

城市污水处理厂可持续的运行优化控制

一、城市污水处理技术进展

与其它技术的发展过程一样，随着经济的发展和科学技术的进步，城市污水处理技术也经历了一个由初级到高级逐步发展完善的过程。

20世纪以前：仅限于物理方法和化学方法

20世纪初：活性污泥法诞生

20世纪20年代：

二级生化处理系统形成并推广完善

20世纪70年代：

污水厂才逐步完善了二级处理工艺。

随着水资源的日趋短缺，城市污水处理已从二级处理向三级处理过渡，人们将物理方法、化学方法、生化方法和物化方法有机地结合起来提高污水处理深度，以期达到城市污水的资源化。

我国与世界其他国家城镇生活污水处理率比较

国家	年份	城镇生活污水处理率 (%)	国家	年份	城镇生活污水处理率 (%)
摩纳哥	2005	100.0	挪威	2004	75.9
新家坡	2005	99.9	智利	2005	73.3
荷兰	2004	98.6	加拿大	1999	71.7
英国	2002	97.5	爱尔兰	2001	70.0
瑞士	2004	96.7	意大利	1999	68.6
卢森堡	2003	94.8	日本	2003	67.0
德国	2004	93.5	葡萄牙	2003	60.0
丹麦	2002	87.9	波兰	2004	59.0
奥地利	2002	86.0	匈牙利	2002	57.4
瑞典	2002	85.0	希腊	1997	56.2
芬兰	2002	81.0	突尼斯	2004	46.8
新西兰	1999	80.0	中国	2006	43.8
法国	2001	79.4	墨西哥	2005	35.0
韩国	2003	78.8	土耳其	2004	35.0

二、我国城市污水处理厂的现状及存在问题

1、现状

城市污水厂加快了建设步伐，从一定程度上改善了我国的地表水环境，尤其是城市水环境。

污水处理厂增多

污水日处理能力提高

城市生活污水处理率上升

2、存在问题

1) 总体处理能力偏低，地区分布不平衡

城市污水处理厂主要集中在东部地区，全国污水处理能力的65.5%，而中部和西部地区的污水处理能力仅占全国的18.8% 和15.7%.

2) 污水处理设施陈旧，运行负荷率有待进一步提高

城镇生活污水收集系统之后，管网配套覆盖率低

城市污水处理设施设计规模超过实际处理要求

3) 污水资源化率低，污泥利用率不高

我国目前城镇生活污水再生利用量占污水处理量的5%左右；污泥利用率20%

三、我国城市污水处理厂的发展趋势

随着我国经济的高速发展，城市化进程的加快，同时受水资源短缺和能源危机等影响，未来的城市污水处理厂将向以下方向发展：

1、污水处理普及率更高

城市污水处理的普及率及处理率将有很大的提高，污水处理设施的投资在国民经济总值中所占的比例会更大。

2、推广低能耗高性能的污水处理工艺技术

高效、低能耗的城市污水处理技术和工艺流程将得到积极的开发和利用，以节省投资、降低维护费和运行费。

3、水处理排放标准提高

4、多功能的污水处理技术更为流行

随着城市的发展，城市用水的供需矛盾日益突出，污水处理厂不仅要承担控制污染的任务，还要承担解决城市水资源短缺的任务。城市污水处理厂的尾水资源化将是必然趋势。

5、有关污水处理的政策更加完善

与城市污水处理厂的资源化相配套的相关政策、法律、法规更加健全，推进以节水型为中心的可持续社会的建成。

2、城市污水处理厂的运行与管理



一、概 论

城市污水处理厂是个复杂系统，涉及变化因子/如水质、水量、水温等多，工艺流程复杂，构筑物、设备及管线繁杂，调控因子多，同时污水处理厂又是耗能大户，需要资金投入大，运营费用高。

如何使污水处理厂的运转优化，在保证出水水质的条件下减少运行费用，提高能源利用率，我国运行管理上主要体现在以下几个方面：

1、污水处理厂缺乏系统综合运行调度

国内外污水处理厂的运行管理均存在重单元管理和设备管理，而轻工艺的系统管理。污水处理各单元各个单元之间的联系不密切，有水质水量突变等突发情况发生时，不易迅速作出调整。

2、城市污水处理厂管理人员素质有待提高

污水处理厂的运行是一个复杂的过程，要利用大型的构筑物、机械、设备与自控装置，还涉及到各种测试手段，这就要求有高素质的操作管理人员，以先进的技术、文明的方式，安全地搞好生产运行。

3、自动化控制水平有待提高

污水处理厂的高度自动化管理有利于控制污水处理厂的运行能及时发现处理设备异常，同时还可以节省人工。

二、污水处理构筑物的运行、维护与管理

- 预处理工艺及其构筑物的运行、维护和管理
- 厌氧生物处理工艺的运行与管理
- 好氧生物处理工艺的运行与管理
- 消毒与计量
- 污泥处理构筑物

（一）预处理系统

1、格 栅

格栅主要通过栅网拦截作用是去除污水中体积较大的大块飘浮物，否则这些大块污物将堵塞水泵和管道，影响设备的正常运行。

1) 监测指标

①应记录每天发生的栅渣量，用容量或重量均可。根据栅渣量的变化，可以间接判断格栅的拦污效率。当栅渣比历史记录减少时，应分析格栅是否运行不正常。

②测定栅前、栅后水位，分析过栅流速控制是否合理，是否应及时清污。

2) 格栅的运行维护


① 流量分配调节

②过栅流速的影响



3) 格栅控制方式

一是利用栅前栅后的液位差

即过栅水头损失来自动控制格栅的开启； 定期清洗水位测量仪的探头

二是时间控制

根据不同季节的栅渣量，设置格栅除污机的自动开停时间，栅渣量多时，开机时间设置长一些，反之，停机时间设置长一些。



纪录每天发生的栅渣量，通过栅渣量的变化规律，调整格栅的定时开停时间，使格栅的运行更为高效。

4) 定时巡视检查

污水厂内最易发生故障的设备之一，定时现场巡视，观察格栅上的**栅渣量**，**水头损失**，**格栅是否局部堵塞**，**格栅及输送机是否有异常声音**，**栅条是否变形**，**栅齿是否脱落**，**前后渠道是否沉砂**

5) 卫生安全 防止人员中毒，并减轻硫化氢对设备的腐蚀

强制通风——排除硫化氢和甲硫醇等恶臭有毒气体

及时清除栅渣——防止腐败产生恶臭，栅渣堆放处应经常清洗

2、沉砂池

1) 监测指标

测量并记录每天的除砂量

应定期测定沉砂池和洗砂设备排砂中的有机物含量。

对于曝气沉砂池，应准确记录每天的曝气量。

2) 运行控制

曝气沉砂池通过调整曝气强度，可以改变污水在池内的旋流速度，

涡轮沉砂池

搅拌器、风机开始供气，对沉砂进行提升，在风机开启之前，还应首先开启自来水，进行洗砂。风机与砂水分离器交替运行，风机和砂水分离器的运行时间均可依据污水中的含砂量来调节，由时间继电器控制。工作顺序是：沉砂—洗砂—排砂—出砂。

3、初沉池

1) 监测指标

每班测排泥量；每天测一次排泥含固量。

每班应记录以下内容：

排泥次数；

排泥时间；

排浮渣次数；

浮渣量；

温度和pH值；

刮泥机及泥泵的运转情况。

2) 运行控制

表面负荷、停留时间、堰上负荷



3) 异常问题的分析

排泥浓度下降

初沉池一般采用间歇排泥，当发现排泥浓度下降，可能的原因是排泥时间偏长，应调整排泥时间。经常测定排泥管内的污泥浓度，达到3%时需排泥。比较先进的方法是在排泥管路上设置污泥浓度计，当排泥浓度降至设定值时，泥泵自动停止；或根据时间控制排泥，排泥泵的开停时间可根据运行经验设定。

浮渣槽溢流

若发现浮渣槽溢流，可能的原因是浮渣挡板淹没深度不够，或刮渣板损坏，或清渣不及时。也有可能浮渣刮板与浮渣槽不密合。

排泥不及时

若排泥不及时，SS去除率会降低，并造成泥斗、泥管和刮泥设备堵塞。

SS去除率低

除排泥不及时之外，表面负荷过大、停留时间太短、进水整流不合理、出水堰板不平、密度流、风力、污水严重腐败等都能使SS去除率降低。

(二) 厌氧生物处理运行控制

1、厌氧消化的影响因素与控制要求

甲烷发酵阶段是厌氧消化反应的控制阶段，因此厌氧反应的各项影响因素也以对甲烷菌的影响因素为准。

- 温度因素
- 营养与C/N比
- 生物固体停留时间（污泥龄）
- 氨氮、硫酸盐、含盐量
- 有毒物质
- 酸碱度、pH值和消化液的缓冲作用



2、厌氧反应器的启动

1) 厌氧活性污泥来源

- 污水厂消化池污泥。
- 工业废水厌氧处理装置中厌氧污泥：
- 好氧生物系统排出的剩余污泥
- 化粪池或排水沟渠底泥
- 其它来源

2) 厌氧活性污泥培养

接种污泥量：与培养时间成正比，增加接种污泥量可以缩短培养期。

逐渐提高温度：升温过快，易导致污泥上浮，升温速度一般 $0.5-1^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 。

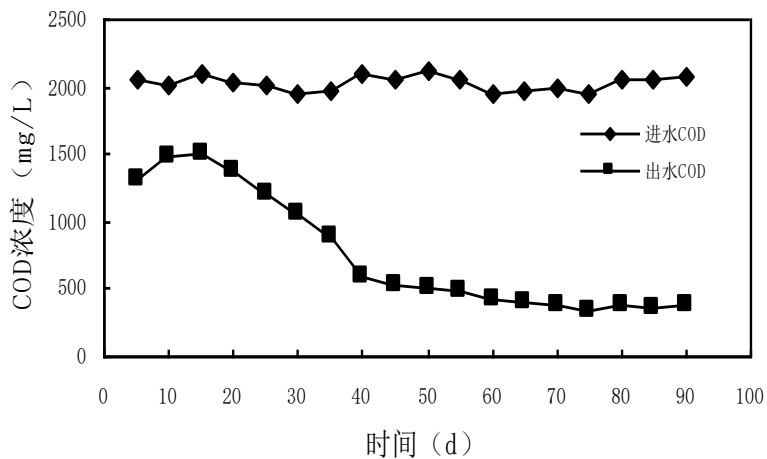
启动初期：适量进水，低负荷运行生活污水或易生化废水为主。

负荷提高期：pH值稳定的条件下，逐渐加大负荷，观察去除效果、产气率、

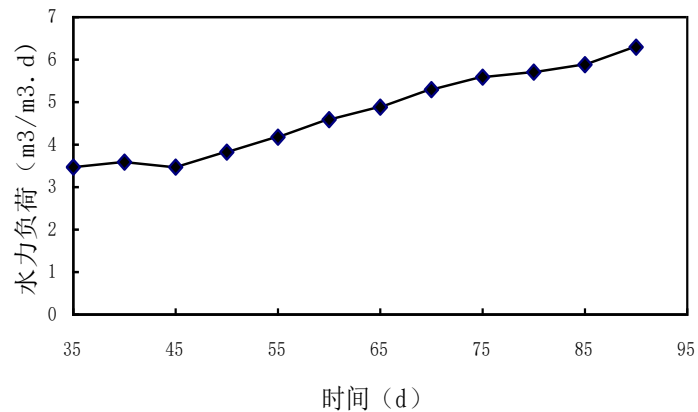
酸碱度变化

3) 厌氧活性污泥驯化

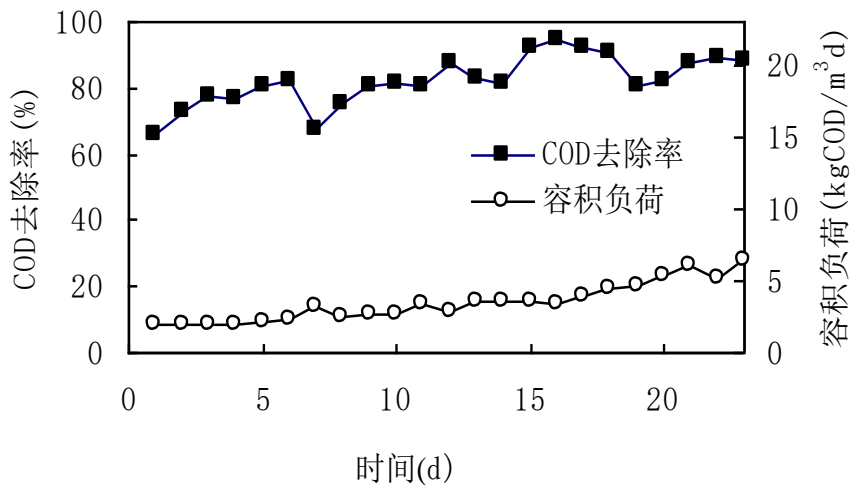
异步培养法，先培养后驯化；同步培养法，同时培养驯化



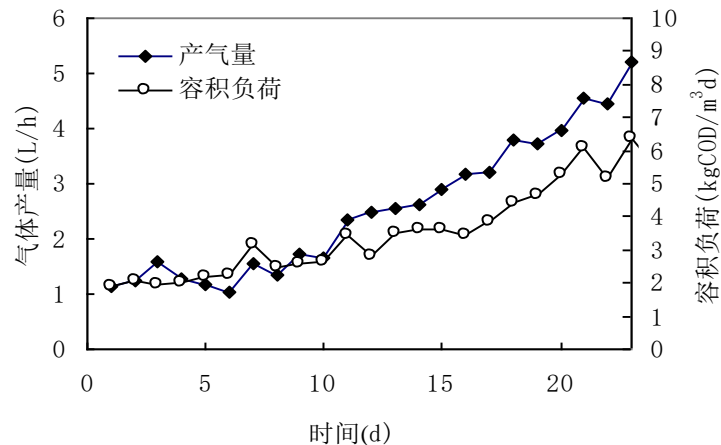
启动期反应器进出水COD浓度变化情况



负荷提高期水力负荷曲线



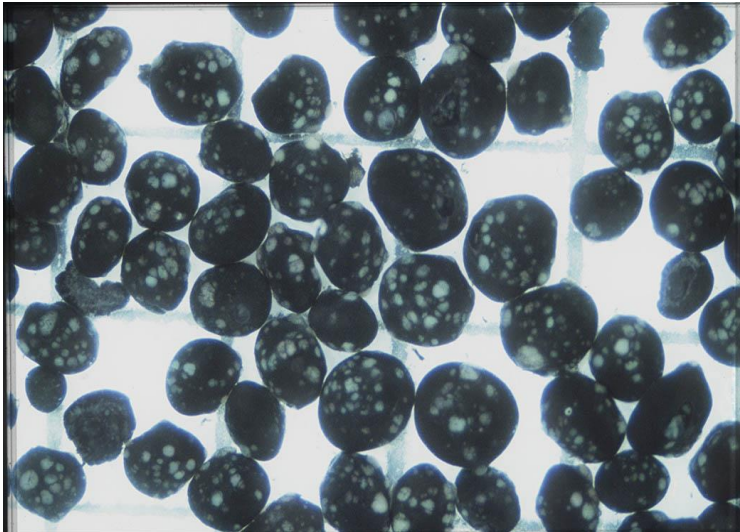
负荷提高期反应器容积负荷及COD去除率的变化



负荷提高期反应器气体产量变化

3、厌氧颗粒污泥

- 厌氧污泥的主要聚集形式包括颗粒 (granules)、絮体 (flocs)、絮状污泥 (nocculent sludge) 等。
- 定义：团体和颗粒是结构紧密的聚集体。
- 这些聚集体沉降后呈现固定的形态。
- 絮体和絮状污泥则是具有蓬松结构的聚集体，这些聚集体沉降后无固定形态。



1) 厌氧颗粒污泥的形成:

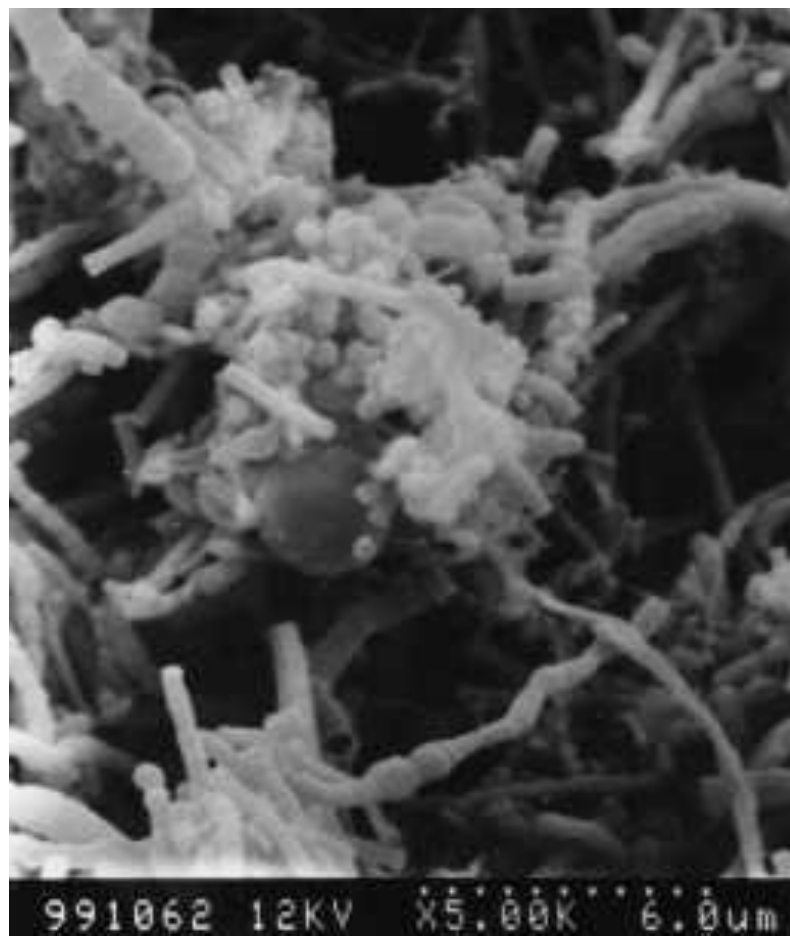
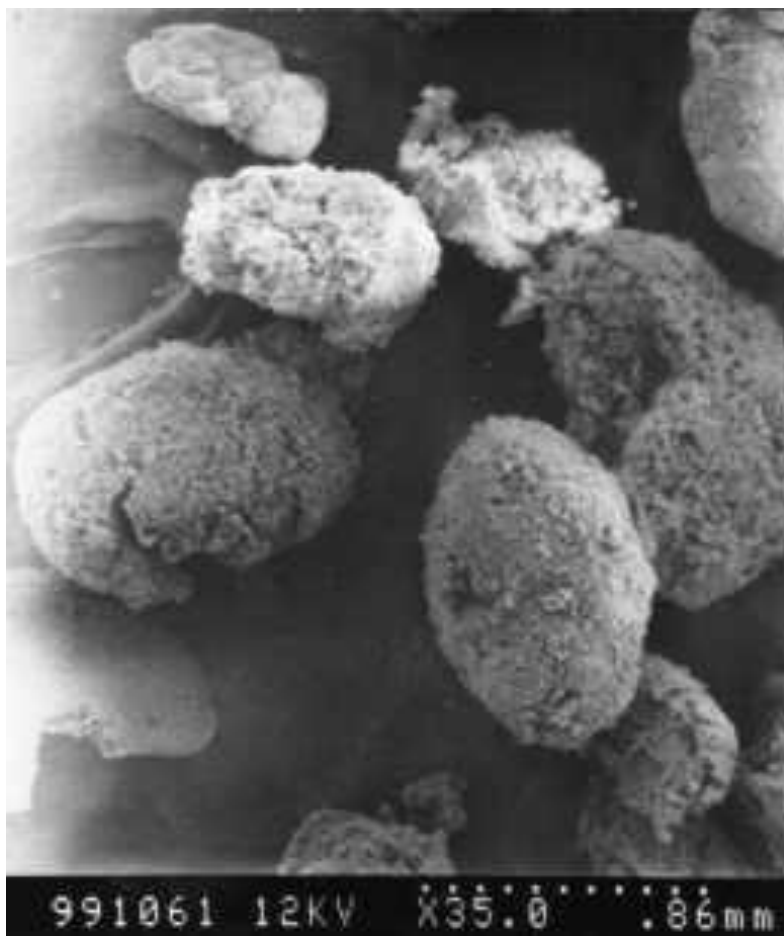
提高单位反应器中微生物量的有效方法之一是形成颗粒污泥。目前的研究认为形成颗粒污泥的条件至少有以下两点:

a. 由一些无机物的晶体 (CaCO_3) 形成颗粒污泥的中心, 微生物和有机物在上面发生沉积和自凝聚, 从而形成颗粒污泥。

b. 在UASB的启动阶段, 由于升流式污泥床的水力筛分作用将一部分分散悬浮的生物絮体排出反应器, 使比重大的污泥颗粒保持在反应器内。



颗粒污泥基本成熟后的扫描电镜照片（运行第120天）



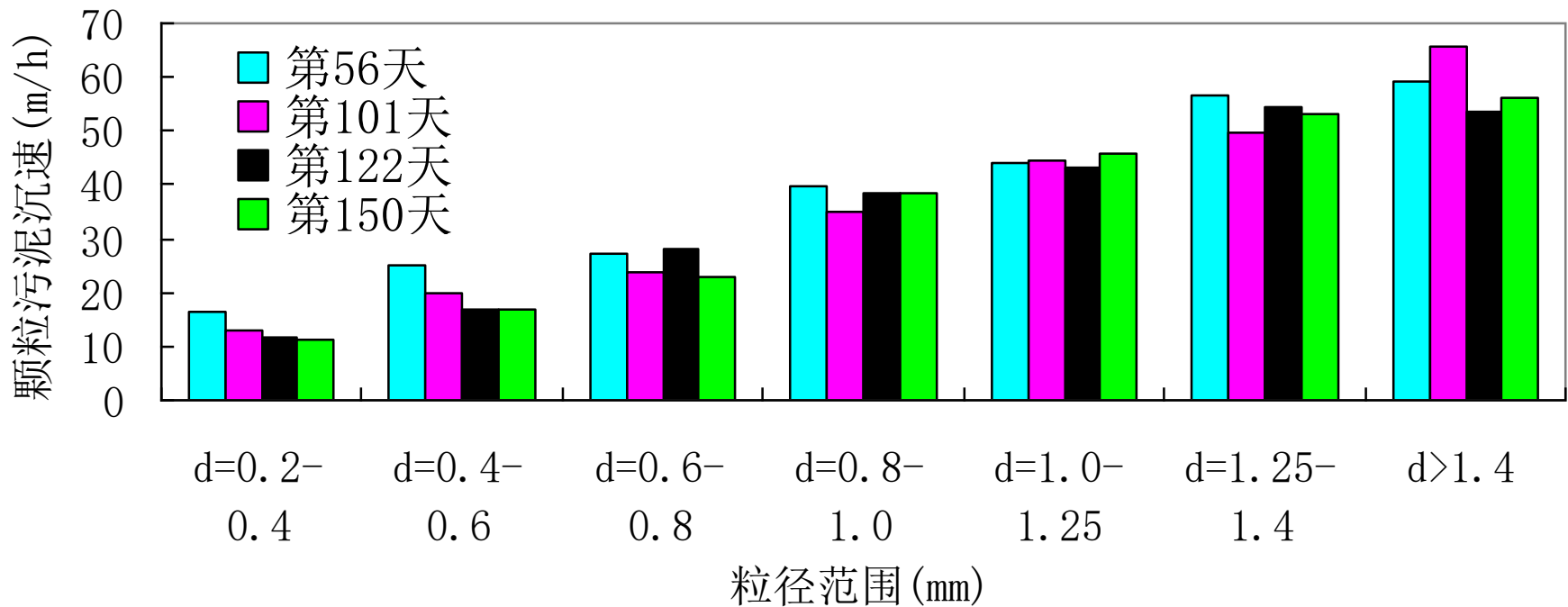
2) 颗粒污泥的培养条件

- 一般需要2-4个月；
- 可分为：启动期、颗粒污泥形成期、颗粒污泥成熟期；

接种污泥的选择：

- 维持稳定的环境条件，如温度、 pH 值等；
- 污泥负荷 $0.05-0.1 \text{ kgCOD/kgSS}\cdot\text{d}$ ，容积负荷应小于 $0.5 \text{ kgCOD/m}^3\cdot\text{d}$
- 保持反应器中低的VFA浓度；
- 表面水力负荷应大于 $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ ，淘汰絮状污泥；
- 进水中可适当提供无机微粒，如钙和铁，同时应补充微量元素（如 N_i 、 C_o 、 M_o ）

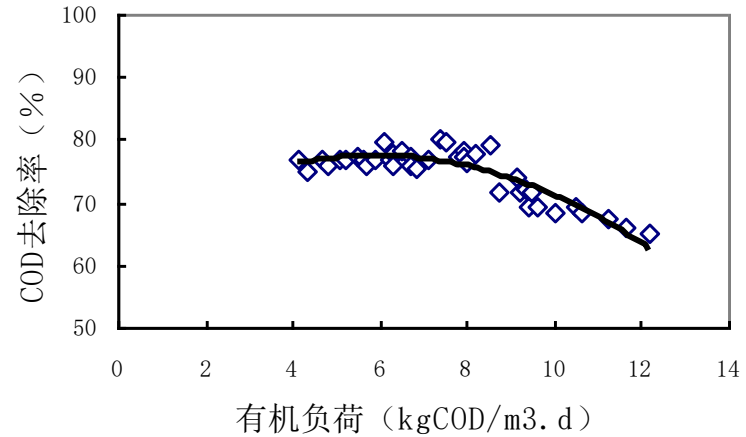
3) 颗粒污泥的沉速及其变化



4、厌氧反应器运行控制

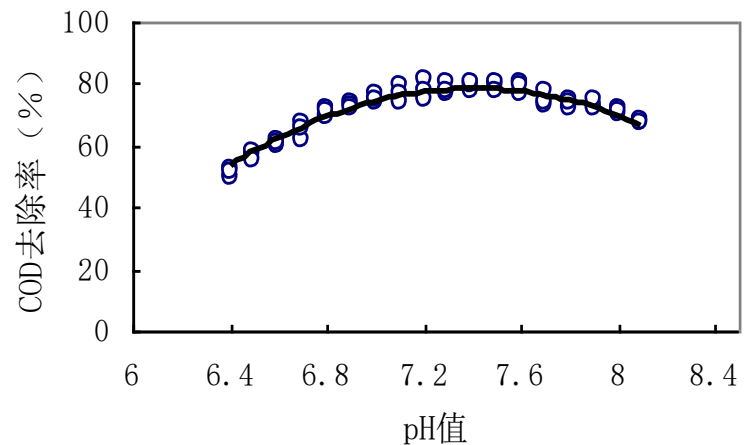
1) 有机负荷对处理效果的影响

反应器针对特定的废水存在一个最大运行负荷区间，继续增加负荷造成系统运行极不稳定，挥发酸积累处理效率降低、甚至系统破坏



2) pH值对处理效果的影响

参与厌氧消化的两大类微生物所适应的pH值范围并不一致



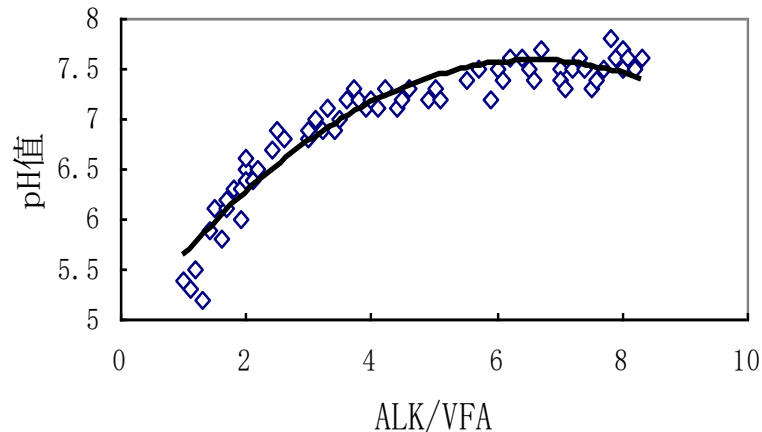
3) 酸碱度的影响

为了保证pH值稳定，厌氧消化液中碱度、挥发酸含量必须保持一定的平衡。

挥发酸越低越好，挥发酸越低出水COD越低

一般VFA:100-300mg/L

碱度：一般大于1500mg/L



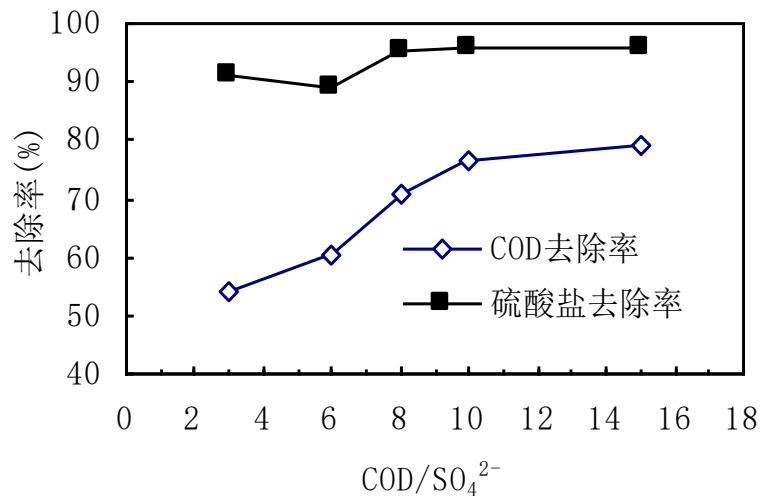
4) 硫酸盐的影响

影响硫酸盐还原菌与产甲烷菌关系的重要指标是COD/SO₄比值

5) 温度

避免温度大幅度波动

降温幅度越大，影响越大，恢复时间越长



(三) 好氧生物处理运行控制

1、污泥膨胀类型

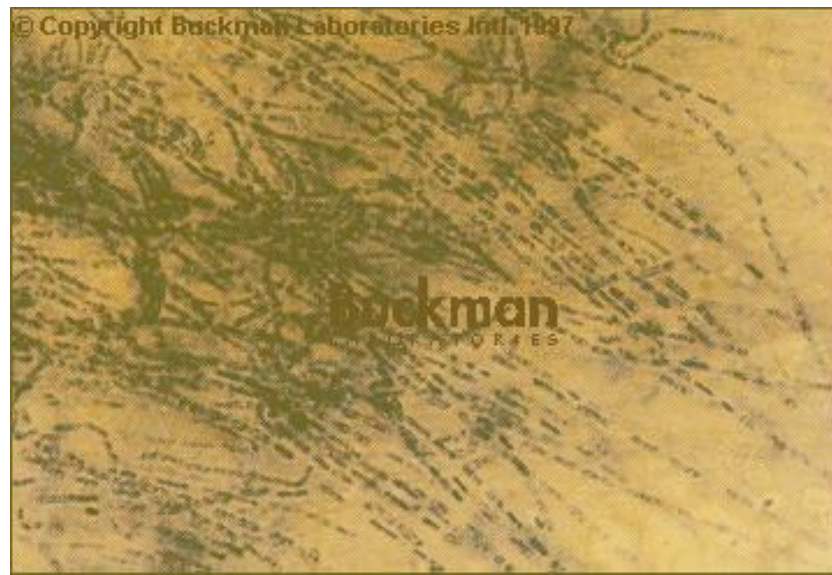
丝状菌膨胀

丝状菌过度繁殖引起絮体松散、沉淀恶化，SVI200-2000，最常见。

非丝状菌膨胀

结合水过量增多，污泥相对密度变小，体积显著增大，沉淀性能变差。

法国有30%的污水处理厂有污泥膨胀
德国有50%的污水处理厂有污泥膨胀
美国有60%的污水处理厂有污泥膨胀



1) 非丝状菌性污泥膨胀

菌体外蓄积大量高粘性多糖类物质，
多糖类物质分子中含有很多羟基，与水结合性强，成亲水性造成絮体松散。

表征污泥沉降性能的主要参数：

- 污泥沉降比SV%；
- 污泥指数SVI：
SVI值大于150mL/g，固液两相不能正常分离。
- 污泥面成层沉降速度ZSV；
- 丝状菌长度。



2) 丝状菌膨胀

丝状菌生理特点

- 比表面大、沉降性能差
- 耐低营养
- 耐低氧
- 适合高C/N的废水

丝状菌污泥膨胀的原因

- 氮、磷不足
- pH值低
- BOD负荷过低
- 水温偏高
- DO不足
- 废水中糖类、碳水化合物含量较多
- 硫化氢含量高
- 反应器的流态



2、活性污泥膨胀控制方法


1) 临时性控制方法

药剂助沉法

混凝剂、助凝剂、粘土、硅藻土  控制投加量

杀灭丝状菌

丝状菌对化学药剂敏感，控制剂量可以杀灭丝状菌而减少对菌胶团损害

 液氯、次氯酸钠、二氧化氯、双氧水

2) 工艺控制方法

改变流态： 改变完全混合为推流式

设置生物选择器： 根据生物选择性行理论，设置高负荷的生物选择器区

改变构造： 设置厌氧-好氧交替运行，有利于菌胶团

增加填料： 曝气池前端设置软性填料，利于丝状菌固着生长

回流污泥定期加氯： 辅助手段

增加首端曝气量，避免溶解氧不足

3、泡沫



■ 化学泡沫

由洗涤剂或化学药品引起，随着活性污泥的生长，大量的洗涤剂会被微生物所吸收，泡沫也就消失了。

若发现有白浪状的泡沫，应当减少剩余污泥的排放量。

若发现浓黑色的泡沫，表明污泥衰老，应当增加剩余污泥排放量。

■ 生物泡沫

生物泡沫呈褐色，也可在曝气池上堆积很高，并进入二沉池随水流走，由于诺卡氏菌引起的生物泡沫。

是污水中含大量油、脂类物质引起。

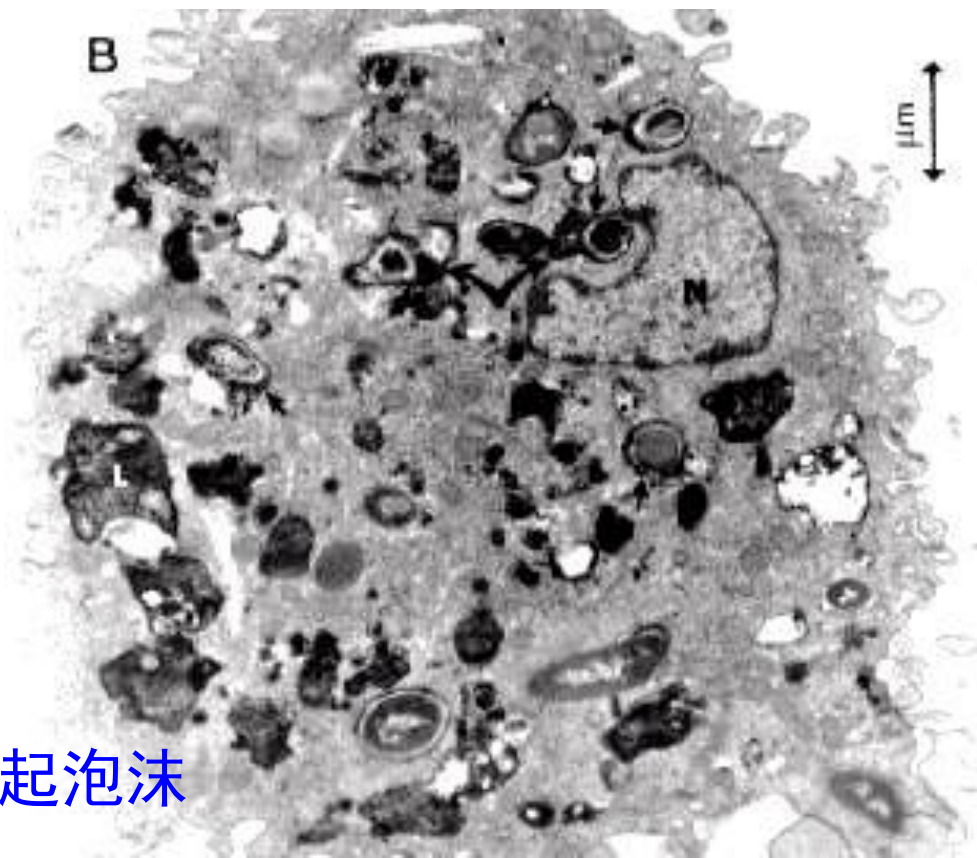
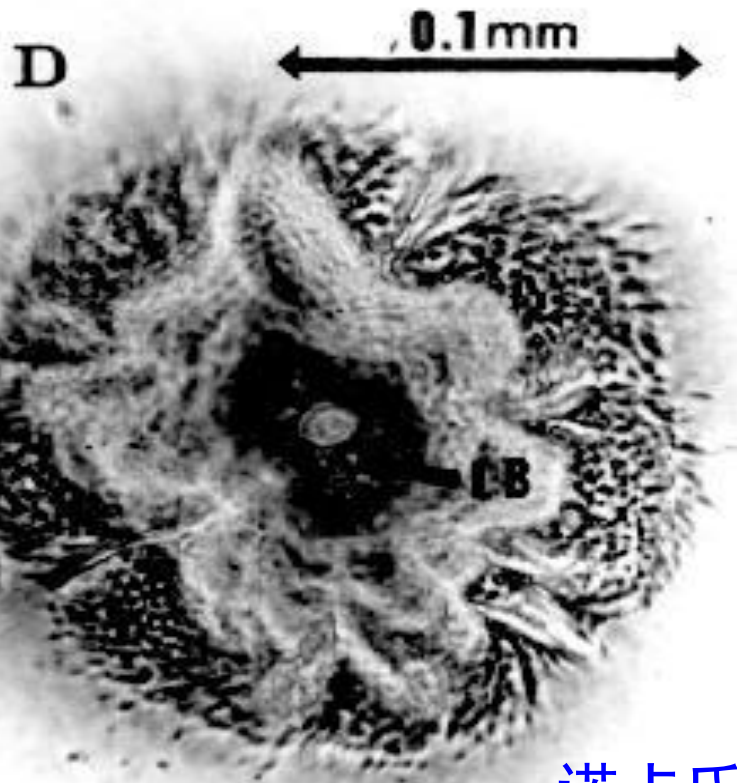
防治措施：

泥龄控制

消泡剂

喷水消泡

加氯消除诺卡氏生物泡沫



诺卡氏菌引起泡沫

4、生物脱氮活性污泥法

1) 生物硝化的控制因素

F / M: 一般都在 $0.15 \text{ kgBOD} / (\text{kgMLVSS}\cdot\text{d})$ 以下。负荷越低，硝化进行得越充分

泥龄SRT: 硝化细菌增殖速度较慢，世代期长，如果不保证足够长的SRT，硝化细菌就培养不起来，也就得不到硝化效果。实际运行中，SRT控制在多少，取决于温度等因素。

回流比R: 回流比一般比传统活性污泥法大。混合液中含有大量的硝酸盐，如果回流比太小，活性污泥在二沉池的停留时间就较长，容易产生反硝化，导致污泥上浮。

溶解氧DO: 硝化工艺混合液的DO应控制在 $2.0 \text{ mg} / \text{L}$ 以上，一般在 $2.0 \sim 3.0 \text{ mg} / \text{L}$ 之间。当DO小于 $2.0 \text{ mg} / \text{L}$ 时，硝化将受到抑制；当DO小于 $1.0 \text{ mg} / \text{L}$ 时，硝化将受到完全抑制并趋于停止。

pH和碱度对硝化的影响

硝化细菌对pH很敏感，在pH为8~9的范围内，其生物活性最强，在生物硝化系统中，应尽量控制混合液的pH大于7.0，当pH<7.0时，硝化速率将明显下降。当pH<6.5时，则必须向污水中加碱。

混合液pH下降和碱度不足的原因

随着 $\text{NH}_3\text{-N}$ 被转化成 $\text{NO}_3\text{-N}$ ，会产生出部分 H^+ ，这将消耗部分碱度，每克 $\text{NH}_3\text{-N}$ 转化为 $\text{NO}_3\text{-N}$ 约消耗7.14g碱度(以 CaCO_3 计)。因而当污水中的碱度不足而TKN负荷又较高时，便会耗尽污水中的碱度，使混合液pH降低至7.0以下，使硝化速率降低或受到抑制。

温度对硝化的影响

硝化细菌对温度的变化也很敏感。并随温度的升高，生物活性增大。在30℃左右，其生物活性增至最大。

当污水温度低于15℃时，硝化速率会明显下降；

当温度低于10℃时，已经启动的硝化系统可以勉强维持。但如果硝化系统被破坏，在10℃以下再重新启动，培养硝化菌将是非常困难的。

冬季低温应对措施

在冬季，为保证一定的硝化效果，可以采用增大泥龄SRT的方法来应对低温对硝化的影响。

当污水温度在16℃之上时，采用8~10d的泥龄即可；

但当温度低于15℃时，应将污泥龄SRT增至12~20d。

2) 生物反硝化的影响因素

内回流比 r

内回流比 r 影响脱氮效果。典型城市污水的脱氮工艺常采用 r 为300~500%。

污泥回流比 R

生物反硝化系统的污泥回流比 R 较单纯生物硝化系统要小些。这主要是二沉池入流污水中的氮绝大部分已被脱去，二沉池中 $\text{NO}_3\text{-N}$ 浓度不高，二沉池由于反硝化导致污泥上浮的危险性已很小。

运行良好的处理厂， R 可控制在50%以下

溶解氧

反硝化要求在缺氧条件下运行，在实际运行管理中 DO 低于 0.5 mg / L 。在 A-O 脱氮工艺的缺氧段中，应使混合液的 DO 尽量低， DO 越低，脱氮效率越高；当 DO 高于 0.5 mg / L 时，脱氮效率明显下降。

BOD5 / TKN对反硝化的影响（碳源影响）

反硝化细菌是在分解有机物的过程中进行反硝化脱氮的，所以进入缺氧段的污水中必须有充足的有机物（电子供体），才能保证反硝化的顺利进行。

从理论上讲，当污水的BOD5 / TKN > 2.86时，有机物即可满足需要。但由于BOD5中的一些有机物并不能被反硝化细菌利用或迅速利用，因此，实际运行中应控制BOD5 / TKN大于4.0，最好在5.7之上。否则，应外加碳源，补充有机物的不足。

温度对生物反硝化的影响

温度越高，硝化速率也越高，在30~35℃时增至最大。

当低于15℃时，反硝化速率将明显降低；至5℃时，反硝化将趋于停止。在冬季要保证脱氮效果，就必须增大SRT，提高污泥浓度。

pH值和碱度对反硝化的影响

反硝化细菌对pH值的变化不如硝化细菌敏感，在pH为6-9的范围内，均能进行正常的生理代谢，生物反硝化的最佳pH值范围为6.5-8.0。

反硝化过程中会产生部分碱度，将每gNO₃-N转化成N₂，约可产生3.75g碱度，这样可补偿生物硝化所消耗的碱度的一半左右。

5、生物除磷的影响因素

1) F / M与SRT

A-O生物除磷工艺是一种高F / M低SRT系统。

SRT大于15d时，除磷效率在50%以下，
SRT降至6d以下时，除磷效率升至80%以上。



负荷与**SRT**要同时
保证**BOD**去除要求

2) 回流比R

A-O除磷系统的R不宜太低，一般在50%-70%的范围内，保持足够的回流比，尽快将二沉池内的污泥排出，防止聚磷菌在二沉池内遇到厌氧环境发生磷的释放。

3) 溶解氧DO

聚磷菌只有在严格厌氧状态下，才进行磷的释放；放磷越多，则吸磷越多，放磷量与吸磷量成正比。厌氧状态下，聚磷菌每多释放1mg磷，进入好氧状态后就可多吸收2.0-2.4 mg磷。

好氧段的DO应保持在2.0 mg/L之上，一般控制在2.0-3.0 mg/L，因为聚磷菌只有在绝对好氧的环境中才能大量吸收磷。

另外，保持好氧段的高氧环境，还可以防止聚磷菌进入二沉池后，由于厌氧而产生磷的释放。

4) BOD5 / TP

一般认为，要保证除磷效果，应控制进入厌氧段的污水中BOD5 / TP 大于20，以保证聚磷菌对磷的有效释放。

聚磷菌大多为不动菌属，其生理活动较弱，只能摄取有机物中极易分解的部分，要使出水TP < 1 mg / L，应控制SBOD5 / TP > 10，而要出水TP < 0.5 mg / L，应控制SBOD5 / TP > 20

5) pH值对除磷效果的影响

在pH=4.0时，磷的释放速率最快，当pH>4.0时，释放速率降低，pH>8.0时，释放速率将非常缓慢。在厌氧段，水解菌将部分有机物分解为脂肪酸，会使污水的pH值降低，从这一点来看，对磷释放也是有利的。在pH值为6.5-8.5的范围内，聚磷菌能在好氧状态下有效地吸收磷，且pH=7.3左右吸收速率最快。

低pH值有利于磷的释放，而高pH有利于磷的吸收

6) 温度对除磷效果的影响

在5~35℃的范围内，均能进行正常的除磷

（四）消毒与计量的运行与管理

1、加氯消毒系统的运行维护

1) 加氯系统

一般由加氯机、混合装置、接触池组成。

记录投入运行的时间和流量计现实的加氯量和氯瓶的重量；

进行漏氯检验

2) 加氯量的控制

城市污水二级出水加氯消毒之后，若要保持一定的余氯浓度，加氯量应该控制在**10-15mg/L**。

二级出水的加氯消毒，可不需要在出水中保持余氯浓度，而以实际消毒耗氯量为加氯量的控制指标。当不需要保持余氯浓度时，二级出水加氯量一般为**5-10mg/L**。

在实际运行控制中，可以大肠菌群数作为消毒效果的指标来控制加氯量

2、常用污水计量设备的运行管理

污水长中常用的计量设备有巴氏计量槽、电磁流量计、超声波流量计等。

选择原则：精度高、操作简单、水头损失小、不易沉积杂物。

(1)、巴氏计量沿堰的运行管理

1) 施工：预制搪瓷衬里，在现场埋置于钢筋混凝土槽内

2) 液位测量要准确

(2)、电磁流量计的运行维护

1) 安装：要求介质有稳定流态；不能测负压管道流量；保证满管测量

2) 正确使用和维护：周期性检查，定期清垢除尘

(3)、超声波流量计的运行维护

1) 影响因素：上下游有足够的直管段；满管流；温度、管道内结垢

2) 运行维护：

信号强度和良度的检查；传输时间和时差；

定期标定和校正；定期清垢除尘

(五) 污泥处理的构筑物

1、污泥浓缩池

1) 影响因素

水力停留时间：一般在12-30h范围内

固体表面负荷：初沉池 90-150 kg / (m²·d); 活性污泥： 10-30 kg / (m²·d)

温度：15-20°C最佳；温度较低可允许稍长的停留时间

运行方式：连续和间歇

2) 运行维护

及时清除浮渣；防治丝状菌膨胀；降低恶臭；防止流态不均匀造成短路

3) 异常问题与排除

污泥上浮，浮渣量多：加大集泥速度、及时排泥

排泥浓度低，浓缩比小：降低入流污泥量、降低排泥速率

短流：调整溢流堰板、改造修复进泥口、调节入流污泥含固量

2、污泥消化池

1) 影响因素

pH: 6.8–7.4

温度: 10–60°C

消化时间与负荷: 最短允许消化时间和最大允许有机负荷

混合搅拌: 机械搅拌、水力循环搅拌、沼气搅拌

毒性: 氨的浓度、硫离子、重金属

2) 消化池的运行维护

pH及碱度的控制: 中性、碱度2500–3000mg/L; 利用VAF、ALK、CH₄含量预测

毒物控制: 投加Na₂S, 投加量根据重金属离子的种类及污泥中的浓度计算确定

加热系统的控制: 消化液的温度波动控制在0.5–1.0°C上下浮动的范围内

搅拌系统的控制: 连续搅拌、间歇搅拌

日常维护: 定期取样分析检测; 清砂清渣; 除垢; 防渗防腐检查

四、污水处理厂电气与机械设备的运行与管理

1、常用电气设备运行维护

1) 配电设备使用与维护：固定式高、低压开关柜、抽屉式低压开关柜等

2) 变压器的故障分析及运行

绝缘降低：老化、受损、油质劣化

温度过高：电流过大、通风不良、变压器内部损坏

声响异常：表面有闪络、线圈击穿

自动装置跳闸：短路、过负荷、二次线路、绝缘外阻

3) 电动机：定时测试外壳温度、定期清洁机身、检查电流表

4) 变频设备：

操作前切断电源、日常检查运行是否异常、定期检查变频器运行时无法检查的部位

2、污水处理厂常用设备维护

污水处理厂常用的主要设备包括：泵类、鼓风机、格栅除污机、刮吸泥机、曝气设备、污泥脱水设备等几大类。

1) 格栅除污机及运行

控制格栅除污机间歇运行：人工控制、自动定时控制、水位差控制

2) 排泥机械

链条刮板式：速度 0.6-0.9m/min；刮板高度 150-200mm；防臭

行车式：加强巡视 白天2h/次，夜间4h/次；及时加油；故障清除；大修

3) 污泥脱水设备

带式压滤脱水：滤带检查、足够的滤布冲洗时间、通风除臭、分析滤液

离心脱水机：油箱油位、冷却水及油温、设备的震动情况，进泥调质

五、污水厂的自动化控制

▪ 污水处理厂自动监控系统的总体原则：

实用性、先进性、可扩展性、经济性、易用性、可靠性、可管理性、开放性

1、自动控制设备与软件

监视操作仪表设备、控制设备、控制软件

2、污水厂工艺流程的自动控制

- 1) 污水预处理控制：进水闸门、除渣机、除砂机
- 2) 初次沉淀池控制：刮泥机和除泡沫设备、排泥泵
- 3) 曝气池控制：供气量、回流污泥量、排泥量
- 4) 二次沉淀池控制：BOD-MLSS负荷、DO、回流比、进水水质
- 5) 加氯消毒混合池控制：氯投加量、余氯监测
- 6) 污泥浓缩池控制：进泥量、排放浓缩污泥量
- 7) 厌氧消化池控制：温度、污泥的投配和搅拌
- 8) 污泥脱水预处理设施控制：混凝剂投量
- 9) 脱水机：继电器和计时器控制

六、污水处理厂安全生产

- 在污水处理厂的生产过程中，会产生一些不安全、不卫生的因素，如不及时采取防护措施，势必危害劳动者的安全和健康，产生工伤事故或职业病，妨碍生产的正常运行，因此，确保安全生产，改善劳动条件是污水处理厂正常运转的前提条件。

1、安全生产制度

建立安全生产责任制、安全生产教育制、安全生产检查制、伤亡事故报告处理制、防火防爆制

2、防毒气

掌握污泥性质；检查工作环境硫化氢浓度；

鼓风通风、防毒用具、地下井检查

3、安全用电

4、防溺水和高空坠落

5、化验室安全

3、城市污水处理厂的升级改造与水质提升

一、目标与原则

1、目标

城市污水处理厂升级改造的目标是增加处理规模、提高处理标准和处理效率、降低日常运行成本。

2、遵循的原则

- 1) 改造后的工艺能够满足新标准处理水质的要求；
- 2) 工艺运行可靠，且具有灵活操作性；
- 3) 尽量利用现有的构筑物，使改造投资小；
- 4) 布置紧凑，合理利用空间；
- 5) 在改造过程中尽量不对现有工艺的运行产生影响。

应充分挖掘自身处理效能，通过适当的改建以达到改造工艺的目标，其次才考虑污水厂的扩建。

二、目前城市污水处理工艺

1、传统活性污泥法

工艺特点

出水水质稳定，有机物去除率高、污泥负荷高、池容积小、电耗省、运行费用低。

由于污泥不稳定，需增加设施进行稳定化处理，增加了运行管理环节，加大了基建投入（1000-2000元/m³·d），但污泥产生的沼气可用来发电或驱动鼓风机，使污水处理总能耗低（0.15-0.20kWh/m³），运行成本低（0.25元/m³左右），由于其明显的经济性，特别在大型城市污水处理项目建设中（>20万 m³/d），是国内外广泛采用的城市污水处理工艺。

2、A/B 法

工艺特点

工艺的单元构成复杂
产生的污泥不稳定
污泥量大
建设投资比较多
处理成本高
运行管理复杂

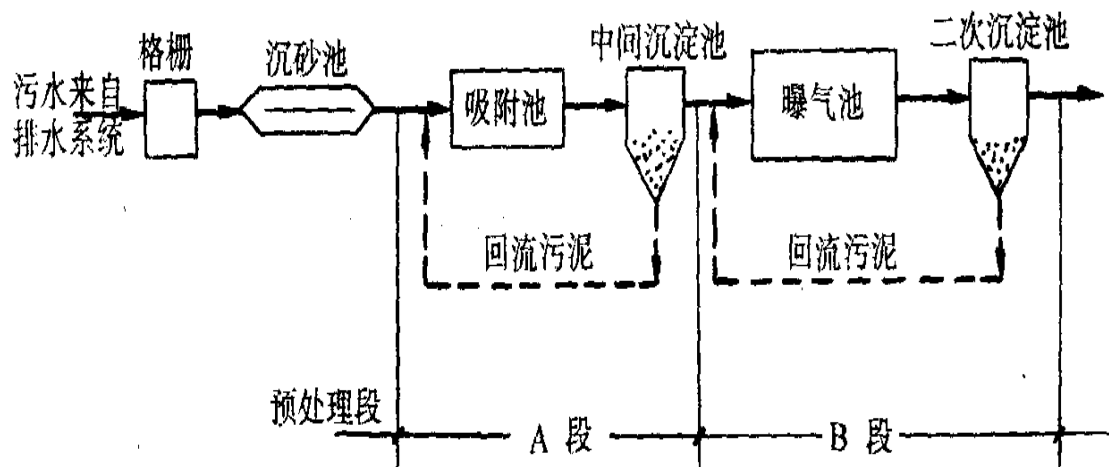
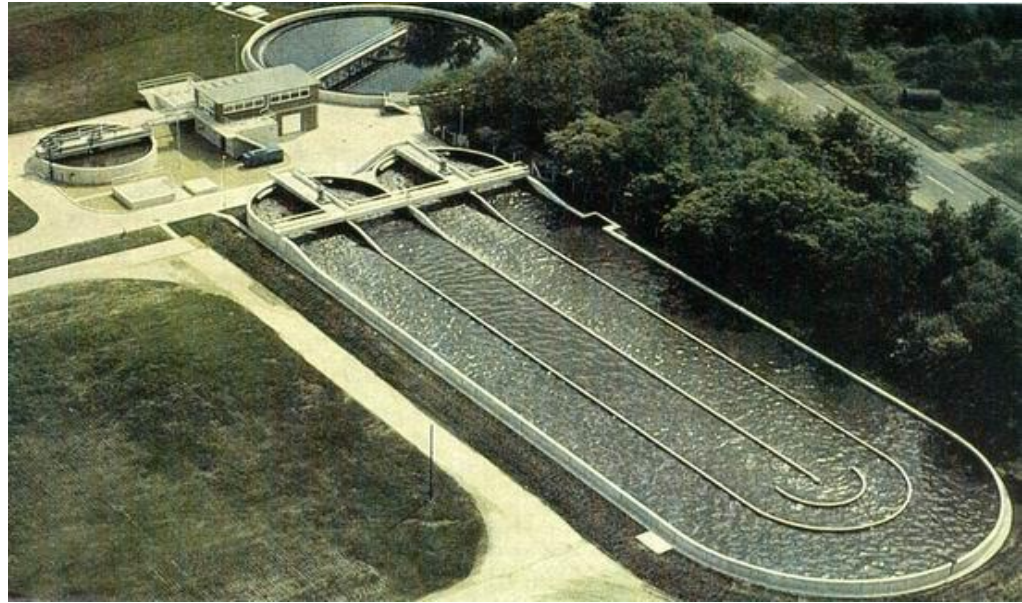


图 4-45 AB法污水处理工艺流程

3、氧化沟

工艺特点

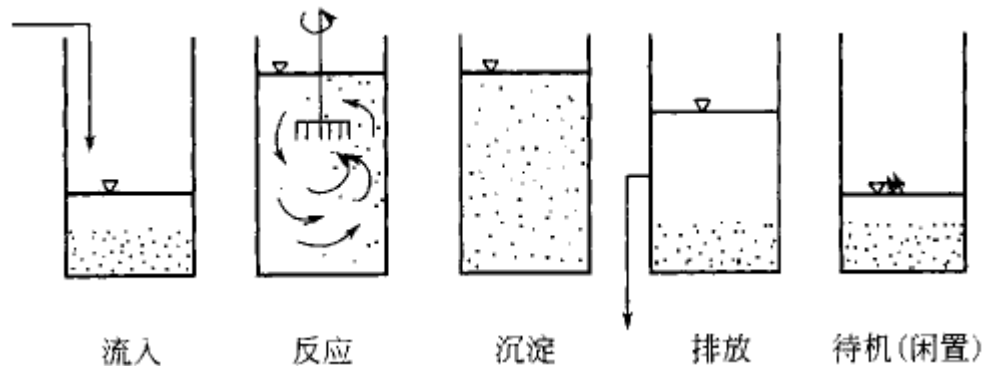
处理工艺及构筑物简单、有机物去除率较高、脱氮、除磷、综合指标较优、泥龄长、剩余污泥少且容易脱水、处理效果稳定，但负荷低、占地大、电耗大、运转费用偏高。



4、SBR

工艺特点

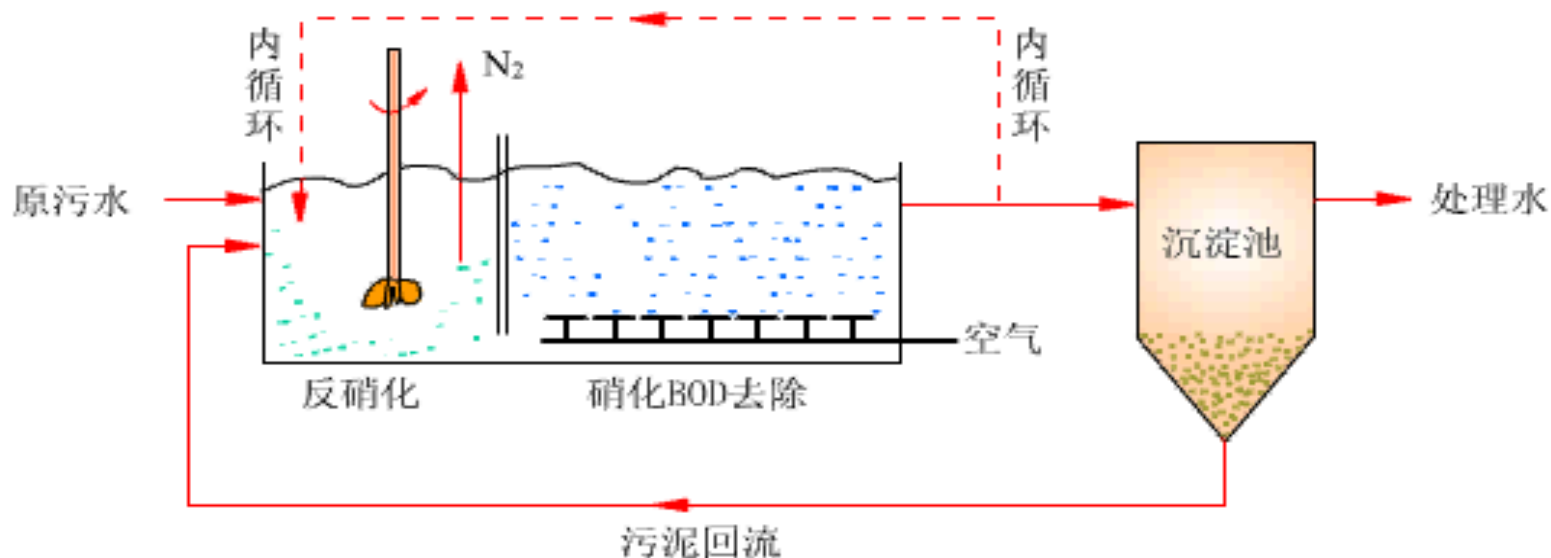
工艺简单，可省略二沉池和污泥回流设备，效率高，沉淀效果好，不易发生污泥膨胀，脱N除P，需要较大的调节池，设备闲置率高。



5、A-O法

工艺特点

- 前置反硝化—不加碳源, 外加碱度, 降低负荷
- 设内循环
- 产生碱度, $3.75\text{mg碱度}/\text{mgNO}_3\text{-N}$
- 勿需建后曝气池
- 回流水含有 $\text{NO}_3\text{-N}$ (沉淀池污泥反硝化生成)
- 要提高脱氮率, 要增加回流比



三、污水处理厂的升级改造要点及方式

我国对城镇污水处理厂的升级改造主要是针对以传统污水处理为核心的二级生物处理工艺，以达到新标准的排放要求，尤其是对氮磷的去除。改造的技术策略主要是在原有二级生物处理的基础上强化脱氮除磷，结合经典脱氮除磷工艺，改变运行状态和配套强化措施。

1、技改要点

1) 利用复合工艺改造

复合工艺是指在同一主反应区内，结合不同工艺的特点，协同完成对污染物的去除。

2) 利用联合工艺改造

联合工艺是指在不同的反应区各自完成对污染物的去除。在原工艺改造的基础上仍然不能稳定去除污染物，可考虑联合利用具有各自优势且相互影响的工艺去除污染物，完成工艺的升级改造。

3) 利用生物强化技术改造

生物强化技术对提高城市污水处理厂处理效果、耐冲击负荷能力及解决系统运行过程中出现的异常问题有其他方法无法比拟的优越性，采用生物强化技术强化原有工艺，以满足水质和水量的要求。

2、具体实施的技改内容

污水处理厂技术改造主要包括工艺改造、水力改造和设备改造。

1) 工艺改造

■ 调整活性污泥工艺

通过增加厌氧/缺氧处理过程、调整厌氧/好氧/缺氧的体积比、增设不同区域的污泥回流和混合液回流系统，将传统的活性污泥工艺改造为Bardenpho工艺、A/A/O工艺、改良A/A/O工艺、倒置A/A/O工艺等，同时达到脱氮除磷目的。

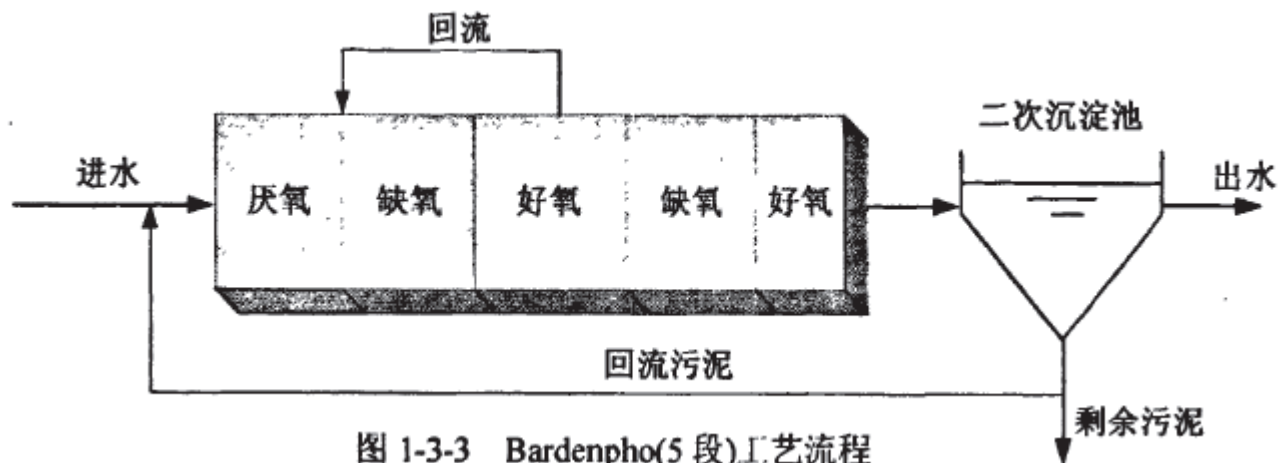


图 1-3-3 Bardenpho(5 段)工艺流程

- 采用活性污泥和生物膜复合工艺

充分发挥2个污泥系统的特点和优势。达到高效脱氮除磷的目的。

- 增加化学处理过程。

在沉淀池或污水处理反应池内投加金属盐和聚合物等化学药剂。通过化学反应和凝聚作用生成沉淀物以达到去除悬浮有机物和除磷的目的。

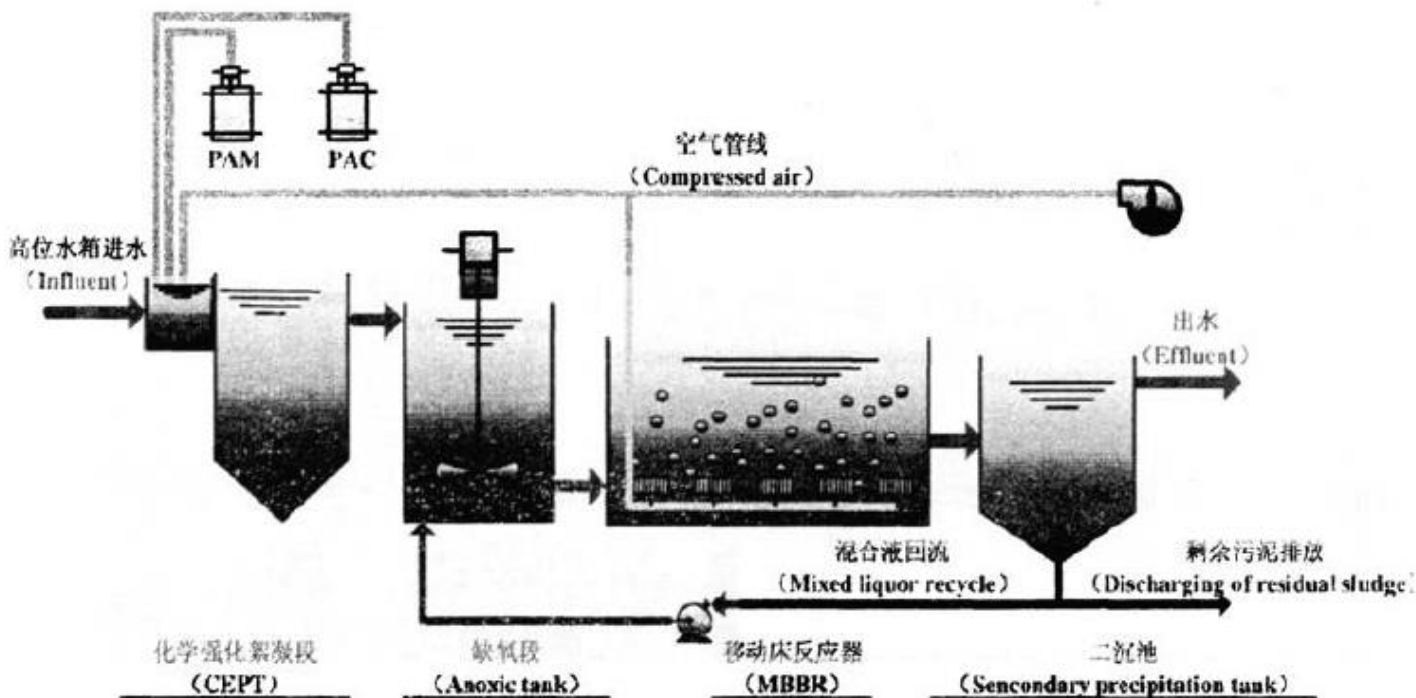
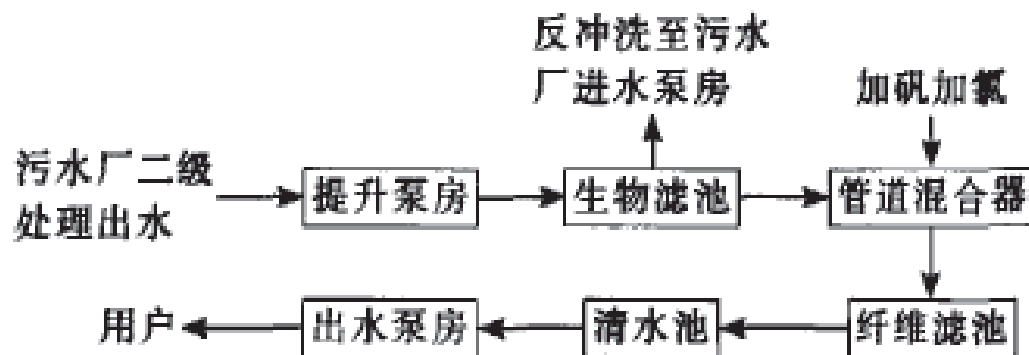


图 2-1-1 强化絮凝——流动床生物氧化处理工艺流程

■ 增加深度处理工艺。

应用新型过滤、吸附、混凝、沉淀、气浮和消毒工艺以及曝气生物滤池工艺、膜技术等以达到再生水的回用。

唐山市西郊污水处理二厂，为了解决唐山市的缺水问题，对其二级处理出水进行了再生水回用的改造扩建。



提升泵房和出水泵房均采用45 kW潜污泵4台；新建2座生物滤池，每座滤池内配置回流泵3台；新建高效纤维滤池，将滤池分为6格，双排布置，采用纤维滤料，反冲洗方式为气水反冲，布水布气采用ABS长柄滤头。

2) 设备改造

设备改造有助于污水处理厂安全稳定、节能降耗、能够挖掘出已建污水厂的处理潜力。具体措施主要有：

- ①采用更高效的水泵和变频设备，提高输水能力和效率；
- ②采用新型除砂系统，提高预处理的能力；
- ③采用更有效的鼓风控制系统和曝气设备，提高充氧能力；
- ④采用仪表、控制和自动化(ICA)实时监控和在线监测技术提高效率。

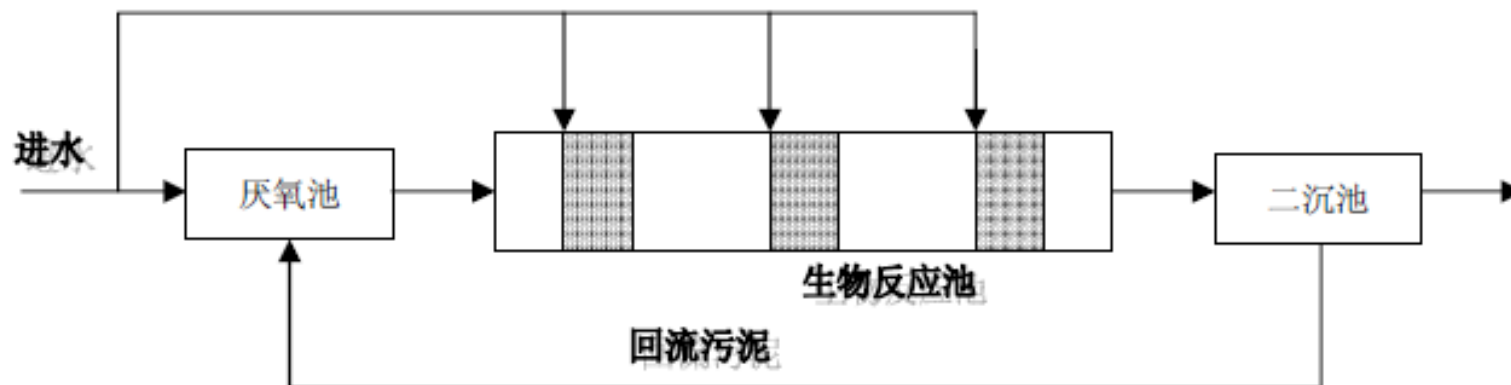
3) 水力改造

在污水厂实际改造过程中，水力改造通常贯穿于工艺改造和设备改造，作为工艺、设备改造的辅助手段。水力改造有助于改善流量分配不均、短流、死水区、密度流、射流和污泥流失等问题。具体的措施如下：

- ①保证流量分配均匀。使每组构筑物处理流量都能达到设计要求；
- ②防止水的溢流，解决由于流量变化，导致处理构筑物发生短流、沉淀物溢出等问题；
- ③沉淀池内挡板的合理设置，可以消能、均匀配水。提高沉淀效率。

- “分点进水”的工艺在污水厂升级改造中的应用

“分点进水”工艺是根据动力学负荷的理论、在阶段曝气活性污泥法的基础上进一步优化而得出的，工艺流程图：

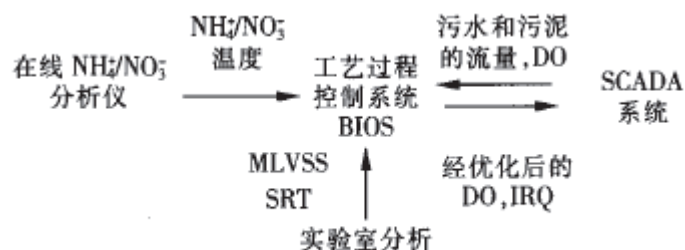
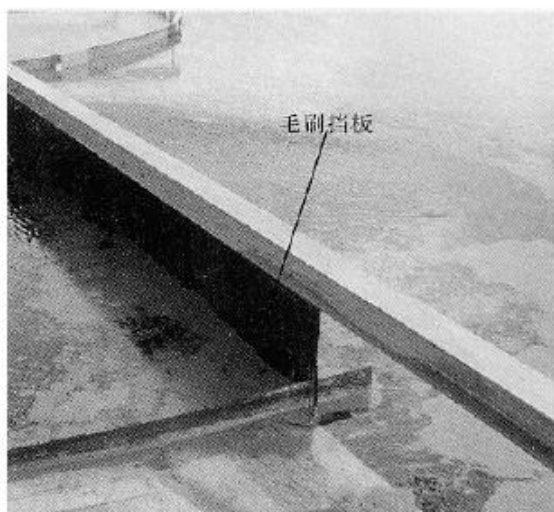


- 特点：
- (1) 工艺简单。
 - (2) 土地占用少，基建费用省。
 - (3) 短时高效，运行稳定，抗负荷能力强。

3、数学模型在污水处理厂升级改造中的应用

- 采用活性污泥模型作为手段研究城市污水处理厂脱氮除磷改造效果，其优点在于可以对多个方案的不同运行条件进行多次模拟。寻求最优效果下的运行控制参数。用于污水厂的改造实践，减少对污水厂正常运行的影响。

美国South Bermuda污水厂，应用国际水协的活性污泥模型ASM2D对各种处理工艺进行了模拟和比较，结果发现在只增加1座初沉池、1座与原二沉池同等尺寸的二沉池和相应的滤池，并将原调节池改造成生化反应池，应用Myratek公司开发的生物工艺智能优化控制系统(BIOS)后，即可满足扩容需要，为污水厂节省了大量改造资金。



BIOS 系统的操作示意图

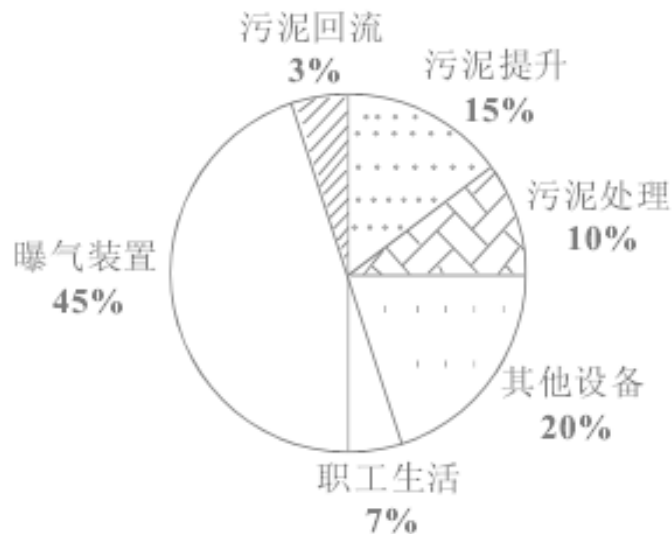
4 城市污水处理厂的节能减排



根据住房和城乡建设部统计数据，截止 2009 年底，全国城镇累计建成污水处理厂 1993 座，总处理能力已超过 1 亿 m³/d。面对未来严峻的“十二五”节能减排目标，许多污水处理厂面临和承担相应的节能减排任务。污水处理行业不仅要确保完成“十二五”的减排目标，还需结合本行业实际情况进行节能，以降低成本和提高行业竞争力。

一、污水处理厂耗能现状分析

污水处理厂能耗成本占污水处理厂运营维护成本的 40%-80%，主要集中在污水提升、曝气供氧、污泥输送与处理和混凝沉淀等部位。



污水处理厂能耗分布

二、污水处理厂节能减排实现途径分析

1、工艺的优选实现系统节能

污水处理工艺的选择在很大程度上决定了投资与运行成本，也决定了能耗与排放物量。因此选择的工艺必须具备技术先进、处理效率高且投资及运行成本低，同时能耗和排放物少，操作和维修简单的特点。

1) 一级处理工艺优选

一级处理投资少，能耗低，管理简单，可去除一定的有机物，故可通过强化沉降、分离、絮凝等工序，采用中和法，提高格栅和沉砂池效率等方法来强化一级处理，从而降低二级处理负荷和运行成本，达到系统节能目的。

表1 一级处理与强化一级处理效率比较

工艺	SS	BOD	TP	细菌
一级处理	50~60	25~40	10	—
强化一级处理	90	50~70	80~90	80~90

2) 二级处理工艺优选

(1) 考虑占地面积小，投资省的工艺：深井曝气活性污泥法系统、SBR

(2) 厌氧技术能减少产生污泥体积，这将降低污泥后续处理费用，此外厌氧处理无需曝气，不仅节能减排而且能回收能量故可加大力度突破厌氧技术处理速度慢、菌温等限制条件，可在条件允许时多尝试采用厌氧处理技术。

(3) 生物膜处理法中的各种工艺多易于维护管理，节省能源，动力费用低，去除单位质量 BOD 的能耗也少，故在污水处理厂的设计中可考虑采用生物膜法。

(4) 考虑脱氮除磷效率高的工艺，如倒置 A/A/O 工艺、CASS 工艺、An/O 工艺、同步硝化反硝化、短程硝化反硝化、厌氧氨氧化和反硝化除磷等。



图 2 An/O 工艺流程

表 2 短程硝化反硝化较全程硝化反硝化的优势

项目	节约供氧量	节约有机碳源	减少污泥量		投碱量	反应时间	容积
			硝化过程	反硝化过程			
比例	≈ 25%	≈ 40%	24%-33%	≈ 50%	减少	缩短	减少

2、 高效的装置实现设备节能

表 3 污水处理装置的节能措施

设备名称	节能措施
输送泵	<ul style="list-style-type: none"> (1) 精确计算流量 Q 确保泵运行时尽量在高效区间内; (2) 采用管道淹没出流代替堰口出水方式, 以降低跌水高度; (3) 选用水头损失小的管材来减少沿长和局部损失; (4) 利用自然地势, 实现污水自流或者利用自然落差补偿部分污水管路水头损失; (5) 采用可调速电机或多级变速电机驱动定速水泵, 从而避免电能的浪费^[12]; (6) 以粉碎技术为核心的全封闭埋地式污水泵站代替传统的污水泵站, 节约土地资源、能源^[6]
曝气装置	<ul style="list-style-type: none"> (1) 做到精确设计, 选用压力损失小的管材及局部构件, 避免不必要沿长和局部损失; (2) 选用微气泡空气扩散装置, 产生微小气泡使得气、液接触面大, 提高氧利用率, 其充氧效率见表 4; (3) 考虑在单侧设曝气装置, 在水流断面上形成旋转推流, 使得气、液接触充分, 以达到氧的高转移率; (4) 安装自动调节装置, 根据曝气池中的溶解氧浓度 (DO) 自动调节供气量^[13]; (5) 采用混合效率更高的潜水搅拌器等来替代曝气设备; (6) 使用方便、故障率低、节能效果明显的变频调速风机^[14-15]。
其余设备	<ul style="list-style-type: none"> (1) 对于混凝澄清设备、刮泥板、加氯机、紫外线消毒机、污泥压榨机和消化池等设备的选择和运行必须在精确的设计计算下进行, 以提高其工作效率及自动化程度; (2) 厂区安装节能灯, 以降低电耗; (3) 污水处理厂的屋面、池顶、空地可用于建设太阳能设备, 收集的太阳能用于加热污水、污泥, 厂区照明, 还可以用于发电^[16], 从而充分利用资源以减少能源需求, 减少 CO_2 排放。

表 4 各充氧设备充氧效率^[4] %

充氧设备	表曝机	穿孔管	水力剪切式	微孔曝气器	水力冲击式
效率	5~8	4~6	6~11	20~38	20~28

3、无害高效的药剂实现原料节能

水处理药剂包括絮凝剂、凝聚剂、阻垢剂、缓蚀剂、杀菌剂、清洗剂、消泡剂、脱色剂和离子交换树脂等，多为化学合成有机高分子体。

选择药剂的同时应考虑药剂的高效性，以使其减量化；考虑其无害性，以防止二次污染；考虑其廉价性，以降低运行成本。

推广使用新型污染少、安全性高的药剂。

药剂	存在问题
无机凝聚剂	(1) 增加处理液中的无机离子； (2) 铁盐类药剂不仅对设备具有很强的腐蚀性，而且残留的 Fe^{3+} 会影响出水的色度； (3) 处理含较多硫化物的工业废水时， Fe^{3+} 将会被还原为 Fe^{2+} ，生成带负电荷呈胶体状态的混合物，这将很难混凝沉淀。
有机絮凝剂	本身或溶解产物形成新的污染物，产生二次污染
生物絮凝剂	(1) 易于固液分离，形成沉淀物少； (2) 易被微生物降解，安全性高； (3) 无二次污染； (4) 适用范围广； (5) 具备除浊和脱色性能。

4、排放物的资源化实现产出物节能

污水处理厂的主要产出物为废渣、污泥、出水，其中废渣的产量较少。

废渣：直接将其铺路、制砖

污泥：

- 1) 将污泥集中进行厌氧消化，产甲烷发电后可供污水处理厂自身照明、鼓风、曝气，污泥脱水等机械使用；
- 2) 用于城市绿化花草的肥料；
- 3) 充分利用污泥中含有丰富的植物所需营养物质，改良矿区土地；
- 4) 制造活性炭，制纤维板

出水：

- 1) 冲洗机械设备、车间、道路和厂区绿化；
- 2) 用于发电厂冷却，城市绿化，景观用水，建筑洗车及冲厕；
- 3) 地下水回灌；
- 4) 用于污水灌溉农田。

5、管理模式创新实现管理节能

三、我国城市污水厂节能降耗的技术成果

- 1、全国城镇污水处理厂能耗特性分析与数据库构建
- 2、高氮消化液短程硝化及厌氧氨氧化技术
- 3、新型立体循环一体化氧化沟污水处理技术
- 4、低氧微膨胀节能技术与优化控制
- 5、以主要指标沿程变化规律控制污水处理厂运行的节能技术
- 6、高效稳定厌氧消化工艺与控制研究
- 7、高SS/BOD5比值城市污水处理系统节能降耗成套工艺技术
- 8、城镇污水处理厂节能降耗评价体系与运行指南