

附件 1-12

## 环境工程技术专业教师岗位试讲内容

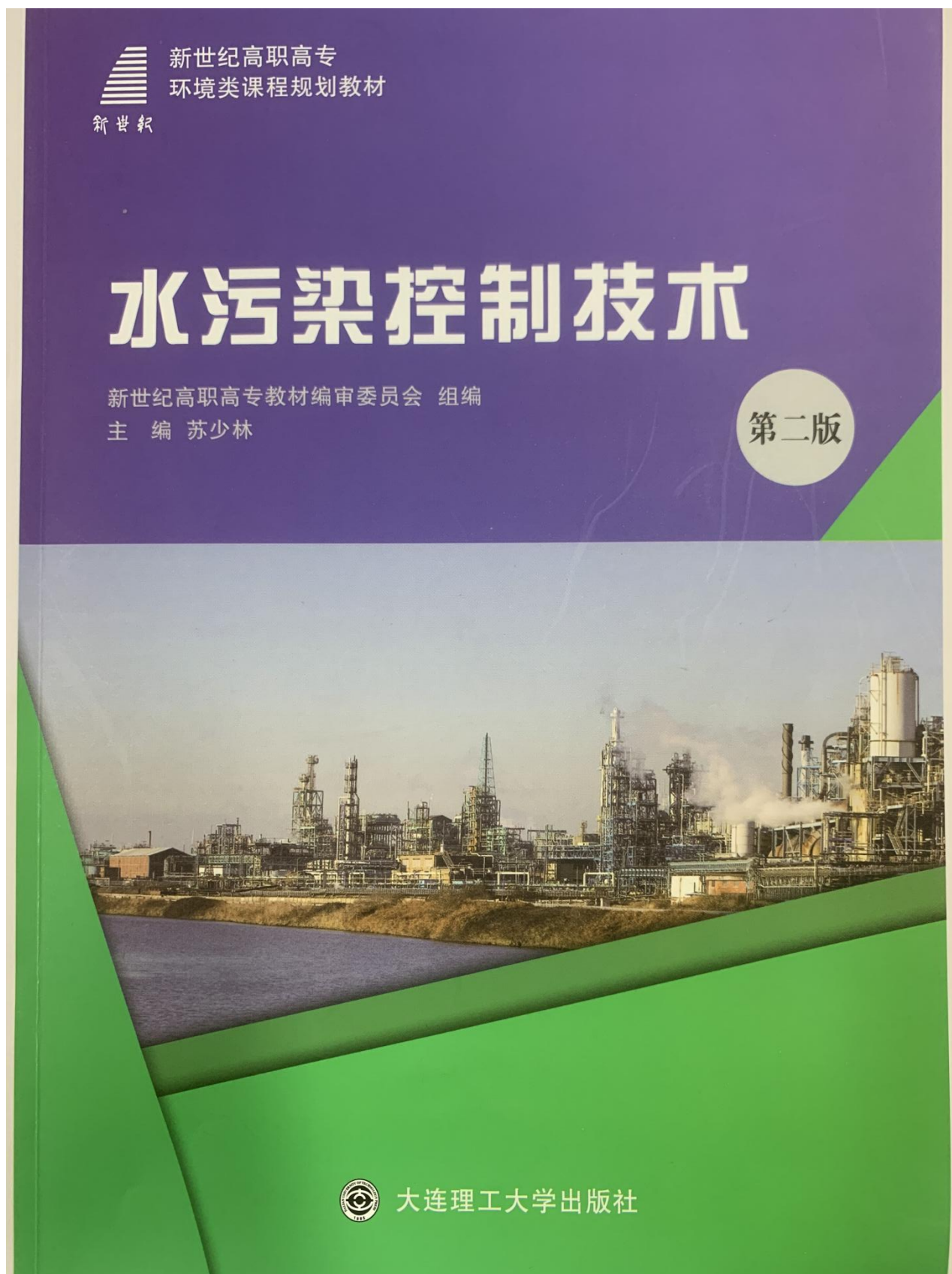
教学内容:

第五章第二节 活性污泥法（教材：《水污染控制技术》）

页码范围：**143-146** 页

重点：（十）活性污泥法脱氮除磷工艺

## 教材封面



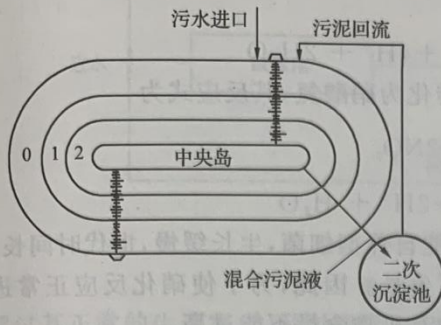


图 5-30 Orbal 氧化沟

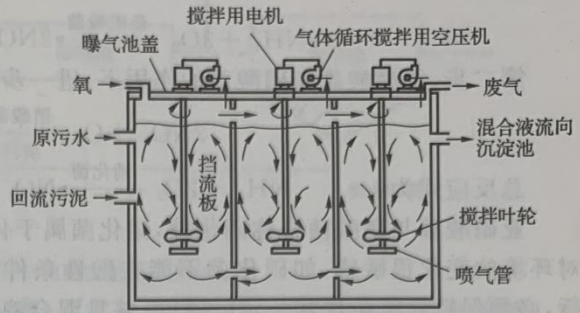


图 5-31 纯氧曝气池构造

### 2. 深井曝气活性污泥法

深井曝气活性污泥法系统首建于英国,其充氧能力可达常规法的 10 倍,动力效率高,设备简单,易于操作,处理能力不受气候条件影响,并且可省去初次沉淀池。该工艺适用于处理高浓度有机废水。

深井曝气活性污泥系统如图 5-32 所示。曝气井直径为 1~6 m,深度可达 70~150 m,井中间设隔墙将井一分为二或在井中心设内井筒,将井分为内、外两部分。在前者的一侧,后者的外环部设空气提升装置,使混合液上升。而在前者的另一侧,后者的内井筒内产生降流。这样在井隔墙两侧和井中心筒内、外形成由上而下的流动。

该工艺氧利用率高,有机物降解速度快,效果显著。但施工难度大,对地质条件有一定要求。

#### (十) 活性污泥法脱氮除磷工艺

近年来,随着国内多个大型湖泊富营养化问题和近海海域赤潮现象的日益增多,废水中氮、磷元素的排放也越来越严格,进入 20 世纪 90 年代,随着水处理技术的研究不断取得进步,脱氮除磷技术也有了长足的发展。

##### 1. 活性污泥法脱氮工艺

###### (1) 活性污泥法脱氮工艺原理

废水中的氮以有机氮、氨氮、亚硝酸氮和硝酸氮四种形式存在。在生活污水中,主要含有有机氮和氨氮,只含有少量或没有亚硝酸氮和硝酸氮,在二级处理水中,氮则以氨氮、亚硝酸氮和硝酸氮形式存在。生物脱氮的基本过程包括氨化、硝化和反硝化三个阶段。

① 氨化阶段 废水中的含氮有机物,在生物处理过程中被好氧或厌氧异养型微生物氧化分解为氨氮的过程。

② 硝化阶段 废水中的氨氮在好氧自养型微生物(统称为硝化菌)的作用下被转化为  $\text{NO}_2^-$  和  $\text{NO}_3^-$  的过程。

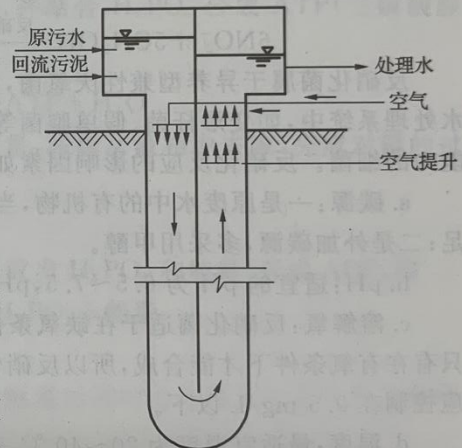
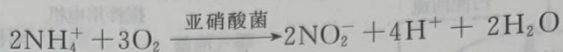


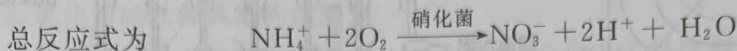
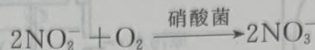
图 5-32 深井曝气活性污泥系统



硝化反应分两步进行,第一步为氨态氮在亚硝酸菌的作用下,被转化为亚硝酸氮,反应式为

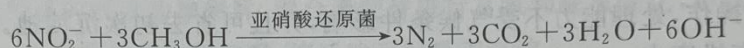
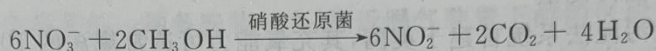


第二步,亚硝酸氮在硝酸菌的作用下,进一步转化为硝酸氮,其反应式为

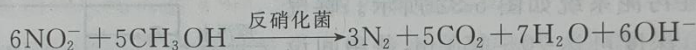


亚硝酸菌与硝酸菌合称硝化菌,硝化菌属于化能自养型细菌,生长缓慢,世代时间长,对环境的变化很敏感,如硝化菌不能在酸性条件下生长。因此,为了使硝化反应正常进行,必须保持好氧条件和一定的碱度,并且混合液中有机物含量不能过高。

③反硝化阶段 废水中的  $\text{NO}_2^-$  和/或  $\text{NO}_3^-$  在缺氧条件下在反硝化菌(异养型细菌)的作用下被还原为  $\text{N}_2$  的过程。反应式为



总反应式为



反硝化菌属于异养型兼性厌氧菌,并不是一类专门的细菌,它们大量存在于土壤和污水处理系统中,如变形杆菌、假单胞菌等,土壤微生物中有 50% 是这一类具有还原硝酸盐能力的细菌。反硝化反应的影响因素如下:

a. 碳源:一是原废水中的有机物,当废水的  $\text{BOD}_5/\text{TKN}$  大于 3~5 时,可认为碳源充足;二是外加碳源,多采用甲醇。

b. pH:适宜的 pH 为 6.5~7.5, pH 高于 8 或低于 6,反硝化速率将大大下降。

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

d. 温度:最适宜温度为 20~40 °C,低于 15 °C 其反应速率将大为降低。

## (2) 生物脱氮工艺

缺氧-好氧生物脱氮工艺(A1/O)是目前较为广泛采用的一种生物脱氮工艺。该工艺将反硝化阶段设置在系统的前面,因此又称为前置反硝化生物脱氮系统(图 5-33)。反硝化反应以污水中的有机物为碳源,曝气池中含有大量硝酸盐的回流混合液,在缺氧池中进行反硝化脱氮。在反硝化反应中产生的碱度可补偿硝化反应中所消耗的碱度的 50% 左右。该工艺流程简单,无须外加碳源,因而基建费用及运行费用较低,脱氮效率一般在 70% 左右;但由于出水中含有一定浓度的硝酸盐,在二次沉淀池中,有可能进行反硝化反应,造成污泥上浮,影响出水水质。

## 2. 活性污泥法除磷工艺

### (1) 活性污泥法除磷原理

污水中磷的存在主要有正磷酸盐、聚合磷酸盐和有机磷三种形式,后两种形式约占进水总磷量的 70%。在某些好氧条件下,利用聚磷菌一类的微生物,能够过量地(在数量上

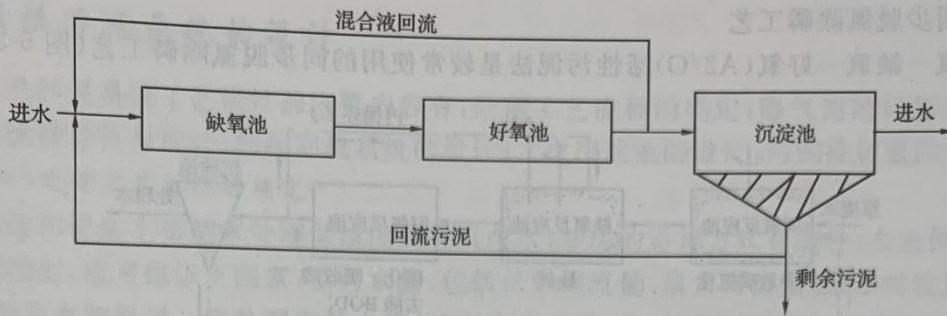
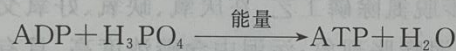


图 5-33 A1/O 生物脱氮工艺流程

超过其正常的生理需求)从外部环境摄取磷,而在厌氧条件下,会把摄取的磷释放掉。在反应器中按顺序创造适宜的条件,利用这类微生物过量摄取磷的特性,将磷以聚合的形态贮藏在菌体内,形成高磷污泥,排出系统外,有效地去除污水中的磷。这就是活性污泥除磷的基本原理。

① 聚磷菌对磷的过量摄取

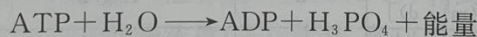
在好氧条件下,聚磷菌进行有氧呼吸,不断地从外部摄取有机物,由于氧化分解,不断地释放出能量,能量为 ADP(二磷酸腺苷)所获得,并结合  $H_3PO_4$  合成 ATP(三磷酸腺苷),即



同时,以聚磷的形式存储超出生长所需求的磷量,将磷从液相中去除,完成对磷的过量摄取。

② 聚磷菌的放磷

在厌氧条件下,聚磷菌体内的 ATP 进行水解,放出  $H_3PO_4$  和能量,形成 ADP,即



(2) 生物除磷工艺

厌氧-好氧生物除磷工艺是由厌氧池和好氧池组成的同时去除污水中有机污染物和磷的处理系统,其流程如图 5-34 所示。

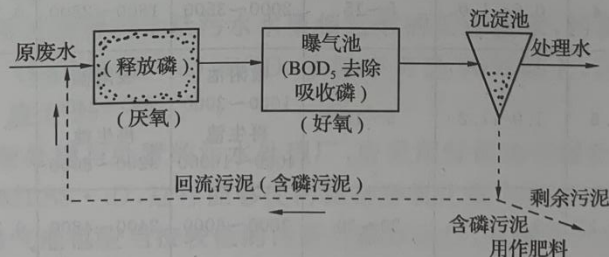


图 5-34 厌氧-好氧生物除磷工艺流程

为了使微生物在好氧池中易于吸收磷,溶解氧应维持在  $2 \text{ mg/L}$  以上,pH 应控制在  $7 \sim 8$ 。磷的去除率还取决于进水中的  $BOD_5$  与磷浓度之比。根据有关运行资料, $BOD_5$  与磷浓度之比大于  $10 : 1$ ,出水中磷的浓度可在  $1 \text{ mg/L}$  左右。微生物吸收磷是可逆的过程,过长的曝气时间及污泥在沉淀池中停留时间过长都有可能造成磷的释放。



## 3. 同步脱氮除磷工艺

厌氧—缺氧—好氧(A<sub>2</sub>/O)活性污泥法是比较常用的同步脱氮除磷工艺(图 5-35)。

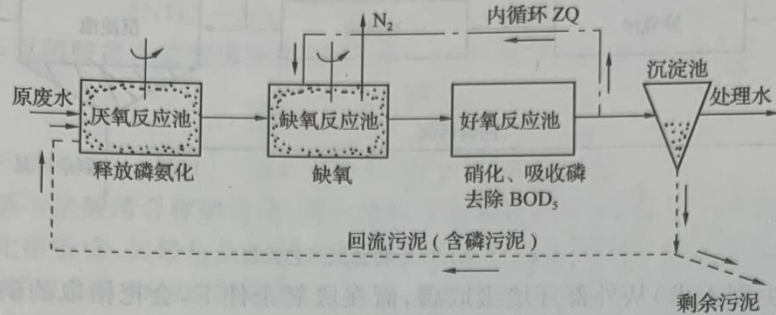


图 5-35 A<sub>2</sub>/O 活性污泥法工艺流程图

原污水与沉淀池回流的含磷污泥同步进入厌氧反应池，在厌氧反应池内释放磷，同时部分有机物进行氨化，污水经过厌氧反应池进入缺氧反应池，在缺氧反应池内，通过内循环由好氧反应池送来的硝态氮进行反硝化脱氮，混合液从缺氧反应池进入好氧反应池，去除 BOD<sub>5</sub>、硝化和吸收磷等反应在本反应池中进行，含有过剩磷的混合液从这里回流厌氧反应池。

本工艺是最简单的同步脱氮除磷工艺，在厌氧、缺氧、好氧交替运行条件下，丝状菌不能大量繁殖，基本不存在污泥膨胀现象；污泥中含磷浓度高，具有很高的肥效。

表 5-8 列举了城市污水的几种活性污泥法处理工艺的设计与运行参数，可供参考。

表 5-8 几种活性污泥法处理工艺的设计与运行参数

活性污泥运行方式	污泥负荷/ [kg BOD <sub>5</sub> / (kg MLSS·d)]	容积负荷/ [kg BOD <sub>5</sub> / (m <sup>3</sup> ·d)]	污泥龄/ d	混合液悬浮固体浓度/ (mg/L)		污泥回流比/ %	曝气时间/ h
				MLSS	MLVSS		
表示符号	$N_s$	$N_v$	$\theta_c$	MLSS	MLVSS	R	t
传统活性污泥法	0.2~0.4	0.3~0.6	5~15	1500~3000	1200~2400	0.25~0.50	4~8
阶段曝气活性污泥法	0.2~0.4	0.6~1.0	5~15	2000~3500	1600~2800	0.25~0.75	3~5
吸附再生活性污泥法	0.2~0.6	1.0~1.2	5~15	吸附池 1000~3000 再生池 4000~10000	吸附池 800~2400 再生池 3200~8000	0.25~1.0	吸附池 0.5~1.0 再生池 3~6.0
延时曝气活性污泥法	0.05~0.15	0.1~0.4	20~30	3000~6000	2400~4800	0.75~1.50	20~36~48
完全混合活性污泥法	0.2~0.6	0.8~2.0	5~15	3000~6000	2400~4800	0.25~1.0	—
深井曝气活性污泥法	1.0~1.2	5.0~10.0	5	5000~10000	—	—	>0.5
纯氧曝气活性污泥法	0.4~0.8	2.0~3.2	5~15	—	—	—	—