

美国 South Bermuda 污水厂的升级改造

朱石清¹, 唐建国¹, 周 骅², 张善发², 高允础³,
徐月江², 黄 鸣², 徐鸿德⁴

(1. 上海市水务局, 上海 200003; 2. 上海市城投总公司, 上海 200070; 3. 上海松江区
水务局, 上海 201600; 4. 美商生化科技公司 上海代表处, 上海 200336)

摘要: 美国 South Bermuda 污水厂经过工艺升级改造, 污水处理量大为增加(从 3.19×10^4 m^3/d 增至 5×10^4 m^3/d), 而新建处理设施的占地面积较小。在升级改造中采用了以在线活性污泥模型 ASM2D 为基础的生物工艺智能优化系统(BIOS), 实现了出水达标排放和曝气节能的双重目的。

关键词: 污水处理厂; 升级改造; 活性污泥模型; 生物工艺智能优化系统

中图分类号: X703.1 文献标识码: C 文章编号: 1000-4602(2006)04-0031-03

Upgrading Reconstruction of U. S. South Bermuda Wastewater Treatment Plant

ZHU Shi-qing¹, TANG Jian-guo¹, ZHOU Hua², ZHANG Shan-fa²,
GAO Yun-chu³, XU Yue-jiang², HUANG Ming², XU Hong-de⁴

(1. Shanghai Water Authorization, Shanghai 200003, China; 2. Shanghai Municipal Investment Co., Shanghai 200070, China; 3. Shanghai Songjiang District Water Affairs Bureau, Shanghai 201600, China; 4. Shanghai Representative Office, U. S. Bio-chemical Science and Technology Co., Shanghai 200336, China)

Abstract: After upgrading reconstruction, the treatment capacity of U. S. South Bermuda Wastewater Treatment Plant is increased from 3.19×10^4 m^3/d to 5×10^4 m^3/d , and the new built treatment facility has less land occupied. In upgrading reconstruction, the bio-process intelligent optimization system based on the on-line activated sludge model ASM2D is used, and thus achieving the effluent up to discharge standard and energy saving of aeration.

Key words: wastewater treatment plant; upgrading reconstruction; activated sludge model; bio-process intelligent optimization system

1 South Bermuda 污水厂概况

South Bermuda 污水厂是 Tohopekaliga water Authority(TWA) 水务局下属最大的污水处理厂, 同时也是 TWA 的中心污水处理厂、监控中心和污泥处理中心。其中设在 South Bermuda 污水厂的化验室还是 TWA 的中心化验室, 承担 TWA 下属其他自来水厂、污水厂的水质化验任务, 每月常规化验项目达

2 500 项。污水厂的主要化验项目是 COD、TSS、TP、大肠杆菌和硝酸盐 5 项, 还包括微量物质的检测。

South Bermuda 污水厂原设计规模为 3.19×10^4 m^3/d , 处理工艺为格栅→沉砂池→水量调节池→卡鲁塞尔氧化沟→二沉池→滤池→加氯消毒→出水。

South Bermuda 污水厂设有一套 24 h 的 SCADA 无线警报系统, 该警报系统能同时监控 TWA 下属

其他污水厂的运行状况。由于该污水厂的部分处理出水需用于地下回灌,对其出水要求非常严格,因此设置了一套完善的出水浊度和加氯消毒系统的监测控制系统。

2 South Bermuda 污水厂的升级改造

随着服务范围内污水量的增加, South Bermuda 污水厂需要扩建至 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。美商生化科技有限公司承担了该厂工艺改造方案的设计任务。

通过对该厂连续的水质分析和系统研究发现,其水量调节池作用不明显,并且该调节池有条件改造为生化反应池。

另外,应用国际水协的活性污泥模型 ASM2D 对各种处理工艺进行了模拟和比较,结果发现在只增加 1 座初沉池、1 座与原二沉池同等尺寸的二沉池和相应的滤池,并将原调节池改造成生化反应池,应用 Myratek 公司开发的生物工艺智能优化控制系统(BIOS)后,即可满足扩容需要,为污水厂节省了大量改造资金。

原调节池改造后的生化反应池容积约是氧化沟容积的 $1/5$ (约为 $7\ 280 \text{ m}^3$),而改造后的生化处理系统能够处理水量达 $2.73 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,这为进一步改造氧化沟和今后扩容创造了条件。

South Bermuda 污水厂的工艺改造及扩建具有如下特点:

① 充分利用了原有构筑物的容量。该厂的改造用较小的容积(生化反应池在 $2.27 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 水量下的停留时间仅为 5 h)就实现了较高的除氮要求,主要措施就是采用了 Myratek 开发的生物工艺智能优化控制系统(BIOS)。该系统能实时分析进水的水质状况,然后根据生物处理工艺情况及时改变运行控制参数(包括 DO、内回流比、加药量),从而实现污水排放标准和曝气节能的双重目标。

② 重视对浮渣和动植物油的去。由于服务范围是迪斯尼乐园区域,餐饮业较发达,故采取如下措施以去除进入污水厂的动植物油和浮渣。

A. 增加初沉池。初沉池能耗极低,可去除 25% 左右的有机物,而且也去除了粒径 $< 0.2 \text{ mm}$ 的砂粒。更重要的是,通过初沉池可以去除部分油脂和浮渣,有利于后续二沉池及滤池的运行。

B. 加强了对二沉池浮渣的去除。对二沉池浮渣的去除率低是许多污水厂存在的问题,该厂在排渣口设置了“毛刷式挡板”(见图 1),较好地解决了

这一问题。

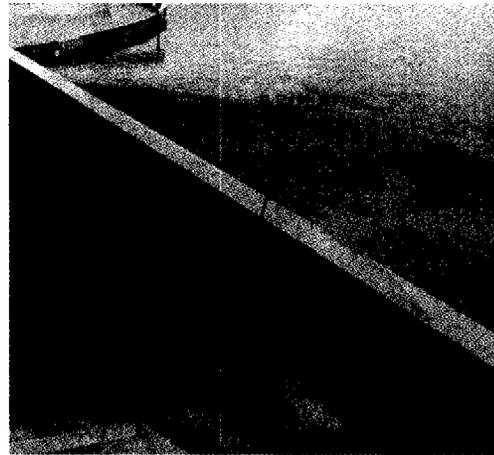


图 1 在二沉池排渣口设毛刷挡板

Fig. 1 Brush pad in sludge outlet of second clarifier

C. 将水解油脂和浮渣作为碳源。二级 A/O 系统可能出现碳源不足的问题,为此在新系统增加了投加甲醇的设施。为了降低成本,美商生化公司开发了将污水中的油脂和浮渣水解作为碳源的技术。

3 生物工艺智能优化系统的应用

通常状况下,污水处理厂的进水水量、水质是不断变化的,而实际上污水厂工艺运行本身随这些变化而采取的相应变化措施是很少的。许多污水厂尽管采取了根据曝气池中的 DO 控制曝气量的措施,但由于这种控制也是滞后的,污水厂实际上是处于一种“以不变应万变”的被动局面。

South Bermuda 污水厂在此次扩建改造中采用了 Myratek 公司的生物工艺智能优化控制系统(BIOS),较好地缓解了目前的这种被动局面。

BIOS 系统是前馈控制系统,采用该系统能实现污水厂“因变而变”的目标,不但可以保证良好的出水水质,实现达标排放,也降低了能耗,获得了很好的经济效益和环境效益。

BIOS 系统的核心是在线活性污泥模型,通过将 SCADA 系统收集的在线实时数据和最新的化验室分析结果输入到系统中,来计算活性污泥工艺的最佳运行条件,如 DO 目标设定值、内回流比、外回流比、排泥量等。图 2 表示的是 BIOS 系统利用污水厂的信息优化 DO 和 IRQ 的过程。BIOS 系统的创新性在于以进水的动态变化特性为基础来优化 DO 和 IRQ,而传统方法只是设置一个固定的曝气量或维持一个固定的 DO 设定值,或 DO 和 IRQ 的变化是

不相互关联的。

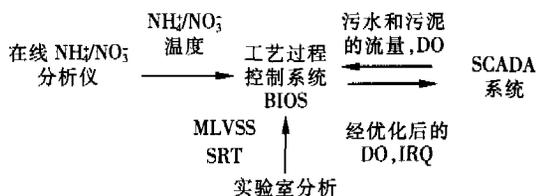


图 2 BIOS 系统的操作示意图

Fig. 2 Flow chart of BIOS system process

BIOS 系统的安装包括以下组件:

① 实时、在线的氨氮及硝酸盐氮分析仪/传感器。分析仪的数量取决于污水厂的配置。一般来讲,分析仪安装在缺氧区的末端或好氧区的前端。分析仪的监测数据能说明缺氧区对 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的去除率和好氧区对 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 的去除率。分析仪的监测数据和污水厂其他的一些运行数据将会被发送到控制面板。图 3 是直接安装在 South Bermuda 污水厂生化反应池上的在线氨氮和硝酸盐氮分析仪。

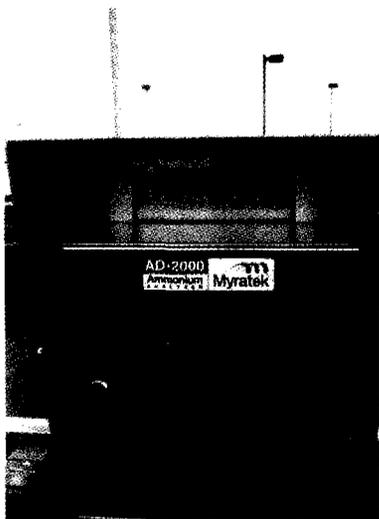


图 3 安装在生化反应池的氨氮、硝酸盐氮在线检测仪
Fig. 3 $\text{NH}_3 - \text{N}$ and $\text{NO}_3^- - \text{N}$ on-line analyzer installed in bioreaction tank

② 将 PLC 的控制面板和内嵌操作软件的工业计算机封装在 BIOS 系统控制中心。其中工业计算机内安装的工艺模型软件由 Myratek 开发,符合污水厂的运行特征。BIOS 系统控制中心利用分析仪和污水厂其他的运行数据来确定最佳的 DO 设定值及其他运行参数,从而既能达到去除 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 的目标又能使能耗最小化。

根据 South Bermuda 污水厂运行管理人员及 Myratek 工程师的介绍,应用 Myratek BIOS 系统能够在满足 TWA 严格的氮排放要求的同时,减少曝气能耗,降低运行费用。

BIOS 系统具有以下特点:

① 降低电耗。BIOS 系统能降低污水厂曝气系统能耗约 20% ~ 30%。对处理每百万加仑 ($4.546 \times 10^3 \text{ m}^3$) 污水来讲每年可节电 120 MW · h,折合费用为 \$9 000 [以 \$0.075/(kW · h)]。

② 在污水厂少量甚至无需扩建的情况下,出水可达到氨氮、硝酸盐氮的排放标准。通过实时监测及在线活性污泥模型逻辑算法模拟生物工艺运行状况,污水厂可在无需重大扩建的情况下满足日益严格的排放要求。

③ 能增加污水厂的处理容量和减少基建费用。经 BIOS 系统对生物处理工艺进行优化后,污水厂能关闭一组曝气池,从而能使运行费用显著降低,并降低了污水厂的扩建需求。

④ 提高了工艺的可控性及稳定性。在曝气量和水力容量足够的情况下,DO 设置点和 IRQ 能进行动态调整来使出水氨氮和硝酸盐氮达到排放标准。

⑤ 预警系统和工艺恢复帮助。BIOS 系统能依据进水负荷来判断污水厂的处理工艺何时会被破坏,从而让管理人员提早做出相应的安排。

4 结语

South Bermuda 污水厂将原有的调节池改造成生化反应池,然后新增加配套的沉淀池及滤池,并配备了相应的智能优化控制系统,处理出水能达标排放,且节省了部分曝气能耗。South Bermuda 污水厂的自控系统及报警系统完备,运行管理井井有条,尤其是改造时安装的生物工艺智能优化系统 (BIOS),保证了处理出水达标排放,并可降低部分能耗,是污水厂自动化控制的发展方向。

致谢:感谢美国 TWA、South Bermuda 污水厂以及美商生化科技公司在本次考察中提供的协助。

电话:(021)62362384

E-mail:jennyzhang@biochemtech.com.cn

收稿日期:2005-08-20