

北京西郊城市污水人工土快滤处理系统的技术参数分析

崔理华¹ 朱夕珍¹ 白 瑛² 张祖锡² 黄楚豫³

(1 华南农业大学资源环境学院, 广州, 510642; 2 中国农业大学资源与环境学院;
3 吉林省环境保护研究所)

摘要 用人工土快滤处理系统处理城市污水的实际日处理水量为 63 m^3 , 年水力负荷率为 208 m , BOD_5 负荷为 15 kg/m^2 。试验结果表明: 人工土快滤处理系统的处理效果是稳定的, 其对进水 COD 、 BOD_5 和 SS 的年平均去除率分别为 90% 、 96% 和 95% ; 人工土滤床最佳进水 COD 和 BOD_5 浓度分别为 220 和 100 mg/L ; 影响人工土滤池渗滤速率的主要因素有: 温度、湿度和 SS 进水浓度等; 影响人工土滤池去除率的主要因素有: 温度、湿度、渗滤速率及 COD 和 BOD_5 的进水浓度等。

关键词 人工土; 快速渗滤; 渗滤速率; 去除率

中图分类号 X 703

污水土地处理是城市污水经一定程度的前处理后有控制地投配到地表, 通过土壤—植物—微生物生态系统自净能力来完成污水的物理、化学和生物化学处理等过程的一种污水处理方法。它具有投资低、能耗低、成本低等优点, 但也存在占地面积大、场地条件要求严格等缺点, 只适于因地制宜地推广和应用。城市污水人工土快滤处理系统研究的目的是寻找一种既兼有自然土地处理方法的优点, 又克服其缺点的高速渗滤处理方法。但这种处理方法的技术性能如何一直为人们所关注, 为此, 我们在中试运转的结果上开展了此项研究。

1 材料与方法

1.1 中试工程的工艺流程及设计参数

中试工程的工艺流程如下。

原污水→引水明渠→调节沉淀池→升流式污泥水解池→人工土滤池→出水

中试工程的设计参数如下:

引水明渠: 长 250 m , 纵坡 $1/595$, 横截面上口宽 1.2 m , 底宽 0.7 m , 渠口至渠底垂直距离 0.4 m , 有效水深 0.3 m , 横截面积为 0.38 m^2 , 边坡约 $1:1$ 。

调节沉淀池: 长 5.2 m , 宽 5.0 m , 池深 2.6 m , 面积为 26 m^2 , 有效容积 36 m^3 。

污泥水解池: 水力停留时间 4 h , 设计尺寸长×宽×高为 $5 \text{ m} \times 1.8 \text{ m} \times 4 \text{ m}$ 的水池一个。

人工土滤池: 设计人工土滤池尺寸长×宽×高为 $5 \text{ m} \times 24 \text{ m} \times 1.3 \text{ m}$, 分三格, 单池有效面积 38 m^2 , 其中垫层 20 cm , 人工土滤层 100 cm , 配水层 10 cm 。

1.2 中试工程的运行与管理

运行时间: 1987 年 11 月开始运转, 至 1989 年 9 月停止运转。

配水周期与湿干比: 配水周期为 3 d , 湿干比为 $1:9$ 。

1.3 供试污水水质

中试工程试验采用的污水是北京西郊海淀区万泉河流域地下市政排污管道圆明园东排污口的混合型城市污水, 其水质状况见表 1。

表 1 供试市政污水水质状况					mg/ L
季节	COD	BOD ₅	SS	全氮	水溶性磷
春季	435	121	201	29. 5	1. 40
夏季	381	100	245	28. 5	1. 16
秋季	345	91	203	31. 5	1. 22
冬季	459	119	253	32. 6	1. 27

1.4 监测项目及分析方法

每日记录水量和水温, 并定期测定 COD、BOD₅、SS、DO、N、P 等水质指标。其分析方法如下: COD——重铬酸钾法; BOD₅——标准稀释法; DO——碘量法; SS——滤膜法; 全氮——凯氏蒸馏法; P——钼锑抗比色法。

2 结果与分析

2.1 渗滤速率(K_t)与气候条件的关系

北京属暖温带半湿润、半干旱大陆性气候区。气候的显著特点是: 夏季炎热湿润, 冬季寒冷干燥, 春季短暂, 秋高气爽, 干湿季节分明。全年降水量约 630 mm 左右, 雨季集中于 6、7、8 三个月, 约占总降水量的 70%~75%左右。冬、春干燥多风, 降水总量仅占全年的 10%左右。年均大气相对湿度只有 57%, 冬、春季分别仅为 44.6%和 49.1%, 秋季为 60.7%, 夏季可达 73.7%。

城市污水人工土快滤处理系统中试工程正常运转近两年, 现将其日处理水量(Q)和渗滤速率(K_t)按月平均计算, 并绘制成曲线(如图 1)。从图 1 中可以看出, 处理系统的月平均日处理水量和渗滤速率在两年内都表现出相似的年内变化规律: 夏季渗滤速率最高, 冬季最低, 秋季稍高于春季, 这显然与气温和湿度的季节变化规律是一致的。因为温度和湿度的变化直接影响有机物质的分解速度。

此外, 渗滤速率还表现出随气候的年际变化而变化的规律, 如图 2 所示。第 2 年各季节平均渗滤速率高于第 1 年, 其中, 夏、春、秋 3 季较明显, 冬季不明显。除了与气候的年际变化因素有关外, 可能还与人工土滤床中细土粒物质的淋失有关。

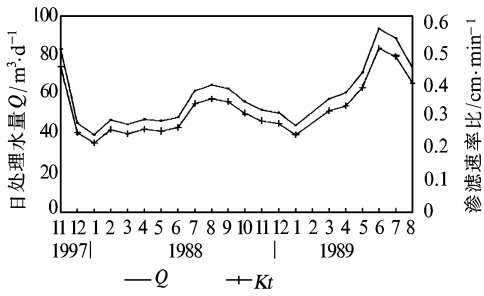


图 1 渗滤速率的年内变化

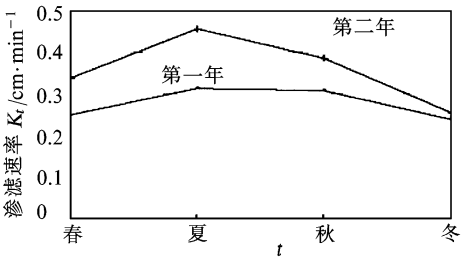


图 2 渗滤速率的年际变化

2.2 去除率与渗滤速率、进水浓度的关系

城市污水人工土快滤处理系统对污水中污染物质的去除能力主要由人工土滤池中微生物的数量和类型决定。当人工土滤料中微生物驯化以后, 其微生物的数量和类型基本上保持稳定, 污染物质的去除效果也能保持稳定。此外, 人工土快滤处理系统的去除率还受人工土滤池的 K_t 、进水浓度等因素的影响。

人工土快滤池渗滤速率的大小, 实际上反映了污水与人工土滤料接触氧化时间的长短。渗滤速度越大, 接触氧化时间就越短, 污染物的去除率就越低; 反之, 亦然。图 3 是渗滤速率与 COD、BOD₅、SS 去除率的关系曲线图。从图中可以看出, 渗滤速率与 COD、BOD₅、SS 的去除率呈负相关关系, 其负相关系数分别为 0.962、0.997 和 0.972。

人工土快滤池进水中污染物浓度的高低也直接影响着人工土快滤处理系统的去除率, 如图 4 所示。对于一般城市污水而言, 人工土快滤池中进水 COD、BOD₅ 浓度 (C) 低时, 其去除率也低。随着 COD 和 BOD₅ 进水浓度的增加, 其去除率也增加, 但当去除率达最高之后, 去除率反而随进水浓度的增加而降低。因此, 人工土快滤池的最佳进水 COD 和 BOD₅ 浓度分别为 220 和 100 mg/L。SS 的去除率与 SS 的进水浓度呈正相关关系 ($r=0.989$)。但当人工土快滤池进水 SS 浓度达 100 mg/L 时, SS 的去除率已达 100%。因此, 人工土快滤池进水 SS 浓度最好不要超过 100 mg/L, 以免人工土滤池发生堵塞。

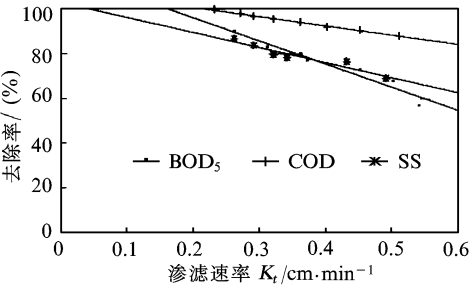


图 3 去除率与渗滤速率的关系

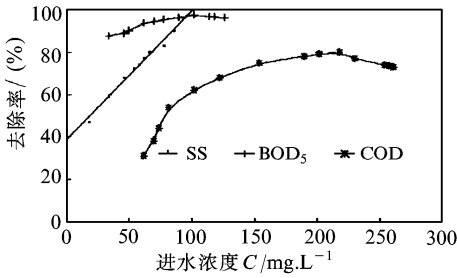


图 4 去除率与进水浓度的关系

2.3 渗滤速率与温度、进水浓度及去除率的关系

人工土滤池的渗滤速率是反映人工土饱和和水力传导性能的特征参数。它的大小主要由人工土滤料的物质组成成分、配比和人工土层的厚度决定, 除此之外, 它还随气候的季节变化、温度变化以及进水中污染物质的浓度及其去除率的变化而变化。

人工土快滤池的渗滤速率随季节而变化是明显的, 如图 5 所示。在同一去除率条件下, 人工土快滤池的渗滤速度表现出夏季>春季>秋季>冬季的季节变化规律。并且在同一季节内, COD 去除率>85%时的渗滤速率要明显低于 COD 去除率<80%的渗滤速率。

人工土快滤池的渗滤速率和温度(水温)的关系也十分密切, 如图 6 所示。这是因为, 一方面, 温度(水温)增高, 水的粘滞系数减小, 渗滤速率稍有增加; 另一方面, 温度升高, 微生物的活性增强, 人工土滤料中所积累的有机质分解速度加快, 通气孔隙增大, 因而, 渗滤速率也相应增高。

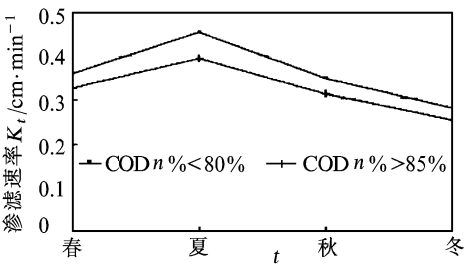


图 5 渗滤速率的季节变化

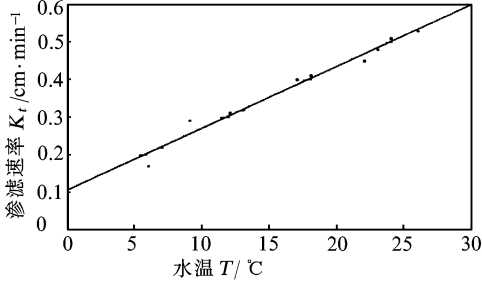


图 6 渗滤速率与水温的关系

人工土快滤池的渗滤速率还与进水中污染物(COD、BOD₅ 和 SS)的浓度呈负相关关系,其负相关系数分别为0.991、0.998、0.989。如图 7 所示。理论上,在进水 SS 浓度很低(< 50 mg/L)条件下,污水中 COD 和 BOD₅ 的进水浓度对人工土滤池的渗滤速率影响很小,但当其含量过高时,必然会影 响人工土滤池的渗滤速率。而一般城市污水中 COD 和 BOD₅ 的浓度并不高,可是人工土滤池的渗滤速率却随其进水浓度的增加而迅速下降,原因是城市污水中含有较多的 SS,当 COD 和 BOS₅ 高时,SS 的含量也相应增高。

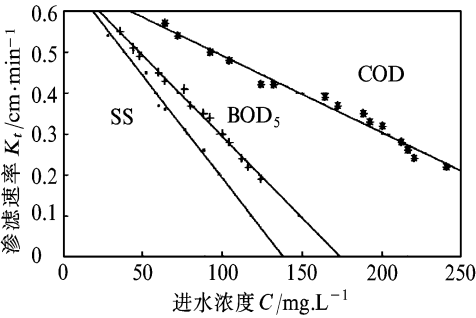


图 7 渗滤速率与进水浓度的关系

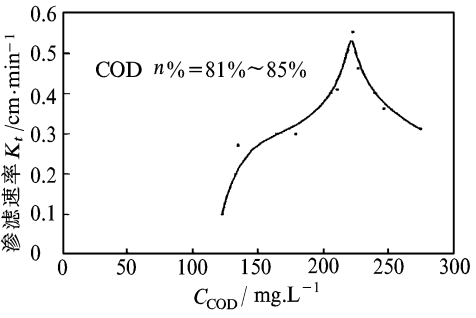


图 8 同去除率下渗滤速率与 COD 浓度的关系

此外,在同一去除率条件下,人工土滤池的渗滤速率与进水 COD 浓度的关系如图 8 所示。当进水 COD< 120 mg/L 时,要达到 80% 以上的去除率,渗滤速率必须< 0.1 cm/min; 随进水 COD 浓度的增加,渗滤速率也随之增加;当进水 COD 浓度为 220 mg/L 时,渗滤速率达最大;当 COD> 280 mg/L 时,要达到 80% 以上的去除率,渗滤速率必须< 0.3 cm/min。

人工土滤池的 K_t 与污染物的去除率呈负相关关系,如图 9 所示。以 COD 为例, K_t 越高, COD 去除率越低;反之,亦然。当 K_t > 0.5 cm/min 时, COD 去除率< 70%; 当 COD 去除率> 85% 时, K_t < 0.3 cm/min。因此, K_t 维持在 0.5~0.3 cm/min 之间时,才是比较理想的选择。

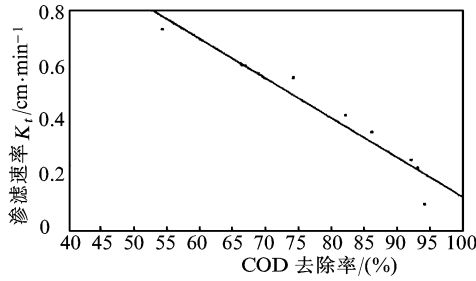


图 9 渗滤速率与 COD 去除率的关系

2.4 处理负荷与去除率的关系

人工土滤池的水力负荷 (HL) 与人工土滤池的去除率呈负相关关系, 如图 10 所示。以 COD 为例, 当水力负荷(HL) $> 3.0(\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 时, COD 去除率 $< 80\%$; 而当 COD 去除率 $> 90\%$ 时, 水力负荷(HL)应 $< 1.5(\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。因此, 比较理想的水力负荷是 $1.5 \sim 3.0(\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。此时 COD 的去除率可达 $80\% \sim 90\%$ 。

人工土滤池的污染负荷(PL)也与人工土滤池的去除率呈负相关关系, 如图 11 所示。以 COD 为例, 当 COD 污染负荷(PL) $> 0.4 \text{ kg} \cdot \text{COD}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$, COD 去除率 $< 75\%$; 而当 COD 去除率 $> 90\%$, COD 的污染负荷(PL)应小于 $0.25 \text{ kg} \cdot \text{COD}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 。因此, 比较理想的 COD 污染负荷为 $0.25 \sim 0.40 \text{ kg} \cdot \text{COD}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$, 此时 COD 的去除率可达 $75\% \sim 90\%$ 。

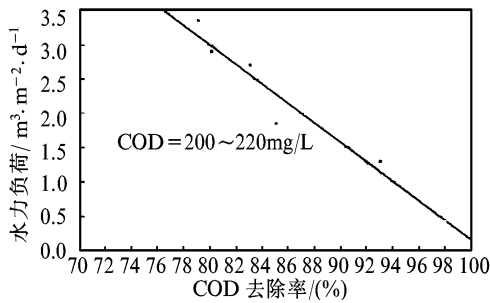


图 10 水力负荷与 COD 去除率的关系

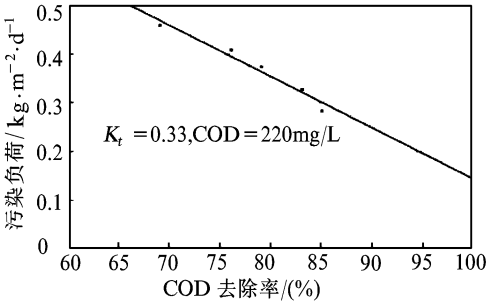


图 11 COD 污染负荷与 COD 去除率的关系

ANALYSIS OF TECHNOLGICAL PARAMETERS OF ARTIFICIAL SOIL RAPID INFILTRATION TREATMENT SYSTEM OF MUNICIPAL WASTEWATER IN THE WEST OF BEIJING

Cui Lihua¹ Zhu Xizhen¹ Bai Ying² Zhang Zuxi² Huang Chuy³

(1 College of Natural Resources & Environment, South China Agr. Univ., Guangzhou, 510642;

2 China Agr. Univ.; 3 Ji Lin Institute of Environmental Science)

Abstract

The practical treatment capacity of municipal wastewater was $63 \text{ m}^3/\text{day}$ by using artificial rapid infiltration treatment system. The hydraulic and organic loading rates (BOD_5) were 208 m/a and $15 \text{ kg}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$ respectively. Results showed that the removal efficiency of ARI treatment system was stable. The removal rate of influent BOD_5 , COD and SS was 96% , 90% and 95% , respectively. The artificial filter bed optimal influent concentration of COD and BOD_5 was 220 and 100 mg/L , respectively. There are many factors acting on the infiltration rate of artificial soil filter bed, including temperture, humidity, influent SS concentration etc. It was also found that these factors acting on the removal rate are temperture, humidity, infiltration rate and in-fluent concentration of BOD_5 and COD.

Key words artificial soil; rapid infiltration; infiltration rate; removal efficiency