·调查报告与分析·

新疆维吾尔自治区 7 个死因监测点日均气温对居民非意外死亡和心脑血管系统疾病死亡 YLL 影响

邓希希[1]，廖佩花[2]，张艺[2]，王铁[3]，者炜[2]

1. 新疆医科大学公共卫生学院，乌鲁木齐 830011；
2. 新疆维吾尔自治区疾病预防控制中心，乌鲁木齐 830001；
3. 新疆维吾尔自治区气象局气候中心，乌鲁木齐 830002
通信作者：者炜，E-mail：zhewei1982@163.com

【摘　要】目的 了解新疆维吾尔自治区 7 个死因监测点日均气温对居民非意外死亡和心脑血管系统疾病死亡早死所致生命损失年（YLL）的影响，为减少日均气温造成的居民寿命损失提供科学依据。**方法** 收集中国疾病预防控制中心人口死亡信息报告系统中新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市天山区、克拉玛依市克拉玛依区、哈密市伊州区、库尔勒市、和田县、阿图什市和塔城市 7 个死因监测点 2015 年 1 月 1 日—2019 年 12 月 31 日上报的居民死因监测数据以及同期国家环境专业知识服务平台空气质量数据和新疆维吾尔自治区气象局气候中心气象因素数据，应用分布滞后非线性模型（DLNM）定量分析日均气温对居民 YLL 的影响及滞后效应，并对不同性别和年龄居民进行亚组分析以确定敏感人群。**结果** 新疆维吾尔自治区 7 个死因监测点 2015—2019 年共报告非意外死亡 57 094 例和心脑血管系统疾病死亡 26 848 例，居民非意外死亡和心脑血管系统疾病死亡每日平均 YLL 值分别为（795.18±210.15）年和（332.15±111.58）年。新疆维吾尔自治区 7 个死因监测点 2015—2019 年日均气温与居民非意外死亡和心脑血管系统疾病死亡的 YLL 值均呈一定的季节性波动，居民非意外死亡和心脑血管系统疾病死亡 YLL 的变化趋势与气温变化趋势相反，YLL 值在 1 月份和 12 月份最高。DLNM 分析结果显示，高温（>22.57℃）对总体居民 YLL 值的影响在暴露当日的效应值最大，日均气温每升高 1℃，总体居民暴露当日非意外死亡和心脑血管疾病死亡的 YLL 值分别增加 [16.021（95%*CI*=10.125 ~ 21.917）] 年和 [5.821（95%*CI*=2.579 ~ 9.063）] 年；低温（< –1.04 ℃）对总体居民 YLL 值的影响则具有滞后性，非意外死亡和心脑血管疾病死亡分别在滞后 2 d 和滞后 5 d 的效应值最大，日均气温每降低 1 ℃，居民滞后 2 d 非意外死亡和滞后 5 d 心脑血管疾病死亡的 YLL 值分别增加 [9.126（95%*CI*=0.872 ~ 17.053）] 年和 [2.739（95%*CI*=0.983 ~ 5.086）] 年。亚组分析结果显示，高温（>22.57℃）对男性居民和女性居民 YLL 值的影响在暴露当日的效应值均最大，日均气温每升高 1℃，男性居民暴露当日非意外死亡的 YLL 值增加 [7.559（95%*CI*=3.161 ~ 11.956）] 年，女性居民暴露当日非意外死亡和心脑血管疾病死亡的 YLL 值分别增加 [8.462（95%*CI*=4.994 ~ 11.930）] 年和 [3.589（95%*CI*=1.862 ~ 5.315）] 年；低温（< –1.04 ℃）对男性居民和女性居民 YLL 值的影响则具有滞后性，男性居民非意外死亡在滞后 3 d 及女性居民非意外死亡和心脑血管疾病死亡在滞后 2 d 的效应值均最大，日均气温每降低 1 ℃，男性居民滞后 3 d 非意外死亡的 YLL 值增加 [6.831（95%*CI*=0.657 ~ 13.625）] 年，女性居民滞后 7 d 和滞后 6 d 非意外死亡和心脑血管疾病死亡的 YLL 值分别增加 [4.530（95%*CI*=0.235 ~ 7.864）] 年和 [1.824（95%*CI*=0.189 ~ 3.382）] 年；高温（>22.57℃）对<65 岁居民和≥65 岁居民 YLL 值的影响在暴露当日的效应值均最大，日均气温每升高 1℃，<65 岁居民暴露当日非意外死亡的 YLL 值增加 [8.487（95%*CI*=3.398 ~ 13.577）] 年，≥65 岁居民暴露当日非意外死亡和心脑血管疾病死亡的 YLL 值分别增加 [7.524（95%*CI*=4.949 ~ 10.099）] 年和 [3.690（95%*CI*=1.884 ~ 5.497）] 年；低温（<–1.04 ℃）对<65 岁居民和≥65 岁居民 YLL 值的影响则具有滞后性，<65 岁居民非意外死亡在滞后 3 d 及≥65 岁居民非意外死亡在暴露当日和心脑血管疾病死亡在滞后 4 d 的效应值均最大，日均气温每降低 1 ℃，<65 岁居民滞后 3 d 非意外死亡的 YLL 值增加 [4.235（95%*CI*=1.583 ~ 9.648）] 年，≥65 岁居民暴露当日非意外死亡和滞后 4 d 心脑血管疾病死亡的 YLL 值分别增加 [8.277（95%*CI*=1.885 ~ 14.668）] 年和 [2.855（95%*CI*=0.273 ~ 5.192）] 年。**结论** 高温和低温均会增加新疆维吾尔自治区 7 个死因监测点居民的 YLL 且存在滞后效应，其中女性和≥65 岁居民为敏感人群。

【关键词】 日均气温；早死所致生命损失年 (YLL)；非意外死亡；心脑血管系统疾病死亡；影响；新疆维吾尔自治区

Effect of daily average temperature on years of life lost due to non-accidental mortality and cardiovascular and cerebrovascular diseases in seven mortality surveillance sites in Xinjiang Uygur Autonomous Region

DENG Xixi[1], LIAO Peihua[2], ZHANG Yi[2], WANG Tie[3], ZHE Wei[2] (*1. School of Public Health, Xinjiang Medical University, Urumqi* 830011, *China*; *2. Xinjiang Uygur Autonomous Region Center for Disease Control and Prevention, Urumqi* 830001, *China*; *3. Xinjiang Uygur Autonomous Region Meteorological Bureau Climate Centre,*

开放获取：CC BY-NC-ND 4.0　DOI：10.11847/zgggws1145398
基金项目：新疆维吾尔自治区自然科学基金（2020D01C082）
第一作者：邓希希（2000—），硕士在读，研究方向：流行病与统计学。
收稿日期：2024-07-09　修回日期：2024-11-18　录用日期：2025-01-24
利益冲突：不存在　伦理审查：免除审查　出版授权：全体作者已与编辑部签署作者贡献声明及版权转让协议

Urumqi 830002, *China*)
Corresponding author: ZHE Wei, E-mail: zhewei1982@163.com

【Abstract】 Objective To understand the impact of daily average temperature on years of life lost (YLL) due to non-accidental and cardiovascular and cerebrovascular disease deaths in seven mortality surveillance sites in Xinjiang Uyghur Autonomous Region, and to provide scientific evidence for reducing the loss of life expectancy caused by daily average temperature. Methods Mortality surveillance data for residents reported from January 1, 2015, to December 31, 2019, were collected from seven mortality surveillance sites (Tianshan district, Urumqi city; Karamay district, Karamay city; Yizhou district, Hami city; Korla city; Hotan county; Artux city; and Tacheng city) in Xinjiang Uyghur Autonomous Region through the China Center for Disease Control and Prevention's Population Mortality Information Reporting System. Air quality data from the National Environmental Expertise Service Platform and meteorological data from the Climate Center of the Xinjiang Uyghur Autonomous Region Meteorological Bureau for the same period were also collected. A distributed lag non-linear model (DLNM) was used to quantitatively analyze the impact of daily average temperature on residents' YLL and the lag effect. Subgroup analyses were conducted for different genders and age groups to identify sensitive populations. Results A total of 57 094 non-accidental deaths and 26 8484 cardiovascular and cerebrovascular disease deaths were reported in the seven mortality surveillance sites in Xinjiang Uyghur Autonomous Region from 2015 to 2019. The daily average YLL values for non-accidental deaths and cardiovascular and cerebrovascular disease deaths were (795.18±210.15) years and (332.15±111.58) years, respectively. The YLL values for both non-accidental and cardiovascular and cerebrovascular disease deaths showed a certain degree of seasonal fluctuation with daily average temperature from 2015 to 2019 in the seven surveillance sites. The trends in YLL for both causes of death were opposite to the temperature trend, with the highest YLL values occurring in January and December. DLNM analysis showed that the effect of high temperature (>22.57 °C) on the overall YLL was greatest on the day of exposure. For every 1°C increase in daily average temperature, the YLL due to non-accidental and cardiovascular and cerebrovascular disease deaths increased by [16.021 (95%*CI*: 10.125–21.917)] years and [5.821 (95%*CI*: 2.579–9.063)] years, respectively. The effect of low temperature (<−1.04°C) on overall YLL had a lag effect, with the maximum effect occurring at lag 2 days for non-accidental deaths and lag 5 days for cardiovascular and cerebrovascular disease deaths. For every 1°C decrease in daily average temperature, the YLL due to non-accidental deaths at lag 2 days and cardiovascular and cerebrovascular disease deaths at lag 5 days increased by [9.126 (95%*CI*: 0.872–17.053)] years and [2.739 (95%*CI*:0.983～ 5.086)] years, respectively. Subgroup analysis showed that the effect of high temperature (> 22.57 °C) on YLL was greatest on the day of exposure for both males and females. For every 1°C increase in daily average temperature, the YLL due to non-accidental deaths in males on the day of exposure increased by [7.559 (95%*CI*: 3.161–11.956)] years, and the YLL due to non-accidental and cardiovascular and cerebrovascular disease deaths in females on the day of exposure increased by [8.462 (95%*CI*: 4.994–11.930)] years and [3.589 (95%*CI*: 1.862–5.315)] person-years, respectively. The effect of low temperature (<−1.04 °C) on YLL had a lag effect for both males and females, with the maximum effect occurring at lag 3 days for non-accidental deaths in males and at lag 2 days for non-accidental and cardiovascular and cerebrovascular disease deaths in females. For every 1 °C decrease in daily average temperature, the YLL due to non-accidental deaths at lag 3 days in males increased by [6.831 (95%*CI*: 0.657–13.625)] years, and the YLL due to non-accidental and cardiovascular and cerebrovascular disease deaths at lag 7 days and lag 6 days in females increased by [4.530 (95%*CI*: 0.235–7.864)] years and [1.824 (95%*CI*: 0.189–3.382)] years, respectively. The effect of high temperature (>22.57 °C) on YLL was greatest on the day of exposure for both residents aged <65 years and ⩾65 years. For every 1°C increase in daily average temperature, the YLL due to non-accidental deaths on the day of exposure increased by [8.487 (95%*CI*: 3.398–13.577)] years for residents aged <65 years, and the YLL due to non-accidental and cardiovascular and cerebrovascular disease deaths on the day of exposure increased by [7.524 (95%*CI*: 4.949–10.099)] person-years and [3.690 (95%*CI*: 1.884–5.497)] person-years, respectively, for residents aged ⩾65 years. The effect of low temperature (< −1.04 °C) on YLL had a lag effect for both residents aged <65 years and ⩾65 years, with the maximum effect occurring at lag 3 days for non-accidental deaths in residents aged <65 years and on the day of exposure for non-accidental deaths and at lag 4 days for cardiovascular and cerebrovascular disease deaths in residents aged ⩾65 years. For every 1 °C decrease in daily average temperature, the YLL due to non-accidental deaths at lag 3 days in residents aged <65 years increased by [4.235 (95%*CI*: 1.583–9.648)] years, and the YLL due to non-accidental deaths on the day of exposure and cardiovascular and cerebrovascular disease deaths at lag 4 days in residents aged ⩾65 years increased by [8.277 (95%*CI*: 1.885–14.668)] years and [2.855 (95%*CI*: 0.273–5.192)] years, respectively. Conclusions Both high and low temperatures increase YLL in residents of the seven mortality surveillance sites in Xinjiang Uyghur Autonomous Region, with a lag effect. Females and residents aged ⩾65 years are sensitive populations.

【Keywords】 daily average temperature; years of life lost (YLL) due to premature mortality; non-accidental mortality; cardiovascular and cerebrovascular disease mortality; impact; Xinjiang Uygur Autonomous Region

近年来，全球气候变暖趋势仍在持续，中国气象局发布的《中国气候变化蓝皮书（2023）》报告称，2022 年全球平均气温较工业革命前上升了 1.13 ℃[1]，气候变化所带来的健康问题不仅是未来的潜在威胁，目前已然成为 21 世纪亟待应对的严峻挑战[2–3]。多项流行病学研究表明，环境温度与人群死亡之间存在显著相关性，无论是高温还是低温均可能增加人们的死亡风险[4–6]，但气温对健康的影响并非立即显现，而是具有一定的滞后效应[7]。现有研究通常采用死亡率指标评估温度与人口健康之间的关系，然而在计算死亡率时，每个死亡都被视为同等重要，因此在评估不同年龄组之间的 2 个变量关系时常常忽略过早死亡的影响[8]。早死所致生命损失年（years of life lost，YLL）考虑了过早死亡和死亡时的预期寿命，能更准确地反映气温因素对人群的影响[9]，是一种可以更精确和全面评估疾病负担的方法。为了解新疆维吾尔自治区 7 个死因监测点日均气温对居民非意外死亡和心脑血管系统疾病死亡 YLL 的影响，为减少日均气温造成的居民寿命损失提供科学依据，本研究收集中国疾病预防控制中心人口死亡信息报告系统中新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市天山区、克拉玛依市克拉玛依区、哈密市伊州区、库尔勒市、和田县、阿图什市和塔城市 7 个死因监测点 2015 年 1 月 1 日—2019 年 12 月 31 日上报的居民死因监测数据以及同期国家环境专业知识服务平台空气质量数据和新疆维吾尔自治区气象局气候中心气象因素数据，应用分布滞后非线性模型（distributed lag nonlinear model，DLNM）定量分析日均气温对居民 YLL 的影响及滞后效应，并对不同性别和年龄居民进行亚组分析以确定敏感人群。结果报告如下。

1 资料与方法

1.1 资料来源 收集中国疾病预防控制中心人口死亡信息报告系统中新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市天山区、克拉玛依市克拉玛依区、哈密市伊州区、库尔勒市、和田县、阿图什市和塔城市 7 个死因监测点 2015 年 1 月 1 日—2019 年 12 月 31 日上报的居民死因监测数据。按照《疾病和有关健康问题的国际统计分类》第十版（International Statistical Classification of Disease，10th Revision，ICD-10）[10] 选取 ICD-10 编码为非意外死亡（A00～R99）和心脑血管系统疾病死亡（I00～I99）的相关数据进行分析。同期大气污染物数据来源于国家环境专业知识服务平台（http://envi.ckcest.cn/environment），包括细颗粒物（fine particulate matter，$PM_{2.5}$）、可吸入颗粒物（inhalable particulate matter，PM_{10}）、一氧化碳（carbon monoxide，CO）、臭氧（ozone，O_3）、二氧化硫（sulfur dioxide，SO_2）和二氧化氮（nitrogen dioxide，NO_2）等，以研究地区大气污染物日均浓度值作为研究人群日均暴露水平，其中 O_3 为最大 8 h 平均浓度均值（ozone-8 hour，O_3-8 h），其他为 24 h 平均浓度均值。同期气象监测数据来源于新疆维吾尔自治区气象局气候中心，包括日均气温、湿度、风速和气压等。

1.2 统计分析 采用 Excel 2016 建立数据库，应用 SPSS 25.0 和 R 3.6.3 软件进行统计分析。按照 2017 年全球疾病负担研究（Global Burden of Disease，GBD 2017）中提供的最小风险参考寿命图[11] 计算出不同性别、年龄、疾病种类死亡的每日 YLL 值。建立基于高斯分布的模型分析日均气温对 YLL 的影响，在对时间趋势、周末效应、气压以及相对湿度等可能的干扰因素进行控制之后，模型公式为：$E(YLL_t)\ YLL = \beta\,Temp + ns(Time, df) + ns(H, df) + ns(P, df) + DOW + \alpha$。式中，$YLL_t$ 代表第 t 天的日非意外死亡或日心脑血管疾病死亡的 YLL 值；Temp 代表每日的日均温度；β 代表用来衡量气温影响的系数；Time 代表长期趋势；H 代表相对湿度；P 代表平均气压；df 为自由度；ns 为关于时间的自然立方样条函数，用于控制长期趋势和季节趋势；DOW 代表星期几效应；α 为截距。在最终确定的模型中，根据既往研究[12] 和赤池信息准则（akaike information criterion，AIC）[13] 设定时间趋势的 df 为 7/年，污染物和其他气象因素的 df 都被设定为 3，气温的最长滞后天数被设定为 30 d。本研究以日均气温的 P_{75}（22.57 ℃）和 P_{25}（−1.04 ℃）分别作为高温和低温的气温截点，绘制日均气温对居民非意外死亡和心脑血管系统疾病死亡 YLL 值的滞后效应图。检验水准为双侧检验 α=0.05。

2 结 果

2.1 新疆维吾尔自治区 7 个死因监测点 2015—2019 年死亡数、每日 YLL 及大气污染物和气象因素基本特征（表 1、2） 新疆维吾尔自治区 7 个死因监测点居民 2015—2019 年共报告非意外死亡 57 094 例，日均非意外死亡 31 例；男性 33 773 例（59.15%），女性 23 321 例（40.85%）；年龄 <65 岁 19 394 例（33.97%），≥65 岁 37 700 例（66.03%）。新疆维吾尔自治区 7 个死因监测点居民 2015—2019 年共报告心脑血管系统疾病死亡 26 848 例，日均心脑血管系统疾病死亡 15 例；男性 15 901 例（59.23%），女性 10 947 例（40.77%）；年龄<65 岁 8 218 例（30.61%），≥65 岁 18 630 例（69.39%）。新疆维吾尔自治区居民 2015—2019 年不同性别、年龄、疾病种类死亡的每日 YLL 值具体见表 1，同期大气污染物和气象因素基本特征见表 2。

2.2 新疆维吾尔自治区 7 个死因监测点 2015—2019 年日均气温及非意外死亡和心脑血管系统疾病死亡 YLL 的月份分布（图 1） 新疆维吾尔自治区 7 个死因监测点 2015—2019 年日均气温及居民非意外死亡和心脑血管系统疾病死亡 YLL 均呈一定的季节性波动，居民非意外死亡和心脑血管系统疾病死亡 YLL 的变化趋势与气温变化趋势相反，非意外死亡和心脑血管系统疾病死亡主要集中在春冬季节，YLL 值在 1 月份和 12 月份最高（见图 1）。

表 1 新疆维吾尔自治区 7 个死因监测点居民 2015—2019 年非意外死亡和心脑血管系统疾病死亡每日 YLL/年
Table 1 Daily years of life lost (YLL) due to non-accidental deaths and cardiovascular and cerebrovascular diseases in residents of seven mortality surveillance sites in Xinjiang Uygur Autonomous Region from 2015 to 2019

项目	$\bar{x}\pm s$	Min	P_{25}	M	P_{75}	Max
非意外死亡	795.18±210.15	277.21	639.80	784.58	920.94	1 733.18
男性	486.71±151.87	117.48	377.91	474.57	581.13	1 176.57
女性	308.46±119.78	28.27	220.23	294.79	382.48	810.67
<65岁	472.33±175.64	63.30	340.74	461.04	578.38	1 225.08
≥65岁	322.84±91.48	74.42	259.44	315.32	379.71	767.90
心脑血管系统疾病死亡	332.15±111.58	65.73	252.09	320.49	400.29	799.42
男性	211.26±84.99	20.96	150.29	202.59	262.97	517.53
女性	120.89±61.24	0.00	76.85	113.09	158.11	358.63
<65岁	173.40±88.65	0.00	106.80	164.52	228.07	547.93
≥65岁	158.75±59.82	0.00	115.24	155.33	196.98	450.68

表 2 新疆维吾尔自治区 7 个死因监测点 2015—2019 年大气污染物和气象因素基本特征
Table 2 Basic characteristics of air pollutants and meteorological factors in seven mortality surveillance sites in Xinjiang Uygur Autonomous Region from 2015 to 2019

项目	分类	$\bar{x}\pm s$	Min	P_{25}	M	P_{75}	Max
大气污染物	$PM_{2.5}$/(μg/m³)	52.26±31.88	11.80	29.12	43.82	67.61	314.90
	PM_{10}/(μg/m³)	142.30±93.30	35.20	90.73	120.13	161.53	1 214.60
	CO/(mg/m³)	1.18±0.57	0.39	0.74	0.99	1.54	3.31
	O_3/(μg/m³)	87.35±27.13	24.56	63.86	86.35	108.62	164.14
	SO_2/(μg/m³)	11.83±8.06	3.38	7.56	10.09	13.85	92.59
	NO_2/(μg/m³)	32.91±11.48	11.71	23.80	31.01	40.47	102.18
气象因素	日均气温/℃	10.80±12.91	−16.53	−1.04	13.38	22.57	33.20
	湿度/%	48.60±13.96	13.96	37.70	46.48	59.16	82.23
	风速/(m/s)	1.96±0.53	0.88	1.57	1.92	2.27	4.46
	气压/hPa	914.41±10.36	731.16	908.76	914.40	920.20	939.94

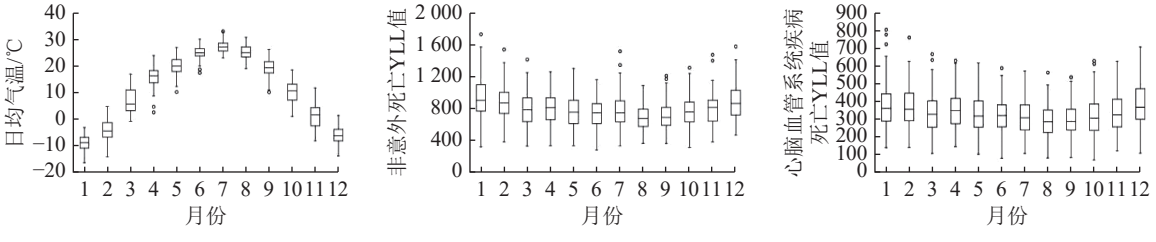


图 1 新疆维吾尔自治区 7 个死因监测点 2015—2019 年日均气温及非意外死亡和心脑血管系统疾病死亡 YLL 的月份分布图

Fig. 1 Monthly distribution of daily average temperature and years of life lost (YLL) due to non-accidental deaths and cardiovascular and cerebrovascular diseases in seven mortality surveillance sites in Xinjiang Uygur Autonomous Region from 2015 to 2019

2.3 日均气温与居民非意外死亡和心脑血管系统疾病死亡 YLL 的暴露–滞后–反应关系（图 2） 以新疆维吾尔自治区 7 个死因监测点 2015—2019 年中位数日均气温（13.38 ℃）作为参照值绘制 2015—2019 年日均气温在不同滞后时间下（0～30 d）与居民非意外死亡和心脑血管系统疾病死亡 YLL 值关联的三维图。结果显示，日均气温与居民非意外死亡和心脑血管系统疾病死亡 YLL 值之间均存在显著非线性关系，高温和低温均可导致居民非意外死亡和心脑血管系统疾病

死亡 YLL 的增加，其中高温表现为急性效应，以暴露当日效应最大，但持续时间较短；低温则效应具有滞后性，对 YLL 值的影响通常在滞后 2～4 d 开始出现，随着滞后时间的增加，效应先增大而后减小（见图 2）。

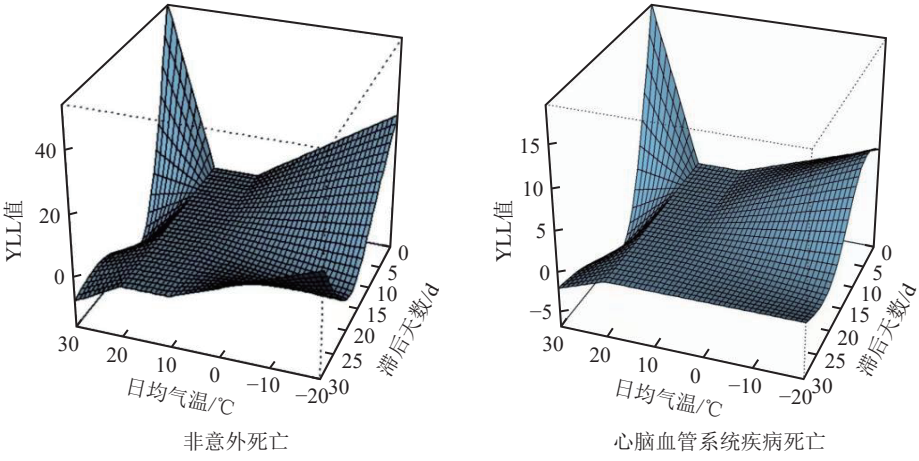


图 2　日均气温与居民非意外死亡和心脑血管系统疾病死亡 YLL 的暴露–滞后–反应关系曲线

Fig. 2　Exposure-lag-response relationship curves between daily average temperature and years of life lost (YLL) due to non-accidental and cardiovascular and cerebrovascular diseases

2.4　日均气温对居民非意外死亡和心脑血管系统疾病死亡 YLL 影响的单日滞后效应（图 3）　DLNM 分析结果显示，高温对居民 YLL 值的影响在暴露当日即产生效应且效应值为最大，随后逐渐下降，效应仅持续 5 d；日均气温每升高 1 ℃，居民暴露当日非意外死亡和心脑血管疾病死亡的 YLL 值分别增加 [16.021（95%*CI*=10.125～21.917）] 年和 [5.821（95%*CI*=2.579～9.063）] 年。而低温对居民 YLL 值的影响则具有滞后性，非意外死亡 YLL 值在滞后 2～6 d 上升，滞后 2 d 效应值为最大，日均气温每降低 1 ℃，居民滞后 2 d 非意外死亡的 YLL 值增加 [9.126（95%*CI*=0.872～17.053）] 年；心脑血管系统疾病死亡 YLL 值在滞后 4～5 d 上升，滞后 5 d 效应值为最大，日均气温每降低 1 ℃，居民滞后 5 d 心脑血管疾病死亡的 YLL 值增加 [2.739（95%*CI*=0.983～5.086）] 年（见图 3）。

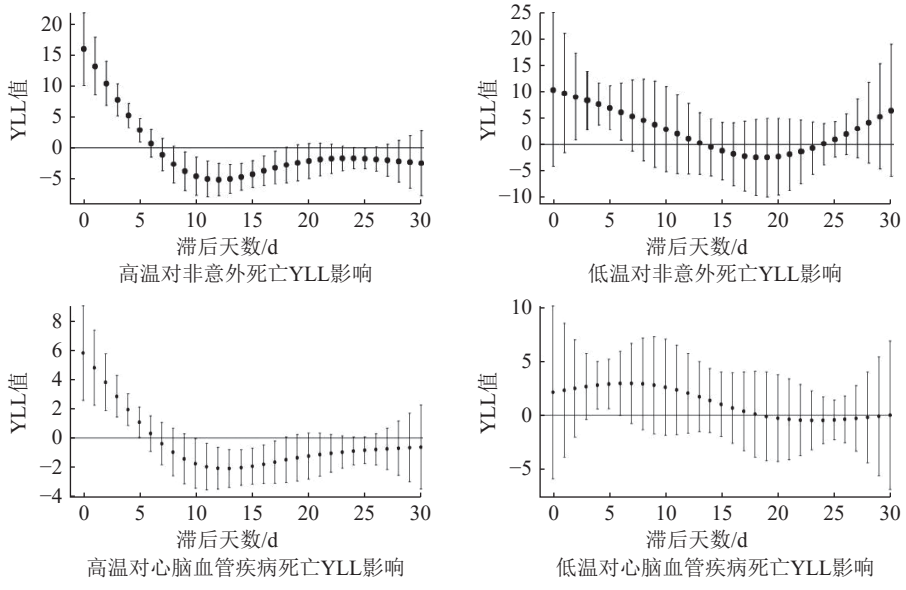


图 3　高温和低温对居民意外死亡和心脑血管疾病死亡 YLL 影响的滞后效应

Fig. 3　Lagged effects of high and low temperatures on years of life lost (YLL) due to accidental deaths and cardiovascular and cerebrovascular diseases

2.5　日均气温对不同性别居民意外死亡和心脑血管疾病死亡 YLL 影响的单日滞后效应

2.5.1　日均气温对男性居民意外死亡和心脑血管疾病死亡 YLL 影响（图 4）　高温对男性居民 YLL 值的影响在暴露当日即产生效应且效应值为最大，随后逐渐下降，效应仅持续 4 d；日均气温每升高 1 ℃，男性居民暴露当日非意外死亡的 YLL 值增加 [7.559（95%*CI*=3.161～11.956）] 年。低温对男性居民非意外死亡 YLL 值的影响在滞后 2～4 d 上升，在滞后 3 d 的效应值为最大；日均气温

每降低 1 ℃，男性居民滞后 2 d 非意外死亡的 YLL 值增加 [6.831（95%*CI*=0.657～13.625）] 年。高温和低温对男性居民心脑血管系统疾病死亡 YLL 影响的单日滞后效应差异均无统计意义（均 *P*>0.05）（见图 4）。

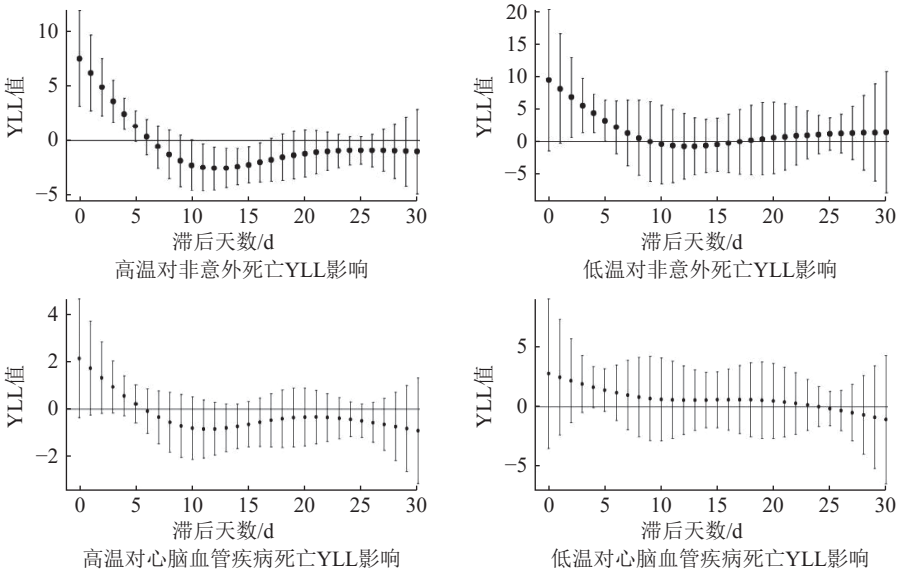


图 4　高温和低温对男性居民意外死亡和心脑血管疾病死亡 YLL 影响的滞后效应

Fig. 4　Lagged effects of high and low temperatures on years of life lost (YLL) due to accidental deaths and cardiovascular and cerebrovascular diseases in male residents

2.5.2　日均气温对女性居民意外死亡和心脑血管疾病死亡 YLL 影响（图 5）　高温对女性居民 YLL 值的影响在暴露当日即产生效应且效应值为最大，随后逐渐下降，效应仅持续 5 d；日均气温每升高 1 ℃，女性居民暴露当日非意外死亡和心脑血管疾病死亡的 YLL 值分别增加 [8.462（95%*CI*=4.994～11.930）] 年和 [3.589（95%*CI*=1.862～5.315）] 年。低温对女性居民非意外死亡和心脑血管疾病死亡 YLL 值的影响分别在滞后 4～7 d 和 5～6 d 上升，分别在滞后 7 d 和 6 d 的效应值为最大；日均气温每降低 1 ℃，女性居民滞后 7 d 和滞后 6 d 非意外死亡和心脑血管系统疾病死亡的 YLL 值分别增加 [4.530（95%*CI*=0.235～7.864）] 年和 [1.824（95%*CI*=0.189～3.382）] 年（见图 5）。

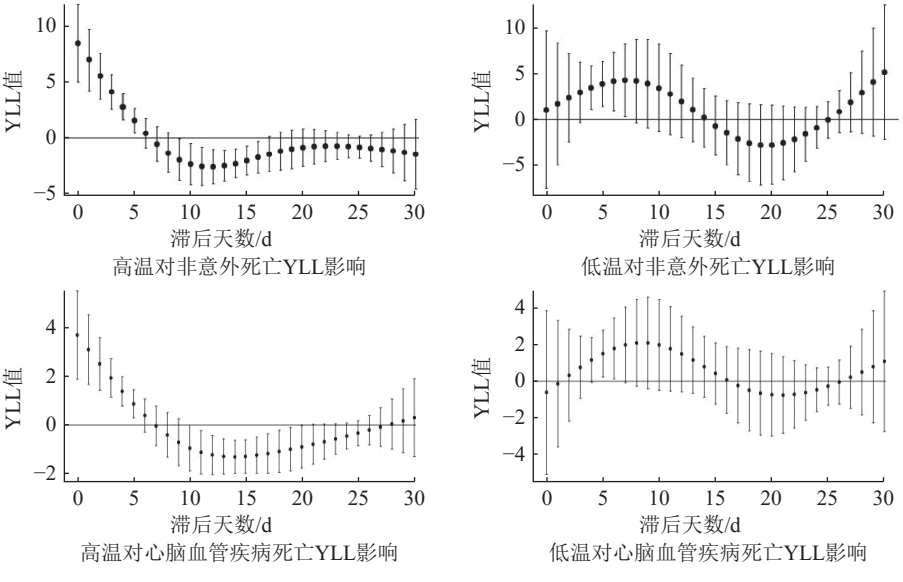


图 5　高温和低温对女性居民意外死亡和心脑血管疾病死亡 YLL 影响的滞后效应

Fig. 5　Lagged effects of high and low temperatures on years of life lost (YLL) due to accidental deaths and cardiovascular and cerebrovascular diseases in female residents

2.6　日均气温对不同年龄居民意外死亡和心脑血管疾病死亡 YLL 影响的单日滞后效应

2.6.1　日均气温对<65 岁居民意外死亡和心脑血管疾病死亡 YLL 影响（图 6）　高温对<65 岁居民 YLL 值的影响在暴露当日即产生效应且效应值为最大，随后逐渐下降，效应仅持续 4 d；日均气温每升高 1 ℃，<65 岁居民暴露当日非意外死亡的 YLL 值增加 [8.487（95%*CI*=3.398～13.577）] 年。

低温对<65 岁居民非意外死亡 YLL 值的影响在滞后 5～6 d 上升，在滞后 6 d 的效应值为最大；日均气温每降低 1 ℃，<65 岁居民滞后 6 d 非意外死亡的 YLL 值增加 [4.235（95%*CI*=1.583～9.648）] 年。高温和低温对<65 岁居民心脑血管系统疾病死亡 YLL 影响的单日滞后效应差异均无统计意义（均 *P*>0.05）（见图 6）。

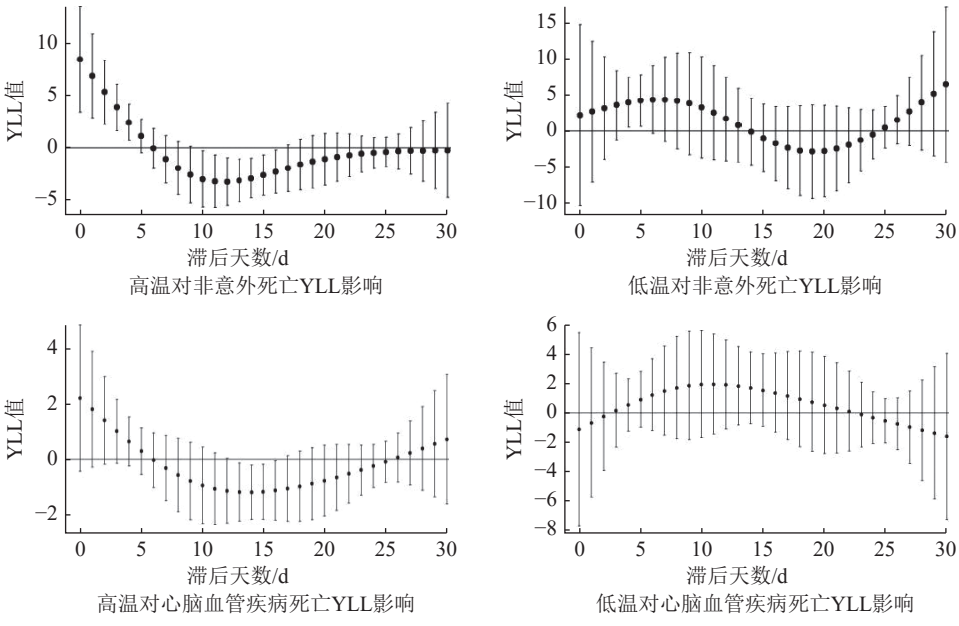


图 6　高温和低温对<65 岁居民意外死亡和心脑血管疾病死亡 YLL 影响的滞后效应

Fig. 6　Lagged effects of high and low temperatures on years of life lost (YLL) due to accidental deaths and cardiovascular and cerebrovascular diseases in residents younger than 65 years old

2.6.2　日均气温对≥65 岁居民意外死亡和心脑血管疾病死亡 YLL 影响（图 7）　高温对≥65 岁居民 YLL 值的影响在暴露当日即产生效应且效应值为最大，随后逐渐下降，效应仅持续 5 d；日均气温每升高 1 ℃，≥65 岁居民暴露当日非意外死亡和心脑血管疾病死亡的 YLL 值分别增加 [7.524（95%*CI*=4.949～10.099）] 年和 [3.690（95%*CI*=1.884～5.497）] 年。低温对≥65 岁居民非意外死亡和心脑血管疾病死亡 YLL 值的影响分别在滞后 0～5 d 和 2～6 d 上升，分别在暴露当日和滞后 4 d 的效应值为最大；日均气温每降低 1 ℃，≥65 岁居民暴露当日非意外死亡和滞后 4 d 心脑血管系统疾病死亡的 YLL 值分别增加 [8.277（95%*CI*=1.885～14.668）] 年和 [2.855（95%*CI*=0.273～5.192）] 年（见图 7）。

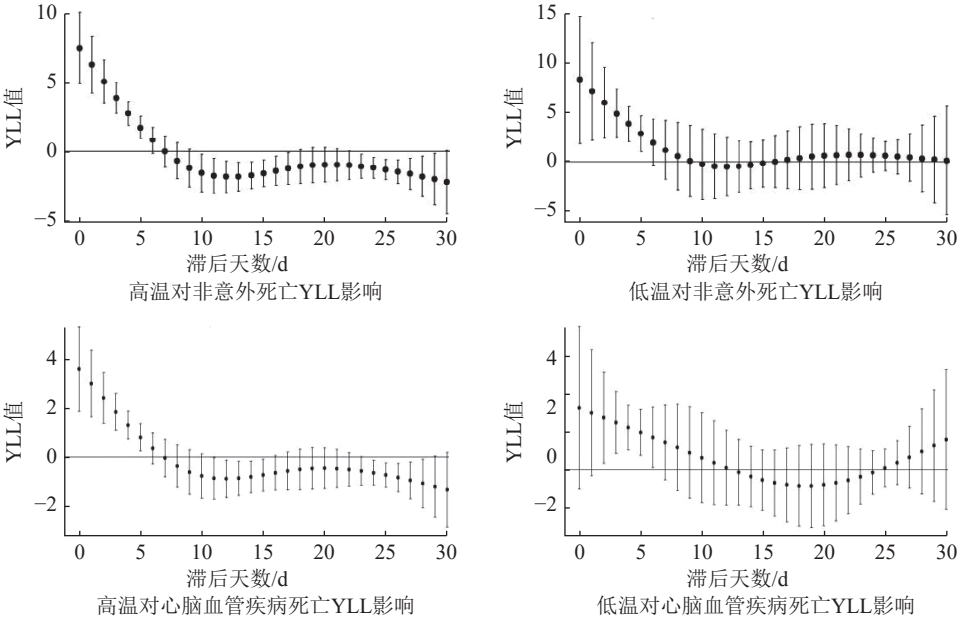


图 7　高温和低温对≥65 岁居民意外死亡和心脑血管疾病死亡 YLL 影响的滞后效应

Fig. 7　Lagged effects of high and low temperatures on years of life lost (YLL) due to accidental deaths and cardiovascular and cerebrovascular diseases in residents aged 65 years and older

3 讨　论

本研究采用 DLNM 模型分析新疆维吾尔自治区 7 个死因监测点 2015—2019 年日均气温对居民非意外死亡和心脑血管疾病死亡 YLL 的影响。结果显示，高温和低温均可增加居民非意外死亡和心脑血管疾病死亡的 YLL 值，与既往研究结果相似[14]，这一现象的生物学机制尚未完全阐明，可能涉及多种生理过程。例如暴露在高温环境中会导致胆固醇水平和血液浓度升高，而暴露在低温环境中则可能减少皮肤的血液供应，使更多血液流向核心器官以维持体温。这些变化均会增加体温调节系统的负担，在严重情况下可能导致生理功能失常，甚至危及生命[15-16]。

在探讨滞后效应时，本研究结果显示，高温对居民非意外死亡和心脑血管疾病死亡 YLL 的影响是即时、迅速的，其效应在暴露当日即显现，但仅持续 5 d；而低温的滞后效应则显得较为迟缓，非意外死亡和心脑血管系统疾病死亡 YLL 值分别在滞后 2～6 d 和 4～5 d 上升。江苏省无锡市的研究表明，高温对非意外死亡 YLL 的影响在滞后 0～3 d 存在，低温的影响在滞后 3 d 才出现且持续 14 d[17]；而甘肃省兰州市的研究则表明，低温在滞后 1 周后才对 YLL 产生影响，此效应可持续至滞后 30 d，高温则在滞后 7 d 内均有影响[18]。不同地区研究结果存在差异可能与气候条件、人口结构、经济发展水平以及居民身体适应能力等因素有关[19]。

有研究表明，性别和年龄在调节人群对高温和低温的敏感性方面发挥作用[20]。本研究通过对不同性别居民进行亚组分析发现，男性居民较女性居民因气温变化导致的死亡效应较低，与既往研究[21-22]结果一致。这种性别间的敏感性差异可能归因于生理结构的不同、社会角色分配的差异以及环境暴露机会的不均等[23]。本研究通过对不同年龄居民进行亚组分析发现，高温和低温对≥65 岁居民 YLL 的影响较<65 岁居民更为显著，即老年人更易受气温变化的影响，这一结论与既往研究[24-25]结果一致。造成这种差异的原因可能是因为老年人的体温调节能力相对较弱，对气候的适应能力较差，加之免疫力下降，因此更容易受极端天气的影响[26]。此外，≥65 岁居民患慢性病的比例明显较高[27]，而极端气温可能会导致个体面临的健康问题和慢性病患病风险的增加。

综上所述，高温和低温均可增加新疆维吾尔自治区 7 个死因监测点居民非意外死亡和心脑血管系统疾病死亡的 YLL。其中，女性和≥65 岁居民更易受极端气温的影响，为敏感人群。因此，今后在应对极端气温影响时应注意区分高温和低温，及时采取相应的预防措施，如，建立高温热浪预警系统以及确保足够的医疗资源如救护车、医疗设施和药品等以迎接高温天气的挑战；在寒潮来临时密切关注寒潮后几天的健康状况，并延长医疗服务时间以保障居民健康。此外，在气温变化时还要增强对敏感人群的保护，防止其受到极端气温的危害。但本研究仍存在一定的局限性：首先，本研究仅对新疆维吾尔自治区 7 个死因监测点的数据进行了分析，因此研究结果在外推时需谨慎；其次，由于本研究采用的为回顾性分析方法，因此不可避免地会面临死亡案例报告不全的问题，这可能会造成一些偏倚；再次，本研究使用日均气温代表居民的暴露程度，这也可能产生一定的偏差；最后，本研究属于生态学研究，并未考虑个体的既往病史和吸烟习惯等因素，而这些因素的差异可能对研究结果产生影响。因此，在今后的研究中应适当增加研究区域并综合更全面的个体暴露因素进行更深入分析以进一步验证和完善现有研究结果，为制定更有效的公共卫生政策和预防措施提供科学依据。

参考文献

[1] 中国气象局气候变化中心. 中国气候变化蓝皮书 2023[M]. 北京: 科学出版社, 2023: 110.

[2] 马文军, 刘涛, 黄存瑞. 加强气候变化健康影响的机制研究, 提高气候变化风险应对与适应能力 [J]. 环境与职业医学, 2022, 39(3): 237-239.

[3] Tong S L, Olsen J, Kinney P L. Climate change and temperature-related mortality: implications for health-related climate policy[J]. Biomedical and Environmental Sciences, 2021, 34(5): 379-386.

[4] Fan J F, Xiao Y C, Feng Y F, et al. A systematic review and meta-analysis of cold exposure and cardiovascular disease outcomes[J]. Frontiers in Cardiovascular Medicine, 2023, 10: 1084611.

[5] Alam M, Mahtab A S M, Ahmed M R, et al. Characterizing cold days and spells and their relationship with cold-related mortality in bangladesh[J]. Sensors, 2023, 23(5): 2832.

[6] Zhao J H, Zhang Y M, Ni Y, et al. Effect of ambient temperature and other environmental factors on stroke emergency department visits in Beijing: a distributed lag non-linear model[J]. Frontiers in Public Health, 2022, 10: 1034534.

[7] Su X M, Song H J, Cheng Y B, et al. The mortality burden of nervous system diseases attributed to ambient temperature: a multi-city study in China[J]. Science of the Total Environment, 2021, 800: 149548.

[8] Xu X, Chen Z S, Huo X Y, et al. The effects of temperature on human mortality in a Chinese city: burden of disease calculation, attributable risk exploration, and vulnerability identification[J]. International Journal of Biometeorology, 2019, 63(10): 1319-1329.

[9] Hu J X, Hou Z L, Xu Y J, et al. Life loss of cardiovascular diseases per

death attributable to ambient temperature: a national time series analysis based on 364 locations in China[J]. Science of the Total Environment, 2021, 756: 142614.

[10] 北京协和医院世界卫生组织国际分类家族合作中心. 疾病和有关健康问题的国际统计分类第十次修订本 (ICD-10)[M]. 董景五, 译. 2 版. 北京: 人民卫生出版社, 2008.

[11] GBD 2017 Causes of Death Collaborators. Global, regional, and national age-sex-specific mortality for 282 causes of death in 195 countries and territories, 1980–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017[J]. The Lancet, 2018, 392(10159): 1736-1788.

[12] Gasparrini A. Distributed lag linear and non-linear models in R: the package dlnm[J]. Journal of Statistical Software, 2011, 43(8): 1-20.

[13] Guo Y M, Barnett A G, Pan X C, et al. The impact of temperature on mortality in Tianjin, China: a case-crossover design with a distributed lag nonlinear model[J]. Environmental Health Perspectives, 2011, 119(12): 1719-1725.

[14] Lv L S, Zhou C L, Jin D H, et al. Impact of ambient temperature on life loss per death from cardiovascular diseases: a multicenter study in central China[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2022, 29(11): 15791-15799.

[15] Ma Y Q, Zhou L, Chen K. Burden of cause-specific mortality attributable to heat and cold: a multicity time-series study in Jiangsu Province, China[J]. Environment International, 2020, 144: 105994.

[16] Achebak H, Devolder D, Ingole V, et al. Reversal of the seasonality of temperature-attributable mortality from respiratory diseases in Spain[J]. Nature Communications, 2020, 11(1): 2457.

[17] 刘佳, 钱云, 周伟杰, 等. 无锡市气温对非意外死亡及寿命损失年影响的时间序列分析 [J]. 中华疾病控制杂志, 2019, 23(6): 673-678.

[18] 郭蕾. 兰州市气温与大气污染物对居民寿命损失年的影响研究 [D]. 兰州: 兰州大学, 2019.

[19] Liu T, Zhou C L, Zhang H M, et al. Ambient temperature and years of life lost: a national study in China[J]. Innovation, 2021, 2(1): 100072.

[20] Cheng J, Ho H C, Su H, et al. Low ambient temperature shortened life expectancy in Hong Kong: a time-series analysis of 1.4 million years of life lost from cardiorespiratory diseases[J]. Environmental Research, 2021, 201: 111652.

[21] 陈敏, 孟显峰, 金丽君, 等. 潍坊市环境温度对人群非意外死亡风险的影响 [J]. 环境与健康杂志, 2024, 41(8): 706-709.

[22] 牛彦麟, 杨军, 林华亮, 等. 高温热浪对北京市居民死亡影响附加效应 [J]. 中国公共卫生, 2022, 38(3): 344-350.

[23] Wang Y J, Ding Z, Deng C Y, et al. Years of life lost with premature death due to ambient temperatures in a southwest plateau region of China: a cause-specific and individual characteristics stratified mortality study[J]. International Journal of Biometeorology, 2020, 64(8): 1333-1341.

[24] Liu J T, Ma Y L, Wang Y H, et al. The impact of cold and heat on years of life lost in a northwestern Chinese city with temperate continental climate[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2019, 16(19): 3529.

[25] 练婷玉, 付英斌, 刘刚, 等. 日均气温对深圳市居民循环系统疾病死亡影响 [J]. 中国公共卫生, 2021, 37(2): 337-342.

[26] Hu K J, Guo Y M, Hochrainer-Stigler S, et al. Evidence for urban-rural disparity in temperature-mortality relationships in Zhejiang Province, China[J]. Environmental Health Perspectives, 2019, 127(3): 037001.

[27] 任静林, 李红娟. 1998—2018 年我国居民慢性病患病率趋势与人群差异分析 [J]. 卫生经济研究, 2022, 39(6): 30-33.