

厌氧氨氧化反应影响因素的研究

董逢斌

四川发展中恒能环境科技有限公司 四川 成都 610000

摘要: 文章分析了厌氧氨氧化反应的影响因素,旨在讨论提高该技术在工程应用中的稳定性和实用性的各项影响因素,为该技术更好的投入低碳氮比污水处理应用和更好的控制碳源药剂使用对环境造成的二次污染。

关键词: 污水处理;厌氧氨氧化;低碳氮比

引言

污水中的氮以四种形态存在,分别是有机氮、硝态氮、亚硝态氮、氨氮,传统活性污泥法通过硝化菌在好氧环境下将有机氮和氨氮转化为硝态氮和亚硝态氮,在厌氧环境中通过反硝化菌将硝态氮和亚硝态氮转化为氮气排放到空气中,在硝化反应中需要提供大量的氧气,消耗大量能源,反硝化反应中需要大量的BOD物质,往往需要投加额外的碳源物质,外加碳源的投加又会产生大量额外的剩余污泥,造成对环境的二次污染。厌氧氨氧化技术通过厌氧氨氧化菌去除污水中的氮,厌氧氨氧化菌是厌氧能自养细菌,已发现的厌氧氨氧化菌均属于浮霉状菌母的厌氧氨氧化菌科,共六个属,分别发现于海洋次氧化层区域和污水处理系统中,分别属于海洋厌氧氨氧化菌和淡水厌氧氨氧化菌,厌氧氨氧化菌对全球氮循环具有重要意义,也是污水处理中重要的菌属。厌氧氨氧化菌以二氧化碳作为碳源,生命活动不需要提供外部BOD物质,也无需消耗大量能源供氧,可大幅降低能源和碳源的消耗,同时由于厌氧氨氧化菌倍增时间长,减少了大量剩余污泥的产生。

厌氧氨氧化技术节能降耗的优点对于低碳氮比污水中氮的去除提供了一条低能耗低污染的路线,但厌氧氨氧化菌存在增殖速度缓慢、对环境影响因素敏感、与其他菌类的竞争处于弱势等问题,对该技术的广泛推广和稳定运行,造成了很大的挑战,为加快该技术的工程应用,需要深入分析各项影响因素。

概述: 氮是造成水体富营养化的主要物质之一,在污水处理中,通常采用常规的活性污泥法去除污水中的氮,需要消耗很多能源和碳源,额外增加很多剩余污泥。厌氧氨氧化污水处理工艺通过厌氧氨氧化菌对污水中存在大量氮转化为氮气去除,化学反应中将氨作为电子供体,亚硝酸盐作为电子受体,无需额外投加碳源。作者对厌氧氨氧化运行效果和稳定性的影响因素进行了研究。

1 工艺运行影响因素分析

1.1 PH值对工艺运行的影响

PH也叫氢离子浓度指数,是溶液中氢离子活度的一种标度,也是通常意义上溶液酸碱度的衡量标准,PH值是指某物质氢离子浓度以10为底的负对数值。微生物的生命活动与环境PH值有着密切的关系,PH值的变化会影响微生物体内的电解质平衡,影响微生物对营养物质的吸收,同时环境PH值的变化,还会影响微生物酶的活性,进而影响微生物细胞内的生物化学反应。过高或过低的PH值,会影响菌体细胞膜带电性质和稳定性,还会影响对物质的吸收能力,甚至会造成菌体表面蛋白变性,最终造成微生物死亡。PH值从6.50升至7.80时,厌氧氨氧化反应速率逐渐提高,当继续升至9.00左右时,氨氧化速率和总氮去除速率则不断下降,直至接近于零,因此厌氧氨氧化反应最适的PH值在7.80左右^[1]。

1.2 温度对工艺运行的影响

温度是表示物体冷热程度的物理量,微观上讲是物理分子热运动的剧烈程度。从分子运动论观点来看,温度是物体分子运动平均动能的标志。温度是大量分子热运动的集体表现,含有统计意义。温度是影响微生物生长的重要因素,适宜的温度微生物的增殖和活力最好。过低的温度会导致微生物活力下降,代谢活动减慢,直至休眠。随着温度升高,微生物的活力逐渐升高,微生物的生长周期缩短,繁殖速度加快,但每一种微生物都有其温度耐受极限,过高的温度则会影响微生物体内酶的活性、破坏微生物的蛋白质和细胞膜,最终导致微生物灭活。温度是微生物生长和繁殖的一个重要因素,不同的微生物对温度的适应情况不同。温度从17℃升至30℃时,厌氧氨氧化反应速率随温度升高而增大,继续升高至40℃时,反应速率下降,由此,ANAMMOX微生物在30℃左右时,微生物活性最大,反应最快^[2]。

1.3 溶解氧对工艺控制的影响

溶解氧是指溶解于水中分子态的氧,即水中的氧

气,用DO表示。溶解氧是水中溶解氧未达到饱和状态时,大气中的氧气向水中渗入,或水生生物通过光合作用释放的氧。溶解氧对微生物的生长起着非常重要的作用。对于好氧微生物,需要氧气进行呼吸作用,溶解氧起着电子受体的作用,对于微生物的体内的化学反应至关重要,通过呼吸作用获得能量和维持生命活动。厌氧氨氧化菌属于化能自养型微生物,以亚硝态氮作为电子受体,氨氮作为电子供体,大量溶解氧的存在会影响厌氧氨氧化菌体内化学反应的正常进行。厌氧氨氧化菌对氧敏感,只能在氧分压低于5%氧饱和(以空气中的氧浓度为100%)的条件下生存,一旦氧分压超过18%氧饱和,其活性即受抑制,但该抑制是可逆的^[9]。由于厌氧氨氧化需要亚硝态氮作为基质与氨氮共同在体内发生化学反应,在厌氧氨氧化技术实际工程应用中,需要耦合好氧硝化反应,为厌氧氨氧化菌不断地提供亚硝态氮和氨氮作为化学反应的基质,因此溶解氧不可能控制在绝对的厌氧环境之中,需要兼顾厌氧氨氧化菌与好氧硝化菌的生长需要,过高的溶解氧将抑制厌氧氨氧化反应甚至导致完全停止,同时会生成大量的硝态氮,影响厌氧氨氧化反应的效果;过低的溶解氧则会导致硝化反应停止,进而造成无法给厌氧氨氧化菌提供足够的亚硝态氮作为基质,厌氧氨氧化反应无法持续有效的进行。在生产运行中,可同步监测厌氧氨氧化工艺段进出水的氨氮和亚硝态氮、硝态氮数值,通过几项指标通过工艺段前后的变化来判断溶解氧控制是否合适。氨氮和硝态氮如出现几乎等比例的下降,而硝态氮不出现急剧增长,则表明厌氧氨氧化反应效果较好;若氨氮与亚硝态氮的去除比例相差过大,或硝态氮增长速度加快,则表明厌氧氨氧化反应出现了问题,则应尽快对系统的溶解氧进行调控,以避免厌氧氨氧化菌受到冲击而大量死亡的情况发生。

1.4 生化需氧量对工艺控制的影响

生化需氧量是指在一定条件下,微生物分解存在于水中的可生化降解有机物所进行的生物化学反应过程中所消耗的溶解氧的数量。它是反映水中有机污染物含量的一项综合指标,用BOD表示。微生物的生命活动都需要碳源,异养微生物自身不能把无机物合成有机物,需要吸收有机物合成自身生命活动所需的有机物,而自养型微生物可以利用二氧化碳等无机物合成有机物。厌氧氨氧化菌属于化能自养型微生物,通过氨氮的还原产生能量,以二氧化碳和碳酸根作为碳源合成有机物,不需要再单独提供有机物。基于异养型微生物和自养型微生物之间对碳源需求的巨大差别,低BOD环境更有助于抑

制与厌氧氨氧化菌形成竞争关系细菌的生长,因此在污水进入厌氧氨氧化反应阶段之前,应该考虑对污水中的BOD物质进行利用和消耗,为厌氧氨氧化菌提供更适宜的生长环境。

1.5 硝态氮对工艺控制的影响

硝态氮是硝酸盐中所含的氮元素,是各种形态含氮化合物中最稳定的一种存在形式。厌氧氨氧化菌在利用氨氮作为还原剂,亚硝态氮作为氧化剂开展化学反应的过程中,产生部分硝态氮,硝态氮产生量约占氨氮与亚硝态氮总量的10%,厌氧氨氧化系统内氨氮与亚硝态氮浓度适宜的情况下,硝态氮对工艺运行无明显的负面影响。厌氧氨氧化菌对于硝态氮无法继续利用,系统中富集过多硝态氮将造成出水总氮升高,为了满足排放标准对总氮的要求,在厌氧氨氧化系统后面应设置反硝化脱氮工艺,针对进入该流程污水的营养物情况,可考虑适度投加碳源为反硝化菌化学反应提供基质。

1.6 亚硝态氮对工艺控制的影响

亚硝态氮也叫亚硝酸盐氮,是氮循环的中间产物,亚硝态氮不稳定,可以氧化成硝酸盐氮,也可以还原成氨氮。亚硝态氮是厌氧氨氧化菌生命活动的基质物质,亚硝态氮在细菌体内化学反应中起着氧化剂的作用,随着亚硝态氮的浓度升高,微生物体内的化学反应更加活跃,但超过最佳亚硝态氮浓度时,则将对厌氧氨氧化菌起到抑制作用。唐崇俭等研究厌氧氨氧化工艺的基质抑制及其恢复策略时,认为亚硝态氮毒性显著强于氨氮,受亚硝态氮抑制相对较轻时,降低进水亚硝态氮浓度,可在较短时间内接触抑制,恢复反应器功能,受亚硝态氮抑制较重时,反应器功能难以在短时间内回复。正式基于厌氧氨氧化菌受到高浓度亚硝态氮抑制的机理,该工艺更加适用于低浓度低碳氮比污水处理。当厌氧氨氧化工艺进水亚硝态氮出现波动,或应用于较高浓度亚硝态氮的污水处理场景时,可将系统的部分出水回流至进水口,对进水中的亚硝态氮进行稀释,从而满足厌氧氨氧化菌对水质的要求,提高系统对总氮去除能力。

1.7 氨氮对工艺控制的影响

氨氮是指游离氨或离子氨形态存在的氮。氨氮是水体中的营养素,可导致水体富营养化的产生,是水体中的主要耗氧污染物,对鱼类和部分水生生物有毒害作用。氨氮作为厌氧氨氧化菌生命活动的基质在菌体内的化学反应中起到还原剂的作用并在被氧化时产生细菌生命活动所需的能量,在一定的浓度范围内,随着氨氮浓度升高,厌氧氨氧化反应更加活跃,系统单位体积的氨氮去除能力和去除率都出现上升。当氨氮浓度超过厌氧

氨氧化菌最佳浓度范围后,随着氨氮浓度升高,对反应的抑制作用将逐渐增强,系统对氨氮的去除能力和去除率都将出现明显的下降。研究表明,当氨氮浓度高于1000mg/L时,厌氧氨氧化菌易受氨氮的抑制^[4]。厌氧氨氧化菌对氨氮浓度变化时表现出来的特性和亚硝态氮浓度变化时的特性基本一致,同样的道理,在系统进水氨氮浓度出现波动,或在处理浓度氨氮浓度较高的废水时,也可以把系统的部分出水回流至进水口,对进水中的氨氮进行部分稀释,从而满足厌氧氨氧化菌的需要,以提高系统对总氮的去除能力。

1.8 停留时间对工艺控制的影响

水力停留时间是指污水从系统进口进入到从出口排出经历的总时长,反应的是污水在系统内与微生物接触的反应时间长度,池容处于平均进水流量即可得到水力停留时间。溶解于污水中的污染物质在被微生物讲解的过程中,需要经过吸附然后进入细胞体内并发生化学反应,经微生物降解合成自身所需的物质或无机物排出体外,因此停留时间不宜过短。试验结果显示,当水力停留时间为12小时,能较好的发挥厌氧氨氧化菌的活性,得到较好的污水处理效果。厌氧氨氧化工艺水力停留时间的确定,既需要根据系统需要处理的污水处理量,也要同时考虑厌氧氨氧化菌去除污水中氨氮和亚硝态氮所需要的时间,并考虑一定的冗余放大系数,最终确定工艺段的池容。

1.9 微生物环境对工艺控制的影响

生化处理系统中有各种各样的微生物,厌氧氨氧化工艺也很难避免其他细菌与厌氧氨氧化菌产生竞争关系。厌氧氨氧化菌是一群浮霉菌,属于化能自养型细菌,只能利用二氧化碳和溶解于水中的碳酸根作为碳源合成生命活动所需的有机物,相对于常规活性污泥法中的异养型细菌,生长更加缓慢,倍增时间约11天,在系统内不具备与其他细菌的竞争优势。为了充分发挥出厌氧氨氧化工艺在脱氮工艺中的优势,需要提供更有利于厌氧氨氧化菌生长的微生物环境,抑制其他与厌氧氨氧化菌形成竞争关系的细菌生长,提供更适宜厌氧氨氧化

菌生长所需要的PH值、温度、溶解氧、BOD物质浓度、停留时间、氨氮与亚硝态氮基质浓度等。

2 厌氧氨氧化污水处理工艺的应用场景分析

厌氧氨氧化菌的生命活动利用氨氮和亚硝态氮的氧化还原反应提供生命活动所需的能量,通过利用二氧化碳或碳酸根等无机碳源合成有机质,适宜生活在厌氧或缺氧的环境中,无需额外提供BOD物质即可去除污水中的总氮。氨氮和硝态氮作为厌氧氨氧化菌化学反应的基质,在浓度适宜时有助于系统发挥脱氮能力,提升总氮的去除率,但过高的浓度反过来又会抑制厌氧氨氧化菌的活性,造成系统脱氮能力下降,总氮去除率降低。因此,厌氧氨氧化工艺主要适用于低浓度低碳氮比的污水处理场景,在面对高浓度的氨氮和亚硝态氮废水处理场景时,也应引入系统的出水对系统进水进行稀释,创造出适宜厌氧氨氧化菌生长的环境。

结语

厌氧氨氧化工艺是一种新型的污水处理脱氮工艺,该系统有低能耗、无需外部碳源的投加、产泥量极低等优点,在生物脱氮污水处理领域具有非常诱人的应用前景。但厌氧氨氧化工艺发展历史较短,截止目前仅有少量的工程应用案例,该系统的开发利用还处在初级阶段,还需要进一步研究其特性,积累工程应用经验,探索影响工艺运行效果的影响因素和各种影响因素相互之间的关系。

参考文献

- [1]陈曦,崔莉凤,杜兵等.温度和PH值对厌氧氨氧化微生物活性的影响分析[J].北京工商大学学报(自然科学版),2006.5:5-8.
- [2]陈曦,崔莉凤,杜兵等.温度和PH值对厌氧氨氧化微生物活性的影响分析[J].北京工商大学学报(自然科学版),2006:5:5-8.
- [3]郑平,张蕾.厌氧氨氧化菌的特性与分类[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2019.5:473-481.
- [4]丁爽,唐崇俭,郑平等.厌氧氨氧化工艺脱氮机理和抑制因素的研究进展[J].化工进展,2010.9:1754-1759.