

化工园区有毒有害气体健康风险监控  
预警技术指南  
编制说明

标准编制组

2023年1月

# 目 录

1 工作概况.....	1
1.1 任务来源.....	1
1.2 工作过程.....	1
2 标准编制的必要性分析.....	1
3 国内外研究进展.....	2
4 编制原则.....	3
5 主要技术内容说明.....	3
5.1 层次框架.....	3
5.2 技术要点.....	3
5.2.1 适用范围.....	3
5.2.2 规范性引用文件.....	3
5.2.3 术语和定义.....	4
5.2.4 有毒有害大气污染物识别及影响预测.....	4
5.2.5 有毒有害大气污染物人群暴露评估.....	4
5.2.6 有毒有害大气污染物健康风险评估.....	6
5.2.7 大气环境健康风险防护距离确定.....	6
6 对实施本标准的建议.....	7

## 1 工作概况

### 1.1 任务来源

《2020 年全国环境应急管理工作要点》中也明确提出相关省级生态环境部门要继续鼓励化工园区结合实际进行探索，实现化工园区“实时监控、预防预警、应急响应、辅助决策”等功能，从而达到环境安全“第一时间发现、第一时间预警、第一时间响应”的目的。我国有毒有害化学品生产和使用量大，具有较高的突发大气污染事故环境健康风险。其中，突发性大气污染事故没有固定的排放方式与排放途径，但却可以在短时间内排放大量的污染物，具有扩散速度快、影响范围大、人群暴露广等特点，其环境健康影响尤为突出。为建立健全有毒有害气体健康风险监控预警制度的工作要求，加强化工园区有毒有害气体健康风险监控预警，切实保障广大人民群众的环境与健康安全，项目组编制了《化工园区有毒有害气体健康风险监控预警技术指南（草案）》。该文件在已有国外框架、方法和参数的基础上，整合开发适合我国国情、贴合我国实际的化工园区有毒有害气体健康风险监控预警技术，让我国化工园区健康风险管控有据可依。

本标准由生态环境部华南环境科学研究所牵头起草，中国环境科学学会归口，2022 年申请立项，列入 2022 年中国环境科学学会第三批团体标准立项项目。

本标准作为主要针对有毒有害气体健康风险监控预警建立了急性和慢性健康风险分级预警制度，为实施健康风险监控预警提供技术支撑。

### 1.2 工作过程

本标准是依托“有毒有害化学品突发大气污染事故健康风险管控技术及应用”项目实际工作的凝练和探索，编制工作分以下几个阶段开展。

2021 年 1 月—2022 年 2 月生态环境部华南环境科学研究所联合广东中联兴环保科技有限公司，组织申报广州市重点研发计划项目“有毒有害化学品突发大气污染事故健康风险管控技术及应用”并成功立项。开展化工园区有毒有害气体健康风险监控预警技术研究，构建急性、慢性暴露场景，研发预警技术。

2022 年 3 月—2022 年 6 月：生态环境部华南环境科学研究所、广东中联兴环保科技有限公司成立标准编制组，系统开展国内外相关文献调研，针对《化工园区有毒有害气体健康风险监控预警技术指南》（以下称“指南”）总体定位、适用范围、编制思路、化工园区有毒有害气体健康风险监控预警风险分级的技术需求等问题召开研讨会，明确了拟开展的主要工作和需要解决的重大问题，形成《指南》（草案）及其编制说明，并向中国环境科学学会提交立项申请书。

2022 年 7 月中国环境科学学会组织召开《指南》开题论证会，明确了《指南》的编制原则、方法、技术路线和标准草案的基本框架。经专家组质询论证，一致认为通过立项评审。

2022 年 8 月—2022 年 11 月，标准编制组根据开题论证会意见开展《指南》编制工作，经多次专家咨询，形成《指南》（征求意见稿）及其编制说明，通过召开的技术审查会，进一步修改后形成《指南》征求意见稿及其编制说明；

## 2 标准编制的必要性分析

化工园区的有毒有害化学品，在生产、贮存、运输、使用、经营、废弃处置各环节都有可能引发突发事故，导致大气、水体和土壤的污染，直接关系周边人群的健康。其中，

突发性大气污染事故没有固定的排放方式与排放途径,但却可以在短时间内排放大量的污染物,具有扩散速度快、影响范围大、人群暴露广等特点,其环境健康影响尤为突出。

2020年2月,中共中央办公厅、国务院办公厅印发了《关于全面加强危险化学品安全生产工作的意见》,明确提出“强化危险化学品安全研究支撑,加强危险化学品安全相关国家级科技创新平台建设,开展基础性、前瞻性研究。研究建立危险化学品全生命周期信息监管系统”。《2020年全国环境应急管理工作要点》中也明确提出相关省级生态环境部门要继续鼓励化工园区结合实际进行探索,实现化工园区“实时监控、预防预警、应急响应、辅助决策”等功能,从而达到环境安全“第一时间发现、第一时间预警、第一时间响应”的目的。

为贯彻落实《关于全面加强危险化学品安全生产工作的意见》、《2020年全国环境应急管理工作要点》,建立健全有毒有害气体健康风险监控预警制度的工作要求,加强化工园区有毒有害气体健康风险监控预警,切实保障广大人民群众的环境与健康安全,项目组编制了《化工园区有毒有害气体健康风险监控预警技术指南》。本标准作为主要针对有毒有害气体健康风险监控预警建立了急性和慢性健康风险分级预警制度,为实施健康风险监控预警提供技术支撑。

### 3 国内外研究进展

目前国内外尚无化工园区有毒有害气体健康风险监控预警技术相关的标准,现有标准或技术规范主要针对暴露评估、健康风险评估的方法、模型、参数等。如1983年美国通过国家科学院发行的《联邦政府的风险评估:管理过程》,以及次年EPA发行的《风险评估与管理:决策框架》共同确定了风险评估的基本框架。1986年,发布了暴露风险评估指南,致突变性风险评估、致癌性风险评估等的风险评估技术指南等。2009年美国科学院发布了《风险评估中的科学与判断》,在其中扩展了风险评估的原则。其次、1993年欧盟议会发布了已有物质的风险评估和危险物质对人类健康风险评估的“Council Regulation (EEC) No. 793 / 93”和“Commission Directive 93 / 67 / EEC”两个法案指令,是欧盟进行化学品风险评估的法律基础。进而,欧盟以技术指导性文件(Technical Guidance Document, TGD)的方式总结了风险评估体系的整体框架和数据标准,包括在风险评估中的数据可用来源等问题,这一文件沿用至今,是其进行风险评估的技术基础。

在化工园区的环境风险监控预警技术方面,目前我国部分省份进行探索,如山东省生态环境厅组织制定了《化工园区大气环境风险监控预警系统技术指南(试行)》(DB37/3655-2019),此外也有部分技术单位对化工园区化学品健康风险评估技术进行研究,如南京大学组织制定了团体标准《化工园区化学品人体健康风险评估技术指南(T/CAQI 258)》,但目前缺乏以保护人群健康为目标的化工园区监控预警技术。

目前我国在大气有毒有害气体健康风险评估方面,已具有一定的技术积累,如生态环境部组织制定了《环境污染物人群暴露评估技术指南(HJ 875-2017)》和《环境健康风险评估技术指南 总纲(HJ1111-2020)》,国家卫生健康委员会组织制定并发布了《大气污染人群健康风险评估技术规范》(WS/T 666);此外生态环境部华南环境科学研究所也组织制定了《区域环境污染健康风险评估技术导则(T/CSSES 36-2021)》《多环芳烃环境健康风险评估技术规范(T/CSSES 40-2021)》等系列团体标准并已正式发布,这些标准中的模型、方法可为《化工园区有毒有害气体健康风险监控预警技术指南》提供技术支持

## 4 编制原则

《化工园区有毒有害气体健康风险监控预警技术指南》的编制将遵循以下原则：

### (1) 科学性

在满足我国环境健康风险管理需求的前提下，优先参考国内外先进成熟的技术，充分借鉴已有成果经验作为项目优化设计的支撑，对于尚未定论的技术，借鉴国内外其他类似领域的成功经验和做法。

### (2) 实用性

化工园区有毒有害气体健康风险监控预警需充分考虑各环境要素数据与业务应用的有效关联，结合园区目前的业务管理实际，优化信息应用流程，最大限度满足园区环境管理工作的需求

### (3) 系统性

应注重各种信息资源的系统整合，涵盖环境监测、暴露评估、毒性评价、风险计算等多个模块及应用

## 5 主要技术内容说明

### 5.1 层次框架

技术规范由 9 部分组成，包括：

- (1) 范围
- (2) 规范性引用文件
- (3) 术语和定义
- (4) 工作程序
- (5) 风险源和预警因子识别
- (6) 暴露情景分析
- (7) 预警监测网络构建
- (8) 预警管理平台建设
- (9) 预警配套制度建设

### 5.2 技术要点

#### 5.2.1 适用范围

本文件规定了工业企业大气环境健康风险防护区域划定的一般性原则、工作程序、基本方法和技术要求。

本文件适用于工业企业大气环境健康风险防护区域划定工作，工业园区等大气环境健康风险防护区域划定亦可参照本文件执行。

#### 5.2.2 规范性引用文件

本标准主要引用了以下 5 个规范性文件，具体引用内容如下：

编号	文件号	规范性引用文件	引用内容
1	HJ 875	环境污染物人群暴露评估技术指南	术语和定义，暴露评估
2	HJ 1111	生态环境健康风险评估技术指南	术语和定义、健康风险评估

		总纲	
3	T/CAQI 258	化工园区化学品人体健康风险评估技术指南	暴露场景构建
4	WS/T 666	大气污染人群健康风险评估技术规范	术语和定义
5	T/CPCIF 00XX-2022	化工园区有毒有害气体环境预警体系技术规范	术语和定义、预警监测网络构建

### 5.2.3 术语和定义

标准主要对以下术语进行了定义，其定义的依据主要来自于国家相应标准，并结合本标准特点条件进行改写。

**化工园区 (chemical industry park)**：由多个相关联的化工企业构成，以发展石化和化工产业为导向、地理边界和管理主体明确、基础设施和管理体系完整的工业区域。

注：化工园区一般包括两种类型：1) 有关部门批准设立或认定的专业化工园区；2) 有关部门批准设立或认定的经济(技术)开发区、高新技术产业开发区或其他工业园区中相对独立设置的化工园(区)

**健康风险 (health risk)**：改自《大气污染人群健康风险评估技术规范 (WS/T 666)》中关于“健康风险”的定义，也称危险度，即在特定的暴露情况下，某环境污染物能引起人群健康危害，出现毒性效应，产生疾病甚至死亡的概率，或者是因暴露于环境污染物发生不良效应的预期频率。

**急性暴露 (acute exposure)**：对特定污染物的暴露持续时间为小于等于 24h。

**慢性暴露 (chronic exposure)**：对特定污染物的暴露持续时间为 1 年 (6~8h/d, 5d/周, 50 周/年) 或者更长时间。

**暴露情景 (exposure scenario)**：化工园区有毒有害气体经大气环境迁移并达到暴露人群呼吸接触面的一种假设性场景描述，即关于暴露如何发生的一系列事实、推定和假设，暴露情景包括职业暴露和环境暴露，分别对应园区内职业人群和园区周边 5 km 内的一般人群。

**健康风险预警因子 (Warning factor of health risk)**：从化工园区众多环境污染物中筛选出的人群暴露途径明确、健康危害大的有毒有害污染物，并作为实时监控与预警对象。

**风险预警 (risk early warning)**：在灾害或灾难以及其他需要提防的危险发生之前，根据以往的总结的规律或观测得到的可能性前兆，向相关部门发出紧急信号，报告危险情况，以避免危害在不知情或准备不足的情况下发生，从而最大程度的减轻危害所造成的损失的行为。

### 5.2.4 风险源和预警因子识别

**化工园区健康风险源识别**：通过采取现场排查、资料查验等方式，明确涉气有毒有害污染物的健康风险单元、健康风险物质和风险物质特性，识别有组织和无组织废气排放途径，以及可能的涉气污染事故情形。

**化工园区健康风险预警因子识别**：基于化工园区内企业的行业类型、有毒有害化学品的使用种类与数量、污染控制措施等，筛选化工园区有毒有害气体健康风险预警因子，作为实时监控对象。

### 5.2.5 暴露情景分析

暴露情景分析包括暴露人群确认、暴露时间分析、暴露参数收集和暴露浓度评估。

**暴露人群确定：**将化工园区有毒有害气体暴露人群包括职业暴露人群和环境暴露人群。职业暴露人群为在化工园区工作的工人，主要通过在工作中直接或间接暴露于有毒有害气体而产生健康风险。环境暴露人群为居住在化工园区周边 5 km 范围内，通过吸入污染空气途经摄入有毒有害气体的一般人群。

**暴露时间分析：**对于职业暴露人群和环境暴露人群，根据暴露持续时间的不同，分为急性暴露和慢性暴露 2 种。急性暴露为化工园区发生大气风险物质泄漏，以及火灾、爆炸等引发的伴生/次生大气污染物事故，引起职业人群或居住在化工园区周边 5 km 范围内一般人群在短时间内发生高浓度暴露的情况，急性暴露持续时间为小于等于 24h。

慢性暴露为化工园区通过有组织或无组织排放的有毒有害大气污染物，引起厂区内职业人群或居住在化工园区周边 5 km 范围内一般人群长期暴露的情况，慢性暴露持续时间为 1 年（6~8h/d，5d/周，50 周/年）或者更长时间。

**暴露参数收集：**从各企业收集职业暴露人员的暴露参数，包括暴露频率、工作时长、单次暴露持续时间以及作业方式信息和数据。

一般环境暴露人群的暴露参数包括人体特征（如体重、期望寿命等）、时间-活动行为参数（如室内外停留时间）和摄入率参数（如呼吸速率）。暴露参数主要获取方式和取值优先顺序按照 HJ 875 和 HJ 1111 相关要求执行。

如需获取本地化暴露参数，暴露参数调查宜按照 HJ 877 执行，暴露参数调查所必需的数据收集、存储以及信息系统的开发宜按照 HJ 968 开展。

#### 暴露浓度评估

##### (1) 急性暴露浓度评估

化工园区有毒有害气体急性暴露浓度，按照公式（1）计算：

$$EC_{acute} = CA$$

(1)

式中：

$EC_{acute}$ ——急性暴露浓度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）；

CA——污染物在大气中的浓度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）。

##### (2) 慢性暴露浓度评估

化工园区有毒有害气体慢性暴露浓度，按照公式（2）计算：

$$EC_{chronic} = \frac{CA \times ET \times EF \times ED}{AT}$$

(2)

式中：

$EC_{chronic}$ ——慢性暴露浓度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）；

CA——污染物在大气中的浓度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）；

ET——暴露时间（h/day）；

EF——暴露频率（d/年）；

ED——暴露持续时间（年）；

AT——预期寿命（预期寿命年数×d/年×h/d）。

如果暴露的持续时间小于1年，则可不考虑慢性暴露健康风险。

### 5.2.6 预警监测网络构建

根据风险源和预警因子识别，考虑不同人群、不同时间的暴露情景，开展预警监测点位布设、监测技术和设备选取、监测数据采集和监测站房建设，建设包含多类型子站的预警监测网络。具体包括监测点位布设、监测技术和设备选取、监测数据采集和监测站房建设。

**监测点位布设：**根据化工园区健康风险源分布以及健康风险预警因子的特性，结合不同暴露情景中暴露人群分布及暴露时间，布设预警监测点位。

**监测技术和设备选取：**基于有毒有害气体健康风险预警监测的要求，根据园区有毒有害气体大气污染物情况与预警站网点位功能进行分析，在目前使用较为成熟、应用案例较多、有相关监测标准的监测技术中进行选择。选用的仪器、设备、部件、软件产品，应符合国家法规和现行相关标准的要求，并提供国家市场监督管理总局和生态环境主管部门授权的检测检验机构出具的检测报告或认证合格证明文件，其中与爆炸危险场所相关的设备、部件产品应提供防爆合格证。

**监测数据采集：**数据采集主要采用预警子站完成。预警子站宜采用无人值守、有人看管的监控模式，实现有毒有害气体、气象、视频等数据的自动采集、存储和传输。具体要求可参考《化工园区有毒有害气体环境预警体系技术规范》（T/CPCIF 00XX-2022）相关要求进行。

**监测站房建设：**预警站房建设主要参考《化工园区有毒有害气体环境预警体系技术规范》（T/CPCIF 00XX-2022）等要求并结合站房仪器及配套设施进行设计，符合设计规范。警站点的实际布设位置应考虑局地风向、周边环境、预警时效、控制范围、主要道路情况等因素。

### 5.2.7 预警管理平台建设

预警管理平台建设主要包括急性/慢性毒性数据确定、急性/慢性暴露健康风险评估、健康风险预警系统、应急响应及风险管理决策支持系统。

**毒性数据确定：**（1）急性毒性参数：基于现有的毒性数据及资料，确定不同危害等级的急性暴露指导值 AEGLs（Acute Exposure Guideline Levels）。其中，AEGL-1 代表超过此浓度，预计一般人群（包括易感人群）将会感到明显的不适、刺激，或某些无症状的非感官影响，然而这些影响不会使人丧失能力，并且在接触停止后是短暂的和可逆的；AEGL-2 代表超过此浓度，预计一般人群（包括易感人群）可能会出现不可逆转的或其他严重的、长期的健康不良影响或逃避能力受损；AEGL-3 代表超过此浓度，预测一般人群（包括易感人群）可能经历危及生命的不良健康影响或死亡。（2）慢性毒性参数：慢性吸入毒性参数包括呼吸吸入参考浓度（mg/m<sup>3</sup>），以及呼吸吸入单位风险因子（(μg/m<sup>3</sup>)-1）。慢性吸入毒性参数的确定可参考 T/CSSES 36 确定。

**健康风险评估：**急性健康风险评估主要采用急性暴露浓度与急性呼吸吸入暴露指导值 AEGLs 的比值进行评估。慢性的风险评估包括非致癌风险和致癌风险评估。

**健康风险预警系统：**（1）根据有毒有害气体的急性健康风险、慢性非致癌风险、慢性致癌风险的大小，进行健康风险分级预警，包括异常、注意、警告、危险 4 个等级，风险预警分级方法见下表；（2）自动预警：当监测点位数据超过设置的阈值时，界面应能自动报警并立即通知（语音、电话、短信、邮件等方式）相关人员，同时提供多维度的警情记录查询及



展示方式，多入口的自动式提供警情记录的分析及统计数据；（3）溯源与扩散模拟系统：具备污染源解析和污染溯源功能，通过对监控数据关联分析、异常数据对应风险单元分析、污染源诊断，结合 GIS 地图和大气扩散模型实现环境突发事件的定位、定级和实时动态模拟。根据扩散预测结果，应建议额外的应急监控点位置和监控方式，以缩小盲区、增大预测范围或加密监控频次，应急监控点建议在不同的应急响应阶段可予以调整；（4）化工园区发生突发环境事件并采取应急措施时，管理平台应启动场景模拟和应急标绘。同时通过预置建立环境应急报告模板，实现数据自动填入，正确生成应急报告，用于辅助应急指挥，对于慢性健康风险，系统应根据风险信息制定对应的环境健康风险分级管控措施。

### 急性/慢性健康风险分级预警

健康风险分级	急性健康风险	慢性非致癌风险	慢性致癌风险
异常	$CA_{\text{本底}} < EC_{\text{acute}} \leq AEGL-1$	$0.1 < HQ \leq 1$	$10^{-7} < R \leq 10^{-6}$
注意	$AEGL-1 < EC_{\text{acute}} \leq AEGL-2$	$1 < HQ \leq 2$	$10^{-6} < R \leq 10^{-5}$
警告	$AEGL-2 < EC_{\text{acute}} \leq AEGL-3$	$2 < HQ \leq 3$	$10^{-5} < R \leq 10^{-4}$
危险	$EC_{\text{acute}} > AEGL-3$	$HQ > 3$	$R > 10^{-4}$

#### 5.2.8 预警配套制度建设

主要包括运行维护制度、质控制度、预警发布制度、健康风险管控制度

**运行维护制度：**园区预警体系应结合园区自身管理组织架构，可建立多层模式的运行维护组织体系，包括仪器设备维护、运行维护以及平台运行维护。具体参考《化工园区有毒有害气体环境预警体系技术规范》（T/CPCIF 00XX-2022）进行。

**质控制度：**建立健全健康风险预警体系运行制度，明确管理、质控、检修、考核、演练和应急响应等运行规范，自行或委托第三方单位承担运行服务工作。

**预警发布制度：**应建立包括预警发布对象、发布措施、发布内容、发布形式等的预警发布制度，并形成闭环管理。预警发布由平台软件自动发布或责任单位统一发布，辅助开展环境风险管理、决策、应急响应工作。具备预警阈值管理功能，具备实时污染物种类、浓度数据、影响范围和预警等级的分析功能，具备污染扩散线、等污染浓度面等地图绘制功能；应能通过闪烁、动态文字、声音等方式告警，并能显示预警相关信息。

**健康风险管控制度：**预警信息发布应匹配健康风险管控制定。

#### 6 对实施本标准的建议

《化工园区有毒有害气体健康风险监控预警技术指南》适用于各类化工园区开展有毒有害气体环境健康风险监控与预警工作，其他工业园区或涉及有毒有害气体生产、使用、储存等的企事业单位亦可参照本文件执行，旨在为化工园区有毒有害气体健康风险监控预警建立了急性和慢性健康风险分级预警制度，为实施健康风险监控预警提供技术支撑

本文件为现阶段指导性技术规范。建议标准发布实施后，根据标准实施情况适时对本标准进行修订，同步加强相关科学研究。