

危险废物处理处置技术现状与发展方向

欧富初

中山市中环环保废液回收有限公司 广东 中山 528437

摘要：随着工业发展与社会进步，危险废物产生量逐年增加，其具有的腐蚀性、毒性等特性，对环境和人体健康构成严重威胁。本文围绕危险废物处理处置技术展开研究，首先明确危险废物的定义与分类，从来源和特性角度进行划分。接着分析其物理、化学、生物特性及带来的环境与健康危害。随后阐述了物理、化学、生物、热处理及综合处理技术的现状，涵盖各类技术的操作方式与应用方向。最后探讨技术发展方向，包括资源化利用、无害化升级、智能化管理及区域协同与产业融合等方面，为危险废物处理处置领域提供全面的技术参考。

关键词：危险废物；处理处置技术现状；发展方向

引言：明确危险废物的定义、分类、特性及危害，是有效处理处置的前提。当前各类处理技术虽在应用中发挥作用，但仍面临效率与环保等挑战。因此深入研究危险废物处理处置技术的现状与发展方向，对提升处理水平、降低危害、促进可持续发展具有重要意义，成为当下环境领域的重要课题。

1 危险废物的定义与分类

危险废物是指列入国家危险废物名录或者根据国家规定的危险废物鉴别标准和鉴别方法认定的具有腐蚀性、毒性、易燃性、反应性或者感染性等一种或多种危险特性的固体废物，以及不排除具有上述危险特性，可能对环境或者人体健康造成有害影响，需要按照危险废物进行管理的废物。

从分类来看，危险废物可按来源划分为工业危险废物、医疗危险废物、社会源危险废物等。工业危险废物是主要类别，包括化工生产中的废催化剂、电镀废液、废有机溶剂等；医疗危险废物涵盖感染性废物（如用过的注射器）、病理性废物（如手术切除组织）等；社会源危险废物则包括废电池、废油漆桶、废弃化学品等。按危险特性分类时，可分为腐蚀性废物（如废酸、废碱）、毒性废物（如含重金属污泥）、易燃性废物（如废汽油、废酒精）、反应性废物（如爆炸残留物）和感染性废物（如医疗废弃敷料）^[1]。

2 危险废物的特性与危害

危险废物的特性与其危害密切关联，主要体现在以下三个方面：（1）物理特性上，部分废物具有易燃性（闪点低于60℃）、爆炸性，如废硝化纤维制品，遇明火易引发火灾或爆炸；（2）化学特性中，腐蚀性废物（pH值≤2或≥12.5）可腐蚀容器和土壤，毒性废物通过重金属（如汞、铬）、持久性有机污染物（如二噁英）等释放有害物质；（3）生物特性方面，感染性废物携带病菌、病毒，可直接传播疾病。

其危害具有长期性、隐蔽性和扩散性。对环境而言，危险废物渗入土壤会破坏土壤结构，导致农作物减产；进入水体后，有毒物质通过食物链富集，威胁水生生态系统，甚至污染地下水，影响饮用水安全。对人体健康的危害更为直接，短期接触可能引发皮肤灼伤、呼吸道感染等急性病症；长期暴露则可能导致神经系统损伤、癌症等慢性疾病，例如含铅废物可影响儿童智力发育，含砷废物可能诱发肺癌^[2]。

3 危险废物处理处置技术现状

3.1 物理处理技术

物理处理技术是通过物理手段对废物进行分离、浓缩、相转变等操作，改变其物理性质，以利于后续处理或降低危害程度，具体技术如下：（1）在固液分离方面，沉淀、过滤、离心分离等技术应用广泛。沉淀技术利用重力作用，使废水中的悬浮颗粒沉降至底部，实现固液初步分离，常用于电镀废水、矿山废水处理，可有效去除大部分重金属氢氧化物沉淀。过滤则借助过滤介质，如滤纸、滤网、滤布等，拦截废物中的固体颗粒，常见的有砂滤、真空过滤，能进一步提升分离效果，保障出水水质。离心分离依靠高速旋转产生的离心力，加速固液分离进程，适用于处理含细微颗粒或高浓度悬浮液的危险废物，像炼油厂的油泥处理，可高效回收油品并减少污泥体积。（2）分选技术。磁选利用废物中磁性物质与非磁性物质在磁场中受力不同，分离出铁磁性金属，如从电子废物中回收铁、钴、镍等，实现资源回收与废物减量化。重力分选依据颗粒密度差异，通过重介质分选、跳汰分选等方法，分离密度不同的物料，常用于有色金属尾矿处理，回收有价值金属矿物。（3）萃

取、吸附等技术。萃取通过选择合适的萃取剂，将废物中的特定溶质转移至萃取相中，达到分离和富集目的，常用于有机废水处理，提取酚类、有机酸等污染物。吸附则借助吸附剂的高比表面积和特殊化学结构，吸附废物中的有害物质，如活性炭吸附废水中的重金属离子、有机污染物，净化水质。

3.2 化学处理技术

化学处理技术旨在通过化学反应改变危险废物的化学组成和性质，实现无害化、减量化和资源化目标，具体技术如下：（1）中和处理。针对酸性或碱性危险废物，通过添加碱性或酸性中和剂，调节废物 pH 值至中性范围，消除酸碱腐蚀性危害。在化工、电镀等行业产生的大量酸性废水中，投加石灰、氢氧化钠等碱性中和剂，可中和酸性物质，生成沉淀去除重金属离子，降低废水毒性与腐蚀性。（2）氧化还原反应。可改变危险废物中有害成分的化合价态，使其转化为无害或低毒物质。常见的化学氧化技术包括芬顿氧化、臭氧氧化、湿式氧化等。芬顿氧化利用亚铁离子催化过氧化氢产生强氧化性羟基自由基，氧化分解废水中难降解有机污染物，在印染废水、制药废水处理中效果显著。臭氧氧化凭借臭氧的强氧化性，直接氧化有机污染物，或在催化剂作用下强化氧化过程，有效去除废水中的酚类、农药残留等。湿式氧化则在高温高压下，以氧气或空气为氧化剂，将有机废物氧化为二氧化碳和水，适用于处理高浓度、难生物降解有机废水。还原处理方面，通过投加还原剂，如亚硫酸盐、硫酸亚铁等，将高价态重金属离子还原为低价态，降低其毒性，并利于后续沉淀去除。（3）化学沉淀法。是向危险废物中添加沉淀剂，使其与有害物质发生化学反应，生成难溶性沉淀物，进而实现分离去除。在含重金属废水中，加入硫化物、氢氧化物等沉淀剂，可生成硫化物沉淀、氢氧化物沉淀，有效降低废水中重金属离子浓度，满足排放标准。（4）固化 / 稳定化技术。通过物理或化学方法，将危险废物固定在惰性基材中，或与固化剂发生化学反应，形成稳定的固化体，降低有害物质浸出风险。水泥固化以水泥为基材，与危险废物混合后，通过水泥水化反应形成坚硬固化体，将废物包裹其中，广泛应用于重金属废物、放射性废物处理。沥青固化利用沥青的粘结性和耐腐蚀性，在加热条件下与废物混合，冷却后形成具有一定强度和防水性能的固化体，适用于处理中低放射性废物、有机废物。

3.3 生物处理技术

生物处理技术利用微生物的代谢活动，对危险废物中的有机污染物进行降解、转化，实现无害化处理与部

分资源回收，具体技术如下：（1）好氧生物处理法。依靠好氧微生物在有氧环境下，将危险废物中的有机污染物分解为二氧化碳和水，同时合成自身细胞物质。活性污泥法是最具代表性的好氧生物处理技术，通过曝气使微生物与废物充分接触，利用微生物群体的代谢作用去除有机污染物，广泛应用于城市污水、部分工业废水处理。生物膜法借助微生物在固体载体表面附着生长形成生物膜，废水流经生物膜时，其中的污染物被微生物吸附、降解。（2）厌氧生物处理法。则利用厌氧微生物在无氧条件下分解有机污染物，将其转化为甲烷、二氧化碳等气体，实现废物资源化利用。厌氧发酵技术常用于处理高浓度有机废水、有机污泥，在厌氧环境下，产酸菌将复杂有机物分解为有机酸、醇等小分子物质，产甲烷菌进一步将其转化为甲烷，产生的沼气可作为能源回收利用。厌氧折流板反应器（ABR）、上流式厌氧污泥床（UASB）等高效厌氧反应器，通过优化反应器结构，提高微生物与底物接触效率，增强处理效果，在工业有机废水处理领域应用前景广阔。（3）生物修复技术。利用微生物、植物等生物体，对受污染的土壤、水体等环境介质进行修复，去除或降低其中危险废物含量。微生物修复针对土壤或地下水中的有机污染物，筛选、培育具有特定降解能力的微生物菌株，通过原位接种、添加营养物质等方式，强化微生物代谢活动，加速污染物降解。植物修复则利用植物对重金属等污染物的吸收、富集、转化能力，种植超富集植物，从土壤中提取重金属，降低土壤污染程度，实现生态修复。

3.4 热处理技术

热处理技术通过高温作用，使危险废物发生物理化学变化，实现减容、无害化和部分资源化，具体技术如下：（1）焚烧。在高温（通常 800 - 1200℃）下，危险废物中的有机成分与氧气充分反应，分解为二氧化碳、水和无机残渣，同时释放大量热量。焚烧过程能有效减少废物体积，彻底破坏有机污染物，杀灭病原体，实现无害化。回转窑焚烧炉是应用广泛的焚烧设备，其适应性强，可处理多种形态危险废物，通过筒体旋转使废物与空气充分接触，确保燃烧均匀、稳定。流化床焚烧炉则借助气体使炉内物料呈流化状态，强化传热传质，提高燃烧效率，具有处理量大、燃烧速度快等优点，但对废物预处理要求较高。（2）热解技术。在无氧或缺氧条件下，将危险废物加热至一定温度（500 - 900℃），使其发生热分解反应，大分子有机物裂解为小分子气体（如氢气、甲烷、一氧化碳）、液体（焦油、轻质油）和固体残渣。热解产物可作为能源或化工原料回收利用，实

现资源转化。（3）熔融处理技术。主要针对含有重金属、玻璃等成分的危险废物，在高温（1300 - 1600℃）下将废物熔化，使重金属挥发或固定在炉渣中，形成稳定玻璃体，降低重金属浸出风险。

3.5 综合处理技术

综合处理技术整合多种单一处理技术，根据危险废物特性和处理目标，优化组合不同工艺，具体如下：（1）预处理 - 主处理 - 后处理工艺。预处理阶段通过物理方法对危险废物进行形态调整、杂质去除和成分富集，为后续处理创造有利条件。主处理环节根据废物性质，选择合适的物理、化学、生物或热处理技术，对废物中主要污染物进行去除或转化。后处理则针对主处理后的产物，进一步进行净化、固化等操作，确保最终排放物或产物符合环保要求。（2）协同处理技术。将危险废物与其他工业过程相结合，实现资源共享和优势互补。如水泥窑协同处置危险废物，利用水泥窑高温、碱性环境，将危险废物作为替代燃料和原料投入窑内，在生产水泥的同时，实现危险废物无害化处理。危险废物中的有机成分燃烧提供热量，无机成分参与水泥熟料形成，既降低了水泥生产能耗，又解决了危险废物处理难题^[3]。

4 危险废物处理处置技术发展方向

危险废物处理处置技术的发展正朝着更高效、环保、集约的方向推进，呈现出以下多方面创新与融合的特征。（1）在资源化利用领域，技术创新聚焦于深度挖掘危险废物中的可回收资源。通过优化物理分选工艺，提高金属、塑料等材料的分离纯度和回收率；化学转化技术向精细化发展，将有机废物定向转化为高附加值化学品或能源载体，实现“废物”到“原料”的转化升级。生物转化技术通过筛选高效功能菌株，强化对特定有机成分的降解与转化，提升资源回收的针对性和效率。（2）无害化处理技术持续升级。核心在于降低二次污染风险，物理处理技术向低能耗、高精度方向改进，如新型膜分离材料的应用可提高污染物截留效率；化学

处理技术注重绿色药剂的研发，减少处理过程中有毒副产物的生成；热处理技术通过优化燃烧工况和烟气净化系统，进一步降低二噁英等有害物的排放浓度，确保处理过程的环境安全性。（3）智能化与信息化管理。通过物联网技术实现危险废物从产生、运输到处置的全流程追踪，借助传感器实时监测处理设备的运行参数和污染物排放数据；大数据分析技术用于优化处理工艺参数，提升设备运行效率和稳定性；人工智能算法可预测废物产生量和处理需求，为处理设施的规划与调度提供科学依据。（4）区域协同处理与产业融合。打破地域限制，建立跨区域的危险废物集中处理中心，实现处理能力的优化配置；推动危险废物处理与能源、建材等行业的耦合发展，形成“废物处理 - 资源回收 - 产品生产”的循环产业链，提升产业整体的资源利用效率和环境效益。技术标准与管理体系的统一化，为区域协同处理提供制度保障，促进技术资源的共享与整合^[4]。

结束语：危险废物处理处置需以其定义、分类及特性为基础，依托现有物理、化学、生物、热处理及综合处理技术，应对其带来的危害。随着资源化、无害化、智能化及区域协同与产业融合等趋势的推进，处理技术将更高效环保。这需要持续技术创新与管理优化，以实现危险废物的科学处理，为生态环境保护和人类健康保障提供有力支撑，推动社会绿色可持续发展。

参考文献

- [1] 颜菲. 危险废物处理与资源化技术进展[J]. 科技创新与应用, 2022, 12(19):154-157.
- [2] 王天庆, 崔静涛, 韩微微. 化工园区危险废物处理处置技术分析[J]. 辽宁化工, 2022, 51(9):1335-1337.
- [3] 龚敏. 危险废物处理处置技术分析[J]. 皮革制作与环保科技, 2021, 2(19):74-75.
- [4] 宋沫成. 浅谈危险废物处理处置技术[J]. 中国金属通报, 2020(4):186-187.