

# 厨余垃圾资源化利用现状与发展路径探索

覃玉斌

DOI:10.12238/eep.v8i1.2407

**[摘要]** 随着全球人口的不断增长和城市化进程的加快,垃圾产量逐年上升,特别是厨余垃圾(也就是食品残余和有关有机废弃物)的处理问题,越来越成为当前环境保护与资源循环利用的一个重要问题。厨余垃圾处理既涉及环境污染和资源浪费等多方面问题,又事关国家资源可持续发展。如何通过技术创新与科学管理来提高厨余垃圾资源化利用率,达到垃圾减量化,无害化与资源化是一个迫切需要解决的社会难题。本论文旨在深入分析我国厨余垃圾资源化利用的现状,探索其发展路径,为促进厨余垃圾的高效利用和环境可持续发展提供参考。

**[关键词]** 厨余垃圾; 资源化; 利用现状; 发展路径

中图分类号: F205 文献标识码: A

## Explore the status quo and development path of kitchen waste recycling and utilization

Yubin Qin

**[Abstract]** With the continuous growth of the global population and the acceleration of the urbanization process, the output of garbage is increasing year by year, especially the disposal of kitchen waste (that is, food residue and related organic waste), which has become more and more an important issue of environmental protection and resource recycling. The disposal of kitchen waste not only involves environmental pollution and resource waste and other problems, but also is related to the sustainable development of national resources. How to improve the utilization rate of kitchen waste resources through technological innovation and scientific management, to achieve waste reduction, harmless and resource utilization is an urgent social problem to be solved. The purpose of this paper is to deeply analyze the current situation of kitchen waste recycling in China, explore its development path, and provide reference for promoting the efficient utilization of kitchen waste and the environmental sustainable development.

**[Key words]** kitchen waste; resource recycling; utilization status; development path

### 引言

厨余垃圾在我国城市固体垃圾中所占比例最高,属于有机废弃物。据统计数据显示,我国厨余垃圾年产生量巨大,特别是大城市厨余垃圾处理问题显得尤为严重。填埋、焚烧等传统处理方式在浪费宝贵资源的同时,也会给环境带来长期污染,是社会可持续发展过程中的一个瓶颈。

### 1 厨余垃圾资源化利用现状

厨余垃圾资源化利用已逐渐成为世界各国解决环境污染,资源浪费等问题的一个重要途径。根据联合国环境规划署提供的资料,全球每年产生的厨余垃圾超出13亿吨,其中大约三分之一是可以被高效地回收和再利用的。德国、日本等发达国家已在厨余垃圾的分类处理上取得明显的效果。以德国的垃圾分类体系为例,它已经执行了很多年,特别是厨余垃圾的资源化使用率已经达到了大约45%。德国采用先进厌氧消化及堆肥技术使厨余垃圾变成有机肥料及生物能源,大大降低对垃圾填埋及焚

烧的依赖性。在亚洲地区,日本实施了“厨余垃圾实现零废弃”的政策,以促进厨余垃圾的高效回收和再利用。特别是在东京等大都市,厨余垃圾的分类覆盖率高达80%以上,显示出明显的资源化利用效果。

在我国,随着《垃圾分类制度实施方案》的实施,厨余垃圾的资源化利用也逐渐取得了进展。自2019年开始,上海开始全面推行垃圾分类制度,其中厨余垃圾的收集量每年都在增加。到2023年,这一数字已经达到了日均1500吨,同时厨余垃圾的资源化利用率也接近了50%。主要使用的工艺有堆肥、厌氧消化等,堆肥工艺在很多地方已经普及,尤其是农业用地,堆肥后厨余垃圾转化成有机肥料提高土壤质量。但我国厨余垃圾资源化利用还面临着分类标准未统一,公众参与度低,处理技术投入成本高等挑战,这些因素使资源化利用率仍然达不到人们所期望的。尽管如此,仍有更多城市与企业正在探索更有效的处理方法,并加大了政策与技术支持,促进了我国厨余垃圾资源化处理进程。

## 2 厨余垃圾资源化利用的常见技术

目前厨余垃圾处理的主要技术包括全量焚烧、固液分离+协同焚烧、厌氧消化、好氧堆肥、饲料化处理技术。

### 2.1 全量焚烧处理技术

焚烧处理技术的核心思想是通过焚烧炉确保垃圾中的可燃成分与氧气有充分的接触并进行燃烧。这项技术具有强大的处理能力，不仅可以显著减少垃圾的体积，还可以利用焚烧过程产生的热能进行发电，从而实现垃圾能源的高效转化。然而，鉴于我国独特的生活方式和厨余垃圾的收集与分类现状，与国外相比，我国的厨余垃圾存在明显的不同，主要体现在热值偏低和含水量偏高，尤其是液体成分占比高达70%以上，这使得它不太适合作为电力生成的原料。在焚烧的过程中，会释放出大量的有毒气体和固体残留物，例如烟雾和有害的烧结渣，而完全的无害化处理所需的费用相当高昂。

在厨余垃圾的焚烧处理技术方面，国内还没有成功实施的实例。这项技术的一大优点是它能够处理大量的废弃物，并且具有显著的减容效果。然而，这种方法也有其明显的局限性：首先，它对垃圾的低热值设定了特定的标准；其次，由于厨余垃圾含有较高的水分，这会导致焚烧过程中燃料的消耗增加，从而进一步提高处理的总成本；最后，焚烧厂内的废物存储坑在储藏时会释放出更多的水。

综合来看，鉴于厨余垃圾的独特性质和焚烧处理所需的高额投资，再加上缺少国内外的实际应用经验，焚烧技术并不是厨余垃圾处理的首选方法。

### 2.2 固液分离+协同焚烧处理技术

“固液分离脱水+焚烧发电+油脂利用”处理工艺是将有机易腐垃圾进行固液分离，将分选破碎后的物质经过压榨脱水，脱水后的剩余物料与之前分选的废弃物入炉焚烧发电，污水进入焚烧厂的污水处理系统进行处理。

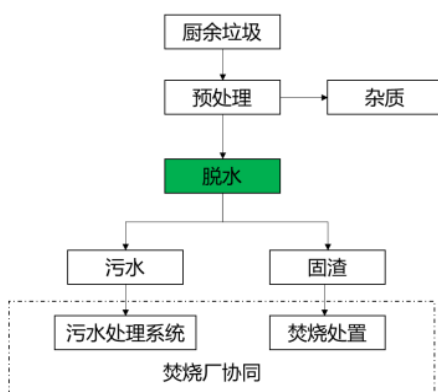


图1 固液分离协同焚烧工艺流程

本工艺能充分利用周边垃圾焚烧设施，缩短工艺流程，减少项目投资和占地，依托焚烧厂可实现易腐垃圾的减量化和无害化。

缺点是项目资源化利用程度较低，项目对焚烧厂的依赖度较高，需要焚烧厂渗滤液处理设施具有对本项目污水处理的能

力；焚烧厂对垃圾低位热值有一定要求；厨余垃圾水分含量高会增加焚烧燃料的消耗，增加处理成本。同时由于资源化利用程度较低，直接焚烧对于碳减排也无益处，不符合国内未来垃圾分类资源化利用的方向。

### 2.3 高温好氧堆肥处理技术

高温堆肥的过程是在有氧的环境中进行的，主要依赖于好氧微生物，特别是好氧细菌的积极作用。在这一过程当中，有机废物里的可溶性有机成分可以直接透过微生物的细胞壁进行吸收和利用。对于那些不可溶的胶体有机物，它们首先会被吸附在微生物的体外，接着通过微生物分泌的胞外酶将其分解为可溶的物质，最后这些物质会被微生物吸收进入细胞内部。微生物在其生命代谢过程中，一方面进行分解代谢，将部分被吸收的有机物转化为简单的无机物，并释放出对生物生长和活动必要的能量；从另一个角度看，通过合成代谢过程，可以将部分有机物转变为新的细胞物质，这有助于微生物的增长和繁殖，进而创造更多的生物实体。在处理厨余垃圾的过程中，采用高温堆肥技术被认为是一个切实可行的解决方案。

在上海市，堆肥的使用效率已经接近35%，尤其在农业和社区园艺这两个领域，它已经被广泛采用。堆肥技术所带来的优势涵盖了低成本、简单的操作流程以及高效的资源回收能力。

### 2.4 厌氧消化技术

厌氧消化方法是微生物在无氧环境中分解有机物质的技术，它的主要目的是将厨余垃圾转变为沼气和有机肥料。这项技术的核心思想是，在缺氧的环境中，利用厌氧菌群分解有机物，释放甲烷气体，从而产生沼气，这种沼气可以被视为一种可再生的能源。厌氧消化后的残留物富含大量的有机物质，这些物质经常被用作农用肥料，为植物提供必要的营养。在南京和深圳等城市，这种技术的资源再利用效率每年都在上升。南京市的一项大规模厌氧消化工程具有每日处理500吨厨余垃圾的能力，并且每年能产生大约350万立方米的沼气，以满足附近地区的能源需求。厌氧消化处理技术优缺点：

其优点是具有高的有机负荷承担能力；能回收生物质能；不存在同源性的问题，有机物被变成甲烷和二氧化碳；产品（沼气）销路较好。其缺点是工程投资较大；工艺较复杂；产生的沼液量较大，处理难度大。

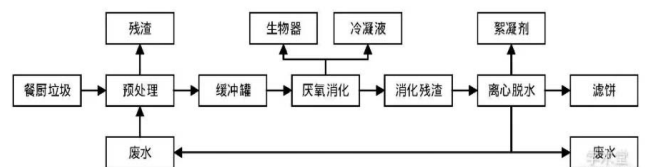


图2 厌氧消化工艺流程

### 2.5 饲料化处理技术

饲料化处理技术主要采用物理手段将厨余垃圾经过高温加热，烘干处理，杀毒灭菌，除去盐分等，可以最终生成蛋白饲料添加剂、再生水、沼气等可利用物质。

### 3 厨余垃圾资源化利用的发展路径

#### 3.1 技术创新与应用

伴随着科技的飞速发展,众多创新技术开始在厨余垃圾处理中得到广泛应用,特别是在生物转换、机器处理和智能管理等领域实现了突出的进展。例如,在最近的几年中,微生物发酵技术在废物处理领域受到了广泛的关注。通过对发酵环境的精确管理,可以有效地提高有机物的分解速度并减少处理所需的时间。与传统的堆肥方法相比,微生物发酵技术不仅可以有效地将厨余垃圾转化为有机肥料,还有助于减少有害气体排放,从而提高垃圾处理过程的环境友好性。

##### 3.1.1 微生物发酵技术

微生物生化处理机的处理方法选择了在自然界中生命力旺盛、繁殖能力出色的高温复合微生物种类。在生化处理设备中,这些菌种对畜禽肉品、过期食品和厨余垃圾等有机废弃物进行了高温和高速的发酵处理,从而实现了各种有机物的全面降解和转化。这项技术不仅确保了有机物得到及时和彻底的无害化处理,从而显著降低了人畜交叉感染和环境污染的风险,而且还通过资源循环系统工程,产生了富含高活菌、高能量、高蛋白的固体再生资源——活性微生物菌群。这些微生物群落根据各自独特的配方和加工技术,经过深度处理后,转化为高质量的微生物肥料和生物蛋白饲料。这些微生物在有机和绿色生态农业,以及畜禽和水产养殖业中得到了广泛应用,实现了资源的循环和再利用。微生物技术的运用已经推动了环境保护产业与现代城市农业产业的共同进步,并构建了一个完善的产业化运营模式。由于其出色的安全性和经济效益,该方案为城市在土壤、水质、面源污染以及食品安全方面提供了一种非常有效的解决途径。

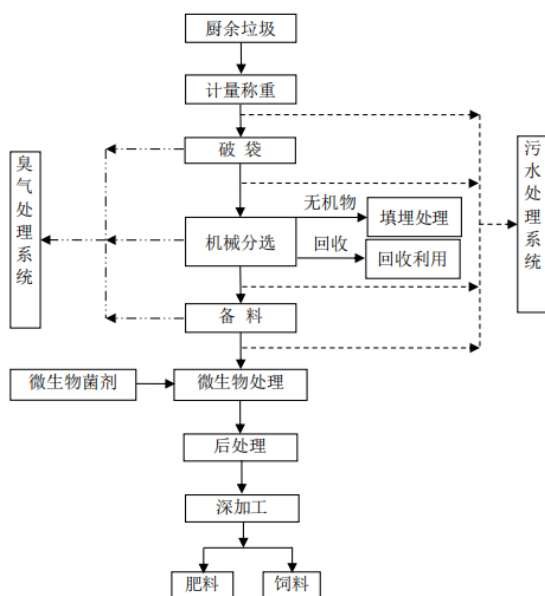


图3 微生物发酵工艺流程

生化处理机技术优缺点分析其优点是占地面积小;处理时间短;资源利用率高;产品有市场,销路较好,产品质量较高,

产品附加值较高。

其缺点是一次性投资略高,单台设备处理能力低,更重要的是设备耗能大,而且该技术减量化效果差,在厨余垃圾中大量掺其他有机物,如麸皮、糠等,后端农业生产资料应用产业链较长。

从生物处理方面,也有利用昆虫生物进行转化处置,将厨余垃圾转化为生物质产品,为下游产业提供优质蛋白质或油脂来源。

##### 3.1.2 昆虫生物能转化技术

昆虫生物能转化技术的核心思想是利用厨余垃圾作为饲料来培育某些昆虫,例如黑水虻,并进一步将这些昆虫转化为生物蛋白资源。以黑水虻为研究对象,该技术允许黑水虻在特定的可控环境条件下摄取有机废弃物,这不仅可以直接减少废弃物的数量,还可以实现生物质形态的全面转化,最终产生昆虫蛋白和昆虫生物肥。黑水虻的幼虫在摄取完有机废物之后,不仅可以被直接用于养殖经济动物,还可以进一步加工为蛋白质饲料,或者提取其油脂用于抗菌剂等产品的深度开发。另外,黑水虻在生长过程中产生的粪便,在经过发酵和腐熟的处理后,可以作为高质量的生物肥料进行利用。

#### 3.2 加强厨余垃圾分类的公众宣传与教育

加大厨余垃圾分类的公共宣传和教育的力度,进而提高厨余垃圾分出率和分出精准率,提升厨余垃圾产生量和纯度,减少企业资源化利用成本,提升效益是厨余垃圾资源化利用和实现可持续发展的重要环节。目前,以湖北宜昌为例,宜昌作为宜昌市属于全国46个生活垃圾分类示范城市之一,在住建部组织的生活垃圾分类季度测评中一直位居地级城市前列。其厨余垃圾分出率仅为22%,其中包含餐馆饭店和家庭厨余。对比30%的总体厨余含量,还有较大提升空间。

随着我国对垃圾分类政策的持续推进,大众对于厨余垃圾分类的认知和参与程度已经变成了影响分类成果的关键要素。在众多城市实施垃圾分类政策时,他们发现仅仅依靠法律和行政手段很难达到预期的效果,特别是在市民对垃圾分类的认知不足背景下,垃圾投放仍然存在不规范的情况。因此,采用多种途径和多个层面的宣传与教育手段变得尤其关键。

#### 3.3 加强上下游产业协同,推动产业化发展

鼓励企业在厨余垃圾资源化利用领域进行投资,针对厨余垃圾前端收集转运和后端资源化产品利用进行产业协同,政府可以考虑实施如绿色基金、税务减免和低利率贷款等策略,提升厨余垃圾资源化利用收益,从而降低厨余垃圾资源化利用成本,进一步提升产业效益。目前我国厨余垃圾资源化利用成本普遍在XX元-XX元,较生活垃圾焚烧处置相对过高,大部分地区仅从完善分类处置设施建设角度考虑项目建设,其经济性没有得到充分体现。

### 4 结束语

综上,厨余垃圾的资源化利用被视为实现资源的循环再利用和促进可持续发展的关键路径,随着全球及我国对环境保护

和减少垃圾的关注逐渐增强,厨余垃圾资源化的技术和政策环境得到了逐步的优化,并已取得了明显的效果。尽管如此,面对厨余垃圾的持续增加和处理上的挑战,我们仍然面临技术成本、公共意识和政策执行等多个方面的问题。因此,要实现厨余垃圾的资源化利用,除了需要进一步的技术革新外,还必须通过政策导向、资金援助和社会动员来形成一个全社会共同参与的积极环境。

### [参考文献]

[1]辛梓弘,韩岗亭,刁伟霞.城市餐厨垃圾的资源化利用路

径研究[J].四川环境,2023,42(4):344-350.

[2]蒋媛媛,吴明,周姣,等.常州市农贸市场厨余垃圾处理现状及对策研究[J].绿色科技,2024,26(2):167-173.

[3]周小平.广州市厨余垃圾资源化利用现状及建议[J].再生资源与循环经济,2023,16(12):30-32.

### 作者简介:

覃玉斌(1987--)男,汉族,湖北宜昌人,硕士研究生,中级工程师,主要从事生活垃圾分类、转运、处置方面的研究工作。