

§ 15.1 概述

15.1.1 营养元素的危害

氮素物质对水体环境和人类都具有很大的危害，主要表现在以下几个方面：

- 氨氮会消耗水体中的溶解氧；
- 氨氮会与氯反应生成氯胺或氮气，增加氯的用量；
- 含氮化合物对人和其它生物有毒害作用：
 - ① 氨氮对鱼类有毒害作用；
 - ② NO_3^- 和 NO_2^- 可被转化为亚硝胺——一种“三致”物质；
 - ③ 水中 NO_3^- 高，可导致婴儿患变性血色蛋白症——“Blue baby”。

世界上影响较大的有蓝婴病。1973年，美国内布拉斯加州首次出现幼儿高铁血红蛋白症（蓝婴病）。

其原因是饮用水中硝酸盐含量超过10 mg/L，这时过多的硝酸盐会与红细胞中的血色素结合，形成高铁血红蛋白。

高铁血红蛋白不能为细胞和组织运输足够的氧。患儿的临床症状是在口、手或脚等部位出现时断时续的蓝色或淡紫色，呼吸困难、腹泻、呕吐、抽搐，严重的会失去知觉，甚至死亡。

15.1.1 营养元素的危害

- 加速水体的“富营养化”过程
指由于氮、磷元素的增多，水中的藻类大量繁殖而引起水质恶化的现象。
- 淡水水体发生为“水华”，海洋发生为“赤潮”。
- 解决办法是严格控制污染源，降低排入水环境的废水中的N、P含量。

赤潮发生会产生藻毒素，毒害鱼类，再通过食物链毒害人类。

藻毒素的生物毒性，是自然界自然合成的毒素里边第二位，仅次于二恶英。如果急性毒性作用是纯砒霜的数百倍，那么如指头大一点藻毒素将能毒死一万人。

不但造成经济损失，而且造成生命损伤。

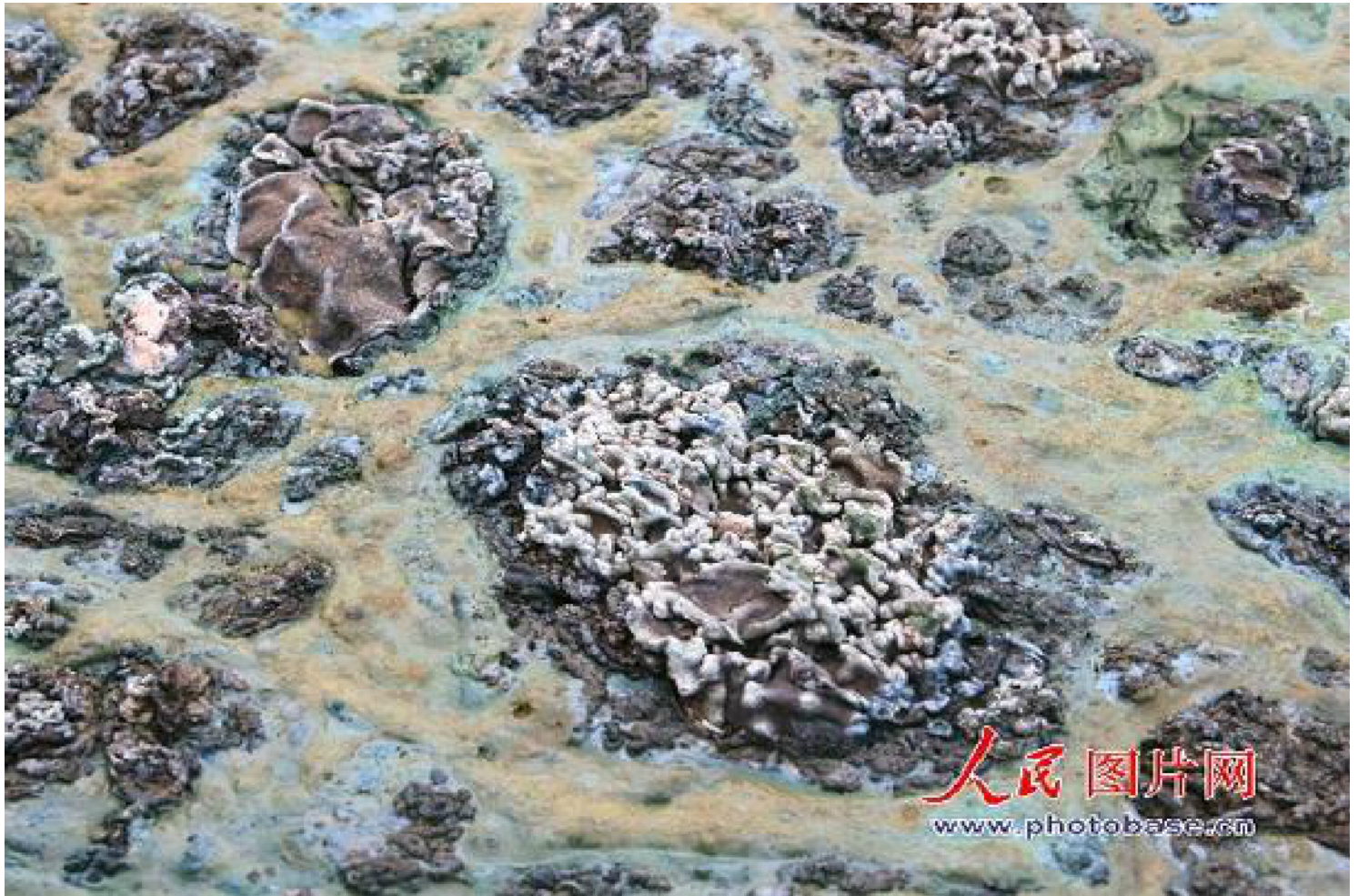
对于城市废水来说，利用传统的活性污泥法进行处理，对N的去除率一般只有40%左右，对磷的去除率一般只有20~30%。











15.1.2 脱氮除磷工艺原水水质状况

- BOD₅: 20–30mg/L
- COD : 40–100mg/L
- SS: 20–30mg/L
- TN: 20–50mg/L → 15mg/L
- P: 6–10mg/L → 0.5mg/L
- 两个概念

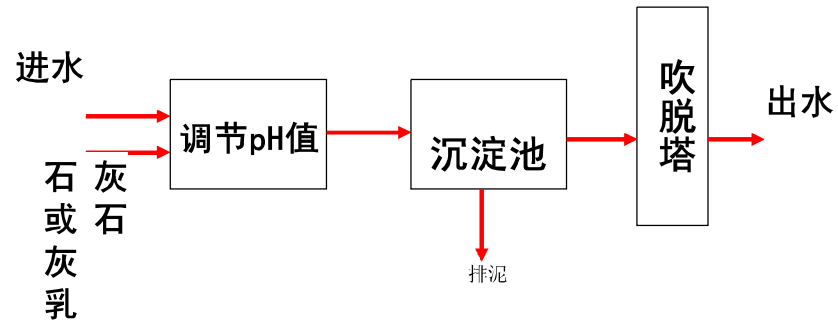
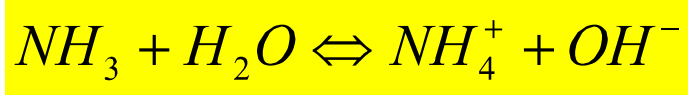
深度处理：出流标准为某些特定的污染物指标时的处理工艺。

三级处理：出流标准为全面的污染物指标时的处理工艺。

15.1.3 脱氮的物化法

废水中的氮以有机氮、氨氮、亚硝酸氮、硝酸氮四种形式存在

● 氨氮的吹脱法：

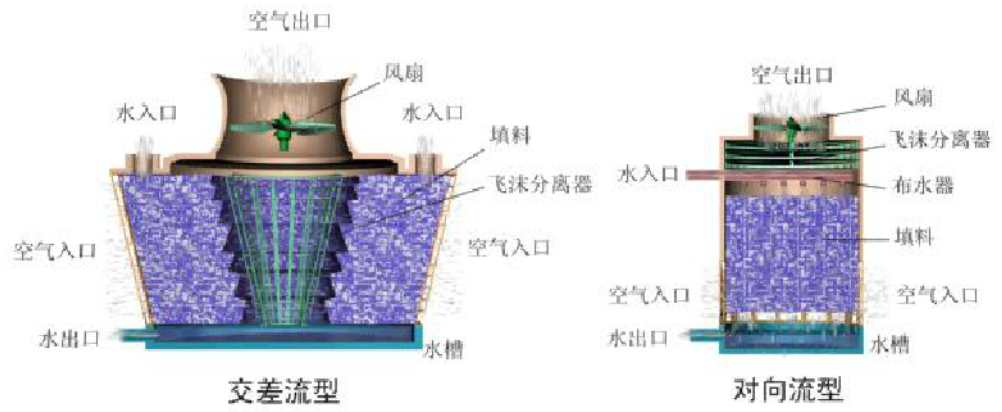


吹脱法脱氨处理流程

NH₃与NH₄⁺由上述平衡，当pH为10.5-11.5时，废水中的氨呈饱和状态逸出。通过鼓风吹脱，因为NH₃污染空气，所以再用硫酸作吸收液。

15.1.3 脱氮的物化法

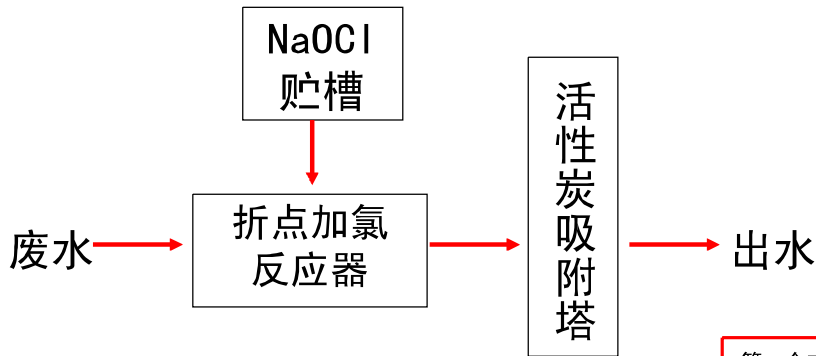
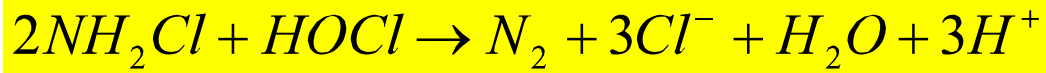
● 氨气的吹脱塔：



氨气脱除塔

15.1.3 脱氮的物化法

● 折点加氯法去除氨氮：



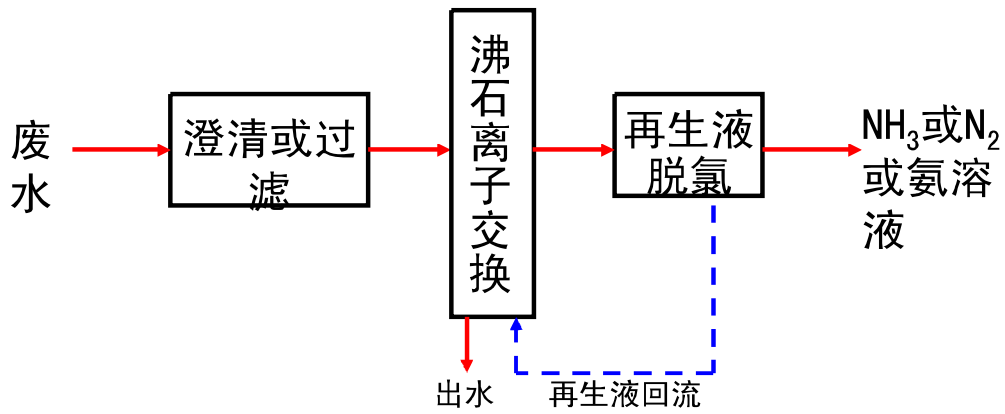
折点加氯法脱氮工艺流程

第一个方程式是氨氮与次氯酸的反应，，形成氯胺，具有杀菌作用；
第二个为氯胺被次氯酸消耗，形成氮气而逐渐减少，无消毒功能，
在氯胺反应完之后，再加氯是，废水中都是自由性氯，杀菌作用最强
加氯量以出现自由性氯前的加氯量为准。

15.1.3 脱氮的物化法

- 选择性离子交换法去除氨氮

采用斜发沸石作为除氨的离子交换体。



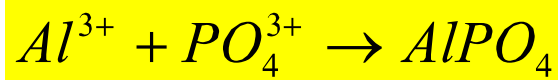
离子交换法脱氮工艺流程

15.1.4 除磷的化学法

● 混凝沉淀法

磷去除率高，效果稳定，不会重新释放磷造成二次污染；
污泥产量大、相应的运行费用高。

1、铝盐除磷



一般用 $Al_2(SO_4)_3$ ，聚氯化铝（PAC）和铝酸钠（ $NaAlO_2$ ）

铝盐加入后，形成氢氧化铝胶体，吸附磷酸根，同时也生成磷酸铝沉淀。

15.1.4 除磷的化学法

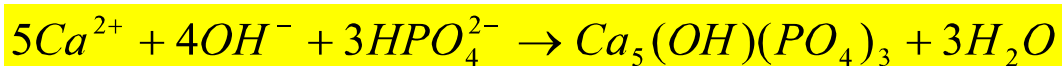
● 混凝沉淀法

2、铁盐除磷



一般用 FeCl_2 、 FeSO_4 或 FeCl_3 、 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

3、石灰混凝除磷



铁盐加入后，形成氢氧化铁、氢氧化亚铁胶体，吸附磷酸根，同时也生成磷酸铁沉淀。

向含磷的废水中投加石灰，由于形成 OH^- ，污水的pH值上升，磷与 Ca^{2+} 反应，生成羟磷灰石。

§ 15.2 生物脱氮原理

15.2.1 废水生物脱氮的基本过程（三个）

- 氨化（**Ammonification**）

含氮有机物被好氧或厌氧微生物氧化分解为氨氮的过程；

- 硝化（**Nitrification**）

氨氮在好氧型微生物（统称为硝化菌）的作用下，
被转化为 NO_2^- 和 NO_3^- 的过程；

- 反硝化（**Denitrification**）

NO_2^- 和（或） NO_3^- 在反硝化菌（异养型细菌）的
作用下被还原为 N_2 的过程。

15.2.2 硝化反应

还未发现有任何一种细菌可以直接将氨氮通过一步氧化到硝酸盐

(2) 两种硝化细菌，无需有机物，以氧化无机含氮化合物获得能量

1、基本原理

- 硝化反应由两组硝化菌分两步进行：

(1) 亚硝酸盐细菌（或氨氧化细菌）（**Nitrosomonas**）



(2) 硝酸盐细菌（或亚硝酸盐氧化细菌）（**Nitrobacter**）



- 两种硝化细菌的特点

- (1) 强烈好氧，不能在酸性条件下生长
- (2) 化能自养型，以无机C（ CO_2 或 HCO_3^- ）为碳源
- (3) 生长缓慢，世代时间长

15.2.2 硝化反应

2、硝化反应过程

- 亚硝化反应：
$$NH_4^+ + 1.5O_2 \rightarrow NO_2^- + H_2O + 2H^+$$

亚硝酸盐细菌的产率是：**0.04~0.13**g/g NH_4^+-N ；

氧化**1mg** NH_4^+-N 为 $NO_2^- -N$ ，需氧**3.43**mg；

需消耗**7.08**mg碱度（以 $CaCO_3$ 计）。

- 硝化反应：
$$NO_2^- + 0.5O_2 \rightarrow NO_3^-$$

硝酸盐细菌的产率是：**0.02~0.07**g/g $NO_2^- - N$ ；

氧化**1mg** $NO_2^- - N$ 为 $NO_3^- - N$ ，需氧**1.14**mg；

几乎不消耗碱度。

15.2.2 硝化反应

2、硝化反应过程

● 总的硝化反应



总的细菌产率是：**0.02g/gNO₂⁻-N**；

氧化1mgNH₄⁺-N为NO₃⁻-N，需氧**4.27mg**；

需消耗碱度**7.07mg** (以CaCO₃计)

★ 污水中必须有足够的碱度，否则硝化反应会导致pH值下降，使反应速率减缓或停滞。

15.2.2 硝化反应

3、硝化反应所需要的环境条件

两种硝化菌对环境的变化都很敏感，要求较苛刻，主要如下：

- 好氧条件($\text{DO} \geq 2\text{mg/l}$)，维持稳定的pH值(8.0~8.4)；
- 进水 BOD_5 的浓度不宜过高，一般在15~20mg/l以下；
- 反应温度20~30℃，<15℃时，反应速率下降，<5℃时，完全停止；
- 硝化菌反应器内停留时间 > 其最小世代时间 (3~10天)；
- 高浓度的 NH_4^+-N 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 BOD_5 及重金属离子抑制硝化反应。

硝化菌所在的污泥龄要大于3-10天，否则，硝化反应不完全。

硝化菌为自养菌，若有机物浓度高，则会促使异养菌的大量繁殖，抑制硝化菌。

15.2.3 反硝化反应

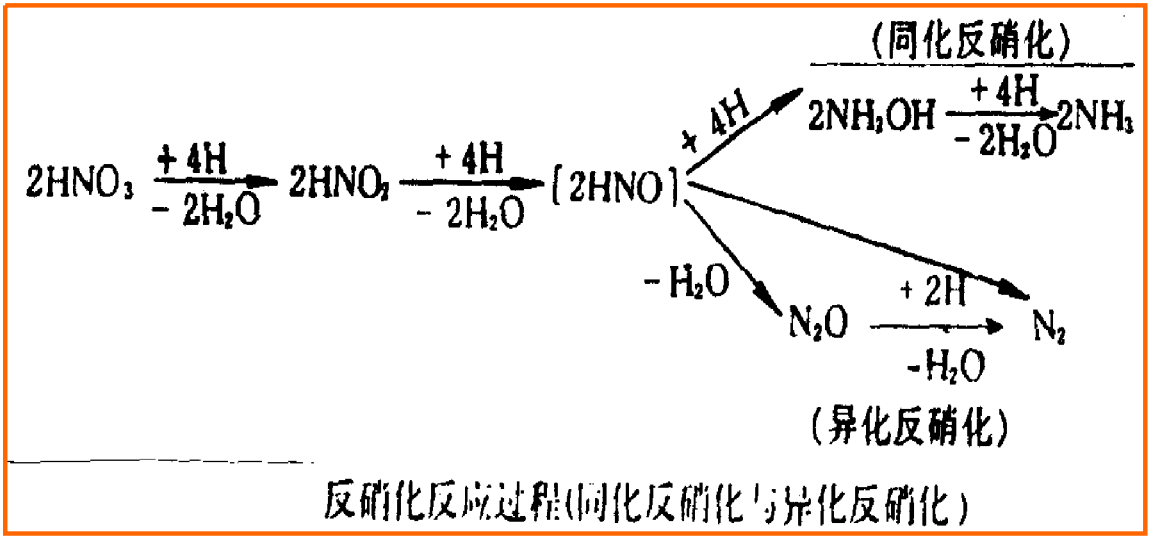
1、基本原理

- 反硝化菌在缺氧条件下，以 NO_2^- -N或 NO_3^- -N 为电子受体，以有机物为电子供体，而将氮还原为气态的过程。
- 两种转化途径：
 - (1) 同化反硝化，即最终产物是有机氮化合物，是菌体的组成部分；
 - (2) 异化反硝化，即最终产物是氮气 (N_2) 或笑气 (N_2O) 。

反硝化菌属异养型兼性厌氧菌，有氧时，以氧原子为电子受体进行好氧呼吸；无氧时，以 NO_2^- -N或 NO_3^- -N 为电子受体，以有机碳为电子供体进行反应。大量存在于土壤和污水处理系统中，土壤微生物中有50%是这一类具有还原硝酸盐能力的细菌。

15.2.3 反硝化反应

2、反应过程示意图

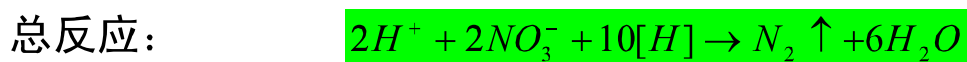
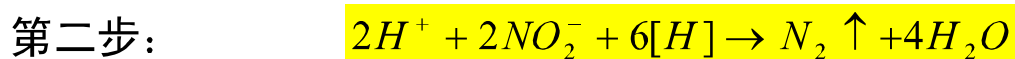
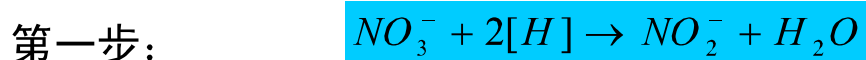


96%的硝态氮经异化过程还原为氮气，4%经同化过程合成微生物。

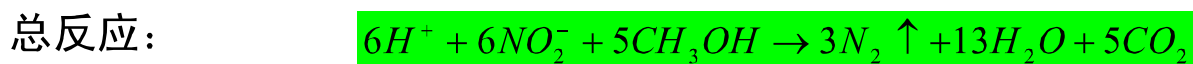
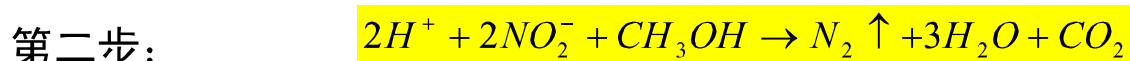
15.2.3 反硝化反应

3、反应方程式

● 以[H]为电子供体:



● 以甲醇为电子供体:



15.2.3 反硝化反应

4、反硝化反应所需环境条件

(1) 碳源 (三类)

- 原废水中的有机物;
- 外加碳源, 多采用甲醇;
- 内源呼吸碳源—细菌体内的原生物质及其储存的有机物

★当废水的 $BOD_5 / TKN > 3 \sim 5$ 时, 可认为碳源充足。

(2) pH值

适宜的pH值 $6.5 \sim 7.5$, pH值 > 8 或 < 6 , 反硝化速率将大大下降。

15.2.3 反硝化反应

4、反硝化反应所需环境条件

(3) 温度

最适宜温度为**20~40℃**，**< 15℃**，其反应速率大为降低。

(4) 溶解氧

反硝化菌适于在缺氧条件下发生反硝化反应，
另一方面，其某些酶系统只有在有氧条件下才能合成，
所以反硝化反应宜于在缺氧、好氧交替的条件下进行，
溶解氧应控制在**0.5mg/l**以下。

而硝化反应在好氧条件 ($DO \geq 1\text{mg/l}$)，并保持pH值在8.0~8.4。
因此二者的反应条件是不一样的。
反硝化反应可生成一定的碱度，可补充硝化反应所需的一部分碱度。

§ 15.3 生物除磷原理

磷酸盐在废水中的含量最大，一般所说的除磷即指除磷酸盐。
临的来源是人体排泄物、洗涤剂、工业废水、农药

15.3.1 概述

1、磷在废水中的存在形式

- 磷酸盐 (H_2PO_4^- 、 HPO_4^{2-} 、 PO_4^{3-})
- 聚磷酸盐
- 有机磷

2、原理

聚磷菌可过量地、超出其生理需要地从外部摄取磷，并以聚合磷酸盐的形式贮存在细胞体内，再以剩余污泥的形式从系统中排出，则达到除磷的效果。

15.3.2 生物除磷的基本过程

1、除磷菌的过量摄取磷

好氧条件下聚磷菌分解体内的聚-羟基丁酸（**PHB**）产生能量，一部分摄取废水中的磷，以聚磷酸盐贮存在细胞体内，一部分磷被自身增殖。

2、除磷菌的磷释放

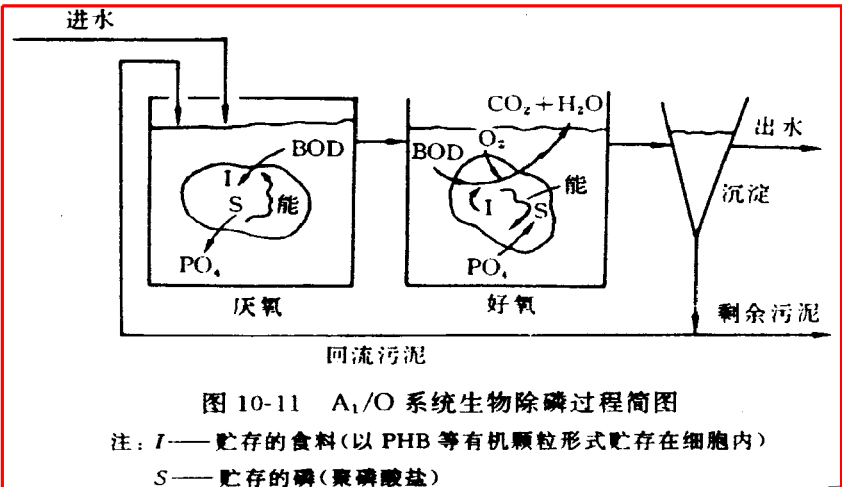
厌氧条件下，聚磷菌能分解体内的聚磷酸盐而产生能量，一部分用来自身生存；

另一部分将有机物摄入细胞内，以**PHB**的形式贮存于细胞内；同时将分解聚磷酸盐所产生的磷酸排出体外。

15.3.2 生物除磷的基本过程

3、富磷污泥的排放

在好氧条件下所摄取的磷比在厌氧条件下所释放的磷多，
废水生物除磷工艺是利用聚磷菌的这一过程，
将多余剩余污泥排出系统而达到除磷的目的。



15.3.3 生物除磷过程的影响因素

1、溶解氧

- 在聚磷菌释磷的厌氧反应器内，应保持绝对的厌氧条件，即使是 NO_3^- 等一类的化合态氧也不允许存在；
- 在除磷菌吸收磷的好氧反应器内，则应保持充足的溶解氧。

2、污泥龄

污泥龄短的系统产生的剩余污泥多，并且除磷效果较好。

生物除磷主要是通过排除剩余污泥而去除磷

泥龄越长，污泥越处于厌氧状态，聚磷菌就会依靠自身消耗、释放其中的磷，故此泥量减少，除磷效果降低。

有报道称：污泥龄为30d，除磷率为40%；污泥龄为17d，除磷率为50%；

而污泥龄为5d时，除磷率高达87%。

15.3.3 生物除磷过程的影响因素

3、温度

在**5~30℃**的范围内，都可以取得较好的除磷效果

4、pH值

除磷过程的适宜的pH值为**6~8**。

5、BOD₅负荷：

较高BOD负荷可取得较好除磷效果，其低限是**BOD / TP = 20**；
而小分子易降解的有机物诱导磷的释放能力更强，
之后的磷的摄取量也越大。

温度从10度上升到30度时，放磷速度可提高5倍。

厌氧状态下，小分子有机物易被聚磷菌吸收转化为PHB,这样就加速消耗菌体内聚磷酸盐，释放能量。
因此，可将硝化池上清液投入到厌氧区，提高释磷速率。

15.3.3 生物除磷过程的影响因素

6、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 和 $\text{NO}_2^- - \text{N}$

NO_3^- 的浓度 $< 2\text{mg/l}$;

当 $\text{COD/TKN} > 10$ ，硝酸盐对生物除磷的影响就可减弱。

7、氧化还原电位:

好氧区的ORP应维持在 $+40\sim 50\text{mV}$ 之间;

缺氧区的最佳ORP为 $-150\sim 5\text{mV}$ 之间。

硝酸盐的存在助长反硝化菌的生长，这样会与聚磷菌争夺碳源，抑制聚磷菌的生长和放磷。

§ 15.4 生物脱氮工艺与技术

15.4.1 活性污泥法脱氮传统工艺

1、三级活性污泥法

见图传统活性污泥法脱氮工艺

a. 流程

● 第一级 曝气池

(1) 碳化——去除 BOD_5 、COD;

(2) 氨化——使有机氮转化为氨氮;

● 第二级 硝化曝气池

硝化作用——氨氮转化为亚硝酸氮、硝酸氮;

投碱以维持pH值;

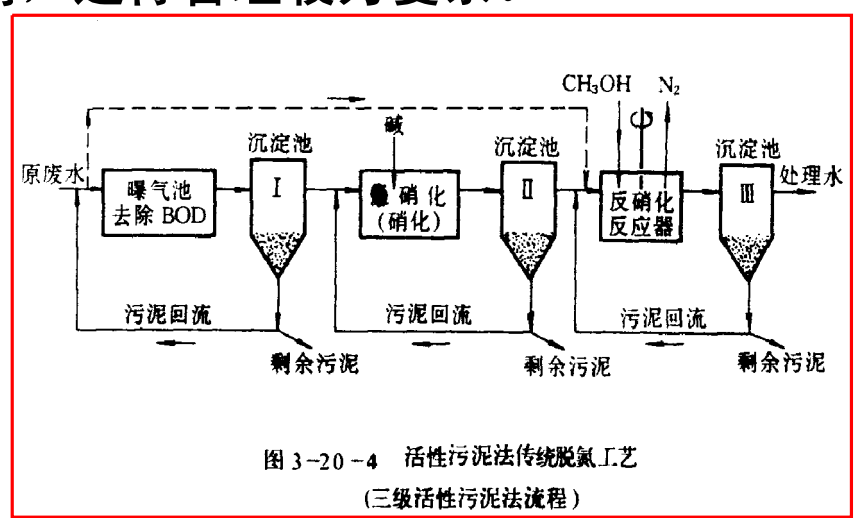
● 第三级 反硝化反应器

投加甲醇作为外加碳源或引入原废水。

15.4.1 活性污泥法脱氮传统工艺

b. 三级活性污泥法工艺流程特点

氨化、硝化、反硝化分别在各自的反应器中进行，
反应条件易控制，反应速率较快且较彻底；
但处理设备多，造价高，运行管理较为复杂。



每一部分都有沉淀池和污泥回流系统

图 3-20-4 活性污泥法传统脱氮工艺
(三级活性污泥法流程)

15.4.1 活性污泥法脱氮传统工艺

2、两级活性污泥法脱氮工艺

两级生物脱氮工艺.swf

将其中的前两级曝气池合并成一个曝气池，使废水在其中同时实现碳化、氨化和硝化反应，在形式上减少了一个曝气池，并无本质上的改变。

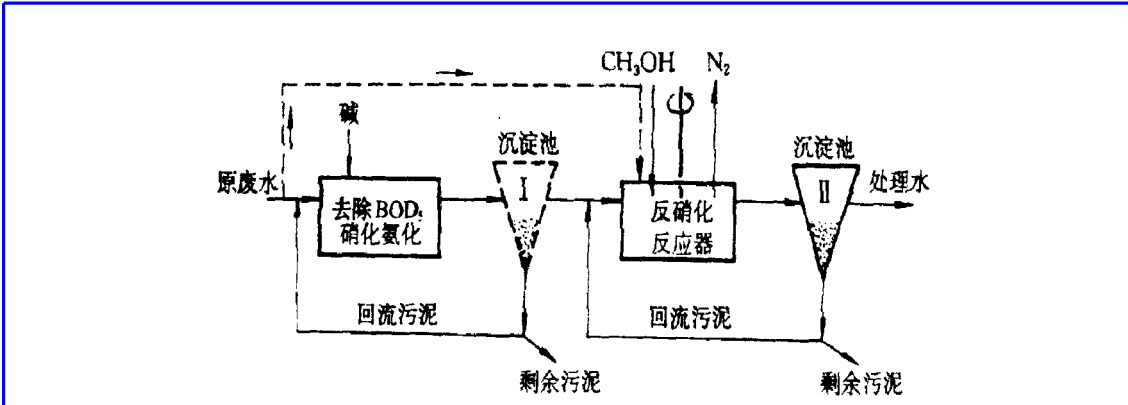


图 3-20-5 两级活性污泥法脱氮系统

注：1 虚线为可能实施的另一方案，原废水部分注入反硝化反应器以代替外加碳源甲醇；2 沉淀池 I 可考虑不设

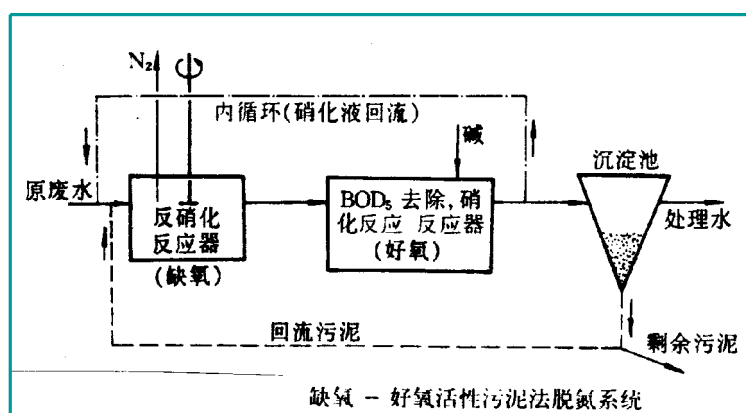
15.4.2 缺氧—好氧活性污泥法脱氮系统（A/O工艺）

主要特征：

见图合建式缺氧—好氧活性污泥法脱氮工艺

- 反硝化反应器设置在流程的前端，
- 而去除BOD、硝化反应的综合好氧反应器则设置在流程的后端；
- 进行反硝化反应时，可以利用原废水中的有机物直接作为有机碳源；
- 好氧反应器回流液中的硝酸盐又可经反硝化成为氮气。

与两级活性污泥工艺相比，
将缺氧的反硝化反应器
设在好氧反应器的前面
又称前置式反硝化生物脱氮系统

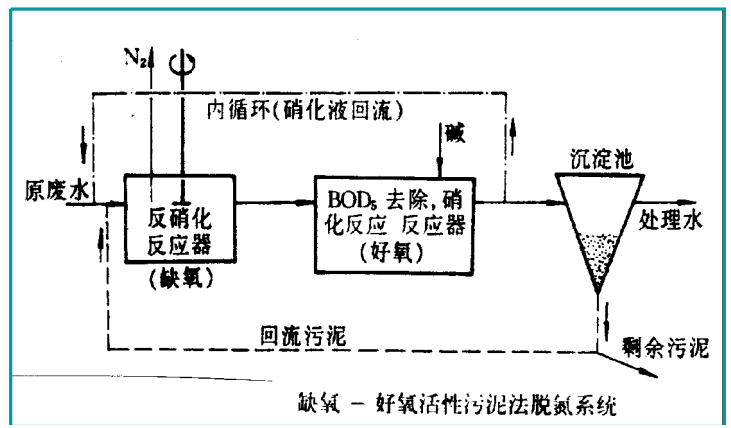


15.4.2 缺氧—好氧活性污泥法脱氮系统（A/O工艺）

主要特征：

- 反硝化反应产生的碱度随出水进入好氧硝化反应器，补偿硝化反应过程中所需消耗碱度的一半左右；
- 后端好氧硝化反应器，可进一步去除反硝化过程残留有机物；
- 由于出水含一定浓度的 NO_3^- ，二沉池可能发生反硝化反应，造成污泥上浮，影响出水水质。

二沉池泥斗基本处于厌氧状态
该工艺基建费用和运行费用相对较低，
脱氮率70%左右。



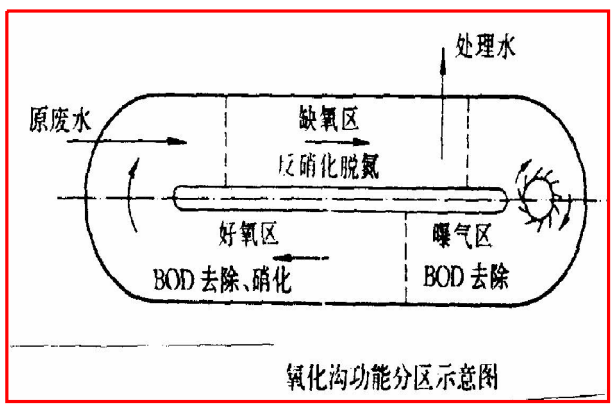
缺氧—好氧活性污泥法脱氮系统

15.4.3 其它生物脱氮工艺

1、氧化沟工艺

氧化沟的反应沟渠内的不同部位分别形成好氧区、缺氧区，污水分别进行硝化、反硝化反应，从而实现有机物去除、脱氮功能。

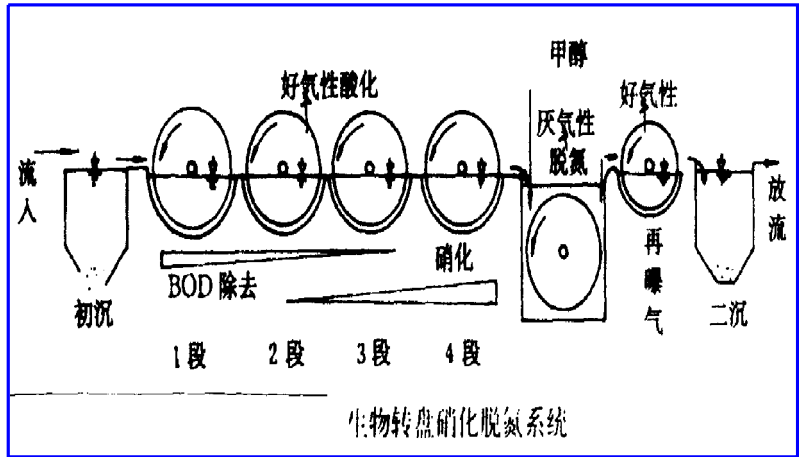
在转刷曝气附近为氧充足区，随着水流动，进入耗氧区，然后进入缺氧区。



15.4.3 其它生物脱氮工艺

2、生物转盘生物脱氮工艺

控制每级生物转盘运行工况，使其分别处于好氧和缺氧状态，在不同的好氧生物转盘中分别实现BOD的去除和氨氮的硝化，而在厌氧生物转盘中则主要实现反硝化



在整个流程中需要分别采用好氧生物转盘和厌氧生物转盘，

其原理类似于前述的三级活性污泥生物脱氮工艺，

只是在本工艺中实现各级功能是依靠生物转盘来完成的。

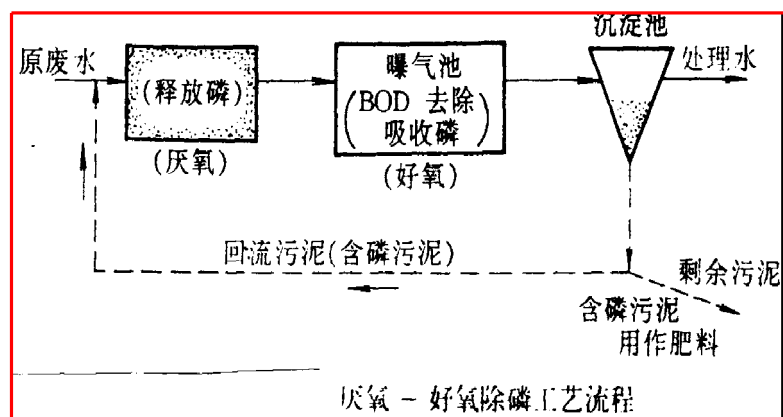
§ 15.5 生物除磷工艺与技术

15.5.1 厌氧—好氧生物除磷工艺（A—O工艺）

参数设计要点：

- 溶解氧要维持在**2mg/L**，pH为**7-8**，使微生物在其中易于吸收磷。
- $BOD_5 / P > 10$ ，出水磷浓度可在**1mg/L**左右；
- 曝气时间和在沉淀池中停留时间要适当，避免磷释放；
- 水力停留时间为**3~6h**。

曝气池内的污泥浓度一般在2700~3000mg/l；
磷的去除效果好（76%）；
污泥中的磷含量约为4%，肥效好；
污泥的SVI小于100，易沉淀，不易膨胀。

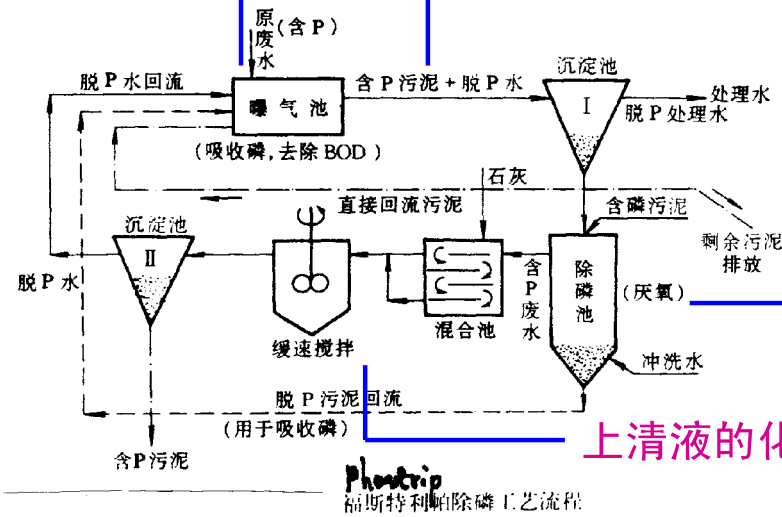


15.5.2 Phostrip除磷工艺 见图09578

一种生物除磷与化学除磷相结合的工艺

原污水好氧摄磷

常规活性污泥工艺



回流污泥的厌氧释磷

上清液的化学除磷

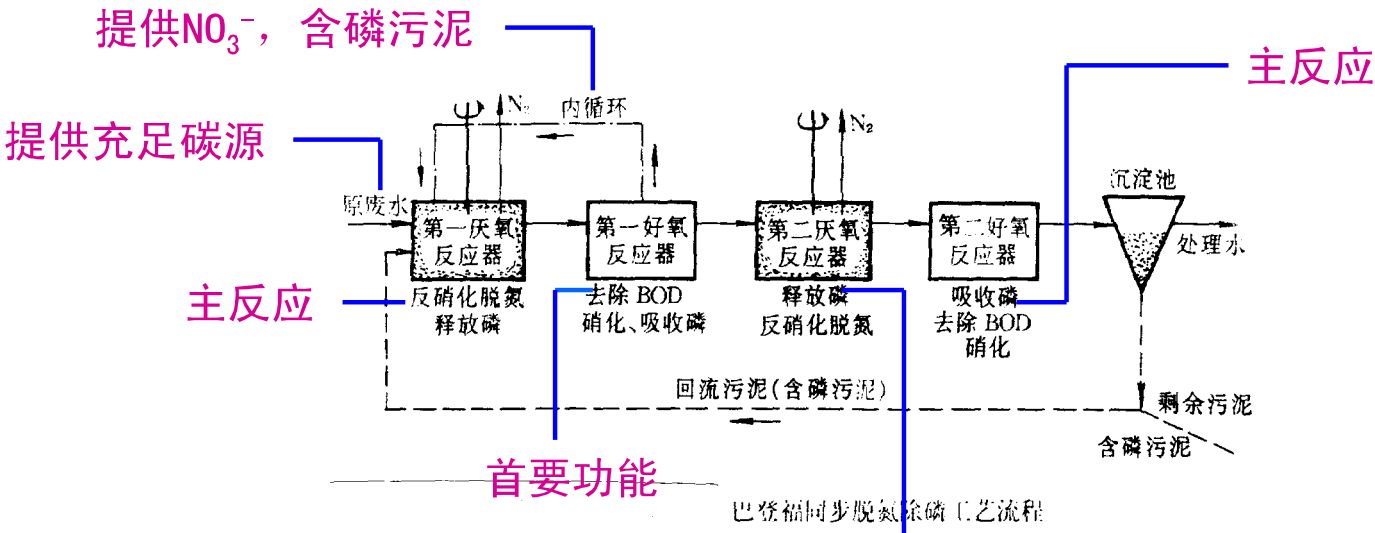
Phostrip 福斯特利帕除磷工艺流程

除磷效果好，处理出水的含磷量一般低于1mg/l；
 污泥的含磷量高，一般为2.1~7.1%；
 石灰用量较低，介于21~31.8mgCa(OH)₂/m³废水之间；
 污泥的SVI低于100，污泥易于沉淀、浓缩、脱水，不易膨胀。

§ 15.6 同步生物脱氮除磷工艺

见图 00679

15.6.1 Bardenpho同步脱氮除磷工艺

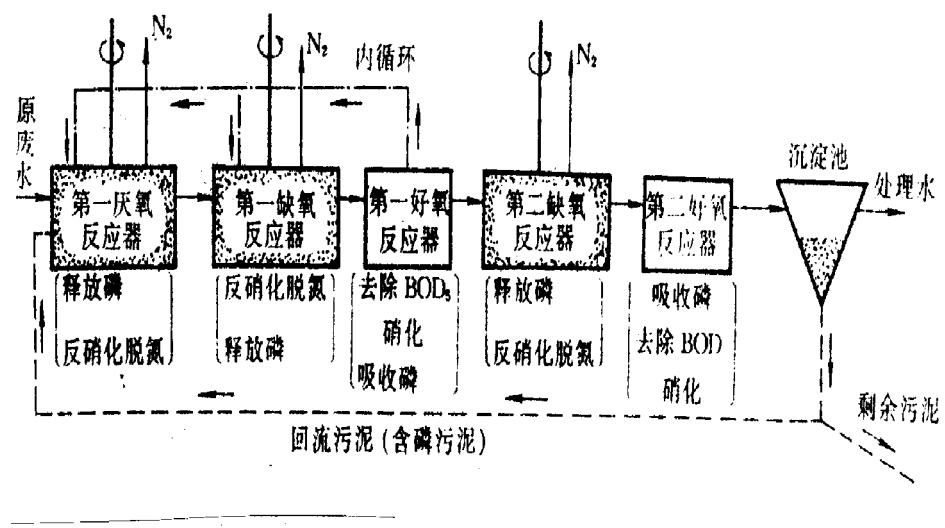


其工艺特点：
 各项反应都反复进行两次以上，即两个A/O系统串联
 各反应单元都有其首要功能，
 同时又兼有二、三项辅助功能；脱氮除磷的效果良好。

首要功能

15.6.2 改进Bardenpho同步脱氮除磷工艺 (Phoredox) 工艺

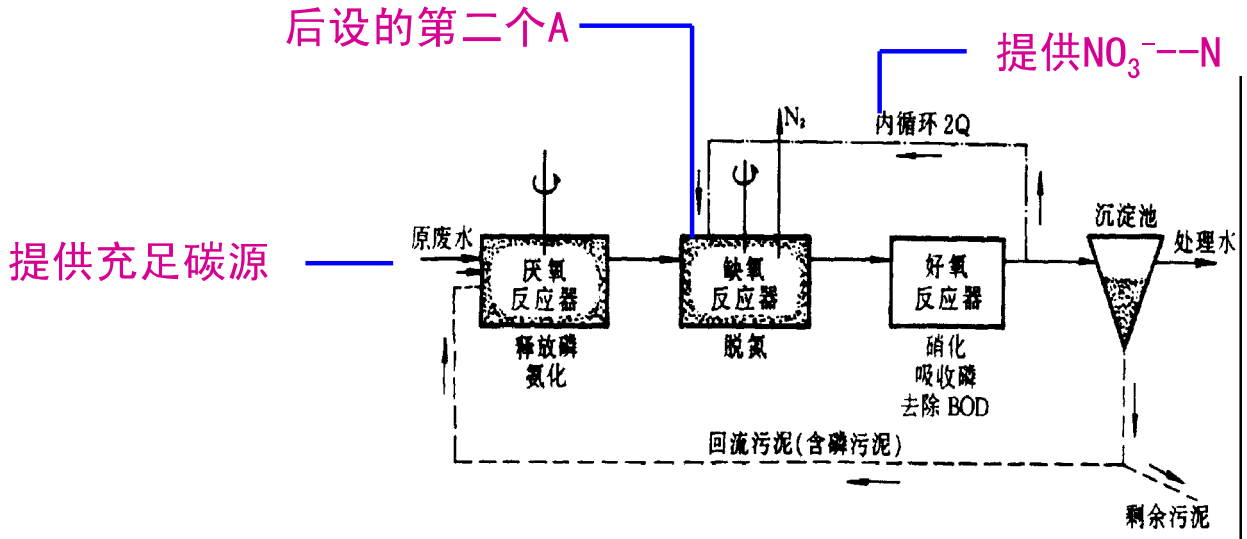
增设一个厌氧池
提高磷释放率



福列德克斯同步脱氮除磷工艺流程

工艺特点：
在缺氧反应器之前再加一座厌氧反应器，以强化磷的释放，从而保证在好氧条件下，有更强的吸收磷的能力，提高除磷效果。
只要脱氮效果好，通过污泥进入厌氧池的硝酸盐是不会影响污泥的放磷效果的。

15.6.3 A/A/O同步脱氮除磷工艺（厌氧-缺氧-好氧）

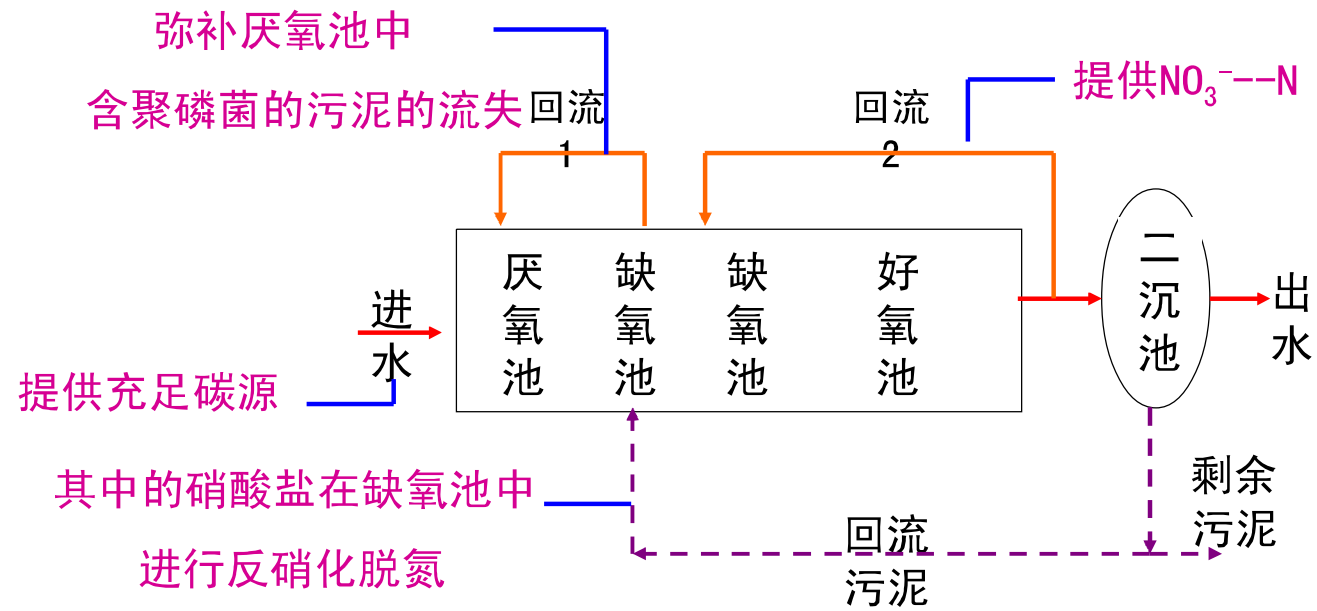


A-A-O法同步脱氮除磷工艺流程

其工艺特点:

- 在A/O工艺基础上，潜入一个缺氧池。
- 工艺流程比较简单：厌氧、缺氧、好氧交替运行，不利于丝状菌繁殖，无污泥膨胀之虞；
- 无需投药，运行费用低。
- 磷浓度基本在1mg/L左右、NH₃-N在15mg/L左右。

15.6.4 UCT同步脱氮除磷工艺



其工艺特点：
前几种同步脱氮除磷工艺中，都是将回流污泥直接回流到工艺前端的厌氧池，其中的硝酸盐会在厌氧池中引起反硝化作用，反硝化细菌将与除磷菌争夺废水中的有机物而影响除磷效果，

15.6.5 同步脱氮除磷活性污泥法影响因素

分为三类：

● 环境因素

👉 温度： 生命活动都受温度影响，温度越高，活性越强；

👉 pH : 硝化菌和聚磷菌在 $\text{pH} < 6.5$ 时活性都会受到严重影响；

👉 溶解氧： 聚磷菌要求在有氧区有丰富的溶解氧，
在无氧区或缺氧区无溶解氧。

为使回流混合液和回流污泥不过多携带溶解氧，

有氧区溶解氧也不宜过高，一般维持 2mg/L 左右。

由于同步脱氮除磷系统中的各处理单元各自有主体生物，
因此，影响它们活性的因素各不相同：
碱度要维持在 100mg/L 以上，才能使 pH 大于 7.2 。

15.6.5 同步脱氮除磷活性污泥法影响因素

● 工艺因素

- 📍 污泥龄：生物除磷泥龄越短，污泥含磷量越高，除磷率越大；
因此本单元可高负荷运行；
但由于硝化菌世代时间比较长，
所以其只能在泥龄长的低负荷系统中运行。

● 污水水质

- 📍 BOD₅与N、P的比值：

硝化菌BOD₅ < 20mg/L；反硝化菌BOD₅ /TKN在3-5；

聚磷菌BOD₅ /TP > 20。

进水磷浓度为10mg/L时，SRT和BOD的去除率对出水磷浓度的影响：

BOD _L 的去除量/ (mg·L ⁻¹)	泥龄/d			
	3	6	15	30
	出水PO ₄ ³⁻ -P浓度/ (mg·L ⁻¹)			
100	9.0	9.1	9.4	9.5
300	7.0	7.4	8.1	8.5
500	5.0	5.7	6.8	7.5
1000	0	1.4	3.6	5.1

硝化反应所需要的环境条件

两种硝化菌对环境的变化都很敏感，要求较苛刻，主要如下：

- 好氧条件($\text{DO} \geq 2\text{mg/l}$)，维持稳定的pH值(8.0~8.4)；
- 进水 BOD_5 的浓度不宜过高，一般在15~20mg/l以下；
- 反应温度20~30℃，<15℃时，反应速率下降，<5℃时，完全停止；
- 硝化菌反应器内停留时间 > 其最小世代时间 (3~10天)；
- 高浓度的 NH_4^+-N 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 BOD_5 及重金属离子抑制硝化反应。

硝化菌所在的污泥龄要大于3-10天，否则，硝化反应不完全。

硝化菌为自养菌，若有机物浓度高，则会促使异养菌的大量繁殖，抑制硝化菌。

反硝化反应所需环境条件

(1) 碳源 (三类)

- 原废水中的有机物;
 - 外加碳源, 多采用甲醇;
 - 内源呼吸碳源—细菌体内的原生物质及其储存的有机物
- ★当废水的 $BOD_5 / TKN > 3 \sim 5$ 时, 可认为碳源充足。

(2) pH值

适宜的pH值 $6.5 \sim 7.5$, pH值 > 8 或 < 6 , 反硝化速率将大大下降。

反硝化反应所需环境条件

(3) 温度

最适宜温度为**20~40℃**，**< 15℃**，其反应速率大为降低。

(4) 溶解氧

反硝化菌适于在缺氧条件下发生反硝化反应，
另一方面，其某些酶系统只有在有氧条件下才能合成，
所以反硝化反应宜于在缺氧、好氧交替的条件下进行，
溶解氧应控制在**0.5mg/l**以下；

而硝化反应在好氧条件 ($DO \geq 1\text{mg/l}$)，并保持pH值在8.0~8.4。
因此二者的反应条件是不一样的。
反硝化反应可生成一定的碱度，可补充硝化反应所需的一部分碱度。

除磷所需环境条件

1、溶解氧

- 在聚磷菌释磷的厌氧反应器内，应保持绝对的厌氧条件，即使是 NO_3^- 等一类的化合态氧也不允许存在；
- 在除磷菌吸收磷的好氧反应器内，则应保持充足的溶解氧。

2、污泥龄

污泥龄短的系统产生的剩余污泥多，并且除磷效果较好。



3、温度

在**5~30℃**的范围内，都可以取得较好的除磷效果

4、pH值

除磷过程的适宜的pH值为**6~8**。

5、BOD₅负荷：

较高BOD负荷可取得较好除磷效果，其低限是**BOD / TP = 20**；

6、NO₃⁻ - N和 NO₂⁻ - N

NO₃⁻ 的浓度 < **2mg/l**；

当**COD/TKN > 10**，硝酸盐对生物除磷的影响就可减弱。



这一章讲完了，休息一下。