

生活垃圾焚烧飞灰主要处置技术及其发展趋势

崔庆国

淄博市市政环卫服务中心

摘要：随着经济和各行各业的快速发展，城市生活垃圾的处理主要是借助物理、生物化学以及其他方法，针对固体废物进行转化，使其更适宜进行运输、存储和利用处置的过程，核心目的在于降低生活垃圾的危害，减少生活垃圾总量，同时提高资源的重复利用率。危险废物。生活垃圾焚烧产生的飞灰粒径小，在环境中不稳定，若不妥善处理，会严重威胁生态环境和人类健康，因此，如何处置生活垃圾焚烧飞灰受到了生态环境管理部门的重视，成为环境领域的热点问题。本文在分析我国生活垃圾焚烧飞灰特点的基础上，对当前国内生活垃圾焚烧飞灰主要处置技术进行了较为系统的总结，并分析了其发展趋势。

关键词：生活垃圾焚烧飞灰；处置技术；发展趋势

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2021.20.167

引言

随着城市的不断发展，城市中的生活垃圾所带来的问题也亟待解决。在整体经济水平增长以及城市化建设速度加快的背景之下，城市人口总量也保持着快速的发展。同时带动城市生活垃圾产量的递增，并且这些生活垃圾的成分也越发的复杂。关于城市垃圾的处理关系到人类社会发展问题，例如人口，资源以及环境的协调发展。因此注重城市生活垃圾的处理以及处置十分必要。目前我国生活垃圾焚烧是城市生活垃圾处理的主要发展方向，但生活垃圾焚烧飞灰（以下简称“飞灰”）含有高浸出毒性的可溶性重金属对自然环境和人类健康存在潜在危害，是我国危废处理的重点和难点之一。飞灰以固化稳定化后进入生活垃圾填埋场分区填埋，是当前主要的处置方式。

一、生活垃圾焚烧发电飞灰简介

生活垃圾焚烧发电飞灰是指在生活垃圾焚烧发电过程中，被烟气净化系统捕集到的灰尘以及烟囱底部沉降的底灰。飞灰中含有二噁英和重金属等有毒有害物质，其中二噁英为剧毒物质，具有极强的致癌性。而飞灰中的重金属及其化合物，会引起人体重金属慢性中毒，严重危害环境及周边人体健康。

二、灰的危害

飞灰同时具有重金属危害特性和持久性有机污染物特性。生活垃圾焚烧发电厂焚烧飞灰特性研究，结果发现，飞灰中Pb, Cd, Zn的浸出浓度均超过标准值。重金属释放到环境，有污染环境及危害人体健康的风险。研究发现，飞灰重金属对成人及孩子都具有强的非致癌和致癌风险，汞的非致癌风险指数为1.9244，超过标准值

1，严重损害孩子的健康。飞灰中二噁英物质极易吸附在粉尘颗粒上，若二噁英排放到环境中，易经皮肤、呼吸道、消化道等暴露途径进入体内，造成人体免疫力下降、内分泌紊乱等问题。

三、生活垃圾焚烧飞灰处置技术分析

（一）高温烧制制陶粒技术

高温烧制制陶粒是将飞灰与工业固体废物或黏土等原料的混合物加入助熔剂、黏结剂等添加剂后，加热至飞灰的熔点，促使飞灰的物相重组，形成的轻质致密固体可作为陶粒使用，而产生的烟气采用高温燃烧、石灰脱酸、活性炭吸附等方法处理的技术。目前该技术在天津地区的飞灰处置中已得到应用。飞灰中的二噁英在高温烧制过程中得到分解，降解率可达到99%以上。飞灰中难挥发的重金属固化在矿物晶格中，而其他重金属形成低熔点、易挥发的氯化物进入烟气中。高温烧制制陶粒的烟气处理系统会产生较多量的浓缩灰（二次飞灰），需要进一步处置，如果送至厂外处置应按危险废物管理。

（二）填埋技术

在以往的城市生活垃圾处理过程中，填埋技术较为常用，为多数城市生活垃圾的问题提供了应对策略。有关填埋技术的使用需要根据一系列环保标准进行判断，目前国内城市生活垃圾填埋场共包括三个等级。（1）简易填埋场。并没有形成相应的环保措施以及环保标准，现阶段国内大多数生活垃圾填埋场都属于简易填埋场对，于周边环境的污染较为严重。（2）受控填埋场。具备一定程度的环保措施，但并不齐全，无法保证环保措施全部达标。面临着较为严重的场底防渗、渗沥水处理、等问题。（3）卫生填埋场。是发达国家常用的城市垃圾处理方式，通常配套较为完备的环保措施，同时满足相关环保标准，国内拥有的卫生填埋场数量较少。

（三）水泥窑协同处置技术

飞灰与石灰石的主要成分相似，可替代烧制水泥熟料。水泥窑协同处置技术是将飞灰作为水泥原料，彻底分解二噁英，将重金属固化在水泥熟料中。飞灰中的盐分随温度降低逐渐转化为固态，在气液固相间不断转化，容易造成结皮堵塞。目前在飞灰入窑前用水洗，能有效抑制结皮堵塞。自国家鼓励水泥窑协同处置固体废物及危险废物的相关政策陆续出台，水泥窑协同处置飞灰技术的关注度急剧增加，各省水泥厂也陆续开展水泥窑协同处置飞灰项目。水泥窑协同处置飞灰技术凭借其处置彻底、无二次污染和资源化利用的优势，得到了政

府部门的认可，入选原环境保护部2017年发布的固体废物治理领域的《国家先进污染防治技术名录》和工业和信息化部《建材工业鼓励推广应用的技术和产品目录（2018—2019年本）》，是国家鼓励推广应用的环保技术。

（四）化学药剂稳定化技术

化学药剂稳定化是利用化学药剂通过化学反应使有毒有害物质转化为低溶解性、低迁移性及低毒性物质的过程，处理飞灰中的重金属效果显著。利用高分子螯合剂聚乙烯亚胺基黄原酸钠PEX对南方两个垃圾焚烧厂飞灰稳定化效果研究。结果发现，当高分子螯合剂添加量为飞灰质量的2%时，PEX对铜、镉、铅、镍、铬、锌和硒的螯合效率均在92%以上，且稳定化处理后飞灰中所有重金属元素的浸出浓度均低于《生活垃圾填埋场污染控制标准》中规定的限值。

（五）改善飞灰无害化处理方法

目前飞灰重金属稳定化技术都是通过改变重金属在飞灰中的赋存形态降低毒性。以经济效益和环境效益双结合的前提下，除了目前常见的几种方法，可以加快飞灰稳定化新方向的发展（如水热法）。赵曦等人认为，重金属在垃圾焚烧及烟气治理过程的迁移特征与其单质和化合物的沸点存在较大的关联。根据每个区块产生的不同垃圾类型，设计出不同的焚烧炉型和烟气治理设施，改变操作方式（如控制焚烧温度）和投料浓度，以此推动飞灰的稳定和固化的安全。

（六）低温热解技术

低温热解技术是指在低温条件下将飞灰中二噁英类物质去除的技术。目前报道的低温热解方式有微波加热、催化降解等。飞灰低温热解实际上是解毒处理过程，根据《生活垃圾焚烧飞灰污染控制技术规范（试行）》规定，当飞灰中二噁英类残留的总量满足50ng-TEQ/kg的要求后才可进行建材化利用。飞灰主要成分为钙、硅、铝、铁等的氧化物，与制备水泥、混凝土、免烧砖等建材产品的原料成分相类似，因此飞灰低温热解后进行建材化利用是飞灰处置很好的工艺路线，有关单位正在开展这方面研究。低温热解技术的明显优势是实现飞灰大规模处置，有望在解决我国飞灰处置问题中发挥重要作用。

四、我国城市生活垃圾技术发展趋势分析

基于长远发展角度进行分析可以发现，采用填满技术进行处理，在成本支出方面所具有的优势正在不断削弱，尤其是关于卫生填埋场的地址选择面临的挑战越来越多，这是导致填埋技术在城市生活垃圾处理方面的应用范围不断缩小。焚烧技术相对于其他处理技术的优势更为明显，例如减量化，资源化以及无害化等，这些优势使得该项技术在城市生活垃圾处理领域的应用范围不断扩大。与之形成对比的是关于堆肥技术的处理，应用频率正在不断下降，但是该项技术的优势在于具有较

为显著的成本优势，并且针对生活垃圾中的有机物处理效果要优于焚烧技术，运用堆肥技术可以建立起前端分选+后端堆肥的综合处理模式，因此国内许多二线城市依旧选择堆肥技术来处理生活垃圾，并且该项技术具有绿色环保的特征。从统计数据来看，目前国内的填埋处理能力及处理量整体有所增长，但较往年数据相比增长量有所下降，在填埋场处理能力方面有所提升。相比之下，焚烧技术的应用呈现出快速增长的趋势，而堆肥技术的应用则明显下降。除此之外，有关城市生活垃圾处理的新技术也在不断衍生，以垃圾厌氧发酵产沼为例，逐渐在一些城市中得到应用。沼气发电技术主要原理是借助生活垃圾中存在的有机废物，经厌氧发酵之后得到沼气，用于沼气发电，且该过程中的余热也可以进行综合利用，使得该项技术的整体能源利用有效率达到80%，相较于其他发电技术，能源转化效率更高，表现出更高的经济效益水平。基于可持续发展战略可知有关朝气发电技术的应用将成为今后国内城市生活垃圾处理的主要发展方向，尤其是在农村招起处理领域，能够实现资源的回收利用，产生绿色能源，减轻能源压力，在应对生活垃圾处理时能够体现出环保和节能的综合效果。

五、结语

随着人们环境保护意识的增强和科学技术的进步，未来飞灰的处置应无害化和节约化，尽可能少地占用土地等资源。生活垃圾焚烧处理技术是解决“垃圾围城”的主要发展方向，其焚烧产物飞灰处理和利用也是社会关注的焦点。在飞灰管理时，应注重产生区域不同引起的不平衡，改善方法使整体的综合利用水平得到提高。同时，加快开发相关技术，配套推进更合适的法律标准体系建设，以期构建垃圾处理减量化、资源化、无害化的有效生态链。

参考文献

- [1]李钢.城市生活垃圾处理常见技术分析[J].科技与创新.2019(24):131-132.
- [2]章骅,于思源,邵立明,等.烟气净化工艺和焚烧炉类型对生活垃圾焚烧飞灰性质的影响[J].环境科学.2018(1):467-476.
- [3]刘建伟,赵高辉.城市生活垃圾资源化综合处理技术研究和应用进展[J].科学技术与工程.2019(34):40-47.
- [4]江云峰,曾照群.生活垃圾焚烧飞灰主要处理技术综述[J].广东化工.2019(11):162-163.
- [5]沈东升,郑元格,姚俊,等.典型固体废物焚烧飞灰的污染物特性研究[J].环境科学.2021(9):2610-2616.
- [6]毛群英.城市垃圾填埋技术及发展动向[J].山西建筑.2018(6):353-354.