

状态点分析法用于污水处理厂二沉池优化运行的研究

胡海涛¹ 汪慧贞¹ 王文海¹ 甘一萍² 周 军² 郝二成²

(1 北京建筑工程学院,北京 100044; 2 北京城市排水集团有限责任公司,北京 100022)

摘要 二沉池是影响污水处理厂出水水质的重要处理单元,二沉池状态点分析法是固体通量理论的扩展和延伸,对指导二沉池的优化运行有实用价值。探讨了各种状态点的各种因素及其相互关系,并通过试验用状态点法对北京某污水处理厂二沉池的实际运行状况进行了分析,结果表明,状态点法的分析结果与二沉池实际运行情况相符合,可以及时检查、分析二沉池的运行。

关键词 状态点分析法 污水处理厂 二沉池 影响因素

Study on the application of State Point Analysis for optimizing final clarifier operation in waste water treatment plant

Hu Haitao¹, Wang Huizhen¹, Wang Wenhai¹, Gan Yiping², Zhou Jun², Hao Ercheng²

(1. Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing 100044, China;

2. Beijing Municipal Drainage Co., Ltd., Beijing 100022, China)

Abstract: Final clarifier is an important process unit and affects effluent quality. The State Point Analysis (SPA) is an extension of the solids flux theory. It has the practical value for guiding final clarifier to run smoothly. Influence factors of the State Point and their relations are studied. Moreover, based on the SPA, the practical operation of final clarifier of a wastewater treatment plant in Beijing is analyzed by tests. The result of SPA is coincide with the practical operation of final clarifier, this can check and analyze the operation of final clarifier in time.

Keywords: Wastewater treatment plant; State Point Analysis (SPA); Final clarifier; Influence factors

在以活性污泥处理工艺为主的污水处理厂中,二沉池运行对污水处理厂的出水水质有着至关重要的影响,一旦二沉池运行出现问题,出水SS就会明显增加^[1],导致出水水质恶化。

在我国,各污水处理厂通常用出水SS来检验二沉池的运行,这种方法简单易行,但结果相对滞后。运用状态点分析法不仅可以检验二沉池的运行状况、活性污泥的沉降性能,还可预测潜在的问题以便及早采取对策,对保证二沉池的稳定运行和出水水质具有指导意义和实用价值。

1 状态点分析法概述

状态点分析法以状态点图为基础,是固体通量理论的扩展和延伸。状态点图(见图1)包括静沉通量曲线、底流率直线和溢流率直线,底流率和溢流率直线的交点被定义为状态点(图1中点3),它反映了二沉池内流量平衡关系^[2]。图1中的静沉通量曲线对状态点位置以及二沉池运行状况分析有重要影响。因此,最好通过现场的成层沉淀试验^[3]来获得准确的数据,保证分析结果的准确性。

图1中溢流率(Overflow Rate, OR)直线的斜率代表沉淀池中向上的出水流速。上升流速等于污水进水流量与沉淀池总面积的比值,计算见式(1)。

“十一五”国家科技支撑计划重点项目(2006BAC19B01)。

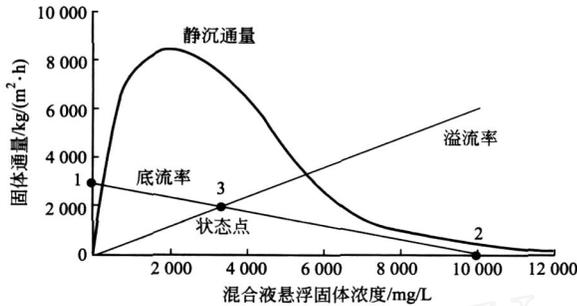


图1 二沉池状态点

$$OR = Q/A \quad (1)$$

式中 Q ——污水进水流量, m^3/h ;

A ——沉淀池总的沉降面积, m^2 。

底流率(Underflow Rate, UR)是由于污泥回流所产生的沉淀池内的向下流速,它等于沉淀池回流污泥流量与沉淀池总面积的比值,负号表示流动方向向下,计算见式(2)。

$$UR = -Q_R/A \quad (2)$$

式中 Q_R ——回流污泥流量, m^3/h 。

另外,图1中点1代表的是固体通量 $G [kg/(m^2 \cdot h)]$,二沉池运行稳定时,它与沉淀池的固体负荷率(Solid Loading Rate, SLR)相等,见式(3)。

$$SLR = G = X(Q + Q_R)/A \quad (3)$$

式中 X ——混合液悬浮固体浓度, mg/L 。

图1中点2代表的是预期回流污泥浓度(Expected Underflow Concentration, EUC),它是底流率直线同表示固体浓度的 X 轴的交点,代表沉淀处于稳定状态下的回流污泥浓度预期值,见式(4)。但由于种种原因,实际回流污泥浓度往往与预期值有一定差别。

$$EUC = (Q + Q_R) X / Q_R \quad (4)$$

2 关键影响因素分析

状态点图反映了进水流量(Q)、沉淀池直径(D)、回流比(R)、混合液悬浮固体浓度(X)以及污泥容积指数(SVI)等参数之间的相互关系。因已建污水处理厂沉淀池直径已定,在此就不赘述。

2.1 污水进水流量(Q)

进水流量决定了出水溢流率和底流率直线的斜率,即流量的波动对二沉池的溢流率和底流率都有影响。保持恒定回流比,随着进水流量的提高,根据

式(1)、式(2)可知,溢流率和底流率都随之增大,状态点的位置因此垂直向上移动(见图2)。反之,状态点的位置向下移动。

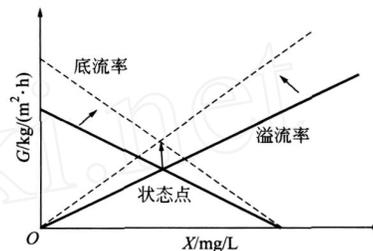


图2 进水流量的影响

2.2 回流比(R)

回流比决定了回流污泥的流量和浓度,在很大程度上还决定了二沉池浓缩功能。若其他因素不变,随着回流比的增大,回流污泥量增多,污泥向下流速增大,在图3中就表现为底流率线斜率增大。由式(3)、式(4)可推知:二沉池表面固体负荷率增加,预期回流的污泥浓度减小,但状态点的位置恒定不变,反之亦然^[4]。

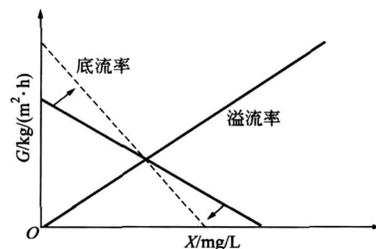


图3 回流比的影响

2.3 混合液悬浮固体浓度(X)

混合液悬浮固体浓度决定了底流率线在坐标轴上的截距。由式(3)和式(4)可推知,随着 X 增大,二沉池表面固体负荷率和预期回流污泥浓度都随之增大,在图4中表现为状态点的位置和底流率线同时向右上方平移,反之则向下平移。

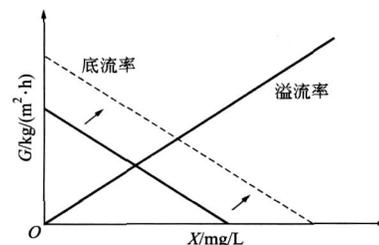


图4 混合液固体浓度的影响

2.4 污泥容积指数(SVI)

SVI值反映活性污泥的凝聚、沉降性能,从而影响静沉通量曲线的走势。SVI值低,活性污泥沉降性能良好,静沉通量曲线高且宽,有利于泥水分离,二沉池澄清及浓缩功能不易受影响,出水水质稳定;反之,静沉通量曲线矮且窄,出水水质易受影响。

3 实例分析

本研究通过试验,用状态点法对北京某污水处理厂的二沉池的实际运行状况进行了分析。考察不同SVI值和进水流量变化对二沉池状态点的影响。

3.1 二沉池设计及运行参数

该厂采用的是中央进水、周边出水辐流式沉淀池,表1为其设计参数,表2为试验期间该二沉池的实际运行情况。

表1 二沉池设计参数

项目	设计流量 / 万 m ³ /d	表面负荷 / m ³ /(m ² ·h)	HRT/h	直径 / m	污泥回流比 / %	有效水深 / m	MLSS / mg/L
参数	25	0.88	4.48	50	50%~110%	4.0	2 000~4 000

表2 二沉池实际运行参数

月份	进水量 Q / 万 m ³ /d	回流污泥量 Q _R / 万 m ³ /d	曝气池平均 X / mg/L	平均 SVI / mL/g	平均温度 / 度	出水 SS / mg/L
2	15.0~17.0	17.28	3 500	98.09	15.5	11.2
4	18.5~23.5	17.28	4 500	78.14	19.5	11.5
7	19.0~26.5	17.28	4 000	70.17	25.5	8.85

3.2 不同 SVI 值和 X 的影响

根据现场成层沉降试验实测获得的数据绘制二沉池的状态点图,如图5所示。由于活性污泥的SVI值不同,图5中三条静沉通量曲线的高度、宽度差别很大。2月份的平均SVI值约为100 mL/g,静沉通量曲线相对较矮且窄;7月份的平均SVI值下降到70 mL/g,此时的静沉通量曲线最高、最宽。活性污泥的SVI值小,静沉通量曲线就会高而宽,反之则矮而窄。对于生活污水及城市污水,SVI值宜介于70~100 mL/g之间。

混合液悬浮固体的浓度 X 也会影响状态点的位置。在2月份期间, X 只有3 500 mg/L左右,状态点的位置最低(点1),这时底流率直线和静沉通量曲线几乎相切,二沉池处于临界负荷的运行状态。在4月份期间, X 维持在4 500 mg/L,状态点的位

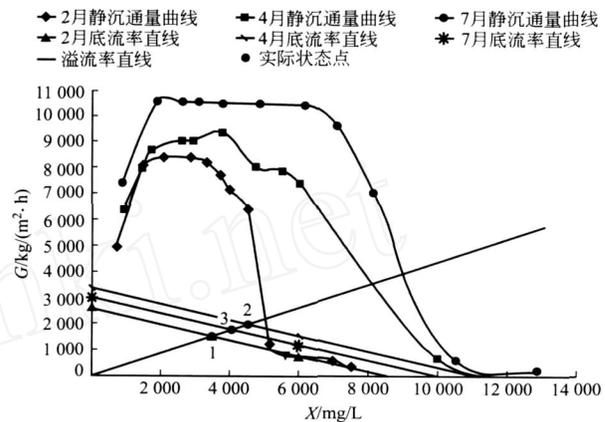


图5 某二沉池状态点

置向右上方平移到点2,底流率直线和静沉通量曲线仍几乎相切,但由于SVI值下降到78 mL/g左右,污泥的沉降性能大大提高,所以出水SS仍和2月份相近。到7月份, X 下降到4 000 mg/L,状态点的位置平移到点3,这时底流率直线在静沉通量曲线下方,二沉池正常运行,出水SS下降到8.85 mg/L。

3.3 不同进水流量的影响

当进水流量发生变化时,操作人员运用状态点分析法可以随时了解二沉池的工作状况,从而有针对性地调整运行参数。

从2~7月,随着居民用水量的增加和雨季的来临,污水处理厂的进水流量明显增长,有时还超过了设计流量,但污泥的SVI值也由100 mL/g下降到70 mL/g,其沉降性能有所改善,因此在相同的停留时间内,二沉池中的泥水分离依旧很完全,出水中SS含量能够稳定保持在10 mg/L左右(见表2)。

以4月份实际状态点图(见图6)为例,4月20日进水流量增至36.5万 m³/d,超出了二沉池的设计处理能力(25万 m³/d),状态点位置从点2上升到点1,因而出现了图6中的阴影部分。即污水量增加影响了二沉池浓缩功能,因部分污泥从曝气池转移到了二沉池,造成二沉池的泥面上升。实测的数据也证实了这一情况:曝气池污泥浓度 X 从4月19日的4 675 mg/L降至4月20日的4 195 mg/L。

但由于该超负荷状态持续时间短暂,进水量很快减少,转移到二沉池中的污泥又回到曝气池中,4月21日 X 回升至4 890 mg/L,系统恢复到原来状态,状态点的位置也回到图6中点2。此例说明系

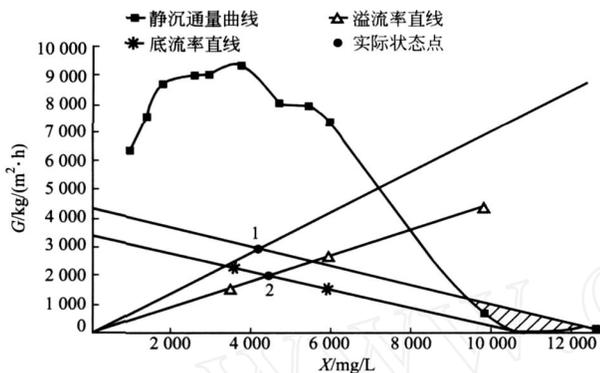


图6 4月份状态点

统在一定限度内能够进行自我调节。

当超负荷状态持续时间比较长时,二沉池自身的调节能力有限,这时就需要适当加大污泥的回流量,及时提高曝气池中污泥浓度,减轻二沉池的负荷,降低储泥区上升的泥位,保证出水水质稳定。

当然,在进水流量变化的季节改善污泥的沉降性能,降低污泥 SVI 值以加宽、加高静沉通量曲线,对加强系统自身的调节能力、保证出水水质也是很有益的。

4 结论

(1) 对于生活污水及城市污水,活性污泥的 SVI 值宜介于 70 ~ 100 mL/g。SVI 值低,状态点图中的静沉通量曲线高且宽,二沉池自身调节能力强,其澄清和浓缩功能不易受到影响,出水水质稳定。反之,静沉通量曲线矮且窄,二沉池自身调节能力差,出水水质波动大。

(2) 进水流量的变化也影响二沉池的功能,若超过其处理能力,状态点图中会出现静沉通量曲线外的阴影部分。这表示二沉池泥水分离不完全,储泥区的泥位会上升,影响出水水质。

(3) 如果二沉池的澄清效果不理想,可以适当降低活性污泥的 SVI 值,改善其沉降性能,并加强系统自身调节能力;如果进水流量变化引起二沉池泥位上升,可以调节污泥回流量,加快底部污泥回流的速度,保证出水水质的稳定。

总之,用状态点分析法可以及时检查、分析二沉池的运行,并提前采取措施以保证出水水质稳定。

参考文献

- 1 von Sperling M, Fr ós C M V. Determination of the required surface area for activated sludge final clarifiers based on a unified database. *Water Research*, 1999, 33(8):1884 ~ 1894
- 2 郭亚兵,胡钰贤. 污水处理工艺中的状态点分析法运用分析. 太原重型机械学院学报, 2001, 22(1): 24 ~ 27
- 3 李燕城,吴俊奇主编. 水处理实验技术. 第2版. 北京:中国建筑工业出版社, 2003
- 4 姜文焯,朱光. 工业废水的活性污泥处理法. 北京:中国建筑出版社, 1997
- 5 Jeyanayagam S, Venner I. A site-specific tool for optimizing final clarifier design and operation. *Water Environment Foundation*, 2006, 47(5): 281 ~ 291

& E-mail: haitao_2003hu@yahoo.com.cn

收稿日期: 2008-08-21

修回日期: 2008-11-13

《黑龙江省松花江流域水污染防治条例》即将实施

《黑龙江省松花江流域水污染防治条例》将于 2009 年 5 月 1 日起实施。《条例》共分七章,涉及黑龙江省松花江全流域的监督管理、跨界协同管理、污染预防和治理及饮用水水源保护等方面。

《条例》规定,新建、改建、扩建直接或者间接向水体排放污染物的建设项目和其他水上设施,应当遵守国家和省有关建设项目环境保护管理的规定;建设项目的环境影响评价文件未经有审批权限的环境保护行政主管部门批准的,建设单位不得开工建设。建设项目的水污染防治设施,应当与主体工程同时设计、同时施工、同时投

入使用。水污染防治设施未建成的,不得生产或者试生产;未经环境保护行政主管部门验收或者经验收不合格的,该建设项目不得投入生产或者使用。对排放重点水污染物超过总量控制指标、未完成主要污染物减排目标的地区或单位,暂停审批新增水污染物排放总量建设项目的环境影响评价文件。《条例》还规定,县级以上人民政府应当采取措施,有效控制本行政区域内的水污染,保证出界江河或者进入湖泊、水库的水质达到水环境质量功能要求。禁止任何单位和个人从事可能对流域产生污染的活动。