

包头市北郊水质净化厂除臭工艺运行实践

鲍学敏^{1*}, 肖作义¹, 郑春丽², 范博¹, 朱信成¹, 杜瑞³, 赵长青³

(1. 内蒙古科技大学能源与环境学院, 内蒙古包头014010; 2. 内蒙古科技大学数理与生物工程学院, 内蒙古包头014010; 3. 包头市北郊水质净化厂, 内蒙古包头014010)

摘要:介绍了包头市北郊水质净化厂除臭装置以及运行实践, 除臭设备选择在生物滤池缺氧段放置生物培养箱, 以污泥回流的方式进行全过程生物除臭工艺为主, 在格栅以及脱水机房局部物理除臭工艺为辅的联合型除臭处理设施。实践运行结果表明, H_2S 的平均去除率达 86.2%, NH_3 的平均去除率达到 77.5%, 整个厂区臭味感官指标达到一级。

关键词:水质净化厂; 除臭工艺; 运行实践

中图分类号: X512

文献标志码: A

文章编号: 0253-4320(2015)12-0128-03

DOI: 10.16606/j.cnki.issn 0253-4320.2015.12.034

Practice of deodorization process for Baotou northern suburban water purification plant

BAO Xue-min^{1*}, XIAO Zuo-yi¹, ZHENG Chun-li², FAN Bo¹, ZHU Xin-cheng¹, DU Rui³, ZHAO Chang-qing³

(1. College of Energy and Environment Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou 014010, China; 2. College of Mathematics, Physics and Bioengineering, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou 014010, China; 3. Northern Suburban Water Purification Plant, Baotou 014010, China)

Abstract: The deodorization unit of Baotou northern suburban water purification plant and its practice are introduced. Among the deodorization unit, the biological incubators are chosen to be placed in the anoxic zone of biological filters. The entire biological deodorization by sludge return is predominant, which is combined with the physical local deodorization process with grid and dewatering room. The practical results show that removal rate of H_2S and NH_3 can reach 86.2% and 77.5%, respectively. The entire plant odor sensory index can achieve the first-level.

Key words: water purification; deodorization; operation practice

当今社会, 恶臭污染已成为全球七大典型公害之一^[1], 其来源非常广泛, 有工业、农业及市政污染源, 其中最受人们关注的是由污水处理过程中所散发的恶臭气体^[2-3]。对于恶臭污染的研究也愈来愈得到重视, 治理恶臭污染已被列为我国“十五”环保六大重点攻关项目之一^[4]。随着包头城市扩建, 北郊水质净化厂周围已被阳光小区、保利小区等居民公寓以及娱乐场所包围。由于生活水平的提高, 居民对空气质量要求越来越高, 因此, 水质净化厂除臭刻不容缓。2013年底, 包头市北郊水质净化厂新的除臭工艺正式运行, 该工艺总投资约 400 万元。Gostelow 等^[5]根据 H_2S 的散发情况来评定污水处理厂的臭气分布情况, 发现二者之间存在一定的联系, 散发臭气中很大一部分原因是因为 H_2S 气体的存在, 就大部分污水厂而言, 臭气以 H_2S 和 NH_3 为主, 同时伴随少量挥发性有机物, 对感官和身体都有一定的负面影响^[6], 因此可以根据 H_2S 和 NH_3 的浓度来估量该水质净化厂臭气的散发情况, 结合个人感官从而评估除臭效果。

1 包头市北郊水质净化厂简介

1.1 水质、水量情况

包头市北郊水质净化厂是包头市第一座以二级处理等级建设运行的城市污水处理厂, 该厂污水来源主要是居民生活用水、公共生活用水以及部分工业用水。设计规模为 $1 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{d}$, 日处理量约 $7 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

1.2 除臭工艺情况

1.2.1 水质净化厂水处理工艺

水质净化厂处理工艺构筑物如表 1 所示。

表 1 水质净化厂处理工艺构筑物

| 构筑物 | 粗格栅 | 中格栅 | 细格栅 | 沉砂池 |
|------|-----|-----|-----|-----|
| 数量/座 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 构筑物 | 初沉池 | 生化池 | 二沉池 | 净车间 |
| 数量/座 | 2 | 1 | 2 | 1 |

根据该水质净化厂水处理工艺以及对其嗅觉感官可知, 在格栅、沉砂池以及脱水机房散发的臭气较

多。有些气体会对机器和管道有不同程度的腐蚀,造成一定的经济损失。该净水厂使用格栅与进水泵房为合建式脱水机房,使用浓缩压榨一体机。

1.2.2 水质净化厂除臭工艺

传统的除臭工艺有物理除臭、化学除臭和生物除臭,而城市污水的生物除臭一般多用传统的生物滤池和生物滴滤池等,都是局部抽取再处理^[7-8]。北郊水质净化厂常用根据所在区域污水厂臭气散发强弱的情况来进行全过程生物除臭,同时对该污水厂臭气散发严重部位进行局部除臭,该水质净化厂除臭工艺如图1所示。

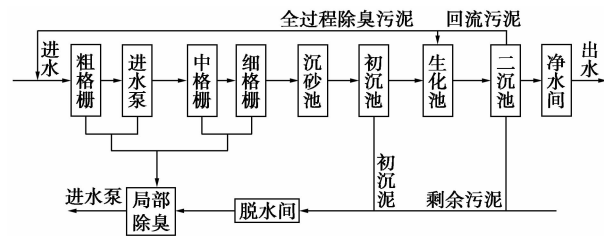


图1 水质净化厂除臭工艺图

2 除臭原理

2.1 全过程生物除臭

将生物培养箱放置在生物滤池缺氧段进行培养,并且通入一定量的空气,水和污泥进生物培养箱会带出部分除臭菌。这样除臭微生物与水以及污泥中的恶臭物质发生吸附、凝聚和生物转化降解等

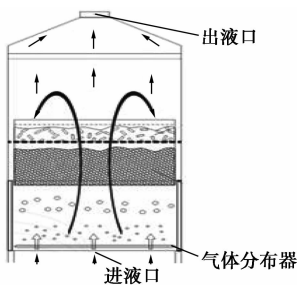


图2 生物培养箱

作用,除臭微生物以这些恶臭物质为养料进行繁殖,使得污水厂各构筑物恶臭物质在水和污泥中得到去除,并且将部分二沉池污泥通过污泥泵进入进水井,实现污水厂恶臭的全过程除臭^[9]。生物培养箱如图2所示。

该过程除臭原理为:微生物在一定的条件下将 H_2S 和 NH_3 等恶臭气体转化成硫酸根和氨根离子等,其除臭原理如图3所示。

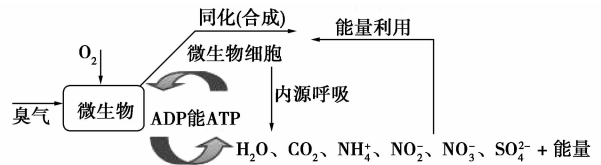


图3 除臭原理图

2.2 局部物理除臭

该污水厂在臭气散发严重的部位加了局部除臭。局部除臭是通过螺瓷风机收集臭气,在格栅间通过水流管道将臭气抽取,而在脱水机房的浓缩机上通过倒扣漏斗伞型集气罩形式将臭气吸取,再通过喷水使其雾化,从而臭气与活性炭接触的表面积增大,达到更好的除臭效果。

3 采样频率、采样点及检测方法

2013年7月以及2014年7月,1天采3次,分别在上午9点、下午1点和下午6点左右,连续10d。格栅和沉砂池离水面50cm处测量,在脱水机构筑物内测量臭气浓度。 H_2S 检测方法为亚甲基蓝分光光度法, NH_3 用纳氏试剂分光光度法,用GDYQ-20全自动双通大气采样器采集气体。

4 除臭效果

根据国内外对各个污水处理厂臭气的检测以及对该水质净化厂的感官,对该厂3个比较臭的构筑物进行检测,来评价除臭工艺运行效果。

(上接第127页)

全套装置的生产能力,降低能耗,投资回报期仅为2.1月,最终取得显著的综合效益。

参考文献

[1] 周传雷. 我国煤制烯烃产业现状及发展前景[J]. 化学工程师, 2011, 25(8): 42-45.
 [2] 郭艳玲. 浅析煤制烯烃[J]. 煤, 2013, (11): 48-49.
 [3] 李群生, 田原铭, 常秋连, 等. BH型高效填料塔技术的研究及其在化工生产中的应用[J]. 化工进展, 2007, 26(s1): 201-203.

[4] 陈常贵, 柴诚敬, 姚玉英. 化工原理(下册)[M]. 天津: 天津大学出版社, 2004.
 [5] 周媛, 李群生, 张泽廷. 新型丝网波纹填料的流体力学特性研究[J]. 北京化工大学学报, 2005, 32(3): 13-15.
 [6] 常秋连, 李群生, 王金福. 新型高效填料层压降的数学模型[J]. 中国科技论文在线, 2010, 5(6): 427-433.
 [7] 李群生. 精馏过程的节能降耗及新型高效分离技术的应用[J]. 化肥工业, 2003, 30(1): 1-5.
 [8] 常秋连. BH型新型高效填料的研究开发及产业化应用[D]. 北京: 北京化工大学, 2008. ■

4.1 格栅除臭效果

格栅臭气的产生是由于污水在进水管中的厌氧环境停留时间长,使得厌氧型微生物大量繁殖,从而硫酸盐被还原成硫化氢气体而散发出来^[10]。格栅流速较大,也会有大量 H₂S 从水中逸出。运用该联合除臭工艺后,格栅散发臭气有明显改善,H₂S 的去除率达到 86.1%,NH₃ 的平均去除率在 79.8%。格栅浓度变化如图 4 所示。

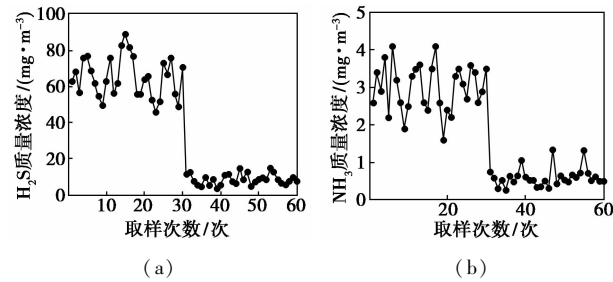


图 4 格栅臭气浓度变化

4.2 沉砂池除臭效果

沉砂池 H₂S 的去除率达到 85.4%,NH₃ 的平均去除率在 78.5%。沉砂池臭气浓度变化如图 5 所示。

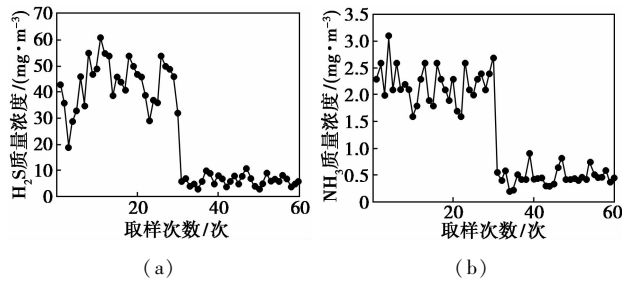


图 5 沉砂池臭气浓度变化

4.3 脱水间除臭效果

装有新的除臭工艺后,该厂脱水机房的 H₂S 浓度比格栅浓度高,这与相关研究报道的结果相同^[11]。该污水厂使用了高效脱水机直接对剩余污泥进行脱水处理,缩短污泥的停留时间和污泥发酵产生恶臭物质的过程。脱水机房 H₂S 的去除率在 87%,NH₃ 的平均去除率在 74.1%。脱水机房浓度变化如图 6 所示。

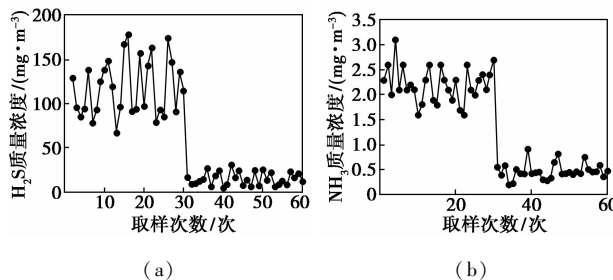


图 6 脱水机房臭气浓度变化

4.4 臭气强度

日本在 1972 年将臭气强度分为 6 个级别^[12],如表 2 臭气强度表示方法所示。

表 2 臭气强度表示方法

| 臭气(级) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------|----|-------------|-------------|-------------|-----------|-----------|
| 表示方法 | 无臭 | 勉强感觉 出气味 | 稍微感觉 出气味 | 易感觉出 的气味 | 较强的 气味 | 强烈的 气味 |

根据感官,在水质净化厂门口、办公楼门口、小区附近等几乎闻不到臭气,达到了一级。

4.5 厂界检测结果

根据第三方厂界检测结果可知,各个厂界 H₂S 的浓度低于 0.06 mg/m³,NH₃ 浓度均低于 1.5 mg/m³,符合《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中污水厂新扩建大气污染物排放 2 级,有的厂界 H₂S 和 NH₃ 的浓度达到一级排放标准。水质净化厂周边居民再也没有关于恶臭的投诉和举报。

4.6 除臭工艺对水质影响

新的除臭工艺运行后,对其出水水质进行检测,求其平均值,其中 BOD₅、COD、SS、TN、TP 测试方法参考文献[13],如表 3 水质指标所示。

表 3 水质指标

| 水质指标 | BOD ₅ | COD | SS | TN | TP | pH |
|---------|------------------|-------|-----|------|------|---------|
| 无除臭工艺 | 3.57 | 27.63 | 4.6 | 13.6 | 5.4 | 7.1~7.5 |
| 添加除臭工艺后 | 3.82 | 25.48 | 5.3 | 12.7 | 5.17 | 7.2~7.8 |

由于全过程生物除臭部分除臭污泥会回流到进水井,会使进水 COD 偏大,但由表 3 可以看出,新的除臭工艺对出水水质几乎没有影响。

5 结论

(1)该水质净化厂除臭工艺具有一定的经济和环境效应,全过程生物除臭省去了传统生物除臭加盖收集臭气和维护集气罩的程序。联合除臭工艺在水质净化厂的运行表明,该工艺运行可靠,能够全面有效地去除臭气。

(2)根据感官,在水质净化厂附近几乎闻不到臭气,有些可达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级,同时根据测量可知,该联合型除臭工艺 H₂S 的平均去除率达 86.2%,NH₃ 的平均去除率达到 77.5%。

(3)节约成本。北郊水质净化厂处理污水约 7 万 t/d。该联合除臭工艺每天电耗约 200 kWh,

(下转第 132 页)

后,分离得到的液态烃进入压缩干燥单元的分离罐。

油水分离得到的急冷水分成 3 股,一股急冷水和来自氧化物抽提塔、脱丙烷塔分离罐的抽提水送至甲醇回收塔回收其中的甲醇和 DME。从甲醇回收塔塔底出来的工艺水中含有质量分数约 0.1% 甲醇,冷却到约 45℃ 和蒸汽塔的塔底污水一起送全厂污水处理系统。但在装置运行过程中甲醇回收塔一度频繁发生波动,如当 MTP 反应器运行至后期,出口 DME 体积分数达 2% 以上时,甲醇回收塔往往出现塔顶压力高、塔底灵敏板温度提温困难、塔底废水中 COD 含量超标等现象,给废水系统带来了极大的压力。

2 实验部分

2.1 GC-MS 分析

取适量经研钵磨碎的样品,用二氯甲烷萃取,过 0.45 μm 滤膜后分离检测。

(1) GC 条件: HP-PONA, 毛细管柱 (30 m × 0.530 mm); 载气 He 81 kPa; 分流比 10:1; 燃气 H₂ 30 mL/min; 空气 400 mL/min; 进样口 250℃。

(2) MS 条件: 电子轰击源 EI, 电子能量 70 eV, 离子源温度 230℃, 电子倍增器电压 1 050 V, 全扫描方式分析。

2.2 XPS 分析

用 Kratos Axis ultra DLD 型光电子能谱仪 (XPS) 分析结焦物元素组成, 激发源为 AlK_α X 射

线, 功率约 300 W, 基础真空为 3 × 10⁻⁷ Pa, 电子结合能用污染碳的 C7s 峰 (284.6 eV) 校正。

2.3 失重分析

称取适量经研钵磨碎的样品, 在马弗炉中 850℃ 焙烧 6 h 后称重。

3 影响甲醇回收塔稳定性因素分析

3.1 甲醇回收塔工况参数分析

甲醇回收塔流程简图如图 2 所示, 可以看出, 甲醇回收塔属于精馏塔, 由 32 块塔板组成, 其中第 5、11、12 块塔板为 3 股物流进料位置, 主要作用是通过精馏操作回收进料物流中的甲醇和 DME, 并使外排废水达标, 影响其稳定性的指标主要包括进料量、进料中甲醇和 DME 含量、再沸器温度、灵敏板温度、塔顶温度、塔顶压力、回流量、工艺废水量、回收 (循环) 甲醇量和塔盘分离效果等。其中进料中甲醇和 DME 含量由反应单元决定, 随 MTP 催化剂活性降低而逐渐升高; 塔底再沸器由低压工艺蒸汽提供热源, 并由低压工艺蒸汽阀位控制其温度高低; 塔顶冷却器的换热介质为循环水, 主要是对塔顶物流进行冷凝, 并分离出不凝气组分。表 1 为甲醇回收塔正常运行时主要控制参数的运行值与设计值对比。可以看出, 在监控的 9 项操作参数中, 回流量、塔底温度、塔顶温度和塔顶压力运行值与设计值较为吻合, 进料流量、外排废水量、液位控制及甲醇流量运行值受前工段影响波动较大, 且在设计值的 -40% ~

(上接第 130 页)

使污水耗电量增加 0.002 86 kW/(m³·d)。若按电费 0.8 元/kWh 计算, 该水质净化厂水运行成本增加 0.002 3 元/(m³·d)。

参考文献

[1] 沈培明, 陈振楼, 王东启. 恶臭的评价与分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.

[2] 王灿, 胡洪营, 席劲瑛. 城市污水处理厂恶臭污染状况及控制工程实践[J]. 中国给水排水, 2005, 31(9): 15-19.

[3] Godayol A, Alonso M, Besalú E, et al. Odour-causing organic compounds in wastewater treatment plants: Evaluation of headspace solid-phase microextraction as a concentration technique[J]. Journal of Chromatography A, 2011, 1218(30): 4863-4868.

[4] 石磊. 恶臭污染测试与控制技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 11-12.

[5] Gostelow P, Parsons S A. Sewage treatment works odour measurement[J]. Water Science and Technology, 2000, 41(6): 33-40.

[6] Jiang G, Keating A, Corrie S, et al. Dosing free nitrous acid for sulfide control in sewers: Result of field trials in Australia[J]. Water Res, 2013, 47(13): 4331-4339.

[7] 刘建伟, 马文林, 黄力华. 城市污水处理厂除臭生物滤池运行效果及影响因素研究[J]. 环境污染与防治, 2010, (12): 4-8.

[8] 李玉庆, 乌兰, 刘宝玉, 等. CYYF 全过程生物除臭技术在纪庄子污水处理厂的应用[A]. 全国排水委员会 2012 年年会论文集[C]. 北京: 中国土木工程学会, 2012.

[9] 韩力超, 刘建广, 罗培. 生物滤池去除污水处理厂臭气的应用及展望[J]. 山东建筑大学学报, 2011, 26(4): 373-377.

[10] 李怀正, 张璐璇, 汤霞, 等. 城市排水管道中硫化氢产气原因及影响因素分析[J]. 环境科学与管理, 2012, 37(4): 95-97.

[11] Frechen F B. Odour emission inventory of German Waste water treatment plants-odour flow rates and odour emission capacity[J]. Water Sci Technol, 2004, 50(4): 139-146.

[12] 郭静, 梁娟, 匡颖, 等. 污水处理厂恶臭污染状况分析与评价[J]. 中国给水排水, 2002, 18(2): 41-42.

[13] 国家环境保护总局. 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. ■