**2025年度陕西省科学技术奖提名项目公示内容**

**一、项目名称：**生态修复与气候变化下径流的响应解耦与趋势预估

二、**提名者：**杨凌农业高新技术产业示范区管理委员会

**提名意见：**黄土区发生了显著的植被变化，与气候变化共同影响该区河川径流，进而扰动可用地表水资源。此背景下，亟需明确径流演变的机制和未来趋势，但环境变化解析、生态修复和气候变化的效应解耦、气候变化情景建立等方面存在较大不确定性。针对此问题，该项目在国家自然科学基金的支持下，开展了环境变化解析与植被变化适宜性、径流变化归因方法优化与机制揭示、气候情景建立技术开发与径流变化预估等方面的研究，为气候变化下水资源管理提供了技术支持和理论依据。该项目的成果受到广泛关注，5篇代表性论文被大量引用，部分成果获陕西高等学校科学技术研究优秀成果自然科学一等奖。提名该项目为陕西省自然科学奖二等奖。

三、**项目简介：**

受生态修复和全球变暖影响，黄土高原植被-气候-水文互馈机制复杂，多数流域环境状况与水文过程的非线性和异质性增强。作为重要的地表水资源，河川径流趋向总体减少但近年来增多的趋势。径流演变的机制是什么？全球变暖背景下径流变化的趋势如何？这是影响黄河战略实施的关键科学问题之一。要解决上述问题，需在径流变化归因和水文情景预估等方面开展技术攻关，但生态修复与气候变化效应的解耦、气候变化情景建立等方面存在较大不确定性，是水文学领域的关键技术问题。

本项目开展环境变化解析与植被变化适宜性、水沙变化归因方法优化与机制揭示、气候情景建立技术开发与径流变化预估等方面的研究工作，取得了三个主要进展。扩展了植被变化因子识别的残差趋势法，首次实现了植被变化的统计学定量归因，明确了植被变化的特征与驱动。构建了基于分布式水文模型的单因子变化法，揭示了水文变异时空异质性的机理。开发了高效的区域尺度气候变化情景建立方法，情景预估发现了径流均值与可用水资源的不匹配性，强调了开展水文变异性研究的重要性。

该研究主要在国家自然科学基金等项目的支持下完成，成果受到广泛关注。5篇代表性论文被SCI论文他引1733次；其中3篇代表性论文分别被SCI论文他引919、509和217次，入选ESI前1%高被引论文。项目部分成果获陕西高等学校科学技术研究优秀成果自然科学一等奖。项目第一完成人入选国家级青年人才计划(2018)、获陕西省青年科技奖(2018)，第三完成人入选中科院青促会会员(2023)、获批甘肃省杰出青年科学基金(2025)。

**四、客观评价：（包括该项目科技成果鉴定意见、国内外对本项目研究成果的引用情况）**

植被变化定量归因的成果(Agr Forest Meteorol, 2017)被SCI论文他引217次，是ESI前1%高被引论文。方法被应用于几十个地区的植被变化研究，如西南部(Liu et al., Agr Forest Meteorol, 2018)、长江流域(Qu et al., Remote Sens, 2020)、东北(Li et al., Agr Forest Meteorol, 2020)、黄土高原(Fang et al, Remote Sens Environ, 2019)、中国(Jiao et al., J Hydrol, 2022)和中亚(Liu et al., J Environ Manage, 2023)等，对于揭示植被变化机理起到了很好的方法支撑。国内知名研究团队，如傅伯杰院士团队Sci Total Environ (2021)、冯起院士团队Ecol Inform (2021)、清华大学杨大文教授Agr Forest Meteorol (2021)等应用了我们的方法或者引用了我们的结果。如西安理工大学李占斌教授团队在白尼罗河上游的研究中评价我们的方法，“This method considers the impact of human activities before and after the change in vegetation and contains all potential factors that dominate vegetation change in every period. Therefore, it is reliable to use this method to quantify the attribution of vegetation change in the UWNR”，指出该方法充分考虑了人类活动的影响，用于植被变化归因具有很高的可信度。

基于分布式水文模型的单因子变化法的开发和在水文变异归因中的应用(J Hydrol, 2009)，被SCI论文他引509次，是ESI前1%高被引论文。开发的方法被广泛应用，获得的结果也被作为水文变异研究的参照。南方科技大学郑一教授J Hydrol (2018)论文详细介绍我们的方法“Li et al. (2009) built a Soil and Water Assessment Tool (SWAT) model for an agricultural catchment on the Loess Plateau of China and simulated different climate and land use scenarios. …This modeling-based approach can address the interaction between these two factors ...”。伊朗Toosi University of Technology的Farsi and Mahjouri博士在J Hydrol (2019)的文章用大段介绍我们的方法，“Li et al. (2009) assessed the impacts of land use change and climate variability on surface hydrology (runoff, soil water, and evapotranspiration)… To evaluate the effect of land use change and climate variability on streamflow variations, they used the approach of one factor at a time (i.e., changing one factor at a time while holding others constant)...”，认为该方法可有效识别影响水文的关键参数。对流域水热平衡模拟优化和径流变化归因的研究，积极推动了对水文过程变异性的认识。加拿大UBC流域生态水文首席科学家Adam Wei教授在Water Resour Res (2021)中14次引用和介绍我们相关成果，如“The choice of appropriate watershed parameters varies with the aim and timeframe of the study (Ning et al., 2019)”和“A correlation matrix was used to ensure there were no strong correlations between the predictor variables chosen to deal with potential multicollinearity problems as identified in Ning et al. (2019)”。

TSWG受到广泛的关注和正面评价。加拿大多伦多大学Srivastav和Simonovic教授Clim Dynam (2014)指出“Recently, Li (2013) proposed a two-stage weather generator (TSWG)……. The method is able to reproduce the statistical characteristics including the spatial correlations of multi-site precipitation data quite well.”，认为TSWG很好地保留了降水的统计参数。世界知名水文学家Beven Keith的综述(Hydrol Process, 2021)专门强调“… and Li et al. (2017) suggest that the assumptions about the spatial structure of the generated fields can have an important effect on the outputs of hydrological models”，指出我们的方法验证了天气发生器空间结构对水文模拟有影响的假设。武汉大学陈杰教授在Clim Dynam (2019)中5次大篇幅介绍我们的4篇论文，应用我们建议的自由分布法重建气候变量相关性，Another approach reconstructs the intervariable correlations along with spatial correlations, using a distribution-free shuffling approach (Li et al. 2017a, 2017b)。关于水文变异对水资源影响的发现被肯定，如Indian Institute of Technology 的Uday Bhadoriya教授在J Hydrol (2020)、Atatürk University 的Gökhan Arslan教授在Oceanol Hydrobiol St (2020)都提到“These changes are affecting interannual and seasonal streamflow variability leading to changes in regional water availability…”。

生成气候数据集被广泛认可和应用。代表性论文5(Earth Sys Sci Data, 2019)被SCI论文他引919次，是ESI前1‰热点和前1%高被引论文，入选2025年中国高影响力数据论文。获国家青藏高原科学数据中心首届“十佳数据”奖(2021年)。在国家青藏高原科学数据中心和国家地球系统科学数据中心发布后，累计下载量约24.9万人次，服务国家重大项目239项、国家自然/社会科学基金项目307项、学术期刊论文和学位论文6762篇、大学生竞赛项目822项。支撑了多学科领域的研究工作，如城市热岛(Hou et al., Phys Chem Earth, 2020)、湖泊演变(Zhang et al., Earth Syst Sci Data, 2021)、融雪变化趋势(Yang et al., Hydrol Earth Syst Sc, 2022)、玉米物候(Niu et al., Earth Syst Sci Data, 2022)、叶片15N变化机制(Tang et al., Global Change Biol, 2022)、水分利用效率(Zhao et al., J Hydrol, 2023)等。

**五、代表性论文专著目录(自然奖填写，不超过8条，其中，代表性论文不超过5篇，代表性专著不超过3部，按重要程度排序)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **论文专著****名称** | **刊名** | **作者** | **年卷页码（xx年xx卷xx页）** | **发表时间（年月 日）** | **通讯作者（含共同）** | **第一作者（含共同）** | **国内作者** | **他引总次数** | **检索数据库** | **知识产权是否归国内所有** |
| 1 | Detecting and attributing vegetation changes on China’s Loess Plateau | Agricultural and Forest Meteorology | Li Jingjing, Peng Shouzhang, Li Zhi | 2017, 247: 260-270 | 2017年12月 | Li Zhi | Li Jingjing | 李京京,彭守璋, 李志 | 217 | SCIE | 是 |
| 2 | Interaction of vegetation, climate and topography on evapotranspiration modelling at different time scales within the Budyko framework | Agricultural and Forest Meteorology  | Ning Tingting, Zhou Sha, Chang Feiyang, Shen Hong, Li Zhi, Liu Wenzhao | 2019, 275: 59-68 | 2019年9月 | Liu Wenzhao | Ning Tingting | 宁婷婷, 常斐杨, 沈红, 李志, 刘文兆 | 63 | SCIE | 是 |
| 3 | Impacts of land use change and climate variability on hydrology in an agricultural catchment on the Loess Plateau of China | Journal of Hydrology  | Li Zhi, Liu Wenzhao, Zhang Xunchang, Zheng Fenli | 2009, 377: 35-42 | 2009年10月 | Li Zhi | Li Zhi | 李志, 刘文兆, 郑粉莉 | 509 | SCIE | 是 |
| 4 | Evaluating climate change impacts on streamflow variability based on a multisite multivariate GCM downscaling method in the Jing River of China | Hydrology and Earth System Sciences | Li Zhi, Jin Jiming | 2017, 21: 5531-5546 | 2017年11月 | Li Zhi, Jin Jiming | Li Zhi | 李志, 金继明 | 25 | SCIE | 是 |
| 5 | 1 km monthly temperature and precipitation dataset for China from 1901 to 2017 | Earth System Science Data | Peng Shouzhang, Ding Yongxia, Liu Wenzhao, Li Zhi | 2019, 11: 1931-1946 | 2019年12月 | Li Zhi, Liu Wenzhao  | Peng Shouzhang | 彭守璋, 丁永霞, 刘文兆, 李志 | 919 | SCIE | 是 |

**六、主要完成人情况**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **姓名** | **排名** | **行政/技术职称** | **工作单位/完成单位** | **对本项目技术创造性贡献** |
| 李志 | 1 | 教授 | 西北农林科技大学/西北农林科技大学 | 负责整个项目的总体设计、方案制定和组织实施。对科学发现一、二、三均做出重要贡献。就环境变化解析、径流演变机理和趋势预估方面，开展了系统研究工作。获得1项国家自然科学基金支持本项目。是代表作1、2、3、4、5的作者。 |
| 彭守璋 | 2 | 研究员 | 西北农林科技大学/西北农林科技大学 | 对科学发现一、三做出重要贡献。在植被变化归因方法建立和气候变化情景数据生成方面发挥重要作用。是代表性论文1和5的作者。 |
| 宁婷婷 | 3 | 副研究员 | 中国科学院西北生态环境资源研究院/中国科学院西北生态环境资源研究院 | 对科学发现二做出重要贡献。对流域尺度水平衡变异进行归因分析，阐释了流域水文过程的演变机理。是代表性论文2的作者。 |
| 刘文兆 | 4 | 研究员 | 西北农林科技大学/中国科学院水利部水土保持研究所 | 对科学发现二、三做出重要贡献。在流域尺度水文变异归因与机理方面开展了系统工作。获得1项国家自然科学基金支持本项目。是代表性论文2、3、5的作者。 |
| 李京京 | 5 | 工程师 | 西北农林科技大学/西北农林科技大学 | 对科学发现一做出重要贡献。对植被变化的特征和归因进行了系统分析。是代表性论文1的作者。 |
| 金继明 | 6 | 教授 | 长江大学/西北农林科技大学 | 对科学发现三做出重要贡献。在流域尺度气候变化下水文变异预估方面开展了系统工作。是代表性论文4的作者。 |

**七、主要完成单位情况及创新推广贡献**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **单位名称** | **排名** | **主要贡献** |
| 西北农林科技大学 | 1 | 1. 为本项目提供了良好的科研平台，为科研团队建设提供了重要的政策支撑。2. 获得1项国家自然科学基金项目，支撑本项目的实施。3. 为5篇代表性论文的发表和重要科学发现一、二、三均做出了重要贡献。 |
| 中国科学院水利部水土保持研究所 | 2 | 1. 获得1项国家自然科学基金项目，支撑本项目的实施；2. 为重要科学发现二和代表性论文2、3做出了重要贡献。 |
| 中国科学院西北生态环境资源研究院 | 3 | 为重要科学发现二和代表性论文2做出了重要贡献。 |

**八、完成人合作关系情况**

|  |
| --- |
| **完成人合作关系情况汇总表** |
| **序号** | **合作方式** | **合作者/项目排名** | **合作起始时间** | **合作完成时间** | **合作成果** | **证明****材料** |
| 1 | 论文合著 | 李志/1、李京京/5、彭守璋/2 | 2014.9 | 2017.12 | Detecting and attributing vegetation changes on China’s Loess Plateau | 代表性论文1 |
| 2 | 论文合著 | 李志/1、宁婷婷/3、刘文兆/4 | 2004.9 | 2024.12 | Interaction of vegetation, climate and topography on evapotranspiration modelling at different time scales within the Budyko framework | 代表性论文2 |
| 3 | 论文合著 | 李志/1、刘文兆/4 | 2004.9 | 2024.12 | Impacts of land use change and climate variability on hydrology in an agricultural catchment on the Loess Plateau of China | 代表性论文3 |
| 4 | 论文合著 | 李志/1、金继明/6 | 2014.9 | 2024.12 | Evaluating climate change impacts on streamflow variability based on a multisite multivariate GCM downscaling method in the Jing River of China | 代表性论文4 |
| 5 | 论文合著 | 李志/1、彭守璋/2、刘文兆/4 | 2015.7 | 2024.12 | 1 km monthly temperature and precipitation dataset for China from 1901 to 2017 | 代表性论文5 |
| **完成人合作关系说明（限1000字）**第一完成人，李志教授，负责项目总体设计、方案制定和组织实施，与其他五名完成人协作分工，共同完成项目，合作发表了5篇代表性论文。第二完成人，彭守璋研究员，2015年进入西北农林科技大学工作后，与第一完成人开展合作研究，共同完成了植被变化归因和气候变化情景数据生成等工作，合作发表代表性论文1和5。第三完成人，宁婷婷副研究员，2014-2017年在中科院水利部水土保持研究所攻读博士，开展气候和植被变化对流域水平衡方面的研究，导师为第四完成人刘文兆研究员，期间第一完成人参与指导。2017年，进入中科院西北生态环境资源研究院工作后，继续与第一和第四完成人开展合作研究。三者合作发表了代表性论文2。第四完成人，刘文兆研究员，是第一完成人的博士生导师，2004-2007年指导第一完成人开展气候变化水文效应评估方面的研究，并在第一完成人于2007年就职西北农林科技大学后，继续与第一完成人开展多站点多变量的气候模式降尺度方法开发。二者合作发表了代表性论文2和3。第五完成人，李京京，2014-2017年在第一完成人指导下攻读硕士研究生，就黄土高原植被变化特征与归因进行，期间与第二完成人合作植被变化归因方法的开发，合作发表了代表性论文1。第六完成人，金继明教授，2014年被聘为西北农林科技大学特聘教授，之后一直与第一完成人开展合作研究，二者合作发表了代表性论文5。 |