

# Process Analysis of Upgrading and Reconstruction of Typical Oxidation Ditch Processes

Yuting Gao, Kaixuan Hao, Wenbing Chen

School of Municipal and Environmental Engineering, Shandong Jianzhu University, Ji'nan Shandong  
Email: [hygge\\_gao@126.com](mailto:hygge_gao@126.com)

Received: Mar. 5<sup>th</sup>, 2019; accepted: Mar. 21<sup>st</sup>, 2019; published: Mar. 28<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

At present, the construction of ecological civilization is constantly promoting in China. The discharge standard of wastewater treatment plant becomes more and more strict, and many wastewater treatment plants are facing upgrading and reconstruction. This paper introduced the current grim situation of domestic wastewater treatment plants, and the main problems faced by upgrading and reconstruction of the oxidation ditch process wastewater treatment plant were analyzed. The main technical measures for upgrading and reconstruction are summarized. Several examples of upgrading and reconstruction engineering of typical oxidation ditch process were illustrated to provide technical reference for the reconstruction of similar wastewater treatment plants.

## Keywords

Wastewater Treatment Plant, Oxidation Ditch, Nitrogen and Phosphorus Removal, Upgrading and Reconstruction, Project Cases

---

## 典型氧化沟工艺提标改造及工程案例

高玉婷, 郝凯旋, 陈文兵

山东建筑大学, 市政与环境工程学院, 山东 济南  
Email: [hygge\\_gao@126.com](mailto:hygge_gao@126.com)

收稿日期: 2019年3月5日; 录用日期: 2019年3月21日; 发布日期: 2019年3月28日

---

## 摘要

目前国家不断推进生态文明建设, 污水处理厂出水排放标准越来越严格, 众多污水处理厂面临提标改造。

本文介绍了当前国内污水处理厂面临的严峻形势,分析了氧化沟工艺污水处理厂提标改造面临的主要问题,归纳了提标改造的主要技术措施,并列举了几种典型氧化沟工艺的提标改造工程实例,为同类污水处理厂改造提供技术参考。

## 关键词

污水处理厂, 氧化沟, 脱氮除磷, 提标改造, 工程案例

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

## 1. 引言

污水处理厂是促进社会长远发展的重要基础设施,其出水可用于河湖补水、工业循环用水、农田灌溉以及市政杂用等,其建设和改造事关生态文明建设和人民群众切身利益。2015年国务院颁布的《水污染防治行动计划》(简称“水十条”)要求新建污水处理厂和敏感区域内现有城镇污水处理厂均执行一级A标准,另外各类地方性标准及各省市的治水政策对城镇污水处理厂出水排放提出了更高的要求,为确保排放目标的达成,实施提标改造势在必行[1]。

氧化沟是利用较长的生物固体停留时间充分去除可降解有机物的活性污泥工艺系统的一种变形[2],具有出水水质稳定、操作灵活、流程简单等诸多优点。20世纪80年代我国开始引进氧化沟工艺系统,90年代以后该工艺得到广泛应用。随着国家对排放标准要求的提高,许多建成时间较早的污水处理厂面临升级改造。据国家生态环保部最新统计数据,我国污水处理厂约有20%选用氧化沟工艺,在所有污水处理工艺中位居首位,因此氧化沟工艺污水处理厂的提标改造应予以高度重视。

## 2. 氧化沟工艺提标改造措施分析

污水处理厂提标改造的目标主要是满足从一级B标准或二级标准提高至一级A标准或地表水IV类水体标准。早期投产建成的氧化沟类污水处理厂可满足当时的设计排放标准,但不能达到现阶段排放标准要求,其原因可能涉及:①污水处理厂进水不稳定,以及难降解工业废水的排入,实际与设计水质差别较大,导致处理效果不稳定;②曝气设备充氧能力差,沟内不能达到设计溶解氧值,另外设备推流速度小,导致池底污泥沉积;③进水C/N比低,导致系统的脱氮除磷效果差;④TP、SS、TP难以进一步去除,北方地区冬天气温低,处理效果更不理想等等。

为解决以上问题,达到更高的排放标准,提标改造主要措施包括工艺参数优化、工艺改造和设备改造等[3]。首先应考虑工艺参数优化,如河南某污水厂[4]采用Carrousel氧化沟工艺,氧化沟内污泥膨胀且沉降性较差导致出水SS浓度较高,该污水处理厂通过对溶解氧等原工艺参数的优化,使得出水达到一级A标准。

当工艺参数优化无法满足需求时,就要对处理设施进行工艺改造或设备改造,提标改造技术路线包括优化预处理单元、改造生物处理单元、增加深度处理单元,具体可采取以下几方面的技术措施:①预处理单元:增设调节池以保证进水稳定;确保格栅和沉砂池正常运行等;②生物处理单元:在氧化沟前增建厌氧池[5]以及水解酸化池等;选用充氧效率高的曝气设备,可将表曝更换为底曝;增设氧化沟混合液内回流系统,并可对回流污泥曝气再生;好氧池中投加填料,形成泥膜共生系统[6]等;③深度处理单

元：新建混合絮凝池、反硝化滤池以及滤布滤池等；④ 必要时，投加碳源和化学除磷药剂。

### 3. 提标改造工程实例

自问世以来，氧化沟工艺演变出了许多变形工艺，典型的氧化沟工艺类型有 Orbal 氧化沟、交替工作式氧化沟、Carrousel 氧化沟等。选取采用这几类氧化沟工艺的污水处理厂提标改造工程实例，重点介绍污水处理单元改造工程(未讨论污泥处理单元)。

#### 3.1. Orbal 氧化沟

##### 1) 江苏某污水处理厂

该污水处理厂[7]处理规模为  $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ，分三期建设，采用 Orbal 氧化沟工艺。由于该厂临近太湖，为削减入湖氮磷营养物质而进行提标改造。为使出水水质满足一级 A 排放标准要求，在提标改造过程中：① 按 90% 的频率统计值确定进水水质以保证系统的正常运行；② 生物处理单元采用强化二级生物脱氮除磷处理工艺(BNR)，将中心岛改造为回流污泥曝气再生池，并调整再生池进水方式和曝气量；③ 深度处理工艺采用盘片式微过滤器，根据二沉池固体负荷的不同确定过滤器盘片孔径；④ 由于三期工程进水 SS 浓度远高于原设计值，为保证氧化沟系统进水稳定，预处理单元新建初沉池。三期改造后的工艺流程见图 1 (虚线框内为提标改造部分，下同)。

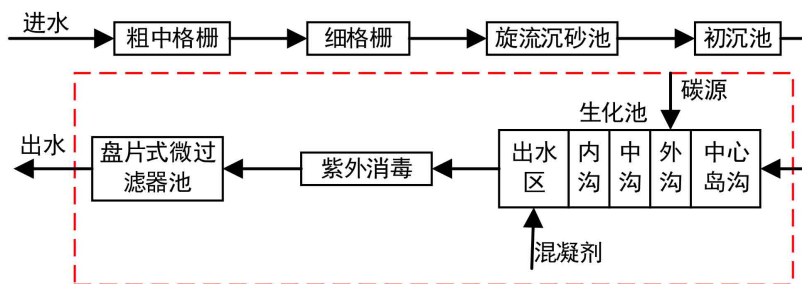


Figure 1. Flow chart of reconstruction process of a WWTP's phase III in Jiangsu Province

图 1. 江苏某污水处理厂三期提标改造工艺流程

##### 2) 山西某污水处理厂

该污水处理厂[8]设计规模为  $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ，由于进水中工业废水比重增大至近 40%，导致 COD、氨氮远高于设计值，且原有曝气机设备充氧能力差，为保证污水处理厂正常运行并达到更好的处理效果，从而实施提标改造，主要解决出水 TN、氨氮超标问题；改造完成后，出水水质由二级标准提高到一级 A 标准，工艺流程见图 2。

为获得更好的脱氮效果，提标改造措施包括：① 氧化沟曝气方式由表曝改为底曝，增设微孔曝气器，提高自身的硝化能力[9]；② 氧化沟内沟增设内回流泵，将混合液回流至外沟，系统反硝化能力增强；③ 深度处理单元采用混合絮凝池 + 反硝化深床滤池工艺，絮凝池内投加化学除磷药剂 PAC，反硝化深床滤池具有去除 TN、TP 和 SS 的功能。

##### 3) 陕西某污水处理厂

该污水处理厂[10][11]规模为  $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ，原出水水质为一级 B 标准，由于排放标准的提高，需要进行改造。经核算，该厂生物处理系统容积不能满足处理要求，但用地紧张，扩建困难。改造工艺为 MBBR 改良氧化沟 + 滤布滤池(如图 3 所示)，该工艺适用现状用地紧张、改造工期较短、工程投资较低的污水处理厂的改造工程。

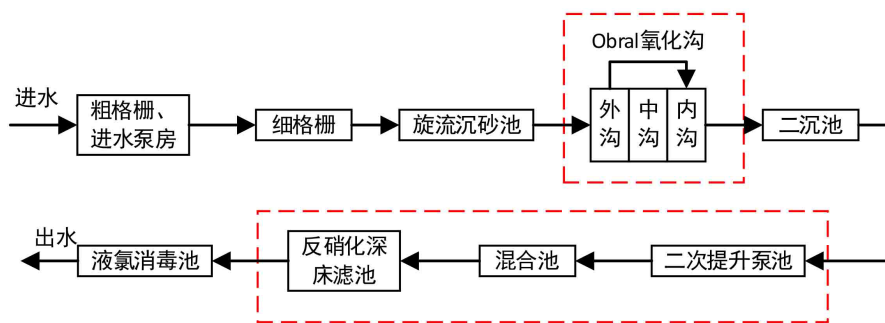


Figure 2. Flow chart of reconstruction process of a WWTP in Shanxi Province  
图 2. 山西某污水处理厂提标改造工艺流程

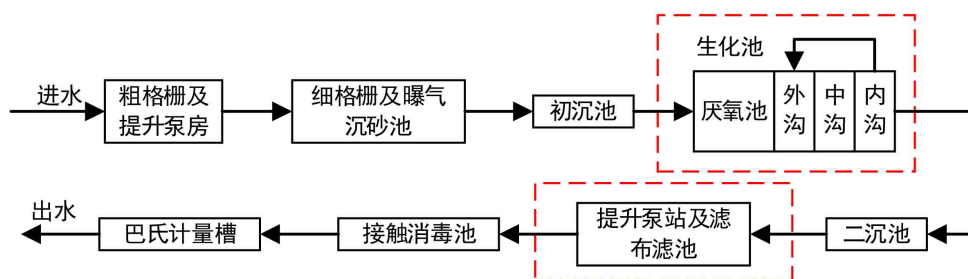


Figure 3. Flow chart of reconstruction process of a WWTP in Shaanxi Province  
图 3. 陕西某污水处理厂提标改造工艺流程

具体措施包括：① 将氧化沟内沟的曝气方式由表面转碟曝气改为底部微孔曝气，以改善充氧效果；② 内沟投加悬浮填料，按照 MBBR 工艺运行，提高系统处理效率以及氧利用率；③ 增设内回流泵，将内沟混合液回流至外沟，强化氧化沟脱氮效率；④ 深度处理系统新建滤布滤池，并辅以化学除磷。调试运行后，该厂出水稳定达到一级 A 标准。

### 3.2. Carrousel 氧化沟

#### 1) 河南某污水处理厂

该污水处理厂[12]出水排入河流，为进一步改善河流水质状况，要求出水达到一级 A 标准，故需要进行改造。经调查发现，该厂进水中工业废水量较大、含砂量较高，同时存在氮磷含量偏高、除磷效果差且不稳定等问题。

本次改造规模为  $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ，改造内容包括：① 预处理单元，改造除油沉砂池，设冲洗水管；② 生化处理单元，氧化沟前新建厌氧池，对有机物进行水解酸化，降低氧化沟工艺处理负荷率，在氧化沟中增设潜水推进器以及回流污泥和剩余污泥计量设备；③ 深度处理单元，增设高效沉淀池和活性砂过滤器。改造工艺见图 4。

#### 2) 安徽某污水处理厂

该污水处理厂[13]设计处理规模为  $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ，采用 Carrousel 2000 氧化沟工艺，实际进水中  $\text{BOD}_5$ 、TN 分别为  $85.8 \text{ mg/L}$ 、 $59 \text{ mg/L}$ ，属于低 C/N 比污水，原出水标准为一级 B。

鉴于缺少新建深度处理单元的场地，本次改造采用 ARP/SSH 生物处理工艺。ARP (Active Return Sludge Process)即回流活性污泥工艺，可以提高污泥浓度和活性生物量。SSH (Side Stream Hydrolysis)即侧流水解，后续工艺可利用厌氧污泥水解提供的碳源，且可同时达到除磷目的。回流污泥一部分回流至 ARP/SSH 池，其余回流至氧化沟。该工程改造量小，只需将原有厌氧池改建为 ARP/SSH 池，并增加紫

外消毒设备。出水可达一级 A 标准，改造后具体的工艺流程见图 5。我国有很大一部分污水处理厂进水 C/N 比低，ARP/SSH 工艺可减少外加碳源量，投资低，工程周期短，适合应用于此类污水处理厂改造。

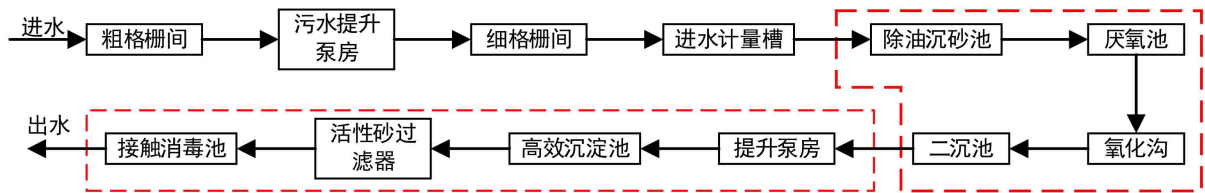


Figure 4. Flow chart of reconstruction process of a WWTP in Henan province

图 4. 河南某污水处理厂提标改造工艺流程

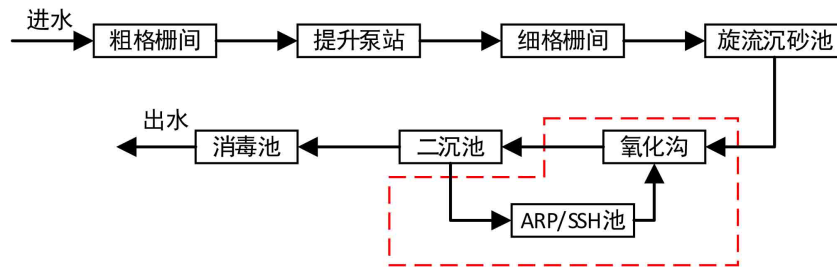


Figure 5. Flow chart of reconstruction process of a WWTP in Anhui province

图 5. 安徽某污水处理厂提标改造工艺流程

### 3.3. 交替式氧化沟

#### 1) 山东某污水处理厂

该污水处理厂[14][15]设计规模为  $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ，进水的 40%来自生活污水、60%来自工业废水；原工艺为双沟交替式氧化沟(DE 氧化沟)，原出水 TN、TP 平均值分别为  $20 \text{ mg/L}$ 、 $1.74 \text{ mg/L}$ ；为确保南水北调东线工程的通水安全，减轻排水对河流的污染，对该污水厂进行提标改造，改造工艺为  $\text{A}^2/\text{O}$  改良氧化沟 + V 型高效纤维滤池(详见图 6)，出水可达一级 A 标准。

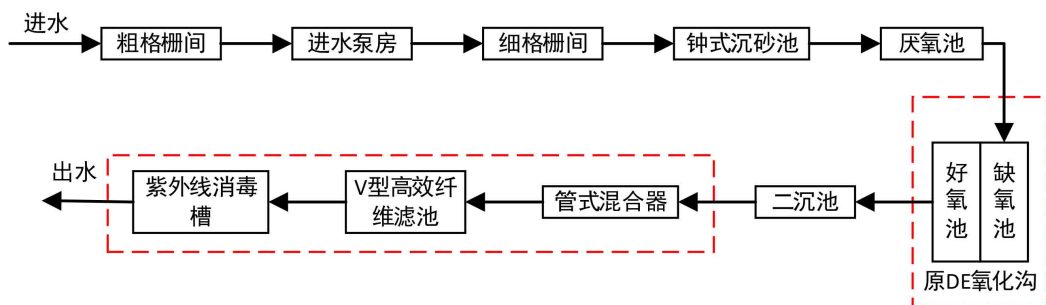


Figure 6. Flow chart of reconstruction process of a WWTP in Shandong province

图 6. 山东某水处理厂提标改造工艺流程

该厂现有厌氧池的池容偏小，污水停留时间短使得释磷不充分，出水 TP 不达标；转刷曝气机及出水可调节堰门设备老化，DE 氧化沟已无法按照双沟切换的设计方式运行，脱氮能力差。通过对提标改造方案的工程投资和预期效果比较，最终确定：① 利用  $\text{A}^2/\text{O}$  工艺的原理，通过增加导流墙、增设硝化液回流系统等措施，将双沟交替式氧化沟改造为  $\text{A}^2/\text{O}$  改良氧化沟；② 在好氧区的末端投加化学除磷药剂 PAS，提高 TP 去除率；③ 深度处理单元增设 V 型高效纤维滤池和紫外线消毒。

## 2) 江苏某污水处理厂

为满足市政府节能减排、削减地区水污染物的总目标要求,该污水处理厂[16]需要进行提标改造。该厂总处理规模为  $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,原采用三沟式氧化沟工艺,出水水质执行 GB 8978-1996 二级标准;由于进水受工业废水冲击,水质水量变化大,实际进水水质与设计水质差别较大,属于不宜进行生化处理的低 C/N 比水,原出水氮磷指标较高。

该厂提标改造的核心是进一步去除 SS、TN、TP。主要改造的内容有:① 预处理单元,拆除原有旋流沉砂池,新建曝气沉砂池;② 生化处理单元,新建水解酸化池以及二沉池,将原氧化沟工艺改造为分点进水 A<sup>2</sup>O 系统生化池,多点进水形成厌氧—好氧—缺氧—好氧工艺组合;③ 深度处理单元,新建纤维转盘滤池以及接触消毒池;④ 投加化学除磷药剂 PAC。改造后,出水水质达到一级 A 标准,改造后的工艺流程见图 7。

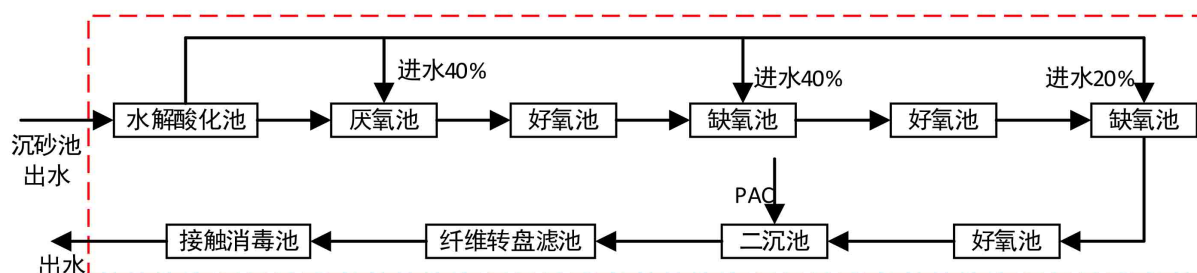


Figure 7. Flow chart of upgrading and reconstruction process of a WWTP in Jiangsu province

图 7. 江苏某污水处理厂提标改造工艺流程

## 4. 结语

提标改造方案的制定需从现状污水处理厂的整体出发,本着充分利用现状处理设施、施工期间不影响生产的原则[17],根据进水水质和出水标准,选择“投资少、技术优、效果好、能耗低”的工艺和方案;同时工艺的选择并不是简单地选择先进和新型的工艺,而应该充分考虑技术的可靠性、适用性和合理性;最后,要参考相似工程的经验,尽量在小试、中试的基础上确定最终工艺方案,确保改造效果与预期相符。

## 参考文献

- [1] Yang, Y., Peng, D., Wang, B. and Shi, L. (2015) Diagnosing and Analysis of Upgrading Program of Oxidation Ditch Process with Fine Bubble. *Chinese Journal of Environmental Engineering*, **9**, 1136-1140.
- [2] Shammas, N.K. and Wang, L.K. (2009) Oxidation Ditch. In: Wang, L.K., Pereira, N.C. and Hung, Y.T., Eds., *Biological Treatment Processes. Handbook of Environmental Engineering*, Vol. 8, Humana Press, Totowa, NJ, 513-538. [https://doi.org/10.1007/978-1-60327-156-1\\_12](https://doi.org/10.1007/978-1-60327-156-1_12)
- [3] 刘大中. 典型城市污水处理厂提标改造分析[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安建筑科技大学, 2013.
- [4] Huang, J.W., Zhang, J.X., Shi, W., et al. (2009) Upgrading and Reconstruction of Oxidation Ditch in Northern China. *China Water & Wastewater*, No. 4.
- [5] Groe, J.W.L. (2002) Addition of Anaerobic Tanks to an Oxidation Ditch System to Enhance Removal of Phosphorus from Wastewater. *Journal of Environmental Sciences (China)*, **14**, 245-249.
- [6] Assulin, N., Schwingle, T.A. and Arbel, T. (2009) Upgrade of an Oxidation Ditch Using Bio-Mass Carriers. *Proceedings of the Water Environment Federation*, 6965-6971. <https://doi.org/10.2175/193864709793957670>
- [7] 蒋岚岚, 张万里, 胡邦, 陈豪, 杨薇兰. 无锡市城北污水处理厂升级改造工艺设计[J]. *给水排水*, 2009, 35(6): 29-34.
- [8] 郭庆英, 李晶, 吴镛, 刘世泽. 奥贝尔氧化沟工艺提标改造设计技术要点[J]. *中国给水排水*, 2018(12): 86-89.

- [9] 颜秀勤, 张悦, 郑兴灿, 李成江. 奥贝尔氧化沟的工程应用性能研究[J]. 中国给水排水, 1999, 15(7): 14-17.
- [10] 石建会, 张雯, 郭渊. 西安市第三污水处理厂升级改造工程设计及运行效果[J]. 中国给水排水, 2015(22): 98-100.
- [11] 金鹏康, 史赛花, 王先宝, 等. 西安市某污水厂氧化沟工艺升级改造工程设计研究[J]. 中国给水排水, 2015(17): 92-94.
- [12] 周华来, 郭路伟, 何文源. 驻马店污水处理厂提标改造工程设计探讨[J]. 中国给水排水, 2016(6): 61-63.
- [13] 曹平, 王建西, 沈旺, 王冰. 淮南首创第一污水处理厂提标改造工艺设计[J]. 中国给水排水, 2015(20): 88-92.
- [14] 王永磊, 李军, 孙逊, 刘伟岩. 山东省某污水厂脱氮除磷工艺升级改造与运行[J]. 中国给水排水, 2012, 28(22): 121-124.
- [15] 孙逊, 卢玮, 焦文海, 杨红红, 孙林波. 光大水务(济南)有限公司二厂一级 A 提标改造工程设计[J]. 中国给水排水, 2012, 28(2): 52-55.
- [16] 韦帮森. 宿迁市城东污水处理厂提标改造工程设计[J]. 中国给水排水, 2016, 32(8): 51-54.
- [17] 韦帮森. 宿州市城南污水处理厂一期提标改造工程设计[J]. 中国给水排水, 2015, 31(6): 50-53.

#### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2332-8010, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>  
期刊邮箱: [wpt@hanspub.org](mailto:wpt@hanspub.org)