

生物除磷的化学强化处理技术

黄卫东¹ 张鹏 冯生华

摘要: 本文介绍了一种新的化学强化生物除磷工艺, 与 Phostrip 侧流除磷工艺相比, 其优势在于所有污泥均经释磷和厌氧选择处理, 通过化学沉积释放的磷, 从而消除了污泥处置过程中产生的磷释放回到污水处理系统的问题; 所有回流污泥经厌氧选择处理, 含有较高浓度聚磷菌类微生物, 从而具有较高的除磷效率。按该工艺设计的系统正在实施。

关键词: 污水处理, 除磷, 化学沉淀, 厌氧选择, 磷释放

Cheically Enhanced Biological Phosphorus Removal Technology

Weidong Huang¹ Zhang Peng Feng Shenghua

Abstracts: A new kind of combined chemical precipitation and biological phosphorous removal process for wastewater treatment was introduced in the paper. Compared to phostrip process, the advantage is that all of sludge including all of recycle sludge has been selected in anaerobic tank and the phosphate has been released. Chemicals precipitated the phosphate released into the water. The phosphate released in sludge treatment will not be returned to wastewater treatment system in the process. The process has good efficiency in phosphorous removal. A design of the process has been implemented in Jiangsu.

Keywords: wastewater treatment, phosphorous removal, chemical precipitation, anaerobic selection, phosphate release

1. 前言

接纳污染物的水体, 会造成水体的富营养化, 即在光照等适宜条件下, 将使水体中藻类物质过量生长, 在此后的一系列生物活动中耗尽水体中氧, 造成水体质量恶化和生态环境破坏。藻类生长的限制因素是氮和磷。由于水体中固氮微生物能够利用空气中氮, 控制磷的含量是防止水体富营养化的主要手段。政府对污水排放标准中磷的含量的要求越来越严格。目前我国对排放污水中磷的含量的要求, 按接纳水体分为 0.5mg/l 和 1.0mg/l 两个等级。

化学除磷[1]和生物除磷[2,6]是除去污水中磷的两种主要方法。生物除磷是一种相对经济的除磷方法, 由于生物除磷工艺还不能保证稳定达到 0.5mg/l 的出水标准要求, 难以达到稳定的出水要求, 常常采用化学除磷措施来满足要求。本文介绍的化学强化除磷技术结合生物和化学除磷技术优点, 是一种能够满足严格的污水含磷排放标准要求, 又比较经济的先进技术。

化学除磷是通过化学沉析过程完成的, 通过向污水或污泥中投加金属盐, 它们与污水或污泥中溶解性磷酸盐等混合, 形成非溶解性物质, 从而与污水分离。使污水中磷减少, 达到化学除磷目的。

生物除磷是利用微生物增殖过程需要吸收磷, 并将磷转化为有机体, 成为活性污泥的组成部分, 随活性污泥一起沉降下来, 与污水分离, 实现生物除磷目的。通常活性污泥中微生物需磷量小, 需要通过厌氧环境选择性培养聚磷菌等高需磷微生物, 提高生物除磷效果。

¹ 高级工程师, 深圳中兴环境工程技术有限公司董事, 副总工程师
Shenzhen Zhong Xing Environmental Technology Co., Ltd.

2. 化学强化生物除磷原理

生物除磷工艺的除磷率，还有待提高。出水的含磷量往往达不到国家排放标准的一级或二级出水要求。通常人们在实施生物除磷工艺系统中，同时须加化学除磷技术。主要有前沉析工艺，即在生物除磷系统前如初沉池进水渠中加药。同步沉析工艺，将除磷药剂投回到生物除磷系统中二沉池或曝气池中，后沉析是在生物除磷系统后另设置化学除磷系统。其目的都是通过加药除磷提高除磷效果。降低出水中磷含量，使之达到国家排放标准。

上述方法的缺点是投药量大，污泥增殖量大，两个因数都使整个系统的运转费用有较大的增大。

Phostrip[3-5]工艺将部分回流污泥进行厌氧选择和释磷处理，一方面使污水生物处理系统处于聚磷菌类细菌占优势地位的除磷运行状态，另一方面减少了通过污泥回流回到污水生物系统的磷，使系统效率得到提高。

然而，在生物除磷系统中，人们往往忽略污泥处理系统中，特别是污泥浓缩时，存在厌氧环境，产生磷释放，释放的磷又回到污水中，从而使系统效率减小，使生物除磷效果下降。

本文介绍的化学强化生物除磷方法是在通常的二级生物污水处理系统中，设置污泥释磷池和化学除磷池，并设置化学加药系统。污泥释磷池具有厌氧环境，一方面使聚磷菌选择性增殖，使从污泥释磷池中回流到曝气生物池的回流污泥成为具有超量吸收磷的聚磷菌为主的菌群，使生物污水处理系统具有较高的除磷率，另一方面，促进了高含磷的污泥释放磷，防止了磷在生物污水处理系统中的释放；并兼具污泥浓缩作用，产生的上清液含有较高浓度的释放磷，将其转移到化学除磷池，通过加药除去其中磷。在进水磷浓度不高，依靠本文介绍的化学强化生物除磷系统，同时用释磷池中经厌氧选择和释磷处理的污泥取代生物污水处理系统中污泥回流，大大提高污水生物处理系统除磷效率，系统出水能够达到国家城市污水处理排放一级标准。上述工艺兼具侧流除磷 Phostrip，又在 Phostrip 工艺基础上最大限度减少了污泥处置过程中产生的磷释放回到污水处理系统问题。与在生物除磷系统中或前后加药除磷比较，投加的药量大大减少。

在除磷效率要求较高的处理系统中，设置本文所提出的在污泥处置系统中加药防止磷回到污水处理系统中，由于污泥量小，释磷浓度高，化学除磷效率高，能大大减小化学除磷系统投加的药量，减小污泥产生量，从而从两方面减少了系统运转费用。

本系统与 Phostrip 工艺优势在于：

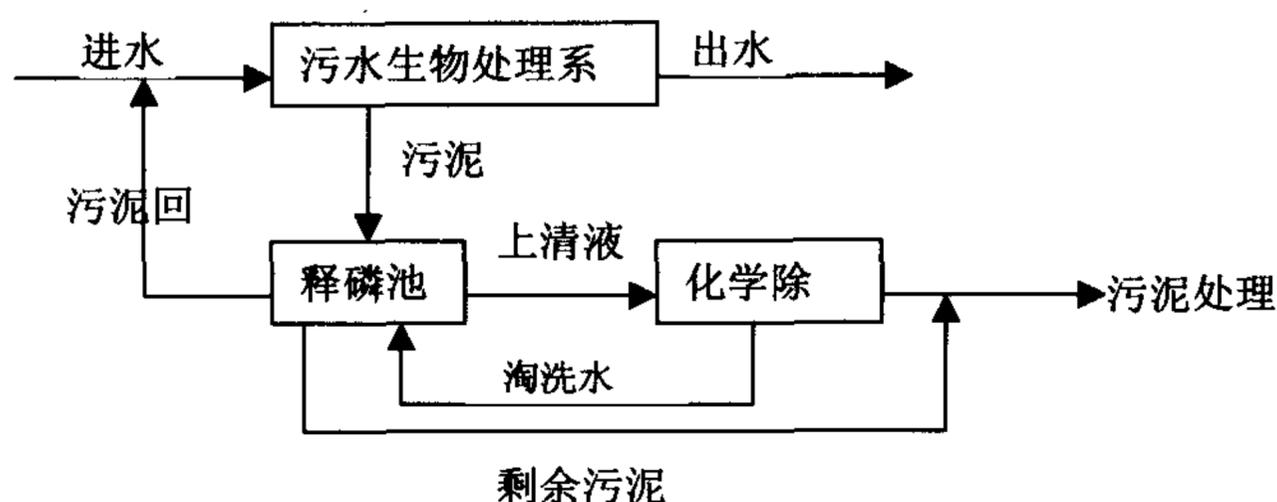
(1) Phostrip 只处理部分回流污泥的释磷问题，也不处理剩余污泥的释磷问题，而化学强化生物除磷工艺处理生化系统产生的全部污泥的释磷问题。

(2) Phostrip 回流污泥部分经过选择性厌氧处理，化学强化生物除磷工艺全部回流污泥均经选择性厌氧处理，使聚磷菌在活性污泥中含量比 Phostrip 工艺高，除磷效率大大提高。

3. 设计要点

系统的污水生物处理部分是通常的标准活性污泥法及其改良方法。如氧化沟等，其设计要点亦相似，可按硝化系统或硝化反硝化系统设计。工艺本身不影响活性污泥系统的泥龄或污泥负荷选择。

3.1 工艺流程:



3.2 释磷池设计

释磷池根据生化除磷系统的污泥排放量。所需固体停留时间，及进流和出流的污泥浓度确定。固体停留时间可设计为 5~20h，污水流量为释磷池进流量 50~80%，释放的磷量按 0.005~0.02kg 磷/kgVss 计算。

释磷池的设计标准主要是表面积。根据固体负荷和设定的固体通量确定。深度按最低容积需求和表面积求算。并需考虑调节污泥贮存量。

3.3 化学除磷池

设计依据是释磷池的上清液流量及设定的溢流率允许值。设计方法类似沉淀池，释磷池的上清液来自污泥浓缩释放的水和淘洗水。典型的溢流率设计值为 $2.0\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$

3.4 药剂投加量

化学除磷池投加的金属盐可以是钙盐、铁盐和铝盐。常用的有石灰($\text{Ca}(\text{OH})_2$)、硫酸铝($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)、铝酸钠(NaAlO_2)、三氯化铁(FeCl_3)、硫酸铁($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$)、硫酸亚铁(FeSO_4)、氯化亚铁(FeCl_2)、含铁的钢铁厂酸洗废液也可作为沉淀磷取盐的铁盐来源。投加量根据上清液特性和投加盐的化学性质来确定。

3.5 淘洗水来源

初沉出水，二沉出水及化学除磷池，上清液均可作淘洗水。释磷池运行效率的高低与淘洗水的水质有很大关系。一般说来，要求淘洗水中不能有硝酸盐存在。并尽可能不含溶解氧，硝酸盐和溶解氧的存在会导致释磷池出现有机物的降解，从而影响基质的发酵，除磷菌对这些有机物的同化和磷的释放。 BOD_5 的存在有助于释磷池的除磷，因此淘洗水的 BOD_5 浓度宜高不宜低。

3.6 应用实例

江苏镇江新区污水处理工程:

设计水量为 $10000\text{m}^3/\text{d}$ ，进水磷浓度为 $3\text{mg}/\text{l}$ ，出水为 $0.5\text{mg}/\text{l}$ ，污水二级处理按硝化反硝化设计，采用 SBR 工艺，污泥产生量为 1.047DT ，进泥浓度为 $7300\text{mg}/\text{l}$ ，进泥量为 $143.4\text{m}^3/\text{d}$ ，出泥浓度为 $2.7\text{mg}/\text{l}$ 。生物除磷效率按 66.7%，污泥含磷量为 $10000 \times 2.81\text{m}^3 / 143.4 = 139.5\text{mg}/\text{l}$ ，释磷量为 $0.015 \times 1047\text{Kg} = 15.7\text{kg}/\text{day}$ ，污泥除磷加药量为含 30% FeCl_3 约 $432\text{kg}/\text{day}$ (按 Fe:P 摩尔比 1:2)，释磷和化学除磷在同一池中进行。设两个反应池间歇运作。运作周期 24h。目前工程已在进行，预计明年初完工。

参考文献

1. 唐建国, 林洁梅, 化学除磷的设计计算, 给水排水, Vol26 No9 2000, P17-21
2. 郑兴灿, 李亚新编著, 污水除磷脱氮技术, 中国建筑工业出版社, 北京, 1998 年 11 月
3. Levin, G.V. and J. Shapiro, Metabolic uptake of phosphorus by organisms, JWPCF, 1965, 37:800
4. Bowker, R.P.G. and Stensel, H.D. 1987, Design Manual for Phosphorous removal, EPA-625/1-87/001, US EPA, Washington, D.C.
5. Kang, S.J. et al. 1988, Biological nitrification and denitrification in the Phostrip process. Paper presented at 61st. water pollut. Control fed. Conf., Dallas, Tex. USA.
6. Design of Municipal treatments plants, Water Environmental Federation and American Society of Civil Engineers, 4th ed. 1998.