



亚洲发展中国家室外空气污染与健康: 综合述评

HEI 国际科学监督委员会

执行摘要

关于 HEI

美国健康影响研究所(HEI)成立于1980年,是一家独立的中立科研机构,从事有关空气污染健康影响的高质量和公正的科学研究。为完成它的使命,HEI的主要工作包括:

- 明确空气污染健康影响的优先研究方向;
- 竞争性地资助和监督科研项目;
- 独立地审查由HEI资助的研究及相关的研究;
- 整合HEI与其他机构的研究结果, 进行更广泛的评估:
- 向公众和私人决策者交流HEI的研究和分析结果

HEI的核心研究经费一半来自美国环保局,一半来自世界各地的机动车行业。美国及世界各地区的其他公立和私有机构也时常资助一些大项目或某些特定的项目。HEI发起"亚洲公共卫生和空气污染项目(PAPA)"的部分原因就是为了支持《亚洲城市清洁空气行动计划》,该《行动计划》由亚洲发展银行和世界银行联合发起,旨在提供改善亚洲空气质量的政策措施。PAPA项目的其他资金来源包括美国国际开发署、William和Flora Hewlett基金会。

HEI已经资助了北美、欧洲、亚洲和拉丁美洲超过280个研究项目,这些研究结果促进了有关一氧化碳、空气毒物、氮氧化物、柴油机尾气、臭氧、颗粒物及其他污染物的决策过程,并发表在经过同行评审的文献和HEI出版的超过200份综合报告中。

HEI的独立管理机构董事会由科研和决策领域的领导者组成,董事会成员也积极致力于公共与私营机构的合作关系,而这种合作关系也正是HEI的核心理念。健康研究委员会(Health Research Committee)从HEI赞助方和其他利益相关方那里募集资金,并和科研人员一起制定五年战略规划,选取拟资助的项目并监督这些项目的开展。健康评审委员会(Health Review Committee)并不负责选取和监督资助项目,而是与HEI工作人员密切合作,对已获资助研究及其他有关项目进行评估和结果解释。

HEI的所有项目研究成果和健康评审委员会做出的相应评论通过各种媒介广为传播,包括:HEI网站(www.healtheffects.org)、印刷报告、时事通讯及其他出版物、年会和向立法机构与公共机构的演讲。

执行摘要

亚洲发展中国家室外空气污染与健康:综合述评

执行摘要

亚洲国家正处于经济快速发展阶段,在很多污鬼力相当于20世纪前期欧洲和改美国居民对大气污染。这种快速的发展影响大气污染。这种快速的可能影响大气污染的易感性。在1000年全球的大气污染的易感性。在1000年全球的投展,在1000年全球的发展中国家的发展。在1000年全球的近点,在1000年全球发展,在1000年全球发展,在1000年的大气,在1000年全1000年至1000年全1000年生2000年全1000年生2

为了降低亚洲发展中国家城市大气污染对居民健康影响的不确定性,HEI在2002年启动了"亚洲公共卫生与空气污染(PAPA)"项目。第15号专题报告是PAPA项目的第一份主要出版物,题目为"亚洲地区发展中国家大气污染对人体健康的影响:文献综述"(HEI ISOC 2004)。2004年公布的这份专题报告首次全面地综述了亚洲的研究文

本报告的顺利完成在一定程度上归因于美国国际开发署(USAID)、William 和Flora~Hewlett基金会提供的支持。文中观点并不一定代表USAID和任何HEI赞助方的观点。

献,包括了来自9个国家的超过100项研究成果。在此基础上,PAPA项目启动了对四个亚洲城市(曼谷、香港、上海、武汉)的大气污染与居民每日死亡率关系的统一分析。目前,这些分析工作已全部完成(HEI Public Health and Air Pollution in Asia Program 2010),在印度和越南的其它研究也已完成(Balakrishnan 等 2010; Rajarathnam 等 2010; Collaborative Working Group on Air Pollution, Poverty, and Health in Ho Chi Minh City 2009)。

本次报告《亚洲发展中国家大气污染对健康的影 响:综合述评》是第二份PAPA项目的文献综述。 首先,它将对亚洲发展中国家大气污染的来源、排 放、浓度和暴露的状态和趋势,以及城市发展、人 群健康和公共政策等构成大气污染健康效应研究 背景的因素做一全面的综述。其次,为描述当前 亚洲大气污染健康效应研究文献的全貌, 通过基 于"HEIPAPA—网上科学通路"(PAPA-SAN)的文 献检索系统(HEI2006),搜集到超过400篇的亚洲 研究文献(截止到2007年)并进行了分类整理。 再次,本次报告还运用英国St George医院的大气污 染流行病学数据库(AEPD),对82篇亚洲大气污 染急性暴露对每日死亡率和心肺疾病入院率影响 的文献进行了系统和定量的评价, 纳入的文献数 目是第15号专题报告分析文献数目的4倍。本次综 述所不仅包括PAPA研究项目中四城市大气污染与 每日死亡率的统一研究,还首次系统地评阅了亚 洲地区大气污染长期暴露对慢性呼吸道疾病、肺 癌和不良生殖结局影响的研究文献。最后,本次 报告还将亚洲大气污染健康效应研究置于全球研 究背景下进行了讨论,明确了存在的差距,并就 如何缩小这些差距提出了若干建议。

亚洲研究背景

发展、大气污染和人群健康

在大气质量和人群健康状态均不断变化的背景下,本次综述评价了亚洲发展中国家室外空气污染对健康影响的证据。随着经济的发展,自然和人为环境相关的健康风险性质也在发生变化。经济发展和随之产生的城市化已经并将继续在很大程度上依赖于化石燃料的燃烧。在一些国家,这

^{*}缩写词及其他术语列表参见本报告结尾处。

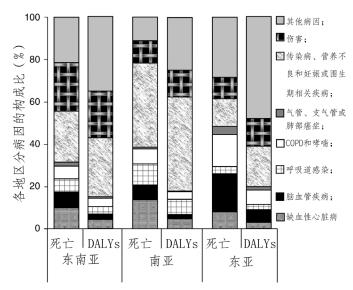


图1. 2004年亚洲分区域和分病因的死亡和伤残调整寿命年简图(DALYs)。"东南亚"对应于WHO东南亚区域B;"南亚"对应于WHO东南亚区域D;"东亚"对应于WHO西太平洋区域B。(数据由WHO 2008整理而得)

亚洲大气质量的变化反映了交通和发电导致的能耗增加与大气污染改善措施之间存在的复杂而不断演化的关系。总的来说,无论是污染排放估计值,还是大气环境浓度的实测值和估计值,均显示亚洲大部分城市的大气质量正得到提升(图3和4)。在亚洲能耗剧烈增加之际,大气质量的稳步改善反映

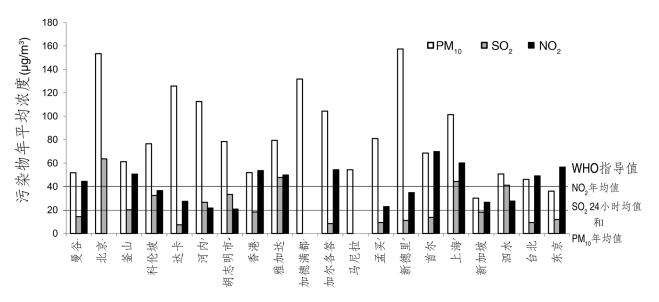


图2. 亚洲部分城市 PM_{10} 、 SO_2 和 NO_2 的5年(2000–2004)平均浓度。比较标准来自于WHO大气质量指导值2005年全球更新版(WHO 2006a): PM_{10} 年平均浓度20 μ g/m³; SO_2 24小时平均浓度20 μ g/m³; NO_2 年平均浓度40 μ g/m³。 PM_{10} 是空气动力学直径小于等于10 μ m 的颗粒物; SO_2 是二氧化硫; NO_2 是二氧化氮。本图经亚洲城市清洁空气行动(CAI-Asia)中心(www. cleanairnet.org/caiasia);accessed January 2008)授权发布。

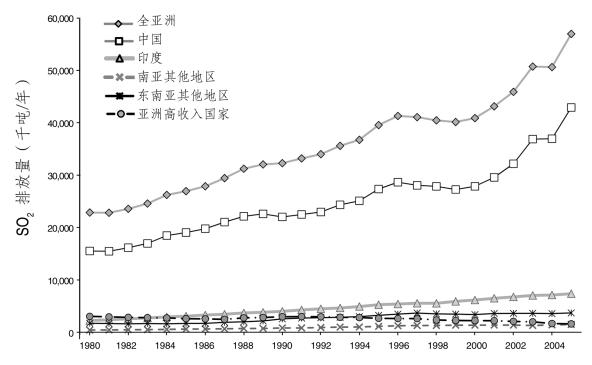


图3. 亚洲地区1980-2005年 SO_2 排放量。单位为千吨/年。"中国"包括中国大陆、香港和台湾。"南亚其他地区"包括阿富汗、孟加拉国、不丹、马尔代夫、尼泊尔、巴基斯坦和斯里兰卡。"东南亚其他国家"包括:柬埔寨、印度尼西亚、老挝、马来西亚、缅甸、菲律宾、泰国、东帝汶和越南。"高收入亚洲国家"包括:文莱、日本、韩国和新加坡。全亚洲的数据均为各区域数值的加权平均值。综合来自T. Ohara (personal communication, May 26, 2008)和全球变化前沿研究中心2007的数据。

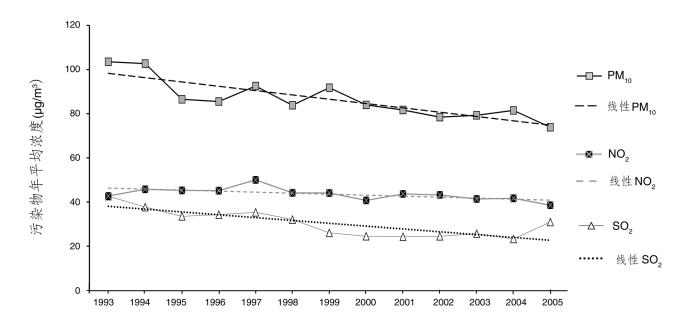


图4. 亚洲部分城市1993-2005年平均PM₁₀、SO₂和NO₂浓度线性变化趋势。本图中所含城市与图2一致。直线为大气污染水平变化趋势的平滑估计。本图经CAI-Asia(www.cleanairnet.org/caiasia; accessed January 2008)授权发布。



图5. 由PAPA-SAN数据库检索得到的亚洲文献数量(按国家分类)

了大气质量管理措施是富有成效的,同时也反映了 能源效率的提高和能源使用强度的下降。

气候变化和具有气候影响效应的污染物排放给亚洲带来了巨大的挑战。但因为降低短寿命温室气体(GHGs)排放的同时能收获公共卫生近期效益,这给持续改善大气质量提供了又一个理论支持。降低GHG 排放的策略,除了直接针对气候变化,也能对局部和区域的大气质量产生直接影响,从而会比单纯实施大气质量改善策略取得更快更大的效果。

大气污染流行病学研究综述

综上,在亚洲地区开展高质量的大气污染健康效应研究显得比以往任何时候都更为迫切,同时不良生殖结局及其他健康效应的关系进行着越来超过400篇发表于1980年到2007年的亚洲大气污染均衡。基于HEI的PAPA-SAN数据库检索得到建设的研究。基于1980年到2007年的亚洲大气污染健康效应的研究文献(图5),这些研究分布在13个建康效应的研究文献(图5),这些研究分布在13个上,这些研究报道的健康效应和西方国家报道的大气流光,即近20年来相关文献发表量逐年增加。这些研究报道的健康效应和西方国家报道呼吸道症状,相关健康效应谱一致,包括从急慢性呼吸道症状,相关健康效应谱一致,包括从急慢性呼吸道症状,相关健康效应谱一致,包括从急慢性呼吸道症状,相关健康效应谱一致,包括从急慢性呼吸道症状,

时间序列研究的meta分析

关于大气污染急性暴露对心血管或呼吸道疾病发病率和死亡率影响的时间序列研究,亚洲地区自1980年以来共有超过100篇文献发表,它们持续提供了有关亚洲大气污染严重健康危害的最新和显洲四城市研究的分析结果(HEI Public Health and Air Pollution in Asia Program 2010),这也恰恰是构成国际大气质量指导值和欧美国家大气质量管理政策制定基础所需的那种证据类型(Samoli 等 2008; WHO 2005)。图6为时间序列研究的meta分析和多中心协作研究的结果(包括PAPA四城市研究结果),均以给定污染物每上升单位浓度对每日死亡率的影响

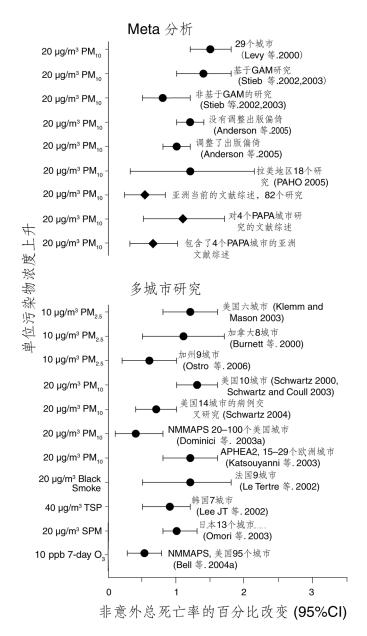


图6. 部分meta分析和多城市研究中大气污染暴露的每日改变引起每日非意外死亡率变化的百分比的估计值,按研究类型和污染物浓度单位变化量分类。TSP为总悬浮颗粒物;SPM为悬浮颗粒物; O_3 为臭氧;GAM为广义相加模型;PAHO为泛美卫生组织;NMMAPS为"全美发病率、死亡率和大气污染研究";APHEA2为"大气污染和健康:欧洲多城市研究"。本图综合了Pope and Dockery 2006和本次meta分析中的估计值(菱形数据点详见报告正文的表15)

表示(称之为"效应估计值",在此为每日非意外死亡率改变的百分比)。

本次更新后的亚洲时间序列研究的meta分析总结了截止到2007年8月发表的82份文献报道结果,超过2004年综述(HEI ISOC 2004)分析量的3倍,因而可以提供更为可靠和详细的有关大气污染对亚洲人群每日死亡率和住院率影响大小的估计,还可以对亚洲和其他地区的研究结果做更具确定性的比较。急性暴露于粒径小于或等于 10 μm的颗粒

物(PM₁₀)能增加每日非意外死亡率,PM₁₀浓度每升高10 μg/m³将引起每日非意外死亡率升高0.27%(95%可信区间[CI], 0.12% - 0.42%),该效应大小与欧洲、北美和拉丁美洲的meta分析和多城市研究结果相似。心血管疾病是亚洲地区当前和将来的主要死因(图7),因而每日心血管疾病死亡率(主要是缺血性心脏病和中风)的增加构成了效应估计值的大部分。亚洲人口中老年人所占的比例逐渐增

加,而大气污染对心血管和呼吸系统疾病死亡率的影响随着年龄的升高而持续上升。

PAPA研究

(甚至高达每立方米数百微克),每个城市均发现每日死亡率的持续升高。

PAPA四城市研究中PM₁₀对死亡率影响的总体估计值要大于亚洲全部研究的meta合并估可在 (PAPA四城市研究中大气污染对呼吸道疾病死定率的影响稍低除外)(图6)。造成这种差异的原因尚不十分清楚,可能与曼谷的估计值偏高严密量的活力,也可能是由于PAPA研究的选择和质量数据进行了系统的选择和质量数据进行了系统的选择和遗址的存在。如果把PAPA四城市的效应估计值纳流度每日非意外死亡率升高0.33%(95%CI, 0.16%-0.51%);如果meta分析不包括PAPA城市,那么分析结果相应为0.27%(95%CI, 0.12%-0.42%)。由PAPA资助的两个印度城市德里(Rajarathnam等 2010)和清奈(Balakrishnan等 2010)的初步研究结果

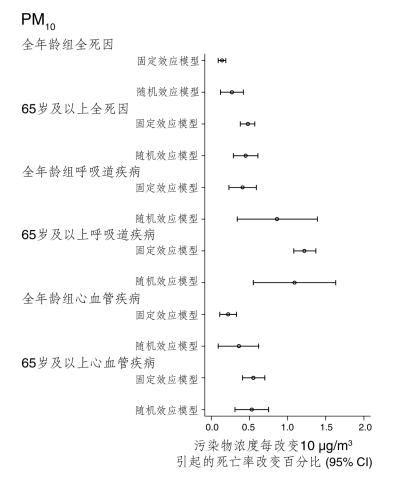


图7. PM₁₀浓度每改变10μg/m³引起每日非意外死亡率、呼吸道疾病死亡率和心血管疾病死亡率变化的效应估计。粗体表示的 Y轴标题为死因和年龄组。

也发现了 PM_{10} 急性暴露与每日非意外死亡率升高的关系,尽管来自德里的估计值为 PM_{10} 浓度每升高 $10 \mu g/m^3$ 每日死亡率升高0.15%(95%CI,0.07%-0.23%),仅相当于总meta合并估计值的一半。

曼谷、香港、上海和武汉的四城市研究总体上旨在分析大气污染急性暴露对每日死亡率的影响为他是各个单城市的研究也更详细地探讨了大气污染急修饰大气污染的健康效应。比如,武度非常的有名的"火炉"之一(夏季温度和湿度非常的;在武汉的研究发现,与温带地区典型温度可能的有名的"火炉"之一与温带地区典型温度可能增加5倍(Qian Z 等 2008, 2010)。与西方国家的(Wong CM 等 2008a, 2010),种类发现,经济弱势群体和受教育程度低的人群受大气污染影响更大。

慢性效应研究的系统性评述

与欧洲和北美地区相比,亚洲地区关于大气污染长期暴露的慢性健康影响的文献非常少,尤其是有关慢性心血管疾病的文献。亚洲研究的设计和质量也存在较大的差异。尽管如此,本次评述发现,亚洲人群长期暴露于燃烧源大气污染能导致儿童和成人的慢性呼吸系统疾病、肺癌和不良生殖结局。

慢性咳痰是慢性呼吸道疾病的一个主要症状,其 患病率反映了长期暴露于吸入性刺激物对健康的 影响。在不同污染水平地区的定性和定量比较研 究中, 均发现了慢性咳痰和燃烧源大气污染暴露 相关。在控制了吸烟和固体燃料燃烧相关的室内空 气污染等混杂因素后,无论大气污染特征如何,研 究报道的相对危险度估计值一般在1.1到5.0之间。 关于颗粒物 (PM10) 和燃烧源相关的气态污染物 (如SO,、NO,)的研究均发现了这种关联。北美和 欧洲国家进行的许多研究, 在控制吸烟等混杂因素 后,也发现了相似的关联,其中一些研究在污染源 和污染浓度方面与本次综述纳入的某些亚洲研究相 似。在成人和儿童中均可观察到慢性咳痰患病率增 加。对于儿童,尽管慢性咳痰不是慢性支气管炎或 即慢性阻塞性肺部疾病(通常是中老年人才患的疾 病)的症状,但可能与呼吸道反复感染密切相关, 从而导致儿童肺功能降低。孩童期和成年早期肺功 能低下会引起中老年时的慢性阻塞性肺部疾病发病 风险升高 (Fletcher and Peto 1977; Rennard and Vestbo 2008)。

亚洲地区有关大气污染对肺功能影响的证据较 少,并且以成人为对象的研究中很少采用了认可度 较高的统计分析方法并控制了吸烟的混杂效应。针 对儿童和非吸烟成人的研究发现了大气污染暴露的 有害效应,但由于这些研究是横断面调查,而大气 污染暴露水平的估计是基于整个研究区域的而不是 采用个体的监测数据, 所以很难就大气污染对肺功 能的影响得出可靠的结论。这些横断面研究提示, 大气污染暴露对儿童肺功能存在有害的影响, 提供 了影响儿童肺发育的一系列动态事件的部分片段。 在亚洲地区需要开展纵向研究, 来判定横断面研究 中发现的肺功能和大气污染的联系是否反映了肺功 能增长率低于正常的这种状况,以及判断肺功能增 长率的降低能否导致永久的缺陷(并且随后可能导 致成人期肺功能的加速下降)。或者还是正如西方 某些研究那样, 肺功能先是一个短暂的下降但随着 污染浓度的下降而逐渐恢复。当然, 残余的混杂也 同样不容忽视, 比如与社会经济地位相关的因素分 布差异所导致的混杂。这些问题在西方国家和亚洲 国家的横断面研究中均存在。

本次综述还搜集了差不多同样丰富的有关哮喘的 研究文献,结果表明暴露各种来源的大气污染能 导致哮喘和哮喘相关症状的患病率升高。绝大多数 研究均发现了这种关联,相对危险度估计一般超过 1.0, 但低于2.0(图8)。研究大气污染长期暴露和 哮喘及其症状关系的文献在设计方法上差别较大。 已有研究评估了城市间和城市内暴露水平的差异, 其中城市内部的比较还包括了路边暴露情况。这些 研究在统计学效率、暴露评价质量和混杂因素的控 制程度方面存在明显的差异。然而,总体来讲,这 些研究的设计和实施均类似于西方国家的相关研 究。尽管这份专题报告纳入的研究结果并不完全 一致,但也提供了一些证据表明大气污染对哮喘患 病率存在一定的影响,而且这种证据可能比西方国 家还要多。我们仍然对造成这种影响的原因以及各 研究结果间所呈现的异质性知之甚少。根据目前的 资料来看, 亚洲各地区间儿童的哮喘患病率差异较 大;但是从目前的证据来看,大气污染物浓度的差 别不能解释各地区哮喘患病率的差异(Anderson等 2010)。

大气污染与肺癌关系的研究证据在亚洲仍然很少。有些研究控制了吸烟和固体燃料燃烧相关的室内空气污染等强混杂因素,其报道的肺癌相对危险度在1.5到3.0之间,这与欧洲和北美地区的研究结果相一致(Samet and Cohen 2006)。但是,若想得到更加确定性的证据,就需要设计更大的研究,直接测量(高浓度下)大气污染物的暴露水平而不是

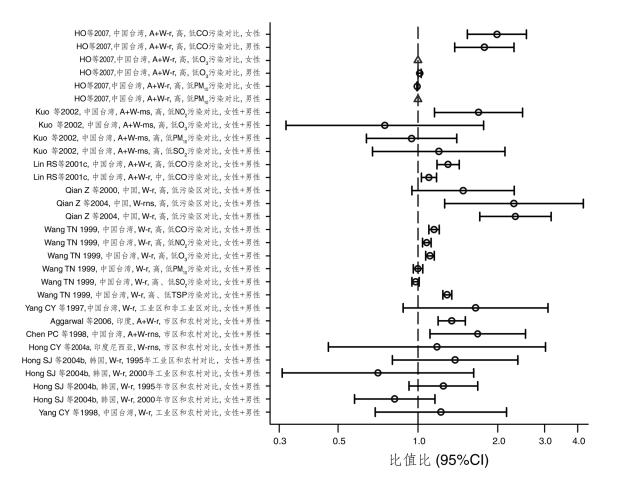


图8. 城市与农村,或城市间/内的不同污染水平地区哮喘或喘息的OR值(及其95%可信区间)的定性比较。Y轴标题逐次提供了下述研究信息:文献出处;研究地点、健康结局、污染水平或被比较地区;研究对象性别(女性、男性、或混合)。可能的健康结局是A-r(最近3年内医生诊断的或自诉的哮喘),A-rns (医生诊断的或自诉的哮喘,但时间不确定或超过3年前),W-r(最近3年报告有喘息症状),W-rns(报告有喘息症状,但时间不确定或超过3年前),或者合并有哮喘和喘息(A+W-r和 A+W-rns)。CO是一氧化碳;TSP是总悬浮颗粒物。为调整估计值的范围,X轴采取了对数尺度。有两项研究报道了"非显著性关联"并且没提供OR值;带三角符号的数据点没有提供可信限(CIs)。详见报告正文的表19。

估计暴露的水平,并要充分地控制各种潜在的混杂因素。

无法与国际上那些直接使用大气污染测量值的研究进行比较。

对健康影响评价的影响

在亚洲发展中国家,非常多的人口暴露于高浓度的大气污染。事实上,大约有3000万人居住在PAPA项目的四个城市中。因此,本次报告中所估计的大气污染短期和长期暴露的健康效应尽管相对较小,但大气污染可能给当地居民造成相当大数量的疾病和死亡。WHO估计,亚洲地区2000年有超过50万人的死亡是室外空气污染引起的,差不多占全球大气污染相关疾病总负担的三分之二(WHO2002)。另外,全球固体燃料源的室内空气污染造成了110万人死亡。其他空气污染健康影响评估

也报道了相似的结果(World Bank and the Chinese State Environmental Protection Administration [SEPA] 2007)。也就是说,在亚洲发展中国家大气污染仅仅是影响人群健康的众多因素中的一种(Ezzati 等2002)。但是,在亚洲地区制定交通和能源政策时应该明确考虑大气污染暴露对健康的巨大影响。

在亚洲及其他地方,期望寿命的增加是经济发展 和贫困人口减少的一个主要的社会效益。大气污染 暴露能减少健康期望寿命,在部分人群中可平均缩 短数月甚至数年的寿命(Brunekreef 等 2007)。虽 然本报告中综述的时间序列研究证明了短期暴露 能引起超额死亡的发生,但是这种研究结果并不 能直接用来估计长期暴露所导致的期望寿命减少量 (Rabl 2006; Burnett 等 2003)。只有基于队列研究 的相对危险度才能用来估计期望寿命的损失。队列 研究需要大样本的人群暴露于不同污染水平下,随 访数年后,比较各暴露组的死亡率大小。截止到目 前,只有美国和西欧国家开展过这种队列研究,亚 洲地区尚无有关大气污染长期暴露与慢性心血管疾 病或者呼吸系统疾病死亡的队列研究结果报道。因 此近来的亚洲大气污染健康影响估计(WHO 2002: World Bank and SEPA 2007) 均基于一个美国的队列 研究(Pope 等 2002)。

亚洲地区有关死亡率的时间序列研究结果和欧洲 和北美地区的研究结果存在广泛的一致性。比如, 这些研究均报道大气污染在老年人群中对心血管疾 病发病率和死亡率的影响比在年轻人群大,从而为 在亚洲大气污染相关疾病负担研究中继续使用西方 队列研究结果提供了理论支持。然而,目前亚洲发 展中国家在能源消耗、大气质量和人群健康状况等 方面与美国和欧洲国家尚存在诸多的不同之处,且 处于不断变化之中。因而,即便是设计和实施最佳 的美国队列研究,也必须小心运用其研究结果。 一个主要的不确定性来自于大气污染长期暴露与 慢性病死亡率的浓度-反应曲线形状。在美国癌症 协会(ACS)的队列研究中(Pope 等 2002), 粒 径小于等于2.5 μm的颗粒物 (PM。。)浓度水平要远 低于中国和印度的大城市,因而研究者利用ACS数 据外推到亚洲人群时,需要就亚洲高暴露条件下 的浓度-反应关系曲线形状做出预测。在敏感性分 析中, 由外推所产生的估计不确定性是相当大的 (Cohen 等 2004)。

认知差距和研究必要性

从20世纪早期以来,大气污染短期高浓度暴露的急性毒性日益受到重视,近来在欧洲和北美地区

的多城市研究已经在更低浓度水平下发现大气污染的急性毒作用。因此,关于亚洲地区每日死亡率和入院率的时间序列文献的meta分析结果是符合预期的,并且可用作制定提高大气质量干预措施的污染自一。然为充分认识亚洲大气重大的一个大挑战,仍有很多未知的内容需要所带来的这些在亚洲当地开展的研究提供最合适的对学信息将会有助于决策者选择最合适的公共卫生效益。

大气污染混合物的性质如何影响大气质量、暴露和健康效应?

大气污染长期暴露的健康效应如何?

尽管时间序列研究将继续在帮助制定环保和公共 政策时扮演积极的角色,亚洲地区还需要开展像 美国和欧洲队列研究那样的流行病学研究,以估计 大气污染长期暴露对慢性心血管疾病或呼吸道疾病 年平均死亡率和期望寿命的影响。对于政策制定来 讲,队列研究结果可能是最具意义和最合理的。

用的方法,对亚洲现存的一些原本不是研究大气污染的队列进行适当的"改进",估计所研究人群的大气污染暴露情况。在对非大气污染队列进行新的研究时,需要组建由多学科研究人员构成的研究团队,各成员需保证能投入足够和长期的精力,研究团队还需要与政府官员、工业部门和当地各研究相关方进行良好的合作。为了评估进行此类研究的可行性,HEI的PAPA项目发出了在亚洲发展中国家计划开展此类研究的信息要求和资格要求(Health Effects Institute 2009)。根据反馈信息,PAPA项目组认为在数个地方有开展这类研究的可能。

由部分亚洲城市时间序列研究得出的分析结果能推测出多少有关亚洲其他城市的大气污染健康效应?

全亚洲所报道的时间序列研究数量逐渐增加。作 为PAPA研究项目的一部分, 印度第一个可吸入悬 浮颗粒物 (RSP) 短期暴露与每日死亡率的研究结 果即将出版 (Balakrishnan 等 2010; Rajarathnam 等 2010)。即便如此,当前的几乎所有研究均来自中 国大陆、中国台湾和韩国。南亚和东南亚国家的 主要人口大国(印度、巴基斯坦、越南、菲律宾、 印度尼西亚和马来西亚)仍然研究较少(除曼谷 外)。不同亚洲城市在大气污染源(比如露天焚 烧)和贫困问题方面存在一定的差异,这可能会影 响大气污染暴露的效应。在亚洲区域内开展大范围 的多城市协同研究,采用统一的设计和分析方法, 研究范围包含整个区域,可以提供更确切的证据。 在某些情况下,除死亡率外的其他健康结局(比如 入院率)也可以加以研究,这样可使决策者能更好 的定量地分析大气污染的健康影响。

室内空气污染在室外空气污染的健康效应中扮演何种角色?

在亚洲城市,尤其是贫困家庭里,室内空气污染问题较为普遍且严重。我们需要更好地了解室内来源空气污染是如何影响室外空气污染浓度,以及室内源空气污染的室内暴露是如何影响室外空气污染的健康危险度估计。需要协同的暴露测量和协同的流行病学研究来解决这些问题。

贫困在大气污染健康效应中扮演什么角色?

主要来自欧洲和北美国家的有限证据表明, 贫困增加了大气污染相关的发病率和死亡率。原因之一可能是社会经济地位较低的人暴露的大气污染水平更高。易感程度也可能受社会经济地位相关因素的影响,比如健康水平、营养状态和医疗服务可

及性。亚洲地区极端贫困的人口比西方国家更多, 但对这些问题的研究却相对较少。尽管PAPA项目 组在上海和香港的相关研究(Kan H 等 2008, 2010; Wong CM 等 2008a, 2010b) 受到了较好的认可并被 视为这方面研究的有益补充,但我们仍不能简单 地将西方国家的研究结果外推到亚洲。美国队列 研究的一些分析表明, 低教育水平可能与大气污 染相关的死亡风险升高有关(Krewski 等 2000)。 但是, 近期基于这个最大队列延长随访的分析结 果(Krewski 等 2009)却不再支持上述结论。亚洲 有必要研究大气污染暴露对贫困相关疾病(比如儿 童急性下呼吸道感染和结核病)发病率和死亡率的 影响,也有必要研究大气污染对各层社会经济地位 人群的影响。HEI最近在胡志明市完成的一项儿童 急性下呼吸道感染入院率的研究, 据我们的了解, 是截止到目前的第一个此类研究(Collaborative Working Group on Air Pollution, Poverty, and Health in Ho Chi Minh City 2009)

气候变化相关的大气污染以及降低气候强迫因子的排放对健康具有哪些影响?

气候变化以及降低气候强迫因子的排放引起的大气污染改变可能对本地区尤其是中低收入国家的居民健康造成显著影响。然而,主要存在以下未知的方面: (1) GHGs(比如二氧化碳)和有毒大气污染的(比如PM_{2.5})之间浓度降低的定量关联; (2)短寿命温室气体和与之相反的气候强迫因子(比如野晚盐和黑炭)的相对毒性; (3)不同政策度-反硫酸盐和黑炭)的相对毒性; (3)不同政策度-反应关系是如何随着全球和区域内气候、人口和污染混合物的改变而改变的。

小结和结论:亚洲地区大气污染健康效应的更多证据

基于超过80个亚洲时间序列研究的成果(包括多城市协同的时间序列研究),亚洲地区的meta分析效应估计值与世界其他地区的研究在效应的短点,亚洲城市的短点,亚洲城市的运动。广义上讲,亚洲城市的运动。广义上讲,亚洲城市的污染物区,一个大组为一个大组,是是一个世纪,不是是一个世纪,不是是一个一个大年,不是是一个一个人,这个人,不是是一个一个人,不是是一个一个人,不是是一个一个人,不是是一个一个人,不是是一个一个人,不是是一个一个人,不是是一个一个人,不是是一个一个人,不是是一个一个人,不是是一个一个人,不是是一个一个人。

大气污染短期暴露的健康效应虽然主要来源于西方国家的研究文献,但本次时间序列研究的meta分析结果应该可以减少对其普遍性的顾虑。这表明无论是遗传因素还是长期高污染水平暴露,均不能明显改变亚洲发展中国家主要城市的大气污染短期暴露对每日死亡率的影响。这也从另一个角度说明,即使在高污染地区,大气质量指导值时的理念明,这与WHO制订全球大气质量指导值时的理念物合(Krzyzanowski and Cohen 2008。本次meta分析结果还提示,如果把污染暴露水平降低到WHO指导值以下,还将获得进一步的健康收益。

本次文献述评表明,在经济快速发展的背景下,亚洲城市的大气质量已有了一系列积极的改善。但是,亚洲地区居民对大气污染暴露的易感性预计还会增加,因为:(1)伴随着人口老龄化,慢性心血管疾病和呼吸系统疾病的发病率将会增加;(2)随着城市化、机动车化和工业化

的加快,燃烧源大气污染的暴露将会更加普遍; (3)危险因素将加普及。本地区未来的评估可能 发现更大的大气污染健康危害,尽管提高医疗服 务可及性和生活水平将会在一定程度上平衡这些 变化所带来的不利影响。对大气污染健康这应的 估计值增加,也会造成更高的评估结果。比如, 基于ACS队列研究的最新成果(Krewski 等 2009) 显示,大气污染对心血管疾病死亡和肺癌的风险 估计值要比以前更大了。

参考文献

Aggarwal AN, Chaudhry K, Chhabra SK, D'Souza GA, Gupta D, Jindal SK, Katiyar SK, Kumar R, Shah B, Vijayan VK for Asthma Epidemiology Study Group. 2006. Prevalence and risk factors for bronchial asthma in Indian adults: A multicentre study. Indian J Chest Dis Allied Sci 48:13–22.

Anderson HR, Ruggles R, Pandey KD, Kapetanakis V, Brunekreef B, Lai CK, Strachan DP, Weiland SK. 2010. Ambient particulate pollution and the world-wide prevalence of asthma, rhinoconjunctivitis and eczema in children: Phase one of the International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC). Occup Environ Med 67:293–300.

Anderson HR, Atkinson RW, Peacock JL, Sweeting MJ, Marston L. 2005. Ambient particulate matter and health effects — Publication bias in studies of short-term associations. Epidemiology 16:155–163.

Balakrishnan K, Ganguli B, Ghosh S, Sankar S, Thanasekaraan V, Rayudu VN, Caussy H. 2010. Short-Term Effects of Air Pollution on Mortality: Results from a Time-Series Analysis in Chennai, India. Research Report. Health Effects Institute, Boston, MA. In Press.

Bell ML, McDermott A, Zeger SL, Samet JM, Dominici F. 2004a. Ozone and short-term mortality in 95 US urban communities, 1987–2000. JAMA 292:2372–2378.

Brunekreef B, Miller BG, Hurley JF. 2007. The brave new world of lives sacrificed and saved, deaths attributed and avoided. Epidemiology 18:785–788.

Burnett RT, Dewanji A, Dominici F, Goldberg MS, Cohen A, Krewski D. 2003. On the relationship between time-series studies, dynamic population studies, and estimating loss of life due to short-term exposure to environmental risks. Environ Health Perspect 111:1170–1174.

Chen PC, Lai YM, Wang JD, Yang CY, Hwang JS, Kuo HW, Huang SL, Chan CC. 1998. Adverse effect of air pollution on respiratory health of primary school children in Taiwan. Environ Health Perspect 106:331–336.

Clean Air Initiative for Asian Cities (CAI-Asia) Center. 2008. Air Pollution, Poverty and Health Effects in Ho Chi Minh City (APPH) Policy Consultation Workshop. Last updated September 5, 2009. Available from www.cleanairnet.org/caiasia/1412/articles-72525_apph.pdf.

Cohen AJ, Anderson HR, Ostro B, Pandey KD, Krzyzanowski M, Künzli N, Gutschmidt K, Pope CA III, Romieu I, Samet JM, Smith KR. 2004. Urban air pollution. In: Comparative Quantification of Health Risks: Global and Regional Burden of Disease Attributable to Selected Major Risk Factors (Ezzati M, Lopez AD, Rodgers A, Murray CJL, eds.) pp. 1153–1433. World Health Organization, Geneva, Switzerland.

Collaborative Working Group on Air Pollution, Poverty, and Health in Ho Chi Minh City. 2009. The Effects of Short-Term Exposure on Hospital Admissions for Acute Lower Respiratory Infections in Young Children of Ho Chi Minh City. Draft Final Report. Health Effects Institute, Boston, MA.

Dominici F, Daniels M, McDermott A, Zeger SL, Samet JM. 2003a. Shape of the exposure–response relation and mortality displacement in the NMMAPS database. In: Revised Analyses of Time-Series Studies of Air Pollution and Health, pp. 91–96. Special Report. Health Effects Institute, Boston, MA.

Ezzati M, Lopez AD, Rodgers A, Vander Hoorn S, Murray CJL, the Comparative Risk Assessment Collaborating Group. 2002. Selected major risk factors and global and regional burden of disease. Lancet 360:1347–1360.

Fletcher C, Peto R. 1977. The natural history of chronic airflow obstruction. Brit Med J 1:1645–1648.

Harrison RM. 2006. Sources of air pollution. In: Air Quality Guidelines Global Update 2005, pp. 9–30. World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen.

Health Effects Institute. 2009. Request for Applications. Spring 2009 Research Agenda. Accessed August 25, 2010. Available from www.healtheffects.org/RFA/RFASpring2009.pdf. Last updated May 2009. Health Effects Institute, Boston, MA.

HEI International Scientific Oversight Committee. 2004. Health Effects of Outdoor Air Pollution in Developing Countries of Asia:

A Literature Review. Special Report 15. Health Effects Institute, Boston, MA.

HEI Public Health and Air Pollution in Asia Program. 2010. Public Health and Air Pollution in Asia (PAPA): Coordinated Studies of Short-Term Exposure to Air Pollution and Daily Mortality in Four Cities. Research Report 154. Health Effects Institute, Boston, MA.

Ho WC, Hartley WR, Myers L, Lin MH, Lin YS, Lien CH, Lin RS. 2007. Air pollution, weather, and associated risk factors related to asthma prevalence and attack rate. Environ Res 104:402–409.

Hong SJ, Lee MS, Sohn MH, Shim JY, Han YS, Park KS, Ahn YM, Son BK, Lee HB. 2004b. Self-reported prevalence and risk factors of asthma among Korean adolescents: 5-year follow-up study, 1995–2000. Clin Exp Allergy 34:1556–1562.

Kan H, London SJ, 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. Environ Health Perspect 116:1183–1188.

Kan H, Chen B, Zhao N, London SJ, Song G, Chen G, Zhang Y, Jiang L. 2010. Part 1. A time-series study of ambient air pollution and daily mortality in Shanghai, China. In: Public Health and Air Pollution in Asia (PAPA): Coordinated Studies of Short-Term Exposure to Air Pollution and Daily Mortality in Four Cities. Research Report 154. Health Effects Institute, Boston, MA.

Katsouyanni K, Touloumi G, Samoli E, Petasakis Y, Analitis A, Le Tertre A, Rossi G, Zmirou D, Ballester F, Boumghar A, Anderson HR, Wojtyniak B, Paldy A, Braustein R, Pekkanen J, Schindler C, Schwartz J. 2003. Sensitivity analysis of various models of short-term effects of ambient particles on total mortality in 29 cities in APHEA2. In: Revised Analyses of Time-Series Studies of Air Pollution and Health, pp. 157–164. Health Effects Institute, Boston, MA.

Klemm RJ, Mason RM. 2003. Replication of reanalysis of Harvard Six-City Mortality Study. In: Revised Analyses of Time-Series Studies of Air Pollution and Health, pp. 165–172. Special Report. Health Effects Institute, Boston, MA.

Krewski D, Burnett RT, Goldberg MS, Hoover K, Siemiatycki J, Jerrett M, Abrahamowicz M, White WH. 2000. Reanalysis of the Harvard Six Cities Study and the American Cancer Society Study of Particulate Air Pollution and Mortality. A Special Report of the Institute's Particle Epidemiology Reanalysis Project. Health Effects Institute, Cambridge, MA.

Krewski D, Jerrett M, Burnett RT, Ma R, Hughes E, Shi Y, Turner MC, Pope CA III, Thurston G, Calle EE, Thun MJ. 2009. Extended Analysis of the American Cancer Society Study of Particulate Air Pollution and Mortality. Research Report 140. Health Effects Institute, Boston, MA.

Krzyzanowski M, Cohen A. 2008. Update of WHO air quality guidelines. Air Qual Atmos Health 1:7-13.

Kuo HW LJ, Lee MC, Tai RC, Lee MC. 2002. Respiratory effects of air pollutants among asthmatics in central Taiwan. Arch Environ Health 57:194–200.

Le Tertre A, Quenel P, Eilstein D, Medina S, Prouvost H, Pascal L, Boumghar A, Saviuc P, Zeghnoun A, Filleul L, Declercq C, Cassadou S, Le Goaster C. 2002. Short-term effects of air pollution on mortality in nine French cities: A quantitative summary. Arch Environ Health 57:311–319.

Lee JT, Kim H, Hong YC, Kwon HJ, Schwartz J, Christiani DC. 2000. Air pollution and daily mortality in seven major cities of Korea, 1991–1997. Environ Res 84:247–254.

Levy JI, Hammitt JK, Spengler JD. 2000. Estimating the mortality impacts of particulate matter: What can be learned from between-study variability? Environ Health Perspect 108:109–117.

Lin RS, Sung FC, Huang SL, Gou YL, Ko YC, Gou HW, Shaw CK. 2001c. Role of urbanization and air pollution in adolescent asthma: A mass screening in Taiwan. J Formos Med Assoc 100:649–655.

Omori T, Fujimoto G, Yoshimura I, Nitta H, Ono M. 2003. Effects of particulate matter on daily mortality in 13 Japanese cities. J Epidemiol 13:314–322.

O'Neill MS, Jerrett M, Kawachi L, Levy JL, Cohen AJ, Gouveia N, Wilkinson P, Fletcher T, Cifuentes L, Schwartz J; Workshop on Air Pollution and Socioeconomic Conditions. 2003. Health, wealth, and air pollution: Advancing theory and methods. Environ Health Perspect 111:1861–1870.

Ostro B, Broadwin R, Green S, Feng WY, Lipsett M. 2006. Fine particulate air pollution and mortality in nine California counties: Results from CALFINE. Environ Health Perspect 114:29–33.

Pan American Health Organization. 2005. An Assessment of Health Effects of Ambient Air Pollution in Latin America and the Caribbean. PAHO, Santiago, Chile.

Pope CA III, Burnett RT, Thun MJ, Calle EE, Krewski D, Ito K, Thurston GD. 2002. Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. JAMA 287:1132–1141.

Pope CA III, Dockery DW. 2006. Health effects of fine particulate air pollution: Lines that connect. J Air Waste Manage Assoc 56:709–742.

Qian Z, Chapman RS, Hu W, Wei F, Korn LR, Zhang JJ. 2004. Using air pollution based community clusters to explore air pollution health effects in children. Environ Int 30:611–620.

Qian Z, Chapman RS, Tian Q, Chen Y, Lioy PJ, Zhang J. 2000. Effects of air pollution on children's respiratory health in three Chinese cities. Arch Environ Health 55:126–133.

Qian Z, He Q, Lin HM, Kong L, Bentley CM, Liu W, Zhou D. 2008. High temperatures enhanced acute mortality effects of ambient air pollution in the "oven" city of Wuhan, China. Environ Health Perspect 11:1172–1178.

Qian Z, He Q, Lin H-M, Kong L, Zhou D, Liang S, Zhu Z, Liao D, Liu W, Bentley CM, Dan J, Wang B, Yang N, Xu S, Gong J, Wei H, Sun H, Qin Z. 2010. Part 2. Association of daily mortality with ambient air pollution, and effect modification by extremely high temperature in Wuhan, China. In: Public Health and Air Pollution in Asia (PAPA): Coordinated Studies of Short-Term Exposure to Air Pollution and Daily Mortality in Four Cities. Research Report 154. Health Effects Institute, Boston, MA.

Rabl A. 2006. Analysis of air pollution mortality in terms of life expectancy changes: Relation between time series, intervention, and cohort studies. Environ Health 5:1–11.

Rajarathnam U, Seghal M, Nairy S, Patnayak RC, Chhabra SK, Kilnani, Santhosh Ragavan KV. 2010. Time-Series Study on Air Pollution and Mortality in Delhi. Research Report. Health Effects Institute, Boston, MA. In Press.

Rennard SI, Vestbo J. 2008. Natural histories of chronic obstructive pulmonary disease. Proc Am Thorac Soc 5:878–883.

Samoli E, Peng R, Ramsay T, Pipikou M, Touloumi G, Dominici F, Burnett R, Cohen A, Krewski D, Samet J, Katsouyanni K. 2008. Acute effects of ambient particulate matter on mortality in Europe and North America: Results from the APHENA study. Environ Health Perspect 116:1480–1486.

Schwartz J. 2004. The effects of particulate air pollution on daily deaths: A multi-city case crossover analysis. Occup Environ Med 61:956–61.

Schwartz J, Coull B. 2003. Control for confounding in the presence of measurement error in hierarchical models. Biostatistics 4:539-553.

Stieb DM, Judek S, Burnett RT. 2002. Meta-analysis of time-series studies of air pollution and mortality: Effects of gases and particles and the influence of cause of death, age, and season. J Air Waste Manage Assoc 52:470–484.

Stieb DM, Judek S, Burnett RT. 2003. Meta-analysis of time-series studies of air pollution and mortality: Update in relation to the use of generalized additive models. J Air Waste Manage Assoc 53:258–261.

U.S. Environmental Protection Agency. 2008. National Air Quality — Status and Trends Through 2007. EPA-454/R-08-006. Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC.

Wang TN, Ko YC, Chao YY, Huang CC, Lin RS. 1999. Association between indoor and outdoor air pollution and adolescent asthma from 1995 to 1996 in Taiwan. Environ Res 81:239–247.

Wong C-M on behalf of the PAPA teams: Bangkok, Hong Kong, Shanghai, and Wuhan. 2010a. Part 5. Public Health and Air Pollution in Asia (PAPA): A combined analysis of four studies of air pollution and mortality. In: Public Health and Air Pollution

in Asia (PAPA): Coordinated Studies of Short-Term Exposure to Air Pollution and Daily Mortality in Four Cities. Research Report 154. Health Effects Institute, Boston, MA.

Wong C-M, Thach TQ, Chau PYK, Chan EKP, Chung RY-N, Ou C-Q, Yang L, Peiris JSM, Thomas GN, Lam T-H, Wong T-W, Hedley AJ. 2010b. Part 4. Interaction between air pollution and respiratory viruses: Time-series study of daily mortality and hospital admissions in Hong Kong. In: Public Health and Air Pollution in Asia (PAPA): Coordinated Studies of Short-Term Exposure to Air Pollution and Daily Mortality in Four Cities. Research Report 154. Health Effects Institute, Boston, MA.

Wong CM, Vichit-Vadakan N, Kan HD, Qian ZM, Papa Project Teams. 2008. Public Health and Air Pollution in Asia (PAPA): A multi-city study of short-term effects of air pollution on mortality. Environ Health Perspect 116:1195–1202.

World Bank and State Environmental Protection Administration. 2007. Cost of Pollution in China: Economic Estimates of Physical Damages. Rural Development, Natural Resources and Environmental Management Unit, East Asia and Pacific Region, World Bank, Washington, DC, and State Environmental Protection Administration, P.R. China.

World Health Organization. 2002. World Health Report 2002: Reducing Risk, Promoting Healthy Life. WHO, Geneva, Switzerland.

World Health Organization. 2005. Effects of air pollution on children's health and development: A review of the evidence. WHO European Centre for Environment and Health, WHO Regional Office for Europe, Bonn, Germany.

World Health Organization. 2006a. Air Quality Guidelines: Global Update 2005. WHO, Geneva, Switzerland.

World Health Organization. 2008. Global Burden of Disease 2004 Update. WHO, Geneva, Switzerland. www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/2004_report_update/en/index.html

Yang CY, Wang JD, Chan CC, Chen PC, Huang JS, Cheng MF. 1997. Respiratory and irritant health effects of a population living in a petrochemical-polluted area in Taiwan. Environ Res 74:145–149.

Yang CY, Wang JD, Chan CC, Hwang JS, Chen PC. 1998. Respiratory symptoms of primary school children living in a petrochemical polluted area in Taiwan. Pediatr Pulmonol 25:299–303.

缩写词和其他术语

ACS 美国癌症协会

APHEA 空气污染与健康:欧洲多城市研究

CAI-Asia 亚洲城市清洁空气行动

CI可信区间

CO 一氧化碳

COPD 慢性阻塞性肺疾病

DALYs 伤残调整寿命年

GAM 广义相加模型

GHG 温室气体

IHD 缺血性心脏病

ISOC 国际科学评述委员会

NMMAPS 全美发病率、死亡率与空气污染研究

NO。二氧化氮

O。臭氧

OR 比值比

PAHO 泛美卫生组织

PAPA 亚洲公共卫生与空气污染

PAPA-SAN 亚洲公共卫生与空气污染——网上科学通路

PM 颗粒物

PM_{2.5} 空气动力学直径小于等于 2.5 μm的污染物

PM₁₀ 空气动力学直径小于等于 10 µm的污染物

RSP 可吸入悬浮颗粒物

SEPA 中国国家环境保护总局

SO。二氧化硫

SPM 悬浮颗粒物

TSP 总悬浮颗粒物

U.S. EPA 美国环境保护署

WHO 世界卫生组织

撰稿人

HEI 国际科学监督委员会

Frank Speizer, Chair Harvard Medical School, Harvard School of Public Health, HEI Health Research Committee (former member)

H. Ross Anderson St. George's, University of London, and Medical Research Council—Health Protection Agency Centre for Environment and Health, HEI Health Review Committee (former member)

Michael Brauer University of British Columbia, HEI Health Review Committee

Bingheng Chen School of Public Health, Fudan University, Shanghai

Kenneth L. Demerjian State University of New York at Albany, HEI Health Research Committee (former member)

Jiming Hao Tsinghua University

Anthony J. Hedley School of Public Health, University of Hong Kong

Jitendra N. Pande Sitaram Bhartia Institute of Science and Research

C. Arden Pope III Brigham Young University

Kirk R. Smith *University of California–Berkeley, East-West Institute*

Mark J. Utell University of Rochester Medical Center

Paul Wise Stanford University Medical School

撰稿人

H. Ross Anderson St. George's, University of London, and Medical Research Council–Health Protection Agency Centre for Environment and Health, HEI Health Review Committee (former member), ISOC

Richard Atkinson St. George's, University of London, and Medical Research Council–Health Protection Agency Centre for Environment and Health

John Balbus National Institute of Environmental Health Sciences

Michael Brauer University of British Columbia, HEI Health Review Committee, ISOC

Robert Chapman College of Public Health Sciences, Chulalongkorn University, Bangkok

Zohir Chowdhury San Diego State University

Aaron J. Cohen Health Effects Institute

Kenneth L. Demerjian State University of New York at Albany, HEI Health Research Committee (former member), ISOC

Kristin Ebi Consultant

Graziella Favarato St. George's, University of London, and Medical Research Council–Health Protection Agency Centre for Environment and Health

Daniel S. Greenbaum Health Effects Institute

Sumi Mehta Health Effects Institute

Tiffany North Health Effects Institute

Robert M. O'Keefe Health Effects Institute

Kiran Dev Pandey World Bank

C. Arden Pope III Brigham Young University, ISOC

Kirk R. Smith University of California–Berkeley, East-West Institute

Frank Speizer Harvard Medical School, HEI Health Research Committee (former member), ISOC

Michael Walsh International Council on Clean Transportation

Jungfeng (Jim) Zhang University of Southern California

同行评审人

Majid Ezzati Harvard School of Public Health

Philip K. Hopke Clarkson University

Kazuhiko Ito New York University School of Medicine

Surinder K. Jindal Institute of Pulmonary Medicine

Nguyen Oahn Asian Institute of Technology

Roger Peng Johns Hopkins University

Zhu Tong Peking University

Salim Yusuf McMaster University

HEI出版人员

L. Virgi Hepner Project Manager

Frederic R. Howe Consulting Proofreader

Jenny Lamont Consulting Science Editor

Flannery Carey McDermott Editorial Assistant

Carol A. Moyer Consulting Science Editor

Ruth E. Shaw Consulting Compositor

翻译:复旦大学公共卫生学院 阚海东,陈仁杰,孟夏;

校样:《环境与健康展望》杂志社胡晖,美国南加州大学张军锋

HEI 国际科学监督委员会, 2010。

《亚洲发展中国家室外空气污染与健康:综合述评》。 第18号专题报告。©美国马萨诸塞州波士顿健康影响研究所(HEI)。 第18号专题报告全文可从HEI官方网站www.healtheffects.org 或者直接从HEI获取。

> 健康影响研究所 联邦大街101号

波士顿,马萨诸塞州,美国,邮编:02110。

电话: +1-617-488-2300 传真: +1-617-488-2335 网址: www.healtheffects.org