第 34 卷 第 1 期
2002 年 3 月

西 安 建 筑 科 技 大 学 学 报(自然科学版)
J. Xi'an Univ. of Arch. & Tech.

Vol. 34 No. 1
Mar. 2002

# DE 型氧化沟的脱氮、除磷过程

袁宏林, 王晓昌

(西安建筑科技大学环境与市政工程学院, 陕西 西安 710055)

**摘 要**: 通过对西安市北石桥污水净化中心 DE 型氧化沟不同断面、不同水深处的水质指标测定分析, 了解到沟内的混合液基本上处于完全混合状态. 氧化沟高效率脱氮除磷的原因在于高浓度、高活性污泥对水中污染物的迅速吸附和沟内污泥的高度稳定性.

**关键词**: DE 型氧化沟; 生物处理; 硝化; 反硝化; 脱氮; 除磷

**中图分类号**: X703 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-7930(2002)01-0034-05 *

# A study on the process of nitrogen and phosphorus removal in the DE type oxidation ditch

*YUAN Hong-lin, WANG Xiao-chang*

(School of Envir. & Munic. Eng., Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055 China)

**Abstract**: Through an investigation of water quality parameters at different cross section and different depth, it was revealed that liquid is almost completely mixed in the DE type oxidation ditch in Beishiqiao Wastewater Purification Center, Xi'an. The high efficiency of nitrogen and phosphorus removal is resulted from fast absorption of pollutants by the high sludge concentration and activity in the ditch.

**Key words**: *DE type oxidation ditch; biological treatment; nitrification; denitrification; nitrogen removal; phosphorus removal*

## 前 言

活性污泥处理系统是污水生物处理的主要技术之一, 是当今污水处理领域使用最为广泛的处理技术. 近几十年来, 有关专家和技术工作者致力于使活性污泥法向多功能方向发展, 改变了以降解有机物为主要功能的活性污泥处理模式. 20 世纪 60 年代由荷兰的 Pasveer 开发的循环曝气池(氧化沟)技术将活性污泥法技术大大推进, 经生产运行证实在保持高效率降解有机物的情况下, 脱氮除磷效果显著[1,2].

我国于 20 世纪 80 年代引进氧化沟处理技术, 现已有多种形式的氧化沟技术应用于生产, 但技术水平与国际先进水平相比差距较大. 这就要求我们更系统地研究氧化沟技术与设备, 研究其原理和运行过程, 及时吸收消化氧化沟新工艺、新池型和新配套设备. 本文根据对西安市北石桥污水净化中心引进的丹麦 Kruger 公司的 DE 型氧化沟工艺在运行中的一些参数的实测结果, 讨论了 DE 型氧化沟脱氮除磷过程, 为该技术的进一步应用和研究提供借鉴.

* 收稿日期: 2001-03-20
基金项目: 陕西省教委专项科研计划项目(00JD250)
作者简介: 袁宏林(1965-), 男, 陕西岐山人, 工学硕士, 副教授, 从事环境与市政工程的教学科研.

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

## 1　DE 型氧化沟处理流程及运行方式

图 1 是北石桥污水净化中心DE 型氧化沟处理工艺流程　城市污水经粗格栅、细格栅、曝气撇油沉砂池、选择池、氧化沟、终沉池、加氯接触池后, 处理水排入皂河

图 2 是北石桥污水净化中心DE 型氧化沟的平面示意图, 沟内设有进水孔、出水堰、连通孔、转刷、转刷导流板、搅拌器等　氧化沟前包括一个处于缺氧或厌氧状态的选择池, 污水与终沉池回流污泥同时进入选择池, 搅拌混合 7～ 8 m in 后, 自进水孔进入氧化沟

DE 型氧化沟的运行是基于时间控制, 双沟交替工作循环曝气, 双沟循环一个周期的时间为 240m in, 运转方式见表 1.

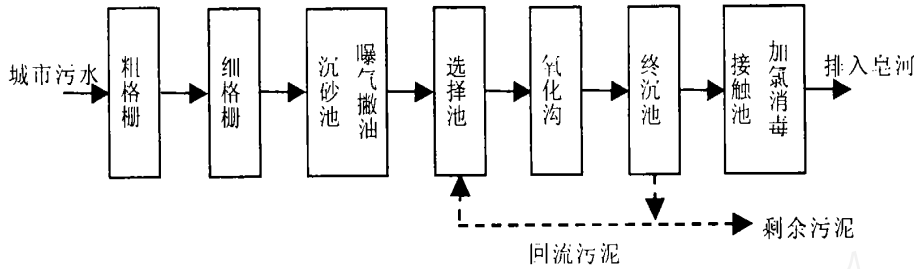
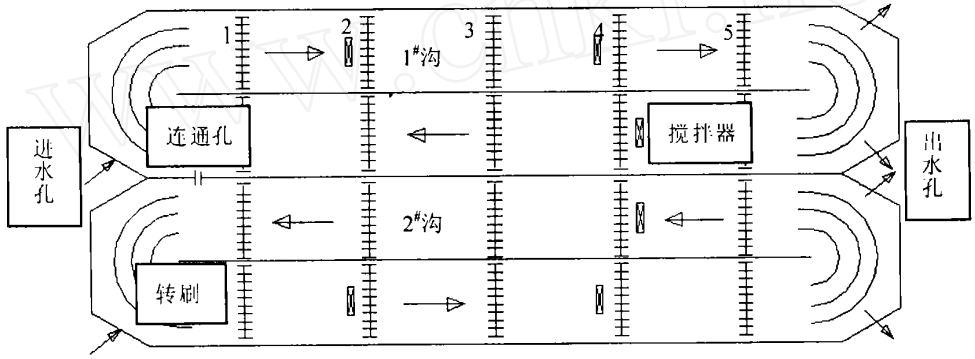



图 1　北石桥污水净化中心处理工艺流程




(图中编号 1～ 5 为测试断面位置)

图 2　DE 型氧化沟组成示意

表 1　DE 型氧化沟运转方式 (一个周期)

| 运转项目 | 运行时间/m in | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0～ 15 (15) | 15～ 120 (105) | 120～ 135 (15) | 135～ 240 (105) |
| 进 水 | 1# 沟 | 2# 沟 | 2# 沟 | 1# 沟 |
| 出 水 | 2# 沟 | 2# 沟 | 1# 沟 | 1# 沟 |
| 连通方向 | 1# →2# | 两沟独立 | 2# →1# | 两沟独立 |
| 转 刷 | 2# 沟 | 1# 沟和 2# 沟 | 1# 沟 | 1# 沟和 2# 沟 |
| 搅拌器 | 1# 沟 | — | 2# 沟 | — |

## 2　选择池中营养物及有机物的转移

选择池中污水与回流污泥处于完全混合状态, 进出水中的总氮 $T_N$、总磷 $T_P$、$COD$、pH、水温、$DO$、$SV_{30}$ 等指标的测试结果见表 2　由表可见, 选择池对于 $T_N$、$T_P$、$COD$ 的去除率均保持较高水平, 原因是

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

选择池进入污水的同时进入了50%的终沉池回流污泥,终沉池污泥中的微生物已经处于减速增长期末端或内源呼吸期,有较强的吸附性能,当污水与之混合后的5～10 min内,初期吸附作用极为突出[2],本系统中选择池的停留时间为7～8 min,正好发挥利用微生物的吸附性能,污水中的有机物及含氮含磷物质被大量吸附后转移至污泥中. 在选择池中污泥浓度非常高,且在机械搅拌器的作用下污泥与进水充分混合,从而提供了污染物通过吸附向污泥中转移的良好条件,转移到污泥中的污染物则通过后续氧化沟内各运行阶段(见下节)的厌氧、缺氧、好氧条件得以去除.

表2 选择池进出水水质指标

| 指 标 | $T_N$ /(mg·L$^{-1}$) | $T_P$ /(mg·L$^{-1}$) | $COD_{cr}$ /(mg·L$^{-1}$) | pH | 水温 /℃ | $DO$ /(mg·L$^{-1}$) | $SV_{30}$ /% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 进 水 | 25.1～27.8 | 3.18～3.55 | 77.3～94.5 | 7.47～7.60 | 19.3～19.5 | 0.4～0.6 | 16.7～17.8 |
| 出 水 | 15.1～16.5 | 0.79～0.88 | 21.0～24.7 | 7.45～7.60 | 19.3～19.5 | 0.2～0.4 | 22.6～24.5 |
| 去除率/% | 38.6～42.4 | 72.0～78.5 | 69.5～77.8 | – | – | – | – |

## 3 DE型氧化沟各部分的水质参数

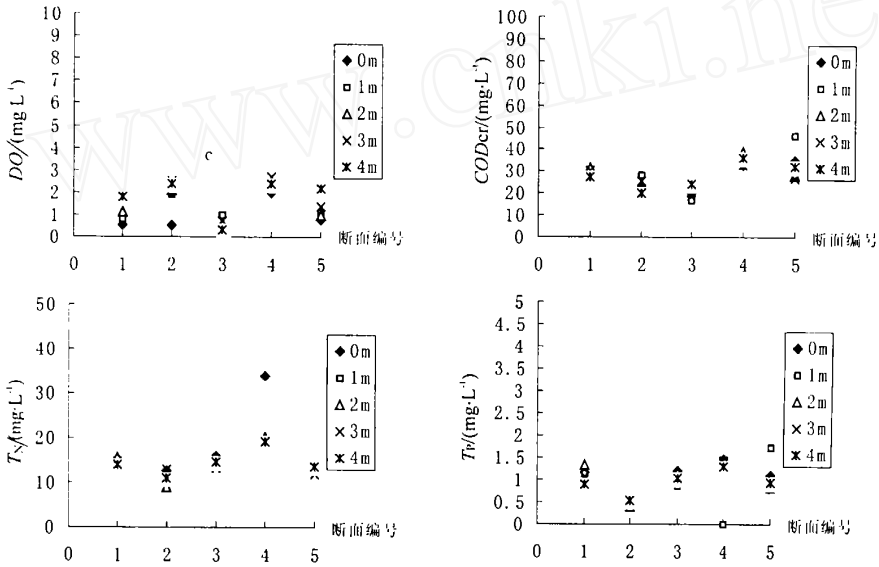



图3 氧化沟中各断面不同水深的水质测试结果

如表1所示的氧化沟运行方式,一个周期可分为四个阶段,0～15 min为第一阶段,自1#沟进水并通过连通孔进入2#沟、2#沟出水、1#沟不曝气、2#沟曝气;15～120 min为第二阶段,自2#沟进水又出水、1#和2#沟相对隔离、两沟同时曝气;120～135 min为第三阶段,与第一阶段为镜像关系;135～240 min为第四阶段,与第二阶段为镜像关系. 这说明每个单沟必然经过这四个阶段的每个阶段,因此我们的测试及分析主要以1#沟为对象进行.

### 3.1 氧化沟不同水深及沿程水质测试结果

沿1#沟取五个断面如图2所示,每个断面取五个深度(水深0, 1, 2, 3, 4 m)进行取样和水质测试. 图3为运行第一阶段时各断面不同水深的水质测试结果. 可见在DE型氧化沟中,$DO$、$COD$、$T_N$、$T_P$等水质指标沿深度变化均不大,沿水流方向变化幅度也不大. 其它运行阶段的测试结果也与此相类似,因此可以认为沟内液体接近于完全混合的状态.

### 3.2 氧化沟各运行阶段水质测试结果

因为各个阶段水质指标沿沟长和水深变化不大,所以可以取每个阶段测得数据的平均值来进行比

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

较, 其结果如表 3 所示

表 3　氧化沟内各阶段水质指标测试数据(平均值)

| 项目 | 第一阶段 | 第二阶段 | 第三阶段 | 第四阶段 |
|---|---|---|---|---|
| $COD_{cr}$/(mg·L$^{-1}$) | 28.5 | 25.7 | 21.9 | 31.4 |
| $T_N$/(mg·L$^{-1}$) | 14.7 | 14.1 | 10.6 | 16.0 |
| $T_P$/(mg·L$^{-1}$) | 1.00 | 1.07 | 1.18 | 1.14 |
| $DO$/(mg·L$^{-1}$) | 1.26 | 2.52 | 2.40 | 2.67 |
| pH | 7.46 | 7.48 | 7.42 | 7.36 |
| $SV_{30}$ | 24.6 | 22.2 | 23.8 | 17.2 |

从表 3 可知, 氧化沟中不同阶段的 $COD$, $T_N$, $T_P$, $DO$, pH, $SV_{30}$均变化不大, 说明不论氧化沟运行至哪个阶段, 污染物的水质指标均趋于相对稳定的数值

## 4　分析讨论

根据上述的测试结果, DE 型氧化沟中沿池深水质指标变化不大、沿池长方向(水流方向) 水质指标变化也不明显, 这说明氧化沟内的混合液基本处于完全混合状态　这种完全混合状态的形成一是由于池内的水力和机械搅拌作用, 二是由于池内水力停留时间较长(> 12h), 一般来说, 对于停留时间长的反应器, 其流态往往接近于完全混合[3]. 这正是氧化沟的特点

氧化沟内的水质指标在不同阶段也未呈现明显的差别, 整个氧化沟系统无论处于哪个阶段其水质指标基本是稳定的　这是由于选择池的吸附作用, 大部分有机物已被转移到污泥中, 而在污泥颗粒中本身存在着好氧(外层)、缺氧(中层)、厌氧(里层) 的微环境, 这样的微环境适合于相应的微生物进行新陈代谢作用[4], 有利于将吸附到菌胶团表面的物质转化、稳定　考虑到氧化沟内污泥的 $SV_{30}$　为 17.2～24.6%, 可知污泥沉降性能较好, 生物活性较强　在各个运行阶段, 由于供氧条件不同, 污泥内部会发生对污染物(包括 $COD$、$T_N$、$T_P$) 的不同降解过程, 但由于水中大部分的污染物已通过选择池的作用吸附在污泥中, 污泥内部的污染物降解过程对水中污染物浓度的影响似乎不大

在微生物脱氮系统中, 硝化作用的稳定和硝化速度的提高, 是影响整个系统的一个关键, 从氧化沟的运行来看, 大部分时间氧化沟是处于好氧环境($DO$ > 2.0 mg/L), 有利于含氮化合物向硝酸盐的转化　氧化沟内的液体交替处于好氧、缺氧环境下, 系统由于硝化而减少的碱度能够通过脱氮而得到一定的补偿(系统中的pH 值 7.36～7.48), 另一方面这种交替环境对反硝化菌也是有利的: 虽然在好氧条件下, 氧的存在对反硝化脱氮有抑制作用, 但反硝化细菌为兼性厌氧菌, 菌体内的某些酶系统组分只有在有氧时才能合成[3,5], 显然这种交替环境是一般活性污泥法所不能提供的

从表面上看, DE 型氧化沟系统去除 $T_N$、$T_P$、$COD$　主要发生在选择池　在该系统中, 终沉池有 50% 的污泥回流到选择池, 污泥具有很强的吸附性能, 因此大部分污染物在此已被转移到污泥中, 在此所发生的仅是物质的转移, 而真正的物质转化过程(即生物新陈代谢) 是在氧化沟内进行的　从宏观上来看, 整个氧化沟系统并没有提供良好的厌氧释磷环境, 即便是在选择池, 其进水 $DO$ 0.4～0.6 mg/L, 出水 $DO$ 0.2～0.4 mg/L, 而研究表明聚磷菌的充分释磷的良好环境是 $DO$ < 0.2 mg/L[6], 从测试的数据来看, 选择池对 TP 的去除率高达 72.0%～78.5%, 大部分含磷物质已经在此转移至污泥中, 即富磷污泥在此已经形成, 而在氧化沟内无非是对这一部分的污泥稳定, 以免在终沉池出现污泥的释磷现象

## 5　结　语

(1) DE 型氧化沟内水质指标在深度和长度方向上未呈现明显的变化, 沟内的混合液基本上处于完全混合状态, 各个阶段的 $COD$、$T_N$、$T_P$、pH 等指标也未呈现明显的变化, 整个沟内的水质指标基本上是稳定的

(下转第 52 页)

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

阻尼作用,这部分振动将逐渐衰减为0. 注意到加速度幅值与振动频率成平方关系,而且结构出现突发损伤时,频率成分中既有强迫振动频率成分,也有结构的各阶固有频率成分,而位移幅值和速度幅值受振动频率的影响要小得多.

## 3 结 论

利用压电智能结构、连续的简谐激励和小波分析技术可以高效而可靠地构造复合材料层合梁结构在线损伤检测和实时健康监控系统. 数值仿真结果表明,利用加速度响应的小波分解信号,可以准确地捕捉复合材料层合梁结构局部突发分层损伤的时刻. 即使结构局部刚度仅发生1%的减低,加速度响应小波分解信号仍然能够表现出显著的奇异性变化.

值得指出的是,如果复合材料层合梁结构的损伤不是发生在给定的监测时间周期内,而是发生在以前某个时刻,通过现场测量信号与以前预存的无损结构的信号、利用小波分析加以比较,同样可以确定结构是否出现了损伤. 前者可以称为结构实时健康监控,而后者则称为结构损伤的在线检测.

**参考文献:**

[1] GLOEWY, Recent development in smart structures with aeronautical applications[J]. Smart Mater. Struct, 1997, (6): 11-42.

[2] CHANG FU-KUO, Built-in structural health monitoring for composite structures[A], Proceedings of the 12th International Conference on Composite Materials. Paris: Published by paris university, 1999. 5-9.

[3] FARRAR C R, DOEBLING S W. Vibration-based structural damage identification [J]. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series A-Mechanical Physical and Engineering Sciences, 2001, 359 (1778): 131-149.

[4] CATTARIUS J, INMAN D J. Time domain analysis for damage detection in smart structures [J]. Mechanical Systems and Signal Processing, 1997, 11 (3): 409-423.

[5] WANG Q, DENG X M. Damage detection with spatial wavelets [J]. International Journal of Solids and Structures, 1999, 36 (23): 3443-3468.

---

(上接第37页)

(2)选择池对整个氧化沟系统污染物的去除起着极其重要的作用,主要是通过吸附作用使污水中的污染物向污泥中转移,是污染物转移(形成良好的代谢微环境)的场所.

(3)氧化沟系统中富磷污泥在选择池中已经形成,沟内的生物代谢对除磷而言是一个强化过程,能有效地避免在终沉池发生释磷现象.

(4)DE型氧化沟由于特殊的沟型和运行方式,使沟内的混合液交替处于缺氧、好氧的环境,有利于硝化和反硝化的进行,在选择池转移至污泥的污染物有利于形成菌胶团的微环境,从而也为细菌的新陈代谢提供了丰富的有机质.

**参考文献**

[1] 村田恒雄. 下水の高度处理技术[M]. 第三版; 东京; 理工图书, 1996. 238-249.

[2] 周 律. 三沟式氧化沟处理城市污水的效应[J]. 中国给水排水, 1999, 13(5): 4-7.

[3] 马文漪, 杨柳燕. 环境微生物工程[M]. 南京: 南京大学出版社, 1998. 182-192.

[4] DAIGGER G T. Orbal氧化沟同时硝化/反硝化及生物除磷机理研究[J]. 中国给水排水, 1999, 15(3): 1-6.

[5] TCHOBANOGLOUS G, BURTON F L. Wastewater Engineering. 3rd ed[M]. New York: McGraw-Hill, 1991. 529-641.

[6] 高延耀, 夏四清, 周增炎. 城市污水生物脱氮除磷机理研究[J]. 上海环境科学, 1999, 18(1): 16-18.

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