

## 2023 年河北省科学技术科技奖申报材料公示

一、项目名称：河北省山洪灾害动态预警及生态风险评估关键技术研究

二、提名单位：河北省气象局

三、项目简介

### 1. 项目来源

该成果依托河北省科技厅重点研发项目《基于天气雷达和动态阈值的山洪灾害预警技术研究》（19275408D：2019.06-2022.09）；中国气象局工程项目《山洪地质灾害防治气象保障工程 2018 年建设项目》（2018.01-2018.12）和《山洪地质灾害防治气象保障工程 2020 年建设项目》（2020.01-2020.12）。

### 2. 项目所属领域与背景

项目属于应用气象技术领域。随着全球气候变暖，极端强降水事件呈多发、重发趋势，引发的山洪灾害给河北省造成巨大灾难。为降低山洪灾害影响，2017 年开始，河北省气象局和水利厅联合开展山洪灾害气象预警业务。降水预报数据时空分辨率低、山洪预警指标静态、支撑平台缺乏等，严重影响山洪灾害预警的效率和质量。针对不足，项目组历经 5 年多的连续攻关，突破了降水监测预报时空精度、山洪灾害动态阈值获取、生态风险评估等关键技术，研发了山洪灾害风险研判系统，在省内外推广应用。

### 3. 项目主要内容及创新成果

（1）国内首次利用深度学习算法，构建了基于单参量和多参量网络架构的雷达估测降水模型，提升了降水估测精度。利用双偏振雷达参数和地面气象观测数据，设计了 44 种测试方案，结果表明采用双偏振雷达多参数、自定义损失函数，效果最好，逐时检验均方根误差为 3.95。

（2）采用 UNET 算法加注意力机制，研发了基于深度学习的雷达预报降水技术，改善了预报准确率。基于地面实况降水和雷达组合反射率因子图像特征，通过 UNET 算法加注意力机制，构建雷达回波外推模型，预测未来 2 小时内，逐 6 分钟雷达回波强度，然后通过雷达估测降水模型得到预报降水，逐时检验均方根误差为 3.09。

（3）构建了综合考虑前期土壤饱和度、河道流量与产流面积的山洪灾害动态雨量阈值获取模块，解决了静态阈值不合理的问题。利用本地化水文模型，模拟土壤实时含水量和流域出口断面流量，反推达到不同等级预警流量的相应临界雨量，实现了 5 个时效 4 个等级的山洪灾害动态雨量阈值的自动获取。对于无水文资料山洪沟，基于流域相似性原则对山洪沟进行分类，将相同类别中有资料山洪沟的模型参数移植到无资料山洪沟，实现无资料山洪沟水文模拟和动态雨量阈值计算。

（4）国内率先建立了雷达估测预报降水模型与水文模型相耦合的山洪灾害风险研判系统，实现了山洪灾害智能化监测预警。该系统能够逐时滚动计算五种历时、四个等级的山洪灾害雨量阈值，实现山洪灾害智能研判、服务产品制作和检验一体化，已成为省级山洪灾害气象预警关键业务系统。

(5) 国内率先建立了基于水土流失的山洪灾害生态风险预警及评估系统。构建本地化水土流失强度模型，建立危险性、易损性指标，构建山洪灾害生态风险预警及评估系统，能够实现不同重现期山洪灾害生态风险评估，也能够对未来强降水下的山洪灾害生态风险分5个等级进行预警。

山洪灾害气象预警产品为政府科学决策、公众及时避险，提供了定时定点定量的科学依据，取得了很好的社会经济效益。2020年“山洪灾害防御工作”获中华人民共和国水利部办公厅 中国农林水利气象工会全国委员会关于“人水和谐·美丽京津冀”创新示范引领劳动竞赛三等奖。2022年“基于动态阈值的山洪灾害预警技术”获河北省首届气象服务创新大赛技术创新类二等奖（一等奖空缺）。2022年项目组成员中2人次获“河北省气象局重大过程气象预报服务优秀个人”。

依托项目成果，项目主持人带领的创新工作室被河北省总工会 河北省科学技术厅命名为第九批河北省劳模和工匠人才创新工作室，培养了一支山洪灾害气象预警领域业务科研创新团队，作为带头人组建了河北省气象局“巨灾天气风险分析与应用研究”创新团队。项目组成员中1人次2020年被评为河北省首席气象专家，1人次2020年获“河北省巾帼气象科技创新标兵”称号，1人次2022年被评为河北省气象局领军人才。另外，项目组成员共发表相关科技论文17篇，登记计算机软件著作权5件，培养博士研究生1名、硕士研究生8名，4人晋升为正、副高级工程师及工程师。

#### 四、主要完成单位及创新推广贡献

1. 成果主要完成单位：河北省气象灾害防御和环境气象中心。河北省气象灾害防御和环境气象中心作为成果第一完成单位，负责项目整体方案设计、研究的总体思路和技术路线与项目具体实施。承担了河北省科技厅重点研发计划项目《基于天气雷达和动态阈值的山洪灾害预警技术研究》、河北省气象局科研项目《基于流域相似性的水文资料缺乏地区山洪沟临界雨量阈值研究》、中国气象局2018年度和2020年度山洪项目，组织相关研究团队先后构建了基于深度学习的雷达定量估测和预报降水模型、山洪灾害动态雨量阈值计算模型、基于水土流失的河北省山洪灾害生态风险预警及评估模型，研究了无水文资料流域山洪灾害阈值获取技术，研发了山洪灾害风险研判系统，相关成果在省内外气象、水利部门推广应用，在山洪灾害风险防控中取得了明显的社会效益和经济效益。发表相关论文9篇，登记计算机软件著作权5项，培养硕士研究生1人。

2. 成果主要完成单位：南京信息工程大学。南京信息工程大学作为成果第二完成单位，参与了河北省科技厅重点研发计划项目《基于天气雷达和动态阈值的山洪灾害预警技术研究》、中国气象局2018年度和2020年度山洪项目，组织相关团队参加了雷达定量估测降水算法、动态阈值获取技术、山洪灾害生态风险评估技术等研究，研制了河北省山洪灾害风险区划图，对水文模型本地化应用提供技术支撑。发表论文6篇，培养博士研究生1名、硕士研究生7名。

3. 成果主要完成单位：河北省邢台水文勘测研究中心。河北省邢台水文勘测研究中心作为成果第三完成单位，参与了河北省科技厅重点研发计划项目《基于天气雷达和动态阈值的山洪灾害预警技术研究》，负责水文水资源资料收集与处理，组织相关团队参加了水文模型本地化参数调试、山洪灾害预警产品结果验证，以及研究成果在水利部门推广应用。发表

相关论文 2 篇。

## 五、应用推广及效益情况

《河北省山洪灾害动态预警及生态风险评估关键技术研究》项目成果采用“边研究、边检验、边优化、边应用”的推广应用模式，成熟一项应用一项。2019 年以来，研究成果逐步应用于河北省山洪灾害预警业务，部分技术成果也陆续在省内外推广应用。在省内，研究成果支撑了气象、水利两个单位的山洪灾害预警会商及业务，推广至河北省水利勘测设计研究院有限公司，河北省石家庄、邢台、邯郸水文勘测研究中心，以及石家庄、邢台、唐山等市气象局；在省外推广至海河水利委员会水文局、江苏省水利科学研究院、长江技术经济学会青年工作委员会、淮安市水利勘测设计研究院有限公司、江苏省水文水资源勘测局常州分局等单位，提升了山洪灾害监测预警能力，取得了显著的减灾效果。另外，北京师范大学水科学研究院、中国地质大学（北京）水资源与环境学院将部分成果服务于教学课程，提升了教学质量。

1、业务应用情况。从 2019 年 7 月开始，项目相关技术成果开始在河北省气象灾害防御和环境气象中心陆续应用，其中项目的主要成果雷达定量估测和预报降水技术、山洪灾害动态阈值获取技术、无水文资料流域阈值获取技术，以及基于水土流失的山洪灾害风险预警模型等在单位业务中得到广泛应用。研创的河北省山洪灾害风险研判系统，已成为河北省山洪灾害预警业务服务系统之一。利用该系统实时开展业务服务，以山洪沟为单元，逐时滚动自动判别未来 24 小时是否有山洪灾害，客观输出风险预警产品，支撑每年汛期同水利部门的山洪灾害会商业务。2019-2022 年，共发布省级山洪灾害气象预警 85 期，通过 12379 网站、专题服务产品、微博、微信、广播、电视等多个途径，向决策人员和公众发布，服务产品得到一致认可和好评；同时，转发至市、县两级气象部门，河北省各山区市、县气象局利用中心制作的山洪灾害预警产品服务当地政府和公众，形成了省、市、县 3 级气象业务。项目实现了山洪灾害预警系统从无到有、从粗到精、从点到面的飞跃，填补了河北省气象局山洪灾害预警的业务空白，全面形成业务服务能力。在减轻河北省山洪灾害风险，保障人民生命财产安全方面发挥了重要作用。

2、推广应用情况。2019 年以来，项目成果陆续在省内外气象、水利部门及部分高校开展应用。河北省水利勘测设计研究院有限公司应用系统产出的山洪灾害预警客观产品对本单位结果进行订正；海河水利委员会水文局以及河北省石家庄、邢台、邯郸水文勘测研究中心将项目成果应用于近年来的水文情报预报和山洪灾害防御工作；江苏省水利科学研究院、长江技术经济学会青年工作委员会、淮安市水利勘测设计研究院有限公司、江苏省水文水资源勘测局常州分局先后应用项目中的雷达定量估测和预报降水技术、山洪灾害预警技术以及山洪灾害生态风险预警及评估技术，构建或者修订本地的降水估测和预报模型以及山洪灾害预警模型，用以提高预报降水的时空分辨率，提升水文模型的准确率，形成本地化的山洪灾害预警产品。北京师范大学水科学研究院、中国地质大学（北京）水资源与环境学院将山洪动态阈值模拟技术等成果，应用于服务教学课程，深度产教融合，提升教学质量。

## 六、主要知识产权和标准规范等目录

序号	知识产权（标准）类别	知识产权（标准）具体名称	国家（地区）	授权号（标准编号）	授权（标准发布）日期	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	发明专利（标准）有效状态	是否包含河北省完成单位/完成人
1	论文	水平距离和海拔高度对雷达估测降水影响及订正	中国	ISSN: 1000-0526	20170901	气象	河北省气象灾害防御和环境气象中心，石家庄市气象局	王丽荣，王立荣	其他有效的知识产权	是
2	论文	基于 Copula 函数的降水事件危险性评估—以子牙河流域典型区为例	中国	ISSN: 1004-4574	20201201	自然灾害学报	河北省气象灾害防御和环境气象中心，内蒙古师范大学，南京信息工程大学应用气象学院	赵铁松，王丽荣，郭恩亮，张琪	其他有效的知识产权	是
3	论文	基于系统聚类和 PPCC 检验法的极端暴雨风险区划	中国	ISSN: 1000-7709	20221101	水电能源科学	南京信息工程大学水文与水资源工程学院，河北省气象灾害防御和环境气象中心	蒿萌，张素云，解文娟，葛慧，王洁，王丽荣	其他有效的知识产权	是
4	论文	基于 Flood Area 模型的邢台市小马河流域暴雨洪涝灾害风险分布特征	中国	ISSN: 1006-7639	20210601	干旱气象	河北省邢台市气象局，河北省气象灾害防御和环境气象中心	赵志楠，王丽荣，王丛梅，韩笑庆	其他有效的知识产权	是
5	论文	不同土壤湿度和雨强下径流曲线模型的改进	中国	ISSN: 1003-1243	20230101	水力发电学报	南京信息工程大学水文与水资源工程学院，江苏省水文水资源勘测局南京分局，河北省气象灾害防御和	梁峰铭，王洁，蒿萌，陈家栋，李姣，胡晓东	其他有效的知识产权	是

							环境气象中心, 江苏省水利科学研究院			
6	论文	基于 HEC-HMS 水文模型的太行山前流域洪水模拟	中国	ISSN: 1672-9900	20230425	水科学与工程	河北省邢台市水文勘测研究中心, 河北省气象灾害防御和环境气象中心	陈峨印 张素云 张博	其他有效的知识产权	是
7	论文	基于优势分析法的河北省暴雨对房屋致灾阈值研究	中国	ISSN: 1006-9585	20210501	气候与环境研究	河北省气象灾害防御和环境气象中心, 南京信息工程大学应用气象学院	孙玉龙 王丽荣 张琪 李婷 魏铁鑫	其他有效的知识产权	是
8	已登记计算机软件著作权	山洪灾害风险研判系统	中国	2020SR1084609	20200911	5963305	河北省气象灾害防御和环境气象中心; 解文娟, 胡会芳, 魏铁鑫, 李姣, 王丽荣	原始取得	其他有效的知识产权	是
9	已登记计算机软件著作权	山洪动态临界雨量阈值计算模型软件 V2.0	中国	2022SR0688337	20220601	9642536	河北省气象灾害防御和环境气象中心, 南京信息工程大学; 李姣, 王丽荣, 赵铁松, 解文娟, 王洁	原始取得	其他有效的知识产权	是
10	已登记计算机软件著作权	基于水土流失的山洪灾害生态风险预警系统 V1.0	中国	2022SR0959600	20220722	9913799	河北省气象灾害防御和环境气象中心, 南京信息工程大学; 王丽荣, 解文娟, 张素云, 王洁, 葛慧	原始取得	其他有效的知识产权	是

## 七、主要完成人情况

排名	姓名	技术职称	工作单位	完成单位	对成果创造性贡献
1	王丽荣	正高级工程师	河北省气象灾害防御和环境气象中心(河北省预警信息发布中心)	河北省气象灾害防御和环境气象中心(河北省预警信息发布中心)	项目主持人,负责项目总体设计与实施。负责雷达定量估测和预报降水技术研究。
2	李姣	工程师	河北省气象灾害防御和环境气象中心(河北省预警信息发布中心)	河北省气象灾害防御和环境气象中心(河北省预警信息发布中心)	负责多源降水数据融合算法研究,主研人参与水文模型本地化、山洪灾害动态雨量阈值计算模型构建和无水文资料山洪沟雨量阈值获取技术,参与山洪灾害风险研判系统研发以及基于机器学习的雷达估测降水技术研究。
3	王洁	副教授	南京信息工程大学	南京信息工程大学	主要构建了山洪灾害动态雨量阈值计算模型、本地化水文模型、基于水土流失的河北省山洪灾害生态风险预警及评估模型,并参与了山洪灾害风险研判系统架构的研发与设计。
4	陈峨印	正高级工程师	河北省邢台水文勘测研究中心	河北省邢台水文勘测研究中心	负责水文资料质量控制、分析整理,对构建的山洪灾害动态雨量阈值计算模型、基于水土流失的河北省山洪灾害生态风险预警及评估模型效果进行分析验证,参与山洪灾害风险研判系统的开发。
5	陈小雷	正高级工程师	河北省气象灾害防御和环境气象中心(河北省预警信息发布中心)	河北省气象灾害防御和环境气象中心(河北省预警信息发布中心)	参与智能化山洪灾害风险研判系统开发,负责山洪灾害生态风险预警与评估系统设计与规划,负责项目成果推广应用。
6	张登杰	正高级工程师	河北省邢台水文勘测研究中心	河北省邢台水文勘测研究中心	从降雨强度和地表径流的关系、水循环特征、人类活动等方面,分析山洪致灾机理;参与山洪灾害风险研判系统架构的设计以及项目成果推广应用。
7	解文娟	工程师	河北省气象灾害防御和环境气象中心(河北省预警信息发布中心)	河北省气象灾害防御和环境气象中心(河北省预警信息发布中心)	基于流域相似和新安江水文模型参数移植技术,获取无水文资料地区精细到山洪沟的山洪灾害动态临界雨量阈值。骨干参与智能化山洪灾害风险研判系统开发,参与山洪灾害生态风险预警及评估系统设计工作。
8	张素云	高级工程师	河北省气象灾害防御和环境气象中心(河北省预警信息发布中心)	河北省气象灾害防御和环境气象中心(河北省预警信息发布中心)	构建基于修正植被因子的水土流失估算模型,完成河北省山洪灾害气象风险等级区划,参与山洪灾害生态风险预警及评估系统研发。
9	景华	高级工程师	河北省气象灾害防御和环境气象中心(河北省预警信息发布中心)	河北省气象灾害防御和环境气象中心(河北省预警信息发布中心)	负责河北省暴雨洪涝灾害致灾危险性研究,参与河北省山洪灾害风险区划图的编制。
10	赵铁松	高级工程师	河北省气象灾害防御和环境气象中心(河北省预警信息发布中心)	河北省气象灾害防御和环境气象中心(河北省预警信息发布中心)	综合考虑降水事件发生的概率和强度构建危险性评估模型,评估典型流域不同强度降水事件危险程度;参与智能化山洪灾害风险研判系统开发。

## 八、完成人合作关系说明及完成人合作关系情况汇总表

河北省气象灾害防御和环境气象中心与南京信息工程大学于2018年开展项目合作,与河北省邢台水文勘测研究中心于2019年开展项目合作。成果第一完成人王丽荣, 2019年6月-2022年9月与其他九位完成人合作完成项目《基于天气雷达和动态阈值的山洪灾害预警技术研究》; 2018-2022年与第二完成人李姣、第三完成人王洁、第七完成人解文娟、第八完成人张素云、第九完成人景华和第十完成人赵铁松合作完成《山洪地质灾害防治气象保障工程2018年建设项目》和《山洪地质灾害防治气象保障工程2020年建设项目》。

第二完成人李姣与第七完成人解文娟于2020年11月-2021年11月合作完成《基于流域相似性的水文资料缺乏地区山洪沟临界雨量阈值研究》。

2020年, 第一完成人王丽荣与第十完成人赵铁松等联合发表论文《基于Copula函数的降水事件危险性评估—以子牙河流域典型区为例》。

2020年, 第八完成人张素云与第九完成人景华等联合发表论文《2016年河北赞皇县崞石岩暴雨灾害防御案例分析》。

2020年, 第一完成人王丽荣与第三完成人王洁等联合发表论文《基于同化数据的GRACE卫星反演中国陆地水储量变化降尺度分析》。

2021年, 第三完成人王洁与第七完成人解文娟等联合发表论文《基于GRACE陆地水储量估算土壤湿度变化——以中国东部季风区为例》。

2022年, 第一完成人王丽荣与第三完成人王洁、第七完成人解文娟、第八完成人张素云等联合发表论文《基于系统聚类 and PPCC 检验法的极端暴雨风险区划》。

2023年, 第四完成人陈峨印与第八完成人张素云等联合发表论文《基于HEC-HMS水文模型的太行山前流域洪水模拟》。

2023年, 第二完成人李姣与第三完成人王洁等联合发表论文《不同土壤湿度和雨强下径流曲线模型的改进》。

2020年, 第一完成人王丽荣与第二完成人李姣、第七完成人解文娟等合作完成软件著作权“山洪灾害风险研判系统V1.0”。

2021年, 第一完成人王丽荣与第二完成人李姣、第三完成人王洁、第七完成人解文娟、第十完成人赵铁松合作完成软件著作权“山洪动态临界雨量阈值计算模型软件V1.0”。

2022年, 第一完成人王丽荣与第三完成人王洁、第七完成人解文娟、第八完成人张素云等合作完成软件著作权“基于修正植被因子的水土流失估算模型软件V1.0”。

2022年, 第一完成人王丽荣与第三完成人王洁、第七完成人解文娟、第八完成人张素云等合作完成软件著作权“基于水土流失的山洪灾害生态风险预警系统V1.0”。

2022年, 第一完成人王丽荣与第二完成人李姣、第三完成人王洁、第七完成人解文娟、第十完成人赵铁松合作完成软件著作权“山洪动态临界雨量阈值计算模型软件V2.0”。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者	合作时间	合作成果	证明材料	备注
1	共同立项	王丽荣、李姣、王洁、陈峨印、陈小雷、张登杰、解文娟、张素云、景华、赵铁松	201906-202209	共同开展《基于天气雷达和动态阈值的山洪灾害预警技术研究》，支撑雷达估测预报降水、山洪灾害动态阈值以及风险研判系统		
2	共同立项	王丽荣、李姣、王洁、解文娟、张素云、景华、赵铁松	201801-202010	共同开展《山洪地质灾害防治气象保障工程 2018 年建设项目》，支撑山洪灾害动态阈值以及风险研判系统		
3	共同立项	王丽荣、李姣、王洁、解文娟、张素云、景华、赵铁松	202001-202209	共同开展《山洪地质灾害防治气象保障工程 2020 年建设项目》，支撑山洪灾害生态预警和风险评估		
4	共同立项	李姣、解文娟	202011-202111	共同开展《基于流域相似性的水文资料缺乏地区山洪沟临界雨量阈值研究》，支撑无资料山洪沟阈值获取技术		
5	论文合著	王丽荣、赵铁松	201906-202012	合作撰写并发表《基于 Copula 函数的降水事件危险性评估——以子牙河流域典型区为例》		
6	论文合著	张素云、景华	201706-202002	合作撰写并发表《2016 年河北赞皇县嶂石岩暴雨灾害防御案例分析》		
7	论文合著	王丽荣、王洁	201901-202002	合作撰写并发表《基于同化数据的 GRACE 卫星反演中国陆地水储量变化降尺度分析》		
8	论文合著	王丽荣、王洁、解文娟、张素云	202009-202211	合作撰写并发表《基于系统聚类和 PPCC 检验法的极端暴雨风险区划》		
9	论文合著	陈峨印、张素云	201912-202302	合作撰写并发表《基于 HEC-HMS 水文模型的太行山前流域洪水模拟》		
10	论文合著	李姣、王洁	201909-202301	合作撰写并发表《不同土壤湿度和雨强下径流曲线模型的改进》		
11	共同知识产权	王丽荣、李姣、解文娟	201801-202009	完成《山洪灾害风险研判系统 V1.0》并登记软件著作权		
12	共同知识产权	王丽荣、李姣、王洁、解文娟、赵铁松	201801-202111	完成《山洪动态临界雨量阈值计算模型软件 V1.0》并登记软件著作权		
13	共同知识产权	王丽荣、王洁、解文娟、张素云	202001-202206	完成《基于修正植被因子的水土流失估算模型软件 V1.0》并登记软件著作权		
14	共同知识产权	王丽荣、王洁、解文娟、张素云	202001-202207	完成《基于水土流失的山洪灾害生态风险预警系统 V1.0》并登记软件著作权		
15	共同知识产权	王丽荣、李姣、王洁、解文娟、赵铁松	202112-202206	完成《山洪动态临界雨量阈值计算模型软件 V2.0》并登记软件著作权		