

不用烧、不用填 生物处理技术出手，垃圾成资源

◎本报记者 李禾

国家发改委近日发布《关于加快废旧物资循环利用体系建设的指导意见》，要求到2025年，废旧物资回收网络体系基本建立，其中包括1000个以上绿色分拣中心；废钢铁、废纸、废塑料等9种主要再生资源循环利用率达到

4.5亿吨等。

我国每年所产生的固体废物数量巨大，这些固体废物已成为环境的重要污染源。其处理方法主要有填埋、焚烧及生物处理等，处理的最终目标是无害化、减量化和资源化。生物技术可以对固体废物中的哪些物质进行处理？处理后能达到怎样的效果？运用生物技术处理固体废物又会面临哪些挑战？

固体废物被转化成生物能或有机肥

全国人大常委会执法检查检查组固体废物污染防治法实施情况的报告显示，我国每年产生固体废物超过100亿吨。其中，每年产生的畜禽养殖废弃物近40亿吨、主要农作物秸秆约10亿吨、一般工业固体废物约33亿吨、大中城市生活垃圾约2亿吨，固体废物产生量呈增长态势。

威立雅集团中国负责人告诉科技日报记者，与传统的填埋、焚烧等其他废物处理处置方法相比，生物处理主要是处理废物中的有机成分。

同济大学生态文明与循环经济研究所所长杜欢政教授表示，生物处理技术是利用微生物分解固体废物的处理技术。生物处理技术主要包括好氧堆肥技术、厌氧发酵技术和生物转化等。被处理的有机固体废物包括污水污泥、厨余垃圾、农业秸秆、园林垃圾、畜禽粪污、食品加工行业废弃物等。

好氧堆肥技术是指有氧的条件下，细菌、真菌、放线菌、纤维素分解菌、木质素分解菌等好氧微生物分泌在细胞内合成在细胞外起作用的酶——胞外酶，将固体废物中的有机成分分解为可溶性的有机质。这些有机质再渗入微生物细胞中，参与新陈代谢，从而实现固体废物向腐殖质转化，最终达到腐熟稳定，成为有机肥料或有

机土壤等。而好氧堆肥反应会产生热量和二氧化碳。

厌氧发酵技术是在无氧的条件下，利用厌氧或者兼性厌氧微生物降解有机固体废物，并获得甲烷和二氧化碳。该技术不仅能够实现垃圾无害化和减量化，还可以获得生物能甲烷和氢气，实现固体废物的资源化利用。

不过，在将有机物转化为沼气(即甲烷和二氧化碳)时，还会产生沼渣、沼液。厌氧发酵产生的沼渣、沼液富含未降解的有机物和矿物质，根据我国相关法规，还需要进行另一阶段的处理后再进行回收。“这是一个连续的过程。厌氧发酵工艺目前是处理厨余垃圾的主要工艺，近年来，在垃圾分类收集政策实施后，该技术在北、上、海等主要城市已获得逐步发展和应用。”威立雅集团中国负责人说。

生物转化是利用昆虫将有机废物转化为蛋白质和肥料的过程。整个过程产生的高质量蛋白质，可作为动物饲料，满足动物生长的营养需求。

杜欢政告诉记者，生物处理技术不仅能实现有机固体废物的减量化，还能变废为宝，将其转化为有机肥料以及生物质天然气等能源产品。

生物处理固废技术取得良好效果

近年来，我国在生物处理固体废物方面取得了大量的技术创新和成功案例。

“单品类有机废物厌氧发酵过程经济性较差，同济大学循环经济研究所联合企业共同研发了多元固废厌氧共发酵工艺技术，可实现规模化处理农作物秸秆、畜禽粪污以及餐厨垃圾、厨余垃圾、园林绿化废物等多种城乡有机废物。”杜欢政说，他们基于微生物技术研究获得复合产甲烷菌，让有机废物进入厌氧系统进行发酵，产生生物天然气。他们的复合菌可缩短有机物降解周期，提升天然气产量。

江苏连云港市推出的餐厨垃圾处理项目，利用有机废物或厌氧发酵后的副产物沼渣养殖蝇蛆等昆虫，从而获得蛋白和肥料。即通过自动化上料设备，将装有蝇蛆卵的养殖盒送入育雏单元房进行养殖。经3—4天的养殖孵化后，分盒加料后送到快速生长单元房养殖，养殖约4天后再通过筛分设备将成虫和虫粪分离。分离后的成虫是各类饲料

蛋白的理想原料，可供给给禽类养殖场、水产、宠物等行业；虫粪是有机肥，可用于有机绿色农产品生产中。

杜欢政说，诸多生物处理固体废物技术以及创新，目前已经在琼海市生物天然气项目、广州东部生物质能利用项目、宁波市餐厨垃圾处理项目、连云港市餐厨垃圾处理项目等获得综合应用，获得了良好的效果。

生物处理固体废物技术还在不断突破中，应用范围也日益扩大。中国科学院武汉岩土力学研究所科研人员发现，微生物矿化技术在固体废物强度提升和重金属稳定方面效果显著。与传统水泥固化稳定化相比，微生物反应材料扰动性小，生物黏结产物与基质颗粒间力学相容性好，特定条件下微生物法产生的材料，黏结强度远高于水泥，并可保持基质的透水性、具有更高的环境稳定性。通过微生物矿化技术，有利于将固废材料作为土工材料而实现资源化利用，而且固化过程不排放二氧化碳。

在这里，一场牛粪“变形计”正在上演

◎何成军 本报记者 颜满斌

长期以来，养殖产生的大量畜禽粪便以及伴随农膜产生的白色污染一直是让人头疼的问题。

近日，在甘肃省民乐县，示范应用了一款新研发的生物液态地膜。与普通聚乙烯(PE)塑料地膜原料工艺不同的是，它是用牛粪制作而成的。

一次牛粪的“绿色变身”，不仅有效解决了养殖场废弃物处理难题，还解决了农膜应用白色污染问题。

牛粪的“绿色变身”

自动控制圈舍环境、自动饲喂、自动清洗粪污、转盘式挤奶机……走进位于民乐县国家农村

产业融合发展示范园的甘肃华瑞农业股份有限公司(以下简称华瑞农业)，其现代化的养殖模式和管理模式让人耳目一新。

在这里，6500多头奶牛每天产生的牛粪有了新用途——制成生物液态地膜。

“利用现代生物技术对牛粪进行粪水分离，将牛粪中的干物质分离出来，并将一定量的添加剂和农作物秸秆进行配比、搅拌均匀进行制浆处理，再将制成的浆液均匀喷洒到农田中，在土壤表层形成一层纸状薄膜，覆盖在地表，抑制或降低土壤水分蒸发。”华瑞农业种植场场长王永龙介绍。

制成地膜后的牛粪残留物可作为无毒无害的有机肥，施于牧草及青贮玉米田间，形成“牛—粪—肥—饲—牛”的生态循环系统。这一生态化过程，让牛粪完成了一次“绿色旅行”。



视觉中国供图



废弃木材制成的木屑颗粒，可用作生产生物燃料或地膜。 视觉中国供图

与传统的填埋、焚烧等其他废物处理处置方法相比，生物处理技术主要对废物中的有机成分进行处理。生物处理技术不仅能实现有机固体废物的减量化，还能变废为宝，将废物转换为有机肥料以及生物质天然气等能源产品。

实现技术产业化需形成耦合协同效应

随着我国主要城市逐步推进生活垃圾分类，有机垃圾数量持续增加，我国也新建了大量生物处理固体废物的项目。但杜欢政表示，生物处理技术仍存在诸多挑战，比如好氧堆肥法占地面积大，邻避效应强，在中大型城市难以推广。厌氧发酵法经济性差，产气率低，生物质天然气的能源转换效率低，能直接将天然气并网的项目较少，大部分是转换为电能，存在较高的能量损失；副产物利用率低，大部分项目产生的沼渣、沼液不能资源化利用，还需投入较高水处理与焚烧处理成本；预处理技术有待进一步提高，国内垃圾分类尚处于起步阶段，收运的有机垃圾中会含有大量杂质，对厌氧发酵影响较大。

“目前，通过生物处理技术产生的资源和能源，种类多、品质差异大且分布散，已有的收运体系和能源化利用方式都是从单一类别考虑，没有形成耦合协同效应，导致全量收运难、持续盈利难。此外，产生的有机肥料销路较差，大部分还只是政府园林绿化采购。”杜欢政说。

威立雅集团中国负责人建议，生物处理产业化发展的关键，在于如何鼓励最终用户了解、接受和使用更多的生物转化产品。这需要政府、企业和最终用户共同合作，制定激励性的产业政策。

固体废物处理从物理、化学方法处理发展到生物处理，杜欢政认为，生物处理具有低成本、绿色环保、可资源化利用等优点，从某种意义上说，是比物理、化学方法更优的垃圾处理路径。但是可用生物处理技术进行处理的有机固体废物来源广泛，并隶属于不同的管理部门。比如农业秸秆，畜禽粪污归农业部门管理，污水污泥、厨余垃圾归住建部门管理，园林垃圾归园林部门管理，在处理过程中，各种有机固体废物难以相互匹配和耦合，无法实现效益的最大化。因此，他建议，各部门需把与固体废物处理的有关政策集中起来，解决单品类有机废物生物处置经济性较差等问题，促进产业的协同共生、可持续发展。

研究进展

微生物从“互掐”到“协作” 新策略提高催化效率50%以上

◎通讯员 朱琳 本报记者 金凤

作为生物催化剂，微生物可以通过全细胞催化或多细胞协作，进行能量收集、传感、修复和驱动等，具有效率高、条件温和、选择性高等特点。传统的微生物细胞间协作方法，由于细胞间生长速度的不同，易导致微生物此消彼长、效率受损。近日，南京工业大学材料化学工程国家重点实验室余子夷教授团队，开发了一种控制微生物时空布局的新策略，该策略通过制备新型的超分子水凝胶材料作为载体，利用3D打印的方式将微生物与其进行融合，实现了对微生物细胞的空间控制，能最大化提高生物过程的效率。相关成果发表在知名期刊(Small)上。

“自然界的微生物菌群往往通过互相协作共生，利用这一特点，我们可以开发人工多细胞体系进行生物制造。但是，在实验室的实际情况下，如果仅仅将两种微生物生硬地放在一起，它们会‘互掐’，造成此消彼长。为了防止这种情况的发生，我们就想能不能给它们建一个‘房子’，不仅可以让它们安分地待在自己的‘房间’，还能相互协作完成工作。”余子夷介绍，课题组想到了3D打印的方法，“3D打印可以将它们安放在固定的位置，同时还能扩大它们接触的比表面积，提升生物催化反应效率。”

为了生成可打印的基质，课题组开发了一种新型的超分子水凝胶材料，这种材料以功能化的透明质酸和葫芦脲为主体构成。超分子水凝胶材料不仅适合于微生物固定和生长，而且还可以用作生物墨水进行3D打印。“这类水凝胶与牙膏类似，微生物待在特殊的‘牙膏’里面，3D打印装备可以把‘牙膏’挤出来形成预先设计好的结构，用于制备细胞分布均匀和可定位的3D结构，该结构具有很高的维持性和菌株的固定性。”余子夷表示，研究表明，3D晶格中的微生物可以在发酵和生物修复过程中保持较高的细胞活力和代谢活性。

据悉，该活体材料的催化效率与使用单一微生物、两种微生物单纯混合相比，分别提高了80%和50%。该研究不仅可以用于强化微生物的生物催化能力，还可以应用于菌—藻共生体系吸收二氧化碳，用于提高微生物的固碳水平。

纳米载体可缓解 农药对靶标作物的负作用

科技日报讯(记者马爱平 通讯员赵鹏跃)近日，中国农业科学院植物保护研究所农药分子靶标与绿色农药创制创新团队结合代谢组学技术，对比研究农药原药、纳米材料载体及纳米载药颗粒对靶标作物生长代谢的不同影响，评价了三者对靶标作物的安全性。相关研究成果在线发表在《危险材料杂志》上。

在农业领域，纳米材料可作为载体对农药化合物进行负载和包埋，有效防止所负载农药受环境中酸碱度、温度等因素的刺激而发生降解，具有较大研究价值和应用潜力。然而，农药有效成分被纳米材料负载后形成了一种新的载药颗粒，可能会给靶标作物带来与传统制剂不同的影响。

该研究以纳米介孔二氧化硅为载体材料，制备了咪唑酰胺纳米载药颗粒，研究了其对水稻生长代谢的影响。结果表明，咪唑酰胺原药对水稻植株的生长有一定的负面影响，施药后水稻植株中的叶绿素、总酚、总类黄酮、总蛋白等物质含量均发生了一定的改变，而载药颗粒可以缓解农药有效成分对靶标作物生长的影响。

团队利用代谢组学技术研究还发现，咪唑酰胺原药处理后水稻幼苗中多种氨基酸代谢途径以及嘌呤和嘧啶代谢物的含量发生变化，而载药颗粒处理后水稻幼苗中相关氨基酸的含量显著增加，表明载体材料中硅元素的引入可促进水稻幼苗中氨基酸的合成，并减弱有效成分咪唑酰胺对其生长的负面影响。

专家指出，该项研究着眼点放在农药纳米载药颗粒对靶标作物体生长代谢影响的微观层面，探索载药颗粒对靶标作物生长代谢影响的新机制和精准调控的新方法，为科学合理的研发与应用农药纳米载药颗粒提供了理论依据与技术支撑。

图说生物

打造生物医药产业集群 助推经济高质量发展



近年来，河北省石家庄市依托生物医药产业基础雄厚的条件，通过创新、绿色发展，推动生物医药产业转型升级，形成以创新药为引领、发酵药物为主导、现代化中药为特色、基因工程药物为先导、医疗器械和医药流通服务为补充的产业体系。据介绍，目前该市生物医药产业规模以上企业153家。图为石家庄一家制药有限公司的工人在医药生产车间工作。

新华社记者 杨晓亮摄

生物质液态地膜可一膜多用

这并不是一次简单的牛粪“变身”，其背后的意义重大。相较于塑料地膜，生物质液态地膜是一种可完全降解的地膜，无毒、无污染、无公害，既具有保温、保墒、保苗的作用，又能降解成为优质有机肥，刺激作物生长发育，改善作物营养状况，有效提高作物产量。

“生物质液态地膜可以减少对土壤的污染，可使土壤地膜残留量下降，降低了生产成本，通过喷施液态地膜，可以减少回收残膜所用人工，一亩地能省下20元的生产成本；作物收获以后，生物质液态地膜融入土壤可作为有机肥二次发酵利用，能让农作物产量比使用PE膜提高5%—15%。”王永龙说，有害粪污经过治理，达到了变废为宝的目的，资源综合利用可为养殖基地及区域内农户有效节支增产增收。

打造液态地膜的兄弟产品

华瑞农业充分利用农业资源和科研资源，在示范推广生物质液态地膜的同时，还大力生产制造生物质纸质地膜。

生物质纸质地膜也是以牛粪为主料，适量添加胡麻秸秆、麦草等原料。制作工艺采用化学蒸煮，保证了其无污染、无公害、有机绿色的优良特性；通过添加淀粉等有机助剂，使其具有农用地膜所要求的机械强度，以及具有保温保湿、透光、抑草增肥的效果。

“该纸质地膜比液体地膜方便运输，也方便远距离作业；再者，纸质地膜在玉米的生育期之后开始降解，相当于每亩地施了40公斤左右的有机肥，在秋天作物收获之后，不需要刮膜出地，深翻之后，可作为来年的有机肥，以减少塑料地膜带来的残留和危害。”华瑞农业常务副总经理杨昆山告诉记者。