

山东禹城污水处理厂主体工艺调试经验与分析

王 涛, 熊艾玲, 邓荣森, 楼少华, 李烈锋

(重庆大学 城市建设与环境工程学院, 重庆 400045)

摘要:介绍了禹城污水处理厂的调试运行状况,并从培菌启动条件、设备配置、水力流态等方面对调试过程中出现的问题进行了分析与探讨,在此基础上提出了适合中小城镇污水处理厂面对进水水量波动较大,冲击负荷高的情况下的调试经验。

关键词:调试;培菌;中小城镇;冲击负荷

中图分类号:X703

文献标识码:A

文章编号:1006-7329(2004)02-0129-05

Adjusting Experience and Analysis of Primary Treatment Process in Yucheng Sewage Treatment Plant, Shandong

WANG Tao, XIONG Ai-ling, DENG Rong-sen, LOU Shao-hua, LI Lie-feng

(College of Urban Construction and Environmental Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, P.R. China)

Abstract: The adjusting operation for Yucheng wastewater treatment plant (WWTP) is introduced. In this paper, the problems during the course of testing operation from the starting condition of bacterium tamed, the installation of equipment and the hydraulic flow performance etc. are analyzed and discussed. Based on abovementioned, it is pointed out that there is some adjusting operational experience suit for middle-small town WWTP facing with bigger fluctuation of influent quantity and higher impact load.

Keywords: testing operation; bacterium tamed; middle-small town, impact load

1 主体工艺构筑物 and 主要设计参数概况

山东禹城污水处理厂总处理能力为 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,分两期建设,主体工艺采用侧沟式一体化氧化沟。一期工程的设计规模为 $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,建两组氧化沟,每组氧化沟的处理量为 $1.25 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。一体化氧化沟构造如图 1 所示。

由于一体化氧化沟集曝气净化、泥水分离和污泥无泵自动回流功能为一体,无单独的二沉池和回流污泥泵站,因此,整个污水处理厂工艺流程十分简洁。考虑 P 的去除,设计在氧化沟前合建了厌氧区。一体化氧化沟设计总水力停留时间为 16 h,氧化沟的总有效容积为 $8\,500 \text{ m}^3$,沟内

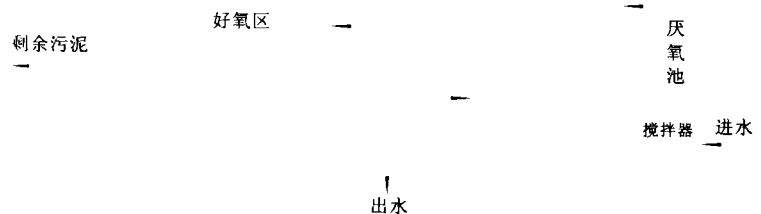


图 1 一体化氧化沟构造

有效水深为 4.1 m,单沟宽 10.5 m。设计污泥浓度 $\text{MLSS} = 4\,000 \text{ mg/L}$,污泥负荷 $F/M = 0.046 \text{ kg BOD}_5/(\text{kgMLVSS} \cdot \text{d})$ 。每组氧化沟设 4 台 ZP-9-1400 型、功率为 37 kW 的曝转气盘。考虑混合推动,每条主沟设置 3 台功率为 7.5 kW 水下推动器,厌氧区设 2.2 kW 水下混合搅拌器 1 台。

* 收稿日期:2003-10-16

作者简介:王 涛(1964-),男,河北沧县人,副教授,博士生,主要从事水污染控制理论与技术研究。

设计进出水水质如表 1 所示。

2 污水厂启动及调试结果

2.1 培菌条件分析

培菌启动是否顺利与进水水质有很大关系,污水厂调试运行期间实际进水水质如表 2 所示。

表 1 污水厂设计进出水水质情况

项目	BOD ₅ (mg/L)	COD _{cr} (mg/L)	SS(mg/L)	NH ₄ ⁺ -N(mg/L)	TP(mg/L)
设计进水	180	350	250	35	4
出水	20	60	20	15	1.0

表 2 实际进水水质状况

项目	BOD ₅ (mg/L)	COD _{cr} (mg/L)	SS(mg/L)	NH ₄ ⁺ -N(mg/L)	TP(mg/L)
范围	405~1 200	800~3 884	146~1 077	37.5~98.0	2.13~11.23
平均值	602.8	1 559.7	380.4	51.2	7.02

若仅作简单分析,原污水水质浓度高,且污水 BOD₅/COD_{cr}为 0.38,可生化性较好;BOD₅:N:P=86:7.3:1,属于正常范围;以设计污泥浓度计,污泥负荷为 0.2~0.5 kg BOD₅/kgMLSS·d,仍然在活性污泥正常的负荷范围内,这样的水质适合培菌,若系统不发生异常情况,应该说活性污泥培养是很快的。然而,从图 2 的 MLSS 变化曲线可知,实际污泥生长缓慢,增长并不稳定,将近一个月 MLSS 才达到 2 000 mg/l 以上。在培菌过程中,我们也对污泥的耗氧速率 SOUR 作了检测,发现 SOUR 普遍偏低,镜检也发现污泥活性不佳。对工业废水水质进行分析,尚未发现有毒重金属离子,但发现难降解物质多,究其原因,主要是污水厂接纳的污水中有 70~80% 是工业废水,其中酒精废水占多数,小部分是纤维板厂的纤维素废水。酒精厂生产所用原料主要是红薯片,其废水的 COD_{cr}浓度平均在 1 500 mg/l 以上,BOD₅浓度平均在 500 g/l 以上,可生化性较差。正是这一原因,导致了污泥耗氧速率偏低,污泥活性低,生长缓慢。因此,当污水处理厂进水中工业废水占了绝大多数时,应密切关注可生化性问题,及时调整污泥负荷,保证微生物的正常生长。

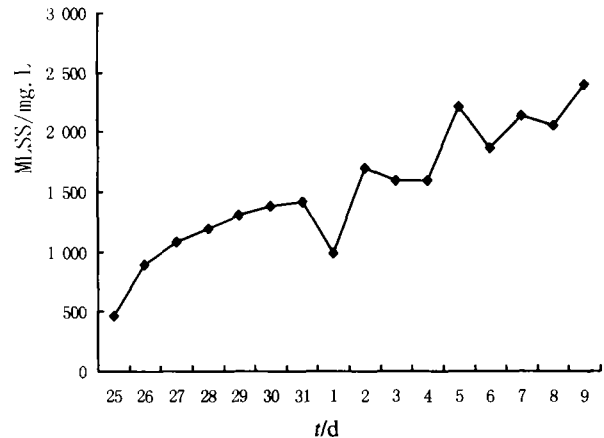


图 2 3月25日~4月9日 MLSS 随时间的变化曲线

2.2 培菌期间污泥膨胀的发生及其控制

按照原调试计划,在沟中污泥浓度达到 1 000 mg/l 左右时,系统培菌由间歇培养转入连续进出水培养,从 28 日起,SV₃₀,SVI 开始上升,在 31 日 SV₃₀猛增至 86%,SVI 增至 605.6。镜检发现污泥松散、细碎、蜂窝状、小而少,钟虫数量 500~1 200 个/ml,活动性差,侧沟固液分离器内泥面上升,并随出水流走,跑泥严重,显然系统发生了污泥膨胀现象,同时通过镜检发现丝状菌丰度始终维持在 c~d 级,因此,可以断定是非丝状菌引起的污泥膨胀。

发生膨胀后,调试人员分析了导致膨胀的原因,主要是因为这段时间进水有机物浓度变大,同时进水水量由原来 1/4、1/2 设计流量增至全部设计流量,再加上沟中污泥浓度并不高,使得 F/M 出现了最高点,高达 1.02 kgBOD₅/(kgMLSS·d),这一负荷正好是活性污泥膨胀的高危负荷,且随后几天负荷也居高不下,调试又未加以控制,必然地诱发了污泥膨胀。从图 3、图 4 中 F/M、SV₃₀、SVI 的变化可以看出,污泥膨胀与 F/M 密切相关。按照分析,工艺人员采取了以下几项措施:(1)根据每天的 MLSS 将流量严格控制在 1/5~2/5Q_设之间,使系统负荷在中等负荷之间运行。MLSS 达到一定数量后再逐渐增大水量,

并继续降低负荷至 0.1 ~ 0.2 之间。(2)密切关注沟内溶解氧的浓度变化,增开曝气转盘,并辅以短时间的闷曝,间隙进水,使 DO 浓度有效控制在 2.0 mg/L 左右。(3)在膨胀得到初步控制时,及时排除剩余污泥,恢复污泥活性。通过以上几方面的调整,膨胀未继续恶化,侧沟云浪状污泥上浮很快消失,上清液混浊度减轻,透明度变好。

上述经验说明,在连续运行培养期间,当进水水质极其复杂时,控制 F/M 十分重要,进水流量大小应视进水水质的变化、系统中污泥浓度、活性污泥的活性等因素而定,保持 F/M 在适当范围,在 F/M 基本稳定的前提下,逐渐增加进水量,只有这样才不会对刚培养起来的污泥造成难以承受的冲击负荷,使污泥得到较好的驯化。

2.3 调试结果

由于实际水质浓度超过设计范围太多,调试已无法按原设计要求进行,因此,在一个多月的调试期间主要考虑的是活性污泥的培养以及为最大限度地去除 BOD₅、COD_{cr}、SS 以及系统所要求的运行参数。氮、磷问题未纳入调试计划之中。从图 5 可以看到,虽然调试过程中遇到了多种问题,但污水厂在调试运行后期, BOD₅、COD_{cr}和 SS 基本达到了国家标准 GB 8978 - 1996 的二级标准,且出水水质稳定。调试后期实际进水流量为设计进水量的 50%,沟中 MLSS 为 3 600 mg/L 左右,污泥负荷 F/M 在 0.2 ~ 0.3 kgBOD₅/(kgMLVSS·d)范围内,SV₃₀为 20 ~ 30%。

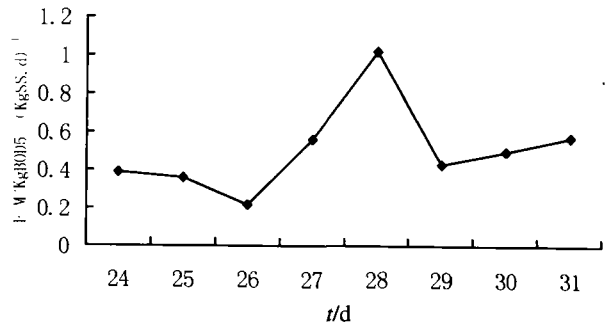


图 3 3月24日~31日的 F/M 变化曲线

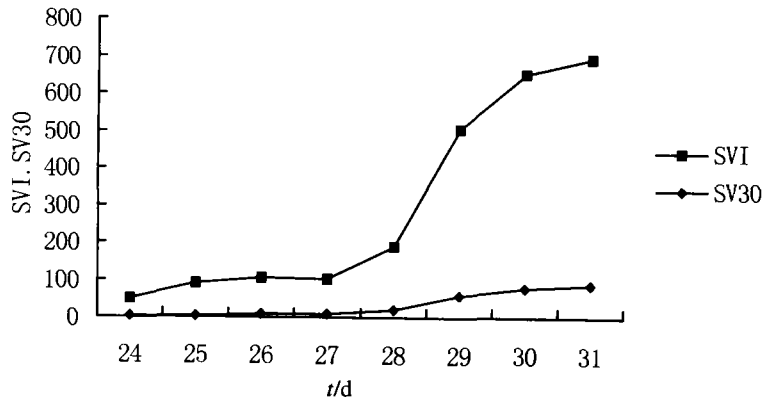


图 4 3月24日~31日的 SVI、SV₃₀变化曲线

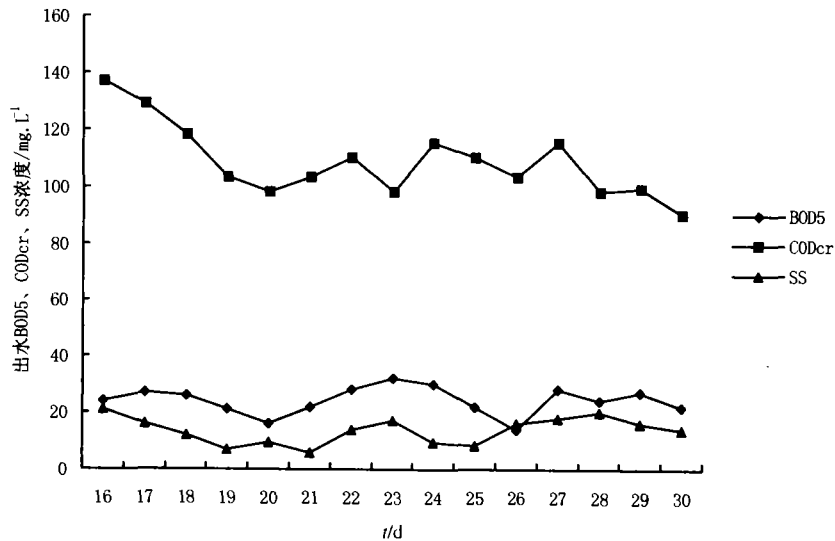


图 5 4月16日~30日的出水 BOD₅、COD_{cr}、SS

虽然经过努力,调试工作取得了较好的结果,然而在调试运行中存在的一些问题是不能忽视的,以下就调试运行中出现的问题作具体介绍,并提出相应的控制措施。

3 调试运行经验总结

3.1 工程设计应适当考虑工业废水的处理现状,对水质应留有适当的调节余地

对照表1、表2和图6可以看出,实际进水水质远远高于设计进水水质,且水质波动范围较图6调试运行期间 BOD_5 、 COD_{Cr} 变化曲线宽,这就意味着氧化沟将承受比设计高出数倍乃至十倍的负荷,这种状况将会对污水厂的正常运行造成较大的不利影响。

由于禹城污水厂接纳的污水有70~80%是工业废水,且工业废水处理达标情况较差,这种状况在我国东部地区较为普遍,出现这样的现象是由于管理体制上和硬件上监督十分困难,相当多的工业企业未对其产生的废水进行有效的处理,未经处理或未达标的工业废水大量进入城市污水处理厂,造成城市污水处理厂不能达标排放,严重影响厂处理的正常运行。因此,要解决污水处理厂进水水质问题,首先

政府有关部门应制定相应的政策和法规,并加强执法力度,促进工业企业的达标排放,保证城市污水厂的正常运行。其次,污水处理厂在可行性研究阶段应对当地工业现状和发展状况进行充分的调查,对水质状况给予充分的分析和估计并留有适当的余地,便于灵活调节污水处理厂的运行,也不至于造成投资的过度浪费。除此之外,污水处理厂在开始调试运行前,应对污水处理厂服务范围内的污染源进行再调查并制定出相应的防范措施,以确保培菌启动和调试工作以及今后运行的正常进行。

3.2 培菌启动期间污泥负荷是重要的控制参数

在培菌期间,活性污泥处于增殖阶段,这一过程的快慢与负荷由密切相关。从理论上讲,维持微生物的快速增长需要较高的 F/M ,对于一般浓度的城市污水,因负荷偏低,常常需要投加有机物,过高的负荷一般不易出现,但是对于高浓度城市污水, F/M 值本身就已经偏高,同时,这类污水的水质水量变化很大,常常有冲击负荷出现,因此,对高浓度城市污水来讲,负荷的稳定就更加重要,这是因为在培菌初期,微生物数量较少,特别是在污泥浓度达到 1000 mg/l 左右时,水质水量的突然变化很容易导致 F/M 的突然升高,同时微生物数量相对较少,这种高负荷的影响往往持续数天,容易引发污泥膨胀,对培菌启动带来很大的困难。禹城污水处理厂之所以发生污泥膨胀现象,很大程度上是对负荷稳定性控制不及时而造成的。

3.3 处理厂提升泵的配置对调节负荷和节能降耗意义重大

禹城污水处理厂设计配置了3台 $700\text{ m}^3/\text{h}$ 流量的污水潜水泵(2用1备),这种配置对负荷的可调性较差,由于禹城污水处理厂进水有机物浓度高,水质变化范围大,进水水量波动也大,整个系统受到强烈的冲击负荷的影响。当进水有机物浓度高时,用这种大流量的水泵不能减少进水量,造成氧化沟内污泥负荷增高,使污泥絮凝沉降性能变差,最终导致出水水质恶化。另外,由于泵流量过大,在夜间来水流量降低时,常导致断流,同时也增加了泵的开停频率,不利于污水厂的节能降耗。发现这一问题后,为保证调试期间系统负荷的稳定,该厂在调试后期加设了 $DN300\text{ mm}$ 溢流管,使进水流量得到了控制。

一般来讲,城市污水处理厂不设调节池,故提升泵站对负荷的调节和节能的意义就非常突出。因此,对于中小城镇的污水处理厂,尤其在进水水量、水质不均,波动较大,冲击负荷高的情况下,考虑到后继处理工艺运行的稳定性,设计上应分析进水流量的变化规律,在污水提升泵的配置上应该大小搭配,既能对付突发状况,适宜控制进水量,又不会开停过多造成能量的浪费。

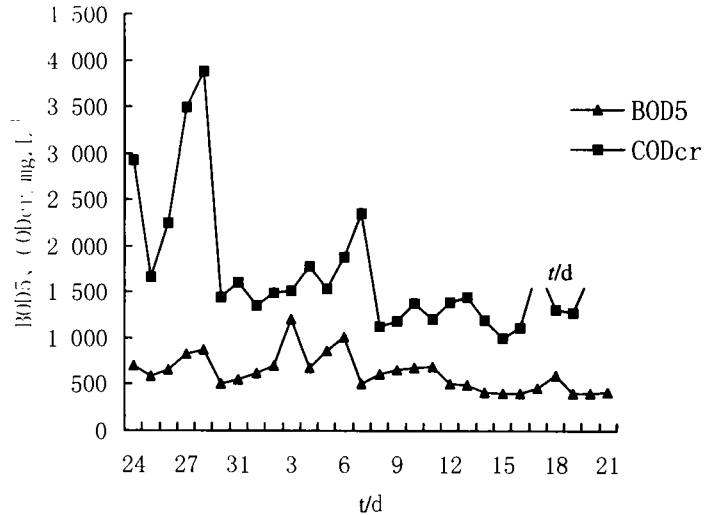


图6 调试运行期间 BOD_5 、 COD_{Cr} 变化曲线

3.4 分析水力流态,合理选择氧化沟工艺设备

该厂一体化氧化沟曝气设备选用的是曝气转盘,其性能参数如表3所示。

表3 曝气转盘的性能参数

转碟直径 (m)	转碟比重 (t/m^3)	单碟最大供氧 能力(kgO_2/h)	最大动力效率 ($kgO_2/kW \cdot h$)	浸没深度 (mm)	经济浸没深度 (mm)	转碟转速 (rpm)	经济转速 (rpm)
1400	0.95	1.45	2.11	230~530	500	30~60	50

据调试期间的进水水质: $BOD_5 = 602.8 \text{ mg/l}$, $COD_{Cr} = 1559.7 \text{ mg/l}$, $SS = 380.4 \text{ mg/l}$, $NH_4^+ - N = 51.2 \text{ mg/l}$, $TP = 7.02 \text{ mg/l}$,可以核算出氧化沟内的实际需氧量为 $500.3 \text{ kgO}_2/\text{hr}$ 。而沟内4组曝气转盘(单组42片转碟即 $50 \text{ kgO}_2/\text{hr}$)只能提供 $50 \times 4 = 200 \text{ kgO}_2/\text{hr}$ 的充氧量,显然,设计配置的曝气设备的充氧量远远不够,从而导致了主沟污泥有些发黑,这一问题是由设计进水水质和实际进水水质相差太大造成的,可通过调节进水流量控制负荷的方式加以改善,在实际调试中,工艺人员按照现有曝气设备的曝气强度来反算沟内实际能够承受的进水量,将进水量控制在 $200 \sim 230 \text{ m}^3/\text{hr}$,使缺氧状况得到缓解。调试期间发现的重要的问题是设备混合推动力不够,主要体现在:表面溶解氧有时高达 4.0 mg/l ,但底部溶解氧却非常低;主沟内混合液沿深度方向污泥浓度相差较大,表面污泥浓度与深约 3.5 m 处污泥浓度差最高达 $600 \sim 700 \text{ mg/l}$,可见沟内混合液混合程度不好。这一问题在厌氧区同样存在,厌氧区内配置的水下搅拌器功率为 2.2 kW ,投入的功率密度为 2.8 W/m^3 。由于搅拌功率不足,大部分污泥淤积在底部,发生厌氧反应,导致有大面积的腐化污泥上浮。该厂后期在原有搅拌器的对面加了一台,混合效果较好,没有出现污泥上浮的问题。

对于氧化沟工艺,有时混合比充氧更为重要,国内目前尚未真正掌握氧化沟水力设计,绝大多数是借鉴国外经验,因此设计在混合推动上存在缺陷。另外,一些设备存在夸大功能的现象,导致设计人员出现偏差。这些因素使得设计人员不能合理确定氧化沟曝气设备和混合推动设备的选型和数量,导致混合推动出现问题,或出现能量的浪费。因此,设计者应根据氧化沟的沟型,认真分析水力流态,结合需氧要求,合理选择设备。

4 小结

本文就在调试运行过程中出现的问题作了介绍与分析,归纳起来主要体现在两个方面:一是污泥膨胀,二是设备的配置。污泥膨胀是大多数污水处理厂经常遇到的问题,只要对其成因有较全面的认识,并采取行之有效的措施,污泥膨胀可以得到控制。同时,针对该厂进水水质复杂、水量波动较大,冲击负荷大的情况指出稳定的 F/M 值是培菌的重要控制参数,并结合该厂的运行实践对调试过程的控制提出一些建议。除此之外,对中小城镇污水处理厂而言,设备的配置与选型更多考虑的是能耗低、操作简单,运行维护方便。可行性研究阶段对污染源的充分调查也应引起设计人员的高度重视。只有对污水的现状水质特性、污染物构成进行详细调查和测定,并作出合理的分析预测,切合实际地确定污水进水水质,才能有利于日后污水处理厂的运行调节。

参考文献:

- [1] 王洪臣.城市污水处理厂运行控制与维护管理[M].北京:科学出版社,1997.
- [2] 郑兴灿,李亚新.污水除磷脱氮技术[M].北京:中国建筑工业出版社,1998.