

A/O 工艺处理吉化混合化工废水试验研究*

王俊杰 谢 锐

(吉化研究院, 吉林, 132021)

摘 要 提出了一种化工生产中废水处理的新工艺——Anoxic/Oxic(A/O)工艺。实验室研究结果表明,该工艺能通过硝化-反硝化作用使吉化混合化工废水中 COD、NH₃-N 和 TN 同时得到有效降解,为废水达标排放提供了一条有效途径。

关键词 废水处理 Anoxic/Oxic 硝化 反硝化

分类号 X 78

吉化混合化工废水是由吉化染料厂、炼油厂等多家化工生产企业排放的工业污水和生活污水组成的混合废水,不仅化学需氧量(COD)、氨氮(NH₃-N)、色度高,而且还含有多种有毒有害且难以生化降解的物质。

1980 年建成投产的吉化污水处理厂生化处理部分采用传统的鼓风曝气活性污泥法,由于工艺本身的局限性,出水水质不能达到国家一级排放标准的要求,见表 1。

表 1 污水处理厂传统活性污泥法出水水质
(1992 年上半年统计结果)

污染物 种 类	COD/ mg·l ⁻¹	氨氮/ mg·l ⁻¹	色度/ 倍
传统活性污泥法出水	198	122	152
国家一级标准	100	25	80

在 3 项指标中,COD 和色度超标的原因是废水中存在有色的难以生化降解的有机物,需依靠点源治理方法解决。对氨氮超标的问题,除通过必要的点源治理削减排放总量外,还必须对生化处理工艺进行改进,使之成为具有生物脱氮功能的新工艺。

本研究的目的是探索 A/O 工艺处理吉化混合化工废水的可行性,提出使 COD、NH₃-N 全面达标的方法。

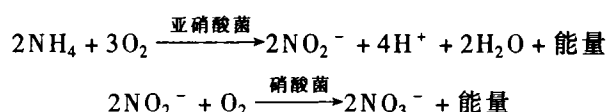
1 A/O 工艺原理

A/O 工艺是具有生物脱氮能力的新型污水生物处理工艺,由缺氧段 A 段和好氧段 O 段组

成,通过硝化-反硝化作用使废水中的有机物和氨氮同时得到去除。

(a)好氧段的生物硝化作用^[1]

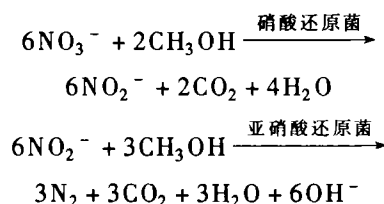
NH₄⁺ 在硝化细菌作用下转化为 NO₂⁻ 和 NO₃⁻ 的过程称之为生物硝化,可用下式表示:



亚硝酸菌、硝酸菌属自养型菌,有强烈的好氧性,硝化作用在好氧段发生,一般要求溶解氧(DO)浓度大于 3.0 mg/l。

(b)缺氧段的生物反硝化作用^[1]

NO₃⁻ 或 NO₂⁻ 在反硝化细菌的作用下被还原为气态氮的过程称之为生物反硝化。反硝化菌属兼性厌氧菌,能在缺氧条件下利用各种有机碳源作为电子供体,以 NO₃⁻、NO₂⁻ 为电子受体,以甲醇为有机碳源时反硝化可用下式表示:



反硝化作用在缺氧段发生,一般要求 DO 小于 0.5 mg/l。

收稿日期:1998-08-01

作者简介:王俊杰,男,30 岁,工程师。1991 年毕业于清华大学环境工程系。现在吉化研究院环保所从事污水处理工艺研究,曾担任吉化污水处理厂改扩建工程科研项目——“A/O 工艺处理吉化混合化工废水”分项负责人。

* 该项目获吉化集团公司 1997 年度科技成果特等奖。

2 试验部分

2.1 试验装置与流程

试验在模拟装置上进行,处理水量为 1.0 L/h,缺氧池容积 2~4 L,池内装有软性填料,

用氮气搅拌,好氧池容积 8 L,底部装有微孔曝气板,整个系统有控温加热装置。系统只设了污泥回流,回流比由气提空气量控制在 1.0~7.0 范围内。污水配水槽容积 100 L,高位槽容积 180 L,高位槽上有流量控制装置,全流程如图 1 所示。

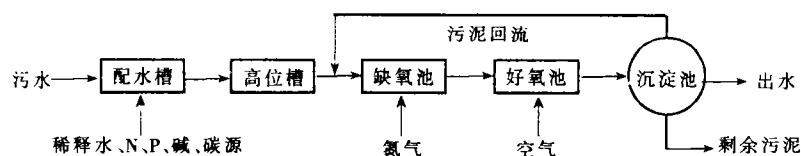


图1 模拟流程图

试验水样取自吉化污水处理厂,根据试验需要取不含生活污水的工业污水和含生活污水的混合废水两类水样。原污水先在配水槽内进行调配再用泵打入高位槽,调配的方法有加稀释水、加氮、磷等营养盐、补充碱度、投加碳源等。高位槽内水控制一定流量进入缺氧池,泥水混合液经好氧池最终流入沉淀池分离,出水排放,污泥回流至缺氧池或间歇地排出系统。好氧池 DO 用溶解氧测定仪测量并通过调节曝气量和回流污泥量调节两池 DO 使 A 段 DO 不低于 3.0 mg/l, O 段 DO 不高于 0.5 mg/l。

2.2 试验过程与结果

2.2.1 污泥驯化

试验用种污泥取自吉化污水处理厂生化曝气池,该污泥能很好地去除碳质 COD,但却缺乏对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除能力,因此,必须对其中的硝化细菌进行培养驯化。

初期驯化是在 30℃ 以上的高温条件下进行的,方法是取得工业污水稀释降低 COD,然后加氮、磷营养盐及碱以适于硝化细菌生长,接入种污泥后在总水力停留时间(HRT)为 11.0 h, A 段、O 段容积比为 1:2 条件下直接启动, A/O 系统运行 1 周后, COD 去除率接近 70%, $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除量达 50 mg/l,表明高温下的培养驯化在短期内完成。此后,由于试验的需要,试验装置要改在 18~20℃ 的低温条件下运行,当温度骤降后,系统很快就失去了硝化作用,因此又开展了低温下的培养驯化。

低温驯化采用闷曝培养-连续培养相结合的方法。在碱度、溶解氧充足条件下,停止进水闷曝 3~5 天,此时可观察到 $\text{NH}_3\text{-N}$ 有大幅度的降低,表明系统内已初步产生了硝化作用,此刻及时恢

复进水继续观察进、出水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的变化。起初 2 次培养未获成功,主要原因是总 HRT 控制过短,仅 11.0 h,导致了废水中有毒物质对硝化作用的抑制。将 HRT 延长至 17.0 h 进行连续培养, $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率开始稳步上升,20 天后, $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除量达到 45 mg/l,表明低温下的污泥驯化已顺利完成。

在污泥硝化作用培养过程中发现,反硝化作用总是同硝化作用同时出现,因此,无需培养驯化反硝化细菌。

污泥驯化结果表明,在高温的夏季和低温的冬季, A/O 工艺的启动方法是不同的,前者可通过控制运行条件直接启动,所需的 HRT 较短;后者要先进行闷曝培养再进行连续培养,所需 HRT 较长,而且需一段相当长的时间才能实现系统的启动。

2.2.2 系统的稳定运行

完成污泥驯化后,系统进入了低温下的稳定运行阶段。之所以选择低温条件运行,主要是要求取得吉化混合化工废水冬季最不利温度下的处理结果,以满足工程设计的要求。稳定运行期为 1 个多月,先在 A 段、O 段容积比为 1:2 的条件下,考察了总 HRT 为 17.0 h、24.0 h 条件下的处理效果。然后固定 O 段容积不变,将 A 段容积减至原来的 1/2,使两段容积比变为 1:4,考察了不同的 HRT 对处理效果的影响。

2.2.2.1 COD 的去除

主要考察了 A/O 工艺本身对 COD 的去除能力和出水 COD 达标所需条件。

在污泥驯化期和稳定运行期都可以观察到 A/O 系统对 COD 的去除。由于 A/O 工艺好氧段 HRT 较传统活性污泥法长些,所以 COD 的去除受 HRT 影响很小,但却与配制水样的水质有很

大关系,将试验过程中 3 种不同类型配水的 COD 去除率数据统计结果汇总于表 2。

表 2 3 种类型配水 COD 去除率统计结果

进水类型	COD 去除率范围, %	COD 平均去除率, %
不含生活污水的工业污水	60.0 ~ 71.4	65.6
含生活污水的混合废水	68.1 ~ 73.4	70.7
乙醇为碳源的配水	80.0 ~ 84.3	82.1

表 2 统计结果表明, A/O 工艺对碳质 COD 有很强的去除能力,因此,吉化混合化工废水处理,出水能否达标将取决于其可生化性。但就目

前工业污水和混合废水 COD 去除率水平而言,其可生化性并不很好,这主要是受工业污水中难生化降解物质的影响。

吉化 30 万 t/a 乙烯工程投产及点源治理后,吉化混合化工废水将增加碳源并减少不可生化降解的 COD,同时废水量的增加还会对老装置的工业污水起到一定的稀释作用,这对出水 COD 的达标是有利的。下面结合模试结果说明出水 COD 达标所需的进水条件。

将模试过程中工业污水占不同比例的配水相应的出水 COD 进行了统计,结果见表 3。

表 3 工业污水占不同比例时出水 COD

工业污水占 配水比例	6 次配水相应的出水 COD/mg·l ⁻¹						平均出水 COD/ mg·l ⁻¹
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	
1/2	157	150	146	135	130	118	139
1/3	103	100	86	82	79	68	86

根据表 3 结果进行插值分析,若使出水 COD ≤ 100 mg/l,工业污水占比例应为 0.35。实际上由于新增的碳源不可能被完全降解,因此,在计算老装置点源治理应削减的不可生化 COD 时,可假定新增废水处理出水 COD 为 100 mg/l,通过表 3 计算,点源治理应去除原工业污水中不可生化 COD 总量的 1/3 以上,才能使最终出水 COD ≤

100 mg/l。

2.2.2.2 NH₃-N 的去除

NH₃-N 的去除是在 O 段通过硝化作用实现的,所以 O 段的 HRT 将会对 NH₃-N 的去除带来直接的影响。不同的 HRT 对 NH₃-N 去除效果的影响见表 4。

表 4 不同的 HRT 对 NH₃-N 去除效果的影响¹⁾

总 HRT/ h	O 段 HRT/ h	进水 NH ₃ -N/ mg·l ⁻¹	出水 NH ₃ -N/ mg·l ⁻¹	NH ₃ -N 去除率, %	硝化比速率/ kgNH ₃ -N/kgMLVSS·d
17.0	11.3	69	24	65.4	0.059
24.0	16.0	69	15	78.3	0.051

1) 运行条件: 温度: 18 ~ 20 ℃; O 段溶解氧: ≥ 3.0 mg/l; 挥发性污泥浓度 (MLVSS): 1.6 g/l

由表 4 可见, 2 个不同 HRT 条件下, NH₃-N 均有较大程度的去除,说明低温下 A/O 工艺对吉化混合化工废水有着良好的去除 NH₃-N 的能力,而且 HRT 较长时更有利于 NH₃-N 的去除。但从硝化比速率看, HRT 的延长在一定程度上导致了反应速率的降低,这说明硝化作用已开始受到碱度、底物浓度等条件的限制。

吉化混合化工废水预定的生化进水 NH₃-N 浓度是 75 mg/l,出水指标为 25 mg/l,在此浓度下,底物浓度的限制不是影响硝化作用的主要因素。在废水碱度通过投加碱的方式满足硝化需求

后,出水 NH₃-N 的达标将取决于 O 段 HRT 的选择。按模试取得的硝化比速率 0.059 kgNH₃-N/kgMLVSS·d, MLVSS 1.6 g/l 估计,出水 NH₃-N 小于 25 mg/l 所需的 O 段 HRT 最短应为 12.7 h。

2.2.2.3 总氮(TN)的去除

O 段发生硝化作用的同时, A 段发生反硝化作用。虽然在 A/O 系统中还存在着同化作用,但 TN 的去除大都是通过 A 段反硝化实现的。试验后期在相同的 O 段 HRT 下,考察了 A 段 HRT 改变时投加碳源的配水的 TN 去除效果,见表 5。

表 5 不同的 A 段 HRT、相同的 O 段 HRT 的 TN 去除效果¹⁾

A 段 HRT/ h	O 段 HRT/ h	进水 TN/ mg·l ⁻¹	出水 TN/ mg·l ⁻¹	TN 去除率, %	反硝化比速率/ kgNO _x -N/kgMLVSS·d
8.0	16.0	76	24	68.4	0.062
4.0	16.0	79	26	67.1	0.086

1) 运行条件: 温度: 18 ~ 20 ℃; A 段溶解氧: ≤ 0.5 mg/l; MLVSS: 1.6 g/l

表 5 结果表明,投加乙醇作为有机碳源时,A/O 工艺对吉化混合化工废水有良好的脱氮作用。A 段 HRT 8.0 h 和 HRT 4.0 h 两组试验结果相比较,TN 去除率相近,但反硝化速率却出现很大差异。结合 A 段出水 NO_3^- -N 和 NO_2^- -N 仍能够检出这一分析结果,可以断定系统存在碳源不足的问题,碳源不足时,有效的 HRT 相对缩短,此时 A 段选择较长的 HRT 直接导致了硝化比速率的降低。

吉化混合化工废水中新增碳源后,水质情况与投加乙醇的模式水质不可能完全相同,因此,要使脱氮作用能够在较高的反应速率下进行,必须根据实际水质条件的变化对 A 段、O 段容积比进行调节。根据模式结果估计,两段容积比可在 1:4 ~ 1:2 间选择。

2.3 分析讨论

2.3.1 温度的影响

与去碳菌和反硝化菌相比,硝化细菌对温度的变化更敏感。污泥培养驯化过程中温度对驯化程序和驯化时间的显著影响说明了温度对硝化细菌的生长至关重要。从模式运行过程中观察到,温度低于 18℃ 时,硝化作用进行十分困难。吉化混合化工废水夏季温度高达 30℃,冬季温度 18℃ 左右,其中一项有利的措施是将化肥生产过程中产生的一股高温废水引入到生化处理装置,如将传统活性污泥法改造为 A/O 工艺,这股废水的进入是保证温度的必不可少的条件。在此条件下,吉化混合化工废水能够在全年时间里进行生物脱氮处理。

2.3.2 碱度对硝化的影响

碱度是生物硝化必需的物质条件,模式过程中曾出现因碱度不足导致硝化比速率下降,见图 2。

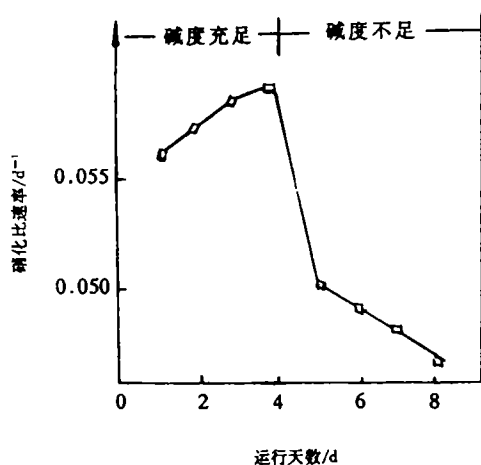


图 2 碱度不足对硝化比速率的影响

吉化混合化工废水碱度主要来源是中和系统投加的电石渣。碱度的另外一个来源是反硝化产生的碱度,但这部分碱度很有限。根据模式进、出水碱度分析结果估计,要使 NH_3 -N 从 75 mg/l 降至 25 mg/l,吉化混合化工废水总碱度不能低于 7.0 mmol/l。

2.3.3 回流比与脱氮效率的关系

碳源充足时,A/O 系统的理论脱氮效率(E)与回流比(R)存在如下关系^[2]:

$$E = \frac{R}{1+R} \times 100\%$$

将模式 E 、 R 对应关系与理论 $E \sim R$ 曲线相比较(图 3),结果其大部分 R 对应的 E 值都较理论值低,这是废水中碳源不足导致的结果。实际上,吉化混合化工废水的碳源比模式投加乙醇的配水还要低,较保守地估计,A/O 工艺能实现 50% 的脱氮效率,则需要的污泥回流比 R 小于 100%,因此,不需混合液回流。

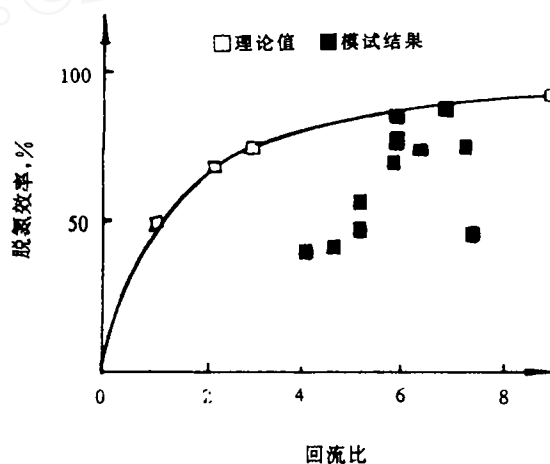


图 3 脱氮效率 E 与回流比 R 的关系

3 结论

采用 A/O 工艺处理吉化混合化工废水,可以使废水 COD、 NH_3 -N 同时得到降解,并使 TN 得到一定程度的去除。在点源治理的前提下,将传统活性污泥法改为 A/O 工艺,选择适当的 A 段、O 段的 HRT,控制碱度、溶解氧、回流比等条件,可实现 COD、 NH_3 -N、色度的全面达标。

A/O 工艺为吉化混合化工废水的生化处理提供了可行的技术路线,为吉化 30 万 t/a 乙烯工程配套的吉化污水处理厂改扩建初步设计提供了

基本依据。

参 考 文 献

1 钱易等.现代废水处理新技术.第1版.北京:中国科学技术出版社,1993.280~294

2 秦麟源.废水生物处理技术.第1版.上海:同济大学出版社,1989.310~328

A STUDY ON A NEW WASTEWATER TREATMENT PROCESS—— ANOXIC/OXIC FOR CHEMICAL PLANTS WASTEWATER IN JCGC

Wang Junjie Xie Rui

(Research Institute of Jilin Chemical Group Corporation, Jilin, 132021)

ABSTRACT

A new wastewater treatment process consisting of anoxic and oxic unit (A/O process) has been developed in this study for chemical plants wastewater. The experiment for chemical plants wastewater of JCGC carried out in a laboratory has proved this process to be an effective way for reducing COD、NH₃-N and TN Simultaneously by nitrification and denitrification. By this way, parameters of the effluent including COD and NH₃-N may meet the discharge standards issued by national EPA.

Keywords: Wastewater treatment, Anoxic/Oxic, Nitrification, Denitrification

期刊信息

欲全面掌握最新化工科技与市场信息,请订阅:

1999年《化工商品科技》杂志

——致力于推动化工科技走向市场的综合性信息媒体

现代化工界人士迎接科技、市场与信息时代的首选刊物

●由全国化工商品情报中心站主办,中央级科技信息类月刊,发行量一万多份,1999年全面改版,内容出新,服务全面,大16开国际标准版本,72页四封彩色精印,每期定价9.8元,全年订价117.6元,国内统一刊号:CN12-1267/TQ

●以发展中国化工信息产业为己任,以科学技术是第一生产力为指导思想,以推动化工、石化科技成果的商品化、产业化为目标,全面报道国内外最新化工技术及市场动态、发展趋势,融科技、新闻、信息、市场于一体,为中外化工企业提供全方位化工科技信息服务。

●主要栏目:政策导向、专家点评、新产品新技术、实用技术转让、市场综述、技术发展动态、难题求解、企业之光、自由论坛、世界化工潮流、本月话题、计算机与化工等二十多个栏目。

●凡本刊订户可免费或优惠刊登本单位新产品、新技术及技术转让、难题求解信息。

●全国各地邮局均可订阅,邮发代号82—925,或与该刊编辑部联系索要订单。

●欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告

通讯处:北京2809信箱 《化工商品科技》杂志编辑部

电 话:(010)62214345 62214342 62214349

邮 编:100044 传 真:(010)62214346

网 址:www.chemchina.net 或 www.hcinfo.com.

cn/hg E-mail:chem@hcgroupp.com

备注:同时本编辑部还出版网刊《中国化工市场快讯》周刊,有意入网者请与本刊编辑部联系。

1999年《弹性体》征订启事

《弹性体》是国内外公开发行的中央级弹性体行业技术性刊物。由国家石油和化学工业局主管,化工部合成橡胶信息总站主办,吉化集团公司研究院出版。本刊以理论性、实用性、技术性与信息性为特色,主要报道合成橡胶(通用胶和特种胶)、胶乳、天然橡胶及其改性、橡塑共混改性及合金材料的科研、生产和加工应用技术。刊登有关弹性体工业的技术开发、技术改造、技术进展、技术经济评价等方面的专论、综述、预测以及刊登技术讲座、外商技术座谈和出国考察报告等。

本刊为从事弹性体科研的院所、生产和加工应用厂家、高校等单位的专家、教授、广大科技人员、管理干部服务,促进我国弹性体工业的发展。

本刊常年开展广告业务,进行厂家介绍和产品宣传,欢迎广为利用。

本刊为季刊,每季季中出版,国际标准刊号ISSN1005-3174,国内统一刊号CN22-1229/TQ,每期定价9.00元,全年36.00元,需订阅者可直接与编辑部联系,汇款由银行、邮局汇来均可。

编辑部地址:吉林省吉林市遵义东路27号

邮政编码:132021

电 话:(0432)3977797 3973377

通过银行汇款:中国工商银行吉林市分行吉化办事处

帐 号:11802490350857

户 名:吉林市吉研化工技术信息研究所