

人工湿地耦合系统在城市面源污染控制中的应用
岩土工程师考试 PDF 转换可能丢失图片或格式，建议阅读原文

https://www.100test.com/kao_ti2020/641/2021_2022__E4_BA_BA_E5_B7_A5_E6_B9_BF_E5_c63_641472.htm 把建筑师站点加入收藏夹

摘要：由塘系统和人工湿地系统组成的耦合系统首次运用于国家“十五”重大科技专项“武汉市汉阳地区城市面源控制技术与工程示范”，在工程规模上对系统净化效果进行了研究。结果表明，耦合系统对污染物的平均去除率分别为：CODMn $63.17 \pm 1.39\%$ 、TP $78.58 \pm 3.54\%$ 、TN $72.94 \pm 8.33\%$ 、SS $89.08 \pm 3.66\%$ ；远远超过课题要求，具有较好的示范效果和推广价值。关键词：多水塘 - 人工湿地耦合系统；城市面源；净化效果

前言 多塘系统和人工湿地系统都是典型的污水生态处理系统，在控制面源污染中得到了较为广泛的应用，取得的较好的处理效果，同时也起到了改善生态环境的作用[1~4]。研究表明多水塘系统对悬浮物去除非常显著，多水塘在降雨径流过程借助巨大的蓄水容量，减缓径流流速和降低水流的挟沙能力，使悬浮物在水塘中大量沉降[5]；而人工湿地对机污染物COD_{cr}、N和P等营养物质有较好的去除效果[6~9]。多水塘 - 人工湿地耦合系统是将塘系统和人工湿地系统进行优化组合，发挥了单项技术的优势，实现了互补，达到提高了SS、COD、TN和TP的综合去除效果的目的，也有效地减少湿地的堵塞，延长湿地的使用寿命。本耦合系统克服了以往工程技术运用的单调化，使处理过程多样化、简单化，污染去除高效化，生态系统稳定化；并首次运用于国家“十五”重大科技专项“武汉市汉阳地区城市面源污染控制技术与工程示范”，为我国控制城市面源污染提供了具

有参考价值的技术方法。 1.系统概况 1.1工艺流程及组成 多水塘 - 人工湿地耦合系统由两个并联的系统组成，因地制宜地采用多级塘技术、不同流型的人工湿地技术、生物稳定塘技术，在系统上进行了集成。系统工艺流程具体见图1。系统1:多水塘 - 水平潜流人工湿地(multi-pond—horizontal-subsurface flow constructed wetland)耦合系统（简称MP-HF系统）位于示范工程区北区，其中，多水塘系统由1、2、4、6号塘串连组成，水平潜流人工湿地系统由四个小单元并联组成，每个单元尺寸为25m×50m，总面积为5000m²，采用铺设土工膜防渗隔离，平均构造深度0.7m，湿地植物分别为芦苇（1单元）、香蒲（2单元）、美人蕉（3、4单元）。系统2：景观塘 - 复合流人工湿地(landscape pond - integrated flow constructed wetland)耦合系统（LP - IF系统）位于示范工程区南区，其中，多级景观塘系统由9、10、11、12号塘串连组成；复合人工湿地系统由一个垂直流人工湿地（面积300m²，构造深度0.5 m）、三个水平潜流并联人工湿地（面积1500 m²,平均构造深度0.4 m）和两个表流人工湿地串连而成，总面积4500m²。 1.2设计能力及进水参数 本系统主要处理城市暴雨初期产生的高浓度面源污染物和部分生活污水。本系统进水水质为：CODMn20.43 ~ 44.19 mg/L，SS 120 ~ 1781mg/L，TN 13.91 ~ 43.62 mg/L，TP1.47 ~ 4.11 mg/L。设计处理能力:设计处理生活污水1400m³/d，大雨日产初期重污染径流12600m³/d。 1.3测试项目与方法 COD 高锰酸盐指数，重量法测SS，TN 过硫酸钾消解紫外分光光度法，TP 过硫酸钾消解钼锑抗分光光度法。 2.结果与分析 2.1多水塘系统的净化效果 运行方式：连续运行方式，水力停留时间（HRT）为3天。（1）MP-HF系统

中多水塘系统的处理效果分析 不同浓度的污水经过MP-HF系统多水塘系统自然沉积和生物吸附作用，去除效果较明显，CODMn削减了 $54.15 \pm 15.53\%$ ；TP削减了 $49.62 \pm 19.11\%$ ；TN去除了 $45.62 \pm 13.12\%$ ，SS经多塘系统处理后削减了 $80.36 \pm 14.30\%$ 。（2）LP-IF系统中景观塘系统的处理效果分析 经过多次调试运行，LP-IF系统中景观塘系统的处理效果见表1。其中，CODMn削减了 $31.84 \pm 10.87\%$ ；TP削减了 $39.92 \pm 19.33\%$ ；TN去除了 $42.40 \pm 15.66\%$ ；SS经多塘系统处理后削减了 $46.00 \pm 10.40\%$ 。根据上述分析可以发现：MP-HF系统的塘系统削减率明显高于LP-IF系统中景观塘系统的削减率。消减率与进入塘系统的污染物浓度和串联塘的数量密切相关，MP-HF系统的塘系统和LP-IF系统中景观塘系统是串连的，污水在经过MP-HF系统的塘系统之后，大部分高浓度的污染物经已去除。考虑到塘的利用效率，建议采用一级多水塘系统即可。

2.2人工湿地系统的净化效果分析

(1)水力条件对人工湿地处理效果的影响分析

水力停留时间对处理效果的影响 湿地系统的处理效果与水力停留时间关系密切。停留时间过短,生化反应不充分,停留时间过长,易引起污水滞留和厌氧区扩大,影响处理效果。

MP-HF系统水平潜流人工湿地：停留时间在1~3 d时, CODMn去除率随停留时间的延长而升高，去除率分别为27.38%、53.23%、52.38%；CODCr停留时间2d和3d的去除率分别为61.32%和79.4%。

LP-IF系统复合流人工湿地：停留时间在1~3 d时,CODMn去除率随停留时间的延长而升高，去除率分别为停20.59%、62.16%、6.76%。

MP-HF系统水平潜流人工湿地：停留时间在1~3 d时,SS去除率随停留时间的延长而升高，分别为：33.33%、76.67%

、87.67%。LP - IF系统复合流人工湿地：停留时间在1 ~ 3 d时,SS去除率分别为：61.48%、94.92%、93.02%。MP-HF系统水平潜流人工湿地：停留时间在1 ~ 3 d时,TP去除率随停留时间的延长而升高，分别为：49.09%、55.00%、60.00%。LP - IF系统复合流人工湿地：停留时间在1 ~ 3 d时,TP去除率随停留时间的延长而升高，分别为：50.00%、75.71%、87.88%。由此可知，停留时间2d和3d的TP去除率明显高于1d，而2d和3d的去除率相差很小。主要是由于人工湿地对磷的去除是通过微生物的积累、植物的吸收和碎石床的物理化学等几方面的协调作用共同完成的，植物吸收和微生物的积累是需要一定的时间来完成。MP-HF系统水平潜流人工湿地：停留时间在1 ~ 3 d时,TN去除率随停留时间的延长而升高，分别为：41.25%、46.87%、61.64%。LP - IF系统复合流人工湿地：停留时间在1 ~ 3 d时,TN去除率随停留时间的延长而升高，分别为：33.27%、77.67%、85.28%。由此可知，停留时间2d和3d的TN去除率明显高于1d，而2d和3d的去除率相差很小。由以上分析可知，停留时间延长，可增加去除率，但是理论上随停留时间增长达到一定的天数后，去除率的增长将会下降。由于系统初步建成，其去除效果和机理需进一步探讨完善。从目前运行效果出发和湿地的利用效率考虑，建议湿地运行的停留时间一般应为2 ~ 3d。水深变化对处理效果的影响（补充运行方式）在湿地系统中,水深不仅与水力负荷、容积负荷、水力停留时间密切相关,还直接影响植物的生长和系统的处理效果。在填料分层的湿地系统中,水深的控制尤其重要。运行方式：采用连续运行方式，水力停留时间（HRT）为2d。进水水质为CODMn15.10 ~ 15.98 mg/l，TP0.34 ~ 1.

2.5 mg/l, TN 3.92 ~ 10.85 mg/l, SS 42 ~ 116 mg/l。70 cm水深时SS去除率明显高于60 cm和50 cm水深的去除率。这是因为高水位时上层填料的粒径小,植物根系比较发达,有利于对悬浮颗粒的拦截和过滤。70 cm水深的去除率远远高于其他2个水深间COD去除率,水深50cm、60cm、70cmCODMn的去除率分别为25.03%、36.34%和52.44%;并且其差值比SS去除率的差值要大。这是因为当水深增大到70cm时,水位接近表层,此区域植物根系较发达,生物膜生长也较旺盛,不仅增强了系统对不溶性有机物的过滤拦截作用,还促进了生物膜对可溶性有机物的吸附与降解,故COD去除率的增加幅度较大。人工湿地处理系统对N的去除作用包括基质的吸附、过滤、沉淀以及氨的挥发,植物的吸收和湿地中微生物作用下经硝化反硝化作用下转化去除。由表3可见,70 cm水深时的TN去除率明显高于其他2个水深,这是因为在70 cm水深时,植物根系周围的好氧微环境更有利于TN充分硝化,而且70 cm水深处植物根系较发达,植物对TN吸收能力也较强。50 cm水深时,植物根系的减少及供氧环境的恶化,使硝化水平不如70 cm水深的硝化水平。70 cm水深时TP去除率远高于其他2个水深,其原因一方面由于70 cm水深时,植物对磷的吸收量较大。而深度小于50 cm时则不然,故除磷效果依次下降。由以上的讨论得知,湿地稳定运行的水位最好控制在表层以下0 ~ 10 cm的高度较为合适,此时,污水可以通过表层植物发达的根系和生物膜对可溶性有机物的吸附与降解,达到比较高去除率。随着根系的生长,植物根系的深入及供氧水平的提高应是提高污染物去除效果的最关键因素。

2.3多水塘 - 人工湿地耦合系统处理效果

MP-HF耦合系统对污染物的平均去除率分别为: CODMn

62.4%、TP75.04%、TN 64.61%、SS 92.74%；LP - IF耦合系统对污染物的平均去除率为：CODMn 65.18%、TP 82.13%、TN 81.28%、SS 85.41%；耦合系统对污染物的平均去除率分别为：CODMn $63.17 \pm 1.39\%$ 、TP $78.58 \pm 3.54\%$ 、TN $72.94 \pm 8.33\%$ 、SS $89.08 \pm 3.66\%$ 。LP - IF耦合系统对COD、TP、TN的去除率明显高于MP-HF耦合系统，尤其是TN的去除效果，这主要是由于LP - IF耦合系统的复合流人工湿地系统对TN的去除率主要依靠水平流人工湿地（HF），其原理是利用垂直流湿地进行硝化作用，再进入水平流湿地进行反硝化，从而达到对TN的高的去除率。

2.4系统出水水质比较 3.结论

经过对多水塘 - 人工湿地耦合系统在工程规模上的初步研究，耦合系统发挥塘系统和湿地系统的两者的优势，提高系统运行的稳定性和出水水质：塘系统的储存净化功能可以降低人工湿地处理的污染物负荷率，有效防止人工湿地堵塞，提高除污能力；人工湿地系统缓冲容量大，利用物种共生、物质循环再生原理，遵循结构与功能相关原则，可有效促进废水中污染物质良性循环，充分发挥资源的生产潜力，获得污水处理与资源化的最佳效益。

（1）多水塘系统的处理效果非常显著。经过多次调试运行，MP-HF系统中多水塘系统的污染物的削减率为：CODMn $54.15 \pm 15.53\%$ ，TP $49.62 \pm 19.11\%$ ；TN $45.62 \pm 13.12\%$ ，SS经多塘系统处理后削减了 $80.36 \pm 14.30\%$ ；LP-IF系统中景观塘系统的处理效果为：CODMn削减了 $31.84 \pm 10.87\%$ ；TP削减了 $39.92 \pm 19.33\%$ ；TN去除了 $42.40 \pm 15.66\%$ ；SS经多塘系统处理后削减了 $46.00 \pm 10.40\%$ 。考虑到塘的利用效率，建议采用一级多水塘系统。

（2）湿地系统的处理效果与水力停留时间关系密切。停留时间延长，可增加去除

率，但是随停留时间增长达到一定的天数后，去除率的增长将会下降，故从总处理效果出发和湿地的利用效率考虑，建议湿地运行的停留时间一般应为2~3d。（3）湿地稳定运行的水位最好控制在表层以下0~10cm的高度较为合适，此时，污水可以通过表层植物发达的根系和生物膜对可溶性有机物的吸附与降解，达到比较高去除率。（4）MP-HF耦合系统对污染物的平均去除率分别为：CODMn 62.4%、TP 75.04%、TN 64.61%、SS 92.74%；LP-IF耦合系统对污染物的平均去除率为：CODMn 65.18%、TP 82.13%、TN 81.28%、SS 85.41%。LP-IF耦合系统对COD、TP、TN的去除率明显高于MP-HF耦合系统，尤其是TN的去除效果，主要是由于复合流湿地先垂直流湿地进行硝化作用，再进入水平流湿地进行反硝化，而达到对TN的高的去除率。100Test 下载频道开通，各类考试题目直接下载。详细请访问 www.100test.com