

# 营口市污水处理厂二级处理系统改造设计

杨红<sup>1,2</sup> 王辉<sup>2</sup> 姜义圆<sup>3</sup>

(1 中国地质大学水资源与环境学院,北京 100083; 2 中国市政工程东北设计研究院,长春 130021;

3 营口市排水公司,营口 115002)

**摘要** 论述了出水作为回用水水源的营口市污水处理厂二级处理系统改造的设计。将普通活性污泥法处理工艺改造成为厌氧—缺氧—好氧生物流化床工艺,实现了短程硝化与反硝化。通过向缺氧及好氧池中投加生物悬浮填料,解决了污水在好氧池中停留时间不足的问题。使原污水处理厂出水水质由二级排放标准提高到一级 A 标准,满足中水回用的水质要求。

**关键词** 污水回用 厌氧—缺氧—好氧生物流化床工艺 生物悬浮填料 短程硝化与反硝化

随着水资源日益短缺以及水污染造成的水体富营养化等问题日趋严重,国内外水处理领域越来越重视污水回用以及对水中氮、磷的去除。针对新的排放标准,对旧有污水处理厂的工艺进行改造将成为今后一段时间的主要任务。

营口市污水处理厂采用传统活性污泥法,处理规模为 10 万 m<sup>3</sup>/d。原污水排放执行二级标准。因中水回用项目的实施,需要改造原生化池处理工艺,使其出水水质达到一级 A 排放标准,满足作为中水水源的水质标准。

本改造设计利用短程硝化技术,通过向缺氧及好氧池中投加生物悬浮填料,解决污水在好氧池中停留时间不足的问题。将二级处理系统的传统活性污泥工艺改造为厌氧—缺氧—好氧生物流化床工艺,使其具备脱氮除磷的能力,以满足作为中水水源的水质标准,同时减轻中水回用处理工艺的难度。

由于生物作用,曝气量将减少,同时也将使污泥产生量减少到活性污泥法产泥量的 20%~60%,相应污泥处理费用也将减少,运行成本也将减少 20%~40%。具有明显的社会、环境和经济效益。

## 1 营口市污水处理厂二级处理工艺简介

营口市污水处理厂二级处理工艺流程见图 1。其进水水质指标见表 1。原工艺设一座生化池,分 4 格,单格容积为 7 795.2 m<sup>3</sup>,生化池有效水深 5.8 m,每格生化池平面净尺寸为 56 m × 24.6 m,每格分为三个廊道,单廊道宽 8 m。BOD 负荷取 0.19 kg/(kg·d);回流污泥浓度取  $X_R = 2 800 \text{ mg/L}$ ;污

表 1 污水处理厂曝气池进水水质指标

项目	BOD <sub>5</sub>	SS	COD <sub>Cr</sub>	TP	NH <sub>3</sub> -N
指标/mg/L	171	225	301	4	40

泥回流比  $R = 75\%$  (最大日平均时);水力停留时间 6.8 h。用气总量为 463.2 m<sup>3</sup>/min,所需空气量由鼓风机房供给,采用橡胶膜微孔曝气器供气。

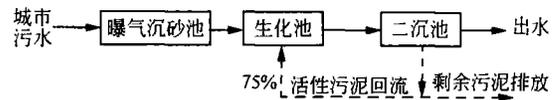


图 1 污水处理厂一级、二级处理工艺流程示意

## 2 工艺改造技术路线的确定

根据《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002),作为中水水源的污水必须达到一级 A 标准。而营口市城市污水处理厂的设计出水水质为二级标准,并没有考虑脱氮除磷的要求。

作为中水回用工艺方案有两种:一是改造传统活性污泥法的生化池,使氮和磷在二级处理中去除;二是在三级处理中考虑脱氮除磷。

如果考虑脱氮除磷的要求,应该在二级处理中将氮和磷除掉,否则单纯的在三级处理中脱氮除磷将增加处理的难度,例如采用后置反硝化池脱氮时需增加甲醇投加以解决碳源不足的问题;采用化学方法除磷又将增加运行费用。

目前虽然一期污水处理厂的土建已经完成,但设备尚未安装。因此,如果采用改造生化池,使氮和磷在二级处理中得以去除,将会减轻三级处理的难度,降低运行费用。

### 3 短程硝化技术处理城市污水的试验研究

#### 3.1 短程硝化技术的设计思想

试验将新型聚丙烯改性填料安装在生物膜反应器中,利用填料上所挂的生物膜在好氧条件下降解污染物,使填料在气流和液流的作用下发生旋转,进而造成强烈的气相与液相的湍动,形成微涡旋,加速有机质从液相向生物相的传递;而且利用填料的独特构型对气泡进行切割,增强气、液、固三相的接触时间和接触面积,加快氧气进入液相、进一步到达生物相的速率,从而增强生物膜反应器的传质效率,使污水在较短时间内达到净化的目的。

#### 3.2 城市污水水质及试验装置设计

试验在大连市旅顺污水处理厂现场进行,处理对象为大连市旅顺区城市污水。原水为污水处理厂初沉池后的出水,其水质模拟营口市污水处理厂的生化池进水,指标见表1,出水执行一级A标准。

反应器材质采用玻璃钢,进水规模  $0.83 \text{ m}^3/\text{h}$ ,活性污泥回流比 75%,硝化液回流 200%,填料填充率 15%,设计具体参数及尺寸见表2。

表2 旅顺试验设备基本参数

设备	设备尺寸/m	容积/ $\text{m}^3$	填充率/%	HRT/h
厌氧池	0.9 × 1.0 × 1.0	0.9		1
缺氧池	0.6 × 1.2 × 2.25	1.62	15	1.9
好氧池	1.2 × 1.2 × 2.25	3.24	15	3.8
沉淀池	0.9 × 1.0 × 1.0	0.9		1

#### 3.3 运行条件对处理效果的影响

在停留时间一定的情况下,气水比增大,可以使反应器内溶解氧充足,提高微生物活性、生化反应速度和效率,从而提高传质速率与降解效率,但也增加了处理系统的能耗,因此单纯通过增加气水比提高微生物的传质速率与降解效率,在经济上是不可行的。

在气水比一定的情况下,出水水质随着停留时间的变化而变化,停留时间越长,混合液中的氧、有机底物与微生物间的传质效率越高,微生物对有机底物的降解程度越完全,因此处理效果也就越好。

中试结果表明:  $\text{SRT} = 3.5 \sim 4 \text{ h}$ ,气水比为 6:1 ~ 7:1 时,出水  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  和  $\text{NH}_3 - \text{N}$  均能达标。

#### 3.4 生物膜上的微生物相分析

生物膜上的微生物相十分丰富,形成了由细菌、

真菌和藻类到原动物和后动物的复杂的生态体系。这使生物膜能快速更新,膜中的厌氧层减少,避免引起生物膜肥厚,减少生物膜脱落量。这些微生物的出现与是否占优势常与污水水质和生物膜所处的环境条件相关。试验在观察微生物种类的同时,还对微生物数量进行了检测。结果表明:生物膜反应器内生物量较大,在稳定运行期间 MLSS 达到  $11\ 200 \text{ mg/L}$ 。

### 4 二级处理系统改造工艺设计

#### 4.1 工艺流程设计

由于深度处理出水要求  $\text{P} < 1 \text{ mg/L}$ ,  $\text{NH}_3 - \text{N} < 5 \text{ mg/L}$ ,  $\text{TN} < 15 \text{ mg/L}$ ,因此,工艺选择应该以去除总氮和磷为主。为此考虑将传统活性污泥法的工艺改造为能同时进行脱氮除磷的厌氧—缺氧—好氧工艺流程,见图2。

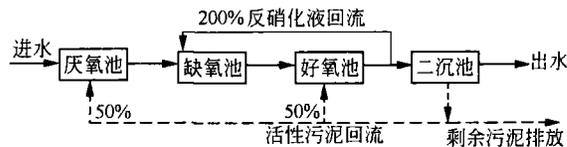


图2 生化池改造工艺流程

#### 4.2 工艺参数取值

为得到 80% 的硝化率,TKN 负荷应该在  $0.05 \text{ kg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$  以下,BOD 负荷在  $0.18 \text{ kg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$  以下。为得到  $\text{TP} < 0.5 \text{ mg/L}$  的处理水,BOD 负荷应在  $0.1 \text{ kg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$  以上。为保证同时满足脱氮除磷的要求,最佳 BOD 负荷为  $0.14 \text{ kg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$ 。考虑施工中支模及模面等问题,本改造工程 BOD 负荷采用  $0.13 \text{ kg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$ 。

在污水治理一期工程承建之初,营口市相关部门曾经做过试验,证明其水质沉降性能并不好。为防止污泥膨胀,考虑在生化池内设置厌氧区,SVI 取 145。通过计算,混合液活性污泥浓度 MLSS 为  $2\ 957.14 \text{ mg/L}$ ,设计取值为  $2\ 800 \text{ mg/L}$ 。根据试验结果,气水比应取 6:1 ~ 7:1,本改造取 7.4:1。

好氧池水力停留时间依据负荷计算,硝化反应时间取决于泥龄的长短,但由于生物悬浮填料上污泥龄可达 20 ~ 25 d,所以增加了生物悬浮填料后只需考虑负荷问题。

#### 4.3 二级处理系统生化池改造工艺设计内容

##### 4.3.1 生化池内厌氧、缺氧及好氧池的改造设计

鉴于土建施工已经完成,在现有土建结构基本不动的前提下,将原生化池分隔出厌氧池、缺氧池及好氧池。水力停留时间厌氧池取 1 h,缺氧池取 2 h;好氧池取 3.8 h。好氧池内投加生物悬浮填料,从而确保了硝化和  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、 $\text{BOD}_5$  降解效果,做到达标排放。原污水处理工艺流程设计中,污泥回流比为 75%(最大日平均时),改造后由原来全部回流至生化池改为 50%回流至生化池,50%回流至好氧池。

#### 4.3.2 缺氧、好氧池内生物填料的选用

本工程 BOD 负荷采用  $0.13 \text{ kg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$ 。混合液活性污泥浓度 (MLSS) 取  $2800 \text{ mg/L}$ 。根据工艺计算,满足出水要求的总池容应为  $48653.846 \text{ m}^3$ ,而一期生化池设计的总有效容积为  $31180.8 \text{ m}^3$ ,因此必须通过投加填料将生化池内的混合 MLSS 提高到  $4381 \text{ mg/L}$ ,才能确保硝化和 COD 降解效果,使排放达标。

填料的选择是本工程成败的关键。目前,国内外的填料种类繁多,材质千差万别。本工程选用的材料应满足填料内部固定 MLSS 的要求。通过筛选,选择了生物改性硬质悬浮填料。

生物改性硬质悬浮填料相对密度约为 0.96,挂膜后约为 0.98,略轻于水。填料在水中不停地旋转,与水、水中的气泡切割,使得氧气、养料的传质效率大大增加。

根据计算生物改性硬质悬浮填料在缺氧池及好氧池内各填充 15%的  $\text{O}20$  系列填料即可满足本工程要求。此时好氧池的 MLSS 为  $4384 \text{ mg/L}$ ;填料总容积为  $4000 \text{ m}^3$ 。在出水堰上设置拦截格栅,避免填料流失。

#### 4.3.3 硝化液回流

增加硝化液回流,按回流比 200%(最大日平均时)由生化池出水端回流至生化池缺氧段。选用潜水螺旋泵 4 台,  $Q=2292 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $H=5 \text{ m}$ ,  $N=45 \text{ kW}$ 。

#### 4.3.4 鼓风机房及配气系统

由于增加了脱氮部分的耗氧量,生化池用气总量由原设计的  $463.2 \text{ m}^3/\text{min}$  增加至  $564.94 \text{ m}^3/\text{min}$ 。所需空气由改造后的鼓风机房供给,风机房采用 4 台单级空气悬浮离心风机,3 用 1 备,单机风量  $188.31 \text{ m}^3/\text{min}$ ,压力 0.66 bar。生化池的橡胶膜微孔曝气器由原来的 448 个增加至 522 个。

## 5 结论

(1) 通过投加悬浮填料,实现短程硝化。将原来普通活性污泥工艺改造为厌氧—缺氧—好氧生物流化床工艺。应用现有老装置扩能或升级改造,一般不需要增加新的构筑物就可达到提高处理能力和改善出水水质的效果。

(2) 生物填料采用生物酶促进配方,生物附着力强、膜厚度适中,MLSS 可达到  $8\sim 20 \text{ g/L}$ ,极大地提高了各种物质的去除效率: $\text{COD}_{\text{Cr}}$  90%~97%, $\text{BOD}_5$  96%~98%, $\text{NH}_3\text{-N}$  95%~100%,TN 80%~85%,TP 70%~75%。由于生物作用的结果,曝气量将减少,同时污泥产量减少至普通活性污泥法的 20%~60%,相应污泥处理费用也将减少,估计运行成本将减少 20%~40%。

(3) 原工艺剩余活性污泥干重  $15.8 \text{ t/d}$ ,改造后由于曝气池内活性污泥负荷较高,污泥量可减少 20%以上。有效地减少浓缩池、污泥贮池及污泥脱水间的负荷。

(4) 在有条件并设置初沉池的情况下,可以考虑将初沉池与生化池同时改造,使其兼具沉淀和厌氧功效,延长好氧时间,对于提高出水水质更具保障。

(5) 通过对营口市二级处理系统改造可以将二级出水水质提高到一级 A 标准,完全满足污水处理厂出水作为中水回用的要求,为将来大规模的污水回用奠定了基础。

通讯处:130021 长春市工农大路 12 号

电话:(0431)5653412

E-mail:yanghong312@sina.com

收稿日期:2005-07-21

修回日期:2006-02-11

## 体育馆屋面雨水利用实例

东京体育馆为卵圆屋顶大型建筑物,膜屋面雨水顺坡流向檐沟,从立管和排出管经调节池进入雨水储存池(此池也用作消防水池)。用泵抽池水送到体育馆中水处理设施的过滤器,滤后水进入中水池。屋面雨水利用后可使体育馆年用水量减少 8%。

(通讯员 范懋功)