

水解池—稳定塘处理工艺研究*

王凯军 许晓鸣 陶 涛**

(北京市环境保护科学研究所, 北京 100037)

王俊起

(中国预防医学科学院环境卫生与卫生工程研究所, 北京 100050)

摘要 占地面积大, 底泥淤结严重和冬季处理效果差是我国稳定塘应用中存在的主要问题。本研究通过中试和生产规模试验, 系统研究了水解池—稳定塘处理工艺。研究结果表明, 该工艺出水水质好, 占地面积小, 底泥淤积少, 冬季处理效果稳定。本文还提出了该工艺应用于不同气候带地区的设计和运行参数。

关键词: 水解池—稳定塘系统; 占地面积; 底泥积累; 寒冷季节。

稳定塘技术近年来在我国得到广泛应用, 但在应用中存在着占地面积大和淤积严重等问题, 因此, 限制了稳定塘的应用范围, 迫切需要加以解决。

为寻求解决上述问题的技术途径, 水解池被用作预处理构筑物。水解池通过厌氧活性污泥床的过滤、沉淀和吸附等物理化学过程, 以及水解、酸化等生物化学过程, 能去除大部分悬浮物, 并可提高污水的生物降解性^[1]。在稳定塘中采用多种生态类型的塘的优化组合, 形成了水解池—稳定塘污水处理新工艺流程。

该工艺的小试研究于1986年完成^[2]。在此基础上作为国家七五科技攻关专题, 进行了扩大规模试验。本文总结了扩大规模试验的主要结果。

1 试验装置与试验条件

1.1 试验流程

试验在北京市高碑店污水处理试验场内进行。工艺流程如图1。

水解池容积170m³。稳定塘容积67.2m³。平行试验中初沉池—稳定塘系统中的初

沉池容积和稳定塘容积都与水解池—稳定塘流程中对应的构筑物容积相同。稳定塘为四塘串联, 第1、2、4塘种植凤眼莲、第3塘采用藻菌塘以增加复氧。

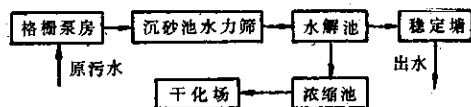


图1 水解池—稳定塘系统流程

在冬季试验期间用农用塑料大棚保温, 大棚总面积350m²。

1.2 污水水质与分析方法

试验采用高碑店城市污水。其中工业废

表1 试验用污水水质(mg/L)

项 目	范 围	平均值	方 差
总COD	265~996	494.8	130.6
溶解COD	204.8~420.9	315.9	61.9
总BOD ₅	124~425	199.3	68
溶解BOD ₅	59.2~198.0	125.4	36.9

收稿日期: 1990年12月19日

* 国家“七五”科技攻关课题

** 现在武汉城市建设学院环境工程系工作

水占57%，生活污水占43%。属难降解的中浓度城市污水。实验期间污水水质平均如表1所示。

各种水质分析均按照国家有关标准分析方法进行。

2 试验结果与讨论

2.1 与传统稳定塘的对照试验

水解池—稳定塘系统与传统稳定塘相比有两个不同点。一是用水解池代替初沉池作为预处理构筑物；二是用不同生态类型的塘的系统组合代替传统的藻菌塘。为研究这两种措施的效果，进行了两类对照试验。

2.1.1 不同预处理方式对效果的影响

表2为稳定塘均种植凤眼莲，总停留时间为5d，平均水温20℃条件下，不同预处理方式对比试验结果。

从表2可见，水解池作为预处理后，凤眼莲塘出水COD、BOD₅和SS分别为97.7mg/L，19.5mg/L和8.3mg/L，均达到传统二级生物处理排放水平。而与之对照的初沉池—凤眼莲塘的出水COD、BOD₅分别为171.7mg/L和43.6mg/L，达不到排放标准。要达到与新流程同样的出水水质，计算与实验表明，传统植物塘需要延长水力停留时间至10d以上。即新工艺停留时间可缩短50%。

2.1.2 水生植物塘与藻菌塘效果对比

在预处理同为水解池，稳定塘停留时间同为3d的条件下，水生植物塘（凤眼莲塘）与藻菌塘的对比试验结果如表3。由表3可见，水生维管束植物对污染物的去除明显优于单纯的藻菌塘。放养水生植物还可限制藻类的生长，减少了出水中藻类悬浮物，并避免了传统稳定塘的除藻问题。

表 3 凤眼莲塘与藻菌塘去除效果对比

指 标		水生植物塘	藻菌塘	水生植物塘/藻菌塘	
				去除率(%)	去除率(%)
COD (mg/L)	进 水	323.9	323.9		
	出 水	122.4	175.6		0.69
	去除率(%)	62.2	45.7		1.36
BOD ₅ (mg/L)	进 水	125.0	125.0		
	出 水	26.1	38.5		0.68
	去除率(%)	79.1	69.2		1.14
SS (mg/L)	进 水	45.1	45.1		
	出 水	10.0	22.5		0.44
	去除率(%)	77.8	50.1		1.55

通过以上对比试验证实了新工艺具有较高的净化效率，这是因为水解池能大量去除进水悬浮物（去除率高达78%），并将其部分水解，从而能提高污水的可生物降解性^[1]。另外合理组合应用水生维管束植物塘提高了稳定塘的净化效率。

综合计算进水悬浮物浓度的差别和塘中藻类沉淀的影响，新工艺流程中塘内淤积的

表 2 不同预处理方式下植物塘的效果

指 标		水解池—凤眼莲塘系统			初沉池—凤眼莲塘系统		
		总 进 水	水解池出水	稳定塘出水	总 进 水	初沉池出水	稳定塘出水
COD	浓度(mg/L)	492.3	304.9	97.7	492.3	393.1	171.7
	去除率(%)		38.1	80.2		20.2	65.1
BOD ₅	浓度(mg/L)	193.5	145.7	19.5	193.5	156.8	43.6
	去除率(%)		24.6	90.0		19.0	77.5
SS	浓度(mg/L)	204.1	45.6	8.3	204.1	93.4	12.2
	去除率(%)		77.7	95.9		54.2	94.0

表 4 常温季节长期运转平均结果

项 目		水 解 池	稳 定 塘	全 流 程
水 温(°C)		21	15~25	
停留时间		3h	5~8d	
有机负荷		3.87kgCOD/m ² ·d	358.4~653.0kgCOD/ha·d	
COD (mg/L)	进 水	548.2	329.2	548.2
	出 水	329.2	89.7	89.7
	去 除 率(%)	39.9	72.8	83.6
BOD ₅ (mg/L)	进 水	201.9	146.3	201.9
	出 水	146.3	11.1	11.1
	去 除 率(%)	27.5	92.4	94.5
SS (mg/L)	进 水	223.4	45.1	223.4
	出 水	45.1	7.0	7.0
	去 除 率(%)	79.8	84.5	96.9

污泥量，比传统的初沉池—藻菌塘系统减少60%以上。这将有利于稳定塘的长期运行。

2.2 水解池—稳定塘长期运行效果

长期运行试验共历时两年。经历了北京地区气候条件下春夏秋冬四季变化。气温幅度为-15℃~35℃。表4为实验期间常温季节(平均气温高于15℃)平均运行效果。由表4可见，新工艺平均出水BOD₅、COD和SS分别为11mg/L,89.7mg/L和7mg/L，优于传统二级处理水平。其中COD指标远优于高碑店污水处理厂曝气池(停留时间为8h)的出水值(COD150mm/L)。这说明新工艺对含有难降解有机废水的城市污水有较好的去除效果。

2.3 越冬的技术措施试验

为使在北京地区冬季气候条件下稳定塘试验能正常进行，采用农用塑料大棚作为冬季稳定塘的保温措施。试验表明，塑料大棚能有效吸收太阳能，并减少稳定塘热量散失。在冬季较冷的日子(最低气温-12℃)，棚内气温比棚外气温平均高15℃。此时进水解池的污水平均水温为22℃，水解池出水水温平均20℃。在塑料大棚保温下，稳定塘第1塘水温平均可达11℃。

实验表明，在大棚保温的条件下，当稳

定塘停留时间为15d时，即使第4塘水温已降至5℃左右，此时出水水质仍可达到二级排放标准(表5)。但技术经济分析表明，若采用塑料大棚复盖停留15d的稳定塘，基建投资与传统二级处理工艺相比并无优越性。

为减少冬季稳定塘停留时间，进行了人工强化措施与塑料大棚相结合的越冬试验。试验采用高负荷接触氧化池(填装软性纤维填料)作为水解池的后处理，以降低进入稳

表 5 塑料大棚保温条件下稳定塘运行平均效果

项 目		水 解 池	稳 定 塘	全 流 程
水 温(°C)		20	5~12	
停留时间		4h	15d	
有机负荷 (kgCOD/ha·d)			202.6	
COD (mg/L)	进 水	457.3	303.9	457.3
	出 水	303.9	89.4	89.4
	去 除 率(%)	33.5	70.6	80.5
BOD ₅ (mg/L)	进 水	189.2	145.3	189.2
	出 水	145.3	17.8	17.8
	去 除 率(%)	23.2	87.8	90.6
SS (mg/L)	进 水	204.8	53.8	204.8
	出 水	53.8	14.3	14.3
	去 除 率(%)	73.7	73.4	93.0

表 6 接触池强化试验运行效果

负 荷	接 触 池 进 水			接 触 池 出 水			稳 定 塘 出 水 (停留时间5d)			
	水温 (°C)	BOD ₅ (mg/L)	COD (mg/L)	水温 (°C)	BOD ₅ (mg/L)	COD (mg/L)	水温 (°C)	BOD ₅ (mg/L)	COD ₅ (mg/L)	SS (mg/L)
接触池停留 1h, 负荷3.6(kg BOD ₅ /m ² ·d)	18	150.2	286.5	16.5	53.2	120.0	12 ↓ 10	15.2	102.0	9.0
接触池停留 0.5 h, 负荷7.2(kg BOD ₅ /m ² ·d)	18	149.5	280.3	17	60.1	179.2	12 ↓ 10	28.2	98.5	8.5

表 7 水解池—稳定塘系统对多种污染物的去除效果

指 标	取 样 点				
	总 进 水	水解池出水	稳定塘出水	总去除率(%)	
富 营 养 物	总氮(mg/L)	34.68	31.17	9.17	73.56
	总磷(mg/L)	8.50	7.67	1.29	84.82
病原微生物指标	粪大肠菌群(个/L)	2.3×10^8	5.0×10^7	2.3×10^8	99
	沙门氏菌(个/L)	5.1×10^5	1.2×10^5	1.2×10^4	97
	总大肠菌群(个/L)	2.3×10^8	7.3×10^7	9.2×10^6	96
卤 代 烃	二氯乙烯($\mu\text{g/L}$)	0.33	2.37	—	100
	三氯甲烷($\mu\text{g/L}$)	53.2	12.9	0.8	98.6
	二氯乙烷($\mu\text{g/L}$)	52.0	19.2	7.4	85.8
	四氯化碳($\mu\text{g/L}$)	0.20	0.11	0.04	80.0

定塘的有机负荷。表 6 为不同负荷下接触池与稳定塘结合的处理效果。

由表 6 可见，接触池水温损失较小（损失1~1.5℃），在高负荷（停留时间0.5h）下处理效果良好，接触池出水再经塑料大棚复盖下的稳定塘（停留时间5d）处理，出水可达到二级排放标准。

从以上试验结果可知，采用水解池—接触池—稳定塘流程能保证出水在北方地区冬季仍能达到二级排放标准，但该流程需要增加接触池、沉淀池和鼓风机房，而这些设备在常温季节闲置不用。为减少基建投资，可考虑将水解池与接触池设计为一体。水解池停留时间延长30min作为填料床。该部份夏季与水解池并联运行，作为水解池的一部份。在冬季则将该部份作为接触池使用。同

时在稳定塘首端设置污泥沉淀区。这样只要增加鼓风机房即可，投资增加不多(图 2)。

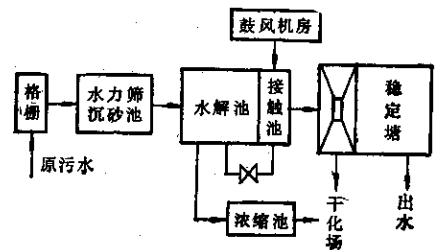


图 2 接触池强化的水解池—稳定塘系统流程

2.4 其它有毒有害物质的净化效果

该新工艺由于是将厌氧上流式污泥床与多种生态类型的稳定塘结合而成，提供了丰富的生境类型，因而对多种难降解有机污染物和病原微生物均有很好的处理效果(表7)。

表 8 三种工艺技术经济指标对照

工 艺	基建投资 (万元)	运行费用 (万元/a)	占地面积 (ha)	电 耗 (kwh/a)	处 理 成 本 (元/m ³ 污水)
水解池—稳定塘	162.6	13.5	6.7	26.3	0.049
初沉池—稳定塘	307.6	21.3	16.7	26.3	0.078
活性污泥法	421.9	47.4	1.5	109.5	0.165
与初沉池—稳定 塘工艺相比节约 (%)	47.2	36.4	61.7		36.4
新工艺效益					
与活性污泥法相 比节约 (%)	61.5	71.5	多占地3.5倍	76.0	70.3

注：按设计水量7500m³/d计算。

这表明该工艺不仅能用于处理一般城市污水，还能很好地处理多种工业废水和医院污水。现该工艺已推广应用于处理印染废水、制药废水和工业区混合废水，取得了很好的效果。

2.5 技术经济分析

以上分析表明，水解池—稳定塘系统在技术上是先进的。表 8 根据近年来我们设计的几个日处理万吨级污水处理厂的概算指标，对比了水解池—稳定塘工艺与传统初沉池—稳定塘工艺和活性污泥工艺的技术经济指标。其中地价设为75,000元/公顷。由表 8 可见，新工艺基建投资比传统活性污泥工艺节约61.5%，比初沉池—稳定塘工艺节约47.2%。运转费用比活性污泥法减少71.5%，电耗降低约76%。日常运行费用比初沉池—稳定塘系统节约 36.4%，若考虑到清淤费用，则减少量还要多。占地面积比初沉池—稳定塘减少61.7%。

以上结果充分表明，新工艺具有效率高、占地少、运行费用低、简单易行等优点。因地制宜地应用于中小城镇，能够取得很好的环境经济效益。

2.6 推荐流程和工艺参数

根据实验研究和应用经验，推荐以下工艺流程和参数作为水解池—稳定塘系统在不

同气候地区应用时的参考。以下参数适用于中浓度污水，即 COD 300~600 mg/L，BOD₅100~300mg/L,SS100~300mg/L，pH6~9。若污染物浓度高于此范围，应酌情延长稳定塘停留时间。

2.6.1 五岭以南地区

在五岭以南地区应用的工艺流程见图 1。工艺参数为：水解池停留时间 3h；稳定塘设计负荷200~600kgCOD/ha·d；稳定塘水力停留时间5~8d，水深1.0~1.5m，串联级数4~6级，其中前二塘和最后一塘种植凤眼莲，其余为藻菌塘。

2.6.2 五岭以北，淮河、秦岭以南地区

推荐工艺流程和参数同上，但稳定塘按停留时间10d设计。在春夏秋季按停留时间 5d运行，其余容积作为养鱼塘，在冬季停留时间则按10d运行。

2.6.3 淮河、秦岭以北地区

推荐工艺流程如图 2。水解池停留时间 3.5~4.0h，冬天用其中一部份作为接触氧化池，接触池停留时间0.5~1.0h。稳定塘停留时间为5d，加塑料大棚保温。

3 小结

3.1 水解池—稳定塘系统达到二级处理排

放标准所需的停留时间比传统初沉池—稳定塘流程减少50%以上,相应占地面积可减少50%以上,基建投资降低47.2%,运转费用降低36.4%。

3.2 该新工艺中稳定塘内污泥蓄积速度比初沉池—稳定塘系统慢60%以上。这可减轻清淤费用,并基本解决了淤结带来的环境问题。

3.3 由于该工艺中生境多样化,对多种污染物和病原体(包括氮、磷物质,病原细菌和病毒,大分子难降解有机物等)都有较好的去除效果,这表明该工艺能应用于多种类型的工业废水、医院污水和城市污水。

3.4 分析表明,该工艺克服了传统稳定塘占地面积大、底泥淤积严重、冬季效果差等问题,故具有较好的环境经济效益。目前该工艺已在国内多家污水处理厂中得到应用,通过进一步推广,该工艺具有广阔的应用前景。

参考文献

- 1 王凯军,徐东利,师敬等.城市污水水解(酸化)—好氧生物处理工艺研究.环境工程, 1987, (4~6):1~6, 14~19, 1-6
- 2 许晓鸣,王凯军,郑元景等.水解池—稳定塘系统的初步研究.中国环境科学, 1988, 8 (1):8~13

STUDY OF HYDROLYSIS TANK-STABILIZATION POND SYSTEM

Wang Kaijun Xu Xiaoming Tao Tao

(Beijing Research Institute of Environmental Protection, Beijing 100037)

Wang Junqi

(Institute of Environmental Health and Engineering, Chinese Academy of
Preventive Medicine, Beijing 100050)

Abstract Main shortages in application of stabilization pond are large land occupied, much accumulation of silt after operation, and bad effluent quality in cold climate. In order to solve these problems, the hydrolysis tank-stabilization pond system was studied in pilot scale and industrial scale. The results show that the advantages of this new system are: better effluent quality, less land occupied, less silt accumulation and more acceptable treatment efficiency in winter. The design and operational parameters for application in areas of various climate are proposed.

Key words, Hydrolysis tank-stabilization pond system, Land occupied, Silt accumulation, Cold climate.