

基于主成分分析法的高海拔 A²/O 工艺特性研究

宗永臣^{1,2}, 张永恒², 陆光华^{1,2}, 陈相宇²

(1. 西藏农牧学院高原生态研究所, 西藏高原森林生态教育部重点实验室,
西藏林芝高山森林生态系统国家野外科学观测研究站, 西藏自治区高原森林生态实验室,
西藏自治区生态安全联合实验; 2. 西藏农牧学院水利土木工程学院, 西藏林芝 860000)

摘 要: 以高海拔下 A²/O 工艺实验数据为支撑, 运用主成分分析法分析了 A²/O 工艺的实验特性。对水力停留时间 (HRT) 和污泥停留时间 (SRT) 的 TN、TP、COD 3 类水质指标去除率进行主成分分析。结果表明, 已有 HRT 和 SRT 下 A²/O 工艺出水均不能 GB 28918—2002 达到一级 A 标准, 应进一步采取措施改善出水水质; 评价综合得分随着 HRT 和 SRT 的增加而减小, 即 HRT 和 SRT 的延长可以在一定程度上改善出水水质, SRT 以 14~18 d 为宜。

关键词: 主成分分析; A²/O; 水力停留时间; 污泥停留时间; 综合得分

中图分类号: X703.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-3770(2018)09-0116-004

近年来, 西藏已经建成或在建的典型污水处理厂有 20 余座。调查发现, 现有污水处理厂运行状况并不令人满意, 其主要原因为脱氮除磷效果不佳, 其具体体现为 TN、TP、COD 等去除率较低^[1-2]; 其外在原因是西藏属于典型的高原地带, 水温和溶解氧对污水处理系统工况产生影响, 进而影响了污水处理效率。现有研究表明, 对于给定的处理工艺, 其入水水质 (如 BOD、流量等) 及其环境因子 (如水温、溶解氧、污泥含量等) 对污水处理效果影响较为显著^[3]; 不同地区的 A²/O 工艺城市污水生物处理系统聚类及 ANOSIM 等分析的结果表明, 不同地区城市污水生物处理系统微型动物群落结构整体上存在显著的差异性^[4]。

目前, 学者对西藏所处的极端水温、强紫外线等特有环境要素尚未开展相关系统的研究。对各类污水处理工艺的运行机制和原理等方面的探讨尚处于空白阶段。鉴于上述原因, 以探讨水温对高海拔污水处理工艺的影响为目的, 以 A²/O 工艺为研究载体, 采用中试规模对生活污水处理, 探讨水温、停留时间等影响较大因素对高原污水处理运行特性的影响为目标, 采用主成分分析法分析 TP、TN、COD 等 3 项水质指标出水的变化规律, 以期后续深入研究和科学

评价高海拔污水处理工艺处理效率提供重要参考。

1 实验部分

1.1 装置与流程

研究设计并制作了 1 套实验室规模的 A²/O 污水处理中试装置, 其工艺流程如图 1 所示。

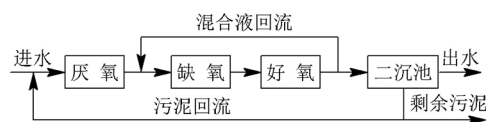


图 1 A²/O 工艺流程

Fig.1 Schematic diagram of A²/O process

中试装置采用树脂玻璃制成, 有效容积为 40 L, 分为 8 格, 前 2 格为厌氧池, 中间 2 格为缺氧池, 后 4 格为好氧池, 3 部分的体积比为 1:1:2。厌氧池、缺氧池底部均设有搅拌装置, 好氧池底部设有曝气头供氧。实验进水、回流污泥和硝化液采用蠕动泵控制。实验中为保证恒温采用恒温循环器控制水温, 另各池壁均设有取样口。内回流、外回流体积比分别为 150%、100%。

以水温、水力停留时间 (HRT) 和污泥停留时间 (SRT) 为主要控制参数, 以城市生活污水为处理对象, 分析测定 TP、TN、COD 等 3 项水质指标去除率

收稿日期: 2018-04-08

基金项目: 西藏高原生态安全联合重点实验室开放基金课题 (STX2018-04), 国家自然科学基金项目 (51868069, 51769034), 西藏自治区高等学校科研创新团队“高原水环境保护与水生态安全”, 西藏科技厅地区自然科学基金项目 (2016ZR-15-35), 西藏大学农牧学院雪域人才计划项目 (2015XYD09, 2015XYA01)

作者简介: 宗永臣 (1976—) 男, 副教授, 博士研究生, 研究方向为水污染控制, 联系电话: 18184975986, 电子邮件: zyc_2001@sohu.com

联系作者: 陆光华, 博士, 教授, 博士生导师, 电子邮件: ghlu@hhu.edu.cn

的变化规律。

1.2 基于 SPSS 的主成分分析法

主成分分析是采用降维的思想方式,将多个指标信息在尽量损失少信息的前提下转化为几个主要维数的一种多元统计方法。通常称转化生成后的主要综合指标维为主成分,这些主成分概括了研究对象的主要信息。这使得原来复杂的多个指标简化成少量的主成分,使问题得以简化,提高分析效率^[5]。而 SPSS 于 20 世纪 60 年代末由美国斯坦福大学研制,可实现因子分析、主成分分析、聚类分析等运算^[6]。本文采用 SPSS 的主成分分析功能。

标准数据:研究目的为各水质指标出水的变化规律,为了统一评价标准,研究中提取 GB 28918—2002 中有关 TP、TN、COD 的一级 A、一级 B、二级、三级水质标准指标,(其中关于 TN 的二类、三类标准无规定,为便于评价开展分别暂定为 30 和 40)^[7]。

1.3 分析方法

分析方法均按照文献[8]进行。COD 为重铬酸钾法,TN 含量测定为碱性过硫酸钾光度法,TP 测定方法为过硫酸钾氧化法。

2 结果与讨论

2.1 不同 HRT 下的运行情况

不同 HRT 下的运行情况分别见图 2~图 4。

由图 2~图 4 可知,在高海拔环境下 A²/O 工

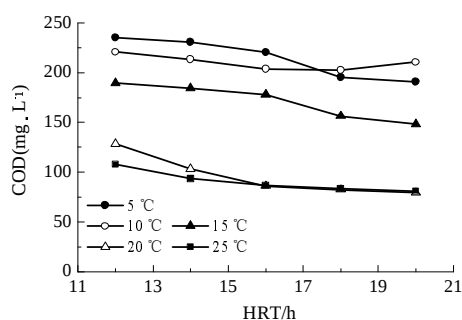


图 2 不同 HRT 下的 COD 的变化

Fig.2 Change of COD with different HRT

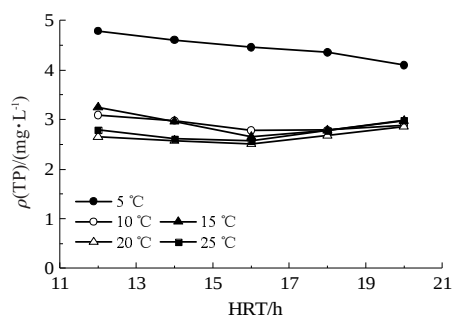


图 3 不同 HRT 下的 TP 含量的变化

Fig.3 Change of TP content with different HRT

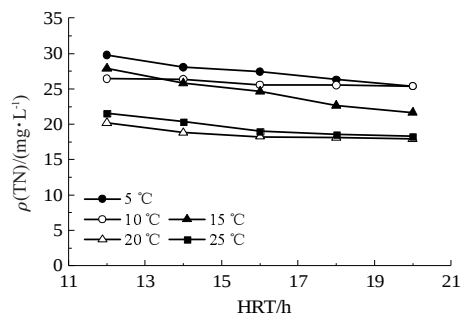


图 4 不同 HRT 下的 TN 含量的变化

Fig.4 Change of TN content with different HRT

艺中试结果中 TP、TN、COD 等 3 项指标均不满足 GB 18918—2002 的一级 A 水质标准,仅 COD、TN 等 2 项指标在部分情况达到 1 级 B 标准。其中随着水温和 HRT 的增加,出水 COD 逐步降低,而出水 TP 含量也随着温度和 HRT 的增加降低,出水 TN 含量总体随着温度增加而降低,但其并不随着 HRT 增加而降低,这部分结果与相关文献几乎一致^[9]。

2.2 不同 SRT 下的运行情况

根据 2.1 节结果,研究不同 SRT 下的 TP、TN、COD 去除情况,其中 HRT 根据选为 14 h,运行结果见图 5~图 7。

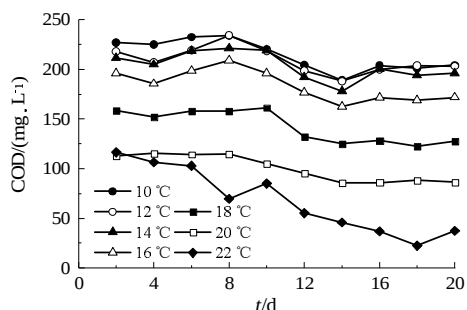


图 5 不同 SRT 下的 COD 的变化

Fig.5 Change of COD with different SRT

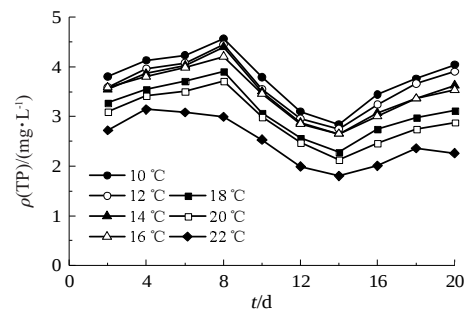


图 6 不同 SRT 下的 TP 含量的变化

Fig.6 Change of TP content with different SRT

由图 5~图 7 可知,在高海拔环境下 A²/O 工艺中试结果中 TP、TN、COD 等 3 项指标均不满足 GB 18918—2002 的一级 A 水质标准。其中随着水温和 SRT 的增加,出水 COD 逐步降低,而出水 TP 含量

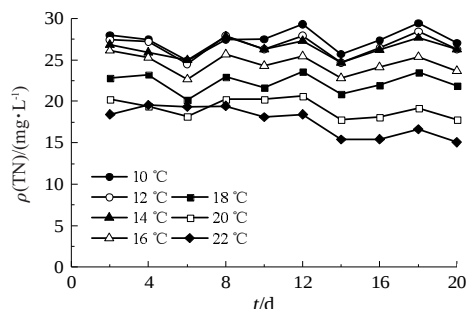


图7 不同SRT下的TN含量的变化

Fig.7 Change of TN content with different SRT

也随着温度和SRT的增加降低,出水TN含量总体随着温度增加而降低。各温度下SRT为14~18 d出水为佳,这与文献[10]所提及的17 d的SRT相近。

2.3 主成分分析

运用SPSS开展主成分分析,其中标准化矩阵、相关系数矩阵计算省略。主成分提取原则:1)特征值不小于1.00;2)累计不小于85%。计算得到出水1A标准、1B标准、2级标准、3级标准所对应的综合得分分别为-1.676 1、-1.079 9、0.621 4、2.134。

计算各工况的综合得分见图8和图9。

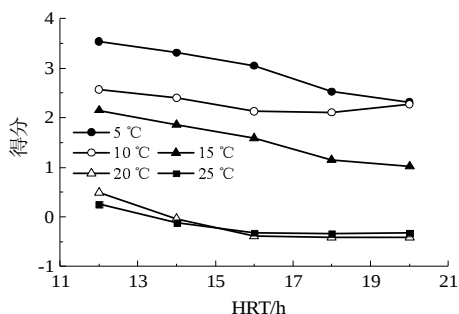


图8 不同HRT下评价结果

Fig.8 Evaluation results under different HRT

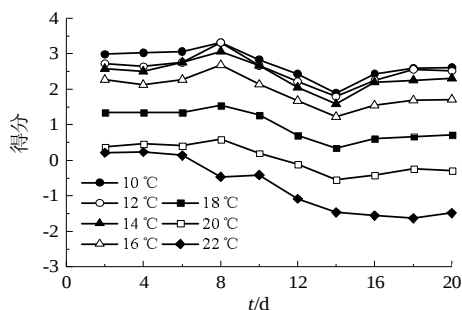


图9 不同SRT下评价结果

Fig.9 Evaluation results under different SRT

由图8可知:1)从综合得分上显示出所有工况均没有达到1级B出水标准;2)同一HRT下,当水温升高时出水水质变好;3)同一水温时,HRT增加总体上导致其出水水质变好。与图2~图7以及文献[11]所描述趋势一致。

由图9可知:1)从综合得分上显示所有工况均没有达到1级A标准,仅有部分工况可以达到1级B标准;2)同一SRT下,水温升高其出水变好;3)同一水温下,出水水质先是随着SRT变长而变好,而后出水水质逐渐回弹,而各温度下泥停留时间12~16 d的规律非常明显,这与文献[12]所描述的优化SRT完全一致。

3 结论

在SPSS软件的支持下,运用主成分分析法开展了高海拔下A²/O工艺的实验特性研究,通过对A²/O工艺的TN、TP、COD 3类水质指标的综合评价得分分析发现:

1)在文中所涉及的HRT和SRT下,出水均未满足GB 18918—2002,其相关措施或工况应在后续实验中进一步探讨;

2)运用主成分分析法所得结果显示,HRT和SRT二者的增加会导致处理效果的整体好转,但现有水质和环境因子下SRT以18 d为佳;

3)研究结果表明,可采用主成分分析法对高海拔的A²/O工艺开展实验运行特性分析,其所得结论与已有研究成果、实验数据保持极大的一致性。

参考文献:

- [1] 宗永臣. 西藏地区自然环境对污水处理效果的影响初探[J]. 市政技术, 2017, 35(3): 132-135.
- [2] 陈相宇, 郝凯越, 苏东, 等. A²/O法处理高海拔地区污水的特性研究[J]. 水处理技术, 2018, 44(2): 93-96.
- [3] 刘珂, 肖慧慧, 段明君, 等. 城镇污水处理厂A²O工艺细菌群落结构特征分析[J]. 广西大学学报(自然科学版), 2012, 37(5): 1018-1026.
- [4] 胡波. 城市污水生物处理系统微型动物群落: 结构、动态及影响因素[D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2012.
- [5] LIU J, YANG M, QI R, ET al. Comparative study of protozoan communities in full-scale MWTPs in Beijing related to treatment processes[J]. Water Research, 2008, 42(8): 1907-1918.
- [6] MCNAMARA K, O'DONOGHUE K, GREENE R A. Intrapartum fetal deaths and unexpected neonatal deaths in the Republic of Ireland: 2011-2014; a descriptive study[J]. BMC Pregnancy Childbirth, 2018, 18(1): 9.
- [7] 城镇污水处理厂污染物排放标准: GB 28918—2002[S].
- [8] 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法[M]. 4版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [9] 赵丰, 戴兴春, 黄民生. 温度对A²/O工艺脱氮影响的研究[J]. 环境科学与技术, 2010, 33(3): 49-53.
- [10] 郭玉梅, 吴毅辉, 郭昉, 等. 某污水厂A²O和倒置A²O工艺脱氮除磷性能分析[J]. 环境工程学报, 2015, 9(5): 2185-2190.
- [11] WANG W, CHEN S, BAO K, ET al. Enhanced removal of contaminant using the biological film, anoxic-anaerobic-aerobic and electro-

coagulation process applied to high-load sewage treatment[J].Environmental Technology,2014,35(7):833-840.

[12] SAKAI K, MIYAKE S, IWAMA K, et al. Polyhydroxyalkanoate (PHA)

accumulation potential and PHA-accumulating microbial communities in various activated sludge processes of municipal wastewater treatment plants[J].Journal of Applied Microbiology,2015,118(1):255.

Study on Process Characteristics of High Altitude A²/O Process Based on Principal Component Analysis

ZONG Yongchen^{1,2}, ZHANG Yongheng², LU Guanghua^{1,2}, CHEN Xiangyu²

(1.Res. Institute of Tibet Plateau Ecology, Tibet Agriculture & Animal Husbandry University; Tibet Key Laboratory of Forest Ecology in Plateau Area, Ministry of Education; National Key Station of Field Scientific Observation & Experiment; Key Laboratory of Forest Ecology in Plateau Area, Tibet Autonomous Region; United Key Laboratories of Ecological Security, Tibet Autonomous Region;

2.Water Conservancy Project & Civil Engineering College, Tibet Agriculture & Animal Husbandry University; Linzhi 860000, China)

Abstract: Based on the experimental data of A²/O process at high altitude, the operation characteristics of the A²/O process were analyzed by principal component analysis (PCA). The PCA of TN, TP, COD, NH₄⁺-N removal rate by hydraulic retention time (HRT) and sludge residence time (SRT) was carried out. The results showed that, the effluent with existing HRT and SRT in A²/O process could not meet first level A standard of GB 28918—2002, and further measures should be taken to improve the effluent quality. The comprehensive score decreased with the increase of HRT and SRT, that was, the extension of HRT and SRT could improve the effluent quality in a certain, the appropriate SRT was 14~18 d.

Keywords: PCA; A²/O; HRT; SRT; comprehensive score

(上接第 115 页)

参考文献：

- [1] 何金圣,徐立平,杨积顺.野外超滤膜净水装置的设计及研制[J].中国医疗设备,2013,28(6):31-33.
- [2] 刘传胜,苏雅,梁好,等.一种小型单兵净水装置:CN2016202282079[P].2016-09-21.
- [3] 梁好,刘传胜,苏雅,等.便携式野外净水壶的除菌性能及其水处理效果研究[J].应用化工,2017,46(6):1225-1228.
- [4] 生活饮用水卫生标准:GB 5749—2006[S].
- [5] 肖凯军,朱子沛,易立中.一种负载纳米银抗菌复合纳滤膜及其制备方法:CN201610609458.6[P].2016-07-28.
- [6] 肖凯军,王文霞,何婷林,等.一种载银烧结活性炭及其制备方法:2013107167078[P].2015-04-22.
- [7] 地表水环境质量标准:GB 3838—2002[S].
- [8] 生活饮用水测试标准:GB/T 5750—2006[S].
- [9] 王忠明,黄天寅,陈家斌,等.载银活性炭活化过硫酸钠降解酸性橙[J].环境科学,2015,36(11):4127-4134.
- [10] ZHANG S, WU D, WAN L, et al. Adsorption and antibacterial activity of silver-dispersed carbon aerogels[J].J Appl Polym Sci,2006,102(2):1030-1037.

- [11] RAI M, YADAV A, GADE A. Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials[J].Biotechnol Adv,2009,27(1):76-83.
- [12] SOKMEN M, CANDAN F, SUMEN Z. Disinfection of *E. coli* by the Ag-TiO₂/UV system: lipidperoxidation[J].J Photochem Photobiol A,2001,143(2/3):241-244.
- [13] 汤斌,张庆庆.光析出二氧化钛负载银膜的制备及其光催化特性[J].感光科学与光化学,2003,21(5):328-333.
- [14] MORENO-CASTILLA C, PEREZ-CADENAS A F, MALDONADO-HODAR F J, et al. Influence of carbon-oxygen surface complexes on the surface acidity of tungsten oxide catalysts supported on activated carbons[J].Carbon,2003,41(6):1157-1167.
- [15] OUTLAW R A, WU D, DAVIDSON M R, et al. Study of the oxygen transport through Ag(110), Ag(poly), and Ag 2.0 Zr[J].J Vac Sci Technol A,1992,10(4):1497-1502.
- [16] EBERHART M E, DONOVAN M M, OUTLAW R A. Ab initio calculations of oxygen diffusivity in group-IB transition metals[J].Phys Rev B,1992,46(19):12744-12747.
- [17] 张延坤,李迎凯,梁增辉,等.单兵野战净水装置的研制[J].解放军预防医学杂志,2004,22(6):416-418.

Development and Performance Evaluation of Soldier Purification Kettle

LIANG Hao, LIU Chuansheng, GU Jingjing, CHEN Yingjun, WU Jiaquan

(Institute of Purification Water, Logistic Department of Guangzhou Military Area, Guangzhou 510500, China)

Abstract: To solve the problems of traditional soldier purifier with low pollution resistance, short lifespan and poor portability, a soldier water purification kettle was developed by integrating soldier kettle with efficient combined filter composed of PP cotton membrane, modified PES ultrafiltration membrane and silver loaded sintering carbon. Results showed that the soldier water purification kettle had the advantages of good purification efficiency, high pollution resistance, good antibacterial property and good portability. As the silver mass fraction of filter element was maintained at 1%, raw water from Longdong reservoir, Pearl River and Luhu with different levels of contamination could be manually purified and the effluent quality could reach the national drinking water standard of GB 5749—2006. Furthermore, the corresponding purification amount of 40 L, 35 L, 35 L and water volume flow rate of 379 mL/min, 284 mL/min, 250 mL/min, respectively, could also meet the need of drinking water within 7 d under wild environment for soldier.

Keywords: soldier water purification kettle; ultrafiltration membrane; silver loaded sintering carbon; pollution resistance; antibacterial