

# 济南城市中心区和边缘区居民高温健康脆弱性比较研究

万方君 辛正 周琳 白莉 王永明 谷少华 刘守钦  
李萌萌 桑少伟 张济 刘起勇

**【摘要】 目的** 比较济南城市中心区和边缘区居民高温健康脆弱性特征的差异,为制定适应措施提供科学依据。**方法** 利用多阶段分层抽样方法在济南市环城高速内抽取8个社区(村)(中心区和边缘区),再采用偶遇抽样抽取≥16岁居民共801人,使用自行设计的调查问卷进行横断面调查,收集两地区居民有关高温健康脆弱性的健康医疗、社会联系、认知行为、经济情况、生活资源、居住环境及工作环境7个维度的23个指标数据,采用等权加和方法计算各维度评分(评分范围为0~1,越接近1表示脆弱性越大)。**结果** 济南城市边缘区居民有关高温健康脆弱性的认知行为、经济情况、生活资源和工作环境4个维度评分分别为0.42、0.63、0.55和0.62,高于城市中心区居民的0.41、0.51、0.26和0.41;城市中心区居民在居住环境、社会联系和健康医疗维度评分分别为0.57、0.49和0.31,高于城市边缘区居民的0.50、0.46和0.25。表明中心区居民对居住环境、健康医疗状况和社会联系维度脆弱性较高,边缘区居民对高温认知行为、经济情况、生活资源和工作环境则较为欠缺,差异均有统计学意义。**结论** 在小范围地理尺度内(城市中心区和边缘区)居民的高温健康脆弱性特征具有差异,因此在制定高温适应措施时应更具区域针对性。

**【关键词】** 高温;脆弱性;城市中心区;城市边缘区

**Heat vulnerability assessment in Jinan city: a comparison between residents living in urban centers and urban-fringe areas** Wan Fangjun<sup>1</sup>, Xin Zheng<sup>2</sup>, Zhou Lin<sup>1,3</sup>, Bai Li<sup>1</sup>, Wang Yongming<sup>2</sup>, Gu Shaohua<sup>1</sup>, Liu Shouqin<sup>2</sup>, Li Mengmeng<sup>1,3</sup>, Sang Shaowei<sup>1</sup>, Zhang Ji<sup>2</sup>, Liu Qiyong<sup>1</sup>. 1 National Institute for Communicable Disease Control and Prevention, State Key Laboratory for Infectious Diseases Prevention and Control, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 102206, China; 2 Jinan Center for Disease Control and Prevention; 3 School of Public Health, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College

Corresponding author: Liu Qiyong, Email: liuqiyong@icdc.cn

This work was supported by a grant from the National Basic Research Program of China (973 Program) (No. 2012CB955504).

**【Abstract】 Objective** To find out the differences in regional characteristics of heat vulnerability between people living in urban centers and urban-fringe areas of Jinan city so as to provide basis for the development of adaptation measures to heat. **Methods** A cross-sectional survey on heat vulnerability was conducted in urban center and urban-fringe areas of Jinan city, using a self-designed questionnaire among 801 residents at the age of 16 years or older in August 2013. Data of 23 indicators related to heat vulnerability were collected and aggregated to 7 dimensions: health and medical insurance, social networks, heat perception and adaptive behavior, economic status, resources, living environment and working environment. An index score was calculated using a balanced weighted average approach for each dimension, ranging from 0 to 1, with the closer to 1 as greater vulnerability. **Results** The scores on heat perception and adaptive behavior, economic status, resources and working environment dimensions for urban-fringe areas were 0.42, 0.63, 0.55 and 0.62, statistically significantly higher than the urban center area of 0.41, 0.51, 0.26 and 0.41. Scores of living environment, social networks and health/medical insurance dimensions for urban center area

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2014.06.012

基金项目:国家重大科学研究计划(973计划)(2012CB955504)

作者单位:102206 北京,中国疾病预防控制中心传染病预防控制所 传染病预防控制国家重点实验室(万方君、周琳、白莉、谷少华、李萌萌、桑少伟、刘起勇);济南市疾病预防控制中心(辛正、王永明、刘守钦、张济);北京协和医学院公共卫生学院(周琳、李萌萌)

通信作者:刘起勇, Email: liuqiyong@icdc.cn

were 0.57, 0.49 and 0.31, which were all higher than the urban-fringe areas of 0.50, 0.46 and 0.25, with differences statistically significant. **Conclusion** Residents living in the urban center might be more vulnerable to heat in terms of living environment, health/medical insurance and social networks while residents living in the urban-fringe areas might more be vulnerable in terms of heat perception and adaptive behavior, economic status, life resources and working environment. These facts indicated that heat vulnerability among residents could be quite different, even at a fine geographic scale. We would thus suggest that intervention strategies on protecting people from heat, should be more targeted.

**【Key words】** Heat; Vulnerability; Urban center; Urban-fringe

全球气候变暖的趋势将加剧极端高温事件发生的频率和强度,而高温对健康的影响已成为重要的公共卫生问题<sup>[1,2]</sup>。根据政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change)第三次报告的定义,在气候变化研究领域,脆弱性是指“系统容易遭受或没有能力应对气候变化的不利影响的程度”,因此高温健康脆弱性可以理解为人群在高温天气中容易遭受健康损害或没有能力应对高温天气带来不利影响的程度。目前研究认为老年人、慢性病患者、低收入人群、独居者、新迁入或者移民旅游者及在高温环境工作的职业人群等都是高温期间的脆弱人群<sup>[3]</sup>。人口密度高的城市中心区已被众多研究证明是高温期间的主要风险区域<sup>[4-7]</sup>,但也有研究指出,虽然市区热相关疾病死亡人数绝对数更多,市郊在高温热浪期间死亡人数的增长率却更大<sup>[8]</sup>。我国正处于城市化进程快速发展时期,城市边缘区的建设还存在较多的社会问题,但目前关注城市边缘区居民高温健康脆弱性的研究还很少。济南市地处中纬度地带,属暖温带大陆性季风气候,夏季炎热多雨高温高湿。为了解济南市城市中心区和边缘区居民高温健康脆弱性特征的差异,本研究于 2013 年 7 月 29 日至 8 月 6 日开展了济南城市中心区及边缘区居民抽样问卷横断面调查。

## 对象与方法

1. 研究现场及对象:以济南市环城高速路以内区域为研究现场,在该区域内共有 69 个街道/镇,769 个社区/村。其中以济南市二环路为界,将该区域分为城市中心区和城市边缘区,即二环路以内区域为中心区,二环路与环城高速路之间的区域为边缘区。中心区有 390 个社区/村,边缘区有 379 个社区/村。采用多阶段分层抽样方法,在中心区和边缘区各随机抽取 4 个街道/镇;再在每个街道/镇中随机抽取 1 个社区/村,共抽取 8 个社区/村。最后采用偶遇抽样方法在各社区/村抽取 110 名 ≥16 岁居民为调查对象,样本总量为 880 人。采用自行设计的问卷

进行自填式问卷调查。

2. 评价指标:脆弱性评价是指对某一系统自身的结构、功能进行探讨,预测和评价外部胁迫对系统可能造成的影响,以及评估系统自身对外部胁迫的抵抗力及从不利影响中恢复的能力。在目前的气候-健康脆弱性评价中,综合指数法应用最广泛<sup>[9]</sup>。该方法使用气象、社会经济、人口、流行病等多方面数据,建立评价指标体系,并利用统计方法,综合生成脆弱性指数来评价系统脆弱性程度的相对大小。高温期间人体健康的脆弱性受到环境、自身健康状况、经济社会因素、适应行为等多种因素的影响,因此对居民高温健康脆弱性的评价需要纳入多方面的指标,目前对选取评价指标尚未形成统一标准,但选取的原则为结合实际,具有可操作性和客观性。美国、加拿大等发达国家已相继在文献及专家共识基础上对高温健康脆弱性进行了不同地理尺度上的评估,如 Reid 等<sup>[10]</sup>使用人口经济学(年龄、贫困程度、学历、是否独居、民族)数据、绿地面积、糖尿病患病率、空调拥有率等 10 个指标对美国社区层面上的高温脆弱性进行评估;Vescovi 等<sup>[6]</sup>结合气象、人口年龄、贫困指数、独居和教育情况等指标对加拿大魁北克南部地区人群高温脆弱性进行评价。本研究通过文献支持<sup>[6,10-14]</sup>,结合本文目的,选取 7 个维度共 23 个指标反映济南市城市中心区和边缘区居民的高温健康脆弱性(表 1)。其中健康医疗、社会联系、认知行为和经济状况 4 个维度主要关注被调查居民高温健康脆弱性相关的个人因素,生活资源、居住环境和工作环境维度,则是反映社区及周边环境内与居民高温健康脆弱性相关的区域因素。

本研究评分采用等权加和方式计算,即每个指标对所在维度的贡献大小相等。由于问卷中对每个指标的度量单位不同,首先需要和数据使用极差法进行标准化后再进行计算。

标准化计算方法:

$$I_s = \frac{S_x - S_{\min}}{S_{\max} - S_{\min}} \quad (1)$$

式中,  $I_s$  为指标  $S$  标准化后的数值,  $S_x$  为所选指标实际值,  $S_{\min}$  为同指标最小值,  $S_{\max}$  为同指标最大值。其中年看病频数、健康状况变化、二级医院数量、社交联系情况、高温期间适应行为、高温相关知识知晓、人均使用空调时间、家庭人均月收入、家庭积蓄、人均面积 10 个指标, 根据以往文献结果普遍认为是在该问卷中取值越大则高温期间健康受到影响的程度越小, 因此指标评分  $A_s = 1 - I_s$ 。其余 13 个指标评分  $A_s = I_s$ 。每个指标得到标准化评分后, 再根据式 (2), 加和后取均值, 计算各维度评分

$$M_d = \frac{\sum_{s=1}^n A_s}{n} \quad (2)$$

式中,  $M_d$  为维度  $d$  的得分,  $A_s$  为组成该维度的各指标评分,  $n$  为每个维度中包含的指标数。评分值越接近 1 表示脆弱性越大。其中工作环境指标是根据目前在职的 573 名受访者信息计算而得。

3. 问卷结构和质量控制: 调查问卷包括一般情况、居住环境、社会联系及经济状况、身体健康情况、高温相关知识知晓及行为改变共 5 个部分, 并收集高温健康脆弱性指标数据。正式调查前对 90 名当地居民进行问卷的预调查, 做相应调整和修改。调查员为中国疾病预防控制中心、北京协和医学院和山东大学公共卫生学院 9 名经过统一培训的学生, 调查中使用统一指导语说明填写要求, 由调查对象自行现场填写问卷。对于不能独立完成问卷的受访者调查员一对一访问并填写问卷。问卷当场审核和回收, 确保数据真实有效。

4. 统计学分析: 采用 EpiData 3.1 软件建立数据库并录入数据, 利用 SPSS 17.0 软件统计分析数据。两组间连续变量的比较采用两独立样本  $t$  检验, 等级资料的比较采用 Mann-Whitney 秩和检验, 二分类资料的比较采用  $\chi^2$  检验。以上所有检验均为双侧, 检验水准  $\alpha = 0.05$ 。

表 1 居民高温健康脆弱性评估指标

维度	指标	含义	单位(连续型变量)或赋值(分类变量)
健康医疗	患基础疾病情况	居民中医院诊断患基础疾病(高血压、冠心病、心肌疾病、其他心脑血管疾病、COPD、慢性支气管炎、哮喘、其他呼吸系统疾病、慢性肾炎、糖尿病、肿瘤、其他疾病)的百分比	0: 无; 1: 有 $\geq 1$ 种
	年看病频次	近一年医院就诊次数	1: $\geq 12$ ; 2: $4 \sim < 12$ ; 3: $< 4$ ; 4: 0
	健康状况变化	居民自觉当年健康状况较前一年的变化	1: 更差; 2: 无差别; 3: 更好
	往年高温期间患病经历	往年有因高温导致身体不适而停工、去医院就诊或自服药物经历居民的百分比	0: 没有; 1: 有
	医疗保障	居民自费医疗的百分比	0: 有医保; 1: 完全自费
社会联系	是否独居	独居的百分比	0: 不独居; 1: 独居
	社交联系	近一周与亲朋和邻居联系(电话、串门、网络联系等)、外出活动次数	次
认知行为	外出时间	7 月以来居民平均每天 07:00—19:00 时段中在室外活动的时间	小时
	高温期间适应行为	居民采取问卷中高温适应行为(包括每天关注天气预报、经常喝水、户外活动安排在较为凉快的时间、外出做好防暑准备、更关注家庭成员的健康)的项目数	有 $N$ 项行为 ( $N \leq 5$ )
	高温相关知识知晓	居民对高温相关知识(内容涉及温室效应产生原因、日常防暑措施、中暑症状及处理等)题目回答正确的数目	答对 $N$ 题 ( $N \leq 10$ )
	家庭空调使用时间	近一周家庭使用空调时间(日均使用小时数 $\times$ 天数)	小时
经济情况	家庭人均月收入	家庭月总收入/家庭常住人口数	元/人
	收入稳定性	认为家庭经济收入来源不稳定的居民百分比	0: 稳定; 1: 不稳定
	家庭积蓄	若从现在开始不再有任何收入, 以目前的生活水平和积蓄情况, 居民估计家庭积蓄能维持生活的时间	1: 不能维持; 2: $< 3$ 个月; 3: $3 \sim < 6$ 个月; 4: $6 \sim 12$ 个月; 5: $> 12$ 个月
生活资源	生活用水	今年夏天遇到停水的居民百分比	0: 没遇到过; 1: 遇到过
	生活用电	今年夏天遇到停电的居民百分比	0: 没遇到过; 1: 遇到过
	高温预警资讯获取	高温来临前不能及时得到高温预警资讯的居民百分比	0: 能; 1: 不能
	二级医院数量	以居民所在社区/村居民委员会为中心 1 000 m 半径内二级及以上医院数量	所
居住环境	人均面积	住房使用面积( $m^2$ )/家庭常住人口数	平方米/人
	房屋通风情况	认为居住的房屋通风情况不好的居民百分比	0: 通风; 1: 不通风
工作环境	工作场所	完全在室外工作的居民百分比	0: 室内; 1: 室外
	工作环境降温措施	工作环境无空调的居民百分比	0: 有; 1: 无
	高温补贴及消暑品	单位不提供高温补贴或发放防暑用品、药物等的居民百分比	0: 有; 1: 无

## 结 果

1. 一般情况:共调查 880 人,回收有效问卷 801 份,有效率为 91.02%。其中中心区居民 425 人,边缘区居民 376 人;年龄 16~88 岁,平均(45.47±16.72)岁;男性 299 人(37.33%),女性 502 人(62.67%);646 人(80.65%)婚姻状况为已婚。中心区和边缘区受访者各年龄亚组构成及性别结构差异无统计学意义(表 2)。

表 2 济南市城市中心区和边缘区 801 名被调查者基本情况

项目	中心区		边缘区		$\chi^2$ 值	P 值
	人数	构成比 (%)	人数	构成比 (%)		
年龄(岁)					9.531	0.09
16~	53	12.47	30	7.98		
25~	89	20.94	96	25.53		
35~	63	14.82	59	15.69		
45~	74	17.41	60	15.96		
55~	81	19.06	87	23.14		
65~	65	15.29	44	11.70		
性别					3.270	0.071
男	171	40.24	128	34.04		
女	254	59.76	248	65.96		
户籍所在地					51.739	0.000
本地	335	78.82	361	96.01		
外地	90	21.18	15	3.99		
文化程度					99.130	0.000
小学以下	21	4.94	34	9.04		
小学	28	6.59	62	16.49		
初中	74	17.41	138	36.70		
高中/中专	147	34.59	92	24.47		
大学	147	34.59	48	12.77		
硕士及以上	8	1.88	2	0.53		
工作情况					128.922	0.000
有职业	281	66.12	292	77.66		
待业人员	15	3.53	71	18.88		
离退休人员	129	30.35	13	3.46		

2. 各指标状况:选取 23 个居民高温健康脆弱性相关指标,其中家庭人均月收入、收入稳定性、生活用水、生活用电、高温预警资讯获取、医疗保障、工作场所、工作环境降温措施、单位高温补贴及消暑品发放、人均住房面积、家庭空调使用时间、房屋通风情况、独居情况、居民基础疾病患病情况及二级医院数量 15 个指标在中心区和边缘区居民间的差异有统计学意义(表 3)。

3. 各脆弱性维度的比较:将具体指标按照式(2)计算归类为 7 个维度,并对两地区进行比较。其中边缘区居民的高温健康脆弱性在高温的认知行为、经济情况、生活资源和工作环境 4 个维度得分更高,

而中心区在健康医疗、社会联系以及居住环境维度上相对边缘区的居民得分更高(表 4)。图 1 为两地区在 7 个维度得分上的差异,得分越接近 1 表示在该指标上脆弱性越大。

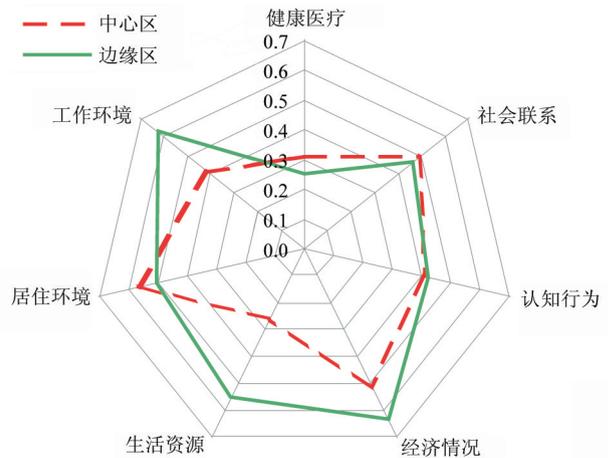


图 1 济南市城市中心区和边缘区居民高温健康脆弱性特征比较雷达图

## 讨 论

本文通过文献检索以及根据实际可操作性,选取与居民高温健康脆弱性相关的 7 类 23 个指标,主要包括与居民高温健康脆弱性相关的个人因素及社区区域因素综合反映居民健康的高温脆弱性。结果表明,城市中心区和边缘区居民高温健康脆弱性体现在不同方向:中心区居民的健康医疗、社会联系和居住环境脆弱性较高;边缘区居民在高温认知与适应行为、经济状况、生活资源和工作环境方面较为欠缺。

边缘区主要在居民经济状况和空调使用情况以及区域内生活资源和工作环境方面较为薄弱。该区域内居民收入较低,多数主要来源于农业,收入趋于不稳定。多项研究显示,生活贫困是高温致死的关键危险因素之一,因其与能否获得医疗、教育、住房等保护性资源相关<sup>[15]</sup>。近来有研究提出绿化-收入关系,认为经济收入与社区绿化生态情况有正相关关系<sup>[16]</sup>。较低的收入可能影响到居民拥有和使用空调的行为,进而增加高温天气中的患病风险。边缘区居民在夏季遇到停水停电的状况更多,社区附近医院数量和质量也远不及中心区,其发展和规划也不如城市中心区完善<sup>[17]</sup>。印度一项横断面调查显示,获取水资源与发生热相关不适症状有关<sup>[18]</sup>;同样电源的不足也使降温设备使用受限,高温期间影响居民健康。边缘区居民工作环境也不及中心区,更多时间处于高温环境。中心区高温脆弱性特征则主

表 3 济南市城市中心区和边缘区居民高温健康脆弱性各项指标特征比较

维度	指标	最大值	最小值	中心区	边缘区	统计量	P 值
健康医疗	基础疾病患病情况 <sup>a</sup>	1	0	35.29	27.13	6.170	0.013
	年看病频次 <sup>b</sup>	4	1	3.00	3.00	-1.924	0.054
	健康状况变化情况 <sup>b</sup>	3	1	2.00	2.00	-1.338	0.181
	往年高温期间患病经历 <sup>a</sup>	1	0	26.35	23.14	1.104	0.293
	医疗保障 <sup>a</sup>	1	0	16.47	6.38	19.599	0.000
社会联系	是否独居 <sup>a</sup>	1	0	8.00	3.19	8.522	0.004
	社交联系情况 <sup>c</sup>	60	0	6.50	6.65	-0.400	0.689
认知行为	外出时间 <sup>c</sup>	12	0	3.76	4.13	-1.905	0.057
	高温期间适应行为 <sup>b</sup>	5	0	4.00	4.00	-1.641	0.101
	高温相关知识知晓 <sup>b</sup>	10	1	6.00	6.00	-1.522	0.128
	家庭空调使用时间 <sup>c</sup>	168	0	43.08	34.76	2.479	0.013
经济情况	家庭人均月收入 <sup>c</sup>	17 000	0	1 858.26	936.46	9.518	0.000
	收入稳定性 <sup>a</sup>	1	0	21.88	46.54	54.493	0.000
	家庭积蓄 <sup>b</sup>	5	1	3.00	3.00	-1.880	0.060
生活资源	生活用水 <sup>a</sup>	1	0	21.41	44.15	47.331	0.000
	生活用电 <sup>a</sup>	1	0	21.88	41.49	35.801	0.000
	高温预警资讯获取 <sup>a</sup>	1	0	26.12	33.78	5.604	0.018
	二级医院数量 <sup>c</sup>	7	0	4.52	0	40.194	0.000
居住环境	人均面积 <sup>c</sup>	260	2	29.50	44.70	-8.205	0.000
	房屋通风情况 <sup>a</sup>	1	0	24.00	17.00	5.914	0.015
工作环境	工作场所 <sup>a</sup>	1	0	20.64	42.71	32.675	0.000
	工作环境降温措施 <sup>a</sup>	1	0	38.43	69.79	56.334	0.000
	高温补贴及消暑品发放 <sup>a</sup>	1	0	62.50	72.57	5.470	0.019

注：<sup>a</sup>为二分类资料中选择“1”的居民的百分数，采用 $\chi^2$ 检验比较两地区指标水平的不同；<sup>b</sup>为中位数，采用Mann-Whitney秩和检验比较两地区指标水平的不同；<sup>c</sup>为均数，采用两独立样本 $t$ 检验比较两地区指标水平的不同

表 4 济南城市中心区及边缘区居民各指标标准化后得分( $A_s$ )均值及维度得分( $M_d$ )比较

指标	中心区	边缘区	维度	中心区	边缘区	$t$ 值	P 值
基础疾病患病情况	0.35	0.27	健康医疗	0.31	0.25	4.618	0.000
年看病频次	0.29	0.24					
健康状况变化情况	0.47	0.45					
往年高温期间患病经历	0.26	0.23					
医疗保障	0.17	0.06					
是否独居	0.08	0.03	社会联系	0.49	0.46	2.885	0.004
社交联系情况	0.89	0.89					
外出时间	0.31	0.34	认知行为	0.41	0.42	-2.106	0.036
高温期间适应行为	0.18	0.19					
高温相关知识知晓	0.41	0.41					
家庭空调使用时间	0.74	0.79					
家庭人均月收入	0.89	0.95	经济情况	0.51	0.63	-7.672	0.000
收入稳定性	0.22	0.47					
家庭积蓄	0.42	0.47					
生活用水	0.21	0.44	生活资源	0.26	0.55	-17.216	0.000
生活用电	0.22	0.42					
高温预警资讯获取	0.26	0.34					
二级医院数量	0.35	1.00					
人均面积	0.89	0.83	居住环境	0.57	0.50	4.263	0.000
房屋通风情况	0.24	0.17					
工作场所	0.21	0.43	工作环境	0.41	0.62	-7.562	0.000
工作环境降温措施	0.38	0.70					
高温补贴及消暑品发放	0.62	0.73					

要体现在居民个体中,患有基础疾病较多、独居居民更多;而区域因素中居住环境空间较小,且由于城市热岛效应加剧了夏季生活环境的高温状态。相比边缘区,中心区居民对空调的使用更频繁<sup>[3]</sup>,但不利于环境的可持续发展,短期内也可导致夏季用电紧缺和机体对温度适应能力降低<sup>[19,20]</sup>。中心区居民患心脑血管病、呼吸系统病等较边缘区更多,在高温期间更易受到影响<sup>[21]</sup>。

本研究存在缺陷。如工作日时间在社区采用偶遇抽样,样本中 $\geq 45$ 岁居民和女性较多,其结果在外推上受到一定限制。但每个社区偶遇的调查地点基本相同,一是在社区居委会、社区卫生服务中心由社区工作人员召集居民参加调查;二是由统一培训的有专业知识背景的调查员在社区街道偶遇居民进行调查,因此人群来源稳定可比。结果也显示社区的地理分布较均匀,中心区和边缘区被调查居民在年龄和性别构成上差异无统计学意义,表明两地区比较结果可信。研究中未获得直接评价居民生活环境温度的气象指标;由于获得的社区绿化率数据也较为粗略,最终未加入指标维度体系。在后续研究中,可尝试采用遥感数据进行社区内绿化覆盖率数据的计算,以完善此项内容。

### 参 考 文 献

- [1] Stafoggia M, Forastiere F, Agostini D, et al. Vulnerability to heat-related mortality: a multicity population-based, case-crossover analysis[J]. *Epidemiology*, 2006, 17(3): 315-323.
- [2] Harlan SL, Brazel AJ, Prasad L, et al. Neighborhood microclimates and vulnerability to heat stress[J]. *Soc Sci Med*, 2006, 63(11): 2847-2863.
- [3] Health Canada. Communicating the Health Risks of Extreme Heat Events: Toolkit for Public Health and Emergency Management Officials[R]. 2011.
- [4] Conti S, Meli P, Minelli G, et al. Epidemiologic study of mortality during the summer 2003 heat wave in Italy[J]. *Environ Res*, 2005, 98(3): 390-399.
- [5] Harlan SL, Declet-Barreto JH, Stefanov WL, et al. Neighborhood effects on heat deaths: social and environmental predictors of vulnerability in Maricopa county, Arizona[J]. *Environ Health Persp*, 2013, 121(2): 197-204.
- [6] Vescovi L, Rebetez M, Rong F. Assessing public health risk due to extremely high temperature events: climate and social parameters[J]. *Clim Res*, 2005, 30(1): 71.
- [7] Smoyer KE, Rainham DGC, Hewko JN. Heat-stress-related mortality in five cities in Southern Ontario: 1980-1996[J]. *Int J Biometeorol*, 2000, 44(4): 190-197.
- [8] Sheridan SC, Dolney TJ. Heat, mortality, and level of urbanization: measuring vulnerability across Ohio, USA[J]. *Clim Res*, 2003, 24(3): 255-265.
- [9] Yao C, Yu CH, Li XD. Climate-health vulnerability assessment and research progress[J]. *J Pub Health Prev Med*, 2013, 24(1): 1-5. (in Chinese)
- 姚聪, 宇传华, 李旭东. 气候-健康脆弱性评价及研究进展[J]. *公共卫生与预防医学*, 2013, 24(1): 1-5.
- [10] Reid CE, O' Neill MS, Gronlund CJ, et al. Mapping community determinants of heat vulnerability[J]. *Environ Health Persp*, 2009, 117(11): 1730.
- [11] Buscail C, Upegui E, Viel JF. Mapping heatwave health risk at the community level for public health action[J]. *Int J Health Geogr*, 2012, 11(1): 1-9.
- [12] Hahn MB, Riederer AM, Foster SO. The livelihood vulnerability index: a pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change—a case study in Mozambique[J]. *Global Environ Chang*, 2009, 19(1): 74-88.
- [13] Chow WTL, Chuang WC, Gober P. Vulnerability to extreme heat in metropolitan Phoenix: Spatial, temporal, and demographic dimensions[J]. *Prof Geog*, 2012, 64(2): 286-302.
- [14] Bai L, Woodward A, Liu XB, et al. Rapid warming in Tibet, China: public perception, response and coping resources in urban Lhasa[J]. *Environ Health*, 2013, 12(1): 71.
- [15] Balbus JM, Malina C. Identifying vulnerable subpopulations for climate change health effects in the United States[J]. *J Occup Environ Med*, 2009, 51(1): 33-37.
- [16] Jenerette GD, Harlan SL, Stefanov WL, et al. Ecosystem services and urban heat risks cape moderation: water, green spaces, and social inequality in Phoenix, USA[J]. *Ecol Appl*, 2011, 21(7): 2637-2651.
- [17] Rong YF, Guo SW, Zhang YF. A review of researches on the urban fringe[J]. *Urban Plan Forum*, 2011(4): 93-100. (in Chinese)
- 荣玥芳, 郭思维, 张云峰. 城市边缘区研究综述[J]. *城市规划学刊*, 2011(4): 93-100.
- [18] Tran KV, Azhar GS, Nair R, et al. A cross-sectional, randomized cluster sample survey of household vulnerability to extreme heat among Slum Dwellers in Ahmedabad, India[J]. *Int J Env Res Pub He*, 2013, 10(6): 2515-2543.
- [19] Maller CJ, Strengers Y. Housing, heat stress and health in a changing climate: promoting the adaptive capacity of vulnerable households, a suggested way forward[J]. *Health Promot Int*, 2011, 26(4): 492-498.
- [20] de Dear RJ, Brager GS. Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE standard 55[J]. *Energ Buildings*, 2002, 34(6): 549-561.
- [21] Bouchama A, Dehbi M, Mohamed G, et al. Prognostic factors in heat wave related deaths: a meta-analysis[J]. *Arch Intern Med*, 2007, 167(20): 2170.

(收稿日期: 2013-11-16)

(本文编辑: 张林东)