

台风灾害风险普查技术规范

Technical specification for Typhoon disaster risk investigation

2025 - 04 - 15 发布

2025 - 06 - 01 实施

目 次

前言 错误！未定义书签。

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 资料收集 2

5 灾害事件调查 2

6 致灾危险性评估 3

7 灾害风险评估 4

附录 A（规范性） 台风灾害事件调查表 6

附录 B（资料性） 台风引起的风雨致灾因子评估起点和权重系数确定方法 7

附录 C（资料性） 标准差划分方法 10

附录 D（资料性） 自然断点法 11

附录 E（资料性） 承灾体暴露度和脆弱性评估指标 12

附录 F（资料性） 归一化处理法 13

参考文献 14

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由海南省气象局提出并归口。

本文件起草单位：海南省气候中心

本文件主要起草人：张亚杰、杨静、张京红、张明洁、吴慧、林绍伍、陈璇。

台风灾害风险普查技术规范

1 范围

本文件规定了台风灾害风险普查的资料收集、灾害事件调查、致灾危险性评估、灾害风险评估等内容。

本文件适用于台风灾害风险普查。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 19201 热带气旋等级
- YJ/T 13 自然灾害风险管理基本术语

3 术语和定义

GB/T 19201、YJ/T 13中界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

热带气旋 tropical cyclone

生成于热带或副热带洋面上，具有有组织的对流和确定的气旋性环流的非锋面性涡旋的统称，包括热带低压、热带风暴、强热带风暴、台风、强台风和超强台风。

[来源：GB/T 19201，2.1]

3.2

过程最大日雨量 process maximum daily rainfall

台风影响期间日降雨量（前一日20时到当日20时）最大值。

注：单位为毫米（mm）。

3.3

过程累积雨量 process cumulative rainfall

台风影响期间日降雨量累积值。

注：单位为毫米（mm）。

3.4

过程最大风速 process maximum wind speed

台风影响期间最大风速。

注：单位为米每秒（m/s）。

3.5

过程极大风速 process extreme wind speed

台风影响期间最大日极大风速。

注：单位为米每秒（m/s）。

3.6

致灾因子 hazard

可能造成人员伤亡、财产损失、资源与环境破坏、社会系统混乱等孕灾环境中的异变因子。

[来源: YJ/T 13, 3.5]

3.7

承灾体 hazard-affected body

承受灾害的对象。

[来源: YJ/T 13, 3.6]

3.8

暴露度 exposure

承灾体暴露在自然灾害中的数量和价值量。

3.9

脆弱性 frangibility

承灾体的内在属性, 是自然灾害发生时承灾体承受致灾因子打击能力的一种度量。

3.10

灾害风险 disaster risk

以自然变异为主因导致的未来不利事件发生的可能性及其损失。

3.11

普查单元 investigation unit

普查对象的区域范围按各级行政区划分。

4 资料收集

收集台风灾害风险普查资料包括但不限于:

- 历史台风路径资料, 包括台风编号、登陆(影响)时间、地点、强度等, 根据资料获取实际年限, 优先采用中国气象局“CMA 热带气旋最佳路径数据集”;
- 地面气象观测站建站以来逐日降雨量、最大风速、极大风速等资料;
- 历次或历年台风导致的受灾人口、农作物受灾面积、直接经济损失等灾情资料, 资料年限不少于 10 年;
- 人口数、国土面积、国内生产总值(GDP)、主要农作物(水稻、玉米等)播种面积等最新承灾体资料;
- 行政边界矢量数据和分辨率不低于 30 弧秒的数字高程模型。

5 灾害事件调查

5.1 调查内容

对影响海南省的台风灾害事件进行调查, 包括台风影响起止时间、登陆信息(时间、地点、强度), 以及影响普查单元台风过程最大风速、过程极大风速、过程累积雨量、过程最大日雨量等, 按附录A执行。

5.2 调查方法

5.2.1 影响海南省台风

热带气旋中心进入影响海南省防区（防区范围依次由经纬度点[105° E, 8.6° N]、[105° E, 0°]、[113° E, 4.5° N]、[119° E, 11° N]、[119° E, 18° N]、[114° E, 21° N]、[112° E, 23° N]、[108° E, 23° N]、[106° E, 21° N]、[106° E, 20° N]连线与越南东部沿海海岸线组成）达2个观测时次以上时，判定为影响海南省台风。进入防区的第一个观测时间为热带气旋影响开始时间，最后一个观测时间为影响结束时间，影响开始时间至结束时间定义为一次台风过程。

5.2.2 登陆海南岛和普查单元台风

登陆海南岛和普查单元台风的调查信息通过查阅中国气象局出版的《热带气旋年鉴》确定。

5.2.3 影响海南岛台风

热带气旋中心进入影响海南岛防区（防区范围依次由经纬度点[109° E, 15° N]、[114° E, 15° N]、[114° E, 21° N]、[112° E, 23° N]、[108° E, 23° N]、[106° E, 21° N]、[106° E, 20° N]连线与越南东部沿海海岸线组成）达2个观测时次以上时，判定为影响海南岛的台风。进入防区的第一个观测时间为热带气旋影响开始时间，最后一个观测时间为影响结束时间，影响开始时间至结束时间定义为一次台风过程。

5.2.4 影响普查单元台风

从影响海南岛的所有台风中，统计影响过程中各普查单元代表气象站点过程最大风速、过程极大风速、过程累积雨量、过程最大日雨量。根据气象站点台风影响判定标准（过程最大风速 ≥ 10 m/s、过程极大风速 ≥ 17 m/s、过程最大日雨量 ≥ 40 mm或过程累积雨量 ≥ 80 mm）判定普查单元是否受台风影响。

注：考虑到三沙市海域面积的原因，所有影响海南省的台风都可作为影响三沙市的台风。

5.2.5 致灾因子调查

根据影响不同普查单元台风调查结果，统计台风影响过程中各气象站点过程最大风速、过程极大风速、过程累积雨量、过程最大日雨量。

6 致灾危险性评估

6.1 致灾危险性指数

根据普查单元内历史上受台风影响过程中的过程最大风速、过程累积雨量和过程最大日雨量因子，按照下式计算该单元台风致灾危险性：

$$H = \alpha \times H_{MW} + \beta \times \left[\frac{H_{AP} + H_{MP}}{2} \right] \tag{1}$$

式中：

- H ——致灾危险性指数；
- H_{MW} ——过程最大风速危险性指数；
- H_{AP} ——过程累积雨量危险性指数；
- H_{MP} ——过程最大日雨量危险性指数；
- α ——风因子危险性权重；
- β ——雨因子危险性权重。

$$H_{MW} = \sum_{i=1}^5 (W_i \times P_i) \tag{2}$$

式中：

i ——1, ..., 5, 为附录表B.1划分的等级区间；

W_i ——第 i 区间的权重系数；

P_i ——第 i 区间的累积概率；

H_{AP} 、 H_{MP} 计算方法同式(2)。

风雨致灾因子权重系数及各区间的权重系数、累积概率计算方法参见附录B。

6.2 致灾危险性区划

根据致灾危险性指标值分布特征,采用标准差法或自然断点法等方法将致灾危险性分为高、较高、较低、低四个等级,标准差法参见附录C表C.1,自然断点法参见附录D,可依据致灾危险性等级制作致灾危险性区划图。

7 灾害风险评估

7.1 承灾体暴露度评估

台风灾害承灾体主要包括人口、国民经济、农作物(水稻、玉米等)、房屋建筑、公路交通等。各承灾体暴露度评估指标参见附录E,不同地区可根据实际情况作出调整。

7.2 承灾体脆弱性评估

7.2.1 统计脆弱性因子指标时,在台风灾情等资料较为完善的前提下可考虑脆弱性因子权重。普查单元为省级时,针对不同承灾体,不同市县分别拥有一个脆弱性因子权重,以市县为单元统计受灾率;普查单元为市县时,针对不同承灾体,不同乡镇或街道分别拥有一个脆弱性因子权重,以乡镇或街道为单元统计受灾率。

7.2.2 各承灾体脆弱性评估指标参见附录E,不同地区可根据实际情况作出调整。针对不同承灾体,普查单元内的承灾体脆弱性指数计算公式为:

$$V = V_f \times V_w \quad (1)$$

式中:

V ——脆弱性指数;

V_f ——脆弱性因子;

V_w ——脆弱性因子权重。

7.3 风险指数

7.3.1 基于普查单元内致灾危险性指数、承灾体暴露度指数、承灾体脆弱性指数,统计针对各承灾体的风险指数,计算公式如下:

$$R = H'^{w_1} \times E'^{w_2} \times V'^{w_3} \quad (1)$$

式中:

R ——风险指数;

H' ——归一化的致灾危险性指数;

E' ——归一化的暴露度指数;

V' ——归一化的脆弱性指数;

w_1 ——致灾危险性的权重系数；

w_2 ——暴露度的权重系数；

w_3 ——脆弱性的权重系数。

注： $w_1 + w_2 + w_3 = 1$ 。

7.3.2 归一化处理方法参见附录 F，权重系数确定方法参见附录 G。

7.4 风险区划

根据各承灾体普查单元内的风险值，采用标准差法或自然断点法等方法将风险划分为高风险、较高风险、中等风险、较低风险和低风险5个等级，标准差法参见附录C表C.1，自然断点法参见附录D，可依据风险等级制作风险区划图。

附 录 A
(规范性)
台风灾害事件调查表

台风事件调查内容见表A. 1。

表 A. 1 历次台风灾害事件调查表

填表字段	单位	台风1	台风2	...	填表说明
(一) 台风事件					
台风序号					填写格式为“yyyynn”，如200005
中央台编号					填写格式为“yynn”，如0005
台风名称					英文名或中文名
是否本地登陆					填是或否，登陆指台风从海洋上移动至陆地上的过程
登陆时间					若登陆，填写格式为“yyyymmddhhmm”
登陆强度	m/s				若登陆，填登陆强度，若不是则不填
影响开始时间	年月日				填写格式为“yyyymmdd”
影响结束时间	年月日				填写格式为“yyyymmdd”
(二) 致灾因子					
过程最大风速	m/s				有观测记录以来开始填报，一般采用10分钟平均风速
过程极大风速	m/s				有观测记录以来开始填报
过程累积雨量	mm				有观测记录以来开始填报
过程最大日雨量	mm				有观测记录以来开始填报

填表人：____ 复核人：____ 审查人：____ 联系电话：____ 填写单位：____ 填表日期：____年____月____日

附录 B
(资料性)

台风引起的风雨致灾因子评估起点和权重系数确定方法

B.1 台风引起的风雨致灾因子评估起点

基于市县级台风灾情资料，提取出具有直接经济损失记录的样本，根据台风事件调查结果，找到各普查单元在台风影响过程中的过程最大风速、过程累积雨量、过程最大日雨量，由此形成的样本即为普查单元样本。基于这些样本，获取风雨因子评估起点。

过程最大风速评估起点（a1）确定步骤如下：

- a) 以过程累积雨量小于30 mm为限来获取完全由风因子主导的样本。
- b) 考虑站点资料的的代表性及致灾潜力，进一步以8 m/s为界，剔除5级风以下的样本。
- c) 以过程最大风速平均值与一倍标准差的差值作为过程最大风速的评估起点。

过程累积雨量评估起点（a2）和过程最大日雨量评估起点（a3）确定步骤如下：

- a) 筛选掉过程最大风速大于等于评估起点和过程累积雨量小于30 mm的样本得到以降水量为主导因子的样本。
- b) 以过程累积雨量平均值与一倍标准差的差值作为过程累积雨量的评估起点。
- c) 以过程最大日雨量平均值与一倍标准差的差值作为过程最大日雨量的评估起点。

注：台风灾情资料不完整或最终符合要求的样本较少的情况下，评估起点可根据气象站点台风影响判定标准起始值确定，即a1=10 m/s、a2=80.0 mm、a3=40.0 mm。

B.2 台风引起的风雨致灾因子权重系数

台风引起的风雨致灾因子相关权重系数包括风、雨因子权重系数以及风雨各等级区间的权重系数。基于县级样本以及评估起点，确定台风引起的风雨致灾因子权重系数。

风、雨因子间权重系数确定步骤如下：

- a) 以过程最大风速 $\geq a_1$ ，且过程累积雨量 $< a_2$ 、过程最大日雨量 $< a_3$ 为条件，从台风损失样本中得到以风因子主导的样本；对筛选出的样本进行质量控制，删除掉过程最大风速较小，而直接经济损失特别大的样本；可对删除前后的样本中过程最大风速与直接经济损失的相关系数变化来检验质量控制效果；计算最后得到的样本对应的直接经济损失中值。
- b) 以过程最大风速 $< a_1$ ，且过程累积雨量 $\geq a_2$ 或过程最大日雨量 $\geq a_3$ 为条件，从台风损失样本中得到以雨因子主导的样本；对筛选出的样本进行质量控制，删除掉过程累积雨量和过程最大日雨量较小，而直接经济损失特别大的样本；可对删除前后的样本中过程累积雨量和过程最大日雨量与直接经济损失的相关系数变化来检验质量控制效果；计算最后得到的样本对应的直接经济损失中值。
- c) 以风因子和雨因子主导的样本直接经济损失中值之和对应为1，则计算风雨因子所占比例分别为 α 、 β ，即为风、雨因子的权重系数。

风、雨因子的不同量级所带来的危害性差异较大，有必要再进一步确定不同量级间的权重系数，对过程最大风速、过程累积雨量、过程最大日雨量进行等级区间划分，如表B.1所示。

表 B.1 各致灾因子等级区间

	区间1	区间2	区间3	区间4	区间5
过程最大风速(m/s)	[a1, 10.8)	[10.8, 17.2)	[17.2, 24.5)	[24.5, 32.7)	≥ 32.7
过程累积雨量(mm)	[a2, 100)	[100, 200)	[200, 300)	[300, 400)	≥ 400
过程最大日雨量(mm)	[a3, 100)	[100, 150)	[150, 200)	[200, 250)	≥ 250

B.3 风雨不同等级区间累积概率统计

采用信息扩散方法统计表B.1各等级区间致灾因子出现的累积概率。该方法用于解决样本信息不充分、数据不完备的小样本概率分布估计问题，其基本原理可简单表述为：当我们用一个不完备数据估计一个关系R时，一定存在合理的扩散方式可以将观测值变为模糊集，以填充由不完备性造成的部分缺陷从而改进非扩散估计。

信息扩散技术的计算方法如下：

设样本数为m的气象要素指标论域为：

$$U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\} \tag{B.1}$$

按照下式，一个单值观测样本 y_j 可以将其所携带的信息扩散给U中的所有点：

$$f_j(u_i) = \frac{1}{h\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(y_j - u_i)^2}{2h^2}} \tag{B.2}$$

式中 h 为扩散系数，可根据样本集合中的最大值 b、最小值 a 和样本个数 m 来确定，见下式：

$$h = \begin{cases} 0.8146(b - a), m = 5 \\ 0.5690(b - a), m = 6 \\ 0.4560(b - a), m = 7 \\ 0.3860(b - a), m = 8 \\ 0.3362(b - a), m = 9 \\ 0.2986(b - a), m = 10 \\ 2.6851(b - a)/(m - 1), m \geq 11 \end{cases} \tag{B.3}$$

令：

$$C_j = \sum_{i=1}^n f_j(u_i) \tag{B.4}$$

$$\mu_{y_j}(u_i) = f_j(u_i) / C_j \tag{B.5}$$

$$q(u_i) = \sum_{j=1}^m \mu_{y_j}(u_i) \tag{B.6}$$

$$Q = \sum_{i=1}^n q(u_i) \tag{B.7}$$

则 u_i 出现的概率为：

$$P(u_i) = q(u_i) / Q \tag{B.8}$$

在具体计算时，可采用如下步骤：

- a) 假设在历史上共找到了 m 个影响普查单元的台风，根据雨分离台风提取台风引起的各站风雨信息，根据影响时长，统计过程最大风速、过程累积雨量、过程最大日雨量三个因子，非台风影响的站点三个因子统一赋值为 0。
- b) 基于这 m 个台风样本进行信息扩散技术算概率。比如计算各站过程最大风速概率时，论域设定为这 m 个样本中站点值的最小和值和最大值（最小值一般为 0），这样对于每个站点，都对应有 m 个台风，只是有可能它的致灾因子值为 0，但是不妨碍其进行概率计算。这样保证了每个站计算的统一性，即都对应有同样多的台风。

以风因子等级间权重系数确定为例介绍相关方法，步骤如下：

- a) 以风因子主导的样本为基础，建立过程最大风速与直接经济损失之间的关系模型。
- b) 以 a1 取整后的数值为基础，以 1 m/s 为步长，至 32 m/s，分别代入建立好的模型，计算对应的直接经济损失估算值。
- c) 求算表 1 中前 4 个区间直接经济损失平均值，设这四个值之和对应为 1，则其所占比例即确定为这四个区间的权重系数。
- d) 区间 5 权重系数直接设为 1。

基于雨因子主导的样本，分别建立过程累积雨量、过程最大日雨量与直接经济损失之间的关系模型，并按照上述步骤统计各等级区间的权重系数。

注：台风灾情资料不完整或最终符合要求的样本较少的情况下，风、雨因子的权重系数可采用 $\alpha=0.4$ 、 $\beta=0.6$ ；各致灾因子等级区间权重系数可参见表B. 2。

表 B. 2 台风各致灾因子等级区间权重系数表

	区间1	区间2	区间3	区间4	区间5
过程最大风速	0.09	0.15	0.28	0.48	1
过程累积雨量	0.04	0.16	0.33	0.47	1
过程最大日雨量	0.09	0.18	0.30	0.43	1

附 录 C
(资料性)
标准差划分方法

基于标准差法的危险性、风险划分等级见表C.1、C.2。

表 C.1 危险性等级划分标准

等级	划分标准
高风险等级 (I级)	$H \geq (\text{ave} + \delta)$
较高风险等级 (II级)	$(\text{ave} + 0.5\delta) \leq H \leq (\text{ave} + \delta)$
较低风险等级 (IV级)	$(\text{ave} - 0.5\delta) \leq H \leq (\text{ave} + 0.5\delta)$
低风险等级 (V级)	$H < (\text{ave} - 0.5\delta)$
注: H为危险性指数, ave和 δ 为所有普查单元内危险性为非0值集合的平均值和标准差。	

表 C.2 风险等级划分标准

等级	划分标准
高风险等级 (I级)	$R \geq (\text{ave} + \delta)$
较高风险等级 (II级)	$(\text{ave} + 0.5\delta) \leq R \leq (\text{ave} + \delta)$
中风险等级 (III级)	$(\text{ave} - 0.5\delta) \leq R \leq (\text{ave} + 0.5\delta)$
较低风险等级 (IV级)	$(\text{ave} - \delta) \leq R < (\text{ave} - 0.5\delta)$
低风险等级 (V级)	$R < (\text{ave} - \delta)$
注: R为风险指数, ave和 δ 为所有普查单元内风险为非0值集合的平均值和标准差。	

附录 D
(资料性)
自然断点法

自然断点分级法是用统计公式来确定属性值的自然聚类，目的是减少同一级中的差异、增加级间的差异。计算公式为：

$$SSD_{i-j} = \sum_{k=1}^j (A[k] - mean_{i-j})^2 \quad (1 \leq i < j \leq N) \tag{D. 1}$$

也可表示为：

$$SSD_{i-j} = \sum_{k=1}^j A[k]^2 - \frac{(\sum_{k=1}^j A[k])^2}{j-i+1} \quad (1 \leq i < j \leq N) \tag{D. 2}$$

式中：
 A ——长度为 N 的数组；
 $mean_{i-j}$ ——每个等级中的平均值。

附 录 E
(资料性)

承灾体暴露度和脆弱性评估指标

承灾体暴露度和脆弱性评估指标见表E. 1

表 E. 1 承灾体暴露度和脆弱性评估指标

承灾体	暴露度指数 (E)	脆弱性因子 (V_f)	脆弱性因子权重 (V_w)
人口	人口密度	0-14岁及65岁以上人口数比重	人口受灾率
GDP	地均GDP	第一产业产值比重	直接经济损失率
农作物 (水稻)	播种面积占耕地面积比重	单位面积产量	农作物受灾率
农作物 (玉米)	播种面积占耕地面积比重	单位面积产量	农作物受灾率
房屋建筑	地均房屋建筑面积或间数	农村房屋建筑面积或间数比重	房屋倒塌率
公路交通	地均公路里程	单位里程风险点数	公路损毁率

附 录 F
(资料性)
归一化处理法

归一化是将有量纲的数值经过变换，化为无量纲的数值，进而消除各指标的量纲差异。归一化计算公式为：

极大值标准化：
$$X' = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \tag{F. 1}$$

极小值标准化：
$$X' = \frac{X_{max} - X}{X_{max} - X_{min}} \tag{F. 2}$$

式中：

X' 为归一化后的指标， X 为归一化前的指标， X_{min} 、 X_{max} 为该指标的最小值和最大值。根据区划中不同指标的具体情况选择公式（F. 1）或公式（F. 2）进行计算。

参 考 文 献

- [1] 黄崇福. 自然灾害风险评价理论与实践[M]. 北京: 科技出版社, 2005.
 - [2] 任福民, 吴国雄, 王小玲, 等. 近60年影响中国之热带气旋[M]. 北京: 气象出版社, 2011.
 - [3] 朱志存, 尹宜舟, 黄建斌, 等. 我国沿海主要省份热带气旋风雨因子危险性分析 I : 基本值[J]. 热带气象学报, 2018, 34(2): 145-152.
 - [4] 尹宜舟, 黄建斌, 朱志存, 等. 2018. 我国沿海主要省份热带气旋风雨因子危险性分析 II : 年代际变化特征[J]. 热带气象学报, 34(2): 153-161.
 - [5] 章国材. 自然灾害风险评估与区划原理和方法[M]. 北京: 气象出版社, 2014.
 - [6] 中国气象局. 热带气旋年鉴2022[M]. 北京: 气象出版社, 2024.
-