

# 《石油化工行业废水中多环芳烃类持久性有机物环境风险评估技术指南》

编制说明  
(征求意见稿)

《石油化工行业废水中多环芳烃类持久性有机物环境风险评估技术指南》

标准编制组  
2024年10月

## 一、工作简况

### 1. 任务来源

2023年8月4日，由新疆天熙环保科技有限公司申请团体标准的立项，根据新疆生态环保产业协会下达的2023年度新疆维吾尔自治区团标标准制修订项目计划，批准《石油化工业废水中多环芳烃类持久性有机物环境风险评估技术指南》团体标准的制定（修订）。

### 2. 起草单位、协作单位

起草单位：新疆天熙环保科技有限公司

协作单位：生态环境部南京环境科学研究所

### 3. 主要起草人

姓名	性别	职务/职称	工作单位	任务分工
雷荣荣	女	副总工/ 高级实验 师	新疆天熙环保 科技有限公司	标准起草、实施 等工作
王灵	男	总经理/正 高级工程 师	新疆天熙环保 科技有限公司	标准起草、实施 等工作
刘丽青	女	总工办主 任/高级工 程师	新疆天熙环保 科技有限公司	负责标准相关 信息查询，资料 收集等工作

雷利	男	现场室主任/中级	新疆天熙环保科技有限公司	参与方案确定，技术指导，标准制定等工作
张圣虎	男	固废中心主任/研究员	生态环境部南京环境科学研究所	参与方案确定，技术指导，标准制定等工作
鲁磊磊	女	助理研究员	生态环境部南京环境科学研究所	参与方案确定，技术指导，标准制定等工作
吴平	男	助理研究员	生态环境部南京环境科学研究所	参与方案确定，技术指导，标准制定等工作

## 二、制定（修订）标准的必要性和意义

### 1. 制定标准的必要性

党的二十大工作报告提出“推动绿色发展，促进人与自然和谐共生”，其中要求深入推进污染防治，开展新污染物治理。同时，针对我国主要生态环境问题与重大科技需求，科技部会同生态环境部将新污染物治理列入我国生态环境科技发展需求和重点任务之一，充分显示新污染物治理工作的重要性和紧迫性。

### 2. 持久性有机污染物治理的需要

新污染物由于种类繁多、分布广泛、底数不清，兼具潜在性和隐蔽性的危害，其引发的环境和健康风险正逐步受到社会各

界的广泛关注。由于新污染物生物毒性、环境持久性、生物累积性等特征，考虑到新疆地区脆弱的生态环境，将会极大提高自治区生态环境的潜在长期性风险，间接威胁到人民群众的健康。

### 3. 新疆持久性有机污染物环境管理要求

新疆自治区石油化工产业发达，行业产生的新污染物持久性有机物等已列入生态环境部重点管控新污染物清单。多环芳烃（Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs）是一类由两个或更多个苯环通过共用边缘碳原子连接而成的碳氢化合物。它们具有复杂的环状结构，通常为对称的，并且多数是无色、不易溶于水但易溶于有机溶剂的固态物质。PAHs的特性使其在环境中具有高稳定性，能长时间存在于土壤、水体和沉积物中，因此被归类为持久性有机污染物。在石油化工废水中，PAHs的存在主要与石油的开采、精炼和使用有关。燃烧、裂解和热解等过程中未完全燃烧的石油产品会释放出大量PAHs。此外，设备泄漏、废水排放以及石油产品的运输和储存也是废水中外源PAHs的重要来源。这些PAHs不仅对水生生态系统构成潜在威胁，还可能通过食物链进入人体，对人体健康产生影响，包括致癌、致畸和致突变效应。因此，理解和评估石油化工废水中PAHs的环境风险至关重要。

## 三、主要起草过程

项目开展期间主要工作包括标准前期研究（实地调研、资料收集等）和标准立项等报批流程（标准立项、公开征求意见、技术审查及报批等），具体工作内容见表 1.1-1。

表 1.1-1 标准工作内容

工作内容/提交材料	具体工作内容和要求
调研、资料收集、分析，起草项目提案表	①收集国内外标准资料及相关科研成果，国内外应用现状及相关经验总结，存在问题及解决办法； ②制作资料收集表，收集案例信息； ③对标准中的关键问题或难点问题进行专项调查研究，为确定标准内容提供依据。
提交提案材料	提交项目提案材料。
组建编制组	①主编单位公开征集和邀请参编单位，成立标准编制工作组； ②讨论标准编制方案，明确任务分工。
立项论证	召开专家论证会，邀请专家对标准立项申请稿进行技术审查，记录会议纪要，形成审查意见。
起草	①根据工作方案，开展调研、分析论证和标准正文及编制说明的起草工作，形成标准初稿； ②组织内部讨论会，讨论标准条款内容，形成讨论稿。

征求意见	征求意见期限 30 日。
提交征求意见文件	采用网上公开的方式，将标准文本和编制说明公开征求意见。
征求意见处理	对征集意见进行收集、整理、汇总和处理，形成意见汇总处理表。
提交送审文件	提交标准送审稿、编制说明送审稿、意见汇总处理表。
送审稿技术审查	组织专家论证会，邀请专家对标准和编制说明送审稿进行技术审查，记录会议纪要，形成审查意见。
标准修改及发布	修改完善，发布标准。

#### 四、制定（修订）标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系

##### 1. 制定标准的原则

遵循标准编制的先进性、科学性和可行性。在编制过程中充分考虑技术可行性、技术的适用范围和适用对象。

坚持以防范环境风险、改善环境质量、保护人体健康为目的，以我国国家环境保护和污染防治相关法律、法规、规章、技术、政策和规划为根据，促进环境效益、经济效益和社会效益的统一，并有利于相关法律、法规和规范的实施。制定过程和技术内容公开、公平、公正。

##### 2. 制定标准的依据

本标准的编制以持久性有机污染物为基础，以石油化工行业污染现状、排放特点及其污染情况为基础，充分考虑石油化工行业废水中多环芳烃类持久性有机物环境风险评估技术发展水平和应用范围，并结合国家现有的废气排放控制标准、地方排放标准和行业相关标准，涉及的部分法律法规和标准有：

(1) 国家环境保护方面的法律法规

如《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境保护法水污染防治法》、《国家环境保护标准制修订工作管理办法》等。

(2) 有关标准编制格式、内容的标准

本标准按照《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》(GB/T1.1-2020)、《标准编写规则》(GB/T 20001)、《标准中特定内容的起草》(GB/T 20002)的规定进行编写。

2. 与现行法律、法规、标准的关系

本技术指南与法规、标准保持协调一致，为石油化工中 PAHs 的环境风险评估提供了具体的技术指导和操作。

## 五、主要条款的说明

### 5.1 标准主要内容说明

#### 5.1.1 适用范围

本文件适用于石油化工行业废水中多环芳烃类持久性有机污染物对周边环境影响的风险评估。

#### 5.1.2 规范性引用文件

现行的国家法律法规、废水治理类的环保类标准、相关的行业标准是制定本标准的依据，其中有关条文是本标准的技术基础，引用此类文件，使本标准具有合法性和权威性。

### 5.1.3 术语和定义

为了便于对规范条文的理解，对本标准中涉及的技术名词予以定义。对在其他法律、法规和技术规范上已经定义的术语如果适用于本标准的，在本标准中不再重新进行定义。

### 5.1.4 总则

该章节提出了评估的总体要求，包括科学性原则、时效性原则、可溯性原则、一般性原则。

## 5.2 评估程序

### 5.2.1 评估方法选择与步骤

在进行石油化工行业废水中多环芳烃类持久性有机物（PAHs）的环境风险评估时，选择合适的评估方法至关重要。通常，这一过程包括以下几个关键步骤：

第一步是识别和筛选评估对象。由于PAHs种类繁多，需确定废水中的主要PAHs成分，这通常基于前期的样品分析结果。

第二步是暴露评估。这涉及到对PAHs在环境中的分布、迁移和转化的理解。例如，需要考虑废水处理后的排放情况，PAHs在水、沉积物和生物体间的分配，以及可能的长期累积效应。

第三步是毒性效应评估。PAHs的毒性因其结构不同而异，需参考相关毒理学数据，确定各种PAHs的半数致死浓度（LC50）

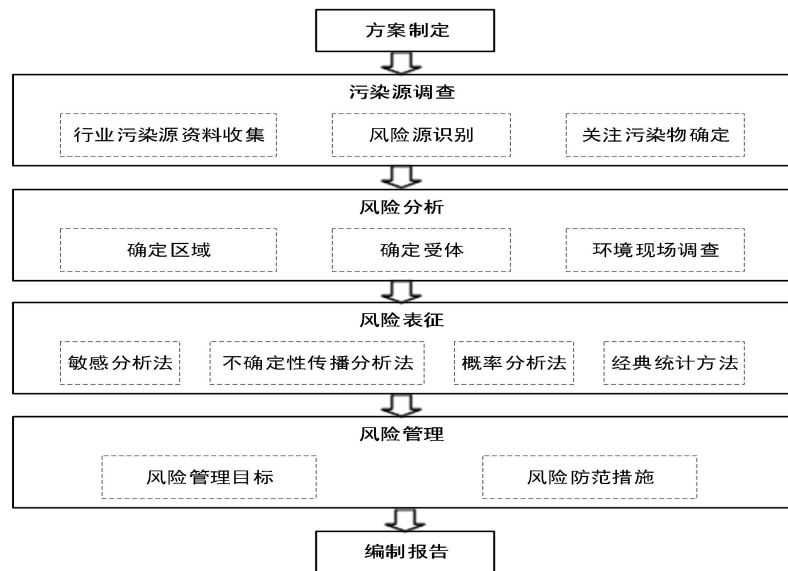


或效应浓度（EC50），并考虑混合物的毒性效应，如加性和/或协同作用。

第四步是风险表征。将暴露评估和毒性效应评估的结果结合，计算风险商（RQ）或风险概率，以判断 PAHs 是否达到可接受的环境风险水平。若 RQ 大于 1，表示存在潜在风险；反之，若小于等于 1，则风险可接受。

最后一步是不确定性分析。评估过程中可能存在数据不足、模型简化等因素导致的不确定性，需通过敏感性分析和假设检验等方法进行量化和解释，以提高评估的可靠性和准确性。

在整个过程中，应遵循科学严谨的原则，确保评估结果能为制定有效的风险控制和管理策略提供依据。



## 5.2.2 样品采集与分析技术

### 1. 样品采集

样品采集是环境风险评估的重要环节，对于石油化工废水中的多环芳烃（PAHs）检测尤为关键。在采集过程中，应确保样品

的代表性，避免污染和生物降解的影响。通常，采用定点、定时、定量的采样方法，结合废水流量的变化进行动态监测。同时，样品需立即或在低温条件下保存，以防止 PAHs 的挥发和降解。

## 2. 样品分析技术

### (1) 提取

**索氏提取法：**是一种经典的提取方法，适合于固体样品中的脂溶性化合物。它通过反复循环溶剂，使待测物质被充分提取。

**超声波辅助提取：**利用超声波产生的空化效应增强物质的溶解和扩散，提高提取效率。

**加速溶剂提取 (ASE)：**通过高温高压条件下的溶剂提取，可以快速有效地提取复杂基质中的目标化合物。

**微波辅助提取：**利用微波加热加速溶剂的穿透和提取过程，适用于多种类型的样品。

### (2) 净化

**固相萃取 (SPE)：**这是一种广泛使用的净化技术，通过选择合适的吸附剂去除杂质，保留目标化合物。

**凝胶渗透色谱 (GPC)：**基于分子大小的不同进行分离，常用于去除大分子干扰物如油脂、蜡质等。

**GPC-SPE：**将 GPC 与 SPE 相结合，先通过 GPC 去除大分子干扰物，再通过 SPE 进一步净化，适用于复杂样品的净化。

**凝胶渗透色谱-凝胶渗透色谱 (GPC-GPC)：**对于特别复杂的样品，使用双重 GPC 步骤可以更彻底地去除干扰物。

### (3) 浓缩

旋转蒸发器：通过减压加热的方式降低溶剂沸点，实现溶剂的蒸发和样品的浓缩。

氮吹浓缩：利用氮气流缓慢吹扫溶剂表面，加速溶剂蒸发，适用于热敏感物质的浓缩。

## 3. 分析仪器

### (1) 气相色谱-质谱联用 (GC-MS)

原理：GC 负责分离混合物中的各个组分，MS 则对每种组分进行分子量的测定，以实现定性和定量分析。

应用：适用于大多数 POPs 的分析，特别是那些具有挥发性或可转化为挥发性的化合物。

### (2) 液相色谱-质谱联用 (LC-MS)

原理：LC 适用于不挥发或热不稳定的化合物，而 MS 提供分子结构信息。

应用：对于某些 POPs 如多环芳烃 (PAHs) 和某些含氯有机物，LC-MS 是一个更好的选择。

### (3) 高效液相色谱 (HPLC)

原理：通过不同流动相和固定相的选择，实现化合物的高效分离。

应用：适用于分离和定量分析非挥发性或热不稳定的 POPs。

### (4) 离子色谱 (IC)

原理：利用离子交换树脂作为固定相，通过电导检测器检测

洗脱出的离子。

应用：对于某些含卤素的 POPs，IC 可以提供有效的分离和定量手段。

#### (5) 电感耦合等离子体质谱 (ICP-MS)

原理：通过等离子体将样品原子化并激发成离子，然后通过质谱仪进行分析。

应用：虽然主要用于金属元素的分析，但在某些情况下也可以用于特定 POPs 的检测，尤其是含有金属元素的 POPs。

### 4. 标准与方法验证

#### (1) 标准品

用途：通过已知浓度的标准品建立校准曲线，从而实现未知样品中目标化合物的定量。

主要类型：包括单一标准品和混合标准品，后者可以同时分析多种 POPs。

#### (2) 回收率

定义：回收率是指加标后实际测得的浓度与理论加入浓度的比率。

评估：通过添加已知量的目标化合物到空白样品中，然后进行分析，以评估方法的准确度。

#### (3) 精密度

定义：精密度衡量的是同一方法在相同条件下多次测量的结果之间的差异程度。

评估：通过对同一样品进行重复测量，计算标准偏差或变异系数来评估。

#### (4) 检出限与定量限

检出限 (LOD)：指能够以较高置信度被检测出来的最低浓度。

定量限 (LOQ)：指能够以足够精度进行定量分析的最低浓度。

确定：通常通过统计方法来确定，如三倍噪声法（3倍标准偏差）来确定检出限。

### 5. 数据处理与解释

#### (1) 软件支持

功能：现代分析仪器通常配备专用软件，用于处理色谱图和质谱数据，提供峰识别、积分和定量等功能。

自动化：软件支持自动峰识别、基线校正、峰积分等，提高数据处理效率。

#### (2) 质量控制

内部质量控制 (IQC)：通过定期使用标准品和质量控制样品来监控分析系统的性能。

外部质量评估 (EQA)：参与国际或国家组织的质量评估计划，确保实验室结果的可比性和可靠性。

### 5.2.2 风险评估模型与标准

在进行石油化工废水中的多环芳烃(PAHs)环境风险评估时，

选择合适的模型和设定合理的标准是至关重要的。风险评估模型通常包括暴露评估、效应评估和风险量化三个主要部分。暴露评估关注 PAHs 在废水中的浓度、废水排放量以及可能的扩散路径；效应评估则研究 PAHs 对生态系统和人体健康的影响；风险量化则是通过将暴露和效应评估的结果相结合，以确定风险水平。

常用的暴露评估模型有地表水模型和地下水模型，这些模型考虑了废水排放、水体混合、生物降解等多种因素，预测 PAHs 在水环境中的分布和动态变化。效应评估则常采用毒性当量因子（TEFs）法，不同 PAHs 根据其毒性强度被赋予不同的权重，以便综合评价混合 PAHs 的毒性效应。

在标准设定方面，各国和地区根据自身环境状况和保护目标制定了相应的 PAHs 排放限值。例如，美国环保署（EPA）规定了特定 PAHs 化合物在废水中的最大允许浓度，而欧盟的《水框架指令》也设定了严格的 PAHs 水质标准。同时，世界卫生组织（WHO）提供了关于饮用水中 PAHs 的安全阈值，保障人体健康。

在实际操作中，风险评估模型的选择应结合当地的环境条件和数据可用性，而标准的执行则需确保废水处理设施能够有效去除 PAHs，达到法规要求。通过科学的风险评估，可以为石油化工行业的废水管理提供决策支持，降低 PAHs 对环境和人类健康的潜在威胁。

### 5.3 风险控制与管理策略

在对石油化工废水中的多环芳烃进行环境风险评估后，制定

有效的风险控制与管理策略至关重要。这些策略旨在降低多环芳烃的环境影响，保护生态系统，并确保公众健康不受威胁。

首先，源头控制是减少多环芳烃排放的关键。这包括改进生产工艺，采用低多环芳烃含量的原料，以及实施严格的设备维护，防止泄漏和排放。例如，升级密封系统，提高设备的密闭性，可以显著减少在生产过程中的挥发性有机物逸出。

其次，废水处理技术的应用是另一项重要措施。生物处理、吸附法、氧化法等技术可用于去除废水中的多环芳烃。例如，活性炭吸附能有效捕获废水中的多环芳烃，而高级氧化过程如光催化和臭氧氧化则可将多环芳烃分解为无害物质。

再者，建立和完善法规标准也是风险管理的重要环节。政府应设定严格的排放限值，并定期监测企业的废水排放，确保其符合标准。同时，企业应实施内部环境管理体系，定期自我审查并报告其环境绩效。

最后，公众参与和信息公开也是有效管理策略的一部分。提高公众对多环芳烃环境风险的认识，鼓励社区参与监督，可以增加企业环保责任感，促进更严格的自我管理。

## 5.4 指南编制实践应用

### 5.4.1 案例研究

在实际应用中，我们参考了一个典型的石油化工企业废水处理案例，以展示环境风险评估技术指南的实际操作与效果。该企业在生产过程中产生了大量含有多环芳烃（PAHs）的废水。在实

施评估之前，废水未经有效处理直接排放，对周边水体环境造成了潜在威胁。

我们首先对排放废水进行了采样，采用高效液相色谱法进行 PAHs 的定量分析，结果表明废水中的 16 种优先控制 PAHs 浓度远超国家排放标准。随后，依据技术指南，我们构建了适合该废水特征的风险评估模型，考虑了 PAHs 的生物累积性、毒性效应以及在环境中的持久性。

通过模型计算，我们发现该企业的废水排放可能导致水生生物的生存风险显著增加，特别是对鱼类的影响尤为严重。基于这些发现，我们提出了针对性的风险控制策略，包括优化废水处理工艺，强化 PAHs 的去除效率，以及建立长期监测机制，确保废水排放符合环保标准。

此案例显示，环境风险评估技术指南在识别和量化 PAHs 环境风险方面具有重要价值，能够为石油化工行业的废水管理提供科学依据，有效防止和减少环境污染。同时，也揭示了在实际应用中，需要根据具体情况进行调整和优化，以实现最佳的环境风险防控效果。

#### 5.4.2 指南在实际废水处理中的应用

在实际的石油化工废水处理过程中，多环芳烃类有机物环境风险评估技术指南起到了至关重要的作用。例如，在某大型石化企业的废水治理项目中，该指南被系统地应用，显著提升了处理效果和环境安全性。



首先，指南提供的样品采集与分析技术确保了数据的准确性和可靠性。通过按照指南中的标准化操作程序，企业能够精确测定废水中多环芳烃的浓度，避免了传统方法可能导致的误差。这为后续的风险评估提供了坚实的基础。

其次，利用指南中的风险评估模型，企业能够量化多环芳烃对环境和人体健康的潜在危害。例如，通过计算多环芳烃的生物积累系数和毒性当量因子，可以确定其在生态系统中的潜在风险等级，从而指导废水处理策略的制定。

再者，指南中的风险控制与管理策略为废水处理工艺的选择和优化提供了依据。根据评估结果，企业可能需要采用更高效的预处理技术，如活性炭吸附或高级氧化法，以降低多环芳烃的浓度。同时，通过实施严格的废水排放标准和监控机制，确保了处理后的废水达到环保法规的要求。

实际应用案例表明，该技术指南不仅提高了废水处理效率，还降低了环境风险，为企业和社会带来了双重效益。在未来的实践中，结合新的科学技术进展，持续更新和完善该指南，将有助于更有效地应对多环芳烃类有机物带来的环境挑战。

## **六、重大意见分歧的处理依据和结果**

在征求意见期间，共收到意见 5 条，经研究采纳 4 条，不采纳 1 条，标准征求意见过程中收集的意见及处理见附件 1。

## 七、采用国际标准或国外先进标准的，说明采标程度，以及国内外同类标准水平的对比情况

本团体标准与有关的现行法律、法规和国家、行业标准相协调，没有冲突。本标准无采用国际标准的情况。

## 八、作为推荐性或强制性标准的建议及其理由

本标准作为团体标准发布，发布后可通过协会平台、企业自主学习等方式组织开展标准宣贯，落实标准实施前技术人员、设备设施、物料等的准备工作，做好标准实施后的监督与检查，实现标准效能。

## 九、贯彻标准的措施建议

包括组织措施、宣贯培训、技术措施、过渡办法、试点示范、配套资金等内容。

为确保本技术指南得到有效贯彻实施，我们建议采取以下措施：一是加强宣传培训力度，提高企业和相关意识和技能水平；二是完善配套政策措施和监管机制，加强对企业工作的指导和监督；三是鼓励技术创新和合作交流活动，推动技术升级和产业升级；四是建立信息公开和共享机制政府部门、行业协会、企业、科研机构等各方之间的信息共享和合作。

## 十、其他应说明的事项

无

