

经验交流

镇江市征润州污水处理厂 CAST 工艺的应用

任明华¹, 严敏², 高乃云¹, 胡坚³

(1. 同济大学污染控制与资源化研究国家重点实验室, 上海 200092; 2. 浙江工业大学建筑工程学院, 浙江杭州 310032; 3. 镇江市水业总公司排水管理处, 江苏镇江 212001)

摘要 介绍了镇江市征润州污水处理厂循环式活性污泥法(CAST)的工艺流程、相关设备及构筑物设计参数。污水处理厂位于长江中下游的镇江市北侧, 所处理的污水主要是镇江市居民生活污水。CAST 生物反应池的构造和运行方式是将好氧、缺氧和厌氧过程很好地结合起来, 在一个循环运行周期中同时完成硝化和反硝化过程, 有效地进行脱氮除磷。运行结果表明, 用 CAST 工艺处理城市污水, 处理效果良好, 出水水质达标, 操作管理方便, 很适合城市、农村和小城镇使用。

关键词 污水处理厂 城市污水 循环式活性污泥法 生物反应池

中图分类号: TE992.2 文献标识码: A 文章编号: 1009-0177(2009)05-0067-04

CAST Technological Process at Zhengrunzhou Sewage Treatment Plant in Zhenjiang City

REN Ming-Hua¹, YAN Min², GAO Nai-yun¹, HU Jian³

(1. State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse, Tongji University, Shanghai 200092, China;
2. Faculty of Civil Engineering and Architecture, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310032, China;
3. Division of Sewerage Management, Zhenjiang Water Industry Company, Zhenjiang 212001, China)

Abstract The treatment processes, facilities of cyclic activated sludge technology (CAST) and its designing parameters of treatment elements in Zhenjiang Zhengrunzhou sewage treatment plant were introduced. The sewage treatment plant is located near the downstream of Yangtze River, the north of Zhenjiang, whose influent is mainly the municipal wastewater. Since the aerobic, anoxic, and anaerobic successive stages were properly incorporated into the CAST operation, nitrification and denitrification might be done simultaneously in one cycle, within the nitrogen and phosphorus removing effectively. The operational results show that CAST is an ideal technology for treating sewage in cities, rural areas and small towns because of its good treatment effect, stable water quality of the effluent and convenient to be operated.

Key words sewage treatment plant municipal sewage cyclic activated sludge technology(CAST) biological reaction tank

镇江市征润州污水处理厂是镇江市的一个大型污水处理厂, 也是镇江市截流治污工程的一个重要组成部分, 由于南水北调工程的取水口位于污水截流工程直排口下游约 10 km 处, 因此污水处理厂的出水水质将直接影响到附近的南水北调工程取水口的水质和长江水资源的保护和利用。

1 工程概述

镇江市征润州污水处理厂位于长江中下游镇江的江北岸征润州江滩上, 由中国市政工程华北设计研究院设计, 采用循环式活性污泥法(cyclic activated sludge technology, CAST) 处理城市生活污

水。2003 年 6 月建成运行, 厂区占地 8.72 ha, 分二期建设。一期处理规模为 $1 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{d}$, 总规模为 $2 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{d}$ 。服务范围为镇江市主城区, 服务人口约 45 万人, 服务面积约 40 km^2 。污水厂处理后的出水, 大部分直接排入长江, 另外一小部分经过深度处理后作为中水回用, 供污水厂绿化、冲厕及鱼塘养殖用水, 这对于环保及节约水资源都有重要作用。

2 处理工艺

2.1 工艺流程

镇江市主城区的污水经江滨泵站汇集后提升, 穿越长江后送至江心滩上的征润州污水处理厂。江滨泵站内设有粗格栅、平流沉砂池和提升泵房, 格栅栅距为 10 mm。江滨泵站内进水井、格栅、沉砂池和

[收稿日期] 2009-01-04

[作者简介] 任明华(1982-), 硕士, 现为上海宝钢工程技术公司设计师。
电话: 13816559516; E-mail: renminghua_kaka@hotmail.com。

提升泵房的平面布置见图 1。

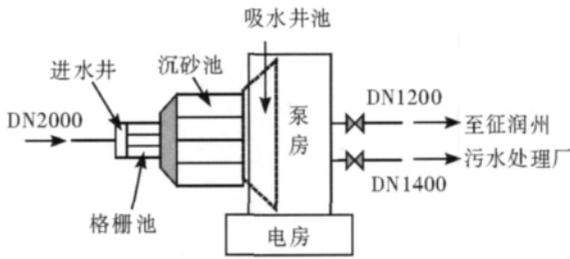


图 1 江滨泵站平面布置图
Fig.1 The floor plan of Jiangbin pump station

污水进入征润州污水处理厂后, 经进水井、细格栅进入 CAST 生物反应池, 处理后水经过出水阀门井排入外界水体。污水处理工艺流程如图 2 所示。

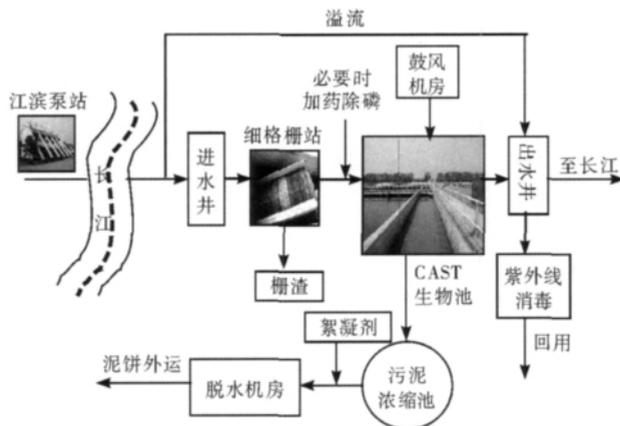


图 2 征润州污水处理厂污水处理工艺流程图
Fig.2 The process chart of Zhengrunzhou sewage plant

污水厂设计进出水水质见表 1, 出水水质须达到《污水综合排放标准》二级排放标准(GB8978—1996)。

表 1 征润州污水处理厂设计进出水水质
Tab.1 Designed water quality in influent of
Zhengrunzhou sewage plant

	COD _{Cr} (mg·L ⁻¹)	BOD ₅ (mg·L ⁻¹)	SS (mg·L ⁻¹)	TN/NH ₃ -N (mg·L ⁻¹)	TP (mg·L ⁻¹)
设计进水	350	160	200	35(TN)	3
设计出水	60	20	20	15(NH ₃ -N)	0.5

2.2 主要构筑物

(1) 进水井

污水厂设有进水井一座, 平面尺寸为 6.0 m×4.0 m, 来自江滨泵站的压力污水干管直接接入进水井。井内设有电动溢流堰, 以便调节流量。正常运行时, 溢流堰设定在一定高度, 可起到泄压稳流作用。在污水厂发生运行事故时, 可降低溢流堰的高度, 使污水直接经溢流管排放。

(2) 细格栅

细格栅站与进水井合建, 由进水井通过孔口进入 3 条细格栅渠, 渠上分别装有闸门以便检修, 每渠安装有机电转鼓式细格栅, 事故时可互为备用。细格栅采用德国 HUBER 公司 R02 型转鼓式细格栅, 共 3 台, 平行放置, 轮流自动清洗。单机流量为 400 L/s, 最大流量为 650 L/s, 栅框直径为 200 mm, 栅条间距为 3 mm。螺旋输送机采用国产 R08W 型螺旋输送机, U 形槽直径为 260 mm, 输送量大于 3 m³/h, 电机功率为 1.5 kW, 螺杆转速为 20 rpm, 输送距离为 8 m。运行时细格栅的栅渣由螺旋输送机送至栅渣压实机压实并送往栅渣箱中。细格栅耙耙系统、螺旋输送机及栅渣压实机均由 PLC 自动控制联锁操作。

(3) CAST 生物反应池

CAST 生物反应池为矩形钢筋混凝土结构, 属完全混合式生物池, 是主要的处理构筑物。每个 CAST 生物池包括主反应区和生物选择区两部分。

一期的主要处理构筑物共有 8 个 CAST 生物反应池, 分为 2 座, 每座 4 池, 其中每 2 个池子为一个模块, 一共 4 个模块, 依次完成进水、曝气、沉淀、滗水等工序。CAST 池总有效容积为 64 800 m³, 每个模块总有效容积为 16 200 m³。CAST 生物反应池的主要设计参数见表 2。

表 2 CAST 生物反应池的主要设计参数
Tab.2 Designed parameter of the reactor of CAST

项目	设计参数
选择区的平面尺寸	3 m×30 m
主反应区的平面尺寸	42 m×30 m
最大水深	6.0 m
泥龄	15 d
MLSS	6000 mg/L(最小水深 4.0 m 时) 4000 mg/L(最大水深 6.0 m 时)
总停留时间	16 h
好氧池溶解氧(DO)	2.0 mg/L
混合液回流比	20 %

每个 CAST 生物反应池的前端设置生物选择区, 当污水经过细格栅之后, 重力流入 CAST 反应池。生物选择区和主反应区用隔墙分开(图 3), 生物



图 3 CAST 生物反应池
Fig.3 The reactor of CAST process

选择区出水通过设置在隔墙的过水孔流至主反应区。过水孔尺寸为 2.5 m×2.0 m, 位于生物选择区末端的隔墙底部。

生物选择区内设置有水下搅拌器, 在进水阶段开启, 可防止回流污泥沉降。CAST 生物反应池中装有污泥回流泵, 也在进水阶段开启, 污泥从主反应区回流至生物选择区, 使活性污泥与进水在生物选择区中完全混合。CAST 生物池主反应区的底部安装有微孔膜式曝气管, 同时设有剩余污泥排放装置, 在沉降阶段由剩余污泥潜水泵抽排至污泥处置系统。滗水器设在 CAST 生物池的主反应区内, 完成撇水。

每个 CAST 池运行时的最初阶段是进水和曝气同时进行, 进水水位由最低逐渐上升至最高水位, 同时进行污泥回流, 回流比为 20%, 历时 1 h。当水位上升至最高水位时, 停止进水和污泥回流, 进水/曝气阶段结束。反应池进入恒水位的纯曝气阶段, 历时 1 h。曝气阶段结束时停止进气, 反应池进入静止沉淀阶段, 历时 1 h。沉淀阶段结束后开始排水。排水结束后开始排除剩余污泥, 排水、排泥共历时 1 h。然后反应池进入下一轮的运行周期。每个运行周期的时间分配见图 4。

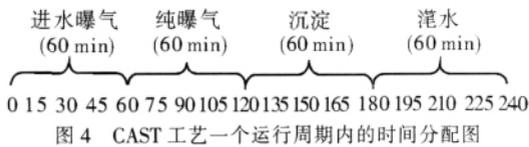


图 4 CAST 工艺一个运行周期内的时间分配图

Fig.4 The distribution diagram in a cycle of CAST process

每个模块的 CAST 池一个运行周期历时 4 h, 每天运行 6 个周期, 但周期历时和每天周期数可根据情况调整。每小时内各个模块运行所处的阶段是不同的, 设计运行周期见表 3。

表 3 CAST 工艺设计运行周期表

Tab.3 The designed periodic table of CAST process

时间/h	1	2	3	4
模块 1	曝气	曝气	沉淀	滗水
模块 2	沉淀	滗水	曝气	曝气
模块 3	滗水	曝气	曝气	沉淀
模块 4	曝气	沉淀	滗水	曝气

(4) 曝气装置

CAST 反应池主反应区内不另设搅拌装置, 泥水混合完全依靠曝气。曝气装置采用美国 ECOLOGIX 公司生产的 HYOTUBE7-1000F 型进口管式曝气器, 每池 750 根, 管径为 65 mm, 气泡直径为 1 mm, 理论动力效率大于 6.5 kgO₂/(kW·h), 单位

通气量为 2.5 m³/m, 氧利用率大于 30%。

(5) 滗水器

滗水器用以排出生物反应池中的上清液, 每座 CAST 反应池的主反应区内设有 2 台国产 JSBSJ-1400B 型旋转式滗水器, 共采用 16 套旋转式滗水器。旋转式滗水器由滗水堰口、支管、干管、可 360° 旋转的回转支撑、滑动支撑、驱动装置、自动控制装置等组成。工作时在驱动装置的作用下, 滗水堰口以滗水器底部回转支撑中心线为轴心向下作变速圆周运动, 使反应池中的上清液通过滗水堰口流入滗水支管、再经滗水干管排出(图 5)。滗水工作完成后, 滗水堰口以滗水器底部的回转支撑中心线为轴心向上作匀速圆周运动, 使滗水堰口停在待机位置, 待进水、生化反应、沉淀等工序完成后再进行下一次滗水过程。滗水器的运行速度为 1~3 mm/s, 堰口宽度为 11 m, 平均滗水量为 1400 m³/h, 滗水高度 2.0 m, 最大行程 1.5~2.2 m, 运行区域 70°(上止点 80°, 下止点 10°)。一般情况下在滗水的同时开始排泥。



图 5 滗水器主管和支管连接及排水图

Fig.5 The photo of decanter

(6) 排泥

每座 CAST 池配一台 WQD50-12-3 剩余污泥提升泵, 其额定流量为 50 m³/h, 额定扬程为 12 m, 额定功率为 3 kW, 出口管径为 DN100。

(7) 污泥回流

污泥回流与进水同步, 回流量约为进水的 20%, 每座 CAST 池安装有德国 EMU 公司进口的 RZP25.145-4/16S23 型污泥回流泵 1 台, 流量为 450 m³/h, 扬程为 1 m, 额定功率为 6.5 kW。为了使选择区泥水充分混合, 在选择区底部安装德国 EMU 公司进口的 TR36.145-4/12 型水下搅拌器 1 台, 螺旋桨直径为 360 mm, 转速为 1450 rpm, 循环流量为 290 L/s, 额定功率为 4.5 kW。

(8) 鼓风机房

征润州污水处理厂鼓风机房配有 5 台法国 HIBON 公司进口的 SF592KPC 型罗茨鼓风机, 5 台

鼓风机中, 3 台采用变频启动 (其中 1 台备用), 2 台鼓风机为工频软启动。每台鼓风机风量为 6900 m³/h, 转速为 1485 rpm, 电机功率为 200 kW, 入口压力为 1013 mbarA, 出口压力 1713 mbarA (均为绝对压力), 压差 700 mbar, 出口温度为 88.2 °C。罗茨风机的流量一般变化不大, 而压力变化幅度较大, 恰与 CAST 工艺水位变化的特点相符合, 较为适用。

(9) 出水井

污水处理厂出水设有出水闸门井, 出水排至长江, 出水闸门井采用钢筋混凝土结构, 平面尺寸 6.0 m×9.0 m, 出水井设置有监测仪表。

3 污水处理效果

CAST 工艺是在序批式反应器 SBR (Sequencing Batch Reactor) 的基础上结合生物选择器的原理所开发出来的一种先进的废水处理工艺, 以序批曝气-非曝气方式运行, 将生物反应过程和泥水分离过程结合在一个池子中。与 SBR 相比, CAST 工艺与之主要的不同之处在于反应池内加入了生物选择区。来自自主反应区高浓度污泥和废水充分混合, 污泥中的反硝化菌以污水中的有机物为碳源, 将硝态氮 (污泥中的硝态氮一般为 2 mg/L) 还原为氮气, 实现脱氮。聚磷菌在厌氧条件下分解体内的聚磷酸盐释放到水中, 获得能量用于吸收废水中的有机酸合成聚 β-羟基丁酸 (PHB) 并储存于细胞内, 这是一个过量的释放磷的过程, 为好氧条件下的过量摄磷创造先决条件。由于废水的进入, 在此区域还发生比较明显的反硝化, 其去除的氮占总去除率的 20 % 左右。

CAST 工艺能更有效地防止污泥膨胀以及进行脱氮除磷, 运行周期短并且可以连续进水。目前已广泛应用于欧美许多国家的城市污水和各种工业废水的处理^[2], 近年来, 在国内也已开始得到广泛应用^[3-7]。

通过长期试验观察与比较, DO 对 CAST 工艺出水效果影响尤为显著, 最佳 DO 试验结果表明, 对目前的进水水质而言, 将 CAST 工艺纯曝气段的 DO 稳定控制在 2.5 mg/L 左右, 能使 CAST 工艺的工作性能达到最佳, COD_{Cr}、TN 和 TP 去除率分别可达到

85.9 %、25.9 % 和 84.5 %, 出水 COD_{Cr}、NH₃-N 和 TP 浓度分别为 23、15.0 mg/L 和 0.27 mg/L。

由于 CAST 工艺能够实现同步硝化反硝化, 耐冲击负荷能力强, 经过 CAST 工艺的处理, 征润州污水处理厂的出水水质基本稳定, 各项指标均达到排放标准。征润州污水处理厂 2005 年和 2006 年处理水量分别为 3 603 万 m³ 和 3 953 万 m³, 出水水质见表 4。

表 4 征润州污水处理厂出水水质 (平均值)

Tab.4 Water quality in effluent of Zhengrunzhou sewage plant (average value)

项目	COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹)	BOD ₅ /(mg·L ⁻¹)	NH ₃ -N /(mg·L ⁻¹)	SS /(mg·L ⁻¹)	TP /(mg·L ⁻¹)
2005	16~58	6~28	8~26	4~28	0.05~0.4
2006	12~63	5~27	4~31	4~25	0.05~0.5

4 结语

CAST 工艺是一种高效、经济、管理方便的处理技术, 污水厂内的处理构筑物少, 建设和运行费用都较低, 操作管理及维修简单, 特别适合我国国情。与常规的活性污泥法相比有其特点, 所以城市、农村和小城镇可考虑采用 CAST 工艺。

参考文献

- [1] Goronszy M C. Aerated denitrification in full-scale activated sludge facilities[J]. Water science and technology, 1997,35(10): 105-111.
- [2] Goronszy M C. The cyclic activated sludge system for resort area wastewater treatment[J]. Water science and technology, 1995,32 (9-10):105-114.
- [3] 熊红权, 李文彬. CASS 工艺在国内的应用现状[J]. 中国给水排水, 2003,19(1):34-35.
- [4] Goronszy C, 朱明权. 活性污泥法(CASS)的应用及发展[J]. 中国给水排水, 1996,12(6):4-10.
- [5] 孙剑辉, 闫怡新. 循环式活性污泥法的工艺特性及其应用[J]. 工业水处理, 2003,23(5):5-85.
- [6] 傅士斌. 用 CAST 循环式活性污泥法处理城市污水[J]. 给水与排水, 2004,(1):40-42.
- [7] 周刚. CASS 工艺在高寒地区处理啤酒废水中的应用[J]. 给水排水, 2001,27(11):46-48.

只有一个地球、人类应该同舟共济