

# 中国科学院战略性先导科技专项（A 类） 项目任务书

专项编号： XDA23000000

专项名称： 美丽中国生态文明建设科技工程

项目编号： XDA23090000

项目名称： 气候变化条件下山地致灾风险绿色调控关键技术  
与示范

项目承担单位（公章）： 中国科学院、水利部成都山地灾害  
与环境研究所

项目承担单位法人代表（签字）： 文安邦

项目参加单位： 中国科学院大气物理研究所、中国科学院地  
理科学与资源研究所、中国科学院地质与地  
球物理研究所等

项目负责人（签字）： 崔鹏

项目联系人： 葛永刚

联系电话： 028-85217507

E-mail: gyg@imde.ac.cn

起止年限： 2019 年 1 月至 2023 年 12 月

中国科学院科技促进发展局、条件保障与财务局制

2019 年 3 月 10 日填

# 中国科学院战略性先导科技专项（A类） 项目任务书

专项编号： XDA23000000

专项名称： 美丽中国生态文明建设科技工程

项目编号： XDA23090000

项目名称： 气候变化条件下山地致灾风险绿色调控关键技术  
与示范

项目承担单位（公章）： 中国科学院、水利部成都山地灾害  
与环境研究所

项目承担单位法人代表（签字）： 文安邦

项目参加单位： 中国科学院大气物理研究所、中国科学院地  
理科学与资源研究所、中国科学院地质与地  
球物理研究所等

项目负责人（签字）： 崔鹏

项目联系人： 葛永刚

联系电话： 028-85217507

E-mail: gyg@imde.ac.cn

起止年限： 2019年1月至2023年12月

中国科学院科技促进发展局、条件保障与财务局制

2019年3月10日填

表1 简 表

项目编号	XDA23090000									
项目名称	气候变化条件下山地致灾风险绿色调控关键技术与示范									
开题时间	2019年1月				终止时间		2023年12月			
密 级	1.绝密 2.机密 3.秘密 4.内部 5.公开								5	
项目承担单位	中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所						代码	173046		
项目类型	10.基础研究 11.基础数据积累 20.应用研究 21.应用基础研究 30.试验发展 40.R&D 成果应用 50.科技服务 60.生产性活动						所属学科	学科编码		
							地球科学其他学科	17099		
							21			
项目经费概算(万元)	总计	经 费 来 源 及 金 额								
		国家	院	企业	地方	自筹	其他			
	11687.61		8287.61	3400.00						
	院拨经费 拨款计划	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年	合计			
		2147.00	2147.00	1331.20	1331.20	1331.21	8287.61			
项目组	总人数	高级	中级	初级	辅助人员	博士后	在读博士生	在读硕士生	其他	
	314	86	37	5	10	10	56	100	10	
项目组主要成员	姓 名	年龄	专业技术职务	文化程度	投入人月	在研项数	项目中的分工	工作单位	签名	
	崔 鹏	62	正高级	博士研究生	40	1	项目负责人	中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所		
	孙建奇	41	正高级	博士研究生	40	0	课题负责人	中国科学院大气物理研究所		



项目 组 主 要 成 员	王根绪	54	正高级	博士研究生	40	1	课题负责人	中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所	王根绪
	兰恒星	47	正高级	博士研究生	40	1	课题负责人	中国科学院地理科学与资源研究所	兰恒星
	祁生文	44	正高级	博士研究生	40	0	课题负责人	中国科学院地质与地球物理研究所	祁生文
	陈剑刚	37	正高级	博士研究生	40	0	课题负责人	中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所	陈剑刚
	高 星	52	正高级	博士研究生	40	1	课题负责人	中国科学院地理科学与资源研究所	高 星
	王玉宽	55	正高级	博士研究生	40	0	课题负责人	中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所	王玉宽
	谢正辉	55	正高级	博士研究生	40	1	子课题负责人	中国科学院大气物理研究所	谢正辉
	崔晓鹏	46	正高级	博士研究生	40	0	子课题负责人	中国科学院大气物理研究所	崔晓鹏

项目 组 主 要 成 员	李跃清	59	正高级	硕士研究生	40	0	子课题负责人	中国气象局成都高原气象研究所	李跃清
	陈永仁	38	副高级	博士研究生	40	0	子课题负责人	中国气象局成都高原气象研究所	陈永仁
	李 泳	52	正高级	博士研究生	40	0	子课题负责人	中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所	李泳
	江 耀	34	副高级	博士研究生	40	1	子课题负责人	中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所	江耀
	葛永刚	45	正高级	博士研究生	40	0	课题负责人	中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所	葛永刚
	姚治君	60	正高级	博士研究生	40	0	子课题负责人	中国科学院地理科学与资源研究所	姚治君
	张雪芹	48	副高级	博士研究生	40	0	子课题负责人	中国科学院地理科学与资源研究所	张雪芹
	徐梦珍	33	正高级	博士研究生	40	0	子课题负责人	清华大学	徐梦珍



项目 组 主 要 成 员	柳金峰	40	正高级	博士研究生	40	0	子课题负责人	中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所	柳金峰
	徐佩	49	正高级	博士研究生	40	0	子课题负责人	中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所	徐佩
	第宝锋	41	正高级	博士研究生	40	0	子课题负责人	四川大学	第宝锋
	欧阳朝军	37	副高级	博士研究生	40	0	子课题负责人	中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所	欧阳朝军
	苏凤环	42	副高级	博士研究生	40	0	子课题负责人	中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所	苏凤环
	邹强	37	副高级	博士研究生	40	0	子课题负责人	中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所	邹强
	肖俊	38	副高级	博士研究生	40	0	子课题负责人	中国科学院大学	肖俊
	陈容	33	中级	博士研究生	40	0	子课题负责人	中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所	陈容

# 中国科学院战略性先导科技专项（A 类） 项目任务书

## 摘要：

项目摘要信息，见如下“目标清、可考核、用得上、有影响”“十二字”简表。

目标清	<p>1、完成西南山区极端天气无缝精细化预警预报系统及极端气候预测平台，并实现业务化运行。</p> <p>2、完成山地灾害分析和预报系统以及多尺度山地致灾风险评估体系。</p> <p>3、完成山地灾害易发性等级空间分布图和山地致灾风险系列图。</p> <p>4、完成生态工程措施、岩土工程措施和管理措施相结合的山区风险绿色调控技术体系，山区可持续发展安全保障综合减灾示范区。</p>
可考核	<p>1、建成极端暴雨 0-24 小时无缝隙预报系统（空间分辨率 1 公里，时间分辨率 1 小时）和极端气候季度预测平台（分辨率 25 公里），完成 2035 和 2050 年西南地区极端气候发生风险预测结果（分辨率 25 公里）。</p> <p>2、首次完成能刻画不同植被带生态-水文过程作用下的岩土体失稳破坏临界条件与准则一套，模拟精度不低于 80%的泥石流自组织动力学模型。</p> <p>3、完成多尺度山地致灾风险现状图、气候变化条件下不同情景多尺度（2035、2050）风险评估系列图（横断山区全区域 1:500000 风险图、重点区域 1:100000、典型小流域 1:10000）。</p> <p>4、建成生态工程措施、岩土工程措施和管理措施相结合的综合示范区 2 个（地点：安宁河流域），与目前的减灾现状相比达到灾害发生频率降低 50%，同等条件下灾害规模减小 30%的目标；同量级灾害经济损失减少 40%-60%，人员伤亡减少 60%以上，社区抗灾韧性增强 60%以上。</p> <p>5、研发关键新技术 20 项，国家、四川省或应急部等采纳决策咨询报告 3-5 份，完成技术规范或标准或地质灾害防治行业指南 2 项（建议稿），发明专利 20 项以上，软件著作权 10 项以上，论文 100 篇以上。</p>

用得上	<p>1、具业务化运行功能的极端天气无缝精细化预警预报系统在西南地区气象台推广应用，满足山地灾害短临预报的要求。</p> <p>2、研究成果纳入相关国家标准、行业标准或技术指南，应用于省部级西南山区山地灾害预报预警平台，支撑国家和地方政府防灾减灾规划。</p> <p>3、可持续发展安全保障技术体系被县级以上国土、住建和规划等部门借鉴或采纳；灾害风险综合管理体制机制和政策建议被省级以上应急管理部门关注或部分采纳；灾害风险信息管理平台被四川省或市（州）地方政府或企业应用。</p> <p>4、社区山地灾害风险管理模式、灾害风险综合管理与可持续发展协同模式及综合示范成果，受到西南地区省级以上政府部门关注。</p>
有影响	<p>1、具业务化运行功能的极端天气无缝精细化预警预报系统成果纳入省部级西南山区山地灾害预报预警平台，支撑国家、西南地区省级或市（州）地方政府防灾减灾规划。</p> <p>2、国内首个生态岩土力学模型、小流域滑坡泥石流形成模型和山洪预报系统，被应急部等相关政府部门采纳为关键支撑系统。</p> <p>3、中高风险山区国土开发利用度诊断技术应用于省级及地方可持续发展规划；社区灾害风险管理模式被四川省相关部门推荐和应用。</p> <p>4、建成的综合减灾示范区得到四川省，以及省级以上部门的关注，并能够在安宁河流域推广应用。</p> <p>5、咨询建议报告得到省级或国家级领导人实质性批示。</p>

## 一、主要指标

### 1、总体目标，五年及年度目标（见表2）

针对山区发展面临的风险防范问题与重大需求，科学认知气候变化条件下山地水土-生耦合作用致灾过程与规律，发展多尺度山地致灾风险综合评估方法与关键技术，构建生态措施与工程措施协同的山地风险绿色调控技术模式，提出风险综合管理与可持续发展协同的山地发展技术模式，服务美丽山区建设。



## 表 2 项目年度目标和考核指标

(以下表 2 内容为初步设定的项目年度目标和年度考核指标; 具体设定的项目年度目标和年度考核指标详见专项《年度工作计划及经费预算书》)

项目编号: XDA23090000

项目名称: 气候变化条件下山地致灾风险绿色调控关键技术与示范

年度	年度目标	年度考核指标	重要任务时间节点
2019	<p>(1) 完成西南地区高分辨率城镇化和人类活动数据集、山地暴雨事件精细化数据集, 开展区域气候模式模拟性能评估, 完成全球一步法预测系统历史回报试验。</p> <p>(2) 完成资料的收集与汇编, 不同气候-植被山区样地-坡面-小流域生态水文过程观测试验系统建设, 完成水-土-生耦合作用的岩土物理力学性质观测试验系统构建, 完成年度生态水文循环过程的系统观测与试验。</p> <p>(3) 完成典型研究区小流域的气象、水文、地质、地貌、灾害现状等基础资料及地质环境数据, 完成极端天气气候条件下灾害风险关键性技术研究。</p> <p>(4) 完成典型小流域的气象、水文、地质、地貌、灾害现状等基础资料及地质环境数据; 完成典型山区小流域生态系统的防灾减灾服务功能评估; 完成小流域岩土工程关键设计参数计算方法研究; 山地小流域致灾风险生态防控、工</p>	<p>(1) 西南地区高分辨率城镇化和人类活动数据集, 西南山地暴雨事件精细化数据集, 完成典型年份西南地区高分辨率区域气候模式模拟性能评估报告。</p> <p>(2) 典型研究区域较为完整的区域气候、植被、生态、水文、地质地貌、山地灾害等的数据与信息系统; 较为完善的山地不同植被生态水文过程、水-土-生耦合关系以及岩土体物理力学性质观测试验研究平台。</p> <p>(3) 构建高分辨率气象-水文-生态-岩土-灾害数据集; 确定滑坡、泥石流灾害时空变异规律; 提出定量评估与风险控制图关键技术 1 项。</p> <p>(4) 流域生态系统防灾减灾服务功能评估报告 1 份; 建立小流域岩土工程关键设计参数计算方法 2 项; 研发山地小流域致灾风险生态防控、工程防控综合防控关键新技术 2 项。</p> <p>(5) 完成山地灾害风险管理基础数据库构建; 完成灾害应激风险评估指标体</p>	<p>3 月: 完成文献、报告、图件等资料收集、整理、总结; 完成西南地区高分辨率城镇化和人类活动数据集。</p> <p>6 月: 完成基础信息收集和野外初步考察; 完成岷江上游典型小流域野外考察、定点观测、原位实验等工作, 重点针对已实施生态、岩土措施小流域的防灾减灾效果进行详细调查, 初步选择要开展试验示范的典型小流域; 地理数据库构建。</p> <p>9 月: 完成西南山地暴雨事件精细化数据集; 完成野外生态水文过程和径流过程的监测; 完成西南地区及北京北部山区典型小流域野外考察、定点观测、原位实验等工作; 完成野外采集样品的室内测试工作, 并开展室内生态、岩土工程室内模型实验; 完成多方职责定位研究, 构建三生空间识别指标体系。</p> <p>12 月: 西南地区典型年份高分辨率区域气候模式模拟性能评估试验; 针对滑坡、泥石流灾害时空变异规律进行研</p>

	<p>程防控综合防控关键新技术研发。</p> <p>(5) 完成研究区数据资料收集, 构建山地灾害与社会经济基础数据库; 完成典型山地灾害案例和应急演练方案梳理; 建立基于资源可持续利用的“三生”空间识别方法, 并判识冲突类型。</p>	<p>系及调查表 1 套; 山地灾害案例分析报告 1 份; 完成灾害风险高发区生产、生活、生态空间识别方法 1 套。</p> <p>(6) 发表学术论文 15 篇, 申请专利 4 项, 软件著作权 1 项; 提交技术咨询报告、规范及标准 2 项, 培养青年科学家 5 人。</p>	<p>究, 提出定量评估与风险制图关键技术; 完成第一次应急演练观摩与数据处理; 完成年度进展报告, 安排下一年度工作计划。</p>
2020	<p>(1) 完成西南地区极端气候变化机制研究、高分辨率区域气候模式参数化方案遴选调优模拟; 完成统计研究西南山地极端暴雨事件时空分布特征和演变规律, 完成全球一步法预测系统历史回报试验及性能评估; 研制考虑人类取水活动影响的高分率陆面过程模式, 定量评估人类用水活动对陆气水热通量的影响。</p> <p>(2) 完成水文过程突变形成山洪等灾害的条件和特征, 绘制研究区域的灾害分布类型图, 建立岩土体失稳破坏的基本准则, 并在典型区域进行验证, 确定失稳破坏的临界条件判断依据。</p> <p>(3) 建成山区小流域生态水文模型, 建立不同灾害形成起动机理。</p> <p>(4) 完成小流域岩土工程关键设计参数计算方法研究, 完成生态工程措施和岩土措施协同调控作用下的关键影响因素分析, 评估典型小流域生态、岩土措施的综合减灾效益, 研发综合防控关键</p>	<p>(1) 厘清西南地区极端气候变化主要影响因子, 完成高分辨率区域气候模式参数化方案遴选模拟报告, 西南山地极端暴雨事件时空分布特征和演变规律报告, 以及人类用水活动对陆气通量的影响分析报告。</p> <p>(2) 耦合局域气候模式的山地小流域生态水文模型 1 套, 构建山区不同植被类型区水-土-生耦合作用的岩土体失稳破坏的临界条件判据, 建立山地不同植被类型水-土灾害动力过程模式。</p> <p>(3) 揭示气候变化下典型山区生态水文及岩土时空演变规律, 建立山区小流域生态水文模型, 揭示山地小流域在局地降雨激发条件下不同灾害形成起动机理。</p> <p>(4) 建立小流域岩土工程关键设计参数计算方法 2 项, 提炼小流域生态措施和岩土措施协同调控作用下的关键影响因素, 研发山地小流域致灾风险生态防控、工程防控综合防控关键新技术 4</p>	<p>3 月: 完成基础信息补充收集和野外初步考察; 完成岩土工程关键设计参数计算的理论分析; 找出居民身心健康与灾后经历的关系。</p> <p>6 月: 完成全球一步法预测系统历史回报试验及性能评估; 开展数值试验, 定量评估人类用水活动对陆气水热通量的影响, 完成典型山区生态水文及岩土时空演变规律的分析; 开展岷江上游、北京北部山区典型小流域野外考察、定点观测、原位实验等工作; 选定要开展试验示范的典型小流域; 三生空间优化研究。</p> <p>9 月: 揭示出西南地区极端气候变化的主要影响因子; 揭示西南山地极端暴雨事件时空分布特征和演变规律; 完成针对水文突变事件的野外考察; 继续开展川西地区、北京北部山区典型小流域野外考察、定点观测、原位实验等工作; 开展生态、岩土工程室内测试与模型实验, 研发综合防控关键技术; 完成居民</p>

	<p>技术。</p> <p>(5) 完成风险管理跨级联结的意见咨询、居民灾害应激反应评估，识别出社区灾害风险管理的关键环节及其瓶颈，构建“三生”空间优化技术体系。</p>	<p>项。</p> <p>(5) 完成社区风险综合管理跨级联结模式可行性研究报告 1 份，完成社区居民身心健康与灾难风险评估基线报告、居民应激反应评估初步报告，完成一种居民动态追踪算法，完成“三生”空间优化结果图集 1 套。</p> <p>(6) 发表学术论文 25 篇，申请专利 10 项，软件著作权 3 项；提交技术咨询报告、规范及标准 3 项，培养青年科学家 15 人。</p>	<p>动态定位算法的开发。</p> <p>12 月：完成高分辨率区域气候模式参数化方案遴选模拟和论文等成果统计，完成水文突变事件生态-水文-灾变过程分析；构建山区小流域生态水文模型和揭示降雨激发条件下不同灾害形成起动机理；初步完成山地灾害临灾应急疏散监测技术，安排下一年度工作计划。</p>
2021	<p>(1) 完成构建综合考虑城镇化与人为扰动影响的高分辨率陆面过程模式，研发西南山地极端暴雨事件短临-短期预警预报技术，发展高性能统计降尺度方法并初步研发统计和动力相结合的预测系统，构建全球一步法预测系统和高分辨率动力降尺度预测系统的嵌套并开展历史回报试验，开展高分辨率区域气候模式未来预估模拟。</p> <p>(2) 阐明不同植被带的生-土-水耦合作用关系，确定植被、岩土体和水这一体系受重力、降水和地震影响的荷载传递关系，建立致灾因子和灾害易发性关系，判断山地灾害形成条件，实现过程模拟。</p> <p>(3) 开展野外调查与野外观测，定量评估山地生态水文风险，发展多尺度山</p>	<p>(1) 西南地区极端气候变化主要机制报告，西南山地极端暴雨事件形成机理和主要影响因子分析报告，高分辨率区域气候模式多模式历史模拟试验报告；动力降尺度历史回报试验报告。</p> <p>(2) 山区不同植被类型区生-土-水耦合作用关系的致灾机制报告；基于典型事件，进一步增强水-土灾害动力过程模型的适应性和模拟精度，不同气候-植被类型区域水-土-生耦合致灾判据导则 1 套。</p> <p>(3) 山地风险综合评估指标报告；建立山地风险制图规范 1 部；研发山区小流域生态水文过程模拟平台 1 个。</p> <p>(4) 研发山地小流域致灾风险生态防控、工程防控综合防控关键新技术 6 项；构建促进植被恢复、提升生态系统</p>	<p>3 月：完成全球一步法预测系统对西南地区当年夏季的预测试验；完成灾害动力学模型验证；研发山地小流域致灾风险生态防控、工程防控综合防控关键新技术；多部门协调管理模式研究，完成居民身心健康与灾难风险变化评估。</p> <p>6 月：完成城镇化与人为扰动影响的高分辨率陆面过程模式研发；完成山地风险综合评估指标体系的建立；开展岷江上游、北京北部山区典型小流域野外考察、定点观测、原位实验等工作；编制典型小流域的试验示范工程综合防治治理方案；完成社区山地灾害风险管理模式开发；山区可持续产业、聚落调查及其灾害风险评价。</p> <p>9 月：揭示出西南地区极端气候、暴雨事件的主要影响因子；完成不同气候和</p>



	<p>地生态水文风险定量评估技术体系与平台。</p> <p>(4) 山地小流域致灾风险生态防控、工程防控综合防控关键新技术研发；构建促进植被恢复、提升生态系统稳定性的生态防控技术和理论体系；构建山区小流域物质和能量参数沿程动力过程调控的方法体系。</p> <p>(5) 多部门协调管理模式与财政支持可行性评价；建成社区临灾应激管理信息系统；开发社区山地灾害风险管理模式；中高风险山区产业与聚落调查，并评估其灾害风险；风险综合管理与绿色发展协同模式研究；山区多灾种重大自然灾害风险综合防范技术体系集成。</p>	<p>稳定性的生态防控技术和理论体系；构建山区小流域物质和能量参数沿程动力过程调控的方法体系；技术咨询报告、规范、标准或指南 1 项。</p> <p>(5) 多部门协调管理可行性论证报告 1 份；完成社区居民身心健康变化及灾难风险变化评估报告 1 份；完成中高风险山区产业与聚落发展现状调查报告及灾害风险评估报告各 1 份；完成风险综合管理与产业安全适应技术协同的可行性分析报告 1 份；完成山区多灾种重大自然灾害风险综合防范技术 1 项。</p> <p>(6) 发表学术论文 30 篇，申请专利 10 项，软件著作权 3 项；提交技术咨询报告、规范及标准 5 项，培养青年科学家 15 人。</p>	<p>植被区生态-水文致灾因子格局与灾害易发性图件；完成山地风险制图规范的建立；构建生态防控技术、小流域物质和能量过程调控的理论方法体系；风险综合管理与绿色发展协同模式研究。</p> <p>12 月：完成高分辨率区域气候模式历史模拟试验和论文等成果统计；构建山区小流域生态水文过程模拟平台，灾害风险综合防范技术体系集成。完成年度进展报告，安排下一年度工作计划。</p>
2022	<p>(1) 研发西南地区极端气候的统计和动力相结合的预测系统，研制综合考虑城镇化与人为扰动影响的区域气候模式，研发西南山地极端暴雨事件 0-24 小时预警预报技术。</p> <p>(2) 系统阐释不同植被类型区生态过程对土壤水力学性质的作用机制，分析水文突变事件对灾害形成的影响规律，系统阐明生态-水文-岩土性质多因子耦合作用下的坡体变形与失稳破坏的变化形式，完成研究区域的滑坡等灾害的危险性评价，并编制区域危险性分区。</p>	<p>(1) 研发西南地区极端气候统计和动力相结合的预测系统，城镇化与人为扰动影响的区域气候模式；高分辨率区域气候模式、多情景未来预估模拟，西南山地极端暴雨事件 0-24 小时预警预报技术。</p> <p>(2) 建立水-土-生耦合作用的岩土力学模型 1 套；揭示生-水-土耦合作用下的山地灾害形成和演化机理；提交基于减轻致灾风险的山区生态-水文建设咨询报告 1 份。</p> <p>(3) 建立定量评估生态功能退化、水</p>	<p>3 月：完成全球一步法预测系统对西南地区当年夏季的预测试验；研发和集成生态、岩土措施协同作用的山地小流域风险绿色调控技术；完成居民身心健康与灾害的相关性研究。</p> <p>6 月：完成城镇化与人为扰动影响的区域气候模式研发；完成水-土-生耦合作用的岩土力学模型；完成定量评估生态功能退化、水土流失、水质下降等山地生态水文风险的方法的构建；继续开展岷江上游、北京北部山区典型小流域野外考察、定点观测、原位实验等工作；</p>

	<p>(3) 以研究区为研究对象，建立山地生态水文风险的方法。</p> <p>(4) 山地小流域致灾风险生态防控、工程防控综合防控关键新技术研发；构建生态措施和岩土措施协同调控的优化配置模式；集成生态、岩土措施协同作用的山地小流域风险绿色调控技术体系；初步完成生态措施和岩土措施协同调控的试验示范区。</p> <p>(5) 完成居民应激反应行为数据分析；开展社区山地灾害风险管理模式示范；完成产业与聚落安全防护关键技术研发；制定社区灾害风险管理与绿色发展综合配套技术方案，并开展相关技术示范。</p>	<p>土流失、水质下降等山地生态水文风险的方法；绘制区域山地生态水文风险现状图集。</p> <p>(4) 研发山地小流域致灾风险生态防控、工程防控和综合防控关键新技术 6 项；构建生态措施和岩土措施协同调控的优化配置模式；构建生态措施与工程措施结合的小流域绿色调控理论体系；国家或部委采纳决策咨询报告 1 份，技术咨询报告、规范、标准或指南 2 项。</p> <p>(5) 构建社区居民临灾应激反应监测技术体系 1 套；研发居民临灾应急疏散监测新技术 1 项；完成社区居民临灾医学救护教育培训方案 1 个；完成产业与聚落安全防护关键技术各 1 套；完成风险综合管理与绿色发展配套技术方案 1 份及技术可行性研究报告 1 份。</p> <p>(6) 发表学术论文 25 篇，申请专利 10 项，软件著作权 3 项；提交技术咨询报告、规范及标准 3 项，培养青年科学家 15 人。</p>	<p>初步完成典型小流域试验示范工程的建设；研发居民临灾应急疏散监测新技术；完成产业安全防护关键技术研发。</p> <p>9 月：完成西南山地极端暴雨事件 0-24 小时预警预报技术研发；完成西南地区极端气候统计和动力相结合的预测系统研发；完成水-土-生耦合作用下的灾害形成机理分析，并提交咨询报告；完成区域山地生态水文风险现状图集的绘制；构建生态措施与工程措施结合的小流域绿色调控理论体系；构建社区居民临灾应激反应监测技术体系；完成社区居民临灾医学救护教育培训方案；完成聚落安全防护关键技术研发；完成风险综合管理与绿色发展协同模式研究。</p> <p>12 月：完成高分辨率动力降尺度历史回报试验；完成高分辨率区域气候模式多模式、多情景未来预估试验；提交决策咨询报告，完成技术咨询报告、规范、标准或指南的编写；综合配套技术方案设计与示范。完成年度进展报告，安排下一年度工作计划。</p>
2023	<p>(1) 综合给出西南地区 2035、2050 年极端气候发生风险，完善相关技术，并构建西南山地关键区极端暴雨事件短临-短期 0-24 小时无缝隙预警预报系统，构建西南地区极端气候综合预测系统。</p> <p>(2) 不同植被类型区山地水-土-生耦合</p>	<p>(1) 综合给出西南地区 2035、2050 年极端气候发生风险报告；建立西南山地关键区极端暴雨事件短临-短期 0-24 小时无缝隙预警预报系统；构建西南地区极端气候综合预测系统。</p> <p>(2) 提交基于灾害防控的生态格局优</p>	<p>3 月：完成西南地区极端气候综合预测系统研发；完成多时空尺度山地风险趋势图的绘制；集成山地小流域灾害风险定量风险评估关键技术与情景模拟平台；集成生态防控、工程防控综合防控系列关键新技术；灾害风险多级管理体</p>

	<p>作用与岩土体灾变关系的综合评价与指标体系建设；基于分布式水文模型、岩土力学模型和灾害动力学模型的耦合分析；灾害影响范围内灾害与承载体相互作用机制，并总结不同植被类型区小流域水-土灾害的主要致灾模式分析。</p> <p>（3）以研究区为对象，提供典型山区10天以内、全国范围内季度和年度的山地风险定量预报预测产品。</p> <p>（4）集成生态防控、工程防控综合防控系列关键新技术；构建生态措施与工程措施结合的小流域绿色调控成套理论体系；建成山地小流域致灾风险绿色调控技术集成与示范区。</p> <p>（5）构建灾害风险多级管理体系，并制定相关配套政策；研发灾害风险预警信息管理平台；开展示范区风险综合管理与绿色发展协同模式与技术示范。</p>	<p>化咨询报告1份；制定地区灾害风险管理办法体系。</p> <p>（3）绘制多时空尺度山地风险趋势图；集成山地小流域灾害风险定量风险评估关键技术与情景模拟平台1个。</p> <p>（4）集成生态、岩土措施协同调控的山地小流域风险绿色调控技术体系1套；生态措施与工程措施结合的小流域绿色调控理论体系1套；建成山地小流域致灾风险绿色调控技术集成与示范区2个。</p> <p>（5）完成风险多级管理体系与政策调整建议报告各1份；完成灾害风险预警信息管理平台研发；风险综合管理与绿色发展协同模式技术示范区2个。</p> <p>（6）发表学术论文15篇，申请专利4项，软件著作权2项；提交技术咨询报告、规范及标准2项，培养青年科学家5人。</p>	<p>系及政策研究；揭示居民遭遇重大山地灾害应激反应特征规律。</p> <p>6月：完成城镇化与人为扰动影响的区域气候模式研发；完成西南山地关键区极端暴雨事件短临-短期0-24小时无缝隙预警预报系统研发；完成岩土灾变关系的综合评价与指标体系建设，提交咨询报告1份；完善生态措施与工程措施结合的小流域绿色调控理论体系；完成灾害风险信息管理平台开发。</p> <p>9月：给出西南地区2035、2050年极端气候发生风险；完成项目试验工作；完成典型小流域试验示范工程的建设；在示范区内完成相应新技术和灾害风险信息管理平台测试；完成风险综合管理和绿色发展协同模式与技术示范。</p> <p>12月：完成项目报告编制、成果汇总和准备项目验收。</p>
--	--	---	---



## 2、主要考核指标

1	建成极端暴雨 0-24 小时无缝隙预报系统（空间分辨率 1 公里，时间分辨率 1 小时）和极端气候季度预测平台（分辨率 25 公里），完成 2035 和 2050 年西南地区极端气候发生风险预测结果（分辨率 25 公里）。
2	首次完成能刻画不同植被带生态-水文过程作用下的岩土体失稳破坏临界条件与准则一套，模拟精度不低于 80%的泥石流自组织动力学模型。
3	完成多尺度山地致灾风险现状图、气候变化条件下不同情景多尺度（2035、2050）风险评估系列图（横断山区全区域 1:500000 风险图、重点区域 1:100000、典型小流域 1:10000）。
4	建成生态工程措施、岩土工程措施和管理措施相结合的综合示范区 2 个（地点：安宁河流域），与现状相比达到灾害发生频率降低 50%，同等条件下灾害规模减小 30%的目标；同量级灾害经济损失减少 40%-60%，人员伤亡减少 60%以上，社区抗灾韧性增强 60%以上。
5	研发关键新技术 20 项，国家、四川省政府、或应急部等采纳决策咨询报告 3-5 份，完成技术规范或标准或地质灾害防治行业指南 2 项（建议稿），发明专利 20 项以上，软件著作权 10 项以上，论文 100 篇以上。

## 3、预期成果及贡献

通过 5 年研究，实现山地致灾风险绿色调控与可持续发展理论、技术的突破与协同，建立山区小流域风险绿色调控、风险综合管理与可持续发展协同模式与解决方案，服务我国山区民生安全、精准扶贫及山区发展。研究成果达到国际领先水平，引领国际山区减灾与发展的科技前沿，提供可供国际社会借鉴的成功模式与经验。预期成果主要包括：

序号	成果类型	成果及贡献
1	研究（咨询）报告	向国家应急部等部委、四川省地方政府等提交咨询报告 3-5 份，支撑国家、部委、四川省政府在防灾减灾方面的战略规划。
2	专利、技术标准	研发关键新技术 20 项，发明专利 20 项，软件著作权 10 项，完成技术规范或标准或地质灾害防治行业指南 2 项（建议稿）。基于以上成果形成能够支撑山区风险防范与绿色发展的技术体系，技术规范或指南能够推广，应用于指导防灾减灾工作。
3	系统与平台	具业务化运行功能的极端天气无缝精细化预警预报系统，山地小流域致灾风险模拟系统，能够在横断山区（尤其是西南地区）推广应用，大幅提升地形复杂区域的气象预报精度，实现山区小流域的灾情预报。
4	示范工程	横断山区山地灾害预报示范、综合减灾示范：生态治理+工程治理+管理措施。通过示范形成支撑灾害多发山区可持续发展的系统解决方案，引领山区减灾与绿色发展的科技前沿，支撑平安山区和美丽山区建设。
5	论文论著	论文 100 篇以上，引领国际山区减灾与可持续发展前沿。

## 二、研究方案

### 1、研究内容及技术路线；

#### 1.1 项目研究内容

围绕气候变化条件下山地致灾风险防控和山区可持续发展存在的关键科学科技问题 and 需求，本项目主要开展以下 5 个方面研究：

### **(1) 气候变化条件下山地极端气候、天气预测预报技术与平台**

发展复杂山地地形区域极端天气气候灾害的高分辨率降尺度关键技术，开展全球变暖背景下山地极端气候灾害预估，人类活动对山地极端天气气候灾害影响定量评估模拟技术，极端气候事件形成机理与预测关键技术及平台和山地极端暴雨事件短临-短期无缝隙预警预报系统平台研究，为致灾机理、风险分析研究提供支撑。

### **(2) 不同类型植被区水-土耦合过程对山地灾害形成的影响**

研究不同类型植被区山地小流域水文过程与突变特征，分析山地水-土-生耦合作用关系、时空差异性及其对气候变化的响应规律，确定坡体失稳破坏判据，研究植被类型区水-土-生致灾动力过程和山地小流域的致灾模式，为多尺度山地致灾风险预判、定量分析与综合调控提供基础。

### **(3) 山地致灾风险定量评估关键技术与多尺度风险制图**

开展极端天气气候条件下灾害风险趋势预测，提出气候变化条件下山地致灾风险综合评价指标体系，研发山地生态-水文风险、小流域灾害风险定量评估关键技术，开展多时空尺度山地致灾风险评估与预测，形成现状、2035、2050 多尺度山地风险评估系列图件，支撑灾害风险综合防控。

### **(4) 生态工程措施与岩土工程措施协同的绿色减灾关键技术与示范**

以山地小流域致灾风险绿色调控为核心，开展生态减灾关键技术与效益评价研究，研发小流域工程措施消能固土拦沙关键技术，进行生态措施和岩土措施协同的水土过程调控关键技术研发，开展山地致灾风险绿色调控技术集成与示范，建立山地致灾风险绿色减灾技术体系与模式。

### **(5) 山地致灾风险综合管理与可持续发展协同模式**

以山区绿色发展与可持续发展理念为指导，开展山区风险多级管理机制与配套政策研究，进行山区居民临灾应激反应与社区风险管理模式及示范，开展中高风险山区风险综合管理与绿色发展协同模式及示范，构建山区绿色可持续发展安全保障技术体系，支持山区精准扶贫与提质增效，服务美丽山区和美丽中国建设。



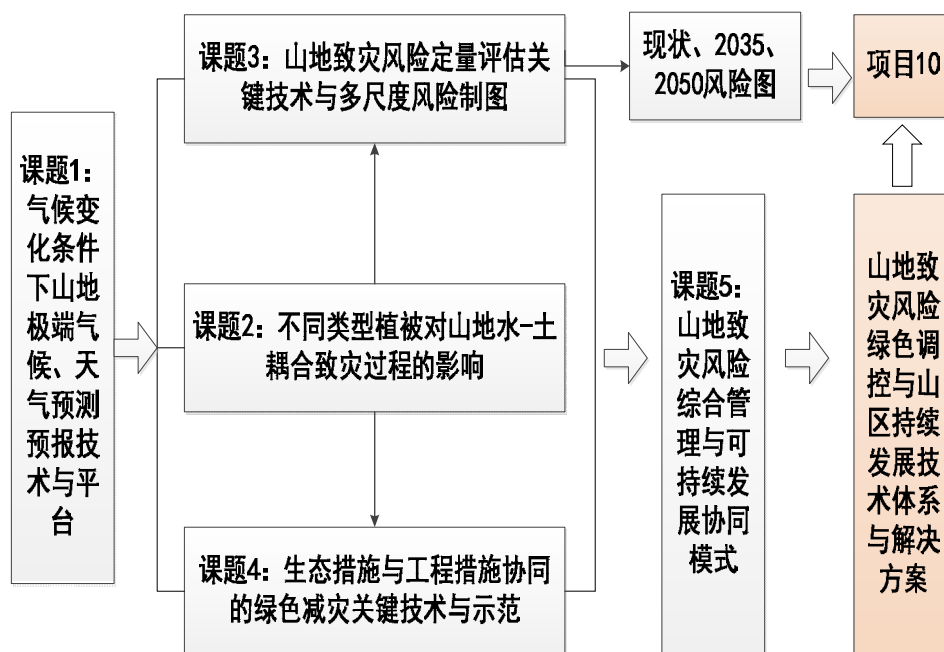


图 2-1 项目研究内容关系图

课题 1 研究气候变化条件下山地极端气候、天气预测预报关键技术与平台，将为课题 2 不同类型植被对山地水-土耦合致灾过程的影响研究提供降水激发条件，为课题 3 多尺度风险评估关键技术与制图研究提供天气气候预测结果与情景，同时提供小流域灾害形成的极端天气条件，同时提供课题 4 山地致灾风险综合防治的边界条件；课题 2 的研究成果既支撑灾害风险定量评估技术与模拟系统研发，同时服务课题 4 小流域山地致灾风险绿色减灾技术的研发与示范；在课题 3、课题 4 研究成果的基础上，开展课题 5 山地致灾风险与可持续发展协同研究，构建灾害多发山区灾害风险绿色调控与可持续发展协同山区发展技术体系与解决方案，服务平安山区与美丽山区建设。同时，项目依托课题完成山地致灾风险现状、2035 和 2050 评估与系列制图，成果将成为项目 10 进行“美丽中国”地理图景分析研究与情景分析的重要支撑。

## 1.2 总体研究思路

选取我国自然灾害活跃的西南山区（横断山区）作为研究区，综合利用地质、地貌、气象、水文、生态、数学、岩土力学、工程地质、水力学、人文地理、社会学与可持续发展等学科的最新成果与研究方法，结合原型观测、遥感调查、野外调查勘测、数据挖掘、物理模型实验、数值模拟实验以及 RS、GIS 等多种技术方法，开展山

地小流域生态、水文与致灾过程的系统研究，构建气候变化条件下山地致灾风险绿色调控技术体系与可持续发展模式（技术路线见图 2-2）。

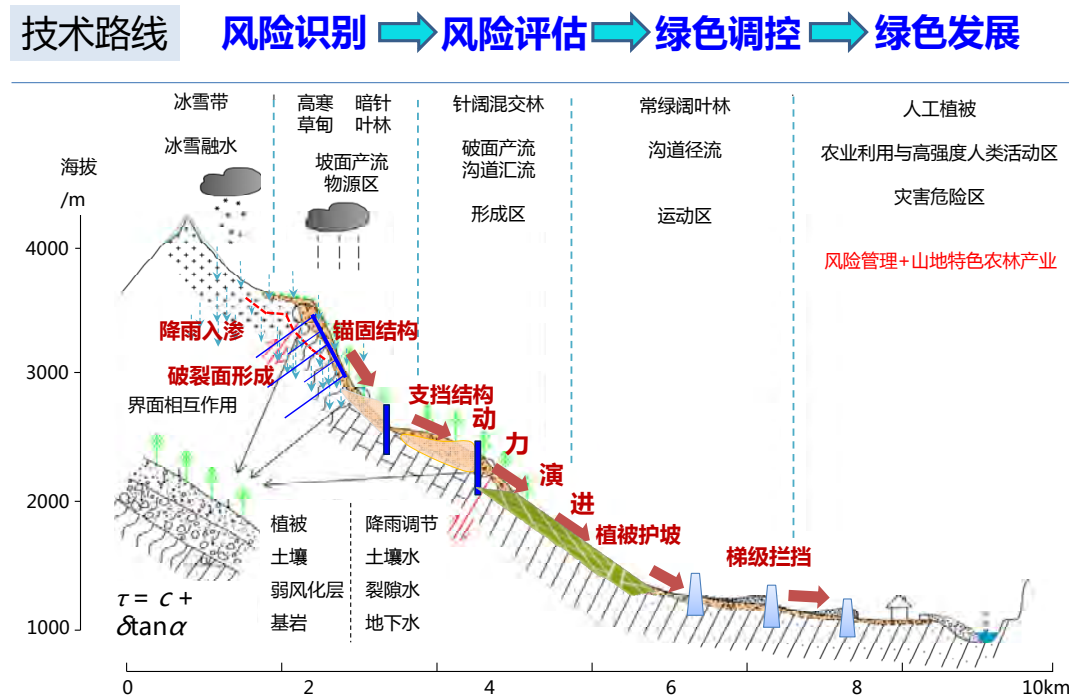


图 2-2 项目总体技术路线

充分利用成都山地所、大气物理所、地理资源所、地质地球所等院内单位和清华大学、四川大学等院外参研单位在野外观测站网、大尺度灾害实验模拟平台、室内模拟实验平台、数值模拟平台，基于野外观测数据积累与已有研究成果，通过大数据分析 & 挖掘，研究极端天气气候条件下山地天气气候模式，研发极端天气预报与气候预测评估关键技术与平台；进而以小流域灾害原型定点观测与现场调查为基础，结合物理模拟实验和数值模拟，开展小流域坡面—沟道—流域尺度水-土-生耦合作用与致灾过程的系统研究，揭示山地致灾机理，进行山地小流域致灾动力过程与风险的定量研究，研发小流域山地致灾过程与风险的分析系统，构建基于小流域的山地多尺度致灾风险定量分析技术体系与方案。

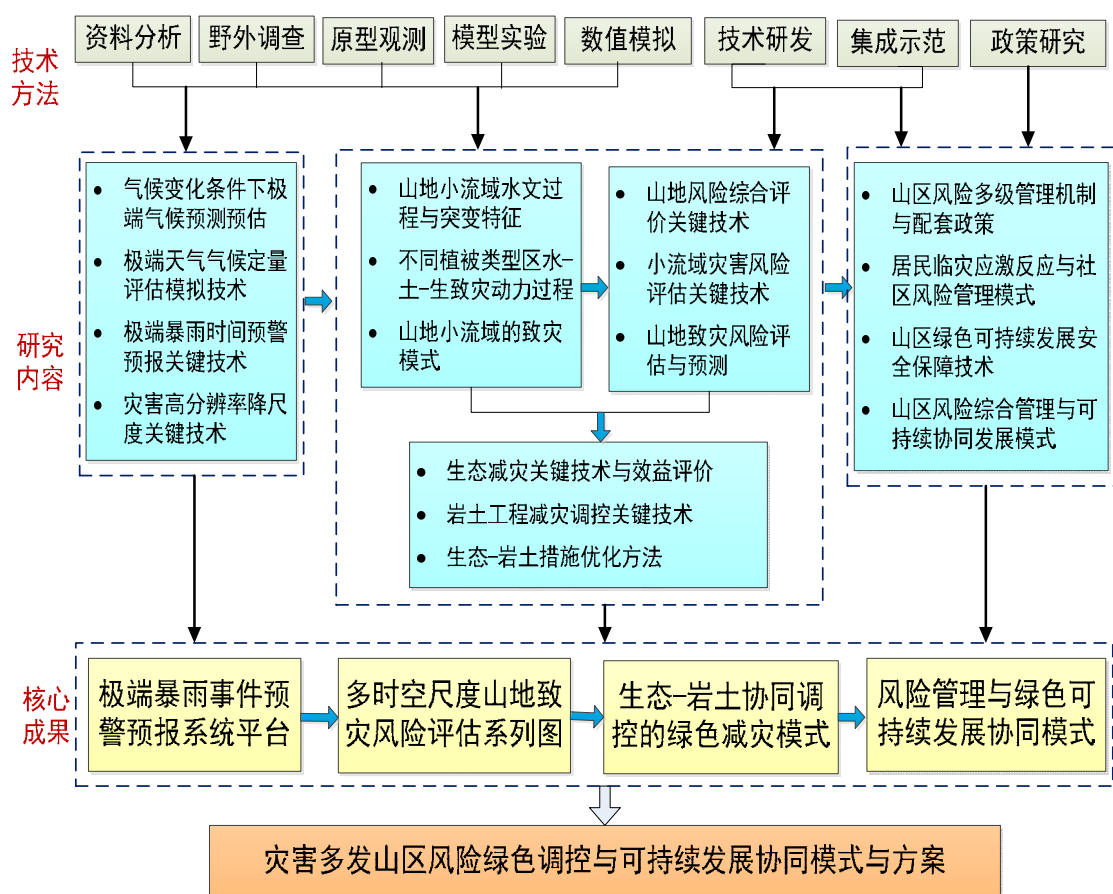


图 2-3 实施途径

基于致灾机理研究成果，针对山地致灾关键节点，进行不同植物种类和植被类型组合的生态减灾关键技术研发与效益评估，开展小流域工程消能拦沙固土新技术的研发，提出适宜灾害风险调控的关键技术，进而以小流域为基本单元开展生态工程与岩土工程协同的山地致灾风险绿色调控技术体系，通过技术集成与示范形成绿色调控模式；围绕灾害多发山区民生安全保障和可持续发展的重大需求，开展山区致灾风险综合管理与配套政策研究，进行山区居民临灾应激反应与社区风险管理模式及示范、中高风险山区可持续发展安全保障技术研发和风险综合管理与绿色发展协同模式与示范，建立气候变化条件下山区致灾风险绿色调控与可持续发展协同的技术体系与解决方案，服务山区民生安全和山区可持续发展。

同时基于以上研究，开展气候变化条件下重点山区山地综合风险多时空尺度评估，编制山地致灾风险现状、2035 和 2050 系列图件，提出山地中长期风险防控对策，

提交山区风险防控决策咨询建议、技术标准、规范与指南，科学支撑风险防范、民生安全、可持续发展，支撑建设富足山区、和谐山区、平安山区，服务美丽中国建设。

### 1.3 具体实施途径

#### (1) 资料收集、分析

查阅国内外相关文献资料，广泛收集现有关于山区小流域灾害风险评估、工程措施和生态措施防治的技术方法和案例、研究区环境背景、灾害活动现状、对生态环境和公共安全的影响，以及研究区已开展治理的灾害点的勘察、设计和后期运行监测资料。对收集整理的数据资料进行系统归类，详细分析和科学归纳，总结已有案例的经验和教训，确定野外调查和定点观测的区域和范围。收集卫星、航空、无人机、野外观测等多源监测数据，整理并构建西南山地极端暴雨事件精细化监测数据集；研制时空连续、物理一致的高分辨率陆面模式地表数据集（土壤质地、地形、植被覆盖、基岩深度）和城镇化与人类活动数据集。

#### (2) 研究区选择

在数据资料分析的基础上，结合遥感调查、环境背景基础数据、勘察数据与资料分析等的基础上，确定灾害易发、多发的我国横断山区为研究区，选择岷江、大渡河及云南东北部山地为重点区域，以具有观测数据与基础数据积累的小流域为重点研究区和示范点，分析山地的生态系统、水循环过程、灾害过程时空演化规律，贯彻区域、重点区和小流域三个尺度开展孕灾规律、成灾环境、灾害机理、风险分析、绿色调控、综合管理研究，建立灾害多发山区致灾风险综合治理与可持续发展解决方案。

#### (3) 平台与模型

**西南山地关键区极端暴雨事件预警预报系统平台构建：**针对实际业务需求，进一步完善上述研发的西南山地极端暴雨事件短临-短期 0-24 小时无缝隙预警预报技术体系；并针对山地暴雨预测预报业务运行急需，选取关键区，借助上述预警预报技术，建立西南山地关键区极端暴雨事件短临-短期 0-24 小时无缝隙预警预报系统，开发满足业务需求的、可用于实际业务应用的相应系统平台。

**耦合局域气候模式的山地小流域生态-水文预测预报模型：**将上述不同气候-植被带上植被群落、坡面降水—径流观测以及小流域水循环和水均衡过程的观测结果与通过高分辨遥感反演和不同植被带谱上建立的生物量方程进行叠置与耦合分析，通过尺度上推转换和整合，形成小流域尺度上不同植被带的水循环参数系统。现有的分布式水文模型是通过典型代表性单元的均化来实现水文过程模拟的，其有效性取决于单元大小和代表性，其缺点在于生态水文过程的刻画较为困难以及高度异质性导致的单元代表性不高。为此，基于以上实际观测，通过三种途径实现山地生态系统水碳耦合模型的构建，并基于水碳耦合模型实现对山区小流域尺度生态水文模型的创新发展：

在以上小流域生态模型发展基础上，结合本项目第一课题研发的山区局域气候模式以及山区小流域尺度极端气候预测结果，实现对山区流域不同气候-植被水文过程、河流洪水过程的精准模拟与预测。进一步耦合不同植被生-水过程的山地水-土灾害动力过程分析模型，建立不同植被类型区山地小流域尺度的致灾模式。

### **(3) 风险评估与制图**

**山地小流域灾害风险定量评估：**构建考虑植被截流、非饱和入渗、地表径流、沟道汇流、斜坡失稳、坡面、沟道侵蚀、堵溃等水沙突变过程的小流域灾害形成与运动演进物理模型，发展基于有限体积法的高精度、自适应数值算法，自主研发山区小流域灾害数值预报模型；以课题 2 山地小流域致灾模式与承灾体易损性研究成果为基础，建立基于 ALE (Arbitrary Lagrange-Euler)的灾害与承灾体动力相互作用数值模拟方法，构建承灾体物理易损性评价方法。在此基础上，实现山区小流域灾害定量风险评估。模型的验证和完善主要通过两方面进行，其一是与室内大型模型试验成果进行对比验证；其二是与小流域原位观测资料进行对比验证。

**不同时、空尺度山地风险综合评估与制图：**结合课题 1 预估的未来极端气候与气象要素，应用物理降尺度方法和极值理论，分析未来区域气温与降雨等气候要素的时空分布与变化特征，并利用所发展的山地灾害生态水文风险定量评估技术平台，模拟小流域与区域的不同时间、空间情景下的山地系统综合演化过程，获取表征山地风险的生态-水文-岩土-灾害指标的量值。基于山地过程对气候变化的响应及变化特征，预



估山地多要素耦合作用的影响尺度（发育空间、时间和规模特性）；调查分析致灾影响区内承灾体空间分布与易损特征，预估承灾体易损性和暴露量的动态变化；在此基础上，结合 ALARP 原则与社会可接受风险准则，动态评估区域、典型点等多个尺度的山地风险程度。利用地理空间分析技术和风险分级方法，确定不同尺度山地风险等级及其空间分布，开展山地致灾风险现状、2035 年与 2050 年区域、重点区段及小评估，编制山地致灾风险系列制图，编制多尺度山地致灾风险评估技术规范，系列图件为项目 10“美丽中国”地理图景与情景模拟提供支撑。

#### **（4）山地致灾绿色风险调控技术与模式**

通过野外考察、现场勘测、原型观测与试验、室内模型试验、数值模拟等手段，结合生态工程学、地质学、岩土力学、水力学、泥沙运动力学等方法，以西南山区研究区域，以山地小流域致灾风险绿色调控为核心，开展山地致灾风险绿色调控技术研发、集成与示范，建立山地致灾风险绿色减灾技术体系与模式，提出山区小流域致灾风险绿色减灾的系统解决方案。根据提出的生态和岩土措施优化配置理论模型，结合研发的生态、岩土工程新技术和新结构，研发生态、岩土措施协同的山地小流域致灾风险绿色调控关键技术，进行技术集成示范，形成绿色调控技术模式。

#### **（5）风险管理与可持续发展安全保障技术**

数字化研究区自然、社会、经济与灾害背景，构建“三生”空间适应性评价指标体系，开展“三生”自然适宜性、经济适宜性和社会适宜性研究，厘清“三生”空间冲突类型，并结合区域可持续发展和防灾减灾综合目标，研发“三生”空间优化技术，保障研究区国土空间利用的安全性和可持续性；通过调查不同灾害类型和不同风险等级下的山区产业发展现状，评价不同产业发展模式的可持续性和防灾减灾综合效益，分析制约其综合效益的主要短板，从产业类型、产业规模、发展模式等视角，研发不同区域的产业安全适应技术；调查不同灾害类型区和不同风险等级区的村镇聚落防灾减灾措施现状，并评估其防灾减灾的综合能力，探寻制约其综合能力的主要短板，并从聚落形态、结构和规模等视角，研发村镇聚落安全适应技术；针对政府机构和不同类型人群对实时灾害风险信息的管理和获取需求，研发集灾害风险管理和查询多功能于一体

的灾害风险信息管理平台等。通过综合集成上述关键技术，形成山区可持续发展安全保障技术体系。

## **(6) 技术集成与试验示范**

### **横断山区山地灾害预报示范**

在完善西南山地极端暴雨事件 0–24 小时无缝隙预报技术体系，空间分辨率 1 公里基础上，依据项目具体需求及计算资源综合确定的重点关键区空间分辨率为 300 米；利用上述预报技术，建立西南山地关键区极端暴雨事件 0–24 小时无缝隙预报系统，时间分辨率为 1 小时，借助国家级超级计算系统，开展试运行、系统逐步完善和预报效果检验等，开发满足业务需求的、可用于实际业务应用的相应系统平台，并在横断山区进行示范。

### **综合减灾示范：生态治理+工程治理+管理措施。**

以课题 4 山地小流域致灾风险绿色调控的新方法、新结构与新技术为基础，开展技术集成与示范，评估不同治理模式与技术的成效，甄选科学、高效的小流域致灾风险绿色综合调控技术模式；以多层次、多主体灾害风险管理体制机制为指导，综合集成课题 5 社区风险管理技术体系和山区可持续发展安全保障技术体系中的各项关键技术，并构建山区灾害风险防控技术的集成平台，融合不同尺度的综合风险管理模式和配套技术。在安宁河流域开展综合减灾示范。

## **2、核心科学技术问题与创新点；**

### **2.1 核心科学技术问题**

#### **关键问题 1：不同时空尺度山地致灾风险管理天气气候保障技术难题**

我国山地地区短期极端气候预测准确率低，缺乏有效技术；全球模式及其陆面过程模式分辨率粗，缺乏针对复杂地形、下垫面和人类扰动等的精确描述，无法精细刻画局地极端气候对全球变化的响应；极端暴雨事件形成机理认识不足、预报困难。这些都严重制约了山地致灾风险的预测预报与预警，造成灾害预测预报准确度偏低，是

山地致灾风险绿色调控面临的瓶颈难题。研发山地极端气候、天气预测预报技术既是国家重大需求和国际前沿科学问题，也是本项目核心科学技术问题之一。

### **关键问题 2：绿色减灾理论基础与技术支撑**

目前国内岩土工程减灾措施相对比较成熟，已形成较为系统的技术规范，但是由于对生态措施功能定量评价的瓶颈尚未突破，不能支撑生态工程的科学设计，制约着生态、岩土措施的优化配置。生态工程与岩土工程科学配置综合调控山地致灾风险是国际减灾的发展趋势和学科前沿。但是如何考虑生态-水文-岩土耦合致灾机理，以及生态措施和岩土措施协同配置问题一直是小流域综合治理研究中的瓶颈，如何实现绿色减灾理论基础与技术突破是本研究中需要解决的一个核心科学技术问题。

### **关键问题 3：高风险区可持续发展保障的机制与技术**

基于我国山区致灾风险管理相对薄弱的现状，从市场、信息、文化、保障等方面研究多主体参与的多层级灾害风险管理体制机制；基于生产生活生态视角，研究国土“三生”空间与灾害风险的关系，从空间优化、产业适应和绿色减灾等方面，构建可持续发展安全保障技术体系；形成山区多灾种、全要素的综合风险防范范式与技术框架，集成山区致灾风险综合管理与可持续发展协同模式。

## **2.2 创新点**

**创新点 1：建立“气候预估-短期气候预测-短期天气预警预报”链条式多尺度山地风险天气、气候保障技术体系。**

针对上述关键科学问题，本项目从科学预估、短期气候预测和短临短期预警预报三个方面开展攻关。集合预估西南地区未来极端气候变化特征，给出 2035 和 2050 年极端气候发生风险；创新研发复杂地形区域降尺度短期气候预测关键技术；创新研发山地极端暴雨事件 0-24 小时无缝预警预报技术；形成“气候预估-短期气候预测-短期天气预警预报”链条式山地极端气候、天气预测预报技术体系，并研发相应系统。

### **创新点 2：生态-水文-岩土耦合致灾机理**

生态、水文和岩土之间互为条件、相互影响，存在时空维度上十分复杂多变的交互作用关系。但长期以来，山地生态、水文和灾害问题的研究都是相互独立的，尚未

涉及山地生态—水文—岩土交互耦合关系与灾变形成机制间的联系。同时，现阶段基于均质岩土体的稳定性和灾变理论与方法，不能适用于山区复杂生态-水文-岩土相互作用关系制约下的岩土体稳定性分析，亟需明确山地复杂植被与水循环、岩土体相互作用下的岩土体平衡状态的形成和维持机制。因此，阐明山区生态—水文过程对山地灾害的驱动机制及其分异规律，发展生态—水文过程主导的非均质岩土力学理论，不仅将填补灾害学领域缺乏生态-水文-岩土耦合作用的理论空白，而且将显著提升山地灾害区域规律和山地灾害易发性评估的研究水平。

### **创新点 3：生态-岩土措施优化配置的山地致灾风险综合调控**

在对流域生态系统防灾减灾服务功能评估的基础上，通过生态系统生态保育和调控技术提升生态系统的防灾减灾功能；在对不同类型物种对环境的适应性及其固土护坡、降水截留效应进行分析的基础上，构建具有可持续发展能力的绿色边坡等生态工程措施，以小流域为基本单元，构建生态措施与岩土措施优化配置、有机协同的灾害风险绿色调控技术模式。

### **创新点 4：综合风险防控的体制机制与可持续发展安全保障技术**

基于多主体参与和分层分级的灾害风险综合管理框架，厘清基于社区单元的防灾/减灾、备灾、应急响应及恢复重建全过程的灾害风险管理机制，构建多层次、多主体、多维度的灾害风险管理体制。对比高风险区不同产业发展模式的综合效益，明确高风险区防灾减灾工作中的可持续发展问题，以及典型研究区可持续发展模式中的防灾减灾关键技术需求，提出高风险区灾害风险防控与可持续发展协同的最优模式与配套技术，支撑山区绿色可持续发展。

### 3、课题设置与分工，各课题主要研究内容及考核指标（见表3）；

**表3 项目任务分解一览表**

项目编号：XDA23090000

项目名称：气候变化条件下山地致灾风险绿色调控关键技术与示范

序号	课题编号	课题名称	课题承担单位	课题负责人	研究内容	考核指标	重要任务的时间节点	经费概算（万元）
1	XDA23090100	气候变化条件下山地极端气候、天气风险预测预报技术与平台	中国科学院大气物理研究所	孙建奇	<p>（1）西南地区未来极端气候变化预估；</p> <p>（2）区域尺度人类活动对西南地区极端天气气候灾害影响的定量评估模拟技术研发；</p> <p>（3）西南地区极端气候预测关键技术与平台研发；</p> <p>（4）西南山地极端暴雨事件预警预报关键技术研发；</p> <p>（5）西南山地极端暴雨事件</p>	<p>（1）西南地区极端气候未来变化预估方法与模型；</p> <p>（2）2035年和2050年极端气候发生风险情景分析图；</p> <p>（3）考虑城镇化和人类扰动影响的高分辨率陆面过程模式；</p> <p>（4）西南地区极端气候预测关键技术与平台；</p> <p>（5）西南山地极端暴雨事件短临—短期0-24小时无缝隙预警预报技术与平台；</p> <p>（6）申报软件著</p>	<p>2019年：西南山地暴雨事件精细化数据集；复杂地形极端气候降尺度关键技术；</p> <p>2020年：高分辨率陆面过程模式地表数据集以及城镇化和人类活动数据集；西南山地极端暴雨事件时空分布特征和演变规律图件；</p> <p>2021年：综合考虑城镇化与人为扰动影响的高分辨率陆面过程模式；西南山地极端暴雨事件形成机理和预测预报方法；</p> <p>2022年：西南地区极端气候高分辨率动力降尺度预测系统；综合考虑城镇化与人为扰动影响的区域气候模式；西南山地极端暴</p>	1584.45



					预警预报系统平台研发。	作权和发明专利 10 项以上；发表论文 20 篇以上；培养青年科学家 10 人以上。	雨事件 0-24 小时预警预报技术； 2023 年：西南地区极端气候综合预测平台；西南地区 2035、2050 年极端气候发生风险；西南山地关键区极端暴雨事件短临-短期 0-24 小时无缝隙预警预报系统。	
2	XDA23090200	不同类型植被对山地水-土耦合过程的影响	中国科学院、利成山灾与环境研究所	王根绪 葛永刚	<p>(1) 不同植被类型区山地小流域水文过程与突变特征；</p> <p>(2) 山地水-土-生耦合作用与岩土体失稳破坏判据；</p> <p>(3) 不同气候-植被类型区水-土-生致灾动力过程；</p> <p>(4) 不同植被类型区山地小流域尺度的致灾模式。</p>	<p>(1) 基于生态水文过程、并耦合流域气候模式的山区小流域生态水文模型 1 套；</p> <p>(2) 水-土-生耦合作用的岩土力学模型与灾害动力学模型各 1 套；</p> <p>(3) 不同气候-植被类型区域水-土-生耦合致灾判据导则 1 套；</p> <p>(4) 不同气候和植被区生态-水文致灾因子格局与灾害易发性图件；</p> <p>(5) 基于减轻致</p>	<p>2019 年：完成山地典型气候-植被类型区灾害分布调查；完成野外观测试验系统和实验室模拟实验平台建设；</p> <p>2020 年：完成典型观测年生态水文过程及灾害发生过程的野外现场观测试验，完成实验室模拟测试与分析工作；完成山区小流域生态水文模型构建与专项数据系统建设；发表论文 10 篇（SCI 5 篇）；</p> <p>2021 年：完成水-土-生耦合作用的岩土力学模型与灾害动力学模型；发表论文 12 篇（SCI 5-7 篇）；</p> <p>2022 年：完成不同气候-植</p>	1497.20

						灾风险的山区生态-水文建设与生态格局优化方面的咨询报告 1-2 份； (6) 申报软件著作权和发明专利 10 项以上；发表论文 20 篇以上；培养青年科学家 10 人以上。	被类型区域水-土-生耦合致灾判据导则并征求意见；申报软件著作权和发明专利各 1 项，发表论文 13 篇 SCI 8-10 篇； 2023 年：完成小流域致灾模式与制图；完成咨询报告 1-2 份，全面总结项目成果；发表论文 15 篇（SCI 10 篇）。	
3	XDA23090300	山地致灾风险定量评估关键技术多尺度风险制图	中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所中科院地理科学与资源研究所	崔鹏 兰恒星	(1) 气候变化条件下山地风险综合评价指标体系； (2) 气候变化作用下山地生态水文风险评估关键技术； (3) 山地小流域灾害风险定量评估关键技术； (4) 不同时、空尺度山地风险综合评估与制图。？	(1) 高分辨时空数据集 1 套；房屋损毁、生态破坏、水质污染及经济损失等灾害数据集 1 套； (2) 揭示气候变化下山区生态水文及岩土时空演变规律；筛选山地灾害风险控制因子，辨析滑坡、泥石流灾害时空变异规律； (3) 建立山地风险综合评估指标体系，山地风险综合评估指标体系 1	2019 年：开展西南山区及北京北部山区典型小流域野外考察、定点观测、原位实验等工作；开展极端天气气候条件下灾害风险关键性技术研究； 2020 年：构建小流域生态水文模型；开发相应模型，完成山地小流域灾害危险性评价系统开发； 2021 年：开展灾害与结构体相互作用研究和耦合算法编程，完成山地小流域灾害易损性评价系统开发； 2022 年：建立山地风险综合评估指标体系；完成山	2134.37

						<p>套；</p> <p>（4）区域尺度山地生态水文模型 1 个；小流域尺度生态水文模型 1 个；山地生态水文风险评估技术体系 1 套；</p> <p>（5）山地风险可接受评估准则 1 个；多尺度山地风险综合评估系统 1 套；山地灾害风险制图技术规范 1 套；</p> <p>（6）申报软件著作权和发明专利 10 项以上；发表论文 20 篇以上；培养青年科学家 10 人以上。</p>	<p>地小流域灾害风险定量评估系统，开展典型区域山地小流域灾害风险制图；</p> <p>2023 年：利用山地风险定量评估系统，结合未来极端气候与气象要素预估，完成 2035、2050 小流域灾害风险评估系列图件。</p>	
4	XDA23090400	生态措施与工程措施协同绿色减灾关键	中国科学院地质与地球物理研究所	祁生文 陈剑刚	<p>（1）小流域生态防灾减灾功能及关键提升技术；</p> <p>（2）基于动力过程的小流域</p>	<p>（1）生态措施与工程措施结合的小流域绿色调控理论与模型；</p> <p>（2）山地小流域致灾风险生态防</p>	<p>2019 年：完成典型小流域野外考察、定点观测、原位实验等工作，初步选定要开展试验示范的典型小流域；开展室内生态、岩土工程室内模型实验；</p>	1489.77

		技 术 与 示 范	研 所 国 学 院 水 部 都 地 害 环 研 所 究 中 科 、 利 成 山 灾 与 境 研 究		<p>消能固土拦沙关键技术；</p> <p>（3）生态措施和岩土措施协同的小流域水土过程调控关键技术；</p> <p>（4）山地小流域风险绿色调控技术集成与示范工程。</p>	<p>控、工程防控综合防控关键新技术 20 项；</p> <p>（3）山地小流域致灾风险绿色调控技术集成与示范区 2 个；</p> <p>（4）国家或部委采纳决策咨询报告 1 份，技术咨询报告、规范及标准 3 项；</p> <p>（5）申请发明专利 10 项以上；发表论文 20 篇以上；培养青年科学家 10 人以上。</p>	<p>2020 年：完成岩土工程关键设计参数计算的理论分析；开展典型小流域野外考察、定点观测、原位实验等工作；选定试验示范的典型小流域；开展室内测试与模型实验，研发综合防控关键技术；</p> <p>2021 年：研发山地小流域致灾风险生态防控、工程防控综合防控关键新技术；开展野外考察、定点观测、原位实验等工作；编制试验示范工程综合防治治理方案；构建生态防控技术、小流域物质和能量过程调控的理论方法体系；</p> <p>2022 年：研发和集成生态、岩土措施协同作用的山地小流域风险绿色调控技术；完成典型小流域试验示范工程的建设；构建生态措施与工程措施结合的小流域绿色调控理论体系；</p> <p>2023 年：集成生态防控、工程防控综合防控系列关</p>	
--	--	--------------	--	--	---	---	--	--

							键新技术；完善生态措施与工程措施结合的小流域绿色调控理论体系；完成典型小流域试验示范工程的建设。	
5	XDA23090500	山地致灾风险综合管理与可持续发展模式	中科院地科与源研究所、中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所	高星 王玉宽	<p>(1) 山区风险多级管理机制与配套政策；</p> <p>(2) 山区居民临灾应激反应与社区风险管理模式及示范；</p> <p>(3) 中高风险山区可持续发展模式与技术；</p> <p>(4) 风险综合管理与绿色发展协同模式与示范。</p>	<p>(1) 揭示居民重大山地灾害临灾应激反应特征规律，开发多主体参与的社区风险管理模式 1 个；建立社区临灾应激管理信息系统 1 个；</p> <p>(2) 灾害多发区风险管理与可持续发展关键技术 5-7 项；</p> <p>(3) 提出山区灾害风险综合管理体系与运行机制方案及配套政策方案各 1 套；</p> <p>(4) 风险综合管理与可持续发展协同模式技术示范区 1 个；</p> <p>(5) 国家或部委</p>	<p>2019 年：完成灾害风险高发区三生空间识别方法 1 套；完成灾害应激风险评估指标体系及调查表 1 套；完成山地灾害案例分析报告 1 份；</p> <p>2020 年：完成社区居民身心健康与灾难风险评估基线报告；社区山地灾害防灾减灾现状报告；</p> <p>2021 年：完成社区居民身心健康变化及灾难风险变化评估报告；提出多主体参与式社区山地灾害风险管理模式；完成山区多灾种重大自然灾害风险综合防范技术 1 项；</p> <p>2022 年：构建社区居民临灾应激反应监测技术体系 1 套；研发居民临灾应急疏散监测新技术 1 项；完成社区居民临灾医学救护教育</p>	1581.82



						<p>采纳决策咨询报告 1 份，技术咨询报告、规范及标准 3-5 项；</p> <p>（6）申请专利和软件著作权 10 项以上；论文 20 篇以上；培养青年科学家 10 人以上。</p>	<p>培训方案 1 个；完成生产生活绿色减灾集成技术和生态安全保护技术各 1 套；完成风险综合管理与绿色发展配套技术方案 1 份及技术可行性研究报告 1 份；</p> <p>2023 年：风险综合管理与绿色发展协同模式技术示范区 2 个，并完成结题。</p>	
项目 5 年经费概算（合计）							8287.61	

注：可根据内容自行调整

#### 4、公共平台与配套设施建设方案；

项目承担单位中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所，项目参加单位中国科学院大气物理研究所、中国科学院地理科学与资源研究所、中国科学院地质与地球物理研究所等单位，目前正在建设和拟建的公共平台具体情况主要包括：中科院成都山地所正在建设“山地灾害大尺度动力学模拟实验平台”和“山地灾害链综合实验模拟平台”，通过本项目的开展将进一步考虑生态-水文-过程和植被对灾害过程和风险调控中的作用，利用在建实验平台开展研究的基础上，优化和完善这两个实验平台，同时促进小流域风险分析系统的研发与构建；中科院大气物理研究所拟通过本项目研究，在原有基础上研发“西南山地关键区极端暴雨事件短临-短期 0-24 小时预警预报系统”。

##### 4.1、山地灾害大尺度动力学模拟实验平台

中科院支持，依托成都山地所和东川泥石流观测研究站建设的世界领先的“山地灾害大尺度动力学模拟实验平台”为全世界最大规模的泥石流动力学实验装置（也可开展高速远程的滑坡-碎屑流、雪崩、滚石等山地灾害动力学实验），该实验装置中的水槽结构宽 10 米，深 2 米，可以模拟的泥石流（包括滑坡—碎屑流）流动距离可达 120 多米（长），可模拟的泥石流最大颗粒粒径达 1 米，模拟的泥石流体积可达 500 立方米（m<sup>3</sup>）。该实验平台将有效的解决泥石流起动-运动-堆积（以及和防治工程体的相互作用）全过程的物理模拟的尺度效应和相似性问题，根本回答防治工程对泥石流的调控机理，将显著的提升我国泥石流研究的水平，使得东川站成为国际泥石流研究的基地，引领学科发展。大尺度的泥石流模型实验有望推动解决困扰国际学术界多年的关于泥石流、滑坡—碎屑流等山地灾害物理模拟的尺度效应(scaling effect)和相似性难题，为大规模山地灾害链模型实验提供支撑平台。

项目大尺度灾害形成机理与动力过程的研究将依托该平台，围绕项目研究任务与目标，平台将进一步完善关键设计参数，拓宽灾害过程动力模拟系统的验证功能，提高实验效率和可靠性。

##### 4.2、山地灾害综合实验模拟平台

中科院支持在成都山地所新园区规划建设的山地灾害链综合实验模拟平台由双面振动台系统、大型降雨系统、大型温控系统、高速动态数据采集系统、山地灾害链动力学模拟系统以及 GDS 动态三轴测试系统。该平台能够多学科交叉的角度系统研究降

雨-地震-温度变化以及工程活动等多因素耦合作用下大型山地灾害动力演化过程与灾变机理，真实反映大尺度、短历时与复杂地形条件灾害体运移过程，解决运动过程中破碎解体、沿程侵蚀、颗粒分选、热-水-力耦合等特殊现象，实现变化条件下大型山地灾害动力演进的定量描述和危险性定量评价与预测；同时能够明晰大型山地灾害与承灾体的动力相互作用机制，发展具有明确物理意义的易损性模型，实现山地灾害风险精准预测，改变现有山地灾害预判与风险分析以定性描述为主、定量化和精准化程度低的现状。山地灾害链综合实验模拟平台是一套不仅能够考虑多种诱发因素影响、适合山地灾害过程机理研究、灾害与结构动力相互作用以及新型减灾关键技术研发的综合模拟实验平台，而且能够实现重大山地灾害动力演化全过程模拟的山地灾害减灾防灾研究试验平台。

本项目研究强调小流域灾害过程机理与风险定量评估，该平台将对灾害过程模拟、风险分析、风险调控研究提供基础，同时研究过程中将重点考虑生态要素与植被的减灾功效，将完善该实验系统和平台的综合减灾功效的实验验证功能。同时，通过该平台功能的拓展，将为项目拓展和提升“泥石流全过程动力模拟系统”的功能，进而研发小流域山地致灾风险分析模拟系统提供有力支撑。

#### **4.3、西南山地关键区极端暴雨事件短临-短期 0-24 小时预警预报系统**

针对美丽中国建设和我国山地致灾风险绿色调控面临的瓶颈难题，以及实际气象业务预报部门急需，选取西南山地关键区，利用西南山地极端暴雨事件时空分布特征、演变规律、形成机理和主要影响因子等机理研究结果，以及基于上述机理研究研发的西南山地极端暴雨事件 0-6 小时短临预警预报关键技术和 0-24 小时短期数值模式预报技术，研究构建满足气象预警预报业务急需的、可用于实际业务应用的西南山地极端暴雨事件短临-短期 0-24 小时无缝隙预警预报系统平台；借助国家级超级计算系统，开展西南山地极端暴雨事件短临-短期预警预报系统试运行、以及系统逐步完善和预警预报效果检验等工作，并联合西南山地关键区气象业务预报部门，基于气象部门的精细化监测网络以及国家级超级计算系统计算资源，实现预警预报系统本地化试用，服务西南山区重大灾害预警预报。

### **三、项目管理机制**

#### **1、组织管理体制；**

本项目实行项目负责人制，实行目标责任管理，在项目负责人所在单位设立项目管理办公室，承担项目的日常管理工作，监督项目各项任务按时顺利推进和经费使用情况。

项目建立由国内著名专家组成的专家咨询组，对项目实施过程中的科学技术问题进行跟踪监督，解决项目实施过程中的遇到的学术难题，为项目实施提供有力保障。

项目在实施过程中逐步建立创新性成果鼓励机制，对所负责研究内容产出突出优秀成果的课题给与一定经费奖励，对产出的具有突出原始创新性的成果给与一定经费奖励。

#### **2、运行管理机制；**

项目负责人严格遵守中科院 A 类专项的相关规章和管理规范，定期向承担单位和专项办公室汇报项目执行情况，以及需要协调解决的问题，接受科技促进发展局组织的项目检查与评估。加强对项目工作的组织领导，及时解决研究过程中的重点、难点问题。建立工作责任制，逐级分解任务，落实具体措施，加强检查考核，通力协作。

项目 5 个课题实行课题负责人制。在项目负责人和项目办公室监督下课题负责人牵头在子课题负责人和主研人员之间逐级分解任务，并落实任务经费，经费按照承担单位相关财务规定实行统一管理。项目运行过程中，课题负责人定期向项目负责人汇报课题运行进展，提交相关研究报告，说明经费使用情况。项目结束时，严格按照各课题设立的研究任务提交研究报告与成果，并接受项目负责人以及课题承担单位、专项办公室和科技促进发展局的审查。

项目和课题任务分配主要由项目负责人和课题负责人负责，技术路线的设计、总体集成经过项目或课题骨干专家讨论后完成，在听取跟踪专家组意见后确定执行，项目级别的技术路线调整需经过项目负责人、相关课题负责人及跟踪专家组讨论确认后进行调整。与相关创新基地和研究所的协调根据任务目标与关系，项目级别由项目负责人或项目办公室协调，课题级别或子课题级的主要由课题负责人协调。

共享知识产权：项目产生的知识产权，除涉及国家安全、重大国家利益和社会公共利益的，由项目承担单位依法取得。与参加单位合作产生的知识产权成果，由参与

方与项目承担单位协调决定其归属。国家有权力对本项目产生的涉及国家安全、重大国家利益和社会公共利益的知识产权指定权利人以及许可、转让的对象。项目在执行中形成的研究成果，包括论文、专著、专利、软件和数据库等，在对外公开时，如申请知识产权或奖励、发表、转让、推广和宣传等，应标注课题资助。

各课题、子课题需指定专人负责项目执行期间的数据管理和数据共享工作，在具体实施过程中产生的科学数据（包括：遥感影像、野外调查数据级报告、照片及说明，实验数据及实验报告、实验测试数据及报告、野外监测数据及报告、申请的专利和软件著作权文件等）需及时提交项目管理办公室，经由项目负责人确定后负责提交专项办公室。

项目由专人负责数据管理与数据共享工作，实施过程中产生的科学数据，及时提交和汇交到专项管理办公室。



#### 四、资源配置方案

##### 1、项目五年经费概算


表 4 项目 2019 年-2023 年经费概算表

项目编号: XDA23090000 项目名称: 气候变化条件下山地致灾风险绿色调控关键技术与示范

金额单位: 万元

序号	科目名称		总经费	财政专项经费	其他渠道经费		
	(1)		(2) = (3) + (4)	(3)	(4)		
1	经费总额		8287.61	8287.61			
2	一、直接费用		7457.00	7457.00			
3	1、设备费（合计）		356.56	356.56			
4	(1) 购置设备费		332.86	332.86			
5	(2) 研制设备费		2.00	2.00			
6	(3) 设备改造与租赁费		21.70	21.70			
7	2、材料费		669.01	669.01			
8	3、测试化验加工及计算分析费		1395.26	1395.26			
9	4、燃料动力费		0.90	0.90			
10	5、差旅费/会议费/国际合作与交流费		2654.98	2654.98			
11	6、出版/文献/信息传播/知识产权事务费		230.85	230.85			
12	7、劳务费		1920.40	1920.40			
13	8、专家咨询费		207.42	207.42			
14	9、专项外协费		0.00	0.00			
15	10、其他费用		21.62	21.62			
16	二、间接费用		830.61	830.61			
经费使用年度计划			2019年	2020年	2021年	2022年	2023年
经费总额			2147.00	2147.00	1331.20	1331.20	1331.21
财政专项经费			2147.00	2147.00	1331.20	1331.20	1331.21
其他渠道经费							

单位财务部门负责人签字: 

项目负责人签字: 

单位财务部门 (公章)

2019 年 4 月 4 日

2019 年 4 月 4 日

## 2、项目年度经费预算

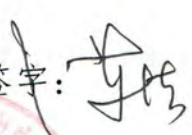
表 5 项目 2019 年经费预算表


项目编号: XDA23090000

项目名称: 气候变化条件下山地致灾风险绿色调控关键技术与示范

金额单位: 万元

序号	科目名称	总经费	财政专项经费	其他渠道经费
	(1)	(2) = (3) + (4)	(3)	(4)
1	经费总额	2147.00	2147.00	
2	一、直接费用	1900.00	1900.00	
3	1、设备费(合计)	245.66	245.66	
4	(1) 购置设备费	228.96	228.96	
5	(2) 研制设备费	2.00	2.00	
6	(3) 设备改造与租赁费	14.70	14.70	
7	2、材料费	223.06	223.06	
8	3、测试化验加工及计算分析费	312.49	312.49	
9	4、燃料动力费	0.30	0.30	
10	5、差旅费/会议费/国际合作与交流费	664.72	664.72	
11	6、出版/文献/信息传播/知识产权事务费	40.25	40.25	
12	7、劳务费	369.00	369.00	
13	8、专家咨询费	44.52	44.52	
14	9、专项外协费	0.00	0.00	
15	10、其他费用	0.00	0.00	
16	二、间接费用	247.00	247.00	

单位财务部门负责人签字: 

项目负责人签字: 

单位财务部门(公章)

2019年4月4日

2019年4月4日


计划财务处



## 五、有关单位签章

### 项目负责人承诺：

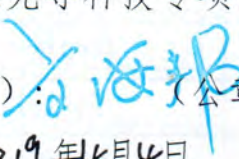
严格执行《中国科学院战略性先导科技专项管理办法》及相关细则的各项管理规定，切实履行项目负责人职责。

项目负责人（签字）：

2019年4月4日

### 项目承担单位意见：

保证为项目的实施提供或创造一切必要的条件，并且严格执行《中国科学院战略性先导科技专项管理办法》及相关细则的各项管理规定。


法人代表（签字）：（公章）

2019年4月4日



### 专项负责人意见：

严格执行《中国科学院战略性先导科技专项管理办法》及相关细则的各项管理规定，切实履行专项负责人职责。

专项负责人（签字）：

2019年4月11日

### 专项依托单位意见：

保证为专项的实施提供或创造一切必要的条件，并且严格执行《中国科学院战略性先导科技专项管理办法》及相关细则的各项管理规定。

法人代表（签字）：（公章）

2019年4月11日



### 科技促进发展局意见：

负责人（签字）：（公章）

2019年4月12日



### 条件保障与财务局意见：

负责人（签字）：（公章）

2019年5月8日

