

工程实例

大连开发区污水厂的生物除磷实践

丛广治¹, 白羽¹, 陈立学², 张富国², 张杰¹

(1. 哈尔滨工业大学市政环境工程学院, 黑龙江哈尔滨 150090; 2. 中国市政工程东北设计研究院, 吉林长春 130021)

摘要: 大连经济开发区水质净化厂原采用 A^2/O 工艺, 后来进行了厌氧—好氧活性污泥除磷技术改造。实际运行结果表明, 改造后出水磷含量稳定于 1.0 mg/L 以下, 达到了预期效果; 改造后的系统在如下的运行参数下可取得较好的净化效果: BOD_5 负荷为 $0.2 \sim 0.3 \text{ kg}/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$, TP 负荷为 $(2.8 \sim 6.0) \times 10^{-3} \text{ kg}/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$, 厌氧段容积/好氧段容积 = 1.2, 厌氧段 $DO < 0.6 \text{ mg/L}$, 好氧段 DO 为 $3 \sim 3.5 \text{ mg/L}$, 水温 $> 12^\circ\text{C}$ 。

关键词: 厌氧—好氧活性污泥法; 生物除磷; 运行参数

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2004)01-0074-04

大连开发区水质净化厂原采用 A^2/O 工艺, 于 1990 年建成投产, 在生产运行中发现脱氮除磷难以兼顾。由于磷是更为重要的造成水体富营养化的因子, 故厂方决意将 A^2/O 工艺改为生物除磷工艺, 并使出水磷 $< 1.0 \text{ mg/L}$ 。

1 工程内容

该厂设计规模为 $6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 分两期建设。一期工程为 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 分成两个系列, 取其中一个系列 ($1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$) 进行工艺改造并做为厌氧—好氧活性污泥除磷技术的示范工程。

主要改造内容为:

- ① 将曝气沉砂池改为普通平流沉砂池。
- ② 沉砂池出水通过超越管, 避开沉淀池直接进入生化反应池的厌氧段, 以提高 BOD_5/TP 值和进水有机物的浓度。
- ③ 取消生化反应池内的回流系统。
- ④ 该系列生化反应池运行中停运两个廊道, 使水力停留时间由原来的 10 h 缩短至 6 h, 污泥负荷则维持在 $0.2 \sim 0.3 \text{ kg}/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$ 。

改造后的工艺流程如图 1 所示。

生化反应池廊道总长度为 129 m, 宽为 6 m, 深为 6 m。其中厌氧段长度为 24.8 m, 好氧段长度为

49.6 m^[1]

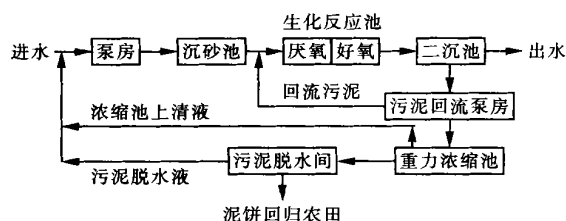


图1 厌氧—好氧活性污泥除磷工艺流程

2 运行效果

系统改造后, 在生产运行的同时进行了运行参数和净化效果的测定。改造后 BOD_5 负荷为 $0.2 \sim 0.3 \text{ kg}/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$, TP 负荷为 $(2.8 \sim 6.0) \times 10^{-3} \text{ kg}/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$, TP/BOD_5 为 $0.011 \sim 0.038$, 长年运行效果一直较稳定。表 1 为 2000 年各月的平均进、出水水质, 其出水 $BOD_5 < 20 \text{ mg/L}$, 夏季可达 10 mg/L 以下, 出水 TP 为 $1.0 \sim 0.5 \text{ mg/L}$, 去除率为 90 % 左右。

3 改造后系统的技术经济效果

表 2 是生物除磷工艺与普通活性污泥法(大连市春柳污水厂数据)、 A^2/O 工艺(本厂 A^2/O 工艺运行数据)的净化效果比较。可以看出生物除磷工艺

在对有机物的去除率方面略有提高,而在 TP 去除上有大幅度的提高,大连春柳污水厂的普通活性污泥法对 TP 的去除率平均为 23%,本厂 A²/O 工艺为 54%,而生物除磷工艺为 89%。

表 1 2000 年各月的平均进、出水水质

月	进水(mg/L)				出水(mg/L)				去除率(%)			
	BOD ₅	COD	SS	TP	BOD ₅	COD	SS	TP	BOD ₅	COD	SS	TP
1	216.7	532	240	3.7	32.7	84	25	0.23	85	84	94	94
2	315.7	747	385	4.13	32.7	72	10	0.41	90	90	97	90
3	311.0	840	413	5.56	32.7	80	10	0.81	93	90	97	85
4	333.5	935.5	359	4.66	21.9	60.1	14	0.19	93	94	97	96
5	241.6	628.0	283	5.25	21.2	54	9	0.29	91	91	97	95
6	229.8	572	273	6.25	14.7	58	13	0.20	94	90	95	95
7	205.7	481	282	4.08	10.2	47	20	0.63	95	90	93	85
8	170.8	372.1	281	5.95	5.2	45	14	0.61	97	87	93	90
9	146.4	309	101	3.23	6.2	42	10	0.42	96	86	89	87
10	154.1	312.2	124	1.72	3.7	46.5	18	0.24	97	84	88	86
11	192.2	416.4	154	3.97	6.4	50.1	16	0.43	97	85	87	85
12	254.1	361	187	4.16	12.1	51	13	0.36	95	88	90	92

表 2 大连市污水厂各种工艺处理效果对照(年平均值)

项目	普通活性污泥法			A ² /O 工艺			厌氧—好氧生物除磷工艺		
	进水(mg/L)	出水(mg/L)	去除率(%)	进水(mg/L)	出水(mg/L)	去除率(%)	进水(mg/L)	出水(mg/L)	去除率(%)
BOD ₅	223.0	18.0	92.5	230.9	19.0	91	230.9	15.9	93
COD	522.8	84	83.9	544	60	88.9	544	57	89
TP	8.7	5.9	23	4.25	1.95	54.0	4.25	0.45	89
SS	489	32	92	251	24	90	251	16	93

生产实践证明,生物除磷工艺有如下特点:

- ① 在去除有机物的同时,可较彻底地除磷。
- ② 污泥负荷与普通活性污泥法相当。
- ③ 便于新厂建设和老厂的改造。

该厂按厌氧—好氧活性污泥除磷工艺运行后,污泥负荷由原来的 0.12~0.15 kgBOD₅/(kgMLSS·d) 提高到 0.2~0.3 kgBOD₅/(kgMLSS·d)。原本处理水量为 1.5×10⁴ m³/d 的系列可按 2.5×10⁴ m³/d 运行。据此开发区将 6×10⁴ m³/d 规模的污水处理厂稍加改造便可成为具有 10×10⁴ m³/d 处理能力的中型水厂,适应了开发区经济发展而导致污水水量增加的要求。

4 生化反应池运行状态与参数分析

① 磷的代谢平衡

图 2 是生产中多次测定的反应器沿程各点混合液中磷浓度曲线。

从图 2 可以看到,磷在生化反应器中的代谢分为两个方面:厌氧区的释磷和好氧区的吸磷。在厌氧区摄磷菌为了满足自身生长繁殖的需要,利用细

胞体内水解聚磷酸释放的能量与污水中低分子有机物重新合成 PHB 以维持其生命活动的需要,促使磷在厌氧区大量释放。在好氧区微生物从污水中过量吸收超过其生长所需的磷并以聚磷酸盐的形式贮存起来以便在厌氧区为其生命活动提供所需能量。随着系统排放剩余污泥,被细菌过量摄取的磷也随着污泥被排出系统,因而可获得较好的除磷效果^[1、2]。

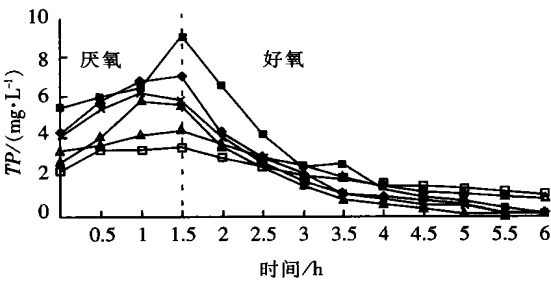


图 2 反应器沿程混合液中的磷浓度

从图 2 还可看出,若磷在厌氧区释放充分,则好在好氧区的吸收情况也好,即处理效果好。在厌氧区释放的情况不好,同时也在好氧区磷的吸收情况也差。这说明,只有在厌氧区大量释放磷的前提下,才会在

好氧区有磷的过剩吸收,从而达到良好的除磷效果。

② 硝酸盐氮对厌氧池释磷的影响

在进水中投加不同量的硝酸盐,考察其对释磷的影响,图3为厌氧反应器始端硝酸盐浓度与末端TP浓度的关系曲线。

从图3可以看出,硝酸盐氮的存在强烈影响磷的释放,但当硝酸盐浓度 $<1.5\text{mg/L}$ 时,对磷的释放影响不大。

③ DO对磷释放和吸收的影响

DO的影响包括两方面:首先是在厌氧区内必须严格控制厌氧条件,以保证系统内的摄磷菌能同化有机物并释放磷,但在厌氧生化反应器中达到完全没有DO的状态是很困难的,因为进水与回流污泥以及在水的流动过程中,或多或少总会混入DO。图4是DO对磷释放的影响的关系曲线。

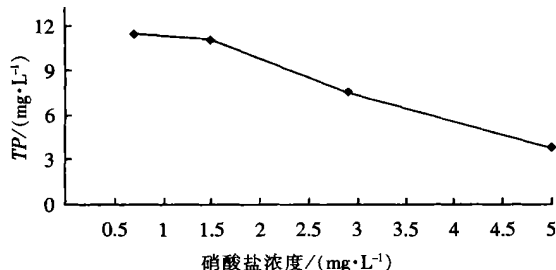


图3 厌氧反应器始端硝酸盐浓度与末端混合液TP浓度关系

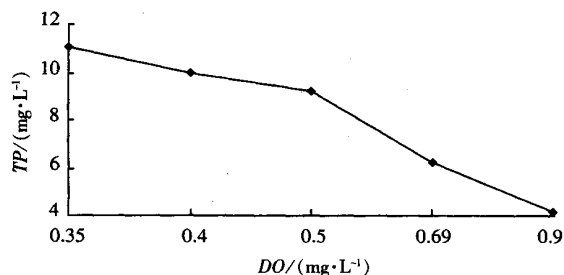


图4 DO对磷释放的影响

从图4可以看出,DO $<0.5\text{mg/L}$ 对磷的释放无太大影响,例如若在生产试验中DO $<0.3\text{mg/L}$ 则运行效果良好。

好氧区要供给充足的氧,不仅仅是维持细菌的好氧呼吸,有效地吸收污水中的磷,同时也为了保证去除BOD₅等有机物,为细菌的代谢合成提供足够的氧。图5为整个生化反应器中DO和磷浓度的沿程变化。虽然在厌氧段DO $<0.3\text{mg/L}$,磷释放得很好,但在好氧段DO不足,会导致磷的吸收受阻。

图5中出水段DO为 0.5mg/L 左右,磷丝毫没被吸收。

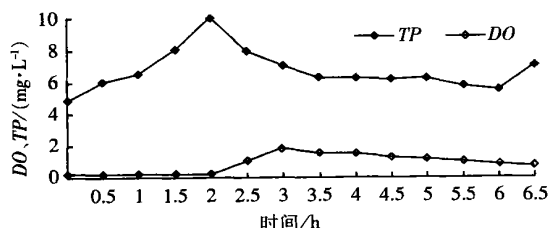


图5 生化反应池好氧段低DO时的磷释放与吸收曲线

图6是运行状况良好的厌氧—好氧生化反应池磷的厌氧释放与好氧吸收。厌氧段DO $<0.3\text{mg/L}$,释磷充分,在好氧段的出水段DO为 $3\sim3.5\text{mg/L}$,磷的吸收良好,出水磷 $<0.5\text{mg/L}$ 。

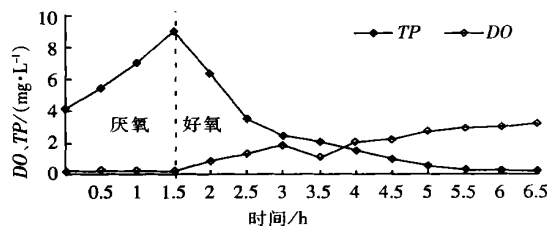


图6 生化反应池运行良好时的磷释放与吸收曲线

④ BOD₅负荷的影响

原水TP为 $4.0\sim3.5\text{mg/L}$ 时,生化反应池出水磷浓度与BOD₅负荷的关系如图7所示。

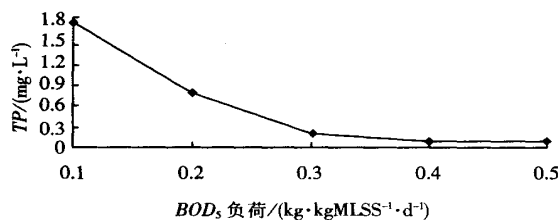


图7 BOD₅负荷与出水TP浓度关系曲线

BOD₅负荷为 $0.25\sim0.5\text{kg/(kgMLSS}\cdot\text{d)}$ 的状况下,除磷效果良好,出水TP $<0.5\text{mg/L}$ 。而BOD负荷 $<0.2\text{kg/(kgMLSS}\cdot\text{d)}$ 时,除磷效果逐渐恶化。这是因为有机物尤其是低分子有机物是激发摄磷菌同化作用的必备条件。BOD₅负荷直接与剩余污泥量有关,BOD₅负荷高利于磷的去除。

⑤ 厌氧段与好氧段的HRT

厌氧释磷需要一定的反应时间,从生化反应器中释磷的历程来看,厌氧反应时间2h已经足够。好氧反应段中停留3h,TP可以降到 1mg/L 以下,

停留3.5~4.5 h, TP 可降至 0.5 mg/L。厌氧段与好氧段容积比例以 1:2 较为适宜。

5 结语

厌氧—好氧活性污泥除磷工艺在不增加标准活性污泥法基建投资和维护费用条件下,可以较彻底地除磷,且运行稳定。这一工艺不但继承了传统的标准活性污泥法的优点,又增加了生物除磷功能。

参考文献:

- [1] 戴镇生. 水和废水技术研究[M]. 北京:中国工业出版社,1997.
- [2] 陈立学. 厌氧/好氧除磷工艺[J]. 中国给水排水,1993, 9(3):26-28.

电话:(0411)7611576(O)

收稿日期:2003-08-26

·技术交流·

许昌市周庄水厂漂浮物去除装置

周庄水厂是许昌市唯一的地表水处理厂,供水能力为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。一期工程于 1994 年 10 月建成投产,二期工程于 2000 年 12 月建成投产,并且实现了 PLC 自动化控制,具体工艺流程为:(一期)格栅/取水口→一级泵房(加氯、加药)→管式混合器→折板反应池→斜管沉淀池→虹吸滤池(加氯)→清水池→二级泵房(补氯)→市区供水管网;(二期)格栅/取水口→一级泵房(加氯、加药)→管式混合器→回转式隔板反应池→平流沉淀池→汽水反冲洗滤池(加氯)→清水池→二级泵房(补氯)→市区供水管网。

该厂源水取自颍河、汝河,水中漂浮物较多,要去除这些漂浮物,需要投入大量人力、物力,并且效果欠佳,为此研制安装了一套漂浮物去除装置(见图 1)。

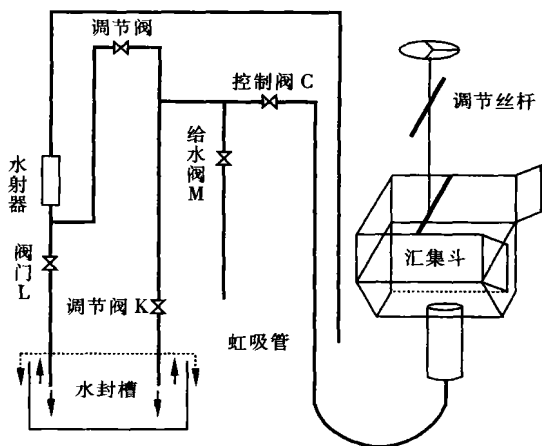


图 1 漂浮物去除装置

该装置的设计是基于虹吸原理。安装于回转式隔板反应池的总出水端,采用滑轨限位控制。利用水射器抽吸虹吸管中的气体从而形成虹吸。

操作步骤为:①注水。关闭控制阀 C、阀门 K、L,打开给水阀 M 注水,待虹吸管注满水后,打开阀门 K,关闭给水阀门 M。②调节水位。利用调节丝杆适量调节漂浮物汇集斗的高度,使汇集斗进水面低于反应池水面 1 cm 左右。③排放漂浮物。打开控制阀 C,虹吸现象形成,漂浮物进入汇集斗中,经虹吸管、控制阀、水封槽排除,待水面上的漂浮物被排净后关闭控制阀 C,排放结束。

注意事项:

① 利用调节丝杆控制好汇集斗的进水量,尽量防止汇集斗中的水被排空,从而破坏虹吸作用,若出现排空则应关闭控制阀、打开给水阀 M,使虹吸管中大量进水,再次形成虹吸。

② 适量调节汇集斗进水量,既要防止进水量过大、漂浮物排放不彻底,又要防止进水量过小、排污量过大,从而破坏虹吸作用。

③ 适当打开给水阀,使虹吸管中少量进水以防止由控制阀、管节等处进气(会破坏虹吸作用)。

近半年的生产实践表明,该装置去除漂浮物的效率达 80% 以上,可节约人工 24 人次/d,节约水量近 $100 \text{ m}^3/\text{d}$,并使出厂水质有一定程度的提高。该装置可以推广应用于平流式净水构筑物中漂浮物的去除,从而使净水工艺系统更加完善。

(许昌市供水总公司 郭 阳 李伟峰 供稿)