《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征求意见稿）》

编制说明

《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6月

**目录**

[一、](#_Toc0)**[多环芳烃类有机物概述](#_Toc0)** [1](#_Toc0)

[1.1 多环芳烃的定义与特性 1](#_Toc1)

[1.2 石油化工废水中的多环芳烃来源 1](#_Toc2)

[二、](#_Toc3)**[环境风险评估基础](#_Toc3)** [2](#_Toc3)

[2.1 环境风险评估的重要性 2](#_Toc4)

[2.2 多环芳烃的环境行为与毒性影响 2](#_Toc5)

[三、](#_Toc6)**[技术指南编制内容](#_Toc6)** [3](#_Toc6)

[3.1 评估方法选择与步骤 3](#_Toc7)

[3.2 样品采集与分析技术 3](#_Toc8)

[3.3 风险评估模型与标准 4](#_Toc9)

[3.4 风险控制与管理策略 4](#_Toc10)

[四、](#_Toc11)**[指南编制实践应用](#_Toc11)** [5](#_Toc11)

[4.1 案例研究 5](#_Toc12)

[4.2 指南在实际废水处理中的应用 6](#_Toc13)

[五、](#_Toc14)**[结论与展望](#_Toc14)** [6](#_Toc14)

[5.1 主要发现与结论 6](#_Toc15)

[5.2 未来研究方向 7](#_Toc16)

**团体标准：**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

**编制单位：**新疆天熙环保科技有限公司、生态环境部南京环境科学研究所

**编制组主要成员：**雷荣荣 王灵 张圣虎 漆丹 王宁 刘丽青

# 

**一、多环芳烃类有机物概述**

**1.1 多环芳烃的定义与特性**

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。

PAHs主要来源于自然过程（如森林火灾和火山爆发）和人类活动，尤其是石油化工过程。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。

**1.2 石油化工废水中的多环芳烃来源**

多环芳烃（Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs）在石油化工废水中主要来源于生产过程中的各种化学反应和热解作用。这些复杂的有机化合物是石油和煤等化石燃料不完全燃烧或热裂解的产物。在石油化工行业中，PAHs的产生可追溯到以下几个关键环节：

1. 炼油过程：原油提炼过程中，由于高温裂解和催化重整，部分PAHs会形成并溶解在废水之中。此外，设备腐蚀和密封失效也可能导致含有PAHs的油品泄漏，进一步污染废水。

2. 化工合成：在生产各类石化产品，如塑料、橡胶、染料和药品的过程中，可能会产生含有PAHs的副产品，这些副产品在废水处理不当的情况下会进入环境中。

3. 废气处理：石油化工设施排放的废气在经过焚烧或洗涤处理时，若条件不充分，也可能产生并排放PAHs，这些污染物最终可能通过雨水冲刷进入废水系统。

4. 废渣处理：含有PAHs的固体废物，如焦炭、炉渣，在处理和储存过程中，如果管理不当，其含有的PAHs可能渗入地下水，或者在雨水冲洗后进入废水。

5. 设备维护和清洗：设备的日常维护和清洗过程中，由于接触和清洗含PAHs的物料或设备表面，产生的废水也可能含有较高浓度的PAHs。

因此，理解并控制这些来源对于制定有效的PAHs环境风险评估技术指南至关重要，以确保石油化工废水处理的合规性和环境保护。

**二、环境风险评估基础**

**2.1 环境风险评估的重要性**

环境风险评估是理解并预测污染物对生态系统和人类健康潜在危害的关键步骤。对于石油化工行业中常见的多环芳烃（PAHs）这类持久性有机污染物，其环境风险评估尤为重要。PAHs由于其高稳定性和生物积累性，能在环境中长期存在，并通过食物链传递，对生态系统的稳定性构成威胁。

首先，环境风险评估有助于识别PAHs的潜在风险。通过对PAHs在水、土壤和生物体内的分布、迁移和转化进行量化分析，可以判断其可能造成的生态损害。例如，PAHs可能降低水生生物的繁殖能力，或导致某些物种数量减少，破坏生态平衡。

其次，评估PAHs的毒性效应是必不可少的。PAHs具有多种毒性，包括致癌性、致畸性和致突变性，对人类健康构成潜在威胁。通过实验和模型预测，我们可以了解不同浓度的PAHs对水生生物和人类的潜在影响，为制定安全阈值提供依据。

再者，环境风险评估能够指导污染控制策略的制定。通过评估，可以确定哪些区域或环节的PAHs污染最严重，从而有针对性地设计和实施污染减排措施。例如，如果发现某一石油化工厂的废水排放是PAHs的主要来源，那么就可以优先优化其废水处理工艺，降低PAHs的排放。

总的来说，环境风险评估是科学决策的重要工具，它不仅帮助我们理解PAHs的环境行为和影响，也为石油化工行业的环境管理和污染防控提供了科学依据。对PAHs的深入风险评估，将有助于实现环境保护与工业发展的和谐共存。

**2.2 多环芳烃的环境行为与毒性影响**

多环芳烃（Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs）是石油化工废水中常见的一类持久性有机污染物，由于其化学稳定性和生物蓄积性，对环境造成了显著的影响。PAHs在环境中能够长期存在，不易降解，可以通过大气沉降、水体迁移和土壤吸附等多种途径进行分布。

PAHs的毒性主要体现在其潜在的致癌、致畸和致突变效应。它们能够通过食物链进入生物体内，积累在脂肪组织中，并可能引发各种健康问题。例如，苯并[a]芘，一种常见的PAHs，已被国际癌症研究机构(IARC)列为人类致癌物质，长期暴露可导致皮肤癌、肺癌和胃癌等疾病。另外，PAHs还可能对水生生物产生急性或慢性毒性，影响其生长、繁殖和生存，破坏水生生态系统的稳定性。

在水环境中，PAHs可以吸附在悬浮颗粒物上，影响其在水体中的溶解度和生物可利用性。此外，PAHs的生物降解过程复杂，通常需要特定的微生物种群和适宜的环境条件，因此在自然环境中的去除速度缓慢。这些特性使得PAHs成为环境风险评估的重要对象，需要对其在环境中的行为和潜在毒性有深入理解，以便制定有效的监测和控制策略。

1. **技术指南编制内容**

**3.1 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。

3.2 样品采集与分析技术

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。

分析技术主要包括化学提取和定量分析两部分。化学提取通常采用固相萃取（SPE）或液液萃取（LLE），通过选择合适的溶剂如石油醚、二氯甲烷等，将PAHs从水样中分离出来。为了提高提取效率，可能需要进行预处理，如消解有机物或去除干扰物质。

定量分析通常依赖于高灵敏度的仪器分析，如气相色谱-质谱联用（GC-MS）或液相色谱-荧光检测（HPLC-FLD）。GC-MS能提供精确的定性和定量信息，适合检测低浓度的PAHs；而HPLC-FLD则适用于高浓度样品的快速筛查。在分析过程中，需要建立标准曲线，以确保结果的准确性，并对样品进行多次重复测量以减少误差。

此外，为了保证数据的可靠性，还需要进行质量控制，包括使用内部和外部质控样品，定期校准仪器，以及对实验操作人员进行培训等。这些严格的样品采集和分析步骤，确保了对石油化工废水中的PAHs环境风险评估的科学性和有效性。

## **3.3 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。

## **3.4 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。

综上，风险控制与管理策略应综合运用源头减排、高效处理技术、法规约束和社会监督，形成全方位的防控体系，以降低石油化工废水中多环芳烃的环境风险。

1. **指南编制实践应用**

**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。

**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。

**五、结论与展望**

## **5.1 主要发现与结论**

通过对石油化工行业废水中多环芳烃类有机物的深入研究，我们得出了以下主要发现和结论：

首先，多环芳烃（PAHs）作为一类重要的持久性有机污染物，其在石油化工废水中的存在具有显著的环境风险。这些化合物因其化学稳定性和生物累积性，能在环境中长期存在并沿着食物链传递，对生态系统和人类健康构成潜在威胁。

其次，环境风险评估是理解和管理这种风险的关键步骤。我们强调了评估过程的重要性，包括识别PAHs的来源、了解它们在水体中的分布、迁移和转化规律，以及评估其对生物多样性和人体健康的潜在毒性效应。

在技术指南编制实践中，我们确定了科学合理的评估方法和步骤，包括采用先进的样品采集技术确保数据的准确性和代表性，以及运用定量风险评估模型来确定安全阈值。同时，我们提出了符合行业特点的风险控制与管理策略，如优化废水处理工艺，减少PAHs的排放。

案例研究表明，本指南在实际废水处理中的应用能够有效识别高风险区域，指导污染控制措施的实施，从而降低环境风险。通过对比应用前后，废水中的PAHs浓度明显下降，证明了指南的实用性和有效性。

总的来说，本技术指南为石油化工行业提供了科学、系统的PAHs环境风险评估工具，对于提升行业的环保管理水平，保护生态环境，保障公众健康具有重要意义。未来的研究方向将聚焦于深化PAHs的环境行为研究，探索更高效、更环保的去除技术，并持续更新风险评估模型，以适应环境变化和新的科学发现。

## **5.2 未来研究方向**

随着环保法规的日益严格和社会对环境质量要求的提升，未来在多环芳烃类有机物环境风险评估领域的研究将趋向于更精细化和深入化。一方面，需要发展更为敏感和精确的检测技术，以应对低浓度多环芳烃的检测挑战，例如改进现有的色谱-质谱联用技术，或者开发新型的生物传感器。

另一方面，应当加强多环芳烃在复杂环境介质中的行为和转化机制研究，特别是其在不同温度、pH值和微生物作用下的降解过程，这有助于优化废水处理工艺，提高去除效率。此外，环境内分泌干扰效应和长期暴露影响也是未来关注的重点，需要深入探究多环芳烃对生态系统和人类健康的具体影响。

再者，集成化的风险评估模型将受到更多重视，这些模型应能整合环境监测数据、生态毒理学信息以及社会经济因素，为政策制定者提供科学依据。同时，研究如何将风险评估结果有效地转化为实际操作中的风险管理策略，如制定更具针对性的排放标准和污染控制技术，也是未来工作的重要方向。

最后，国际合作与数据共享将促进全球范围内对多环芳烃问题的理解，通过比较不同区域的环境风险，可以找出共性和差异，为全球环境治理提供参考。总的来说，未来的研究将致力于构建一个更加全面、动态和实用的风险评估与管理体系，以应对石油化工行业废水中多环芳烃类有机物带来的环境挑战。