

Analysis on the Effect of Dephosphorization by Biological Aerated Filter Process in Sewage Treatment Plant of Karamay Petrochemical Industrial Park

Bingwei Liu¹, Yin Wang¹, Juan Li¹, Chunxue Wu^{2*}

¹Karamay City Drainage Management Office, Karamay

²School of Optical-Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai

Email: [*tyfond2@126.com](mailto:tyfond2@126.com)

Received: Nov. 16th, 2014; revised: Dec. 15th, 2014; accepted: Dec. 20th, 2014

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The sewage treatment plant of Karamay petrochemical industrial park uses flotation, S3D and three-stage biological aerated filter process; the treated water has reached level A standard of the "Urban Sewage Treatment Plant Pollutant Discharge Standard" (GB18918-2002), meaning that the total phosphorus after treatment are less than 0.5 mg/L. Combined with actual process of the sewage treatment plant, this paper focuses on chemical dephosphorization system and biochemical mixed dephosphorization, having reference significance to the later similar process.

Keywords

Biological Aerated Filter, Biochemical Dephosphorization, Chemical Dephosphorization

克拉玛依石化工业园污水处理厂曝气生物滤池工艺除磷效果分析

刘兵伟¹, 王 银¹, 李 娟¹, 邬春学^{2*}

*通讯作者。

¹克拉玛依市排水管理处, 克拉玛依

²上海理工大学光电信息与计算机工程学院, 上海

Email: tyfond2@126.com

收稿日期: 2014年11月16日; 修回日期: 2014年12月15日; 录用日期: 2014年12月20日

摘要

克拉玛依石化工业园污水处理厂采用气浮、S3D加三级生物滤池工艺, 处理后的出水要求达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级A的标准, 即处理后的总磷要求达到0.5 mg/L以下。结合污水处理厂的工艺, 重点研究了系统的化学除磷和生化混合除磷, 对以后类似的工艺运行具有参考意义。

关键词

曝气生物滤池, 生化除磷, 化学除磷

1. 引言

近年来, 各地政府投入大量资金建设城市污水处理厂, 而城市污水处理厂的良好运行及达标排放是改善水环境的保证, 磷是造成水体富营养化的因素之一, 是造成湖泊富营养化的重要指标, 水体富营养化已对生态环境造成很大的威胁, 因此污水处理必须除磷[1]。我国《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 A 中明确要求, 污水处理厂的出水的总磷排放标准为 0.5 mg/L。

2. 工艺概况

克拉玛依石化工业园区污水处理厂采用气浮、反应沉淀、一二级曝气生物滤池[2]加后置反硝化生物滤池的工艺。处理规模为 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 原水为白碱滩区的生活污水和工业园区的工业废水, 处理出水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)的一级 A 排放标准。总磷的设计进水值为 4 mg/L, 总磷的设计出水值为 0.5 mg/L。

3. 工艺流程

该污水处理厂采用气浮、反应沉淀、一二级曝气生物滤池加后置反硝化生物滤池的工艺。原水是来自于市区的生活污水和工业园区的工业废水。污水经粗、细格栅截除漂浮物后, 流至旋流式沉砂池并在此去除无机砂粒, 然后进入气浮间, 通过加入混凝剂去除水中的悬浮物, 再流至反应沉淀池去除水中的砂、泥和油, 经过转鼓细格栅流至一二级 CN 曝气生物滤池去除水中的完成除碳脱氮作用, 去除完后流至 DN 反硝化生物滤池并在此完成反硝化脱氮作用, 左后污水进入紫外消毒槽消毒后外排。具体的工艺流程如图 1 所示。

4. 工艺除磷分析

曝气生物滤池工艺以其高效节能、占地面积小、运行管理方便等特点而成为近年来污水处理的研究热点[3] [4]。其对污水中的 COD、TN、SS、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 等均有较好的去除作用, 但对磷的去除作用有限, 仅依靠生物除磷难以达到排放标准, 故需化学除磷和生物化学除磷的相结合。

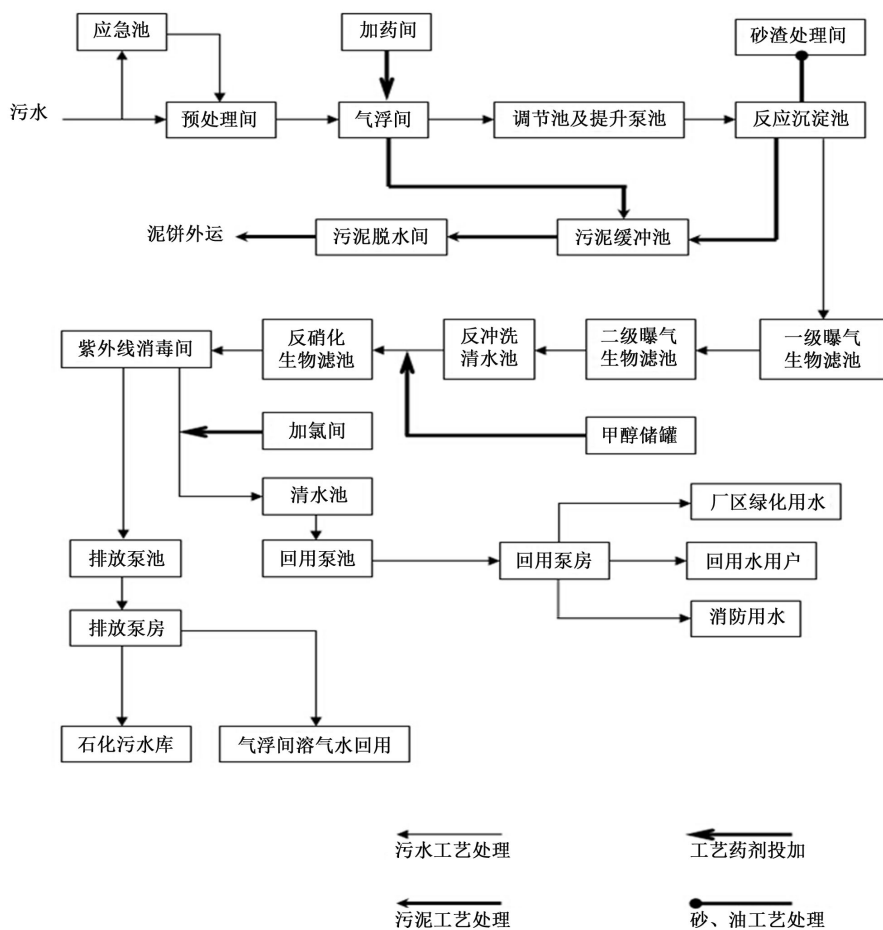


Figure 1. Karamay petrochemical industrial park sewage treatment plant process flow
图 1. 克拉玛依石化工业园区污水处理厂工艺流程

4.1. 化学除磷的分析

4.1.1. 除磷药剂选择与加药量的理论分析

化学除磷的基本原理是通过投加无机金属盐药剂[5]形成不溶性磷酸盐沉淀，然后通过排泥将沉淀物从污水中去除。

本工艺进行化学除磷调试的主要目的有两个：一是确定化学除磷的药剂种类和投加量；二是确定药剂的投加点。

1) 在气浮间加药的特点：在气浮间所投加的除磷药剂部分生成氢氧化物胶体，参与混凝沉淀，利用容器气泡将形成的混凝物带至水面，用桥式刮渣机将其排入污泥缓冲池，所以出水的 SS 较低，但所需要的投加量较大。2) 在反应沉淀池加药：气浮间的出水汇集在调节提升泵池，SS 有了明显的降低，但是由于石化工业园区污水处理厂有 30 个生物滤池，每天都会定时对滤池进行反冲洗截留部分 SS，反冲洗的水最终进入了调节提升泵池，从而造成了反应沉淀池前的 SS 较气浮间出水有所偏高，故在反应沉淀池配水渠投加絮凝剂，利用反应沉淀池的斜孔沉泥的作用去除部分 SS。但如果投加的药量过大未能及时去除絮状物会造成生物滤池的水头损失。

4.1.2. 除磷小试

本试验采用烧杯实验，除磷小试采用烧杯混凝静态试验，将 PAFC 药剂(氧化铝含量 29.47%，氧化铁

含量 2.78%)和三氯化铁(40%溶液)按不同的浓度分别加入气浮池和反应沉淀池的污水。取水样 200 ml 盛装在 500 ml 烧杯中。按不同的量缓慢的加入药剂,采用电磁搅拌器将搅拌过程分为三个阶段:快速搅拌 2 min, 转速 200 r/min; 中速搅拌 5 min, 转速 100 r/min; 慢速搅拌 10 min, 转速 50 r/min。混合液经充分搅拌后,沉淀 2 h,用 0.45 μm 的滤膜过滤,然后取滤液测定 TP 浓度,以防止不过滤时取样带有絮凝污泥,影响测量的准确性。研究药剂投加量和总磷去除率之间的关系,通常采用投加系数 A(初始的投加量为 50 mg/L),针对两种除磷药剂,确定污水处理厂化学除磷最佳的药剂种类和最佳投加量,评价 PH、 COD_{cr} 、色度、总磷等指标,初步确定投加药剂及所需的量,实验去除率比对结果见表 1、表 2。

气浮间进水的总磷为 3.58 mg/L。从图表得出对于 PAC 和 FeCl_3 两种药剂,除磷率随药剂投加量的加大而提高。在实验的投加量范围内,两种药剂的对应最高除磷率 93.02%和 98.04%。对于 PAC 和 FeCl_3 当系数在 1.6~2.6 之间时,除磷的效果可以达到设计要求 50%。当聚合氯化铝铁在系数达到 2.6 时的去除率达到 64.24%,其出水的总磷最大不超过 1.5 mg/L, COD_{cr} 降到了 100 mg/L 以下,随着药剂的投加量增大 PH 变化不大稳定在 7.8 左右、色度表无明显变化。由以上数据可以看出,如要达到以上标准,需在气浮池投加聚合氯化铝铁的浓度不可少于 130 mg/L。

由于反冲洗的污水回流导致反应沉淀池的总磷上升至 1.823 mg/L,应沉淀池为污水进入生物处理阶段的最后一道流程,对其出水有一定的要求。由于污水在反应沉淀池的停留时间较短,为了避免投加的药量过大未能及时去除絮状物会造成生物滤池的水头损失。由表 2 数据可以看出,当选择 PAFC 投加浓度只需 35 mg/L; 40%的 FeCl_3 溶液的投加浓度只需 40 mg/L 时;总磷的出水不超过 1 mg/L,此时色度和 PH 值无明显变化, CN 进水的滤板压力无明显变化,不会对水头造成损失。

通过现场实验经过气浮和反应沉淀池加药去除总磷,当加药后出水总磷达到 1 mg/L 时气浮间出水高于反应沉淀池出水投加的药剂费用,分别为 0.1~0.3 元/ m^3 和 0.04~0.2 元/ m^3 。费用由高到低的排列顺序为三氯化铁 > 聚合氯化铝铁。由此可知当在气浮间和反应沉淀池加药在取得总磷分别小于 1.5 mg/L 和 1 mg/L 时,所投加的聚合氯化铝铁的效果要比三氯化铁取的效果好,投加量也相对较少。该厂靠化学除磷作用能够去除 2.5 mg/L 的总磷,所以依靠生物除磷作用去除大概 0.5 mg/L 的总磷后,污水即可达到排放标准。

4.2. 生化除磷的分析

4.2.1. 生物除磷的原理

生物除磷主要分为两种:一是厌氧、好氧交替运行条件下的聚磷菌过量吸磷;二是微生物以水中的总磷为营养物,同化作用除磷。此外,微生物的吸附、截留及絮凝作用等也能对磷产生一定的去除;三是在 CN 池投加少量的药剂的除磷。

4.2.2. 本工艺生物除磷的作用的分析

由于石化工业园区污水处理厂采用的 CN 池 + DN 池的工艺的交替运行,但没有污泥回流,所以理论上没有聚磷菌的除磷作用。本工艺中的生物除磷作用主要是微生物[6]同化、吸附、截留作用。石化工业园污水处理厂的有两级 CN 池,总磷进入 CN 池有微生物的同化作用去除一部分,经实际生产证明,主要是生物同化作用去除一部分磷。同时由于石化工业园污水处理厂生物滤池采用进口火山岩作为滤料,由于微生物在其表面附着能力强,其挂膜速度快,利于微生物的生长,使其具有较大的表面积,但是对水的阻力小,形成了一个天然的生物滤网,对 SS 的截留作用。以及在对曝气生物滤池[7]投加少量的药剂以加快和高效的除磷。石化园污水处理厂生物滤池进水总磷的浓度在 0.989 mg/L。在生物滤池投加药剂和未投加药剂的除磷运行情况见表 3。

Table 1. Floating between ferric salt and iron aluminum composite salt total phosphorus removal effect than the table
表 1. 气浮间铁盐和铁铝复合盐去除总磷的效果对比表

药剂名称	A	总磷(mg/L)	总磷去除率%	COD _{cr} (mg/L)	COD _{cr} 的去除率%	色度	PH(倍)
三氯化铁	0	3.58	0	286.0	0	30	7.92
	1	2.50	30.16	198.2	30.70	30	7.80
	1.6	2.15	39.94	156.3	45.34	28	7.94
	2.6	1.65	53.91	104.0	63.63	29	7.78
	3.6	1.35	62.29	87.4	69.44	32	7.92
	8	1.21	66.20	82.3	71.22	34	7.94
	10	0.44	87.70	75.8	73.50	35	7.89
	12	0.07	98.04	72.7	74.58	36	7.82
	0	3.58	0	286.0	0	30	7.92
聚合氯化铝铁	1	2.40	32.96	186.1	34.93	30	7.85
	1.6	1.92	46.37	147.3	48.49	30	7.89
	2.6	1.28	64.24	98.9	65.41	28	7.86
	3.6	0.87	75.69	89.8	68.60	28	7.85
	8	0.55	84.63	81.5	71.50	28	7.89
	10	0.35	90.22	79.3	72.27	27	7.86
	12	0.25	93.02	71.1	74.93	27	7.84

Table 2. Effect of reaction of iron and iron removal phosphorus sedimentation tank aluminum composite than table salt
表 2. 反应沉淀池铁盐和铁铝复合盐去除总磷的效果对比表

序号	A 投加系数	三氯化铁				聚合氯化铝铁			
		TP (mg/L)	去除率%	色度/倍	PH	TP (mg/L)	去除率%	色度/倍	PH
1	0	1.82	0	30	7.35	1.82	0	30	7.35
2	0.5	1.61	11.57	30	7.56	1.59	12.34	30	7.56
3	0.6	1.31	27.87	30	7.62	1.30	28.58	27	7.35
4	0.7	1.01	44.49	28	7.52	0.98	45.91	27	7.53
5	0.8	0.99	45.04	28	7.61	0.95	47.45	28	7.52
6	1.0	0.98	45.97	27	7.68	0.89	50.79	29	7.19
7	1.2	0.97	46.46	27	7.84	0.88	51.45	28	7.48
8	1.3	0.92	49.37	26	7.83	0.86	52.77	27	7.52

CN 池作为污水处理厂除磷工艺的左后一道流程,其出水的总磷和色度必须符合《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)的一级 A 标准,总磷的出水必须达到 0.5 mg/L 以下。由以上数据可以看出在随着药剂的投加量的增加,PH 变化不大,稳定在 7.9 左右。投加 PAFC 药剂后,出水的色度都有一定的降低,但三氯化铁的色度在随着药剂的投加量增大而加深。由此可以得出在满足出水的色度小于 30 度时,只有选择 PAFC,药剂的投加量只需投加 12 mg/L 足以,出水的总磷不超过 0.5 mg/L,符合污水的排放标准要求。

Table 3. Sewage treatment plant effluent of biological aerated filter chemical phosphorus removal effect than the table
表 3. 污水处理厂曝气滤池出水的生物化学除磷效果比对比表

药剂	加药量 mg/L	出水总磷 mg/L	去除率%	PH	色度
PAFC	0	0.989	0	7.95	37
	10	0.502	49.24	7.92	35
	12	0.453	54.19	7.95	30
	14	0.448	54.70	7.90	30
三氯化铁	0	0.989	0	7.87	37
	10	0.645	34.78	7.82	38
	12	0.512	48.23	7.81	40
	14	0.459	53.59	7.74	40

5. 结论

1) 克拉玛依市石化工业园污水处理厂采用气浮 + S3D + 曝气生物滤池工艺，出水的总磷达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)的一级 A 标准。其除磷的工艺为化学除磷协同生物化学结合的方法。

2) 污水处理厂现场的工程实验验证在气浮间和反应沉淀池分别投加 130 mg/L 和 35 mg/L 的 PAFC 都能达到明显的除磷效果，并且在投加药剂后其出水的总磷能够将至 1 mg/L 以下。生物除磷率大概在 50% 左右，而污水处理厂的最后一道流程 DN 池不具有生物除磷作用。

3) 从工程试验可以看出，化学药剂与水的充分混合，是除磷的关键。所以，投加点的水力条件要满足与水的充分混合要求。

4) 投加了 PAFC 后对最终出水的其他指标影响不大。总体来说本工程的除磷工艺设计合理，运行简单得当，运行期间出水符合国家标准。

参考文献 (References)

- [1] 黄瑾辉, 王继徽 (1998) 含磷废水处理的研究动态. *污染防治技术*, **1**, 51-52, 43.
- [2] 沈耀良 (2005) 曝气生物滤池工艺及运行控制. *水处理技术*, **7**, 31-37.
- [3] 邹伟国, 陆嘉, 张辰, 李正明, 虞寿枢 (2005) 曝气生物滤池在脱氮除磷工艺中的应用. 化工出版社, 北京.
- [4] 吴娅 (2009) 曝气生物滤池化学除磷药剂的选择. 硕士论文, 哈尔滨工业大学, 哈尔滨.
- [5] 邱立平, 马军 (2007) 曝气生物滤池铁盐和铝盐化学强化除磷的对比研究. *现代工业*, **27**, 159-162.
- [6] 赵玉晓, 李善评, 乔鹏, 张启磊 (2008) 曝气生物滤池的除磷效果及滤料生物相特征. *山东大学学报*, **1**, 88-91.
- [7] 凌霄, 胡勇有, 马骥 (2006) 曝气生物滤池铝盐化学强化与生物协同除磷. *环境科学学报*, **3**, 409-415.

汉斯出版社为全球科研工作者搭建开放的网络学术中文交流平台。自2011年创办以来，汉斯一直保持着稳健快速发展。随着国内外知名高校学者的陆续加入，汉斯电子期刊已被450多所大中华地区高校图书馆的电子资源采用，并被中国知网全文收录，被学术界广为认同。

汉斯出版社是国内开源（Open Access）电子期刊模式的先行者，其创办的所有期刊全部开放阅读，即读者可以通过互联网免费获取期刊内容，在非商业性使用的前提下，读者不支付任何费用就可引用、复制、传播期刊的部分或全部内容。

