

# Experiment and Research on Domestic Sewage Reuse

Yiteng Zhou, Yuxin Qiu

Gaomi No.1 High School of Shandong Province, Gaomi Shandong  
Email: 475603987@qq.com

Received: Jan. 9<sup>th</sup>, 2020; accepted: Jan. 24<sup>th</sup>, 2020; published: Jan. 31<sup>st</sup>, 2020

---

## Abstract

There are a large number of small towns in China and their locations are unevenly distributed. Therefore, sewage treatment in small towns is a new strategic goal following sewage treatment in large and medium cities. Judging from the current development situation, in terms of sewage treatment in small and medium-sized cities, there is still a lack of sewage treatment technology and equipment suitable for China's actual national conditions, as well as lack of funds and management experience. In the context of economic development and accelerated urbanization, China's urban water consumption is also increasing, and the amount of sewage produced is also increasing. In the case of water shortage, wastewater recycling and reuse are particularly important. This article briefly explains the current status of urban sewage, sewage treatment methods and wastewater reuse measures, and hopes to promote the solution of China's wastewater reuse problems.

## Keywords

Small Towns, Sewage Discharge, Treatment Process, Reuse

---

# 生活污水再利用实验及研究

周驹腾, 邱玉新

山东省高密市第一中学, 山东 高密  
Email: 475603987@qq.com

收稿日期: 2020年1月9日; 录用日期: 2020年1月24日; 发布日期: 2020年1月31日

---

## 摘要

我国小城镇的数量众多, 且位置分布不均, 因此小城镇污水治理是继大中城市污水治理后的一个新的战

略目标。就目前的发展状况来看, 在中小城市污水处理方面, 尚缺乏适合我国实际国情的污水处理技术和设备, 也缺乏资金和管理经验。在经济发展和加速城镇化建设的背景下, 我国城市的用水量也在逐渐增加, 同时产生的污水量也呈现递增趋势。在水资源短缺的情况下, 污水回收再利用显得尤为重要, 本文针对城市生活污水的现状、污水处理的方法和污水再利用措施进行简单阐述, 希望对我国污水再利用问题的解决起到推动作用。

## 关键词

小城镇, 污水排放, 处理工艺, 再利用

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 前言

我国城市化进程的发展很快, 其中中小城镇的发展速度以及成果也较为突出, 但是与此同时也出现了一定的问题, 在我国 21,200 多个建制镇中, 没有污水处理设施的城镇数量巨大, 所占比例非常高。当前, 我国中小城镇的污水排放量已经达到了全国总量的二分之一以上, 并且在未来半个世纪的城镇化发展中, 中小城镇的污水排放量将会呈现数倍、数十倍的增长, 而这无疑将会导致我国水环境的恶化。由于大城市与各个小城镇的水系相互连通, 并且中小城镇一般处于水系中的上游地带, 这就意味着中小城镇的污水治理出现问题, 那么将会导致大城市污水处理工作难度的加大以及水环境质量的恶化。由此可见, 在改善我国当前以及未来水环境状况和解决我国水资源匮乏问题的过程中, 我国需要对大城市和中小城镇的城市污水处理问题进行综合治理。而由于在城镇化过程中, 大城市和中小城镇客观上存在多个方面的差异, 在经济发展水平、城市污水治理体系上有各自的特点, 所以需要针对中小城镇和大城市的城市污水治理的特点进行具体问题具体分析。

在当前的发展情况下, 我国中小城镇的污水处理存在着技术和设备缺乏、资金不足、管理经验匮乏的问题, 为了解决以上问题, 我国需要针对当前实际国情来寻找一条适合我国的污水处理工艺, 设计并掌握可以解决中小城镇污水处理问题的治理技术和处理技术。

## 2. 城镇污水排放处理现状

### 2.1. 污水水质分析

改革开放以来, 城乡差距缩小, 小城镇与城市之间的关系逐渐密切, 并且在地域组织和空间结构出现了“城乡衔接地带”, 这一“城乡衔接地带”主要为农业活动和非农业活动的农工混合地带以及非城非乡地带。在这一情况下的城镇污水成分也较为多样, 主要为生活污水和一定量的工业废水, 并且还存在着一定的畜牧和水产养植物污水和一定居民生活污水的情况存在。小城镇的污水水质以及成分与城市有着一定的差异, 二者之间具有不同, 且无类比性, 在参考上并没有太多的水质参考资料。

小城镇污水成分中, 生活污水是主要的成分, 主要占比为城镇污水的二分之一。在城镇污水中, 生活污水占比大的同时还存在着容易导致污水的时不均匀性和引起水质波动的问题。同时中小城镇中的企业的生产水平有限, 和大城市的生产水平相比较为落后, 使得排放的污水中污染物浓度高, 并且由于综合因素还导致了中小城镇的污水污染物含量和城市相比较为高。并且一些城镇地区的有机物浓度较低, 其

污水中氨氮的含量也较高,与此同时,中小城镇当前的排水系统仍然不健全,污水大多经由明渠排出,雨水和地下水渗入明渠,也会降低污水中的有机物浓度[1]。

## 2.2. 污水水量剖析

当前国内的小城镇人口数量在几千到五万之间不等,其每日排放的水量多为击败到几千立方米内不等,主要排放污水量多少污水成分和其城镇规模大小和其所在地区经济发展水平状况息息相关。

小城镇的污水水量的日变量系数变化较大,主要是由于小城镇的镇域面积小,排水干管短。在小城镇中,非农业人口占据了较大的比例,具有非常强的不稳定性和流动性的特点,非农业人口在一年中有着较大的变化和差异性,并且受生产季节需要影响,农忙季节和农闲季节之间有着非常明显的差异。

小城镇污水的排放高低峰值变化受居民生活习惯影响,高峰集中在早、中、晚的一定时间段中,而午夜则是污水排放量的低峰。此类情况受经济发展水平影响,在经济发达地区这种污水排放量高低峰值变化则不明显。

## 3. 城镇污水处理存在的问题

### 3.1. 对污水处理缺少认识

目前中国中小城镇发展速度快,在建设中有明显的进步,但是在发展过程中存在建设的不平衡性。这种不平衡性与城镇领导干部在工作中不正确的思想观念有关,主要表现为,在城镇建设中重视经济建设发展而忽视了环保工作;城镇建设主要流于表面,认为城镇建设是投入多产出少的福利性事业,而与整体城镇建设没有直接且密切的关系等等。

当前城镇建设中生活建筑和公用基础设施建设严重不足是其主要问题,小城镇建设受到了来自多方面客观因素的限制,主要因素如城镇规模、经济发展水平、产业结构等等方面。而由于城镇建设中遇到的问题,使得水资源缺乏保护机制,污染源排污失控,环境遭到了污染破坏后制约着当地经济的进一步发展,并且还由于城镇缺乏污水处理设施,小城镇遭受着污水污染的困扰,生存环境逐渐恶化的问题。

当前的小城镇建设的过程中,依赖着自然资源来发展经济,在环境保护、污水处理中投入少、治理力度不强,牺牲环境效益来获取经济下便宜,没有注重污水处理的安全和生态效应[2]。总之,许多乡镇领导对污水处理认识不足,缺乏必要的规划和资金投入,对水环境保护重视不够。

### 3.2. 污水处理方式较为简单

在我国环境保护上,环境治理状况往往和城市规模有着密切的联系,主要呈现着正相关的关系。大城市和小城镇相比较可以看出,大城市在环境保护上资金、管理、技术都比小城镇较为先进,并且大城市还有着更加完备的基础设施,可见,小城镇的环保难度较大城市来说非常大,环境治理上还有着更为艰巨的挑战[3]。

当前我国小城镇的污水处理设施落后,污水处理技术落后,污水处理效率不高,部分地区几乎为零,这也是导致我国水环境污染的主要原因之一。而在部分城镇虽然建有污水处理厂,但是在管理和维护中存在着难以解决的困难,运营上十分困难,缺少素质良好的操作和管理人员,在掌握和操作设备中面临着一定的困难,虽然有着污水处理的设备和技术,但是无法推进污水处理工作的进一步开展。

当前我国不少已经建成的污水处理厂受到经费限制而无法正常运行,和小城镇经济发展水平不符的建设费用和运行费用使得中小城镇无法承受污水处理工作的推行,于是需要降低操作需求以使得小城镇

污水处理厂正常运行、小城镇污水处理事业的不断推行和发展。

由此可见, 当前我国城镇急需“三低一少”技术来解决城镇的污水处理问题。“三低一少”技术主要是指低建设费用, 低运行管理费用以及低操作管理需求, 二次污染物排放少的新型城镇污水处理技术。

### 3.3. 旧的运行模式弊端明显

我国的污水处理厂主要是一种由政府部门承建和管理的“公共事业”模式, 这种模式具有明显的弊端。弊端之一是成本过高并且难以降低, 如我国南方某城镇的污水处理厂使用了国外的技术以及设备, 其价格是国内的五至六倍。并且政府部门官员出国考察还需要大量的花销, 这些费用使得污水运行费用从 0.3 元增加到了 0.6 元, 这也使得居民和企业身上的负担加重, 还容易弱化城镇环境投资, 而政府部门公布其存在亏损问题: 另一方面的弊端则是, 污水处理中的运行单位与多数的事业单位相似, 由政府财政拨款, 存在人员工作积极性不高, 人情关系充斥其中, 人员臃肿问题难以解决。

于此同时, 还需要看到排污企业内的管理污水处理模式也存在着一定问题。排污企业受到利润至上观念的驱使, 存在着污水处理停机偷排、污水超标排放的现象, 并且由于监管难度大的客观因素, 这类现象频频发生。

## 4. 污水处理再利用策略

### 4.1. 分散处理再利用措施

分散式污水处理当前主要用到的是生物膜技术, 此项技术可以提高单位反应器体积微生物浓度, 可以提高反应器的容积负荷, 增强了系统整体的抗冲击负荷能力和处理效果, 并且占地面积较之前更小。在工艺上, 由于该设备多样化程度高, 且处理工艺简单, 能更好地适应处理区域实际要求。在费用上, 分散式污水处理工程所需的投资小, 操作性高, 更容易实现, 而且在短时间内便可以见到成效, 同时也能为市政排水与污水处理厂减轻污水处理压力。

### 4.2. 集中处理再利用措施

以建立大中型污水处理回收再利用水厂的方式, 对整个城市的污水进行统一收集、处理和再利用, 一般再利用的水也是用于农业的灌溉、城市生态等方面。与分散方式比较, 集中回收能对污水进行统一处理, 更好实现水资源的循环利用。该方法的规模效益, 也让集中处理对场地和设备要求更高, 因此一次性投入也就更多, 但是处理厂单位水量投资与运行费用较低, 且可以大规模处理污水。城市污水的总量在不断增加的背景下, 选择集中式回收方法, 可以让污水处理的效率更高, 而且处理后的水质更稳定, 因此处理后的水用途范围也大。

### 4.3. 污水处理再利用方案分析

污水处理方法大致可以分为两大类: 物化法、生化法。其中生化法由于更经济、更环保的原因成为城市污水处理站污水处理的首选方法[4]。

判断是否能采用生化法处理污水, 需要研究以下几项重要指标。**BOD<sub>5</sub>/COD<sub>Cr</sub>**: 该比值是判定污水可生化性是否可行的最简便、最常用的方法。**BOD<sub>5</sub>/TN** (即 C/N): 该比值是判定能否有效生物脱氮的重要指标。比值越大, 反应越快。

**BOD<sub>5</sub>/TP**: 该比值是判别能否生物除磷的主要指标。比值越大, 除磷效果就越明显[5]。

根据进水水质预测, 该城镇污水处理站进水水质有关指标比值与判别标准比较表 1。

**Table 1.** Biochemical discrimination table of influent water quality  
**表 1.** 进水水质可生化判别表

序号	进水水质	指标	判别标准	判别结果
1	BOD <sub>5</sub> = 200 mg/L	BOD <sub>5</sub> /CODcr = 0.5	>0.45 时可生化性较好 >0.3 时可生化 <0.3 时较难生化 <0.25 时不易生化	满足较好生化反映的条件
2	CODcr = 400 mg/L	BOD <sub>5</sub> /TN = 5.0	≥3.0	满足条件
3	TN = 40 mg/L	BOD <sub>5</sub> /TP = 40	标准: ≥20	满足条件
4	TP = 5.0 mg/L			

由表 1 可以看出, 该城镇污水处理站的污水处理方法选用生化法是可行的。

根据预测的城镇污水进水水质, 该污水处理站需要对 BOD<sub>5</sub>、CODcr、SS 以及 NH<sub>3</sub>-N、TN、TP 进行不同程度的高效处理, 去除常规污染的同时增加脱氮除磷过程。根据《室外排水设计规范》(GB50014-2006)中污水处理站的处理效率, 将该城镇污水处理站要求的处理效率与之对比可得表 2。

**Table 2.** Comparison table of required efficiency and standard efficiency of sewage treatment stations in a city  
**表 2.** 某市污水处理站需要效率与规范效率比较表

处理级别	处理方法	主要工艺	SS、BOD <sub>5</sub> 去除率(%)			比较结果
			SS	BOD <sub>5</sub>	本次要求	
一级处理	沉淀法	沉淀(自然沉淀)	40~55	20~30		不满足要求
二级处理	生物膜法	初次沉淀、生物膜反应、二次沉淀	60~90	65~90	≥96%    ≥95%	接近要求
	活性污泥法	初次沉淀、活性污泥反应、二次沉淀	70~90	65~95		接近要求

上表数据反应出, 常规二级处理工艺能通过剩余污泥的排放, 有效地去除 BOD<sub>5</sub>、CODcr 和 SS, 但这种做法只能一定程度上去除氮和磷, 氮和磷的去除率均低于 20%, 达不到本工程要求的去除率。因此, 本工程需要采用污水的脱氮除磷工艺。具体重点处理指标确定了, 才能更准确的选择污水处理工艺。下面根据不同指标具体分析。

### 1) BOD<sub>5</sub>、CODcr

该城镇污水处理站出水 BOD<sub>5</sub> 要求浓度低于 10 mg/L, 相应的去除率 ≥ 95%。结合国内很多项目的实践证明, 常规二级处理工艺配合脱氮除磷过程, 对去除 BOD<sub>5</sub> 的效率可以达到 95% 以上, 因此, 可以满足该工程出水水质对 BOD<sub>5</sub> 的要求。BOD<sub>5</sub> 不是重点处理项目[6]。同时, 因为 CODcr 和 BOD<sub>5</sub> 去除过程基本同步, 且出水对 CODcr 要求不是很高, 所以 CODcr 不是重点处理项目。

### 2) SS

该城镇污水处理站出水 SS 要求浓度低于 10 mg/L, 相应的去除率 ≥ 96%。

常规的二级处理可以使出水 SS 浓度低于 20 mg/L, 却无法保证其低于 10 mg/L, 然而, 出水 SS 对出水水质中的 CODcr、BOD<sub>5</sub>、P 等有直接影响, 所以, SS 需重点处理。

### 3) NH<sub>3</sub>-N

该工程要求 NH<sub>3</sub>-N 出水浓度小于 5(8) mg/L, 不考虑有机氮等其他因素对进出水的影响, 要求去除率 ≥ 83(73)%。

污水处理通常通过硝化反应去除氨氮, 在同时存在氨氮的硝化过程及碳的氧化过程的单元中, 硝化过程因其速率明显慢于碳氧化过程, 影响着我们对好氧单元的设计。因此, NH<sub>3</sub>-N 需重点考虑。

## 4) TN

该工程对出水 TN 要求不是很高: 出水 TN 小于 15 mg/L, 去除率  $\geq 62.5\%$ 。污水处理中通过反硝化过程(缺氧阶段)来去除进水 TN, 影响缺氧单元的设计, 但不是重点处理项目。

## 5) TP

该工程要求 TP 出水浓度小于 0.5 mg/L, 去除率  $\geq 90\%$ 。

生化处理(结合脱氮除磷过程)后, 可以使出水中的磷含量接近 1 mg/L, 却无法保证其稳定处于 0.5 mg/L 之下。因此, TP 需重点处理。

综上所述得出, 出水水质中对处理率要求较高的为指标为 BOD<sub>5</sub>、SS、TP 以及 NH<sub>3</sub>-N。

## 1) 生物脱氮除磷工艺

该工艺主体是由三段式组成的, 具体为厌氧段 - 缺氧段 - 好氧段三阶段, 由厌氧 - 好氧(A/O)工艺上发展而来的生物脱氮除磷工艺。工艺流程图如图 1 所示。

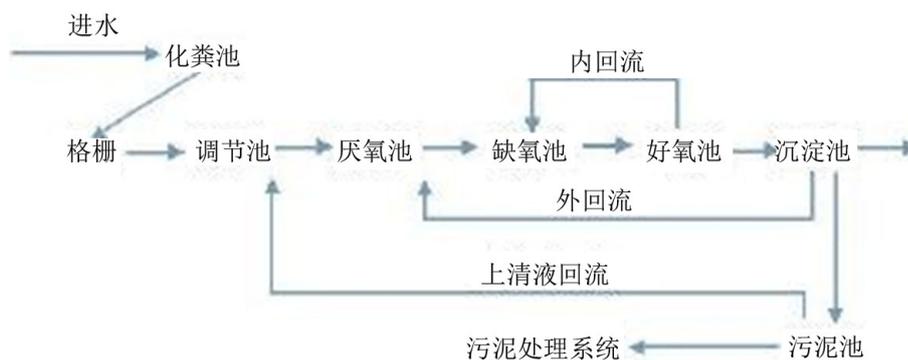


Figure 1. A<sup>2</sup>/O process flow chart

图 1. A<sup>2</sup>/O 工艺流程图

根据生物脱氮除磷的原理分析, 不论是 A<sup>2</sup>/O 还是氧化沟工艺, 其原理都是一样的, 都是由三段式组合起来的, 区别只是在顺序、构筑物具体操作特性、污泥停留时间等, 下面由 A<sup>2</sup>/O 工艺来具体说明。A<sup>2</sup>/O 工艺实质上是缺氧/好氧生物脱氮 + 厌氧/好氧生物除磷两种过程的有机组合。在三个池中, 分别发生不同的化学反应来完成脱氮除磷的功能。

厌氧池中, 完成磷的释放过程。由于聚磷菌的专性好氧性, 在厌氧条件下, 聚磷菌会受到抑制, 将体内的多聚磷酸盐分解, 以磷酸盐(PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>)的形式释放出来, 并生成大量能量来维持聚磷菌在厌氧条件下的正常代谢活动, 与此同时, 发酵菌将污水中的一些大分子有机物降解成小分子发酵产物, 聚磷菌依靠能量快速吸收降解这些小分子的有机产物, 并将其转化为 PHB 储存在菌体内, 此过程完成后, 磷的浓度达到最高, NH<sub>3</sub>-N 浓度降低。

缺氧池中, 完成脱氮除磷的反硝化过程。通过泵的运送我们将好氧池中大量含有硝酸盐(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)的混合液送到缺氧池, 在缺氧条件下, 反硝化细菌将硝酸盐(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)转化为氮气(N<sub>2</sub>)排到空中, 同时降解有机物, 此过程中, NH<sub>3</sub>-N 浓度下降, 起到脱氮作用, 充足的碳源(无机化合物)为该反应提供所需要的能量。最新研究表明, 缺氧池中还可以除磷, 反硝化聚磷菌(DNPAO)可以利用 O<sub>2</sub> 或者硝态氮(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)作为电子受体进行吸磷, 这个过程节省了碳源, 一定程度上缓解了基质竞争矛盾, 并且在一定程度上提高了脱氮除磷的效率, 根据这个原理, A<sup>2</sup>/O 又产生相应的改良工艺, 并已经得到广泛应用[7]。

好氧池中, 完成硝化反应和吸磷过程。好氧条件下, 硝化细菌将有机物中的有机氮先转化成氨氮(NH<sub>3</sub>-N), 最终转化成硝态氮(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), 反应过程要求在低污泥负荷下。同时, 聚磷菌分解菌体内储存的 PHB

产生能量完成代谢作用, 并过量吸收污水中的磷酸盐( $\text{PO}_4^{3-}$ )来合成多聚磷酸盐及其他有机物质, 再次储存在菌体内, 最终形成的污泥为高浓度含磷污泥, 随剩余污泥一起排出, 从而达到除磷的目的。

## 2) 氧化沟工艺

氧化沟实质上是延时曝气的活性污泥工艺, 是连续循环封闭的曝气池, 严格的讲氧化沟不属于专门的脱氮除磷工艺, 但是随着污水处理业的发展, 出现了一系列脱氮除磷技术和氧化沟工艺结合起来。氧化沟的反应池是连续环形首尾相接的闭合渠道, 污水在反应池中以该渠道进行连续循环, 宏观上看, 氧化沟可以看成是一个完全混合池, 污水同时进入池中参与反应, 但是由于其中的曝气装置并不是均匀的沿池长铺设到沟内的某一段, 因此有推流式的特征, 分为“曝气区”和“非曝气区”, 沟内会根据曝气情况、水流搅动情况、溶解氧的含量的实时变化状态, 同时为满足脱氮除磷所需, 形成厌氧、缺氧、好氧等化学条件来脱氮除磷以及处理污水中的各种有机污染物, 工艺流程图如图 2 所示。

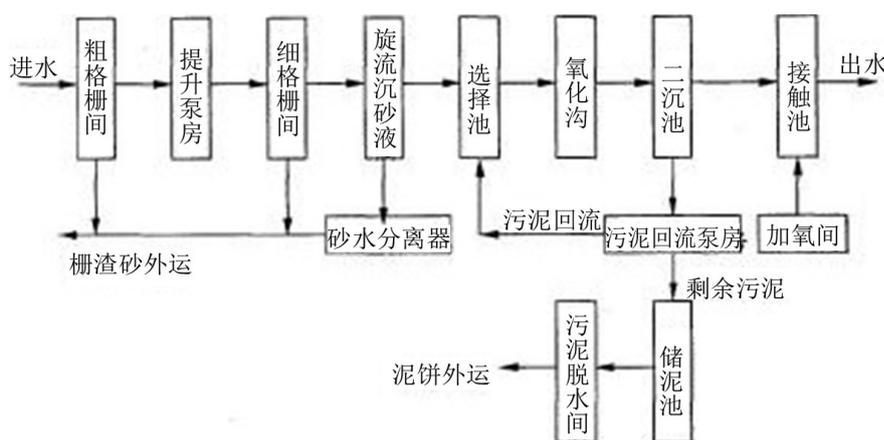


Figure 2. Oxidation ditch process flow chart  
图 2. 氧化沟工艺流程图

## 3) SBR及其改良工艺

我们把传统的序批式活性污泥法(又称“序列间歇式活性污泥法”)定义为 SBR 工艺, 该工艺从它特殊的发展史来看是个“既古老又年轻”的工艺, 该工艺是在一个反应器中分时段完成搅拌、曝气、沉淀的过程, 一个周期内形成厌氧、缺氧、好氧三个过程来进行污水处理, 它通过在运行上的间歇操作, 实现了对有机物的有效降解, 可通过不同数量的反应池组合控制连续进出水, 通过控制曝气量和溶氧量而灵活的处理不同程度的污水[8]。但由于池体容积并未完全得到利用, 故多用于中、小型污水处理厂, 多用于有机物浓度高的工业废水处理。其反应器运行过程为: 进水→曝气→沉淀→滗水→待机, SBR 工艺流程图如图 3 所示。

由于常规  $\text{A}^2/\text{O}$  工艺, 因污泥降解率低以及基质竞争矛盾等引起的工艺缺陷, 并不能满足该项目污水处理厂出水达到标准一级 A 的处理要求。结合实际工程要求, 为了提高脱氮除磷效率, 我们将厌氧池、缺氧池顺序变换, 即采用倒置  $\text{A}^2/\text{O}$  工艺为该城镇污水处理厂最终污水处理工艺。

## 5. 总结

经过以上分析, 本文得出以下结论:

- 1) 由于小城镇垃圾处理规模较小, 产生的垃圾渗滤液量少, 宜与小城镇污水合并处理。
- 2) 为了调节小城镇污水的水质水量, 在一级处理中, 设置调节池是必要的根据经济技术比较, 小城镇污水二级处理应优先选择生物膜法。生物接触氧化法与生物曝气滤池适宜处理小城镇污水。

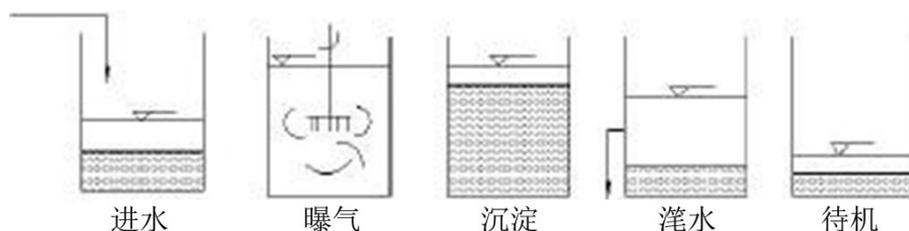


Figure 3. SBR process flow chart  
图 3. SBR 工艺流程图

3) 在具备一定条件下, 小城镇污水经一级处理后, 污水处理采用生物稳定塘或人工湿地系统, 实现生态化处理, 也是值得推广应用的技术。

## 致 谢

在论文即将完成之际, 首先向我的导师, 致以最衷心的感谢和最崇高的敬意! 从论文的选题、写作到最后的修改, 老师都倾注大量的心血, 进行了卓有成效的点拨和无微不至的指导。老师渊博的理论知识、严密的思维方式、严谨的治学态度让我受益匪浅。同时, 老师宽广的胸怀和平易近人的作风给我留下深刻的印象。这些都将成为宝贵的精神财富, 激励和指导着我不断前进。

其次感谢在本文撰写过程中帮助过我的许多同学, 最后感谢老师们四年来对我的辛勤培育和慷慨帮助, 在母校所获得的知识 and 财富令我终生受益!

## 参考文献

- [1] 陈明利, 吴晓芙, 陈永华, 等. 景观型人工湿地污水处理系统构建及植物脱氮效应研究[J]. 环境科学, 2010, 31(3): 660-666.
- [2] 城镇排水与污水处理步入法治化轨道——国务院法制办、住房城乡建设部负责人就《城镇排水与污水处理条例》答记者问[J]. 中国勘察设计, 2013(11): 12-13.
- [3] 戚浩文, 唐鸣华. 城镇污水处理设施的技术特点与研究[J]. 科技与企业, 2012(21): 130.
- [4] 周振, 唐建国, 张爱平, 等. 城镇污水处理厂强化硝化技术现状分析[J]. 中国给水排水, 2013, 29(20): 5-8.
- [5] 钟里卉. 基于公众满意度的城镇污水处理评价指标体系[J]. 消费导刊, 2012(12): 108-109.
- [6] 城镇排水与污水处理全国性规划年内出台[J]. 设备监理, 2013(6): 5.
- [7] 田华. 辽宁城镇污水处理现状、问题与对策[J]. 中国证券期货, 2012(12): 314.
- [8] 范忠祥. 城镇污水处理工艺探讨[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2013(22): 216.