

硝化 - 反硝化工艺在合成氨、 尿素生产废水处理中的运用及其经济效益分析

余佳照 (潞安化工事业部, 山西 太原 030000)

摘要: 在合成氨、尿素生产废水处理中, 硝化 - 反硝化工艺成本较低, 能够降低废水处理成本, 为企业带来更高的经济效益。基于此, 本文从合成氨、尿素生产废水处理的必要性, 以及硝化 - 反硝化废水处理原理展开论述, 以某地的废水处理工程为例, 分析了该工程在废水处理作业中, 对硝化 - 反硝回流前置工艺、短程硝化 - 反硝工艺、厌氧硝化 - 反硝工艺、同步硝化 - 反硝工艺这几种硝化 - 反硝化工艺在合成氨、尿素生产废水处理措施的运用, 以及硝化 - 反硝化工艺应用的经济效益, 实现了对硝化 - 反硝污水处理工艺应用的探讨。

关键词: 经济效益; 废水处理成本控制; 反硝化

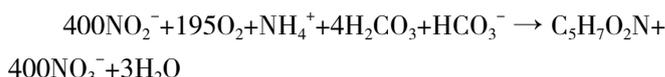
硝化 - 反硝工艺在废水处理领域, 属于一种高效、经济的废水处理方法, 具有良好的市场应用前景。其作为处理废水中氨氮物质的有效方法, 相较于传统的化学处理方法, 无需添加化学药剂, 这使得该工艺的运用, 能够控制污水处理成本, 提高企业的经济效益。为此, 应积极推进硝化 - 反硝化工艺在合成氨、尿素生产废水处理中运用, 充分发挥其的经济性优势, 为工业领域化工生产水平的发展提供助力。

1 合成氨、尿素生产废水处理的必要性

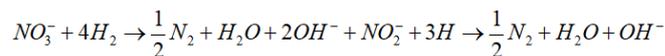
就目前来看, 合成氨、尿素生产是工业领域中的重要生产活动。而这两项生产活动开展的过程中, 会产生大量的废水, 这些废水进行循环利用之后, 其中仍然会残留大量的氨氮物质, 这使得此类废水一旦排放到水体中, 很容易造成水体的富营养化, 对生态环境产生严重的影响, 同时也不利于工业领域的可持续发展。在此背景下, 为了坚持绿色化工的道路, 需要积极探索合成氨、尿素生产废水的处理技术, 并对废水中的氨氮物质进行硝化、反硝化分解, 减少其对自然环境的破坏, 由此为工业领域的健康发展奠定基础。为此, 合成氨、尿素生产废水处理在工业领域发展、环境保护两方面都具有重要的意义。

2 硝化 - 反硝化废水处理原理

硝化 - 反硝化废水处理的核心原理是通过让硝化细菌、反硝化细菌, 与废水中的氨氮物质之间产生硝化、反硝化反应, 由此使这些会造成水体富营养化的氨氮物质氧化分解成硝酸盐和亚硝酸盐后, 再还原成为气体, 减少废水排放对水体的危害。在该核心原理下, 硝化反应的反应方程式为:



在上述反应过程中, 可以看出, 氨氮物质会从 NH_4^+ 转化成为 NO_3^- , 由此成为亚硝酸盐。此时, 由于亚硝酸盐仍然对水体存在影响, 所以需要继续采用反硝化工艺对污水进行继续处理, 反应方程式为:



由此可见, 通过反硝化反应, 氮元素从亚硝酸盐, 转化为了氮气, 同时生成了水和氢氧化物, 由此实现了污水的彻底无害化。在此过程中, 参与和推进反应的主要物质是硝酸菌和反硝化菌。其中, 硝酸菌只有在好氧条件下, 才能与氨氮物质产生反应, 而且这些硝化反应的产生, 还需要二氧化碳等物质作为碳源, 而反硝化菌则属于一种化能异养兼性缺氧的微生物, 需要在缺氧的条件下才能产生反应, 因此, 在硝化 - 反硝化工艺操作上, 通常需要考虑这两种微生物的反应条件, 以保证该废水处理工艺的有效落实。

3 硝化 - 反硝化工艺在合成氨、尿素生产废水处理中运用分析

3.1 案例概述

本文的案例工程, 为某地的废水处理工程, 该工程属于一个废水集中处理工程, 该工程坐落在当地的化学工业区中, 用于处理工业区内合成氨与尿素生产所产生的废水, 该工程每天可处理 10000m^3 的废水。在该工程的污水处理中, 总磷、总氮去除率分别为

91.6%、91.1%。但随着工业区生产规模的扩大，对污水处理的需求也日渐增加，因此，为了更好地满足工业区的污水处理需求，案例工程基于硝化-反硝化工艺，对污水处理体系进行了改造和优化，让总磷、总氮去除率分别提高了17%、21%，极大地提升了污水处理水平。在此过程中，具体的硝化-反硝化工艺应用策略如下：

3.2 硝化-反硝回流前置工艺的应用

回流前置工艺是目前在合成氨、尿素生产废水处理中常用的硝化-反硝化工艺。在此种工艺的应用中，需要将反硝化环节前置到硝化之前，然后让原污水先进入到反硝化池中，然后再进入硝化池中，之后借助回流装置，让硝化池中的废水经过反应后再进入到反硝化池中，这样能够保证废水中硝化细菌的数量能够满足反应需求，同时，也能够通过这种循环，让氨氮物质得到充分的反应，提高废水处理效果。在此过程中，前置的反硝化反应需要在缺氧池中进行，而硝化反应则在好氧池中进行。

在具体的工艺应用上，此项工艺相较于其他类型的工艺，无需复杂的设施安装，而且工艺流程也比较简单，易于维护，这使得此工艺具有成本低、占地小、好管理的优势，但同时，硝化反应过程中产生的酸需要额外进行中和，所以，若使用此工艺，则需要额外付出一些处理费用。基于此，在实际的工艺应用中，需要根据自身的条件和需求，对此项工艺进行合理的选用，由此才能保证此项工艺的应用效果^[1]。案例工程运用此工艺后，废水的脱氮速度和硝化速度如表1所示。

表1 废水的脱氮速度和硝化速度表

水温	脱氮速度	硝化速度
10℃	0.016kg·N/(kg·SS·d)	0.01kg·N/(kg·SS·d)
13℃	0.019kg·N/(kg·SS·d)	0.013kg·N/(kg·SS·d)
15℃	0.021kg·N/(kg·SS·d)	0.016kg·N/(kg·SS·d)
20℃	0.031kg·N/(kg·SS·d)	0.026kg·N/(kg·SS·d)
25℃	0.041kg·N/(kg·SS·d)	0.036kg·N/(kg·SS·d)
30℃	0.056kg·N/(kg·SS·d)	0.051kg·N/(kg·SS·d)

3.3 短程硝化-反硝工艺的应用

在废水处理中，这种短程的工艺目前属于新兴的

工艺类型，其核心应用原理可以被阐释为，通过将氨氮物质的反应控制在亚硝化阶段的同时，运用反硝化反应，使亚硝酸氮直接转化为氮气，由此构建出了一个更短的氨氮物质分解路径，即：

$\text{NH}_4^+ + \text{N}^- \rightarrow \text{NO}_2^- + \text{N}^- \rightarrow \text{N}_2$ 。在此路径下，氨氮硝化、反硝化反应流程被显著压缩，这不仅提高了废水处理的效率，也降低了处理能耗，因此，该工艺被逐步推广到了合成氨、尿素生产的废水处理中。在具体的应用上，可以直接设置一个反应器，用于硝化、反硝化这两项反应的同时进行，而且无需设置其他碳源供应环节，也不需要额外地进行碱度中和处理，由此极大地缩减了废水的处理成本。在此过程中，所需的反应器，其占地面积较小，所以安装过程中无需太长时间的场地整理，但在具体应用中，由于反应器本身的结构相对复杂，因此，需要先做好反应器安装规划，再进行各类配套工艺设施的配置，以保证此项工艺的应用效果。一般来说，这种工艺方法有一个明显的标志，即 NO_2^- 、 N^- 的积累率比较高，所以，在设备运行监测时，可以通过对此项指标进行检测，来确认工艺是否正常运行，以及时发现和处理工艺应用中存在的问题。此外，在该工艺的应用上，还要注意，应尽量将DO的质量浓度控制在0.3~0.7mg/L，借此对NOB进行淘洗，这样可以保持85%~95%左右的亚硝酸盐积累，促进反应的进行，而且无论是硝化还是反硝化反应，均受温度和pH值影响，在此工艺中，温度在15℃以上或pH>8时， NO_2^- 、 N^- 都会开始积累，并达到50%的积累，但如果pH>9，那么积累量则会达到67%，所以，案例工程在应用此工艺时，通常会根据实际需求，对pH值以及温度做出调整，以提高废水处理效果。

3.4 厌氧硝化-反硝工艺的应用

厌氧工艺虽然是应用较早的一种废水处理工艺，但其的效果较好，无需外加碳源，成本低、效率高，因此至今为止，这种工艺仍然广泛地被应用到各类废水的处理中。而合成氨、尿素生产所产生的氨氮废水，是一种典型的适用于硝化-反硝化处理工艺的废水类型，所以，这种厌氧工艺目前也被普遍地应用到了此类废水的处理中。

在具体的应用中，只需要设置一个反应系统，并确保该反应器处于厌氧状态，然后，通过加热保温，让该反应系统始终处于20℃以上的温度环境中，此时，微生物就会通过将氨氮作为电子供体，亚硝酸盐、硝

酸盐作为受体,直接将氨氮从有机物转化为氮气,由此实现对废水的无害化处理。在实际应用过程中,这种工艺的产能较高,成本较低,所以,经常呈现出良好的应用效果。但在应用过程中,需要注意,一定要作为运维工作,并重点加大温度监测工作的质量,同时也要积极运用配套的监控系统,持续监测各项运行参数,以确保系统处于适宜的温度下,以免影响反应的正常进行。此外,还要注意虽然该工艺能够很好地支持自养细菌的生长,但仍然需要做好相应的检测和检查,并及时发现和工艺运行中存在的问题,以保持此项工艺稳定的运行状态,提高污水处理工作质量。案例工程按照进行上述操作后,将反应温度控制在 $30^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$,发现起到污水处理主要作用的AAOB的倍增时长,从10d~14d缩短到了4.8d,极大地提高了污水的处理反应效率,深入优化了硝化-反硝化工艺的应用效果。

3.5 同步硝化-反硝工艺的应用

就目前来看,同步工艺有两种,即传统同步工艺、内循环反应器同步工艺。其中,在传统同步工艺的应用中,需要先调整氧气浓度,将反应池中调整成好氧环境,由此让细菌与废水中的氨氮产生硝化反应,然后再调整成为厌氧环境,让细菌进行反硝化反应,最后将反应生成的氮气收集起来,即可完成废水处理。而在内循环反应器的同步工艺应用中,则需要在传统同步工艺的设施体系内增设一个内循环反应器,由此提高反应效率,优化废水处理水平。这两种同步工艺在应用上均具有成本低、易于操作的优势,但反应时间较长,所以,在实际的废水处理中,需要根据实际的需求和条件予以选用。

在具体的工艺应用中,需要提前做好工艺设施选用,并结合实际的废水处理需求,合理选择设施的尺寸、功率、配置,让工艺设备能够有效支持同步硝化-反硝化反应的运作,同时,在后续的运维中,也要做好各项反应流程的监测,而且要及时根据运行参数情况,通过做好调试、维护,排除故障风险因素,由此保持同步工艺的的稳定运行状态。此外,在工艺应用过程中,温度、pH值等参数,均会对废水处理的效果产生影响,尤其是pH值,如果工艺运行过程中,pH值过高,则会让 NO_2^- 和 NO_3^- 的含量增高,导致氨氮的去除量减少,所以,工艺应用中,务必要做好碱中和操作,及时发现和处理pH值过高的情况,以保证同步硝化-反硝化工艺在合成氨、尿素生产废水处

理中的应用效果,为合成氨、尿素生产水平的发展提供有利条件。案例工程按照上述方案进行操作,并将乙酸作为碳源,同时将碳氮比设置为5:1,曝气时长72min、出水时长24min、沉淀时长48min,结果显示,氮的去除率超过了90%,深入优化了工艺的应用效果。

4 硝化-反硝化工艺应用的经济效益分析

在案例工程中,借助上述手段,对现有的污水处理设施进行了优化更新,建立了硝化-反硝化工艺污水处理体系,以更好地应对生产规模扩大后的污水处理需求。在此背景下,从经济效益来看,由于硝化-反硝化工艺能够确保污水处理后能够顺利达到排放标准,因此,可以有效降低因排污问题产生的罚款等方面的支出,减少了额外支出的风险,同时,该工艺能够在无需大量额外化学药剂投入的情况下,持续进行污水处理,使得企业省去大量的化学药剂成本,让污水处理成本下降了10%,达到了良好的成本控制效果。由此可见,硝化-反硝化工艺的应用能够为企业带来极高的经济效益。此外,虽然前期需要一定的硬件设施、场地建设投入,但硝化-反硝化工艺的设施结构相对简单,对反应条件需求也较低,所以,前期投入的资金量极为有限,而且其相对简单的硬件设施结构,也极大地降低了后期维护工作的难度和支出,这使得该工艺的应用成本较低。为此,该工艺应用过程中,在污水处理成本控制层面带来的经济效益,远远高于前期成本以及维护成本,这使得该工艺的应用具有极高的经济效益,让该工艺在经济效益角度上,拥有良好的市场前景。

综上所述,硝化-反硝化工艺在合成氨、尿素生产废水处理中的有效运用,可以提升工业领域合成氨、尿素生产水平。在废水处理中,通过合理选用各类硝化-反硝化工艺,能够对废水中的氨氮物质进行有效硝化、反硝化分解,可以将氨氮物质转化为氮气和水,消除其对水体的影响,因此,应积极地将硝化-反硝化工艺应用到废水处理中,加快推动合成氨、尿素生产水平的发展,提高企业的经济效益。

参考文献:

- [1] 张帅旗.SBR活性污泥法处理煤气化废水主要运行指标及控制要点[J].广东化工,2022,12(19):90-92.

作者简介:

余佳照(1993-),女,山西浑源人,2019年6月毕业于中北大学,化学专业硕士学位,现为化工助理工程师。