

危险废物无害化处理技术与环境风险控制研究

张文敏¹ 孙新超²

1. 包头市生态安全屏障研究中心 内蒙古 包头 014060

2. 内蒙古自治区环境监测总站包头分站 内蒙古 包头 014060

摘要: 危险废物无害化处理技术与环境风险控制是环境保护的关键领域。本文聚焦危险废物无害化处理技术与环境风险控制展开研究。首先对危险废物的定义、分类、来源、产生量及危害特性进行概述。接着详细阐述物理、化学、生物、焚烧、填埋、深井灌注等多种无害化处理技术。随后分析处理过程中存在的泄漏、火灾爆炸、二次污染等环境风险。最后从技术、管理、应急响应三个层面提出针对性的环境风险控制策略,旨在为危险废物的安全处理与有效管控提供理论支持与实践指导,推动生态环境保护与可持续发展。

关键词: 危险废物; 无害化处理技术; 环境风险; 风险控制策略

引言: 随着工业快速发展, 危险废物产生量日益增多, 其含有有害物质, 若处理不当, 会对生态环境和人体健康造成严重危害。危险废物的妥善处理已成为当下环境保护领域的紧迫任务。无害化处理技术作为解决危险废物问题的关键手段, 能有效降低其危害性。然而, 在处理过程中, 环境风险如影随形, 从泄漏到二次污染等问题, 时刻威胁着周边环境安全。因此, 深入研究危险废物无害化处理技术, 并制定科学有效的环境风险控制策略, 对于保护生态环境、保障公众健康以及实现经济社会的可持续发展具有至关重要的意义。

1 危险废物概述

1.1 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危险特性的固体废物。其分类依据不同特性有多种方式, 按化学性质可分为腐蚀性、毒性、易燃性、反应性和感染性危险废物。比如, 强酸强碱类属于腐蚀性危险废物; 含重金属的废物多具毒性; 一些有机溶剂废物易燃; 能与水或其他物质剧烈反应的属反应性; 医疗废物中部分带有病原体的则具感染性。

1.2 危险废物的来源与产生量

危险废物来源广泛, 工业领域是主要源头, 如化工行业生产过程中产生的废催化剂、废溶剂, 电镀行业产生的含重金属废液等。医疗行业也会产生大量具有感染性的医疗废物。此外, 科研机构在实验活动中也会产生一定量的危险废物。随着工业化和城市化进程加快, 危险废物产生量呈上升趋势。据相关统计, 近年来我国危险废物产生量以每年一定比例增长, 不同地区因产业结构差异, 产生量有所不同, 但整体规模庞大, 给环境带

来巨大压力。

1.3 危险废物的危害特性

危险废物危害特性显著。腐蚀性废物会破坏与之接触的物质, 如腐蚀管道、土壤等, 影响基础设施和土壤质量。毒性废物通过食物链积累, 危害人体和生态系统健康, 如重金属在人体内积累会导致各种疾病。易燃性废物遇火源易引发火灾, 造成人员伤亡和财产损失。反应性废物可能与其他物质发生剧烈反应, 释放能量或产生有毒气体。感染性废物携带病原体, 传播疾病, 威胁公众健康^[1]。

2 危险废物无害化处理技术

2.1 物理处理技术

物理处理技术是危险废物无害化处理的重要手段之一, 主要通过物理作用改变废物的物理形态、尺寸或分离有害成分, 以降低其环境风险。

常见的物理处理技术包括破碎、分选、压实和包装等。破碎可将大块危险废物减小为较小颗粒, 增加表面积, 便于后续处理, 如某些固态危险废物经破碎后更易进行化学处理或焚烧。分选则依据废物的物理性质, 如密度、磁性、导电性等, 将其中的有用成分与有害成分分离, 实现资源回收和有害物集中处理。压实能减少废物体积, 降低运输和储存成本, 同时减少废物与外界环境的接触面积, 降低泄漏风险。包装是对处理后的危险废物进行安全封装, 防止其在运输和储存过程中散落或泄漏, 采用合适的包装材料和方式可有效保障废物处理的安全性。

2.2 化学处理技术

化学处理技术凭借化学反应来改变危险废物的化学组成与性质, 以此达成无害化处理的目标。中和反应是

常用方法之一,针对酸性或碱性危险废物,通过加入相应的碱或酸进行中和,使其pH值达到适宜范围,降低对环境的腐蚀性危害。氧化还原反应也较为关键,对于含重金属或有毒有机物的废物,利用氧化剂或还原剂改变其化学价态,让重金属形成稳定沉淀,使有毒有机物转化为无毒或低毒物质。此外,化学沉淀技术通过向废液中添加沉淀剂,使溶解态的污染物转化为难溶沉淀物而分离出来。化学稳定化/固化技术则是将危险废物与化学药剂混合,形成稳定的固体块体,减少有害物质的迁移性。化学处理技术能高效降低危险废物的毒性和危害性,不过处理过程中可能产生二次污染,需严格控制反应条件和处理后的尾液、废渣处置。

2.3 生物处理技术

生物处理技术是利用微生物、植物等生物体的代谢作用,对危险废物进行分解、转化和富集,从而实现无害化处理的一种环保且可持续的方法。微生物处理是生物处理技术的核心部分。好氧微生物在有氧条件下,能分解有机危险废物中的有机物,将其转化为二氧化碳、水和简单的无机物;厌氧微生物则在无氧环境中,把有机物分解为甲烷、二氧化碳等。例如,对于含有机污染物的废液,通过培养特定微生物群落,可有效降低其化学需氧量(COD)和生物需氧量(BOD)。植物修复技术也发挥着重要作用。一些超积累植物能够从土壤或废水中吸收、富集重金属等污染物,将其转移并储存在体内,通过收割植物实现污染物的去除。生物处理技术具有成本低、环境友好等优点,但处理周期相对较长,且对废物的成分和条件有一定要求,需根据实际情况合理选择和应用。

2.4 焚烧处理技术

焚烧处理技术是危险废物无害化、减量化的重要手段,通过高温氧化分解废物中的有机成分,使其转化为灰渣、烟气和热量。在焚烧过程中,危险废物被送入焚烧炉,在850℃-1200℃甚至更高的温度下,其中的有机物与氧气发生剧烈反应,分解为二氧化碳、水等小分子物质,实现废物的减量化,体积可减少80%-90%。同时,高温环境能有效破坏废物中的有毒有害物质,如二噁英等持久性有机污染物,降低其毒性。焚烧产生的热量可回收利用,用于发电或供热,实现能源的再利用。不过,焚烧处理也会产生二次污染,如烟气中含有粉尘、酸性气体、重金属和二噁英等污染物。因此,需配备完善的尾气净化系统,采用布袋除尘、湿法脱酸、活性炭吸附等技术,对烟气进行净化处理,确保达标排放。

2.5 填埋处理技术

填埋处理技术是将危险废物置于符合环保要求的填埋场中进行处置的一种方法,是目前危险废物最终处置的常用方式之一。在填埋前,需对危险废物进行预处理,如固化、稳定化,降低其有害物质的迁移性和毒性,减少对环境的潜在危害。填埋场要经过严格的选址、设计和建设,场底需铺设防渗层,一般由黏土层和分子防渗膜组成,防止废物中的有害物质渗入地下,污染土壤和地下水。同时,设置渗滤液收集系统,将填埋过程中产生的渗滤液收集起来,进行集中处理,避免其随意排放造成污染。填埋过程中,要分层填埋、压实,减少废物间的空隙,降低渗滤液的产生量。填埋后,还需进行封场处理,覆盖黏土层和植被层,防止雨水渗入和废物暴露。不过,填埋处理技术占用土地资源较多,且存在长期的环境风险,需对填埋场进行长期的监测和维护。

2.6 深井灌注技术

深井灌注技术是一种通过深井将液态或液化后的固体废物注入地下多孔岩层,实现废物与饮用水源、矿脉层隔离的处置方法。该技术起源于20世纪30年代美国石油工业,后扩展至工业废物处置领域,现已成为美国等国家处理高盐废水、化工废液及部分危险废物的主流技术。其核心在于利用地下不透水岩层(如黏土、页岩)作为天然屏障,将废物封存在砂岩、灰岩等渗透性岩层中,避免污染地下水和矿藏资源。技术实施需严格遵循地质条件,包括处置区位于饮用水源下方、岩层孔隙率与渗透性适宜、地层结构与废物相容等。灌注前需通过钻探取样、注入试验确定理想压力和速率,并采用多层套管封固工艺防止泄漏^[2]。该技术成本低、安全性高,但需长期监测地层完整性,避免因地质活动或人为失误导致污染扩散。目前,美国已建成超40万口深井,每年处理超3400万立方米废液,证明其在特定条件下的可行性。

3 危险废物处理过程中的环境风险

3.1 危险废物泄漏风险

危险废物泄漏是处理过程中的常见风险。在储存环节,若储存容器老化、破损或遭受外力撞击,废物可能泄漏出来,污染周边土壤和水体。运输过程中,车辆事故、包装不当等也会导致泄漏,对沿途环境造成危害。处理设施若存在设计缺陷或操作失误,如管道破裂、阀门失灵等,同样会引发泄漏。泄漏的危险废物可能含有有毒有害物质,一旦进入环境,会破坏生态系统的稳定性,影响动植物生存,还可能通过食物链传递,危害人体健康。

3.2 火灾与爆炸风险

部分危险废物具有易燃、易爆特性，在处理过程中极易引发火灾与爆炸事故。例如，一些有机溶剂类废物在储存或处理时，若遇到明火、高温或静电火花，就可能燃烧甚至爆炸。此外，废物之间的化学反应也可能产生大量热量和气体，导致爆炸。火灾与爆炸不仅会直接造成人员伤亡和财产损失，还会释放出大量有毒有害气体和烟尘，对大气环境造成严重污染，影响周边居民的正常生活和身体健康，给环境带来长期的负面影响。

3.3 二次污染风险

危险废物处理过程中存在二次污染风险。在物理处理时，如破碎、分选等操作，可能产生粉尘，污染空气。化学处理中，使用的化学药剂可能残留或产生新的有害物质，随废水、废渣排放，污染水体和土壤。生物处理若微生物控制不当，可能扩散到环境中，影响生态平衡。焚烧处理会产生二噁英等持久性有机污染物，若处理不彻底，会排放到大气中。二次污染隐蔽性强、危害持久，会增加环境治理难度和成本，对生态环境造成长期危害^[3]。

4 危险废物环境风险控制策略

4.1 技术层面

技术是控制危险废物环境风险的核心支撑。一方面，要持续研发与改进处理技术。针对不同种类和特性的危险废物，开发更高效、环保且低风险的物理、化学、生物处理新工艺，如采用超临界流体技术提高有机废物处理效率，减少二次污染产生。另一方面，强化处理过程中的技术监控。运用先进的在线监测设备，实时监测废物处理的关键指标，如温度、压力、污染物浓度等，一旦出现异常能及时预警并调整处理参数。同时，提升废物运输与储存环节的技术水平，采用密封性能更好、抗腐蚀性更强的容器和运输工具，结合智能定位与监控系统，防止运输途中发生泄漏。

4.2 管理层面

管理层面需构建完善的制度体系。政府应加强立法，明确危险废物产生、收集、运输、处理各环节的责任主体和监管要求，加大对违规行为的惩处力度。建立严格的资质审核与准入制度，对从事危险废物处理的企业进行资质认定，确保其具备相应的技术和设备条

件。加强部门间的协调合作，形成环保、交通、公安等多部门联合监管的机制，实现信息共享和协同执法。企业要完善内部管理制度，制定详细的操作规程和安全管理规章制度，加强对员工的培训和考核，提高员工的安全意识和操作技能。

4.3 应急响应层面

应急响应层面，要制定全面、可行的应急预案。明确应急组织机构、职责分工、应急响应程序和处置措施等内容，确保在事故发生时能够迅速、有序地开展救援工作。加强应急物资储备，配备充足的防护装备、救援设备和应急药品等，并定期进行检查和维护，保证物资的可用性。定期组织应急演练，模拟不同类型的危险废物事故场景，检验和提高应急队伍的实战能力。建立应急信息共享平台，及时发布事故信息，引导公众正确应对。一旦发生危险废物环境事故，要立即启动应急预案，采取封锁、隔离、疏散等措施控制事故现场，防止事故扩大，并及时进行环境监测和评估，为后续的治理和恢复工作提供依据^[4]。

结束语

危险废物无害化处理技术与环境风险控制研究意义重大且任重道远。本文所探讨的物理、化学、生物、焚烧、填埋及深井灌注等无害化处理技术，各有优劣与适用场景，为危险废物处理提供了多元选择。而环境风险控制则贯穿处理全过程，需技术、管理与应急响应协同发力。未来，应持续创新处理技术，提升处理效率与安全性；完善管理机制，强化监管力度；优化应急体系，提高应对能力。

参考文献

- [1] 韦炜. 危险废物的环境风险评估及处理技术现状[J]. 资源节约与环保, 2021, (9): 73.
- [2] 杨洪涛. 危险废物规范化管理体系建立和实施[J]. 四川水泥, 2020, (4): 325.
- [3] 王敏俐. 危险废物鉴别监测的现状分析及相关建议[J]. 资源节约与环保, 2020, (4): 83.
- [4] 郝君. 工业危险废物污染防治现状分析与对策[J]. 资源节约与环保, 2020, (3): 70-71.