

2022 年度湖南省科学技术奖励拟提名项目公示内容

(自然科学奖)

项目名称	亚热带季风区土壤-植被-大气连续体水分动态变化的监测与模拟研究
提名单位	湖南师范大学
提名等级	二等奖
提名单位 意见	<p>本项目在国家自然科学基金面上项目等课题的资助下，针对亚热带红壤关键带降水入渗在植物根区的再分配过程及其影响机制、降水-土壤水-植物水-地下水之间相互转化、植物的水分胁迫以及植物蒸腾模拟的机理等科学问题，基于野外观测站的监测和实验室的测试，通过数据的动态分析、水稳定同位素的示踪技术、广义多尺度有限元、电阻率成像法以及经典的蒸散发理论开展了亚热带季风区土壤-植被-大气连续体的水分动态变化以及模拟研究，取得的主要创新性成果如下：</p> <p>(1)发现了亚热带季风区红壤丘陵典型植物水分来源存在明显的“二水世界”现象；(2)率先对植物电阻率的温度校正模型进行了实验验证和参数率定；(3)创新了植物-水分关系的研究方法和途经，建立了耦合土壤水分的植物蒸腾量估算的混合模型。成果发表在 <i>Water Resources Research</i>、<i>Journal of Hydrology</i> 等期刊，5 篇代表性论文被他引 74 次。研究成果被 <i>Science Advances</i>、<i>Agricultural and Forest Meteorology</i>、<i>Surveys in Geophysics</i> 等 JCR 一区 Top 刊物上的论文引用和正面评价；提供的共享数据被国内外研究者下载并应用于他们的理论分析和模型验证；提出的新方法和新模型被国内外同行学者广泛用于后续的研究。</p>

项目简介

本项目在国家自然科学基金面上项目等课题的资助下，对亚热带季风区土壤-植被-大气连续体的水分循环进行研究，通过长期的定位观测再现了研究区大气降水、土壤水、植物水以及水稳定同位素的连续变化过程；发现了大气降水-土壤水-植物水相互之间的水分运移规律和用水特点；建立了耦合土壤水分状态的植物蒸腾量估算模型。取得的主要创新性成果如下：

(1)系统量化了亚热带季风气候下红壤丘陵区降水在植物根区中的再分配过程与模式，揭示了降水入渗后进入土壤并非一定与原有土壤贮存的水分混合，尤其春季雨水容易从植物根区分离流走，存在明显的“二水世界”现象。研究从植物根区水分补给的角度不仅探明“二水世界”现象的存在，而且还估算其持续时间。研究结果和方法明显优于传统常用的方法。

(2)率先对植物电阻率的温度校正模型进行了实验验证和参数率定，揭示了温度校正模型参数具有独立于树种的稳定性，表明研究所提出的植物电阻率温度校正模型具有广泛的迁移性和适用性，并得到了国内外同行后续的广泛关注和引用。为进一步利用植物电阻率成像技术研究植物茎干水分动态及其对水分胁迫的响应奠定了基础。

(3)构建了适用于不同土壤水分条件的植物蒸腾模型，创新性地采用包括土壤水势和另外两个参数在内的方程替代原 BTA (Buckley, Turnbull & Adams) 模型中的参数 E_{max} ，并将 BTA 与用土壤含水量表达的水分胁迫方程结合，创建了两个不同形式改进的混合蒸腾模型，揭示了根区土壤水分胁迫对植物蒸腾过程的调控机理，新模型均显著提高了原 BTA 模型在缺水条件下的植物蒸腾模拟性能。此外，还提出了一种求解非均质土壤介质中饱和水流问题的约化广义多尺度有限元方法。

项目组在《Water Resources Research》、《Journal of Hydrology》(JCR 一区 Top) 等国际水文水资源和国际农林科学领域的权威刊物上发表了一批高质量的学术论文；本次报奖的 5 篇代表性论文被他引 74 次，其中被 SCI 他引 54 次；研究成果被《Science Advances》、《Agricultural and

	<p>Forest Meteorology》和《Surveys in Geophysics》等 JCR 一区 Top 刊物上的论文引用和正面评价；一些提供的共享数据被国内外研究者下载并应用于他们的理论分析和模型验证；提出的新方法和新模型被国内外同行学者广泛用于后续的研究。主要完成人多次受邀在国内、国际学术会议上作大会报告或专题报告。</p>
<p>代表作目录</p>	<p>[1] Zidong Luo, Huade Guan, Xinping Zhang, Xiang Xu, Junjie Dai, Mingquan Hua. Examination of the ecohydrological separation hypothesis in a humid subtropical area: comparison of three methods. <i>Journal of Hydrology</i>, 2019, 571: 642-650.</p> <p>[2] Junjie Dai, Xinping Zhang, Zidong Luo, Rui Wang, Zhongli Liu, Xinguang He, Zhiguo Rao, Huade Guan. Variation of the stable isotopes of water in the soil-plant-atmosphere continuum of a <i>Cinnamomum camphora</i> woodland in the East Asian monsoon region. <i>Journal of Hydrology</i>, 2020, 589, 125199.</p> <p>[3] Xinguang He, Qiuqi Li, Lijian Jiang. A reduced generalized multiscale basis method for parametrized groundwater flow problems in heterogeneous porous media. <i>Water Resources Research</i>, 2019, 55: 2390-2406.</p> <p>[4] Na Liu, Hailong Wang, Xinguang He, Zijuan Deng, Cicheng Zhang, Xinping Zhang, Huade Guan. A hybrid transpiration model for water-limited conditions. <i>Journal of Hydrology</i>, 2019, 578, 124104.</p> <p>[5] Zidong Luo, Huade Guan, Xinping Zhang. The temperature effect and correction models for using electrical resistivity to estimate wood moisture variations. <i>Journal of Hydrology</i>, 2019, 578, 124022.</p>

主要完成
人情况

1. 公示人姓名：章新平；排名：第一；技术职称：教授；工作单位：湖南师范大学。

本项目的设计者、组织者和主要实施者。对第 1、第2和第3创新性成果做出了创造性和重要性贡献，是代表性论文1、2、5的通讯作者和代表性论文 4 的共同作者。有关证明材料见附件中的代表性论文 1、2、4、5。

主要学术贡献：一、提出并开展了研究区生态水文和水文气象的长期监测；二、创新性地利用分段同位素平衡法量化植物根区水分补给比例；三、揭示了典型红壤关键带土壤-植物-大气连续体中水分传输机制。

该项目研究占本人工作量的80%。

2. 公示人姓名：贺新光；排名：第二；技术职称：教授；工作单位：湖南师范大学。

对第 1、第2和第3项创新性成果做出了创造性贡献，是代表性论文 3的第一作者兼通讯作者、代表性论文 4 的通讯作者和代表性论文 2 的共同作者。有关证明材料见附件中的代表性论文 2~4。

主要学术贡献：一、在构建非均质土壤介质中水流问题的约化广义多尺度有限元新方法方面作出了创造性贡献；二、在构建适用于不同土壤水分条件的植物蒸腾混合估算模型方面作出了创造性贡献。

该项目研究占本人工作量的75%。

3. 公示人姓名：罗紫东；排名：第三；技术职称：助理研究员；工作单位：中国科学院亚热带农业生态研究所。

对本项目的第 1 和第2创新性成果做出了重要性贡献，是代表性论文1和5的第一作者。有关证明材料见附件中的代表性论文1和5。

主要学术贡献：一、在探明降水在植物根区再分配规律及量化方法方面作出了创造性的贡献；二、在拓展地球物理探测技术在植物茎干含水量反演应用和植物电阻率温度校正模型构建及参数化方面作出

了创造性的贡献。

该项目研究占本人工作量的85%。

4. 公示人姓名：刘娜；排名：第四；技术职称：副教授；工作单位：衡阳师范学院。

对本项目的第3项创新性成果做出了重要贡献，是代表性论文4的第一作者。有关证明材料见附件中的代表性论文4。

主要学术贡献：在构建适用于不同土壤水分条件的植物蒸腾混合估算模型方面作出了创造性贡献。

该项目研究占本人工作量的70%。

5. 公示人姓名：戴军杰；排名：第五；技术职称：博士研究生；工作单位：中国科学院教育部水土保持与生态环境研究中心。

对本项目的第2项创新性成果做出了重要贡献，是代表性论文2的第一作者和代表性论文1的共同作者。有关证明材料见附件中的代表性论文1~2。

主要学术贡献：一、在解释东亚季风区大气降水线与林地土壤水线在双同位素空间的分布格局方面作出了创造性贡献；二、在探讨季风区关键带土壤-植被-大气连续体中降水、土壤土壤水、地下水和植物木质部水稳定同位素之间的联系方面作出了创造性贡献；三、在识别季风区典型植被的水分利用策略方面作出了创造性贡献。

该项目研究占本人工作量的85%。

<p>主要完成单位情况</p>	<p>湖南师范大学作为本项目的第一完成单位，其主要贡献为：</p> <p>(1)国家自然科学基金面上项目、湖南省教育厅重点实验室开放基金项目、湖南省气象局开放基金的申报、管理和财务管理、监督等方面给予指导和协调。</p> <p>(2)作为第一完成人的完成单位，为所有代表性论文的第一作者单位和通讯作者单位。</p> <p>(3)为本项目的实施提供野外实验场地、实验室仪器设备、办公室、水电等条件的支持；</p> <p>(4)对研究生招生、学术交流、出国留学提供支持。</p>
<p>主要完成人合作关系说明</p>	<p>(1)第二完成人贺新光与第一完成人章新平自 2012 年开始进行合作研究，十多年来在水文气象、生态水文研究领域长期紧密合作，在本项目中与第一完成人联合发表论文 2、论文 4 和论文 5；</p> <p>(2)第三完成人罗紫东是第一完成人章新平的博士研究生，2020 年 6 月博士研究生毕业后，在中国科学院亚热带农业生态研究所作博士后。在本项目中与第一完成人联合发表论文 1、论文 2 和论文 5；</p> <p>(3)第四完成人刘娜是第二完成人贺新光的博士研究生，2020 年 6 月博士研究生毕业后受聘于衡阳师范学院，任副教授。在本项目中与第一完成人和第二完成人联合发表论文 4；</p> <p>(4)第五完成人戴军杰是第一完成人章新平的硕士研究生，2020 年 6 月硕士研究生毕业后，在中国科学院大学攻读博士学位。在本项目中与第一完成人联合发表论文 1 和论文 2。</p>