

# “重大自然灾害防控与公共安全”重点专项

## 2022 年度项目申报指南

(征求意见稿)

为落实“十四五”期间国家科技创新有关部署安排，国家重点研发计划启动实施“重大自然灾害防控与公共安全”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2022 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：按照“突发公共事件应急能力显著增强，自然灾害防御水平明显提升，发展安全保障更加有力”发展目标要求，在重大自然灾害监测预警与风险防控、安全生产风险监测预警与事故防控、应急救援与综合保障等方面开展基础研究、技术攻关、装备研制和应用示范，实现重大自然灾害与公共安全事件精准监测、精确预警、精细防控、高效救援，支撑“平安中国”战略实施。

2022 年度指南部署坚持分步实施、重点突出原则，围绕特大洪涝干旱、特大森林草原火灾、大规模地质灾害、特大地震灾害、极端气象灾害、复合链生灾害等监测预警与风险防控，危险化学品与化工园区安全、矿山安全、城市建设和运行安全、交通运输和物流安全、火灾高效预防与扑救、特种设备安全、重大基础设施安全等风险监测预警与事故防控，以及灾害事故现场保障、抢险救援、救援人员安全防护、生命救护、综合支撑与应急服务等关键技术与装备共 18 个技术方向，在共性关键技术、示范应用两个方面，拟启动 53 个项目。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。每个项目拟支持数为 1~2 项，实施周期不超过 3 年。申报项目的研究内容必须涵盖二级标题下指南所列的全部研究内容和考核指标。共性关键技术类和示范应用类项目下设课题数不超过 5 个，项目参与单位总数不超过 10 家。项目设 1 名负责人，每个课题设 1 名负责人。青年科学家项目不设课题。

指南中“每个项目拟支持数为 1~2 项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

## **任务 1 特大洪涝干旱灾害精准监测与风险防范技术与装备**

### **1.1 流域性大洪水场景推演与智能指挥决策技术**

**研究内容：**围绕大江大河流域性大洪水精准防控需求，针对流域性大洪水实时精确监测评估、调蓄空间优化、场景推演与智能指挥决策等关键问题开展研究。研究流域性大洪水发生演变特征和规律，研发“空天地”一体化的流域性大洪水精准协同监测技术和装备；研发流域性大洪水灾情监测与智能评估技术和装备；研究流域性大洪水精确预报技术；研究流域性大洪水“河道-水库-蓄滞洪区”调蓄空间优化布局技术；研制流域性大洪水场景推演及预案、防汛智能指挥决策集成技术，在长江流域进行业务化应用；编制流域性大洪水防控技术标准。

**考核指标：**流域性大洪水精准协同监测技术装备，实现厘米/秒级洪涝过程的连续精准监测精度 $\geq 85\%$ ；流域性大洪水灾情监测与智能评估技术装备，精度 $\geq 85\%$ ；流域性大洪水

精确预报技术装备, 侯尺度精度 $\geq 85\%$ ; 提出流域性大洪水“河道-水库-蓄滞洪区”调蓄空间优化布局技术指南并得到行业主管部门的采纳; 流域性大洪水场景推演平台, 坡面空间分辨率 $\leq 100\text{m}$ , 河段分辨率 $\leq 1\text{km}$ , 精度 $\geq 90\%$ ; 预案库覆盖 1950 年以来的典型洪水场景; 防汛智能指挥决策系统满足业务要求, 实现小时级联动; 在长江流域进行业务化应用; 形成流域性大洪水防控技术标准 (送审稿)。

## 1.2 跨流域跨区域特大干旱场景推演与智慧防御

**研究内容:** 围绕跨流域跨区域特大干旱灾害防御需求, 针对旱情实时准确评估、多时间尺度预测预警及场景推演、智慧防御等关键问题开展研究。研究跨流域跨区域特大干旱孕育机理和发展过程的链式传导机制; 研究大尺度区域作物表型等关键干旱要素的实时精准监测技术装备, 研发旱情综合监测评估技术; 研发耦合人工智能和物理过程的特大干旱多时间尺度、多阶段渐进式预报预警技术; 研究历史特大干旱场景推演及风险传递重构技术, 开发集预报、预警、预演和预案于一体的智慧防御系统, 并实现业务化应用; 研制特大干旱预报预警和场景推演技术标准或技术指南。

**考核指标:** 建立跨流域跨区域特大干旱链式传导机制; 研发基于作物表型要素捕捉的旱情动态感知装备, 精度 $\geq 85\%$ ; 特大干旱季尺度预报精度 $\geq 70\%$ 、月尺度预报精度 $\geq 80\%$ ; 特大干旱场景推演技术, 应具有历史典型干旱场景精准复盘与推演功能, 并形成可业务化应用的平台, 且得到行业主管部门采用; 预案库应包含建国以来发生的特大干旱事件场景; 特大干旱智慧防御系统需在行业主管部门得到业务化应用; 提出特大干旱预报预警和场景推演技术标准 (送审稿) 或技术指南 $\geq 2$  项。

### 1.3 山洪灾害信号早期识别与准确预警技术装备

**研究内容：**围绕山洪灾害高效防控需求，突破复杂环境下暴雨山洪关键过程精确监测、以落地雨为基础的灾害信号早期识别等原理和方法，开展山洪灾害准确预警技术研究。研制山区复杂环境关键产汇流参数、土壤水分与坡面产流等关键过程变量的快速监测和实时传输技术；研发山洪本构关系和水源解析技术、地表水-土壤水-地下水耦合的水文水动力过程模拟技术、以及物理机制与深度学习相结合的山洪模拟技术；研发综合暴雨监测预报和流域湿润状态监测模拟的山洪灾害信号早期识别、多尺度滚动预报预警技术；研发泥石流灾害装配式拦排系统；编制山洪灾害早期预警技术指南。

**考核指标：**山区复杂环境关键产汇流参数一体化监测技术装备的空间分辨率 $\leq 5\text{m}$ 、精度 $\geq 85\%$ 、覆盖面积 $\geq 20\text{km}^2$ ，关键产汇流变量监测精度 $\geq 85\%$ 、空间分辨率 $\leq 30\text{m}$ ；山洪模型能反映不同形态洪水过程线及其突变特征，洪峰流量模拟误差 $\leq 20\%$ ；建成山洪综合观测实验流域 3 处；示范应用 6 处以上，示范区内 2 小时短临预报命中率 60%以上，3 日预报精度达到 75%以上，预报预警技术在省级以上平台得到业务化应用；泥石流灾害装配式拦排系统的拦截率 $\geq 60\%$ ；提出山洪灾害监测与早期预警技术指南 1 项，并通过行业机构的评审。

## 任务 2 特大森林草原火灾监测预警与防控扑救技术与系统

### 2.1 高强度森林火灾大尺度蔓延预测技术与系统

**研究内容：**针对重特大森林火灾扑救中极端火行为与大尺度火蔓延预测难，制约灭火力量科学部署与扑火人员安全保障等问题，研究融合气象、地形和可燃物火险因子监测信息的高强度森林火灾（ $1 \sim 10\text{km/h}$  火蔓延速度量级或

10<sup>3</sup>kW/m 火线强度量级) 风险评估技术; 研究基于低空动态监测与 GIS 系统时空信息融合的大尺度火线与极端火行为精准智能辨识技术; 研究地下火-地表火-树冠火转化形成高强度森林火灾的预测预警技术, 以及高坡度和峡谷地形下地表火诱发超快爆发火蔓延的预测预警技术; 研发耦合大气-火交互作用的森林火灾大尺度蔓延动态预测技术; 研建高强度森林火灾大尺度蔓延预测与扑救指挥辅助决策系统。

**考核指标:** 开发融合高强度森林火灾大尺度蔓延机理的风险因子监测与评估成套设备和算法各 1 套, 可动态监测≥5 种风险因子, 评估≥3 种极端火行为的发生概率; 开发火线与极端火行为实时精准智能辨识设备和算法各 1 套, 火线的长度辨识精度优于 5m、强度识别误差≤20%, 极端火行为辨识准确率≥80%; 发展地下火-地表火-树冠火和爆发火预测预警算法各 1 套; 发展火-大气耦合作用的火灾蔓延动态预测软件 1 套, 预测火场范围≥10km<sup>2</sup>; 研发森林火灾大尺度蔓延预测与扑救指挥辅助决策系统 1 套, 火蔓延速率动态预测误差≤50%, 火灾态势预测提前≥1 小时; 在至少 2 个林区和 1 种大尺度火灾空中扑救装备开展示范应用。

## 2.2 森林-城镇交界域火灾预测与防控技术研究

**研究内容:** 围绕森林-城镇交界域火灾防控需求, 针对森林火灾引发建筑火灾的引燃机制、火蔓延规律与综合防控技术等, 研究我国森林-城镇交界域火灾的发生规律与影响因素, 发展交界域火灾高发区域和高发时段辨识方法; 研究高强度树冠火热辐射和飞火引燃建筑材料的机制及临界条件, 构建交界域典型建筑材料的引燃危险性测试数据库; 发展森林-城镇交界域火灾风险分级技术; 研究植被与建筑交汇和混杂离散分布下的交界域火蔓延预测技术, 研发交界域

火场扩展动态预测技术及软件；研究森林-城镇交界域森林可燃物调控技术、防火隔离带建设技术和建筑设施外部防火技术。

**考核指标：**建立我国森林覆盖率超过 40% 的森林-城镇交界域火灾高风险分布图的制定方法；起草火焰辐射及飞火引燃建筑材料危险性测试标准（送审稿）1 套，完成  $\geq 5$  种典型建筑材料的引燃危险性测试数据库；开发森林-城镇交界域火灾风险分级软件 1 套；开发森林-城镇交界域大尺度火场扩展动态预测算法及软件 1 套，实现  $\geq 5\text{km}^2$  交界域火灾蔓延模拟，火蔓延速度预测误差  $\leq 50\%$ ；起草交界域植被可燃物调控、防火隔离带建设、建筑设施外部防火等标准（送审稿）3 套。

### **任务 3 大规模地质灾害监测预警与风险防范技术与装备**

#### **3.1 非显性滑坡隐患高效勘测技术装备研发**

**研究内容：**针对中高易发区灾前变形破坏迹象不明显的滑坡隐患，面向快速精准勘察量测需求，研究隐患坡体地球物理场精细结构及差异性特征；研发复杂山地环境自主导航仿地航测技术系统，研发基于无人机载激光点云和贴近摄影三维实景的滑坡隐患增强显示技术方法；研制多尺度坡体结构和地下水状况的快速精细化探测技术装备；研发多源异构数据处理与融合解析技术；构建广域斜坡稳定性与滑坡危险性智能评价模型与方法，开展非显性滑坡隐患广域勘测与量化评价应用示范。

**考核指标：**非显性滑坡隐患精细结构与地下水状况勘测与评价技术指标体系 1 套；仿地航测系统，实现复杂山区弱或无 GPS 信号条件安全飞行，分辨率达到厘米级；低频无人机航空探地雷达系统，载荷重量  $< 7.5\text{kg}$ ，20m 以浅深度分辨

率为分米级；无人机全航空瞬变电磁系统，载荷重量 $<15\text{kg}$ ，发射磁矩 $>1000\text{Am}^2$ ，系统动态接收噪声水平 $<2\text{nT/s}$ ，50m以浅探测深度分辨率优于1m；无人机半航空时频电磁系统，载荷重量 $<4\text{kg}$ ，发射功率 $<80\text{kW}$ ，系统动态接收噪声水平 $<3\text{nT/s}$ ，150m以浅探测深度分辨率优于2m；区域斜坡勘测多源信息融合与解析系统1套，实现斜坡危险性自动评价，危险性判别正确率 $>60\%$ ；制定相关技术标准（送审稿）2项；东、中、西部典型中高易发区示范应用3~4处，不少于 $3000\text{km}^2$ 。

### 3.2 深部岩溶塌陷风险精准防控技术装备研发

**研究内容：**针对城市深部岩溶地基塌陷灾害风险精准识别与防控需求，研究揭示岩溶塌陷灾变物理化学过程与地质安全影响机制；研制强干扰环境下岩溶塌陷隐患立体精准探测技术装备，研制隐伏岩溶地质解释系统；研制大型岩溶塌陷物理模型试验系统，建立复杂工况岩溶塌陷危险性动态评估模型；研发岩溶塌陷动力场监测关键技术与智能传感器，研究多控变量预警模型；研发建筑密集区、生命线廊道区岩溶塌陷灾害风险容量标定与防控关键技术，制定相关技术标准，开展国内外应用示范。

**考核指标：**岩溶塌陷灾变作用指标体系，物理化学过程可量化；岩溶塌陷隐患便携式瞬变电磁和天然电磁脉冲立体探测技术装备及智能化地质解释软件系统，城市环境有效探测深度 $\geq 100\text{m}$ 、测量时效优于 $20\text{km/h}$ 、探测分辨率（岩溶跨度埋深比）优于1:15；岩溶塌陷危险性动态评估模型1个，平面精度 $<1\text{m}$ ，规模精度 $\geq 90\%$ ，水动力判据精度 $\geq 90\%$ ，岩溶塌陷风险要素识别准确率 $\geq 90\%$ ；普适性岩溶塌陷智能监测预警技术装备，自主知识产权，多测项集成感知、复杂工程活动

场景预警成功率 $\geq 80\%$ ；城市工程活动胁迫下隐伏岩溶灾变过程足尺科学试验平台 1 个，制定相关技术标准（送审稿）2 项（国际标准 1 项），典型岩溶地基城市示范应用 $\geq 2$  处。

### 3.3 极端天气黄土体灾变风险防控技术装备研发

**研究内容：**针对极端降水及温度骤变频变作用下黄土地质灾害，面向生态主动防控关键技术需求，研究黄土高原地质环境系统响应规律、浅表层损伤累积效应、灾害激增机理及风险演进机制，开展极端天气背景下黄土地质灾害科学观测实验；研发黄土地质结构和关键物理参数快速探测技术，研发水-热-力耦合作用下黄土体三维微结构演化观测试验装备；研发黄土体细观损伤自组网感知阵列、自适应监测关键技术与装备；研究降雨激发条件下区域-流域-斜坡地质灾害危险性动态关联感知与量化模型，研发智能预警系统；研究极端天气黄土高原地质灾害主动防御对策，研发黄土沟壑区典型防护工程优化技术，并示范应用。

**考核指标：**极端降雨及冻融循环下黄土体物性状态变化、结构损伤和灾变效应指标及其集成测度方法 1 套；黄土体浅表层结构和物性参数大范围探测技术装备，几何分辨率优于米级；黄土坡体湿度、温度、电导率等三维物理场和结构损伤集成监测技术装备，测量响应时间优于秒级；面向循环渗透和复杂加载工况的黄土三维微结构演化过程观测试验装备，分辨率优于  $0.5 \mu\text{m}$ ；黄土区域-流域-斜坡协同的地质灾害风险智能预警平台，流域尺度空间精度优于 100m，预警准确率 $>75\%$ ，预警时间提前 $>30\text{min}$ ；极端天气下黄土灾变效应多尺度野外科学观测研究站 $\geq 2$  处，经历 1 个水文年运行；提交极端天气黄土高原地质灾害风险对策报告 1 份，基于生态防护的黄土坡体新型防渗排导工程技术 $\geq 2$  项，制定



相关技术标准（送审稿）2项，典型黄土沟壑区交通及城镇建设工程示范应用3处。

## **任务4 特大地震灾害监测预测预警与风险防范技术与装备**

### **4.1 面向地震灾害风险评估的地震区划新技术**

**研究内容：**立足于从源头防范大震巨灾，针对目前地震区划图编制中存在的编图指标单一、概率水准有限、参数类型不足等问题，研发面向地震灾害风险评估的地震区划关键技术，实现新一代国家地震区划图“多概率、宽频带、高精度、海陆一体”的目标。研发考虑多源动力学环境、孕震介质特性、活动块体及其相互作用机制、多层次地震破裂模型的多尺度潜在震源判别及模型构建技术，并对华北地区大震震源进行系统研究；研发综合多源观测资料并兼容多类型潜在震源的地震活动性模型构建技术；研发融合观测资料统计和数值模拟的宽频带地震动预测模型构建技术；研发基于复杂震源过程的地震危险性分析技术及考虑复杂场地结构与断层相互影响的强地面运动模拟技术，发展多尺度地震动参数区划技术；研发国家地震区划图模型库和计算系统；在华北（包括渤海）、川滇地区开展地震动参数区划图编制示范。

**考核指标：**地震震源模型构建技术，包含点源、二维源、三维源等多类型多尺度潜在震源及相应的地震活动性参数，可兼容泊松模型和时间相依模型；全国分区（包括海域）地震动预测模型建立技术，地震动参数包括加速度反应谱、峰值速度等，其中加速度反应谱周期0~15s，并包含地震震源类型和厚沉积层效应等参数的影响；不同尺度地震动参数区划技术及规程；国家地震区划计算软件2套，分别基于空间积分和地震事件集2种技术路线，可兼容点源、二维源、三维源等多类型潜在震源模型及相应的地震活动性模型和地

震动预测模型，最低超越概率水准  $10^{-6}$ ；华北、川滇地区地震动参数区划图。相关软件和技术规程通过行业主管部门验收。

#### 4.2 特大城市和城市群重特大地震灾害风险情景构建技术

**研究内容：**针对特大城市和城市群面对大地震脆弱性强、灾害风险高、亟需有效的防范措施等问题，研发重特大地震灾害风险评估和情景构建关键技术，为防范和化解特大城市和重大基础设施面临的大震巨灾风险提供科技支撑。研发考虑震源-传播-场地条件的断层三维模型构建方法和宽频带强地面运动场模拟技术；研究不同区域建筑群震害风险现状及分布特征，建立考虑地域时空差异的城市建筑群地震灾害风险分区分类评估方法和灾害损失分析方法；构建城市典型生命线系统（供水、电力、燃气、交通、通讯等）地震灾害耦联失效模型，建立城市典型生命线系统的地震灾害风险分区分类评估方法；发展基于物理模型、数字孪生和数据驱动的地震灾害情景多尺度模拟和动态展示技术；研发地震灾害风险评估与情景构建软件平台，在华北和川滇地区选择典型城市开展综合应用示范；编制地震灾害风险评估与情景构建技术规程。

**考核指标：**考虑不同断层类型和巨厚场地非线性效应的宽频带地震动场统一模拟技术，频带宽度为  $0.1\sim 20\text{s}$ ，覆盖场地厚度  $>100\text{m}$ ；考虑经济发展和抗震能力差异的城市典型建筑群地震灾害风险评估方法，风险分区分级  $\geq 5$  类，影响因子  $\geq 10$  种；不同区域典型城市生命线工程系统地震灾害耦联失效模型  $\geq 4$  类，每类模型的影响因子  $\geq 7$  种；特大区域建筑群地震动力响应高效模拟技术和动态展示技术，建筑规模达千万数量级，计算时间  $\leq 10$  分钟；地震灾害风险评估与情景

构建软件平台及示范应用结果；形成地震灾害风险评估与情景构建技术规程，并通过行业主管部门验收。

### 4.3 新疆-中亚陆内俯冲带大震震源识别与危险性分析

**研究内容：**针对“一带一路”重要节点新疆-中亚段陆内俯冲带地震构造环境复杂、地震灾害风险大、对大震机理和致灾效应认识不足等问题，研发陆内俯冲带大震震源识别技术，开展区域地震危险性分析，为“一带一路”建设地震安全提供科技支撑。研究新疆-中亚陆内俯冲带及相邻区域高分辨率岩石圈三维精细结构，分析陆内板片俯冲特征及其对强震的控制作用，发展大震震源识别技术；研究重点区域地震构造三维结构模型、断层活动历史及现今运动状态，发展陆内俯冲带多时空尺度潜在震源判定技术及地震危险性评价方法；研发考虑陆内俯冲带复杂断层结构和地形、巨厚沉积盆地的强地面运动模拟技术；基于境内外各种地质地球物理观测探测结果和空间对地观测资料的分析，开展地震危险性评价、强地面运动和灾害预测，并划定高风险区域。

**考核指标：**新疆-中亚陆内俯冲带及相邻区域高分辨率岩石圈精细结构与陆内板片俯冲模型及数据库 1 套，横向分辨率优于 50km；重点区域地震构造模型及数据库 1 套，其中地壳速度结构横向分辨率优于 10km，断层三维结构控制结点 5km 以内，主要活动断裂地表定位精度优于 100m，提供至少两个时间尺度断层变形速率；多时空尺度三维潜在震源判别技术与地震危险性评价技术 1 套，强地面运动模拟技术及计算软件 1 套；沿线活动构造图与区域地震构造图（1:100 万），重点区域关键断层 1:5 万附图集，大震潜在震源划分及不同概率水准地震动参数区划图（1:100 万），重点城市、重要工程集中区基于强地面运动模拟的影响场分布

图（1:5 万）。

#### 4.4 海洋地震与海啸监测关键装备与监测预警试验技术系统

**研究内容：**针对我国海洋地震和海啸监测能力薄弱、国产监测设备缺乏等问题，通过原理攻关、技术开发与系统集成，形成海洋地震、海底滑坡和海啸监测预警关键技术装备。研发具有自主知识产权的岛礁、海面、海底和浮标地震监测设备，包括高精度光纤宽频带海底地震仪、基于光纤传感的海底压力和形变监测传感器、基于浮标的地震 P 波接收装备、高精度海域重力场和地磁场相对及绝对观测装备等；研发基于全球卫星导航系统干涉测量技术（GNSS-IR）的岸基海啸监测装备；研发海域地震、海啸立体观测数据校准算法、数据质量评估与立体探测体系观测数据同化技术；在南海建设集成海底地震观测及基于浮标的地震 P 波接收装备、GNSS-IR 岸基海啸监测装备、近岸雷达、深海海啸浮标等多手段、高精度、多要素的实时地震与海啸监测预警试验系统，开展示范应用。

**考核指标：**光纤宽频带海底地震仪，三分量测量频带 120s~100Hz、噪声水平优于  $1\text{ng}/\sqrt{\text{Hz}}@1\text{Hz}$ 、阵列长度优于 1km，并形成海底地震成网成场、数据实时传输的实用化观测技术；海底压力传感器灵敏度优于  $30\text{pm}/\text{MPa}$ ，精度优于  $0.001\text{MPa}$ ；海底光纤形变传感器分辨率优于  $0.1\text{n}\epsilon$ ，日飘移优于  $5\text{n}\epsilon$ ；浮标地震仪 P 波频带 60s-60Hz、动态范围 120dB，相对重力观测仪器日零漂优于  $1\mu\text{Gal}$ 、分辨率  $0.1\mu\text{Gal}$ ；船载绝对重力测量系统测量准确度优于  $5\text{mGal}$ 、精度优于  $1\text{mGal}$ ；海洋地磁矢量传感器测量精度优于  $0.1'$ 、噪声优于  $0.2\text{nT}$ （RMS）、寻北精度优于  $2''$ ；基于光纤传感的阵列式三分量海底地磁传感器噪声优于  $0.1\text{nT}$ （RMS）。建立观测数据质

量评估与处理算法，形成与陆基台站联合反演能力，实现海域地震监测预警信息的实时产出；在南海建立包括海底地震监测、浮标地震 P 波接收、基于 GNSS-IR 海啸监测、深海实时海啸监测和近岸雷达等组成的地震与海啸监测预警试验系统，实现秒级地震预警和厘米级海啸监测，示范应用 6 个月以上。

## **任务 5 极端气象灾害精准监测预报预警技术与装备**

### **5.1 极端雨强预报技术及应用示范**

**研究内容：**以 2021 年 7 月河南北极端暴雨过程等为例，研究多尺度系统综合作用下极端强降水的形成机理，研究形成极端雨强的中小尺度系统的动力、热力过程，评估现有数值模式的预报性能；研发极端强降水潜势预报方法；基于卫星、雷达等高时空分辨率多源观测资料发展极端雨强过程快速分析技术；研发快速循环同化更新的高分辨率数值预报系统；开展基于数值预报模式的极端雨强人工智能预报方法研究；集成以上技术和方法建立针对极端雨强的预报系统并示范应用。

**考核指标：**厘清“7·20”郑州极端强降水的形成机理，提出极端强降水发生发展的物理概念模型，再现强降水过程，提供分析报告；极端强降水潜势预报系统时效 24~72 小时，空间分辨率 10km，预报命中率>60%；快速循环同化更新高分辨率数值预报系统预报时效 6~12 小时，水平分辨率 3km，命中率>70%；基于人工智能的短临预报系统预报时效 0~12 小时，水平分辨率 1km，命中率>80%；集成预报系统完成 1 个汛期（不少于 3 个月）的准业务运行试验，提供测试报告。

### **5.2 高精度可扩展气象数值预报模式的四维变分同化技术**

**研究内容：**面向极端气象灾害预测的下一代大气数值模式，发展准均匀网格非静力大气模式的切线性及伴随模式，研究与大气模式核心模块对应的切线性和伴随模块的高效算法；研发切线性物理过程及其伴随，对强非线性和不连续性进行科学处理，有效改进切线性模式和伴随模式的预报结果；研究同化并行算法，构建适用于众核高性能计算机的下一代四维变分同化框架；设计以全球四维变分为核心，全球/区域一体化的同化框架；建立高扩展性的四维变分同化原型系统，实现常规和卫星观测的有效应用。

**考核指标：**从无到有建立准均匀网格非静力大气模式的切线性及伴随模式，伴随正确测试结果达到 14 位精度；从无到有建立准均匀网格全球四维变分同化原型系统，整体梯度测试结果达到 6 位精度，分析误差与立项时中国气象局全球业务系统相比减小 5%左右；有效同化我国风云气象卫星和全球大气观测系统中其他主要观测资料，批量试验评估有正贡献，卫星资料同化占比从 75%提高到接近 90%，其中我国风云卫星资料的使用量占有所有卫星资料数量从现在的 11%提高到 25%；初步具备全天候卫星资料同化能力。

### 5.3 致灾强风精细化监测预报关键技术与示范应用

**研究内容：**基于多波段雷达组网、卫星、超大城市垂直综合气象观测等设备群，研发多设备协同观测技术，实现对致灾强风暴演变的三维风场分析、精细化结构特征和演变规律等全过程监测；研发数值模式近地层多源资料融合同化分析技术、公里尺度边界层和阵风参数化方案，结合大涡模拟，建立高分辨率强风短时临近预报系统；利用人工智能等技术，优化对流性致灾大风（龙卷）的实时识别、临近预警、短时预报、短期潜势预报等大风精细化预报技术；开展致灾

强风对敏感区域（水域、高层建筑密集区、城市重要设施）、敏感行业（交通、高空作业）影响评估和风险预警技术研究。

**考核指标：**建立高分辨率强风短临-短期预报系统，提供全时效 1km 分辨率，0~2 小时逐 6 分钟滚动更新逐 10 分钟临近预报，2~12 小时逐小时更新逐 30 分钟短时预报，12~24 小时逐 60 分钟更新逐小时短期潜势预报（形成技术和产品体系）。致灾强风预警平均提前 45 分钟以上，其中 10 级以上大风预警平均提前 10 分钟以上，具备龙卷风预警能力；提供致灾强风对敏感区域（水域、高层建筑密集区、城市重要设施）和敏感行业（交通、高空作业）的影响指标，针对敏感行业（交通，如高铁）建立基于强风避险的预警调度指挥平台，并进行示范应用。

#### 5.4 全球海洋气象灾害监测预报预警技术及示范应用

**研究内容：**针对海洋气象一体化的全球海洋气象灾害（海雾、海上大风、强对流等）监测预警预报需求，研究海洋气象发生发展和致灾机理；研发全球海气耦合的准均匀和可变分辨率网格模式预报技术和海洋气象灾害预报技术；研发海洋大气耦合的主被动一体化辐射传输模式，研制高质量光学微波多源卫星资料遥感技术与数据集；研发海量大数据的管理与分析应用技术，实现多源异构数据安全、协同应用；搭建面向应用的全球海气耦合预报示范平台。

**考核指标：**建成自主可控的全球海气耦合数值预报系统，适用于高分辨率和大规模并行计算环境的非结构网格计算；24 小时预报近海 6 级以上大风准确率较目前提高 3%~8%，海雾预报能力与国际主流数值模式能力相当，准确率达到 80%；具备实时监测能力，研制海洋天气自适应的全天候高时空分辨率（时空分辨率优于 4 小时、25km）的全球卫星

资料应用产品，建立海洋大气相互约束的温压湿及水凝物廓线、洋面风、强对流和海温专题数据集；建立基于海量异构海洋气象数据开发应用平台和服务于海洋气象监测预警预报的示范平台，并开展示范应用。

## **任务 6 复合链生灾害监测预警、场景推演与综合防御技术装备**

### **6.1 高山峡谷工程区复合链生灾害风险推演关键技术**

**研究内容：**面向川滇藏东高山峡谷区国家重大工程建设和运行安全需求，针对常遇重特大地震、暴雨两大链生和复合灾害防控技术方法缺乏等问题，研究高山峡谷区地震、暴雨等重大复合链生灾害孕育、传递和灾变演进机理及其级联放大效应，研发复合链生灾害时空动态演进判识技术方法；开展高山峡谷区非均匀性应力状态下复合链生灾害孕灾环境探测与监测，构建降雨与地震复合群发式链生灾害人工智能预测预警技术与指标体系；研发链生灾害多因子互馈演进耦合算法，构建重大复合链生灾害全耦合的三维动力模型与场景推演平台，实现复合链生灾害超前预测和断链减灾防控成效推演；研发面向链生灾害综合风险评估的多承灾体脆弱性模型，构建基于动力学过程与精细物理模型耦合的全过程、多尺度、精准化链生灾害风险评估技术，形成高精度综合风险区划技术体系；选择典型高山峡谷工程建设区开展重大复合链生灾害场景推演与风险评估示范。

**考核指标：**给出地震-滑坡/泥石流-堰塞湖溃决洪水、暴雨-洪水-滑坡/泥石流 2 类复合链生灾害致灾演进过程的判别模式；构建多时空尺度复合链生灾害概率评估指标体系，时间尺度为年、月、天，空间分辨率 $<10\text{m}$ ；场景推演技术中的地震动模拟模块单次模拟范围 $>100\text{km}\times 100\text{km}$ 、输出网格



<1km×1km、频宽 0.1~20s, 场景推演模块网格精度<5m×5m、范围>2000km<sup>2</sup>、滑坡评估准确率>80%; 建立大型水坝、大跨度桥梁、深埋隧道等重大工程脆弱性模型 3 套, 给出多承灾体脆弱性模型综合考虑人口经济和重大工程的链生灾害风险区划图比例尺优于 1:20 万; 复合链生灾害场景推演平台响应时间 30 分钟以内, 推演准确率>80%, 并在雅鲁藏布江下游和川藏铁路 2 个典型区段开展示范, 提出相关标准(送审稿) 3 项。

## 6.2 特大城市外洪内涝灾害链联防联控应急技术与示范

**研究内容:** 针对 7·20 郑州特大暴雨灾害暴露出的特大城市联防联控脱节、监测预警失灵、缺乏重大外洪内涝链生灾害耦合推演技术和动态风险评估技术等问题, 研究外洪内涝灾害链风险传递与演变规律, 研发流域-城市耦合系统外洪内涝一体化协同监测与早期风险感知技术; 分析特大城市“地表-地下”三维立体空间复杂载体特性, 研发城市外洪内涝链生灾害风险智能预警与定向发布技术; 研发跨尺度外洪内涝链生灾害动力学模型, 研制流域洪水与城市内涝联合防控场景三维推演与趋势预测平台; 研发城市外洪内涝灾害链风险规避与联防联控应急指挥决策智能化系统, 在典型特大城市进行示范应用; 研究编制城市特大洪涝灾害链联防联控应急预案与技术标准。

**考核指标:** 洪涝链生灾害精准协同监测技术系统/装备, 空间分辨率达到 100 米级, 实现厘米/秒级洪涝过程的动态监测精度>70%; 早期风险感知技术 4 套, 预见期>2 小时; 综合考虑实时人口、车流动态信息与三维载体特性的综合风险动态评估与预警技术 1 套, 时间分辨率到小时, 空间分辨率到街道和街坊单元, 定向发布准确率>80%; 跨尺度外洪内

涝链生灾害动力学模型 1 套，时空分辨率达分钟与米级，场景推演平台响应时间 30 分钟，灾难推演准确率>70%；联防联控应急指挥决策智能化系统满足业务运行要求，实现小时级联动，并通过行业主管部门组织的评审；在 3 个特大城市进行应用示范，每个示范区 200km<sup>2</sup> 以上；编制灾前准备、灾中应对和灾后处置等应急预案 3 部，城市特大洪涝灾害链综合风险制图、联防联控等技术标准（送审稿）各 1 部。

### 6.3 黄河上游干流库坝群段多灾种应对关键技术

**研究内容：**黄河上游干流库坝群是安澜黄河的重要安全屏障。研究青海高原黄河上游干流段库坝群段地震、崩滑流、暴雨与山洪多灾种演进过程、叠加与碰头、时空耦合特征，建立以多重临界稳定态趋势概率为基础的多灾种危险性评估模型，研发河道干流高海拔库坝群段高危险区定量识别技术；研发基于地震、气象、地质、洪水灾害等单灾种监测的多源数据准实时、实时集成技术，研制多源信息集成共享的大数据智能预警平台；构建高寒缺氧环境下多灾种重大灾害高精度遥感快速调查、网络高效核查、动态模型模拟综合集成快速评估指标体系，针对应急救援和恢复重建需求的精准损失评估天空地一体化技术体系；开发适应高海拔缺氧环境的救援队伍能力保障、受灾人员应急转移与安置的高效指挥应对决策支持系统，并在典型库坝区开展示范应用。

**考核指标：**完成黄河上游干流库坝群段地震、崩滑流、暴雨与山洪单灾种叠加与碰头危险性评估图集；完成多尺度、多灾种空间分辨率优于 1km 的数据库和系统综合评估体系；灾害应急快速评估时效优于 6h，灾害损失和应急需求评估准确率>70%；灾害精准综合评估时效优于 20 天，关键要素评估准确率>90%；构建适应高海拔缺氧环境的灾害应急处

置专业技术方案；预测预警技术体系至少采集 2 种以上高分遥感数据，采集气象、地质灾害、水文等 3 类监测平台实时监测数据，形成 1 套多源数据融合的技术集成平台，预警空间分辨率 1km，准确率 >80% 的风险预警概率模型；建立多灾种预警、评估和应急转移、安置、救援决策支持技术系统；在行业主管部门得到业务化应用，成果在 2~3 处库坝区开展示范应用，提出青海高原黄河干流段库坝群段多灾种重大灾害防控应对策略研究报告 2~3 份。

#### **6.4 重大自然灾害监测预警与防控前沿技术探索（青年科学家项目）**

**研究内容：**重大自然灾害孕育及演化新理论；重大自然灾害监测新技术及新装备；重大自然灾害预警预报新理论及新技术；重大自然灾害精准防控新方法、新装备、新材料、新应用等。

**考核指标：**形成原创理论 3~5 项，前沿技术原型 3~5 项，完成实验室小型试验，制备出样品或样机。

**有关说明：**该任务方向仅部署青年科学家项目，在洪涝干旱灾害、森林草原火灾、地质灾害、地震灾害、气象灾害及复合链生灾害六个方向分别支持 1~2 个项目。

### **任务 7 危险化学品和化工园区安全技术与装备**

#### **7.1 氯碱化工生产装备损伤检测与安全风险防控关键技术及示范应用**

**研究内容：**为解决氯碱化工生产装备腐蚀、开裂和泄漏的早期发现与风险防控等问题，研发生产装备微小点蚀、垢下微小裂纹等隐蔽性损伤预测技术及成像检测装备；研究密封元件劣化评估及基于泄漏率的失效预防技术；研究卤族元素介质泄漏远距离检测及高效应急处置装备；研究氯碱化工

生产装备安全风险一体化防控技术。

**考核指标：**内、外壁点蚀高精度自动成像检测装备，缺陷检测灵敏度达 $\phi 1\text{mm}\times 0.5\text{mm}$ 点蚀坑，尺寸测量精度为 $\pm 0.1\text{mm}$ ；垢下微小裂纹高精度成像检测装备，裂纹成像检测灵敏度达 $1\text{mm}$ （长） $\times 0.5\text{mm}$ （深）；建立密封元件劣化速率预测模型及基于泄漏率的失效预防技术，卤族元素微泄漏率 $\leq 2\times 10^{-5}\text{mg}/(\text{s}\cdot\text{mm})$ ；高毒性卤族元素泄漏远距离检测装备，遥测距离 $200\text{m}$ ，最低检出限 $10\text{ppm}\cdot\text{m}$ ， $200\text{m}$ 遥测折合浓度 $50\text{ppb}$ ；泄漏应急处置装备，处理能力 $\geq 500\text{m}^3/\text{h}$ ，系统压降 $\leq 5\text{kPa}$ ，泄漏回收率 $\geq 95\%$ ；建立燃爆、腐蚀、泄漏等风险一体化防控方法，制修订氯碱化工装备检验评价、风险防控相关的国家/行业标准（送审稿）不少于2项；申请发明专利不少于5项；在不少于5家氯碱化工企业、1000台装备上示范应用，应用时间不少于6个月。

## 7.2 典型危险化学品燃爆抑制与泄放技术及装备（青年科学家）

**研究内容：**为解决硝基类、偶氮类、过氧类等危险化学品燃爆事故抑制效率低、高温火焰淬熄与泄压效率难以兼顾等问题，基于自由基连锁反应本质定向设计抑制材料的分子构成，研制湮灭典型危险化学品燃爆关键自由基的靶向抑制材料；开展火焰淬熄材料结构优化设计，研发典型危险化学品燃爆靶向抑制与无焰泄放装备。

**考核指标：**研制针对硝基、偶氮基、过氧基等不少于5类危险性基团的靶向抑制材料，建立靶向抑制反应动力学模型；燃爆靶向抑制材料，抑制的爆炸压力（ $P_{red,max}$ ）不高于最大爆炸压力（ $P_{max}$ ）的5%（即 $P_{red,max} \leq 5\% \times P_{max}$ ）；燃爆靶向抑制与无焰泄放装备，可完全淬熄典型危险化学品燃爆

( $K_G \leq 600 \text{bar} \cdot \text{m/s}$ ;  $K_{st} \leq 500 \text{bar} \cdot \text{m/s}$ ) 高温火焰, 适用于硝基类、偶氮类、过氧类等高升温/升压速率危险化学品的燃爆泄压设计 (爆破温度设计范围:  $-196^\circ\text{C} \sim 800^\circ\text{C}$ ), 动态响应时间  $< 1 \text{ms}$ , 疲劳寿命  $\geq 100000$  次, 泄压效率  $\geq 80\%$ 。

## **任务 8 矿山安全风险智能监测预警和防控技术与装备**

### **8.1 煤矿冲击地压区域应力监测与源头防治关键技术及示范应用**

**研究内容:** 为解决我国煤矿冲击地压源头防治问题, 研究冲击地压全过程精细模拟、危险区域精准甄别和智能识别技术; 研发矿井全生命周期煤岩体应力与覆岩结构全尺度连续监测技术; 研究厚硬岩层井上与井下应力协同控制技术; 研发巷道冲击自适应支护装备; 开展矿井煤岩体应力与覆岩结构控制的冲击地压源头防治示范应用与效果评价。

**考核指标:** 建立典型冲击地压时空演化模型, 危险区域识别准确率  $\geq 90\%$ ; 三向应力监测传感装置试验寿命  $\geq 20\text{a}$ , 全矿井重点区域应力场容许误差  $\leq 5\%$ ; 全尺度覆岩结构分辨率  $\leq 2\text{m}$ , 误差  $\leq 2\% \text{FS}$ ; 厚硬岩层井上与井下应力协同控制技术, 控制深度  $\geq 1000\text{m}$ 、半径  $\geq 200\text{m}$ , 井下控制垂高  $\geq 200\text{m}$ , 区域应力分布不均匀系数下降  $\geq 50\%$ ; 抗冲击自适应支护装备, 工作阻力  $\geq 8000\text{kN}$ , 让位位移  $\geq 300\text{mm}$  且断面收缩量  $\leq 20\%$ ; 分别在不少于 1 处新建、正在生产的冲击地压矿井示范应用, 应用时间不少于 6 个月, 冲击地压事故零发生; 制修订国家/行业标准 (送审稿) 不少于 5 项, 煤矿冲击地压源头防治技术规范 (送审稿) 不少于 2 项。

### **8.2 煤矿灾害融合监控与决策数字化关键技术装备及示范应用**

**研究内容：**为解决现有煤矿安全监控系统不满足“云边端”一体化智能监控要求、数字化决策支撑不足等问题，研究煤矿典型灾害监控数字孪生技术；研发爆炸性气体、粉尘精准感知及煤矿安全信息传感器智能化技术；研发煤矿安全隐患图像智能识别技术及装备；研发工作面安全风险边缘协同管控技术及装备；研发煤矿灾害监控融合与智能决策平台并示范。

**考核指标：**构建煤矿两种以上典型灾害监控数字孪生模型，准确性 $\geq 80\%$ ； $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{C}_2\text{H}_2$ 、 $\text{C}_2\text{H}_4$ 等传感器，具备自动校准、诊断、描述、识别及自适应和互操作等特性，本安带载距离 $\geq 6\text{km}$ 的全IP传感层组网，传感器协同响应时延 $\leq 100\text{ms}$ ， $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}$ 传感器实现零误报； $\text{CO}$ 传感器分辨率 $1 \times 10^{-6}$ 、误差为真值的 $\pm 3\%$ 以内， $\text{C}_2\text{H}_2$ 、 $\text{C}_2\text{H}_4$ 传感器分辨率 $0.1 \times 10^{-6}$ 、误差为真值的 $\pm 10\%$ 以内，呼吸尘浓度传感器测量范围 $0 \sim 100\text{mg}/\text{m}^3$ 、测量误差 $\leq 10\%$ ，设备保护级别Ma级（EPL Ma）；煤矿安全隐患图像智能识别装备，实现采掘扰动、巷道形变、浮煤堆积等10种以上典型隐患的自动识别，准确率 $\geq 95\%$ ；工作面安全风险边缘协同管控装备，实现瓦斯积聚、异常涌出等风险就地判识，准确率 $\geq 90\%$ ；煤矿灾害监控融合与智能决策平台，具备多灾害监控融合、避灾规划等功能，平均无故障时间 $\geq 10000\text{h}$ ；建设全矿井多灾害监控融合与数字化决策示范工程2处，应用时间不少于6个月；制修订国家/行业标准（送审稿）不少于3项。

### 8.3 陆上超深油气井井喷防控关键技术装备及示范应用

**研究内容：**为解决我国超深油气井井喷风险预警时效性差、溢流井涌处置失败率高等问题，研发近钻头、井筒和井口多源信息感知与融合的井喷风险智能监测预警技术及装

备；研究井控设施全方位完整性检测、监测技术；研发溢流井涌抢接井口机器人与远程智能一体化关井技术及装备，研发压井处置决策支持与控制系统。

**考核指标：**井喷风险智能监测预警装备，可实现井漏、气侵和溢流等复杂情况的自主辨识，可测最小井下钻井液含气率达 1%，预警准确率 $\geq 90\%$ ，适用于国内超深油气井；井控设施完整性检测、监测技术，实现关键结构早期损伤在线可视化智能评判，可辨识  $5\mu\text{m}$  宽裂纹、深度 $\leq 5\%$ 壁厚缺陷和  $10\text{ml/s}$  泄漏，监测诊断准确率 $\geq 95\%$ ；智能化溢流井涌处置系统，具备井涌状态下自主识别井口、对中旋接工具及远程关井能力，对中精度 $\leq 0.4\text{mm}$ 、额定扭矩 $\geq 35\text{kN}\cdot\text{m}$ ，抢接井口作业时间 $\leq 45\text{s}$ ，成功率 $\geq 98\%$ ；压井处置决策支持与控制系统，压力控制误差 $\leq 50\text{psi}$ ；在川渝或新疆地区主力油气田示范应用不少于 10 井次，应用时间不少于 6 个月。

## **任务 9 城市建设与运行安全风险监测和防控技术**

### **9.1 超高层建筑风险排查与幕墙替换技术及装备**

**研究内容：**为解决超高层建筑运行风险隐患辨识率低、外围护损伤检测效率低、高空幕墙应急替换难度大等问题，研发超高层建筑围护损伤、风振摆动、电气老化等隐患排查数据平台，基于机器学习的建筑智能化风险评级和预警技术；研发超高层建筑外部隐患巡检筛查图像光感快速定位与等距高清超稳扫描精准识别技术装备；研发受损幕墙构件面板应急加固技术、单元式幕墙整体高效拆除及替换技术装备。

**考核指标：**超高层建筑安全隐患排查数据平台，包含不少于 3 类隐患 100 栋样本建筑的 5000 项风险数据信息；建筑智能化风险评级和预警技术，包含不少于开裂、变形、锈

蚀、老化等 20 项评价指标和 5 级安全预警状态指标，智能化评级预警算法准确率 $\geq 95\%$ ；建筑外部隐患巡检筛查图像光感快速定位装备，外部全局筛查速度 $\geq 2000\text{m}^2/\text{h}$ ，高风险松动、破损等损伤识别准确率 $\geq 90\%$ ；等距高清超稳扫描精准识别装备，图像检测精度 $\leq 0.1\text{mm}$ ；单元式幕墙整体高效拆除与替换技术，700kg 以下幕墙单一板块现场整体拆除替换时间 $\leq 3\text{h}$ ；制修订超高层建筑风险排查检测与幕墙替换技术团体标准（送审稿）2 项，申请发明专利不少于 2 项，在不少于 2 个典型超高层建筑开展风险排查与幕墙替换技术示范应用，应用时间不少于 6 个月。

## 9.2 城市燃气设施泄漏事故防控关键技术及装备

**研究内容：**面向城市燃气泄漏事故风险防控需求，研究城市燃气系统泄漏在线监测与智能预警技术；研究城市燃气管道焊缝缺陷内部智能检测与服役状态研判技术；研发城市燃气系统泄漏地上面源探测与监测预警装备；研发城市燃气泄漏后甲烷“消纳-抑爆”一体化技术装备；研发城市燃气管道在线快速阻泄固连技术装备。

**考核指标：**全域燃气系统泄漏在线监测优化布点技术规范，布点距离 $\geq 25\text{m}$ ，高风险点识别率 $\geq 90\%$ ；全域燃气泄漏在线监测联网系统，灵敏度优于  $0.03\%V$ ，预警响应时间 $\leq 5\text{s}$ ；DN150 以上中低压钢质管道焊缝缺陷自驱动在线内检测装备，运行速度 $\geq 1\text{m/s}$ ，爬坡角度 $\geq 90^\circ$ ，焊缝（提离 5mm）错边灵敏度 0.2mm，可检最小裂纹 5mm（长） $\times$ 0.3mm（深）；高精度移动式燃气巡检技术装备，可检 2 类气体，灵敏度优于 10ppbv，检测频率 $\geq 10\text{Hz}$ ，巡检速度 $\geq 60\text{km/h}$ ；泄漏燃气“消纳-抑爆”一体化技术装备，微纳胶囊粒径 $\leq 500\text{nm}$ ，吸收  $\text{CH}_4 \geq 4\text{L/kg}$ ；燃气管道在线快速阻泄固连装备，连续工作



时长 $\leq 2.5\text{h}$ ，DN110 以上 PE 管材曲面热熔深度 $\geq 3\text{mm}$ ；制修订国家/团体标准（送审稿）4 项；在不少于 3 个城市示范应用，应用时间不少于 6 个月。

## **任务 10 交通运输和物流安全风险监测预警与防控技术**

### **10.1 口岸危险物质快速检测设备及移动实验室**

**研究内容：**为解决口岸入境货物藏匿危险物质精准查发问题，研发危险化学品多重危害智能施检系统及便携式鉴定与身份识别装备；研发多模多谱耦合现场快速检测装备；研发高灵敏质量分析与高特异性生化传感智能化系列探测装备；集成各型现场与走航装备，研发集成装备平台与适用于岸边直提作业的高机动性多场景适应的移动实验室，在典型口岸示范应用。

**考核指标：**危险化学品易燃性、毒性、腐蚀性等物理危害、健康危害和环境危害智能施检模型不少于 5 个，危险化学品鉴定识别装备检出识别时间 $< 30\text{min}$ ，识别准确率 $\geq 99\%$ ；固废现场鉴别排查装备，可检测聚合物、矿产品、再生金属等 3 类商品 50 种品种以上，危废排查覆盖易燃、腐蚀、毒性等 3 类废物的 10 个品种，鉴别排查准确率 $\geq 95\%$ ，现场鉴别与排查时间 $< 5\text{min}$ ；智能化探测装备，目标定位精度 $\leq 2\text{cm}$ ，信号响应时间 $\leq 30\text{s}$ ，单次探测时间 $< 3\text{min}$ ，探测准确率 $\geq 85\%$ ；移动实验室，满足海运和陆路等不同口岸差异化模块化应用需求，可在四级公路上运输，平均故障里程 $> 3000\text{km}$ ，在加速度 $100\pm 20\text{m/s}^2$ 、持续时间 $16\pm 2\text{ms}$ 的冲击后可正常工作，内外舱温差达 $25^\circ\text{C}$ 时的传热系数 $\leq 1.2\text{W}/(\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$ ，包含不少于 3 类危险货物查验的功能分区，洁净度 $\geq 8$ 级，可同时满足危险化学品、固废筛查和违禁品并发查验作业，在不少于 2 类业务场景模式下示范应用；制订危险化学品探测、固废筛查

与违禁品现场查发相关行业标准（送审稿）不少于 8 项，申请发明专利不少于 5 项。

## 10.2 航班运行安全预警与辅助决策技术

**研究内容：**为解决复杂飞行多故障征候叠加情况下航班飞行安全风险实时监测、预警与辅助决策的问题，研发符合适航标准的航班飞行数据实时采集和传输设备；研发基于实时数据的飞机故障识别、航路高风险天气和机组疲劳实时预警模型；研发基于航班实时飞机故障数据、高风险天气信息、机组疲劳信息的航班飞行安全风险监测、预警与辅助决策系统。

**考核指标：**机载实时采集和传输设备，可采集风险分析所需要的飞机飞行数据关键参数 $\geq 200$ 项，采集频率 $\geq 1\text{Hz}$ ，下载时间 $\leq 3\text{s}$ ，平均无故障时间（MTBF） $> 10000$ 小时，在国产 ARJ21 飞机取得补充型号合格证，在波音 B737NG 和空客 A320 机型取得适航装机批准；基于实时数据的飞机重大故障识别准确率 $\geq 80\%$ ；实现航路雷暴、结冰、晴空紊流三种以上高风险天气告警信息地空高效双向传输，时延时间 $< 2\text{min}$ ；监测、预警与辅助决策系统，典型风险识别总时间 $< 2\text{min}$ ，实时监测处理能力 $\geq 100$ 架飞机；在 500 个航班以上开展示范应用。

## 任务 11 火灾高效预防与扑救关键技术

### 11.1 高稳定性环保泡沫灭火剂研发及示范应用

**研究内容：**为解决成膜型泡沫灭火剂中的全氟辛烷磺酸盐（PFOS）组分被国际环境公约限用、替代技术亟待开发的问题，研究氟表面活性剂等关键组分对灭火性能的影响机理，研究面向 PFOS 替代的泡沫灭火剂环保性能评价和控制技术，开展不含 PFOS 类物质的泡沫灭火剂配方设计；为解

决泡沫灭火剂在可燃液体、固体表面持续稳定保持灭火能力问题，研究泡沫基质、发泡方式、可燃物特性、热辐射强度等因素对泡沫理化性能和灭火性能的影响规律及其控制技术，研制可同时适用于现有泡沫灭火系统的通用型高稳定泡沫灭火剂；针对研发的系列灭火剂，开展规模化生产工艺与应用技术研究，开展应用示范。

**考核指标：**筛选不含 PFOS 类物质的成膜型泡沫灭火剂不少于 3 种，均满足消防行业应用要求以及《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》要求，适用于现有固定灭火系统；通用型高稳定泡沫灭火剂，不含 PFOS 类物质，标准条件下 25%析液时间 $\geq 180\text{min}$ 、在树冠可燃物上 50%保有量时间 $\geq 60\text{min}$ ，灭标准油盘火及丙酮火 25%抗烧时间 $\geq 60\text{min}$ 、90%控火时间 $\leq 1.5\text{min}$ （橡胶工业用溶剂油、纯度不低于 99%工业丙酮），灭沸溢性油品火时间 $\leq 3\text{min}$ （燃烧油品表层温度 $\geq 150^\circ\text{C}$ 、油层厚度 $\geq 15\text{cm}$ 、预燃时间 $\geq 10\text{min}$ 、油盘面积 $\geq 4.52\text{m}^2$ 、泡沫液流量  $11.4\text{L}/\text{min}$ ），同样试验条件下的控火能力是使用现有同规格泡沫灭火剂的 2 倍以上，适用于现有移动消防装备、固定/半固定灭火系统扑救极性/非极性液体火灾、建筑火灾、森林火灾等；针对研发的系列泡沫灭火剂建立产品规模化生产工艺参数和质量控制方法，产品价格较进口同类产品低 30%以上；制修订国家/团体标准（送审稿）不少于 2 项，针对原油储备库等大型石油化工火灾及大型建筑火灾扑救，在不少于 3 个省级消防救援队伍开展应用示范。

## 11.2 系留式大载荷灭火无人机

**研究内容：**面向超高层建筑火灾快速响应与高效扑救需求，研究强环境风影响下灭火剂精准喷射技术与立体火快速扑灭技术，研制超长距离垂直输送喷射系统，研发基于无人

机的超高层建筑玻璃幕墙破拆系统，研制大载荷系留式灭火无人机。

**考核指标：**大载荷系留式灭火无人机平台，净载荷 $\geq 150\text{kg}$ ，有效灭火高度 $\geq 250\text{m}$ ，连续灭火时间 $\geq 8\text{h}$ ，可搭载喷射系统、破玻系统等模块，具备空中侦检预警、输送物质、多机协同等作业功能，综合抗风能力 $\geq 6$ 级；垂直输送喷射系统，可喷射水、泡沫、干粉等灭火剂，灭火剂喷射有效距离 $\geq 20\text{m}$ ，灭火剂输送流量 $\geq 200\text{L}/\text{min}$ ；玻璃幕墙破拆系统，重量 $\leq 15\text{kg}$ 、破拆距离 $\geq 20\text{m}$ 、厚度 $12\text{mm}$ 双层夹胶玻璃破拆时间 $\leq 15\text{min}$ ，具备现场图像信息实时采集及传输功能，可自动及人工控制灭火剂喷射位置，控制精度不低于 $0.3\text{m}$ ，破拆同时可有效控制火灾或灭火；制修订国家/行业标准（送审稿）不少于1项；在3类以上外墙结构超高层建筑的消防演练中进行示范应用。

### 11.3 高效自动喷水灭火系统研发及示范应用

**研究内容：**为解决冷链仓库、寒冷地区仓库、室内冰雪活动场馆等低温场所的火灾早期扑救问题，研究上述场所火灾演化机理与蔓延规律以及灭火系统优化布点技术；研究自动灭火系统早期主动精准启动技术，研发适用于室内冰雪活动场所的防冻型高效自动喷水灭火系统，开展相关应用技术研究；研发超大流量仓库特殊应用喷头，研发适用于低温仓库的广域快速响应自动喷水灭火系统，开展相关应用技术研究。

**考核指标：**研发不少于2种低温环境快速响应自动喷水灭火系统，适用最低环境温度 $\leq -18^\circ\text{C}$ ，系统从接收联动信号至喷水的时间 $\leq 90\text{s}$ ；适用于室内冰雪活动场所的防冻型高效自动灭火系统保护高度 $\geq 18\text{m}$ ；适用于低温仓库保护的超大

流量低温环境自动灭火系统,可有效保护净空高度 $\geq 13.5\text{m}$ 的仓库,喷头流量系数 $\geq 480$ ,喷水强度 $\leq 40\text{L}/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$ ;制修订自动喷水灭火相关行业/团体标准(送审稿)不少于1项;灭火系统在不少于2个室内冰雪活动场所或低温仓库中示范应用。

## **任务 12 特种设备安全风险监测预警与事故防控技术**

### **12.1 高温承压设备损伤精准检测技术装备研发及示范应用**

**研究内容:**为解决高温承压类特种设备关键部位损伤在线精准检测与评估问题,研发电磁超声相控阵成像检测技术与装备;研发高频电磁超声导波成像检测技术与装备;研发磁声多参数检测技术与装备;研发关键参数校准技术及装备;研究基于在线检测数据的不停机检验与安全评估方法。

**考核指标:**电磁超声相控阵成像检测装备,适用最高温度 $550^{\circ}\text{C}$ ,工作带宽 $0.5\text{MHz}\sim 8\text{MHz}$ ,发射/接收16通道,检测深度 $20\text{mm}\sim 60\text{mm}$ ,灵敏度优于 $\Phi 1\text{mm}$ 横通孔;高频电磁超声导波成像检测装备,适用最高温度 $550^{\circ}\text{C}$ ,工作带宽 $1\text{MHz}\sim 5\text{MHz}$ ,任意波形线性放大功率 $7.5\text{kW}$ , $0.5\text{m}$ 范围内体积缺陷检测灵敏度优于 $\Phi 2\text{mm}\times 50\%$ 壁厚平底孔;磁声多参数检测装备,适用最高温度 $400^{\circ}\text{C}$ ,具有磁巴克豪森、磁滞等效效应测量功能,重复测量稳定性 $\geq 95\%$ ;关键声学参数计量标准装置,温度 $20^{\circ}\text{C}\sim 550^{\circ}\text{C}$ 范围内,声速测量不确定度 $\leq 5\%$ ( $k=2$ ),声衰减测量不确定度 $\leq 10\%$ ( $k=2$ );制修订国家/行业标准(送审稿)2项、计量校准规范(送审稿)1项;制修订不停机检验与安全评估方法导则2项;在20套以上高温承压类特种设备不停机检验检测中示范应用。

### **12.2 高风险工业管道损伤智能检测技术装备研发及示范应用**

**研究内容：**为解决石油化工、煤化工装置高氯、高硫及高酸等高风险工业管道长周期运行安全保障问题，研究流动腐蚀、多相流冲蚀、湍流振动等损伤评价技术，失效风险量化评价方法及模拟测试装置；研究基于大数据的工业管道局部腐蚀时空变化趋势预测与预防控制技术；研发小管径自爬行内检测技术及装备；研发高精度角焊缝内部缺陷自动外检测技术及装备；研究工业管道高温膨胀节部件损伤与法兰密封泄漏的智能监测及诊断评估技术。

**考核指标：**煤化工管道多相冲刷与腐蚀耦合损伤测试装置，在压力0~4MPa、温度10~150℃、流速1~100m/s、介质为气液固三相并包含硫、氯等成分的环境中，连续运行周期≥48h；含硫、氯、酸等复杂介质的石油化工装置高风险工业管道局部腐蚀时空变化趋势预测与预防控制技术，腐蚀预测准确率≥85%，预防技术平均能降低腐蚀速率≥20%；工业管道小管径自爬行内检测装备，适用最小公称直径100mm，行走速度≥3m/min，爬行距离≥100m，爬坡能力-90°~+90°，壁厚检测灵敏度0.1mm、检测精度±0.1mm，裂纹检测灵敏度5mm（长）×0.5mm（深）、检测精度±0.2mm；小口径接管角焊缝内部缺陷自动外检测装备，适用最小公称直径25mm，角焊缝内表面裂纹检测灵敏度5mm（长）×0.5mm（深）、检测精度±0.2mm；高温膨胀节损伤状况监测诊断技术，适用介质温度≥350℃，剩余寿命评估精度在2倍误差带以内；高温法兰密封泄漏状况监测诊断技术，适用最高介质温度480℃，泄漏率预测准确率≥80%；制修订国家/行业标准（送审稿）不少于3项；每项成果示范应用不少于2个用户。

### **12.3 超大型游乐设施与客运索道高空无人智能检测技术及装备**

**研究内容：**为解决超大型游乐设施和客运索道高空不可达区域的检测难题，研究检测路径智能规划、机械加持臂稳定控制和多参数检测接口自识别技术，研发高空无人智能检测搭载平台；研发结构全尺寸形变、油漆层下裂纹和应力无人非接触检测技术与模块；研发无人空气耦合电磁检测技术与模块。

**考核指标：**高空无人智能检测搭载平台，自动识别检测模块不少于2个，检测结构最大高度 $\geq 160\text{m}$ ，单次检测最大长度 $\geq 3\text{km}$ ，适应最大风速 $15\text{m/s}$ ，续航时长 $\geq 2\text{h}$ ，悬停动态偏差 $\leq 10\text{mm}$ ；超大型游乐设施金属结构高空无人检测模块，可检出最小位移角 $1/1000$ 的整体结构形变、带油漆层最小表面开裂尺寸 $10\text{mm}$ （长） $\times 0.5\text{mm}$ （深）、异常声响与发热定位精度优于 $0.1\text{m}$ 、 $0.1\text{m}$ 间距下非接触应力测量最小分辨率 $1\text{MPa}$ ；长跨距固定式钢索高空无人检测模块，可检出1根断丝或 $\geq 3\%$ 截面损失量的磨损；制修订高空无人检验评价相关安全技术规范（送审稿）1项、国家/行业标准（送审稿）5项；无人智能检测平台并搭载两种检测模块在5台以上超大型过山车、摩天轮和长跨距客运索道上开展示范应用。

## **任务 13 重大基础设施风险防控技术**

### **13.1 中俄管道重大风险防控与安全保障关键技术及示范应用**

**研究内容：**为解决中俄管道本体失效及泄漏爆炸等重大事故风险防控问题，研究管道失效机理及载荷、缺陷、材料性能综合影响下全生命周期可靠性评价技术；研发磁电融合内检测技术及装备；研究管土交互耦合作用健康失效演化规律，研发高后果区天空地一体化监测技术与装备，研究地质灾害风险多维评价方法及预警预报技术；研究中俄管道管网

多源异构数据融合挖掘利用技术与安全运行知识体系，研发安全保障智能决策平台并示范应用。

**考核指标：**揭示 1422 mm、X80 天然气管道失效机理；磁电融合内检测装备，检测管径为 1422 mm，环焊缝类裂纹缺陷检出率 $\geq 90\%$ ，应变在线检测精度为检出率 90%时达到  $200\mu\epsilon$ ；管土交互耦合模型误差 $\leq 20\%$ ，天空地一体化监测系列装备，对管道泄漏、第三方挖掘破坏和非均匀沉降等典型危险事件识别准确率 $\geq 90\%$ ；安全保障智能决策平台，具有管网可靠性评价、动态风险评价、地质灾害预警预报、智能应急支持等功能，满足  $1.0\times 10^5\text{km}$  级别大型管网的工业应用；制定国际/国家/行业标准（送审稿）不少于 4 项，申请发明专利不少于 15 项；在中俄输气管道等国家重点工程示范应用，应用时间不少于 6 个月。

### **13.2 城市轨道交通运营重大风险防控关键技术装备研发及示范应用**

**研究内容：**为解决城市轨道交通火灾、异物侵限、水淹和诱发性网络大客流等重大风险难以精准监测防控的问题，研发长大区间运行列车火灾全景扫描式监测预警技术；研究远距离、高速度、低照度条件下的车地协同超视距动态精准识别技术；研究突发水淹隧道内全流径时空快速预警系统，研发高设防压力挡水装备；研究网络客流快速精准预测及诱导路径重构技术。

**考核指标：**列车火灾全景扫描监测预警系统，在列车速度为 120km/h 时，车底、车顶起火部位定位误差 $\leq 0.1\text{m}$ ，全场温度监测误差 $\leq 0.5^\circ\text{C}$ ；超视距识别系统，在列车速度为 120km/h 时，辨识列车前方直线 500m 处、不小于  $400\text{mm}\times 600\text{mm}$  物体的准确率 $\geq 90\%$ ，制动指令生成时间



≤0.5s；突发水淹预警系统，对隧道内水淹全流径时空态势预测准确率≥95%，预测用时≤90s；满足 U 型槽、出入段线、风井等薄弱部位无渗漏要求的专用挡水装备，设防水压≥40kPa；网络客流动态推演预警引导系统，在单线运营中断场景下，对 15min 后网络潜在大客流位置、规模的预测准确率≥90%，预测用时≤90s，诱导路径重构用时≤90s；申请发明专利不少于 5 项，制修订行业/团体标准（送审稿）不少于 3 项；成果在不少于 1 条全自动运行线路上（长度≥20 km）集成示范应用，应用时间不少于 6 个月。

### **13.3 大跨公路桥梁涡激共振防控关键技术及装备**

**研究内容：**为解决大跨桥梁涡激共振风险难以预测防范、处置难度大等问题，研究涡振动力灾变行为、效应计算方法 and 风险辨识评估技术；研究复杂模态参数测试识别技术，研发大振幅、高频宽自主激励装备；研究涡激共振的触发机制、响应特征及在线智能预测预警技术；研究大跨桥梁涡振控制的理论方法、工程技术及高效抑振装备。

**考核指标：**揭示典型风场环境大跨度桥梁的涡激共振致灾规律；涡激共振风险要素的辨识方法，辨识准确率≥90%；涡激共振仿真分析系统，验证精度≥95%；振动自主调频激励装备，有效激励振幅≥30cm，调频范围 0.1~3.0Hz；涡激共振风险防控一体化智能监测预警系统，预警前置时间≥1h，准确性≥95%；模块化快速拼装抑振装备，抑振后 1h 内减小振幅≥95%；制修订行业/团体标准（送审稿）不少于 2 项；申请发明专利不少于 10 项；在不少于 30 座大跨度（跨径大于 400m）公路桥梁上示范应用。

### **13.4 库坝系统自然灾害损害快速诊断与防控关键技术装备**

**研究内容：**围绕高坝大库库坝系统自然灾害损害监测诊

断、深水作业及快速修复等问题，针对库坝系统自然灾害应急处置材料储备决策及深水作业技术、损坏数值识别及场景构建技术、震损快速精准诊断技术及泄水建筑物快速修复技术等关键问题开展研究。研制库坝系统深水检测技术装备，研制库坝系统自然灾害损害应急处置材料储备决策与深水作业关键技术装备；开发自然灾害冲击荷载与动静水压耦合作用下的库坝及附属建筑物系统特性演化模型，研制高坝大库自然灾害损坏数值识别及场景构建技术；开发库坝系统及附属建筑物震损快速精准诊断系统及泄水建筑物快速修复技术装备；研制高坝大库自然灾害损害快速诊断与防控技术与材料清单及集成应用技术体系，编制高坝大库自然灾害损害快速诊断与防控技术导则。

**考核指标：**库坝系统深水检测技术装备可满足 300m 级的检测，库坝系统及附属建筑物自然灾害损害快速精准诊断系统，单库诊断时间<24 小时，精度 $\geq 90\%$ ，并在 2 个以上大型水库得到示范应用；研制库坝系统自然灾害损害应急处置材料储备决策与调度系统，调度时效<24 小时；深水作业关键技术装备可满足水下切割、清淤、钻孔、修补加固等应急抢险功能，作业单元功率 $\geq 30\text{kW}$ ，连续作业时间 $\geq 10\text{h}$ ；库坝及附属建筑物系统瞬态力学特性变化数值模型，库区模拟分辨率为米级，挡水建筑物和附属建筑物模拟分辨率为厘米级，模拟精度 $\geq 85\%$ ；高坝大库自然灾害损害数值识别准确率 $\geq 80\%$ ，构建 100 种以上自然灾害和动静水组合工况作用场景及损坏模式；泄水建筑物快速修复技术装备，泄水能力能修复到设计能力的 80%且时间 6 小时以内；高坝大库自然灾害损害快速诊断与防控技术与材料清单和集成应用技术体系，得到行业主管部门的采用；高坝大库自然灾害损害快速诊断

与防控技术导则得到行业主管部门组织的审定。

### **13.5 中小流域堤坝群致灾的数字孪生模型与防控**

**研究内容：**围绕极端暴雨和特大洪水导致的中小流域堤坝群安全防控和应急处置难题，针对堤坝群致灾数字孪生模型与仿真模拟平台、多要素监测预警复杂险情快速处置技术与材料等关键问题开展研究。研究中小流域堤坝群潜在致灾机理和可能失效模式，构建中小流域堤坝群数字孪生模型；研究物理流域与数字流域之间的动态实时信息交互与深度融合技术，构建中小流域堤坝群仿真模拟平台；研制中小流域堤坝变形监测关键装置和堤坝群变形多要素监测系统；研编中小流域堤坝群复杂险情应急处置技术与装备清单，研制复杂险情应急处置集成技术；研制中小流域堤坝群复杂险情应急处置材料。

**考核指标：**中小流域堤坝群数字孪生模型与仿真模拟平台，需具有极端暴雨和特大洪水作用下预报、预警、预演、预案的智慧化数值模拟功能，响应时间在 1 小时以内，并在 2 个以上中小流域得到业务化应用。中小流域堤坝变形监测关键装置，监测精度达到毫米级；中小流域堤坝群变形多要素监测系统，可实现北斗/GNSS、雷达水位计、雨量计等多源传感器数据采集和传输。中小流域堤坝群复杂险情应急处置技术与装备清单，需涵盖 200 种以上技术与装备的主要技术经济指标；复杂险情应急处置集成技术 $\geq 10$  种，并得到验证。堤坝群复杂险情快速处置材料，固化时间 $< 10\text{min}$ ，固化后抗压强度 $\geq 20\text{MPa}$ ，固化后抗渗等级 $\geq \text{P10}$ 。

## **任务 14 现场保障技术与装备**

### **14.1 地下空间多视域立体化灾情侦测与衍生灾害应急处置关键技术及装备**

**研究内容：**针对地下重大突水突泥、围岩垮塌等应急处置难题，围绕地下作业空间受限、装备短缺、决策盲目的现实问题，对地下和遮蔽空间灾情信息的分布式光纤声波探测和解译成像、无人机精准探测、随钻精细探测、多视域立体化灾情侦测预警、应急难题抢修等关键内容开展研究。研制面向地下和遮蔽空间灾情信息感知的分布式光纤声波传感仪器装备与组网技术，并据此进行光纤信号处理、解译与成像技术的深入探究；研究无人机电磁和随钻地球物理精细探测技术装备，进一步建立“空-天-地-孔”相结合的地下和遮蔽空间多视域立体化灾情侦测与衍生预警技术系统；开展超长钻注装备等地下空间重大突水突泥、围岩垮塌等应急处置难题开展抢修关键技术装备系列研究，并开展示范应用，研编技术指南。

**考核指标：**分布式光纤声波传感技术要求空间分辨率 $<3\text{m}$ ，观测频率范围覆盖 $0.01\sim 500\text{Hz}$ ，支持传感光缆长度 $\geq 50\text{km}$ ，测量自噪声水平 $>10\text{p}\epsilon/\text{Hz}^{1/2}$ ，国产化率 $>90\%$ ；提交地下空间灾情信息感知的分布式光纤信号处理、解译与成像技术软件，单次可进行的处理面积 $\geq 200\text{km}^2$ ，并获得 $0\sim 2\text{km}$ 深度多尺度三维速度结构模型， $0.5\text{km}$ 深度之上的模型横向分辨率 $<1\text{km}$ 、 $100\text{m}$ 深度之上的横向分辨率 $<50\text{m}$ ，并在2个城市进行示范应用；无人机电磁探测技术装备覆盖半径 $\geq 5\text{km}$ ，最大探测深度 $>500\text{m}$ ；随钻地球物理精细探测技术装备表观检测精度 $<1\text{mm}$ 、内部检测精度 $\leq$ 分米级；地下和遮蔽空间多视域立体化灾情侦测与衍生预警技术系统，灾情侦测精度 $\geq 85\%$ ；地下重大突水突泥、围岩垮塌预警准确率 $\geq 80\%$ ，在2项以上国家级重大工程中得到应用；地下重大突水突泥、围岩垮塌抢修关键技术装备 $\geq 3$ 套，满足灾源定向封堵、围岩

快速加固、通道高效破障的要求，其中超长钻注装备岩层钻注距离 $\geq 1000\text{m}$ ，深度 $\geq 100\text{m}$ ，定位精度 $\geq 40\text{cm}$ 。

## 14.2 天空地一体化的应急救援通信指挥关键技术及装备

**研究内容：**面向森林草原火灾、地震和地质灾害救援，研究现代化应急救援指挥理论体系；针对公网瘫痪、道路损毁、电力中断、复杂地形、恶劣气象条件下应急通信保障难题，研发轻便、大规模组网、快速部署的自主可控应急通信组网装备和云基站，研发基于语音智能和混合现实的单点搜救目标信息采集及救援方案模拟的智能救援终端，研发基于高空长航时无人机自主可控宽带卫星及专网通信装备，研发低成本自主可控轻型车载动中通宽带卫星通信装备；研究高点监测和卫星图传的城镇分区灾害毁损扫描和重点救援城区智能判别装备，研发基于北斗定位的建构筑物位移监测芯片；研究灾害态势演变模型，研发基于情景推演的应急预案系统；研发基于多源异构信息融合的情报搜集分析与服务系统，研发感知、通信、决策、指挥一体化的全息实景作战指挥平台和指挥通信终端。

**考核指标：**构建现代化应急救援指挥理论体系；应急通信组网装备支持网络节点数 $\geq 100$ 个，两节点通信带宽 $\geq 120\text{Mbps}$ ，两节点通信距离 $\geq 20\text{km}$ ；智能救援终端重量 $\leq 4\text{kg}$ ，工作环境温度： $-20^{\circ}\text{C}\sim +60^{\circ}\text{C}$ ；机载卫星通信带宽 $\geq 80\text{Mbps}$ ，整机功耗 $\leq 800\text{W}$ ；车载动中通卫星通信带宽 $\geq 80\text{Mbps}$ ，重量 $\leq 20\text{kg}$ ，厚度 $\leq 60\text{mm}$ ；机载专网通信覆盖范围 $\geq 100\text{km}$ ，带宽 $\geq 4\text{Mbps}$ ；大区域高点监测范围 $\geq 4\text{km}$ ，报警延时 $\leq 1$ 小时，建构筑物位移监测精度优于 $10\text{cm}$ ；应急预案系统具备态势推演、作战标绘、战例复盘功能；情报搜集分析与服务系统具有多信息汇聚、灾变隐患在线监测、预警情报智能分析功能，

情报分析模型 $\geq 5$ 个；全息实景作战指挥平台支持 $\geq 300\text{km}^2$ 部件级三维实景流畅展示，支持 $\geq 30$ 种传感器，支持 $\geq 1000$ 个传感器同时接入，具备灾情研判、实景标绘、通信调度、辅助决策等功能；在不少于3个省的消防救援总队开展应用示范。

### 14.3 机动宿营保障关键技术及装备

**研究内容：**研究新型轻质防火保温材料关键技术和规模化制备工艺，研究适应低电压的电热转化材料及其制备技术，研发一体化辐射采暖装置和轻量化宿营保温帐篷；研制小型自发电便携式寒区净水装置；研制可模块化组合、多能源驱动的制氧供氧装备；研究污水高级氧化及膜分离耦合技术，研制移动式高效污水处理与回用装备；研究多能源多目标优化主动均衡技术，研制小型自适应均衡电源输出设备。

**考核指标：**帐篷用防火保温材料，密度 $\leq 10\text{mg}/\text{cm}^3$ ，泊松比 $\leq 1 \times 10^{-4}$ ，弹性压缩应变 $\geq 95\%$ ；采暖装置，红外辐射转换率 $\geq 75\%$ ，耐弯折次数至少为1000次；宿营保温帐篷住宿面积 $\geq 30\text{m}^2$ ，保温内胆耐火极限时长 $\geq 0.5\text{h}$ ，重量 $\leq 90\text{kg}$ ，环境温度 $\leq -25^\circ\text{C}$ 、海拔高度 $\geq 3000\text{m}$ 的条件下，帐篷内的温度 $\geq 20^\circ\text{C}$ ；小型自发电便携式寒区净水装置，质量 $\leq 30\text{kg}$ ，产水量 $\geq 30\text{L}/\text{h}$ ，出水水质满足生活饮用水卫生标准；制氧吸附剂，在 $1\text{atm}$ 、 $25^\circ\text{C}$ 条件下氮气吸附量 $\geq 26\text{ml}/\text{g}$ ，氮氧分离因子 $\geq 12$ ，氧气回收率 $\geq 55\%$ ，海拔 $3000\text{m}$ 、制氧浓度 $\geq 90\%$ 时氧气制备能耗 $< 1.4\text{kWh}/\text{m}^3$ ，太阳能、风能等绿色能源达到制氧用能的50%以上；污水装置，处理能力 $\geq 15\text{t}/\text{d}$ ，中水回用率 $\geq 20\%$ ，装置体积 $\leq 0.8\text{m}^3$ ，重量 $\leq 400\text{kg}$ ，废水处理耗能 $\leq 6\text{kWh}/\text{m}^3$ ，出水水质满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918）中一级B标准；小型自适应均衡输出设备，工作可靠性

≥99.99%，供电电压偏差率≤5%；在环境温度≤-25℃、海拔高度≥3000m 环境集成示范应用，户外连续无故障运行时间≥8d。

## 任务 15 抢险救援技术与装备

### 15.1 进藏通道应急抢通关键技术及装备

**研究内容：**为解决进藏通道在恶劣气候条件下的保通迫切需求，研究恶劣环境条件下交通运行风险辨识与快速评估关键技术；突破无信号区域海量数据长距离混合传输技术，研发激光/微波混合大数据传输路侧装备，形成“空天地”一体化快速发现与高精度预警体系；研发灾害事故抢通大型运输平台及具有破/清障、除冰多功能模块的无人化专用组件；研发全天候、高机动性移动应急救援信息系统和综合应急保障平台。

**考核指标：**建立通道沿线高寒、高海拔、滑坡、崩塌、水毁等灾害对交通运行风险的预警分级指标并形成技术规范；形成通道区域“空天地”监测装备布设技术，无信号区域沿线激光/微波装备传输速率≥10Gbps、传输距离≥10km，突发事件监测预警响应时间≤5min，重大突发事件识别准确率≥95%；大型运输平台，自重≤14t、净载重≥8t，在海拔高度大于 5000m、温度适应-41℃以下工况，满足公路行驶条件（线形、荷载），最大爬坡能力≥45%、支持无人化作业循迹控制精度≤0.5m；作业抢通装置，破碎冲击功≥1100J、除冰效率≥ $1.2 \times 10^5 \text{m}^2/\text{h}$ ；移动应急救援系统，单一事件（灾害、事故）监测持续时间≥48h、获取地理建模数据精度≤3cm、监测范围≥20km；制修订相关行业/团体标准（送审稿）不少于 3 项；在不少于 3 处进藏通道灾害事故频发路段示范应用，总路段长度≥500km。

## 15.2 高效钻孔救援技术及装备

**研究内容：**为解决井下被困人员救生通道快速构建问题，研发搜救孔快速破岩技术，研究快速起下钻具和套管高效焊接技术；研制具有自适应钻进功能的大能力地面救援车载钻机；研发大直径跟管安全高效钻进技术及配套钻具；研制井下模块化大直径跟管钻机。

**考核指标：**地面救援车载钻机，工况识别准确率 $\geq 90\%$ ，控制系统动态响应时间 $\leq 100\text{ms}$ ，最大提升力 $\geq 1350\text{kN}$ ，额定转矩 $\geq 50000\text{Nm}$ ，救援孔和搜救孔深度均 $\geq 800\text{m}$ ，救援孔径 $\geq 580\text{mm}$ 、透巷作业时间 $\leq 68\text{d}$ ，搜救孔径 $\geq 216\text{mm}$ 、透巷作业时间 $\leq 60\text{h}$ ，硬岩段导向孔机械钻速 $\geq 9\text{m/h}$ ，硬岩扩孔机械钻速 $\geq 3.3\text{m/h}$ ，救援孔全孔段连续 3 点的轨迹曲率 $\leq 1.5^\circ/30\text{m}$ ，靶心距 $\leq 1\text{m}$ ；起下钻具和套管高效焊接技术，换杆装置单根起下钻时间 $\leq 2.5\text{min}$ ，套管的焊接线速度 $\geq 0.3\text{m/min}$ ；井下模块化大直径跟管钻机，钻进长度 $\geq 60\text{m}$ 、孔径 $\geq 600\text{mm}$ ，含金属支护构件地层钻速 $\geq 1.5\text{m/h}$ ，钻机模块组装时间 $\leq 6\text{h}$ 、钻机额定转矩 $\geq 70000\text{Nm}$ ；制修订相关行业/团体标准（送审稿）不少于 2 项；在国家级矿山应急救援队演练不少于 2 次。

## 15.3 高性能水域救援艇研发及示范应用

**研究内容：**为解决洪涝灾害、水域事故救援中现有救援艇抗刺穿能力差、抗风浪能力差、到场速度受环境影响大等问题，研究多舱室快速充气及压力自适应调节技术、救援艇型线优化技术以及大体积充气护舷稳定连接与艇体高效自扶正技术，研制高性能可折叠充气和刚性充气两类救援艇；研究救援艇结构稳定性及多信息融合水域自主路径识别技术、水域陆地场景动力智能切换技术，研制自平衡式水陆两



栖救援艇。

**考核指标：**充气救援艇，舱室材料经纬向抗拉强度 $\geq 3200\text{N}/5\text{cm}$ ，经纬向撕破强力 $\geq 360\text{N}$ ，抗刺穿力 $\geq 690\text{N}$ ，全部舱室充气至额定压力时间 $\leq 5\text{min}$ ；可折叠充气救援艇，净重 $\leq 200\text{kg}$ ，最大额定载荷 $\geq 1500\text{kg}$ ，折叠后尺寸 $\leq 1\text{m}\times 1.8\text{m}$ ，最大舱室未充气情况下船体剩余载荷 $\geq 900\text{kg}$ ，最大航速 $\geq 50\text{km/h}$ ；刚性充气救援艇，净重 $\leq 1200\text{kg}$ ，最大额定载荷 $\geq 2000\text{kg}$ ，抗风等级 $\geq 6$ 级，抗波浪高度 $\geq 2\text{m}$ ，最大航速 $\geq 60\text{km/h}$ ，最大安全抛落高度 $\geq 2\text{m}$ ，具备自扶正功能；水陆两栖救援艇，净重 $\leq 2000\text{kg}$ ，最大额定载荷 $\geq 900\text{kg}$ ，吃水深度 $\leq 0.4\text{m}$ ，抗风等级 $\geq 8$ 级，抗波浪高度 $\geq 8\text{m}$ ，水域行进速度 $\geq 45\text{km/h}$ ，陆地行驶速度 $\geq 80\text{km/h}$ ，水域路径识别误差 $< 0.5\text{m}$ ，遇极端险情可在水面 $360^\circ$ 翻滚并控制平衡，冲击翻转自平衡复位时间 $\leq 3\text{s}$ ；申请发明专利不少于6项，制修订相关行业/团体标准（送审稿）不少于1项；在省级消防救援队伍开展示范应用不少于5项。

#### 15.4 环境友好型高效洗消材料（青年科学家）

**研究内容：**为解决火灾、爆炸等次生灾害绿色环保洗消问题，研发快速成型、高吸收容量、持续降温生物基凝胶材料及应用技术；研发耐高温、难燃生物基泡沫材料及应用技术；研发用于典型高污染、高环境风险危险化学品应急处置的物理化学协同降解杂化材料去污技术。

**考核指标：**生物基凝胶材料，成型时间 $\leq 1\text{min}$ ，吸水倍率 $\geq 50\text{g/g}$ ，比水的降温效率提升 $\geq 30\%$ ，降解率 $\geq 90\%$ ，精准定位射程 $\geq 30\text{m}$ ，误差 $\leq 1\text{m}$ ；生物基泡沫材料，热分解温度 $\geq 240^\circ\text{C}$ ，吸附倍率 $\geq 20\text{g/g}$ ；杂化材料的去污效率 $\geq 90\%$ ，重金属盐或有机磷危险化学品等降解率 $\geq 80\%$ ；申请发明专利不

少于 3 项，制修订行业/团体标准（送审稿）不少于 1 项；开展关键技术示范应用不少于 1 项。

## **任务 16 救援人员安全防护技术与装备**

### **16.1 高集成救援人员个体防护装备**

**研究内容：**为解决应急救援人员个体防护装备集成度不高、舒适性较差等问题，研发兼具热防护与危险化学品阻隔功能的嵌入柔性传感系统灭火防护服；研发便携轻质长效的可控降温背心；研发具备生命体征和极端环境感知功能的可穿戴柔性传感技术、数字化单兵核心通信技术，研发高集成、模块化可穿戴消防单兵系统；研发基于生命体征和环境信息的应急救援人员作业效能智能评估与安全预警系统。

**考核指标：**嵌入柔性传感系统的灭火防护服，可实时监测环境温湿度和 HCN、CO 等至少 6 种典型火场有害气体浓度等环境参数，TPP 值、重量及耐洗涤性等符合灭火防护服现有标准，并兼具防化功能，固体颗粒物过滤效率 $\geq 90\%$ ，抗渗透性能优于喷射液密型化学防护服现有国家标准；可控降温背心，降温幅度在  $0\sim 15^{\circ}\text{C}$  内可控，重量 $\leq 1.0\text{kg}$ ，持续工作时间 $\geq 1\text{h}$ ，降温介质符合现场安全性要求；模块化可穿戴消防单兵系统，含可穿戴柔性传感系统、单兵核心通信节点，可实现生命体征监测、危险气体监测、空气呼吸器气压监测、红外图像采集、语音图像数据通信、集成显示等功能，重量 $\leq 1.9\text{kg}$ ，工作温度 $-20^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ ，连续工作时间 $\geq 1\text{h}$ ；可穿戴柔性传感系统，可实时监测心率、呼吸、皮温、排汗等生命体征参数，自供能装置输出功率 $\geq 3\text{W}/\text{m}^2$ ，厚度 $\leq 0.5\text{mm}$ ，可延展性 $\geq 30\%$ ，可实现曲面异质集成，复杂变形下信号稳定，连续工作时间 $\geq 24\text{h}$ ；单兵核心通信节点，支持 PDT 集群、公网、WIFI、蓝牙等通信体制，可通过无线集中接收感知装备

数据并与后方通信，传输延时 $\leq 1\text{s}$ ；救援人员作业效能智能评估与安全预警系统，具备人员热应激、皮肤烧伤等级、安全作业时长等的预测研判和安全预警等功能，皮肤温度预测偏差 $\leq 1^\circ\text{C}$ ，核心温度预测偏差 $\leq 0.5^\circ\text{C}$ ；申请发明专利不少于 6 项，制修订行业/团体标准（送审稿）不少于 3 项；在不少于 6 个消防救援队伍示范应用。

## 16.2 抗冲击抢险救援防护服（青年科学家）

**研究内容：**为解决应急救援人员遭受脱落物高强度冲撞击等意外伤害的现实问题，研究热-力耦合作用下人体致伤机理与防护原理；研究强冲击作用下立体编织纤维结构多维散能原理，研发改性高弹缓冲材料，研发具备抗冲击能力的抢险救援防护服；研究抗冲击抢险救援防护服综合性能评价模型，研究防护服的抗冲击与工效性能优化方法。

**考核指标：**提出高温与冲撞击耦合作用下人体躯干致伤数值模拟方法，生物躯干应力应变误差 $\leq 5\%$ ；抗冲击抢险救援防护服，阻燃性能、热稳定性、力学强度等符合现有国家标准，防割系数 $\geq 3$ ，面密度 $\leq 4\text{kg/m}^2$ ，抗破片速度 $\geq 300\text{m/s}$ ，抗击打强度 $\geq 100\text{J}$ ；在 20J 冲击能量作用下，穿着抗冲击抢险救援防护服的躯干压缩指标 $\leq 60\text{mm}$ 、黏性指标 $\leq 1.0\text{m/s}$ ，颈部受到最大冲击力 $\leq 3.1\text{kN}$ ，脊柱受到最大冲击力 $\leq 6\text{kN}$ ；抗冲击抢险救援防护服综合性能评价模型计算误差率 $\leq 10\%$ ，优化方法包括抗冲击、舒适、工效等性能；申请发明专利不少于 6 项，修订行业/团体标准（送审稿）不少于 1 项；在不少于 2 个消防救援队伍示范应用。

## 任务 17 生命救护技术与装备

### 17.1 伤员出血现场快速识别与止血关键技术及装备

**研究内容：**面向灾害事故导致的伤员脏器、大血管及躯干交界处动脉出血现场快速诊断和止血的需求，突破止血器械体内精准感知与操控技术，研制快速诊断、介入、止血一体化智能机器人；研发新型止血器械与技术；突破止血材料结构、界面特性和膨胀系数等技术瓶颈，研制新型创面止血、修复材料，并开展临床示范应用；研究灾害事故现场致命性大出血救治方法。

**考核指标：**一体化机器人，自由度不少于 3 个，介入止血工具直径 $\leq 2.5\text{mm}$ ，长度 $\geq 150\text{cm}$ ，具备形状感知与力反馈功能，介入精度优于 1mm，具备判定出血部位、测定出血速度及快速止血功能，机器人系统具备远程操作功能；针对不同部位的止血装备样品 3 套，止血装备组装时间 $< 1\text{min}$ ，使用止血器械后伤口出血流量降低 80%以上；研制不同剂型的创面止血材料 3 种，具备快速止血、抗菌、防粘连、促进创面愈合功能，可应用于 $\geq 100\text{cm}^2$ 的创面，软组织湿态粘合强度 $\geq 100\text{kPa}$ ，黏附式固化成膜时间 $< 30\text{s}$ ，2min 内实现有效止血，大肠杆菌、金黄色葡萄球菌抑菌率 $\geq 95\%$ ，取得医疗器械产品注册证不少于 1 个；制定灾害事故现场致命性大出血救治规范 1 套，制修订行业/团体标准（送审稿）不少于 1 项；成果在不少于 2 个以上国家级救援机构临床应用。

## **任务 18 综合支撑装备与应急服务技术**

### **18.1 适用于低温低压环境的监测技术装备及示范应用**

**研究内容：**为解决昼夜大温差、低压等环境下，管线、罐体结构与气体泄漏监测装备的环境适应性和事故征兆的近端快速响应问题，研发适应低温低压环境的高精度应力应变监测技术及装备；研发热-土载荷作用下集群设施基础沉降、底板泄漏监测技术及装备；研发适应低温低压环境的激

光扫描气体泄漏监测技术及装备；研发基于灾害事故演化机理与监测数据的情景推演技术、适应低温低压环境的边缘计算装备。

**考核指标：**监测预警装备，适应低气压 0.06~0.07MPa、气温 -40°C~20°C 的环境要求；管线应力应变监测装备，应变监测精度达到 1 $\mu\epsilon$ ，位移监测精度优于 1mm，预警误报率  $\leq 10\%$ ；基础沉降监测装备，现场环境下罐体不均匀沉降监测精度达到 2.5mm，变形识别误差  $\leq 10\%$ ；在线底板泄漏监测装备，1000m<sup>3</sup> 以上储罐底板泄漏的灵敏度达到 10m 水位工况  $\phi 2\text{mm}$  通孔泄漏当量信号，定位精度达到 250mm；激光扫描气体泄漏监测装备，可识别 H<sub>2</sub>S 等 5 种以上有害气体，响应时间  $\leq 5\text{s}$ ，H<sub>2</sub>S 监测精度优于 10ppm·m，监测距离  $\geq 50\text{m}$ ；边缘计算装备，可接入应力、位移、温度、降水量、风速等参数类型不少于 5 种，响应延迟  $\leq 1\text{s}$ ；申请发明专利不少于 5 项，在西部地区不少于 3 个地点开展示范应用。

## 18.2 火灾爆炸事故精准溯源技术及装备

**研究内容：**为解决火灾爆炸事故原因的快速精准调查问题，研究基于时空融合的火灾痕迹智能识别技术，研发现场物证检测、取证与实验室鉴定技术和装备；研发点/面结合的物证碎片形貌快速扫查、性能测试、自动标识和智能拼接重建等技术和装备；研究基于多源数据融合的事故原因分析和过程重构技术。

**考核指标：**火灾现场痕迹智能识别装置，实现火灾现场勘查起火部位认定过程中对热蚀、烧失等典型火灾痕迹的智能识别，准确率  $\geq 85\%$ ；火灾现场物证检测装置，实现火灾现场勘查中物证成分的快速检测，灵敏度为液体/固体 ng 级、气体 ppb 级，易燃液体识别率  $\geq 90\%$ ；基于金相特征的穿戴式

电气熔痕智能识别装置，实现火灾勘查中电气火灾物证的现场分析检测，识别准确率 $\geq 95\%$ ；基于成分和图痕的精准鉴定技术及装置，实现物证的同一性溯源，在不少于 5 个典型火灾事故调查中应用验证；事故物证碎片形貌扫查装备，结构大变形分辨率不低于 $\pm 0.1\text{m}/100\text{m}$ ，局部应变检测精度不低于 $\pm 0.5\mu\epsilon$ ；物证碎片性能测试装置，微试样胀破测试温度范围覆盖室温至  $600^\circ\text{C}$ ，强度测试精度不低于 $\pm 30\text{MPa}$ ；事故现场数字化标识和智能重建装备， $100\text{mm}$  以上碎片自动识别拼接成功率 $\geq 95\%$ ，参数覆盖受损形貌（精度  $\text{mm}$  级）、过火温度（精度不低于 $\pm 50^\circ\text{C}$ ）、性能劣化分布（精度不低于 $\pm 50\text{MPa}$ ）等；建立火灾爆炸事故数字化重构分析方法，在不少于 5 起案例中进行验证；制修订国家/行业标准（送审稿）2 项、移动式容器等设备质量事故追溯安全技术规范 1 项。

### **18.3 社会化灾情信息获取与自然灾害深度调查关键技术装备**

**研究内容：**围绕自然灾害信息辨析识别、收集调查的急迫需求，针对社会化灾情信息冗杂、量化识别难度较大等关键阻碍，开展社会化灾情信息精准采集与辨识获取、跨类自然灾害及隐患一体化深度调查评估等重点内容的系统研究。基于社会化灾情获取原理和表达范式的理解，深入探究灾情信息采集和量化辨识的技术与工具，深入探究多数据源高分辨率的社会经济精准调查技术；构建受灾程度、救灾能力、重建需求等多元数据融合的重大自然灾害信息精准获取系统，据此开展业务化应用；开展跨类自然灾害及隐患一体化、基于历史案例和承灾体脆弱性的大尺度区域自然灾害深度调查评估技术研究；研建多种调查评估技术融合的集成应用平台；编制大尺度区域自然灾害深度调查评估技术导则。

**考核指标：**围绕社会化灾情获取原理，申报国际发明专利 $\geq 2$ 项；开发社会化灾情信息收集 APP，可实现音视频和图片实时收集，社会化灾情信息量化辨识精度 $\geq 85\%$ ；高分辨率实时社会经济精准调查精度 $\geq 85\%$ ，时间分辨率 $\leq 1$ 小时，空间分辨尺度 $\geq 1$ 个街道或村庄；社会化灾情信息获取软件平台及重大自然灾害灾情信息动态精准获取系统，需在 2 个地市级以上行政区域得到业务化应用；提出跨类自然灾害及隐患一体化深度调查指标体系及大尺度区域自然灾害深度调查集成技术清单与集成应用模式，并得到行业主管部门应用；大尺度区域自然灾害深度调查技术导则需得到行业主管部门试用。