

中国环境科学学会标准

# 发布公告

2023 年 第 22 号（总第 101 号）

根据《中国环境科学学会标准管理办法》的相关规定，  
现批准《大气环境健康风险地图编制技术指南》（T/CSES  
101-2023）标准，并予发布。

以上标准自 2023 年 5 月 22 日起实施。

特此公告。



# 团 体 标 准

T/CSES 101—2023

## 大气环境健康风险地图编制技术指南

Technical guidelines for atmospheric environmental health  
risk mapping

2023 - 05 - 22 发布

2023 - 05 - 22 实施

中国环境科学学会 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 工作程序 .....	1
5 数据准备 .....	2
6 污染源风险分级 .....	3
7 区域大气污染物暴露浓度确定 .....	4
8 区域大气环境健康风险分级 .....	5
9 风险源地图及风险地图绘制 .....	5

## 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。

本文件由生态环境部华南环境科学研究所提出。

本文件由中国环境科学学会归口。

本文件起草单位：生态环境部华南环境科学研究所、四川省生态环境科学研究院、广东中联兴环保科技有限公司。

本文件主要起草人：于云江、任明忠、向明灯、罗伟铿、周洋、郑彤、董辰寅、蔡明甫、史鸿乐、刘源月、陈强、吕晓彤、刘虹、荣思睿、吴超烽、杨勇、黄观辉、林煜丹。

# 大气环境健康风险地图编制技术指南

## 1 范围

本文件规定了大气环境健康风险地图编制的一般性原则、工作程序、基本方法和技术要求。

本文件适用于不同地理或行政区划层面，单个或多个典型行业的大气环境健康风险源地图和风险地图绘制。

## 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。

HJ 2.2 环境影响评价技术导则 大气环境

HJ 608 排污单位编码规则

HJ 941 企业突发环境事件风险分级方法

WS/T 666 大气污染人群健康风险评估技术规范

T/CSES 36 区域环境污染健康风险评估技术导则

《化学物质环境与健康暴露评估技术导则（试行）》（生态环境部公告 2020 年第 69 号）

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**排污系数** pollutant discharge coefficient

在典型工况生产条件下，生产单位产品（使用单位原料）所产生的污染物量经过末端治理设施削减后的残余量。

### 3.2

**风险源** risk source

可能向大气环境排放有毒有害物质、造成人体健康风险的污染源。

### 3.3

**风险源地图** risk source maps

表征某一地区或某一行业大气环境健康风险源的等级及分布、风险因子等相关信息的专题地图。

### 3.4

**健康风险地图** health risk maps

表征区域人群暴露健康风险信息的专题地图，包括区域大气环境健康风险的等级、风险因子，以及对应的风险源信息。

## 4 工作程序

大气环境健康风险地图绘制的工作程序见图 1，包括：数据准备、污染源风险分级、区域大气污染

物暴露浓度确定、区域大气环境健康风险分级、风险源地图及风险地图绘制，共 5 个阶段。

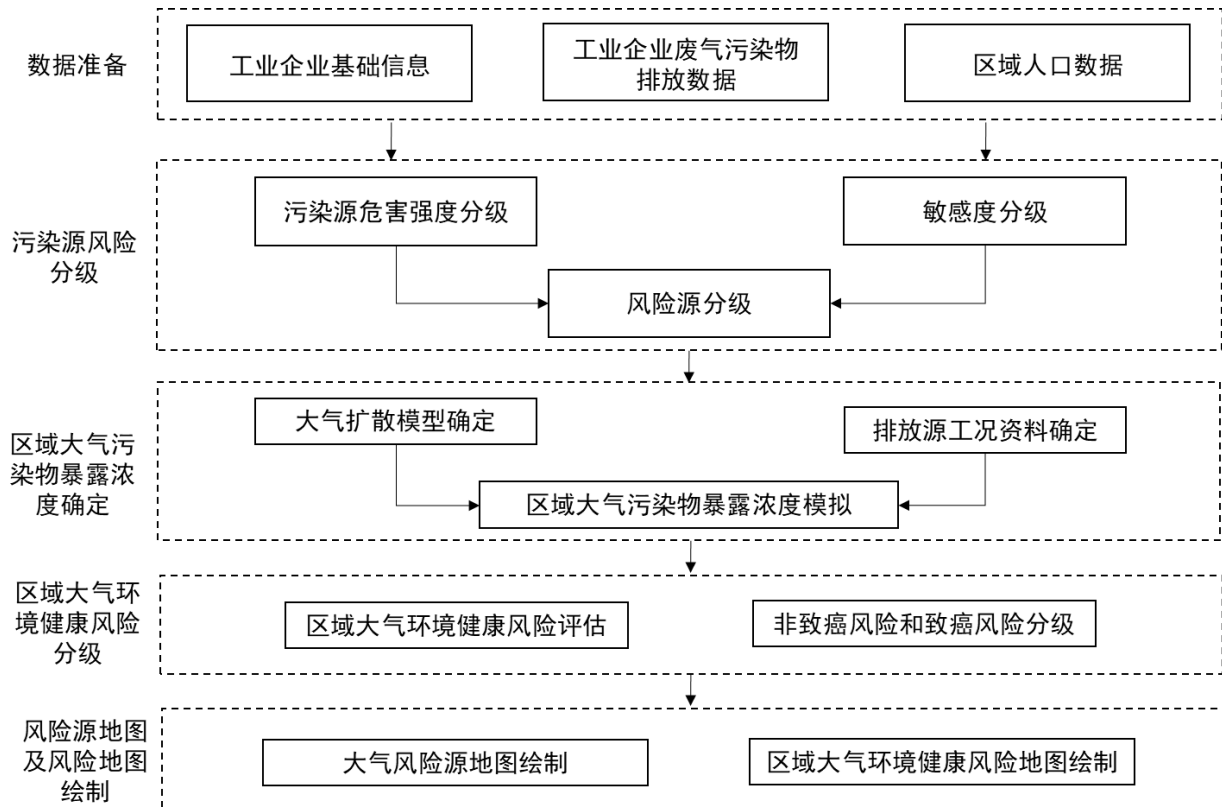


图1 大气环境健康风险地图绘制的工作程序

## 5 数据准备

### 5.1 工业企业基础信息

基于污染源普查、排污许可、环境统计等数据来源，获取企业名称、地理位置（中心经纬度）、行业类别、运行状态、产生污染的工艺及设施情况等信息，并为每个企业编制唯一识别码，企业编码方法依据 HJ 608 执行。

### 5.2 工业企业废气污染物排放数据

#### 5.2.1 基于调查/监测直接获取的废气污染物排放数据

基于污染源普查、排污许可、生态环境监测等信息来源，直接获取工业企业废气污染物排放数据，包括废气排放口信息、废气排放量以及污染物排放量。其中，风险地图编制重点关注砷、铅、镉、铬、汞等有毒有害重金属，以及单项有毒有害有机污染物的排放数据。企业废气排放口信息包括排放口位置（经纬度）、排放口编号、排放口高度（米）；污染物排放量数据包括工业废气排放量（万立方米）、挥发性有机物排放量（千克）或单项有机物排放量（千克）、重金属排放量（千克）。

#### 5.2.2 基于排污系数计算获取的废气污染物排放数据

基于排污系数计算获取废气污染物排放数据的步骤如下：

- a) 筛选行业目标污染物。基于行业排放的特征污染物，以及其毒性效应，筛选排放量大、健康危害程度高的污染物为目标污染物；

- b) 确定目标污染物的行业排污系数。对于不能通过调查/监测直接获取废气污染物排放数据的目标污染物，基于文献调研及整编方法，确定行业排污系数及其相关信息，包括污染物名称、CAS号、所属行业、系数类型、工艺、系数、单位等，排污系数单位为  $\text{mg}/\text{m}^3$ ；
- c) 目标污染物排放数据计算。根据不同企业的行业类型、工艺、产品等资料，选择合适的排污系数，通过废气排放量以及排污系数，计算不同行业、不同类型的企业的目标污染物排放量。工业废气排放量按照公式（1）计算：

$$t_{i,j,k} = c_{i,k} \times V_{i,j,k} \times 10^{-3} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- $t_{i,j,k}$  ——i 行业 j 企业污染因子 k 的排放量，g；  
 $c_{i,k}$  ——i 行业排放污染因子 k 的排污系数， $\text{mg}/\text{m}^3$ ；  
 $V_{i,j,k}$  ——i 行业 j 企业的废气排放体积， $\text{m}^3$ 。

上述方法中行业排放系数缺乏或难以确定时，可参考《化学物质环境与健康暴露评估技术导则（试行）》附录 A 推荐方法计算废气污染物排放数据。

### 5.3 区域人口数据

评价区域的人口数据可通过中国人口空间分布公里网格数据集等方式获取。将含有人口数据信息的底图、以及排放有毒有害污染物的风险源点位底图共同导入制图软件，并以风险源点位为中心建立缓冲区（半径 5 公里范围），提取缓冲区范围的总人口数。

## 6 污染源风险分级

### 6.1 污染源危害强度分级

#### 6.1.1 污染源危害强度计算

污染源危害强度主要根据工业企业废气排放污染物可能存在的致癌和非致癌危害程度，对区域内的企业进行半定量计算。

其中，污染源致癌危害强度按照公式（2）计算：

$$SHc = t \times IUR \times CF \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- $SHc$  ——污染源致癌危害强度，无量纲；  
 $t$  ——企业污染因子排放量，g；  
 $IUR$  ——呼吸吸入致癌斜率因子， $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ ；  
 $CF$  ——转换因子， $10^6/\text{m}^3$ 。

污染源非致癌危害强度按照公式（3）计算：

$$SHnc = \frac{t}{Rfc} \times CF \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- $SHnc$  ——污染源非致癌危害强度，无量纲；  
 $Rfc$  ——污染物的非致癌参考浓度， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

#### 6.1.2 污染源危害强度分级

在污染源危害强度计算基础上，对同一企业按致癌和非致癌两类，分别对不同污染物的危害强度进行加和，作为该企业的致癌和非致癌污染源危害强度。

依据不同企业污染源危害强度，分致癌风险和非致癌风险，分别对评价区域内相同行业大类的工业企业由小到大排序。依据排序相对位置，对危害强度进行等级划分，分为P1~P3三个等级，其中危害强

度值为0（无废气排放）的不参与排序，危害强度排序位置位于前1/3的企业为P1等级，位于中间1/3部分的企业为P2等级，危害强度最大的1/3企业为P3等级。

同一企业的致癌和非致癌污染源危害强度等级不一致时，取等级高的作为该企业的污染源危害强度等级。

## 6.2 敏感度分级

敏感度指企业排放有毒有害大气污染物可能危害的企业周边区域人群大小的程度。风险源影响范围内人群敏感度，等级划分参照 HJ 941 方法。其中，5 km 范围内人口数大于 5 万的，划分为 E3 等级，1~5 万人为 E2 等级，1 万以下为 E1 等级，具体划分方法见表 1。

表1 风险源影响范围内人群敏感度分级方法

敏感度等级 (E)	影响范围 (半径5 km) 人口数
E1	小于1万人
E2	介于1~5万人之间
E3	大于5万人

## 6.3 风险源分级

考虑污染源危害强度 (P) 与风险源受体敏感性 (E) 两方面因素，建立风险源分级矩阵模型，对风险源等级进行划分。

敏感度及危害强度都为最高等级的企业划分为极高风险源，等级为 IV；危害强度或敏感度其中一个为最高等级，另一个为次高等级，划分为高风险源，等级为 III；危害强度或敏感度其中之一为最高等级，另一个为最低等级，或两者均为次高等级的，划分为中风险源，等级为 II；危害强度和敏感度两者其中之一为次高等级，另一个为最低等级，或两者均为最低等级的，划分为低风险源，等级为 I。具体的划分方法见表 2。

表2 风险源分级矩阵

风险分级	P1	P2	P3
E1	I	I	II
E2	I	II	III
E3	II	III	IV

## 7 区域大气污染物暴露浓度确定

### 7.1 大气扩散模型确定

区域大气污染物暴露浓度，主要基于评价区域污染源排放量及工况资料，采用大气扩散模型进行模拟确定。

大气扩散模型的确定可参考 HJ 2.2。其中，对于评价区域范围超过 50 km，并具有复杂地形、海陆风等复杂下垫面条件，推荐采用 CALPUFF 模型。

### 7.2 排放源工况资料确定

排放源的大气扩散模拟需输入的工况资料包括：地理坐标、烟囱高度、烟囱内径、污染物排放强度等，可通过现场测量或资料收集等方式获取。

### 7.3 区域大气污染物暴露浓度模拟

区域大气污染物暴露浓度模拟工作流程包括气象数据准备、地形数据准备、排放源及受体点设置、

大气扩散模拟计算、模拟结果后处理共 5 个步骤，具体方法可参考 HJ 2.2。

## 8 区域大气环境健康风险分级

### 8.1 区域大气环境健康风险评估

在区域大气污染物暴露浓度模拟基础上，采用暴露评估及健康风险评估模型，逐一计算评价区域不同污染物的致癌风险和非致癌风险。其中，大气污染物的健康风险参考 T/CSES 36、WS/T 666 推荐公式及参数计算危害商（HQ）和致癌风险（R），不确定性参考 T/CSES 36 要求进行分析。

### 8.2 非致癌风险和致癌风险分级

根据区域大气环境健康风险评估结果，对非致癌风险和致癌风险分别进行分级，具体分级方法见表 3。

对于非致癌风险，同时考虑单一污染物危害商最高值（ $HQ_{max}$ ）以及多种污染物危害商（ $HQ_{sum}$ ），从大到小分为 4 个等级。其中， $HQ_{max} > 3$  或  $HQ_{sum} > 30$ ，为极高风险； $2 < HQ_{max} \leq 3$  或  $20 < HQ_{sum} \leq 30$ ，为高风险； $1 < HQ_{max} \leq 2$  或  $10 < HQ_{sum} \leq 20$ ，为中风险； $HQ_{max} < 1$  或  $HQ_{sum} \leq 10$ ，为低风险。

对于致癌风险，同时考虑单一污染物的致癌风险（ $R_{max}$ ）和多种污染物致癌风险（ $R_{sum}$ ），从大到小分为 4 个等级。其中， $R_{max} > 10^{-4}$  或  $R_{sum} > 10^{-3}$ ，为极高风险； $10^{-5} < R_{max} \leq 10^{-4}$  或  $10^{-4} < R_{sum} \leq 10^{-3}$ ，为高风险； $10^{-6} < R_{max} \leq 10^{-5}$  或  $10^{-5} < R_{sum} \leq 10^{-4}$ ，为中风险； $R_{max} \leq 10^{-6}$  或  $R_{sum} \leq 10^{-5}$ ，为低风险。

表3 区域大气环境健康风险分级

风险分级	特征污染物非致癌风险（HQ）	特征污染物致癌风险（R）
极高	$HQ_{max} > 3$ 或 $HQ_{sum} > 30$	$R_{max} > 10^{-4}$ 或 $R_{sum} > 10^{-3}$
高	$2 < HQ_{max} \leq 3$ 或 $20 < HQ_{sum} \leq 30$	$10^{-5} < R_{max} \leq 10^{-4}$ 或 $10^{-4} < R_{sum} \leq 10^{-3}$
中	$1 < HQ_{max} \leq 2$ 或 $10 < HQ_{sum} \leq 20$	$10^{-6} < R_{max} \leq 10^{-5}$ 或 $10^{-5} < R_{sum} \leq 10^{-4}$
低	$HQ_{max} < 1$ 或 $HQ_{sum} \leq 10$	$R_{max} \leq 10^{-6}$ 或 $R_{sum} \leq 10^{-5}$

## 9 风险源地图及区域风险地图绘制

### 9.1 大气风险源地图绘制

#### 9.1.1 大气风险源地图的色彩及形式设计

根据不同行业的风险源分级结果，绘制分行业的风险源分级地图。分别用浅绿色、蓝色、橙色、红色，将低风险源、中风险源、高风险源以及极高风险源，以点状图形式，分四级在地图上进行可视化表达，风险地图绘制方法见表4。

表4 风险源地图绘制

风险源等级	风险源等级说明	分级颜色	色值（CMYK）
I	低风险源		C50 Y100 边框 K50
II	中风险源		C100 M40 边框 K50
III	高风险源		M30 Y100 边框 K50
IV	极高风险源		M100 Y100 边框 K50

### 9.1.2 大气风险源地图的图面内容要求




大气风险源地图的产品类型包括纸质图和数字图两种。其中纸质图的图面内容应包括图名、主图（风险源名称及等级）、图例、比例尺、指北针、制图单位和时间、数据时效性等；数字图的图面内容除纸质图的一般要求外，还应标识各风险源的名称、行业类型、企业概况（规模、工艺、产物设施及污染防治设施）、主要风险因子（企业排放主要有毒有害污染物清单）。

## 9.2 区域大气环境健康风险地图绘制

### 9.2.1 区域大气环境健康风险地图的色彩及形式设计

在区域大气污染物暴露浓度模拟和区域大气环境健康风险评估基础上，基于模拟扩散点对应的健康风险等级，分别用浅绿色、蓝色、橙色、红色，对地图每个单元网格区域，标注低风险区、中风险区、高风险区或极高风险区属性，具体方法见表5。

表5 区域大气环境健康风险地图绘制

区域风险等级	区域风险等级说明	分级颜色	色值（CMYK）
I	低风险区		C50 Y100
II	中风险区		C100 M40
III	高风险区		M30 Y100
IV	极高风险区		M100 Y100

### 9.2.2 区域大气环境健康风险地图的图面内容要求

区域大气环境健康风险地图的产品类型包括纸质图和数字图两种。其中纸质图的图面内容应包括图名、主图（区域内不同单元网格区域风险等级）、图例、比例尺、指北针、制图单位和时间、数据时效性等；数字图的图面内容除纸质图的一般要求外，还应标识评价区域内，不同行业的高风险源企业清单及基础信息、风险源等级、周边人群敏感度等级等。