

① 生活污水 活性污泥法 曝气 脱氮除磷
 2P-3 | 二槽式间歇曝气活性污泥法脱氮除磷

范懋功 X703

二槽式间歇曝气活性污泥法是在两个串联连接的反应槽内周期性地反复进行曝气、搅拌的方法,能同时除去有机物、氮和磷。间歇曝气周期约为 120min。在第一反应槽内曝气时进行硝化和吸收磷,搅拌时则进行脱氮和放出磷。在第二反应槽内曝气时进行硝化和吸收磷,搅拌时只进行脱氮。当第二反应槽内脱氮一结束,全槽就恢复曝气状态而不向处理水中放出磷,因此氮磷的去除率高。本法嫌气好气的时间比率量是可变的,对水质和水温等变化的适应性强。

生活污水脱氮除磷的有关微生物要比去除有机物的普通活性污泥法增加硝化菌(亚硝酸菌和硝酸菌)、脱氮菌、脱磷菌等各种微生物。发挥这些细菌的各种机能所需最适当的生育条件不同。欲得到良好的处理水水质,在处理过程中用 DO、ORP 折点控制嫌气好气时间进行间歇曝气是必要的。采用 DO 和 ORP 折点自动控制是本法的主要特征。

日本富士电机总合研究所等单位进行了试验。原水水温为 15-20℃,BOD 去除率稳定在 98%,T-N 为 86%,T-P 为 89%。试验用第一曝气槽容积为 76L,第二曝气槽为 74L,最终沉淀槽为 36L。曝气槽中装搅拌机,转速为 60rpm。鼓风机风管上装排风阀,能自动开闭以控制溶解氧浓度。为了进行污泥停留时间(SRT)管理方便,剩余污泥直接从第二曝气槽排出。利用脱氮终了时 ORP 曲线上出现折点控制嫌气、好气时间。根据普通 A²/O 处理法磷放出所需的嫌气槽容积为 20-40%,本试验中磷放出时间比率设定为 25%。间歇曝气周期的后半 60min 为第一曝气槽的磷放出时间,相当于两个曝气槽整个周期 240min 的 25%。

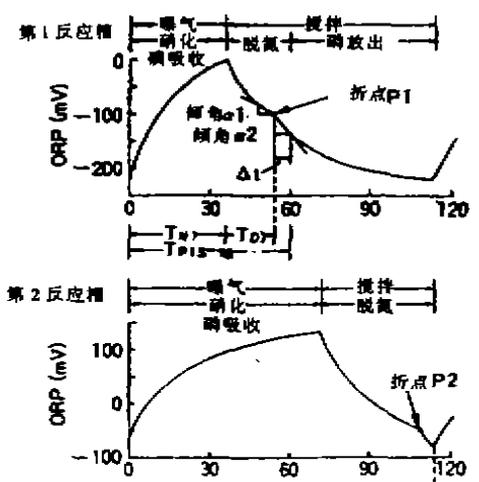
曝气过程中 DO 控制在 2.5mg/L 左右不会妨碍硝化菌增殖。第一曝气槽曝气经 T_{P1S}时

间后,ORP 曲线上出现折点 P₁。曝气时间 T_{N1}按下式调节。

$$T_{N1n} = T_{N1n-1} + K_1(T_{P1S} - T_{P1n-1}) \quad (1)$$

- 式中: T_{N1n}——下一个周期的曝气时间;
- T_{N1n-1}——现周期的曝气时间,
- K₁——常数;
- T_{P1S}——曝气时间和脱氮时间设定值之和,即折点 P₁ 出现时间的设定值。
- T_{P1n-1}——现周期曝气时间 T_{N1n-1} 和脱氮时间 T_{D1n-1} 之和。

符号中 1 代表第一槽, S 代表设定。
 先求时间节距 Δt 和 ORP 曲线的倾角 α₁ 和 α₂, 当 α₁/α₂ > β 值时判断折点 P₁ 出现。β 为预先的设定值,通常定为 1.5。经历所定曝气时间后就进行搅拌,当从第二反应槽发出搅拌结束信号时恢复曝气。通常曝气时间 T_{N1} 为 30min,脱氮时间为 30min,磷放出时间为 60min。



第二曝气槽的任务是确保除去残余的氮磷。曝气时进行硝化和吸收磷,搅拌时仅进行脱氮。曝气时 DO 值也控制在 2.5mg/L,经历

所定曝气时间后就转入搅拌,出现折点 P_2 就再次恢复曝气,此时第一反应槽也恢复曝气。曝气时间和搅拌时间之和的设定值 T_{P2S} 即为一个周期的设定时间。同样用式(1)调节曝气时间 T_{N2} ,增减 T_{N2} ,折点 P_2 就在设定值 T_{P2S} 附近出现。折点出现表示脱氮終了。通常曝气时间 T_{N2} 为 70min,脱氮时间 T_D 为 50min,一个周期 T_{P2S} 为 120min。

试验用原水水质: BOD = 199mg/L, TOC = 140mg/L, T-N = 37.3mg/L, T-P = 5.1mg/L。加氯化铵和磷酸三钠作为营养剂。

试验装置有两套,在不同水温条件下进行试验,装置的技术参数如下:

项 目		装置 NO1	装置 NO2
曝 气 槽	水温(℃)	15±1	20±1
	停留时间(h)	16	16
	第一槽设定值		
	硝化脱氮时间 T_{P1S} (min)	60	60
	磷放出时间(min)	60-65	60
	第二槽设定值		
	曝气周期设定时间 T_{P2S} (min)	120-125	120
	DO 设定值(mg/L)	2.5	2.5
	MLSS	3470	3710
	SVI(mL/g)	265	219
	SRT(d)	33.6	31.2
	污泥曝气比率(%)	41	42
	好气期间的污泥停留时间 ASRT(min)	13.8	13.1
	BOD 负荷(kg/kgMLSS·d)	0.086	0.080
T-N 负荷(kg/kgMLSS·d)	0.016	0.015	
T-P 负荷(kg/kgMLSS·d)	0.002	0.0021	
沉 淀 池	停留时间(h)	3.9	3.9
	表面负荷(m ³ /m ² ·d)	4.5	4.5
	污泥回流率(%)	100-150	100-150

试验结果

第一套装置 第一槽曝气期间溶解的 TOC 浓度低达 7-9mg/L, 搅拌时浓度有增加的倾向。 NH_4-N 在曝气时从 5.5mg/L 降到 1.6mg/L, 搅拌时因原水流入增加到 5.3mg/L。 NO_x-N (NO_2-N 和 NO_3-N) 在曝气时从零上升到 3.6mg/L。搅拌开始后 30min 内进行脱氮。对应于这样的水质变化, ORP 值从 270mV 变到 50mV, 脱氮終了时 ORP 曲线上明显地出现折点 P_1 。 PO_4-P 在曝气时由于活性污泥的吸收从 6.7mg/L

降到零, 进入搅拌一直到脱氮終了后又增加到 5.9mg/L。第二槽溶解 TOC 浓度大致恒定在 6-7mg/L 范围内。硝化时间约为 30min, 脱氮終了时 ORP 曲线上出现折点 P_2 。在搅拌时由于 NO_x-N 的存在, 活性污泥吸收磷的作用虽减弱但不放出磷, 第二槽中 PO_4-P 浓度低即处理水中磷浓度低, 这是本法的主要特征。经两个月连续试验, 在原水水温为 15±1℃ 条件下, BOD 从 199mg/L 下降到 3.8mg/L, 去除率为 98%, SS 从 126mg/L 降到 1.5mg/L, 去除率为 99%, T-N 从 37.3mg/L 降到 7.5mg/L, 去除率为 80%。处理水中的 T-N 大半是未硝化的残留 NH_4-N 。ASRT 为 13.8d 能满足系统内维持硝化菌的条件。试验开始时由于硝化菌浓度不足, 而且在低水温期间硝化菌不能充分增殖, 硝化不完全, 所以有 NH_4-N 流出。T-P 从 5.1mg/L 降到 0.58mg/L, 去除率为 89%, 试验期间曾一度超过 1mg/L。MLSS 为 3470mg/L, SVI 达 265mg/L, 显示轻度膨胀状态, 最终沉淀池中滞留污泥有放出少量磷的倾向。

第二套装置, 在水温为 20±1℃ 条件下, 处理水 BOD 为 4.4mg/L, 去除率为 98%, SS 为 3.5mg/L, 去除率为 97%, T-N 为 2.7mg/L, 去除率为 93%, T-P 为 0.51mg/L, 去除率为 90%。活性污泥 SVI 值为 219, 最终沉淀池的污泥界面保持在低位。

两套试验装置脱氮除磷效果稳定, 这是 DO、ORP 折点控制的结果。

控制的稳定性

DO、ORP 测量讯号值输出有时不稳定发生误操作, 例如 ORP 探头附着了纤维, ORP 值发生急剧变化, 控制软件要具备判别急剧变化的性能, 能判断出这种异常的变化, 控制程序不会把急剧变化误检为折点, ORP 控制稳定地继续进行。

控制周期的稳定性 在硝化速度和氮负荷急剧变化的情况下, 第二曝气槽 ORP 折点的出现时间要比预想的有大的变动。为了在

出现折点时达到周期终点,要调整一个周期的历时,例如大幅度缩短一个周期的历时。如果第一槽磷放出时间不足,则对除磷有不利的影响。实际控制时设定一个周期所需历时的上下限,在此范围内反复进行曝气搅拌。例如第二槽折点 P_2 比设定值 120min 早出现约 30min,上下限限幅器把强制动作值设定在 120 ± 15 min,下一个周期就移到下限 105min。这样通常能在大致一定的周期下运转。在折点提前出现的情况下,下一个周期就需要延长曝气时间,使折点在上一个周期的设定值附近出现。

ORP 折点未检出时的对策 脱氮一结束就出现折点,检出率通常达 99%。不出现折点或不能检出的情况有:

(1)原水突然停止流入,第一槽脱氮速度缓慢,折点出现较迟或不出现。

(2)水温低但氮负荷高,在第二槽一个周期内脱氮不结束,折点不出现。

(3)ORP 电极被污染,输出功率降低时,ORP 曲线上的折点不明显,不可能检出。在这种情况下需装备软件即当故障发生时可以使用的程序,计算机根据未检出时的条件决定下一周期适当的曝气时间来继续控制,即使折点不能检出,还能稳定地控制,保持处理水质符合要求。

DO 控制的稳定性 DO 控制的目的是维持不妨碍硝化菌活性的 DO 水平,精度要求不高。控制程序以搅拌时 DO 为零作为输出的基准并具备补偿零点漂移的性能。

反应时间 各种生物反应时间,即硝化(曝气)、脱氮、磷放出的时间,用所占周期的比例来表示。进行 SRT 管理时,根据曝气时间的比例计算 ASRT。脱氮时间的比率增加就能推断氮负荷增大。反应时间比例对运转管理有用。

电极的维护 试验室用 DO 电极通常每周清洗一次,每月校正一次。生产过程中采用 DO 电极自动清洗机构时,每隔 1-2 月清洗校正一次。试验室用 ORP 电极的清洗频率为两周一次。本方法并不是利用 ORP 的测定值而是利用 ORP 曲线的折点,ORP 值漂移不怎么成问题,生产过程中用 ORP 电极每隔 1-2 个月清洗校正一次。

结论

1. 第一曝气槽在曝气时进行硝化并吸收磷,在搅拌时进行脱氮并放出磷。第二曝气槽在曝气时进行硝化并吸收磷,在搅拌时只进行脱氮,脱氮终了时出现的 ORP 折点控制反应时间。

2. 在水温 15℃ 时, BOD 去除率达 98%, T-N 为 80%, T-P 为 89%。水温 20℃ 时去除率分别为 98%、93%、90%。

3. 即使 ORP 信号受到干扰, ORP 折点出现时间变化大,不能检出折点时,控制还能持续稳定。

住宅区生活污水处理采用二槽式间歇曝气活性污泥法可得到良好的处理水质。

△作者通讯处:100011 北京德外大街 12 号北京银燕环保设备工程公司

信息·动态

气囊式水锤消除器通过鉴定

由潍坊市自来水总公司研制成功的气囊式水锤消除器,日前通过技术鉴定。该成果解决了供水企业破管的一大难题,提高了供水的安全可靠性。

水锤是由于事故停电或操作等原因,有压输水管道中水流突然变化,致使管内压力发生急剧升降的现象。水锤是造成管道破裂的主要原因。气囊式水锤消除器是利用

空气压缩性大的特点,将压缩气体注入与水体隔开的薄膜橡胶囊中,使充满气体,富有弹性的气囊能有效地吸收或抑制输水管道中发生的各类水锤和其他可能产生的升压,从而保护机泵、闸阀和管道不受损坏。

该科研成果适应性强,能够消除各种类型的水锤波,维护方便,操作简便,具有很好的推广应用价值。

摘自《给水技术动态》1995 年 3 期

· 31 ·