

氧化沟的脱氮除磷工艺应用评述

黄 崑,肖 兰

(武汉大学环境工程系,湖北 武汉 430072)

摘要 介绍了国内典型的 A^2/C 氧化沟、奥贝尔氧化沟和 DE 氧化沟的工作原理及其特点,总结各自的结构及工艺对脱氮除磷效果的影响。最后指出,生物除磷脱氮技术的发展和提高氧化沟中微生物活性是氧化沟未来发展的重要推动力;今后要进一步提高研究氧化沟设备性能和监控技术,减少占地面积和工程造价。

关键词 氧化沟 脱氮 除磷

中图分类号 X730.1 **文献标识码** A **文章编号** 1004-6933(2004)01-0006-03

与传统性污泥法比较,氧化沟技术具有处理工艺流程简单,净化效率高,管理维护方便,运行费用低,剩余活性污泥少且已达稳定,能承受水质、水量的冲击负荷,能进行生物脱氮除磷等一系列优点。

1957 年第一座氧化沟问世以来,随着工业发展,其工艺不断演变。根据结构和工艺的不同,氧化沟有以下几种代表性类型。

1 卡鲁塞尔氧化沟

卡鲁塞尔氧化沟是一种单沟式环形氧化沟,在氧化沟的顶端设有垂直表面曝气机,兼有供氧和推流搅拌作用。设置厌氧、缺氧段的卡式氧化沟(简称 A^2/C 氧化沟)是现今较为常见的类型之一。

1.1 A^2/C 氧化沟工作原理

A^2/C 氧化沟采用完全混合型与推流型相结合的延时曝气活性污泥法,其独特的池型与相应曝气设备布局使之形成了缺氧—厌氧—好氧工艺流程。该设备能在缺氧和厌氧条件下,把好氧生物不易降解的大分子有机物裂解成易于降解的小分子有机物。

1.1.1 厌氧区 I——除磷

在厌氧条件下,兼性细菌将溶解性 BOD 转化成低分子发酵产物,生物聚磷菌将优先吸附这些低分子发酵产物,并将其运送到细胞内,同化成胞内碳源存贮物,经厌氧状态释放磷酸盐的聚磷菌在好氧状态下具有很强的吸磷能力,吸收、存贮超出生长需求的磷量,并合成新的聚磷菌细胞,产生富磷污泥,通过剩余污泥的排放将磷从系统中除去。根据其工作原理,在 A^2/C 氧化沟厌氧区 I 的设计中分 3 格,第 1 格的功能在于使混合液中的微生物利用进水中的有

机物去除回流污泥中的硝态氮,消除硝态氮对厌氧区的不利影响,保证第 2、3 格中磷酸盐的正常释放。

1.1.2 缺氧区 II——脱氮

泥水混合液由厌氧区 I 进入缺氧区 II,一部分聚磷菌利用后续工艺的混合液(内回流带来的)中硝酸盐作为最终电子受体以分解细胞内的 PHB(聚 β 羟基丁酸),产生的能量用于磷的吸收和聚磷的合成,同时反硝化菌利用内回流带来的硝酸盐,以及污水中可生物降解的有机物进行反硝化,达到部分脱碳与脱硝、除磷的目的。

1.1.3 氧化沟区 III——脱氮除磷

氧化沟兼有推流型和完全混合型反应池两者的特性,完成一次循环所需时间为 5 ~ 20 min,而总的停留时间却很长。氧化沟中有好氧、缺氧交替出现的区域,具有硝化、生物除磷、反硝化的条件。在氧化沟好氧区聚磷菌除了吸收、利用污水中的可生物降解有机物外,主要是分解体内贮积的 PHB,产生的能量可供自身生长繁殖,此外还可主动吸收周围环境中的溶解磷,并以聚磷的形式在体内超量贮积。在剩余污泥中含有大量能超量聚磷的聚磷菌,因此大大提高了 A^2/C 氧化沟系统的除磷效果。

1.2 卡鲁塞尔氧化沟优缺点

a. 普通卡式氧化沟系统采用立式低速搅拌机,沟深可增加到 5 ~ 8 m,其曝气转碟具有较高的充氧能力和动力效率,优化控制方便,并可增加水深,节省用地,从而使曝气池的占地面积大大减小,且节省池顶的覆盖和相应的空气处理成本。单台曝气设备功率大,数量较少,维护点相对较少,更易于维护,但沟内混合液自由流程很长,由紊流导致的流速不均

有可能引起污泥沉淀,影响运行效果。

卡式氧化沟结构从“田径跑道”式向“同心圆”式转化,池壁共用,降低了占地面积和工程造价,表面曝气机使混合液中溶解氧的质量浓度增加到 2 ~ 3 kg/L。圆形、集中布置不需要管连接,回流活性污泥可在不同工艺单元间分配,这使各池的停留时间得到灵活控制。这种设计可使选择器和厌氧池单个运行、排空,而不至于使整个工艺停运。

b. A^2/C 氧化沟将厌氧、缺氧、好氧过程集中在一个池内完成,各部分用隔墙分开自成体系,但彼此又有联系。该工艺充分利用污水在氧化沟内循环流动的特性,把好氧区和缺氧区结合起来,实现无动力回流,节省了去除 NO_3-N 所需混合液回流的能量消耗。

c. 卡式氧化沟难以避免供氧和搅拌的矛盾,尤其在进水水质较淡的工况下,节能须降低曝气机的转速,会急剧减弱搅拌能力,导致严重沉淀,淤积污泥^[1]。

2 奥贝尔氧化沟

奥贝尔氧化沟一般由 3 个同心椭圆形沟道组成,没有很明显的缺氧及厌氧段,同时进行硝化、反硝化及除磷反应。外沟道的供氧量通常为总供氧量的 50% 左右,但 80% 以上的 BOD 可以在外沟道中去除。内沟道作为最终出水的把关,一般应保持较高的溶解氧,但内沟道容积最小,能耗相对较低。中沟道起到互补调节作用,提高了运行的可靠性和可控性。奥贝尔氧化沟独特的构造和机理,使之以较节能的方式获得稳定的脱氮除磷处理效果(图 1)。

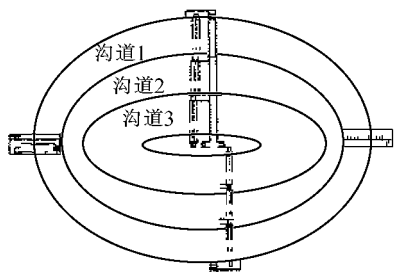


图 1 三沟道奥贝尔氧化沟

2.1 脱氮除磷工作原理

在奥贝尔氧化沟中,污水由外沟道进入,与回流污泥混合后,由外沟道进入中间沟道再进入内沟道,曝气池混合液出水流入二沉池。回流污泥由二沉池打回沟道 1。在各沟道横跨安装有不同数量水平转碟曝气机,进行供氧兼有较强的推流搅拌作用,使混合液在各自沟道呈悬浮态。

硝化、反硝化反应在奥贝尔系统内同时进行,特别是外沟道中可完成 81% 甚至 100% 的硝化作用以及 80% 以上的反硝化作用。反硝化细菌利用硝酸盐中的氧,以有机物作碳源及电子供体,使有机物得到分解氧化,这就相当于回收了一部分被消耗的氧。

其次,在奥贝尔氧化沟中需氧量最大的外沟道有最大的氧传递现场校正系数(因溶解氧平均为零),这就大大减少了实际所需供氧量。

2.2 奥贝尔氧化沟的优缺点

a. 有较好的节能性能。由于外沟道溶解氧平均值很低,氧的传递作用是在亏氧条件下进行的,具有较高的效率。

b. 3 个沟道的溶解氧呈 0—1—2 mg/L(外—中—内)的梯度分布,不仅使奥贝尔氧化沟具有卓越的脱氮性能,而且大大节省了能耗。

c. 奥贝尔氧化沟具有推流式和完全混合式两种流态的优点。对于每个沟道内来讲,混合液的流态基本为完全混合式,具有较强的抗冲击负荷能力;对于 3 个沟道来讲,沟道与沟道之间的流态为推流式,有着不同的溶解浓度和污泥负荷,兼有多沟道串联的特性,有利于难降解有机物的去除,并可减少污泥膨胀现象的发生。

d. 奥贝尔氧化沟采用的曝气转碟,具有较高的充氧能力和动力效率。通过改变曝气机的旋转方向、浸水深度、转速和开停数量,可以调整供氧能力和电耗水平 尤其是碟片可以方便地拆装,更为优化运行提供了简便手段。另一方面,由于转碟具有极强的整流和推流能力,氧化沟有效水深可达 4 m 以上。

e. 圆形或椭圆形沟型平面布置相对困难,需要设立独立的沉淀池,这样虽然有利于获得稳定的水质,但占地面积尚偏大,中心岛增加了无效占地。

3 DE 氧化沟

DE 氧化沟系统由两个平行的氧化沟和一个独立的沉淀池组成,这样可使两个平行的氧化沟处理能力大大提高,曝气转刷的利用率可达 100%。该系统能够在两个平行的氧化沟内分别进行硝化、反硝化的反应,从而达到生物脱氮的目的 若在该系统之前增设厌氧池,使回流污泥与原污水在厌氧池中混合,则可以达到生物除磷的目的。

3.1 工作原理

3.1.1 DE 型氧化沟生物脱氮

DE 型氧化沟生物脱氮作用是通过氧化沟本身特殊的运行方式,创造一定的条件使硝化和反硝化作用在氧化沟中交替发生而完成的。DE 型氧化沟生物脱氮运行过程分为 4 个阶段(图 2)。

阶段 A 污水经分配井进入沟 I,沟中转刷低速运行,仅保持活性污泥混合液的悬浮状态 溶解氧质量浓度低于 0.5 mg/L,处于缺氧状态,从而使得经前一好氧阶段产生的硝酸盐以原污水为碳源进行反硝化反应。此时,沟 I 后端的溢流堰打开,泥水混合液由此进入二沉池进行沉淀分离,而沟 II 中的转刷进行高

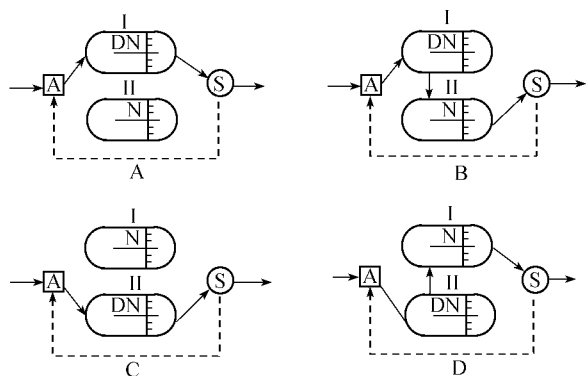


图2 生物脱氮运行方式

速曝气,将前一阶段进入该沟的污水在好氧状态下($\rho_{DO} > 2 \text{ mg/L}$)进行硝化反应,运行时间 15 min。

阶段 B 污水经分配井进入沟 I、沟 II、沟 III,均保持上阶段的反硝化、硝化状态。但是出水由沟 I 改为沟 II,保证进入沟 II 的污水中有机物得到充分降解。运行时间 105 min。

阶段 C 污水经分配井进入沟 II,此时 II 中转刷低速推流进入反硝化状态,进行出水。而沟 I 中转刷高速曝气,进行硝化反应。运行时间 15 min。

阶段 D 与阶段 B 相似,只是沟 I、沟 II 进出水情况相反,运行时间 105 min。

3.1.2 DE 型氧化沟生物除磷

DE 型氧化沟前设置厌氧池,形成厌氧—缺氧—好氧的工艺流程(图 3),创造了有利于生物除磷的最佳运行条件。

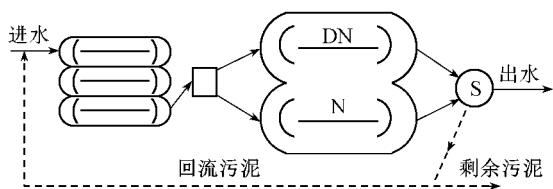


图3 生物除磷工艺

前置的厌氧池配有搅拌器,防止污泥沉淀。污水经过厌氧—好氧段达到除磷的目的,整个运行过程分为 4 个阶段。

阶段 A 原污水与二沉池回流污泥均流入厌氧池,池中搅拌器使之充分混合,防止污泥沉淀,混合液经配水井后流入沟 I。沟 I 在前一段已进行了充分曝气和硝化作用,细菌已吸收了大量的磷。在阶段 A,沟 III 中转刷低速运行,维持缺氧条件,沟 II 出水调节堰板降低,处理后的水由沟 II 排入二沉池。在阶段 A 结束时,沟 I 中磷的浓度将会上升,因为沟 I 处于缺氧条件,进行反硝化过程,磷将会释放到水中。而沟 II 转刷高速运行,进行充氧和硝化过程,细菌吸收污水中的磷,沟 II 中磷的浓度下降。

阶段 B 原污水与二沉池回流污泥经混合、配水后还是进入沟 I,不过此时沟 I、沟 II 转刷均高速运

行充氧,进水中的磷和阶段 A 沟 I 中释放的磷进入好氧条件的沟 II 中,沟 II 中混合液磷含量低,水由沟 II 排入二沉池。

阶段 C 与阶段 A 相类似,沟 I 和沟 II 的工艺条件互换,功能刚好相反。

阶段 D 与阶段 B 相类似,阶段 B 和 D 是短暂的中间阶段,沟 I 和沟 II 的工艺条件相同。两个沟中转刷高速运行充氧使吸收磷的微生物和硝化菌有更多的工作时间。但沟 I 和沟 II 的进出水情况相反。

DE 型氧化沟的运行基于时间控制,双沟交替工作循环曝气,双沟循环一个周期的时间为 240 min。

3.2 DE 型氧化沟特点

a. DE 型氧化沟为双沟系统,设有独立的二沉池和回流污泥系统,氧化沟内只是交替进行着硝化和反硝化,是专为生物脱氮而开发的新工艺。

b. 两个氧化沟相互连通,串联运行,可交替进出水,沟内曝气转刷一般为双速,高速工作时曝气充氧,低速运行时只推动水流,不充氧。通过两沟内转刷交替处于高速和低速运行,可使两沟交替处于缺氧和好氧状态,从而达到脱氮的目的。

c. DE 型氧化沟处理工艺的剩余污泥不经硝化可直接通过机械脱水,节省污泥装置的投资和运行费用,对于西部经济尚不发达的中小型城市尤为适用^[2]。

4 氧化沟的未来发展方向

a. 发展生物除磷脱氮技术。至今氧化沟系统多为活性污泥法,可以借鉴生物膜理论,提高单位反应器的微生物总量,从而提高有机负荷,但需着重解决水力设计问题。

b. 提高氧化沟中微生物的活性。在氧化沟中投加专一菌种、投入铁盐使微生物驯化成生物铁,投入活性炭增强菌胶团的形成并提高耐毒性冲击等都是氧化沟技术的研究方向。

c. 提高氧化沟设备性能和监控技术使氧化沟系统进一步节能。提高表面曝气机、水下推进器的性能,减少维修工作量,利用 DO, ORP 等多目标监控技术及变频技术是今后氧化沟科学运行的必由之路。

d. 提高氧化沟的耐寒、耐毒性能,减少占地面积和工程造价^[3]。

参考文献:

- [1] 刘长荣, 常建一. Carrousel 氧化沟的脱氮除磷工艺设计[J]. 中国给水排水, 2002(1): 67~70.
- [2] 王社平. DE 型氧化沟脱氮除磷工艺[J]. 给水排水, 1995(10): 45~48.
- [3] 张自杰. 排水工程(下)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.

(收稿日期 2003-06-20 编辑 高渭文)