DE 型氧化沟系统处理城市污水的效果

袁宏林　王晓昌　李志华　王恩让　王　军　曹　宇

提要　对西安市北石桥污水净化中心 DE 型氧化沟系统各阶段处理效果进行了实测,结果表明 DE 型氧化沟处理城市污水效果显著。COD、TN、TP 的总去除率分别达到 87.5 %～91.6 %、63.6 %～66.9 %、85.0 %～93.4 %,处理水质优于国家二级出水排放标准。利用选择池的吸附作用和氧化沟的生物降解作用达到高去除率是 DE 型氧化沟系统的主要特点。

关键词　氧化沟　污水处理　COD 去除　脱氮　降磷

0　前言

西安市北石桥污水净化中心项目是解决皂河污染,保护渭河水源地,提高西安市整体环境质量的重要环保项目,被列为西安市"八五"重点城建项目。该中心位于西安市西郊工业区,设计规模为 30 万 m^3/d,收集处理大环河以南 53.5km^2 的生活污水和工业废水,一期工程为 15 万 m^3/d,占地 285 亩,总投资 2.1 亿元,于 1997 年底建成并运行。采用以氧化沟为主的处理流程,引进了丹麦 Kruger 公司的 DE 型(双沟式)氧化沟工艺。投产近两年来运行效果良好,出水水质优于国家二级排放标准,显示了采用氧化沟技术的优越性。由于氧化沟在我国的使用尚在起步和摸索阶段,对于氧化沟处理城市污水的效果的认识还不统一[1～4]。为此,我们在 1999 年 4～7 月对北石桥污水净化中心各阶段处理效果进行了实测,在此基础上对该中心的运行效果进行了总结,并分析了 DE 型氧化沟工艺的特点。

1　工艺流程简介

图 1 是北石桥污水净化中心处理工艺流程。污水经粗、细两级格栅处理后进入曝气撇油沉砂池,去除水中悬浮颗粒和油污后进入选择池;在选择池中污水与回流污泥搅拌混合(停留时间 7～8min),然后进入氧化沟;氧化沟出水进入终沉池进行泥水分离后,经加氯消毒再排入皂河。从终沉池按 50 % 的回流比将污泥回流到选择池,回流污泥浓度平均为 18 400mg/L,含固率为 1.85 %左右。

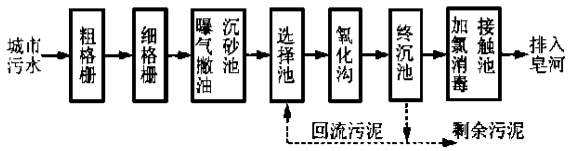

图 1　北石桥污水净化中心处理工艺流程

DE 型氧化沟为双沟式,共三组,每组氧化沟的构成示意如图 2。进水孔可通过自动控制选择池出水堰板的升降来选择双沟之一进水,氧化沟的出水堰可自动控制升降或启闭以控制出水量和沟内的水位,从而控制停留时间和各沟的独立性。每个单沟中两侧各设 5 个转刷,通过转刷的运行数量和运行时间来推动混合液流动并实现沟内供氧,转刷长度 9m、直径 100cm、淹没深度 20cm、轴功率 45kW,转刷的运行通过可编程控制器(PLC)进行控制。转刷的下游一侧设有转刷导流板(见图 3),使曝气和混合幅度能够达到最深处(氧化沟内水深为 4.0m 左右)。

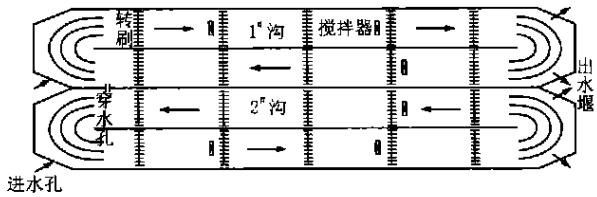

图 2　DE 型氧化沟构成示意

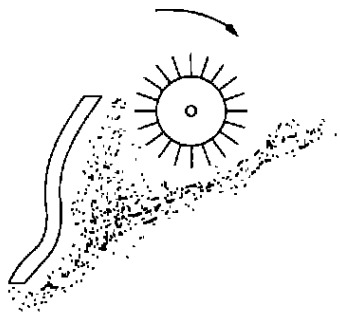

图 3　转刷导流板原理示意

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

一组氧化沟内设有6个搅拌器，当转刷停止转动时，为了使沟内的污泥仍呈悬浮状态并提供液体流动的动力，搅拌器一直处于运转状态。

终沉池为中心进水、周边出水辐流式沉淀池，直径40m、中心水深约5m、周边水深4.7m，停留时间4.7~6.2h，排泥量平均为1 167.5m^3/d，污泥含水率平均为98.15%。

2 DE型氧化沟的运行方式

DE型氧化沟为分阶段运行，各阶段的运行情况如图4所示。运行一个周期历时240min。前15min为1#沟进水，但不曝气，这时可认为该沟处于反硝化状态，而相邻的2#沟处于曝气硝化状态，这是第一阶段；之后的105min 1#沟既不进水也不出水，但进行曝气，2#沟既进水也出水，同时也曝气，可以认为两沟均处于硝化状态，这是第二阶段；第三阶段运行15min，该阶段与第一阶段为镜像关系；最后的105min为第四阶段，该阶段与第二阶段为镜像关系。

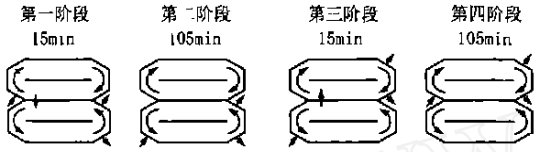

图4 氧化沟运行阶段示意

3 处理效果测试

在处理系统连续正常运转的情况下，我们对系统中各个构筑物进出水的COD、TN、TP、pH、DO及SV_{30}进行了大量测试，测试结果见表1，测试期间处理水量为10.5~12.0万m^3/d。

4 测试结果分析

4.1 COD去除效果

曝气撇油沉砂池、选择池、氧化沟、终沉池对COD的单池去除率（按各单池进出水COD浓度求得的去除率）依次为38.0%~45.5%、69.5%~77.8%、23.5%~28.7%、10.0%~14.7%，系统总去除率为87.5%~91.6%。若按在总去除率中各单池所做的贡献来计算，各单池的去除率依次为37.9%~39.6%、44.3%~46.4%、3.9%~4.1%、1.4%~1.5%。

显然，曝气撇油沉砂池具有较高的去除率，城市污水经曝气后，可浮油质类有机物通过气浮得以去除，另一部分可沉有机物与大颗粒可沉物一起通过沉淀被去除，说明处理城市污水时曝气撇油沉砂池的作用很显著。表1中曝气撇油沉砂池进水DO浓度为3.3~3.8mg/L，DO浓度较高的原因在于曝气

表1 各单元构筑物水质指标及去除率（1999.4~1999.7）

项目	曝气撇油沉砂池			选择池			DE型氧化沟			终沉池			总去除率
	进水	出水	去除率/%	进水	出水	去除率/%	进水	出水	去除率/%	进水	出水	去除率/%	/%
COD_{Cr} /mg/L	132.0~161.2	77.3~94.5	38.0~45.5	77.3~94.5	21.0~24.7	69.5~77.8	21.0~24.7	15.6~19.0	23.5~28.7	15.6~19.0	13.3~16.8	10.0~14.7	87.5~91.6
TN /mg/L	26.8~29.6	25.1~27.8	5.9~6 3	25.1~27.8	15.1~16.5	38.6~42.4	15.1~16.5	9.8~11 0	32.0~35.1	9.8~11.0	9.0~10.1	9.6~13 8	63.6~66 9
TP /mg/L	4.01~4.24	3.18~3.55	14.5~15.8	3.18~3.55	0.79~0.88	72.0~78.5	0.79~0.88	0.76~0.82	4.6~4.9	0.76~0.82	0.42~0.45	43.8~46.5	85.0~93.4
T /℃	18.5~19.0	18 8~19.6		19 3~19.5	19.3~19.5		19.8~20.5	20.5~20.8		20.4~20.8	20.0~21.0		
pH	7.60~7.83	7.50~7.75		7.47~7 60	7 45~7.60		7.35~7.50	7.40~7.58					
DO /mg/L	3 3~3.8	3.0~3.4		0.4~0.6	0.2~0.4		0.3~0 4	1.2~1.5		1.1~1.2	0.9~1.0		
SV_{30} /%				16.7~17.8	22.6~24.5		23.8~25.3	18.2~19.0					

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

撇油沉砂池前有一落差为 2.5m 的跌水池,对污水起了一定的曝气充氧作用,使 DO 浓度大幅度上升(原污水 DO 浓度平均为 0.8mg/L)。

从数据上看,选择池的去除率最高,氧化沟的去除率则相对较低,COD 的去除似乎主要发生在选择池而并非氧化沟。实际上选择池和氧化沟所起的是活性污泥法中吸附和降解两个阶段的作用。在系统中,终沉池污泥有 50% 回流至选择池,因污泥中的微生物正处于减速增长期末端,有较强的吸附性能,当污水与之混合后,5～10min 内"初期吸附"作用极为突出,本系统中选择池停留时间 7～8min,正好利用微生物的吸附性能,当污水中的 COD 被大量吸附后转移至污泥中,到了氧化沟系统得到了充足的溶解氧,微生物发挥代谢作用将污泥中的有机物降解去除。因此可以说在氧化沟系统中,选择池是污染物转移的场所,氧化沟是污染物转化(降解)的场所。因为我们测的是污水的 COD 浓度而并未涉及污泥,所以从表面上看,选择池的去除率显得最高。

4.2 脱氮效果

该氧化沟系统脱氮处理效果显著,达到 63.6%～66.9%,是常规生物脱氮处理效率的 2 倍以上。脱氮主要发生在选择池和氧化沟中,选择池单池脱氮率为 38.6%～42.4%,在系统中对应的总去除率为 37.3%～39.2%;氧化沟单池脱氮率为 32.0%～35.1%,对应总去除率为 19.6%～20.8%。

在选择池中,回流污泥与污水混合,污水中的含氮物质被大量吸附,这是脱氮率高的主要原因。选择池的溶解氧水平很低仅为 0.2～0.6mg/L,系统处于缺氧状态,仍有可能发生反硝化脱氮过程,但由于停留时间短,在选择池内这种作用并不显著。

从表面上看,氧化沟脱氮效果尚不及选择池,实质上,选择池主要利用了污泥的吸附性,使含氮有机物由污水转移到污泥中,实际的生物脱氮主要是通过氧化沟中的好氧、缺氧环境得以实现的。

4.3 除磷效果

本系统磷的去除率高达 85.0%～93.4%,选择池的除磷效果仍最为显著,其单池除磷率高达 72.0%～78.5%。这主要是由于终沉池回流污泥具有较强的吸附性能,使液体中的含磷物质被大量吸附到污泥中得以去除。到了氧化沟,由于是阶段曝气,这种过程继续存在,同时曝气时,聚磷菌经有氧呼吸不断氧化分解体内的有机物 PHB,同时也不断地通过主动输送方式,从外部环境向体内摄取有机物,将液体中的磷酸盐等吸收到细胞体内转化为菌磷[3,5]。与其它污水处理系统相比,北石桥污水净化中心 DE 型氧化沟系统耗电量较低,根据两年来的运行结果,污水处理的单位耗电量约为 0.54kW·h/m^3。

5 结语

(1)北石桥污水净化中心 DE 型氧化沟系统处理城市污水效果显著,COD 去除率为 87.5%～91.6%,总氮去除率为 63.6%～66.9%,总磷去除率 85.0%～93.4%;出水 COD_{Cr} 13.3～16.8mg/L、总氮 9.0～10.1mg/L、总磷 0.42～0.45mg/L,优于国家二级排放标准。

(2)DE 型氧化沟系统中,选择池起着极其重要的作用,主要是通过吸附作用使污水中的 COD、TN、TP 向污泥中转移,是污染物转移的场所。

(3)氧化沟是污染物质转化的场所,在选择池中已被污泥吸附的污染物在此通过生物代谢作用将有机物降解,将含氮化合物通过硝化反硝化过程转化为氮气,将含磷化合物转化为聚磷等稳定存在于污泥中的高分子物质。

(4)DE 型氧化沟是基于时间控制的一种活性污泥法工艺,能够有效发挥生物降解有机物、脱氮、除磷的功效,是一种值得推广的技术。

参考文献

1 王凯军. 氧化沟的设计方法讨论. 中国给水排水,1999,15(1):26～29

2 周律. 三沟式氧化沟处理城市污水的效应. 中国给水排水,1999,15(5):4～7

3 村田恒雄. 下水の高度处理技术. 第 3 版. 理工图书,1996,238～249

4 白晓慧,等. 一种新型的 Carrousel 氧化沟. 给水排水,1999,25(3):27～29

5 Tchobanoglous G,Burton F L. Wastewater Engineeing. 3rd Ed. Mc Graw-Hill,Inc,1991,529～641

⊙作者通讯处:710055 西安建筑科技大学环境与市政工程学院

电话:(029)2201422

王恩让　王军　曹宇 710086 西安市北石桥污水净化中心

电话:(029) 4267977

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

CONTENTS

Water Supply for Multi - Story Building without Roof Water Tank in Hangzhou ····· *Hong Juemin et al* (1)

Abstract: The change of hydraulic status was investigated in the water supply system of multi-story residential buildings where the roof-located water tank has been abandoned. The starting plan to build such a system is described. The needed investment and operating fee are also estimated.

DE Oxidation Ditch Treating Urban Wastewater ····· *Yuan Honglin et al* (6)

Abstract: The treatment efficiency of the DE oxidation ditch was investigated in Beishiqiao Wastewater Treatment Center in Xi'an. The result shows that the system has achieved a removal of COD, TN and TP as high as 87.5 %～91.6 %, 63.6 %～66.9 % and 85.0 %～93.4 % respectively and the effluent quality is better than the class II of the National Standard. One of the principal features of this system is utilizing the high adsorption ability of sludge in the selective basin and the decomposition ability of bacteria in the oxidation ditch to achieve high removal of organic and nutrient matters.

Application of $KMnO_4$-PAC Process for Water Purification ····· *Zha Renguang et al* (9)

Abstract: The operating property of composite $KMnO_4$-PAC (powder activated carbon) process was evaluated and their effects to remove the colority, taste and turbidity of slight polluted raw water and to reduce the alum consumption have been proved evidently. This process will be an economical, simple and convenient alternate to improve the efficiency of old water works.

Fe-Mn Removal and Hardness-TSS Reducing in Water ····· *Li Jizhen et al* (12)

Abstract: The results of jar test, bench scale experiment and pilot plant operation show that the Aeration-Lime Alkalization process can reduce the TH and TSS level simultaneously with the removal of Fe and Mn. The treated water is quite good to meet the requirement of national drinking water standard.

Practice on Biological P Removal by A^2/O Process ····· *Zhang Xuehong et al* (14)

Abstract: The effects of three factors which influence the phosphorus removal by A^2/O process namely dissolved oxygen contents, NO_x - N, and activated sludge age are analyzed from the view of engineering practice at The 4th Wastewater Treatment Plant in Guilin, Guangxi Province. Some measures have been adopted to force the efficiency of phosphorus removal. The succeeded result shows that the P removal has been improved evidently.

Study on Aerobic Denitrification during the Ammonia Wastewater Treatment ····· *Lu Xiwu et al* (17)

Abstract: The experimental results of ammonia wastewater treatment by sequential batch reactors (SBR system) showed that denitrification happened evidently during the aerobic period and it contributed a considerable part to the whole nitrogen removal by the process. Based on experimental results and theoretical analysis, this paper also made some probes into the mechanism of aerobic denitrification.

Scheme Comparison and Decision of Water Supply System ····· *Xu Chenghua* (21)

Abstract: Scheme comparison of water supply system is one of the important initial stages of engineering design and the benefit evaluation will be the key point to make decision. Beside the technical discussion, the economical balance must be quantified as possible emphatically to ensure the layout of the water supply system will be feasible technically and reasonable economically.

Orthogonal Experimental Design of Filter ····· *Jing Youhai et al* (23)

Abstract: The superiorities and the methods of orthogonal experimental design are presented via a practical example of filtration experiment.

HCR-A High Efficiency Aerobic Oxidation Process for Wastewater Treatment ····· *Liu Kanghuai et al* (25)

Abstract: The HCR (High Performance Compact Reactor), an aerobic biological process, has many advantages in-

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net