

天津市东郊污水处理厂生物脱氮工艺设计

冯生华 姚念民

(天津市市政工程勘测设计院)

摘要 天津市东郊污水处理厂是新建投产的一座大型城市污水处理厂,其设计处理能力为400000m³/d。该厂引进了国外先进设备和技术,60000m³/d污水采用前置缺氧脱氮的A/O工艺进行了深化处理。本文全面论述了A/O工艺曝气池的设计,并就设计参数取值、池型设计、进出水形式,回流方式和缺氧区与好氧区的容积比等进行了分析探讨。

关键词 污水处理、生物脱氮、曝气、泥龄、缺氧、硝化、碳氮比

天津市东郊污水处理厂作为目前全国最大的污水二级生化处理厂,现在已正式投入运行。该厂系利用法国贷款兴建,设计规模为40万t/d,其主要设备和自控仪表均由法国引进,处理流程和单项处理构筑物的设计是在我院的初步设计基础上,由中法双方共同完成技术设计,最后由我院完成施工图设计。该厂规模大,设备先进,自动化程度高,技术水平先进。

考虑部分水量再生后供工业回用,设计中将6万t/d水量采用前置缺氧脱氮工艺(Anoxic/oxic工艺)进行了深化处理,本文将就A/O工艺在本工程中的应用及特点作以简要分析。

1 进水水质分析

1986年经对进入该厂的五座污水泵站水质指标的全年监测分析后,确定该污水厂的进水水质如表1:

表1 污水厂进水水质

项 目	COD (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	TKN (mg/L)	SS (mg/L)	最低水温 (℃)
数 值	700	280	40	240	10

考虑到污水经一级沉淀处理后,SS将去除50%;BOD₅去除25%;而含氮有机物多为溶解性物质,不能通过一级处理去除,故曝气池进水水质取BOD₅为210mg/L;SS为120mg/L;TKN为40mg/L。

2 生化处理系统

在最初确定全厂生化处理流程时,曾将现采用的普通活性污泥法与氧化沟法的技术经济指标进行了比较,结果如表2。

根据比较结果设计,选用了A/O工艺,其构筑物在全厂水力负荷达到56万t/d时,能较便利地改变运行方式,不进行脱氮,而提高接纳污水能力。设计充分考虑了工艺变

换的灵活性,使A/O工艺曝气池与其它曝气池的结构形式尽量一致全厂曝气池工艺布置如图1。

表2 不同工艺技术经济指标比较

处 理 工 艺	占地 (%)	基建投资 (%)	电耗 (%)
普通活性污泥法	100	100	100
氧 化 沟	140	136	132

其中4号曝气池为A/O工艺池。1号、2号、3号曝气池为普曝气池,运行参数如表3。

A/O工艺的生物脱氮由硝化和反硝化两个生化过程完成。污水先在好氧池中进行硝

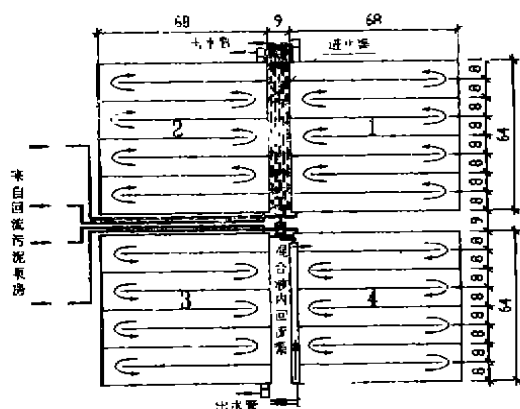


图1 曝气池平面布置图

表3 曝气池运行参数

单池流量	120000t/d	供气量	29000Nm ³ /h
曝气时间	4.5h	污泥回流比	75%
污泥负荷	0.5kgBOD ₅ /kg MLSS	回流污泥浓度	7g/L
MLSS	3g/L	溶解度(DO)	≥2mg/L

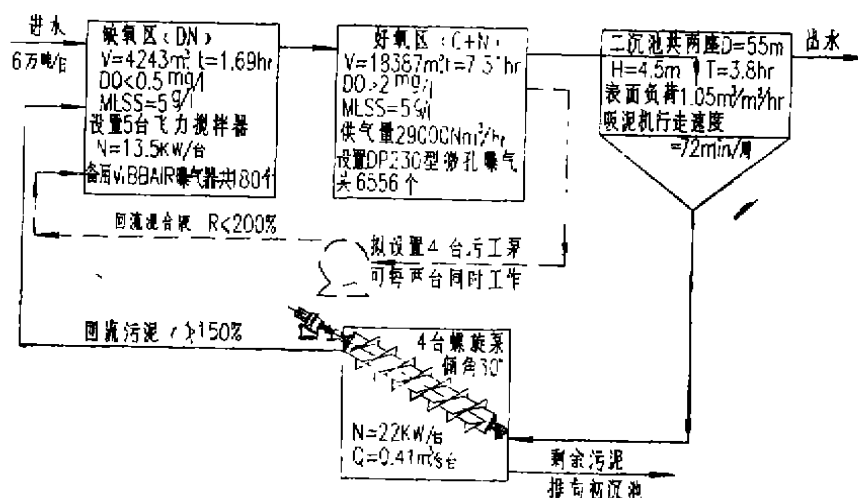


图2 工艺流程示意图

为检验流程,进行了A/O工艺的试验研究。结果表明:A/O工艺不但能取得较高的COD, BOD₅去除率,而且能取得较满意的脱氮率。试验污水取自拟排向东郊污水处理厂的五座污水泵站,并按各泵站每天排水量调配而成,试验结果及运行条件见表4。

3 A/O工艺主要设计参数的分析

化,使含氮有机物被细菌分解成氨,在亚硝化菌的作用下氨进一步转化或亚硝态氮,再经硝化菌作用转为硝态氮。进入缺氧池后经过反硝化菌作用,利用污水中各种有机物作电子供体,以硝酸盐代替分子氧作电子受体,进行“无氧”呼吸,分解有机质,同时将硝态氮还原成气态氮。

由于反硝化过程是零级反应,反硝化速率与混合液中硝态氮浓度无关。为充分利用水中有机质,设计采用前置缺氧脱氮的工艺流程。如图2所示,硝酸盐由混合液及污泥回流提供。

3.1 基质及泥龄对脱氮的影响

根据基质性质,混合液中可生化降解有机物可分以下三类:可快速生化降解的溶解性有机物类,如甲酸、乙酸、甲醇、葡萄糖等;可慢速生化降解的有机物类,如淀粉、颗粒型高分子有机物;第三类则是微生物细胞物质的自身氧化,即内源呼吸。三类基质

在缺氧区作供氢体时反硝化速率是不同的,其中内源呼吸时的反硝化速率仅为第一类基质的10%,第二类基质的反硝化速率略高于内源呼吸。

表4 A/O工艺试验结果

项 目	进 水 (mg/L)	出 水 (mg/L)	去除率 (%)
COD	300	63	76
BOD ₅	143	7	94
NH ₃ -N	20	0.24	98.8
TN	27.52	5.63	79
TP	0.59	0.05	92
SS	93	7.0	91
SV	19%		
SVI	75		
MLVSS/MLSS	1700/2600		

*试验水量3.5L/h; 停留时间9h; 污泥回流比30%;
泥龄26天; 温度29℃

当原水中的碳氮比较高,可快速生化降解有机物充分时,反硝化可以仅利用第一类基质,所需缺氧脱氮池容积较小,水力停留时间为0.5h~1.0h即可。如原水的碳氮比较低时,反硝化就不可能仅利用此类基质。欲保持较高的脱氮率就要消耗其它类基质,缺氧池的水力停留时间就应达到2h~3h,必要时可不设初沉池,原水经沉砂后直接引入曝气池。

从水解方程不难看出,转化1mg/L硝态氮大约需要3mg/L的BOD₅。另外对此类A/O工艺为维持较高的脱氮率,设计可按约1/3的BOD₅在缺氧池中被氧化考虑。由此可见采用A/O工艺时,如原水中碳氮比较低时,希望得到过高的脱氮率是不现实的。具体计算如下。

本工程考虑出水BOD₅为20mg/L; 硝化时约有2mg/L的NH₃-N不能硝化,则硝化能力为31mg/L;反硝化能力为23.3mg/L N—NO₃,所要求的回流比为300%。

此时可达到出水总氮(TN)<10mg/L的效果。

A/O工艺中污泥龄主要受硝化细菌世代时间的影响,应较普通活性污泥法长些,其最短泥龄A、S与温度T有关。按美国、法国、瑞典经验公式及常用公式计算,泥龄分别为10.08天、14.3天、10.12天和11.78~17.66天。

在东郊污水处理厂设计中泥龄取为16.47天。此外,温度对泥龄及硝化程度有很大影响,在冬季低温时应采取措施加强硝化。

3.2 溶解氧(DO)对脱氮的影响

在好氧区,Monod方程指出了硝化菌生长速率与溶解氧有如下关系:

$$u_n = (u_n)_{\max} \left[\frac{O_2}{K_{O_2} + O_2} \right]$$

据此及大量实验资料均表明,DO应在2mg/L以上。但对A/O工艺的好氧区并非DO越高越好,因为溶解氧会随回流带至缺氧区影响硝化。据报道,查列等还提出“高浓度溶解氧也抑制硝化菌生长”的观点。因而建议:好氧区溶解氧应大于2mg/L的条件下偏低为宜。而在缺氧区则应使溶解氧越低越好,最高不得大于0.5mg/L。这就要求缺氧区应采用水下搅拌器。经验表明,搅拌功率2.5W/m³~3W/m³时不致产生污泥沉淀,过高则会使水体表面形成漩涡溶入空气。

3.3 pH值及碱度对脱氮的影响

根据硝化反应动力学,硝化速率与pH值之间有如下关系:

$$u_n = (u_n)_{\max} \cdot [1 - 0.833(7.2 - \text{pH})]$$

试验表明pH值应在6~8.5之间,以7~7.5之间为最佳。pH过低则硝化速率降低,但其回升后抑制作用解除没有残毒效应。

在A/O工艺中硝化和反硝化分别为酸化 and 碱化过程。硝化反应中产生的H⁺与水中的碳酸碱度结合,生成CO₂和水。随着曝气过程中CO₂不断吹脱,pH值下降趋势会被抑制,但这一过程破坏碱度。每氧化1mg/L的N—NH₃即破坏7.2mg/L碱度。如水中碱

度不足则会造成pH值严重下降,抑制硝化。

另一方面,反硝化产物与 CO_2 与 OH^- 作用会产生碳酸碱度,每还原 1mg/L 氮会产生 3mg/L 碱度。二者综合效果,反硝化不足以补偿硝化对碱度的破坏,总趋势碱度还是下降。为保证工况,验算碱度时,还应使出水中有大于 50mg/L 的剩余碱度作缓冲,如碱度不足,应加石灰调整。

4 A/O工艺曝气池的设计特点

4.1 池型设计

由于在全厂高水量负荷时该池将改变运转方式,为施工及管理方便,设计使该池的构造与其他三池基本一致:池子长 68m ,宽 64m ,池内分八个廊道,以推流式运行,每条廊道宽 8m ,池内有效水深 5.2m ,超高 0.8m 。如图1所示,A/O池仅在进出水一侧增设了混合液内回流设施。

4.2 进出水形式

因为该池以A/O工艺运行时处理水量为 6万t/d ,以传统工艺运行时处理水量为 12万t/d ,为保证进出水管渠内流速防止淤积,A/O池的进水设置了两条 1250×650 的矩形压力水渠,出水设置了两条管径分别为 $\phi 1600\text{mm}$ 和 $\phi 1200\text{mm}$ 的混凝土压力管,并在一条进水管渠的进出口及 $\phi 1200\text{mm}$ 出水管的进出水口设置了铸铁闸门。当该池以A/O工艺运行时,关闭闸门,封闭一组进出水管。

考虑到全厂为一套鼓风供气系统,为保证曝气头均匀供气,全厂四座曝气池中的曝气头安装在同一高程上,同时还应保证曝气头上应有相同的水力压头,否则水力压头小的曝气头出气量大,压头大的微孔曝气头出气减小甚至不出气,从而影响曝气池的正常工作。这种出气不均匀现象如以供气系统中各廊道上的阀门调节将是很困难的。这就要求A/O工艺曝气池在水力负荷相差一倍的情况下改变运行方式,应以该池与其它三池有相同的有效水深和水面高程为前提。因此,A/O池如采用传统的出水堰,使A/O工艺运

行时该池与其它三池水面相一致,当其水量负荷增大一倍后,由于堰宽不可能改变,再调整堰口高程也将是很困难的,故必然会造成该池堰上水头和池内有效水深高于其它三池,影响曝气池的正常运转。因而在该池设计采用了可调整堰高的橡胶坝作出水堰。它可通过向橡胶袋内注入不同水量改变堰高。当该池水量负荷增大运行方式改变后,放出部分橡胶袋内的水降低堰口以保持该池的水面高程与其它三池一致。

4.3 A/O池的回流方式

考虑到运转方式的变化,该池与其它三池设置了具有同样能力的污泥回流系统。由于该池以A/O工艺运行时,水力负荷仅为其它三池的二分之一,故其最大污泥回流比可达进水量的 1.5 倍。此外为使系统获得充足的硝酸盐,同时减少能耗及二沉池负荷而设置了混合液内回流系统。其中安装四台污工泵,并可以两台为一组启动运行,可提供的最大混合液回流量为进水的 2 倍。这就使得管理人员可以方便地调整各部分回流比,找出最佳工况点。但由于资金等原因,目前该池的混合液回流泵尚未安装,只能以 15% 的污泥回流比维持A/O工艺运行,这样可得到的脱氮率为 60% ,反硝化脱氮量为 18.6mg/L 。

4.4 缺氧区与好氧区的容积比

根据A/O工艺机理分析,较低的水温对硝化和反硝化均有不利影响,而硝化菌对低温更为敏感。从系统整体考虑,如果硝化不完全,就不能保证较高的反硝化率。结合本工程A/O工艺出水主要目的为工业回用,因而去除水中氨氮更为重要。考虑冬季水温较低,设计在该池缺氧区的后部(即第二廊道的前半部分)增设了VIBRAIR型振动曝气器。该曝气头较微孔曝气头释放的气泡大,不易堵塞。安装后可在冬季低温硝化不完全时使用,以确保硝化。这样虽使得冬季低温时脱氮率可能有所下降,但系统仍能保证硝化程度。

除上述四个方面以外,为保证A/O池缺氧区的“厌氧”状态,减少复氧,曝气池的进水口回流污泥及内回流进口均采用淹没出流。

目前东郊污水处理厂已建成投入运行,从几个月的试运转情况看,运行工况基本达到了设计要求。但今后运行是否能稳定地达到设计效果,运行管理是否方便易行,都将

通过实践检验。它的运转经验必将对我国推广该工艺起到借鉴作用。

参考文献

- Mikkil G. Mandt & Bruce A. Bell, Oxidation
Ditches in Wastewater Treatment, Chapter 4;
55~67

BIOLOGICAL DENITRIFICATION DESIGN OF TIANJIN DONGJIAO WASTE WATER TREATMENT PLANT

Feng Shenghua

Yao Nianmin

(Tianjin Municipal Engineering Survey & Design Institute)

Abstract Tianjin Dongjiao Wastewater Treatment Plant with the capacity of 400 000m³/d is a new and large urban sewage process plant. It was financed by French government and the foreign advanced equipments and technique were imported. The plant has been put into operation since 1993. The 60 000m³/d sewage of the plant are deep treated by A/O process of prepositional deoxy-gen denitrification. The design of areation tank by A/O process, the design parameter, the pattern of tank, inlet and outlet as well as recyline and the volume proporation of anoxic and aeroxic aerobic area are discussed in this paper.

Key words waste water treatment, biological denitrification, areation, sludge age, anoxic, nitrification, ratio of carbon and nitrogen

JD系列静电油烟净化器通过鉴定

上海奉贤绿洲气体净化设备厂从1991年开始,在有关部门的协作和支持下,已生产了数种厨房油烟净化设备。1993年10月23日由奉贤县科委主持,约请上海有关专家对该厂已批量生产的JD系列静电油烟净化器进行了产品鉴定。该型净化器在吸收消化国内外先进技术的基础上,对电场、电源和整体结构作了改进,采用蜂窝结构,体积小,耗电省,噪声低,净化效率高,使用维修方便。现有六种规格,处理风量2000m³/h~20000m³/h,工作电压220V,功率<400W,进出口管道直径φ200mm~φ700mm。经20多个单位使用和有关环保监测部门测试,油烟净化效率达到90%以上。鉴定认为,该型净化器总体技术水平达到同类产品的先进水平,是一种高效节能的环保新产品。

(吕玉恒)