

北京汛期对卢沟桥污水处理厂运行影响探讨

高琼 赵珊 陈蓉 周军 甘一萍 张树军

(北京城市排水集团有限责任公司,北京 100022)

摘要 北京夏季暴雨和强对流天气导致污水处理厂进水的水质水量发生突变,影响污水处理厂的稳定运行,针对降雨水量水质特点,分析探讨汛期对北京市卢沟桥污水处理厂(倒置 A²/O 工艺)的影响。通过分析可知汛期降雨在一定程度上增加了污水处理厂处理水量、降低了污水中污染物浓度、改变了污水组分、降低了系统脱氮的能力,但此时除磷的效果却有所上升。并在分析其原因的基础上对污水处理厂汛期运行提出展望。

关键词 汛期 污水处理厂 脱氮除磷 运行管理

Influence of flood season on Beijing Lugouqiao Wastewater Treatment Plant operation

Gao Qiong, Zhao Shan, Chen Rong, Zhou Jun, Gan Yiping, Zhang Shujun

(Beijing Drainage Group Co., Ltd., Beijing 100022, China)

Abstract :Stable operation would be influenced by flood season and severe convective weather in wastewater treatment plant (WWTP). Base on the characteristics of rainfall quantity and quality, analysis of influence of fall season on Beijing Lugouqiao WWTP(inverted A²/O process) operation was carried out in this paper. The results show that, to a certain extent, the increase of influent caused by rainfall will lead to the decrease of wastewater pollutants concentration, the change of component, weakening of denitrification and strengthening of dephosphorization in WWTP. Moreover expectation was introduced in the end.

Key words : Flood season; Wastewater treatment plant; Nitrogen and phosphorus removal; Operation management

0 前言

北京市地形的复杂多变造成了北京地区天气状况的多样性。暴雨和强对流天气是北京地区夏季主要的灾害性天气,导致北京地区旱涝灾害频繁,引起市政污水水质水量急剧变化,直接影响污水处理厂运行稳定性和污染物处理效果。因此有必要深入研究汛期降雨对污水处理厂运行的影响。

1 北京市汛期降雨水量特点

根据北京市 16 个降雨测站 1950~2005 年的观测数据,采用算术平均法计算逐年降水量,可以得到以下结论:

(1) 北京市多年平均年降水量为 585.8 mm;降水年际变化较大,少雨期和多雨期交替出现,丰枯变化频繁。20 世纪 50 年代降水较丰,但从 90 年代以来,降水量下降趋势明显,1999 年至今,已经连续 7 年降水偏少。

(2) 北京市降水年内分配极不均匀,全年的降水量集中在汛期的 6~9 月,汛期的降水量可以占到全年降水量的 85%左右。北京市发生暴雨的频率比较高,但年际间存在着明显的递减趋势。

(3) 北京市平原区多年平均降水量大于山区,北京地区降水分布总体上呈西北低、东南高的特征,降水的峰值点在怀柔、密云、平谷一带,门头沟三家店地区亦是暴雨多发区^[1]。

国家“十一五”科技支撑计划(2006BAC19B01)。

(4) 城市化使北京地区降雨量等值线加密、年雨量增加,使城区雨量变差系数变化大于郊区。分析北京城市化对降雨特征的影响^[2]。

2 北京市汛期降雨水质特点

(1) 有机物含量分析。有机物含量为降雨径流主要污染水质指标。天然降雨与绿地径流有机污染物含量稍低,均在地表水 Ⅲ类标准以内。屋顶径流为 Ⅳ类水体。人行道径流与机动车道径流的有机污染更为严重,属劣 Ⅴ类水体。尤其是机动车道径流, COD_{Cr} 平均值为 96 mg/L, 高值能达到 357 mg/L, 已接近生活污水水质。但雨水水质可生化性较差, BOD₅/COD 值大部分都在 0.3 以下, 因此不宜用生物工艺进行处理。

(2) 营养物含量分析。除有机物以外, 营养物也是降雨径流的主要污染指标。随着北京市城市河湖富营养化问题的加剧, 面源污染尤其是城市径流中的 N、P 污染受到越来越多的关注。由于机动车道径流的营养物含量偏高, 尤其是氨氮与总磷平均含量接近 Ⅳ类水质, 另外绿地径流的氨氮含量也偏高。

(3) 重金属及有毒有害物质分析。考虑到天然降水、屋顶径流、绿地径流及人行道径流中重金属物质含量较少, 因此只对机动车道径流重金属进行了监测。对监测结果的分析显示: 机动车道径流的总铜、总锌、总铅及六价铬都能达到地表水 Ⅲ类水体标准, 天然降水与各类径流挥发性酚能达到地表水 Ⅲ类标准^[3]。

(4) 分析项目比值关系。同一场降雨路面径流中, COD/SS、TN/SS、TP/SS 之间存在较好的线性关系, 并且相关的两种污染物变化系数都在一定范围内波动。天然雨水, 屋面径流中的污染物也都存在这种相关性, 只是相关系数变化不同^[4]。

3 污水处理厂介绍

本文研究对象为北京市卢沟桥污水处理厂, 它是北京市污水行业第一个引进外资的中外合作项目。卢沟桥污水处理厂负责北京西南部石景山、卢沟桥和丰台西部地区的污水处理, 规划流域面积 55.8 km², 服务人口约 36.4 万。污水处理厂一期处理规模为 10 万 m³/d, 占地约 12 hm², 厂址位于丰台区看丹乡杨树庄附近。该厂于 2002 年

底开工建设, 2004 年 9 月底建成并投入运行。污水处理厂采用改良倒置式 A²/O 工艺, 污水经处理后最终排入马草河。

4 汛期对污水处理厂运行影响分析

根据该污水处理厂 2005 年 1 月~2007 年 12 月实际监测的数据, 采用算术平均法计算各项监测指标逐月的日平均值, 依次进行分析。

4.1 汛期对处理水量的影响

处理水量关系着污水处理厂运行条件和工艺调整, 是污水处理厂运行的决策数据。

从图 1 中可知, 由于污水处理厂处理水量受到汇水区域和污水来源多方面的影响, 逐月平均日处理水量变化不大, 取月平均值难以体现降雨的影响。因此进行图 2 所示的分析, 可见降雨时处理水量较日常处理水量要大, 表现出一定的水量冲击。但是由于污水处理厂设计时考虑到降雨的影响(安全系数为 1.3), 所以可以应对短期大的冲击负荷。在降雨时为保证汇水区域的安全, 污水处理厂会尽量提升进水量、全负荷处理污水。当预计进水量超过 10 万 m³/d, 需经最高管理层同意才可以采取跨越或溢流操作。

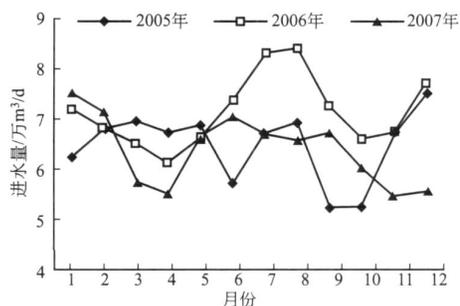


图 1 2005~2007 年逐月平均日处理水量变化

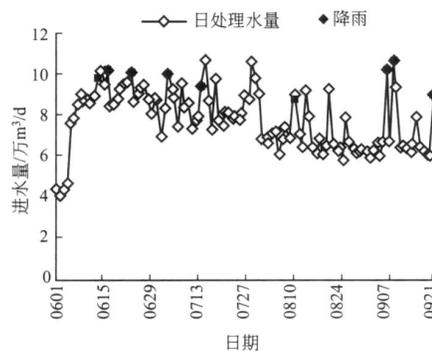


图 2 2008 年汛期降雨日处理水量变化

4.2 汛期对有机污染物去除的影响

有机污染物的去除效果和出水浓度是衡量污水处理厂运行效果的重要指标。BOD₅ 的数据如图 3 所示, COD_{Cr} 的数据如图 4 所示。

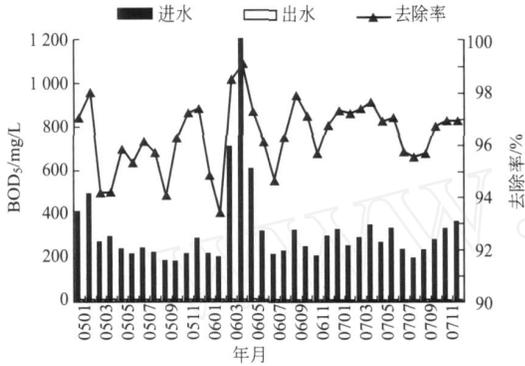


图 3 BOD₅ 的出水浓度和去除率

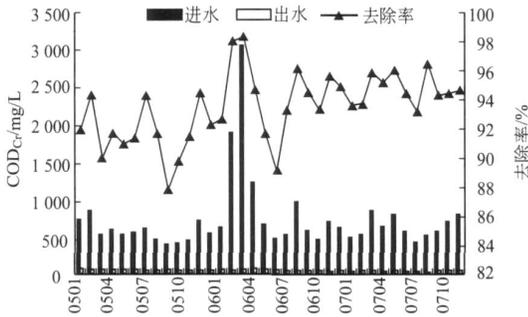


图 4 COD_{Cr} 的出水浓度和去除率

由图 3、图 4 可知,虽然降雨会影响进厂水质,在一定条件下会降低有机污染物的浓度和可生化降解的比例。但是从全年数据分析来看, BOD/COD 值始终都处在 0.3 ~ 0.6, 污水的生化性能较好。

由于现在的污水处理厂在设计时兼顾了脱氮除磷的要求,所以设计水力停留时间为 17.2 h, 客观上延长了污水的停留时间,保证了有机污染物的高效去除,因此使得出水中的有机污染物全部达到排放标准。

4.3 汛期对脱氮除磷的影响

4.3.1 对脱氮的影响

图 5 为汛期污水处理厂 TN 变化情况。从图 5 可知,在 2005 ~ 2007 年,汛期将导致进水 TN 浓度降低 5 ~ 15 mg/L,且这种影响仅在汛期内存在。

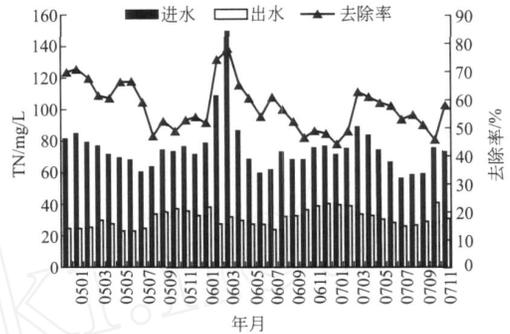


图 5 TN 进出水浓度及去除率

汛期 TN 的去除效率也呈降低的趋势,从近 70 % 逐步降低至 50 % 左右,分析其原因主要为: 降雨携带大量溶解氧,破坏反硝化条件; 夏季曝气池的 DO 可低于全年除汛期外的其他时期,曝气量的降低客观上造成了对硝化反应的抑制。

对于该厂的倒置 A²/O 工艺来讲,硝化作用维持在一个合理而非最低的水平对脱氮除磷的最优化是很重要的,所以在夏季可适当的限制硝化反应。而在其他季节 DO 无法保证的原因是虽然该厂曝气池运行处于程控状态即由 DO 控制气量,但是由于来水量长期偏低,为维持曝气池的混合搅拌,防止沉泥,所以必须处于过量曝气状态,因此在汛期以外的其他时期 DO 较高;而在汛期,水量增加使 DO 维持在所需水平成为可能。

但是由于处理系统进水 TN 浓度的降低,尽管处理效率有所下降,在汛期出水浓度较一年中其他时期还是处于较低水平。

由于气候变化、菌群适应力等原因共同作用,导致 TN 的去除效率维持在 50 % 左右直至来年春天。

4.3.2 对除磷的影响

图 6 为汛期污水处理厂 TP 变化情况。从图 6 可知,进水 TP 浓度在冬季有所上升,其余季节基本保持不变,维持在 8 mg/L 左右。在 2005 ~ 2007 年,汛期导致进水 TP 浓度有所降低,但这种影响并不明显。

污水处理厂对总磷的去除效率在汛期基本保持平稳并处在较高的去除水平上,分析其原因主要为:

夏季原水 ORP 普遍在 - 400 mV 左右(降雨日除外),非常有利于厌氧释磷,充分地释磷也就保证了良好的吸磷; 汛期硝化进行得不彻底,降低了回流

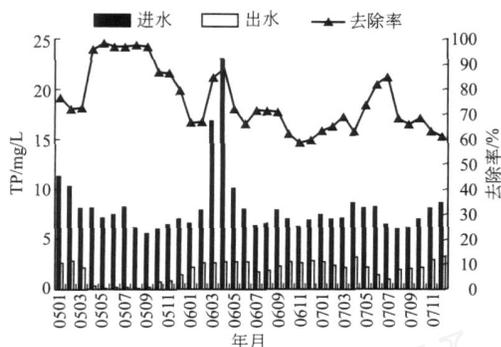


图6 TP 进出水浓度及去除率

污泥中硝酸盐的浓度,也就是降低了硝酸盐对厌氧释磷的抑制。

在汛期进水 TP 浓度降低且去除效率较高的共同作用下,汛期出水 TP 浓度要低于全年平均水平。但此规律仅在该厂这三年的运行结果中适用,在其他的污水处理厂曾发现截然不同的规律。

汛期过后可以明显的观察到除磷效率降低,且持续时间较长。其原因可能为:水温降低对聚磷菌的生长产生负面的影响;汛期原水中可供聚磷菌 PAOs 合成 PHB 的 rbCOD 浓度降低,可能直接导致 PAOs 厌氧释磷能力下降,PAOs 在厌氧段储存的 PHB 减少,间接导致 PAOs 好氧吸磷能力的下降。这种负面影响在雨季后充分表现出来。

5 结论与展望

通过对北京市卢沟桥污水处理厂 2005 ~ 2007 年运行数据的分析,汛期对污水处理厂的影响主要包括:

(1) 对处理水量的影响:受到汛期降雨的影响,污水处理厂的短期进水量将大幅上升,可达到设计时的最大水量。

(2) 对处理水质的影响:汛期降雨在一定程度上降低了污水有机污染物浓度、改变了污水组分,导致进水 TN、TP 浓度降低,但这种影响并不明显。

(3) 对有机物去除的影响:虽然进水受到汛期降雨的影响,但污水的生化性能较好。并且由于现在的污水处理厂在设计时兼顾了脱氮除磷的要求,客观上延长了污水处理时间,保证了有机污染物高效去除,保证了出水中有机污染物全达标排放。因此,汛期对污水处理厂有机污染物去除的影响并不明显。

(4) 对脱氮除磷的影响:由于降雨携带大量溶解氧、破坏缺氧反硝化条件等原因,汛期 TN 的去除效率呈降低趋势,且将维持较低的去效率直至来年春天。但是此阶段除磷的效果却比全年平均要好。

针对上述影响,卢沟桥污水处理厂在生产运行的过程中也采取了相应的措施,主要包括:

(1) 污水处理厂制定完善的雨季生产运行方案和防汛预案。降雨期间,为避免上游汇水区域污水管线的淹泡,卢沟桥污水处理厂会满负荷运转、全力抽升。瞬时强降雨、污水抽升量超过设计峰值流量时,经最高管理层同意后方采取控制性的跨越或溢流,并保持记录。如出现厂内污水井外冒或退水不畅等情况则酌情上报应急指挥部并启动防汛应急预案。

(2) 污水处理厂的曝气系统和回流系统采用自控运行,可根据设定值自动调整曝气量、回流量,保证污水处理厂的稳定连续运行。

(3) 污水处理厂根据出水水质的变化及时调整工艺运行参数。

综上所述,在实际工程中,达到高效的生化脱氮除磷是一项比较困难的工作,同时也是污水处理厂运行人员工作的一个重点。根据相关文献可知生化除磷系统难以保障出水磷浓度长期稳定达到 1 mg/L 以下,特别是降雨对系统除磷的影响现在还不甚明了。所以为了深入分析降雨对污水处理厂的影响,应该进行相关试验研究并引入先进的数学模拟等技术。

参考文献

- 1 孙振华,冯绍元,杨忠山,等. 1950 ~ 2005 年北京市降水特征初步分析. 灌溉排水学报,2007,26(2):12 ~ 16
- 2 周翠宁,任树梅,杨培岭,等. 城市化对降雨特征影响研究. 水利水电技术,2007,38(10):62 ~ 65
- 3 廖日红,丁跃元,胡秀琳,等. 北京城区降雨径流水质分析与评价. 北京水务,2007,(1):14 ~ 16
- 4 张亚东,车伍,刘燕,等. 北京城区道路雨水径流污染指标相关性分析. 城市环境与城市生态,2003,16(6):182 ~ 184

& 通讯处:100022 北京市朝阳区高碑店村甲 1 号
 电话:(010) 51352882
 E-mail:zhaoshan @bdc.cn
 收稿日期:2008-12-15
 修回日期:2009-02-20