

广州和珠海市气温对居民寿命损失年影响的时间序列分析

李志浩 许燕君 林国桢 李德云 刘涛 林华亮
肖建鹏 曾韦霖 李杏 马文军

【摘要】 目的 评估气温对居民寿命损失年(YLL)的影响。方法 收集广州、珠海市居民逐日死亡和气象数据,采用分布滞后非线性模型分析气温对人群YLL风险的累积效应,以及广州和珠海市在高温(0~1 d)和低温(0~13 d)时对人群YLL累积风险大小。结果 广州和珠海市日均YLL值分别为1 928.0和202.5;两市气温与YLL之间呈现非线性关系。热效应表现急促,当天达到最大值;冷效应出现相对缓慢,滞后5 d达到最大效应,持续时间约2周;低温对人群的总效应大于高温;广州市低温对男性影响大于女性;两市高/低温对 ≥ 65 岁人群的YLL风险均大于 < 65 岁人群,患呼吸系统疾病人群的YLL风险大于患心血管疾病人群。结论 广州和珠海市高/低温均导致居民的YLL风险增加,其中低温影响更大。老年人及患呼吸系统和心血管疾病者为脆弱人群。

【关键词】 气温;寿命损失年;时间序列研究

Impact of air temperature on years of life lost among residents in Guangzhou and Zhuhai: a time-series study Li Zhihao¹, Xu Yanjun², Lin Guozhen³, Li Deyun⁴, Liu Tao^{2,5}, Lin Hualiang^{2,5}, Xiao Jianpeng^{2,5}, Zeng Weilin^{2,5}, Li Xing^{2,5}, Ma Wenjun^{2,5}. 1 School of Medicine, Jinan University, Guangzhou 510632, China; 2 Guangdong Provincial Center for Disease Control and Prevention; 3 Guangzhou Municipal Center for Disease Control and Prevention; 4 Zhuhai Municipal Center for Disease Control and Prevention; 5 Guangdong Provincial Institute of Public Health
Corresponding author: Ma Wenjun, Email: mwj68@vip.tom.com

【Abstract】 Objective To evaluate the impacts of air temperature on years of life lost (YLL) among the residents in Guangzhou and Zhuhai, Guangdong province. **Methods** Daily mortality and meteorology data in Guangzhou and Zhuhai were collected, and distributed lag non-linear model (DLNM) was used to evaluate the cumulative and delayed effects of daily air temperature on YLL of total non-accident mortality. The accumulative effect of air temperature on mortality under the extreme high temperature (0-1 days) and extreme low temperature (0-13 days) situation in Guangzhou and Zhuhai were analyzed respectively. **Results** The average YLL was 1 928.0 in Guangzhou and 202.5 in Zhuhai. The exposure-response functions seemed to be non-linear. The hot effect seemed to be acute and reached the peak at the same day, while the cold effect reached the peak at 5th days and lasted for about two weeks. Low temperature had stronger gross effect than high temperature had. The cold effect among males was greater than that among females in Guangzhou. The hot/cold effect on YLL was greater in people aged ≥ 65 years than in people aged < 65 years and in people suffering from respiratory disease than in people suffering from cardiovascular disease in both Guangzhou and Zhuhai. **Conclusion** The effects of high and low temperatures on YLL were obvious, and the impact of low temperature was greater. The elderly and people suffering from respiratory disease or cardiovascular disease are the vulnerable populations.

【Key words】 Air temperature; Years of life lost; Time-series study

在全球气候变化背景下,极端气象事件(如热

浪、寒潮)发生频率和强度明显增加^[1]。近年来,气候变化对人类健康的影响引发广泛关注^[2],且有大量流行病学研究显示气温与人群死亡风险之间呈复杂的曲线关系(U、W、V或J形)^[3-6]。但目前使用的健康结局指标大多为死亡数,由于极端温度主要影响高龄老年人的死亡,用死亡数指标评估气温对健康的影响,可能会高估其公共卫生学意义^[7]。而寿

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2015.07.012

作者单位:510632 广州,暨南大学医学院(李志浩);广东省疾病预防控制中心(许燕君、刘涛、林华亮、肖建鹏、曾韦霖、李杏、马文军);广州市疾病预防控制中心(林国桢);珠海市疾病预防控制中心(李德云);广东省公共卫生研究院(刘涛、林华亮、肖建鹏、曾韦霖、李杏、马文军)

通信作者:马文军, Email: mwj68@vip.tom.com

命损失年(YLL)则考虑到不同年龄死亡权重,更能反映健康风险因素对人群的影响^[7-8]。为此本研究利用广州、珠海市居民死因登记和气象资料,运用分布滞后非线性模型(distributed lag nonlinear model, DLNM)分析气温对当地居民每日 YLL 的影响,为有关部门制定适应气候变化的政策提供科学依据。

资料与方法

1. 数据来源:

(1)死亡资料:从广东省疾病预防控制中心收集广州市 2011—2013 年和珠海市 2008—2013 年全人群的每日死因登记资料。其中非意外死亡数为排除伤害和中毒等外因而导致的死亡数。根据国际疾病分类编码(ICD-10),心血管疾病和呼吸系统疾病编码分别为 I00~I99、J00~J99。本文将非意外死亡按年龄组、性别和疾病别整理成时间序列数据。

(2)气象资料:相应时段气象数据资料由中国气象信息共享中心(<http://cdc.cma.gov.cn>)提供,包括逐日平均气温、日最高气温、日最低气温和日平均相对湿度。

2. 统计学分析:

(1)每日 YLL 计算:依据 WHO 发布的中国期望寿命表^[9],计算每例死亡者的期望寿命与其实际死亡年龄的差值作为 YLL。然后分别汇总每日总 YLL 以及不同性别、年龄、疾病类型的 YLL 值,整理成时间序列数据。

(2)建立 DLNM:为了分析气温对人群 YLL 的效应,本研究选择 DLNM 进行分析^[10],该模型可以同时考虑暴露-反应关系及暴露的滞后效应。在 DLNM 中采用泊松分布作为回归模型的分布簇。建立模型的基本形式为

$$\log(YLL_t) = \alpha + \beta T_{t,l} + NS(rh_t, df) + NS(time_t, df) + DOW_t$$

式中 YLL_t 为第 t 天的 YLL 值; α 为模型系数; $T_{t,l}$ 为日平均气温矩阵; l 为滞后日; β 为 $T_{t,l}$ 的系数; NS 为自由样条函数; df 为自由度; $time_t$ 为第 t 天相应的时间变量,以控制长期趋势; rh_t 为观察日 t 相应的日均相对湿度; DOW_t 为星期哑元变量。根据赤池信息准则^[11](akaike information criterion, AIC), AIC 值越小拟合越好,选择时间趋势、气温和滞后等变量的 df ; 最终气温和滞后的 df 分别选择 3 和 4, 相对湿度的 df 为 3, 时间变量 df 为 6/年。为了分析模型的稳定性,通过改变模型中 df 的取值,对模型进行敏感性分析。

资料经初步分析,同时结合 Yang 等^[5]及 Yi 和 Chan^[12]关于气温-死亡效应滞后结构的研究,本研究对极端高温和低温分别在滞后 0~1 和 0~13 d 的效应进行分析。当评估极端气温效应时,参考 Ma 等^[13]的研究选择日均气温的第 1、99 百分位数(P_1 、 P_{99})分别代表极端低温和极端高温,以 P_{75} 温度为参考值计算 RR 值。本文所有统计分析均在 R 3.1.0 软件实现,使用“dlnm”程序拟合 DLNM,均采用双侧检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 基本情况:2011—2013 年广州市、2008—2013 年珠海市气象资料和居民逐日 YLL 的基本情况见表 1。其中,广州和珠海市日均 YLL 值分别为 1 928.0 和 202.5;两市常年气温均较高,日气温均值分别为 21.6 °C 和 22.9 °C;相对湿度分别为 78.8% 和 76.5%。

表 1 广州和珠海市每日 YLL 和气象条件基本情况($\bar{x} \pm s$)

变 量	广州市	珠海市
气象条件		
日相对湿度(%)	78.8±11.5	76.5±13.1
日平均气温(°C)	21.6±6.3	22.9±5.8
P_1	6.9	8.8
$P_{2.5}$	8.5	10.4
P_{25}	16.5	18.8
P_{50}	23.0	24.3
P_{75}	27.0	27.8
$P_{97.5}$	29.8	30.2
P_{99}	30.2	30.9
YLL 值		
总 YLL	1 928.0±323.1	202.5±80.7
男性	1 186.8±233.2	125.0±61.6
女性	741.2±171.5	77.5±49.1
<65 岁	1 262.6±255.8	136.9±75.5
≥65 岁	665.5±145.7	65.1±26.9
心血管疾病	565.3±144.1	62.8±37.2
呼吸系统疾病	190.5±79.0	14.1±19.1

2. 不同滞后天数气温对人群 YLL 的影响:以两市日均气温的 $P_{2.5}$ 和 $P_{97.5}$ 作为冷效应和热效应的温度参考值,绘制了 13 d 滞后曲线图(图 1)。可见气温在不同滞后日与 YLL 呈非线性关系,即高温效应表现为急性作用,当天的效应值最高,随后迅速下降,有明显的“死亡移位”(mortality displacement)现象。低温的影响在 2~3 d 开始出现,约 5 d 达最高,随后开始下降,持续时间长。

3. 日均气温与 YLL 风险的关系:将广州和珠海市日均气温与居民人群逐日 YLL 值之间建模,分别

拟合了滞后 1 d 和 13 d 气温对总 YLL 的累积效应。如图 2 所示,广州和珠海市气温-YLL 效应曲线分别呈现“J”和“W”形,过高和过低气温均引起人群 YLL 风险显著增加,在滞后 1 d 时高温效应稍高于低温效应,而滞后 13 d 时,两市低温效应均要明显大于高温。

4. 气温对不同特征人群 YLL 风险的累积效应: 在控制时间趋势和相对湿度等混杂因素下,计算极端气温对人群 YLL 风险的累积效应。如表 2 所示,两市极端低温对总人群 YLL 的风险均大于极端高温,其中广州和珠海市极端低温冷效应分别为 $RR=1.535$ (95% $CI: 1.267 \sim 1.859$) 和 $RR=1.779$ (95% $CI: 1.382 \sim 2.291$); 两市高温对女性的效应稍大于男性,在广州市,低温对男性 YLL 风险大于女性,而珠海市则相反;对不同年龄组分层分析可知,极端低温在两市对 ≥ 65 岁人群风险均大于 < 65 岁人群;不同死因比较,低温对呼吸系统疾病 YLL 的风险大于心血管疾病。

5. 敏感性分析: 改变模型中时间变量 d_f ($d_f/$ 年) 分别为 5、6 和 7,以及模型气温 d_f 参数为 3、4 和 5,分别代入模型中拟合结果显示,模型的结果稳定,改变参数的对结果影响不大 (表 3)。

讨 论

本文采用 DLNM 分析气温对广州、珠海市居民 YLL 的影响。结果显示,气温与人群 YLL 风险呈非线性关系,过高或过低的气温均能增加 YLL。以往研究表明^[5],气温对人群逐日死亡人数的影响存在滞后性,高温与低温的滞后时间不同,具体表现为高温效应短暂急促,低温效应持续时间

长。本文发现气温对 YLL 的效应存在同样的规律。提示应对极端气温的影响时,对高温预警要早,行动要迅速;对低温要注意其较长的效应,应对措施要相对持久。同时,两市高温对人群 YLL 的影响均观察到一定程度的“死亡移位”现象,这与欧美地区关于死亡风险的研究结论基本一致^[14-15]。

分别比较高温与低温对人群 YLL 的风险,发现低温的效应明显大于高温,与本课题组前期^[16-17]以及 Yi 等^[12]在香港地区关于气温对每日死亡人数影响的研究结果相似,这可能与珠江三角洲地区的气温常年较高,人群生理和行为上对高温有较强的适

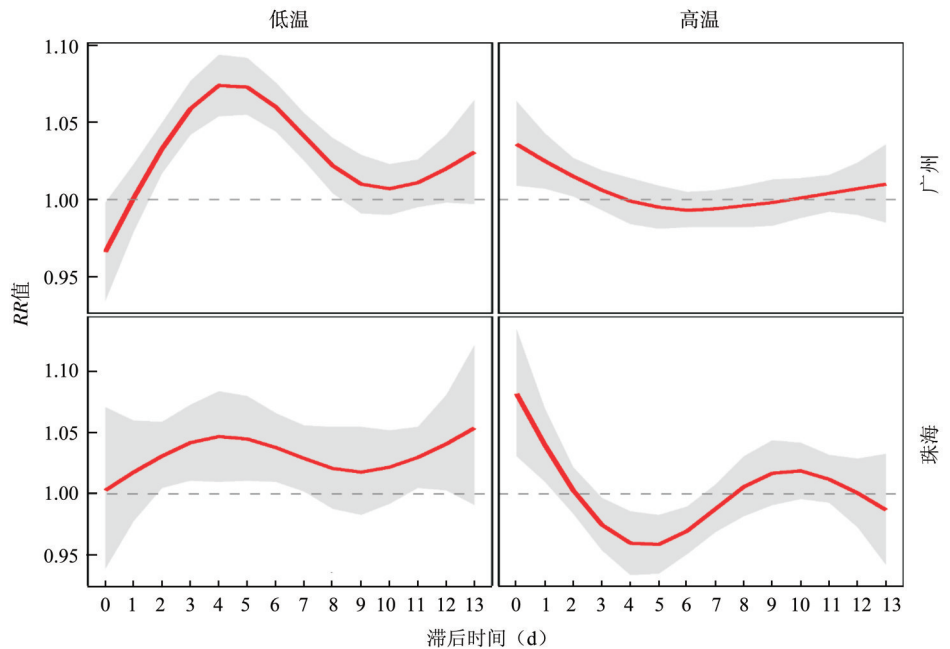


图 1 广州和珠海市极端气温不同滞后天数的 YLL 风险变化

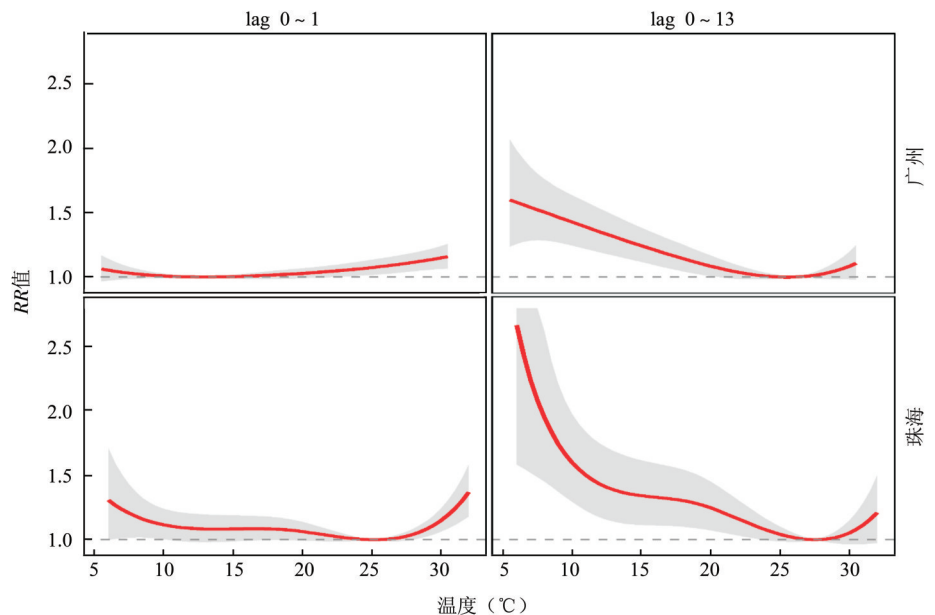


图 2 广州和珠海市在滞后 1 d 和 13 d 时气温与人群 YLL 风险的关系

表 2 极端气温对广州和珠海市不同特征人群 YLL 风险的累积效应

特 征	广州市		珠海市	
	高温	低温	高温	低温
总效应	1.049(1.002 ~ 1.099)	1.535(1.267 ~ 1.859)	1.187(1.096 ~ 1.285)	1.779(1.382 ~ 2.291)
性别				
男性	1.037(0.978 ~ 1.100)	1.578(1.232 ~ 2.021)	1.150(1.041 ~ 1.270)	1.601(1.171 ~ 2.190)
女性	1.068(0.996 ~ 1.146)	1.457(1.087 ~ 1.953)	1.247(1.099 ~ 1.415)	2.106(1.401 ~ 3.166)
年龄(岁)				
<65	1.051(0.986 ~ 1.121)	1.291(0.975 ~ 1.708)	1.182(1.059 ~ 1.320)	1.658(1.156 ~ 2.380)
≥65	1.047(0.999 ~ 1.097)	2.030(1.705 ~ 2.416)	1.191(1.099 ~ 1.291)	1.961(1.543 ~ 2.493)
疾病				
心脑血管疾病	1.023(0.958 ~ 1.094)	1.787(1.116 ~ 2.861)	1.160(1.029 ~ 1.307)	2.064(1.437 ~ 2.965)
呼吸系统疾病	1.075(0.953 ~ 1.212)	1.974(1.527 ~ 2.552)	1.207(0.919 ~ 1.586)	2.658(1.156 ~ 6.111)

注:表中数据为 RR 值及其 95%CI

表 3 不同 d_f 值情况下气温对两市人群 YLL 风险的效应

地区	高 温			低 温		
	3 ^a	4	5	3	4	5
广州						
5 ^b	1.040(0.993 ~ 1.090)	1.038(0.984 ~ 1.096)	1.044(0.983 ~ 1.109)	1.525(1.352 ~ 1.953)	1.630(1.358 ~ 1.956)	1.609(1.367 ~ 2.014)
6	1.048(1.001 ~ 1.098)	1.048(0.993 ~ 1.106)	1.056(0.994 ~ 1.122)	1.535(1.267 ~ 1.859)	1.538(1.272 ~ 1.859)	1.554(1.267 ~ 1.906)
7	1.045(0.997 ~ 1.095)	1.043(0.987 ~ 1.103)	1.051(0.988 ~ 1.119)	1.495(1.215 ~ 1.838)	1.494(1.216 ~ 1.837)	1.508(1.207 ~ 1.884)
珠海						
5	1.190(1.100 ~ 1.287)	1.189(1.076 ~ 1.313)	1.170(1.044 ~ 1.311)	1.790(1.291 ~ 2.159)	1.723(1.302 ~ 2.023)	1.749(1.270 ~ 2.141)
6	1.191(1.100 ~ 1.290)	1.188(1.074 ~ 1.313)	1.171(1.045 ~ 1.313)	1.779(1.382 ~ 2.291)	1.832(1.405 ~ 2.389)	1.865(1.377 ~ 2.526)
7	1.199(1.107 ~ 1.299)	1.189(1.075 ~ 1.315)	1.168(1.041 ~ 1.310)	1.745(1.364 ~ 2.232)	1.756(1.356 ~ 2.273)	1.789(1.326 ~ 2.414)

注:同表 2; ^a表示气温 d_f 参数值; ^b表示时间 d_f/年参数值

应能力;相反,该地区人群对低温的防护和适应不足,所以造成低温对健康的危害更大^[18]。该结果提示在亚热带地区低温导致的健康影响不容忽视,应加强对脆弱人群的保护,减少低温造成不良影响。

本研究还发现,广州地区低温对男性的影响大于女性,这与此前关于低温对死亡人数的研究发现女性是低温的脆弱人群的结果不一致^[19-20]。分析原因可能是女性的期望寿命高于男性,老年人特别是高龄老年人群女性的比例较高。因此,在以往的研究中可能高估了气温对女性的影响。应利用更大样本进一步对不同性别人群按年龄分层进行分析验证。

通过年龄分层分析发现,气温对 ≥65 岁人群 YLL 的影响要大于 <65 岁人群,即老年人群为极端气温的脆弱人群,这与此前研究结果一致^[4,20]。其主要原因是老年人体温调节能力减弱,对气温的适应能力降低,况且老年人往往合并一种或多种基础性疾病,容易受极端天气的影响。

国内外关于不同死因的气温-死亡人数关系研究表明,气温对心血管疾病和呼吸道疾病患者均有显著影响。然而,关于低温对不同疾病人群的影响结果不一致,如 Braga 等^[21]及 Yi 和 Chan^[12]分别对美

国 12 城市和中国香港的研究显示,心血管疾病的死亡风险大于呼吸系统疾病,而 O'Neill 等^[22]在芝加哥的一项研究发现,心血管疾病死亡风险小于呼吸系统疾病。造成这种差异的原因尚不明确,可能与不同地区的气候模式和社会经济状况不同有关。目前尚未见气温对于不同疾病 YLL 影响的报道。本研究显示,低温对心血管疾病和呼吸系统疾病的 YLL 均有明显的影响,但对呼吸系统疾病的影响大于心血管疾病。该结果提示在极端气候事件来临之前,要加强对既往患有慢性疾病人群(如呼吸系统疾病和心血管疾病患者)的保护,防止这些脆弱人群受到极端气温的危害。

本研究未控制空气污染物对分析结论的影响。有研究显示空气污染水平(如 PM₁₀、NO₂ 和 SO₂)与人群死亡存在密切相关性^[23],但也有研究认为空气污染对死亡的效应远小于气温的效应,不会产生大的混杂偏倚^[24]。此外,流感等传染性因素可能对气温-YLL 关系产生混杂偏倚,但尚未有能综合反映呼吸道传染流行的指标,故本文亦未控制此方面的混杂。

参 考 文 献

[1] Song X, Zhang Z, Chen Y, et al. Spatiotemporal changes of

- global extreme temperature events (ETEs) since 1981 and the meteorological causes[J]. *Nat Hazards*, 2014, 70(2):975-994.
- [2] Ma WJ. Strengthen the climate change and health research to reduce the risk of health[J]. *Chin J Prev Med*, 2012, 46(10):876-878. (in Chinese)
马文军. 加强气候变化与健康研究以降低健康风险[J]. *中华预防医学杂志*, 2012, 46(10):876-878.
- [3] Anderson BG, Bell ML. Weather-related mortality: how heat, cold, and heat waves affect mortality in the United States [J]. *Epidemiology*, 2009, 20(2):205-229.
- [4] Ma WJ, Chen RJ, Kan HD. Temperature-related mortality in 17 large Chinese cities: how heat and cold affect mortality in China [J]. *Environ Res*, 2014, 134:127-133.
- [5] Yang J, Ou CQ, Ding Y, et al. Daily temperature and mortality: a study of distributed lag non-linear effect and effect modification in Guangzhou[J]. *Environ Health*, 2012, 11:63.
- [6] Yan QH, Zhang YH, Ma WJ, et al. Association between temperature and daily mortality in Guangzhou, 2006-2009: a time-series study [J]. *Chin J Epidemiol*, 2011, 32(1):9-12. (in Chinese)
严青华, 张永慧, 马文军, 等. 广州市 2006—2009 年气温与居民每日死亡人数的时间序列研究[J]. *中华流行病学杂志*, 2011, 32(1):9-12.
- [7] Huang CR, Barnett AG, Wang XM, et al. The impact of temperature on years of life lost in Brisbane, Australia [J]. *Nature Climate Change*, 2012, 2(4):265-270.
- [8] Huang CR, Barnett AG, Wang XM, et al. Effects of extreme temperatures on years of life lost for cardiovascular deaths: a time series study in Brisbane, Australia [J]. *Cir Cardiovasc Qual Outcomes*, 2012, 5(5):609-614.
- [9] World Health Organization (WHO). Life tables by country China, 2014 [DB/OL]. [2014-09-10]. <http://www.apps.who.int/gho/data/view.main60340?lang=en#>.
- [10] Gasparrini A, Armstrong B, Kenward MG. Distributed lag non-linear models[J]. *Stat Med*, 2010, 29(21):2224-2234.
- [11] Liu ZW. Akaike Information Criterion and its significance[J]. *Mat Pract Theor*, 1980, 1(3):64-72. (in Chinese)
刘璋温. 赤池信息量准则 AIC 及其意义[J]. *数学的实践与认识*, 1980, 1(3):64-72.
- [12] Yi W, Chan APC. Effects of temperature on mortality in Hong Kong: a time series analysis[J]. *Int J Biometeorol*, 2014, 59(7):927-936.
- [13] Ma WJ, Wang LJ, Lin HL, et al. The temperature-mortality relationship in China: an analysis from 66 Chinese communities [J]. *Environ Res*, 2015, 137:72-77.
- [14] Baccini M, Biggeri A, Accetta G, et al. Heat effects on mortality in 15 European cities[J]. *Epidemiology*, 2008, 19(5):711-719.
- [15] Hajat S, Armstrong BG, Gouveia N, et al. Mortality displacement of heat-related deaths: a comparison of Delhi, São Paulo, and London[J]. *Epidemiology*, 2005, 16(5):613-620.
- [16] Xie HY, Ma WJ, Zhang YH, et al. The short-term effect of temperature on non-accidental mortality in Guangzhou, Changsha and Kunming[J]. *Chin J Prev Med*, 2014, 48(1):38-43. (in Chinese)
谢慧妍, 马文军, 张永慧, 等. 广州、长沙、昆明气温对非意外死亡的短期效应研究[J]. *中华预防医学杂志*, 2014, 48(1):38-43.
- [17] Xie HY, Yao ZB, Zhang YH, et al. Short-term effects of the 2008 cold spell on mortality in three subtropical cities in Guangdong province, China [J]. *Environ Health Perspect*, 2012, 121(2):210-216.
- [18] Analitis A, Katsouyanni K, Biggeri A, et al. Effects of cold weather on mortality: results from 15 European cities within the PHEWE project [J]. *Am J Epidemiol*, 2008, 168(12):1397-1408.
- [19] Yu W, Vaneckova P, Mengersen K, et al. Is the association between temperature and mortality modified by age, gender and socio-economic status? [J]. *Sci Total Environ*, 2010, 408(17):3513-3518.
- [20] Hu MJ, Ma WJ, Zhang YH, et al. Analysis of the impact of the Socio-economic factors on temperature-mortality association in southern China [J]. *Chin J Prev Med*, 2014, 48(5):401-405. (in Chinese)
胡梦珏, 马文军, 张永慧, 等. 社会经济因素对南方城市温度-死亡暴露反应关系的影响分析[J]. *中华预防医学杂志*, 2014, 48(5):401-405.
- [21] Braga ALF, Zanobetti A, Schwartz J. The effect of weather on respiratory and cardiovascular deaths in 12 US cities [J]. *Environ Health Perspect*, 2002, 110(9):859-865.
- [22] O'Neill MS, Zanobetti A, Schwartz J. Modifiers of the temperature and mortality association in seven US cities [J]. *A J Epidemiol*, 2003, 157(12):1074-1082.
- [23] Romieu I, Gouveia N, Cifuentes LA, et al. Multicity study of air pollution and mortality in Latin America (the ESCALA study) [J]. *Res Rep Health Eff Inst*, 2012(171):5-86.
- [24] Spickett JT, Brown HL, Rumchev K. Climate change and air quality: the potential impact on health [J]. *Asia Pac J Public Health*, 2011, 23(2 Suppl):S37-45.

(收稿日期:2014-12-05)

(本文编辑:张林东)