

人工湿地处理污水的研究

彭超英, 朱国洪, 尹 国, 余以刚, 曾姗姗

(华南理工大学食品与生物工程学院, 广州, 510640)

摘 要: 简要介绍了人工湿地的发展历史、原理及优点; 并对沙井镇人工湿地进行探讨和检测, 其 COD_{Cr} 去除率可达 83%, 总氮去除率达 45%, 出水水质达国家排放标准。

关键词: 人工湿地, 污水处理, 原理, 去除率

中图分类号: X703.1

文献标识码: A

文献编号: 1001-2141(2000)06-0043-03

Study on Waste Water Treatment with Artificial Wetland

Peng Chaoying, Zhu Guohong, Yin Guo, Yu Yiqing, Zeng Shanshan

(College of Food Engineering and Biotechnology, South China University of Technology, Guangzhou, 510640)

Abstract: The article concisely introduces the history of development, principle and advantage of artificial wetland. And artificial wetland of Shajing town was studied and examined, its respective removal ratios of Chemical Oxygen Demand (COD_{Cr}) were 83% and Total Nitrogen (TN) were 45%, the effluent quality can meet The National Sewage Discharge Standards.

Key words: Artificial wetland, Waste water treatment, Principle, Removal ratios.

人工湿地是一种由人工建造和监督控制的, 与沼泽地类似的地面, 它利用自然生态系统中的物理、化学和生物的重重协同作用来实现对污水的净化^[1]。这种湿地系统是在一定长宽比及底面有坡度的洼地中, 由土壤和填料(如砾石等)混合组成填料床, 废水可以在床体的填料缝隙中流动, 或在床体的表面流动, 并在床的表面种植具有处理性能好, 成活率高, 抗水性强, 成长周期长, 美观及具有经济价值的水生植物(如芦苇等), 形成一个独特的生态环境, 对污水进行处理。当它稳定后, 填料表面和植物根系中生长了大量的微生物形成生物膜, 废水流经时, 固型物被填料及根系阻拦截留, 有机质通过生物膜的吸附、同化及异化作用而得以去除。因植物根系对氧的传递释放, 湿地床层及其周围的微环境中依次呈现出好氧、缺氧和厌氧状态, 保证了废水中的氮、磷不仅被植物及微生物作为营养成分直接吸收, 还可以通过硝化、反硝化作用及微生物过量积累作用从废水中去除, 最后通过湿地基质的定期更换或植物收割使污染物质最终从系统中去除^[2]。一般地, 污水中不溶性有机物通过湿地的沉淀、过滤作用, 可以很快地被截留而被微生物利用; 污水中可溶性有机物

则可通过植物根系生物膜的吸附、吸收及微生物代谢过程而被分解去除。

人工湿地处理污水具有高效率、低投资、低运转费、低维持技术、低能耗等优点^[3-4]。高效率不仅体现在人工湿地对有机物有较强的降解能力, 而且对 N、P 的去除率也很高。从国内外有关城市污水的研究表明, 在进水浓度较低条件下, 人工湿地 BOD_5 的去除率可达 85%—95%, COD 的去除率可达 80% 以上, 处理出水中 BOD_5 的浓度在 10mg/l 左右, SS 小于 20 mg/l^[5]、而对 N 的去除率可达 60%, 对 P 的去除率可达 90% 以上^[2]。据国外资料, 一般湿地系统的投资和运行费用仅为传统的二级污水厂的 1/10~1/2。对我国已建成或正在建的常规生化二级水处理厂投资分析表明: 人工湿地的投资远远低于常规二级水处理设施(见表 1)^[6]。从表 1 可以看出, 采用人工湿地的处理方法, 尽管占地面积较大(其吨水用地比其他方法要大 1~2 倍), 但由于其非常低的投资, 低的运行费用和吨水处理成本。这些优点使得广大中小城镇采用人工湿地处理污水成为可能, 并且也有一定的经济效益和社会效益。

人工湿地系统的提出开始于 70 年代^[7], 在 80 年代得到迅速发展。80 年代末和 90 年代初, 在美国和英国相继召开了人工湿地研讨会, 提出了人工湿地的有

收稿日期: 2000-05-30

作者简介: 彭超英(1960-)男, 博士后, 副教授, 毕业于西安交通大学, 现在从事污水治理研究。

表1 人工湿地与其他工艺比较表

工程名称	处理方式	总投资 (万元)	单位污水投 资(元/m ³)	单位污水处 理费(元/m ³)	单位污水处理 用地(m ² /m ³)
深圳某厂	鼓风机曝气	3300	660	>0.20	2.67
珠海某厂	鼓风机曝气	1500	833	>0.20	1.20
南海某厂	氧化沟	574	574	0.20	1.20
白坭坑工程	人工湿地	42.9	138	0.02	2.79

关机理和一些可供参考的设计规范和数据,标志着人工湿地系统作为一种独具特色的污水处理技术进入环境科学技术领域。我国用人工湿地处理污水发展较晚,仍处于起步阶段。1987年,天津市环保所建成我国第一个占地6hm²处理规模为1400m³/d的芦苇湿地工程,国家环保局华南环保所^[8]1990年在深圳建立了白坭坑人工湿地示范工程,占地面积12.6hm²,处理规模为3100m³/d。实践表明,处理效果良好。

1 试验流程和试验方法

1.1 试验流程与装置

此人工湿地位于深圳市宝安区沙井镇马安山公园内,总占地面积80m²。此人工湿地系统包括两个部分:预处理部分和人工湿地部分。预处理部分包括离心沉淀池、砂石过滤池及储水池,总面积共25.9m²。人工湿地部分包括人工湿地和出水池,总面积共54.1m²。人工湿地分六个单元,每个单元分四级,属于潜流型。人工湿地中的植物主要是三棱草。人工湿地工艺流程如图1所示。

沙井镇人工湿地自建成后开始运行至今,已有10个月,在此期间运行稳定。

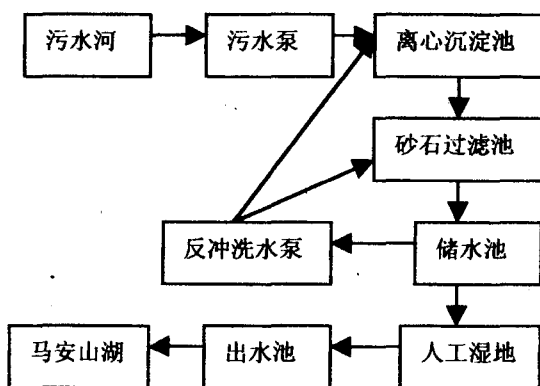


图1:沙井镇“人工湿地”的工艺流程图

1.2 试验用水

沙井镇人工湿地的试验用水取自流经马安山公园边的污水沟,此污水沟中的污水主要是万丰村和马安山村上百家工厂的污水和生活污水,其中工业污水约占75%左右,生活污水约占25%。此混合污水水质变

化比较大,水体颜色也会有重大变化。具体水质情况如表2所示

表2 人工湿地试验进水水质

温度	COD _{cr} (mg/l)	pH	SS(mg/l)	总氮(mg/l)	色度
常温	90.76~217.66	6.5~7.0	102~269	11.48~74.48	15~20

1.3 分析项目及方法

日常分析测定的项目包括进出水和储水池的COD_{cr},进出水的总氮、色度、SS、pH值。测定方法采用标准方法^[9]。

2 试验结果和分析

2.1 不同流量下的污染物的去除效果

表3表示了不同进水流量下的进出水的COD_{cr}浓度及COD_{cr}的去除率随时间变化情况。

表3 不同进水流量上的进出水的COD_{cr}浓度及COD_{cr}的去除率变化情况

批次	流 量 (m ³ /m ² ·d)	进水 COD _{cr} (mg/l)	出水 COD _{cr} (mg/l)	COD _{cr} 去除率
1	0.65	185.28	31.55	82.97%
2	0.69	170.42	33.38	80.41%
3	0.81	136.22	28.91	78.78%
4	0.97	190.36	45.31	76.20%
5	1.04	204.51	60.68	70.33%
6	1.30	94.66	66.35	29.91%
7	1.40	140.17	90.03	35.77%

从表3可以看出:尽管水体水质(化学好氧量)变化较大,但水的流量与COD_{cr}去除率仍有反相关关系,水流量越大,COD_{cr}去除率越低。这种趋势与理论完全一致。对于此人工湿地工程,当其流量在1.04m³/m²·d(面积是以总占地面积计算)以内时,COD_{cr}去除率平均为77.74%,COD_{cr}负荷约97.5g/m²·d。当流量为0.65m³/m²·d时,COD_{cr}去除率最大为82.97%。

2.2 正常流量下的污水处理效果

在以下的试验中选择表3中COD_{cr}去除率平均为77.74%时的平均流量,即为0.832m³/m²·d。

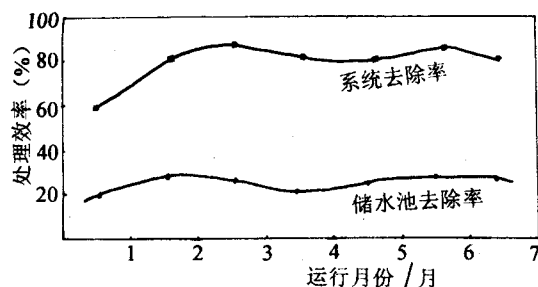
2.2.1 COD_{cr}去除效果

表4表示了人工湿地进出水、储水池水的COD_{cr}浓度。图2表示人工湿地系统COD_{cr}的去除率随时间的变化。

表4 进出水、储水池水的COD_{cr}浓度随时间变化(mg/L)

浓度	1	2	3	4	5	6	7
进水 COD	160.43	185.28	193.30	217.66	140.53	90.76	180.11
储水池 COD	127.29	126.12	126.08	166.89	100.86	63.06	129.56
出水 COD	59.76	31.55	21.80	36.79	22.77	10.42	31.42

注:表中时间是指运行月份,表中数值是指当月平均值。

图 2 COD_{cr}去除率随时间的变化

从表 4 和图 2 可以看出:(1)整个系统总 COD_{cr} 的去除率除开第一个月外,均保持在 80%以上。在开始的一个月,由于植物处于栽培之中,而且微生物尚未充分生长,所以第一个月 COD_{cr} 的去除率平均仅为 62.75%。之后,随着微生物的增殖和植物的生长, COD_{cr} 的去除率逐步增加,最高可达 88.77%以上。(2)人工湿地系统的预处理部分也有一定的去除效果,对 COD_{cr} 的去除率在 20%~30%之间,其平均去除率为 27.48%。但对 COD_{cr} 的去除起主要作用的是人工湿地部分,其去除率在 45~65%,其平均去除率为 54.30%。(3)人工湿地对出水的稳定起决定作用。尽管进水水质变化较大,但出水水质稳定,达到国家排放标准。

2.2.2 总氮去除效果

表 5 表示了不同取样时间的总氮去除效果。

表 5 总氮去除效果随时间的变化

浓度	白天	夜晚	清晨
进水总氮(mg/l)	11.48	42.07	74.48
出水总氮(mg/l)	14.56	13.72	46.48
总氮去除率(%)	39.90	28.67	45.49
	21.41	20.41	11.24
	10.61		

从表 5 中可以看出:总氮在白天的去除效果比夜晚要好,而在清晨总氮去除效果最差,即白天>夜晚>清晨。这是因为在人工湿地中,对氮的去除主要是硝化和反硝化作用。废水中的有机氮先经过异养微生物的作用转化为氨氮,然后经过硝化作用转化为硝态氮,再经过反硝化作用转化为氮气和一氧化二氮气体排出系统。但硝化作用要在好氧状态下进行,而反硝化作用是在厌氧状态下进行。白天植物的光合作用比夜晚强,白天放出的氧比夜晚多。所以,白天的硝化作用比夜晚强烈,其对总氮的去除效果比夜晚好,而清晨最差。在本人工湿地系统中,白天总氮去除率平均为 38.02%。

2.2.3 对 SS 的去除效果

表 6 表示了进出水 SS 的浓度变化和其去除率。

从表 6 可知,人工湿地对 SS 去除效果是非常高的,除去第一个月外,SS 去除率平均为 91.50%,且均在 90%以上。这主要是因为人工湿地中的砂石结构对

SS 有非常好的吸附过滤功能,且砂石与植物根部的微生物对 SS 的分解作用较强。

表 6 SS 去除效果随时间的变化

浓度	1	2	3	4	5	6	7
进水 SS(mg/l)	119	140	102	269	226	149	189
出水(mg/l)	41	13	8	19	18	14	16
SS 去除率(%)	65.55	90.71	92.16	92.94	92.04	90.60	91.53

2.2.4 对 pH 与色度的处理效果

表 7 表示了进出水的 pH 与色度的变化情况

表 7 进出水的 pH 与色度的变化

时间	1	2	3	4	5	6	7
pH	6.5	6.5	6.0	6.5	6.0	6.0	6.5
	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
色度	20	20	15	15	15	15	20
	15	15	15	10	15	15	15

从表 7 可以看出:人工湿地对 pH 与色度都有一定的处理效果。使 pH 稍微上升主要是因为植物吸收 CO₂ 和放出 O₂。对色度去除的机理很多,对于此种污水主要是砂石的吸附过滤作用。

3 结论

从对沙井镇人工湿地工程检测的结果来看,在平均流量为 0.832m³/m² * d 的条件下, COD_{cr} 平均去除率达 84%。由于水源水质的变化,总氮的去除率会忽高忽低,白天较高,夜晚和清晨较低;在白天,总氮的平均去除率为 38.02%,最高达 45.49%。出水色度在 10~15 之间;出水 pH 略有升高。经过人工湿地系统的处理,其出水水质达国家排放标准。

4 参考文献

- 1 Tennessee Valley Authority. River Basin Operations for Treatment of Municipal Wastewater, Monitory Report for the period: March 1988 to october 1989, 1990; 5.
- 2 吴晓磊. 人工湿地废水处理机理. 环境科学, 1995, 16(3): 83~86
- 3 张毅敏, 张永春. 利用人工湿地治理太湖流域小城镇生活污水可行性探讨. 农业环境保护, 1998, 17(5): 232~234
- 4 Bhamidimarri R et al. Water Science Technology, 1991, 24(5): 247
- 5 沈耀良等. 新型废水处理技术—人工湿地. 污染防治技术, 1996, 9(1-2): 1~8
- 6 沈耀良等编著. 废水生物处理新技术理论与应用. 中国环境科学出版社, 1999. 6
- 7 Yonika D and Lowry P. Wetland disposal of waste water treatment plant effluent. Interdiscip. Environment planning Ino. Wetland. Moss. 1978.
- 8 许振成等. 白泥坑人工湿地污水处理系统工程设计建设总结报告. 国家环保局华南科学研究所, 1991
- 9 国家环保局. 环境保护国家标准汇编. 中国标准出版社, 1990