

# 低进水负荷 CASS 工艺的启动与试运行

俞晶

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

**摘要:**为了解决新区新建污水厂普遍存在的启动初期进水水量和水质偏低导致调试周期长、出水水质不稳定等问题,从 CASS 工艺的特点出发,结合典型的污水厂案例,在对原设计的运行模式、运行周期、污泥负荷、混合液回流比等关键参数进行针对性地调整和优化后,CASS 池能克服低进水负荷的前提下,在较短的时间内启动并在试运行阶段出水各项指标约能稳定达到设计标准。可为同类污水厂所面临的低水量负荷的启动和试运行提供借鉴。

**关键词:**低负荷;CASS 工艺;启动;试运行;优化

**中图分类号:** TU992.4

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2023)03-0133-04

## 0 引言

对于新开发城区或者园区配套的新建污水厂,其设计规模通常是考虑了服务范围内近期和远期一定入住率后的污水量。而在污水厂建成初期,污水量往往很长一段时间都维持在一个远低于设计规模的水平,同时也会存在水质偏低的情况。邵林广对南方城市污水处理厂实际运行水质远低于设计值的问题进行了原因分析对给出相应的对策<sup>[1]</sup>,羊寿生对污水厂实际水量远低于设计水量的现象也有相应的论述<sup>[2]</sup>,温荣平也讨论了污水厂在低负荷运行过程中存在的问题<sup>[3]</sup>,但上述研究较多基于排水体制、设计规范、污水管网等方面分析原因,并给出相应的对策,却未就实际进水水量水质较大偏离设计工况的情况下,污水厂的启动与试运行需要做哪些相应的调整进行研究。本文以广州某污水处理厂为例,研究和探索在低水量负荷条件下污水处理工艺的启动与试运行方法。

## 1 工程介绍

### 1.1 工程概况

广东某污水厂,服务对象为服务范围内生活污水,初雨不纳入污水厂处理。处理规模为 3 万 m<sup>3</sup>/d,再生水处理规模为 0.5 万 m<sup>3</sup>/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 A 排放标准与广东省地方标准《广东省地方污染物排放标准》(DB 44/26—2001)第二时段城镇二级污水处理厂一级标准的较严值。

### 1.2 工艺说明

本工程污水处理工艺采用“CASS+ 高效沉淀池+ 滤布滤池+ 次氯酸钠消毒”。处理工艺流程如图 1 所示。

脱氮除磷 CASS 反应池是本工艺流程的核心,CASS 工艺是以生物反应动力学原理及合理的水力条件为基础而开发的一种具有系统组成简单、运行灵活和可靠性好等优良特点的废水处理新工艺。CASS 的整个工艺为一间歇式反应器,在此反应器中不断重复进行交替的曝气—不曝气过程,将生物反应过程及泥水的分离过程结合在一个池子中完成。

CASS 反应器由三个区域组成:生物选择区、兼氧区和主反应区,利用生物选择器与可变容积的活性污泥工艺过程相结合<sup>[4]</sup>。该工艺实现了在同一个池内完成曝气、沉淀、排水等水处理过程,集脱氮除磷和降 COD 于一体,还省去了二次沉淀池与污泥外回流等设施和设备,非常适合中小设计规模的市政污水厂及工业污水厂。同时该工艺由于通常采用分组设计,因此还具有运行方式灵活,在设计规模范围内能适应不同进水量,也易于分期进行土建施工和设备安装,避免由于水量不足而产生的设施利用率低下等问题。正是基于以上原因,本项目核心工艺单元选用 CASS 反应器。

本工程主要工艺设计参数如下。

污泥负荷:  $F/M=0.15 \text{ kgBOD}_5 / \text{kgMLSS} \cdot \text{d}$ 。

污泥浓度:  $3\ 500 \text{ mg/L}$ 。

总停留时间:  $\text{HRT}=21.7 \text{ h}$ 。

收稿日期: 2022-09-22

基金项目: 上海市科委基金资助科研项目(20230730100)

作者简介: 俞晶(1981—),女,本科,工程师,从事市政给排水相关工作。

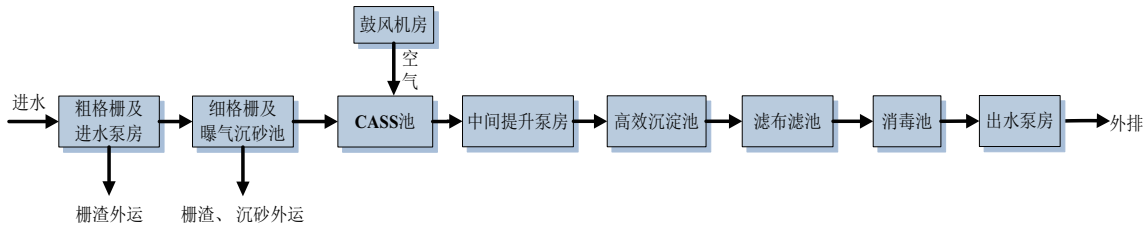


图 1 污水处理流程图

混合液回流比:40%。

设计 CASS 池分为 2 组,每组 4 个反应池,每组可独立运行,每组处理能力 1.5 万 m<sup>3</sup>/d。CASS 平面示意图(1 组中的相邻 2 个反应池)如图 2 所示。

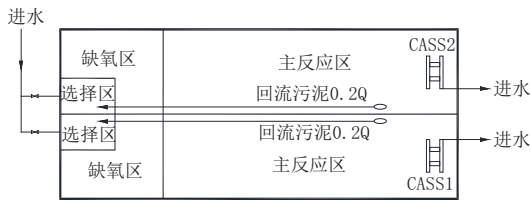


图 2 CASS 平面布置示意图

## 2 工艺的启动与试运行

### 2.1 启动初期的水质水量

由于本厂服务范围的企业和居民尚未达到规划入驻率,因此启动初期污水量很有限。且本厂地处软土地地区,污水管道难免会发生不均匀沉降,水位线较高的地下水会一定程度的渗入到污水管道中,导致进水水质偏低。本污水厂启动初期的进水水质水量见表 1,水量变化情况见图 3。

表 1 启动初期的水质水量

指标	水量/(m <sup>3</sup> ·d <sup>-1</sup> )	COD/(mg·L <sup>-1</sup> )	BOD <sub>5</sub> /(mg·L <sup>-1</sup> )	SS/(mg·L <sup>-1</sup> )	NH <sub>3</sub> -N/(mg·L <sup>-1</sup> )	TN/(mg·L <sup>-1</sup> )	TP/(mg·L <sup>-1</sup> )
设计进水	30 000	220	130	200	25	35	4.0
设计出水		40	10	10	5	15	0.5
实际进水 max	9 762	226.9	91.3	336	34.52	39.84	6.1
实际进水 min	4 325	56.4	20.4	95	9.37	16.83	1.2
实际进水 avg	7 495	119.8	56.2	122	26.18	29.69	3.2
实际 / 设计	0.25	0.54	0.43	0.61	1.05	0.85	0.8

注:max 为最大值,min 为最小值,avg 为平均值。

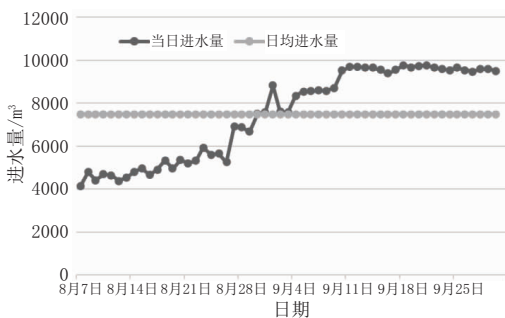


图 3 调试期间进水量

从表 1 中可以看出,启动初期实际平均进水量约为 7 500 m<sup>3</sup>/d,仅为设计规模的 25%。水质指标方面,实际进水水质 COD、BOD<sub>5</sub>、TN、TP 分别仅为设计指标的 0.54、0.43、0.85、0.8 倍。BOD<sub>5</sub>/COD 约为 0.47,可生化性比较好,属于典型的生活污水比例。C : N : P 约为 17.6 : 9.3 : 1,碳源明显不足。

从图 3 可以看出,调试初期进水量仅为 4 500 m<sup>3</sup>/d 左右,这给调试运行带来了很大的困扰。直至调试中后期,部分管道打通,进水量才逐渐提升至约 10 000 m<sup>3</sup>/d 的水平,但也仅为设计规模的三分之一。

### 2.2 启动方案调整

根据设计,每组 4 个反应池按周期交替运行,每一个运行周期的标准时间为 4.8 h,其中曝气 144 min,搅拌 24 min,沉淀 48 min,滗水 72 min,每天运行 5 个周期。CASS 工艺的设计操作程序如图 4 所示。

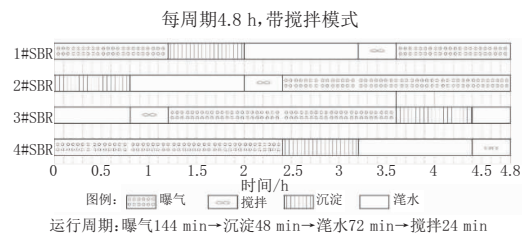


图 4 CASS 工艺的循环操作过程

由于现阶段平均进水量仅为单组设计水量的一半,无法按原设计的单组周期交替运行,因此需要改变运行模式。CASS 的整个工艺为一间歇式反应器,在此反应器中进行交替的曝气—不曝气过程的不断重复,属于 SBR 工艺及 ICEAS 工艺的一种变型。因此初步考虑可将原设计的 CASS 池转变为 SBR 模式运行,即按目前的进水量只启用两个反应池(即 2/8

CASS),污泥只在两格反应池内接种,按 SBR 反应器的模式间歇运行。

### 2.3 污泥接种、培养及驯化

为了缩短生化系统的启动时间,污泥接种采用外来浓缩污泥进行接种培养的方式。接种污泥取自附近相近工艺的污水处理厂中的浓缩污泥。为尽量缩短调试周期,一次性将 CASS 池内污泥浓度接种至设计值(3 500 mg/L),单格 CASS 池有效容积 3 390 m<sup>3</sup>,则需要接种污泥约 12 t 绝干污泥(即 240 t 的 95% 含水率的浓缩污泥)。

在污泥接入生反池之前,在池内预先留约占有效池容 1/2 的清水试车的余水,并加入 1/3 池容左右的污水,以减轻接种污泥的抑制作用。接种污泥应在尽量短时间内完成,接种污泥完成后即进入污泥培养阶段,必要时可投加优质碳源(如乙酸钠等)以加快污泥增殖和更新,生反池内曝气、搅拌及混合液回流泵适时开启,同时加强 CASS 池内污泥和污水状态,加强对主要指标的检测和微生物观测。

定期排除上清液,去掉上清液中悬浮的死泥,并补充新鲜污水(营养物质)。可通过显微镜观察,活性污泥逐渐由暗灰色转为淡黄色,SV30 在 10~15% 之间。在观察到较多的原生动物如钟虫以及轮虫等后生动物,表示污泥培养基本完成,可以转至驯化阶段。

驯化阶段是让微生物尽快具有适应、处理市政污水的能力,该阶段要将进水量逐渐提升,将污泥负荷提升至设计水平,连续进水量可按每天 10% 左右递增,直至满负荷运行。

## 2.4 试运行及调整

### 2.4.1 运行周期调整

由于在启动初期日平均进水量 7 500 m<sup>3</sup> 左右,各项进水指标也低于设计值,且有碳源不足的情况。为了使水处理系统能正常启动和运行,运行成本尽量经济合理,需要根据实际进水水质指标来灵活调整 CASS 池的运行周期数,以及调整运行周期中各阶段时间比例,如水质偏低可适当缩短曝气时长、增加沉淀时段等,这样在保证出水水质的情况下还节省了能耗。经调整后,实际运行周期仍保持 4.8 h,其中曝气 100 min,搅拌 20 min,沉淀 78 min,滗水 60 min,闲置 30 min。这样做可以在保证出水指标的前提下,降低鼓风能耗,减少对碳源的需求量(启动初期考虑外加碳源的投加),并提高泥水分离的效果。增加闲置时间可以提高系统运行的灵活性,同时可适当利用闲置时间进水,充分利用进水碳源,可进

行反硝化处理。

### 2.4.2 污泥负荷调整

根据本项目中污水厂实际的进水水质,按照原设计将 MLSS 控制在 3 500 mg/L,则污泥负荷为 0.025 kgBOD<sub>5</sub>/(kgMLSS·d),为设计值的 1/6,属于极低负荷状态下运行。过低的污泥负荷,将导致污泥产率降低,泥龄增加,污泥老化严重以及污泥活性降低,不利于生化系统长期保持稳定。活性污泥是生物反应池的核心,控制生反池内的活性污泥浓度,可以有效控制污泥负荷和污泥活性。

根据《室外给水排水设计标准》(GB 50014—2021)当中给出的生物脱氮的 BOD<sub>5</sub> 污泥负荷参考值 0.05~0.15 kgBOD<sub>5</sub>/(kgMLSS·d)。因此针对本项目污泥负荷较低的实际情况,将污泥浓度调整为 2 000 mg/L 左右,对应的 BOD<sub>5</sub> 污泥负荷为 0.044 kgBOD<sub>5</sub>/(kgMLSS·d),并且控制排泥量和频率,使得生反池内的污泥浓度保持相对稳定,且要保证 MLVSS/MLSS 的比例在 0.6 以上,提高污泥活性。

### 2.4.3 污泥回流调整

原设计的混合液回流比为 40%,但在进水量和各项水质指标远低于设计值时,为避免内回流给生物选择池带回过多溶解氧进而影响厌氧释磷效果,混合液回流比不宜设置过高。在能保证各段 CASS 生反池的污泥浓度相对稳定的前提下,尽可能减小内回流比。本项目拟将混合液回流比控制在 15% 左右,由此也降低了回流所需的电能消耗。

## 2.5 试运行效果

本项目从 2020 年 8 月 8 日正式接种污泥开始,直至系统稳定运行,各项出水指标稳定达标,共计 40 d,进出水 COD、NH<sub>3</sub>-N、TN、TP 变化如图 5 至图 8 所示。

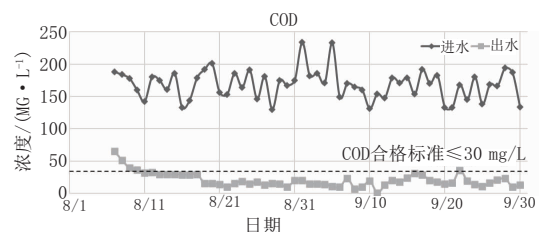


图5 试运行期间进出水 COD 变化趋势

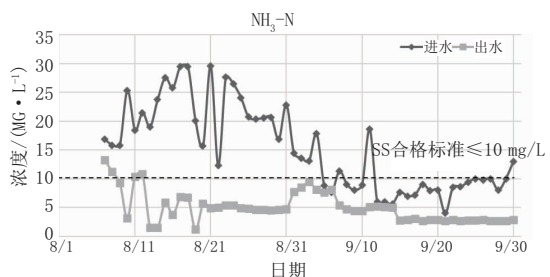


图6 试运行期间进出水 NH<sub>3</sub>-N 变化趋势

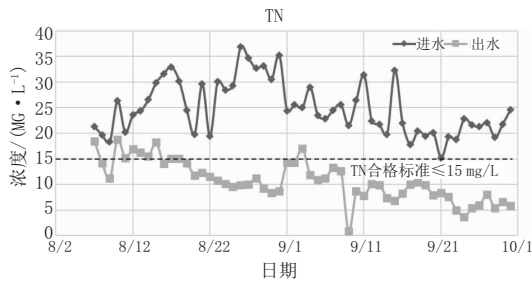


图 7 试运行期间进出水 TN 变化趋势

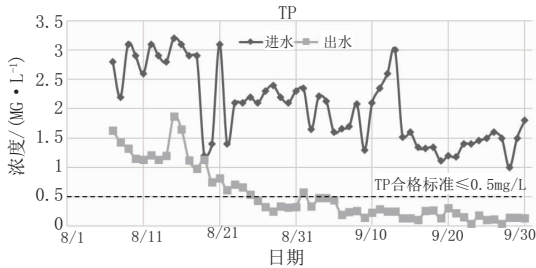


图 8 试运行期间进出水 TP 变化趋势

从图 4 至图 7 可以看到，随着调试和试运行的开展，COD 能很快达标，且基本能维持较稳定。出水  $\text{NH}_3\text{-N}$  能保持在较低的水平，表明水处理系统硝化效果明显，出水  $\text{NH}_3\text{-N}$  在 8 月 31 日左右有一个突然升高，是由于进水量提升过快（见图 3 所示），导致了出水恶化，随着调试过程进行中， $\text{NH}_3\text{-N}$  也逐渐恢复至较低水平。出水 TN 中有也类似的变化趋势。在高效沉淀池的投入使用和化学除磷作用下，出水 TP 也能较稳定的维持在低位，CASS 系统的生物除磷以及高效沉淀池的加药后的化学除磷均发挥了重要作用。其中，加药系统正常运行对高效沉淀池的稳定运行和水质保障十分关键。

启动和试运行阶段，进、出水的 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN、TP 平均值、范围及去除率统计见表 2。

结果表明，COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN、TP 均有较高的去除率，系统运行稳定，通过外加碳源，TN 也能稳定达标，实现了设计目的。

表 2 试运行期间水质对比及去除率

去除物	进水 / ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )		出水 / ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )		去除率 / %
	平均	范围	平均	范围	
COD	119.8	56~226	18.6	4.7~65.2	29~98
$\text{NH}_3\text{-N}$	26.2	9~34	1.49	0.35~13.3	13~80
TN	29.69	17~40	11.23	7.4~18.8	13~80
TP	3.18	1.2~6.1	0.71	0.13~1.87	35~96

注：表格内数据统计范围为整个调试运行周期内的数据。

### 3 结 语

本文从 CASS 池的原理和特点出发，结合实际工程案例，提出了在进水水质和水量远低于设计参考值的不利条件下，采用一系列的优化措施，这些措施包括：

(1) 根据现有进水量将 CASS 工艺转变为两组独立的 SBR 反应池运行。

(2) 根据实际进水负荷调整一个运行周期内曝气、搅拌、沉淀、滗水等各个阶段的时长。

(3) 对生反池污泥浓度进行调整，从而将污泥负荷从  $0.025 \text{ kgBOD}_5 / (\text{kgMLSS}\cdot\text{d})$  提升至满足规范要求  $0.044 \text{ kgBOD}_5 / (\text{kgMLSS}\cdot\text{d})$ 。

(4) 混合液回流比从设计的 40% 减少至 15%。

通过上述优化措施，使得在进水条件不利的情况下，用了不到 40 d 的时间内，顺利完成了 CASS 池的启动与试运行工作，出水能稳定达到设计标准，同时实现了节能降耗的目的。可为同类污水厂所面临的低水量水质情况下的启动和试运行提供借鉴。

#### 参考文献：

[1] 邵林广. 南方城市污水处理厂实际运行水质远小于设计值的原因及其对策[J]. 给水排水, 1999, 25(2):11-13.  
 [2] 羊寿生. 污水处理厂工程设计中一些问题讨论[J]. 给水排水, 1996, 22(8):18-20.  
 [3] 温荣平, 卢东昱, 郭伟, 等. 低负荷城市污水厂的运行问题与对策[J]. 中国给水排水, 2010, 26(18):144-150.  
 [4] 李镇秋. 污水处理厂 CASS 工艺的调试及运行方式研究[J]. 环境与发展, 2018(4):58-60.

## 《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴，为您提供平台，携手共同发展！

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站：<http://www.csdqyfh.com> 电话：021-55008850 联系邮箱：cdq@smedi.com