

常见的几种厌氧发酵工艺分类汇总

厌氧发酵工艺是一种产能又环保的生物处理工艺，已经广泛应用于禽畜粪污、废水、有机固体垃圾处理等领域。厌氧发酵工艺类型较多，从不同的角度可以将厌氧发酵工艺分为以下几类：根据发酵温度的不同可分为常温、中温和高温发酵；按照投料运转方式可分为连续和序批式发酵；按照发酵物料中固含量的多少可分为湿式和干式厌氧发酵；按照反应是否在同一反应器进行分为单相和两相厌氧发酵。

一、常温、中温和高温发酵

温度主要是通过影响对厌氧微生物细胞内某些酶的活性而影响微生物的生长速率和微生物对基质的代谢速率，从而影响厌氧生物处理工艺中污泥的产量，有机物的去除速率，反应器所能达到的处理负荷，有机物在生化反应中的流向，某些中间产物的形成，各种物质在水中的溶解度，及沼气的产量和成分等。

常温发酵一般是物料不经过外界加热直接在自然温度下进行消化处理，发酵温度会随着季节气候昼夜变化有所波动。常温发酵工艺简单造价低廉，但是其缺点是处理效果和产气量不稳定。

中温发酵温度在30 ~ 40 之间，中温发酵加热量少，发酵容器散热较少，反应和性能较为稳定，可靠性高，如果物料有较好的预处理，会提高反应速度和气体发生量；受毒性抑制物阻害作用较小，受抑制后恢复快，会有浮渣、泡沫、沉砂淤积等问题，对浮渣、泡沫、沉砂的处理是工艺难点，其诸多优点使其得到广泛的应用并有很多的成功案例。

高温发酵温度在50 ~ 60 之间，需要外界持续提供较多的热量，高温厌氧消化工艺代谢速率、有机质去除率和致病细菌的杀灭率均比中温厌氧消化工艺要高，但是高温发酵受毒性抑制物阻害作用大，受抑制后很难恢复正常，可靠性低；高温厌氧产气率比中温厌氧稍有提高，提高的是杂质气体的量，但沼气中有效成分甲烷的含量并没有提高，限制的高温厌氧的应用；高温发酵罐体及管路需要耐高温耐腐蚀性能好的材料，运行复杂，技术含量高。

二、连续发酵和序批式发酵

连续发酵是从投加物料启动以后，经过一段时间发酵稳定以后，每天连续定量的向发酵罐内添加新物料和排出沼渣沼液。序批式发酵就是一次性投加物料发酵，发酵过程中不添加新物料，当发酵结束以后，排出残余物再重新投加新物料发酵，一般进料固体浓度在15%~40%之间。

研究表明，对于处理高木质素和纤维素的物料，若在动力学速率低、存在水解限制时，序批式反应器比全混式连续反应器处理效率高。且序批式发酵水解程度更高，甲烷产量更大，投资连续式进料系统减少约40%。虽然序批式进料处理系统占地面积比连续进料处理系统大，但由于其设计简单、易于控制、对粗大的杂质适应能力强，投资少，适合于在发展中国家推广应用。

三、湿式发酵和干式发酵

湿式发酵是以固体有机废物（固含率为10%~15%）为原料的沼气发酵工艺。干式发酵是以固体有机废物（固含率为20%~30%）为原料，没有或几乎没有自由流动的条件下进行的沼气发酵工艺，是一种新生的废物循环利用方法。

湿式发酵系统与废水处理中的污泥厌氧稳定化处理技术相似，但在实际设计中有很多问题需要考虑，特别是对于城市生活垃圾，分选去除粗糙的硬垃圾，及将垃圾调成充分连续的浆状的预处理过程等。为达到既去除杂质，又保证有机垃圾正常处理，需要采用过滤、粉碎、筛分等复杂的处理。

这些预处理过程会导致15%~25%的挥发性固体损失。浆状垃圾不能保持均匀的连续性，因为在消化过程中重物质沉降，轻物质形成浮渣层，导致反应器中形成两种明显不同密度的物质层，重物质在反应器底部聚集可能破坏搅拌机，必须通过特殊设计的水力旋流分离器或者粉碎机去除。

而干式发酵系统的难点在于：

其一，生物反应在高固含率条件下进行；

其二，输送、搅拌；

其三，反应启动条件苛刻，在运行中存在着很高的不稳定性。

但是在法国、德国已经证明对于机械分选的城市生活有机垃圾的发酵采用干式系统是可靠的。且与湿式发酵相比，又有明显的优势：

其一，干发酵TS通常在15%以上，含水量较少，使得有机质浓度也较高，从而提高了容积产气率；

其二，后处理容易，几乎没有废水的排放，且发酵后的剩余物中只有沼渣，可直接作为有机肥利用；产生的沼气的含硫量低，无需脱硫，可直接利用；

其三，运行费用低，过程稳定，干发酵工艺不会存在如湿法发酵中出现的浮渣、沉淀等问题。

干式发酵技术受到了国内外广大研究者的关注，使其在处理城市生活垃圾和农林残余物等方面得到了广泛的重视。也使得干式发酵技术成为厌氧发酵研究的热点。

四、单相发酵和两相发酵

单相发酵工艺是产酸菌和产甲烷菌在同一反应器中进行。两相发酵工艺，实现了生物相的分离，使微生物在各自最佳生长条件下发酵。

单相发酵工艺会受冲击负荷或环境条件的变化的影响，导致氢分压增加，从而引起丙酸积累。而生物相分离后，产酸相可有效去除了大量氢，提高整个两相厌氧生物处理系统的处理效率和运行稳定性。

相对于两相发酵工艺，单相发酵工艺投资少，操作简单方便，因而当前约70%的发酵工艺采用的是单相发酵工艺。但是，两相发酵工艺处理城市生活垃圾有很多的优点，比如，可以单独控制两个不同反应器的条件，以使产酸菌和产甲烷菌在各自最适宜的环境条件下生长；也可以单独控制它们的有机负荷率（OLR）、水力停留时间（HRT）等参数，提高微生物数量和活性，从而缩减HRT，提高系统的处理效率。

两相发酵工艺目前的研究多集中在如何将高效厌氧反应器和两相发酵工艺有机的结合，两相发酵工艺的反应器可以采用任何一种厌氧生物反应器，如厌氧接触反应器、厌氧生物滤器、UASB、EGSB、UBI、ABR或其它厌氧生物反应器，产酸相和产甲烷相所采用的反应器形式可以相同，也可以不相同。

目前，实现相分离的途径可以归纳为化学法、物理法和动力学控制法。最简便、最有效，也是应用最普遍的方法是动力学控制法，该方法是利用产酸菌和产甲烷菌在生长速率上的差异，控制两个反应器的有机负荷率，水力停留时间等参数，实现相的有效分离。但必须说明的是：两相的彻底分离是很难实现的。只是在产酸相，产酸菌成为优势菌种，而在产甲烷相，产甲烷菌成为优势菌种。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/123539.html>