靠市场经济手段。例如, 新建的工厂企业现在需要购买相当于工厂本身排放120%的排放权利 (过度补偿)。在外部效应内在化的观点下税收和收费比例刺激机制也被建立, 例如通过特殊燃料税等。

该规划要达到的目标是, 不论预期经济发展如何, 在2011年将最有害排放减少到1997年水平的50%左右。该规划的实施受到常规监测和拟议规划 (于2000年开始) 的定期更新影响。

GTZ为智利过去控制空气污染和制定规划时所做出的努力做出了重大贡献, 并会在未来继续如此。持续到2003年底的相关项目的关注目标和内容是, 在空气质量控制规划的执行, 公众关系工作和社区参与, 城市发展和出行规划的综合。以及包括标准的制定在内的固定和移动排放源监测系统的进一步改进之间的协调等方面, 提供咨询服务。在项目执行的过程中, 公众私人合作, 技术交流和拉丁美洲区域的城市间合作作为主要研究领域而备受重视。

(GTZ, 2003年10月)

表10: 亚洲和非洲逐步淘汰含铅的国家

年	亚洲国家	非洲国家
1999	日本, 马来西亚, 韩国, 新加坡, 泰国	
2000	中国台湾, 印度, 马尔代夫	
2001	孟加拉国, 中国, 菲律宾, 萨摩亚, 越南	
2002		
2003	文莱, 巴基斯坦, 斯里兰卡	尼日利亚, 毛里求斯, 苏丹
2004	巴布亚新几内亚	贝宁, 喀麦隆, 中非共和国, 乍得, 厄立特里亚, 埃塞俄比亚, 加纳, 毛里塔尼亚, 尼日尔
2005		安哥拉, 布基纳法索, 布隆迪, 科特迪瓦, 赤道几内亚, 肯尼亚, 利比里亚, 马达加斯加, 马拉维, 马里, 莫桑比克, 圣多美和普林西比, 塞内加尔, 坦桑尼亚, 冈比亚, 多哥, 乌干达
2006	斐济, 印度尼西亚, 基里巴斯, 马绍尔群岛, 帕劳, 所罗门群岛, 汤加, 图瓦卢, 瓦努阿图	博茨瓦纳, 吉布提, 几内亚, 莱索托, 纳米比亚, 卢旺达, 塞拉利昂, 索马里, 南非, 斯威士兰, 津巴布韦
2007	柬埔寨	赞比亚
2008	老挝人民民主共和国, 蒙古, 东帝汶	
2009	朝鲜人民民主共和国, 缅甸	科摩罗, 加蓬, 留尼汪, 塞舌尔, 塞拉利昂

Source: PCFV (2009)

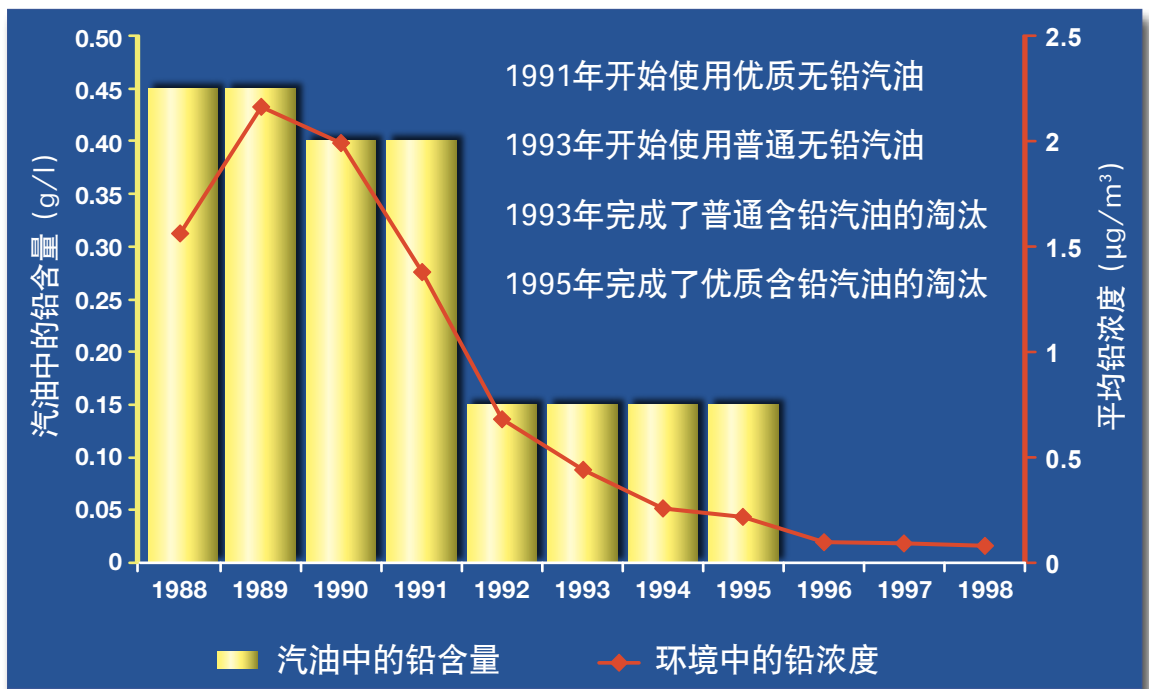


图13
曼谷环境铅(Pb)
浓度和汽油中的
铅, 1988-1998

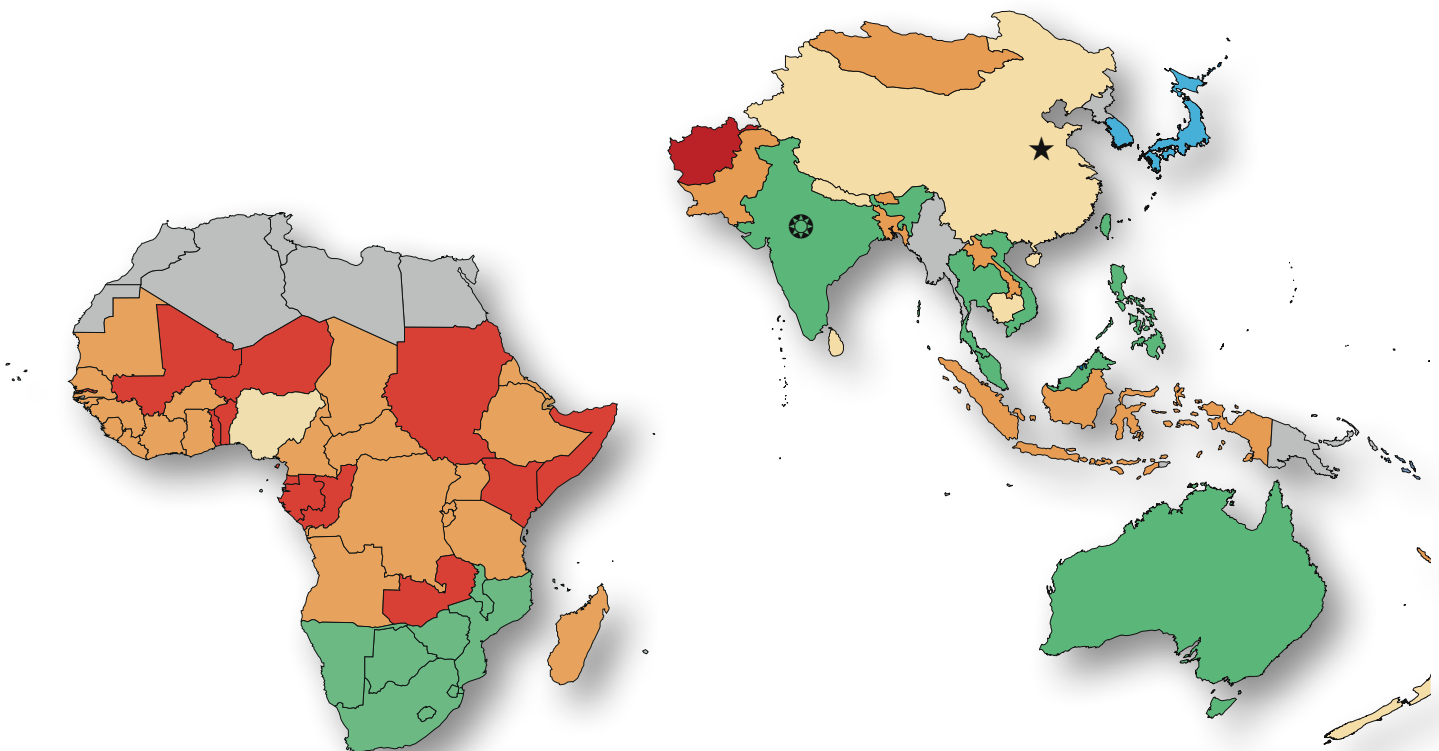
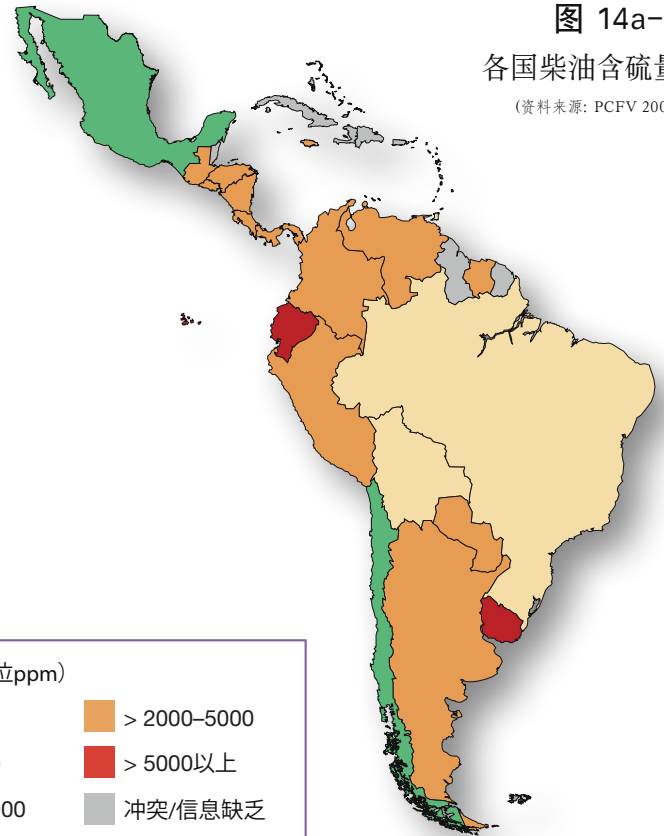
新德里的ADB清洁燃料
工作组, 2001年5月

在大多数其它有资料记载的发展中国家，机动车排放和机动车相关空气污染物的环境浓度都在增长（WHO 1997）。然而所有停止使用铅作为增加汽油抗爆性能的添加剂的国家都出现了空气中铅浓度的明显下降。近来的成功基于考虑最相关污染源的排放削减，这些源将被认为是操作上最具成本效益的源。这样的成功案例促使我们关注未来对发展中城市中重污染源所采取的措施，目前来说重污染源实际上就是柴油车。因此，柴油车的排放削减将是发展中国家下一个效益突出的降低颗粒物浓度和相关健康影响的步骤。

在许多发展中国家，对从汽油中减少或去除铅添加剂进行立法，并已经执行或即将执行。这一战略将会成功地减少大气中铅浓度。表10给出了含铅汽油在亚洲非洲被淘汰的时间期限。

图13给出了曼谷市含铅汽油与环境空气中铅的水平之间的关系，两者关系显示随着逐步停止汽油中铅的使用是可以实现环境铅浓度水平的迅速下降的。图 14a-c显示了非洲、亚洲和拉丁美洲各国目前柴油的含硫量（PCFV,2009）。

图 14a-c
各国柴油含硫量
(资料来源: PCFV 2009)



4.4.2 控制

发展中城市的综合空气质量管理战略的主要组成部分通常包括:

- 清洁车和清洁燃料技术;
- 交通管理; 旨在阻止私人小汽车和摩托车使用和鼓励公共交通和非机动交通方式使用的经济和财政手段;
- 发展公共交通;
- 制度和政策改革以及公众参与。

这种综合AQM战略的主要例子是墨西哥城和智利圣地亚哥(见文字框9)。

关于减少私人机动车排放的时机和用来检验机动车排放削减的技术选择的效果和潜在收益的测试案例的概述在分册4a:《清洁燃料和车辆技术》中给出。

在所有工业化国家有效的机动车排放标准也为许多发展中国家所采用。表11中给出了亚洲已经存在和即将实施的新车排放标准(CAI-Asia, 2009)。

改善燃料质量可以立刻减少所有燃料燃烧设备的排放, 而不需要任何附加装置的安装或使用费用。

从更长期来看, 也可通过城市发展模式的改变来减少行使总量和燃料使用及产生的排放量。

正如所确定的那样, 最有效的空气质量管理战略应使用一系列的排放控制战略来达到空气质量标准中规定的可接受的空气质量。

发展中国家机动车检测计划(见分册4b:《检验维护和车辆性能》)的经验很少(从图15上可以推断出一个有趣的原因), 并且复杂的机动车控制技术的使用被认为只有在发展中国家更发达的情况下才能发挥出最大功效。控制发展中国家机动车排放的最积极的途径可能就是通过政策来鼓励公交、步行和自行车的大量使用和限制私人小汽车保有量的增长。交通管理规划的加强, 公共交通的改进, 机动车的限制和对清洁燃料车使用的鼓励也都是减少机动车排放的划算的方法, 正如这本资料手册各模块中所展示的。

表11: 新载客汽车排放标准在亚洲的实施时间

国家	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18
欧盟	欧 1	欧 2					欧 3				欧 4			欧 5					欧 6					
中国香港	欧 1	欧 2					欧 3					欧 4			欧 5									
韩国												欧 4			欧 5									
中国 ^a						欧 1				欧 2			欧 3		欧 4									
中国 ^e					欧 1			欧 2			欧 3			欧 4					欧 5					
中国台北						US Tier 1									US Tier 2 Bin 7 ^f									
新加坡 ^a	欧 1						欧 2																	
新加坡 ^b	欧 1						欧 2					欧 4												
印度 ^c							欧 1				欧 2					欧 3								
印度 ^d					欧 1	欧 2					欧 3					欧 4								
泰国	欧 1						欧 2			欧 3									欧 4					
马来西亚			欧 1												欧 2					欧 4				
菲律宾								欧 1						欧 2							欧 4			
越南													欧 2										欧 4	
印度尼西亚											欧 2													
孟加拉国 ^a											欧 2													
孟加拉国 ^b											欧 1													
巴基斯坦															欧 2 ^a		欧 2 ^b							
斯里兰卡										欧 1														
尼泊尔							欧 1																	

注:

*采用的排放水平因国家而异, 但大部分是基于欧盟废气排放标准;

a) - 汽油; b) - 柴油; c) - 全国;

d) - 德里, 孟买, 加尔各答, 钦奈, 海德拉巴, 班加罗尔, 勒克瑙, 坎普尔, 阿格拉, 苏拉特, 艾哈迈达巴德, 浦那和索拉普;

印度其它城市使用的是欧2标准;

e) - 北京[欧 1 (1999年1月); 欧 2 (2002年8月); 欧 3 (2005年); 欧 4 (2008年3月1日); 欧 5 (2012年)], 上海[欧 1 (2000年); 欧 2 (2003年3月); 欧 3 (2007年); 欧 4 (2010年)] 和广州 [欧 1 (2000年1月); 欧 2 (2004年7月); 欧 3 (2006年9-10月); 欧 4 (2010年)];

f) - 相当于欧4排放标准

来源: CAI-Asia. 2010年6月. 新轻型车辆排放标准

“控制机动车拥有和使用以及鼓励其它交通方式的政策措施通常也用来支持机动车排放规划。”

大多数发展中国家将机动车排放的管制作为一个国际过程的一部分，在这个过程中机动车及其零部件在投入市场前需要通过验证。一些国家还要求对排放和安全性作定期的在用检测和维护，并将其作为车辆继续使用的条件之一。这包括对不符合标准的机动车进行改进或销毁。大多数发达国家对新车的技术要求主要包括三相催化转化器以及汽油燃料载客小汽车特别特别需要的封闭回路和木炭过滤器。还有其它应用于柴油车、轻型和重型卡车以及公共汽车的要求。传统的两冲程摩托车有时是被禁止使用的。还有控制加油过程中燃料损失的计划。事实上所有发达国家现在都已要求新车要使用无铅燃料并且利用经济手段来鼓励它们的使用。



控制机动车拥有和使用以及鼓励其它交通方式的政策措施通常也用来支持机动车排放规划。例如新加坡对机动车拥有和使用的严格控制，尤其是日间中央商业区内的使用，为减少机动车空气污染做出了贡献（见模块1: 经济手段）。面对可怕的空气污染问题，一些拉丁美洲城市引入了诸如无车日等方法来作为当空气污染达到极限水平时的一个最终手段。更为社会所接受的方法包括鼓励公共交通的发展和限制私人机动车使用的土地利用规划时有效和经济的长期措施（见分册2a: 《土地利用规划和城市交通》）。

图15
你能看到读数吗？

表12: 面源控制的战略

战略	描述
技术的	<ul style="list-style-type: none"> ■ 寻找现有污染行为的替代方式 ■ 实现清洁生产, 污染防治 ■ 最优方法
管理的	<ul style="list-style-type: none"> ■ 排放的禁止 ■ 露天焚烧的禁止, 罚款 ■ 燃料质量的控制
教育的	<ul style="list-style-type: none"> ■ 将排放、污染影响和低质燃料的情况告知公众
基于市场的	<ul style="list-style-type: none"> ■ 排污收费, 鼓励清洁燃料的使用, 促进采用最优方法的排放许可, 资源的精确成本定价

4.5 面源的控制

由于面源的特性极其不定，因此空气污染的面源控制包括许多战略。面源控制的方案可划分为技术的、管理的、教育的和基于市场的战略（见表12）。

5. 教育和交流

有效的教育和交流在提高空气质量方面的公共意识中起着重要的作用。空气质量管理战略的成功通常需要社会各阶层的共同努力。很多情况下，中央政府的行动是由于地方市民的不满而引发的。控制空气污染的行动有时可能只需要建立地方社区、地方政府和负责空气质量事务的国家政府部门之间的联系。地方社区和负责空气质量管理相关部门间的双向联系是必需的，同时还需要许多技术的应用以达到成功。

“空气质量管理战略的成功通常需要社会各阶层的共同努力。”

以一种公众通常都可以理解的方式报告空气质量信息是一个困难的问题。一种方法是利用污染物标准指数。这个系统可以把大范围的空气质量成分、浓度和平均时间通过一个简单的规范化数字来报告给公众。虽然污染指数提供了一个相对简单便捷的方法来传播空气污染水平的信息，但是这些指数的设定的确存在着很多困难。主要困难来自于污染混和物的组成随时间和空间变化，同时混合物的成分具有不同的健康影响。

要获得一整套提高公众意识和交流运动方法的工具和手段，请查阅分册1e：《提高公众在可持续城市交通方面的意识》。

6. 空气质量管理中的优先级设置

6.1 简介

空气质量管理中的优先级设置将会随不同城市而变化，因为一个城市或国家要按照自己的政策目标、需求和能力来设置空气质量管理中的优先级。空气质量管理中的优先级设置随空气污染健康风险的大小，包括污染物的相应重要性，和所关注的重要污染源而变。那些含有“高”毒性和“高”暴露污染物的化合物将被赋予高健康风险优先级。相反的，低健康风险优先级则包括“低”毒性和“低”暴露的药剂。中风险优先级包括“低”毒性和“高”暴露或相反的化合物。健康风险的评价和优先级确定的过程由4个步骤组成：危险鉴定、暴露评估、暴露——响应分析和风险描述（见图 16）（Younes等；WHO 2000a）。

为了确定空气质量管理中的风险降低方法和战略的决策基础，需要空气质量标准一个可靠而明晰的出处和政治、管理和行政手段的一个框架。在这样一个框架里，应包括以下注意事项：

- 法律方面；
- 空气污染物引起对人体不利的健康影响的潜在危险；

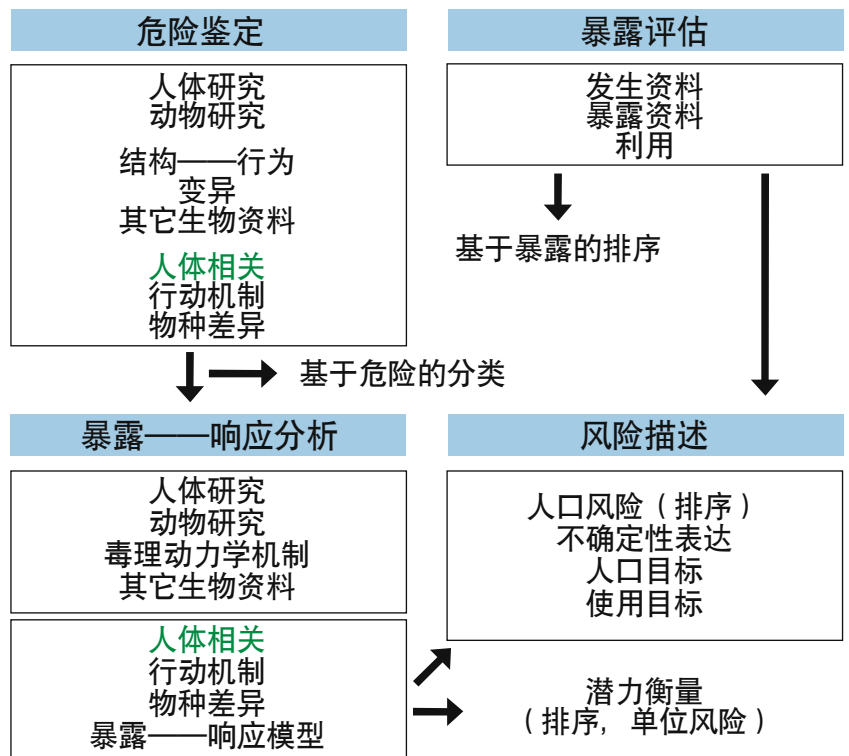


图16
健康风险估算和排序的基本元素

- 污染物及其混合物与带来相关健康和/或环境风险的实际暴露之间的暴露——响应关系;
 - 风险的可接受性;
 - 费用——效益方面的考虑;
 - 利益相关性在标准设置中的作用。
- 这些问题将在以下各节中讨论。

6.2 法律方面

一个法律框架通常为市政、区域、国家和跨国水平的空气质量标准确定的决策过程的政策提供依据。标准的设定很大程度上取决于所采取的风险管理战略,这种战略依次受国家特殊的社会政治和经济事务和国际协议的影响。每个国家的立法和空气质量标准都不相同,但一般而言,《WHO空气质量指导方针》(WHO 2000a; 2006)提供的信息可以为发展中国家如何处理下列问题提供指导:

- **确定要考虑的污染物**——在提供了已知污染源的类型后,利用AMIS的指南和快速评估程序可以确定最主要的污染源并估计它们的排放量。
- **空气污染物当前的本底浓度**——AMIS空气污染浓度数据库的全球浓度数据和WHO全球大气监测部门可以提供估算本底浓度的服务。工业污染控制决策支持系统(DSS IPC)是一个有效而且界面友好的浓度估计工具,基于最初排放估计和简单扩散模型(WHO 1995b; GAPF 2008)。
- **适用的监测方法以及质量保证**——最恰当和成本最少的地面监测方法可以以AMIS-GEMS/AIR方法学系列评论手册为基础选择(UNEP/WHO 1994a; b; c; d; Schwela 2003)。在这些出版物中,当现有信息和方法都最少的时候,UNEP和WHO为监测、监测位置定位和质量保证提供简单的建议。其它部门的出版物同样发表了对监测策略的见解(BMU 1997; AEA 1996; WHO/PAHO 1997; WHO/SEARO 1996)。
- **不同污染物标准或决策过程的数值表**——空气质量标准也可以以WHO的空气质量指标为参照,但是例如技术可行性、税务执行费用、普通的暴露水平以及社会经济文化状况等其他方面还与标准市政工程和恰当的排放削减措施的设计有关。一些空气质量标准也许需要设置,例如作为一个长期目标影响导向的标准,以及不急需在更短时间内达到的标准。因此各国的空气质量标准有很大差别(WHO 1998)。《空气质量指导方针》使我们可以通过现有的或估算的浓度来得到适合各国的空气质量标准。欧盟和瑞士已经采用了大多数的WHO指标作为标准。
- **排放控制措施和排放标准**——给出通过快速评估方法得到的污染源的类型和排放的估算以及污染源的空间分布后,DSS IPC可以用来模拟控制措施的效率和帮助制定主要污染源的合适的排放标准(WHO 1993a; b; WHO/PAHO/WB 1995; GAPF 2008)。
- **确定和选择那些需要避免的、危及公众健康和环境的负面影响**——健康影响包括从死亡、急性病、慢性病和暂时的小恙到暂时的生理和心理上的变化。标准应该以空气污染物的负面影响为基础。不管是暂时的还是可逆的,或是包括因为不确定的临床意义而导致的生化或功能性变化的健康影响都不应作为发展中国家建立标准的第一步来考虑。各国健康影响恶化的判别不尽相同,这主要是由于不同的文化背景和健康状况水平所致。空气质量标准严重影响空气污染控制政策的执行。在许多国家,标准进一步作用在于它还具有发展市政、区域或国家层次的行动计划来削减空气污染的责任。
- **确定需要特殊健康保护的人群**——最敏感的人群是婴儿、孕妇、残疾人和老年人。其他可能被判定为处于高风险的人群主要是由于暴露的增强(户外工者、运动员和儿童)。敏感人群会随国家不同而变化,这是由于不同的医疗保健和营养状况、生活方式或主要的遗传因子,或是由于地方病的存在或疲劳病的流行所致。空气质量指标的设置已经考虑到了对空气污染更敏感的亚人群。以指标为基础设定标准和不确定性结果的考虑至少为这些亚人群提供了一定保护。

6.3 对健康的负面影响

在设定空气质量标准的过程中,经常会保护人们免受由于空气污染导致的负面影响。但是负面和非负面影响的差别却造成了相当的困难(WHO 1987)。在清洁空气方案和管理中使用“负面健康影响”这一术语经常不给出定义。近来,美国胸科协会的一个

专家委员会致力于确定可以用来帮助定义由空气污染引起的不利呼吸影响的因子，尽管负面和非负面影响区分的特定界限还没有给出（ATS 2000）。根据委员会的考虑，人群和个人水平的空气污染负面影响包括：

- 任何对死亡率的影响；
- 临床措施上可察觉的影响；
- 任何可察觉水平的永久性肺功能损失；
- 下降的与健康相关的生活质量；
- 与症状的出现结合的肺功能可逆损失；
- 风险因子分布的变化，及由此带来的暴露人群的风险预测。

“空气质量标准严重影响空气污染控制政策的执行。”

在一些出版物中WHO定义的负面健康影响（WHO1978；1994；WHO/EURO 1987）最新的定义是：

“负面影响是指形态学、生理学、成长、发展或生物体生命跨度内的任何改变，并导致功能损害，或对附加压力的承担能力的损害，或其它环境影响的有害作用敏感性的增加。”

然而WHO发现，即使这样详尽的定义还是在定义空气污染对健康的负面影响时表现出了明显的主观性和不确定性。更严重的影响通常也被作为负面的。但是当健康影响要么是暂时的和可逆的，或是包括不确定的临床意义的生化或功能变化时，还是需要制定空气质量标准时给出这些不太严重的影响是否应该被考虑的一个判断标准。判断健康影响是否是负面的标准会随国家而变化，因为包括不同文化背景和不同健康状况的因素。暴露的生物标记或其它指示剂的使用为空气质量标准的设定提供了依据。当指示剂本身不具有负面影响时，它的变化可以作为对健康负面影响的预报。一个例子是血液中的铅含量可以作为神经行为发展的可能损害的指示剂。

6.4 风险人群

风险人群是指暴露在高浓度空气污染中的那部分人群。每个人群都有由于暴露在空气污染中而引起的、并逐渐严重的健康影响的高风险敏感小组或亚群。敏感组群包括受到并发症或其它生理限制伤害的个体和那些更易受到空气污染影响的特性人群（如婴儿、老年人）。其它组群则会由于增强的暴露而被认定处于高风险（户外工作者、运动员和儿童）。敏感人群会随国家不同而变化，这是由于不同的医疗保健和营养状况、生活方式或主要的遗传因子，或是由于地方病的存在或疲劳病的流行所致

6.5 暴露——响应关系

通常来说，关于无机和有机污染物暴露——响应关系的信息是很有限的，特别是在低暴露时。WHO的《空气质量指导方针》中提供了颗粒物的线性暴露——响应关系（具有95%的置信区间）而不是标准值。对PM₁₀和PM_{2.5}而言，随浓度每增长10³〔μg/m〕所带来的对不同的健康指标的影响，如每日死亡率和住院人数，可以通过这种关系来量化（WHO 2000a）。

2005年更新的颗粒物和气态化合物指导值放弃了这一方法，并再次确定了可吸入颗粒物和可入肺颗粒物的指导值和一些临时标准值，为发展中国家逐步实现指标值找到适合的方法（2006年，世界卫生组织）。表13列出了指导值和临时标准值并与1972年至1987年之间可吸入颗粒物的历史指标值进行了比较。

对于致癌物质，单位风险的量化评估为对不同浓度的响应提供了一个近似的估计。在《空气质量指导方针》（WHO 2000a）中广泛讨论的这些关系为决策者确定人群在颗粒物和致癌物质中暴露的可接受风险和设定相应浓度作为标准提供了指导。

表13: 室外和室内空气中颗粒物的WHO历史推荐值

来源	污染物	推荐值 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	平均时间	统计意义	中期目 标 1 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	中期目 标 2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	中期目 标 3 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
WHO 2006	颗粒物PM _{2.5}	25	24 小时	99%的	75	50	37.5
		10	1 年	年平均	35	25	15
WHO/ EURO 1987	颗粒物PM ₁₀	50	24 小时	99%的	150	100	75
		20	1 年	年平均	70	50	30
	黑烟; 二氧化硫关联物	125	24 小时	未给出			
		50	1 年	算术平均			
WHO 1979	黑烟; 二氧化硫关联物	120	24 小时	未给出			
		70	24 小时	未给出			
	TSP; 二氧化硫关联物	100-150	24 小时	98%的			
WHO 1972	黑烟; 二氧化硫关联物	40-60	1 年	算术平均			
		150-230	24 小时	98%的			
	黑烟; 二氧化硫关联物	60-90	1 年	算术平均			
		120	24 小时	98%的			
		40	1 年	算术平均			

6.6 暴露描述

空气污染的暴露不仅仅是由环境空气污染所决定。在以避免负面健康影响为目的的空气质量标准的制定过程中, 风险人群规模(例如暴露在高浓度空气污染中)的确定是要考虑的一个重要因素。人体的总暴露还取决于人们在不同环境中活动的时间: 户外、室内、工作地点、车内以及其它地点。暴露还取决于污染物进入人体的不同路线: 空气、水、食物和吸烟。因此, 我们应该注意到污染物浓度与身体暴露之间的联系是很微弱的。生物质燃料用来取暖和做饭时所产生的室内空气污染可以作为说明这种微弱关系的一个例子。然而在发展中国家, 环境空气浓度至今仍是估算身体暴露的唯一可用的替代。

6.7 风险评估

空气质量方针和标准基于健康或生态风险模型。这些模型能够向决策者提供那些由于标准的各

种设置而导致的处于不同污染等级的空气污染物所带来的某些可能后果。利用这个信息, 政策制定者可以对空气污染产生的影响进行控制风险评估。空气污染管理的控制风险评估包括以下步骤: 危险鉴定、暴露——响应关系的建立、暴露分析和定量化风险评估。

第一步危险鉴定, 第二步暴露——响应关系在空气质量方针中都已给出。

第三步暴露分析, 是根据不同控制对策下特定污染源或一组污染源排放的减少而对暴露变化的预测。控制风险评估的最后一步风险分析提到了暴露人群健康影响风险的定量估计(例如受影响个体的数量)。

由于暴露类型和敏感人群大小特点的不同, 控制风险评估很可能会导致风险估计随国家和经济区域不同而变化。

6.8 风险的可接受性

由于健康影响的开始没有极限，因此，选择能够充分保证公众健康的空气质量标准，需要管理者为人群确定一个可接受的风险。可接受的风险和据此选择的标准，将取决于潜在预期影响发生的可能性和程度，风险人群的大小和在特定的污染水平上影响发生的不确定程度。举例来说，如果一种可能的、但不确定的健康影响很严重并且风险人群的数量很大，那么与不太麻烦的影响或较小人群相比，就应当采取一种更谨慎的措施。

由于社会形态、风险排斥的程度和公众人口观念的差异和资金投入的不同，各国的可接受的风险水平不尽相同。风险的可接受性还受风险与空气污染的相关性影响，与其它污染源或人类活动的风险相关。

6.9 成本——效益分析

成本效益分析是帮助完成与空气污染影响相关的决策的工具。空气污染导致潜在的与健康有关的严重的社会成本，并以疾病（死亡率）或夭折（死亡率）的形式出现。这类成本可以通过各种方法来量化。尽管其它方法同样可以使用，一种越来越常用的方法就是对人们的支付意愿进行调查。通过确定人们准备花费多少来避免一定水平的风险，意外风险（死亡或疾病）可以以货币的方式来表征。空气污染的健康影响的经济估价需要换算成空气污染控制缓解措施的成本效益分析。

用来预测污染成本的输入参数经常只是个估算，因此空气污染成本的货币值只是个近似值。

确定环境/破坏评估（Shah等，1997）的总体步骤包括以下几点：

1. 把这些工具作为影响矩阵，确定由于污染导致的处于风险的人口和资产。
2. 确定潜在影响区域内的人口或资产数量。例如，那些处于风险中的也许是污染地区的全部居民。居住在超过确定的健康标准的PM₁₀等量线（地图上连接等值点的一条线）的主要道路旁的居民会被归为处于危险中。
3. 确定环境污染水平对人体健康或资产的影响的剂量——响应方程。由于影响与污染物浓度有关，因此经常采用数学运算的方式来描述相关影响。

4. 通过把风险人口和/或风险资产与3.得来的单位污染物的影响相乘，来确定边际物质影响。
5. 确定每种边际物质影响带来的经济损失。如前所述，物质成本的数量可以直接换算为市场价格（损失成本，市场价格的产量损失），但是对人体健康的影响则更难衡量。
6. 将4.和5.中得来的数值相乘，以计算空气污染的变化带来的效益与损失的货币比值。

如果上述数值不能测量出或从当地获得，近似的数值可以通过其他地区的等价或相近研究确定并可一直使用直到更合适的数值被确定。在解释以从其它文化或社会经济组织确定的数值为基础确定的数值结果时要多加小心。例如美国的剂量——响应估计是假设人体平均质量是70公斤。这在那些平均体重重要低很多的国家来考虑影响将会是不合理的。

在进行方案分析时，我们要考虑那些减少排放所做的技术和政策手段的成本和效益。我们在分析选项时需要考虑技术和政策措施的成本收益问题。欧盟为其欧洲空气清洁计划（AEAT2005）出版了相关的研究报告。该报告介绍了欧洲空气清洁计划的基准和欧盟主题战略的效益分析。此项研究使用了RAINS模型的浓度数据就颗粒物对健康的影响作了评估，以及EMEP模型的污染数据对其他污染物的影响进行了分析（包括对生态系统的影响）。它对2000年和2020年的环境状况以及现行政策在此期间的益处进行了评估。其结果如下：

- 健康（死亡率和发病率）；
- 材料（建筑物）；
- 农作物；
- 生态系统（淡水和陆地，包括森林）。

该分析可运用于对某些经济价值的评估，但不能用于生态系统和文化遗产中所使用到的物料。

这份报告总结了2000年至2020年欧洲空气质量的受益基线。它表示，在这段时期里执行现行的政策预计会带来大的收益。2020年空气污染影响量化值将从每年183亿欧元下降到89亿欧元，这是现行政策的成果。图17对这些结果进行了说明。

污染削减策略的成本要与死亡和疾病的减少、生产力的增加或相关的影响表示的社会效益进行比较。例如表14中给出了两种客车排放削减装置及其成本一览。

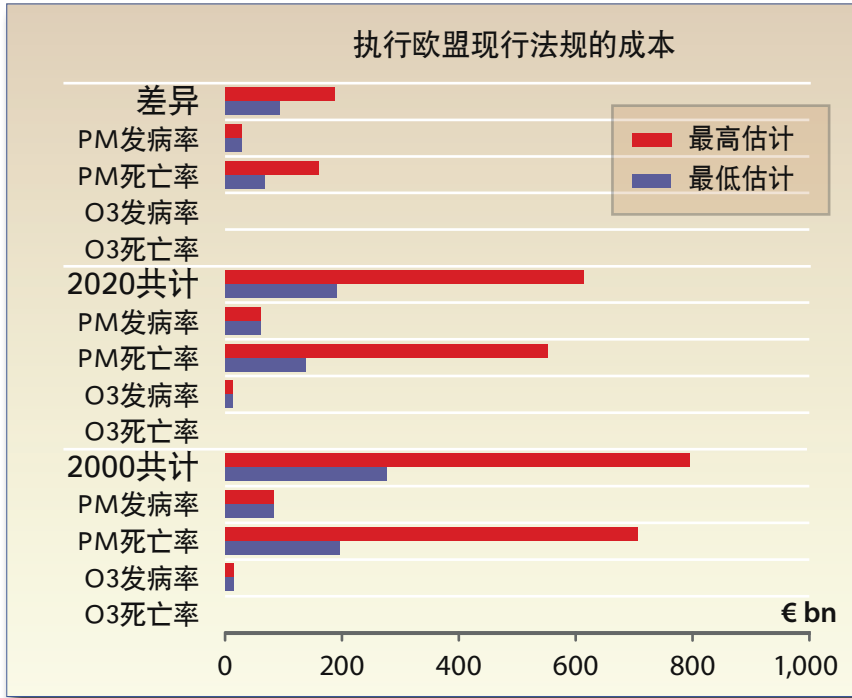


图17
2000年和2020年欧洲空气清洁计划空气质量管理实施的成本比较。

6.10 标准制定过程的回顾

标准的制定应该包含一个包括负责单位(企业、当地政府、非政府组织和普通民众)的过程,这个过程应该尽可能的保证所有参与者的社会公正和公平。同时它应该提供足够的信息以保证负责单位明白科学和经济的重要性。负责单位越早介入,他们的合作就越有可能。从空气质量方针到空气质量标准转化过程的透明化有助于加强公众对必要措施的接受程度。公众对空气污染所致的健康和环境影响意识的提高(风险意识的改变)有助于获得公众对必要的控制方案的支持,比如有关机动车排放。向公众提供关于空气污染正在经历的污染事件和承担的风险的信息可以达到对该问题更好的理解(风险宣传)。

随着对公共健康影响和环境问题出现的新科学依据的发现,空气质量标准需要定期回顾和修订。

6.11 空气质量标准的执行: 清洁空气实施计划

保证法案的实施,通过控制污染源来达到标准是空气质量标准的执行。达到这一目标的工具是清洁空气实施计划(CAIPs),这样一个计划的大纲通常在管理政策和战略有详细说明。CAIPs在1970到1980年间在一些发达国家实行过。那时的空气污染状况以污染源类型的众多为特征,这使得对个体污

表14: 气态排放物削减装置的比较

方法	
三效转化器的应用	
排放控制	点燃式机动车(四冲程汽油)的尾气管排放(CO, VOC, NO _x 和铅)
效果	尾气管排放的CO, NO _x 和VOC减少了90% 必须使用无铅汽油
使用寿命	使用无铅汽油需要严格的监测和维护。 使用含铅或低质量的燃料会导致催化剂中毒。
成本	尾气催化剂和燃料控制系统的成本上涨到400美元
催化转化器的使用(氧化性催化剂)	
排放控制	点燃式机动车(包括一些混合燃料车)的尾气管排放(CO, VOC, NO _x 和铅)
效果	尾气管排放的CO, NO _x 和VOC减少了90% 必须使用无铅汽油
使用寿命	使用无铅汽油需要严格的监测和维护。使用含铅或低质量的燃料会导致催化剂中毒。 这项技术需要少量改变来适应机动车发动机。
成本	大约每辆车200美元

改编自世界银行, 1997

文字框10：台北市的控制战略及其执行

台北市环境保护部(EPA)是监督空气污染相关政策的主要管理部门。所以空气质量管理政策的规章框架都是基于以下法案：《空气污染控制法》(1992)、《空气污染控制法执行条例》(1993)和《汽车和摩托车排放及噪声污染测试负责部门管理条例》(1998)(台北关于世界领先的摩托车排放标准政策在分册4e：《两轮车和三轮车》中有所描述)。自从台北建市后，一些空气质量法律和规章都为了强调城市空气质量问题做过修订，此外台北市政府还建立了一个专门机构，来负责所有环境清洁工作。比如空气和水污染的控制，噪声的控制、环境消毒和人类化肥和垃圾的处置。台北市环保局(EPB)的技术部门负责环境质量检测和监控。

台北市环保部部长即中国台湾绿色和平组织前会长林春宜已经明确的表明了希望能够针对现在正进行评估的环境争议项目，制订严格的环境标准的意向。台湾省同样希望能延续从核能和煤等能源向天然气等更环保的清洁能源转变。此外，越来越多有影响力的环境议员试图向台湾省政府施加压力迫使其更积极地采取加强的环境管理制度，这也对空气质量政策的形成起了很大作用。而且中国台湾环境的未来更多的也会取决于它与大陆的关系，如贸易关系的开放和政治问题的解决。

在过去几年，台北市环保局已经实施了一套改善空气质量的计划并成功地实现了污染排放的持续减少(表15)。控制空气污染所采取的主要措施包括：

- 移动源的控制——包括低排放车的使用，检测的加强和高污染车的淘汰等。
- 点源的控制——加强对诸如饭店、汽车修理店、洗衣店和城市内的工业设施的检查，同时为加强排放控制提供支持。
- 逸散源的控制——控制建筑工地的污染物排放及相关措施，如清扫街道。
- 综合管理项目——空气质量总体评价和容量开发以及公众意识的提高。

为了加强国家环境保护项目的推进，EPB关注

城市污染的特点和空气污染排放的削减目标，并对每个为了制定“台北市的空气污染控制政策”而执行的强制手段进行评估。如前所述，除了一些点源和不定源外，城市空气污染主要来自于机动车。为了控制移动源，EPB已经在制订更为严格的机动车排放标准。与其他地方的政策相比，台北的标准被认为相对严格。然从已有的经验来看，除了控制移动源排放之外，交通管理的实行也是整个交通战略中的一个重要方面。交通管理计划可以减少交通拥挤，减少发动机空转时间和整个车队的行驶里程。同样，燃料消耗的减少会减少排入大气的污染物总量。

随着台湾省交通部对空气污染限值的降低，台北市政府不断在加强相关的控制措施。EPB已经实行了一系列控制移动源排放的策略(图18)。这些措施包括教育市民定期对车辆进行维护和检测，以保证车辆符合环境保护标准。2001年EPB的计划包括：

- 柴油车尾气烟度的检测；
- 电动摩托车推进计划；
- 摩托车尾气定期检测的宣传(图19)；
- 摩托车尾气的核查与评估；
- 台北市加油站的定期检查；
- 通过摩托车的路边抽查来控制移动源的空气污染。

台北市移动源控制的未来战略包括：

- 推进低污染车的使用(电动摩托车和自行车，液化石油气小汽车，压缩天然气公交车和其它替代燃料)；
- 对污染特性进行调查，推进控制对策的形成；
- 根据更严格的排放标准取代高污染车；
- 推进汽车污染控制装置的研究，特别是柴油车排放；
- 通过常规检测、管制和公众运动来减少摩托车污染物的排放；
- 移动源的中长期控制战略。

台北市的运输系统和交通控制战略总体评估也在进行中(见图19)。

除了持续加强各类空气污染物的排放控制

外, 台北市的空气污染控制战略还应该涉及温室气体 (GHGs) 的排放。EPB将通过加强市民对气候变化问题的关注来减少温室气体的排放。由于移动源是城市空气污染的主要来源, EPB将会与其他相关城市部门协作以加强移动源的控制, 并对工作做相应调整。此外, 随着技术和生活方式的改进, EPB正在尝试寻找最合适的管理和控制方案和手段。这种方案的目标在于保护市民的健康, 提高生活质量和保护环境。

表15: 台北市污染物削减战略执行的效果

污染物	注释
总悬浮颗粒物	削减主要来自于点源, 建筑工地的控制规划和柴油车排放测试的发展
PM ₁₀	削减主要来自于新车的检验和抽样调查, 但也包括柴油车的排放测试和柴油公交车的逐步淘汰
硫氧化物(SO _x)	削减主要来自于柴油燃料含硫率的控制, 部分来自于点源的控制
氮氧化物 (NO _x), 非甲烷碳氢 (NMHC), CO	除了来自固定源的削减外, NO _x , NMHC和CO的减少还来自于流动源 (例如通过更严格的尾气排放标准的颁布)。第二个原因则是公交专行线的作用和公交线路的棋盘状路网

来源: 台北市环保局

图18

台北市从1998年3月起修建了57公里的公交路网 (每公里平均造价50万美元), 在广阔的政策框架背景下强调: 专用公交线路网; 高质量的换乘环境; “绿色” 公交; 智能交通系统的应用; 导向型运输的发展及空气质量和环境的改善。公交路网也导致了交通事故数量的减少和严重程度的降低。

Jason Chang, 2002



图19

摩托车排放的控制是台北市环境规划的重要部分

Gerhard Metschies, GTZ 城市交通图片CD



污染源或污染群的公共健康风险进行因果评估极其困难。因而在排污收费政策的基础上,复杂的工具被开发出来用于评定污染源、空气污染物浓度、健康和环境影响以及控制措施。这种工具还确定了排放、空气污染状况和必要控制措施的效果之间的因果联系。CAIPs已被证明是发达国家空气污染削减的最有效工具(Schwela和Köth-Jahr 1994)。

在发展中国家,空气污染状况的特点通常是少数类型污染源和有时少数污染源的综合作用。利用发达国家的已有经验,需要实行的控制方案通常是很清楚的。因而只需要少量的检测即可,并且扩散型可以帮助我们在只有有限监测数据可用的情况下模拟浓度的空间分布。只有简化的CAIPs才适合发展中国家城市和过渡中的城市使用。世界发展中的大多数城市现今主要的污染者是旧车和电厂、砖窑、水泥厂等工业源。在这种情况下,一种简化的清洁空气实施计划应包括:

- 最主要污染源的快速评估 (WHO 1993a; b; 1995; GAPF 2008);
- 空气污染浓度监测装置的最低配置 (UNEP/WHO 1994a; c; d; Schwela 2003);
- 利用简单的扩散模型模拟空气污染浓度的空间分布 (WHO/PAHO/WB 1995);
- 空气质量标准的比较;
- 控制措施及其成本 (WHO/PAHO/WB 1995);
- 交通及土地利用规划。

在近来的一份关于20个主要城市空气质量管理能力的报告中(UNEP/WHO/MARC 1996),70个城市的第三版AMIS光盘(WHO 2001)和APMA的《基准报告》(UNEP/WHO/SEI/KEI 2002b; Schwela等 2006)中都列出了发展中国家成功的简化CAIPs的例子。

7. 国际计划和特定城市计划

7.1 联合国人居环境中心/联合国环境规划署

可持续城市计划(SCP)是联合国人居环境中心和联合国环境规划署为了提高城市环境规划和管理能力的联合计划。该计划是通过部门交叉和负责人合作途径建立的。它促进了良好的城市管理。目前SCP在世界上20个主要示范区和25个情况近似的城市执行,包括中国、智利、埃及、加纳、印度、肯尼亚、韩国、马拉维、尼日利亚、菲律宾、波兰、俄罗斯、塞内加尔、斯里兰卡、坦桑尼亚、突尼斯和赞比亚的一些城市。巴林、喀麦隆、伊朗、肯尼亚、莱索托、卢旺达、南非和越南的准备工作已在进行中(UNHCS/UNEP 2002)。

关于此计划的重要出版物是SCP资源手册系列。在此系列的第六卷中提到了城市空气质量管理。这个文件包含了以下改进措施:

- 关于AQM的信息和专门技术;
- 策略、行动规划和决策;
- 执行和制度化。

在SCP计划中选择了沈阳、马尼拉和科伦坡的案例研究来做为方案的说明(UNHCS/UNEP 2001)。2004年为坦桑尼亚证明了从城市示范项目应用到城市环境可持续发展的国家方案中的途径(UN-HABITAT/UNEP 2004)。最近的一份报告中讨论了赞比亚快速城市化的挑战(UN-HABITAT/UNEP 2009)。

7.2 世界气象组织

为了响应国家气象和水文服务组织(NMHSs)的要求,世界气象组织GAW城市气象和环境计划(GURME)最近已经启动。建立GURME是世界气象组织提供其在处理城市污染的气象和相关方面能力的途径之一。NMHSs在城市环境研究和管理方面扮演了重要的角色,因为他们收集了信息并且具有预报城市空气污染和对不同排放控制战略平均的能力。关于GURME的详细信息可在它的网站中找到(GURME 2002)。

7.3 联合国环境规划署/世界卫生组织: 全球环境监测系统/空气 (GEMS/AIR)

GEMS/AIR是从1973年开始实施的世界卫生组织城市空气质量监测指导项目发展而来。从1975年到1995年,世界卫生组织(WHO)和联合国环境规划署(UNEP)联合执行这个作为联合国系统的全球环境监测系统(GEMS)组成之一的计划。GEMS是联合国地球监察系统的一个组成部分。

GEMS/AIR的最初目标是:

- 加强参与国的城市空气污染监测和评价能力;
- 增加城市间数据的有效性和可比性;
- 提高城市空气污染水平和趋势的全球性评价以及他们对于人类和生态系统健康的影响;
- 收集二氧化硫和悬浮颗粒物的空气污染浓度数据。

1973年至1995年间, GEMS/AIR是唯一为发展中国家城市提供长期空气污染监测数据的全球性计划。因此此计划使城市空气污染的水平和趋势的全球评价和污染管理能力得以实现。

在过去的20年中, GEMS/AIR发表了大量论文,最近的几篇有:

- 世界大城市的城市空气污染, 1992
- GEMS/AIR方法学评论手册系列, 1994/95
- GEMS/AIR城市空气质量趋势, 1992/93
- GEMS/AIR关于城市空气质量管理能力的报告, 1996

GEMS/AIR计划于1997年终止。

7.4 世界卫生组织: 空气管理信息系统

空气管理信息系统 (AMIS) 是由WHO提出的一项作为UNEP/WHO GEMS/AIR的后续计划。该计划提供主要城市和大城市空气污染监测和管理方面的宝贵信息 (WHO2001)。AMIS于2003年终止。AMIS是一套由世界卫生组织在健康城市计划下建立的数据库 (图20)。AMIS的目标是在城市和国家之间传递空气质量控制的信息 (城市所用的空气质量管理手段, 环境空气污染浓度, 健康影响, 空气质量标准, 快速排放评价工具, 全球、区域和国家由于空气污染造成的疾病的责任评价)。就此而论, AMIS起到了全球空气质量信息交换系统的作用。AMIS计划的作用领域包括:

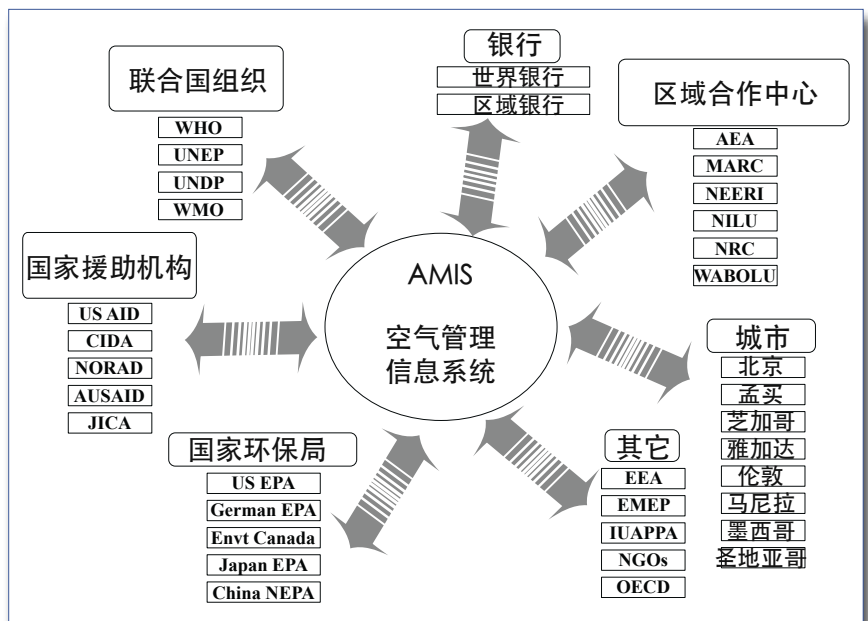
- 协调主要城市和大城市关于空气质量的数据库;
- 作为不同国家的信息交换的中间人;
- 提供和分配关于空气质量和健康方面的技术档案;
- 分布和分配关于空气污染物浓度的趋势回顾;
- 组织关于空气质量和健康的培训课程。

AMIS提供了一系列界面友好的以Microsoft Access为基础的数据库。数据库的核心包含了空气污染的数据统计汇总, 例如年平均值 (95%的置信区间) 以及超过WHO推荐值的天数。任何存在于WHO空气质量指导方针中的化合物都可以加入可修改的数据库。数据的操作很简单, 同时数据的有效性可通过相对简单的方法得以保证。在目前的版本中, 公布了45个国家150个城市的数据 (大多数是1986-1998年) (WHO 2001)。

7.5 世界银行: 城市空气质量管理战略 (URBAIR)

世界银行通过主要城市环境改善计划 (MEIP) 与1992年启动了URBAIR。URBAIR的第一个阶段包括了印度的孟买, 印度尼西亚的雅加达, 尼泊尔的加德满都, 菲律宾的马尼拉和斯里兰卡的科伦坡等五个城市。URBAIR的研究是基于由工作会议和专家委员会提交的真实的易于利用的数据和报告, 这个委员会是1993-1994年成立的, 由当地顾问和来自挪威空气研究所 (NILU) 和荷兰环境研究所 (IES) 的专家组成的。这些工作形成了这个空气污染削减行动计划 (世界银行 1998)。

图20 全球空气质量伙伴关系



URBAIR是一个包括了政府、学术界、国际组织、非政府组织和私营部门在内的国际间合作计划。它的主要目标是协助当地公共机构开展行动计划，这个计划将成为主要城市空气质量管理系统中完整的一部分。一本技术纲要《URBAIR空气质量管理战略和行动计划指南》是为城市环境政策制定者而编制（世界银行 1997a）。该指南详细叙述了空气质量管理中所包括的步骤并提供了空气质量模型的细节和削减措施的选择，还包括了如何应用成本效益分析进行措施的选择。根据这本指南，行动计划的组成包括：评估，行动，监测和评价。

URBAIR特别选择研究的四个城市是印度的孟买、菲律宾的马尼拉、印度尼西亚的雅加达和尼泊尔的加德满都，这是为了使当地机构能够利用这本指南来制订政策决策并开始他们自己的投资战略（世界银行 1997b;c;d;e）。两篇关于亚洲的清洁燃料（Walsh and Shah 1997）和泰国无铅汽油的成功转化的论文同时发表。

7.6 世界银行：清洁空气计划

清洁空气计划（CAI）是在世界银行全面城市战略的背景下设计提出的，其中，这个战略将与国家和地方政府合作建立“适于居住的城市[...]保证穷人达到健康和有尊严的生活标准，[...]强调环境退化”。

CAI的使命是通过选定区域间的合作来共享知识和经验，发展能够改善城市空气质量的创新方法。CAI的合伙人和参与者鼓励改善城市空气质量的行动。此计划收集了城市发展、交通、能源重组、环境管理和环境健康等领域的专家意见（世界银行 2002a）。计划目前活跃于四个地区：

- 亚洲（世界银行 2002b；CAI-Asia 2008）；
- 拉丁美洲（世界银行 2002c；CAI-LAC 2007）；
- 非洲次撒哈拉（世界银行 2002d；CAI-LAC 2007）；

CAI计划的目标包括：

- 分享空气质量管理的知识和经验；
- 在区域水平上改进政策和规章制度；
- 协助城市执行综合空气质量管理系统；
- 能力建设和信息共享；
- 推进清洁技术。

2001年起清洁空气行动不再在欧洲和中亚地区的城市推出活动（世界银行 2001）。

7.7 联合国环境署/世界卫生组织/斯德哥尔摩环境协会/韩国环境协会：亚洲主要城市的空气污染

亚洲主要城市的空气污染（APMA）项目是联合国环境署和世界卫生组织与韩国环境协会和斯德哥尔摩环境协会合作的成果，是用来衡量亚洲主要城市和大城市的空气质量管理 and 实施情况。APMA依赖于UNEP/WHO对主要城市空气污染的工作，这一工作基于城市空气质量监测系统（GEMS/AIR），该系统是联合国全球环境监测系统（GEMS）和WHO空气管理信息系统（AMIS）的组成部分。APMA计划关注于有关亚洲主要城市的城市空气污染的发展政策。它的目的是增强政府和城市权力机构通过区域行动计划的开展和亚洲主要城市空气污染网技术来处理城市空气污染问题的能力（UNEP/WHO/SEI/KEI 2002a）。

APMA正在由韩国环境部（MOE）和瑞典国际合作发展机构作为发展中国家区域空气污染（RAPIDC）计划的组成部分而建立（UNEP/WHO/SEI/KEI 2002a）。2006年APMA项目在其20个亚洲城市空气质量的审查报告出版后结束（Schwela等 2006）。

文字框11：联合国亚洲及太平洋经济社会委员会北九州清洁环境倡议

2000年9月，亚洲和太平洋地区第四届环境与发展部长级会议通过了北九州清洁环境倡议，作为改善亚洲及太平洋区域各城市的环境质量和确保人类健康取得切实进展的一个机制。至此，北九州倡议网络开发了一些有关的成功政策措施和亚太经社会主持下信息传播的专题讲座和示范项目。在2000年至2005年成就审评的基础上，2005年的环境与发展部长级会议通过了2005年至2010年活动的行动计划（UNESCAP/IGES/MOE 2006）。第二周期的北九州倡议旨在协助加强亚太区域地方政府的能力，推广和应用城市环境综合管理办法以及改善地方一级的社会经济生活。此周期的预计产出将是参与城市的成功政策和实践，环境管理的有效城市战略模型、政策和方案。

文字框12: 欧洲城市空气质量管理

96/62/EC环境空气质量评价和管理 (CEC 1996) 框架方针的目标可以勾勒出一条常规战略:

- 建立排放限值以改善环境空气质量
- 在欧盟的常规方法和标准下评价环境空气质量
- 确保公众获得足够的可用信息
- 保持空气良好地区的空气质量, 改善其他地区的空气质量

框架方针 (CEC 1996) 涉及到已控制的大气污染物 (二氧化硫、二氧化氮、PM、Pb和臭氧) 和苯、一氧化碳、多环芳烃、镉、砷、镍和汞的空气质量标准。框架方针及其后续方针 (CEC 1996; CEC 1999; CEC 2000) 包括了12种污染物空气质量标准实行的时间表。后续方针的目标是协调监测战略, 测定方法, 标准和质量评价方法以实现适于整个欧盟的参照测量方法和为公众提供的良好的信息。附件3中的表4.4给出了框架方针和后续方针中包含的不同污染物的限值。

欧盟 (EU) 在其欧洲清洁空气计划 (CAFE) 中提出了改善欧洲空气质量的战略。这个战略基于以下四个要素 (EC 2001):

1. 制订环境空气质量排放限值;
2. 抵抗跨国空气污染的影响;
3. 在整个计划过程中确定目标地区成本效益的减少;
4. 提出排放限值的特定数值。

计划的主要要点是:

- 回顾成员国空气质量方针的执行情况和空气质量计划所起的作用

- 改善空气质量监测和对于公众的信息提供, 包括指示剂的使用: 为进一步行动提供优先权, 包括空气质量标准和国家排放上限的回顾和更新, 以及更先进的资料收集、建模和预测系统的发展。

欧盟最近颁布了第2008-50-EC号指令, 针对以下几点采取了相应的措施 (2008年, 欧盟)

5. 确定和建立旨在避免、防止或减少对人类健康和整体环境有害影响的环境空气质量目标;
6. 在成员国常用方法和标准的基础上评估环境空气质量;
7. 获取环境空气质量信息, 以协助控制空气污染滋扰, 并对长期趋势以及国家和社区措施所取得的成绩进行监测;
8. 确保环境空气质量信息向公众公开;
9. 空气质量良好的地方要继续保持, 空气质量不好的地方要进行改善;
10. 促进各成员国之间在减少空气污染的问题上加强合作。

指令的16个附件确定了数据质量的目标, 增强了市区二氧化硫、二氧化氮和氮氧化物、可吸入颗粒物、可入肺颗粒物、铅、苯和二氧化碳的限制值和评估阈值的上下限; 规定了采样点的位置和规范在农村背景地点的测量; 指定了采样点的最少数量; 规定了浓度测量参考方法; 确定了臭氧目标值、分类标准、采样点的定位和最少数量。设定了二氧化硫和二氧化氮的警报阈值; 设定了植被保护临界值和可入肺颗粒物的国家减排目标; 概述了国家环境空气质量规划内容以及如何逐步提高公众意识。

文字框13: 空气质量管理的GTZ方法

15年来, GTZ已经为20个国家的空气质量
管理计划提供了咨询服务。GTZ进行空气质量
管理(AQM)的方法基于一套详尽的综合服务,
包括:

- 通过施加政治舆论, 制度和法制改革以及促进
主要参与者(政府和非政府的)的合作来改进制
度和法制框架。
- 提出并监测排放和燃料的质量标准, 包括机动车
的检测和维护制度。
- 加强AQM中所有相关参与者的能力(资格), 包
括政府部门、管理机构、非政府组织、媒体、协
会和研究所等。
- 通过监测点、空气质量信息系统和扩散趋势模型
等来丰富空气质量信息。
- 通过支持长期AQM战略和可持续城市发展战
略的设计和执行为来促进城市规划和交通规划中
AQM的整合。
- 通过公众和媒体增进社会交流和公众参与以建立
责任感, 并使人们能够支持AQM战略。
- 通过互联网, 经验交流和合作的国际计划来增
进国际协作。比如世界银行的清洁空气计划, 其
中GTZ是拉丁美洲指导委员会的成员并且在亚
洲CAI中扮演积极的角色。

目前有30多个涉及空气污染领域范围的项目
正在进行中, 包括:

- 主要城市的综合AQM战略, 例如墨西哥城(见
GTZ 2002)、智利的圣地亚哥(见第8单元)、吉
隆坡和其他城市。这些项目涵盖了以上众多的
AQM服务模块。
- 东欧一些国家的法制改革(“配对”)。配对项目
的目的是协调成员国的法律系统与欧盟的Acquis
Communautaire 的关系。
- 马其顿和巴西等国的清洁空气战略和环境行动规
划。清洁空气措施是地方和国家环境战略的一部
分, 这些战略还涉及其他诸如水、废物和卫生等环
境领域方面的内容。
- 印度尼西亚苏腊巴亚和中国扬州、常州等生态
城市的可持续城市发展。生态城市旨在通过建
立一套详尽的城市政策和规划措施来支持可持
续的城市发展(因此包括了很多这本资源手册中
提到的战略)。
- 其他AQM组成成分的研究包括大量生态工业
发展、生产力和能源生态效率、清洁煤和常规能
源项目。

获得更多信息和联系的细节请查看<http://www.gtz.de>。

8. 结论

鉴于空气污染造成的经济后果，例如保健事业费用的增加、经济发展所需的生态系统的破坏、污染引起的疾病所造成的工人生产力的降低，我们应当及时地对环境污染问题进行补救。虽然最初控制机制可能会非常昂贵，但是成本最终将被收回。例如，由于较低的健康成本、引擎为修需要的减少和燃料效率的增加，美国在转变含铅汽油为无铅汽油的过程中每投资1美元就可收回10美元（WIR/UNEP/UNDP/WB 1998）。使用清洁燃料也可由同样的效果，这可以减少危险的矿物燃料的排放。例如，虽然太阳能的安装费用非常高，但是太阳能电池板的维护费用却是非常低的。最终，因矿物燃料消耗减少而节省的钱比花费在安装太阳能电池板上的钱多。

矿物燃料消耗量的减少以及由此引起的大气污染的减少可来自许多方面。首先，燃料价格应当反映出社会中实际燃料消耗的成本。而当前的燃料价格非常低，这就鼓励了不可再生资源的过度消费。

大多数矿物燃料的消耗发生在交通部门。因此，政府需要在改进公共交通的效率和实用性以及非机动车出行方式选择的同时限制机动车的使用。这种方法在新加坡取得了良好的效果，那里的空气污染水平从1986年以来一直低于WHO的推荐值。井然有序的污染管理状况归功于对问题的及早认识以及有效并可靠的政策和管理方法（Roychoudhury 等人 2000）。

新加坡政府寻找从源头——机动车的过度使用——来解决污染问题。因此，他们对汽车的拥有和使用设置了严格的经济限制，使其昂贵到平均收入人群无法使用私人交通。目前，虽然矿物燃料的使用仍是我们生活中所必需的一部分，但是无论在燃烧前、燃烧中还是燃烧后都应当严格控制排放的总量和排放中有毒物质的含量。燃烧前，可以通过使用低硫或无硫燃料（包括天然气）、清洁燃料和无铅汽油来控制有毒物质的释放。在燃烧过程中，通过使用低氮氧化物燃烧器，或是被认可同时降低氮氧化物和二氧化硫排放的流化床燃烧来控制污染物。在燃烧后，催化转换器应该被用来去除矿物燃料燃烧后产生的气态排放物中的污染物。

当几乎世界上每个国家都存在空气污染的问题时，这个问题就可以被称为全球性的难题。为了解决这个全球性的问题，每个国家都应当努力控制本国的污染。在国家水平上，关于环境、健康、经济以及

法律的信息应该被重新整理，以便提出适用于当地政府的政策。同时，医疗健康机构也应该提供有关与污染相关疾病的信息，以治疗已经被污染所影响的病人，并告知公众空气污染对于健康的不利影响以及避免暴露的最好方法（UNEP/UNICEF 1997）。

健康和环境问题都是由多种原因造成的。为了成功地解决这一类型的问题，国家政府必须促进负责处理这些问题有关方面的部门之间行为和信息的协调。政府机构和非政府机构或是以社区为基础的组织（这些组织具有更多的基础经验，更加熟悉实际的生活环境）之间的协调同样也需要加强（UNEP/UNICEF 1997）。

从局部看，对于健康情况的监测可提供空气污染严重程度的信息，并为决定如何解决这些问题提供信息。此外，当地政府需要为人民提供那些保护自己免受环境污染伤害的知识。

环境问题并不能孤立的解决，环境保护必须在考虑许多社会和经济因素（包括卫生和经济政策）的情况下开展。参与者与政府部门的协作对于空气污染的成功控制是非常必要的。

空气污染的控制仅凭改变工业生产方式或是改变机动车拥有者的生活方式是无法达到的，为了说服人们遵守关于空气污染的规章制度，激励机制应当被加以应用。在工业方面，激励机制可以以交易许可证或是其他具有市场导向政策的形式出现。另一方面如果人们能够意识并感觉到伴随着空气污染而出现的健康问题，他们将被说服从而保护环境。

发达国家和发展中国家都需要采用环境友好的技术，改变消费模式，发展替代的可再生能源。在许多方面，发展中国家包括其城市交通部门，可从发达国家成功的经验和失败的教训中学到东西。

参考文献

- ADB** (2006). *Country/City Synthesis Reports on Air Quality Management in Asia*. Afghanistan; Bangladesh; Bhutan; Cambodia; PR China; Hong Kong, SAR China; India; Indonesia; Lao PDR; Malaysia; Mongolia; Nepal; Pakistan; Philippines; Singapore; Sri Lanka; Thailand; Vietnam. <http://adb.org/Documents/Reports/Urban-Air-Quality-Management/default.asp>
- AEA** (1996). *Air Quality Monitoring: A Handbook for Local Authorities, AEA Technology* (eds. by J. McGinley, J. Vallance-Plews and J. Bower). Atomic Energy Agency, AEA/RAMP/20029001/01, UK.
- AEAT** (2005). *CAFÉ Cost-Benefit Analysis Baseline Analysis 2000 to 2020*. <http://ec.europa.eu/environment/archives/cafe/general/keydocs.htm#scenarios>. Accessed 12 October 2009.
- Atash F.** (2007). *The deterioration of urban environments in developing countries: Mitigating the air pollution crisis in Tehran, Iran*. *Cities* 24:399-409.
- Begum B. A., Biswas S. K.** (2008). Trends in particulate matter (PM) and lead pollution in ambient air of Dhaka city in Bangladesh. *Journal of Bangladesh Academy of Sciences* 32:155-164.
- BMU** (1997). *Determination and Evaluation of Ambient Air Quality – Manual of Ambient Air Monitoring in Germany* (ed. by E. Lahmann). Second Revised Edition. Federal Environmental Agency, Berlin, Germany.
- Bower J. S.** (1997). Ambient Air Quality Monitoring, In: Hester R. Harrison R (eds.) *Issues in Environmental Science & Technology* No.8 Air Quality Management, UK Royal Society of Chemistry, October 1997.
- Bradfield P. J., Schulz C. E., Stone M. J.** (1996). Regulatory approaches to environmental management. In: Mulligan DR (ed.) *Environmental management in the Australian minerals and energy industries*, pp. 46–73. Univ. of New South Wales Press, Sydney, Australia.
- CAI-Asia** (2006a). *Air Quality in Asian Cities*. Clean Air Initiative for Asian Cities, Manila, http://cleanairnet.org/caiasia/1412/articles-59689_AIR.pdf. Accessed 14 Sept. 2009.
- CAI-Asia** (2006b). *Country Synthesis Reports on Urban Air quality Management in Asia*. Clean Air Initiative for Asian Cities, Manila, Philippines. <http://cleanairnet.org/caiasia/1412/channel.html>. Accessed 14 October 2009.
- CAI Asia** (2008). *CAI Asia Center Annual Report 2008*. Manila. <http://www.cleanairnet.org/caiasia/1412/article-72696.html>. Accessed 13 October 2009.
- CAI-Asia** (2009). *Emission standards for new vehicles (light duty)*. Available: http://www.cleanairnet.org/caiasia/1412/articles-58969_resource_1.pdf
- CAI-LAC** (2007). *La Estrategia de la Iniciativa de Aire Limpio para Ciudades de América Latina y el Caribe*. Resumen Ejecutivo. El Instituto de Aire Limpio, Washington DC, <http://www.cleanairnet.org/lac/1471/article-72112.html>. Accessed 13 October 2009.
- CAI-SSA** (2005). *Road Ahead for 2005-2007*. Clean Air Initiative in Sub-Saharan African Cities, Washington DC, <http://www.cleanairnet.org/ssa/1414/article-70815.html>. Accessed 13 October 2009.
- CICH** (2000). *The Health of Canada's Children: A CICH Profile – 3rd Edition*, Canadian Institute of Child Health, Ottawa. <http://www.cich.ca/resource.htm>
- City Population** (2009). *The principal agglomerations of the world*. <http://www.citypopulation.de/world/Agglomerations.html>
- DEFRA** (2007). *Air quality and climate change: A UK perspective*. Department for Environment, Food and Rural Affairs, London.
- DEFRA** (2009). *Local Air Quality Management*. Technical Guidance LAQM.TG(09), February 2009. http://www.huntsdc.gov.uk/NR/rdonlyres/5EEF3B3F-4CBC-4D1A-97A1-97DD3BCD8CF2/0/laqm_technical_guidance_09.pdf
- EC** (2000). *Amendment proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council relating to ozone in ambient air*. COM (2000) 613 final, 2 October 2000. European Commission, Brussels. <http://europa.eu.int/eur-lex/en/archive/2001/ce02920010130en.html>
- EC** (2001). Communication from the Commission: *The Clean Air For Europe (CAFÉ)*

- Programme: Towards a Thematic Strategy for Air Quality*. COM (2001) 245 final, 04. 05. 2001. European Commission, Brussels. <http://www.europa.eu.int/comm/environment/docum>
- EC** (2002). *Proceedings of the International Conference Measuring Air Pollutants by Diffusive Sampling*, Montpellier, 26–28 September 2001. Eds. R. H. Brown, T. L. Hafkenschied, K. J. Saunders, A. Borowiak, E. de Saeger. EUR 20242 EN. European Commission Joint Research Centre, Ispra, Italy. Report enquiries: erlap@jrc.it
- EEA** (1995). *Europe's Environment—The Dobbris Report*, European Environment Agency, Copenhagen. http://reports.eea.eu.int/92-826-5409-5/en/tab_abstract_RLR
- EEA** (1998). *Europe's Environment—The Second Assessment*, European Environment Agency, Copenhagen. http://reports.eea.eu.int/92-828-3351-8/en/tab_abstract_RLR
- EEA** (2002). *EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 3rd edition*. Technical report No. 30. European Environment Agency (EEA), Copenhagen. http://reports.eea.eu.int/technical_report_2001_3/en/tab_content_RLR
- EEA** (2002). *Guidance Report on preliminary assessment under EC air quality directives*. Technical Report No. 11. European Environment Agency, Copenhagen. <http://reports.eea.eu.int/TEC11a/en/page014.html>
- EEA** (2007). *EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook – 2007*. Technical Report No. 16/2007. European Environment Agency, Copenhagen. <http://www.eea.europa.eu/publications/EMEP/CORINAIR5>. Accessed 14 September 2009.
- EEA** (2009b). *EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook – 2009*. Technical Report/2009. European Environment Agency, Copenhagen. <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009>. Accessed 14 September 2009.
- EEA** (2009a). *CSI 004 – Exceedance of air quality limit values in urban areas (version 2) – Assessment draft created 2009*. http://ims.eionet.europa.eu/IMS/ISpecs/ISpecification20080701123452/IAssessment1243521792257/view_content
- EU** (1996). Council Directive 96/62/EC of 27 September 1996 on *ambient air quality assessment and management*. Official Journal of the European Communities L296:55–63.
- EU** (1999). Council Directive 1999/30/EC of 22 April 1999 relating to *limit values for sulphur dioxide, nitrogen dioxide and oxides of nitrogen, particulate matter and lead in ambient air*. Official Journal of the European Communities L163:41–60.
- EU** (2000). Directive 2000/69/EC of the European Parliament and of the Council of 16 November 2000 relating to *limit values for benzene and carbon monoxide in ambient air*. Official Journal of the European Communities L313:12–21.
- EU** (2001). Regulation (EC) No 761/2001 of the European Parliament and of the Council of 19 March 2001 *allowing voluntary participation by organisations in a Community eco-management and audit scheme (EMAS)*. Official Journal of the European Communities L114:1. <http://eur-lex.europa.eu/JOHtml.do?uri=OJ%3AL%3A2001%3A114%3ASOM%3AEN%3AHTML>; http://ec.europa.eu/environment/emas/documents/legislative_en.htm
- EU** (2002). Directive 2002/3/EC of the European Parliament and of the Council of 12 February 2002 relating to *ozone and ambient air*. Official Journal of the European Communities L67:14–30.
- EU** (2004). Directive 2004/107/EC of the European Parliament and of the Council of 15 December 2004 relating to *arsenic, cadmium, mercury, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air*. Official Journal of the European Communities L23:3–16.
- EU** (2008a). Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on *ambient air quality and cleaner air for Europe*. Official Journal of the European Communities L152:1–44. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:152:001:01:EN:HTML>
- EU** (2008b). *Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on the voluntary participation by organisations in a Community eco-management and audit scheme (EMAS)*. SEC(2008) 2121; SEC(2008)2122.

- Commission of the European Communities, Brussels. http://ec.europa.eu/environment/emas/pdf/com_2008_402_draft.pdf
- Eurocities** (1996). *Good Practice in European Urban Air Quality Management*. <http://www.eurocities.org>
- Eurocities** (2000). *The Air Action Project: Achieving Change Locally*. <http://www.eurocities.org>
- Faiz A., de Lardere J. A.**, (1993). *Automotive air pollution in developing countries: outlook and control strategies*. *The Science of the Total Environment* 134:325-334.
- GAPF** (2008). *The Global Atmospheric Pollution Forum Air Pollutant Emissions Inventory Manual*, Version 2.2, October 2008. <http://www.sei.se/gapforum/tools.php>. Accessed 14 September 2009.
- GTZ** (2002). *Mejoramiento de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de México*, <http://www.gtz.org.mx/cam-aire>
- Gurjar B. R., Butler T. M., Lawrence M. G., Lelieveld J.** (2007). *Evaluation of emissions and air quality in megacities*. *Atmospheric Environment* 42:1593–1606.
- Gurjar B. R., Nagpure A. S., Singh T. P.** (2008). *Air quality in megacities*. *Encyclopedia of Earth*. http://www.eoearth.org/article/Air_quality_in_megacities
- GURME** (2002). *The WMO GAW Urban Research Meteorology and Environment*. <http://www.cgrer.uiowa.edu/people/carmichael/GURME/GURME.html>
- Krzyzanowski M., Schwela D.** (1999). *Patterns of air pollution in developing countries* in Holgate S. T., Samet J. M., Koren H. S., Maynard R. L., (eds.) *Air Pollution and Health*, pp. 105–113. Academic Press, London, UK.
- Hopke P. K., Cohen D. D., Begum B. A., Biswas S. K., Ni B., Pandit G. G., Santoso M., Chung Y.-S., Davy P., Markwitz A., Waheed S., Siddique N., Santos F. L., Pabroa P. C. B., Seneviratne M. C. S., Wimowattanapun W., Bunprarob S., Vuong T. B., Hien P. D., Markowicz A.** (2008). Urban air quality in the Asian region. *Science of The Total Environment* 404:103-112.
- IPCC** (2007). *Climate Change 2007*. Synthesis Report. Summary for Policymakers.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_spm.pdf
- Kan H., London S. J., Chen G., Zhang Y., Song G., Zhao N., Jiang L., Chen B.** (2008). *Season, Sex, Age, and Education as Modifiers of the Effects of Outdoor Air Pollution on Daily Mortality in Shanghai*, China: The Public Health and Air Pollution in Asia (PAPA) Study. *Environmental Health Perspectives* 116:1183-1188.
- Koh Kheng-Lian** (2002). A Singapore Case Study: *Cleaning up Air Pollution in a Generation. Parliamentarians for Global Action*. Parliamentary Workshop on Clean Air and Clean Water in Cooperation with the South African Ministry of Health and the South African Ministry of Water Affairs and Forestry, August 29-30, 2002, Johannesburg, South Africa.
- Liu D. H. F., Liptak B.** (1997). *Environmental Engineers' Handbook*. Second edition. CRC Press, Boca Raton, FL.
- MIT** (2004). *Decision Support Tools for Urban Air Quality Management*. San Martini, FM, Massachusetts Institute of Technology. Dept. of Chemical Engineering. <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/29444>
- MOE** (2004). *Good Practice Guide for Atmospheric Dispersion Modelling*. Ministry for the Environment, New Zealand. <http://www.mfe.govt.nz/publications/air/atmosphericdispersion-modelling-jun04/html/index.html>
- Molina M. J., Molina L. T.** (2004). Megacities and atmospheric pollution. *Journal of The Air & Waste Management Association* 54 (6), 644-680.
- Murray F.** (1997). *Urban air pollution and health effects*. In: D. Brune, D. V. Chapman, M. D. Gwynne, J. M. Pacyna (eds.) *The Global Environment*, pp. 585–598, Scandanavian Science Publisher, VCH, Weinheim, Germany.
- Murray C. J. L. and Lopez A. D.** (eds.) (1996). *The Global Burden of Disease*. A comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries, and risk factors in 1990 and projected to 2020. Harvard School of Public Health, Harvard University Press.
- Oanh N. T. K., Upadhyay N., Zhuang Y.-H., Hao Z.-P., Murthy D. V. S., Lestari P., Villarín J. T., Chenghua K., Co H. X., Dung N. T.,**

- Lindgren, E. S.** (2006). *Particulate air pollution in six Asian cities: Spatial and temporal distributions, and associated sources*. *Atmospheric Environment* 40:3367-3380.
- PCFV** (2009). *Partnership for Clean Fuels and Vehicles*. <http://www.unep.org/PCFV>. Accessed 14 October 2009.
- Qian Z., He Q., Lin H.-M., Kong L., Bentley C. M., Liu W., Zhou D.** (2008). *High Temperatures Enhanced Acute Mortality Effects of Ambient Particle Pollution in the "Oven" City of Wuhan, China*. *Environmental Health Perspectives* 116:1172-1178.
- Roychoudhury A., Gupta A.** (2000). 'Singapore: Breathing Easy', *Down To Earth*, 9, pp. 34–38. http://www.cseindia.org/html/dte/dte20000831/dte_analy.htm
- RSC** (2005). *Monitoring Ambient Air 2005: Diffusive Monitoring, Techniques and Applications*. 14–15 December 2005, London. <http://rsc-aamg.org/Pages/Presentations/MAA2005.html>
- RSC** (2009). *Measuring Air Pollutants by Diffusive Sampling and Other Low Cost Monitoring Techniques*. International Conference 15–17 September 2009, Krakow, Poland.
- Sayeg P.** (1998). *Successful conversion to unleaded gasoline in Thailand*. World Bank Technical Paper No. 410. The World Bank, Washington, DC, <http://www.worldbank.or.th/html/pdf/news/urbair.pdf>
- Schwela D. H.** (1996). 'Exposure to environmental chemicals relevant for respiratory hypersensitivity: global aspects', *Toxicology Letters*, 86, pp. 131–142.
- Schwela D. H.** (1998). *Health and Air Pollution — A Developing Country's Perspective*. Keynote address at the 11th World Clean Air and Environment Congress, Durban, South Africa, 13–18 September, 1998.
- Schwela D. H.** (1999). *Public health and the Air Management Information System (AMIS)*, *Epidemiology*, 10, pp. 647–655.
- Schwela D.** (1999). *Local ambient air quality management*. In: *Health and air pollution in rapidly developing countries*. Eds. McGranahan G., Murray F., Stockholm Environment Institute, Stockholm.
- Schwela D. H.** (2000a). *The World Health Organization Guidelines for Air Quality. Part 1: Exposure-response relationships and air quality guidelines*. EM July 2000, 29–34.
- Schwela D. H.** (2000b). *The World Health Organization Guidelines for Air Quality. Part 2: Air quality management and the role of the guidelines*. EM August 2000, 23–27.
- Schwela D. H. and Köth-Jahr I.** (1994). *Leitfaden für die Aufstellung von Luftreinhalteplänen*. Report No. 4. Landesumweltamt Nordrhein Westfalen, Essen, Germany.
- Schwela D.** (2003). *Air Quality Monitoring Methodology Review Handbook*. Prepared under the WHO Project of the Air Management Information System (AMIS). <http://www.schwela.de>
- Schwela D., Haq G., Huizenga C., Wha-Jin Han, Fabian H., Asjero M.** (2006). *Urban Air Pollution in Asian Cities. Status, Challenges and Management*. Earthscan, London, Sterling, VA.
- Schwela D. H., Smith, A. W.** (2007). *Agencies involved with noise*. In: Luxon, L., Prasher, D. (eds.) *Noise and its effects*. John Wiley & Sons, Ltd; Whurr Publishers Limited, Chichester, England.
- Schwela D., Finegold L.** (2009). *A strategic approach for environmental noise management in developing countries*. Paper presented at internoise 2009, August 23–26, Ottawa, Canada.
- SF** (2004). *A Strategic Framework for Air Quality Management in Asia. Air Pollution in the Megacities of Asia*. Stockholm Environment Institute, Korea Environment Institute, Ministry of Environment, Seoul, Clean Air Initiative for Asian Cities, Asian Development Bank, Manila.
- SEI** (2008). *Foundation Course: Air Quality Management in Asia*, Haq G., Schwela D., (eds.). <http://www.sei.se/cleanair>
- UN** (2008). *World Urbanization Prospects. The 2007 Revision Population Database*. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, New York, N.Y. <http://esa.un.org/unup/index.asp>

- UN ESCAP** (2002). Kitakyushu Initiative for a Clean Environment. *United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific*, Bangkok, Thailand. <http://www.unescap.org/mced2000/kitakyushu.pdf>
- UNCHS/UNEP** (2001). *Urban Air Quality Management Handbook*. The SCP Source Book Series. Volume 7. The Sustainable Cities Programme, United Nations Centre for Human Settlements (UNCHS), Nairobi, United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi. <http://www.unhcs.org/programmes/sustainablecities/documents/aqbook.pdf>
- UNCHS/UNEP** (2002). *Sustainable Cities Programme*, UNCHS, Nairobi, UNEP, Nairobi. http://www.unhcs.org/programmes/sustainablecities/eng_home.asp
- UNCED** (1992). *Agenda 21: Programme of Action for Sustainable Development*, United Nations Conference on Environment and Development, 3–14 June 1992, Rio de Janeiro. <http://www.un.org/esa/sustdev/agenda21.htm>
- UNECE** (1999). *Strategies and policies for air pollution abatement*. ECE/EB.AIR/65. United Nations, New York and Geneva. Related <http://www.umweltbundesamt.de/whocc/nl25/publi-25.htm>
- UNEP** (1999). *Global Environmental Outlook 2000*, UNEP, Nairobi. <http://www.grida.no/geo2000>
- UNEP** (2008). *Atmospheric Brown Clouds*. Regional Assessment Report with Focus on Asia. Summary. UNEP, Nairobi. <http://www.unep.org/pdf/ABCSummaryFinal.pdf>
- UNEP/TERI** (1999). *Domestic Environment and Health of Women and Children*, Gopalan H. N. B. and Saksena S., (eds.) UNEP, Nairobi, Kenya, Tata Energy Research Institute, New Delhi. Related <http://www.teriin.org/pub/books/dom.htm>
- UNEP/UNCHS** (2005a). *Urban Air Quality Management Toolbook*, United Nations Environment Programme, United Nations Human Settlements Programme, Nairobi. http://new.unep.org/urban_environment/chinese/PDFs/handbook.pdf
- UNEP/UNCHS** (2005b). *AQM Toolbook Part 2: Toolkit*. http://unep.org/urban_environment/PDFs/toolkit.pdf
- UNEP/UNICEF** (1990). *Children and the Environment* in The State of the Environment 1990, UNEP, Nairobi, United Nations Children's Fund, New York.
- UNEP/UNICEF** (1997). *Childhood Lead Poisoning: Information for Advocacy and Action*, UNEP, Nairobi, United Nations Children's Fund, New York, http://www.chem.unep.ch/irptc/Publications/leadpoison/lead_eng.pdf
- UNEP/UNICEF/WHO** (2001). *Children and the Environment (Draft)*. UNEP, Nairobi, United Nations Children's Fund, New York, World Health Organization, Geneva. Start <http://www.unep.org/ceh/ch-foreword.html>
- UNEP/UNICEF/WHO** (2002). *Children in the New Millennium — Environmental Impact on Health*. UNEP, Nairobi, United Nations Children's Fund, New York, World Health Organization, Geneva. <http://www.unep.org/ceh>. Accessed 14 October 2009.
- UNEP/WHO** (1994a). *GEMS/AIR Methodology Review Handbook Series. Volume 1. Quality Assurance in Urban Air Quality Monitoring*. UNEP, Nairobi, Kenya; World Health Organization, Geneva.
- UNEP/WHO** (1994b). *GEMS/AIR Methodology Review Handbook Series. Volume 2. Primary Standard Calibration Methods and Network Intercalibrations for Air Quality Monitoring*. UNEP, Nairobi, Kenya; World Health Organization, Geneva.
- UNEP/WHO** (1994c). *GEMS/AIR Methodology Review Handbook Series. Volume 3. Measurement of Suspended Particulate Matter in Ambient Air*. UNEP, Nairobi, Kenya; World Health Organization, Geneva.
- UNEP/WHO** (1994d). *GEMS/AIR Methodology Review Handbook Series. Volume 4. Passive and Active Sampling Methodologies for Measurement of Air Quality*. UNEP, Nairobi, Kenya; World Health Organization, Geneva.
- UNEP/WHO/MARC** (1996). *GEMS/AIR Air Quality Management and Assessment Capabilities in 20 Major Cities*. Environmental Assessment Report, UNEP, Nairobi, Kenya; World Health Organization, Geneva, Switzerland; The Monitoring and Assessment Research Centre, London, UK.

- UNEP/WHO/SEI/KEI** (2002a). *Urban air pollution management and practice in major and megacities of Asia*. Eds. Haq G, Han Wha-Jin, Kim C. UNEP, Nairobi; World Health Organization, Geneva; Stockholm Environment Institute, Stockholm; Korean Environment Institute, Seoul. <http://www1.york.ac.uk/inst/sei/rapidc2/apma.html>
- UNEP/WHO/SEI/KEI** (2002b). *Benchmarking urban air pollution management and practice in major and megacities of Asia—Stage I*. Eds. Haq G, Han Wha-Jin, Kim C, Vallack H. UNEP, Nairobi; World Health Organization, Geneva; Stockholm Environment Institute, Stockholm; Korean Environment Institute, Seoul. <http://www1.york.ac.uk/inst/sei/rapidc2/apma.html>
- UNESA** (2007). *World Urbanization Prospects: The 2007 Revision*. Urban agglomerations 2007. http://www.un.org/esa/population/publications/wup2007/2007_urban_agglomerations_chart.pdf
- UNESCAP/IGES/MOE** (2006). *Kitakyushu Initiative for a Clean Environment*. Second Cycle: 2005–2010. United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, Bangkok; Institute for Global Environmental Strategies, Ministry of Environment, Tokyo. <http://kitakyushu.iges.or.jp>. Accessed 13 October 2009.
- UN-HABITAT/UNEP** (2004). *The Sustainable Cities Programme in Tanzania 1992–2003*. SCP Documentation Series, Volume 1. United Nations Human Settlement Programme, United Nations Environment Programme, Nairobi. <http://www.unhabitat.org/pmss/getPage.asp?page=bookView&b00k=1807>. Accessed 12 October 2009.
- UN-HABITAT/UNEP** (2009). *The Sustainable Cities Programme in Zambia (1994–2007)*. SCP Documentation Series, Volume 10. United Nations Human Settlement Programme, United Nations Environment Programme, Nairobi. <http://www.unhabitat.org/categories.asp?catid=540> Accessed 12 October 2009.
- US EPA** (1995). *National air pollutant emission trends 1994*. Report number EPA-454/R-95-014. USEPA Office of Air Quality Planning and Standards. Research Triangle Park, NC, USA.
- US EPA** (1998). *Compilation of air pollutant emission factors*. 5th ed. Volume I: Stationary point and area sources. United States Environmental Protection Agency (US EPA), Research Triangle Park, NC. AP-42. <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42>
- US EPA** (2000a). *Compilation of air pollutant emission factors. Volume II: Mobile sources*. US EPA, Research Triangle Park, NC. AP-42. <http://www.epa.gov/otaq/ap42.htm>
- US EPA** (2000b). *Compilation of air pollutant emission factors. 5th ed. Volume I: Supplements A, B, C, D, E and F.*, US EPA, Research Triangle Park, NC. AP-42. <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/app42supp.html>
- US EPA** (2002a). *Dispersion models. Technology Transfer Network*. Support Center for Regulatory Air Models. US EPA, Research Triangle Park, NC. <http://www.epa.gov/scram001/tt22.htm#rec>
- US EPA** (2002b). *EPA's evaluation of the RECLAIM program in the South Coast Air Quality Management District*. United States Environmental Protection Agency, Region 9: Air Programs. <http://www.epa.gov/region09/air/reclaim>
- US EPA** (2005). *Preferred/Recommended Models. Technology Transfer Network, Support Center for Regulatory Atmospheric Modeling*, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC. http://www.epa.gov/scram001/dispersion_prefrec.htm#aermod
- US EPA** (2006a). *Permit modeling guidance*. Technology Transfer Network, Support Center for Regulatory Atmospheric Modeling, United States Environmental Protection Agency. http://www.epa.gov/scram001/guidance_permit.htm#appw
- US EPA** (2006b). *An overview of the Regional Clean Air Incentives Market (RECLAIM)*. EPA Clean Markets Division. <http://www.epa.gov/airmarkt/resource/docs/reclaimoverview.pdf>
- Vichit-Vadakan N., Vajanapoom N., Ostro B.** (2008). *The Public Health and Air Pollution in Asia (PAPA) Project: Estimating the Mortality Effects of Particulate Matter in Bangkok, Thailand*. *Environmental Health Perspectives* 116:1179–1182.

- Walsh M.** (1999). *Emission control measures*. In: Urban Traffic Pollution. Eds. Schwela D., Zali O. Published on behalf of the World Health Organization, Geneva, and the Republic and Canton of Geneva by E & FN Spon, London, New York.
- WCED** (1987). *Our Common Future*. World Commission on Environment and Development. United Nations, New York. Summary at: <http://www.wsu.edu:8080/~susdev/WCED87.html>
- WHO** (1972). *Air quality criteria and guides for urban air pollutants*. Report of a WHO Expert Committee, Technical Report Series No. 506. World Health Organization (WHO), Geneva.
- WHO** (1978). *Principles and Methods for Evaluating the Toxicity of Chemicals*, Environmental Health Criteria Series 6, WHO, Geneva. <http://www.inchem.org/pages/ehc.html>
- WHO** (1979). *Sulfur oxides and suspended particulate matter*. Environmental Health Criteria No. 8, WHO, Geneva. <http://www.inchem.org/pages/ehc.html>
- WHO** (1993a). *Assessment of Sources of Air, Water and Land Pollution, Part One: Rapid Inventory Techniques in Environmental Pollution* by Alexander Economopoulos. WHO/PEP/GETNET/93.1-A, WHO, Geneva.
- WHO** (1993b). *Assessment of Sources of Air, Water and Land Pollution, Part Two: Approaches for Consideration in Formulating Environmental Control Strategies* by Alexander Economopoulos. WHO/PEP/GETNET/93.1-B, WHO, Geneva.
- WHO** (1994). *Assessing Human Health Risks of Chemicals: Derivation of Guidance Values for Health-based Exposure Limits*. Environmental Health Criteria 170, WHO, Geneva. <http://www.inchem.org/pages/ehc.html>
- WHO** (1995a). *Environmental Health Criteria 165*. WHO, Geneva. <http://www.inchem.org/pages/ehc.html>
- WHO** (1995b). *Decision Support System for Industrial Pollution Control. User Manual and program* (see WHO 1998). Pan American Health Organization, World Bank, Washington DC.
- WHO** (1996). *Motor Vehicle Air Pollution: Teacher's Guide—One Week Training Workshop*. WHO/EHG/96.16. WHO, Geneva
- WHO** (1997). *Health and Environment in Sustainable Development — Five Years after the Earth Summit*. WHO, Geneva
- WHO** (1998). *Healthy Cities Air management information system*, AMIS 2.0. CD ROM. WHO, Geneva
- WHO** (2000a). *Guidelines for Air Quality*. WHO/SDE/OEH/00.02. WHO, Geneva, Switzerland. <http://www.who.int/peh>
- WHO** (2000b). *Guidelines for Community Noise*, published by the Institute of Environmental Epidemiology, Ministry of Environment, Singapore and the WHO, Geneva, Switzerland, <http://www.who.int/peh>
- WHO** (2001). *Air Management Information System*, AMIS 3.0, CD ROM. WHO, Geneva.
- WHO/EURO** (1987). *Air Quality Guidelines for Europe*, WHO Regional Publications, European Series No. 23, Copenhagen, Denmark.
- WHO/EURO** (2000). *Air Quality Guidelines for Europe*, Second Edition, WHO Regional Publications, European Series, No. 91. WHO, Copenhagen. <http://www.who.dk/document/e71922.pdf>
- WHO** (2006). *Environmental burden of disease: Country profiles*. World Health Organization, Geneva. http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/national/countryprofile/en/index.html
- WHO** (2006). *Air Quality Guidelines. Global Update*. World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen.
- WHO/PAHO/WB** (1995a). *Decision Support System for Industrial Pollution Control* (DSS IPC). PC Programme for the assessment of air emission inventories, liquid and solid waste inventories, estimation of pollution in air, water, and soil. PAHO/World Bank, Washington DC, Description on the <http://www.worldbank.org/html/opr/pmi/envind12.html>. To be ordered from WHO, Geneva or PAHO, Washington.
- WHO** (2004). *World Report on Road Traffic Injury Prevention*. World Health Organization, Geneva. http://www.who.int/violence_injury_prevention/publications/road_traffic/world_report/en. Accessed 14 September 2009.
- WHO** (2009). *Night Noise Guidelines for Europe*. World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen. <http://www.euro.who.int/>

Noise/activities/20040721_1. Accessed 14 October 2009.

WHO/PAHO (1997). *Introducción al Monitoreo Atmosférico* (ed. by A. P. Martinez and I. Romieu). WHO, Pan American Health Organization, Mexico DF, http://www.lamolina.edu.pe/capacitacion/ciclo_optativo/calidad_ambiental/monitoreoatm.html

WHO/SEARO (1996). *Ambient Air Quality Monitoring Networks: Considerations for Developing Countries* (ed. by A. L. Aggarwal and S. K. Gopal). WHO, Regional Office for South-East Asia, New Delhi. To be ordered from the WHO Regional Office for South-East Asia, New Delhi.

WMO (2007). *WMO Global Atmospheric Watch (GAW) Strategic Plan: 2008–2015*. GAW Report No. 172, World Meteorological Organization, Geneva. http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/gaw_home_en.html. Accessed 11 October 2009.

World Bank (2003). *Urban Air Pollution: Policy Framework for Mobile Sources*. Draft. Gwilliam K. M., Kojima M., Johnson T., The World Bank, Washington DC,

World Bank (2008). *Low cost solutions to achieve better air quality in Sub-Saharan African cities*. (Schwela D., Haq G.). Clean Air Initiative in Sub-Saharan African Cities, The World Bank, Washington, DC.

WRI/UNEP/UNDP/WB (1998). *World Resources: A Guide to the Global Environment—Environmental Change and Human Health*, World Resources Institute, UNEP, United Nations Development Programme, World Bank. Oxford University Press, New York. <http://www.wri.org/wri/wr-98-99>

Walsh M., Shah JJ. (1997). *Clean fuels for Asia—Technical options for moving towards unleaded gasoline and low-sulfur diesel*. World Bank Technical Paper No. 377. The World Bank, Washington, DC.

World Bank (1997a). *Urban air quality management strategy in Asia. Guidebook*. Eds. Shah JJ., Nagpal T., Brandon C. J., The World Bank, Washington, DC.

World Bank (1997b). *Urban air quality management strategy in Asia*. Kathmandu Valley

Report. Eds. Shah JJ, Nagpal T. World Bank Technical Paper No. 378. The World Bank, Washington, DC.

World Bank (1997c). Urban air quality management strategy in Asia. *Jakarta Report*. Eds. Shah JJ., Nagpal T., World Bank Technical Paper No. 379. Eds. Shah JJ., Nagpal T., Brandon C. J., The World Bank, Washington, DC, http://www.worldbank.org/wbi/cleanair/caiasia/topics/aqm_strategies.htm

World Bank (1997d). Urban air quality management strategy in Asia. *Metro Manila Report*. Eds. Shah JJ., Nagpal T., World Bank Technical Paper No. 380. Eds. Shah JJ., Nagpal T., Brandon C. J., The World Bank, Washington, DC.

World Bank (1997e). Urban air quality management strategy in Asia. *Greater Mumbai Report*. Eds. Shah JJ., Nagpal T., World Bank Technical Paper No. 381. Eds. Shah JJ., Nagpal T., Brandon C. J., The World Bank, Washington, DC.

World Bank (1998). *Confronting air pollution in Asia's cities*. News Release. The World Bank South Asia/East Asia and Pacific Regions. <http://www.worldbank.org/html/extdr/extme/1906.htm>

World Bank (2001). *Clean Air Initiative in Cities of Europe and Central Asia*. Framework Proposal. The world Bank, Washington DC, <http://www.cleanairnet.org/caieca/1413/article-35503.html>. Accessed 13 October 2009.

World Bank (2002a). *Clean Air Initiative*. The World Bank, Washington, DC, <http://www.worldbank.org/cleanair>

World Bank (2002b). *Clean Air Initiative for Asia*. The World Bank, Washington, DC, <http://www.worldbank.org/cleanair/caiasia>

World Bank (2002c). *Clean Air Initiative for Latin America and the Caribbean*. The World Bank, Washington, DC, <http://www.worldbank.org/cleanair/cailac>

World Bank (2002d). *Clean Air Initiative for Africa*. The World Bank, Washington, DC, <http://www.worldbank.org/cleanair/caiafrica>

WSSD (2002). *World Summit on Sustainable Development—Plan of Implementation*. Johannesburg, South Africa. <http://www.johannesburgsummit.org>

Younes M., Meek M. E., Hertel R. F., Gibb H. J., Schaum J. (1998). *Risk Assessment and Management*. In: Herystein JA, Bunn III WB, Fleming LE, Harrington JM, Jeyaratnam J, Gardener IR (eds.) *International Occupational and Environmental Medicine*. Mosby, New York.

分册中使用的缩略语

CAIP	清洁空气执行计划
CO	一氧化碳
ETS	环境烟草烟雾
HC	碳氢化合物
NO _x	氮氧化物
NO ₂	二氧化氮
O ₃	臭氧
PAH	多环芳烃
Pb	铅
PM	颗粒物
PM ₁₀	直径小于10微米的微粒 (1微米=0.001毫米)
PM _{2.5}	直径小于2.5微米的微粒
QA/QC	质量保证和控制
SPM	悬浮颗粒物
SO ₂	二氧化硫
TSP	总悬浮颗粒物
UBA	德国联邦环境署
UNEP	联合国环境署
US EPA	美国环境保护署
WHO	世界卫生组织
WSSD	可持续发展世界峰会



Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

- 德国技术合作 -

P. O. Box 5180
65726 ESCHBORN / GERMANY
T +49-6196-79-1357
F +49-6196-79-801357
E transport@giz.de
I <http://www.giz.de>