植物对湿地水生态作用机理及数值模型技术

【获奖等级】 理论成果奖三等奖

【任务来源】 国家科技计划项目、其他项目

【起止时间】 2015 年 6 月～2021 年 12 月

【完成单位】 中国水利水电科学研究院

【主要完成人】 杜彦良、彭文启、王世岩、刘晓波、张双虎、刘　畅、马晓宇、王　亮、韩　祯、赵仕霖

一、研究背景

湿地植物是湿地生态系统中的核心环节，是湿地生态修复及健康的关键，也是维持良好湿地水质的重要要素之一。湿地植物改变湿地上覆水及土壤水中的氧化还原条件，同时通过根系向土壤中输入生物碳，为微生物提供能源，激发湿地中微生物活性，对湿地水质产生影响。本项目建立了描述植物作用的湿地水生态数学模型，为量化湿地生源要素的演变及植物~土壤中碳循环过程提供了科学工具。

二、主要内容

1、植物对表面流湿地水质作用机理及模型构建。梳理了植物在表面流湿地中的 4 大作用机理：阻流、泌氧、细菌摄取和植物吸收，构建了“WQ+Veg”湿地水质模块，在水动力、水质 DO、氨氮及磷等的基础方程中整合以上作用，能够反映植物分

布、种类等信息，实现了表面流湿地水质模拟。

2、植物对多孔介质湿地中水质作用机理及模型构建。围绕植物根系的生化作用，建立了根部内部碳源释放和根系泌氧模块，通过与水动力、水化学耦合作用下，激活土壤微生物活性，模拟湿地水质中生源要素的变化。采用定量的人工潜流湿地实验数据，模型的合理性和可靠性得到实验验证。

3、植物作用下多孔介质湿地中氮的转化规律。湿地中的碳为微生物的能量来源，过低及过高的有机负荷的输入，均会降低土壤微生物对氮的去除效率。有植物湿地相比无植物湿地，在较宽广的有机碳负荷输入区间条件下，提高了土壤对氨氮转换及总氮的去除效率。

三、创新点

1、首次构建了植物作用的表流湿地模型方法。将植物图参数带入表流湿地模型，体现植物类型、分布等信息，摒弃传统模型通过修订某些水质降解参数来反映湿地影响。新方法概念清晰，实现大尺度复杂湿地水体的水质精确模拟、分析和评估。

2、建立了植物在多孔介质湿地的模拟方法。首次将湿地植物根系的碳源释放和泌氧机理耦合入多孔介质湿地水动力水质模型中，通过激活微生物的生化过程，实现了植物作用下的多孔介质流水质模拟，模型为植物在碳循环作用、土壤中碳累积及释放等定量计算中提供新工具。

3、揭示植物对湿地的氮去除机理。提出了氮去除率的 C/N 比曲线，评估植物作用下的氮去除效率。通过模型揭示土壤中空

间分布的内部有机碳源相对外部输入碳源，对氮的去除有更高效率，为湿地水质修复提供了重要科学基础。

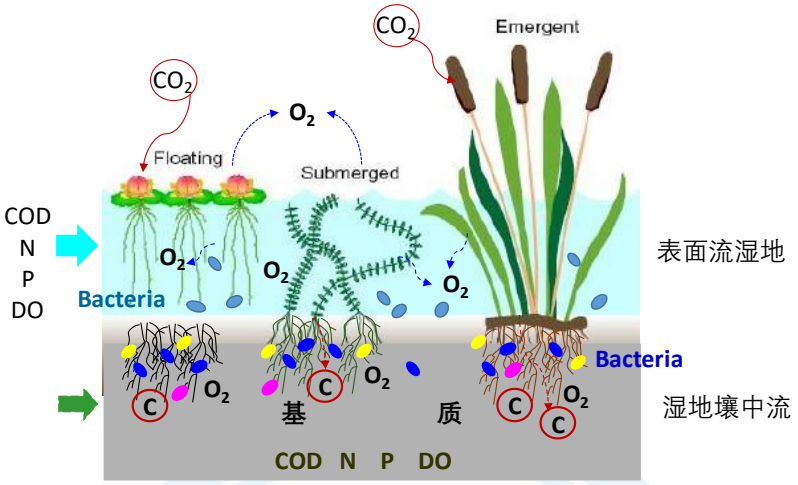
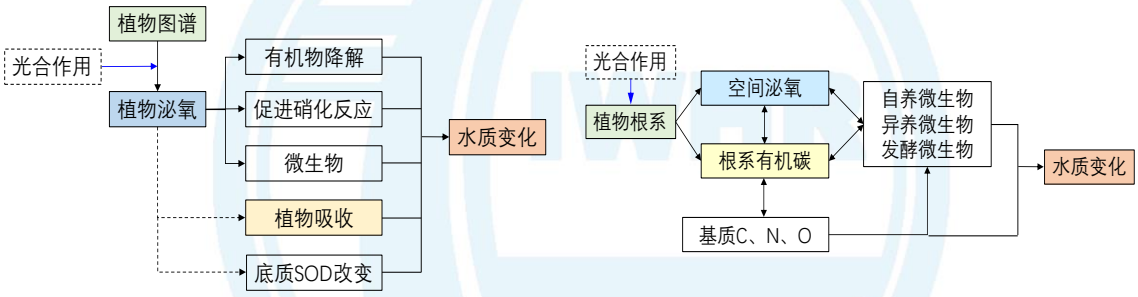


图 1 植物在湿地中作用示意图



(a) 表面流湿地　　(b) 多孔介质湿地

图 2 植物在表面流湿地及多孔介质湿地的作用过程建立

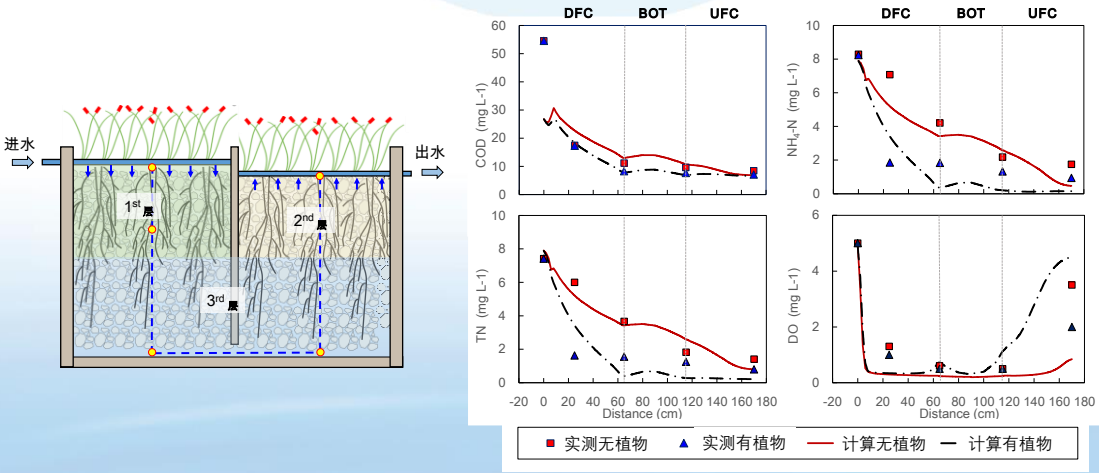


图 3 有无植物湿地中 COD、NH_4-N、TN、DO 浓度沿程变化