

某煤炭资源型城市大气污染物健康风险评价

孟宪林, 王晓红, 姜曼曼

(哈尔滨工业大学 市政环境工程学院 城市水资源与水环境国家重点实验室, 150090 哈尔滨)

摘要: 煤炭资源型城市开发活动产生的大气污染及其引起的健康效应一直是关注的热点问题. 以我国北方某典型煤炭资源型城市为对象, 采用健康风险评价方法研究因煤化工产业而产生的大气污染给居民带来的健康风险. 结果表明: 煤化工场地范围内基因毒物质的个人年风险值较大, 大于最大可接受水平; 工业场地 1 km 以外的区域基因毒物质的个人风险值均在最大可接受水平范围内, 不会对人体健康产生显著影响. 所研究的 6 个敏感点的躯体毒物质平均个人年风险值均远小于最大可接受水平, 不会对人体健康产生太大影响. 躯体毒物质在各个研究点位存在一定的差异, 多数点位的主要躯体毒物质为硫化氢.

关键词: 煤炭资源型城市; 大气污染; 基因毒物质; 躯体毒物质; 健康风险评价

中图分类号: X820.4

文献标志码: A

文章编号: 0367-6234(2012)06-0041-04

Health risk assessment of air pollutants for some coal resource-based city

MENG Xian-lin, WANG Xiao-hong, JIANG Man-man

(State Key Laboratory of Urban Water Resource and Environment, School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, 150090 Harbin, China)

Abstract: In this paper, typical coal resource-based cities at northern China were chosen to study the health risk assessment of coking industry, air pollution to residents. The results show that the industrial coking within the precincts of the individual genes in the risk of toxic substances is larger than the maximum acceptable level, and the toxic values of industrial sites in areas outside the 1 km individual genetic risk are within the maximum acceptable level, which has not a significant impact on human health. In this study, the average annual individual risk values of body toxic at 6 sensitive points are much smaller than the maximum acceptable level that will not have much impact on human health. There are some differences in the toxic substances at each point, and the main toxic substance is hydrogen sulfide.

Key words: coal resource-based cities; air pollution; gene toxic substance; body toxic substance; health risk assessment

环境健康风险评价以风险度作为评价指标, 把环境污染与人体健康联系起来, 定量描述一个人在被污染的环境中暴露时受到危害的风险^[1-3]. 目前已广泛应用于大气污染^[4-5]、水污染^[6-7]和土壤污染评价^[8-13]中.

近年来, 对环境的保护与治理有所加强, 控制了许多污染物的排放量, 但是, 环境中污染物对人

体健康造成的风险却鲜有研究. 为此, 以我国北方典型煤炭资源型城市 QTH 市为研究对象, 综合考虑大气中多种污染物, 采用健康风险评价模型, 对该地区大气污染造成的健康风险进行系统研究.

1 研究方法

环境健康风险评价的研究主要是针对环境中对人体有害的物质开展的健康风险评估, 根据污染物可能引起人体健康效应的不同, 一般将环境中的污染物分为基因毒物质和躯体毒物质两种类型.

收稿日期: 2011-06-20.

作者简介: 孟宪林(1961—), 男, 博士, 副教授.

通信作者: 孟宪林, mengxll@sina.com.

1.1 基因毒物质所致健康危害的风险

基因毒物质可分为放射性污染物和化学致癌物,一般来说,放射性污染物的污染程度很轻,检测不出来,因此,仅考虑化学致癌物.化学致癌物所致健康危害的风险可按式(1)和式(2)计算^[7]:

$$R^c = \sum_{i=1}^k R_i^c, \quad (1)$$

$$R_i^c = [1 - \exp(-D_i q_i)]/70. \quad (2)$$

式中: R_i^c 为基因毒物质 i 通过食入途径对平均个人致癌年风险, a^{-1} ; D_i 为基因毒物质 i 通过食入途径的单位体质量日均暴露剂量, $mg/(kg \cdot d)$; q_i 为基因毒物质通过食入途径致癌系数, $mg/(kg \cdot d)$; 70 为人类平均寿命, a .

1.2 躯体毒物质所致健康危害的风险

躯体毒物质(主要指非致癌污染物)所致健康危害的风险可按式(3)计算^[7]:

$$R_i^n = (D_i/D_{IRF}) \times 10^{-6}/70. \quad (3)$$

式中: R_i^n 为躯体毒物质 i 通过食入途径对平均个人产生的健康危害年风险, a^{-1} ; D_i 为躯体毒物质 i 通过食入途径的单位体质量日均暴露剂量, $mg/(kg \cdot d)$; D_{IRF} 为躯体毒物质 i 通过食入途径参考剂量, $mg/(kg \cdot d)$; 70 为人类平均寿命, a .

D_i 可按下式计算:

$$D_i = C \times M/70.$$

式中: D_i 为暴露人群终身日均暴露剂量, $mg/(kg \cdot d)$; C 为该物质在环境介质中的平均含量(饮水 mg/L , 空气 mg/m^3 , 食物 g/kg); M 为成人某环境介质的日均摄入量(饮水 L/d , 空气 m^3/d , 食物 g/d), 一般人群呼吸速率值采用美国环保局推荐的 $20 m^3/d$; 70 为成人平均体质量, kg .

1.3 参数的确定

该地区以炼焦行业为主导产业,大气特征污染物主要为苯并芘(BaP)、 SO_2 、 NO_2 、 H_2S 、 NH_3 等.由于大气中未检测出放射性,基因毒物质只考虑苯并芘(BaP);躯体毒物质主要是二氧化硫、氮氧化物、硫化氢以及氨气.

根据国际癌症研究机构(IARC)和世界卫生组织(WHO)编制的分类系统,基因毒物质苯并芘致癌强度系数^[2]为 $7.3 mg \cdot kg^{-1} \cdot d^{-1}$.对于非致癌物所致健康风险评价,参考剂量(食入途径)见表1^[2-3,12].

表1 躯体毒物质参考剂量 $mg \cdot kg^{-1} \cdot d^{-1}$

非致癌物质	D_{IRF}	非致癌物质	D_{IRF}
H_2S	0.003	SO_2	0.023
NH_3	0.970	NO_x	0.029

1.4 健康风险可接受水平的确定

各种污染物的健康风险值需要一个标准进行衡量,国际辐射防护委员会推荐的最大可接受水平为 $5 \times 10^{-5}/a$,而瑞典环境保护局、荷兰建设和环境部推荐的最大可接受水平为 $1 \times 10^{-6}/a$ ^[2],由于后者更为严格,选取后者作为健康风险评判的依据.

2 大气健康风险评价

2.1 研究对象概况

QTH是以煤炭开发为重点的资源型工业城区,其煤田是国家保护性开采的3个稀有煤田之一,是东北地区重要的主焦煤产区和黑龙江省唯一的无烟煤生产基地.随着煤炭工业的发展,城区建设规模不断扩大,现城区人口24万.焦化生产是QTH市主要产业之一,其规模已达600万/a以上的生产能力.焦化行业的迅猛发展除了带动地方经济发展外,必然伴随着污染物排放量的增加而导致环境污染问题和人群健康风险问题.

2.2 研究点位的筛选与环境监测数据的收集

根据QTH功能区分布情况,对不同功能区的监测点位进行筛选,分别选择煤化工工业场地以及可能受工业场地影响的居住区作为本研究的敏感点位.大气敏感点位如表2所示,其分布情况见图1.

表2 敏感点位置

序号	位置
S1	NNE 距离工业场地 5.66 km
S2	NE 距离工业场地 2.21 km
S3	NNW 距离工业场地 5.08 km
S4	E 距离工业场地 4.28 km
S5	WSW 距离工业现场地 2.39 km
S6	工业场地内

从QTH建设项目环境影响报告书中收集近几年敏感点大气污染物的年平均值,具体监测数据如表3所示.

2.3 平均个人年健康风险的确定

根据健康风险评价模型(1)和(2),采用表3中的监测数据,计算6个敏感点位大气基因毒物质和躯体毒物质造成的平均个人年风险,结果分别见表4、5.

为了更直观地表现出敏感点各种污染物对人体健康危害的个人年风险及占总风险的比例,将表4、5绘制成柱形图和饼图,结果见图2~4.

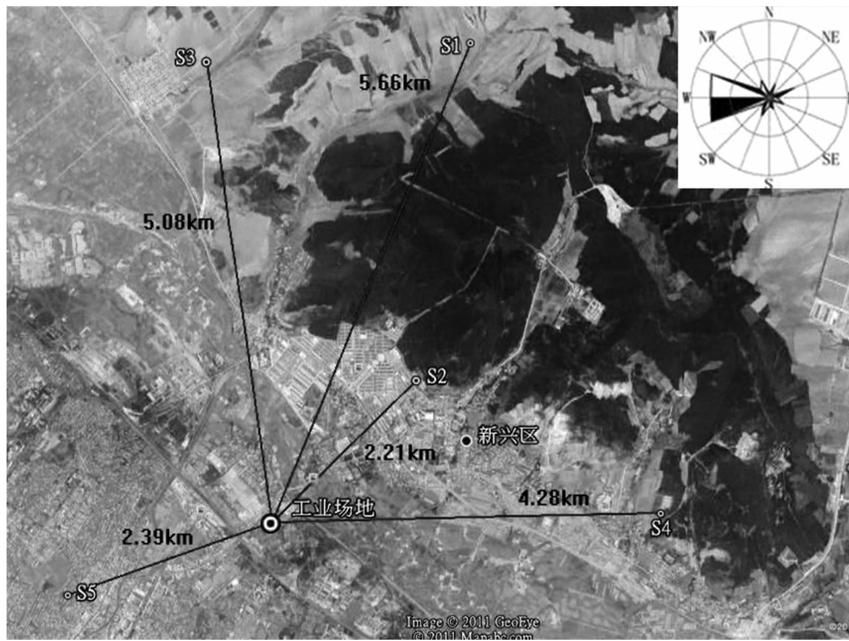


图1 敏感点分布图

表3 敏感点各种污染物年平均值

敏感点	PM ₁₀ mg · m ⁻³	SO ₂ mg · m ⁻³	NO _x mg · m ⁻³	CO mg · m ⁻³	H ₂ S mg · m ⁻³	NH ₃ mg · m ⁻³	Bap ng · m ⁻³
S1	0.072	0.034	0.023	0	0.035	0.042	0.104
S2	0.078	0.048	0.036	1.148	0	0.697	1.388
S3	0.061	0.032	0.020	1.148	0.007	0.224	0.464
S4	0.057	0.032	0.020	2.296	0.007	0.218	0.180
S5	0.149	0.040	0.040	2.870	0.014	0.040	0.140
S6	0.171	0.049	0.037	4.592	0.049	0.392	4.200

表4 化学致癌物质健康危害的个人年风险 10⁻⁶a⁻¹

污染物	敏感点					
	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Bap	0.058 1	0.776 0	0.259 4	0.100 6	0.078 3	2.348 1

表5 躯体毒物质健康危害的个人年风险 10⁻⁶a⁻¹

污染物	敏感点					
	S1	S2	S3	S4	S5	S6
SO ₂	0.006 0	0.008 5	0.005 7	0.005 7	0.007 1	0.008 7
NO _x	0.003 2	0.005 1	0.002 8	0.002 8	0.005 6	0.005 2
H ₂ S	0.047 6	0	0.009 5	0.009 5	0.019 0	0.066 7
NH ₃	0.000 2	0.002 9	0.000 9	0.000 9	0.000 2	0.001 6

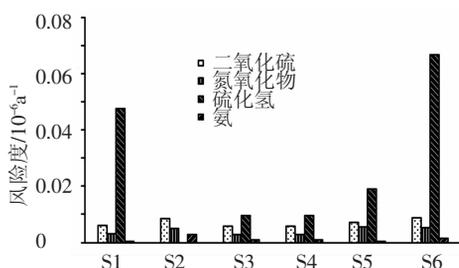


图2 躯体毒物质健康危害的年风险

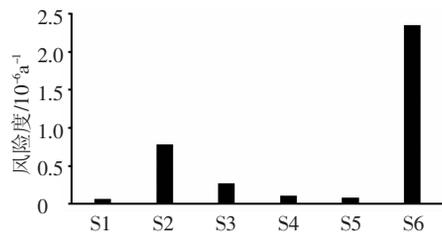


图3 基因毒物质(Bap)健康危害的年风险

2.4 结果与讨论

从表4及图3可以看出,基因毒物质苯并芘导致的健康危害个人年风险,以工业场地最大,以S1(距离工业场地5.66 km)最小.高风险主要集中在工业场地内,主要原因是工业场地范围内的苯并芘的质量浓度最高,因此,该区域平均个人年风险也最大,甚至超过了最大可接受水平 $1 \times 10^{-6}/a$.如果长期生活在该区域,将对人群造成较大的健康风险.距离工业场地越远,其健康风险也随之减少.S1敏感点的平均个人年风险值较低,因为其与污染源距离最远,且处于当地常年主导风向的侧下风向上.

从表5及图2、5可以看出,除S2外,其他敏感

点的污染物以硫化氢为主,以 S6 工业场地最大,S2 未检出. S6 场地以煤深加工为主,其加工过程中产生硫化氢,因此,其平均个人年风险最大,但其最大值远低于最大可接受水平 $1 \times 10^{-6}/a$,对人体造成风险不大. S2 监测到的污染物以二氧化硫和氮氧化物为主,这与小区周边的交通情况有关. 敏感点各基因毒物质的平均个人年风险值都远小于最大可接受水

平,对人体健康造成的风险不明显.

从表 4、5 可以看出,各敏感点的基因毒物质对人体健康危害的个人年风险都大于躯体毒物质的年风险. 其中, S2 基因毒物质对人体健康危害的个人年风险远远超过躯体毒物质的年风险,约为躯体毒物质的 50 倍,说明影响当地人群健康的主要大气污染物为苯并芘.

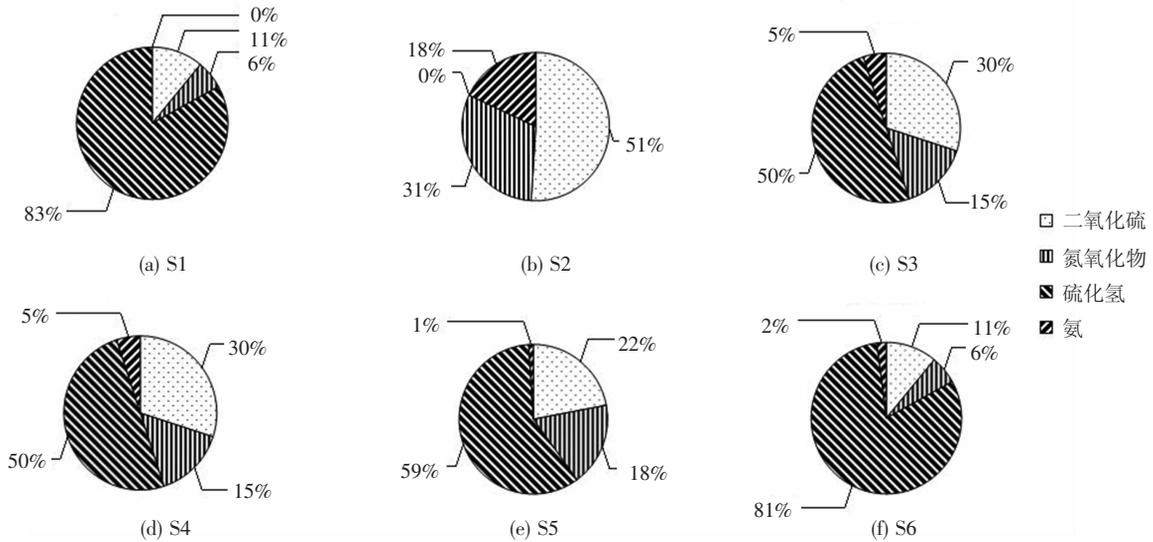


图 4 各敏感点各种污染物造成的风险占总风险比例

3 结 论

1) S6 工业场地基因毒物质苯并芘的个人年风险大于最大可接受水平 $1 \times 10^{-6}/a$,不适宜在此区域长期生活.

2) 6 个敏感点的躯体毒物质平均个人年风险值均远小于最大可接受水平,不会对人体健康产生太大影响.

3) S2 的主要躯体毒物质为二氧化硫,其他 5 个敏感点的主要躯体毒物质均为硫化氢.

4) 各敏感点的基因毒物质对人体健康危害的个人年风险均大于躯体毒物质的年风险. 其中, S2 基因毒物质对人体健康危害的个人年风险远远超过躯体毒物质的年风险,约为躯体毒物质的 50 倍,说明影响当地人群健康的主要大气污染物为苯并芘.

参考文献:

[1] 曾光明,卓利,钟政林,等. 水环境健康风险评价模型及其应用 [J]. 水电能源科学,1997,15(4):28-33.
 [2] 张江山,许丽忠. 福州市饮用水源水质公众健康危害评价 [J]. 福建师范大学学报:自然科学版,1997,13(1):100-104.
 [3] 钟政林,曾光明,杨春平. 环境风险评价研究综述 [J]. 环境与开发,1998,13(1):39-41.
 [4] 徐俊. 苏州市大气污染物 SO₂ 和 NO₂ 健康风险评价

[D]. 苏州:苏州大学,2005.
 [5] World Health Organization. Strategy on air quality and health, occupational and environmental health protection of the human environment [R]. Geneva:[s. n.],2001.
 [6] 黄奕龙,王仰麟,谭启宇,等. 城市饮用水源地水环境健康风险评价及风险管理 [J]. 地学前缘,2006,13(3):162-167.
 [7] 赵晓风,李振山,张汉松. 河北省农村饮用水源水质健康危害的风险度评价 [J]. 安徽农业科学,2010,26:14611-14617.
 [8] 刘晶,唐艳国,崔艳芳,等. 重金属污染土壤生态风险评价综述 [J]. 环境监测管理技术,2007,19(3):6-11.
 [9] 陈洪翰,陈宏伟,何江涛,等. 污染场地健康风险评价的原则与方法 [J]. 地球前缘,2006,13(1):216-223.
 [10] 欧阳彤,刘耀星,李秋荣,等. 土壤中砷对人体健康风险评估 [J]. 华侨大学学报:自然科学版,2008,29(1):152-155.
 [11] PETERS R W. Chelant extraction of heavy metals from contaminated soils [J]. Journal of Hazardous Materials,1999,66:151-210.
 [12] COLIN C F. Assessing risk from contaminated sites: policy and practice in 16 European countries [J]. Land Contamination and Reclamation,1999,7(2):33-54.
 [13] EPA. EPAP540P186060, Superfund Public Health Evaluation Manual [S].

(编辑 刘 彤)