

烟台套子湾污水处理厂(一期)一级 A 升级改造工程

秦桂海

(烟台市城市排水管理处, 山东 烟台 264000)

摘要: 烟台套子湾污水处理厂一期工程的二级处理设计规模为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 分别采用 AO 池型的 MBBR 工艺(原一期 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)及改良 AAO 工艺(一期扩建的 $16 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$), 目前总出水水质完全达到一级 B 标准。若将出水标准提高到一级 A, 不额外征地, 需要采取的改造措施有: 原一期 MBBR 池填料更换为比表面积更大的填料, 进而增加生物量, 缺氧池(A 池)补充碳源, O 池增加曝气量; 一期扩建的 AAO 池提高污泥浓度、增加鼓风机台数, 缺氧池补充碳源, 低温时将厌氧池改为缺氧池运行。两部分的二级处理水统一进到高效沉淀池、纤维滤池、紫外消毒等深度处理部分, 当出水中溶解性 COD 较高时在高效沉淀池之前投加适量的粉末活性炭进行吸附。目前该项目正在实施过程中, 可为类似污水处理厂升级改造提供设计参考。

关键词: 污水处理厂; 升级改造; 改良 AAO 工艺; MBBR; 高效沉淀池; 纤维滤池

中图分类号: TU992 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)10-0082-05

Upgrade for Meeting the First-level A Standard of Phase I of Yantai Taoziwan WWTP

QIN Gui-hai

(Yantai City Urban Drainage Management Office, Yantai 264000, China)

Abstract: The first phase of Yantai Taoziwan WWTP has a design scale of $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, including $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ of AO-MBBR process and $16 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ of modified AAO process. Currently, the effluent can fully meet the first-level B standard. In order to upgrade the project to meet first-level A standard without additional occupation land, the original fillers was replaced by fillers with larger surface area in MBBR to increase biomass, carbon source was added to anoxic tank, aeration rate was increased in aeration tank. Besides, the sludge concentration and number of blowers were increased, carbon source was added to anoxic tank, and the anaerobic tank worked as anoxic tank at low temperature in AAO process. Then both the two-stage effluents enter the high-efficient sedimentation tank, fiber filter and ultraviolet disinfection. When effluent COD is relatively high, appropriate amount of powdered activated carbon was added for adsorption and removal before the high-efficiency sedimentation tank. At present, the project is being implemented and can achieve the desired results, thus it can provide experience of upgrade projects for similar WWTPs.

Key words: wastewater treatment plant; upgrade; modified AAO process; MBBR; efficient sedimentation tank; fiber filter

1 工程背景

烟台套子湾污水处理厂位于芝罘区套子湾南岸处, 分两期建设, 其中一期二级处理规模为 20×10^4

m^3/d , 出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 B 标准。一期工程在升级改造前进行了两阶段建设, 第一阶段于 1994 年

开工建设,1998 年 10 月投入运行,一级处理能力为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,二级生物处理及深度处理规模为 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,采用 AO 池型的 MBBR 工艺,污水经过深度处理后回用至电厂等;第二阶段(二级扩建工程)于 2007 年开工建设,2008 年 8 月建成投入运行,是在一期一级处理的基础上进行升级改造,扩建 $16 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的二级处理能力,采用改良 AAO 工艺,出水水质执行一级 B 标准。全部出水经 3.4 km 的加压管道、923 m 的穿山隧道及 650 m 海底管道排放到芝罘岛外海的排污混合区。目前一期工程二级出水水质完全达到了一级 B 标准,对改善烟台市水体环境质量,促进城市与社会可持续发展发挥了重要的作用。一期工程全貌见图 1。



图 1 一期工程全貌

Fig. 1 An overall view of the project

由于芝罘岛属于国家级海洋特别保护区,套子湾排污混合区又位于环境整治区内,为将污染降到最低,根据山东省环保局及环评的要求应执行一级 A 排放标准。目前的出水标准与要求的出水标准有一定的差距,因此需要对该厂进行升级改造^[1~3]。设计要求:不能新征地,只能利用原厂零星闲散用地;投资省,运行成本低;尽量不影响或少影响现有正常生产;工艺成熟,先进、稳定,流程简单;工期紧,必须考虑快速方便的施工措施。

2 设计水质及工艺流程

2.1 设计进、出水水质

该升级改造工程主要设计进、出水水质见表 1。

表 1 升级改造工程主要设计进、出水水质

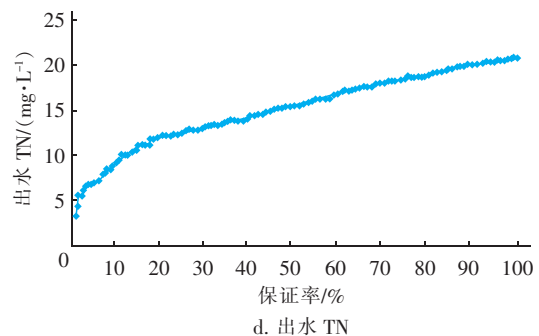
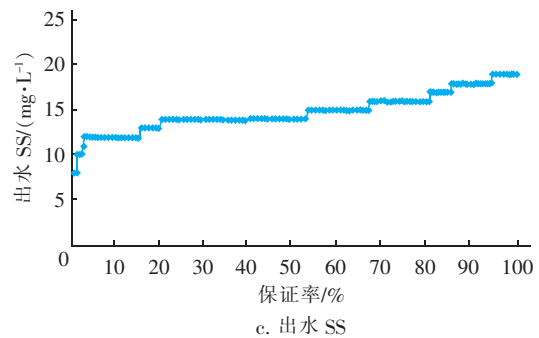
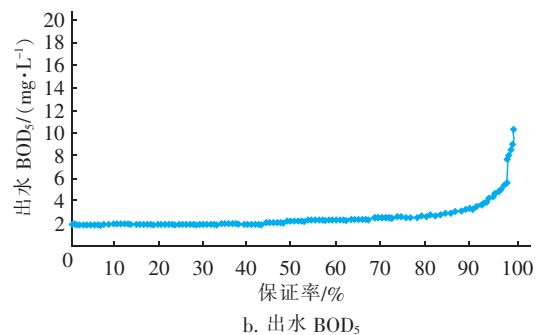
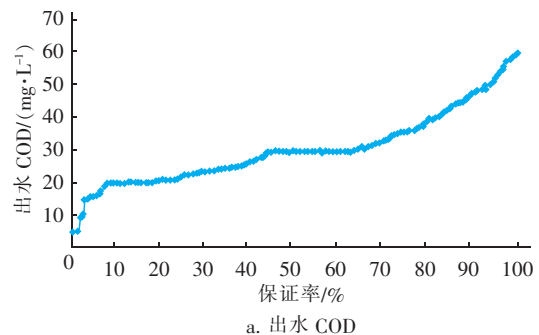
Tab. 1 Design influent and effluent quality of upgrading project $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

项目	BOD_5	COD	SS	TN	$\text{NH}_3 - \text{N}$	TP
进水水质	360	820	650	80	62	13
出水水质	10	50	10	15	5(8)	0.5

2.2 出水保证率分析

为了降低升级改造工程的投资及运行成本,分析目前该厂的出水水质和运行情况是设计的基础和

关键点。对 2015 年 1 月 1 日—2017 年 11 月 30 日实测出水水质进行了保证率分析(见图 2)。由多年的运行数据及达标保证率分析可知,只有 BOD_5 、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 满足一级 A 标准达到 95% 以上,其他 COD、TN、SS、TP 都需要进一步的处理,其中 TN 只有 44.64% 以内的出水指标满足一级 A 标准,可见提高系统反硝化效果、增加深度过滤等处理单元是改造重点;另外,应对污水厂产生的臭气进行控制。



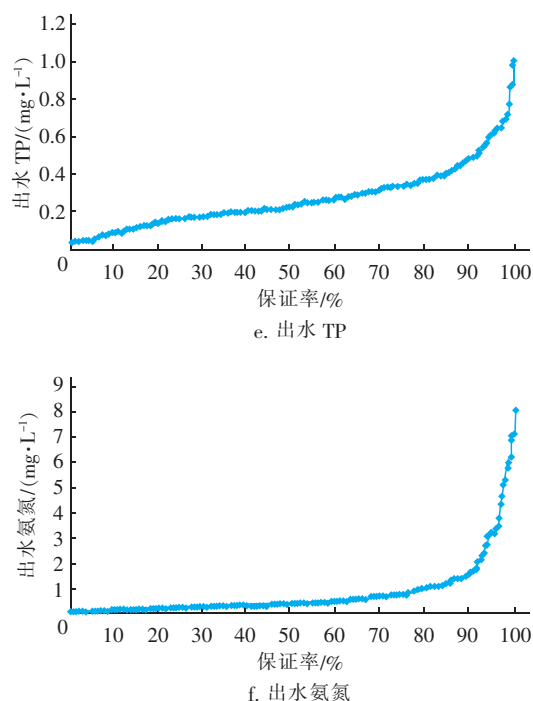


图2 出水COD、BOD₅、SS、TN、TP和氨氮的达标保证率分析

Fig. 2 Analysis of guarantee rate for standard of effluent
COD, BOD₅, SS, TN, TP and ammonia nitrogen

2.3 升级改造思路

由于该厂进水中工业废水的比例较高,因此针对COD的去除主要通过尽量减少出水的悬浮物,一般情况下1 mg/L悬浮物约相当于0.8~1.4 mg/L COD;适当延长污泥龄;另外,增设粉末活性炭投加装置以确保COD达标。

对于TN的去除,主要是保证好氧池的充分硝化,为反硝化提供保障;在缺氧池投加碳源,提高反硝化速率,从而提高TN的去除能力;由于脱氮的难度大于除磷,在较冷的季节将厌氧池改作缺氧池。

在充分考虑生物除磷的前提下,以化学除磷作为辅助除磷措施和保障措施。

考虑增加深度处理工艺,在水力高程设计中设置中间提升泵房,并合理设置水泵的提升位置。

由于新建构筑物在现有厂区内,总图布置上要充分考虑与现有工程的结合,合理布局,节省占地。

充分考虑选址周边的情况,对厂区臭气进行严格控制,选择稳定高效的除臭工艺,最大程度地保证对污水厂周边的居住环境质量要求。

对于一期工程第一阶段的 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 污水,由于用地的限制,考虑在好氧池中投加更大比表面

积的悬浮填料(原有的填料已经使用多年,而且比表面积小),以增加硝化菌的比例和数量,实现比较完全的硝化;在缺氧池投加碳源,提高反硝化速率,从而提高TN去除能力。

对于一期工程第二阶段的 $16 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 污水,由于用地的限制,同时考虑到出水TN与标准值差距不是特别大,可通过四方面提高水质标准。①提高生物池的污泥浓度,由原来的4 g/L提高到4.5 g/L;②增加好氧池的曝气量,适当提高好氧池的溶解氧浓度,从而有效去除COD;③由于原水碳源每日的变化较大,在碳源不足时在缺氧池投加碳源,提高反硝化速率,从而提高TN的去除量;④由于脱氮的难度大于除磷的难度,在较冷的季节将厌氧池改为缺氧池,主要化学除磷在高效沉淀池内完成。

2.4 升级改造具体设计

① 生物池

一期工程第一阶段的生物池总池容为19 324 m^3 (缺氧池为8 350 m^3 ,好氧池为10 974 m^3),平均处理水量为 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,则平均停留时间为11.59 h。由于厂区用地的限制,无法再进一步增加好氧池的容积,结合某工程的实际经验,在生物池增加悬浮填料,以增加硝化菌的比例和数量,从而达到完全硝化的目的。参考美国水环境联合会编著的《生物膜反应器设计与运行手册》,填料上的硝化菌硝化比例按照85%、单位有效面积反硝化速率按照0.5 g/($\text{m}^2 \cdot \text{d}$)考虑,需要投加填料约为5 868 m^3 (填料有效比表面积为620 m^2/m^3)。

一期工程第二阶段(二级扩建工程)的生物池平均处理水量为 $16 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,总池容为115 225 m^3 (其中预缺氧池为7 009 m^3 ,厌氧池为9 900 m^3 ,缺氧池为28 320 m^3 ,调节池为3 420 m^3 ,好氧池为66 576 m^3),则总停留时间为17.28 h。升级前内回流比为200%,原有内回流泵12台(8用4备),单台 $Q=1\,667 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=15 \text{ kPa}$,升级后内回流比增加到300%;根据长期的运行经验,污泥浓度提高到4.5 g/L;增加1台与原有参数相同的鼓风机($Q=14\,400 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=72 \text{ kPa}$),提高好氧池的溶解氧浓度。高温季节反硝化速率为0.038 6 $\text{kgNO}_3^- - \text{N}/(\text{kgSS} \cdot \text{d})$,低温季节将厌氧池改为缺氧池使用,反硝化速率为0.030 8 $\text{kgNO}_3^- - \text{N}/(\text{kgSS} \cdot \text{d})$ 。

② 中间提升泵房

为了满足后续深度处理流程的需要,设置了中

间提升泵房,设计规模为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,变化系数为 1.3。

③ 高效沉淀池

将一期工程两个阶段的二级出水合并进到高效沉淀池,去除悬浮物、TP 及部分 COD。设计规模为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,变化系数为 1.3,水力负荷为 $15.5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

④ 滤池系统

结合厂区可用地范围及各种滤池的抗冲击负荷的能力,选择了纤维束滤池,设计规模为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,变化系数为 1.3,设计滤速为 15.05 m/h ,强制滤速为 16.41 m/h 。

⑤ 紫外线消毒系统

由于出水标准的大幅提高,对紫外设备的剂量要求也大大增加,灯管的数量、间距、强度都有较大

变化,原有设备不可能通过简单的改造而达到该要求;另外,原有的设备已经使用将近 10 年,主要部件(包括灯管等)也需要更换。经统筹考虑,将该设备整体进行更换。设计规模为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,变化系数为 1.3。

⑥ 加药间

设置投加 PAC、PAM、乙酸钠碳源的设备。

⑦ 粉末活性炭投加间

由于工业废水比例较大,目前出水 COD 也仅仅满足一级 B 标准,为了确保达标,在高效沉淀池之前投加粉末活性炭,用于吸附部分 COD。

⑧ 老旧设备更换

一期的某些设备使用了将近 20 年,维修的费用很高,效率下降严重,故对其进行了部分更换。

升级改造后工艺流程见图 3。

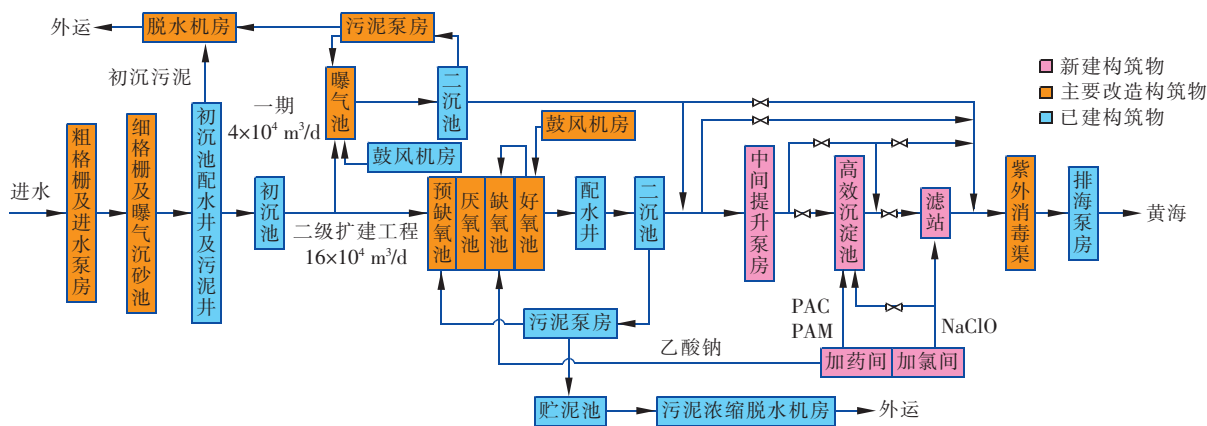


图 3 升级改造后工艺流程

Fig. 3 Flow chart of upgrading process

对于一期的 $4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 污水,投加填料后,按照正常的运行方式培养,增加填料上的生物数量,当悬浮生物和固定生物折合后总的污泥浓度达到 $6\,500 \text{ mg/L}$ 时,若出水总氮超标则在缺氧池补充适量碳源,若出水 COD 超标则在高效沉淀池前端补充适量粉末活性炭,若总磷超标则在高效沉淀池增加聚合铝的投加量。

对于一期的 $16 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,适当减少排泥,增加污泥浓度达到 $4\,500 \text{ mg/L}$,其他措施同上。

3 技术经济分析

该改造工程总投资为 22 839.76 万元,单位生产成本为 $0.19 \text{ 元}/\text{m}^3$,单位经营成本为 $0.19 \text{ 元}/\text{m}^3$ 。

4 结论

烟台套子湾污水处理厂一期升级改造工程规模为 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,针对原一期工程的实际运行情况、出水水质、要求的排放标准,结合一期工程运行经验及存在的问题,升级改造工程的原一期工程第一阶段采用 MBBR 工艺,对原一期工程第二阶段的生物池提高污泥浓度、增加曝气量、增加内回流比、投加碳源,并采取低温季节切换厌氧池的功能为缺氧反硝化功能等措施进一步提高除磷脱氮效率。原一期工程的出水经过高效沉淀池、纤维束滤池、紫外消毒等,能够稳定地去除 SS、TP、COD、粪大肠菌群等污染物,尾水完全可以满足排放要求。该项目正在建设中,预计 2018 年 5 月投产运行。

(下转第 90 页)