**科学技术进步奖公示内容**

# 项目名称：山区水沙灾害预报预警关键技术及应用

# 提名者及提名意见（包含提名等级）：

**提名者：**陕西省水利厅

**提名意见：**由西安理工大学、中国水利水电科学研究院、陕西省水旱灾害防御中心和水利部水土保持监测中心四家单位联合完成的“山区水沙灾害预报预警关键技术及应用”项目，从传统单一的山区洪水灾害研究扩展为山区水沙灾害研究，以水-沙-能耦合致灾的核心机制，揭示了复杂下垫面水沙能致灾机理，耦合含沙洪水能量累积值与结构整体能量承载极限值，提出结构的损伤指数，实现了山区流域水沙致灾机理的准确精准表达。创新了基于携沙洪水能量的风险动态评估方法，研发了山洪致灾区多时空尺度雨-洪-沙预报模型。制定了水沙灾害快速响应的标准化流程，构建了“监测-分析-决策-发布”闭环系统，形成了完整的山区水沙灾害预报预警技术体系。

该项目研究成果得到了水利部和地方水行政部门以及企事业单位的广泛认可，同时已集成至陕西省山洪灾害监测预报预警平台，并推广至国家山洪灾害监测预报预警平台，在全国范围内推广应用。该研究有利于提升中国山区水沙灾害理论技术研究水平，对于山区水沙灾害防御具有重要意义。

经过严格审查，该项目推荐书所填内容属实，材料完整，相关栏目的内容填写符合申报要求，完成单位与完成人排序无异议，并经过本单位公示无异议，符合陕西省科学技术奖的推荐要求，特推荐为陕西省科学技术奖壹等奖。

# 项目简介：

我国山丘区面积386万km2，每年因山洪灾害导致的人员伤亡占洪涝灾害导致的人员伤亡比例超过70%，是防洪减灾领域的突出薄弱环节。黄土高原降水集中在7-9月，且多暴雨。暴雨强度大、持续时间长，短时间内大量降水使地表径流迅速增加，容易引发山洪；此外，黄土高原土壤抗蚀性弱，沟壑密度高达3-5 km/ km2，使得该区域成为山洪沟道灾害的高发区。黄土高原作为全球侵蚀产沙强度最大的地区之一，其年均土壤侵蚀模数高达5000-15000 t/(km²·a)，贡献了黄河流域约80%的产沙量。黄土高原山洪洪水形成演进时挟带大量泥沙，从而表现为山洪水沙、山洪泥石流等物理过程，导致的局地冲毁、淤埋、淹没等致灾成因及阈值与山洪洪水致灾也存在本质差异，这也是近年来黄土高原及全国重大山洪灾害事件多发的主要原因。2010年以来，我国全面开展了山洪灾害监测预警系统建设，初步建成了多层级的山洪灾害监测预警体系。但是，与大江大河洪水预报相比，山区水沙灾害防御相关理论技术基础非常薄弱，尤其是暴雨-洪沙-灾害链主控因子过程模拟和灾害评估研究几乎空白。传统水沙灾害防治中，水沙动态耦合作用机理尚未完全解耦，水文过程与泥沙输移的时空非对称性导致灾害演变预测失真，特别是高含沙洪水中泥沙动能对水流动能的非线性叠加效应难以量化表征，传统模型将水沙简化为单向作用关系，将高含沙洪水中的泥沙简单视为水力载体，忽视了其携带的巨大能量对河床切割、堤防破坏的倍增效应。

本研究针对黄土高原高含沙山洪形成演进与复杂下垫面洪沙致灾防御难题，采用气象学、水文学及河流动力学等多学科知识，与现场调查、物理试验、数值模拟及理论分析相结合的方法，从传统单一的山区洪水灾害研究扩展为山区水沙灾害研究，系统揭示了山区流域水-沙-能致灾机理，研发了山洪致灾区多时空尺度雨-洪-沙预报模型，辨识了山丘区流域水沙致灾冲毁—淤埋—淹没风险，构建了山区水沙灾害预报预警技术体系。该研究有利于提升中国山区水沙灾害理论技术研究水平，进一步完善山洪灾害防治对策。项目的主要技术内容如下：

1. 提出了山区流域水-沙-能致灾机理。依据质能转化原理，提出径流能量概念，统一了类型复杂山洪过程动力参数，将传统雨-沙关系、水-沙关系转变为能-沙关系，在长江、黄河流域等山区流域应用，洪沙模拟精度提升了20%以上。建立了水-沙-能传输方程，通过单元流域水沙过程与降水-地貌-植被-土壤-水土保持措施等多要素耦合，刻画河(沟)网水-沙-能传递与交汇过程的沿程变化和侵蚀/沉积特征，突破了传统单一山区洪水致灾研究；揭示了复杂下垫面水沙能致灾机理，耦合含沙洪水能量累积值与结构整体能量承载极限值，提出结构的损伤指数，实现了山区流域水沙致灾机理的准确精准表达。

2. 研发了山洪致灾区多时空尺度雨-洪-沙预报模型。创新了局地强降雨监测与精准预报技术，研发了“空天地”多源感知相互校验的地面雨量站降雨异常识别技术，准确率达95%；研发了考虑地形校正因子的地面雨量站-测雨雷达“点-面”最优校正降雨融合方法，解决了降雨极值易被均化的难题，融合精度达90%。研发了基于径流能量的多时空尺度雨-洪-沙预报模型，利用数字流域模型将单元流域离散，从单元流域—流域—重点区—全区域，构建了集合式水沙预报模型，实现了跨时空尺度水-沙-能高精度模拟，输沙模拟的纳什效率系数可达0.84。

3. 构建了山区水沙灾害预报预警技术体系。创建了基于径流能量的山区水沙灾害风险等级评估方法，实现了考虑泥沙影响的山洪灾害风险的精准评估；构建山区水沙灾害智慧化预报预警系统；创新了水沙灾害快速响应的标准化流程，构建了精准区划+时间梯次+精准画像技术三角，制定了基于风险等级、风险时间和保护对象三个维度的水沙灾害分梯次响应标准化流程。

本研究共发表期刊学术论文200余篇，其中SCI/EI收录论文100余篇，CNKI收录论文100余篇，总被引用上千次；出版著作5部，获授权专利30项；培养博士/硕士研究生50余名。研究以侵蚀产沙、雨-洪-沙演算和预测预报预警为突破点，丰富并完善了相关基础理论与技术方法，搭建了适用于我国多个流域的多尺度水沙灾害防治预报平台。

研究成果已成功应用于陕西、甘肃、云南等省级和铜川市、韩城市、山阳县等市、县级山洪灾害防御工作，成果广泛应用于黄河上中游管理局、黄河水利委员会黄河水利科学研究院、宁夏回族自治区水利科学研究院等流域管理局和科研院所的水沙调控和灾害防治决策支持工作。自2022年成果全面应用以来，依托陕西省省级山洪灾害监测预报预警平台，省级平台累计向10个市、98个县发布预警37.8万次，指导142.55万人次安全转移，成功预警了镇巴县2023年7月1日、蓝田县2024年7月9日和2025年7月18日、志丹县2024年8月8日、山阳县2025年7月9日、吴起县2025年7月25日等极端暴雨洪沙过程，最大限度地避免了人员伤亡，发挥了显著的防灾减灾效益。

# 客观评价：

**1. 科技查新**

陕西省科学技术信息研究所国际查新结果表明，本项目揭示的山区流域水-沙-能致灾机理，及基于此理论研发的山洪致灾区多时空尺度雨-洪-沙预测报模型和相应的山区流域水沙灾害预报预警技术体系等多项研究成果仅见委托单位报道或者国内外未见相关报道。

**2. 评审、鉴定、验收意见**

国家自然科学基金委准予长江联合基金重点支持项目“基于侵蚀能量过程的集合式流域水土流失预报模型”项目顺利结题。2023年3月17日，国家重点研发计划课题“国家山洪灾害风险预警服务系统集成与应用”通过验收，与会专家认为，课题研发的超大规模山洪灾害预报预警模型动态集成技术，实现了不同预见期、不同精准度的山洪灾害风险预警产品业务化运行。2023年10月19日，陕西省水利厅组织专家对陕西省2022年度山洪灾害防御能力提升项目第2包“省级监测预警平台试点流域‘四预’功能提升”进行了验收评审，与会专家认为项目成果在陕西省省级山洪灾害监测预警平台实现业务化应用，项目顺利通过验收。2024年5月21日，水利技术示范项目“淤地坝安全快速预警技术”经验收专家组一致同意通过结题验收，项目构建的淤地坝安全预警模型及业务模块已集成至国家山洪灾害监测预报预警平台，并全面投入运行。

**3. 与国内外技术比较**

与国内外相关技术比较发现，以往山洪及水沙灾害研究中只考虑暴雨洪水或水沙关系及其造成的影响，而本项目提出了山区挟沙洪水的侵蚀能量理论及水-沙-能传输过程，从能量角度出发解释了挟沙洪水的致灾机理，从本质上诠释了“小水大灾”的物理成因；在无资料地区传统知识迁移方法只考虑地形和气象指标的相似性，本项目提出了基于多特征相似性判别的最优化参数移植方法提高了无资料地区雨洪沙预测报模型的准确性；以往的水沙灾害风险评估方法，往往基于统计分析方法与机器学习方法，本项目中创建了“双系数修正”水沙灾害风险评估方法。

**4. 同行专家评价**

日本鸟取大学特聘教授Nigussie Haregeweyn Ayehu、意大利帕多瓦大学教授，EGU自然灾害司副主席Paolo Tarolli等在国际知名刊物上评价认为，本研究中明确了梯田地貌对地表径流的侵蚀量和速度的作用，对于不同下垫面条件下的水沙预测分析具有重要作用。美国国家科学基金会 CAREER 奖获得者，加州大学伯克利分校终身教授Sally E. Thompson在国际知名刊物上评价认为，本研究创新性提出基于气候变量矩估计的黄河流域年径流分布方法，为流域尺度年径流预测分析提供了新思路。英国诺丁汉大学教授Nicholas Dodd、美国弗吉尼亚理工大学教授W. Cully Hession, P.E. 在国际知名刊物上评价认为，本研究中发现了淹没植被区内细泥沙颗粒的沉积模式，对于植被水流中泥沙等颗粒物输移过程研究具有重要作用。清华大学教授田富强认为，本研究验证了雷达测雨及临近预报技术在中小流域中水文预警的有效性，为洪水预报系统的落地和极端灾害响应提供了参考。东北师范大学教授张洪岩认为，本研究基于可解释性人工智能方法有效揭示了影响山区洪水易发性的关键驱动因素，为区域灾害敏感性分析提供了可靠的技术手段。

**5. 管理部门及媒体评价**

本项目针对山区流域山洪形成演进与复杂下垫面水沙致灾防御难题，系统揭示了山区流域水-沙-能致灾机理，研发了基于能量的山区流域山洪致灾区多时空尺度雨-洪-沙预测模型，辨识了山丘区流域水沙致灾风险，构建了山区水沙灾害预报预警技术体系。研究成果得到了国家与地方水行政主管部门、流域管理机构以及规划与设计等单位的广泛认可，在降低山洪灾害伤亡人数、提升黄土高原地区水土保持能力等方面发挥了关键作用。水利部领导在全国水利、水旱灾害防御、山洪灾害防御等工作会议和其它途径多次肯定表扬本成果完成单位为推动全国山洪灾害防御工作的技术贡献。2017年12月12日,《陕西日报》对水土保持措施减灾进行了专题报道，其中详细报道了韭园沟流域淤地坝发挥的防洪保安作用，在黄土高原地区保安澜、保生态方面的重要作用。同年12月，《陕西日报》同时对淤地坝建设成效进行了专题报道，表明本成果对于科学指导坝系建设、提高水土保持措施的合理布局以及提高综合治理效益等均具有重要的意义，产生了显著的生态效益和社会效益。2024年6月4日，央视新闻报道了李占斌教授讲解被称作“地球环境癌症”的砒砂岩如何形成与治理的采访,李占斌教授通过生动的案例和详实的数据展示了流域泥沙运动规律,为黄土高原水沙综合防治提供了科技支撑。

# 应用情况：

本项目研究成果专注于解决我国山丘区水沙灾害防御的挑战性难题，成果在陕西省水利厅、陕西省水土保持和移民工作中心、甘肃省水利厅水旱灾害防御处、云南省水利厅水旱灾害防御处等多个省份主管单位，铜川市水利局、韩城市水务局、山阳县水务局等市县水利部门，以及黄河上中游管理局、宁夏回族自治区水利科学研究院、黄河水利委员会黄河水利科学研究院，西北农林科技大学，武汉大学等流域管理机构、科研院所和高校多家单位的业务化应用中取得显著成效，形成了多省份、多层级、多类型的应用格局。本成果构建的系统、全面的山区水沙灾害预报预警技术，深度融入了各地水旱灾害防御体系，推动了从传统经验防控向精准数字化决策的转型，实现了山洪灾害和淤地坝暴雨洪水精准预报预警，加强了防洪工程的科学化和合理化管理，全面增强了山洪灾害综合防控能力，保障了山丘区和淤地坝区人民的生命财产安全，防灾减灾效益显著，为区域生态环境治理和社会经济发展提供了坚实的科技支撑，具有广泛的推广价值、应用前景和深远的社会意义。

# 主要知识产权和标准规范等目录：（限10条，所列专利证书颁发日期、标准规范发布日期、论文发表日期应在2024年12月31日之前。填写论文专著时请注意按原文中英文填写）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 知识产权类 别 | 知识产权具体名称 | 国家（地区） | 授权号 | 授权日期 | 证书编号 | 权利人 | 发明人 |
| 1 | 发明专利 | 基于径流侵蚀功率的流域泥沙预报模型构建方法 | 中国 | ZL202210382859.8 | 2024年7月23日 | 第7225764号 | 西安理工大学；水利部水土保持监测中心 | 李占斌；贾路；于坤霞；李鹏；徐国策；李斌斌；丛佩娟；王飞超 |
| 2 | 发明专利 | 一种基于山区地形及降雨特征预测的小流域面雨量插值方法 | 中国 | ZL 202010447590.8 | 2020年12月18日 | 第4156696号 | 中国水利水电科学研究院 | 刘启；刘荣华；郭良；张晓蕾；王开；田济扬；翟晓燕；刘云 |
| 3 | 发明专利 | 基于地理空间识别的河道过流能力分析方法、系统及设备 | 中国 | ZL202211730379.2 | 2023年7月4日 | 第6109969号 | 中国水利水电科学研究院 | 刘荣华；张晓蕾；翟晓燕；庄超；刘启；田济扬；刘潇 |
| 4 | 发明专利 | 一种逐网格判断降水周期的Ⅹ波段雷达临近预报方法 | 中国 | ZL 2024 10467138.6 | 2024年10月29日 | 第7477006号 | 中国水利水电科学研究院;河北省水文勘测研究中心 | 田济扬;邱庆泰;刘荣华 |
| 5 | 计算机软件著作权 | 小流域山洪“四预”预报预警子系统V1.0 | 中国 | 2023SR0474971 | 2023年04月17日 | 软著登字第11062142号 | 中国水利水电科学研究院；上海华讯网络系统有限公司 | 田济扬；刘荣华；刘启；刘晓婉 |
| 6 | 论文 | 黄土高原径流侵蚀功率输沙模型的改进 | 中国 | 2024年40卷第10期 | 2024年5月24日 | 农业工程学报 | 西安理工大学 | 于坤霞；李天毅；贾路；李占斌；李鹏；丛佩娟；李斌斌 |
| 7 | 论文 | Modeling the transport and mixing of suspended sediment in ecological flows with submerged vegetation: A random displacement model-based analysis | 中国 | 2024年645卷1-12页 | 2024年10月24日 | Journal of Hydrology | 西安理工大学 | Jiao Zhang; Penghao Wang; Zhanbin Li; Peng Li; Guoce Xu;Kunxia Yu;Wen Wang; Mengjing Guo |
| 8 | 论文 | Reconstruction and effects of a failure of a typical check dam system under an extreme rainstorm on the Loess Plateau, China | 中国 | 2021年111卷1401-1419页 | 2021年11月6日 | Natural Hazards | 西安理工大学 | Zeyu Zhang;Junrui Chai;Zhanbin Li; Zengguang Xu;Shuilong Yuan |
| 9 | 论文 | HydroMP–a computing platform for hydrodynamic simulation based on cloud computing | 中国 | 2017年19卷953-972页 | 2017年09月12日 | Journal of Hydroinformatics | 中国水利水电科学研究院 | Ronghua Liu;Jiahua Wei; Yan Ren;Qi Liu; Guangqian Wang;Songdong Shao; Shuang Tang |
| 10 | 论文 | 2023 年陕西省水雨情时空分布及灾害特点分析 | 中国 | 2024年34卷12期 | 2024年12月06日 | 中国防汛抗旱 | 陕西省水旱灾害防御中心 | 相里江峰；王灵灵 |
| 承诺：上述知识产权无争议且为本项目独有，未曾在往年国家科学技术奖励项目、往年其他省部级（政府）科学技术奖励项目和本年度其他陕西省科学技术奖提名项目中作为支撑材料出现。用于提名陕西省科学技术奖的情况，已征得未列入项目主要完成人和主要完成单位的权利人（专利指发明人）的同意，有关知情证明材料均存档备查。 |

# 主要完成人情况：

主要完成人：（依次列写完成人姓名）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 排名 | 姓名 | 技术职称 | 行政职务 | 工作单位 | 完成单位 | 对本项目的贡献 |
| 1 | 李占斌 | 教授 | 协同创新中心主任 | 西安理工大学 | 西安理工大学 | 组织项目组制定了项目总体研究计划和实施方案，提出了径流能量概念，揭示了复杂下垫面水-沙-能致灾机理，研发了基于径流能量的多时空尺度雨-洪-沙预报模型，发展了山区水沙灾害智慧化预报预警技术体系。 |
| 2 | 刘荣华 | 正高级工程师 | 中国水利水电科学研究院减灾中心工程部主任 | 中国水利水电科学研究院 | 中国水利水电科学研究院 | 在本项目中提出了基于径流能量的水沙灾害风险等级评估方法，创建了“双系数修正”水沙灾害风险评估方法，提出了水深增量系数量化泥沙淤积，构建了能量破坏系数，通过径流综合能量映射破坏力梯度，发展了动态修正模型。 |
| 3 | 刘启 | 正高级工程师 | / | 中国水利水电科学研究院 | 中国水利水电科学研究院 | 在本项目中，研发了雨-洪-沙-能异构多维度离散并行模拟技术，实现了向特定场景的模型尺度转换及动态调用，显著提升了多尺度、多业务水沙灾害模型协同效率和场景适应能力。 |
| 4 | 张皎 | 副教授 | / | 西安理工大学 | 西安理工大学 | 在本项目中，建立了水-沙-能传输方程，解决了河(沟)网水-能-沙传递与交汇过程的沿程变化和侵蚀/沉积特征，实现了多级河(沟)道交汇的水沙传输的精确模拟。 |
| 5 | 相里江峰 | 高级工程师 | 陕西省水旱灾害防御中心主任 | 陕西省水旱灾害防御中心 | 陕西省水旱灾害防御中心 | 在本项目中，制定了水沙灾害快速响应的标准化流程，构建了精准区划+时间梯次+精准画像技术三角，发展了基于风险等级、风险时间和保护对象三个维度的水沙灾害分梯次响应标准化流程。 |
| 6 | 贾路 | 无 | / | 西安理工大学 | 西安理工大学 | 在本项目中揭示了降雨、径流过程中产输沙的侵蚀能量转化机理，明确了清水、低含沙量和高含沙量等不同山区洪水的侵蚀能量增长倍比关系，构建了山区流域挟沙洪水陡涨陡落过程的侵蚀能量计算方法。 |
| 7 | 李斌斌 | 正高级工程师 | / | 水利部水土保持监测中心 | 水利部水土保持监测中心 | 在本项目中揭示了多时空尺度下径流能量累积、传递与产沙强度的动态响应机理，实现侵蚀过程中能量耗散路径与产沙强度的耦合解析，通过耦合能量过程模型与实时监测数据，提升淤地坝安全度汛预警精度。 |
| 8 | 田济扬 | 正高级工程师 | 中国水利水电科学研究院减灾中心工程部副主任 | 中国水利水电科学研究院 | 中国水利水电科学研究院 | 在本项目中创建了山区流域局地强降雨监测与精准预报技术，实现了山区小流域暴雨的精准监测和临近降雨预报。 |
| 9 | 刘潇 | 高级工程师 | / | 中国水利水电科学研究院 | 中国水利水电科学研究院 | 在本项目中构建了融合“地理形态—气象特征—水文过程”的流域相似性判别方法，实现了无资料地区水文模型参数的高精度迁移。 |
| 10 | 王灵灵 | 高级工程师 | 陕西省水旱灾害防御中心副主任 | 陕西省水旱灾害防御中心 | 陕西省水旱灾害防御中心 | 在本项目中研发了山洪灾害智慧预报预警系统，实现了预报预警与应急响应的全链条智能化管理。 |
| 11 | 李鹏 | 教授 | / | 西安理工大学 | 西安理工大学 | 在本项目中揭示了高含沙洪水能量非线性叠加与破坏倍增机制，建立了含沙水流能量表达式和破坏能量临界阈值模型，为山区水沙灾害动态风险评估与精准预警提供了核心理论依据。 |
| 12 | 于坤霞 | 副教授 | / | 西安理工大学 | 西安理工大学 | 在本项目中通过验证径流能量与输沙量的耦合关联性、优化引入淤地坝指数和不透水地面积的多因子输沙模型，为项目径流能量理论构建及山区水沙灾害预报预警技术体系提供关键数据支撑与方法保障。 |
| 13 | 刘晓婉 | 工程师 | / | 中国水利水电科学研究院 | 中国水利水电科学研究院 | 在本项目中协助完成基于径流能量的山区水沙灾害风险等级评估方法研究，研发了水文水动力淹没模拟与构筑物破坏耦合评估技术。 |
| 14 | 张泽宇 | 无 | / | 西安理工大学 | 西安理工大学 | 在本项目中刻画了复杂下垫面条件下山区流域洪水的演进过程，阐明了黄土高原典型山区流域不同类型水土保持措施对径流泥沙的调控作用，揭示了极端暴雨条件下淤地坝系连锁溃决对流域洪水的作用规律。 |
| 15 | 马建业 | 副教授 | / | 西安理工大学 | 西安理工大学 | 在本项目中通过连续观测试验，取得了系列径流泥沙资料。调查了山区不同流域的下垫面情况，探讨了不同根土复合体对山区流域泥沙输移的影响，确定了不同下垫面下的流域径流能量与水沙响应的关系。 |

# 主要完成单位及创新推广贡献：

主要完成单位：（依次列写单位名称）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 排 名 | 完成单位 | 创新推广贡献 |
| 1 | 西安理工大学 | 西安理工大学依托省部共建西北旱区水工程生态环境全国重点实验室、教育部水资源与环境生态重点实验室、西部生态环境协同创新中心等高水平科研平台，为相关研究提供了坚实的支撑。在理论支撑方面，创新性地提出了“径流能量”的概念，构建了水-沙-能传输方程，从机理上揭示了高泥沙浓度洪水在径流激增情况下的泥沙补给机制。基于上述理论突破，团队实现了对暴雨山洪作用下水沙灾害区域和灾害程度的有效预测，深入解析了山区流域水-沙-能耦合作用下的致灾机理。此外，学校积极推动科研成果的转化与应用，协助开展了一系列示范推广工作，为区域防洪减灾和生态保护提供了重要技术支撑。 |
| 2 | 中国水利水电科学研究院 | 中国水利水电科学研究院依托一个国家级重点实验室和六个部级重点实验室等为本项目提供了先进的试验平台、人力支持与综合保障。在水沙灾害监测方法与预警系统研制方面，中国水利水电科学研究院创建了基于径流能量的山区水沙灾害风险等级评估方法，研发了基于能量时程积分的洪灾损伤评估、无资料地区参数迁移和智能并行计算等关键技术，构建了山区水沙灾害智慧预警系统，构建“智能感知-精准预报-靶向预警”的智慧防汛预警响应闭环。 |
| 3 | 陕西省水旱灾害防御中心 | 陕西省水旱灾害防御中心深度参与了山区水沙灾害预报预警关键技术及应用项目的相关工作。制定了基于风险等级、风险时间和保护对象三个维度的水沙灾害分梯次响应标准化流程，协同研发了山洪灾害智慧预报预警系统，实现预报预警与应急响应的全链条智能化管理。同时将本项目成果，集成至陕西省山洪灾害监测预报预警平台，推动了成果的业务化应用。 |
| 4 | 水利部水土保持监测中心 | 本单位作为项目核心完成单位之一，深度参与了该项目。在科技创新方面，重点围绕“水-沙-能”耦合致灾机理开展研究，支持提出了径流能量概念及其表达式，为山区水沙灾害风险评估提供了理论依据。同时，本单位加快构建具有水土流失状况预报预警、淤地坝安全度汛管理等功能的智慧水土保持应用体系。研究成果已在黄土高原等重点区域规模化应用，显著提升了山洪与水沙灾害的预警精度和应急响应效率，为保障人民生命财产安全和重大工程安全提供了关键技术支撑。 |

# 完成人合作关系说明：（合作方式包括专著合著、论文合著、共同立项、共同知识产权、共同获奖、共同参与制定标准规范、产业合作等。下表中的“项目排名”指在本次报奖中的完成人排序。）

本项目针对黄土高原高含沙山洪形成演进与复杂下垫面洪沙致灾防御难题，在国家重点研发计划项目、国家自然科学基金重点项目、水利部技术示范项目和陕西省水利厅重大项目等支持下，西安理工大学、中国水利水电科学研究院、陕西省水旱灾害防御中心以及水利部水土保持监测中心等单位，产学研有机结合，开展了山洪引发的冲毁—淤埋—淹没等复合致灾研究，内容涉及将径流能量侵蚀等成果应用于山区水沙灾害的风险评估、研发了基于径流能量的雨-洪-沙预报模型等，由15位完成人以共同立项、论文合著和共同知识产权等多种形式合作完成，现就相关合作情况简要说明如下。

西安理工大学李占斌教授负责项目总体设计和项目组织实施计划。本项目第一完成人李占斌/1为其他完成人张皎/4（2020博后）、贾路/6（2017硕）、张泽宇/14（2022博后）、马建业/15（2015硕/2019博）求学期间的导师。且李占斌/1与张皎/4、贾路/6、李鹏/11、于坤霞/12、张泽宇/14、马建业/15长期以来在复杂下垫面条件下能量梯度与泥沙起动的非线性致灾机理及挟沙洪水能量的风险动态评估等方面合作开展了深入研究。同时西安理工大学李占斌/1等与刘荣华/2、刘启/3、相里江峰/5、李斌斌/7、王灵灵/10、刘潇/9、田济扬/8、刘晓婉/13展开合作，共同研发了山洪致灾区多时空尺度雨-洪-沙预报模型，制定了水沙灾害快速响应的标准化流程，构建了“监测-分析-决策-发布”闭环系统，形成了完整的山区水沙灾害预报预警技术体系。合作完成人于坤霞/12、贾路/6、李占斌/1、李鹏/11、李斌斌/7完成论文合著1篇。李占斌/1、刘荣华/2、刘启/3、张皎/4、贾路/6、田济扬/8、刘潇/9、李鹏/11、刘晓婉/13、张泽宇/14、马建业/15完成共同立项1项。刘荣华/2、刘启/3、相里江峰/5、田济扬/8、刘潇/9、王灵灵/10、刘晓婉/13完成共同立项1项。

本项目成果凝聚了全体完成人的集体智慧与协作力量。在长期紧密合作的基础上，各完成人通过系统性协同攻关，为项目的关键技术突破、成果凝练提升提供了核心支撑，有效保障了创新成果的实用价值转化，显著增强了技术体系的经济效益与社会效益实现能力。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 | 合作成果名称 |
|  | 共同立项 | 李占斌/1；刘荣华/2；刘启/3；张皎/4；贾路/6；田济扬/8；刘潇/9；李鹏/11；刘晓婉/13；张泽宇/14；马建业/15 | 2022年1月 | 2023年10月 | 陕西省2022年度山洪灾害防御能力提升项目省级监测预警平台试点流域“四预”功能提升 |
|  | 论文合著 | 于坤霞/12；贾路/6；李占斌/1；李鹏/11；李斌斌/7 | 2021年3月 | 2024年5月 | 黄土高原径流侵蚀功率输沙模型的改进 |
|  | 共同立项 | 刘荣华/2；刘启/3；相里江峰/5;田济扬/8;刘潇/9；王灵灵/10；刘晓婉/13 | 2024年8月 | 2024年12月 | 陕西省2024年度山洪灾害防治中央水利发展资金省级实施项目 |