

人工湿地削减山地城市地表径流污染的研究

研究生：孙小丽；导师：梁文艳 教授



研究背景

城市地表径流是城市水体非点源污染的主要来源之一，具有地域范围广、随机性强、成因复杂的特点，山地城市地表径流除具有以上特征外，地势的起伏使径流的初期冲刷效应更加明显，径流中的悬浮颗粒物、营养盐、重金属和有机污染物有时会劣于《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)Ⅴ类的几倍甚至几十倍，可对地表水体水质带来明显影响。

近几年，为削减城市地表径流量，以及解决洪涝积水、河流水系生态恶化、水污染加剧等问题，新一代的雨洪管理概念——海绵城市被提出。海绵城市从生态措施入手探索山地城市地表径流污染的控制是一个非常不错的选择。根据《海绵城市建设技术指南》，城市建设将强调优先利用植草沟、雨水花园、下沉式绿地等“绿色”措施来组织排水。而建设海绵城市必须要有“海绵体”，城市“海绵体”既包括河、湖、池塘等水系，也包括绿地、花园、可渗透路面这样的城市配套设施。

研究方法

工艺设计：

试验点选择山地城市重庆，参考相关设计手册和现场调研资料设计生态塘-表流人工湿地-卵石带过滤带组合工艺。

运行效果分析：

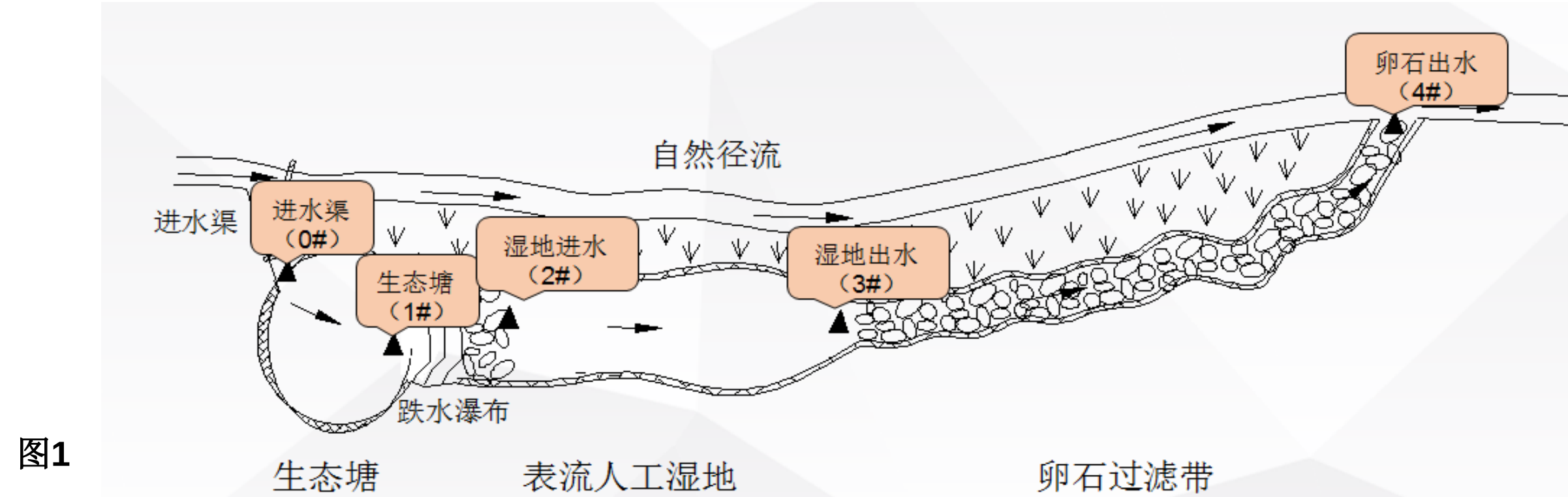
①以模拟径流为进水考察了各单元处理效果以及水力停留时间（HRT）和水质条件（进水COD浓度、进水氮素组成）对组合系统处理效果的影响，采样点如图1。

②以当地降雨径流为进水，设定水力停留时间48h，系统进出水连续监测3天，采样频次1次/天。以晴天径流为进水考察系统对微污染水质的净化效果，系统进出水连续监测7天，采样频次1次/天。

水样和植物分析

水样监测指标包括COD、TP、TN、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ，植物样测试指标包括全氮和全磷，测定方法均采用相关国标方法。

采样点布设



结果分析

各单元处理效果分析

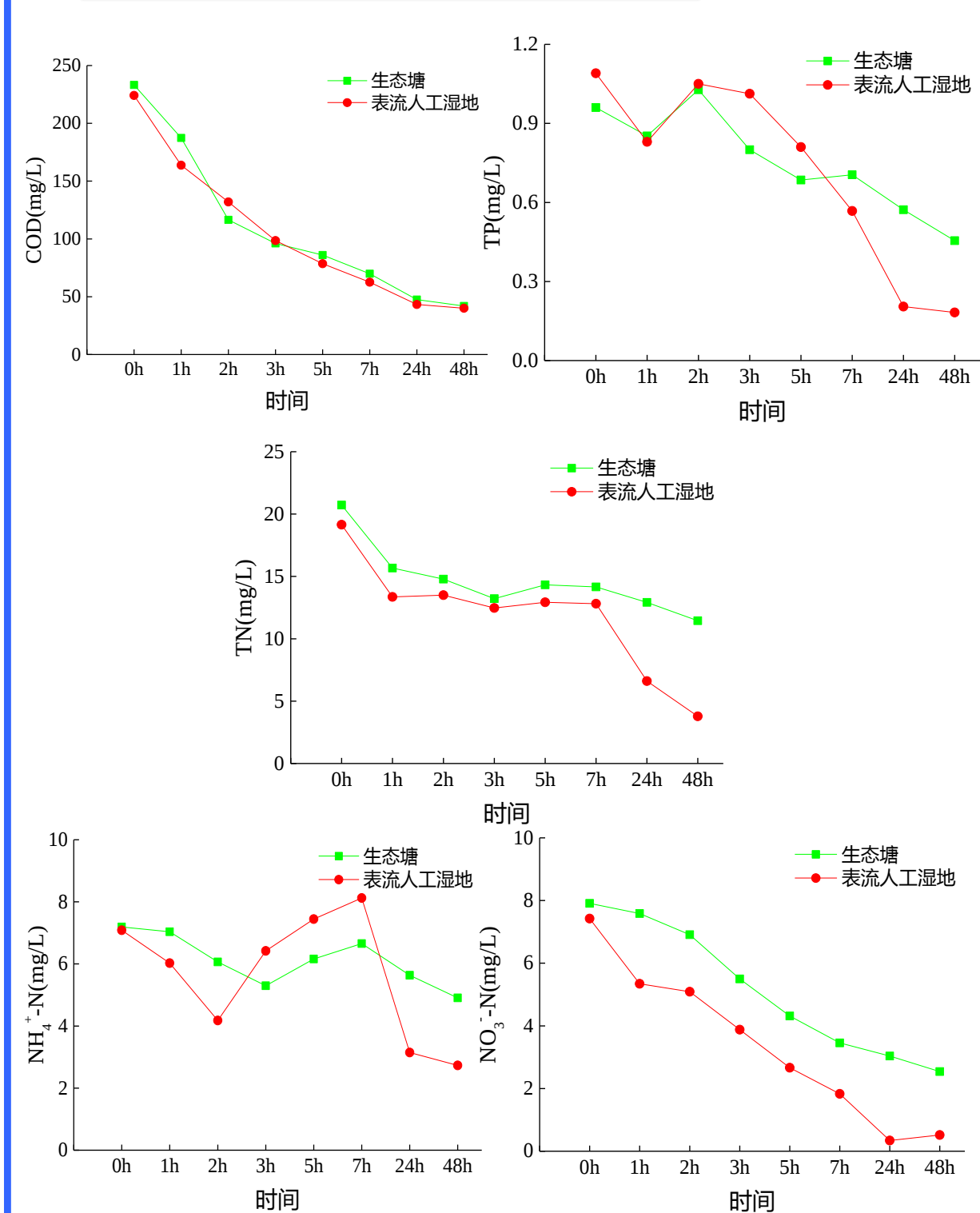


图2

- ◆ 表流人工湿地对污染物的去除优于生态塘
- ◆ 表流人工湿地和生态塘除氮能力有待强化



图3.完工初期



图4.实验期间

研究成果

[1]孙小丽,樊乾龙,何强,古励,王华东,梁文艳.人工湿地组合工艺削减山地城市地表径流污染[J].环境科学与技术.2016

[2]孙小丽,解迪,梁文艳,曹新,沐先运,陈瑞丹,罗菊春.圆明园西洋楼景区水土环境保护现状的初步调研[J].圆明园学刊.2015:262-267.

[3]Harvesting Chlorella vulgaris by magnetic flocculation using Fe3O4 coating with polyaluminium chloride and polycrylamide. Bioresource Technology. Yuan Zhao,Wenyan Liang*,Lijun Liu,Fenzhen Li,Qianlong Fan,Xiaoli Sun.

HRT对处理效果的影响

HRT (h)	去除率 (%)				
	COD	TP	TN	$\text{NH}_4^+\text{-N}$	$\text{NO}_3^-\text{-N}$
24	65	55	62	56	52
48	74	74	80	68	71
72	89	81	66	48	78

图5.HRT对处理效果的影响

- ◆ COD和TP的去除效果随HRT的延长而提高，而TN不同，去除率呈现先上升后下降的趋势。

进水COD对处理效果的影响

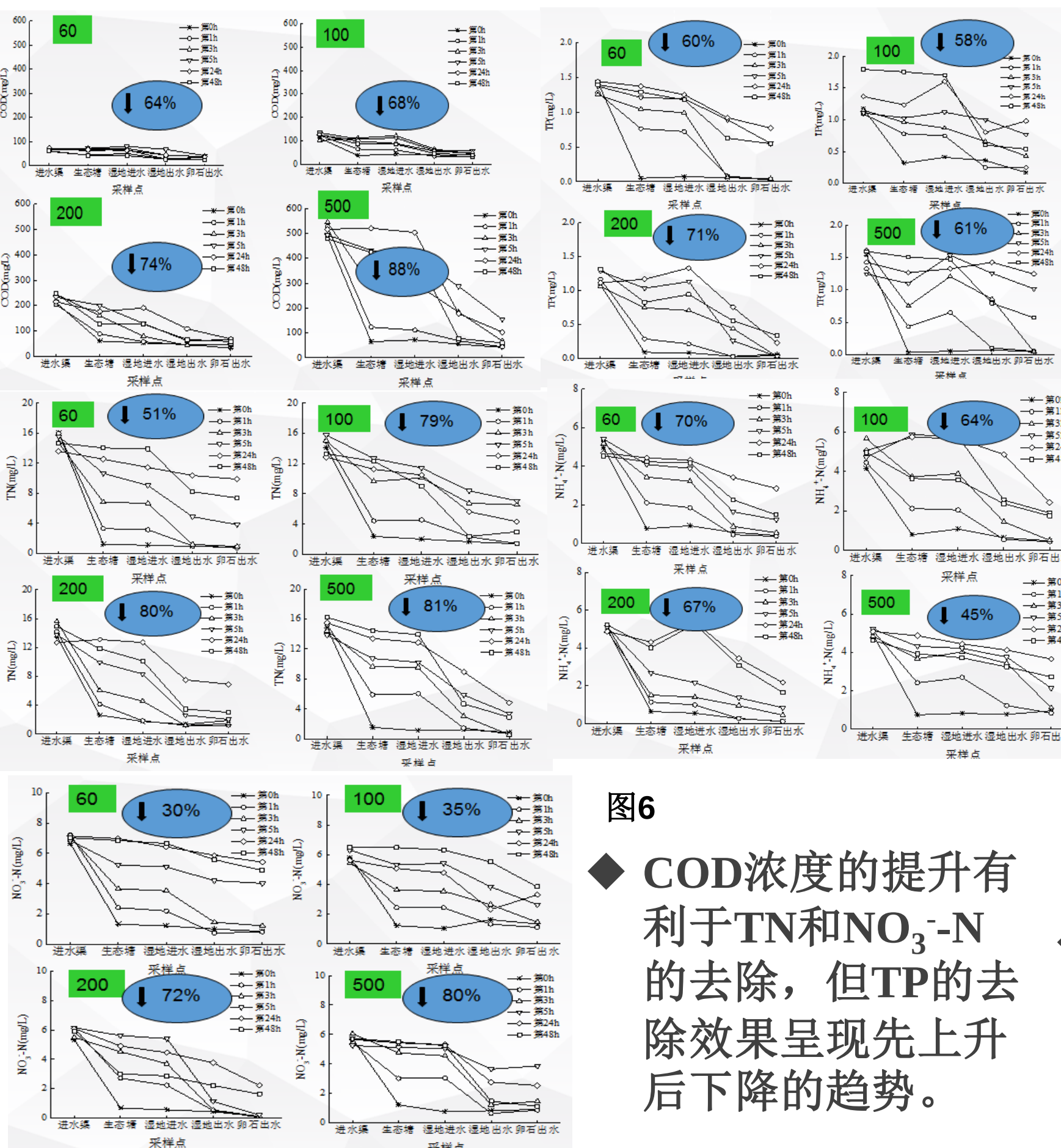


图6

- ◆ COD浓度的提升有利于TN和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的去除，但TP的去除效果呈现先上升后下降的趋势。

晴天径流的处理

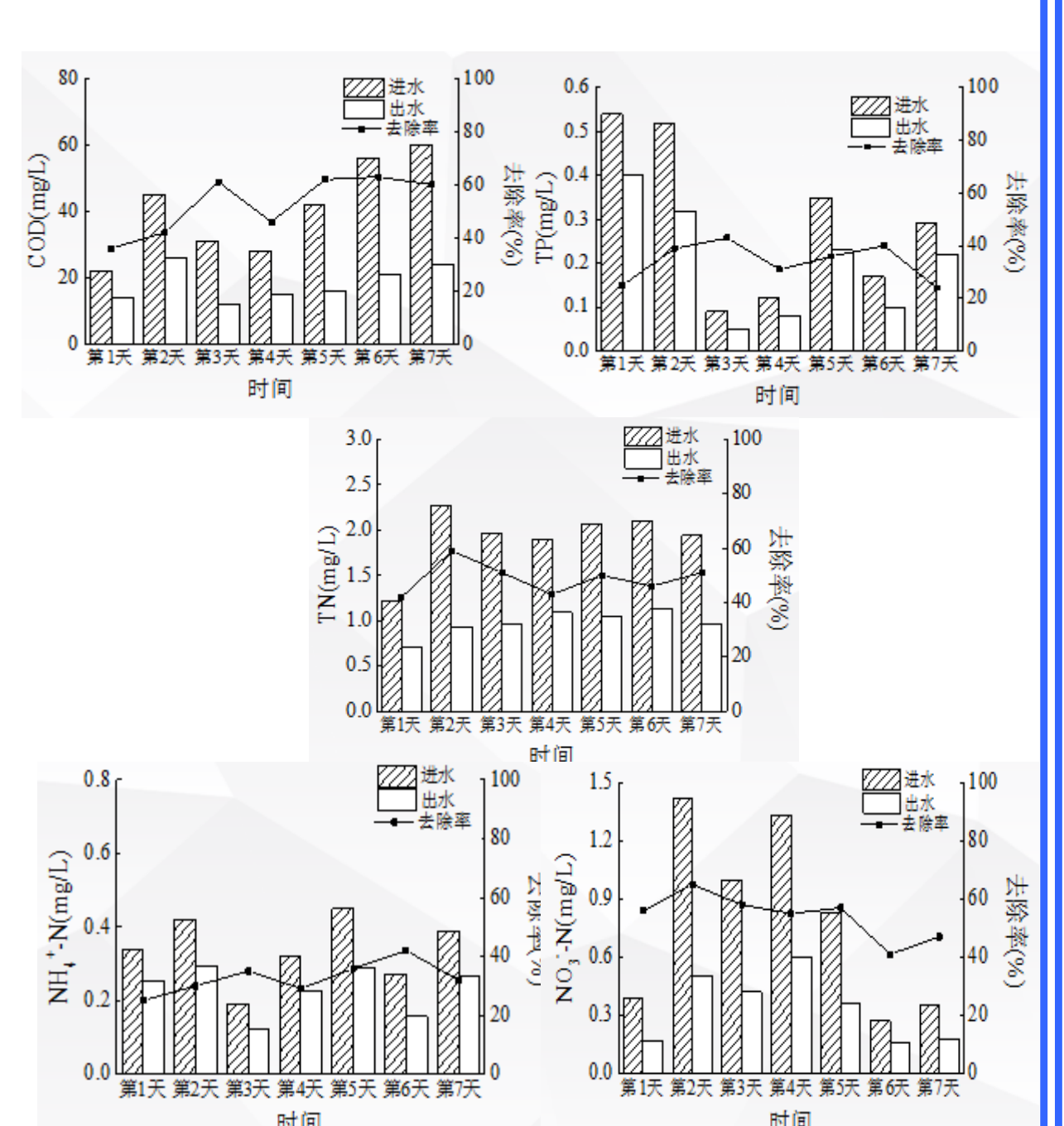


图9

- ◆ 当晴天径流污染物浓度较低时，仍能实现进一步去除，COD、TP、TN、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 去除率依次为36%~60%、24%~43%、42%~51%、25%~43%和41%~65%。

氮素组成对处理效果的影响

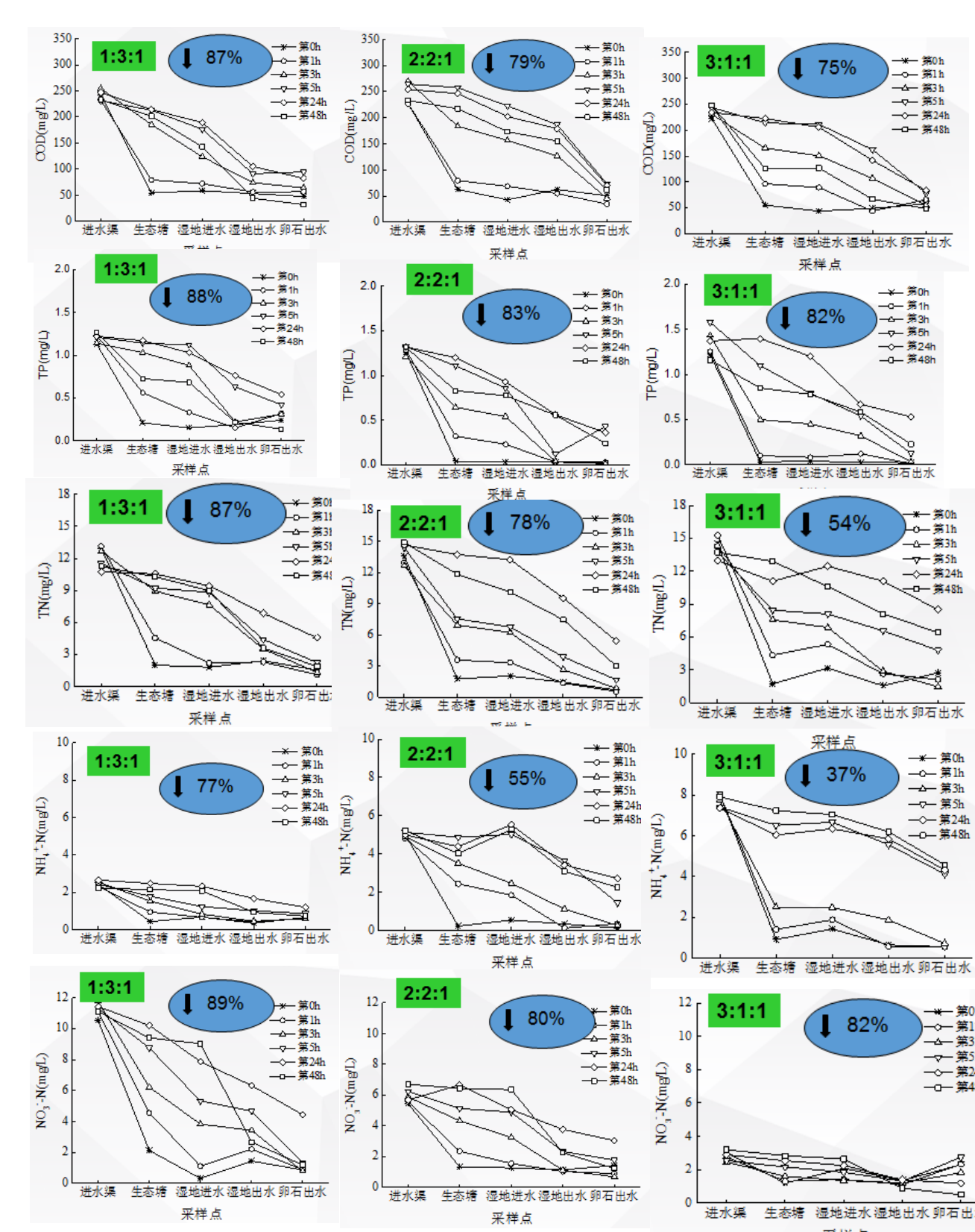


图7

- ◆ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 比例的增加不利于TN的去除。

雨天径流的处理

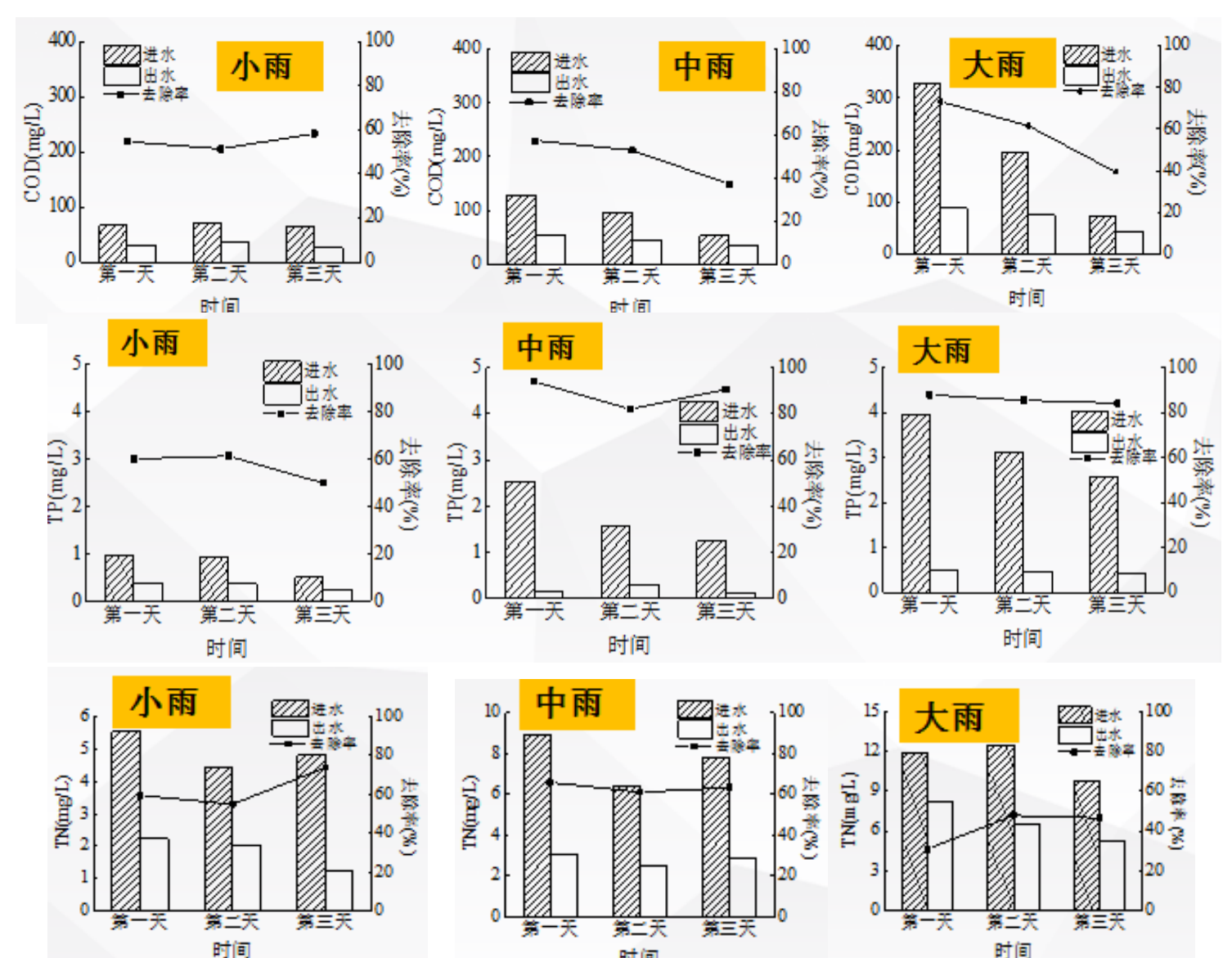


图8

- ◆ 降雨径流中COD、TP、TN浓度均随雨强的增加而升高，经处理后平均削减率为54%、77%、56%。

结论

- 生态塘和表流人工湿地对COD的去除效果相近。在TN和TP的降解去除方面，表流人工湿地具有明显的优势。但是，两者对 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的去除效果都有待提升。
- 随水力停留时间的延长，COD和TP去除效果提升，TN、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 去除率先升高后下降，但 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 去除率一直保持升高。
- 进水中COD浓度的升高有利于TN尤其是 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 的去除，但会降低 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的去除；但是，与TN不同，TP的去除率随进水COD浓度的升高呈现出先上升后下降的趋势，当COD浓度为200 mg/L时，TP的去除率最高。
- 氮素组成形态影响COD和TN的去除，对TP去除无明显影响。 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 比例的增加能够提高TN和COD的去除，而 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 比例的增加不利于两者的降解去除。
- 降雨径流经过三天的处理后，COD、TP和TN的削减率为54%、77%、56%。组合湿地对微污染水质仍可实现进一步的净化。

课题来源：国家水专项“重庆两江新区城市水系统构建技术研究与示范” (2012ZX07307001-006)