



CECS 149 : 2003

中国工程建设标准化协会标准

城市污水生物脱氮除磷 处理设计规程

Specification for design of nitrogen and phosphorus
removal in activated sludge system



中国工程建设标准化协会标准
城市污水生物脱氮除磷
处理设计规程

Specification for design of nitrogen and phosphorus
removal in activated sludge system

CECS 149 : 2003

主编单位:上海市政工程设计研究院
批准单位:中国工程建设标准化协会
施行日期:2003年6月1日

2003 北 京

前 言

根据中国工程建设标准化协会(97)建标协字 06 号《关于下达 1997 年推荐性标准编制计划的函》的要求,制订本规程。

随着经济建设的发展,我国一些地方的水体富营养化已成为水污染的重要问题,采用生物脱氮除磷工艺进行污水处理刻不容缓。

在编制本规程的过程中进行了深入的调查研究,认真总结了我国生物脱氮除磷技术的研究成果及工程设计、应用等方面的实践经验,同时借鉴了国外的相关标准。

根据国家计委计标[1986]1649 号文《关于请中国工程建设标准化委员会负责组织推荐性工程建设标准试点工作的通知》,现批准协会标准《城市污水生物脱氮除磷处理设计规程》,编号为 CECS 149 : 2003,推荐给工程建设设计、施工、使用单位采用。本规程由中国工程建设标准化协会城市给水排水委员会 CECS/TC8 归口管理,由上海市政工程设计研究院(上海市中山北二路 901 号,邮编 200092)负责解释。在使用过程中,如发现需要修改和补充之处,请将意见和资料径寄解释单位。

主 编 单 位:上海市政工程设计研究院

参 编 单 位:深圳罗芳污水处理厂、广州大学、青岛市排水管理处、余姚市浙东给排水机械设备厂

主要起草人:朱广汉 陆嘉竑 邹利安 张朝升 李禄田
刘如玲 朱纪明

中国工程建设标准化协会

2003 年 4 月 15 日

目 次

1	总则	(1)
2	术语、符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(3)
3	一般规定	(5)
4	缺氧/好氧法(A/O 法)、厌氧/好氧法(A/O 法)和 厌氧/缺氧/好氧法(A/A/O 法)	(6)
5	序批式活性污泥法(SBR 法)	(10)
	本规程用词说明	(12)

1 总 则

1.0.1 为使城市污水生物脱氮除磷处理的设计做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量,制订本规程。

1.0.2 本规程适用于有脱氮、除磷或同时有脱氮、除磷要求,采用缺氧/好氧法(A/O法)、厌氧/好氧法(A/O法)、厌氧/缺氧/好氧法(A/A/O法)和序批式活性污泥法进行(SBR法)城市污水处理的新建、扩建和改建工程设计。与城市污水水质类似的工业废水处理设计,可参照执行。

1.0.3 城市污水生物脱氮除磷处理工艺的设计,除应遵守本规程外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语、符号

2.1 术语

2.1.1 厌氧 anaerobic

污水生物处理工艺中,没有溶解氧和硝态氮的环境状态。

2.1.2 缺氧 anoxic

污水生物处理工艺中,没有溶解氧或溶解氧不足但有硝态氮的环境状态。

2.1.3 生物硝化 bio-nitrification

污水生物处理工艺中,在好氧状态下,硝化菌将氨氮氧化成硝态氮的过程。

2.1.4 生物反硝化 bio-denitrification

污水生物处理工艺中,在缺氧状态下,反硝化菌将硝态氮还原成氮气,以去除污水中氮的过程。

2.1.5 混合液回流 mixed liquid recycle

将好氧池中混合液回流至缺氧池,以增加供反硝化脱氮的硝态氮的过程。

2.1.6 生物除磷 biological phosphorus removal

采用活性污泥法处理污水时,将活性污泥交替在厌氧和好氧条件下运行,使能过量积聚磷酸盐的聚磷菌占优势生长,从而达到活性污泥含磷量比普通活性污泥高的过程。污泥中聚磷菌在厌氧条件下放出磷,在好氧条件下摄取更多的磷,经过排放含磷量高的剩余污泥,与普通活性污泥法相比可去除污水中更多的磷。

2.1.7 缺氧/好氧法(A/O法) anoxic/oxic process

采取缺氧、好氧状态交替处理,以提高总氮去除率的污水处理方法。

2.1.8 厌氧/好氧法(A/O 法) anaerobic/oxic process

采取厌氧、好氧状态交替处理,以提高磷去除率的污水处理方法。

2.1.9 厌氧/缺氧/好氧法(A/A/O 法) anaerobic/anoxic/oxic process

采取厌氧、缺氧、好氧状态交替处理,以提高总氮和磷去除率的污水处理方法。

2.1.10 序批式活性污泥法(SBR 法) sequencing batch reactor

在同一个反应器中,依次进行进水、反应、沉淀和排水等工序的污水处理方法。

2.1.11 充水比 fill ratio

序批式活性污泥法的一个工艺周期中,进入反应池的污水量与反应池有效容积之比。

2.1.12 总凯氏氮 total kjeldahl nitrogen(TKN)

有机氮(负三价)和氨氮含量之和。

2.1.13 总氮 total nitrogen(TN)

有机氮、氨氮和硝态氮含量之和。

2.1.14 总磷 total phosphorus(TP)

正磷酸盐、焦磷酸盐、偏磷酸盐、多聚磷酸盐和有机磷酸盐含量之和。

2.1.15 好氧泥龄 oxic sludge age

活性污泥在好氧池中的平均停留时间。

2.1.16 泥龄 sludge age

活性污泥在整个反应池中的平均停留时间。

2.2 符 号

a ——碳的氧当量;

b ——常数,其含义为氧化每公斤氨氮所需的氧量(kgO_2/kgN);

- b_h ——异养菌内源衰减系数(d^{-1});
- c ——常数,其含义为细菌细胞的氧当量;
- L ——污泥负荷($kgBOD_5/(kgMLSS \cdot d)$);
- N_a ——反应池中氨氮浓度(mg/L);
- N_{ki} ——反应池进水总凯氏氮浓度(mg/L);
- N_{ke} ——反应池出水总凯氏氮浓度(mg/L);
- N_{oe} ——反应池出水硝态氮浓度(mg/L);
- N_{ti} ——反应池进水总氮浓度(mg/L);
- N_{te} ——反应池出水总氮浓度(mg/L);
- S_i ——反应池进水五日生化需氧量(BOD_5)浓度(mg/L);
- S_e ——反应池出水五日生化需氧量(BOD_5)浓度(mg/L);
- t ——反应池混合液平均温度($^{\circ}C$);
- V ——反应池容积(m^3);
- X ——反应池混合液浓度($kg MLSS/m^3$);
- X_i ——反应池进水中悬浮固体浓度(mg/L);
- Y ——污泥净产率系数($kg SS/kg BOD_5$);
- θ_d ——反应池设计泥龄值(d)。

3 一般规定

- 3.0.1** 仅需脱氮时,可采用缺氧/好氧法(A/O法)或低负荷序批式活性污泥法(SBR法);仅需除磷时,可采用厌氧/好氧法(A/O法)或高负荷序批式活性污泥法(SBR法);需同时脱氮除磷时,可采用厌氧/缺氧/好氧法(A/A/O法)或序批式活性污泥法(SBR法)。
- 3.0.2** 在进入生物脱氮除磷系统前应设预处理工序,包括除砂、去除漂浮物及浮渣。
- 3.0.3** 脱氮时,污水中的五日生化需氧量(BOD_5)与总凯氏氮(TKN)含量之比宜大于4。
- 3.0.4** 脱磷时,污水中的五日生化需氧量(BOD_5)与总磷(TP)含量之比宜大于17。
- 3.0.5** 需同时脱氮除磷时,宜同时满足第3.0.3和3.0.4条的要求。
- 3.0.6** 设计时应充分考虑冬季低水温对脱氮除磷的影响。
- 3.0.7** 好氧池剩余碱度宜大于 70mg/L (以 CaCO_3 计)。当进水碱度不满足上述要求时,可增加缺氧池容积或布置成多段缺氧/好氧形式,或增加原污水的碱度。
- 3.0.8** 好氧池供氧设计时,池内溶解氧宜按 $1.5\sim 2.5\text{mg/L}$ 计算。
- 3.0.9** 采用生物除磷工艺处理污水时,剩余活性污泥宜采用机械浓缩。
- 3.0.10** 对生物除磷工艺的剩余活性污泥采用厌氧消化时,输送厌氧消化污泥或污泥脱水滤液的管道应有除垢措施。对含磷量高的液体,宜先除磷再回入集水池。

4 缺氧/好氧法(A/O 法)、厌氧/好氧法(A/O 法)和厌氧/缺氧/好氧法(A/A/O 法)

4.0.1 反应池容积可按平均日污水量进行设计。

4.0.2 厌氧池容积可按下列公式计算：

$$V_{a1} = \frac{T_{a1} \cdot Q}{24} \quad (4.0.2)$$

式中 V_{a1} ——厌氧池容积(m^3)；

T_{a1} ——厌氧池停留时间(h)，宜采用 1~2h；

Q ——进水流量(m^3/d)。

4.0.3 厌氧池应采用机械搅拌，缺氧池宜采用机械搅拌，混和功率宜采用 $5\sim 8W/m^3$ ，应选用安装角度可调的搅拌器。

4.0.4 缺氧池容积可按下列公式计算：

$$V_{a2} = \frac{0.001Q(N_{ki} - N_{te}) - 0.12W_m}{k_{de}X} \quad (4.0.4-1)$$

$$W_m = \frac{Q(S_i - S_e)}{1000} f \left(Y_h - \frac{0.9b_h Y_h f_t}{\frac{1}{\theta_d} + b_h f_t} \right) \quad (4.0.4-2)$$

$$k_{de(t)} = k_{de(20)} 1.08^{t-20} \quad (4.0.4-3)$$

式中 V_{a2} ——缺氧池容积(m^3)；

X ——反应池混合液浓度($kgMLSS/m^3$)；

N_{ki} ——反应池进水总凯氏氮浓度(mg/L)；

N_{te} ——反应池出水总氮浓度(mg/L)；

W_m ——排出系统的微生物量(kg/d)；

S_i, S_e ——反应池进水、出水五日生化需氧量(BOD_5)浓度(mg/L)；

b_h ——异养菌内源衰减系数(d^{-1})，取 0.08；

- θ_d ——反应池设计泥龄值(d);
- Y_h ——异氧菌产率系数(kgSS/kgBOD₅),取0.6;
- f ——污泥产率修正系数,通过试验确定,无条件试验时取0.8~0.9;
- f_t ——温度修正系数,取 $1.072^{(t-15)}$;
- t ——温度(°C);
- k_{de} ——反硝化速率kgNO₃-N/(kgMLSS·d),通过试验确定;如无试验条件,20°C时 k_{de} 值可采用0.03~0.06kgNO₃-N/(kgMLSS·D),并用式(4.0.4-3)进行温度校正;

$k_{de(t)}$ 、 $k_{de(20)}$ —— t °C和20°C时的反硝化速率。

4.0.5 好氧池容积可按下列规定计算:

1 硝化菌比生长率可按下式计算:

$$\mu = 0.47 \frac{N_a}{K_N + N_a} e^{0.098(t-15)} \quad (4.0.5-1)$$

- 式中 μ ——硝化菌比生长率(d⁻¹);
- N_a ——反应池中氨氮浓度(mg/L);
- K_N ——硝化作用中氮的半速率常数(mg/L)。

2 反应池中活性污泥好氧泥龄最小值可按下式计算:

$$\theta_m = \frac{1}{\mu} \quad (4.0.5-2)$$

式中 θ_m ——好氧泥龄最小值(d)。

3 反应池设计泥龄可按下式计算:

$$\theta_d = F \cdot \theta_m \quad (4.0.5-3)$$

- 式中 θ_d ——反应池设计泥龄值(d);
- F ——安全系数,取1.5~3.0。

4 污泥净产率系数可按下式计算:

$$Y = f \left(Y_h - \frac{0.9b_h Y_h f_t}{\frac{1}{\theta_d} + b_h f_t} + \psi \frac{X_i}{S_i} \right) \quad (4.0.5-4)$$

式中 Y ——污泥净产率系数；

ψ ——反应池进水悬浮固体中不可水解/降介的悬浮固体比例,通过测定求得,无测定条件时,取 0.6；

X_i ——反应池进水中悬浮固体浓度(mg/L)。

5 好氧池容积可按下式计算：

$$V_0 = \frac{Q(S_i - S_e)\theta_d Y}{1000X} \quad (4.0.5-5)$$

式中 V_0 ——好氧池容积(m³)。

4.0.6 混合液回流量可按下式计算：

$$Q_r^m = \frac{1000V_{a2}k_{de}X}{N_{te} - N_{ke}} - Q_r \quad (4.0.6)$$

式中 Q_r^m ——混合液回流量(m³/d)；

Q_r ——回流污泥量(m³/d)；

N_{ke} ——反应池出水总凯氏氮浓度(mg/L)。

4.0.7 在确定泥龄时,应综合考虑脱氮除磷的要求,当以脱氮为主要目的时,可适当延长泥龄;当以除磷为主要目的时,可适当缩短泥龄;需同时脱氮除磷时,应综合考虑泥龄的影响。

4.0.8 好氧池的需氧量可根据去除的 BOD₅ 量和氮量等计算确定。实际供氧量应考虑进水水量和进水水质的波动以及反应池混合液温度等因素的影响。好氧池的需氧量可按下式计算：

$$O_2 = 0.001aQ(S_i - S_e) + b[0.001Q(N_{ki} - N_{ke}) - 0.12W_m] - cW_m - 0.62b[0.001Q(N_{ti} - N_{ke} - N_{oe}) - 0.12W_m] \quad (4.0.8)$$

式中 O_2 ——好氧池的需氧量(kgO₂/d)；

N_{ti} ——反应池进水总氮浓度(mg/L)；

N_{oe} ——反应池出水硝态氮浓度(mg/L)；

a ——碳的氧当量,当含碳物质以 BOD₅ 计时,取 1.47；

b ——常数,氧化每公斤氮氮所需氧量(kgO₂/kgN),取 4.57；

c ——常数,细菌细胞的氧当量,取 1.42。

4.0.9 剩余污泥量可按下式计算：

$$W = \frac{Q(S_i - S_e)}{1000} f \left(Y_h - \frac{0.9b_h Y_h f_t}{\frac{1}{\theta_d} + b_h f_t} + \psi \frac{X_i}{S_i} \right) \quad (4.0.9)$$

4.0.10 二次沉淀池的表面水力负荷宜小于 $1\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

4.0.11 回流污泥设备宜采用不易带入空气的设备。

5 序批式活性污泥法(SBR 法)

5.0.1 设计污水量,对于 SBR 反应池宜采用平均日污水量;对于反应池前、后的水泵、管道等输水设施宜采用最大日最大时污水量。

5.0.2 SBR 反应池的数量宜为 2 个及以上。

5.0.3 SBR 反应池容积可按下式计算:

$$V = \frac{24QS_1}{1000XL T_R} \quad (5.0.3)$$

式中 Q ——每个周期进水量(m^3);
 L ——污泥负荷[$kgBOD_5/(kgMLSS \cdot d)$];
 T_R ——每个周期反应时间(h)。

5.0.4 污泥负荷,以脱氮为主要目标时宜采用 0.03~0.12 $kgBOD_5/(kgMLSS \cdot d)$;以除磷为主要目标时宜采用 0.08~0.4 $kgBOD_5/(kgMLSS \cdot d)$;同时脱氮除磷时宜采用 0.08~0.12 $kgBOD_5/(kgMLSS \cdot d)$ 。

5.0.5 SBR 工艺各工序的时间宜按下式确定:

$$1 \text{ 进水时间 } T_F = \frac{T}{n} \quad (5.0.5-1)$$

式中 T_F ——每池每周期所需的进水时间(h);
 T ——一个运行周期所需的时间(h);
 n ——反应池个数。

2 反应时间 T_R 可按下式计算:

$$T_R = \frac{24S_1 m}{1000L X} \quad (5.0.5-2)$$

式中 m ——充水比,高负荷运行时宜取 0.25~0.5,低负荷运行时宜取 0.15~0.3。

3 反应时间 T_R , 包括好氧反应时间 T_O 和非好氧反应时间 T_a 。非好氧反应时间 T_a 可按下式计算:

$$T_a = 24 \frac{0.001Q(N_{ti} - N_{te}) - 0.12W_m}{V X k_{de}} \quad (5.0.5-3)$$

式中 W_m ——一个周期中排出反应池的微生物量(kg), 按式(4.0.4-2)计算。

4 沉淀时间 T_s 宜采用 0.5~1h。

5 排水时间 T_D 宜采用 1.0~1.5h。

6 一个周期所需时间可按下式计算:

$$T = T_R + T_s + T_D + T_b \quad (5.0.5-4)$$

式中 T_b ——闲置时间(h)。

5.0.6 每天的周期数宜取正整数。

5.0.7 SBR 工艺的需氧量可按式(4.0.8)计算。

5.0.8 厌氧、缺氧工序宜采用水下搅拌器搅拌。

5.0.9 连续进水时, 反应池的进、出水处应设置导流装置。

5.0.10 应选用不易堵塞的曝气装置。

5.0.11 剩余污泥量可按式(4.0.9)计算。

5.0.12 反应池可采用矩形池或圆形池, 水深宜取 4~6m。矩形池的长宽比, 间隙进水时宜采用(1~2):1; 连续进水时宜采用(2.5~4):1。

5.0.13 反应池应设置固定式事故排水装置, 可设在滌水结束时的水位处。

5.0.14 应采用有防止浮渣流出设施的滌水器; 反应池应有清除浮渣的装置。

本规程用词说明

一、为便于在执行本规程条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

- 1 表示很严格,非这样做不可的:
正面词采用“必须”;反面词采用“严禁”。
- 2 表示严格,在正常情况下均应这样做的:
正面词采用“应”;反面词采用“不应”或“不得”。
- 3 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:
正面词采用“宜”或“可”;反面词采用“不宜”。

二、条文中指定应按其他有关标准执行时,写法为“应符合……的规定”或“应按……执行。”