

DB 4413

惠州市地方标准

DB 4413/T XXXX—XXXX

石化企业气象灾害风险等级划分 和评判标准

Classification and Evaluation Standards for Meteorological Disaster Risk
Levels in Petrochemical Enterprises

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

惠州市市场监督管理局 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 等级划分流程	2
5 资料收集和处理	3
5.1 资料收集	3
5.1.1 气象资料	3
5.1.2 石化企业资料	3
5.1.3 灾情资料	3
5.2 资料处理	3
6 气象灾害风险等级划分模型和方法	4
6.1 等级划分模型	4
6.2 等级划分方法	4
6.2.1 综合气象灾害风险指数	4
6.2.2 各场景气象灾害风险指数计算方法	5
6.2.3 致灾因子危险性分析	6
6.2.4 承灾体暴露度分析	6
6.2.4.1 台风的承灾体暴露度因子权重	7
6.2.4.2 强降雨的承灾体暴露度因子及其权重	8
6.2.4.3 雷电的承灾体暴露度因子及其权重	8
6.2.4.4 强风的承灾体暴露度因子权重	8
6.2.5 承灾体脆弱性分析	8
6.2.6 气象灾害风险等级划分	9
附录 A （资料性） 百分位数法	10
附录 B （资料性） 层次分析法	11
B.1 原理	11
B.2 步骤	11
B.2.1 构造判断矩阵	11
B.2.2 计算相对权重	11
B.2.3 一致性检验	11
B.2.4 计算合成权重	12
参 考 文 献	13

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。

本文件由惠州市气象局提出和归口。

本文件起草单位：惠州市气象局、广东省气候中心、惠州市气象安全科技创新中心、中海油惠州石化有限公司、惠州市大亚湾华德石化有限公司、乐金化学（惠州）化工有限公司、惠州市利达气象科技公司。

本文件主要起草人：姜帅、杨思晓、吴蔚、何健、郑璟、曾阳斌、陈雷文、李娇娇、杨亚飞、李江山、吕笛、何永胜、余健、张伟、吕琨、路永平、叶庭铭、张浪。

石化企业气象灾害风险等级划分和评判标准

1 范围

本文件提供了石化企业气象灾害风险等级划分、气象灾害风险评判标准。

本文件适用于以下类型石化企业气象安全保障工作，其他类型的石化企业可参照使用：

- a) 石化港口企业；
- b) 石化生产企业；
- c) 石化储运企业。

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

石化企业 petrochemical enterprise

以石油、天然气及其产品为原料，生产、储运各种石油化工产品的炼油厂、石油化工厂、石油化纤厂或其联合组成的工厂。

[来源：GB 50160-2008，定义2.0.1]

3.2

石化港口企业 Petrochemical port enterprise

围绕石油、天然气及石油化工产品等货物与船舶进出港全过程而进行服务经营活动的港口企业。

3.3

石化加工企业 Petrochemical production enterprise

以石油、天然气及其产品作为原料，生产石油化工产品（或中间体）的生产企业。

3.4

石化储运企业 Petrochemical storage and transportation enterprise

围绕石油、天然气及石油化工产品等货物储存保管和运输服务的企业。

3.5

致灾因子 disaster-causing factor

导致灾害直接发生的异变因子。如台风则指台风所带来的大风和强降雨。

注：改写DB44/T 2139.1-2018，定义3.3。

3.6

致灾因子的危险性 hazard of disaster-causing factor

致灾因子的自然变异程度，主要是致灾因子活动规模（强度）和活动频次（概率）决定的。一般致灾因子强度越大，频次越高，气象灾害的危险也越大，气象灾害所造成的破坏和损失越严重。

注：改写DB44/T 2139.1-2018，定义3.4。

3.7

承灾体 hazard-affected body

致灾因子作用的对象，是人类活动及其所在社会中各种资源的集合。

注：改写DB51/T 2829-2021，定义3.5。

3.8

承灾体暴露度 exposure

可能受到气象灾害影响的承灾体规模。

[来源：QX/T 292-2015，定义2.6]

3.9

承灾体脆弱性 frangibility

在气象灾害影响下，承灾体自身稳定性被破坏的可能性。

3.10

台风 typhoon

即热带气旋，指生成于热带或副热带洋面上，具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，包括热带气压、热带风暴、强热带风暴、台风、强台风和超强台风。

[来源：DB44/T 2139.1-2018，定义3.7]

3.11 **强降雨 heavy rain**

某一时段内，某站降雨较强，出现超过一定阈值的降雨量。

[来源：DB32/T 4430—2022，定义3.3]

3.12

雷电 lighting

指积雨云强烈发展阶段产生的闪电雷鸣天气现象，常伴有大风、暴雨、冰雹等灾害性天气。

[来源：DB44/T 2139.1—2018，定义3.9]

3.13 **强风 strong wind**

除受台风影响外，阵风风速较大的天气现象。

3.14

地闪强度 ground lightning intensity

给定区域内地闪雷电流幅值的平均值，单位：kA。

4 等级划分流程

石化企业气象灾害等级划分流程见图1。

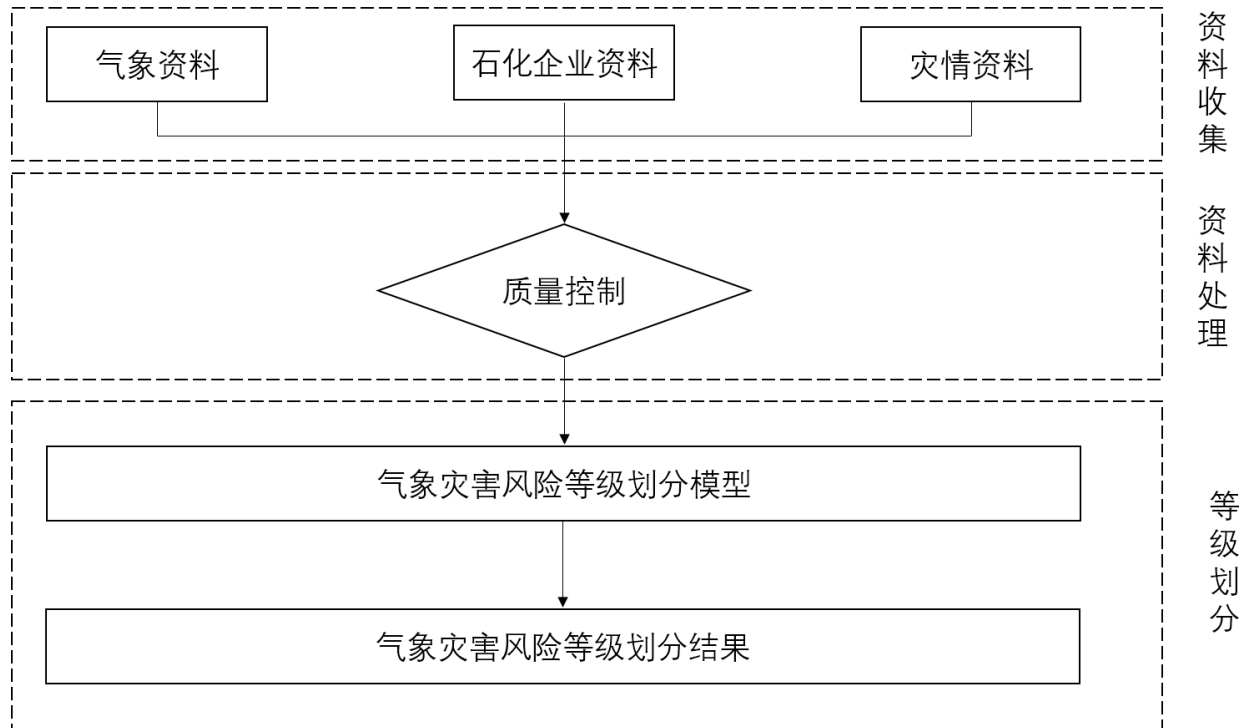


图1 石化企业气象灾害等级划分流程

5 资料收集和处理

5.1 资料收集

5.1.1 气象资料

宜收集石化企业附近地区的台风资料、强降雨资料、闪电定位系统资料（雷击的时间、经纬度、雷电流幅值）、瞬时大风等参数。

5.1.2 石化企业资料

以石化企业为单元，收集企业占地面积、油罐容量、年生产总值、职工人数、近5年防灾减灾总投入、年生产总值、从事防灾减灾人数、防灾减灾演练次数、防灾减灾培训次数、企业内气象监测设施等资料。

5.1.3 灾情资料

宜收集石化企业的台风灾情资料、强降雨灾情资料、雷电灾情资料、强风灾情资料，包括人员伤亡和直接经济损失。

5.2 资料处理

对收集的资料进行质量控制，并按照百分位数法确定致灾因子的危险性等级、承灾体暴露度等级和承灾体脆弱性等级，百分位数法参见附录A。

6 气象灾害风险等级划分模型和方法

6.1 等级划分模型

气象灾害（台风、强降雨、雷电、强风）风险等级划分模型由两部分构成，分别是综合气象灾害风险指数计算和综合气象灾害风险等级划分。气象灾害风险指数由四个场景的风险指数组成，分别为公共设施风险指数、港口作业风险指数、储运作业风险指数和石化加工风险指数。各场景风险指数包括致灾因子危险性分析、承灾体暴露度分析和承灾体脆弱性分析。等级划分模型见图2。

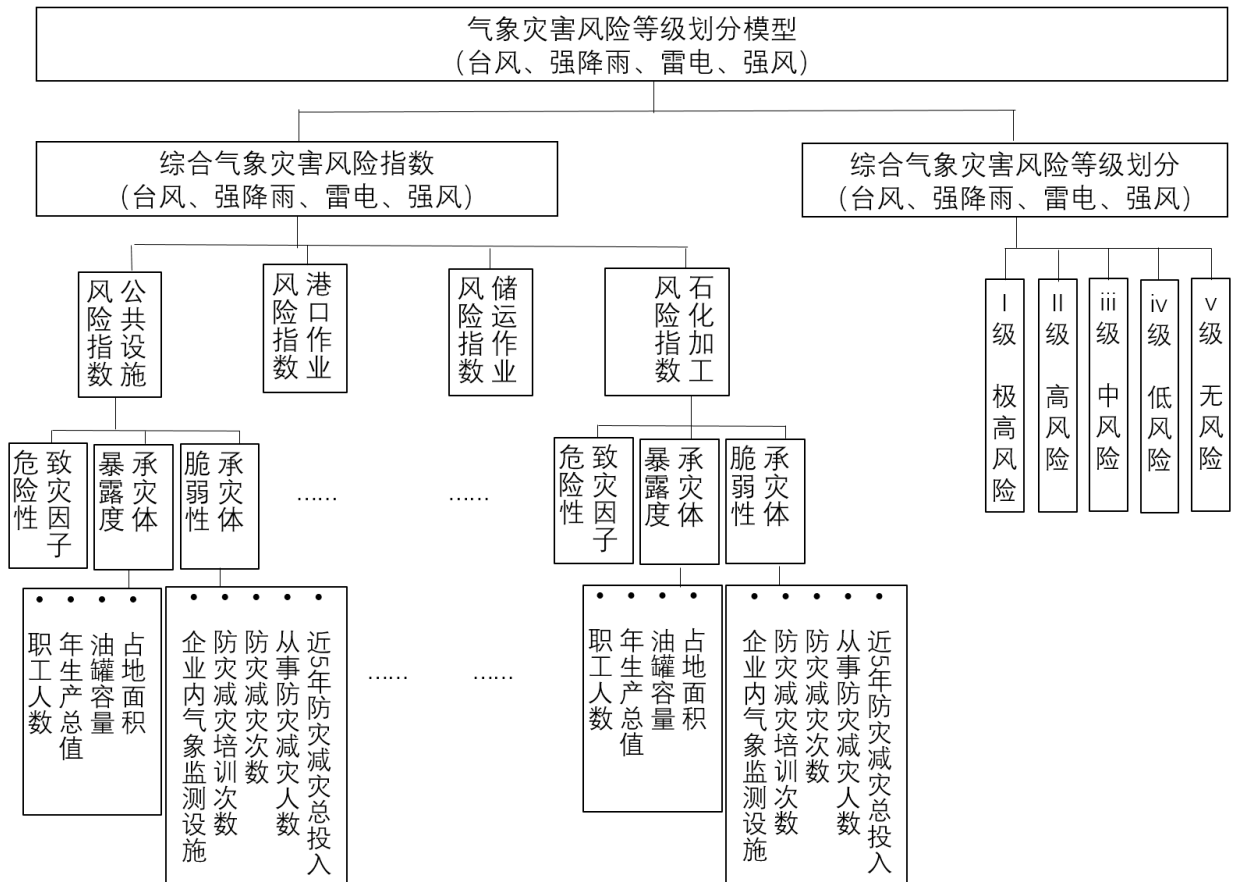


图2 气象灾害风险等级划分模型

6.2 等级划分方法

6.2.1 综合气象灾害风险指数

综合气象灾害风险指数按式（1）计算：

$$CRI = \frac{R_1\omega_1 + R_2\omega_2 + R_3\omega_3 + R_4\omega_4 + \dots}{\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \omega_4 + \dots} \quad (1)$$

式中：

CRI —— 气象灾害风险指数；

R_1 —— 公共设施风险指数；

ω_1 —— 公共设施风险指数权重；

R_2 —— 港口作业风险指数；

ω_2 ——港口作业风险指数权重；

R_3 ——储运作业风险指数；

ω_3 ——储运作业风险指数权重；

R_4 ——石化加工风险指数；

ω_4 ——石化加工风险指数权重。

各权重值的计算按式（2）、（3）、（4）计算：

$$\omega_1 = \frac{1}{n+1} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

n ——企业拥有港口作业、仓储管道和石化加工场景的个数。

$$\omega_i = \frac{n}{n+1} \times \frac{X_i}{X_2+X_3+X_4} \dots\dots\dots (3)$$

$$X_i = \frac{1}{4} + \left(\frac{A_i}{A_1} + \frac{B_i}{B_1} + \frac{C_i}{C_1} + \frac{D_i}{D_1} \right) \dots\dots\dots (4)$$

式中：

i ——2, 3, 4。

A_1 ——企业全部的占地面积（平方公里）；

A_2 ——港口作业场景的占地面积（平方公里）；

A_3 ——仓储管道场景的占地面积（平方公里）；

A_4 ——石化加工场景的占地面积（平方公里）；

B_1 ——企业全部油罐总量（万立方米）；

B_2 ——港口作业场景的油罐总量（万立方米）；

B_3 ——仓储管道场景的油罐总量（万立方米）；

B_4 ——石化加工场景的油罐总量（万立方米）；

C_1 ——企业全部的年生产总值（亿元）；

C_2 ——港口作业场景的年生产总值（亿元）；

C_3 ——仓储管道场景的年生产总值（亿元）；

C_4 ——石化加工场景的年生产总值（亿元）；

D_1 ——企业全部的职工人数（人）；

D_2 ——港口作业场景的职工人数（人）；

D_3 ——仓储管道场景的职工人数（人）；

D_4 ——石化加工场景的职工人数（人）。

6.2.2 各场景气象灾害风险指数计算方法

各场景气象灾害风险指数按式（5）计算：

$$RI = (RH^{\omega h}) \times (RE^{\omega e}) \times (RF^{\omega f}) \dots\dots\dots (5)$$

式中：

RI ——各场景气象灾害风险指数；

RH ——致灾因子的危险性；

ωh ——致灾因子危险性权重；

RE ——承灾体暴露度；

ω_c ——承灾体暴露度权重；

RI ——承灾体脆弱性；

ω_f ——承灾体脆弱性权重。

各权重值的计算是基于企业调研结果，由专家打分法确定，取值分别为0.6、0.2和0.2。

6.2.3 致灾因子危险性分析

致灾因子危险性是基于企业受灾情况的调研结果，采用百分位法确定不同气象灾害的致灾因子的危险性等级，参见表1。

表1 不同气象灾害的致灾因子及其危险性等级

危险性等级	台风	强降雨	雷电	强风
0	受热带气旋影响， 阵风<6级且 日降雨量<20mm	1小时降雨量<15mm 且3小时降雨量<25mm 且24小时降雨量<50mm	地闪强度<6kA	阵风<6级
1	受热带气旋影响， 6≤阵风<8级或 20mm≤日降雨量<50mm	15mm≤1小时降雨量< 25mm或 25mm≤3小时降雨量< 40mm或50mm≤24小时降 雨量<80mm	6kA≤地闪强度<16kA	6级≤阵风<8级
2	受热带气旋影响， 8≤阵风<10级或 50mm≤日降雨量< 100mm	25mm≤1小时降雨量< 50mm或 40mm≤3小时降雨量< 80mm或80mm≤24小时降 雨量<120mm	16kA≤地闪强度<24kA	8级≤阵风<10级
3	受热带气旋影响， 10≤阵风<12级或 100mm≤日降雨量< 150mm	50mm≤1小时降雨量< 80mm或 80mm≤3小时降雨量< 120mm或120mm≤24小时 降雨量<200mm	24kA≤地闪强度<34kA	10级≤阵风<12级
4	受热带气旋影响， 阵风≥12级或 日降雨量≥150mm	1小时降雨量≥80mm或 3小时降雨量≥120mm或 24小时降雨量≥200mm	地闪强度≥34kA	阵风≥12级

6.2.4 承灾体暴露度分析

承灾体暴露度是承灾体暴露等级与暴露度因子权重加权平均获得，计算方法如下：

$$RE = \sum_i RE_i \omega_i \dots\dots\dots (6)$$

式中：

i ——取1到4，代表4个承灾体暴露度因子；

RE_i ——各承灾体暴露度因子的等级数；

ω_i ——各承灾体暴露度因子的权重。

承灾体暴露度等级及暴露度因子是基于企业调研结果，采用层次分析法（见附录B）来确定，不同气象灾害的承灾体暴露度因子及暴露等级参见表2，不同承灾体暴露度因子权重参见表3-表5。

表2 不同作业场景的承灾体暴露度因子及等级划分

公共设施：

暴露等级	占地面积 (平方公里)	油罐容量 (万立方米)	年生产总值 (亿元)	职工人数 (人)
1	(0, 0.1)	(0, 10)	(0, 5)	(0, 50)
2	[0.1, 1.0)	[10, 100)	[5, 50)	[50, 100)
3	[1.0, 4.0)	[100, 200)	[50, 500)	[100, 1000)
4	[4.0, ∞)	[200, ∞)	[500, ∞)	[1000, ∞)

港口作业：

暴露等级	占地面积 (平方公里)	油罐容量 (万立方米)	年生产总值 (亿元)	职工人数 (人)
1	(0, 0.01)	(0, 1)	(0, 0.02)	(0, 10)
2	[0.01, 0.1)	[1, 10)	[0.02, 0.2)	[10, 50)
3	[0.1, 0.2)	[10, 50)	[0.2, 2.0)	[50, 100)
4	[0.2, ∞)	[50, ∞)	[2.0, ∞)	[100, ∞)

仓储作业：

暴露等级	占地面积 (平方公里)	油罐容量 (万立方米)	年生产总值 (亿元)	职工人数 (人)
1	(0, 0.01)	(0, 10)	(0, 0.02)	(0, 10)
2	[0.01, 0.1)	[10, 50)	[0.02, 0.2)	[10, 50)
3	[0.1, 0.5)	[50, 100)	[0.2, 2.0)	[50, 100)
4	[0.5, ∞)	[100, ∞)	[2.0, ∞)	[100, ∞)

石化加工：

暴露等级	占地面积 (平方公里)	油罐容量 (万立方米)	年生产总值 (亿元)	职工人数 (人)
1	(0, 0.1)	(0, 1)	(0, 5)	(0, 50)
2	[0.1, 1.0)	[1, 10)	[5, 50)	[50, 100)
3	[1.0, 4.0)	[10, 50)	[50, 500)	[100, 1000)
4	[4.0, ∞)	[50, ∞)	[500, ∞)	[1000, ∞)

6.2.4.1 台风的承灾体暴露度因子权重

表3 台风的承灾体暴露度因子权重

场景	占地面积	油罐容量	年生产总值	职工人数
----	------	------	-------	------

场景	占地面积	油罐容量	年生产总值	职工人数
公共设施	0.34	0.20	0.29	0.17
港口作业	0.34	0.28	0.14	0.24
仓储作业	0.29	0.29	0.24	0.18
石化加工	0.28	0.14	0.29	0.29

6.2.4.2 强降雨的承灾体暴露度因子及其权重

表4 强降雨的承灾体暴露度因子权重

场景	占地面积	油罐容量	年生产总值	职工人数
公共设施	0.33	0.33	0.17	0.17
港口作业	0.33	0.33	0.17	0.17
仓储作业	0.33	0.33	0.17	0.17
石化加工	0.29	0.17	0.29	0.25

6.2.4.3 雷电的承灾体暴露度因子及其权重

表5 雷电的承灾体暴露度因子权重

场景	占地面积	油罐容量	年生产总值	职工人数
公共设施	0.26	0.46	0.14	0.14
港口作业	0.33	0.36	0.12	0.19
仓储作业	0.28	0.45	0.16	0.11
石化加工	0.25	0.25	0.25	0.25

6.2.4.4 强风的承灾体暴露度因子权重

表6 强风的承灾体暴露度因子权重

场景	占地面积	油罐容量	年生产总值	职工人数
公共设施	0.33	0.33	0.17	0.17
港口作业	0.42	0.23	0.12	0.23
仓储作业	0.23	0.43	0.20	0.14
石化加工	0.30	0.25	0.25	0.20

6.2.5 承灾体脆弱性分析

承灾体脆弱性是承灾体脆弱性等级与承灾体脆弱性因子权重加权平均获得,计算方法如下:

$$RV = \sum_i RV_i \omega_i \dots\dots\dots (7)$$

式中:

i ——取1到5,代表5个承灾体脆弱性因子;

RV_i ——各承灾体脆弱性因子的等级数;

ω_i ——各承灾体脆弱性因子的权重。

承灾体脆弱性等级与承灾体脆弱性因子权重是基于企业调研结果,采用专家打分法和层次分析法相结合的方法来确定,气象灾害的承灾体脆弱性等级参见表7,脆弱性因子权重参见表8。

表7 承灾体脆弱性等级

脆弱性等级	近5年防灾减灾总投入(万元)或占生产总值比例(%)	从事防灾减灾人数(人)或占比	是否有应急预案及防灾减灾演练次数(次/年)	防灾减灾培训次数(次/年)	企业内气象监测设施(套)
1	≥1000或≥1%	≥50或≥20%	是, ≥100	≥5	≥3
2	[500-1000)或[0.5-1%)	[20-50)或[10-20%)	是, [50-100)	[3-4]	2
3	[100-500)或[0.1-0.5%)	[10-20)或[5-10%)	是, <50	[1-2]	1
4	<100或<0.1%	<10或<5%	否	0	0

注:同时满足条件则取最大等级。

表8 承灾体脆弱性因子权重

承灾体脆弱性因子	近5年防灾减灾总投入或占比	从事防灾减灾人数或占比	防灾减灾演练次数	防灾减灾培训次数	企业内气象监测设施
权重	0.35	0.18	0.18	0.18	0.11

6.2.6 气象灾害风险等级划分

依据气象灾害风险指数大小,采用专家打分法将石化企业气象灾害分线划分为无风险(I级)、低风险(II级)、中风险(III级)、高风险(IV级)、极高风险(V级)五个等级,见表9。

表9 石化企业气象灾害风险等级

风险指数范围	等级	风险状态	影响程度	颜色表征
0	V级	无风险	基本无影响	绿色 ^a
(0, 1.5]	IV级	低风险	有一定影响	蓝色 ^b
(1.5, 2.5]	III级	中风险	有较大影响	黄色 ^c
(2.5, 3.5]	II级	高风险	有严重影响	橙色 ^d
(3.5, 4.0]	I级	极高风险	有特别严重影响	红色 ^e

^a RGB 值为 (0, 255, 0); ^b RGB 值为 (0, 0, 255); ^c RGB 值为 (255, 255, 0); ^d RGB 值为 (255, 97, 0); ^e RGB 值为 (255, 0, 0), RGB代表红、绿、蓝三个通道的颜色。

附 录 A
(资料性)
百分位数法

百分位数法是一种位置指标,常用于描述一组样本值在某百分位置上的水平,多个百分位结合使用,可以更全面地描述资料的分布特征。百分位数的计算采用以下经验公式:

$$\hat{Q}_i(p) = (1 - \gamma)X_{(j)} + \gamma X_{(j+1)} \dots\dots\dots (A. 1)$$

$$\gamma = p \times n + \frac{1+p}{3} - j \dots\dots\dots (A. 2)$$

$$j = \text{int}(p \times n + \frac{1+p}{3}) \dots\dots\dots (A. 3)$$

式中:

$\hat{Q}_i(p)$ ——第 i 个百分位数;

p ——百分位数;

γ ——对应第 j 位的中间计算量;

x ——升序排列后的样本序列;

j ——第 j 个序列数;

n ——序列总数。

附录 B (资料性) 层次分析法

B.1 原理

把一个复杂系统中的每个指标都分解为若干个有序层次，每一层次中的元素具有大致相等的地位，并且每一层与上一层次的某个指标和下一层次的若干指标有着一定的联系，每一层次之间按照隶属关系组建成一个有序的递阶层次结构模型。在这个层次结构模型中，根据客观事实的判断，通过两两比较判断的方式确定同一层次中每个指标的相对重要性，以数字的方式建立判断矩阵，然后利用向量的计算方法得出同一层次中每个指标的相对重要性权重系数，最后通过组合计算所有层次的相对权重系数得到每个最底层指标相对于目标的重要性权重系数。

B.2 步骤

B.2.1 构造判断矩阵

采用1~9标度法对各指标进行成对比比较，确定各指标之间的相对重要性并给出相应的比值，见表A.1。

表 C.1 两两比较赋值表

标度	含义
$a_{ij}=1$	因素 A_i 与因素 A_j 具有相等的重要性
$a_{ij}=3$	因素 A_i 比因素 A_j 稍显重要
$a_{ij}=5$	因素 A_i 比因素 A_j 明显重要
$a_{ij}=7$	因素 A_i 比因素 A_j 强烈重要
$a_{ij}=9$	因素 A_i 比因素 A_j 极度重要
$a_{ij}=2、4、6、8$	因素 A_i 与因素 A_j 相比，介于结果的中间值
倒数	$a_{ji} = 1/a_{ij}$

上述过程得出的判断矩阵A为：

$$A = (a_{ij})_{n \times n} \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \cdots \cdots \cdots (C.1)$$

式中： $a_{ii}=1$ ， $a_{ji}=1/a_{ij}$

B.2.2 计算相对权重

通过求解判断矩阵A的最大特征值 λ_{\max} 及最大特征值对应的特征向量W，得出同一层次各指标的相对权重系数。

B.2.3 一致性检验

用平均随机一致性指标 (R. I.) 对各指标重要程度比较链上的相容性进行检验, 当成对比较得出的判断矩阵的阶数大于或等于3时, 则需要进行一致性检验。

根据判断矩阵得出一致性指标 (C. I.) :

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} \dots\dots\dots (C. 2)$$

根据判断矩阵阶数, 按照表 C.2 找出对应的 R.I.。

表 C. 2 平均随机一致性指标值

判断矩阵的阶数	R. I.
1	0
2	0
3	0.52
4	0.9
5	1.12
6	1.26
7	1.36

根据C. I. 和R. I. 的值, 计算一致性比例 (C. R.) :

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \dots\dots\dots (C. 3)$$

当C. R. 小于或者等于0.1时, 则判断矩阵A的一致性是符合要求的, 反之, 需要对判断矩阵A的两两比较值作调整, 直到计算出符合一致性要求的C. R. 值。

B. 2. 4 计算合成权重

当所有层次的相对权重计算得出后, 利用各层次指标的层次单排序结果, 进一步计算递阶层次结构模型中最底层指标相对于总目标的组合权重, 由下而上逐层进行, 进行层次总排序。

参 考 文 献

- [1] GB/T 19201-2006 热带气旋等级
 - [2] GB/T 28591-2012 风力等级
 - [3] GB/T 35228 地面气旋观测规范 降水量
 - [4] GB/T 28592-2012 降水量等级
 - [5] GB 50160-2008 石油化工企业设计防火标准
 - [6] GB/T 23694-2013 风险管理 术语
 - [7] DB44/T 2139.1-2018 气象灾害防御 第1部分：风险区划
 - [8] DB51/T 2829-2021 暴雨洪涝灾害风险评估技术规范
 - [9] DB32/T 4430—2022 极端强降雨事件判定
 - [10] DB11/T 1589.5—2021 气象灾害风险调查技术规范 第5部分：雷电
 - [11] QX/T 292-2015 农业气象观测资料传输文件格式
 - [12] GB/T 21984-2017 短期天气预报
 - [13] QX/T 103—2017 雷电灾害调查技术规范
 - [14] 王莲芬, 许树柏. 层次分析法引论[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1990.
 - [15] 王晓彤. 基于AHP及专家打分法的大跨度隧道风险评估[J]. 现代隧道技术, 2020, 57(S1): 233-240.
 - [16] 章国材. 气象灾害风险评估与区划方法[M]. 北京: 气象出版社, 2009.
 - [17] GRANGER K. Quantifying storm tide risk in Cairns[J]. Natural Hazards, 2003, 30(2): 165-185.
-