

城镇化过程生态风险评估案例研究*

周启星

(浙江农业大学 杭州 310029)

王如松

(中国科学院生态环境研究中心 北京 100080)

摘要 选择我国小城镇发展较为迅速的浙中地区(主要以巍山镇为例),采用变量相关的生态学方法,对其城镇化过程的生态风险评估作了尝试。结果表明,癌症和高血压等“文明病”的发病率随着城镇化水平的提高而逐年上升,具体表现为与城镇居住人口(包括农业人口和非农业人口)密度、居民人口增加、年龄、性别、乡镇工业和交通发展等有关,是城镇生态系统中有毒物浓度和输入通量增加对人类生存与发展作用的结果,反映了城镇化过程中所遭受的生态代价与风险。

关键词: 城镇化过程,人类生态学,生态风险评估。

ECOLOGICAL RISK ASSESSMENT OF URBANIZATION PROCESSES—A CASE STUDY

Zhou Qixing

(Zhejiang Agricultural University, Hangzhou, 310029, China)

Wang Rusong

(Research Centre for Eco-environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100080, China)

Abstract Ecological risks of urbanization processes of some towns (taking Weishan Town as an example, located in the middle part of Zhejiang Province, a rapid developing area of towns) were assessed using the ecological method of the variable interrelation. The results indicate that the incidence of “civilization diseases” such as cancer and hypertension has been year after year increasing with a rise in urbanization levels. The trend was related to the density of population (including agricultural population and non-agricultural population) in a town, the increment of proportion of residents, the age and sex of residents, and the development of rural industry and communications. It was also related to the action of the increment in concentrations and fluxes of harmful substances in urban ecosystems on human existence and development. It concretely reflects the ecological costs and risks which are suffered in the process of urbanization.

Key words: urbanization process, human ecology, ecological risk assessment.

城镇化过程是一个受经济增长刺激和工业发展催化的人口集聚过程。在这个过程中,由于原有的农业

* 国家自然科学基金资助项目(编号39370144)。

收稿日期:1996-09-18,修改稿收到日期:1997-06-10。

生态系统迅速被城镇生态系统所取代,不可避免地会出现一些不利于乡村城市化持续发展的负效应,包括局部气候变化、生物多样性指数下降和城镇生态系统有害物种类与浓度的增加,以及由此导致的癌症、高血压和肥胖症等“文明病”发病率的上升^[1,2]。可见,城镇化过程是有生态代价风险的,然而,关于这种城镇化过程生态风险的定量研究,目前尚十分缺乏^[3-4]。

近年来,我国东南沿海地区小城镇发展极为迅速,但也出现了一些不良的生态后果^[5]。本文以浙中地区为例,通过癌症和高血压发病率的抽样调查和城镇生态系统中某些有害物浓度的观测,对城镇化过程的生态风险作出定量评价,为我国小城镇建设过程中最大程度地降低生态代价提供基础数据和有关资料^[6-7]。

1 研究地区概况和研究方法

1.1 研究地区概况

研究地区是近十年来我国小城镇迅速发展的一个地区,以浙江省东阳市所辖的巍山镇为主,涉及该市所辖的其它小城镇(吴宁镇、横店镇、虎鹿镇和佐村镇)以及相邻的义乌市和金华市所辖的几个小城镇(稠城镇、苏溪镇、大陈镇和孝顺镇),它们位于浙江中部地区。

作为最主要研究对象的巍山镇,明清时期就是一个商品集散地,但小城镇建设和迅速发展的阶段是在1981年5月恢复“建制镇”以来这段时期,至目前为止,镇区面积已发展到7.37km²,各种建房合计为38.7万m²,并已形成了3个工业小区,新建、扩建街道13条。可以说,该镇人口的集聚、镇区人口密度的上升以及乡镇工业和交通的发展,是促进该镇城镇化过程的关键。

1.2 研究方法

根据城市生态学原理,针对城镇化过程的基本要素,采用变量相关方法,从原因到结果或从结果到原因逐个加以回归分析或定量比较^[4,7,8],在癌症发病率与城镇化水平(包括区域人口密度、镇区居住人口、居民人口、年龄、性别和工业产值等)的关系、高血压发病率与城镇人口集聚和交通发展的关系以及城镇化水平与有害物浓度和循环通量增加的关系等3个方面对城镇化过程的生态风险作出定量评估。这一研究的技术环节包括:

- ①通过人群抽样调查和来自医院的资料对癌症和高血压发病率作出估算;
- ②城镇人口、工业产值和交通量等基础数据分别来自当地行政部门的统计资料及其实地观测的推算;
- ③大气中有害物甲醛浓度采用酚试剂比色法测定^[9],多环芳烃浓度分别采用气相色谱法和同位素稀释GC-MS法测定^[2,10],生态系统中铅的浓度采用原子吸收分光光度法测定^[6,10]。

2 结果和讨论

2.1 以癌症和高血压等“文明病”发病率作为评价指标的人类生态风险

城镇人口的集聚和区域人口密度的增加,是小城镇发展的重要条件之一。表1的抽样调查结果表明,癌症发病率的上升,与人口密度的增加呈以下正相关关系:

$$Y = 7.47 \times 10^{-3}X - 0.77 \quad (r = 0.9961, n = 9)$$

其中, Y 为癌症发病率(%), X 为人口密度(人/km²),该癌症发病率与人口密度的相关方程显著性水平在0.01以上,预示着小城镇的发展具有癌症发病率上升的生态风险。

巍山镇的调查表明,镇区居住人口(包括居住在镇区范围内的非农业人口和农业人口)密度自1981年5月恢复“建制镇”以来呈上升趋势,其癌症发病率也随之逐渐增加(表2),而且,居住在镇区内的人口癌症发病率在1.00%以上,而居住在镇区以外乡村地带的癌症发病率则低于1.00%。这进一步表明,癌症发病率与镇区居住人口密度或城镇化过程存在着一定的相关关系。

由于近十年城镇化过程的加快,巍山镇癌症发病率逐年增加(图1);到了90年代以后,癌症发病率已突破1.00%而呈近乎直线上升,尤其是年轻癌症患者比例上升更为明显(表3);到1994年,60岁以下的年轻患者占了所有患者的一半以上,癌症患者的年轻化,已成为制约小城镇发展的重要生态代价之一。

表1 癌症发病率与区域人口密度的关系

Table 1 Relationship between the incidence of cancer and the density of regional population

城镇名称 Name of town	区域人口密度(人/km ²) Density of regional population	癌症发病率(‰) Incidence of cancer
稠城镇	1090	7.54
吴宁镇	671	4.37
横店镇	654	3.93
巍山镇	642	3.88
大陈镇	487	2.67
孝顺镇	478	2.61
虎鹿镇	332	1.94
苏溪镇	294	1.44
佐村镇	210	0.93

表3 巍山镇癌症发病率与年龄的关系

Table 3 Relationship between the incidence of cancer and age in Weishan Town

年份 Year	癌症发病率所占比例(%) Age ratio of cancer incidence	
	≤60岁 ≤60 years old	>60岁 >60 years old
1986	28.41	71.59
1992	33.33	66.67
1993	39.47	60.53
1994	57.89	42.11
1995	59.38	40.62

另一个反映城镇化过程对人类生态风险影响的因素,是男性癌症患者的比例下降,女性癌症患者的比例上升(表4),因为,在当地,习惯上是男人出外参加任何形式的体力劳动,而妇女倾向于呆在家中从事家务劳动,今天,随着城镇化过程和居室环境的恶化,更趋向于呆在城内、居室中的妇女,也可能受到城内或居室空气中致癌物质种类或浓度增加的影响。也就是说,由于城镇化过程的发展,接触到更多致癌物质的不再是那些在城外或室外从事体力劳动的男性公民了。

小城镇的发展,还在经济流变化中得到反映,具体地表现为乡镇工业产值的增加。由于来自乡镇工业污染的压力,致使小城镇癌症风险系数相应增大。表5指出,巍山镇癌症发病率(Y)的上升,与其工业产值(V_i)的增加呈正相关关系:

$$Y = 2.32 \times 10^{-6}V_i + 1.58 \quad (r = 0.8536, n = 4)$$

其显著性水平达到0.05。

表2 巍山镇镇区癌症发病率与其居住人口增加的关系

Table 2 Relationship between the total incidence of cancer and the increment of residential population in Weishan Town

年份 Year	镇区居住人口(人) Residential population in the town proper	其中的非农业人口(人) Non-agricultural population	镇区居住人口癌症发病率(‰) Cancer incidence of the town proper
1981	6628	1502	0.59
1987	8758	2108	0.83
1995	16253	2600	3.88

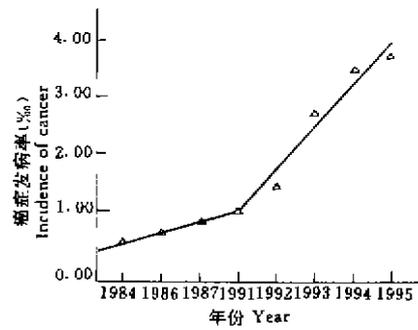


图1 巍山镇近十年来的癌症发病检出率

Fig. 1 Cancer incidence of Weishan Town in the recent decade

表4 巍山镇癌症发病率与性别的关系

Table 4 Relationship between the incidence of cancer and sex in Weishan Town

性别 Sex	男女癌症发病率所占比例(%) Sexual ratio of cancer incidence				
	1986	1992	1993	1994	1995
男 Men	80.03	76.19	68.42	62.28	59.89
女 Women	19.97	23.81	31.58	37.72	40.11

除了癌症发病率的增加与小城镇的发展有关外,研究地区高血压的发病率也存在着这种相关关系。调查表明(表6),巍山镇镇区高血压发病率比乡村(对照)高血压发病率高得多,并呈逐年上升的趋势,而乡村高血压发病率则一直在0.5%~1.0%之间波动而无增加的趋势。而且,镇区非农业人口的高血压发病率又比镇区农业人口的高血压发病率要高。可见,除了高血压发病率上升可能与该地区人口平均年龄延长有一定的关系外,城镇化过程与患高血压病也有一定的正相关。

按同一年龄组分别对镇区非农业人口、镇区农业人口和乡村(对照)人口的高血压发病率进行了抽样调查和统计。进一步表明,镇区高血压发病率比对照地区高血压发病率要高,并且镇区非农业人口的高血压发病率又比镇区农业人口的高血压发病率要高(表7)。可见,城镇化过程对患高血压疾病起到了一定的作用。

2.2 以有害物浓度作为评价指标的自然生态风险

其实,小城镇癌症和高血压发病率的上升,归根到底是自然生态系统受到了人类密集活动的冲击而逐渐恶化的结果。

调查首先表明,泡沫塑料作为房屋隔热绝缘材料,在浙中及其它地区小城镇建设中发挥了重要作用。但是,泡沫塑料中未完全化合的那部分甲醛,则逐渐释放而污染居室生态系统^[11-13]。表8表明,不论是老镇巍山,还是新镇横店,以及人口多、建筑密集的吴宁镇,其镇区居室内甲醛的浓度均比居室外、镇区外和乡村大气中甲醛的浓度明显高。这一方面是由于当地公共建筑、市政公用设施、单位建房和农民私人建房一起上马并无节制地使用泡沫塑料所致,另一方面则分别来源于清洁剂、油漆、涂料、化妆品、杀虫剂和化纤地毯的使用以及吸烟和家庭气体炉的燃烧。美国工业卫生联合会和国际癌症研究所近年来已把甲醛列为可能对人体产生致癌作用的物质^[11,14]。一些研究也表明,受甲醛暴露的人群,其皮肤癌发病率显著增加,肾癌、白血病和脑癌也有所增加^[12,14]。可见,居室环境中甲醛浓度的升高,可能也就增加了城镇生态系统中人群致癌的风险。

其二,发展交通无疑也是浙及其它地区小城镇建设的重要内容之一。然而,小城镇交通量的增加,则导致了城镇生态系统中铅循环方式及其通量的改变。图2表明:巍山镇城镇生态系统与相邻乡村生态系统中Pb

表5 巍山镇癌症发病率与工业发展的关系
Table 5 Relationship between the incidence of cancer and industrial development in Weishan Town

年份 Year	工业总产值(万元) Total industrial output value	癌症发病率(%) Incidence of cancer
1987	4141	0.83
1993	11073	2.40
1994	56311	3.51
1995	113448	3.88

表6 巍山镇近十年来高血压发病情况
Table 6 Incidence of hypertension in Weishan Town in the recent decade (%)

年份 Year	镇区 Town proper			乡村(对照) Rural
	总体 Total	非农业人口 Residential population	农业人口 Agricultural population	population (control)
1984	1.18	2.00	0.99	0.71
1991	3.69	4.18	1.27	0.54
1993	4.37	6.77	2.62	0.81
1994	5.10	9.01	3.71	0.67
1995	6.77	11.15	5.93	0.93

表7 镇区与乡村同一年龄组人群高血压发病率

Table 7 Hypertension incidence of the same age groups in the townlet and rural areas

年份 Year	40~45岁年龄组 Age group of 40~45 years old			55~60岁年龄组 Age group of 55~60 years old		
	非农业人口 Non-agricultural population	农业人口 Agricultural population	乡村人口 Rural population	非农业人口 Non-agricultural population	农业人口 Agricultural population	乡村人口 Rural population
1995	7.87	4.68	0.74	10.63	5.48	0.89
1997	9.34	5.21	0.79	11.49	6.33	0.91

存在水平及循环通量相比,无论就 Pb 的库存量而言,还是就 Pb 的循环速率来说,城镇生态系统在数值上都大得多,这反映了城镇化过程及其人类密集活动的结果,同时也预示着城镇生态系统可能与与铅污染有关的高血压等疾病发生方面的生态风险有所增加。因为,有资料表明,巍山镇近年来高血压发病率随着交通客运量和货运量的增加而上升(表9),相应的回归方程为:

$$Y_A = 4.85 \times 10^{-2} V_p - 2.76 \quad (r=0.9892, n=5)$$

或

$$Y_A = 1.69 \times 10^{-2} V_h - 3.60 \quad (r=0.9881, n=5)$$

其中, Y_A 为高血压发病率(%); V_p 为客运量(万人次); V_h 为货运量(t)。

表8 城镇及乡村生态系统空气中甲醛的浓度 (mg/m³)

Table 8 Concentrations of formaldehyde in the air compartment of urban and rural ecosystems

城镇名 Name of town	镇区内(n=8) Town proper		对照(n=6) Control	
	居室内 Indoor	居室外 Outdoor	镇区外 Outskirts	乡村 Rural area
巍山镇	2.58	0.08	0.04	0.02
横店镇	2.94	0.10	0.03	0.02
吴宁镇	3.16	0.13	0.05	0.03

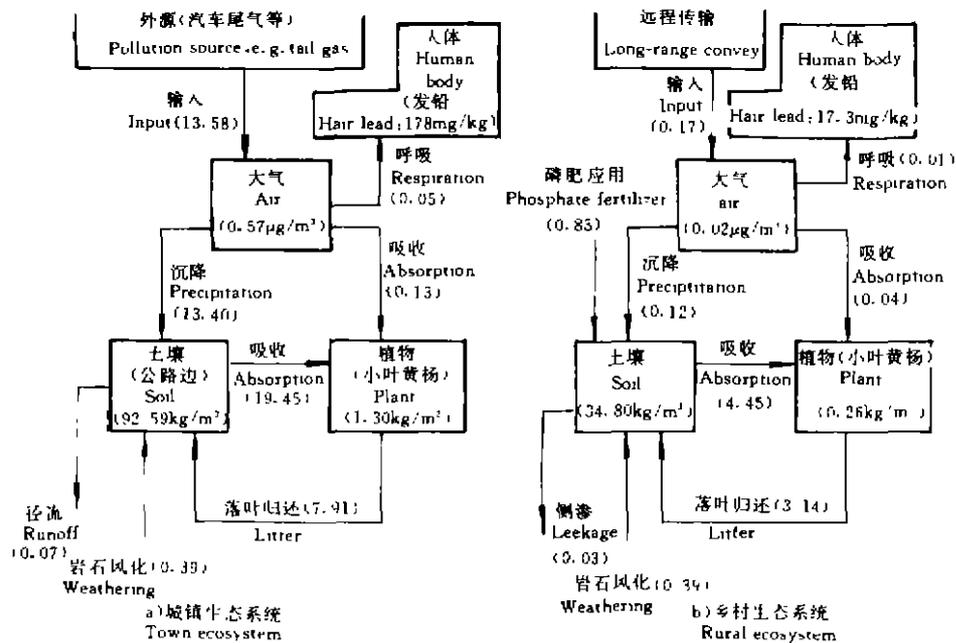


图2 巍山镇不同生态系统中 Pb 存在水平及循环通量(mg/m²·a)

Fig. 2 Occurrence and fluxes of Pb in two ecosystems of Weishan town

研究还表明,巍山镇空气中多环芳烃含量随着城镇化过程的发展而升高,即1996年的采样分析值明显高于1995年的采样分析值,1995年的采样分析值又比上一年(1994年)的采样分析值要高;镇区内的多环芳烃浓度又明显高于对照(镇区外和乡村)生态系统中的多环芳烃浓度,而乡村生态系统中多环芳烃浓度却增幅不大(表10)。这就是说,生态系统中多环芳烃浓度的增加,是小城镇发展及工业化过程(主要涉及到化石燃料的燃烧及木料的加工处理等)的结果,由此增加了因多环芳烃致癌的生态风险。

3 结论

小城镇发展或城镇化过程具有一定的人类生态风险,它不仅体现在癌症和高血压等“文明病”发病率的上升,是小城镇居住人口规模及密度增加、乡镇工业与交通发展的函数,还体现在癌症和高血压等疾病

表9 巍山镇高血压发病与交通发展的关系
Table 9 Relationship between the incidence of hypertension and traffic development in Weishan Town

年份 Year	交通发展 Traffic development		高血压发病率(%) Incidence of hypertension
	客运量(万人次) Volume($\times 10^4$ persons) of passenger transport	货运量(t) Volume(ton) of goods transported	
1984	89.25	2822	1.18
1987	105.13	3400	2.38
1991	126.31	4420	3.69
1993	141.47	4995	4.37
1995	201.30	5934	6.77

表10 巍山镇生态系统空气(颗粒物)中多环芳烃含量($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Table 10 Concentrations of PAHs in the air compartment of the Weishan Town ecosystem

采样时间 Sampling time	\sum PAHs		
	镇区内 Town proper	镇区外 Outskirts	乡村 Rural area
1994-11-01	8764.9	1921.7	299.4
1995-03-10	9412.3	2341.6	243.7
1995-07-24	6244.7	1733.1	176.2
1995-11-01	10217.2	2549.7	301.9
1996-03-10	12384.1	2935.0	268.2
1996-07-24	9249.9	2194.3	182.4

发病率的年轻化和女性化。小城镇发展还对自然生态系统产生了一定的化学胁迫和影响,具体表现在城镇生态系统中甲醛、铅和多环芳烃等化学污染物浓度和输入通量的逐渐增加。小城镇发展的人类生态风险来自于自然生态风险的逐渐上升,因为回归分析表明,巍山镇近年来高血压的发病率随着交通客运量和货运量的增加而增加。因此,小城镇在发展过程中要特别重视生态规划和生态建设,通过合理布局工业区、交通干线与生活居住区,以及提高绿色覆盖率,是完全可以达到最大限度地降低自然生态风险的目的。在条件许可时,还应尽快推广和使用无铅汽油,并注意交通尾气和空气污染的治理,正确选用居室建筑材料,改善居室环境质量。也就是说,通过降低自然生态风险的手段,来达到降低人类生态风险的目标。

应当指出的是,目前城市化工业化过程与人体健康的生态学关系还研究得很少,导致人体疾病的生态因子是很复杂的,本文一些研究还需进一步的深入和细化。

参 考 文 献

- 1 王如松等. 现代生态学的热点问题研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1996. 703
- 2 周启星等. 浙江省小城镇发展及环境规划问题与对策. 资源、环境与持续发展战略. 北京: 中国环境科学出版社, 1995. 438~441
- 3 董全. 西方生态学近况. 生态学报, 1996, 16(3): 314~324
- 4 周启星. 复合污染生态学. 北京: 中国环境科学出版社, 1995. 271
- 5 吕永龙, 王如松. 城市生态系统的模拟方法, 灵敏度模型及其改进. 生态学报, 1996, 16(3): 308~313
- 6 王如松. 城市持续发展的人类生态学研究方法探讨. 见: 持续发展与生态学. 北京: 中国科学技术出版社, 1993. 121~126
- 7 Suter G W I and Loar J M. Weighing the ecological risk. *Environ. Sci. Technol.*, 1992, 26: 433~438
- 8 Najem G R, et al. Clusters of cancer mortality in New Jersey municipalities, with special reference to chemical toxic waste disposal sites and per capita income. *International Journal of Epidemiology*, 1985, 14: 528~537
- 9 陈安之. 作业环境空气中有害物质检测方法. 北京: 北京经济学院出版社, 1991. 169
- 10 洪水皆等. 环境污染分析方法(第2版). 北京: 科学出版社, 1987. 458
- 11 陈在佶. 现代居室污染多. 环境, 1995, (7): 17~18
- 12 谷雷兰等. 室内装修材料对居室空气污染的探讨. 环境与健康杂志, 1992, 9(2): 73~75
- 13 满一晓. 甲醛的环境污染、监测与控制. 环境与健康杂志, 1992, 9(2): 95~97
- 14 王贵领译. 殡仪馆职业性甲醛暴露的研究. 国外环境科学技术, 1993, (4): 41~44