

附件 3:

《固体废物资源化产品环境风险评价通用指南》  
(征求意见稿)  
编制说明

《固体废物资源化产品环境风险评价通用指南》编制组

二〇二二年五月

# 目 录

1 任务来源.....	1
2 标准制定必要性、编制依据、编制原则.....	1
3 主要工作过程.....	5
4 国内外相关标准概况.....	5
5 主要技术内容及说明.....	13
6 标准水平评价.....	16
7 标准实施建议.....	17
附录 1 固体废物资源化产品暴露场景.....	19

# 1 任务来源

2019 年 6 月，中国环境保护产业协会下达了《固体废物资源化产品环境风险评价通用指南》团体标准（编号：中环协[2019]188 号）的编制任务。清华大学承担该标准的编制工作。参编单位有生态环境部固体废物与化学品管理技术中心、深圳市环保科技集团股份有限公司、北京金隅北水环保科技有限公司、江苏一夫科技股份有限公司、深圳市绿环再生资源开发有限公司、青岛斯坦德衡立环境技术研究院有限公司、深圳星河环境股份有限公司、北京建工资源循环利用投资有限公司、天津建昌环保股份有限公司、柳晶科技集团（常州）股份有限公司、北京理工大学、北京交通大学、天津壹鸣环境科技股份有限公司。

## 2 标准制定必要性、编制依据、编制原则

### 2.1 标准制定的必要性

#### （1）为固体废物资源化行业产业链及相关产品的风险评价提供标准支撑

随着经济高速发展、城市化进程不断加快，固体废物产生量不断增加，对环境造成的污染也日益严重。《2016-2019 年全国生态环境统计公报》显示，一般工业固体废物产生量由 2016 年 37.1 亿吨上升为 2019 年 44.1 亿吨，上升了 18.7%；综合利用水平也有所提高，由 2016 年 21.1 亿吨上升到 2019 年 23.2 亿吨。《2020 年全国大、中城市固体废物污染环境防治年报》显示，2019 年，196 个大、中城市一般工业固体废物产生量为 13.8 亿吨，工业危险废物产生量为 4498.9 万吨，医疗废物产生量为 84.3 万吨，城市生活垃圾产生量为 23560.2 万吨。固体废物资源化是固体废物处理处置的必由之路，目前，国内外已研制出多种固体废物资源化技术，大量的固体废物资源化产品涌向市场。固体废物资源化产品既是一种商品，也是潜在的重要风险源之一，与人类健康和生态环境关系十分密切。因此，其可能存在的环境与健康风险不容忽视。为了保证生态环境安全和人类健康、实现真正意义的废物资源化，固体废物资源化产品应用于市场之前，必须采用合理的方法对其环境风险进行评价。但是到目前为止，我国还没有建立相对完善的固体废物资源化产品管理的决策支持技术体系，无论是在促进循环经济发展还是在推广固体废物资源化产品普及发展方面都缺乏科学的研究基础。因此，亟需统一评价体系，规范评价标准，推动固体废物资源化产品环境风险评价的标准化工作，识别和防控固体废物资源化产品作为原料和使用过程中的环境风险，规范固体废物资源化行业市场，在加强资源化的同时，防控风险，避免大型恶性环境事件发生。

#### （2）为企业开展资源化产品企业标准制定提供依据，倒逼行业健康快速发展

加强固体废物综合利用，既可以减少天然资源的开发利用，解决固体废物造成的污染和

安全隐患，也有利于促进产业结构的优化，培育新的经济增长点，是实现绿色发展的重要内容。

固体废物综合利用产业应该跟其他产业一样，在追求质量和效益上下功夫，即在提高产品的质量、拓展产品利用领域基础上，不断提高效益。而通过相关风险评价标准的建立，对固体废物综合利用产品进行评价，淘汰一些耗能高、污染重、产品质量低下的企业。并通过对产品环境风险的评价，倒逼行业改革，使企业加快提升技术装备水平，加快先进实用技术的产业化和推广应用，加强关键共性技术的研发，发挥标准的带动引领作用，加快资源综合利用产品标准和应用标准的执行制度，提高资源综合利用产品的质量，扩大应用范围，推进产业联盟等技术创新的平台建设，推动产学研协同创新和跨领域、跨区域的协同创新，带动产业整体水平的提升，使固体废物综合处理行业健康、绿色的发展。

虽然我国制定了相关环保法规，各级环保机构在固体废物管理中积累了大量经验，建立了相关的管理体制，但在处理和资源化方面，仍缺乏具体细则，且没有强有力的、长期的激励机制和制约措施。而对于固体废物资源化产品风险评价相关的标准还处于空缺状态，这使得固体废物综合利用和处置缺乏实施细则和相关标准的规范，相关工作难以有实效地开展。

通过该指南的制定，可进一步指导企业开展固体废物资源化产品企业标准制定，并对资源化产品的技术条件和要求进行符合性判定。引导企业不断提高综合利用技术水平，提升综合利用产品质量，促进固体废物资源综合利用产业规范化、绿色化、规模化发展。

### **（3）增强资源化产品的市场接受度**

由于一是固体废物综合利用产品的制备技术出现时间较晚，且相关制度的不完善和再生、循环产品对于人体的影响不尽明显；二是固体废物资源化利用过程本身很难将残留的有害物质完全消除；三是市场对新兴资源化产品的反应较为迟缓，资源化产品没有形成入市标准化体系，缺失产品质量标准、环保安全使用标准等；四是以固体废物为原料生产的产品由于原材料的特殊性，对环境和人类健康具有潜在威胁，且在实际的生产使用过程中有诸多限制。因此，建立相关产品风险评价的标准已经迫在眉睫。通过相关标准的建立，不仅可以规范固废的资源化利用，更能够使好的资源化产品为市场所接受，从而促进固体废物综合利用产业的发展。

上述问题使得综合利用产品在各行业中的安全性也无法得到保证，严重限制了其市场的认可度。因此，对于资源化利用新产品，在扶持政策和关键技术落地的同时，产品质量标准也需要更新或建立，并增加安全使用相关环境和健康考虑的内容。通过鼓励企业自愿开展工业固体废物资源综合利用评价，引入第三方评价机制，开展公平、公正、公开的评价活动，

通过统一的风险把控，扩大其产品的市场认可度。

## 2.2 编制依据

本标准的编制以国家环境保护现有法律、法规、标准为依据，结合国内外有关文献资料以及调研取得的数据资料总结编制。主要的标准类参考文件如下：

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划

GB 3838 地表水环境质量标准

GB/T 4754 国民经济行业分类

GB 5085.3 危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别

GB 5085.6 危险废物鉴别标准 毒性物质含量鉴别

GB 5085.7 危险废物鉴别标准 通则

GB 5749 生活饮用水卫生标准

GB 13078 饲料卫生标准

GB/T 14848 地下水质量标准

GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）

GB/T 27921 风险管理 风险评估技术

GB/T 30810 水泥胶砂中可浸出重金属的测定方法

GB 34330 固体废物鉴别标准 通则

GB/T 34708 化学品风险评估通则

GB 36600 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）

GBZ 230 职业性接触毒物危害程度分级

GBZ/T 298 工作场所化学有害因素职业健康风险评估技术导则

HJ 25.3 建设用地土壤污染风险评估技术导则

HJ/T 154 新化学物质危害评估导则

HJ 169 建设项目环境风险评价技术导则

HJ/T 299 固体废物 浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法

HJ/T 300 固体废物 浸出毒性浸出方法 醋酸缓冲溶液法

HJ 557 固体废物浸出毒性浸出方法 水平振荡法

HJ 682 污染场地术语

HJ 781 固体废物 22 种金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法

HJ 839 环境与健康现场调查技术规范 横断面调查

HJ 875 环境污染物人群暴露评估技术指南

HJ 876 儿童土壤摄入量调查技术规范 示踪元素法

HJ 877 暴露参数调查技术规范

HJ 1091 固体废物再生利用污染防治技术导则

HJ 1111 生态环境健康风险评估技术指南 总纲

HJ 1229 优先评估化学物质筛选技术导则

SL/Z 467 生态风险评价导则

WS/T 777 化学物质环境健康风险评估技术指南

化学物质环境与健康危害评估技术导则（试行）（公告 2020 年 第 69 号）

化学物质环境与健康暴露评估技术导则（试行）（公告 2020 年 第 69 号）

化学物质环境与健康风险表征技术导则（试行）（公告 2020 年 第 69 号）

## 2.3 编制原则

### （1）科学性

基于权威的数据和信息，结合生态环境管理和市场需求、风险评价目的，依据固体废物资源化产品有害物质来源、特征、迁移转化趋势等，确保风险评价过程的系统性、完整性以及客观性。

### （2）全面性

固体废物资源化产品风险评价过程应确保有害物质种类、暴露途径等全面识别分析。

### （3）谨慎性

固体废物资源化产品风险评价结果应包括在最不利暴露场景下，评价受体的风险评价。

### （4）层次性

固体废物资源化产品风险评价分三个层次依次进行：第一层次，若资源化产品有相应环境保护标准，则优先判断产品中有害物质含量是否满足标准要求；第二层次，若无相应环境保护标准，则通过模拟资源化产品在典型暴露场景下有害物质释放行为，结合有害物质迁移转化研究，确定有害物质在相应环境介质中的暴露水平，若有相应环境介质的环境保护标准，则判断有害物资暴露水平是否满足标准要求；第三层次，若无相应环境介质保护标准，则根据评价受体的类型开展相应的风险评价研究，判断资源化产品在相应暴露场景下风险是否可

接受。

### 3 主要工作过程

(1) 2019 年 6 月，中国环境保护产业协会下达了《固体废物资源化产品环境风险评价通用指南》团体标准的编制任务。

(2) 2019 年 7 月，成立编制组，召开标准编制启动会，明确标准编制思路、拟开展的主要工作、任务分工及时间进度安排等。

(3) 2019 年 8 月-2020 年 10 月，多次召开编制组内部讨论会及定向意见征集，开展行业和文献调研，确定标准编制框架，初步形成标准初稿和编制说明。

(4) 2020 年 11 月，形成标准初稿和开题报告，在中国环境保护产业协会指导下，召开开题论证会，会上专家指出进一步斟酌标准的适用范围，合理把握标准技术内容的编制深度，注意与相关标准的衔接等。

(5) 2021 年 1 月，召开编制组内部讨论会，讨论标准修改及分工安排。

(6) 2021 年 3-12 月，开展相关调研，对初稿和编制说明进行了修改完善，编制完成了标准（征求意见稿）和（征求意见稿）编制说明。

(7) 2022 年 1 月，召开初稿审查会，与会专家提出标准范围明确，结构层次设置基本合理，技术内容依据充分，条文表述规范，编制说明内容完整翔实，一致同意通过标准初稿审查。

### 4 国内外相关标准概况

#### 4.1 国外相关标准制定情况

##### (1) 美国

美国是在环境风险评价方面方法学研究成果和实践经验最为丰富的国家，在系统安全性评价、人体健康与生态风险评价方面均建立系统完整的评价方法和程序体系。

对于健康风险评价美国国家科学院（NAS）和美国国家环境保护局（US EPA）研究成果最为丰富。1975 年 12 月，美国国家环境保护局（以下简称“US EPA”）完成了《暴露于氯乙烯下人群的定量风险评估》，这是第一份关于风险评价的文件，并于 1976 年发布了由局长签署序言的《可疑致癌物健康风险和经济影响评估暂行办法与导则》，该文件提出“将对健康风险和经济影响进行严格评估，作为监管过程的一部分”。20 世纪 80 年代，US EPA 发布了 64 种污染物的水质标准，这是 US EPA 针对大量致癌物开发的定量程序的首次应用，

也是第一份描述风险评估定量程序的文件。1983 年，NAS 发布的红皮书：联邦政府风险评估：管理过程，提出了风险评估采用“四步法”即：即危害鉴别、剂量一效应关系评价、暴露评价和风险表征进行。次年 US EPA 发行的《风险评估与管理:决策框架》确定了风险评估的基本框架。针对人体健康风险评估过程中应用的各类技术方法，US EPA 发布了一系列支持性技术规范，包括《暴露参数手册》《蒙特卡洛分析指导性原则》《暴露评估中的不确定性表征和交流指南》《参考剂量和参考浓度审查程序》《基准剂量技术指南》《风险评估中的概率分析》等。针对特定污染物制定了《多环芳烃定量风险评估暂行导则》《金属风险评估框架》《共性毒理机制农药的累积风险评估导则》《多种化学品、暴露和效应的累积健康风险》等评估规范；在具体风险管理措施方面制定了专门的应用指南，比如：在化学品管理方面，制定了《产品性能试验指南》《产品属性试验指南》《归趋、转运和转化试验指南》《喷雾漂移试验指南》《生态效应试验指南》《化学残留试验指南》《健康效应试验指南》《职业和居民暴露测试指南》《生化试验指南》等技术指南；在危险废物项目风险评估方面，制定了《危险废物焚烧设施人体健康风险评估指南》。总而言之，US EPA 针对环境风险评价和管理的工作，开发了用于风险评价的数据库和模型，制定了一系列较为完善的导则文件和工具。

2005 年，为促进煤炭燃烧产品利用，US EPA 发布了《粉煤灰回用于公路建设的效益及影响评估导则》，其指出当粉煤灰回用于非密封包裹式的建筑材料时，影响的主要介质是大气和水体。吸食、吸入和皮肤接触是人类和其他生物接触煤灰的途径。在评估粉煤灰回用的环境影响时，需注意 Hg 等重金属元素的浸出，以及粉煤灰在施工过程中的粉尘逸散。2013 年 US EPA 固体废物和应急响应办公室(OSWER)制定《评估煤燃烧残余物的封装有益用途的方法》，以确定含有氯化碳的封装产品的环境排放是否与类似产品的环境排放相当或更低，或在消费者使用过程中达到或低于人类和生态受体的相关监管和健康基准，提出了（1）文献回顾和数据收集；（2）可用数据评估；（3）暴露评估；（4）筛选评估；（5）风险评估五步有益使用评估流程。在此基础上，2016 年，US EPA 制定了《工业非有害二次材料有益使用评估方法》和《有益用途纲要：支持有益用途评估的资源和工具的集合》，帮助评估与有益使用辅助材料相关的对人类健康和环境的潜在不利影响。两者的发布旨在帮助提高有益使用评估的一致性和质量，它的目的不是解决用于能源的无害二次材料的燃烧、城市固体废物的使用/再利用或危险废物的监管。前者帮助确定拟议的有益使用对人类健康和环境的潜在不利影响是否与类似产品相当或低于类似产品，或达到或低于相关的健康和监管基准。该方法比较广泛，以便对该方法的不同方面进行平衡的讨论，明确评估工作。主要分为：规划



和界定范围、影响分析及最终表征三个阶段。后者旨在更详细地讨论在特定评价中可能出现的一些具体考虑，并根据具体步骤列出了协助评价的现有资源和工具。其他联邦机构、州和地方政府在讨论二次材料的有益用途时可能会使用不同的术语，例如“工业副产品”和“回收材料”。

## **（2）联合国环境署**

联合国环境规划署(United Nations Environment Programme, UNEP)是联合国系统中制定全球环境保护议程的权威机构，致力于解决区域性和全球性环境问题。1987 年，联合国环境规划署、国际原子能机构(International Atomic Energy Agency; IAEA)、世界卫生组织(World Health Organization, WHO)和联合国工业发展组织(United Nations Industrial Development Organization; UNIDO)开展了合作研究计划--“能源和其他复杂工业体系所引起的健康与环境风险的评价与管理”；1988 年，UNEP 与各国政府以及工业界联合制定了“地区性紧急事故的意识 and 防备”(Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level, APELL)计划。APELL 计划最初以固定的设备和装置引发的风险作为控制对象，随着环境风险种类日益多样化，以及评价技术研究的显著进展，该计划的应用范围逐渐扩展至运输业和矿业风险以及自然灾害的评价当中。其中，针对港口地区、危险货物运输业和采矿业的 APELL 计划分别于 1996 年、2000 年和 2001 年先后启动。UNEP 于 1996 年出版了《国际环境技术中心技术出版物系列之三—可持续城市的环境风险评价》，概述了环境风险评价在可持续城市计划战略规划过程中的应用和优势。此外，针对含铅、镉、汞等有毒有害物质的化学品和危险废物，UNEP 制定了一系列全过程管理的技术导则，其中，以环境风险评价为主要内容的导则主要包括《汞暴露引发的人体风险识别导则》(2008 年 6 月)和《现有风险管理措施清单汇编—铅和镉》(2008 年 11 月)。2016 年 5 月，第二届联合国环境大会在肯尼亚首都内罗毕的联合国环境规划署总部召开，会议聚焦于联合国《2030 年可持续发展议程》中环境与健康的关系，并发布了题为《健康环境 健康人类》的报告。

## **（3）世界卫生组织**

世界卫生组织(World Health Organization, WHO)尤其是国际化学品安全规划署在风险评价领域开展了大量的工作。WHO 健康风险评估主要应用于化学物质(包括农药)管理和食品安全管理两个区域。1999 年，WHO 发布了《化学物质暴露致人体健康风险评估原则》，该文件在整个世界卫生组织健康风险评估技术体系中处于提纲挈领的作用，论述了化学物质健康风险评估的框架、评估的原则、基本内容、方法和要求，同时也简明扼要的论述了人体健康风险评估四个部分(危害识别、剂量—反应关系评估、暴露评估和风险表征)的基本概

念，不关注评估的具体方法和细节。在食品安全风险评估领域，WHO 发布了《食品中食品添加剂和污染物安全评估原则》《食品中农药残留毒理学评估原则》《重要微量元素的风险评估原则和方法》《食品中化学品风险评估的原则和方法》等技术文件。

#### （4）欧盟

欧盟以技术指导性文件的形式总结了风险评价的总体思路，具体的评价系统反映在欧盟风险评价体系中。此系统的风险评价，分为人类健康和生态环境。欧洲环境署于 1998 年出版了《环境风险评价：方法、经验与信息来源》一书，该书详尽介绍了环境风险评价的概念、发展以及该方法在环境管理中的应用，同时，该书归纳总结了环境风险评价方法，深入分析了健康风险评价和生态风险评价的内容，并探讨了在工业实例中的应用。此外，该书还从软件模型、组织机构、数据库、刊物书籍和网络等方面，罗列了环境风险评价所需信息的来源、获取渠道和方式。2000 年，欧盟出台了《关于环境风险防范原则的公报》，对环境风险防范做了进一步要求，包括每个阶段最充分、最可靠地判断不确定性程度；基于风险评价和潜在影响的评价做出决策；风险评价应赋予利益相关者均等的选择机会并保证其透明性。2003 年欧盟出台了《健康和生态风险综合评价技术指南》，建议和指导成员国进行风险防范。2004 年欧盟提出了《欧洲环境与健康行动计划 2004-2010》，该计划指出要确保对潜在的环境和健康风险采取积极的识别和应对措施，加强关于风险的技术交流，调整减小风险的相关政策。此外，欧盟第七框架计划（2007-2013 年）中将环境健康风险评价方法和决策支持工具的研究以及相关政策的制定列为优先解决事项。REACH 法规（EC 2006）自 2007 年起生效，被认为是世界上最严格的化学品法律之一。它旨在确保对人类健康和环境的高度保护水平。

目前，欧盟的环境健康风险评价主要体现在《欧盟 REACH 法规实施指南》中的《信息要求与化学安全评估指南》中，但该技术指南仅适用于化学物质的风险管理。2000 年 11 月，欧洲委员会食品科学委员会发表了《SCF 关于食品中二恶英和二恶英类多氯联苯风险评估的意见》。此外，欧盟成员国在污染场地风险评估方面也制定了风险评估的专项技术导则。2005 年，欧盟委员会正式委任欧洲标准化技术委员会 292 工作组（CEN/TC 292）开展“关于建筑产品指令中规定的危险物质评价方法标准”（M/366）的研究。该研究任务主要针对建筑产品中可能释放出来而污染土壤、地表水和地下水的有机和无机污染物的环境影响建立评价方法，包括建筑产品（材料）的浸出方法的标准化程序。目前，CEN/TC 292 已完成了“废物特定应用场景下再利用的环境影响评价方法”标准制定（ENV-12920）和包括水泥基材等建材、废物固化块中污染物浸出程序的统一方法。欧盟药品管理局 EMEA 以及食品与药品管理局 FDA 已经颁布了对新合成或者已经存在的化学品进行环境风险评价的总则和指

南，是以环境预测浓度（PEC）与预测无影响浓度（PNEC）比值为基础的。

### （5）日本

日本的环境风险评价工作主要针对化学物质展开。20 世纪初期，日本出台了一系列关于改善工作环境，保护工人健康的法律法规以及有毒害物质生产禁令，标志着日本国内风险评价与风险管理工作的开始。水俣病、痛痛病和四日市哮喘病等震惊世界的环境公害事件爆发后，日本在环境健康评价和管理方面开展了大量工作。1973 年，日本颁布了《公害健康被害补偿相关法律》，规定造成污染的企业要对受害人进行补偿。目前，日本环境省（Ministry of environment, MOE）的环境健康部门下设有环境风险评价办公室，专门开展针对化学物质的环境风险评价工作，从而为 MOE 制定风险减小对策提供科学依据。同时，在日本《土壤污染对策法》中明确规定，当土壤受污染程度超出标准值时，需要开展风险评价，并依据评价结果科学地采取合理的风险管理措施和进行污染治理。在日本最新制定的基本环境计划中还将减少化学物质引发的环境风险作为优先的政策规划。

### （6）澳大利亚

20 世纪 90 年代中期加拿大、英国、澳大利亚等国相继提出并开展生态风险评价研究。生态风险评价研究主要集中在化学污染物和重金属对土壤的影响，澳大利亚国家环境保护委员会于 1999 年也建立了一套比较完善的土壤生态风险评价指南，其 B5 部分是生态风险评价指南专题。在人体健康风险评估方面，澳大利亚卫生部于 2002 年首次发布了《环境健康风险评估：环境危害的人体健康风险评估指南》，并于 2012 年更新，该指南规定了环境健康风险评估的一般性方法学，适用于各种环境健康危害因素，包括化学因素、物理因素（如辐射、噪声）和生物因素。

### （7）加拿大

在人体健康风险评价方面，于 1988 年 6 月正式生效的《加拿大环境保护法》，在其第二部分即“有毒物质”规定中，提供了对列于环保法上的优先物质进行人类健康风险评价和控制的方法，并提出了确定某种物质是否对人体健康“有毒”的要求。此外，加拿大环境部还根据此法修订了其优先物质生态风险评估的指导手册，为加拿大开展优先物质生态风险评价工作以及风险沟通部分提供指导。1996 年，加拿大颁布了《生态风险评价框架》，这是加拿大全国污染场所修复的一般指南，并提出了两种修复方法。1997 年，加拿大发布了《风险管理：决策者指南》，该指南提供了一个全面的决策流程，有助于决策者识别、分析、评估和控制所有类型的风险，包括健康和安全。此外，加拿大还发布了《风险分析要求和指南》和《环境风险评价研究导论》，前者主要强调危险物质或过程暴露的职业风险，后者则主要

强调环境风险评价是公司环境政策的一部分。

对涉及到的国外固体废物资源化产物环境风险评价主要相关文件进行整理如表 4.1 所示：

**表4.1 国外固体废物资源化产物环境风险评价主要相关文件汇总**

编号	发布单位	文件名称	发布年份
1	美国环保局	《暴露于氯乙烯下的人群定量风险评估》	1975
2		《可疑致癌物健康风险和经济影响评估暂行办法与导则》	1976
3		《有毒物质控制法》	1976
4		《化学混合物健康风险评价导则》	1986
5		《致癌物风险评价导则》	1986
6		《发育毒性风险评价导则》	1986
7		《诱变风险评价导则》	1986
8		《暴露评价导则》	1992
9		《野生动物暴露因素手册》	1993
10		《致癌物风险评价提议导则》	1996
11		《生殖毒性风险评估导则》	1996
12		《暴露因子手册》	1997
13		《蒙特卡洛分析指导性原则》	1997
14		《风险评估中的概率分析》	1997
15		《神经毒性风险评价导则》	1998
16		《生态风险评价导则》	1998
17		《发育毒性风险评价导则》	2000
18		《风险表征手册》	2000
19		《化学混合物健康风险评价的补充实施导则》	2000
20		《压力源识别指导文件》	2000
21		《发育毒性风险评价导则》	2000
22		《致癌物风险评价导则》（修订）	2005
23		《致癌物生命初期暴露敏感性评价补充导则》	2005
24		《危险废物焚烧设施人体健康风险评估指南》	2005
25		《微生物风险评价导则》	2009

26		《微生物风险评估指南：以食物和水为重点的病原微生物》	2012
27		《评估煤燃烧残余物的封装有益用途的方法》	2013
28		《工业非有害二次材料有益使用评估方法》	2016
29		《有益用途纲要：支持有益用途评估的资源 and 工具的集合》	2016
30		《人体暴露评估指南》	2019
31	世界卫生组织	《化学物质暴露相关的神经毒性的评估原则和方法》	1986
32		《食品中食品添加剂和污染物安全评估原则》	1987
33		《化学物质暴露相关的肾毒性的评估原则和方法》	1991
34		《化学物质暴露相关的直接免疫毒性的评估原则和方法》	1996
35		《化学物质暴露致人体健康风险评估原则》	1999
36		《化学物质暴露相关的过敏性超敏反应的评估原则和方法》	1999
37		《化学物质暴露相关的生殖健康风险的评估原则》	2001
38		《重要微量元素的风险评估原则和方法》	2002
39		《食品中化学品风险评估的原则和方法》	2009
40		《化学物质风险评估中的剂量-反应建模规则》	2009
41	欧盟	《环境风险评价--方法、经验与信息来源》	1998
42		《欧洲环境与健康行动计划 2004-2010》	2004
43		《关于建筑产品指令中规定的危险物质评价方法标准》	2005
44		《废物特定应用场景下再利用的环境影响评价方法》	/
45		《欧盟第七框架计划（2007-2013 年）》	2007
46	联合国环境规划署	《能源和其他复杂工业体系所引起的健康与环境风险评价管理》	1987
47		“地区性紧急事故的意识 and 防备” 计划	1988
48		《可持续城市的环境风险评价—国际环境技术中心出版物系列之三》	1996
49		《汞暴露引发的人体风险识别导则》	2008
50		《现有风险管理措施清单编辑--铅和镉》	2008
51	日本	《公害健康损害补偿相关法律》（以下简称《公健法》）	1973
52	澳大利亚	《环境健康风险评估：环境危害的人体健康风险评估指南》（更新版）	2012
53	加拿大	《加拿大环境保护法》	1988

54		《生态风险评价框架》	1996
55		《风险管理：决策者指南》	1997
56		《风险分析要求和指南》	
57		《环境风险评价研究导论》	

## 4.2 我国相关标准制定情况

根据中国国家标准化管理委员会和国家市场监督管理总局运维的“全国标准信息公共服务平台”网统计，截止到 2020 年 1 月 15 日，我国现行国家标准共 37428 条，行业标准 66107 条，地方标准 43313 条，而其中环境保护相关国家标准 1949 条、行业标准仅 93 条，远远低于行业内实际的标准需求，其中固体废物领域标准缺乏问题更加严重，标准的缺失为行业的规范化发展和风险把控造成了严重的困难。

我国的风险评估工作较美国起步稍晚，但国家的重视使该项工作得以迅速发展。生态环境部非常重视环境风险管控工作，近年陆续发布了《突发环境事件应急预案管理暂行办法》（环发〔2010〕113 号）《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》（环发〔2012〕77 号）《关于切实加强风险防范严格环境影响评价管理的通知》（环发〔2012〕98 号）等一系列加强环境风险管理的文件，积极推进环境影响评价体制改革、环保发展新要求和环境风险防控新形势，着力提升导则的科学性与实用性。其中《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）于 2004 年发布，2018 年再次修订。建设项目环境风险评价管理的重点在于提出合理有效的环境风险防范措施建议，为后续管理工作提供基础，提出企业突发环境事件应急预案编制或完善的原则要求。水利部水环境监测评价中心于 2010 年发布了《生态风险评价导则》（SL/Z 467-2009），适用于各种物理、化学、生物等胁迫因子引起的生态风险评价。全国危险化学品管理标准化技术委员会（SAC/TC 251）于 2017 年发布了《化学品风险评估通则》（GB/T 34708-2017）。生态环境部（原环境保护部）于 2015 年发布了《尾矿库环境风险评估技术导则（试行）》（HJ 740-2015），于 2018 年发布了《建设用土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019），于 2020 年发布了《生态环境健康风险评估技术指南 总纲》（HJ 1111-2020）、《化学物质环境与健康危害评估技术导则（试行）》、《化学物质环境与健康暴露评估技术导则（试行）》、《化学物质环境与健康风险表征技术导则（试行）》等，这些标准的颁布与实施对我国具体领域风险评估工作的科学性和规范性起到了支撑作用。

## 5 主要技术内容及说明

按《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/T 1.1-2020）》《国家环境保护标准制修订工作管理办法》等要求，参考国家近年发布的一系列环境风险评价相关技术导则指南等标准的结构和内容编排，编制组确定本标准的结构和内容编排。

标准共包括8章内容，分别为适用范围、规范性引用文件、术语和定义、总体要求、危害识别技术要求、暴露评价技术要求、危害表征技术要求、风险表征技术要求。

### 5.1 适用范围

本标准规定了固体废物资源化产品环境风险评价的术语和定义，总体要求，以及危害识别、暴露评价、危害表征、风险表征等环节的技术要求。

本标准适用于固体废物资源化产品环境风险评价。

### 5.2 规范性引用文件

根据固体废物资源化产品环境风险评价内容的需要，本标准引用了密切相关的现行国家标准、行业标准和团体标准作为标准的技术规定，引用文件的管理规定和技术要求视为标准的一部分。引用的现行《建设用地土壤污染风险评估技术导则》《化学物质环境与健康危害评估技术导则（试行）》《化学物质环境与健康暴露评估技术导则（试行）》《化学物质环境与健康风险表征技术导则（试行）》《生态环境健康风险评估技术指南 总纲》等风险评估标准和技术规范是制定本标准的主要依据，其中的相关条文是本标准制定的技术基础，引用此类文件将使本标准更具合法性和权威性。同时，本标准还引用了有关风险评估其他相关标准，如《环境污染物人群暴露评估技术指南》等。

### 5.3 术语和定义

标准规定了固体废物资源化产品环境风险评价所涉及的术语和定义，给出了固体废物、固体废物资源化产品、评价受体、危害识别、暴露场景、暴露途径、暴露评价、暴露参数、预测无效应浓度、预测环境浓度、毒性评价、风险表征、致癌风险、危害商、危害指数、生态效应表征、不确定性等17个术语的定义。

### 5.4 总体要求

本部分规定了固体废物资源化产品环境风险评价的一般性要求、评价程序、评价等级判定以及评价方法介绍。

风险评价等级的判定主要是依据固体废物资源化产品环中污染物的危害性、评价受体的敏感性进行判定,分为三级风险评价,其中对于一级和二级风险评价均需开展定量风险评价,对于三级风险评价可采用定性风险分析方法进行描述。

评价方法部分介绍了健康风险评价和生态风险评价的主要评价步骤,依据国内《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ 25.3-2019)行业标准健康风险评价应包括危害识别、暴露评价、毒性评价、风险表征四个步骤。依据《生态风险评价导则》及《化学物质环境与健康危害评估技术导则(试行)》规定生态风险评价分为危害识别、暴露表征、生态效应表征、风险表征四个阶段。

## 5.5 危害识别

本部分包括资料收集、有害物质确定、有害物质浓度确定以及危害性分级,主要为风险评价提供详细的资料支撑和数据支持。有害物质的识别主要是在生产工艺所使用原辅材料中包含的有害物质、固体废物资源化过程中产生的有害物质,依据现有名录和有害物质清单进行确定。

有害物质浓度的确定主要参考已有研究成果,通过文献调研,选取最高浓度作为筛选依据,针对有害物质剂量-反应关系和危害程度,通过计算有害物质毒性得分,选择构成毒性总得分 99%的有害物质开展采样检测。采样和检测优先采用固体废物资源化产品作为替代原料或产品相应标准规定的采样和检测方法,若没有则依据相关标准方法进行,若无相关标准可依据权威实验室机构提供的方法,并对优先评价污染物进行全部检测。

危害性分级的划分主要是为了判定有害物质的风险评价等级,分类参考依据为《职业性接触毒物危害程度分级》,依据有害物质的健康毒性数据,划分为高危害、中危害和低危害三个等级。

## 5.6 暴露评价技术要求

本部分对暴露技术评价做了一般规定,规定了对于一级和二级风险评价均需开展定量风险评价,对于三级风险评价可采用定性分析。定性或定量估计特定情景下评价受体不同路径和途径暴露于目标环境因素外的暴露量进行健康暴露评价或者生态暴露评价。

### 5.6.1 健康暴露评价

暴露场景分析部分依据《国民经济行业分类》(GB/T 4754)中行业分类,根据固体废物资源化产品的用途识别资源化产品的主要暴露场景为农林牧业、矿业、制造业、建筑业、生态保护和环境治理业以及生活领域,见附录 1。



暴露途径分析部分规定了对于存在多种途径的暴露场景，提出除非证明某暴露途径不存在，应全面考虑经口摄入、经呼吸吸入、皮肤接触三种暴露途径直接暴露和通过环境介质（大气、土壤、地表水、地下水、沉积物）和食物链间接暴露；若暴露途径存在多种受保护体，应选择最敏感受保护体开展暴露评价；对每一种暴露途径，暴露情景应涵盖所有种类的有害物质。

暴露浓度确定部分规定了固体废物资源化产品在不同环境介质中污染物浓度预测的环境归趋模型选取的依据，并提出基于环境暴露浓度与相应介质环境质量标准判定的要求。

暴露参数选取部分规定了暴露参数选取的依据和方法。

暴露量计算部分依据现有标准规定了经口摄入途径、吸入途径和皮肤接触途径暴露量计算的公式。

## **5.6.2 生态暴露评价**

参考《生态风险评价导则》，本部分规定了生态暴露评价的程序，暴露状况的表征，暴露浓度估算的方法和判定依据。

## **5.7 危害表征技术要求**

### **5.7.1 健康毒性评价**

本部分规定对于有相关参数来源的毒性数据，依据标准 HJ25.3 等确定毒性参数；对于没有相关参数来源的毒性数据，根据 WS/T 777 标准分别针对有阈值效应（慢性毒性、亚慢性毒性、生殖发育毒性等）和无阈值效应（致突变性、遗传毒性、致癌性）提出了估算相关剂量-反应关系参数的方法。

### **5.7.2 生态效应表征**

本部分规定针对固体废物资源化产品作为替代原料或产品使用时的生态效应表征中，应重点开展有害物质对水环境、沉积物、土壤环境、捕食动物等预测无效应浓度（PNEC）的推导；对于大气环境，宜通过定性分析有害物质是否具有全球气候变暖、消耗臭氧层、酸雨效应等非生物效应进行表征。

根据评价终点的生态毒理学数据充分程度，结合《化学物质环境与健康危害评估技术导则（试行）》标准提出了 PNEC 的推导方法选取原则。

## 5.8 风险表征技术要求

### 5.8.1 健康风险表征

本部分结合《化学物质环境与健康风险表征技术导则（试行）》提出了有阈值效应和无阈值效应健康风险表征的方法和风险判别的依据，并根据固体废物资源化产品使用特点，提出了全部有害物质经全部暴露途径导致的不同毒理学终点的总体健康风险表征的方法。

### 5.8.2 生态风险表征

本部分结合《化学物质环境与健康风险表征技术导则（试行）》提出了生态风险表征的方法和风险判别的依据，并根据固体废物资源化产品使用特点，提出了全部有害物质暴露于不同环境介质中导致的生态风险表征的方法。

结合健康风险表征和生态风险表征，提出了固体废物资源化产品环境风险表征方法和判别依据。

不确定性分析部分规定了不确定性的来源以及定量分析的方法依据。

## 6 标准水平评价

### 6.1 与国内外同类标准或技术法规的水平对比和分析

《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）规定了建设项目环境风险评价的一般性原则、内容、程序和方法，适用于涉及有毒有害和易燃易爆危险物质生产、使用、储存（包括使用管线运输）的建设项目可能发生的突发性事故（不包括人为破坏及自然灾害引发的事故）的环境风险评价，不适用于生态风险评价及核与辐射类建设项目的环境风险评价。

《生态风险评价导则》（SL/Z 467-2009）适用于各种物理、化学、生物等胁迫因子引起的生态风险评价。《化学品风险评估通则》（GB/T 34708-2017）规定了化学品风险评估的原则、程序、基本内容和一般要求，适用于化学品的风险评估。《尾矿库环境风险评估技术导则（试行）》（HJ 740-2015）规定了尾矿库环境风险评估的一般原则、内容、程序、方法和技术要求，适用于运行期间的尾矿库环境风险评估，不适用于贮存放射性尾矿、伴有放射性尾矿的尾矿库环境风险评估。《建设用土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）规定了开展建设用土壤污染风险评估的原则、内容、程序、方法和技术要求，适用于建设用土壤健康风险评估和土壤、地下水风险控制值的确定，不适用于铅、放射性物质、致病性生物污染以及农用地土壤污染的风险评估。《生态环境健康风险评估技术指南 总纲》（HJ 1111-2020）规定了生态环境健康风险评估的一般性原则、程序、内容、方法和技术要求，适用于指导生态环境管理过程中，为预防和控制与损害公众健康密切相关的环境化学性因素

而开展的环境健康风险评估。

美国、联合国环境署、世界卫生组织、欧盟、日本、澳大利亚、加拿大等国家和国际机构在风险评估方面起步较早，具有较为丰富的研究成果和实践经验，尤其是美国。美国从1975年开始，从暴露于氯乙烯下的人群、可疑致癌物、有毒物质、化学混合物、致癌物、发育、诱变、暴露、野生动物暴露、生殖、暴露因子、蒙特卡洛分析、概率、神经、生态、风险表征、压力源、危险废物焚烧设施、微生物、参考剂量和参考浓度、基准剂量、多环芳烃、金属、共性毒理机制农药、化学品、产品、喷雾、生态效应、化学残留、健康效应、职业和居民暴露、生化等众多方面展开风险研究并出台了相应文件。联合国环境署从1987年开始，出台了能源和其他复杂工业体系、运输业和矿业以及自然灾害风险评价方面的计划，以及含铅、镉、汞等有毒有害物质的化学品和危险废物环境风险评价方面的技术导则，出版了关于可持续城市环境风险评价图书。世界卫生组织从1986年开始，出台了关于化学物质暴露神经毒性、肾毒性、直接免疫毒性过敏性超敏反应、生殖健康风险、致人体健康风险的评估文件，在食品安全风险评估领域，出台了添加剂、农药残留、重要微量元素、化学品方面的技术文件，以及出台了化学物质风险评估中建模规则文件。欧盟从1998年开始，出版了关于环境风险评价的图书，出台了涉及环境健康风险的相关计划。日本从1973年开始，颁布了《公害健康被害补偿相关法律》及《土壤污染对策法》，分别规定了造成污染的企业要对受害人进行补偿，当土壤受污染程度超出标准值时，需要开展风险评价，并采取合理的风险管理措施和进行污染治理。澳大利亚从1999年开始，发布了土壤生态风险评价指南和环境危害的人体健康风险评估指南。加拿大从1988年开始，颁布了《加拿大环境保护法》，提出了人体健康风险评价和控制等相关内容，从生态风险评价、风险管理、风险分析、环境风险评价等方面出台了相应文件。

与这些标准相比较，本标准以固体废物资源化产品为对象，评价固体废物资源化利用产品作为原料及使用过程的环境风险，规定了固体废物资源化产品环境风险评价的术语和定义，工作流程，明确了固体废物资源化产品环境风险评价的基本要点、技术要求和评价结论，环境风险评价包含生态风险评价和健康风险评价，将暴露场景分为敏感性暴露场景和非敏感性暴露场景，给出了建筑材料、生活用品、农业原料、工业原料部分产品的暴露场景分类。

## 7 标准实施建议

本标准为首次制定，建议在标准实施过程根据实际应用情况，进行进一步修订和完善，以满足指导固体废物资源化产品环境风险评价程序改进和完善的需求。同时制定保证本标准

实施的配套政策文件，组织关于本标准的宣传贯彻培训，以帮助相关单位及技术人员正确理解和应用本标准，可选择固体废物资源化产物相关企业进行试点示范工作。

附录 1 固体废物资源化产品暴露场景

应用行业	用途	暴露场景描述		固体废物类型	
农林牧业	肥料	农业、林业用肥料		工业固体废物—尾矿、锰渣； 危险废物—废催化剂；	
	土壤改良剂	农业、林业土壤改良剂		工业固体废物—尾矿、煤矸石、粉煤灰、赤泥、工业副产石膏； 市政污泥； 农业固体废物--秸秆、畜禽粪便； 危险废物—含油污泥、废活性炭	
	饲料及饲料添加剂	畜牧业用饲料及饲料添加剂		农业固体废物--秸秆、畜禽粪便； 危险废物--含铜蚀刻废液	
矿 业	充填材料	矿区/井充填		工业固体废物--尾矿、废石、煤矸石	
	浮选剂	矿物选别中的添加剂		工业固体废物--尾矿	
制造业	工业替代原料	再生有机溶剂		危险废物--废有机溶剂、馏分、焦油 再生资源—废塑料 农业固体废物—农用残膜等	
		再生原油		危险废物--废矿物油、焦油、含油污泥	
		再生有价金属		危险废物--飞灰、废催化剂、含重金属废液、含重金属污泥、冶金渣、废电路板、废酸、感光材料； 再生资源--废金属、大件垃圾、废电池； 工业固体废物--尾矿、废石、粉煤灰、煤矸石、冶金渣（赤泥、钢渣、铜渣）、化工渣（硫酸渣、硫铁矿渣）	
		再生酸/碱		工业固体废物—磷石膏； 危险废物--废酸、废碱	
建筑业	建筑材料（水泥、混凝土、墙体材料、路基材料、墙砖、地砖、饰面砖、微孔吸音砖、塑料砖、陶粒、微晶玻璃、铸石、玻璃、煤矸石岩棉、石膏、涂料等）； 建筑材料添加剂（粘结剂、成膜剂、水泥减水剂、水玻璃、水泥矿化剂、玻璃着色剂、胶黏剂等）	房屋建筑业	住宅房屋建筑		工业固体废物—尾矿、废石、煤矸石、粉煤灰、冶金渣（赤泥、高炉渣、钢渣、铁合金渣、硅钙渣、铜渣）、锅炉渣、化工渣（硫酸渣、铬渣、工业副产石膏、磷石膏、电石渣）； 危险废物—飞灰、烟尘、废石棉、含重金属污泥、冶金渣（槽渣、熔渣）、废电路板、含油污泥、碱渣、焦油； 建筑垃圾； 农业固体废物—农用残膜； 市政污泥； 再生资源—废金属、废塑料、废纸
			体育场馆建筑		
			其他房屋建筑业		
		土 木 工 程 建 筑 业	铁 路 、 道 路 、 隧 道 和 桥 梁 工 程 建 筑	铁路工程建筑	
				公路工程建筑	
				市政道路工程建筑	
				城市轨道交通工程建筑	
				其他道路、隧道和桥梁工程建筑	
			水 利 和	水源及供水设	

			水运工程建筑	施工程建筑		
				河湖治理及防洪设施工程建筑		
				港口及航运设施工程建筑		
			海洋工程建筑			
			工矿工程建筑			
			架线工程建筑	供水管道工程建筑		
				排水、燃气、集中供热管道工程建筑		
				线缆排管、工业和长输等管道工程建筑		
			其他土木工程建筑	园林绿化		
				体育场地设施		
				游乐设施		
				其他土木工程建筑		
		建筑装饰和装修业	公共建筑装饰和装修			
			住宅装饰和装修			
			建筑幕墙装饰和装修			
生态保护 和 环境治理业	水处理用填料、吸附剂、絮凝剂等	再生污水处理用品			工业固体废物--硫铁尾矿、冶金渣（高炉矿渣/钢渣）、赤泥、煤矸石、粉煤灰； 危险废物--废树脂、废催化剂、废活性炭、废酸、污泥	
生活领域	民用消费品或添加剂	化妆品、医用石膏、电器、汽车、食品包装、工艺品、塑料制品、纸质材料、陶瓷制品、电线、印刷版、机械制造及民用器具			工业固体废物--工业副产石膏 工业固体废物--尾矿、煤矸石、化工渣（工业副产石膏）； 再生资源--废有色金属、废塑料、废纸、废电器	