·论　著·

高温高湿暴露对循环系统和呼吸系统疾病住院的影响

谷少华[1]，陆蓓蓓[1]，鹿文涵[2]，裘一丹[1]，王亚奇[1]

1.宁波市疾病预防控制中心，浙江 宁波 315000；2.宁波市海曙区气象局，浙江 宁波 315000

摘要：目的　评估高温高湿复合暴露对循环系统、呼吸系统疾病住院风险的影响。**方法**　收集2022—2025年每年5—10月浙江省宁波市主城区3家医院循环系统、呼吸系统疾病住院病例资料，通过宁波市气象服务中心收集同期气象资料。采用时间分层病例交叉设计，分别构建日均气温、湿球黑球温度（WBGT）与循环系统、呼吸系统疾病住院人次的关联模型，通过比较模型拟合优度和极端高温（≥第99百分位数）效应强度筛选高温暴露评价较优指标；构建温湿度分层交互模型，评估低、高湿度（以第50百分位数划分）下极端高温与循环系统、呼吸系统疾病住院风险的暴露-反应关系。**结果**　2022—2025年每年5—10月宁波市循环系统疾病住院27 845人次，呼吸系统疾病住院27 023人次，日均气温、WBGT M（Q_R）分别为26.55（7.70）℃、25.11（7.11）℃。以WBGT为暴露指标，极端高温暴露与循环系统（*RR*=1.192，95%*CI*：1.014～1.401）、呼吸系统疾病（*RR*=1.278，95%*CI*：1.094～1.494）住院风险呈正相关；以日均气温为暴露指标，极端高温暴露与呼吸系统疾病住院风险呈正相关（*RR*=1.260，95%*CI*：1.080～1.471），与循环系统疾病住院风险的关联无统计学意义（*RR*=1.146，95%*CI*：0.974～1.349），且准赤池信息准则值较大，选择WBGT为高温暴露评价指标。温湿度分层交互分析结果显示，高湿度条件下极端高温暴露时，全人群循环系统（*RR*=1.480，95%*CI*：1.000～2.192）、呼吸系统疾病（*RR*=1.617，95%*CI*：1.102～2.374）住院风险较高；亚组分析结果显示，高湿度条件下极端高温暴露时，男性循环系统（*RR*=1.901，95%*CI*：1.187～3.044）、呼吸系统疾病（*RR*=1.848，95%*CI*：1.074～3.179）住院风险较高，45～＜65岁人群呼吸系统疾病（*RR*=2.691，95%*CI*：1.127～6.426）住院风险较高。**结论**　高温高湿复合暴露可增加循环系统、呼吸系统疾病住院风险，男性和中年人群为易感高危人群。

关键词：高温；高湿；循环系统疾病；呼吸系统疾病；住院；病例交叉设计

中图分类号：R122.2　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**2096-5087（2026）09-0880-06

Effects of high temperature and high humidity exposure on hospitalization for circulatory system diseases and respiratory system diseases

GU Shaohua[1], LU Beibei[1], LU Wenhan[2], Qiu Yidan[1], Wang Yaqi[1]

1.Ningbo Center for Disease Control and Prevention, Ningbo, Zhejiang 315000, China; 2.Haishu District Meteorological Bureau, Ningbo, Zhejiang 315000, China

Abstract: Objective　To assess the effects of combined high temperature and high humidity exposure on the risk of hospitalization for circulatory system diseases and respiratory system diseases. **Methods**　Data on inpatients with circulatory system diseases and respiratory system diseases from 3 hospitals in the main urban area of Ningbo City, Zhejiang Province were collected for the periods of May to October in each year from 2022 to 2025, and the meteorological data of the same period were obtained from Ningbo Meteorological Service Center. A time-stratified case-crossover design was used to separately construct association models of daily mean temperature and wet-bulb globe temperature (WBGT) with the hospitalization counts of circulatory system diseases and respiratory system diseases. The optimal high tempera-

DOI：10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2026.09.004

基金项目：浙江省自然科学基金项目（LTGY24H260008）；宁波市自然科学基金项目（2022J001）；宁波市医疗卫生品牌学科（PPXK2024-09）

作者简介：谷少华，硕士，副主任医师，主要从事环境流行病学研究工作

通信作者：陆蓓蓓，E-mail：493944183@qq.com

ture exposure assessment indicator was selected by comparing the model goodness-of-fit and the effect size of extreme high temperature (≥99th percentile). Exposure-response relationships between extreme high temperature and the risk of hospitalization for circulatory system diseases and respiratory system diseases were constructed using a temperature-humidity stratified interaction model, stratified by low and high relative humidity based on the 50th percentile. **Results** From May to October each year during 2022-2025, a total of 27 845 hospitalizations for circulatory system diseases and 27 023 hospitalizations for respiratory system diseases were recorded in Ningbo City. The median daily mean temperature and WBGT were 26.55 (interquartile range, 7.70) ℃ and 25.11 (interquartile range, 7.11) ℃, respectively. When WBGT was used as the exposure indicator, extreme high temperature exposure was positively associated with the hospitalization risks of circulatory system diseases (*RR*=1.192, 95%*CI*: 1.014-1.401) and respiratory system diseases (*RR*=1.278, 95%*CI*: 1.094-1.494). When daily mean temperature was used as the exposure indicator, extreme high temperature exposure was positively associated with the hospitalization risk of respiratory system diseases (*RR*=1.260, 95%*CI*: 1.080-1.471), while the association with the hospitalization risk of circulatory system diseases was not statistically significant (*RR*=1.146, 95%*CI*: 0.974-1.349). Considering that the quasi-Akaike information criterion value of this model was larger than that of the WBGT-based model, WBGT was selected as the optimal high temperature exposure assessment indicator. The temperature-humidity stratified interaction analysis showed that under high-humidity conditions, extreme high-temperature exposure was associated with higher risks of hospitalization for circulatory system diseases (*RR*=1.480, 95%*CI*: 1.000-2.192) and respiratory system diseases (*RR*=1.617, 95%*CI*: 1.102-2.374) in the overall population. Subgroup analysis showed that under high-humidity conditions, extreme high-temperature exposure was associated with higher risks of hospitalization for circulatory system diseases (*RR*=1.901, 95%*CI*: 1.187-3.044) and respiratory system diseases (*RR*=1.848, 95%*CI*: 1.074-3.179) among males, and with higher risk of hospitalization for respiratory system diseases among those aged 45-<65 years (*RR*=2.691, 95%*CI*: 1.127-6.426). **Conclusion** Combined exposure to high temperature and high humidity can increases the hospitalization risks of circulatory system diseases and respiratory system diseases, and males and the middle-aged population are susceptible high-risk populations.

Keywords: high temperature; high humidity; circulatory system diseases; respiratory system diseases; hospitalization; case-crossover design

全球气候变化导致极端高温事件的发生频率和强度持续升高，同时多地大气湿度呈上升趋势，极端高温高湿复合天气事件的发生风险增加[1-2]。生理学研究表明，高湿度环境可阻碍人体汗液蒸发散热，加剧高温暴露下的躯体不适等生理应激反应，是夏季高温相关健康损害的重要影响因素[3]。然而，该机制在流行病学研究中尚未获得一致支持：全球多城市研究发现夏季湿度与人群死亡风险呈负相关[4]，我国多地区研究发现干热事件对死亡的影响高于湿热事件[5]。上述研究提示，高温期间湿度对健康的影响可能并非简单线性关系，准确评估高温高湿复合暴露的健康效应，对于优化高温预警体系和提升疾病负担预估准确性具有重要意义。

浙江省宁波市地处亚热带季风气候区，夏季兼具高温、高湿特征，是研究湿热复合暴露的典型区域。2013—2018 年宁波市高温热浪所致超额总死亡达 1 218 例，集中于循环系统和呼吸系统疾病[6]。然而，死亡结局主要反映高龄或基础疾病人群的致死性终点事件，难以全面捕捉全人群因高温暴露引发的急性发病风险。本研究采用病例交叉设计[7]，基于温湿度综合指数法和温湿度分层交互法，分析高温高湿与循环系统、呼吸系统疾病住院人次的暴露-反应关系，评估高温高湿复合暴露的健康效应。

1　资料与方法

1.1　资料来源

2022—2025 年每年 5—10 月宁波市循环系统、呼吸系统疾病逐日住院病例资料来源于宁波大学附属第一医院外滩院区、宁波市医疗中心李惠利医院东部院区和宁波市第九医院，收集入院日期、性别、年龄、出院主要诊断和疾病编码等。依据《疾病和有关健康问题的国际统计分类（第十次修订本）》（ICD-10）筛选研究结局，循环系统疾病编码为 I00~I99、呼吸系统疾病编码为 J00~J99。每例符合 ICD-10 编码范围的住院记录计为 1 住院人次，按入院日期逐日汇总，并按性别（男性、女性）和年龄（<45 岁、45~<65 岁和≥65 岁）进行分层统计。

同期气象资料来源于宁波市气象服务中心，选择位于主城区的国家基准气象站点，收集逐日日均气温、日均相对湿度和日均气压等，通过求解焓平衡方程得到等压湿球温度（T_{wb}），计算湿球黑球温度

（wet-bulb globe temperature，WBGT）[8-9]。同期空气质量监测资料来源于宁波市生态环境监测中心，选择主城区 8 个国家城市环境空气质量监测点位，收集逐日细颗粒物（$PM_{2.5}$）、二氧化氮（NO_2）等指标的日均质量浓度。本研究通过宁波市疾病预防控制中心伦理审查委员会审查（202315）。

1.2 方法

1.2.1 高温暴露评价指标筛选

本研究选取日均气温较高的 6 个月（5—10 月）评估高温健康效应。采用时间分层病例交叉设计，按月进行时间分层，即病例期与对照期限定在同一年、同一月及同一星期几，基于条件准泊松回归模型拟合高温暴露与健康结局的关联。

分别构建日均气温、WBGT 与循环系统、呼吸系统疾病住院人次的关联模型，通过比较模型拟合优度和极端高温效应强度确定高温暴露评价较优指标。构建模型：$\log[E(Y_t)]=\alpha+\beta Temp_{t,l}+ns(PM_{2.5t},3)+ns(NO_{2t},3)+Holiday_t$。式中：$Y_t$ 为第 t 日的住院人次数；$Temp_{t,l}$ 为日均气温或 WBGT 的分布滞后非线性交叉基函数，采用自由度为 3 的自然立方样条函数（ns）拟合暴露-反应关系，采用对数等间距样条函数拟合滞后-反应关系，最大滞后时间为 7 d；$PM_{2.5t}$ 和 NO_{2t} 为当日日均质量浓度，控制大气污染物的潜在混杂影响，自由度为 3；$Holiday_t$ 为法定节假日的哑变量，控制节假日效应；α 为截距，β 为回归系数[7, 10-11]。

基于上述模型，分别提取日均气温、WBGT 累积滞后 0~7 d 与循环系统、呼吸系统疾病住院风险的暴露-反应关系曲线，以曲线风险最低点对应的气温作为参照点，即最小风险温度。日均气温或 WBGT≥第 99 百分位数（P_{99}）定义为极端高温，分别计算极端高温相对于参照点的相对危险度（relative risk，RR）及 95%*CI*，比较日均气温、WBGT 对循环系统、呼吸系统疾病住院的效应强度。采用准赤池信息准则（quasi-Akaike information criterion，QAIC）评价模型的拟合效果，QAIC 值越小表示模型拟合越好，该气温指标更优[12]。

1.2.2 温湿度分层交互效应分析

日均相对湿度转换为分层变量，在基础模型中纳入气温交叉基与湿度分层的交互项，构建温湿度分层交互模型，定量评估不同湿度环境下极端高温暴露对循环系统、呼吸系统疾病住院的效应差异[13]。构建模型：$\log[E(Y_t)]=\alpha+\beta Temp_{t,l}+ns(RH_t,3)+Temp_{t,l}\times strata(RH_t)+ns(PM_{2.5t},3)+ns(NO_{2t},3)+Holiday_t$。式中：$Temp_{t,l}$ 为日均气温的主效应项，$ns(RH_t,3)$ 为日均相对湿度的主效应项，自由度为 3，$Temp_{t,l}\times strata(RH_t)$ 为气温与湿度分层变量的交互项；其他协变量和参数设定同 1.2.1 基础模型。

日均相对湿度以第 50 百分位数（P_{50}）分为低湿度组（$\leqslant P_{50}$）和高湿度组（$>P_{50}$），分别绘制不同湿度下日均气温与循环系统、呼吸系统疾病住院风险的累积暴露-反应曲线，计算低、高湿度条件下极端高温暴露的住院风险（*RR*），进一步按性别、年龄进行亚组分析。

1.2.3 敏感性分析

以日均相对湿度的第 40~60 百分位数（P_{40}~P_{60}）作为分层截断点，采用 1.2.2 模型分别拟合不同湿度下（$\leqslant P_{40}$、$>P_{40}$~P_{50}、$>P_{50}$~P_{60} 和$>P_{60}$）日均气温与循环系统、呼吸系统疾病住院风险的累积暴露-反应曲线，计算极端高温相对于参照点的 *RR* 值及 95%*CI*，验证交互效应的稳健性。

1.3 统计分析

采用 R 4.4.0 软件统计分析。定量资料不服从正态分布的采用中位数和四分位数间距［$M(Q_R)$］描述，定性资料采用相对数描述。检验水准 α=0.05。

2 结　果

2.1 基本情况

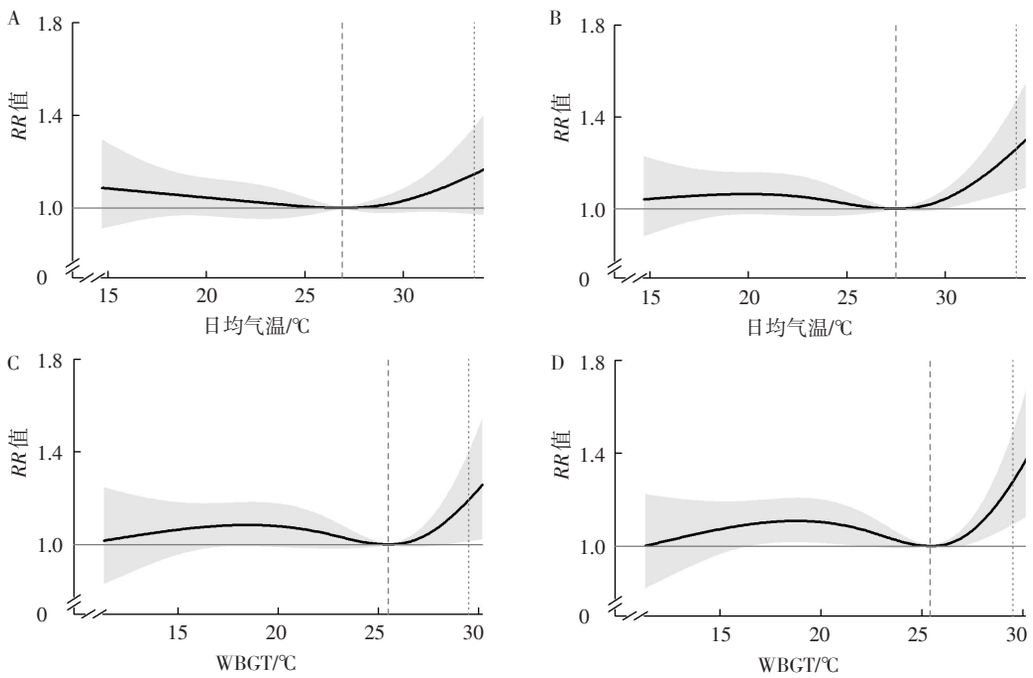
2022—2025 年每年 5—10 月宁波市循环系统疾病住院 27 845 人次，呼吸系统疾病住院 27 023 人次。日均气温、WBGT 和日均相对湿度 $M(Q_R)$ 分别为 26.55（7.70）℃、25.11（7.11）℃和 77.00%（14.75%），$PM_{2.5}$、NO_2 日均质量浓度 $M(Q_R)$ 分别为 18.06（27.12）、17.00（12.63）μg/m^3。

2.2 日均气温、WBGT 与循环系统、呼吸系统疾病住院风险的关系

日均气温与循环系统、呼吸系统疾病住院风险的暴露-反应关系曲线均呈近似“J”形，QAIC 值分别为 4 642.179、4 546.427。以日均气温为暴露指标时，极端高温暴露与循环系统疾病住院风险的关联无统计学意义（*RR*=1.146，95%*CI*：0.974~1.349），与呼吸系统疾病住院风险呈正相关（*RR*=1.260，95%*CI*：1.080~1.471）。见图 1。

WBGT 与循环系统、呼吸系统疾病住院风险的暴露-反应关系曲线均呈近似“J”形，QAIC 值分别为 4 626.352、4 542.448，均低于日均气温模型。以 WBGT 为暴露指标时，极端高温暴露与循环系统

（*RR*=1.192，95%*CI*：1.014～1.401）、呼吸系统疾病（*RR*=1.278，95%*CI*：1.094～1.494）住院风险呈正相关。见图 1。综合模型拟合优度和极端高温效应强度，选择 WBGT 为高温暴露评价指标。



注：图A、图B分别为日均气温与循环系统、呼吸系统疾病住院风险的暴露-反应关系；图C、图D分别为WBGT与循环系统、呼吸系统疾病住院风险的暴露-反应关系。

图 1　日均气温、WBGT 与循环系统、呼吸系统疾病住院风险的暴露-反应关系曲线

Figure 1　Exposure-response relationship curves between daily mean temperature, WBGT and hospitalization risks of circulatory system diseases and respiratory system diseases

2.3　高温高湿与循环系统、呼吸系统疾病住院风险的关系

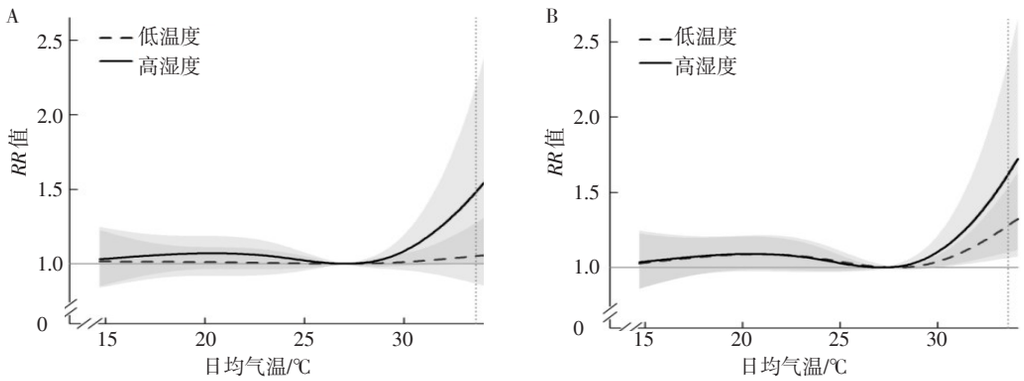
不同湿度下日均气温与循环系统、呼吸系统疾病住院风险的暴露-反应关系曲线呈近似“J”形，且高湿度组的住院风险上升速度更快。高湿度条件下，极端高温暴露对全人群循环系统（*RR*=1.480，95%*CI*：1.000～2.192）、呼吸系统疾病（*RR*=1.617，95%*CI*：1.102～2.374）住院风险的影响均有统计学意义；低湿度条件下，极端高温暴露对全人群呼吸系统疾病住院风险（*RR*=1.278，95%*CI*：1.064～1.536）的影响有统计学意义，对循环系统疾病住院风险（*RR*=1.050，95%*CI*：0.869～1.268）的影响无统计学意义。见图 2。亚组分析结果显示，高湿度条件下极端高温暴露时，男性循环系统（*RR*=1.901，95%*CI*：1.187～3.044）、呼吸系统疾病（*RR*=1.848，95%*CI*：1.074～3.179）住院风险较高，45～＜65 岁人群呼吸系统疾病（*RR*=2.691，95%*CI*：1.127～6.426）住院风险较高。

2.4　敏感性分析结果

敏感性分析结果与主分析在方向上一致，随着湿度水平升高，极端高温暴露对循环系统、呼吸系统疾病住院风险的影响呈上升趋势。日均相对湿度>P_{60} 条件下，极端高温暴露对全人群循环系统（*RR*=1.769，95%*CI*：1.060～2.952）、呼吸系统疾病（*RR*=1.753，95%*CI*：1.052～2.923）住院风险影响的效应最大。见图 3。

3　讨　论

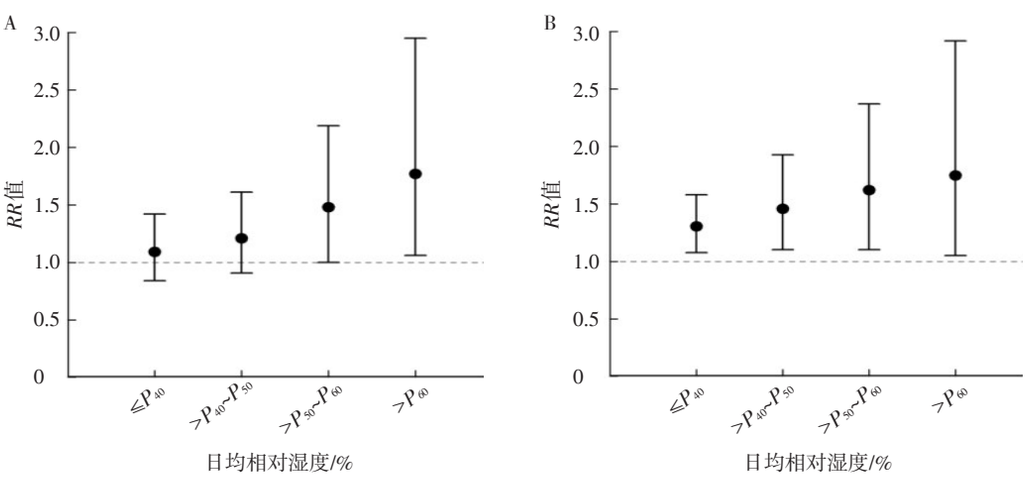
本研究以典型高温高湿城市宁波市为研究区域，分别采用温湿度综合指数（WBGT）和温湿度分层交互模型，系统评估了高温高湿复合暴露对循环系统、呼吸系统疾病住院人次的影响。研究发现，WBGT 在模型拟合优度和效应强度方面均优于日均气温，更适合作为高温暴露评价指标；高湿度条件下极端高温暴露可显著增加循环系统、呼吸系统疾病住院风险，而低湿度条件下极端高温暴露仅增加呼吸系统疾病住院风险。上述结果提示，高湿度条件下极端高温暴露的健康效应强度高于低湿度，但高温高湿复合暴露的协同增强效应有待联合暴露分析进一步验证。建议在



注：图A为不同湿度下日均气温与循环系统疾病住院风险的暴露-反应关系，图B为不同湿度下日均气温与呼吸系统疾病住院风险的暴露-反应关系。

图 2　不同湿度下日均气温与循环系统、呼吸系统疾病住院风险的暴露-反应关系曲线

Figure 2　Exposure-response relationship curves between daily mean temperature and hospitalization risks of circulatory system diseases and respiratory system diseases under different humidity



注：图A为不同湿度下极端高温暴露对循环系统疾病住院风险的影响，图B为不同湿度下极端高温暴露对呼吸系统疾病住院风险的影响。

图 3　不同湿度下极端高温暴露对循环系统、呼吸系统疾病住院风险的影响

Figure 3　Effects of extreme high temperature exposure on hospitalization risks of circulatory system diseases and respiratory system diseases under different humidity

现有以单一气温阈值为核心的预警基础上，引入WBGT等复合热指数，以更灵敏地反映湿热复合暴露的急性健康风险。

高温高湿对循环系统、呼吸系统疾病住院风险的影响可能与以下机制有关：当环境温度接近或超过皮肤温度时，机体散热主要依赖汗液蒸发，而高湿度会降低蒸发散热效率，核心体温升高，从而使心肌耗氧量代偿性增加，诱发或加重心血管急性事件[3, 14]；同时，湿热环境可增加气道阻力，有利于病原微生物滋生及过敏原释放，诱发气道炎症反应，加重哮喘、慢性阻塞性肺疾病等呼吸系统疾病[15]。

本文结果与既往研究结果相似：上海市潮湿高温天气与门诊就诊风险评估中，采用WBGT作为描述湿热暴露的指标[9]；另有研究发现高温对心血管疾病急诊就诊的影响随湿度升高呈线性增强，极高湿度日的超额风险较正常湿度日扩大6倍[16]。然而，本文结果与部分基于死亡结局的人群流行病学研究[4-5]并不完全一致，可能源于结局指标和气候背景不同。死亡事件主要聚焦于老年人，该人群体温调节能力衰退，对湿度变化的生理应答可能减弱，从而难以捕捉到湿度对高温的修饰效应[17]；此外，沿海或河口城市夏季湿度较高，极端高温高湿事件频发，湿热复合暴露的健康效应可能更易于识别。

亚组分析结果显示，高温高湿复合暴露下男性和45~<65岁人群的循环系统或呼吸系统疾病住院风险较高，提示该类人群为湿热的易感高危人群。男性、

中年人群多为建筑、环卫和物流等户外作业的主力，高温期间的职业暴露和户外活动频率远高于其他人群；中年人群合并高血压、高血脂和糖尿病等基础慢性病，叠加吸烟、饮酒和作息不规律等生活行为，机体对湿热的耐受能力可能下降。高温中暑数据分析发现，中老年男性群体发生中暑的比例较高，且重症较多[18-19]。建议完善男性、中年劳动者高温健康防护策略：细化高温时段停工与轮休制度，督促个体防护装备升级和作业环境改善；开展湿热天气专项健康教育，普及中暑早期识别与急救技能；建立职业暴露人群日常健康监测与高温预警响应机制等，切实保障劳动者的健康安全。

本研究采用温湿度综合指数法与温湿度分层交互法交叉验证，增强了结论的稳健性；并分析不同性别、年龄的效应差异，为优化沿海高湿地区高温健康风险预警体系提供了实证依据。然而，气象和空气质量数据来源于固定监测站点，未获取个体实时暴露数据，可能存在暴露测量误差，导致效应估计值被削弱；纳入主城区3家医院的循环系统和呼吸系统疾病病例，样本覆盖范围有限，可能存在病例选择偏倚；目前湿度对高温健康效应的修饰作用是否存在明确阈值，以及该阈值在不同气候背景下的变异规律尚缺乏充足证据。未来需开展多中心、多气候区的协作研究，明确湿热作用由可耐受转为高风险的关键湿度区间，为制定我国差异化高温高湿防控策略提供量化依据。

参考文献

[1] Raymond C, Matthews T, Horton R M.The emergence of heat and humidity too severe for human tolerance [J/OL] .Sci Adv, 2020, 6 (19) [2026-09-06] .https://doi.org/10.1126/sciadv.aaw1838.

[2] He W Y, Chen H P.More extreme-heat occurrences related to humidity in China [J/OL] .Atmos Ocean Sci Lett, 2023, 16 (5) [2026-09-06] .https://doi.org/10.1016/j.aosl.2023.100391.

[3] Sobolewski A, Młynarczyk M, Konarska M, et al.The influence of air humidity on human heat stress in a hot environment [J] .Int J Occup Saf Ergon, 2021, 27 (1): 226-236.

[4] Armstrong B, Sera F, Vicedo-Cabrera A M, et al.The role of humidity in associations of high temperature with mortality: a multicountry, multicity study [J/OL] .Environ Health Perspect, 2019, 127 (9) [2026-09-06] .https://doi.org/10.1289/EHP5430.

[5] Fang W, Li Z X, Gao J H, et al.The joint and interaction effect of high temperature and humidity on mortality in China [J/OL] .Environ Int, 2023, 171 [2026-09-06] .https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107669.

[6] 谷少华，金永高，陆蓓蓓，等.2013—2018年宁波市高温热浪致超额死亡风险评价 [J] .预防医学，2021，33 (9)：897-901，905.

[7] Tobias A, Kim Y, Madaniyazi L.Time-stratified case-crossover studies for aggregated data in environmental epidemiology: a tutorial [J/OL] .Int J Epidemiol, 2024, 53 (2) [2026-09-06] .https://doi.org/10.1093/ije/dyae020.

[8] Parsons K.Heat stress standard ISO 7243 and its global application [J] .Ind Health, 2006, 44 (3): 368-379.

[9] Liang C, Yuan J C, Tang X, et al.The influence of humid heat on morbidity of megacity Shanghai in China [J/OL] .Environ Int, 2024, 183 [2026-09-06] .https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108424.

[10] Gasparrini A, Armstrong B, Kenward M G.Distributed lag non-linear models [J] .Stat Med, 2010, 29 (21): 2224-2234.

[11] 李静，王焕新，屈龙，等.昌平区$PM_{2.5}$和气温对日门诊量的交互影响 [J] .预防医学，2019，31 (6)：593-596，599.

[12] 曾韦霖，马文军，刘涛，等.构建气温-死亡关系模型中温度指标的选择 [J] .中华预防医学杂志，2012，46 (10)：946-951.

[13] Chen S J, Dong H, Li M M, et al.Interactive effects between temperature and $PM_{2.5}$ on mortality: a study of varying coefficient distributed lag model-Guangzhou, Guangdong Province, China, 2013-2020 [J] .China CDC Wkly, 2022, 4 (26): 570-576.

[14] Cramer M N, Gagnon D, Laitano O, et al.Human temperature regulation under heat stress in health, disease, and injury [J] .Physiol Rev, 2022, 102 (4): 1907-1989.

[15] Wang W J, Wang J H, Song G H, et al.Environmental and sensitization variations among asthma and/or rhinitis patients between 2008 and 2018 in China [J/OL] .Clin Transl Allergy, 2022, 12 (2) [2026-09-06] .https://doi.org/10.1002/clt2.12116.

[16] Rahman M M, McKeon K, Luglio D, et al.Compounding effects of heat and high humidity on cardiovascular morbidity in Dhaka, Bangladesh: an implication of climate crisis [J/OL] .Sci Total Environ, 2025, 995 [2026-09-06] .https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.180220.

[17] Baldwin J W, Benmarhnia T, Ebi K L, et al.Humidity's role in heat-related health outcomes: a heated debate [J/OL] .Environ Health Perspect, 2023, 131 (5) [2026-09-06] .https://doi.org/10.1289/EHP11807.

[18] 刘磊，宋丹丹，侯赛，等.2010—2016年安徽省高温中暑流行病学特征 [J] .疾病监测，2017，32 (10)：895-899.

[19] 刘弢，李辉，张传会.某市2013至2017年高温中暑流行病学分析 [J] .中华劳动卫生职业病杂志，2018，36 (12)：915-916.

收稿日期：2026-06-22 **修回日期**：2026-09-06 **本文编辑**：徐亚慧