畜禽排泄物的生物处理方法

张华智
（广西钦州市畜牧站）

近十年来，我国畜禽养殖业发展很快，平均年增长率超过了10%，产业结构也向大型集约化方向发展，尤其是生猪养殖业。然而，快速发展的畜禽养殖业所带来的大量排泄物造成环境的严重污染，引起了人们的关注。我国很多生猪养殖分布的地区中，粪污的不当处理导致附近农地和水土过营养化日益严重。例如，有些养殖区地表水的NO_3^--N的平均含量从未开始大规模进行养殖时的5 mg/L上升到大规模养殖后的35 mg/L。目前情况表明，各中小规模养殖的企业畜禽排泄物必须进行相应的处理，并积极寻找出一套新的解决方案以减少养殖场周边土地的富营养化。

根据查阅相关文献，发现在促进畜禽排泄物处理成效的解决方案和设想中，生物处理通常是最佳解决方案，主要是基于有机物降解和臭气的减少。在这些处理工作中，有以下几种处理方法已经被研究过：曝气池、固定床反应

作者简介：张华智，男，高级兽医师，主要从事畜牧兽医技术研究与推广。

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

器、活性污泥和厌氧池、间歇曝气活性污泥和序批式生物膜反应器。因为这些方法的特殊性（高氮、化学需氧量、固体悬浮物、浓度变化），固定床反应器和曝气池处理难以管理且与其它系统相比效果也比较差。曝气池也是导致高含量氨和温室气体排放的主要原因之一。而相对来讲，活性污泥和厌氧池处理则是一个比较好的解决方案，且对猪场粪污处理尤为合适。

磷（P）和氮（N）是水体富营养化的主要因素，大部分的磷可以通过常用的分离方法从废液中被分离。如高达80%的磷可以通过离心机固相萃取，而粪尿中的有机物也同样会被萃取出来，与磷混合在一起，如果想将这些磷物质作为肥料输出，需要进一步处理，使混合物中的有机物转变成无机物。

另外，即使当这些畜禽处于健康的状况，畜禽排泄物中依然存着对人类有害的致病菌，如最常见到的沙门氏菌、小肠结肠炎耶尔森菌、隐孢子虫等。因此畜禽粪便处理措施和技术应该实现降低甚至消除畜禽排泄物中的致病菌的目的。本文的目的是通过介绍有效的生物处理方法，来加强畜禽排泄物管理。

1 处理过程中的N、P和C的生物转化过程

1.1 氮转化

从动物排泄物中将氮去除是基于硝化作用和反硝化作用。硝化作用是通过硝化细菌把NH_3氧化成NO_2^-和NO_3^-；反硝化作用则是通过异养细菌将NO_2^-和NO_3^-还原成N_2O或N_2而挥发。因为NO_2^-是两个反应的媒介，最近几年有很多基于NO_2来移除氮的研究，包括排泄物处理。从NO_2^-出发有几个好处：一是硝化作用中的低氧要求，二是反硝化作用过程中较低有机碳使用量，在降低成本的同时，通过厌氧氨氧化菌将厌氧氨氧化至N_2。这种方法在上世纪90年代被提出后经过不断的研究改善，因其低处理成本被认为是很有应用前景的脱氮技术。

1.2增强型生物除磷

增强型生物除磷（EBPR）是一种有效的废水除磷技术，可以将磷从废水中移除而不需要任何化学原料的参与。过程中，聚磷菌（PAO）能够把磷作为细胞内多磷酸盐来存储，这样便能够通过从废水中移除PAO来移除P。这个处理方法非常适用于对农业污水处理，包括猪场的废水处理。

1.3厌氧消化

厌氧消化是有机物厌氧转化至CH_4和CO_2的过程。四个连续的生物过程参与有机质的厌氧降解：包括水解作用、酸化作用、乙酸化和甲烷生成。在水解期间复杂的聚合物在细胞外被酶转化为单体，这些单体在酸化过程进而转化为挥发性脂肪酸和H_2，随后在乙酸化作用下形成乙酸盐、CO_2和H_2，最后转化为甲烷。在厌氧消化过程中产生的沼气的主要成分是CH_4（55%～80%）和CO_2（20%～45%），这些成分可以用作燃料。近年来这个处理程序广泛应用于畜禽排泄物和废水处理。

2 好氧生物处理

2.1好氧生物处理的优点

好氧生物处理在国内国外都有研究，但是发展和应用主要是在国外。在国外养殖场，为了除去氮，最早发展起来的就是生物处理技术，主要是在单独的反应器中，通过离心机把废水分成液态和固态，固态物质被输出，液态物质进行生物处理。最后，废水进行沉淀，沉淀后的污泥将输出到农场周围的土壤中，而上层清液作为灌溉和培育土壤用水。氮的输入值和输出值的差异在60%左右，主要是因为在反应器里面进行氮的移除。通过硝化作用转化成NO_2^-、NO_3^-，随后通过反硝化作用变成N_2。另外，在生物处理前进行机械分离可以把80%的磷和20%的氮在固体集中起来。这两部分加起来可以清除约有80%的氮和磷。虽然通过EBPR从液态中分离出可溶解氨有待观测，但是这个化学机制重点在于磷的转化。在硝化作用中因为PH的下降，磷溶解的现象会出现。

研究发现，使用生物处理与传统方法处理相比，温室气体和NH_3量大大减少。其中NH3约减少了50%，温室气体约减少了55%。

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

微生物分析显示，相比原始的猪场废水，经过处理和沉淀的猪场废水在储水池中经过生物好氧处理后，细菌的活性会下降甚至检测不到。畜禽排泄物的研究最初目的只为除去氮和磷，但在实际操作中，生物好氧处理对杀灭废水中的细菌也有作用。

2.2好氧生物处理的缺点

好氧处理尽管有诸多优点，但存在的缺点更需要关注，处理后的畜禽排泄物也并不能达到农业用地所需要的卫生处理要求。

2.2.1处理系统管理困难

首先，处理系统的有效管理比较困难，同时也是一件很耗时间的事情。如果COD/N比太低，那么废水指标的经常变化会导致反应器内NO_2^-或者NH_4^+的累积，如果COD/N比太高，就会导致在氧化处理过程中O_2的分解效率降低。在缺氧期间因NO_3^-反硝化作用而产生NO_2重新合成为NO_3^-，在接下来的氧化阶段，会导致O_2和有机物的过度消耗。整个反应过程都需要核查，也需要以化学分析报告的形式呈现。为了避免之前提到的问题，排泄物的可变性和生物降解性需要进一步了解。另外，亚硝酸盐的N移除过程对废水的COD/N比也有限制作用。

2.2.2处理成本高

其次，每立方米的处理成本是必须要考虑的，该成本主要来自对原始排泄物进行硝化处理所需要的能源投入。厌氧氨氧化处理通过降低O_2消耗而减低成本也有一定效用。然而，即使是猪废水处理具有可行性，但农场级别的处理还需要进行大量的研究。除此之外，我们也必须谨记这些处理过程所导致的如温室气体排放等空气污染问题。

3 厌氧生物处理

厌氧消化广泛应用于多个领域，如工业废水处理、城市垃圾的处理和农业废物处理。由于厌氧消化是在一个封闭的系统中进行，可以非常有效地减少温室气体的排放，产生可再生能源。其过程中产生的营养物也会以块状的形式保存，且气味和病原体均减少。动物粪便的厌氧消化通常在常温条件下（35～40℃）进行。然而，适温的厌氧消化的稳定度比较低，但对于潜在的抑制作用会更加敏感。厌氧消化也可以在低温（20℃或以下）的厌氧池或者封闭的反应器进行，但效率相对较低。

厌氧消化技术虽然应用于多个领域，但在动物粪便的厌氧消化处理上依然存在不少缺点。一是与有机废物和能源作物相比，排泄物生物降解性较低，为了增加沼气的产出，需将动物排泄物与有机废物或能源作物共同进行消化处理。但是这种混合消化模式有时会由于实践经验不足，导致垃圾成分比例不当，且消化处理过程无法监控，容易造成挥发性脂肪酸贮存能力不足,导致厌氧消化处理过程失衡。

4 结论

生物上的好氧处理畜牧业废水非常有效，但在使用“短程硝化–反硝化或者厌氧氨氧化”处理模式时需要综合考虑。然而，这些处理方法对温室气体排放，特别是N_2O的影响需要更加深入的研究。

不管有氧还是厌氧的处理，有机物的降解性都是关键，同时动物喂养和处理方法上的优先管理也非常重要。即使有氧处理对于直接温室气体的排放有较好的控制作用，但厌氧消化显然更高效和恰当。

尽管如此，研究还是需要加强管理和提高工作效率，尤其是关注单纯的排泄物消化与排泄物和其他有机废物共同消化时这两种沼气的产量。此外，厌氧消化的影响气体排放(NH_3和N_2O)及之后土地蔓延的污水处理需要更深入的研究，以建立一个平衡的环境管理链。

最后，将有氧和厌氧处理相结合开辟另一个处理磷的化学方法对于农场来说显得非常必要。也许这样的一个方法更适合于大型农场。而对于小农场来说，找到能够优化处理畜禽废水更好的方法成为当务之急。对于处理系统的选择，如何有效地去除新型有机污染物也是需要列入考虑的因素之一。因此，实际运行中需要收集相关数据，不断地进行研究与摸索。

参考文献（略）

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net