

T/CSES 1.1—202X

ICS 13.020.10

CCS Z 04

# 团 体 标 准

T/CSESXXXX-2023

## 页岩气开发地块特征污染物生态风险评估 技术导则

Technical guidelines for ecological risk assessment of  
characteristic pollutants in shale gas development plots

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 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 评估原则与程序 .....	3
5 评估方案制定 .....	5
6 风险识别 .....	5
7 暴露评估 .....	6
8 风险表征 .....	7
9 风险等级划分 .....	8
10 不确定度分析 .....	9
11 评估报告编制 .....	9
附 录 A（资料性） 页岩气开发地块污染风险源识别 .....	10
附 录 B（资料性） 阈值指标及毒性评价终点清单 .....	13
附 录 C（资料性） 平均物种丰度（MSAR）模型 .....	17
附 录 D（资料性） 页岩气开发地块生态风险评估报告编制大纲 .....	18
参 考 文 献 .....	19

## 1 范围

本文件规定了页岩气开发地块特征污染物生态风险评估的一般性原则、程序、内容和方法。

本文件仅适用于我国页岩气开发区域地表水、地下水和土壤环境特征污染物的生态风险评估。

本文件不适用于页岩气开发中井喷等重大事故的环境应急评估，不适用于放射性污染物的生态风险评估。

## 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 41611 页岩气术语和定义

GB/T 27921 风险管理 风险评估技术

GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）

GB 36600 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）

HJ 1231 土壤环境 词汇

HJ 1257 化学物质环境管理 化学物质测试术语

HJ 682 建设用地土壤污染风险管控和修复术语

HJ 831 淡水生物水质基准推导技术指南

T/CSES 22 水环境化学污染物复合污染生态风险评估技术指南

T/CSES 23 水环境激素类化学污染物生态风险评估技术

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**页岩气 shale gas**

以游离态、吸附态为主，少量溶解态，赋存于富有机质页岩层段中的天然气。

注：一般具有自生自储、大面积连续分布、储层低孔低渗、单井无自然产能或低产，需通过增产改造才能获得工业气流等特点。

### 3.2

**井场 well site**

页岩气单井、平台井生产设施的场所。

### 3.3

**页岩气开发地块 shale gas development plots**

页岩气开发矿权所在区域。

注：我国页岩气开发涉及污染生态影响的主要有两类：其一为页岩气生产平台，一般每个平台3~6口井，甚至更多；其二为页岩气开发矿权区域，上述的生产平台均分布在该区域内，平台间距在5公里左右。本文件规定的页岩气开发地块属于第二种情况。

3.4

**特征污染物 characteristic pollutants**

在页岩气开采过程或开采后可能导致潜在污染或对周边环境介质产生影响的特有污染物。

3.5

**生态风险评估 ecological risk assessment**

应用定量的方法评估、预测各种环境污染物对生物系统可能产生的风险及评估该风险可接受程度的模式或方法。

3.6

**危害识别 hazard identification**

根据环境介质污染状况调查获取的资料，结合地块土地（规划）利用方式，确定地块的关注污染物、地块内污染物的空间分布和可能的受体。

3.7

**受体 receptor**

暴露于胁迫因子的生态实体，包括个体、种群、群落以及生态系统。

3.8

**暴露评估 exposure assessment**

对风险受体暴露环境中化学污染物的暴露量、频率及持续时间的估计或测定过程。

3.9

**剂量-反应（效应）关系 dose-response (effect) relationship**

剂量与受试生物反应（效应）之间的定量关系。

3.10

**效应浓度 effect concentration; EC<sub>x</sub>**

在给定测试周期内，与对照组相比，导致 x%受试生物出现某观察效应的受试物浓度。

3.11

**危害浓度 hazardous concentration (HC<sub>x</sub>)**

受影响物种的累积概率达到 x%时的污染物质浓度，或（100-x）%的物种能够得到有效保护的污染物质浓度。

3.12

**毒性阈值 threshold of toxicological concern**

环境介质中（地表水、地下水、土壤）污染物暴露对生物受体（水生生物、陆生生物）产生不良效应的浓度（如半数致死浓度、预测无效应浓度）。

3.13

**半数致死剂量（浓度） median lethal dose (concentration); LD<sub>50</sub>; LC<sub>50</sub>**

在给定测试周期内，导致 50%受试生物死亡的受试物剂量或浓度。

### 3.14

**预测无效应浓度** predicted no effect concentration; PNEC

在现有认知条件下，在受关注环境单元中预计对受试生物不会产生不良效应的最高受试物浓度。

### 3.15

**最低可观察效应浓度** lowest observed effect concentration; LOEC

在给定测试周期内，与对照组相比，在统计学意义上对受试生物产生显著效应 ( $p < 0.05$ ) 的最低受试物浓度。

### 3.16

**无可观察效应浓度** no observed effect concentration; NOEC

在给定测试周期内，与对照组相比，在统计学意义上对受试生物未产生显著效应 ( $p \geq 0.05$ ) 的最高受试物浓度。

### 3.17

**测试终点** test endpoint

与对照组相比，受试物使受试生物发生变化的可测定的特征指标，常用测试终点有死亡率、抑制率等。

### 3.18

**风险表征** risk characterization

综合暴露评估与毒性评估的结果，对风险进行量化计算和空间表征，并讨论评估中所使用的假设、参数与模型的不确定性的过程。

### 3.19

**风险商** risk quotient, RQ

风险商通常用于对某个单一化合物进行毒性效应评估，其计算方式是通过实际检测或者利用模型预测出的环境中该化合物的浓度与表明此物质胁迫程度的毒理数值相比，得到风险商值 (RQ)。

### 3.20

**物种敏感度分布** species sensitivity distribution, SSD

描述不同物种由于生活史、生理构造、行为特征和地理分布等的不同，对某一污染物的敏感性差异遵循的概率分布规律。

### 3.21

**不确定性分析** uncertainty analysis

对风险评估过程的不确定性因素进行综合分析评价。

## 4 评估原则与程序

### 4.1 评估原则

#### **4.1.1 科学性**

基于现有数据资料和科学手段，根据环境管理需求、评估目的、数据可及性和有效性，科学合理地制定评估目标和评估方案，开展评估分析，确保评估过程的系统性、完整性和评估结论的客观性。

#### **4.1.2 透明性**

对生态风险评估的整个过程应进行完整且系统的记录。其中，应特别注意记录评估的制约因素、不确定性和假设及其处理方法、评估中的不同意见和观点、直接影响生态风险评估结果的重大决策等内容。

#### **4.1.3 合理性**

生态风险评估中使用普遍接受的科学知识、最新科学证据，在判断中使用常识，评估结果应合理。

### **4.2 评估程序**

页岩气开发地块特征污染物生态风险评估流程如图 1 所示，主要包括评估方案的制定、风险识别、暴露评估、风险表征、风险等级划分、评估报告编制等步骤，编制大纲见附录 D。

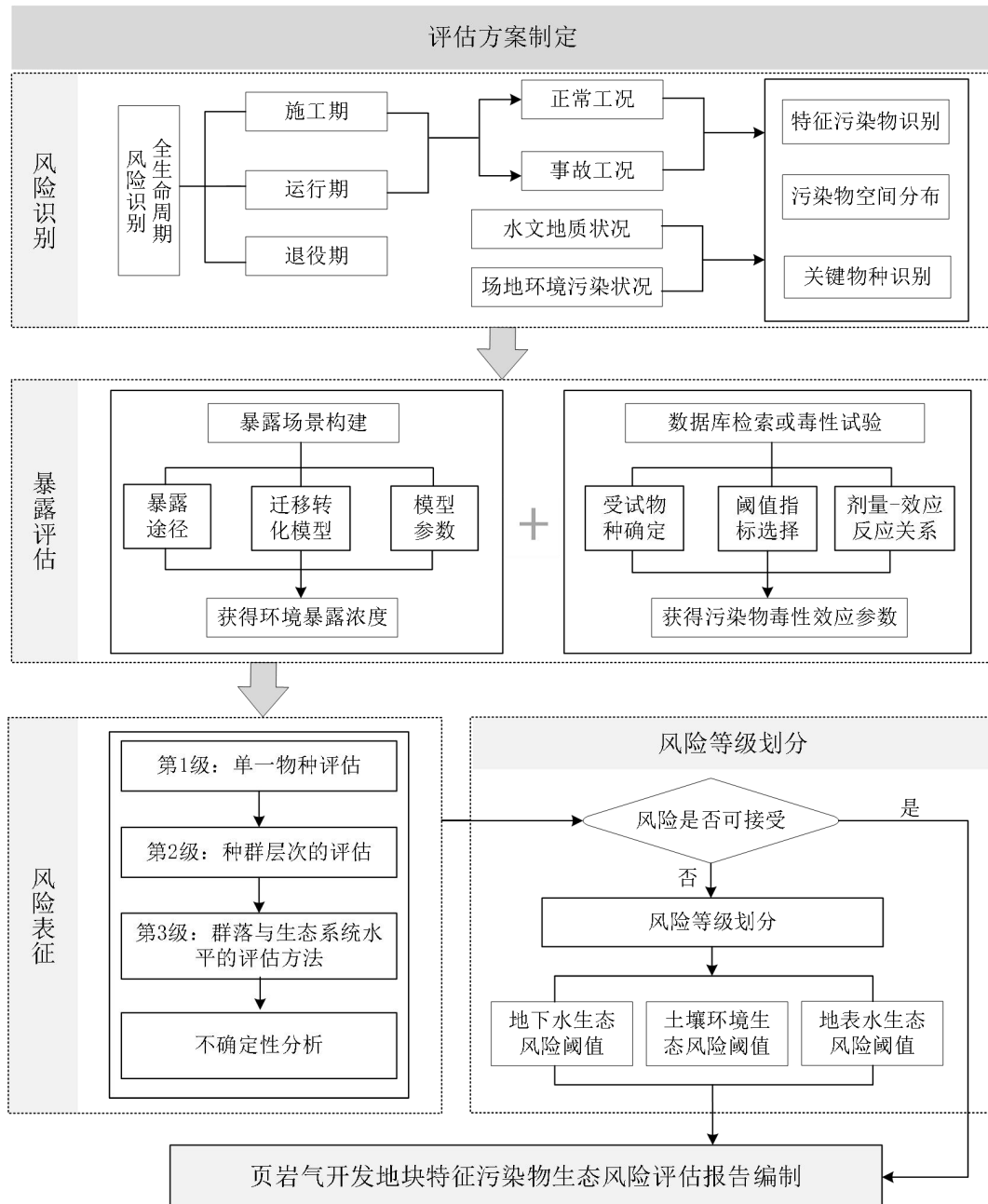


图1 页岩气开发地块特征污染物生态风险评估程序

## 5 评估方案制定

生态风险评估前首先应明确评估范围、评估对象、评估目的和评估类别（如正常工况的累积性风险或事故工况的突发性风险）。通过数据调研和分析，确定评估范围（如时间范围、空间范围）和评估内容（明确风险识别、暴露评估、效应评估和风险表征各过程的评估内容和方法），选择合适的阈值指标和可行的评估方法，制定详细的生态风险评估方案。

## 6 风险识别

### 6.1.1 全生命周期风险源识别

制定生态风险评估方案时，需识别页岩气开发全生命周期（包括施工期、运行期和退役期）中各个工程环节的风险源（见附录 A.1），对各时期主要环境影响因素及其潜在风险受体进行识别，明确相应的暴露场景。

### 6.1.2 不同工况状态污染识别

#### （1）正常工况污染识别

正常工况下，页岩气开发过程污染物的产生特点为长效性、累积性，生态风险评估工作侧重于慢性毒性效应评估。各工程阶段产生的主要污染物种类如附录 A.2（1）所示。

#### （2）事故工况污染识别

事故工况下，页岩气开发过程污染物的产生特点为突发性、高负荷，生态风险评估工作侧重于急性毒性效应评估。各工程阶段主要事故类型及其主要污染物种类如附录 A.2（2）所示。

### 6.1.3 暴露场景分析

页岩气开发地块特征污染物环境暴露场景分析，首先要通过工程分析和现场勘察途径明确污染介质的排放种类、排放时间、排放途径、排放频率模式、介质暂存场所、环境污染控制措施等；在上述基础之上，进一步明确污染介质进入环境的暴露途径、污染介质中优先关注污染物的种类、环境关键生物受体和生态过程等，最终构建出污染物的暴露场景。页岩气开发地块特征污染物环境暴露场景分析示例如附录 A.3 所示。

## 7 暴露评估

### 7.1 物种筛选

#### 7.1.1 受试物种筛选原则

（1）水生生物筛选原则参考 HJ 831。

（2）陆生生物筛选原则主要包括：① 受试物种应是生态系统的重要组成部分和生态类群代表，并能充分代表不同生态营养级别及其关联性。② 受试物种对污染物质应具有较高的敏感性及毒性反应的一致性，且受试物种的毒性反应有规范的测试终点和方法。③ 用以毒性试验的物种，应在纯净的养殖条件下能够驯养、繁殖并获得足够的数量，或在某一地域范围内有充足的资源，确保有均匀的群体可供实验。

#### 7.1.2 受试物种数量要求

用于基于物种敏感度分布法的生态风险评估，以及针对群落与生态系统层级的风险评估，物种种类数量需要满足以下要求：

（1）水生生物物种数量要求参考 HJ 831，至少包括 3 门 6 科。

（2）陆生生物物种至少涵盖包括初级生产者在内的 3 个不同营养级（包括土壤微生物、土壤无脊椎动物和陆生植物）。

当毒性数据不满足以上最低数据要求时，可采用以下方法：

（1）进行相应的生物毒理学实验以补充相关数据；

（2）对于模型预测获得的毒性数据，经验证后可作为评估数据，但须分析其不确定性。

### 7.2 特征污染物暴露水平数据来源及要求



### 7.2.1 环境预测浓度

根据评估目标，通过暴露场景分析，开展基于污染物排放和迁移转化规律及相应的条件假设分析，选择合适的数学模型，构建暴露预测模型，获得预测环境预测浓度（Estimated environmental concentration, EEC）。

### 7.2.2 环境实测浓度

为更准确获取评估区域特征污染物对受体的暴露量，可通过实验分析测试环境样品（地下水、地表水、固体废物以及生物样品）中目标污染物的环境实测浓度（Monitoring environmental concentration, MEC）。不同介质中目标污染物的分析测试应按相关标准和技术规范的要求进行。

### 7.3 阈值指标选择

（1）正常工况下生态风险评估阈值指标以慢性毒性指标（如 NOEC）为主。

（2）事故工况下生态风险评估阈值指标以急性毒性指标（如 LC<sub>50</sub>、LD<sub>50</sub>）为主。

（3）在开展种群与群落、生态系统层级的生态风险评估时，部分模型还需要其他个体水平指标以及种群水平指标。其中，个体水平指标包括个体数量、死亡率、生殖状态、生长速率、新陈代谢、个体大小、年龄、个体生活史和个体环境暴露特征及属性等；种群水平指标包括生物量、种群数量、种群密度、平衡数量、自然增长率、性别比例、遗传多样性和可用的生境空间分布特征等。

附录 B.1 为推荐的毒性参数及评估终点指标，附录 B.2 为生态风险评估相关的阈值清单。

### 7.4 剂量-反应（效应）数据获取

#### （1）数据来源

特征污染物的剂量-反应（效应）数据主要包括实验室测试数据、国内外毒性数据库数据、公开发表的文献或报告等。

在有条件时，应当开展本土关键物种的剂量-反应（效应）试验，以获得能反映评估区域生态环境实际特征的毒性参数。

当剂量-效应数据难以获取时，可采用某种生物的 LOEC 值，或通过数学模型（如评估因子法、排序法和物种敏感性分布法等）外推获得特征污染物的 PNEC 值。

#### （2）数据筛选原则

从数据库或文献资料中获取毒性参数时，数据筛选需遵循以下原则：

① 数据可靠性：是否使用国际、国家标准测试方法以及行业技术标准，操作过程是否遵循良好实验室规范；对于非标准测试方法的实验，所用实验方法是否科学合理；实验过程和实验结果的描述是否详细；文献是否提供了原始数据。

② 数据相关性：测试终点与生态风险评估内容是否相关；测试终点与种群水平是否相关；测试终点与作用模式是否相关。

③ 数据准确性：当一个物种有多个测试终点时，选择最敏感的测试终点；当一个测试终点有多个毒性数据时，选择这些值的几何均值作为该测试终点的毒性数据。

## 8 风险表征

### 8.1 单一污染物风险表征

当针对单一特征污染物进行生态风险评估时，多级生态风险评估方法可满足不同层次要求的生态风险评估需要，其方法主要包括：针对单一物种的商值法、针对种群的物种敏感性分布法（SSD）、

针对群落与生态系统的联合概率曲线法（JPC）等。

### 第1级：单一物种评估

商值法：以环境实测浓度（MEC）或环境预测浓度（EEC）表征，毒性阈值以预测无效应浓度（PNEC）进行表征（式1和式2）。

$$PNEC = \frac{EC_{50} \text{ or } LC_{50}}{f} \quad (\text{式1})$$

$$RQ = \frac{MEC \text{ or } EEC}{PNEC} \quad (\text{式2})$$

式中：PNEC——预测的无效应浓度；

$f$ ——用于推导 PNEC 的安全系数。

### 第2级：种群层次的评估

采用物种敏感性分布法（SSD），获得保护 95%的物种不受影响情况下所允许的最大环境有害浓度（HC<sub>5</sub>）作为 PNEC 值后，再采用商值法进行表征。当 RQ 值>1 时，获取 HC<sub>10</sub>、HC<sub>50</sub>、HC<sub>90</sub> 的数值，通过比较环境实测浓度与 HC<sub>x</sub> 值，分析评估区域受特征污染物影响的物种比例，进一步表征其风险程度。

注：在生态风险评估的要求较严且物种繁殖数据可获得情况下，可采用平均物种丰度模型（MSAR）来进行评估。MSAR 模型过程步骤分为 3 部分，具体见附录 C。

### 第3级：群落与生态系统水平的评估方法

结合暴露分布（超出概率，环境暴露浓度数据）和物种敏感度分布（毒性效应数据），建立联合概率曲线（joint probability curve, JPC），获得暴露浓度超出一定效应的概率。进一步计算 JPC 的累计面积，即整体风险概率（overall risk probability, ORP），用于表征整体生态风险。

整体风险概率按照公式（3）计算。

$$ORP = \int_0^1 EPr(x) dx \quad (\text{式3})$$

式中：EPr(x)——x%生物受到影响所对应的超出概率（0≤x≤1）。

利用蒙特卡洛等统计方法模拟风险商分布曲线并计算超出指定风险商的概率，综合评估风险区域特征污染物的生态风险。

## 8.2 复合污染物风险表征

（1）对于作用机制相同的多种污染物，首先对每种污染物（组分  $i$ ）进行风险表征，然后采用加合模型对所有污染物进行表征，并以危害指数（HI）量化其风险（式4）：

$$HI = \sum_{i=1}^n \frac{EL_i}{AL_i} \quad (\text{式4})$$

式中， $EL_i$  为组分  $i$  的暴露水平， $AL_i$  为组分  $i$  的环境可接受水平。若暴露水平以 MEC 或 EEC 表征，环境可接受水平以 PNEC 表征，则  $EL_i/AL_i$  值即为组分  $i$  的风险商，混合风险商即为单个组分的风险商之和，因此可根据混合风险商的大小表征其风险。

（2）对于作用机制不同的多种污染物，其生态毒性效应无法叠加，则以单种污染物的最大风险值代表其复合污染的风险值。

## 9 风险等级划分

### 9.1 单一物种的风险等级划分

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/236114111155010051>