

“重大自然灾害监测预警与防范”重点专项

2018年度项目申报指南建议

(征求意见稿)

为贯彻落实党中央、国务院防灾减灾救灾工作重大部署，按照《关于深化中央财政科技计划（专项、基金等）管理改革的方案》要求，科技部会同相关部门和地方，制定国家重点研发计划“重大自然灾害监测预警与防范”重点专项实施方案，围绕大地震灾害监测预警与风险防范、重大地质灾害快速识别与风险防控、极端气象灾害监测预警及风险防范、重大水旱灾害监测预警与防范、多灾种重大自然灾害评估与综合防范等5项重点任务开展科研攻关和应用示范，为提升国家防灾减灾救灾能力，保障人民生命财产安全和国家社会经济安全可持续发展提供科技支撑。

本专项总体目标是：面向重大自然灾害监测预警与防范的国家重大战略需求，针对重大地震灾害、重大地质灾害、极端气象灾害、重大水旱灾害综合监测预警与防范中的核心科学问题，在成灾理论、关键技术、仪器装备、应用示范、技术及风险信息服务产业化等方面取得重大突破，形成并完善从全球到区域、单灾种和多灾种相结合的多尺度分层次重大自然灾害监测预警与防范科技支撑能力，推动关键技术、信息服务、仪器装备的标准化、产品化和产业化，建立一批高水平科研基地和高层次专业队伍，为我国经济社会持续稳定安全发展提供科技保障。

本专项要求以项目为单元组织申报，项目执行期3-4年。2018

年度拟部署不超过 65 个项目，国拨经费概算约 12 亿。鼓励产学研联合申报。项目承担单位有义务推动研究成果的转化应用，为突发重大自然灾害有关应急工作提供科技支撑。对于典型市场导向且明确要求由企业牵头申报的项目，自筹资金与中央财政资金的比例至少要达到 1:1 以上。如指南未明确支持项目数，对于同一指南方向下采取不同技术路线的项目，可以择优同时支持 1-2 项，根据中期评估结果再择优继续支持。除有特殊要求外，所有项目均应整体申报，须覆盖全部考核指标。每个项目下设课题数不超过 6 个，参与单位总数不超过 10 家。

项目示范鼓励在国家可持续发展议程创新示范区、国家可持续发展试验区、国家生态文明建设试点等区域开展。

2018 年项目申报指南如下：

1 地震监测预警与地震危险性分析、风险评估技术

1.1 地震构造主动源监测技术系统研究

研究内容：研发利用人工震源监测区域性地壳介质变化的震源发射技术系统和综合信号接收系统；研发多主动源联合立体监测技术系统；研发地下介质结构物性及力学状态变化的高分辨率、高精度的连续监测及其建模方法；研究大地震孕育发生与区域应力场及介质变化的物理模型及大地震危险性预测方法。

考核指标：要求人工震源绿色、环保，不对场地产生破坏；实现多源联合监测，深度不小于 40km，水平距离不短于 300km；介质波速变化测量精度优于 0.1%，时间分辨率优于 7 天，监测系统能够监测到介质地震波速的日变和半日变等微弱变化；制定主

动源监测技术规程 1 部，开发信号解释和分析软件 1 套；提出基于区域应力场与介质变化的地震危险性预测模型（月时间尺度）；所研制的技术系统在丝绸之路经济带强震多发区连续观测时间不少于 2 年。

1.2 识别地震错动前亚失稳阶段的室内实验与野外观测研究

研究内容：开展大型岩石力学实验，研究断层失稳与物理场演化过程的关系，分析亚失稳阶段的必震标志；开展实验室观测与野外观测的相似性研究，研制野外观测技术系统和信息分析系统；在特定区域和断层开展野外高频微震台阵连续观测，对野外获得的海量数据进行分析，从中寻找亚失稳阶段的特征信息，建立大地震短临危险性判别标志。

考核指标：明确室内断层滑动失稳亚失稳阶段的特征；建立与室内实验相一致的野外断层滑动失稳亚失稳阶段的识别标志，提出强震短临预报新方法；完成高频微震台阵观测技术规程 1 部，实现 ≥ 64 通道的多系统定时，时间精度 $\leq 10\mu\text{s}$ ，高频微震采样率至 5kHz，信号频响 DC 至 20Hz，温度精度 $\leq 1\text{mK}$ ；在甘肃、云南等强震区建立野外观测系统，有效观测时间不少于 2 年。

1.3 基于断层带行为监测的地球物理成像与地震物理过程研究

研究内容：围绕重点地震危险区的断层带，开展有针对性的地球物理观测、模拟和实验，研究高分辨率三维介质结构、断层带结构、凹凸体分布、微震活动特征和介质参数变化特征，研究断层带持续加载状况下深浅部变形过程，以及应力迁移、破裂成

核和级联破裂等与地震孕育发生有关的物理过程，构建大地震孕育发生的物理模型，寻找大地震发生的物理标志，发展基于物理模型的强震危险性判定技术。

考核指标：建立断层带深浅部精细探测与动力学行为观测的技术系统 1 套；研制基于应力迁移、破裂成核和级联破裂的强震危险性判定技术方法 1 套，可以识别震前 1 年内地震危险性变化，提出 6.5 级以上强震的发震指标；三维介质结构纵、横向分辨率为 2km 和 5km，断层带结构分辨率 200m，地震监测能力 0 级，绝对定位精度小于 300m，断层带连续形变模型精度达到 3mm；在云南和四川等强震多发区建立大型观测系统，运行时间不少于 3 年。

1.4 地球物理探测卫星数据分析处理技术与地震预测应用研究

研究内容：研发卫星电磁波/场信息处理技术、电离层原位信息分析与处理技术、电离层结构层析成像技术；开展重力卫星数据处理关键技术研究；开发全球地磁场、重力场和电离层建模技术；开展同期全球 7 级、中国 6 级以上震例研究。并

考核指标：电磁波/场反演分辨率 1nT 或 1uV/m，电离层等离子体参数反演相对精度 10%，提出具有完全自主知识产权的全球地磁场模型、重力模型和电离层模型各 1 套；形成基于卫星数据的建立全球模型的技术标准（征求意见稿）1 部；建立优化的地震电离层前兆特征统计模型库和统计样本序列。以川滇南北带为示范区，开展基于卫星观测的电磁卫星数据地震预测应用示范。

1.5 综合利用空间观测技术的大地震孕育发生变形时空特征研究

研究内容：针对 GNSS、VLBI、SLR、北斗卫星等空间对地观测手段，研究全球和区域参考框架及数据快速解算技术；研发高光谱和 LiDAR 等新型遥感数据地震应用技术；研究高精度三维形变场测量技术与方法；研究中国大陆主要活动构造带及断裂带的分段运动特征；研究断层孕震变形特征和应力积累时空转化特征；研究基于大尺度形变场的大震危险性预测方法。

考核指标：非线性参考框架点全球均匀覆盖，框架点位精度优于 1mm，速率精度优于 1mm/a；北斗导航系统地形变应用的相关指标水平分量达到 2-3mm，垂直向 3-6mm；GNSS 与 InSAR 联合提取高精度三维形变场速率水平分量精度优于 1mm/a，垂直方向优于 2mm/yr；提出 7 级以上大地震孕育发生的三维形变场特征和地震危险性预测新方法。

1.6 高精度地球物理场观测设备研制

研究内容：研制具有国际相当水平的流动超导重力仪；研制自动化地磁绝对观测系统和高精度磁力仪；研制基于光纤激光传感器的多参量地震观测探头技术系统，包括不同参量的高灵敏度地震观测探头，研究光纤激光传感器的高精度信号解调技术。

考核指标：超导重力仪的零漂小于 0.5 微伽/月，噪声不大于 0.3 微伽/(Hz)^{1/2}；地磁总强度测量准确度 0.1nT、磁偏角和倾角测量准确度 0.25′；光纤激光震动传感器主要性能指标与传统振动传感器基本相当，并能够组成传感器网络，实现阵列式监测；完成

三类仪器样机研制；申请专利数不少于 3 项。

1.7 新型便携式地震监测设备研发

研究内容：研发超小型绝对重力仪，研发小型化的地磁、地球化学组分、温度、压力、电磁波综合测量仪器；研发野外密集观测传感器网络技术，研发密集流动观测的自组网和远程传输与监控功能模块。

考核指标：所研制仪器和设备经过中试和野外观测验证，时间不少于 6 个月，符合部门入网标准要求；小型化的地磁、地球化学组分、温度、压力、电磁波综合测量仪器成本不高于同类型大型仪器成本的 20%；超小型绝对重力仪尺寸不大于 $\Phi 50\text{cm} \times 100\text{cm}$ ；适应于复杂野外观测环境，实现快速流动布设、数据实时传输和处理和实时监控功能，具有强抗干扰能力；在强震多发区开展组网观测实验和验证；专利申请不少于 2 项。

1.8 井下地震监测设备研发

研究内容：制定井下地震观测技术标准；研制适应高压、高温环境的新型井下三分量宽频带地震计、三分量加速度计、两水平分量的地倾斜传感器、四分量应变传感器、地磁总强度传感器、地磁三分量传感器；研发井下地震观测信息传输、数据分析技术系统。

考核指标：传感器、信号传输系统等适于井下 1000m 的温度和压力环境，实现各个传感器体系相互干扰屏蔽；研制的仪器经过中试和野外观测验证，观测验证时间不少于 6 个月；所研制的仪器符合部门入网标准；形成集地震监测预警、前兆信息监测于

一体的深井综合观测系统 1 套；在西部强震多发区域的大型断裂带，开展观测验证和应用示范；申请专利数不少于 3 项。

1.9 地震预警新技术研究与示范应用

研究内容：研究依据初始破裂及延展理论的破裂特征秒级测定技术；研究基于综合监测手段的地震预警参数测定新技术和新方法、场地校正技术及风险评估模型；研究面向特定目标的基于密集台网和多类型设备融合的自组网现地地震预警技术；研发海量信息地震预警智能化处理系统软件和海量用户亚秒级地震预警信息发布技术与系统软件。

考核指标：研制破裂特征秒级测定软件 1 套，形成地震预警参数测定技术规范、场地校正技术规范及风险评估模型各 1 套；完成支持 10000 台以上量级多类型台站监测数据的地震预警智能化系统软件研制；完成地震预警信息发布技术与系统软件，在并发用户超过 1000 万的情况下，发布至用户所需时间小于 1 秒；在强震多发区重点城市和重大工程开展示范应用。

1.10 构建三维活动断裂模型关键技术及应用研究

研究内容：针对不同构造类型的活动断裂，研究高精度和高分辨率的地表结构和活动参数、地下结构和物性参数的提取技术；研究不同约束条件下深、浅构造物性参数的融合技术、物性结构和断裂几何的匹配技术；研发适应不同构造类型的活动断裂的三维建模技术和公共平台；在典型区域开展技术验证和应用示范。

考核指标：提出不同构造类型活动断裂的高精度高分辨率定位、地表活动性参数和地下结构物性参数提取和三维建模技术应

用规程各 1 个。三维地表模型精度比例尺不低于 1:5 万，三维地下精细结构成像精度小于 10km 级。在典型地震断裂带进行示范应用，建立具有典型意义的活动断裂标准三维构造模型不少于 9 个。建立 1 个基于网络技术的活动断裂的三维建模公共技术平台和协同建模系统。

1.11 多概率宽频带地震危险性分析方法研究

研究内容：研究地震震源破裂过程预测的新方法、研究大区域三维场地条件模型和三维潜在震源区构建技术；研究大型沉积平原和大尺度盆地长周期地震波动形成机理和控制性因素，研究高效宽频带地震动数值模拟预测技术；研发基于古地震资料、形变测量等资料的地震复发周期确定新技术，发展时间相依的、考虑认知不确定性和资料不完备性的极低超越概率地震危险性分析技术，研发多概率宽频带地震危险性区域划分技术；研究城市抗震设防概率水准与地震风险水平的关系；研发地震危险性分析工具库和分析计算系统。

考核指标：开发多概率宽频带地震危险性分析软件 1 套，可输入多方案三维潜源参数、包含基于震源破裂过程预测宽频带地震动预测模块，地震动频带 0.3s-10s，最低地震动超越概率 10^{-5} 。形成公里尺度精度和低概率地震动参数确定技术规范 2 套。在华北典型大城市地区建立应用示范区不少于 5 个。

1.12 承灾体地震作用与效应分析方法研究

研究内容：针对与城市功能相关的不同地震承灾体的特点和不同地震作用下的成灾特点，开展材料、构件和结构层次的地震

破坏试验研究，开展针对城市重要功能的建构物和设备动力反应高效数值模拟方法研究和城市系统影响研究；建立承灾体地震震害数据库和试验数据库；建立多尺度、实用化的动力反应数值分析模型及高效模拟新方法；研究阐明城市不同承灾体的地震破坏模式、机理及其与地震作用的关系。

考核指标：明确城市不同承灾体在不同地震作用下的破坏模式、机理及其对城市功能的影响，发表论文 20 篇，建立承灾体数据库 4 个；建立承灾体多尺度、实用化的动力反应数值分析模型和高效模拟方法 10 项，形成技术标准和规范（征求意见稿）各 1 部。

1.13 城市及城市群地震重灾区现场人员搜救技术研究

研究内容：针对不同地震构造环境，研发城市地震巨灾情景构建技术，研发联合搜救快速响应动态决策指挥与调度技术；研发人员埋压快速搜索定位技术，研发城市三维倒塌建筑物生命通道优选技术和现场搜救效能动态评估技术；研发城市大规模救援现场仿真场景、搜救培训演练模拟技术系统；制定相关应用标准规范。

考核指标：构建 3 个典型城市 7.0 级以上地震巨灾情景，实现动态显示功能；构建 10 个救援资源动态优化配置决策模型和 1 个救援调度技术系统；实现夜间和云雾遮挡环境下废墟及表层埋压人员快速大面积精准搜索定位；搭建 4 类典型城市大规模现场救援三维仿真场景，建立 1 套现场救援行动指挥培训演练模拟系统，具备搜救效能动态评估功能；完成相关标准规范（征求意见

稿) 不少于 5 项。

1.14 地震灾后信息汇聚、发布与决策支持技术研究

研究内容: 研究震后多源信息整合技术及汇集应用模式, 研究地震应急信息内容管理与共享应用模型, 研究地震灾情信息综合分析 & 决策支持技术, 研究地震应急决策信息可视化技术, 研发基于云计算的应急协同发布模型与应用终端, 建立基于云技术的地震综合应急产品产出及发布技术平台。

考核指标: 编制完成地震灾情信息分类编码与整合技术规范、灾情信息共享与发布技术规范、地震灾害协同评估技术规范(征求意见稿); 建立应急处置模型库和辅助决策数据库; 建立 1 个基于云技术的应急协同技术系统, 建立 1 个基于云技术的应急产品制作与信息服务平台, 实现 7 级以上大地震灾后信息的分时段准实时发布功能。

1.15 地震保险损失评估模型及应用研究

研究内容: 开展地震巨灾保险模型构建技术标准研究。针对地震巨灾特点, 研究地震保险风险分级分类、累积控制和转移机制, 发展完善地震事件模拟方法, 建立中国不同地震构造区考虑时间相依和余震发生规律的地震事件预测库, 研发大地震易损性数据库和巨灾风险模型库, 研发地震纯风险损失率计算、区划方法与 & 技术, 研发地震保险损失评估数据库与系统, 提出财产地震巨灾保险推行模式 & 政策方案。

考核指标: 形成构建地震巨灾保险模型技术标准 1 部; 研发针对 7 级以上地震的灾害风险 & 地震保险分析和计算模型 3-4 项,

应包含时间相依地震危险性和余震分析模块；研发地震灾害风险分级分类模型、保险数据库 2-3 项，建立财产地震巨灾保险推行模式与方案；在东部城市群地震高风险区域，开展不少于 1 个集成示范应用。

有关说明：由企业牵头，产学研联合申报。

2. 重大地质灾害快速识别与风险防控

2.1 黄土滑坡失稳机理、防控方法与防治示范

研究内容：开展黄土水-土耦合作用试验研究，揭示渗流条件下黄土滑坡的响应机理和形成演化过程，提出水作用下黄土边坡稳定性评价和黄土滑坡灾害规模预测新方法；开展工程-黄土相互作用机制的大型物理模拟试验研究，揭示工程扰动下黄土滑坡的成灾模式和形成演化过程，并提出相应的稳定性评价和预测新方法；研究隐蔽性黄土滑坡精准探测关键技术，提出早期识别、预警预报和风险控制新方法；研究黄土滑坡流固耦合与动力侵蚀机理，建立灾害链动力学模型，提出风险评估方法；开展黄土滑坡综合防控技术利用工程示范。

考核指标：研发黄土地质灾害综合防治技术 2-3 项；建立黄土地质灾害危险性评估和风险评价的方法体系 1 套，形成软件著作权 10 项；制定技术标准 1 部（征求意见稿）；发明专利 10 项；在陕西、甘肃、新疆等典型地区建立示范区 3 处。

2.2 岩溶山区特大滑坡成灾模式与风险防范技术

研究内容：研究岩溶山体水文-工程地质力学特征，开展原位监测和室内大型物理模拟试验，揭示岩溶管道-裂隙-孔隙地下水流

系统对山体崩滑的孕灾过程与致灾机理；研究地下开采方式对山体失稳的作用机理，建立新型实时监测和早期预警系统，揭示地下开采区大型岩溶山体崩滑灾害形成过程与破坏模式；研究岩溶岸坡岩体损伤机理与斜坡失稳成灾模式，研发库区崩滑—涌浪风险减灾与预警评估方法；研究岩溶山体大型崩滑灾害高位远程动力学特征，提出空间预测与风险防控方法。

考核指标：提出基于关键块体损伤劣化的特大型灰岩山体崩滑灾害评估方法 1 套；构建高速远程滑坡碎屑流冲击铲刮效应和超前空气冲击效应 2 种定量评估模型；制订岩溶山区滑坡崩塌灾害早期识别技术标准和岩溶山区地下采矿山体滑坡崩塌风险评价技术标准（征求意见稿）；申请发明专利 10 项；发表 SCI 论文 10 篇；开展大型物理模拟试验 2 项；在重庆等典型地区建立岩溶地下开采区山体稳定性立体监测示范基地 3 处。

2.3 红层膨胀土地地区典型地质灾害失稳机理与新型防治方法技术研究

研究内容：研究红层、膨胀土地地区公路、铁路等线性工程穿越切割的地质体孕灾模式，提出红层软岩、膨胀土软化的多过程多尺度测试技术及致灾理论，形成干湿交替、动荷载等环境下红层软岩自持-易损性评价方法；研发红层软岩、膨胀土软化致灾的非冗余探测与复合测试技术，构建红层地质灾害监测预警和防治的可视化物联网平台方法技术；形成红层、膨胀土地地质灾害防治的低扰动柔性支护与生态防护综合方法技术，建立华南红层地区地质灾害监测预警和防控方法应用示范。

考核指标：建立南方湿润区红层、膨胀土地质灾害探测、测试、评价与防治成套方法技术 1 套；建立全寿命期安全调控标准 1 项（征求意见稿），提出新型设计方法 1 项，建立其三维可视化的物联网平台开放式框架 1 个，研发其工程加固与生态修复的功能材料及技术与装备 1 套，形成发明专利 5 项，开展应用示范 2 处（在南方典型地区建立红层公路和铁路边坡监测预警和新型防治方法技术应用示范各 1 处）。

2.4 青藏高原重大滑坡动力灾变与风险防控关键技术研究

研究内容：研究青藏高原内外动力耦合过程对斜坡岩体深部变形的作用规律，揭示特大滑坡灾害地壳浅表层动力环境背景，构建强震条件下岩体动力损伤破裂机理及重大滑坡地质力学成灾模式；研究特大滑坡灾害动力学全过程，揭示高速远程滑坡动力学机理及链生致灾模式，揭示滑坡堰塞坝溃坝机理与破坏模式，形成溃坝危险评价方法；研发高山峡谷区特大滑坡高精度遥感调查与早期识别技术，形成灾害风险评估、预测与防控关键技术方法，开展特大滑坡灾害动态风险防控示范。

考核指标：建立青藏高原重大滑坡的岩体工程地质力学模式及动力灾变预测成套方法，特大地质灾害早期识别准确率达 60%；发表 SCI 论文 15 篇；形成青藏高原特大滑坡风险防控关键技术指南 1 部；建立雅鲁藏布大峡谷地质灾害风险防控示范区 1 处；提出特大地质灾害风险防控预案 10 项。

2.5 特大滑坡实时监测预警与技术装备研发

研究内容：开发特大滑坡地表三维矢量变形实时监测技术及

装备，形成特大滑坡快速监测及混合组网即时通信技术，研制便携式监测预警智能装备；研制地基大视场合成孔径雷达形变监测设备；研发基于特大滑坡渗流场、应力场多源信息融合的一体化监测预警技术及装备；构建基于长时间序列监测数据的自学习实时预警系统，开展重大滑坡监测预警应用示范。

考核指标：形变监测精度优于 0.1mm；快速监测智能装备响应时间不低于 20 s，可监测参数不少于 5 种；监测雷达最大作用距离 5km，视场范围 $\geq 120^\circ$ ，观测角度调节范围大于等于 $\pm 120^\circ$ ；滑坡滑动力监测范围 0 ~ 2500KN；发明专利 10 项，软件著作权 10 项；在三峡工程库区建立滑坡灾害监测预警示范区 5 处。

2.6 复杂山区泥石流灾害监测预警与技术装备研发

研究内容：分析复杂山区泥石流起动条件和演化规律，提出泥石流起动预判方法；优选不同类型泥石流起动、运动过程中监测指标，构建基于动力过程的泥石流重点要素全天候监测预警理论和技术方法；研发基于星载、机载遥感技术和地面测量相结合的泥石流物源区识别和物源量估算技术；研发基于多学科、多技术手段的泥石流起动、运动的测量与监测技术，发展定量化预警方法；建立复杂地形条件下的山区泥石流监测预警系统并开展集成示范。依托多网融合传输环境（4G 全网通/北斗卫星等），研发基于机器视觉的可见光视频数据采集融合技术和泥石流自动化识别系统。

考核指标：雨量监测精度 0.1mm，视觉监测距离 20m，可见光视觉图像分辨率 1mm；产品通过可靠性测试，平均故障间隔时

间大于 5000 小时，技术就绪度达到 8 级；制订技术标准 1 部（征求意见稿）；提出泥石流起动预判方法和基于动力特征的灾害预警分析方法各 1 项；研发多指标、多技术的泥石流物源识别和监测预警系统 1 套，申请发明专利 5 项；在四川九寨沟和川藏交通廊道开展泥石流监测预警应用示范 2 处。

2.7 地质灾害分布式监测预警技术研发与应用

研究内容：针对地质灾害监测需求，开展分布式光纤传感监测技术研发，研究分布式监测预警技术应用实施详细技术方案的综合监测体系。研发地质灾害分布式特种感测光缆系列，研究极端环境条件下分布式应变与三维震动监测关键技术、分布式多传感器复用技术、震动检波单元和应变传感单元的封装及集成技术，构建重大地质灾害“神经网络”快速监测预警技术体系，建立基于光纤传感的动态综合监测系统，集成研发地质灾害远程无线分布式监测预警系统。研究确定典型地质灾害如滑坡等的早期预警阈值开展典型地质灾害分布式监测预警技术应用示范。

考核指标：制订地质灾害分布式光纤监测预警技术标准 1 部（征求意见稿），实施工法 1 部。开发长距离单根光纤应变/温度互补偿分布式测试系统 1 套，监测系统应变测试精度 $\pm 10\mu\epsilon$ ，最高空间定位精度 $\leq 0.2\text{ m}$ ，三维震动频率范围为 0.01-100Hz，三维震动测试精度 $\pm 0.05\mu\text{g}$ ，灵敏度 $0.1\mu\text{g}$ ，动态范围 130dB。申请发明专利 5 项；建立技术应用示范工程不少于 5 处（包括三峡工程库区 2 处）。

2.8 特大滑坡应急处置与快速治理技术研发

研究内容: 针对特大滑坡灾害, 研究地质灾害快速锚固成套技术、突发滑坡灾害轻型-机械化快速支挡技术和埋入式微型组合桩群技术。开展基于治理的滑坡体开发利用技术研究及示范, 形成特大滑坡应急处置与快速治理成套技术与设计标准。研发大型水库及引水工程地质灾害治理工程健康诊断、实时监测与在线修复加固技术, 形成地质灾害防治工程安全检测和防控标准化技术体系。

考核指标: 形成特大滑坡应急处置与快速治理成套技术与设计标准, 将锚固工程和支挡工程施工周期分别缩短至 6 小时和 8 小时; 高强早凝抗裂堵漏注浆材料初凝时间 5-30 分钟, 50%强度时间小于 24 小时; 自动调节预应力锚索锚固力调节范围 300-500kN, 适应滑坡变形范围-100~500mm; 快速智能张拉系统准确度 $<0.1\%FS$, 钢绞线位移精度 0.1mm; 研发 $\phi 600\text{mm}$ 大直径反循环潜孔锤跟管钻具, 跟管深度 50m; 形成特大滑坡应急处置与快速治理设计标准 3 项, 开展工程示范技术标准 2-3 处 (包括三峡工程库区 1 处)。

2.9 强震区特大泥石流综合防控技术与示范应用

研究内容: 结合复杂山区宽缓与窄陡沟道型泥石流地形特点, 研究泥石流沟域不同成因松散物源启动模式, 尤其是震区高位单薄山脊部位震裂物源的启动机制及规模推演, 考虑沟道多级、多点堵溃共同效应的堵塞系数合理取值等关键问题, 剖析两种不同沟道类型泥石流的孕灾模式、致灾机理及其灾害链效应。研究两类沟道型泥石流各自沿途流速、流量、冲击力等动力学特征, 分

析泥石流运动特征与沟道微地貌变化的响应关系，研究泥石流能量耗散与冲淤特性变化关系，提出各自有效的泥石流防控理念，开发基于控制下泄能力的新型拦挡、排导等控流结构及其新工艺，形成特大泥石流防控标准化技术体系。研发新型泥石流拦挡技术，开展大型物理模拟试验；以重点区域和典型突发事件为案例，开展规范、技术体系与防控系统集成应用示范。

考核指标：提出强震区多点堵溃共同效应的堵塞系数取值标准体系及指南 1 项；形成完整的宽缓与窄陡沟道型泥石流灾害有效防控理念及防控标准化体系和技术规范 2 项；开发基于控制下泄能力的新型控流结构及其新工艺 3 项；申请新型防治技术发明专利 10 项；完成新型防灾技术大型物理模拟试验 1 项；建立震区特大泥石流典型地质灾害监测预警与防治示范区 2 处。

有关说明：由企业牵头，产学研联合申报。

2.10 基于地质云的地质灾害预警与快速评估示范研究

研究内容：开展基于大数据和云计算的地质灾害预警与快速评估方法研究，研发突发性地质灾害多源基础数据快速获取与融合技术；构建区域群发型和复杂山区特大型地质灾害高精度模型，研发多尺度地质灾害预警云计算和特大型地质灾害全过程快速评估平台；建立地质灾害预警和快速评估关键技术方法并开展示范应用。

考核指标：突发性地质灾害基础数据获取小于 3h；地质灾害快速模拟小于 30min；局部加密单元网格计算精度小于 0.1m；滑坡模拟规模大于 5000 万 m^3 、泥石流流域面积不小于 100 km^2 ；地

质灾害危害范围模拟精度不低于 80%；研发完成地质灾害成灾过程快速评估和预警平台 1 套；为国家-省-市-县四级地质灾害监测预警和应急体系建设提供技术支撑，形成可以在公共媒体上发布的预警产品（公开发布至少 5 次）；制订技术标准（征求意见稿）1 部；软件著作权 10 项；在福建省开展省级台风暴雨型地质灾害监测预警示范；在汶川地震区开展县级暴雨型地质灾害监测预警示范。

3. 极端气象灾害监测预警及风险防范

3.1 气候变暖背景下极端强降温形成机理和预测方法研究

研究内容：研究气候变化背景下影响我国极端强降温过程演变规律，研究东亚冬季风对极端强降温过程影响的多尺度影响机理，开展我国极端强降温过程的风险分析，建立我国极端强降温过程预报模型及未来预估。

考核指标：揭示我国极端强降温过程演变规律和影响机理，研究成果得到国际同行认可，发表文章 120 篇；建立强降温灾害天气过程预测方法，在国家主管部门业务应用，要求能提前 10-30 天预测极端强降温天气过程；提供未来 5 年和 20 年极端强降温过程预估结果。

3.2 高原地-气相互作用及其对下游天气气候的影响

研究内容：建立青藏高原主体（中东部）、东北部（青海、甘肃和陕西）陆面-边界层综合观测系统，开展青藏高原主体高原主体（中东部）与东南部、东北部开展云降水物理过程与大气水循环观测试验；开展在青藏高原主体开展平流层-对流层交换观测；

研究高原不同区域以及高原整体陆-气相互作用机理及其对对流的组织化作用，研究青藏高原关键区信号对我国天气气候预测的影响。

考核指标：建立至少 6 个边界层综合观测基地，最终建成青藏高原主体、青海、甘肃和陕西陆面-边界层观测网；在青藏高原中部、南部、东北部、东南部完成 4 个云降水物理过程地基和空基观测联合试验；在青藏高原西部、中东部、东北部和东南部 7 个站完成对流层-平流层交换观测试验；建立青藏高原边界层-对流层-平流层过程科学试验多源信息数据库；提出青藏高原不同区域和整体的陆面、边界层结构和加热强度的物理方案并用于数值模式，使模式模拟能力在原有模式基础上提高 5%。

3.3 10-30 天极端天气过程可预报性及预报理论与方法研究

研究内容：研究主要灾害性天气过程的可预报性及可预报时效、强度和范围等的不确定性信息，研制定量化的预估指标；研究 10-30 天强降水过程不同发展阶段的特征及物理模型，研究 10-30 天极端天气异常信号和物理量阈值提取和监测预报技术；研发基于集合预报的极端天气概率预报技术，研究 10-30 天气象要素、雨带位置和强度的客观订正和集成技术方法；建立 10-30 天天气监测和预报一体化平台。

考核指标：建立灾害天气过程强度等级、强中心落区精准度预报和过程持续时间的量化指标；完成近 5 年业务主流模式对重大天气过程的预报水平评估报告；提供强降水过程发生、发展和转折性变化的特征及其物理模型；提供不同类型极端天气发生的

大气环流关键系统异常变化的先兆信号和物理量阈值指标；建成10-30天天气监测、预报一体化平台。

3.4 30-90天大气演变异常机理和预测方法研究

研究内容：研究30-90天大气演变异常变化特征及其可预报性，探索外强迫多因子和多尺度相互作用对30-90天大气环流变化和对我国高影响天气的影响机理；研发影响我国30-90天大气变化的主要强迫因子与模态的关键指标和物理诊断方法；研制30-90天大气异常的预测方法。

考核指标：确定科学描述30-90天大气变化可预报性的方法和指标体系，定量揭示东亚30-90天可预报性来源；揭示东亚季风多因子和多尺度相互作用物理过程以及对东亚和中国30-90天变化的影响机制；建立可业务应用的强迫因子与模态的关键指标，建立东亚地区30-90天预报的方法并在业务部门试用。

3.5 东亚季风气候年际预测理论与方法研究

研究内容：研究我国东亚季风区年际气候变率发生的规律、机理及影响系统，建立年际气候预测新理论和新方法。研究ENSO循环、印度洋、大西洋的机理及对东亚季风年际变率的影响，研究平流层准两年振荡机理及对东亚季风年际变率的影响；研发动力气候模式海洋、大气等同化技术和物理参数化方案，改进东亚区域年际气候预测能力；研究适用于东亚区域气候特征的集合预报方法和技术，发展基于东亚季风区气候特征的动力-统计相结合的年际气候异常集成预测方法。

考核指标：建立我国主要大江大河、关键经济区降水和气温

年际变化数据集，时间序列长度不少于 60 年；深化东亚季风区我国年际气候变率规律的认识，发表高水平文章不少于 80 篇，揭示影响东亚季风年际变率的关键系统和物理机制，得到国内外同行认可；建成我国动力气候系统模式的客观预测集成系统，应用于我国年际气候预测业务，对于我国大江、大河及关键经济区降水和气温等要素年际气候趋势的预测技巧较 2013-2016 年平均水平提高 5%。

3.6 龙卷风探测雷达研制及业务化应用研究

研究内容：研制适合龙卷风探测的高分辨率快速扫描的多波长专用气象雷达；建立移动式和固定式结合的龙卷风探测气象雷达网，并与现有天气雷达开展组网的龙卷风探测方法研究；融合气象雷达、地面气象及气象卫星等多种观测数据，研究特定区域龙卷风发生机理及演变特征；研究龙卷风智能识别、预报及预警技术，形成龙卷风探测的试验技术流程。

考核指标：专用龙卷风探测气象雷达 30 度立体扫描（俯仰层数不低于 20 个）时间不大于 50 秒；较长波长单脉冲发射功率不低于 20KW，较短波长单脉冲发射功率不低于 200W，距离分辨率不大于 40 米，最远探测距离不少于 60km，最大不模糊速度为 35m/s；建立 3 部龙卷风探测气象雷达观测网络（其中固定式 2 部，移动式 1 部），龙卷预警时间不低于 20 分钟，识别准确率不低于 50%，漏检率不高于 40%；形成雷达组网协同探测龙卷风的观测方法与技术 1 套；开发多种数据融合的龙卷风智能识别及预警预报软件 1 套。

3.7 往返式智能探空系统研制及试验

研究内容：研制实现上升、平漂及下降三段有效运行的观测载体；研制基于北斗导航体制的高集成度、微型化、低功耗、高可靠性的探空仪；研制基于气象辅助频段无人值守的多通道通信接收装置，构建基于高空物联网的智能探空观测系统；开展各种环境下的应用试验，研究往返平漂式探空组网系统的观测方法。

考核指标：完成往返平漂式探空组网系统研制，探测性能达到 WMO 技术指标要求；探空仪功耗 $\leq 100\text{mW}$ 、重量 $\leq 100\text{g}$ 、工作时间 ≥ 7 小时；建立不低于 10 万平方公里区域的应用示范试验系统，开展不少于连续 6 个月的试验，建立完整的系统观测方法和规范，完成基于高空物联网的系统应用平台研发。

3.8 火箭平流层气象观测系统研制

研究内容：研发针对平流层观测的气象探测火箭设备及平台，开展至平流层顶的基于火箭平台的臭氧、大气成分及相关气象要素的观测试验；研制采用微机电系统技术、光纤光栅技术、近红外光谱吸收等技术，具备灵敏度高、线性度好、迟滞性低的特点，可实现对风温压湿及臭氧等气象要素智能感知的低功耗、高集成、网络化的气象传感器；开展探空火箭探测资料在数值天气预报中的应用技术研究，开展不同区域探空火箭观测资料对数值预报模式影响的评估分析。

考核指标：开展平流层气象探测火箭发射验证试验，单枚火箭可同时释放多枚探空载荷，能够获取平流层以下范围不同位置、同一时刻风温压湿及臭氧等垂直廓线精确气象与物质痕量参数；

开发适应火箭平台高精度探空载荷技术，获取数据连续性不小于90%，开展探空火箭获取气象资料与常规遥测等方式获取探测资料对比、融合、校准，探空数据精度符合 WMO 国际标准；相关科技成果在国家气象部门得到评估测试及转化应用。

有关说明：由企业牵头，产学研联合申报。

3.9 近海台风地海空天协同观测科学试验

研究内容：基于包括高低空无人飞行器、卫星、雷达、地面移动观测车等多观测平台，构建地海空天协同的近海台风探测系统；实施针对近海台风的协同观测科学试验，重点获取台风流出层、海气边界层和云微物理探测资料，利用试验数据认识台风精细结构，开展台风预报关键技术研发及应用。

考核指标：地海空天协同探测系统具备直接探测近海台风三维精细结构演变能力；实施近海台风地海空天协同观测科学试验，年均目标台风 2-3 个；协同观测科学试验资料在台风业务模式及业务预报中得到应用，提供 1 套改进台风数值预报模式的边界层参数化方案，提供 1 套改进台风数值预报模式云微物理过程的方案，台风路径和强度预报精度提高 5%，台风降水预报精度提高 3~5%；数据共享平台和应用示范平台为国家和地方台风灾害影响预报业务提供支撑。

3.10 全球气象卫星遥感动态监测、分析技术及定量应用方法及平台研究

研究内容：基于国产卫星资料，研制气象灾害监测关键参数高精度动态反演技术，研发多源卫星遥感产品融合技术。开展基

于多源卫星遥感资料的全球主要气象灾害定量遥感探测关键技术研究；研发新型气象灾害卫星遥感综合分析服务产品；建立近5年全球主要气象灾害卫星遥感数据集。研究全球气象灾害三维可视化分析关键技术及卫星遥感快速响应与服务技术；建立全球气象灾害卫星遥感可视化综合分析及快速服务平台。

考核指标：实现全球云、气溶胶、大气温湿度、土壤温湿度、土地覆盖等参数高频次、高精度反演，反演频次不低于每日1次（土地覆盖产品不低于每月1次），产品精度在现有业务产品精度基础上提高5%以上；建立全球主要气象灾害（台风、暴雨、高温、干旱、沙尘、雪灾，下同）遥感监测方法，能够满足业务应用需求；建立近5年全球台风卫星遥感数据集；研发3种以上新型全球气象灾害卫星遥感综合分析服务产品；实现全球气象灾害三维可视化分析服务；建立具有实时业务运行能力的全球气象灾害综合监测、快速响应、三维可视化分析平台，具有2种以上卫星资料综合分析处理能力、远程可视化服务能力、全球主要气象灾害遥感监测快速响应能力，响应速度不超过1天。

3.11 多源气象资料融合技术与产品研制

研究内容：研究多源气象资料融合分析方法，研制高时空分辨率多源三维云与降水融合产品、陆面驱动与土壤要素融合产品、海表要素融合产品；研制多源融合全球长序列数据集；建设多源气象资料融合与同化分析中试平台，实现多源气象资料融合与同化分析方法与产品生成系统的业务转化与业务应用，开展多源气象融合产品真实性检验与应用。

考核指标：建成三维云雨、陆面驱动及土壤和海表等多要素的多源气象资料融合与同化分析中试平台，实现准业务运行；多源融合长序列数据集达到 30 年以上，产品分辨率达到 1km、分钟级；产品达到业务应用水平并进入业务应用阶段，实现资料共享。

3.12 卫星资料四维同化关键技术研发与系统建立

研究内容：研究搭载在我国风云卫星和国外卫星上的多种类型新型实时遥感探测资料的数据质控技术和同化技术；研究复杂下垫面区域、低层通道卫星资料的同化方法，扩展卫星资料同化能力；发展全球集合卡曼滤波初值扰动技术，研究随流型演变的背景信息估计方法；研发集合与变分同化有效结合的集合四维同化技术。

考核指标：有效同化卫星遥感探测获得的湿度、云、温度等观测信息；建立全球集合卡曼滤波系统和集合四维同化新系统并实现业务应用，可同化的卫星资料占总资料量的 85%以上，可提供全球高质量 10 公里分辨率的大气分析场。

3.13 高纬度地区区域数值预报模式关键技术研发及应用

研究内容：开展能反映高纬度区域夏季强对流天气气候特点（包括地形强迫、城市影响、海陆风环流、边界层辐合线局地触发等）的 0-2 小时对流临近数值预报技术研究；发展不同型号雷达、闪电定位、卫星等非常规稠密观测资料同化技术；研发对流可分辨尺度城市陆面、边界层等物理过程方案；开展多源数据概率集成融合分析和预报技术研究；建立能同时提供确定性和概率预报的高纬度区域 0-12 小时高分辨率多尺度集合快速更新分析和

预报系统。

考核指标：所建立的系统水平分辨率达到 0.5km，实现 10 分钟更新、预报时效达 2 小时的临近预报；具备不同波段不同型号雷达资料同化应用能力；融合系统提供的地面要素分析和预报性能、同等阈值及预报时效条件下降水 TS 评分均较数值模式提供的背景场提升 10%，并具备同时提供确定性预报和概率预报能力。实现该系统在东北、华北等区域推广应用。

3.14 热带地区区域数值预报模式关键技术研发及应用

研究内容：发展华南热带地区和热带海洋等低纬区域高时空分辨率资料融合同化技术，通过融合海洋及陆地多源观测资料，研究基于有效气象数据外推与高分辨模式融合的 0-6 小时格点预报方法，建立考虑精细下垫面特征的数值预报解释应用技术，发展区域精细化预报系统，为泛热带地区（含华南、西北太平洋、南海及印度洋及其周边区域）台风、暴雨、强对流天气预警预报提供高分辨格点预报指导产品。

考核指标：建立热带地区具有 5 分钟更新周期、1 公里分辨率的气象要素融合分析系统和 1 小时更新、1 公里分辨率区域数值预报系统，前 12 小时的预报水平明显优于同期世界先进水平的全球模式；建成覆盖泛华南及东亚热带海洋区域的 24 小时内灾害性天气和气象要素逐小时预报精细化气象要素无缝隙产品体系，实现业务应用，为开展陆地、岛屿和“海上丝绸之路”沿线地区气象预报提供客观预报产品，预报产品相对先进的国际数值预报准确率平均提高 10%；24 小时暴雨预报 TS 评分达到 0.22。

3.15 面向未来的天气-气候一体化数值模式系统关键技术研究

研究内容：面向未来天气气候一体化模式的模式关键技术研究，研究尺度自适应的物理过程参数化方案；实现物理过程与基于非结构准均匀网格的动力框架的耦合；开展面向未来天气-气候一体化的多尺度的同化技术研究，建立多尺度数值预报同化系统。

考核指标：建成尺度自适应的物理过程参数化方案，并实现与非结构准均匀动力框架的耦合，实现 10-100km 分辨率下模式的 30 天的稳定积分，建成多尺度数值预报同化系统，开展整体模式的 0-30 天预试验，其模式稳定性、物理过程适应性以及同化系统能达到国际同类模式同期水平。

3.16 中亚极端天气气候演变特征及预报方法研究

研究内容：开展中亚极端降水事件多时间尺度演变特点及其定量监测指标研究；进行中亚极端降水事件的强化观测试验，研究中亚极端降水天气系统精细结构和组织化机理；研发中亚区域极端降水精细化无缝隙预报关键技术，建立具有极端降水事件临近、短期预报能力的精细化无缝隙数值预报系统。

考核指标：认识中亚极端降水事件多时空尺度演变特点并建立监测指标；建立近 20 年中亚地区极端降水事件数据库；建立中亚区域（中亚五国和新疆）9 公里、新疆区域 3 公里分辨率的极端降水临近、短期数值预报系统，预报准确率在现有业务模式预报的基础上提高 5%。

3.17 我国西部山地对突发性暴雨影响机理及预报理论研究

研究内容：开展我国西部山地突发性暴雨外场观测研究；分析山区突发暴雨发生发展的天气背景条件和局地环境因素、中尺度对流系统的结构和典型演变特征；开展反映山区复杂地形地貌特征的区域暴雨精细化模式系统关键技术及与水文模型的耦合技术等研究；开展山区突发性暴雨预报的不确定性研究，发展强降水集合预报技术和基于降水集合预报的中小河流面雨量概率预报方法；开展暴雨发展演变机制及作用于不同地质结构并引发山洪地质灾害的机理研究。

考核指标：发展山地条件下基于雷达和自动雨量观测的精细定量降水估计技术和山区中小河流面雨量算法，精度较改进前提高 5%；建立适合于我国西部山地条件的暴雨数值预报系统，预报准确率高于国际先进的全球模式 5%。

3.18 我国北方局地突发性强降水机理及预报方法研究

研究内容：开展北方暴雨的立体外场观测试验，获取典型个例中小尺度三维水汽、风、温、湿等气象要素资料；研究我国北方地区局地突发暴雨的发生发展过程；研究冷涡环流内中小尺度系统三维结构演变及维持机理，分析东北冷涡等典型天气背景下局地突发暴雨多尺度概念模型；提高冷涡的数值模拟能力，特别是冷涡中尺度系统发生发展过程的模拟能力。

考核指标：获取 6 个以上我国北方局地暴雨外场加密观测资料；建立具有物理意义的我国北方突发暴雨发生发展的多尺度概念模型；所建数值模式对于冷涡中小尺度系统的发生发展的模拟能力明显提高。

3.19 暴雨的多尺度相互作用及预测理论和方法

研究内容：组织开展东亚季风发展不同阶段我国暴雨的综合观测试验，研究引发暴雨系统的多尺度相互作用过程、暴雨系统的触发机制和可预报性，以及云降水微物理结构和反馈，研究暴雨关键物理过程参数化和集合定量降水预报理论和方法。

考核指标：获取季风发展不同阶段中国暴雨的综合观测资料（暴雨个例不少于 10 个），为《世界气象组织华南季风强降水试验（SCMREX）》提供可靠的数据集；揭示华南季风强降水多尺度作用机制、云降水微物理结构和反馈的新的科学认识；提供一种能改进模式强降水云微物理和边界层参数化方案；季风强降雨预报准确率提高 5%。

3.20 基于综合观测的强对流天气识别技术和示范系统开发

研究内容：研究完善基于多源资料的分级质量控制技术；研发基于高时空分辨率观测资料的强对流天气融合分析技术和系统；研究分类强对流天气和极端强对流天气的分钟级别快速自动识别、追踪技术与方法，研究多识别和追踪方法集成技术；研究强对流天气事件对水文、地质等多行业影响风险的预警方法。

考核指标：建立基于综合观测信息的分类强对流天气自动识别技术和临近预警系统，对流和初生对流目标判识准确率分别大于 80%和 75%，初步具备对龙卷、下击暴流等小尺度对流天气的监测能力；形成高分辨率、量化的影响预报与风险预警模型和技术，并在国家级业务单位和华北地区气象台应用。

3.21 面向灾害天气短临预报的模式评估和订正方法研究

研究内容：研究高分辨率数值预报模式的评估方法和评估指标体系，分析评估高分辨率区域数值预报模式对降水特性及不同类型降水的模拟能力，评估模式降水误差与模式热力、动力、地形等因子偏差的关联，基于精细化评估结果研究模式降水应用和误差订正方法，研究我国小时尺度降水精细化特征的区域差异及其演变规律。

考核指标：提出基于高时空分辨率观测资料的小时尺度降水精细化特征的模式检验方法，建立针对高分辨率区域数值预报模式降水模拟结果的客观评估标准；建立基于现有业务数值预报模式产品以及国外主要业务中心（如 EC、NCEP 等）模式的预报评估系统，具有高可扩展性、兼容性、客观化；提出预报时效在 24 小时内短时临近预报降水的订正方法，预报准确率在原模式基础上提高 2-5%。所建立的系统在国家级业务单位实现应用。

3.22 中国区域重大极端天气气候事件的归因方法研究

研究内容：发展气候变化检测归因核心技术方法，研究中国区域高影响极端天气气候事件变化特征及归因，量化不同强迫因子的相对贡献，理解人为强迫和自然因子对极端气候事件发生的相对贡献和可能增加的风险。探索归因结果的不确定性及其对未来气候变化的约束意义。

考核指标：揭示 20 世纪中叶以来人类活动对中国区域性高温热浪、极端低温、干旱和持续性降水事件发生概率的影响；定量区分自然强迫和人类活动影响因子对上述极端事件变化的相对贡献；预估 21 世纪末对这四类极端事件的可能影响；发表论文不少

于 120 篇，其中 SCI 文章不少于 60 篇。

3.23 气象预警快速制作和传播平台关键技术研究

研究内容：研究重大气象灾害预警技术，研发城市积涝、山岳型景区、农业设施农作物和大田农作物气象灾害智能预警模型；研究预警信息发布和传播评估技术，建立以送达率、覆盖面等评估模型为基础的预警信息发布效果评估指标体系；研究预警信息精准智慧融合发布关键技术，利用大数据、物联网、应急通讯等技术，构建基于云计算的气象灾害预警快速制作和传播平台。

考核指标：城市积涝风险预警准确率达 85%；雷电预警准确率达 85%、暴雨预警准确率达 80%、大风预警准确率达 70%、道路结冰预警准确率达 70%；基于应急通讯、气象卫星等技术，实现预警信息秒级（1 分钟内）全网发布，实现指定区域内预警信息精准发布，满足偏远地区预警信息发布“最后一公里”需求；完成送达率和覆盖面评估模型，形成山洪、城市积涝等气象灾害预警发布效果评估指标体系。

3.24 风能、太阳能资源精细数值模拟与评估技术研究

研究内容：研究精细气象模式与 CFD 融合的风能资源精细评估技术，研究基于测风塔实测数据的模拟误差校准技术，提高复杂地形下风能资源数值模拟评估数据的精度；研究云-气溶胶-辐射模式与卫星反演相结合的太阳能资源评估技术；研究复杂环境下太阳能资源的订正技术；研究太阳能发电工程中关键气象参数的计算与评估技术；建立集爬坡事件概率预测产品加工和检验技术于一体的风/光集合预报系统；研究风/光大规模爬坡的分钟级预报

技术。

考核指标：实现风能资源水平分辨率百米到十米尺度的评估；风能资源模拟产品水平分辨率不低于 100m、时间分辨率为 10 分钟；建立基于测风塔实测数据的模拟误差校准系统，在复杂地形下的校准精度再提高 5%~10%；建立可用于太阳能资源精准评估的地面辐射影响因素卫星反演数据集，水平分辨率 ≤ 1 公里，时间分辨率逐小时；建立适用于不同气候区及复杂环境的云-气溶胶-辐射模式与卫星反演相结合的太阳能资源精准评估技术体系，太阳能参数水平分辨率 ≤ 1 公里，时间分辨率逐小时，太阳辐射年总量准确度 95%以上；建立针对风/光电大规模爬坡事件的确定性预报系统，年平均风速准确率提升 5%以上、转折天气事件的年平均位相偏差小于 3 小时；建立针对风/光电大规模爬坡事件的集合预报系统，转折天气事件的概率预报参数指标提高 10%；建立风/光大规模爬坡的分钟级预报系统，预报准确率不低于 90%。

3.25 人工影响天气基础理论、数值模式技术研究

研究内容：研究建立基于改进的资料同化、云物理过程及播撒过程的新一代人工影响天气数值模式；研究不同天气系统、地形下的自然云降水形成过程及不同降水效率产生的机理；研究人为改变云和降水形成物理过程的理论和技术途径，建立通过人工影响天气手段，改变自然降水过程、减轻冰雹、大风和雷电等气象灾害的途径和技术方法；研究人工影响天气新型催化剂和技术；研发物理检验和模式检验技术。

考核指标：建立新一代人工影响天气数值模式，模式水平分

分辨率 1km，模式对云降水过程的预报能力达到业务应用水平；揭示不同天气系统、地形下的自然云形成过程及降水效率；建立 1-2 套人工增雨、减轻冰雹、雷电灾害的有效技术途径、方法和技术；研发 1-2 种新型高效催化剂；关键理论、方法和技术在综合试验中得到检验和示范应用。

4. 重大水旱灾害监测预警与防范

4.1 变化环境下流域超标准洪水及其综合应对关键技术与示范

研究内容：分析流域超标准洪水及其灾害成因，研究变化环境下流域水文气象极端事件演变规律与发展趋势；研究流域超标准洪水实时监测、预报预警、精细模拟、灾害风险评估与综合调控技术；研发流域超标准洪水调度决策支持系统；研究极端天气条件下流域超标准洪水风险调控与综合应急措施。在典型流域开展应用与示范。

考核指标：建立流域超标准洪涝灾害数据库，提出流域超标准洪水预报预警、调度、灾害风险评估与综合应对技术体系，研制具有自主知识产权的流域超标准洪水决策支持系统；提出极端天气条件下流域超标准洪水综合应急措施；在 2 个以上不同类型流域开展示范应用，示范流域典型洪水预警预报时间缩短到 24 小时以内，预报精度提高 5%以上（洪峰流量误差低于 10%、水位误差低于 0.25m），洪涝灾害应急处置时效提高到 24 小时以内，减灾效益提高 10%以上，成果纳入省或流域防汛指挥系统。

4.2 中小河流洪水防控与应急管理关键技术与示范

研究内容：研究不同水文分区、下垫面和资料条件下的中小河流洪水实用和智能预报方法；研究基于多源观测信息的实时雨量场构建技术，以及基于数值预报模式的高分辨率定量降水预报技术；基于多源墒情信息融合技术建立土壤含水量场；研究不同信息条件下的库、塘洪水预报调度技术；研究实时洪水风险分析与评估、防洪应急预案及处置技术，研发智能调度决策支持平台，在典型流域开展示范应用。

考核指标：构建中小河流防洪能力与灾害数据库；提出中小河流洪水预报预警技术规范，提出中小河流洪水应急预案编制导则；提出不同水文分区中小河流洪水实用预报方法；提出中小河流洪水预警、实时风险评估、应急调度技术，建立具有自主知识产权的调度决策支持平台，纳入省和国家防汛指挥系统；在4个不同类型流域开展示范应用，典型洪水预报精度整体提高到45%~55%，预见期提前3个小时以上。

4.3 高度城镇化地区防洪排涝实时调度关键技术研究及示范

研究内容：研究高度城镇化地区洪水运动规律的变化、洪涝灾害的形成机理及其时空变化特征；分析流域、区域与城镇防洪排涝的互馈关系，研究流域、区域与城镇防洪与排涝在防洪排涝标准、工程布设与规模、调度运用等方面的协调性；研究满足区域经济社会发展新需求的流域、区域防洪排涝工程布局与调度任务；研究城镇群排涝对区域洪涝灾害的影响及其响应与调控方案；研发基于洪水精细模拟、灾害动态评估和工程实时调度于一体的区域防洪排涝决策支持平台，开展典型地区示范应用。

考核目标：提出满足流域、区域与城镇防洪与排涝协调性、有效减少洪涝灾害的高度城镇化地区防洪排涝标准、工程布局与优化调度方案；提出应对城镇群集中排涝的区域工程体系调控方案；建立基于精细化模拟、动态仿真与实时调控技术的区域防洪排涝实时调度决策支持平台；在 2 个典型地区（长三角、珠三角）开展示范应用，成果纳入省或流域防汛指挥系统中，示范区洪水预报精度达到 85%以上，灾害评估精度达到 80%以上，洪涝灾害应急调度时效提高到 3 小时以内。

4.4 农田涝渍灾害监测预报和减灾技术研究

研究内容：揭示变化环境下农田涝渍灾害致灾机理、成灾机制及其演化规律，研究农田积水消退及涝渍协同调控过程，研发农区涝渍监测预警装置及立体监测技术，构建农田涝渍动态模拟、预报预警、快速信息反馈与应急响应调度分析系统，研究农田除涝降渍减灾工程技术模式。在典型区域开展集成示范应用。

考核指标：揭示农田涝渍灾害形成机理、作物涝渍响应机制，提出涝渍调控技术方案；构建农区涝渍灾害动态监测、预报预警与联合调度技术平台以及技术装备 2~3 套，实现农田涝渍水位监测精度小于 0.2cm，涝渍预报误差小于 10%，灾情评估误差小于 10%；提出农田涝渍灾害安全保障配套技术和工程技术模式 3~5 项；在典型农区开展示范应用，应用示范面积不低于 5 万亩，农田涝渍预报误差小于 10%，灾情评估误差小于 10%，应急处置时效提高 10%。

4.5 黄河凌汛监测与灾害防控关键技术研究及示范

研究内容：研究变化环境下黄河凌汛洪水致灾、成灾过程及演化机制；建立多时空尺度、多要素的凌情快速采集与动态监测技术；研究凌汛洪水灾害预警及风险动态评估技术；构建凌汛洪水灾害情景推演预警模型；研发凌汛灾害快速防控关键技术与成套装备；构建凌汛灾害监测预警、风险管理和调控决策支持平台，开展典型示范应用。

考核指标：提出凌汛灾害综合防治技术体系；提出凌汛洪水灾害预警预报和风险动态评估技术；研发凌汛要素快速采集技术装备 3 套，实现 5 种以上凌汛要素的实时在线采集；研发凌汛灾害快速防控技术装备 3 套，实现 6 小时内装备部署，破冰装备远程定位精度控制范围为 15m~50m；建立凌汛灾害快速防控决策支持平台，纳入流域和国家防汛指挥系统；在 10 处以上典型站点开展示范应用，一般凌汛险情应急抢险时间控制在 12 小时以内，重大凌汛险情应急抢险时间控制在 3 天左右。

4.6 堰塞坝险情处置与开发利用保障技术与装备研发

研究内容：研究堰塞坝险情探测、坝体材料原位检测和室内试验技术，研究堰塞坝险情分析评价和处置技术，研发相应探测、检测和试验技术装备；研究堰塞坝开发利用评估技术和设计技术；研究适应松散堰塞体大变形形态的堰塞坝改善技术和防渗技术；研发适合成分复杂的堰塞体改良加固技术与装备；研发加固改良的堰塞体原位检测技术和装备；研发堰塞坝安全监测技术和设备；研究堰塞坝基础及其坝体稳定性、渗流与变形与安全特性；研究堰塞坝长期安全分析评价理论。

考核指标：提出堰塞坝体材料原位检测与室内试验技术，研发相应装备 2 套以上，实现不良超宽级配堰塞料的准确检测和试验测试，检测和试验测试误差小于 5%；建立堰塞坝险情分析评价和处置技术；研发适合于堰塞体材料改良加固的专用技术装备 2 套以上，加固后堰塞体密实性、强度和防渗性能增强 30%以上（其中密度 $\rho > 2.0\text{g/cm}^3$ ，强度指标 $\phi > 30^\circ$ ，加固形成的防渗体渗透系数 $k < 10^{-5}\text{cm/s}$ ）；研发加固堰塞坝安全监测设备 2 套以上，实现变形和渗流状态的准确监测，变形监测精度达到毫米级；建立堰塞坝开发利用评估和设计技术；提出堰塞坝长期安全性评价和安全保障技术，在 2 座以上堰塞坝开展示范应用。

4.7 堰塞湖风险评估快速检测与应急抢险技术和装备研发

研究内容：研究堰塞湖形成机理、堰塞湖风险评估方法；研究堰塞湖影响区域地质、水文、气象等信息快速获取技术；研发堰塞湖、堰塞体险情应急监控、快速检测和预警技术与设备；研究不同堰塞体特征、溃决机理及溃决过程模拟预测技术；研究堰塞湖致灾风险快速评估技术和风险等级快速评价技术以及应急抢险决策标准；研发堰塞体快速排水疏通抢险技术与设备、崩塌快速修复技术与装备、抗冲刷快速防护技术和设备；研究堰塞湖下游应急避险技术。

考核指标：提出包括堰塞湖致灾洪水除险技术和应急预案等在内的应急抢险成套技术方案；研发堰塞湖和堰塞坝险情监控及预警技术设备 3 套以上，实现堰塞湖岸坡不稳定卸荷岩体和松散堰塞体的变形崩塌险情全覆盖监控，提前 2 小时以上险情监控和

预警；研发堰塞湖应急抢险设备 2~3 套，堰塞体快速排水抢险设备的疏通效率 $>1000\text{m}^3/\text{h}$ ，崩塌快速修复和抗冲刷快速防护设备的修复效率 $>100\text{m}^2/\text{h}$ ；提出堰塞湖风险快速评价技术和致灾风险等级标准，建立堰塞体溃决洪水致灾预警及风险评估系统平台，在 2 处以上典型堰塞湖开展示范应用。

4.8 旱情判别与应急抗旱关键技术及装备研发

研究内容：研发旱情信息快速获取及处理新技术与先进设备，研究旱灾快速诊断与判别技术，研发地下饮用水源快速探测和开采技术，研发移动送水与水质快速处理等关键技术与装备；研发基于国家粮食安全保障需求的农业应急抗旱供水关键技术与设备；研发重点生态区与城市抗旱应急保障管理措施及技术。

考核指标：提出旱情信息快速获取与旱灾快速判别新技术，旱情诊断准确率提高到 90%以上；研发应急抗旱水源快速定位装备 1 套，将水源探测速度提升至不少于 10 个点/小时，定位准确率达到 80%以上；研发面向人畜饮水、农业等应急抗旱取水、输送水以及水质快速分析等新装备 3 项以上，应急水源具备供水条件时间缩短至 7 天；选择 3 个以上典型干旱区开展示范应用，抗旱应急处置时间控制在 3~7 天以内。

5. 多灾种重大自然灾害评估与综合防范

5.1 多灾种重大自然灾害综合风险评估与防范技术研究

研究内容：研发自然灾害综合风险与减灾能力调查与评估关键技术；研发房屋、重要基础设施等承灾体脆弱性与恢复力评估技术；研发全要素、多灾种、灾害链情景构建与动态模拟技术、

综合风险评估与制图技术；研发多灾种重大自然灾害综合风险调查、评估与防范技术业务集成模式，选择重点扶贫地区、区域热点地区开展应用示范。

考核指标：研发适用于省、市、县各层级的自然灾害综合风险与减灾能力调查内容与指标体系各 1 套；形成综合风险评估与制图技术 1 套，实现不同空间尺度灾害综合风险地图自动综合；形成国家或行业标准（征求意见稿）不少于 5 项；申请专利或著作权不少于 3 项；形成多灾种重大自然灾害综合风险调查、评估与防范技术集成业务平台 1 个，开展省、市、县（20-30 单元）应用示范。

5.2 多灾种综合风险防范服务产品开发与集成平台建设示范

研究内容：研发多灾种综合风险防范服务产品目录与内容体系，研发适用于保险等市场力量、社会力量（社会组织、社会工作者、志愿者）、社会公众等多主体的风险防范服务产品定制与开发技术；研发基于大数据的多灾种综合风险防范产品的多部门业务协同和应急联动技术；研发基于“互联网+”和物联网的大数据融合分析在灾害综合风险防范中的运用技术；研发多灾种综合风险防范信息服务集成平台，并在灾害救助、灾害保险、社会力量参与综合减灾等领域开展应用示范。

考核指标：研发面向多用户的灾害综合风险防范产品不少于 5 种，时空大数据融合分析技术具备处理 3 个以上领域、PB 级以上数据资源的能力；制修订国家或行业标准（征求意见稿）不少于 3 项；构建灾害综合风险防范服务集成平台 1 个，在灾害救助、

灾害保险、社会力量参与综合减灾等 3 个领域开展应用示范，满足常态减灾与非常态救灾情景下多用户服务需求，产品覆盖示范区各类用户比例超过 30%。

5.3 气候变化风险的全球治理与国内应对关键问题研究

研究内容：研究主要国家应对气候变化政策战略及其国际谈判立场目标；研究气候变化国际谈判形势，开展我国引导全球气候治理策略研究；评估气候变化导致的中国极端气候事件和自然灾害，研究重点领域和典型脆弱地区气候变化风险和对策；研究重点领域行业温室气体（包括 CO₂ 和其它温室气体）排放标准与控制政策，企业和项目温室气体排放信息披露制度等；研究重点行业碳排放配额分配方法和碳市场能力建设关键问题；建立完善气候变化影响和风险评估的知识和数据共享平台；开展应对气候变化与经济社会环境政策目标协同推进、推动我国实现低碳发展政策体系研究。

考核指标：为中国参与国际气候变化谈判提供实时后台科技储备和支撑；提交国际谈判形势和主要国家气候变化国际谈判政策研究报告 4-6 篇；提交中国落实和实施《巴黎协定》中重大问题（如国家自主贡献、适应、资金、技术、能力建设机制等）的建议方案，及针对各相关议题的谈判对案 4-6 份；研究气候变化风险指标，提出中国加强气候变化风险防范的对策建议报告 3-5 篇；提出温室气体排放标准和排放信息披露制度政策建议 3-4 份；提交碳市场能力建设、碳排放配额分配方法政策建议 3-4 份；建立和

完善应对气候变化相关的数据共享、搜索引擎和知识加工平台；
研究应对气候变化的经济学方法，提交推动我国中长期低碳发展
相关研究报告 2-3 份；发表学术论文 20-30 篇。