

中华人民共和国卫生行业标准

WS/T 10037—2025

热浪人群健康风险评估技术指南

Technical guidance for the health risk assessment of heatwaves

2025-10-31 发布

2026-03-01 实施

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本原则 1

5 热浪人群健康风险评估 2

附录 A（资料性） 暴露—反应关系参数信息 7

附录 B（资料性） 热浪人群健康风险评估报告框架 8

参考文献 9

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由国家疾病预防控制标准委员会环境健康标准专业委员会提出，国家疾病预防控制局归口。

本文件起草单位：中国疾病预防控制中心环境与健康相关产品安全所、清华大学、江苏省疾病预防控制中心。

本文件主要起草人：李湉湉、王情、陈晨、班婕、张翼、孙庆华、杜鹏、蔡闻佳、丁震。

热浪人群健康风险评估技术指南

1 范围

本文件确立了热浪人群健康风险评估的基本原则，提供了热浪人群健康风险评估所涉及的工作流程、评估方法和编制评估报告等方面的指导。

本文件适用于热浪暴露急性效应的人群健康风险评估和预测。以气温为主要暴露指标的极端天气事件急性效应的人群健康风险评估及预测也可参照本文件。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

热浪 heatwaves

异常炎热并持续一段时间（通常为2天及以上）的极端天气事件。

3.2

热浪人群健康风险 health risk of heatwaves

与非热浪暴露相比，热浪暴露相关的人群发病、死亡等健康风险。

4 基本原则

4.1 明确性

明确提出热浪人群健康风险评估的目的，以及评估的时空范围和单元、目标人群、健康效应终点、待评估的热浪定义等。

4.2 科学性

根据评估目的，选择权威的研究证据和可靠的数据资源，科学制定热浪人群健康风险评估方案，确保评估过程规范合理，评估结果客观反映热浪对人群的急性健康危害。

4.3 可溯源性

对热浪人群健康风险评估的整个过程清晰记录，确保评估流程和技术资料可追溯、可核查。

4.4 可行性

具备符合评估要求的数据资源，以及可应用于热浪人群健康风险评估的工具或软件，支撑热浪人群健康风险评估的开展。

4.5 完整性

全面、准确、清晰地描述热浪人群健康风险评估的方法和结果。

5 热浪人群健康风险评估

5.1 工作流程

热浪人群健康风险评估工作流程见图1。



图1 热浪人群健康风险评估工作流程

5.2 评估方法

5.2.1 明确评估需考虑的因素

5.2.1.1 明确待评估的时空范围和单元

明确需要开展热浪人群健康风险评估的时间范围（如XX年XX月XX日～XX年XX月XX日）和区域（如全国/地区/省/市/县）。在此基础上，明确评估单元，即开展评估的最小时空单元（时间单元一般为日；空间单元一般为市/县等）。

5.2.1.2 明确待评估人群和健康效应终点

明确需要开展热浪人群健康风险评估的目标人群（如一般人群、重点人群等，重点人群包括敏感人群、慢性基础性疾病患者和户外作业人员等），以及待评估区域的健康效应终点（如全部疾病或特定疾病的发病、死亡等）。

5.2.1.3 明确待评估热浪定义

在明确暴露指标、强度阈值和持续时间的基础上，给出待评估热浪的具体定义。

- a) 明确暴露指标。暴露指标有单因子指标和复合因子指标两类：
 - 1) 单因子指标多为气温相关指标，如日平均气温、日最高气温等；
 - 2) 复合因子指标多为综合气温和其他气象指标形成的指数，如由气温和湿度组成的炎热指数等。
- b) 明确强度阈值。强度阈值有绝对数值和相对数值两类：
 - 1) 绝对数值通常为暴露指标特定强度数值，如日最高气温 35 °C；
 - 2) 相对数值通常为待评估区域一定时间范围内暴露指标分布的某一百分位数所对应的数值，如某县 10 年内日平均气温第 99 百分位数值。
- c) 明确持续时间。持续时间是暴露指标超过强度阈值的持续时间，如持续 2 天及以上。

根据上述步骤确定待评估热浪定义，如将“日最高气温超过35 °C并持续2天及以上的极端天气事件”确定为待评估热浪的定义。

5.2.2 收集评估数据

5.2.2.1 气象数据

收集待评估区域内特定时间段的气象数据，主要包括逐日气温、相对湿度等。数据类型主要包括气象站点监测数据、模型模拟数据等。

5.2.2.2 大气污染数据

收集待评估区域内特定时间段的大气污染数据（作为暴露—反应关系模型中的混杂因素），主要包括逐日大气细颗粒物浓度、臭氧浓度等。数据类型主要包括站点监测数据、模型模拟数据等。

5.2.2.3 健康数据

收集待评估区域内目标人群在特定时间段的健康数据，主要包括全部疾病或特定疾病发病、死亡等的逐日汇总数据或个案数据。

5.2.2.4 人口学数据

收集待评估区域内目标人群在特定时间段的人口学数据，主要包括常住人口数、重点人群人口数等。

5.2.2.5 数据质量控制

对于上述收集到的数据，要根据评估具体需求，对数据进行脱敏、清理，确保数据完整有效、无异常值等，以提高热浪暴露及热浪人群健康风险评估的准确性。

5.2.3 评估热浪暴露

基于已明确的热浪定义，在评估时空范围内，开展热浪暴露评估。具体步骤如下：

- a) 将每个待评估空间单元的暴露指标数据按照日期顺序整理，形成暴露指标的逐日时间序列数据集；
- b) 比较分析每日暴露指标强度是否超过热浪定义中的强度阈值，若暴露指标强度超过热浪强度阈值，且连续天数大于或等于热浪定义中的持续时间，则判定为热浪；
- c) 在评估的时空范围内，明确各评估单元和目标人群的热浪暴露。

5.2.4 确定暴露—反应关系

5.2.4.1 估算暴露—反应关系参数

当估算暴露—反应关系参数所需的数据完整时，宜基于数据估算暴露—反应关系参数，用于后续的热浪人群健康风险量化和表征。暴露—反应关系参数估算主要采用下述两种方法：

- 基于汇总数据的暴露—反应关系参数估算。当收集的健康效应终点数据为汇总数据（如发病、死亡等逐日汇总人数），宜采用时间序列研究设计，使用广义线性模型或广义相加模型等来获取暴露—反应关系参数。在暴露的处理上，将非热浪日标记为 0，热浪日标记为 1。将热浪暴露作为自变量，逐日健康效应终点的汇总人数作为因变量构建模型。模型需控制可能的混杂因素，如其他气象因素、长期趋势、星期几、节假日、大气污染等。同时，宜考虑热浪健康影响的滞后性。暴露—反应关系参数通常采用相对危险度（relative risk, RR）来表示。
- 基于个案数据的暴露—反应关系参数估算。当收集的健康效应终点数据为个案数据（如发病、死亡等病例个案），宜采用病例交叉研究设计，使用条件逻辑回归模型来获取暴露—反应关系参数。在模型中，每个病例个案以自身为对照，将病例标记为 1，其对照标记为 0。在暴露的处理上，将非热浪日标记为 0，热浪日标记为 1。将热浪暴露作为自变量，是否出现健康效应终点作为因变量构建模型。模型需设置时间分层变量，宜将每个发病或死亡个案及与之相同年、月、星期几的对照设置为一层。模型需控制可能的混杂因素，如其他气象因素、节假日、大气污染等。暴露—反应关系参数通常采用健康效应终点发生风险的比值比（odds ratio, OR）来表示。

5.2.4.2 检索暴露—反应关系参数

当估算暴露—反应关系参数所需的数据不足时，可通过文献检索、资料调研等方式，收集与待评估热浪定义相符合、目标人群及待评估区域相似、与待评估健康效应终点相同的暴露—反应关系参数。宜参照以下内容检索暴露—反应关系参数：

- 文献检索库包括但不限于 Web of Science、PubMed、Embase、Scopus、中国知网、万方数据库等；
- 文献资料中研究的热浪定义与待评估热浪定义相符合；
- 研究的人群与目标人群特征基本一致；
- 研究的时空范围与待评估区域基本一致；
- 研究的健康效应终点与待评估健康效应终点相同；
- 研究样本代表性较强；
- 流行病学研究设计以时间序列设计、病例交叉设计和荟萃分析为主；
- 具有量化的暴露—反应关系参数。

宜参照附录A的表A.1汇总暴露—反应关系参数信息。

5.2.5 量化热浪人群健康风险

根据公式（1）计算评估时间范围内某空间单元热浪暴露相关的特定健康效应终点的超额发生例数（如超额发病人数、超额死亡人数等）。

$$EM = N \times (RR - 1) \times Y \cdots \cdots (1)$$

式中：
EM——热浪暴露相关特定健康效应终点的超额发生例数（如超额发病人数、超额死亡人数等）；
N ——评估时间范围内热浪暴露总天数；
RR ——热浪暴露相关特定健康效应终点的RR（相对于非热浪日），当所研究疾病的发病率很低时，也可使用OR替代；
Y ——非热浪日特定健康效应终点的日均发生数（如发病数、死亡数等）。

若评估区域含多个评估单元，则还需用公式（2）计算评估区域热浪暴露相关的总超额发病人数、总超额死亡人数等。

$$EMT = \sum_{i=1}^m EM_i \cdots \cdots (2)$$

式中：
EMT——评估区域热浪暴露相关的特定健康效应终点的总超额发生例数（如总超额发病人数、总超额死亡人数等）；
m ——评估区域的空间单元个数；
EM_i——评估时间范围内评估空间单元*i*热浪暴露相关特定健康效应终点的超额发生例数（如超额发病人数、超额死亡人数等）。

在获得评估区域热浪暴露相关特定健康效应终点的总超额发生例数（如总超额发病人数、总超额死亡人数）后，还可除以该区域目标人群的人口总数，计算热浪暴露相关特定健康效应终点的超额发病率或超额死亡率（如每十万人的超额发病人数或超额死亡人数）。

5.2.6 表征热浪人群健康风险

基于上述步骤得到的评估区域热浪人群健康风险量化结果，表征区域热浪人群健康风险的整体水平，以及空间分布特征和时间变化趋势。宜制作区域热浪暴露及人群健康风险评估结果的汇总表格、变化趋势折线图、空间分布地图、时空变化地图等。

5.2.7 评估不确定性

5.2.7.1 分析不确定性

分析热浪人群健康风险评估过程及每个步骤的不确定性，宜参考但不限于以下几方面：

- a) 数据不确定性：因评估过程使用的暴露数据、健康数据等在准确度、时空精度等方面存在不足，引入的不确定性；
- b) 统计方法不确定性：因暴露—反应关系参数估算过程中使用的统计模型、相关参数等存在局限性，引入的不确定性；
- c) 参数资料不确定性：因评估过程中使用的参数资料（如文献检索获得的暴露—反应关系参数、常住人口数）的时空范围与评估的时空范围等存在差异，引入的不确定性。

5.2.7.2 表征不确定性

针对上述不确定性，宜参考以下方法表征：

- a) 定量方法：适用于主要参数已知情况，首先描述关键参数的概率分布，然后采用概率分布函数法、区间分析法等统计方法进行分析；
- b) 半定量方法：适用于主要参数潜在的假定范围已知情况，可根据敏感性分析得出的范围对不确定性进行半定量分析；
- c) 定性方法：通过描述参数、模型等对最终结果的影响来表征不确定性。

5.3 编制热浪人群健康风险评估报告

各级相关机构和技术人员宜参照本文件开展热浪人群健康风险评估。评估报告的编制宜参考但不限于附录B。基于本指南编制的评估报告可提交至当地疾控、卫生健康、气象、生态环境等部门，从而为热浪人群健康风险的防控提供科学支撑。

附 录 A
(资料性)
暴露—反应关系参数信息

暴露—反应关系参数信息宜使用表A. 1汇总。

表 A. 1 暴露—反应关系参数汇总表

序号	研究区域	研究时间范围	研究人群	人群样本量	健康效应终点	热浪定义	研究设计	统计方法	暴露—反应关系参数值	文献资料来源	备注

附 录 B

(资料性)

热浪人群健康风险评估报告框架

B.1 评估背景

B.2 评估目的

B.3 评估要素

B.3.1 时空范围和单元

B.3.2 人群和健康效应终点

B.3.3 热浪定义

B.4 评估数据

B.4.1 数据收集

B.4.2 数据清理

B.5 评估方法

B.5.1 热浪暴露评估

B.5.2 暴露—反应关系确定

B.5.3 热浪人群健康风险量化

B.6 评估结果

B.7 评估不确定性

B.8 评估结论

B.9 附件

参 考 文 献

- [1] GB/T 29457—2012 高温热浪等级
 - [2] 詹思延.流行病学（第8版）. 北京：人民卫生出版社，2017
 - [3] Yan M, Xie Y, Zhu H, Ban J, Gong J, Li T. The exceptional heatwaves of 2017 and all-cause mortality: An assessment of nationwide health and economic impacts in China. *Science of The Total Environment*, 2022,812:152371
 - [4] Sun Z, Chen C, Yan M, Shi W, Wang J, Ban J, Sun Q, He M, Li T. Heat wave characteristics, mortality and effect modification by temperature zones: A time-series study in 130 counties of China. *International Journal of Epidemiology*, 2020,49(6):1813-1822
 - [5] Yan M, Xie Y, Zhu H, Ban J, Gong J, Li T. Cardiovascular mortality risks during the 2017 exceptional heatwaves in China. *Environment International*, 2023,172:107767
 - [6] Xie Y, Zhou Z, Sun Q, Zhao M, Pu J, Li Q, Sun Y, Dai H, Li T. Social-economic transitions and vulnerability to extreme temperature events from 1960 to 2020 in Chinese cities. *iScience*, 2024,27(3):109066
 - [7] Peng R, Bobb J, Tebaldi C, Mcdaniel L, Bell M, Dominici F. Toward a quantitative estimate of future heat wave mortality under global climate change. *Environmental Health Perspectives*, 2011,119(5):701-706
-