

·学科进展与展望·

# 室内空气质量对人体健康的影响

潘小川

(北京大学公共卫生学院劳动卫生与环境卫生学系,北京 100083)

**[摘要]** 室内空气污染对健康的影响是人类百多年来不断研究和探索的目标之一。本文分析了室内空气污染对人体健康的主要危害、基本原因和主要评价指标,简要综述了近5年在室内空气污染与健康领域,国内外的主要研究方向和内容。对我国室内环境与健康研究的基本思路和存在问题进行了初步探讨,并提出今后国内应在准确评价人群室内空气污染的暴露量、人群健康效应暴露-反应关系的定量评价、室内环境对人体舒适度和工作效率的影响机理、室内污染健康效应综合评价的方法学等几个主要科学问题方面深入地进行研究探讨。

**[关键词]** 室内空气质量,健康效应评价,暴露-反应关系

## 1 概述

### 1.1 不同时期室内空气污染物重要性的显示

室内环境(Indoor Environment)是人类生存和活动的重要场所,室内空气污染问题始终是百多年来人类不断研究和探索的目标之一(见图1)。

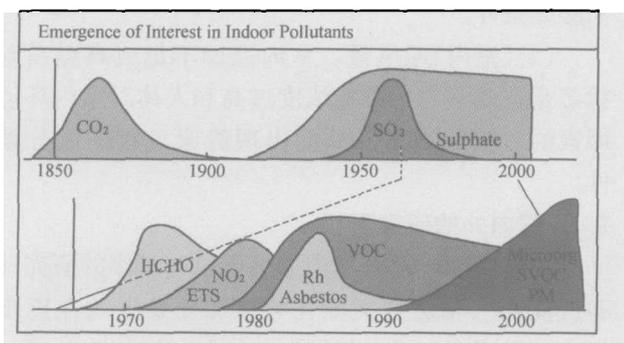


图1 不同时期室内空气污染物重要性的显示

图1的结果显示了欧美发达国家主要室内空气污染物的变化趋势。可以看出,近30年来室内主要污染物从甲醛、NO<sub>x</sub>等过渡到挥发性有机物(VOCs);并逐步变化为近年突出的微生物、颗粒物和半挥发性有机物(SVOC)。近年的国内外研究资料表明<sup>[1,2]</sup>,城市居民每天约80%—90%的时间是在各种室内环境中度过的。因而室内空气质量及对

人体健康的影响研究近年来越来越受到国内外学者的重视和关注。2004年底美国国家环保局确认的主要室内污染物包括燃料燃烧产物如煤炭、石油、天然气;建筑材料和家具;日用化学品等。室外来源的如氡、农药及室外大气污染。具体公布的污染物有:

(1) Asbestos(石棉);(2) Biological Pollutants(生物性污染物);(3) Carbon Monoxide(一氧化碳);(4) Formaldehyde/Pressed Wood Products(甲醛及相应板材);(5) Household Cleaning and Maintenance, Personal Care, or Hobbies(日用化学品)(6) Lead(铅);(7) Nitrogen Dioxide(二氧化氮);(8) Pesticides(农药);(9) Radon(氡);(10) Respirable Particles/Combustion Sources(燃烧颗粒物);(11) Secondhand Smoke/Environmental Tobacco Smoke(环境烟草烟雾);(12) Stoves, Heaters, Fireplaces, and Chimneys(火炉、加热器、壁炉及烟囱)。

近年来,随着我国经济的迅速发展,城市中高级写字楼的迅速出现和建筑装饰等级、水平的不断升级,使得室内空气的污染来源和影响室内空气质量的因素越来越多,其基本特点是前述发达国家近30年来交替变化的室内污染物在近几年集中出现在我国的各种室内空气环境中,短期内对人体健康形成了很大的威胁,应当引起有关方面的密切关注。例

本文于2005年5月29日收到。

如密闭式高级写字楼,因室内微小气候(microclimate)不良,空调使用不合理,造成暴露人群出现不良建筑综合症;居室装修材料中存在的甲醛、苯系物等挥发性有机物对暴露人群造成包括致癌等各种健康危害;因建筑空间和布局设计不合理甚至导致急性传染病暴发流行;室内生物性变应原水平升高引起人群过敏性疾病增加等问题,引起政府有关部门和广大公众的日益关注。另一方面,随着人民生活水平稳步提高,人们对综合生活质量的要求也在不断提高,人们更希望有一个清洁、舒适和温馨的工作和生活空间,因而对拥有良好的室内空气质量和健康的愿望也愈加迫切和认真。而我国对这个领域的科学研究还很不充分,对室内空气质量的监测技术和健康危害的评价技术的研究远不能适应政府部门的管理决策需要和公众对保护身体健康、提高工作效率的要求。因此,深入开展对室内空气污染物的监测及健康危害的评价研究,具有十分重要的意义。

## 1.2 室内空气污染对健康的危害(主要评价指标)

从人群健康危害评价的角度,室内空气污染的不良健康效应可分成如下几类:

### (1)主观不良反应(不舒适度)发生率

由于室内空气污染物的种类复杂,浓度有时又比较低,对人体健康的影响常常是长期和慢性出现的。在这种污染危害的早期,人群的反应不会立刻出现明显的疾病状态或明显的临床症状,而是以轻度的机体不良反应表现出来。这时我们评价室内污染对人群健康的影响,就难以采用疾病或临床症状的指标,而需要结合污染物的种类采用人群不良反应的发生率评价室内空气污染对人群健康的影响。例如不良建筑综合症(SBS)的评价,主要就是根据人体的一系列主观不良反应来进行的。美国环境保护局(USEPA)推荐的与SBS有关的不良反应有:流泪、眼疼、眼痒、眼干、咳嗽、嗓子干、嗓子痛、气喘、失眠、皮肤发痒、皮疹、嗜睡、食欲下降等32种,多为不典型的表现。只有进行综合评价才有较高的价值。

### (2)临床症状和体征

很多室内空气污染物长期作用于人体,可造成机体出现一系列的临床症状和体征,可作为我们评价室内空气污染健康效应的标志。例如室内装修造成的甲醛污染可使暴露人群早期出现眼痒、眼干、嗜睡、记忆力减退等,长期暴露后可出现嗓子疼痛、急性或慢性咽炎、喉炎、眼结膜炎、失眠等,还可出现过敏性皮炎、哮喘等症状和体征。

### (3)相关疾病的发生率

如果室内空气污染不能得到有效控制而使人群长期暴露于污染环境,就可引起暴露人群发生各种相关的疾病,造成对人群健康的严重危害。如目前的研究认为,城市人群中过敏性哮喘、过敏性鼻炎等疾病的发生,与室内空气污染有很密切的关系。室内苯污染与儿童白血病的关系问题,也是近期公众十分关注的问题之一。

### (4)生物标志<sup>[3]</sup>

采用人体生物标志反映室内空气污染对人群健康的危害近年来得到越来越多的应用。生物标志有可能成为评价室内空气污染效应的重要手段和工具。很多室内污染物对健康的影响,早期由于暴露剂量低,人群的不良反应和临床表现不明显,不易被察觉。这时采用效应的生物标志,对确定室内空气污染对人群健康的暴露-反应关系,评价室内空气污染的健康危险度,有很多优越性。常用的如单细胞凝胶电泳、HbCO、DNA加合物、微核等。

## 1.3 室内空气质量造成健康危害的基本原因

大量相关科学研究的结果表明,室内空气污染(质量)对人群造成健康危害来自两个基本原因或基本条件:

(1)室内污染物浓度增加。室内污染物浓度过高,超过人体对其适应能力,是出现健康危害的基础和必要条件。

(2)(室内)通风量。室内通风不足或高温高湿状态是造成室内污染物浓度过高和人体对室内环境因素的适应能力下降从而出现健康危害的成分条件。

## 1.4 国内外的研究现状

近年来国际上对室内空气质量与健康的研究日益关注<sup>[4,5]</sup>,相关的文献在数量和质量上均在逐步提高。最近5年,权威的医学文献检索工具Medline中收录的和室内空气与健康有关的文献数量在1580余篇左右。其中涉及室内污染源研究的有480余篇,有关颗粒物和燃烧产物233篇,VOCs112篇,氡97篇,生物过敏原35篇;涉及微小气候440篇,其中有关室内通风的288篇。研究室内空气污染与健康效应的有750余篇,其中涉及呼吸系统健康的占310篇,直接研究哮喘的249篇,不良建筑综合症112篇,肿瘤相关的99篇。在研究方法学方面,流行病学相关的425篇,危险度评价176篇,毒理学有92篇,涉及室内环境标准的研究有231篇。文献的具体内容限于篇幅在此不做赘述。

## 2 室内环境与健康研究的基本思路和存在的问题

### 2.1 基本思路

#### (1) 根据污染来源和因素分类研究

主要指燃料燃烧产物、室内装饰装修和家具、日用化学品、房屋建筑、施工、家用电器污染、生物性污染物和室内微小气候(通风空调、温度和湿度)等。对于各类来源和因素研究的思路基本是:室内产生原因——进入室内途径——人体接触浓度(暴露剂量)——人群健康效应。此类研究主要是对室内空气污染健康效应的危害鉴定和定性评价。

#### (2) 健康危害评价程序

根据国际上已广泛应用的健康危险度评价方法,可对室内空气污染的健康效应从危害鉴定、人群暴露评价、暴露-反应关系评价和危险度特征分析等4个阶段进行系统的人群健康危险度评价分析。

### 2.2 目前研究存在的问题

#### (1) 人体对室内空气污染的实际接触量估计(暴露评价)

室内空气污染因素之所以能对人群的健康产生危害,关键是人体对室内空气污染物的实际接触,即存在室内污染暴露。全面的污染暴露评价应包括环境浓度、暴露水平和体内剂量三个方面。室内污染暴露的评价至少应包括两大方面:暴露剂量和暴露时间。但是,目前国内研究中对健康效应评价时依据的主要仍是室内环境污染物的检测浓度水平,而非实际的人体接触水平。对人群实际接触室内污染物的暴露时间也缺乏科学准确的监测评价手段和方法。室内污染的暴露量不准确,显然就不能准确评价其对人体健康的效应。

#### (2) 室内空气污染与健康效应的暴露-反应关系评价(病因推断)

在目前室内空气污染的健康效应研究中,由于缺乏人群流行病学的研究证据,对室内污染因素与健康效应之间的暴露-反应关系评价十分薄弱。其中,如何排除其他因素的混杂和干扰,准确合理地建立室内空气污染暴露与人群健康效应发生率之间的统计学相关性是个相当复杂和困难的工作。但这对于准确判定健康效应的病因(室内空气污染)很关键。

#### (3) 敏感人群和一般人群

在研究室内空气污染效应时,还应考虑到暴露人群对污染物的敏感性不同的问题。如室内燃烧产

物对老人和儿童的呼吸的影响一般会比较突出和明显;怀孕的妇女(胎儿)可能对室内装修的VOCs污染反应更加敏感等。

#### (4) 室内微小气候(通风、温度和湿度)对健康的影响<sup>[6]</sup>

如前所述,出现室内环境健康影响的原因是两方面:室内空气污染和室内通风不良。对前者以往研究和关注得较多,对后者则国内的相关研究比较缺乏,而国外研究显示这方面有很多问题值得深入探讨,特别是现场人群的研究。

#### (5) 室内环境标准的一致性

室内材料标准——室内产品标准——卫生(健康)标准的区别、联系和统一。

## 3 室内空气质量与健康研究的科学问题

### 3.1 准确评价人群室内空气污染的暴露量(室内空气污染暴露标志物的研究)

人群暴露量的准确测量和评价是室内空气污染对人群健康影响研究的关键问题之一。因此,寻找敏感、特异、简单易测的室内空气污染人群暴露标志物(包括生物标志物)的研究,对科学准确的评价人群实际对室内污染物的暴露水平,进而研究其健康效应有重要意义。

至少应包括几方面的内容:(1)室内通风、温湿度变化对污染物实际浓度的影响。(2)室内微小气候变化对暴露水平的影响。(3)人群时间-活动模式(time-activity patterns)对实际暴露水平的影响。

### 3.2 人群健康效应暴露-反应关系的定量评价<sup>[7]</sup>(大样本前瞻性人群环境流行病学案例研究)

室内空气污染效应研究的重点应是在某种实际污染暴露水平下,对人群健康影响的发生率和危险程度的科学评价。我国主要的室内空气污染物,如甲醛、苯、氨、氡等的毒理学已经基本明确。关键是在其一定的污染水平及目前国内的室内环境条件下,发生某种健康危害(毒性)的可能性是多少?危害程度有多大?回答这些问题必须有人群流行病学的科学证据,需要科学事实来说明。而我国的室内环境污染水平和人群暴露特点也提供了国外发达国家没有的天然研究条件和可能。因此,这方面的研究工作有很好的可行性和科学意义。

### 3.3 室内环境对人体舒适度和工作效率的影响机理

以往关于室内环境对健康影响的研究集中在污染对健康的不良效应,而良好的室内环境条件(空间

布局、微小气候等)对健康的有利影响研究很少。在目前的条件下,是否有必要开展这方面的研究?

### 3.4 室内污染效应综合评价的方法学

室内环境空气中存在各种的污染物,对人体健康的影响是综合的。同时,室内空间布局和配置设计及室内的通风、温湿度等也在对人体健康发生影响。这些因素在室内环境中如何对健康发生联合的、综合的作用,值得进行深入研究。

### 参 考 文 献

- [1] Jones A P. Indoor air quality and health. *Atmospheric Environment*, 1999, 33: 4535—4564.
- [2] Peder Wolkoff, Gunnar D. Nielsen. Organic compounds in indoor air their relevance for perceived indoor air quality? *Atmospheric Environment*, 2001, 35: 4407—4417.
- [3] 王南南,叶琳. 甲醛暴露的生物标志物研究现状, *中国公共卫生*, 2004, 20(8): 1004.
- [4] Qian Z, Zhang J, Korn L R et al. Factor analysis of household factors: Are they associated with respiratory conditions in Chinese children? *International Journal of Epidemiology*, 2004, 33(3): 582—82.
- [5] Sundell J. On the history of indoor air quality and health. *Indoor-Air*, 2004, 14(7): 51—58.
- [6] Bornehag C G, Sundell J, Sigsgaard T. Dampness in buildings and health (DBH): Report from an ongoing epidemiological investigation on the association between indoor environmental factors and health effects among children in Sweden. *Indoor-Air*, 14 Suppl 2004, 7: 59—66.
- [7] Emenius G, Svartengren M, Korsgaard J et al. Indoor exposures and recurrent wheezing in infants: A study in the BAMSE cohort. *Acta Paediatrica*, 2004, 93(7): 899—905.

## EFFECTS OF INDOOR AIR QUALITY ON HUMAN HEALTH

Pan Xiaochuan

(Dept. of Occupational and Environmental Health, Peking University School of Public Health, Beijing 100083)

**Abstract** Health effects of indoor air pollution have been one of the targets that studied and explored by human being in recent one hundred years. The article summarized the health effects of indoor air pollutants, source of indoor air pollution as well as approaches for health impacts evaluation; briefly reviewed the advances and research focus on the field of indoor air quality and health in recent years in the world. Author described the study approach on indoor air pollution and health and discussed some related problems, and suggested that the topics on quantitative assessment of the human exposure to indoor air pollutants, exposure-response relationship between indoor air pollutant and related health effects, effect mechanism of indoor environment on human conformableness and work efficiency and approach of integrated evaluation for health effects of indoor air pollution could be further studied in near future in China.

**Key words** indoor air quality, health effect evaluation, exposure-response relationship

·资料·信息·

## 2005 年度国家杰出青年科学基金(外籍)受理工作结束

为充分发挥海外科技人才资源优势,鼓励、吸引和稳定海外杰出科技人才在华工作,国家自然科学基金委员会在 2005 年启动国家杰出青年科学基金(外籍)资助工作。目前,计划局共收到 61 项申请,共涉及 39 个单位,其中,教育部所属高等院校 26 个单位申请 44 项,中国科学院 12 个所属研究所申请 16 项,其他部门 1 个申请 1 项。在 61 项申请中,数

理科学部 10 项,化学科学部 4 项,生命科学部 24 项,地球科学部 2 项,工程与材料科学部 7 项,信息科学部 11 项,管理科学部 3 项,申请者的国籍分布为:美国 25 项,加拿大 21 项,英国 7 项,澳大利亚 5 项,瑞典 1 项,德国 1 项;另外来自中国台湾的 1 项,由于不符合申请者资格被初筛。

(计划局 供稿)