

® 城市给排水 ®

UNITANK 工艺处理城市污水工程实践

冯 凯 杭世

提要 介绍了 UNITANK 工艺在石家庄高新区污水处理厂应用的情况。结合该厂水质、水量特点,分析了 UNITANK 工艺的池型、冲洗水系统、曝气系统、污泥排放系统的选择与设计,并总结了该工艺的优点及应用中的注意事项。

关键词 UNITANK 工艺 城市污水 工艺设计 石家庄市

石家庄高新技术产业开发区污水处理厂(以下简称石家庄高新区污水处理厂)日处理污水 10 万 m^3 ,采用比利时政府混合贷款。经过工艺方案比较和论证,结合贷款国技术特点,决定采用 UNITANK 工艺。该处理厂已于 2001 年底建成(未正式通水),它是目前已建成的、全世界最大规模的 UNITANK 污水处理厂。

1 UNITANK 工艺介绍

1.1 基本构造

UNITANK 又称交替式生物处理池,其基本单元是由 3 个矩形池组成(A、B、C 池),相邻池通过公共墙开洞或池底渠连通。3 个池中都安装有曝气系统,可以是微孔曝气头,表曝机或潜水曝气机;外侧两个池(A 和 C 池)设有固定式出水堰及剩余污泥排放装置,它们交替作为曝气池和沉淀池,中间的池子(B 池)只能作为曝气反应池。另外,污水通过闸门控制可以进入任意一个池子,采用连续进水,周期交替运行(见图 1)。

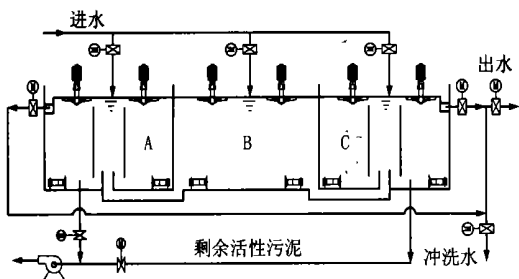


图 1 UNITANK 池示意

1.2 运行方式

UNITANK 按周期运行,一个周期包括两个主阶段和两个中间阶段。

第一主阶段,污水首先进入 A 池,该池处于曝气状态,因上个阶段进行沉淀操作,积累了大量活性污泥,且浓度较高。进水与活性污泥混合,有机物被吸附,部分被降解。混合液继续流入 B 池,该池通常连续曝气,有机物得到进一步的降解,同时在推流过程中,A 池的活性污泥进入中间池,再进入 C 池,实现污泥在各池的重新分配。最后,混合液进入处于沉淀状态的 C 池,进行泥水分离,处理后的出水通过出水堰排放,剩余污泥由该池排出。

中间阶段的作用是完成曝气池到沉淀池的转换。在中间阶段,污水进入 B 池,原出水侧池仍处于沉淀出水状态,另一侧池开始进入沉淀状态,为出水作准备。

因为侧池在曝气状态时,出水槽内进满泥水混合液,所以侧池进入沉淀状态后,开始的出水不能作为处理后的出水直接排放,需先冲洗排入处理系统,待出水澄清后,方可外排。

第二主阶段,污水先进入 C 池,污水及混合液的流动方向与第一阶段相反。

2 石家庄高新区污水处理厂简介

2.1 处理规模及进出水水质

石家庄高新区污水处理厂处理城市污水,设计处理污水量 10 万 m^3/d ,占地 7.2 hm^2 ,污水处理厂进水水质的主要指标为: $\text{COD} \leq 600 \text{ mg/L}$, $\text{BOD} \leq 400 \text{ mg/L}$, $\text{SS} \leq 400 \text{ mg/L}$;出水水质要求: $\text{BOD} \leq 30 \text{ mg/L}$, $\text{SS} \leq 30 \text{ mg/L}$, $\text{COD} \leq 120 \text{ mg/L}$ 。

2.2 处理工艺流程(见图 2)

原污水进入格栅间,在此拦截污水中飘浮物,由污水泵提升,经细格栅进一步去除水中杂质,进入沉砂池去除砂粒,然后进入 UNITANK 池,混合液经

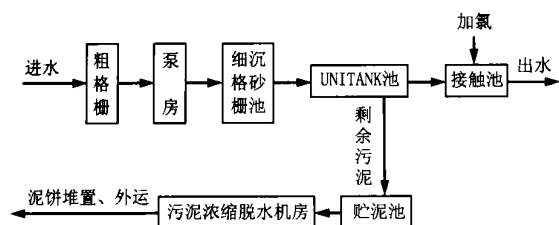


图2 污水处理厂工艺流程

沉淀分离,澄清液进入接触池加氯消毒(季节性)后排入汪洋沟。剩余污泥经污泥泵送至贮泥池,经机械浓缩脱水处理后,泥饼外运。

2.3 主要工艺参数

每组平均设计流量 $0.193 \text{ m}^3/\text{s}$; 组数 6 组; 单组尺寸 $3 \times (35 \text{ m} \times 35 \text{ m} \times 7 \text{ m})$; 有效水深 6 m; 水力停留时间 31.8 h (含沉淀时间); 容积负荷 $0.45 \text{ kg BOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$; 平均污泥浓度 4000 mg/L ; 平均污泥负荷 $0.113 \text{ kg BOD}/(\text{kg MLSS} \cdot \text{d})$; 沉淀池最大表面负荷 $0.74 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

3 UNITANK 工艺设计特点

3.1 池型的选择及设计

UNITANK 池通常设计成 3 个等尺寸的矩形池,根据两侧池出水堰的形式即单侧堰或周边堰出水,可决定池子是否为正方形。一般当池子边长较小时(小于 25 m),两侧池采用单侧堰出水,池型可为长方形,池间连通采用池壁开洞方式,洞口在边池(A 和 C 池)一侧加导流板(见图 3),目的是使进水沿池底流动,流态接近平流沉淀池,导流板同时可防止中间池的曝气干扰侧池的沉淀。当池子尺寸较大时,两侧池可采用周边出水堰,池型为正方形,中间池的池间连通管出口设在侧墙池底边,两侧池的池间连通管出口设在池中心,外加稳流筒(见图 1),出水沿池底流动,流态接近中心进水、周边出水的辐流式沉淀池。

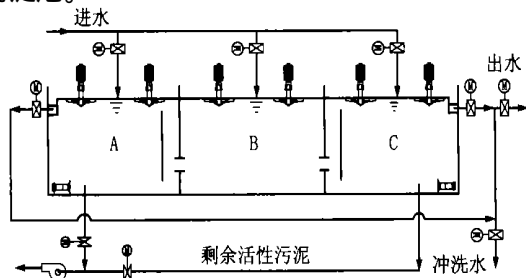


图3 侧墙连通 UNITANK 池示意

石家庄高新区污水处理厂规模大,UNITANK 池共为 6 个组,分 3 个系列,每个组由 3 个正方形反应池组成,单池净尺寸为长 \times 宽 \times 高 = $35 \text{ m} \times 35 \text{ m} \times 7 \text{ m}$,有效水深 6 m。两侧池采用周边堰出水。每组内 3 个反应池由池底渠道连通,两侧池的连通渠出水口位于池中心,设有稳流筒,防止进水对沉淀污泥的扰动。

此外,根据实际工程情况,中间池的尺寸可与两侧池的尺寸不同。当进水污染物浓度较高时,整个池容较大,边池(A 和 C 池)的表面负荷可能过低,这样会造成一定程度的浪费,因此可考虑适当减小边池(A 和 C 池)的尺寸,加大中间池的容积,在保证处理效果的前提下,缩减部分投资。当进水污染物浓度较低时,整个池容较小,边池(A 和 C 池)的表面负荷可能过高,可考虑采用适当加大边池(A 和 C 池)的尺寸,减少中间池容积的办法,降低边池(A 和 C 池)的表面负荷。

3.2 冲洗水系统的选择和设计

由于在曝气阶段,两侧池的出水堰内进入了混合液,沉淀初期被污染的出水不能直接排放,需经冲洗水系统外排。冲洗水排放系统一般有两种形式:第一种,由电动闸门控制,冲洗出水经管渠,排入处理厂进水泵房。该方法运行管理较简单,不用添加设备,但对进水泵房会产生一定的水力冲击负荷。如果 UNITANK 运行系列较多,运行时序岔开,那么冲击负荷相对较低,对进水影响较小。第二种,由电动闸门控制,冲洗出水直接进入冲洗水池,池内设潜水泵,将冲洗水送至中间池。该方法不会对进水泵房产生影响,但需加设冲洗水池和冲洗水泵,运行管理较复杂,如果 UNITANK 运行系列较少,该方法较适合。

石家庄高新区污水处理厂因规模大、系列多,因此冲洗水系统采用第一种形式,即冲洗水直接排至进水泵房。每组生物池中两侧池的出水均进入到中间池边的一条公共出水渠道,该渠道上安装两台电动闸门,具有两种功能,分别作为出水渠道和冲洗水渠道使用。在沉淀出水的初期,公共渠道上的出水闸门关闭,冲洗水闸打开,冲洗水经冲洗水管排入厂区污水管,然后排入处理厂进水泵房。进水泵房的平均流量短时内增加 $1/6$ 。当出水水质正常时,打

开出水闸门, 关闭冲洗水闸, 出水进入总出水管排出处理厂。

3.3 曝气系统的选择和设计

UNITANK 工艺可以采用表面曝气机和微孔曝气器两种形式。针对这两种形式在 UNITANK 工艺中的特点进行了对比(见表 1)。

表 1 表面曝气机和微孔曝气器对比

| 项 目 | 表面曝气机 | 微孔曝气器 |
|----------------|------------------|---|
| 电耗 | 高 | 低, 不稳定 |
| 曝气系统工程造价 | 低 | 高 |
| 曝气器充氧效率 | 低, 稳定 | 高, 随使用时间增长, 效率逐渐降低 |
| 维修管理 | 电机维修在水面, 不影响正常运转 | 维修时需将全池放空, 且随运行时间加长, 维修频率提高 |
| 池底沉泥 | 极少 | 有, 且不均匀 |
| 沉淀池表面负荷 | 一般较低 | 一般较高, 需加设斜板沉淀, 降低表面负荷; 运行时斜板上容易孳生生物膜; 维修曝气头时, 需拆掉斜板 |
| 缺氧/ 厌氧/ 好氧运行模式 | 开/ 关曝气机, 易操作 | 开/ 关单池曝气管, 会给其它池中曝气头带来气量冲击, 不易操作 |

由以上对比可以看出, 表面曝气机更适合 UNITANK 工艺, 如果工程占地允许, 建议尽量采用表面曝气机曝气。

石家庄高新区污水处理厂曝气系统采用表曝机和潜水搅拌机相结合的方式。表曝机选用比利时 AQUA 公司生产的浮动式高速表曝机, 它可以适应因水流方向改变而造成的水面起落, 运行可靠; 另外其安装简单, 只需缆绳固定。由于高速表曝机的电机直接驱动螺旋叶轮, 不需要减速装置, 因此检修量少, 维护方便。

3.4 污泥排放系统的选择和设计

UNITANK 工艺通常有两种排放剩余污泥的方式, 即连续排泥和间歇排泥。连续排泥是指在运行期间连续排放混合液, 剩余污泥泵容量较低, 基本不需要控制; 但是由于剩余污泥浓度低, 后续污泥浓缩脱水的负荷将会加大。间歇排泥是指在特定时段集中排泥, 如在沉淀末期排泥, 该方式剩余污泥泵容量较高, 需要控制排泥时间及排泥阀; 但该方式剩余污泥浓度较高, 后续污泥浓缩脱水的负荷较低。

石家庄高新区污水处理厂规模较大、泥量大, 为了减少污泥处理部分的投资, 剩余污泥采用间歇排泥方式, 排泥时间设在沉淀后期。全厂共设 2 座剩

余污泥泵房, 在污泥泵房内共安装污泥泵 6 台, 分别负责 6 组交替式生物池的排泥。每个污泥泵经管道由电动阀门控制分别从处理单元中的 2 个沉淀池中抽泥, 排泥时间设在沉淀后期。排泥管道按 2 台污泥泵同时工作设计。

4 结语

UNITANK 工艺具有独特的优点:

(1) 与传统活性污泥法相比, 可不设回流污泥系统及沉淀池刮泥机, 投资低; 同时由于设备种类较少, 便于维护管理, 降低了日常检修费用。

(2) 根据进水水质和出水水质要求调整运行周期和时序, 在曝气期内设置非曝气阶段, 可形成厌氧、缺氧和好氧交替状态, 实现除磷脱氮功能, 运转灵活。

(3) 采用矩形池结构, 生物池共用隔墙布置, 可节省土建费用和工程建设用地。

(4) 系统为连续运行, 出水采用固定堰, 不设浮动式滗水器, 水面基本恒定, 另外池中约有 2/3 的设备同时运行, 与 SBR 工艺相比, 其容积和设备利用率高。

UNITANK 工艺虽有许多优点, 但也有一定的适用范围。在选择该工艺时应该考虑以下问题:

(1) 进水 BOD 浓度较高时, 建议考虑采用两级 UNITANK 工艺。本文介绍的是单级 UNITANK 工艺, 即进水只经过一级生物池处理, 当进水水质浓度较高时, 如 BOD 高于 500 mg/L 时, 可采用两级 UNITANK 工艺, 即用两级生物池处理, 第一级生物池按高负荷厌氧或好氧方式运行, 第二级按低负荷好氧方式进行。目前, 西格斯公司已有两级 UNITANK 工艺的工程业绩。

(2) 出水水质有除磷要求时, 应慎重考虑是否选用该工艺。该工艺除磷脱氮过程的原理是: 通过在沉淀末期和曝气期中间加入非曝气搅拌期, 形成缺氧和厌氧状态。但是, 从实际运行看, 很难形成生物除磷的理想状态。因为, 在非曝气搅拌期, 水中大量的硝酸盐会消耗溶解性 BOD, 降低有效 BOD/P 比值; 进水中溶解性 BOD 在生物池内被大量稀释, 除磷菌可摄取的 BOD 量减少, 在厌氧阶段磷释放不彻底, 因此生物除磷功能很难保证。从工程业绩看, 西格斯公司自 1987 年至 1997 年已有 187 座该工艺处

连续进出水-间歇曝气工艺污泥好氧速率研究*

高 旭 龙腾锐

提要 氧的利用速率(OUR)或比污泥耗氧速率(SOUR)是活性污泥工艺生化过程的重要指示参数。在重庆某污水处理厂进行间歇曝气的试验研究中,引入 SOUR 作为间歇曝气工艺可行性的判断,并对不同间歇工况污泥的 SOUR 变化进行了分析和研究。试验表明 SOUR 对污泥性能有较强的指示作用,并能反映间歇曝气运行中污泥的需氧特性。SOUR 的研究为污水厂节能改造提供了一种新的思路。

关键词 间歇曝气 OUR SOUR 污水处理厂 节能

1 背景与研究目的

20 世纪 70 年代初人们开始在实验室内进行活性污泥间歇曝气运行特性的研究^[1~2]。80 年代以来,间歇曝气法在美、日、澳等国得到了广泛研究和迅速推广,并形成了序批式活性污泥法(SBR)、好氧与厌氧交替式活性污泥法(AAA)、循环式活性污泥法(CAST)等工艺类型。间歇法与传统法相比,具有能耗低、容积负荷高、能耐受高浓度的有机废水、能有效控制丝状菌引起的污泥膨胀等优点,对氮、磷的脱除效果也十分显著。但这些方法对系统自控和管理的手段有较高要求,故而较难用于现有处理厂的改造。

间歇曝气在曝气池中形成周期性的好氧、缺氧条件,因而活性污泥在氧不足的情况下的存活能力

(Survival Capacity)和活性污泥中微生物活性(Microbial Activity)的变化较为重要。这两者都可用污泥的 OUR 和 SOUR 来衡量。OUR 是指污泥单位时间的氧吸收率,即氧的利用速率,单位是 $\text{mg}/(\text{L}\cdot\text{h})$ 或 $\text{mg}/(\text{L}\cdot\text{s})$ 。如将该速率与混合液悬浮固体或挥发性悬浮固体的量相联系,则可用比污泥耗氧速率(Specific Oxygen Uptake Rate, SOUR)表示,其单位是 $\text{mgO}_2/(\text{gMLSS}\cdot\text{h})$ 或 $\text{mgO}_2/(\text{gMLVSS}\cdot\text{h})$ 。OUR 或 SOUR 与微生物对底物的利用速率以及微生物的增殖有很好的相关性,这在许多文献中都有报道^[3~5]。在废水处理系统中,存在微生物降解底物的过程,微生物能将有机底物分子内化学键的能量转变为 ATP 中高能磷酸键的能量,以用于微生物细胞生长和增殖。能量的转化过程要通过氧化还原反应来实现,因为只有活性微生物才能利用氧这种最终电子受体,所以 OUR 间接反映了特定的一类微生物消耗底物的强度及进水负荷对其利用效率的

* 国家自然科学基金重点资助项目(59838300)及国家自然科学基金项目(50178069)的部分内容。

理厂投产,但无生物除磷记录。所以,选择该工艺生物除磷时应慎重考虑。

(3) 处理水量过大时,应充分考虑该工艺的复杂性。由于工艺运行、结构受设沉降缝和抗浮等原因的限制,处理池每格的平面尺寸宜控制在 $40\text{ m}\times 40\text{ m}$ 范围内。当处理水量增加时,处理单元数也会增加,致使配水、出水、冲洗水和剩余污泥排放等设备随着单元数而增加,大大提高了实际运行的复杂程度。从自动控制方面看,10 万 m^3/d 处理规模的污水厂,氧化沟工艺的 I/O 数量只需 1 200 点,而该工

艺为 3 000 点以上,随着处理单元数量增加,其控制量也将成倍增加。所以,该工艺在规模较大处理厂应用时,应进行全面考虑。

综上所述,UNITANK 工艺更适用于中小型污水处理厂。在一定的范围内,可以替代其它活性污泥法,有独特的优点,并具有较强的竞争力。

◎作者通讯处:100045 北京月坛南街乙 2 号
北京市政工程设计研究总院

电话:(010)68013875

收稿日期:2001-10-18

ABSTRACTS

Practice on UNITANK Process for Municipal Wastewater Treatment Feng Kai et al (1)

Abstract: The application of UNITANK process in the WTP of the Shijiazhuang High Tech Zone in Hebei Province is presented. The design of tank structure, washing water system, aeration system and sludge discharge system are described, and the advances and attentions in application of this process are reviewed.

Research on Oxygen Uptake Rate of Continuous Inflow-Intermittent Aeration Process Gao Xu et al (4)

Abstract: Both the oxygen uptake rate (OUR) and specific oxygen uptake rate (SOUR) of sludge are important parameters in activated sludge process. In the batch aeration experiment conducted in a WTP in Chongqing City, SOUR was applied as a threshold to estimate the feasibility of intermittent aeration process. The SOURs gathered in different operating conditions are compared and discussed. It is concluded that SOUR best indicates the property and the oxygen demand of the sludge in intermittent aeration process. The research of SOUR might be a new way to help the renovation of WTP for power saving.

On Water Source and Drinking Water Quality in Shanghai Gao Naiyun et al (9)

Abstract: The water qualities of the raw water are compared which taken from Huangpu River and Yangtze River and the corresponding output water of waterworks. It is observed that both the raw and purified water of Yangtze are better than that of Huangpu River. So the authors recommend that the water source of Yangtze River might be preferential. The waterworks, which takes raw water from Huangpu River, has to be improved either with raw water pre-treatment or post-treatment of output water by activated carbon filtration at the end of the water purification.

Study on Algae Toxin Pollution and Control in Drinking Water Treatment Yu Guoxiong et al (25)

Abstract: Excessive growth of toxic algae in eutrophic water body will caused Algae Toxin (AT) pollution. Its migration and transformation in water environment are influenced by combined actions of factors of light irradiation, temperature, organic content, aquatic creatures and so on. In aerobic condition, AT is degraded by adapted microorganisms more speedily. But it is low order removed by conventional water treatment unit operations as coagulation, sedimentation, sand filtration, chlorination etc and/ or their combinations. However AT in water could be removed 100% by conventional water treatment process + activated carbon filtration or ozonation + conventional treatment processes. Best detoxicating also could be obtained by way of massive removal of AT without breakage of algae cell, which could be realized by combined pretreatment+ ozonation+ conventional treatment activated carbon process.

Laboratory Study on Ozonation-Biological Activated Carbon Process Zhang Jinsong (29)

Abstract: The surface water sources in this country are polluted. The purification capacities of both the Ozonation-Biological Activated Carbon (OBAC) and Biological Activated Carbon (BAC) processes are investigated by artificial raw water sample at laboratory experiment. The results show that the removals of organic substances and turbidity and decolorizing capacity of OBAC are better than that of BAC. The synergism of ozonation with biological oxidation and activated carbon adsorption has been approved.

Stratagem of Municipal Wastewater Treatment and Reuse in Zhejiang Province Zhou Xingen (32)

Abstract: The municipal wastewater treatment and reuse are discussed under consideration of some actual problems in Zhejiang Province; such as the water shortage and laggard development in this field. This discussion formulates the target for the sustainable development of social and economic affairs in every time in this province. And further exploration of the measures to promote the construction of wastewater treatment and reuse engineering has been done.

Development and Research on High Ammonia and Sulfide Wastewater Treatment Xia Ping'an et al (43)

Abstract: Aerated biological fluid technology (ABFT) composed of fixed microorganism and JADS aeration system was adopted to treat high ammonia and high sulfide wastewater. The raw wastewater discharged from refinery aspects COD= 980 mg/L, ammonia nitrogen= 682 mg/L, sulfide= 162 mg/L, volatile phenol= 18 mg/L, SS= 399 mg/L and petroleum= 41 mg/L. By ABFT process, effluent with COD= 137 mg/L, ammonia nitrogen= 0.227 mg/L, sulfide= 0.018 mg/L, volatile phenol= 0.034 mg/L, SS= 64.8 mg/L and petroleum= 8.6 mg/L was obtained. This means that ABFT is reliable and effective. Also this process has advantages of easy management, secondary sludge free and low operating expenses.

Experiment on Degradation of Active Dyestuffs by Fenton Oxidation Li Shaofeng et al (46)