

河滨带植被阻流机理及其影响下的水流结构特性研究

➤ 简要信息

【获奖等级】 理论成果奖二等奖

【任务来源】 国家科技计划项目、行业部委项目

【课题起止时间】 2016 年 10 月~2020 年 11 月

【完成单位】 中国水利水电科学研究院

【主要完成人】 王伟杰、董 飞、彭文启、刘晓波、黄爱平、
韩 祯、陈学凯

➤ 背景

本项成果以河流生态修复为背景，揭示了植被环境中的水流运动规律与植被种类、形态、柔韧性、密集度以及空间分布形式的关系，阐明了植被阻力系数、水流流场特征、湍流紊动特性，为植被生态修复提供了水动力学理论支撑。

➤ 主要内容

- 针对受植被影响的河湖水体流速垂向分布不符合经典对数律公式、传统数值解法不能直观揭示流速分布规律的问题，通过研究不同植被类型下的水流运动特点，创新性提出流速分布解析解计算方法，揭示了植被环境下紊流机理及水流运动规律，为流体力学基础理论的发展提供有力支撑。成果发表在《Journal of Hydrology》《Advances in Water Resources》《Journal of Hydraulic Research》等期刊。

- 针对植被环境下的河湖运动过程，提出“植被粗糙度”“植被化水力半径”“植被化泥沙扩散系数”等新的水力学概念，揭示了植被环境下水流沿程水头损失机理以及泥沙运动规律，完善了流体力学理论在水生态领域的研究。成果发表在《Journal of Hydrodynamics》《Journal of Hydrology》等期刊。
- 针对传统的阻力系数不能很好地模拟大量植被存在情况下的河湖水面线问题，通过研究植被环境下的水流紊流涡结构特性，提出了增阻效应和减阻效应模式理论，揭示了植被的阻流机理，对现有水动力学模型中的紊流模型提供了多种有效解决方案，为存在大量植被的河湖水动力进行精细化模拟提供理论基础。成果发表在《Water Resources Research》《Ecological Indicators》等期刊。

➤ 创新点

- 针对河滨带不同类型植被，采用不同数学模型，基于解析数学方法，提出全套流场分布模型解决方案，为快速高效地评估河滨带植被对河道断面流量的影响提供了技术支持。
- 统筹考虑植被形状阻力与摩擦阻力，将传统水力半径概念进行拓展，提出“植被水流水力半径”“植被粗糙度”等崭新概念。
- 整合流体力学中卡门涡街理论、KH 涡理论、植被混合层以及相干结构等理论，将经典尼古拉兹实验方法进行尺度上的拓展，基于空间关系首次建立植被水流能量损失系数

与“植被水流水力半径”和“植被粗糙度”的量化关系。

- 基于植被水流紊流涡结构尺寸及发展过程，首次提出了包含量化分区特征的增阻效应和减阻效应的植被阻流模式理论，首次提出了抛物线形的植被阻力系数特点，为存在大量植被的河湖水动力进行精细化模拟提供理论基础。

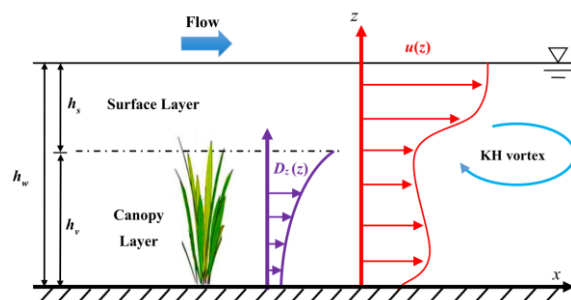


图1 植被作用下的水流流场示意图

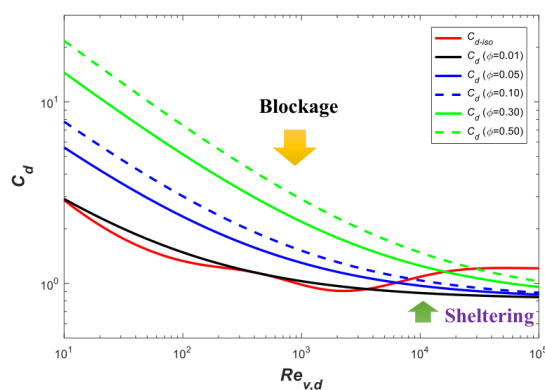


图2 植被阻力系数分区示意图

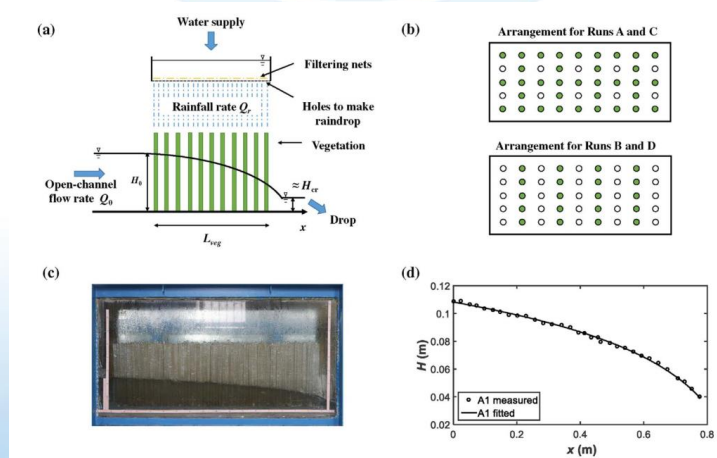


图3 降雨径流条件下的植被阻力特性研究实验及模拟结果