城市污水处理厂进水水量配置

杨岸明^{1,2},彭永臻¹,王佳伟²,甘一萍²,常 江²,张树军²,孟春霖²

(1.北京工业大学北京市水质科学和水环境恢复工程重点实验室,北京 100124;

2. 北京城市排水集团有限责任公司,北京 100063)

摘 要:为了解决大型城市污水处理厂因各处理单元进水水量分配不均匀造成的处理效果欠佳问题,在某处理规 模为40万m³/d的污水处理厂内,采用进水水量调节偃均衡各单元水量.考察了水量调节前后生物反应池液位及 沿程 NH₄⁺-N、NO₃⁻-N、NO₂⁻-N 质量浓度的变化,根据液位测定结果计算各单元流量,水量最大单元的进水水量是水 量最小的1.72倍,由于水量分配不均使各单元生物处理效果相差较大.水量均衡前 *A* 个单元 NH₄⁺-N 出水质量浓 度变化为0.22~5.24 mg/L 法除率变化为69.7%~97%.水量均衡后 *A* 个单元出水 NH₄⁺-N 质量浓度变化为0.60~ 0.85 mg/L,去除率为93.9%~95.4%.可见水量调节措施均衡了各单元水量,消减了水量不均造成的出水水质变 差现象,充分发挥了各反应区的去除作用.

关键词: 污水处理厂; 进水; 水量调节 中图分类号: X 703.1 文献标志码: A

文章编号: 0254-0037(2012) 04-0614-04

Assignment of the Influent Water Volume in a WWTP

YANG An-ming^{1,2}, PENG Yong-zhen¹, WANG Jia-wei², GAN Yi-ping², CHANG Jiang², ZHANG Shu-jun², MENG Chun-lin²

(1. Key Laboratory of Beijing for Water Quality Science and Water Environmental Recovery Engineering,

Beijing University of Technology, Beijing 100124, China; 2. Beijing Drainage Group Co. Ltd., Beijing 100063, China)

Abstract: Water quantity adjustment equipment was installed to balance the influent quantity of different paralleling treatment units in a WWTP of 400 000 m³/d to tackle the problem of poor treatment effect resulting from the uneven distribution of influent wastewater to the treatment units of the large-scale WWTP. Water level change and concentrations of NH_4^+ - $N \times NO_3^-$ - $N \times NO_2^-$ -N along the bio-reactor were compared before and after installing the water quantity adjustment equipment. Result shows that the influent water quantity of different paralleling treatment units , which is calculated from the water level , significantly differ. The maximum quantity of influent water is 1.72 times the minimum quantity of influent water. Uneven distribution of influent wastewater results in indistinct difference of biological treatment effect. The effluent NH_4^+ -N concentrations of the bio-reactor are 0.22 – 5.24 mg/L and 0.60 – 0.85 mg/L and NH_4^+ -N removal efficiencies are 69.7% –97% and 93.9% –95.4% , respectively , before and after installing the water quantity adjustion equipment. The water quantity is balanced and effluent quality is improved due to the equilibrium of water quantity through the adjustment equipment. **Key words**: WWTP; influent; water volume adjustion

收稿日期: 2010-05-19.

基金项目: 国家"十一五"重大科技专项课题(2008ZX07317-007-105);北京市属高等学校人才强教计划高层次人才资助项目 (PHR20090502).

作者简介:杨岸明(1975—),男,工程师,主要从事污水生物处理技术方面的研究,E-mail: anmyang@ sina. com.

通信作者:彭永臻(1949—),男 教授,博士生导师,主要从事污水生物处理技术方面的研究, E-mail: pyz@bjut.edu.en.

大型污水处理厂进水通过配水系统将污水平均 分配给各平行的处理单元,由于各单元进水管道阻 力及流体水力特性的差异,污水处理厂中各单元配 水易出现水量不均匀现象.进水配水不均衡造成水 量大的单元曝气不足 水量小的单元曝气过剩 曝气 不足与过剩都会影响微生物的活性 影响最终处理 效果^[1-3]. 另外,水量不均造成各处理单元水位不 同,一般大型污水处理厂各生物处理单元曝气由 总曝气管提供,处理单元水位影响曝气管路的背 压,水位高的单元供氧曝气需要克服高水位带来 的额外背压.同时,根据生化需氧量计算方法^[4], 水量大的好氧生物处理单元需要更多的氧气实现 有机物及氨氮的降解,但由于水量大的单元液位 高、背压高,水量小的单元液位低、背压低.如果水 厂没有曝气精确控制系统,水量小的单元曝气反 而增大,水量大的单元反而减小,进一步加剧了水 量与生物处理单元曝气量之间的矛盾,影响了生 物处理效果.

曝气控制系统通过气量调节克服水量及液位变 化带来的曝气过剩或不足的问题^[5-7],但却要以风 机、管路及阀门的能耗损失为代价.因此,采用水量 调节偃平均分配水量对污水处理厂提高运行效果与 降低曝气能耗具有重要实际意义.

然而,对污水处理厂水量分配优化的研究鲜 见报道,通过在40万m³/d的污水处理厂进行水量 配置研究,采用水量调节偃均衡各单元进水水量, 并对调节前后水量、水位及生化处理效果进行对 比分析,阐明了水量配置在实际污水处理厂中的 作用.

1 材料与方法

1.1 试验水厂介绍

试验污水处理厂规模为 40 万m³/d,分 2 期建 设,每期 20 万m³/d,采用 A²/O 工艺;选用 2 期生物 处理部分进行试验研究 2 期共 4 个平行处理单元 (E、F、G、H).试验期间水厂正常运行.污水处理厂 工艺流程见图 1 曝气沉砂池出水自流进入平行的 4 个处理单元,每个单元设计处理量为 5 万m³/d,各单 元均设置厌氧、缺氧与好氧区,内回流比为 100%. 好氧曝气采用微孔曝气器,使用精确曝气系统动态 控制曝气量,通过鼓风机系统主控柜控制鼓风机的 启停、导叶开度的增大或减小实现按需供气,维持曝 气池中 ρ (DO)在 2 mg/L 上下波动.试验期间处于 冬季,平均水温为 15.4 °C.



图1 污水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of waste water treatment

1.2 试验水厂进出水水质

该水厂试验前2月的进出水水质见表1,表中 数据为2个月的平均值.

表1 水厂进出水水质

Table 1 Characteristics of experimental wastewater

				mg/L
ρ (BOD5)	ho(SCOD)	ho(SS)	ho(TP)	ho(TKN)
233. 8	489.0	230.0	6.06	63.96

1.3 分析测试方法

COD、MLSS、NO₂⁻-N、NO₃⁻-N、NH₄⁺-N 及 TKN 均 采用标准方法^[8]进行检验分析; 高程采用拓普康精 密型电子数字水准仪测量. pH 值采用 WTW340i 测 定,DO 采用 WTW Multi340 测定.

2 结果与分析

2.1 高程测量及流量计算

为了考察各单元进水量和水位的差异,对该厂 2 期生物反应池液位进行了高程测量,分别测量了 进水、厌氧、缺氧、出水段液位及出水偃板高程.并 通过液位高程计算了各单元进水水量^[9].表2给出 了各单元出水液位、偃板高程及水量计算过程.

4 个单元计算流量之和为 21.11 万m³/d,与实际进水量 20 万m³/d 基本相符. 计算结果表明,E 单元进水水量为 0.883 m³/s,是 G 单元计算水量 0.484 m³/s 的 1.72 倍,为了消减 E 单元水量,均衡 各单元水量,在 E 单元安装了水量调节偃,安装位置见图 1. 各系列进水偃槽宽 1 440 mm,高 1 500 mm,安装可调偃板 1 400 mm × 200 mm.

2.2 水量调节偃对 NH₄⁺-N 去除效果的影响

图 2 给出了水量调节前好氧段进出水 ρ (NH₄⁺ – N) 及去除率变化. 由于各单元进水水量不均衡,水 量较多的 E_xH 单元混合后 ρ (NH₄⁺ –N) 高,受水力停 留时间不足及溶解氧的影响,去除率较低,E 单元 表2 水量计算

Tsble 2 Calculations of the water volume					
测量位置	计算公式	单元 E	单元 F	单元 G	单元 H
出水液面高程 H ₁ /m		49.01	48.99	49.01	48.99
出水堰板高程 H_2 /m		48.83	48.845	48.823	48.813
过水断面高 H/m	$H_1 - H_2$	0. 29	0.25	0.26	0.24
过水断面宽 W/m		8	8	8	8
过水面积 A/m^2	$H \times W$	2.32	2	2.08	1.92
润湿周边 <i>L</i> /m	H + 2W	8. 58	8.5	8.52	8.48
水力半径 R/m	A/L	0. 27	0. 235	0. 244	0. 226
厌氧高程 H ₃ /m		49.080	49.040	49.040	49.030
坡度 <i>i</i>	$(H_3 - H_1) / 500*$	0.00014	0.0001	0.00006	0.00008
流速		0. 381	0. 293	0. 233	0. 256
流量/(m ³ • s ⁻¹)	$v \times A$	0. 883	0. 586	0. 484	0. 491

注:* 厌氧高程测量点至出水液面高程测量点的距离为 500 m. 高程基准点位于单元 E 进水井顶部 假定高程为 50.00 m



图 2 水量调节前各单元进出水 ρ (NH₄⁺-N)

Fig. 2 Concentration profiles of NH₄⁺-N and removal efficiency of influent and effluent in each unit before adjusting the influent water volume

出水的 $\rho(NH_4^+ -N)$ 为 5.24 mg/L, 硝化反应不完全, NH₄⁺ -N 去除率仅为 69.7%, 而进水量相对较少的 F、G 单元 NH₄⁺ -N 去除率大于 97%.图 3 为水量调 节后好氧段进出水 $\rho(NH_4^+ -N)$ 及去除率变化,进水 $\rho(NH_4^+ -N)$ 为 11.9~13.4 mg/L, 出水 $\rho(NH_4^+ -N)$ 为 0.60~0.86 mg/L, 法除率为(94.6±0.79)%.可见 水量调节均衡了个单元水量, 消减了水量冲击造成 的出水水质变差现象, 充分发挥了各反应区的去除 作用.

好氧区微生物利用水中的氧气降解污染物,去 除效果受水力停留时间^[10]、进水量及 DO^[1142]等因 素的影响.水力停留时间与进水水量成反比,水量 大,水力停留时间短,生化反应不充分,处理效果变 差;同时水量会造成曝气池液位波动,水量大会提高



Fig. 3 Concentration profiles of NH₄⁺-N and removal efficiency of influent and effluent in each unit after adjusting the influent water volume

曝气池液位,提高鼓风机的背压,进而使曝气量降低,反映在ρ(DO)的降低.而 DO 是供氧量与耗氧量的动态平衡,影响生化反应速度,DO 太低不利与生化反应. E、H 单元水量大,造成水力停留时间缩短、曝气量减小、DO 降低,最终出水水质变差.

2.3 NH₄⁺-N 沿程分析

为了考察水量调节对处理效果的影响,测定了 好氧曝气段沿程 $\rho(NH_4^+ -N) \ \rho(NO_3^- -N) \ \rho(NO_2^- -N)$ 的变化. 图4中数字表示沿程取样点的位置,从 好氧区进水至好氧区出水均匀布点. 图5为水量调 节后 E 单元好氧段 $\rho(NH_4^+ -N) \ \rho(NO_3^- -N) \ \rho(NO_2^- -N)$ 的沿程变化. $NH_4^+ -N$ 经硝化反应生成 $NO_2^- -N \ NO_3^- -N$,硝化细菌属于自养微生物,比增长 速率比去除有机物的异氧微生物小一个数量级. 在 活性污泥系统中异氧菌与硝化菌竞争底物与溶解 氧,好氧反应区首段有机物底物质量浓度高,以去 除、碳化污水中有机物为主,优势生长的微生物为异 氧菌,此时硝化菌等自氧菌处于抑制状态,硝化速率 较低,当剩余的有机物为难降解有机物时,硝化反应 占优,硝化菌开始利用水中的 $NH_4^+ -N$ 进行硝化反 $D^{[13]}$. 图 5 中 E_1 点至 E_2 点主要进行有机物降解, $NH_4^+ -N$ 降解速率缓慢 E_2 点硝化反应开始 $\rho(NH_4^+ -N)$ 讯速下降 $\rho(NH_4^+ -N)$ 梯度从好氧进水端到出水 端呈递减趋势.



图 4 NH₄⁺ -N 浓度沿程取样位置

Fig. 4 Sample location of NH₄⁺-N along the bio-reactor

E 池未调节水量前,进水水量大,硝化反应不充 分,出水端(E_8)的 ρ (NH₄⁺-N)为5.24 mg/L,水量调 节将 E 池水量消减至其他反应池.如图5所示,从 好氧段首端(E_1)至出水端(E_8)随着硝化反应的进 行 ρ (NH₄⁺-N)逐渐降低 ρ (NO₃⁻-N)、 ρ (NO₂⁻-N)逐 渐升高,至末端(E_7)硝化反应基本完全 ρ (NH₄⁺-N) 为0.86 mg/L,可见对 E 池的水量调节措施起到了 明显的效果,消减了 E 池的水量,使硝化反应能进 行彻底.



图 5 单元 E 好氧段 NH₄⁺ -N、NO₃⁻ -N、NO₂⁻ -N 沿程变化图 Fig. 5 Concentration profiles along the aerobic reactor

E 单元进水水量为 0.883 m³/s ,是 G 单元计算水量 0.484 m³/s 的 1.72 倍.对于存在多个平行的好氧 生物处理单元的大型污水处理厂,由于各单元进水 配水系统阻力及水力流态不同,容易造成各单元进 水水量的差异,水量的差异又导致各单元液位不同.

水量均衡前 *A* 个单元出水 ρ(NH₄⁺-N)和去除率变化范围为 0.22 ~ 5.24 mg/L 和 69.7% ~
 97%,水量调节后,出水 ρ(NH₄⁺-N)和去除率变化范围 0.60~0.85 mg/L 和 93.9%~95.4%.水量调节 有效提高了 NH₄⁺-N 的去除效果.

3) 通过水量调节方法对各单元的水量进行调 节、均衡,从而解决了水量分配与气量分配的矛盾. 污水厂的工程实例研究结果表明,水量调节偃能通 过均衡各单元进水水量,提高各生物处理单元处理 效果,避免硝化反应不完全或微生物内源呼吸现象 的发生,充分发挥整个生物处理单元的功能,保证污 水处理厂的处理水量及处理效果.

参考文献:

[1] 高春娣,王淑莹,彭永臻,等.DO 对有机物降解速率
 及污泥沉降性能的影响[J].中国给水排水,2001,17
 (5):12-15.

GAO Chun-di , WANG Shu-ying , PENG Yong-zhen , et al. Influence of DO on organic matter degradation rate and sludge settling property [J]. China Water & Wastewater , 2001 , 17(5) : 12-15. (in Chinese)

[2] 高大文,李昕芯,安瑞,等.不同 DO下 MBR 内微生物
 群落结构与运行效果关系 [J].中国环境科学,2010,30(2):209-215.
 GAO Da-wen, LI Xin-xin, AN Rui, et al. Relationships

between microbial community structure and the performance of MBR under different dissolved oxygen [J]. China Environmental Science, 2010, 30(2): 209–215. (in Chinese)

[3] 王佳伟,周军,甘一萍,等. 溶解氧对 A²/O 工艺脱氮
 除磷效果的影响及解决方法[J]. 给水排水,2009,35
 (1): 35-37.

WANG Jia-wei, ZHOU Jun, GAN Yi-ping, et al. Influence and solution of the effect of dissolved oxygen on nitrogen and phosphorus removal in A^2/O process [J]. Water & Wastewater, 2009, 35(1): 35-37. (in Chinese)

[4] 张自杰. 排水工程[M]. 4版. 北京: 中国建筑工业出版社,2000: 168-197.

(下转第623页)

3 结论

1) 由高程测量数据计算各池水量. 结果表明,

20: 221-231.

- [13] MARSHALL S M. Respiration and feeding in indepods [J]. Adv Mar Biol , 1973 , 11: 57-120.
- [14] 高亚辉,林波. 几种因素对太平洋纺锤水蚤摄食率的 影响[J]. 厦门大学学报: 自然科学版,1999,38(5): 751-757.
 GAO Ya-hui, LIN Bo. Influence on thegrazing rates of

Calanus pacificus by various factors [J]. Journal of Xiamen University: Natural Science, 1999, 38 (5): 751-757. (in Chinese)

- [15] PORTER K G. Morphology flow regimes and filtering rates of Daphnia and Bosmina fed natural baeteria [J]. Oecologia, 1983, 58: 156-163.
- [16] PACE M L. Species and age-seific difference in bacterial resource utilization by two co-occuring cladocerans [J]. Ecology , 1983 , 65(5): 1145–1156.
- [17] KARANA J J, van DYKE H, WORRESR R C. Midultraviolet (UV-B) sensitivity of Acartia clausii Gesbrecht (Copepods) [J]. Limnol Oceanogr, 1979, 24: 1104–1116.
- (上接第617页)
- [5] 李建勇,王建华,范岳峰,等.曝气流量控制系统用于 污水处理厂的节能降耗[J].中国给水排水,2007,23 (12):80-84.

LI Jian-yong, WANG Jian-hua, FAN Yue-feng, et al. Application of aeration volume control system to energy saving and consumption-reducing in WWTP [J]. China Environmental Science, 2007, 23 (12): 80–84. (in Chinese)

- [6] RISHE G,蔡芝斌,尚爱安,等. VACOMASS 曝气控制 系统实现污水处理厂节能降耗和自动化控制[C]//中 国城镇供水排水协会.第4届水处理行业新技术、新工 艺应用交流会论文集,2009.
- [7] 夏文辉,刘芬,周雹. 污水处理厂曝气控制研究[J]. 给水排水,2009,35(1):121-125.
 XIA Wen-hui, LIU Fen, ZHOU Bao, Wastewater treatment plants aeration control [J]. Water & Wastewater,2009,35(1):121-125. (in Chinese)
- [8] 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废.水监测分析方法[M].4版.北京:中国环境 科学出版社,2006.
- [9] 中国市政工程西南设计研究院. 给排水设计手册[M].2 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.
- [10] BARR T, TAYLOR J, DUFF S. Effect of HRT, SRT and temperature on the performance of activated sludge reactors treating bleached kraft mill effluent [J]. Wat

- [18] 何志辉. 淡水生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [19] 高亚辉,李松. 几种因素对真刺唇角水蚤摄食率的影响[J]. 厦门大学学报: 自然科学版,1988,27(6): 684-688.

GAO Ya-hui , LI Song. Influence on thegrazing rates of Labidocera euchacta Giesbrecht by various factors [J].
Journal of Xiamen University: Natural Science , 1988 , 27 (6): 684-688. (in Chinese)

- [20] ANRAKU M. Some technical problems encountered in quatitative studies of grazing and predation by marine planktonic copepods [J]. Oceanogr Soc Japan, 1964, 20: 221–231.
- [21] FROST B W. Effects of size and concentration of food particles on the feeding behavior of the marine planktonic copepods Ccdanus pacificus [J]. Limnol Ocemaogr, 1972, 17: 805–815.

(责任编辑 杨开英)

Res , 1996 , 30(4): 799-810.

- [11] MA Yong , PENG Yong-zhen , WANG Xiao-lian , et al. Intelligent control aeration and external carbon addition for improving nitrogen removal [J]. Environ Model Softw , 2006 , 21: 821–828.
- [12] 黄浩华,张杰,文湘华.城市污水处理厂 A²/0 工艺的节能降耗途径研究 [J].环境工程学报,2009,3
 (1): 35-38.
 HUANG Hao-hua, ZHANG Jie, WEN Xiang-hua, et al.

Study on energy saving methods for A²/O process in wastewater treatment plants [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering , 2009 , 3 (1): 35–38. (in Chinese)

[13] 杨岸明,王淑莹,杨庆,等. 变频控制 DO下 SBR 硝 化反应控制参数及节能的中试研究[J].环境工程学 报,2007,1(10):13-17.

YANG An-ming, WANG Shu-ying, YANG Qing, et al. A pilot scale research on nitrification control parameters and energy saving by applying frequency conversion technology on controlling DO of SBR [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2007, 1(10): 13– 17. (in Chinese)

(责任编辑 杨开英)