

Analysis and Comparison of three kinds of Typical Engineering Cases using Multistage AO process

Meng LI, Shunhe WANG, Shuqin GUO

Abstract

Currently, several projects in China have adopted various types of multi-stage AO processes. Three multi-stage AO engineering cases implemented in recent years were selected for comparative analysis, and the multi-stage AO process principles and design parameters of the three sewage treatment plants were introduced in detail. The differences and characteristics of each multi-stage AO derivative process were analyzed in detail from four aspects: pool capacity distribution, water distribution point, internal reflux design and sludge concentration.

Keywords

multi-stage AO process; five-stage Bardenpho process; two-stage AO process

三种典型多级AO工艺的分析与比较

李朦, 王舜和, 郭淑琴

天津市市政工程设计研究院 天津 300392

[摘 要] 目前国内已有数个工程采用了各种不同类型的多级AO工艺。选取三个近年来实施的多级AO工程案例进行对比分析, 详细介绍了这三个污水处理厂多级AO工艺原理及设计参数。从池容分配、配水点位、内回流设计和反应池混合液浓度四个方面详细分析各多级AO衍生工艺的区别和特点。

[关键词] 多级AO工艺; 五段Bardenpho工艺; 两级AO工艺

[DOI] 10.18686/gcjsfz.v1i4.1347

AO 工艺是一种典型的脱氮除磷工艺, 至今已有近 80 年的发展历史, 逐步形成了多种变形工艺, 近年来 AO 的衍生工艺多级 AO 工艺在国内外备受关注。目前国内已有数个工程采用了各种类型的多级 AO 工艺, 但详细比较下有较大不同, 下面选取天津沽污水处理厂、东营五六干合排污水处理厂和天津张贵庄污水处理厂一期工程三个典型工程, 对多级 AO 工艺的类型做进一步对比分析。

1 三种多级 AO 的工艺介绍

津沽污水处理厂于 2013 年建成并通水运行, 近期规模 55 万 m³/d。该污水处理厂出水执行《城镇污水处理厂污染

物排放标准》(GB18918-2002) 一级 A 标准。

东营市五六干合排污水处理厂于 2016 年建成并通水运行, 近期规模为 2.5 万 m³/d。该污水处理厂出水执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) 类 IV 类水标准。

张贵庄污水处理厂于 2012 年建成并通水运行, 建设规模为: 污水厂、再生水厂分别为远期 48 万 m³/d、15 万 m³/d, 一期规模 20 万 m³/d、6 万 m³/d。该污水厂出水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002) 一级 A 标准。各污水处理厂进出水水质如下表所示:

表 1 三个污水处理厂设计进出水水质
Tab.1 Design influent and effluent quality of three Sewage Treatment Plants mg/L

编号	项目		BOD	COD	SS	TN	NH3-N	TP
1	津沽污水处理厂	进水	250	500	360	70	50	8
		出水	10	50	10	15	5	0.5
2	五六干合排污水 处理厂	进水	180	400	220	50	40	5
		出水	6	30	5	10	1.5	0.3

3	张贵庄污水处理 厂一期	进水	300	500	400	70	55	8
		出水	10	50	10	15	5	0.5

1.1 津沽污水处理厂两级 AO 工艺

津沽污水处理厂采用“两级 AO 工艺+高效沉淀+深床过滤”为主体的污水处理工艺, 消毒采用紫外线消毒工艺。

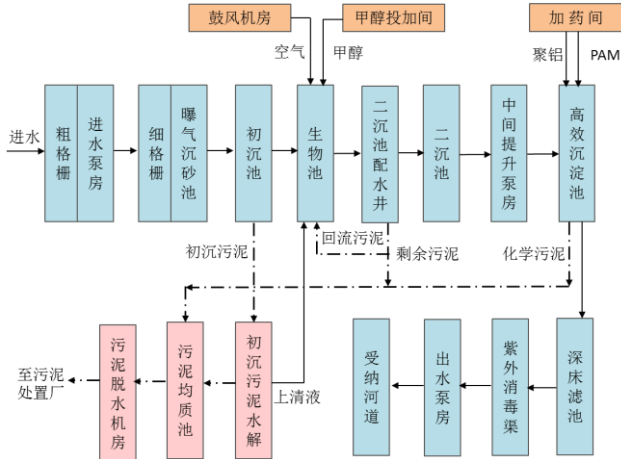


图 1 津沽污水处理厂工艺流程图[1,2]

Fig. 1 Process of JinGu Sewage Treatment Plant

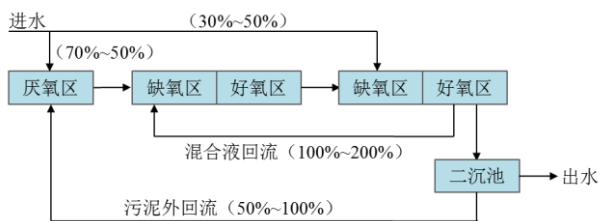


图 2 津沽污水处理厂两级 AO 工艺示意图

Fig.2 Flow chart of two-stage AO process

津沽污水处理厂采用两级 AO 工艺, 共由两级 A/O 脱氮系统组成, 在工艺最前段设置厌氧除磷段, 进水分两路分别进入厌氧段 (70%~50%) 和第二级缺氧段 (30%~50%), 第二级好氧段内回流至第一级缺氧段^[1]。

津沽污水处理厂总设计流量 55×104m³/d, 共设生物池 3 座, 每座 2 池。单座尺寸 192.5m×121.8m×8.2m, 有效水深 6.5m。总有效池容为 432427 m³, 单座有效池容为 144142 m³。内回流比最大为 200%, 外回流比最大 100%。进水分分配比例: 厌氧段 50%~70%可调, 第二缺氧段 50%~30%可调。总泥龄 16.6d, 其中厌氧段泥龄 1.34d, 设计平均日停留时间 19.2h。混合液悬浮固体浓度 3400mg/L^[2]。

1.2 东营五六干合排污水处理厂五段 Bardenpho 工艺

东营五六干合排污水处理厂采用“五段 Bardenpho 工艺+混凝沉淀池+反硝化滤池+浸没式超滤”为主体的污水处理工艺, 消毒采用紫外消毒工艺。

五六干合排污水处理厂采用五段 Bardenpho 工艺, 该工艺实际上也由两段 A/O 反应池组成。与前述的津沽污水厂两级 AO 工艺不同之处在于: 第一段 AO 池是一座完整的

AAO 工艺, 含有内回流系统。后面的 AO 池不进行配水, 也无内回流系统, 池容也远远小于第一级 AO 池。第二级缺氧段设置碳源投加点, 最后设置一小段好氧区用于去除系统残留的碳源, 保证 COD 的处理效果。

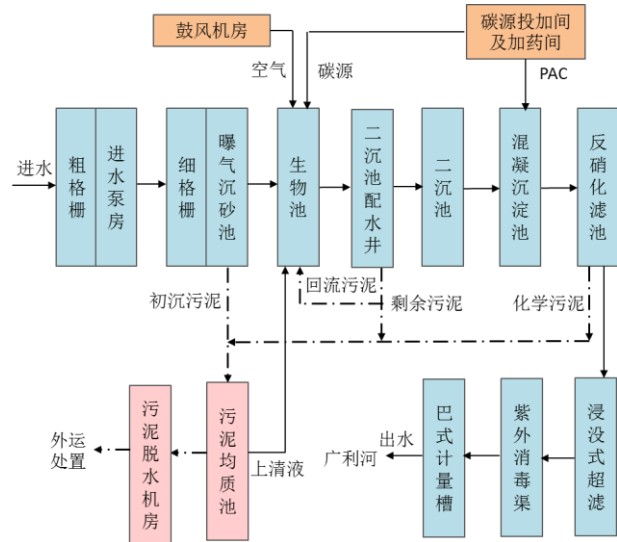


图 3 五六干合排污水处理厂工艺流程图

Fig. 3 Process of WuLiugan Sewage Treatment Plant

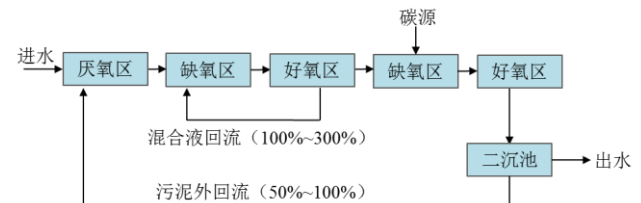


图 4 东营五六干合排污水处理水五段 Bardenpho 工艺示意图

Fig. 4 Flow chart of five-stage Bardenpho process

五六干合排污水处理厂设计规模 2.5 万吨/日, 共设生物池 1 座, 分为两个系列, 结构尺寸 L×H×B=66m×65.55m×7.5m, 有效水深 6.5m, 总有效池容 26675m³。污泥回流比最大 100%, 混合液回流比最大 300%。总泥龄 18.9d, 设计平均日停留时间 25.6h。混合液悬浮固体浓度 3200mg/L。

1.3 天津张贵庄污水处理厂一期工程高效多级 AO 工艺

张贵庄污水处理厂采用“高效多级 AO 反应池+机械混合絮凝池+斜板沉淀池+反硝化深床滤池”为主体的污水处理工艺。处理后的污水一部分通过出水泵房排放至东丽区河道水系, 一部分进入再生水处理系统。再生水处理采用双膜法+臭氧脱色, 消毒后由送水泵房送至用户。处理厂内产生的污泥经过机械浓缩脱水后进入厂内好氧发酵污泥处理中心, 处理后的污泥用于园林绿化。

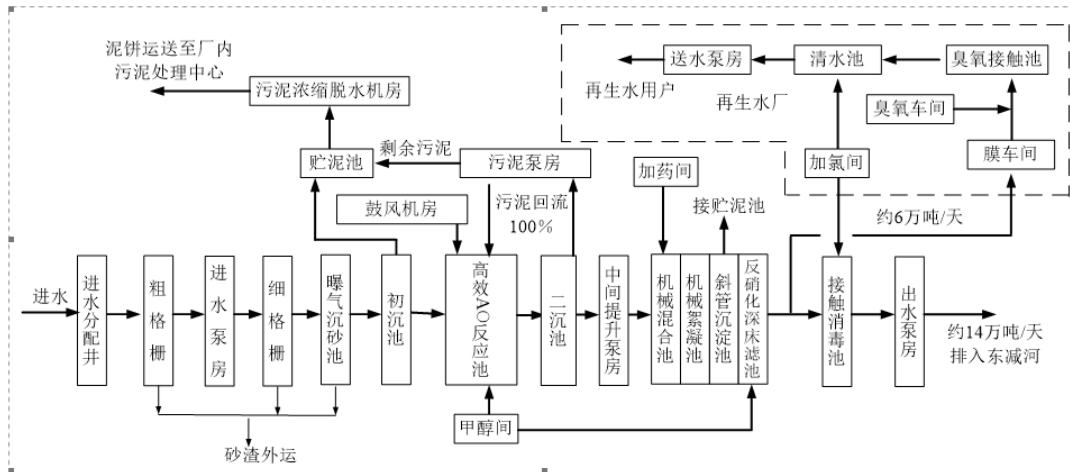


图 5 张贵庄污水处理厂流程图^[3]

Fig. 5 Process of ZhangGuizhuang Sewage Treatment Plant

张贵庄污水厂所采用的高效多级 AO 工艺又可分为“分点进水多级 AO 工艺”，是以 AO 理论为基础，但通过工艺配置优化了碳源的分配，提高了工艺的处理效率，适用于 TN 含量较高的污水处理^[3]。该工艺有多个串联 A/O 组成，进水按一定比例分配至各缺氧段，反应池混合液浓度逐级降低，理论上每段可实现完全硝化反硝化，无需设置内回流。

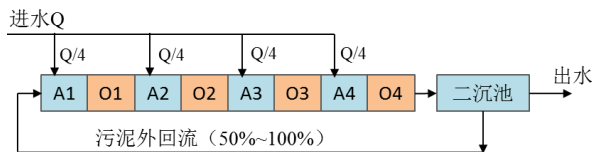


图 6 张贵庄污水处理厂高效多级 AO 工艺示意图

Fig. 6 Flow chart of efficient multi-stage AO process

张贵庄污水厂近期设计规模 20 万吨/日，共设 4 座生物池，单池尺寸 $L \times H = 104\text{m} \times 71\text{m}$ ，有效水深 6.3m。每座由四个连续的 AO 段组成，为提高 TN 保证率，每个 O 段的末端设内回流泵，常规运行状态下常闭。前三个 O 池末端设有一处机动池，可做为脱氧池使用，每个 A 段通过精确曝气系统及脱氧池的设置，可控制溶解氧在 1mg/L 以内。每两座池体联建并在中间设计 1 座管廊间，宽度为 6m，长度

为 104m。生物池进水方式由常用的渠道+可调节方式配水改为管道进水，在每级进水管处设计流量计和远控电动阀门，可实现进水量精确控制。工程设定的流量比例范围为：第一级 10~25%、第二级 25~40%、第三级 25~40%、第四级 10~25%，生物池设计污泥浓度起端为 6400mg/L ，末端为 4000mg/L ，设计停留时间 18h，泥龄为 15d^[4]。

2 三种多级 AO 的分析比较

以上介绍了至今为止国内三种多级 AO 工艺的基本情况，虽然名称均为多级 AO，实际设计细节却有较大不同。为便于讨论将上述工艺分别简称为两级 AO、五段 Bardenpho 和多级 AO 工艺。

2.1 池容分配设计不同

以上三种工艺由于计算原理的不同，导致设计池容的分配存在很大区别。两级 AO 工艺采用的两组 AO 池基本具有相同的设计容积，容积比约为 55%: 45%；而五段 Bardenpho 工艺第一组 AO 池即为多模式 AAO 工艺，完全按进出水水质要求设计，后面新增的一组 AO 池主要作为碳源投加点使用，因此设计容积远低于第一组 AO 池，容积比约为 82%: 18%；多级 AO 工艺四组生物池容积各不相同，容积比约为 21%: 21%: 25%: 33%，从前端到后端池容逐步增加。对于各工艺设计进出水水质和设计总停留时间对比如下：

表 2 各工艺设计进出水水质和设计总停留时间对比

Tab.2 Compartison of design water quality and HRT of each process mg/L

项目	津沽污水厂 两级 AO 工艺	东营五六干合排污水厂 五段 Bardenpho 工艺	张贵庄污水厂一期 多级 AO 工艺
与池容计算有关的设计水质	BOD 250mg/L COD 500mg/L TN 70mg/L	BOD 180mg/L COD 400mg/L TN 50mg/L	BOD 300mg/L COD 500mg/L TN 70mg/L
设计出水水质	国标一级 A 标准	类 IV 类水标准	国标一级 A 标准
设计平均日总停留时间	19.2h	25.6h	18h

从上述数据可以定性的对比出，五六干合排污水厂设计出水标准最高，对出水总氮保证率要求最高。采用五段 Bardenpho 工艺，最后一段 AO 池容并未承担处理原污水的任务，而是作为新增容积，外加碳源对 TN 做进一步处理，

因此设计池容最大。Bardenpho 工艺对出水总氮的保证率最高^[6]，但无论建设投资还是运行成本都高于其他两种工艺。

张贵庄污水厂进水水质比津沽污水厂略低，两厂设计出水水质相同，但张贵庄污水厂设计总停留时间却比津沽污水

厂低约 1h。多级 AO 工艺的设计池容最低,这是由于多级 AO 分段进水,反应池的平均混合液浓度最高,处理同样的污水所需池容最小。多级 AO 工艺的反硝化率与级数成正比,级数越多反硝化率越高[6],但是多级 AO 对自控的要求较高。

2.2 配水点的不同

从上述三种 AO 工艺示意图的对比可见,五段 Bardenpho 工艺在二段缺氧池未设置配水点,而两级 AO 工艺在二段缺氧区设置了 30%至 50%的配水点,多级 AO 工艺则在四段缺氧区均设置了配水点位。从直观上讲,缺氧区配水点位的设置目的就是尽可能利用污水中原有的碳源进行反硝化处理。多级 AO 工艺各缺氧段均设置进水点,更能充分利用污水中的碳源,而 Bardenpho 工艺对碳源的利用率最低。

2.3 内回流设计的不同

根据工程设计资料,两级 AO 工艺内回流比为 300%,最大内回流比为 400%;五段 Bardenpho 工艺第一级内回流比为 300%;多级 AO 工艺末端内回流比为 100%。理论上讲,多级 AO 工艺在每段均完全硝化、反硝化,无需内回流,末端内回流可提高出水总氮的保证率,正常运行时不开启。多级 AO 工艺对碳源利用率最高,设计内回流比最低,能耗最低[6]。

2.4 反应池混合液的不同

虽然外回流点相同,但生物池的混合液有很大不同,其中两级 AO 工艺和五段 Bardenpho 工艺池内混合液浓度是均一的,多级 AO 则完全不同。由于多级 AO 污水分点进入反应池使反应池混合液浓度逐级降低,反应池的平均污泥浓度高于其他两种工艺,因此,设计池容小、停留时间最短。且最后一级的混合液浓度在外回流和二沉池底泥浓度相同的

情况下,两级 AO 工艺和五段 Bardenpho 工艺的均一化浓度相同。

3 总结

由于多级 AO 工艺刚刚兴起,各设计单位也在探索多级 AO 工艺的设计方法,因此以上列举了三种设计方案,虽然都称为多级 AO,实际还是有较大区别。从总体看,两级 AO、五段 Bardenpho 和多级 AO 工艺的主要区别在于池容分配、配水点位、进水比例分配、内回流设计和反应池混合液浓度设计等方面,这也是造成以上三种工艺巨大设计差异的最重要的因素。

参考文献:

- [1] 刘龙志.津沽污水处理厂工程工艺设计介绍[C].中国土木工程学会水工业分会全国排水委员会 2014 年年会论文集.2014:218-224.
- [2] 李伟,李玉庆,张,等.天津市某大型污水处理工程设计特点[J].中国给水排水,2012,28(14):51-54.
- [3] 王舜和,郭淑琴.天津市张贵庄污水处理及再生利用一期工程设计[J].中国给水排水,2013,(8):52-55,59.
- [4] 王舜和,李滕,郭淑琴.张贵庄污水处理厂分段进水多级 AO 工艺的设计与运行[J].中国给水排水,2018,34(12):53-56.
- [5] 王舜和,李滕,郭淑琴.多级 AO 与多模式 AAO 工艺在污水厂的应用对比[J].中国给水排水,2018,34(10):48-51,57.
- [6] 刘长荣,李红,常建一.分点进水多级 A/O 污水处理工艺设计计算探讨[J].给水排水,2011,(37):9-13.

作者简介:

李滕(1989.4-),女,天津人,硕士研究生,工程师,主要从事给排水设计。

稿件信息:

收稿日期:2019 年 8 月 8 日;录用日期:2019 年 8 月 20 日;发布日期:2019 年 8 月 28 日

文章引文:李滕,王舜和,郭淑琴.三种典型多级 AO 工艺的分析与比较[J].工程技术与发展.2019,1(4).

<http://dx.doi.org/10.18686/gcjsfz.v1i4>.

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 例如:ISSN: 2661-3506/2661-3492,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://cn.usp-pl.com/index.php/gcjsfz/login> 期刊邮箱: xueshu@usp-pl.com