

国家重点研发计划“重大灾害事故风险防控与应急救援科技支撑”重点专项 2026 年度项目申报指南

(征求意见稿)

1 森林草原火灾监测预警与防控扑救

1.1 气候变化背景下高温—干旱—林火灾害链监测预警与可燃物综合调控技术

研究内容：针对全球气候变化背景下，高温、干旱等诱发重特大森林火灾问题，阐明高温—干旱—林火链生及其大风复合作用下的灾害演变规律，研究高温干旱与短时极端天气扰动共同作用下土壤失水—可燃物干化—高火险状态的时滞特征、临界转换阈值与耦合致灾机理；研究融合空—地协同观测的森林地表及冠层可燃物载量、含水率反演与立体重构技术，建立面向预警网格的可燃物参数尺度转换与误差评估方法，形成覆盖重点林区时空连续可燃物近实时数据集；构建高温/干旱/大风复合作用下的火灾发展规律与承灾体影响严重程度的林火风险分级、预测与动态评估方法，研发面向全国重点林区火灾“发生—发展—后果”全链条的火灾风险分级预警技术与算法模型；综合运用营林措施、生物防火林带营建与改建、计划烧除等措施，研发兼顾生态安全与低碳导向的可燃物综合调控技术与效果评价方法；集成研发

多时效协同、多空间层级衔接的高温—干旱—林火链生灾害风险预警与可燃物综合调控系统。

考核指标：高温—干旱—林火链生过程判识与风险预测方法，识别准确率 $\geq 90\%$ ；森林火灾风险分级预警典型火源类型 ≥ 3 类、重点保护目标 ≥ 4 类、风险分级准确率 $\geq 80\%$ 、中长期预测空间分辨率 $\leq 7\text{km}^2$ ；可燃物立体重构分辨率 $\leq 10\text{m} \times 10\text{m} \times 10\text{m}$ ，地表死可燃物与冠层活可燃物的载量及含水率反演误差均 $\leq 15\%$ ，可燃物（载量、含水率）反演准确率 $\geq 85\%$ ；森林火灾风险预警时效至少包括未来 1d、3d、10d，支持县级、乡镇、公里网格、林场等多空间层级的预警；在满足生态安全要求的前提下，地表可燃物调控效率（单位面积干质量载量削减率）提升至 45%，形成可燃物调控技术行业指导性文件。森林火灾风险预警系统技术就绪度达到 7 级及以上，高温—干旱—林火链生灾害风险预警系统接入国家森林草原火灾监测预警系统，系统数据响应延迟时间 $\leq 3\text{s}$ ，支持百级以上并发用户数据高效吞吐，由消防救援机动总队在东北、西南地区选择不少于 2 个重点林区进行示范应用。

关键词：高温干旱，灾害链识别，火灾预警，可燃物调控，空地协同

1.2 森林草原火灾爆燃风险预警与火点快速处置技术及装备

研究内容：针对森林草原火灾爆燃突发性高、复杂林区快速处置能力弱等问题，重点开展林火爆燃形成机理与多参数耦合预警技术研究，系统揭示可燃物—微气象—地形三要

素耦合作用下的爆燃触发演化机制，量化爆燃发生的临界条件，建立体现流动—燃烧耦合机制的爆燃蔓延加速动力学模型；研究 CO、H₂、CH₄ 及 VOCs 等多组分气体与爆燃形成的定量关系及其与地形、风场、微气象等多参数耦合特征，建立“事前爆燃风险等级研判+临灾多参量预警”两级预警技术，研发爆燃风险协同探测装备；研究轻量化灭火装备结构优化、定向强化灭火技术，研发适应山地林区快速机动扑救的单兵灭火装备；研发具备复杂林地自主通行、智能避障、爆燃风险辅助研判、协同灭火功能的全地形灭火机器人，构建单兵装备与无人装备协同灭火模式。

考核指标：阐明可燃物—微气象—地形耦合的森林爆燃形成机理和临界阈值，爆燃蔓延加速动力学模型与“事前研判+临灾预警”两级爆燃风险预警判据；爆燃风险协同探测装备，集成多组分气体、微气象、地形多参数协同探测功能，支持 CO、H₂、CH₄、VOCs 同步检测，检测精度分别达到 CO ≤ 3ppm、H₂ ≤ 6ppm、CH₄ ≤ 2ppm、VOCs ≤ 0.1ppm，单次探测时间 ≤ 3s，爆燃临灾风险预警提前时间 ≥ 10min、预警准确率 ≥ 90%；森林灭火轻量化单兵灭火装备，具备人机工效设计，背负式以水灭火装备有效作用距离 ≥ 20m、灭火等级 ≥ 6A、满负荷重量 ≤ 28kg，新能源风力灭火机出口风速 ≥ 120m/s、连续作业续航时长 ≥ 40min；全地形森林灭火机器人，支持通信中断情况下的自主返航或断网续航应急机制，具备复杂林地自主通行、智能避障、火点识别、爆燃风险辅助研判、

人机协同灭火能力，连续续航时间 $\geq 4\text{h}$ ，灭火介质有效作用距离 $\geq 35\text{m}$ ，最大作业坡度 $\geq 35^\circ$ 、自主避障准确率 $\geq 95\%$ 。装备技术就绪度达到 8 级及以上，其他技术就绪度达到 7 级及以上，具备小批量生产能力，爆燃风险协同探测装备、全地形森林灭火机器人、森林灭火轻量化单兵灭火装备、新能源风力灭火机每类销售或示范应用数量 ≥ 10 套，由消防救援机动总队在不少于 3 种典型林区进行示范应用与验证。

关键词：爆燃，火点识别，灭火装备，灭火机器人

2 大震风险识别与震害防控

2.1 页岩气开采区地质稳定性与地震风险动态评估技术

研究内容：针对页岩气开采区地质构造稳定性不清、微震监测定位精度不足、断层与裂缝分布不清、断层活化机理且震级上限难以评估、流体—应力—断层耦合机制不明等问题，开展页岩气开采区地质构造稳定性评价，实施高精度智能微震监测和精准定位，实现断层和裂缝高精度识别，评估断层活化风险与震级上限；研发震源物理约束反演方法体系，定量表征流体运移相关的介质物性变化、应力扰动与断层活化的耦合演化过程，构建多场耦合地震风险防控预警系统。

考核指标：复杂构造及深部注采背景下，储层隐伏断层及裂缝识别空间尺度 $< 200\text{m}$ ；融合多源观测与深度学习的智能识别算法，断裂结构识别准确率 $\geq 90\%$ ；在地震台阵监测基础上，典型页岩气开采区地震监测能力提升至 0.2 级，地震定位误差 $< 100\text{m}$ ；实验平台区域地震震级控制在 $M_w 3.5$ 以

下；结合形变、地震观测等指标，多场耦合控震定量评价参数 ≥ 5 项；多源数据与现场压裂参数向地震风险指数映射预警技术，映射时间 $< 1\text{h}$ ；集成施工信息、多机理耦合模型与原位观测的页岩气开采区地震风险动态防控系统技术流程 1 套，原位应用周期 ≥ 6 个月、可用率 $\geq 95\%$ 。在不少于 2 个典型页岩气开采平台进行示范应用。

关键词：页岩气开采区，地质脆弱性，断裂识别，地震震级，风险防控

2.2 地震动场高精度智能预测与风险隐患识别技术

研究内容：针对传统的基于震级—位置和衰减关系的地震动预测和烈度速报技术存在的精度低、刻画维度单一、灾害评估时效性差等问题，研发面向海量测震记录和强震动数据处理自动化技术与软件平台，研究基于实测数据的复杂场地地震动分布特征和形成机制；融合观测数据、物理模型与深度学习，研发应用于大震巨灾风险防范的地震动参数高精度预测模型与宽频带地震动模拟技术及计算软件；建立表征典型复杂孕震环境和场地条件的地震动情景库，研发地震动场快速智能匹配算法；研发面向城市交通网络、高铁桥梁系统等大震灾害风险隐患快速智能识别平台。

考核指标：测震和强震动记录处理平台，包含强震动记录数据库、测震和强震记录波形的小震格林函数库，记录震级 M2.0–4.9、不少于 1000 万条；地震动预测模型构建技术，地震动参数包括峰值速度、阿里亚斯烈度、持时等，实现主

要断裂带地震动参数误差的标准差降低到 0.6 以下；考虑复杂环境的地震动模拟预测分析技术，地震动场空间分辨率 500–2000m，频率范围覆盖 0.05–20Hz；地震动情景库 1 个，包含典型复杂孕震环境的震源时空破裂过程和百米级网格分辨率的地震动场情景；地震动场快速智能预测软件 1 套，地震动场预测耗时 $\leq 10\text{min}$ ；大震灾害风险隐患快速智能识别平台，单次事件震灾隐患快速识别时间 $\leq 30\text{min}$ 。软件及平台技术就绪度达到 8 级及以上，大震灾害风险隐患快速智能识别平台接入国家地震监测平台或地方应急指挥平台，在不少于 2 个城市交通网络及 300km 高铁桥梁系统等进行示范应用。

关键词：小震格林函数库，地震动情景库，地震动智能预测，大震风险隐患识别，城市基础设施

2.3 多模态地震灾场重构与人员伤亡动态智能评估技术

研究内容：聚焦地震应急响应初期灾情信息缺失、研判决策滞后这一核心难题，建立大震震源过程时空解耦与路径—场地效应协同的生成式地震动模型，发展地震动场快速动态构建技术；基于历次震害建立多模态建筑震害数据集，研发灾情快速获取、建筑震害智能识别与多源数据融合灾场实时重构技术；构建灾区人口分布动态更新模型及人员伤亡、重点压埋区域动态评估模型，揭示应急初期人员伤亡时空演化规律；研发适配地震应急的灾场重构与人员伤亡动态评估智能体。

考核指标：震动场震后输出时间 $\leq 15\text{min}$ ；整合不少于50次典型破坏性地震的强震动记录、震害图片及视频、监控视频、遥感影像、三维点云等数据，构建多模态震害数据集1套，标注样本 ≥ 10 万条，覆盖 ≥ 8 类建筑结构震害类型；卫星遥感建筑物震害分级识别精度 $\geq 85\%$ ，无人机航拍建筑物震害分级识别准确率 $\geq 90\%$ ，三维激光点云识别构件变形误差 $\leq 4\text{mm}$ ；建筑结构震害智能评估技术，震害识别精度 $> 85\%$ ；人员伤亡动态智能评估大模型，黑箱期死亡人数评估响应时间 $\leq 10\text{min}$ 、评估结果与实际伤亡人口的准确率满足 $\pm 60\%$ 范围内，灰箱期评估结果与实际值的准确率满足 $\pm 30\%$ ；地震影响重灾区实时动态判别方法，重灾区识别准确率 $\geq 80\%$ ；面向地震应急响应的灾场重构与人员伤亡动态评估智能体，灾害损失人员伤亡评估误差 < 1 个数量级。整体技术就绪度达到7级及以上，在国家应急指挥平台提供多模态灾场重构与人员伤亡动态评估智能体标准接口，选取不少于3次典型历史或新增重大地震灾害事件进行示范应用或验证。

关键词：地震动模型，震害数据集，建筑震害识别，灾害场景重构，人员伤亡动态评估

2.4 非常规观测区强震地球物理化学综合观测技术

研究内容：针对复杂地形构造带、强经济发展区和深水区域等非常规观测区，研发适用于“空一天一地一井”协同观测的井下形变、流体综合观测装备、深水定位及形变观测装备、低空无人机重力、地磁、地形及流体地球化学观测装

备；研发“空一天一地一井”一体化监测系统；研制针对非常规观测区多地球物理化学场的同步实时立体观测技术与多源数据同化算法；揭示强震前多参量协同响应机制及地下一地表一大气层—电离层异常关联机制；构建面向非常规观测区的“空一天一地一井”强震异常捕获和智能识别技术。

考核指标：应变、Rn 等井下集成测项 ≥ 5 项，井下仪器可重复回收维护，卡壁式应变观测频带 0.0001–1Hz，灵敏度优于 $0.1n\varepsilon$ ，井下原位 Rn 监测量程 $> 1000\text{Bq/L}$ ，地电观测供电和测量导线对地绝缘电阻 $\geq 5\text{M}\Omega$ ，深井综合观测 JOPENS 数据交换标准。深水定位及形变观测装备，100m 以内水深水平定位精度 $< 10\text{cm}$ 。基于无人机的“重—磁—地貌”联合观测技术，重力测量内符合精度 $< 0.5\text{mGal}$ ，地磁测量精度 $< 10\text{nT}$ ，地形测量平面精度 $< 5\text{cm}$ ，高程精度 $< 10\text{cm}$ ，低空无人机气体地球化学测项 ≥ 2 项；基于 SAR 卫星形变监测精度 $< 1\text{cm/a}$ ，北斗形变高频动态解精度 2–3cm、单日解 3–6mm、速度解 1–3mm/yr；针对不同非常规观测区的“空一天一地一井”一体化监测系统 3 套；多源数据实现同步采集和在线处理，采集时间偏差优于 1s；制定多源数据同化处理算法工程化作业标准技术规程 1 套；基于“空一天一地一井”一体化和多学科交叉融合的电离层和深部流体地球化学异常成因机理及动态模型 2 套；面向非常规观测区的 6 级以上强震异常捕获和人工智能前兆异常识别技术 1 套；构建融合多元观测信息的综合地震概率预测模型，6 级以上强震预测概率增

益 > 2。装备技术就绪度达到 8 级及以上，其他技术就绪度达到 7 级及以上，在不少于 3 个非常规观测区开展示范应用。

关键词：强震，地球物理化学综合观测，地震前兆智能识别

2.5 近震源全谱系震动智能感知与速报技术

研究内容：针对现有地震监测台网近源强震易限幅、微弱信号易漏记、城市振源识别不足与特性测量缺失等问题，研发一体化近震源、全谱系广义震动感知与参数测定技术，发展多模态地震观测数据的震源参数反演技术，发展城市环境各类振动源识别与参数测定技术，构建一体化全谱系震动监测技术系统，支撑地震速报技术系统的迭代升级。

考核指标：一体化近震源全谱系大动态感知装备，频带 DC-100Hz，数字输出动态范围 $\geq 160\text{dB}$ ，加速度单一量程 $\geq \pm 2g$ ，加速度噪声 $\leq 0.01 \mu g / \sqrt{\text{Hz}}@1\text{Hz}$ ，倾角噪声 $\leq 0.1 \mu \text{rad}@1\text{sps}$ ，无需调零免维护；城市多类型振源智能识别与参数测定技术，识别天然地震、爆破、塌陷、交通、施工等类型 ≥ 5 类，识别准确率 $\geq 90\%$ ；多模态震源参数快速反演技术，定位误差 $\leq 200\text{m}$ ，震级误差 $\leq \pm 0.2$ 级，矩张量反演时效 $\leq 2\text{min}$ ；一体化全谱系震动监测技术系统，生命线管线、交通、塌陷等城市安全多场景应用 ≥ 3 类，近源复杂环境下地震速报漏报率 $\leq 10\%$ 、虚警率 $\leq 15\%$ 。整体技术就绪度达到 8 级及以上，形成近震源感知与速报相关行业标准（送审稿）1 项，一体化全谱系震动监测技术系统接入国家级地震监测台网。

3 气候变化下灾害链成灾机理与风险防控

3.1 雨带北移下北方极端暴雨洪涝灾害链风险预警技术

研究内容：针对雨带北移下北方极端暴雨洪涝灾害链致灾机理不清、风险预警精度不足、灾害链阻断难等问题，研究气候本底、陆面过程和水文过程等多圈层相互作用下暴雨洪涝灾害链的形成与演化规律；研发雨带北移下暴雨洪涝灾害链敏感区精准识别与多承灾体脆弱性评估技术；研发极端暴雨洪涝灾害破坏链式触发阈值与切断灾害能量路径等阻断技术；研发融合人工智能和气候、水文及陆面动力学物理约束的暴雨—洪涝—承灾体风险短临预警技术；研发极端暴雨洪涝灾害链综合风险诊断与临灾预警系统。

考核指标：揭示暴雨洪涝灾害链传导机理与耦合放大效应；暴雨洪涝风险承灾体脆弱性评估与韧性提升技术，敏感区识别空间精度 $\leq 10\text{m}$ ；极端暴雨洪涝灾害链触发阈值机理与阻断技术，暴雨洪涝灾害链风险分布和阻断方案生成提前期 $\geq 30\text{d}$ ，提出涵盖人员撤离、水库调蓄等不少于 2 种灾害链后端阻断措施；暴雨洪涝灾害临灾风险预警技术，提前预警时间 $\geq 3\text{h}$ ，预警信息时间分辨率 $\leq 1\text{min}$ ；极端暴雨洪涝灾害链诊断与临灾预警系统，具有区域泛化能力，最高空间分辨率 $\leq 500\text{m}$ ，乡镇级风险预警准确率 $\geq 80\%$ 。整体技术就绪度达 7 级及以上，极端暴雨洪涝灾害链诊断与临灾预警系统接入国家应急指挥平台，在不少于 2 个北方高风险区域进行示范应用。

关键词：雨带北移，敏感区识别，临灾风险预警，综合风险诊断，灾害链阻断

3.2 极端暴雨洪涝灾害链分人群智能预警与靶向叫应技术及装备

研究内容：针对极端暴雨洪涝灾害链预警信息发布指向不明、精准度不足、靶向叫应闭环缺失等问题，研究多灾风险隐患智能监测告警技术，研制多感合一、多模通信临灾预警装备；研发极端暴雨洪涝灾害链分类人群多维动态表征与精准识别技术；研究结合实时预报淹没水深与路网状态的避难场所可达性评估技术，研发最优避险路径动态规划技术；研发预警信息靶向发布与临灾避难指令直达叫应智能体，解析预警响应效能影响机制，依托多智能体建模优化预警传导动力与协同响应转化路径；研发暴雨洪涝灾害链临灾预警与避险转移系统。

考核指标：多感合一、多模通信风险隐患识别与临灾预警装备具有高通量卫星、低轨卫星物联网、北斗三号短报文、无线自组网等多模通信能力，要素实时感知解析与预测预判响应时间 $\leq 10s$ ，灾害风险隐患识别准确率 $\geq 90\%$ ，临灾预警准确率 $\geq 90\%$ ，预警信息提前量 $\geq 1h$ ；建立 ≥ 5 类重点人群的脆弱性指标体系，高风险人群识别准确率 $\geq 85\%$ ，分人群临灾提前预警时间 $\geq 30min$ ，时间分辨率 $\leq 1min$ ；避难场所路网可达性评估模型，转移道路动态优化方案生成时效 $\leq 1min$ ；预警信息靶向发布与指令直达智能体，靶向叫应推送准确率 $\geq 85\%$ ，预警反馈确认率 $\geq 90\%$ ；暴雨洪涝灾害链临灾预警与

避险转移系统，避险转移数字预案智能生成时间 $\leq 1\text{min}$ 。装备技术就绪度达到 8 级及以上，其他技术就绪度达到 7 级及以上，具备小批量生产能力，多感合一、多模通信风险隐患识别与临灾预警装备销售或示范应用数量 ≥ 10 套，暴雨洪涝灾害链临灾预警与避险转移系统接入国家应急指挥平台，在不少于 4 个市（县）及乡镇进行示范应用。

关键词：临灾预警，分人群脆弱性，避险路径动态规划，靶向叫应

3.3 山区强降雨引发地质灾害链风险感知与防控技术

研究内容：面向山区极端强降雨引发重大地质灾害链风险防控需求，研究水动力作用下坡体多尺度变形破坏规律和物态突变机理，构建“斜坡失稳—泥石流启动—沟谷输移堆积”链生机理模型并开展物理模型实验；研制基于降水—渗流—径流的协同监测装备，研发强降雨触发地质灾害风险超前感知技术；研发基于地形—水文耦合的灾害影响范围、堆积深度动态模拟模型，构建降雨地质灾害链多尺度多物理量临灾预警模型，研制便携式临灾预警终端；研发物理和数据双驱动的灾害链风险态势多阶段推演技术；研制斜坡土体新型生态改性加固材料，研发降雨地质灾害链高适配性动力消能—阻断技术及装备。

考核指标：强降雨地质灾害链生机理模型，宏观流域等空间尺度 ≥ 3 类，降雨浅层入渗与深层软化的临界阈值识别准确率 $\geq 80\%$ ；地质灾害链协同监测装备，多参数时间同步

误差 $\leq 1s$ ，雨强 $\geq 50mm/h$ 条件下数据有效采集率 $\geq 90\%$ ，降雨触发地质灾害超前感知时间 $\geq 12h$ ，准确率 $\geq 80\%$ ；地质灾害链影响范围灾前快速预测模型，掩埋/堆积范围预测精度 $\geq 85\%$ ，建筑物、道路损毁预测准确率 $\geq 80\%$ ；临灾预警终端，县域、重点流域、重大工程沿线和人口聚集沟域等中小尺度防控区强降雨后、地质灾害发生前0-3h预警准确率 $\geq 85\%$ ，预警时效 $\geq 6h$ ；地质灾害链风险态势多阶段推演技术系统，实现米级精度模拟与分钟级时效情境推演；斜坡土体新型生态改性加固材料 ≥ 2 种，灾害分级消能与阻断技术及装备，超设计标准30%以下冲击阻断率 $\geq 70\%$ 。装备技术就绪度达到8级及以上，其他技术就绪度达到7级及以上，具备小批量生产能力，便携式临灾预警终端销售或示范应用数量 ≥ 10 套，在北方山区、西南干旱河谷区选取不少于3处典型区域进行示范应用。

关键词：北方山区、降雨地质灾害链，临灾预警，风险推演，动力消能—阻断

3.4 星地多物理场协同的强震崩滑灾害链监测预警技术

研究内容：针对西部地震活跃区“强震—崩滑”灾害链孕灾机理不明、临灾预警难等问题，研发星地多物理场协同强震短临监测预测技术，揭示多物理场异常信号与强震响应耦合机理；研究地应力场长期累积与强震瞬时扰动的动态耦合机理，构建崩滑风险源跨圈层判识模型；研发不同场景下“强震崩滑—碎屑流”灾害态势推演技术，构建危险区内受

险人员和重要设施定量评估方法；研发融合地震动、震源参数与承灾体等多源信息地震崩滑灾害动态分级预警技术；研发“强震—崩滑”灾害链临灾智能预警技术系统。

考核指标：基于国产电磁卫星数据，定量表征低频电磁场、电离层原位及剖面等不少于 5 类物理量异常与强震的时空响应关系，6 级以上强震前兆识别准确率 $\geq 70\%$ ；基于国产电磁卫星的星地协同多物理场综合预测技术，具备强震电磁前兆自动识别与预测能力，动态更新时间 $\leq 30\text{min}$ ，连续监测时间 ≥ 2 年；地应力场长期累积效应与瞬时扰动效应协同驱动的崩滑快速预测模型和崩滑风险源跨圈层判识模型，三维应力场空间分辨率 $\leq 100\text{m}$ ，震后 24h 内、30m 网格单元的地震滑坡源区预测准确率 $\geq 90\%$ ；灾害链影响范围推演准确率 $\geq 85\%$ ，淤埋深度误差 $\leq 30\%$ 、埋压建筑物识别准确率 $\geq 80\%$ ；震后首次预警响应时间 $\leq 30\text{min}$ ，聚落环境崩滑预警准确率 $\geq 80\%$ ，动态预警更新周期 $\leq 1\text{h}$ 。整体技术就绪度达到 7 级及以上，“强震—崩滑”灾害链临灾智能预警技术系统接入国家应急指挥平台，在西部典型地震活跃区进行示范应用。

关键词：星地多物理场，强震，崩滑，地应力，智能预警

3.5 冰川冰湖溃决灾害链成灾机理与动态预报预警技术

研究内容：针对气候变化下青藏高原冰川冰湖溃决灾害风险防控难题，研究冰湖溃决灾害链类型、孕育形成与演化过程，揭示灾害链生转化和级联放大的成灾机理；突破云雾、

地形、植被等高遮蔽条件下灾变信息和冰碛坝结构、冰内水系探测技术，湖周冰川、岩土体、崩滑体、冰碛坝体变形与冰湖异常变化动态监测技术，提出高危冰川冰湖识别与危险性评估技术，研发高寒低功耗、耐极端环境的监测装备；研发不同类型冰湖溃决灾害链全过程动力模型和高效模拟技术，针对山区城镇居民聚集点、口岸与重大工程等研发冰湖溃决灾害链风险智能推演预测技术，确定冰湖溃决条件和临界判据，提出冰湖溃决灾害链动态监测与预报预警阈值模型；突破高原高寒山区极端条件险情灾情信息传输技术，研发集“感知识别—风险预测—险情预报—即时叫应—动态响应”功能的动态监测与预报预警技术；集成冰湖溃决灾害链感知识别、动态监测、风险推演与预报预警技术。

考核指标：冰川冰湖溃决灾害链类型与演化模式，揭示典型冰崩/冰岩崩—涌浪—溃决、溃决—洪水—泥石流—堵江等灾害链的链生转化与级联放大机制；适应高寒高遮蔽条件的冰川冰湖“天—空—地—体”高精度监测技术 1 套，关键灾变要素识别空间分辨率 $\leq 2\text{m}$ ，冰碛坝体变形监测精度 $\leq 5\text{mm}$ ，变形监测点密度 ≥ 1000 点/ m^2 ，重点对象更新周期 $\leq 5\text{d}$ ，适配海拔 5000m 以上低压、强紫外线无人区作业环境；冰碛坝结构与冰内水系探测技术设备 2 套，探测深度 $\geq 50\text{m}$ ，空间精度 10cm 级；基于形成机理的高位冰川、冰岩体失稳破坏和冰湖溃决临界判据，形成高危冰湖溃决灾害链识别技术，提出冰湖溃决灾害链危险性评估技术方法，准确率 $\geq 85\%$ ，

编制灾害链识别与评估技术规范 1 项；冰湖溃决灾害链全过程动力模型与风险推演技术 1 套，风险预测推演精度达到 2m 级，单次推演计算时间达到 10min 级；适用于高寒山区（耐 -20℃ 低温、抗 10 级风力、断电）条件的冰川冰湖溃决灾害链智能监测与险情灾情传输关键设备 1-2 套；集“感知识别—风险预测—险情预报—即时叫应—动态响应”功能业务化运行的预报预警系统，实现小时级预警，险情预报预警提前 3h，准确率 $\geq 85\%$ 。整体技术就绪度达到 7 级及以上，形成冰川冰湖溃决灾害链风险防控与预报预警相关国家或行业标准（送审稿）1 项，在不少于 2 个冰川冰湖溃决流域开展示范应用。

关键词：冰湖溃决灾害链，成灾机理，立体协同监测，风险预测推演，动态预报预警

4 跨类灾害链监测预警与风险防控

4.1 台风暴雨下近海新能源电力设施风险防控与应急恢复技术及装备

研究内容：针对台风路径多变、风电设备故障与火灾事故多发、电力供应中断造成城市运行瘫痪等问题，研究台风暴雨引发海上新能源及沿海电网设施故障、城市运行安全等灾害链蔓延与耦合演化机理，研发台风工况下海上风电设施安全停启与优化控制技术，研发基于时空影响边界的近/沿海港口设施装置等承灾体安全风险分析与分级预警技术；研究台风暴雨下沿海风储损毁失衡与海陆电力通道破坏诊断技术，研发沿海电网异构能源单元应急构网、自主协同频率

/电压支撑、稳压调控与柔性供电技术及装备；研制适配台风残余浪流扰动条件的海陆协同抢修、损毁设施应急处置一体化技术及装备。

考核指标：揭示台风暴雨引发海上新能源及沿海电网设施灾害蔓延与耦合演化机理；安全停启决策提前时间 $\geq 3\text{h}$ ；监测因电力关停诱发的承灾体损失类型 ≥ 6 种，重要设施风险分级预警准确率 $\geq 80\%$ ；沿海风一储一电损毁失衡与海陆电力通道破坏监测诊断装备，覆盖风机倾斜、叶片损伤、海缆外破等设施损毁类型 ≥ 5 种，诊断准确率 $\geq 80\%$ ；多能异构应急构网与柔性供电装备，协同聚合能源类型 ≥ 3 类，额定供电功率 $\geq 1\text{MW}$ ，关键生产负荷复电时间 $\leq 30\text{min}$ ，并/离网切换时间 $\leq 100\text{ms}$ ，瞬态电压暂降/暂升幅值 $\leq \pm 10\%$ 额定电压；海陆灾损快速抢修平台，具备协调海上作业船、陆上抢修车组、航空吊运、应急通信保障等资源能力；叶片快速修补成套装备、电缆预制式快速抢修工装、杆塔快速抢修工装等模块化快速抢修工装 ≥ 3 类；不停电抢修机器人具备接火、消缺、加装装置等功能，作业电压等级 $\geq 10\text{kV}$ 、单臂负载 $\geq 20\text{kg}$ 。装备技术就绪度达到 8 级及以上，其他技术就绪度达到 7 级及以上，具备小批量生产能力，损毁失衡与通道破坏监测诊断装备、模块化快速抢修工装、抢修机器人每类销售或示范应用数量 ≥ 10 套，多能异构应急构网与柔性供电装备销售或示范应用数量 ≥ 2 套，在海上新能源年均利用小时数 ≥ 3600 的地区进行示范应用。

关键词：台风暴雨，级联演化，感知预警，灾情研判，抢修复通

4.2 强震泥石流灾害作用下长输管道事故风险监测与韧性提升技术及装备

研究内容：针对强震及震后降雨触发沟谷泥石流，造成管道推移、悬空、断裂等破坏问题，研究强震动、断层错动、液化侧向扩展、地震滑坡以及地震松动—震后强降雨—泥石流/洪水冲刷灾害链作用下管道本体响应、累积损伤与不良地质体多灾害耦合失效机理，揭示管土交互作用与含缺陷管体损伤耦合机制，建立管体响应—损伤—失效风险评估模型；融合 InSAR 形变场、高分辨率遥感动态解译与地面物联网监测等方法，研发强震区泥石流物源动态识别与链生灾害风险区划技术；研究伴行光缆应变传递标定与温度补偿、土体形变—管土耦合—管体应变反演及管道关键节点分级预警方法，研发光纤解调—边缘预警—多链路通信一体化监测预警装备；发展基于应变的抗冲击设计准则与柔性拦挡、可变形支墩、深埋/浅埋适应等新型耗能防护结构，研发具备震后可复位能力的柔性接头与可更换牺牲段设计技术；研究坡脚穿越、山顶纵穿等管道抗震增韧技术，研发震损管道隔离封堵装备及新型柔性复合内衬修复材料。

考核指标：揭示地震及链生地质灾害作用下山地长输管道本体响应、累积损伤与不良地质体多灾害耦合失效机理，建立覆盖强震动及断层错动、液化侧向扩展、地震滑坡、泥石流/洪水冲刷等 ≥ 4 类链生灾害场景和 ≥ 3 类代表性管体缺

陷的风险评估模型，足尺管段盲验峰值及残余轴向应变相对误差 $\leq 20\%$ ；震后泥石流物源新增识别精度 $\leq 1:10000$ ，链生灾害危险性区划图件更新用时 $\leq 72\text{h}$ ；在役管道伴行光缆分布式监测预警装备有效测距 $\geq 45\text{km}$ 、空间分辨率 $\leq 1\text{m}$ 、监测状态更新周期 $\leq 10\text{s}$ ，关键告警自边缘端判定触发至指挥端接收确认的时延 $\leq 1\text{min}$ ，分级预警准确率 $\geq 90\%$ ；形成跨泥石流沟谷管道防护设施选型图集 1 套，管道柔性接头在规定工作压力下穿越断层管道容许错动量 $\geq 2\text{m}$ ，且冲击峰值力 $\geq 200\text{kN}$ 工况下受保护管段不破裂、不泄漏；适用于外径 400mm 以上管道的系列隔离封堵装备一次封堵成功率 $\geq 95\%$ 、连续封堵 $\geq 72\text{h}$ ，柔性复合内衬新材料以及置入/端接装备承压能力 $\geq 6\text{MPa}$ 、最小弯曲半径 $\leq 20D$ 、轴向抗拉 $\geq 800\text{kN}$ 、48h 内压力下降 $\leq 2\%$ 。装备技术就绪度达到 8 级及以上，其他技术就绪度达到 7 级及以上，具备小批量生产能力，在役管道监测预警技术系统接入国家应急指挥平台，形成管道柔性封堵相关国家或行业标准（送审稿）1 项，分布式监测预警装备、管道柔性接头、震损快速隔离封堵装备每类示范应用数量 ≥ 2 套，开展足尺试验并在中缅油气管道、百昆成品油管道等重点工程开展不少于 2 处示范应用。

关键词：地震泥石流灾害链，山地长输管道，立体监测，分级预警，抗震韧性

5 化工及工贸行业高危场景风险管控与本质安全提升

5.1 典型芳香族化合物硝化工艺风险防控技术

研究内容：针对芳香族化合物硝化工艺燃爆机理认知模糊、反应风险评估方法不完善、本质安全化连续流风险防控技术及装备缺乏等问题，研究硝基苯甲酸等芳香族硝化产物硝化工艺异常条件下的局部热点形成机制、热失控临界条件；研究硝化反应过程在无预混与过程混合、无冷却水等极端工况下的热失控风险评估技术；研发芳香族化合物连续硝化工艺及关键反应设备；研发抗爆—泄爆协同的安全防护技术及装备。

考核指标：硝基苯甲酸等芳香族化合物在反应、暂存过程中热失控反应动力学模型与临界判据，涵盖物质晶型、反应热效应参量 ≥ 2 种、工艺参数 ≥ 4 种，并完成公斤级（原料）试验验证；硝化体系反应风险评估技术，适应无预混与过程混合、无冷却水等极端工况情形 ≥ 2 种，满足间歇、半间歇及连续流等反应型式 ≥ 3 种；适应无预混与过程混合、无冷却水等极端工况情形 ≥ 2 种；适用于芳香族液固混合反应体系的动态微通道反应器，持液量 $\leq 1\text{L}$ ，物料体系固体含量 $\geq 10\%$ 、粘度 $\geq 1000\text{cp}$ ，反应选择性（降低硝基酚类副产物含量） $\geq 98\%$ ；具备自清洁功能的动态管式反应器，传质强化构型 ≥ 3 类，无后置熟化釜情况下芳香族化合物连续硝化生产单程转化率 $\geq 95\%$ ；适用于硝化生产应用场景的轻质抗爆墙，抗爆墙面板面密度 $\leq 30\text{kg/m}^2$ ，可防护峰值超压

1.5MPa、正压作用时间 5ms 爆炸荷载工况，整体泄爆系统，泄爆面板面密度 $\leq 14.6\text{kg/m}^2$ ，释放压力 0.87–1.05kPa。形成反应风险评估方法国家或行业标准（送审稿）1 项，装备技术就绪度达到 8 级及以上，其他技术就绪度达到 7 级及以上，具备小批量生产能力，动态微通道反应器、轻质抗爆墙、动态管式反应器每类销售或示范应用数量 ≥ 2 套，反应器及轻质抗爆墙在不少于 2 家硝化生产企业进行综合应用。

关键词：硝化工艺，反应风险评估，连续流反应器，安全防护

5.2 硝酸铵生产储存环节爆炸风险防控技术及装备

研究内容：针对高浓度硝酸铵溶液热失控爆炸诱发机制不清、固体硝酸铵堆垛殉爆机制不明、生产储存全流程风险防控能力不足等问题，研究 90%以上高浓度硝酸铵溶液热失控爆炸诱发机制，研发适配硝酸铵溶液强腐蚀、高温环境的浓度、pH 值等参数在线监测技术及装备，构建浓度、pH 值、温度等多因素耦合的热失控风险动态预警模型；研究固体硝酸铵堆垛殉爆机制与能量传播规律，研发硝酸铵堆垛殉爆风险仿真软件；研发基于风险防控措施效能分析的硝酸铵爆炸风险实时评估技术，研发硝酸铵生产储存全流程风险防控措施辅助决策系统。

考核指标：多因素耦合的浓度 $\geq 90\%$ 硝酸铵溶液爆炸风险动态研判模型，耦合浓度、pH 值、温度等因素；浓度及 pH 值在线监测技术及装备，浓度测量误差 $\leq 0.5\%$ ，pH 值测

量误差 ≤ 0.5 ；硝酸铵堆垛殉爆风险仿真软件，殉爆临界起爆压力计算误差 $\leq 15\%$ ；硝酸铵生产储存全流程爆炸风险动态评估与防控决策系统，可量化评估的风险防控措施 ≥ 5 种。装备技术就绪度达到8级及以上，其他技术就绪度达到7级及以上，具备小批量生产能力，适配硝酸铵溶液强腐蚀、高温环境的浓度、pH值等参数在线监测装备销售或示范应用数量 ≥ 10 套，在不少于2家硝酸铵生产企业进行示范应用。

关键词：硝酸铵溶液，pH值，硝酸铵堆垛，殉爆

5.3 烟花爆竹典型高危生产工序安全防控技术及装备

研究内容：针对烟花爆竹典型高危生产工序普遍依赖人工作业、生产现场无早期抑爆与应急避难设施、风险监测水平低等问题，研发内筒装药、小内径旋转类筑药、效果件封口、高空礼花弹装药合球、亮珠及发射药制备等6类自动化生产技术与成套装备；研发毫秒级自动抑爆系统与快速处置技术；研制爆炸高危场所抗爆应急避难技术及设施；研发烟花爆竹生产、储存、运输、销售等多环节的跟踪溯源、智能风险感知与监测预警成套系统。

考核指标：亮珠、发射药制备生产装置，实现全流程自动化与无人化生产；内筒装药、小内径旋转类筑药、效果件封口、高空礼花弹装药合球高危工艺装备，实现生产过程涉药高危工序无人化；毫秒级自动抑爆系统，实现火焰探测 $\leq 5\text{ms}$ 、快速处置时间 $\leq 150\text{ms}$ ；适配1.1级工库房的抗爆应急避难设施，主体抗爆承压 $\geq 0.2\text{MPa}$ ，具备有毒有害气体隔绝

功能；AI 智能风险预警平台，危险状态识别准确率 $\geq 98\%$ ，预警响应时间 $\leq 2s$ 。装备技术就绪度达到 8 级及以上，其他技术就绪度达到 7 级及以上，具备小批量生产能力，自动化生产技术与成套装备、自动抑爆系统、抗爆应急避难设施每类销售或示范应用数量 ≥ 2 套，在不少于 3 家烟花爆竹生产企业进行示范应用。

关键词：高危工序自动化，无人化，智能抑爆与避难，AI 多源融合预警

5.4 铝加工（深井铸造）漏铝超前预警与防爆阻隔技术及装备

研究内容：针对高温熔融铝液遇水爆炸临界条件辨识不准、漏铝超前预警能力不足、人工封堵响应时间滞后等问题，研究铝液与水接触界面作用机制及爆炸致灾机理；研发基于多信息融合的结晶器漏铝超前预警技术；研发模盘漏铝点位精准识别定位、无人化自动封堵和安全联锁技术；研制高效可靠铸井表面防爆涂料；研发适配低水位铸井的铝液泄漏防爆阻隔技术及装备。

考核指标：铝液与水接触物理化学爆炸影响因素及其触发条件数据库，至少包含铝水比、水温、入水速度等 3 种影响因素，铝液与水接触物理化学爆炸当量模型，模型准确率 $\geq 85\%$ ；基于前兆特征的结晶器漏铝提前预警时间 $\geq 5s$ ，预测准确率 $\geq 95\%$ ；漏铝铸孔位置精准定位识别时间 $\leq 5s$ ，模盘自动封堵设备具备单点封堵时间 $\leq 30s$ 、2 点同时封堵时间 $\leq 50s$ 的能力，封堵成功率 $\geq 95\%$ ；防爆涂料抗压强度 $\geq 90MPa$ ，

受涂层保护壁面熔融金属液滴飞溅率下降 90%；形成低水位铸井铝液泄漏爆炸风险主动阻断技术，实现 500kg 级泄漏铝液与铸井底部积水有效隔离。装备技术就绪度达到 8 级及以上，其他技术就绪度达到 7 级及以上，具备小批量生产能力，防爆阻隔装备销售或示范应用数量 ≥ 2 套，在不少于 2 家铝加工（深井铸造）企业进行示范应用。

关键词：铝加工（深井铸造），爆炸致灾机理，漏铝超前预警，自动封堵，防爆阻隔

6 矿山安全风险监测预警与灾害防治

6.1 超深立井提升系统轻量化及关键部件可靠性监测技术及装备

研究内容：针对矿山超深立井提升系统自重大、关键部件可靠性监测不全和精度低导致的重大安全风险，研发新型高性能轻量化立井提升绳及配套施工安装工艺；研发覆盖提升绳、尾绳等全区段的多形态无损检测技术及装备；研发动态摩擦传动防滑设计技术；研发轻质提升容器及制动器、摩擦衬垫、主轴轴承等关键部件全生命周期失效风险监测技术及装备，构建超深立井提升系统多部件耦合失效风险监测预警和预测性维护技术体系；研发矿井提升系统安全风险智能管控平台，在煤矿和金属非金属矿山落地示范应用。

考核指标：生产期间千米立井提升系统整体减重 $\geq 20\%$ ；实现提升系统全绳无损检测，提升绳断丝数检测分辨率达到 1 根、截面积损失率检测分辨率 $\leq 2\%$ ；制动闸瓦间隙和摩擦衬垫绳槽磨损量检测精度 $\leq 0.1\text{mm}$ ，轴承故障识别类型 ≥ 5 类；

管控平台接入数据类型 ≥ 5 种，失效风险监测预警系统误报率 $\leq 2\%$ 。装备技术就绪度达到8级及以上，其他技术就绪度达到7级及以上，形成矿山深井提升轻量化相关国家或行业标准（送审稿）2项，具备小批量生产能力，无损检测装备销售或示范应用数量 ≥ 10 套，在1000m级煤矿和1500m级金属非金属矿山分别进行示范应用。

关键词：超深立井，提升系统，轻量化，可靠性监测，预测性维护

6.2 煤仓疏堵机器人及溃仓应急处置装备

研究内容：针对煤仓人工疏通作业风险高、溃仓事故频发等难题，研究复杂工况下煤仓高精度三维重建建模技术及溃仓风险超前预警模型；研发适应井下受限空间的远程操控疏堵机器人；研发煤仓溃仓智能响应式安全阻断技术及装备，形成煤仓无人化安全处置能力。

考核指标：煤仓高精度三维重建建模技术及溃仓超前预警模型，煤仓三维建模精度 $\leq 2\text{cm}$ ，堵拱结构定位精度 $\leq 0.1\text{m}$ ，溃仓超前预警时间 $\geq 10\text{min}$ ；远程无人化疏堵装备，远程操控距离 $\geq 200\text{m}$ ，疏堵机构单次成功疏堵作业时间 $\leq 40\text{min}$ ，平均疏堵作业效率 $\geq 0.3\text{t/min}$ ；溃仓风险快速响应与安全阻断装备，智能防溃闸门紧急关闭时间 $\leq 5\text{s}$ 。装备技术就绪度达到8级及以上，在不少于2个煤矿企业进行煤仓疏堵作业示范应用。

关键词：煤仓疏堵，三维建模，超前预警，溃仓应急，远程无人化

6.3 深部矿山热害治理与热能安全高效利用技术及装备

研究内容：针对采掘生产作业地点降温难、制冷系统能效低、热能回收品位低等难题，研发矿用跨临界冷热联供技术及装备；研发地面集中制冷系统井底高低压转换技术及装备；研发采煤工作面、金属矿采场靶向降温治理技术及装备；研发深井热害治理智能调控技术及装备。

考核指标：矿用跨临界冷热联供装备运行综合能效比 ≥ 5.5 ，地面回收热（水）温度 $\geq 90^{\circ}\text{C}$ ；井底高低压转换装备，承压 $\geq 10\text{MPa}$ ，冷冻水进出温升、回水进出温降均 $\leq 0.5^{\circ}\text{C}$ ；煤矿采煤工作面、金属矿采场靶向降温装备使用后风流温度 $\leq 28^{\circ}\text{C}$ ，且进、回风温差 $\leq 12^{\circ}\text{C}$ ；深井热害治理智能调控装备，调控后制冷能耗比全负荷工况下降 10%。装备技术就绪度达到 8 级及以上，形成矿山热害治理相关国家或行业标准（送审稿）1 项，具备小批量生产能力，矿用跨临界冷热联供装备、地面集中制冷系统井底高低压转换装备、靶向降温治理装备、深井热害治理智能调控装备每类销售或示范应用数量 ≥ 10 套，在高温煤矿、高温金属矿分别进行示范应用。

关键词：高温矿山，跨临界，冷热联供，高低压转换，智能调控

6.4 高海拔露天矿山岩土体滑溃风险防控技术

研究内容：针对高寒高海拔矿区矿山边坡、排土场、尾矿库冻融失稳机理复杂、监测预警可靠性低、风险动态感知能力弱等问题，研究高寒环境矿山堆排体水冰相变冻融机理及强度劣化规律与失稳演化模式；研究超高边坡全生命周期动态稳定性精细化评价新方法；研制高海拔矿山地面高风险岩土体全息感知巡检无人机，研发岩土体位移与结构损伤监测装备、预警预报智能体，研究高海拔矿山边坡、排土场、尾矿库防护治理技术。

考核指标：集成动态温控、水力加载与实时监测的大型冻融试验装备，控温精度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，变形监测精度 $\leq 1\text{mm}$ ；千米级边坡位移与结构损伤监测装备，最低适用温度为 -45°C ，适用 4500m 以上高海拔环境，位移监测精度 $\leq 1\text{mm}$ ，地质模型动态分辨精度 $\leq 1\text{m}$ ；支持解读多源多参量监测数据时序特征的多元协同预警智能体，数据协同处理延迟时间 $\leq 1\text{min}$ ，灾前预报时间 $\geq 12\text{h}$ ，跨台阶滑坡时间预报误差 $< 1\text{h}$ ；尾矿库及坝体智能安全监测无人机与安全运维装备，坝体表面位移监测覆盖率 100%，最低适用温度 -45°C ，隐患识别准确率 $\geq 90\%$ ，安全运行且适应海拔 4500m；坝体协同保温一固化材料 1 种，30 次冻融循环后抗压强度降低 $\leq 15\%$ ，加固技术提升抗滑稳定性系数 20%；雪线冻融带堆排体融冰水导排装备，钻孔验证融冰水滞留量下降至 20%，排土场底部排渗控制深度 8-12m，雪线排土场堆排基底在“复杂场地”条件下最大

安全作业坡度在 18-20°。装备技术就绪度达到 8 级及以上，具备小批量生产能力，大型冻融试验装备、千米级边坡位移与结构损伤监测装备、尾矿库及坝体智能安全监测无人机与安全运维装备、雪线冻融带堆排体融冰水导排装备每类销售数量 ≥ 10 套，在不少于 2 处高海拔露天矿山进行示范应用。

关键词：高海拔，岩土体坝坡，稳定性评价，滑溃预警，坝坡防护

6.5 油气藏型储气库安全风险监测与井筒损伤检测修复技术

研究内容：针对油气藏型大容量储气库在长周期注采交变应力条件下地质体裂缝泄漏、井筒管柱和水泥环密封失效及环空带压等问题，研发基于遥感与地面地下多源侦测数据融合的地质体微变形及高风险泄漏裂缝预测技术；研制高压注采关键设备状态监测和失效检测专用装备；研制注采井井口装置缺陷专用成像检测技术及装备；研制过油管井筒多源微泄漏及固井水泥胶结缺陷检测诊断技术及装备；研发储气库管柱密封失效修复材料与作业工艺。

考核指标：地质体完整性监测装备，地质变形监测精度 $\leq 2\text{mm}$ ，地质体裂缝天然气泄漏通量监测阈值 $\geq 50\text{ml/s} \cdot \text{m}^2$ ，地表泄漏监测定位精度 $\leq 0.5\text{m}$ ；注采高压管道检测壁厚 $\geq 20\text{mm}$ ，缺陷检测精度 $\leq 1\text{mm}$ ；井口装置最大检测壁厚 $\geq 50\text{mm}$ ，缺陷检测精度 $\leq 0.5\text{mm}$ ；对比单层管柱水泥一套管胶结微间隙缺陷检测结果，过油管检测准确率 $\geq 70\%$ ，缺陷检测精度 $\leq 2\text{mm}$ ；井下原位修复套管承压能力 $\geq 30\text{MPa}$ ，适用井深 $\geq$

4000m；形成油气藏型储气库地质体泄漏监测和安全屏障完整性检测修复技术。装备技术就绪度达到 8 级及以上，具备小批量生产能力，地质体完整性监测装备、高压注采关键设备状态监测和失效检测专用装备、注采井井口装置缺陷专用成像检测装备、过油管井筒多源微泄漏及固井水泥胶结缺陷检测诊断装备每类销售或示范应用数量 ≥ 10 套，在不少于 2 个储气库进行示范应用。

关键词：油气藏储气库，地质体泄漏监测，完整性检测，套管原位修复

7 重要基础设施本质安全

7.1 高海拔超大型水电工程复杂洞室群施工人员安全保障及避险处置技术

研究内容：针对高海拔超大型水电工程洞室群施工期间有害气体、火灾、人车碰撞、围岩垮塌等风险严重威胁施工人员安全难题，研究低气压、高落差与复杂流场耦合条件下施工作业有害组分生成、扩散与通风调控机理，研发超前预警、智能引排及主动消纳一体化控制技术；研究高海拔低气压环境热驱-风驱耦合作用下火灾烟气生成与跨洞室运移机理，研发多视角火点感知与射流精准调控的分体式智能协同灭火技术，研发柔性火烟快速阻断和火灾烟气主动消纳装备；研究高海拔深部洞室围岩应力-结构耦合驱动机制，研发超前预测和主动预警技术及装备；研发大纵坡螺旋、立体交叉洞室群“车-人-设备”定位与碰撞预警技术；研究适用于低

氧环境自维持应急生命保障技术与装备；研发高海拔复杂洞室群分级精准叫应与多模态闭环确认技术与装备。

考核指标：施工洞室群施工有害组分预测种类 ≥ 5 类，推演时间 $\leq 30s$ ，预测提前量 $\geq 5min$ ，预测精度 $\geq 95\%$ ，施工作业毒害气体、颗粒物高效消纳装备，原位消除率 $\geq 70\%$ ；低压火灾模拟实验舱容积 $\geq 30m^3$ ，温度 $-40^{\circ}C$ 至 $60^{\circ}C$ 、压力 $0.3\sim 1atm$ 可调，大断面气幕挡烟率 $\geq 90\%$ ，柔性快速封堵设施封堵时间 $\leq 3min$ ，烟颗粒主动诱导沉降率 $\geq 70\%$ ，探测喷射分体式固定灭火装备，支持火点自主追踪扑灭，火灾探测准确率 $\geq 98\%$ ，隧洞内射流落点自主控制误差 $\leq 0.3m@25m$ ；围岩塌方风险预警准确率 $\geq 90\%$ ；“车-人-设备”三元混合场景防撞预警装备，大纵坡螺旋、立体交叉洞室群人车定位精度优于 $1m$ ，避让预警提前时间 $\geq 3s$ ；自维持恒温恒氧应急避难舱，适用海拔 $\geq 4000m$ ，舱内温度 $18\sim 26^{\circ}C$ 、氧浓度 $19.5\sim 23.5\%$ ，维持时间 $\geq 7d$ ；分级精准触达叫应系统支持叫应模态 ≥ 3 种，平均故障间隔时间 $\geq 30000h$ ，通信时延 $\leq 3s$ 。装备技术就绪度达到8级及以上，具备小批量生产能力，阻烟气幕、柔性快速封堵设施、施工作业毒害气体与火灾烟颗粒高效消纳装备每类销售数量 ≥ 5 套，自维持应急避难舱销售数量 ≥ 1 套，在最高海拔 $\geq 2800m$ 、落差 $\geq 800m$ 超大型水电工程进行应用。

关键词：超大型水电工程，高海拔，复杂洞室群，施工人员安全

7.2 火灾场景下超高层建筑电梯可靠性保障与应急响应技术

研究内容：针对超高层建筑火灾中高温、浓烟、电力中断等极端条件下电梯系统安全可靠运行与人员快速疏散的迫切需求，研究高温场景下电梯关键部件失效机理，研发标准化测试装备及失效量化表征技术；研发电梯系统损伤感知与运行安全动态可靠性评估技术；研制复杂恶劣场景下电梯可靠高效供电、系统环境净化与容错应急运行的快速启用及人员逃生技术及装备；研发耦合建筑火情感知的电梯应急调度、分区停靠优化控制系统与装置；研发电梯可靠性保障系统集成与协同控制技术。

考核指标：形成电梯主机、控制柜和层门等不少于 3 类关键部件高温失效机理模型；对电梯关键部件损伤状态感知更新频率 $\geq 1\text{Hz}$ ；在 $\geq 30\text{m}^3$ 的典型电梯轿厢—前室组合空间内，5min 内烟气颗粒物浓度降低 $\geq 95\%$ ，电梯异常至容错重新启用时间 $\leq 10\text{min}$ ，电梯可靠稳定运行 $\geq 1\text{h}$ ；电梯应急调度与分区停靠控制系统，可协同管控 ≥ 3 部电梯，实现 100m 以上超高层建筑火灾模式下电梯的分区停靠与动态调度，调度指令执行成功率 $\geq 90\%$ ，保障人员安全逃生。装备技术就绪度达到 8 级及以上，形成火灾状态下电梯安全启用相关国家或行业标准（送审稿） ≥ 1 项，具备小批量生产能力，电梯应急调度、分区停靠优化控制系统与装置销售或示范应用数量 ≥ 2 套，在 100m 以上超高层建筑进行示范应用。

关键词：超高层建筑，电梯火灾，可靠性评估，应急启用，容错运行

8 城镇火灾高效防控

8.1 城镇火灾智能解析与精准重构技术

研究内容：针对城镇火灾起因溯源、蔓延态势与致灾过程复盘中的物证提取难、数据恢复难、实验室鉴定难和蔓延机制不清晰等问题，研发火灾易损物证新型凝胶类可逆固化提取剂、三维痕迹单体化采集与识别装备、吸烟火灾物证现场快检装备；研究建筑火灾电气与弱火源疑难物证精准鉴定技术；研究火场存储介质物理损伤智能诊断与底层数据重构恢复技术；研究多源证据智能解译与火灾反演重构技术，攻克基于自主研发核心算法的起火蔓延、结构倒塌等多场景过程动态还原技术。

考核指标：凝胶类可逆固化提取剂 ≥ 3 种、可逆指数 $\geq 90\%$ ，单体化采集与识别装备的单体采集识别种类 ≥ 20 ，香烟灰 AI 鉴别准确率 $\geq 90\%$ ；重结晶熔痕定量参数 ≥ 15 种，弱火源物证实现无损分析、分析时间 $\leq 10\text{min}/\text{样}$ ，硬盘清洁后碟片损伤识别率 $\geq 95\%$ ，存储卡芯片适配成功率 $\geq 95\%$ ，未知编码视频修复成功率 $\geq 70\%$ ；证据解译类型证据解译支持视频、音频、电子数据、文本等异构证据模态 ≥ 4 种，表征形式 ≥ 3 种；火灾反演重构模型典型工况数值模拟烟气到达时间误差 $\leq 10\text{s}$ 。整体技术就绪度达到 7 级及以上，在不少于 2 起典型火灾事故中进行示范应用。

关键词：火灾事故，智能取证，数据恢复，证据解译，过程重构

8.2 火灾高风险场所消防安全风险精准感知技术

研究内容：针对高层住宅、九小场所、自建房、多业态混合生产经营场所等火灾高风险场所建筑火灾防控能力缺位问题，面向火灾早期感知、误报抑制、长效服役和基层共治需求，研究感烟探测叠加态干扰、性能漂移、功能失效机制以及测试评价方法，研究烟雾辨识抗扰、电气与光学性能漂移宽动态补偿及多模无线组网技术，研制低成本抗漂移抗失效的独立式无线组网感烟火灾探测报警器及系列产品；面向此类场所用电负荷大、种类多、配电线路复杂、电气火灾风险高等特点，开发适配复杂电磁与空间环境的 AI 预警算法，构建云一边一端协同智能预警架构，研发适用于密集布线环境的非侵入式、高精度传感器。

考核指标：独立式无线组网感烟火灾探测报警器，抗漂移性能提升 $\geq 60\%$ ，在加速比 $\geq 12:1$ 的漂移试验前后响应阈值比 ≤ 1.2 ；抗粉尘水汽等干扰性能提升 ≥ 5 倍，响应抑制比达到 15dB；抗紫外谱光干扰 $\geq 12\text{w} \times 4$ 、荧光谱光干扰 $\geq 30\text{w} \times 4$ 、卤素谱光干扰 $\geq 60\text{w} \times 4$ ；180 天内平均在线率 $\geq 98\%$ ，综合联网通讯能耗降低 $\geq 50\%$ 。电气火灾超早期预警系统，监测模块支持非侵入式安装，可同步监测电流、电压、剩余电流、线缆温度、功率等 ≥ 5 种电气参数，支持离线工作模式，电气火灾主动预警系统预警时间提前 10min。整体技术就绪度

达到 8 级及以上，形成感烟探测、电气火灾监控相关国家或行业标准（送审稿）1 项，具备小批量生产能力，独立式无线组网感烟火灾探测报警器销售或示范应用数量 ≥ 100 套，示范应用区域 $\geq 50000\text{m}^2$ 。

关键词：火灾高风险场所，抗漂移误报失效，多模无线组网，独立式感烟探测，电气火灾早期预警

8.3 高层建筑抗火能力提升技术

研究内容：针对高层建筑用防火分隔材料耐候性不够，消防给水及灭火水系统效能不佳和智能化程度低，人员避险逃生困难等问题，研发耐紫外辐照、耐寒防火凝胶及其复合防火玻璃；研发长寿命、高耐火防火封堵材料及模块化封堵技术；研发“端一边一云”交互演进的高层建筑施工改造场景火灾隐患识别和预警系统，开发便携式火灾早期探测装备；研究消防给水及灭火系统低成本韧性提升成套技术，研发低功耗、无源化、低成本管网精准感知技术；研发易佩戴、轻量化自生氧自救呼吸器，研制门缝应急防烟封堵条、火灾逃生防护凝胶。

考核指标：复合防火玻璃耐紫外辐照性能 $\geq 2000\text{h}$ 、耐火性能 $\geq 1\text{h}$ ；模块化防火封堵产品耐火时间 $\geq 4\text{h}$ ，使用寿命 ≥ 10 年；火灾隐患识别系统可辨识高层建筑施工中至少 5 类危险行为和隐患状态，识别准确率 $\geq 90\%$ ；便携式施工现场火灾早期探测装备，AI 嵌入式部署探测响应时间 $\leq 5\text{s}$ ，光照适应性 $0.1\text{—}100000\text{lux}$ ，室内外人造光弱光环境和太阳光强

光环境全范围有效探测；局部增强改造后高层建筑消防供水性能提升 50%、灭火效率提升 25%；消防给水系统全生命周期 AI 管控平台故障预警准确率 $\geq 97\%$ ，智能故障诊断装置覆盖 ≥ 10 类故障，识别与定位准确率均 $\geq 95\%$ ；未经培训的普通受试者独立完成自救呼吸器佩戴时间 $\leq 10\text{s}$ 、产品呼吸温度 $\leq 35^{\circ}\text{C}$ 、静坐防护时间 $\geq 120\text{min}$ ，门缝应急防烟封堵条烟气泄漏率 $\leq 3\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}$ ，火灾逃生防护凝胶涂抹激活时间 $\leq 30\text{s}$ 、总有效隔热时间 $\geq 5\text{min}$ 。整体技术就绪度达到 8 级及以上，复合防火玻璃示范应用面积 $\geq 1000\text{m}^2$ ，具备小批量生产能力，便携式施工现场火灾早期探测装备销售或示范应用数量 ≥ 20 套，自生氧自救呼吸器销售或示范应用数量 ≥ 100 套，在不少于 3 幢高层建筑中进行示范应用。

关键词：高层建筑，交互演进，隐患识别，消防给水系统，轻量化呼吸防护装备

8.4 锂离子电池储能电站火灾风险辨识与防控处置技术及装备

研究内容：针对电网侧/用户侧等多场景锂离子电池储能电站电池热失控早期识别精准度不足、复杂环境灾害演化机制不清、整舱级火灾灭火难度大等问题，研究高/低温、高海拔低气压、高盐雾高湿等复杂环境多因素耦合下锂离子电池储能电站热失控灾害演进机制，建立锂离子电池储能系统多层级多场景火爆毒风险动态评估模型；研究储能电站安全隐患智能识别技术，研究电池状态多源感知及其物理信息融合的热失控极早期精准预警技术；研究直流触电防护非接

触探测技术，研发可实现场景可视化与测温、测电、测气一体化的救援专用便携式多功能侦检装备；研制无氟新型环保灭火介质，集快速灭火、持续冷却、高效抑爆于一体的灭火抑爆技术及装备；储能电站事故无人化精准移动处置装备。

考核指标：建立不少于 4 类复杂环境的火灾风险演化模型，具备火灾温度场、烟气浓度场、热释放速率及爆炸超压等关键参量的时空演化推演能力，多层级火爆毒风险评估指标 ≥ 5 个，预测值与实测值平均偏差率 $\leq 30\%$ ；储能电站安全隐患识别种类 ≥ 10 个，识别准确率 $\geq 95\%$ ，热失控过程锂离子电池内部特征监测参量 ≥ 2 项，电池状态感知及融合物理量 ≥ 4 种，电池热失控预警提前时间 $\geq 30\text{min}$ ，典型工况测试环境下误报率 $\leq 5\%$ ；便携式多功能侦检装备可实现场景可视化与测温、测气、测电一体化，测气距离 $\geq 20\text{m}$ ，400-1500V 直流非接触探测距离 $\geq 0.3\text{m}$ ；锂离子电池新型环保无毒灭火剂及复合灭火抑爆技术，灭火剂水生生物急性毒性 $\text{LC}_{50} \geq 100\text{mg/L}$ ，灭火剂持续喷洒 10min 后电池表面最高温度 $\leq 70^\circ\text{C}$ ，锂离子电池储能 20ft 整舱燃烧灭火剂用量 $\leq 4\text{t}$ ，24h 不复燃；储能事故场景无人化处置技术及装备，可在 30min 内完成典型储能簇级柜体破拆作业，可开展储能系统远程灭火作业，完成定点喷射灭火、持续冷却控温，抑制复燃风险。整体技术就绪度达到 8 级及以上，形成储能电站火灾防控、应急救援相关国家或行业标准（送审稿）1 项，具备小批量生产能力，锂离子电池储能电站灭火抑爆装备、无人化精准移动处

置装备每类销售或示范应用数量 ≥ 10 套，在电网侧、用户侧选取不少于3个典型场景进行示范应用。

关键词：锂离子电池，储能电站，热失控火灾，风险辨识，无人化处置

8.5 受限空间电动汽车密集场所火灾多级阻隔与靶向处置技术及装备

研究内容：针对地下车库、停车楼等受限空间内电动汽车密集场所的早期火灾扑救难题，研究典型车位布局与通风条件下，电动汽车电池热失控演化机制及火焰热辐射、热烟气层对流对邻近车辆的引燃临界判据及受限空间烟火流动特性；研发适用于地下车库、停车楼的电动汽车火灾早期探测报警与精准定位技术；研发耐高温、低导热阻隔材料，构建电动汽车火灾多级阻隔技术；研发适用于电动汽车的新型环保无毒、高效抗复燃靶向灭火技术及装备，灭火残余化学品应急处置装备。

考核指标：建立不少于3种典型受限空间下、电池容量 $\geq 60\text{kWh}$ 的电动汽车火蔓延动态演化模型，相邻车辆引燃临界判据 ≥ 2 个；电动汽车火灾早期探测预警装置适用于地下车库、停车楼等不少于3种受限空间，热失控后30s内准确报警，定位精度 ± 1 车位；高温阻隔材料耐高温 $\geq 1200^\circ\text{C}$ ，导热系数（热面 1200°C ） $\leq 0.07\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ， $1200^\circ\text{C}/24\text{h}$ 条件下加热永久线变化 $\leq 3\%$ ，憎水率 $\geq 95\%$ ；电动汽车火灾的多级阻隔与靶向处置技术及装备，靶向火灾抑制装备控制火势5min内不蔓延，复燃抑制时间 $\geq 24\text{h}$ ，旁车保护率100%；

残余化学品分解率 $\geq 95\%$ 。整体技术就绪度达到 8 级及以上，形成地下车库电动汽车火灾防控相关国家或行业标准（送审稿）1 项，具备小批量生产能力，电动汽车火灾早期探测预警装置、电动汽车火灾的多级阻隔与靶向处置装备、灭火残余化学品应急处置装备每类销售或示范应用数量 ≥ 20 套，在地下车库、停车楼选取不少于 3 个典型场景进行示范应用。

关键词：电动汽车，地下车库，多级阻隔，靶向处置

8.6 低压-振动环境锂电池热失控规律及安全风险测试诊断技术

研究内容：针对航空低压-振动耦合环境下充电宝锂电池热失控机理不清、安全风险测试诊断技术缺失等问题，开展航空飞行状态下充电宝锂电池安全特性研究，揭示低压-振动耦合环境下充电宝锂电池劣化机制和热失控演化规律，建立航空充电宝锂电池安全风险测试诊断方法，研制配套的专用测试诊断装备。

考核指标：建立航空低压-振动耦合环境充电宝锂电池劣化及热失控演化模型，涵盖升降、巡航、颠簸等 ≥ 3 种典型工况；建立航空充电宝锂电池安全风险测试诊断方法，含锂电池劣化、热安全测试诊断判据 ≥ 2 类；研发配套测试装备样机，支持气压 11.6-101kPa、频率 5-200Hz、最大加速度 $\geq 8g$ 振动的耦合环境调节，具备循环充放电、耦合环境模拟、安全性能评估等功能。整体技术就绪度达到 8 级及以上，具备小批量生产能力，形成航空充电宝锂电池相关国家或行

业标准（送审稿）1项，配套测试装备销售或示范应用数量 ≥ 20 套，在2个以上机场进行示范应用。

关键词：低压—振动耦合，充电宝锂电池，劣化机制，热失控，安全测试诊断

9 灾情侦测感知与应急通信

9.1 面向应急救援的卫星遥感在轨实时智能处理与服务技术及装备

研究内容：针对重特大林火、洪涝、地震等灾害应急指挥救援中的天基数据处理时延长、灾情态势感知滞后、现场研判不及时等难题，研究可在多模态应急卫星上部署和在轨更新的洪涝范围、火点、损毁建筑物等灾情轻量化实时智能提取模型；研究极端场景下空间网络化混合多路径星地信息实时传输与分发的自适应网络技术；研究实时数据驱动星地协同迭代的洪水演进、林火蔓延等应急态势动态研判技术；研制集成融合应急北斗等遥通导一体化的实时态势分析系统及多模式融合一体便携终端装备。

考核指标：实现洪涝范围、火点、损毁建筑物等 ≥ 3 类灾情的红外/SAR/多光谱高低轨卫星在轨处理，信息提取准确率 $\geq 85\%$ ，模型轻量化精度较同步地面算法精度损失 $\leq 10\%$ ；极端灾害在轨灾情信息天地网络化回传时间 $\leq 1\text{min}$ ，具备高中低轨跨层网络传输能力，能够根据业务场景、终端能力和可用网络资源动态匹配传输路径，传输路径 ≥ 3 类；洪水演进、林火蔓延等灾情态势模拟相对实际灾情精度 $\geq 85\%$ ，实时态势分析系统平台单次模拟分析时间 $\leq 10\text{min}$ 且连续更新。

整体技术就绪度达到 8 级及以上，具备小批量生产能力，遥通导一体化实时态势分析系统接入国家应急指挥平台，便携式终端装备销售或示范应用数量 ≥ 3 套，在洪涝、林火、地震等灾害应急场景中进行示范应用。

关键词：实时应急，在轨处理，卫星遥感，遥通导一体化，星地协同

9.2 极端环境高可靠星地融合应急通信技术及装备

研究内容：面向极端天气、复杂地形场景下卫星宽带应急通信装备“联不通、不可靠”以及野外机动部署的 370MHz 集群通信依赖卫星链路造成的高时延、不可靠等问题，研究基于天气预报的雨衰预测技术和高中低多轨道卫星融合的高可靠传输应急通信组网架构；研究适应雨雪极端天气的通感融合内生智能卫星通信波形及卫星通信资源智能适配技术，研发应急卫星通信基带和网络资源智能调度平台；研究异频共口径天线融合布阵及小型化共口径天线耦合抑制技术，研发抗雨衰、多轨多频共天线卫星通信终端；研究高可靠低时延星地融合集群专用协议，研发轻量化 370MHz 星地融合集群基站；研究星地集群多频段一体化天线设计与动态切换技术，研发低轨卫星集群/ePDT/公网多模融合终端。

考核指标：典型灾害高发区域 Ku、Ka 频段在中雨大雨环境下信道衰减预测误差 $\leq 4\text{dB}$ ；基带可动态重构波形种类 ≥ 3 ，终端跨星座切换时间 $\leq 1\text{s}$ ，信道感知和波形切换时延 $\leq 500\text{ms}$ ，支持分集传输和路径选优；终端形态 ≥ 3 种，超轻

型便携终端重量 $\leq 3.5\text{kg}$ ，小雨环境链路储备 $\geq 3\text{dB}$ ，增强型便携终端重量 $\leq 5\text{kg}$ ，链路余量 $\geq 20\text{dB}$ ，支持 Ka 频段收发天线共口径且 -15dB 解调门限下最低传输速率 $\geq 30\text{kbps}$ ，机载/车载类卫星通信终端重量 $\leq 18\text{kg}$ ，支持 Ku、Ka 双频段，接入星座 ≥ 3 ，大雨环境下链路储备 $\geq 2\text{dB}$ ，中雨环境下链路储备 $\geq 12\text{dB}$ ，终端入网时间 $\leq 2.5\text{min}$ ；组呼建立时间 $\leq 400\text{ms}$ ，基站重量 $\leq 10\text{kg}$ ，形态 ≥ 2 种；终端重量 $\leq 0.45\text{kg}$ ，模式切换时间 $\leq 500\text{ms}$ ，形态 ≥ 2 种。整体技术就绪度达到 8 级及以上，具备小批量生产能力，抗雨衰多轨多频共天线卫星通信超轻型便携终端、增强型便携终端、机载/车载类终端、轻量化 370MHz 星地融合集群基站每类销售或示范应用数量 ≥ 5 套，在中雨、大雨及山地等极端环境中分别进行示范应用，接入的星座类型 ≥ 3 种、高轨卫星 ≥ 6 颗且 Ka 和 Ku 频段均支持互联网接入服务方式。

关键词：抗雨衰卫星通信，多频共天线，多星多轨融合，星地集群

9.3 应急场景多模态数据高信容生成式智能传输技术及装备

研究内容：针对地震、林火、洪涝、滑坡等典型灾害现场十分有限的通信链路带宽资源与各类音视频和数据通信需求激增的矛盾，设计高信容灾害语义表征与可信传输规范，研究噪声激励的多源信息语义抽取与高效压缩技术；研究高动态音频、图像压缩与重建技术，研发面向北斗三号的高保真音频、图像智能传输装备；研究基于信容律的低码率视频

生成式智能传输技术，研发面向灾害场景的 10kbps 级低码率视频生成式智能传输装备；研究面向广域灾害现场的三维遥感数据语义压缩传输与快速重建技术，研发无人救援集群协同控制的通感智能网络装备；研制空地集群联合生成式智能传输平台。

考核指标：空地真实灾害场景多模态数据集，视频 30 万段，总时长 $\geq 100000\text{h}$ ，图像 ≥ 50 万张，音频 ≥ 1 万段，总时长 $\geq 100\text{h}$ ，高信容语义表征与压缩理论模型，压缩倍数 ≥ 10 ，信息丢失率 $\leq 5\%$ ，为生成式智能传输提供模型基座；基于窄带天基链路移动设备直连的音图智能传输单兵装备，重量 $\leq 0.5\text{kg}$ ，音频码率 $\leq 0.2\text{kbps}$ 、MOS 得分 ≥ 4 、指令识别准确率 $\geq 95\%$ ，图像信息恢复准确率 $\geq 90\%$ ；低码率视频生成式传输装备，重量 $\leq 1\text{kg}$ 、功耗 $\leq 45\text{W}$ ，1080P 传输带宽 $\leq 40\text{kbps}$ ，视觉语义一致率 $\geq 95\%$ ；无人救援集群通感协同网络装备，数量 ≥ 3 台/套，单装备算力需求 $\leq 260\text{TOPS}$ ，同时协同控制无人平台类型 ≥ 3 类，关键信息传输成功率 $\geq 99\%$ ，三维语义表征数据压缩倍数 ≥ 50 ，传输带宽需求 $\leq 5\text{Mbps}$ ，重点区域三维模型重建精度 $\leq 0.1\text{m}$ ，建模速度 $\geq 10\text{m}^2/\text{s}$ ；生成式智能传输平台，支持数据传输类型 ≥ 4 种，支持端到端带宽自适应传输与立体感知。整体技术就绪度达到 8 级及以上，具备小批量生产能力，音图智能传输单兵装备、低码率视频生成式传输装备、无人救援集群通感协同网络装备每类销售或示范应用数量 ≥ 20 套，在地震、林火、洪涝、滑坡等

典型灾害场景中分别开展弱网智传、接力协同感知技术及装备示范应用。

关键词：高信容表征，生成式智能传输，集群协同控制，低码率视频生成式传输

10 灾害事故应急救援与处置

10.1 灾害深埋被困人员救援便携式超高灵敏度探测装备

研究内容：面向深埋废墟生命体实时探测需求，研究建立埋压人员心磁/呼吸信号传输衰减模型与人体微动射频多普勒频移双模型；研制微弱信号采集装置，搭建心磁/呼吸双模式协同探测硬件架构；研制集成射频收发单元与智能信号识别的单兵便携式深埋生命双模侦测系统。

考核指标：单兵便携式深埋生命双模侦测系统，续航 $\geq 4\text{h}$ ，可探测钢筋混凝土等连续掩埋介质厚度 $\geq 10\text{m}$ 时有生命体征横向定位精度 $\leq 0.5\text{m}$ ，纵向定位精度 $\leq 0.5\text{m}$ ，探测速率 $\geq 100\text{m}^2/30\text{s}$ ，心磁信号探测灵敏度 $\leq 0.1\text{fT}/\sqrt{\text{Hz}}$ ，响应时间 $\leq 30\text{s}$ ；可分辨呼吸频偏 $\geq 0.1\text{Hz}$ 、心跳频偏 $\geq 1\text{Hz}$ ；10米以内识别埋压人员准确率 $\geq 90\%$ 。整体技术就绪度达到8级及以上，由省级消防救援总队进行示范应用与验证。

关键词：心磁探测，连续掩埋介质，双模式协同，便携式

10.2 米级深度急速径流全域通行运载专用平台

研究内容：针对洪涝灾害急速径流救援场景下水位浅、流速快、障碍物多、通行难等问题，重点突破装备快速部署、

米级深度航行、急速径流通行与运载技术。研究浅水急速径流环境下平台失稳机理与推进效率衰减规律，建立受限浅水径流—构型—射流耦合模型；研究分布式防缠绕矢量推进和主动式触底规避技术，研发基于水深—流速—航态感知的推力分配、吃水自适应调节推进器和触底动态触发装置；研究多源相对位姿感知、流场扰动辨识与载荷突变自适应定位技术，研发米级深度急速径流全域通行运载专用平台；研究无人机抗扰动自适应挂载和精准投送技术，研发无人机平稳挂载与投送装备。

考核指标：米级深度急速径流全域通行运载专用平台，续航时间 $\geq 2\text{h}$ ，米级水深静水环境最大通行速度 $\geq 5\text{m/s}$ ，可在不低于 3m/s 水速下实现急流定位；通行平台自重 $\leq 400\text{kg}$ ，额定载荷 $\geq 2000\text{kg}$ ，模块化设计，可通过绳索、空投等方式实现无人机投送；单模块重量 $\leq 100\text{kg}$ ，单模块拼接时间 $\leq 3\text{min}$ ，可进入宽度小于 4m 的街道巷道实施救援；基于水深—流速—航态多源感知的智能动力分配控制系统，动力系统满足 $0.5\text{--}1.5\text{m}$ 水深自适应，升降响应时间 $\leq 5\text{s}$ 。整体技术就绪度达到8级及以上，具备小批量生产能力，米级深度洪涝灾害急速径流全域通行运载专用平台销售或示范应用数量 ≥ 2 套，由省级及以上应急救援队伍在洪涝灾害急速径流狭窄水域通道场景中进行示范应用与验证。

关键词：城市内涝，全域通行运载平台，米级深度，急速径流，无人机投送

10.3 建筑废墟救援通道低损开辟与智能防护技术及装备

研究内容：针对建筑废墟生命救援中大型机械难以抵近、人工开辟效率低、二次倒塌风险高及深层埋压定向救援困难等问题，研究震后建筑废墟体受扰稳定性快速研判、内隐空间精准探测与救援通道智能规划技术，研发废墟堆积体高效微扰动破障钻进技术；研发针对废墟环境零扰动的新型减振材料与新型高强轻量化快速支护装备；研究建筑倒塌废墟救援主一副通道多维度连续协同构筑技术，研制探测—钻进—开挖—支护一体化通道自动成型系列装备，研发基于数字孪生的建筑废墟救援通道现场分阶段施工智能决策平台。

考核指标：通道成型评估技术 1 套，承力点动态预测偏差 $\leq 0.1\text{m}$ ，空腔定位偏差 $\leq 0.3\text{m}$ ；通道成型系列装备，空间断面 $\leq 0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ ；复杂废墟体 6m 通道成型 $\leq 4\text{h}$ ，一体化钻进—支护效率 $\geq 2\text{m/h}$ ，结合新型减阻减振材料钻进对承力结构扰动加速度峰值 $\leq 0.03\text{g}$ ，支护体系承载力 $\geq 2\text{t}$ ，较现有钢结构支护材料减重 $\geq 40\%$ ；智能决策平台 1 套，支持不少于 5 类建筑倒塌场景施工组织。装备技术就绪度达到 8 级及以上，其他技术就绪度达到 7 级及以上，具备小批量生产能力，倒塌废墟探测—钻进—开挖—支护一体化多维度救援通道成型系列装备销售或示范应用数量 ≥ 2 套，由国家级应急救援队伍在地震、建筑物倒塌等典型场景中进行示范应用与验证。

关键词：废墟救援通道，微扰动，轻量化，一体化，智能化

10.4 隧道坍塌事故智能探感与快速钻掘技术及装备

研究内容：针对隧道坍塌事故中受困人员定位不准、坍塌体内部情况不明、狭窄空间进入困难及钻掘状态难控等问题，研究坍塌隧道内部结构数字化透视技术、生命体征精细化超前感知、随孔抵近探测与多源信息融合技术，研发大探距智能探测技术及装备，研制随钻固壁探查自主钻越模块化具身智能机器人；研究狭窄断面生命导孔快速成孔与钻进姿态控制技术，研制小型化、无人化、模块化水平钻机；研究隧道侧壁曲线掘进、姿态精准控制、软硬不均地层刀盘设计与连续排渣技术，研制小转弯半径微型盾构机；研究坍塌体内部结构与表面变形协同监测、陡坡定向成孔与快速注浆加固技术，研制大坡度定向注浆机。

考核指标：随孔抵近式探测装备可通过最小孔径 $\leq 10\text{cm}$ ，孔前生命体探测距离 $\geq 50\text{m}$ ，孔周三维结构有效探测半径 $\geq 10\text{m}$ ，生命定位精度 $\leq 0.5\text{m}$ 。自主钻越具身智能机器人穿越深度 $\geq 50\text{m}$ ，无外部算力支持下自主作业半径 $\geq 100\text{m}$ ，具备多维态势感知回传能力；隧道救援无人化生命导管水平钻机宽度 $\leq 2\text{m}$ 、高度 $\leq 2.6\text{m}$ ，成孔孔径 $\geq 620\text{mm}$ ，坍塌体钻进速度 $\geq 3\text{m/h}$ ，具备水平双管自动根管技术；微型盾构机开挖直径 $\leq 1.5\text{m}$ ，单次掘进能力 $\geq 100\text{m}$ ，曲线转弯半径 $\leq 35\text{m}$ ，最大掘进速度 $\geq 2\text{m/h}$ ；研发围岩松动圈监测及顶板百米级面域位

移监测预警装备，200m 范围位移监测精度 $\leq 0.1\text{mm}$ ，围岩变形预警准确率 $\geq 90\%$ ；定向注浆机最大爬坡角度 $\geq 35^\circ$ ，注浆孔深度 $\geq 100\text{m}$ ，注浆流量 $\geq 20\text{L/min}$ 。整体技术就绪度达到 8 级及以上，随孔抵近式探测装备、自主钻越具身智能机器人、微型盾构机、定向注浆机每类销售或示范应用数量 ≥ 2 套，由国家安全生产应急救援队伍在隧道事故救援中进行示范应用与验证。

关键词：隧道坍塌救援，受困人员定位，应急监测预警、小型水平钻机，微型盾构机

10.5 浅近海大口径油气管道干式抢维修技术及装备

研究内容：针对国际海底管道干式抢维修技术装备封锁，现有国产干式舱装备浅近海海况适应性不足、管径适配范围有限、检修手段单一且不支持人员进舱等问题，研发基于饱和潜水的人机协作海底管道原位干式检测修复方法，研制浅近海大口径油气管道抢维修干式作业舱；重点突破低可见度动态环境下高精度感知与软接触对接、强海流工况下姿态实时稳定控制、不同管径自适应柔性密封及干式稳压环境构建、视觉增强与力觉引导的多元检修作业等技术；研发人员可进式干式舱及配套高压焊接试验平台，研究水下高压干式焊接工艺规程，研制浅近海油气管道原位人机协作抢维修成套技术及装备。

考核指标：浅近海大口径油气管道抢维修干式作业舱具备吊装、水下干式焊接、结构件紧固、焊缝无损检测和应急

逃生等功能，适应饱和潜水作业，干式抢维修管径范围 711-1016mm，最大工作水深 $\geq 60\text{m}$ 、最大抗流能力 $\geq 2\text{m/s}$ ，满足能见度 $\leq 1\text{m}$ 、海底起伏 $\leq 0.5\text{m}$ 的海域布放作业；管道相对位置测量精度 $\geq 5\text{cm}$ 、坐底就位位置与管道位置偏差 $\leq 5\text{cm}$ 、干式舱和管道对接接触力 $\leq 5\text{kN}$ ；动态感知与控制数据传输延迟时间 $\leq 200\text{ms}$ ；干式舱高度调整范围 0-1m，作业期间舱体与管道相对位移 $\leq 5\text{cm}$ ；密封截面宽度 $\geq 3\text{cm}$ ，排水稳压后舱内压力波动 $\leq 0.05\text{MPa}$ ；水下摄像分辨率 $\geq 1920 \times 1080$ 像素、舱体内部吊装力学感知精度 $\leq 1\text{kg}$ ；舱内同时可容纳作业人数 ≥ 3 人、干式作业环境营造时间 $\leq 45\text{min}$ 、干式舱水下稳定运行时长 $\geq 20\text{h}$ 。整体技术就绪度达到 8 级及以上，形成典型水下高压干式焊接作业国家或行业标准（送审稿）2 项，浅近海大口径油气管道抢维修干式作业舱销售或示范应用数量 ≥ 2 套，由国家安全生产应急救援队伍在浅海海域进行示范应用与验证。

关键词：浅近海大口径油气管道，干式抢维修，人机协作，柔性自适应密封，高压干式焊接

10.6 浅浊海域井喷失控水下应急封堵与无人切割重建技术及装备

研究内容：针对浅浊海域井喷失控造成平台损毁的工况下，水下泄漏处能见度低、作业空间窄等问题，研究水下低能见度环境多源融合增强成像技术及 346mm 通径井口应急带压封堵装置及封堵技术，研究水下井口基盘不同毁损程度的

应急带压封堵作业工艺；研究耐温 600℃的无人化切割及自动化井口重建技术。

考核指标：浅浊海域井喷失控水下 346mm 通径井口应急带压封堵装置，具备无人勘察、快速关井、分流和节流控制等功能，适用能见度 < 0.5m 的浑浊海域，最大封堵、分流井口气体喷流量 $\geq 1 \times 10^6 \text{m}^3/\text{d}$ 或液体喷流量 $\geq 4000 \text{m}^3/\text{d}$ ，最大封堵失控井口压力 $\geq 70 \text{MPa}$ ；装置整机尺寸 $\leq 4000 \text{mm} \times 3200 \text{mm} \times 5000 \text{mm}$ ，重量 $\leq 50 \text{t}$ ，陆地组装测试时间 $\leq 6 \text{h}$ 、海上组装测试时间 $\leq 6 \text{h}$ ；海上平台耐温 600℃无人化切割对通径 346mm、壁厚 9.65mm、钢级 J55 的套管切割时间 $\leq 2 \text{h}$ ，自动化井口重建装置最大封堵失控井口压力 $\geq 70 \text{MPa}$ 。整体技术就绪度达到 8 级及以上，形成浅浊海域典型井喷失控场景应急带压封堵作业相关国家或行业标准（送审稿）1 项，井口应急带压封堵装置、无人化切割装置每类销售或示范应用数量 ≥ 2 套，由国家安全生产应急救援队伍进行示范应用与验证。

关键词：浅浊海域，低能见度，无人化切割，带压封堵

11 高层建筑消防灭火救援与处置

11.1 400m 级快速高效垂直供液技术及装备

研究内容：针对超高层建筑（群）火灾扑救中供液高度不足、效率低等问题，揭示灭火泡沫超长距离垂直管道输运过程气液滑移行为、性能衰变规律及调控机制，研究筛选适用于超高层建筑超长距离垂直管道输运的高携液型压缩空

气泡沫灭火剂及应用参数，研发适用于超高层建筑火灾扑救的压缩空气泡沫垂直供给技术；研究中低压高可靠快速高效供液、垂直长距离供液气液分离自补偿、超高高度中低压输运等技术；突破低、中、高大跨度压力区间高效率供液、稳定泡沫比例混合、智能化流量自适应泡沫供给、远距离大流量稳定高效供液等技术，构建面向超高层建筑火灾扑救的移动供液技术装备体系。

考核指标：压缩空气泡沫垂直供给技术的管网压力预测误差 $\leq 10\%$ ；泡沫垂直超长距离管道输运携液率提升技术，泡沫灭火剂垂直高度携液率 $\geq 30\%$ ；中低压安全快速高效供液灭火系统启动后出泡响应时间 $\leq 10\text{min}$ ，输运管道压力 $\leq 2.5\text{MPa}$ ，400m 高度喷射泡沫的混合液流量 $\geq 150\text{L/min}$ ；超高输运高度压缩空气泡沫消防车，最大供液压力 $\geq 1.8\text{MPa}$ ，有效供液高度 $\geq 400\text{m}$ ，泡沫混合液流量 $\geq 180\text{L/min}$ ；大流量高层供液消防车，最大供液高度 $\geq 400\text{m}$ ，流量 $\geq 900\text{L/min}$ ；形成适用于超高层建筑（群）火灾扑救的快速高效供液应用技术体系。整体技术就绪度达到 8 级及以上，形成高层建筑垂直供液相关国家或行业标准（送审稿）1 项，400m 级快速高效垂直供液装备销售或示范应用数量 ≥ 2 套，由省级消防救援总队在不少于 1 幢高度不低于 400m 的超高层建筑进行示范应用或验证。

关键词：超高层建筑（群），压缩空气泡沫，携液率，消防车，超高层供液

11.2 高层/大型复杂建筑火灾高效烟气控制与消防救援排烟技术及装备

研究内容：针对高层/大型复杂建筑火场浓烟和有毒有害气体快速高效抽排需求，研究复杂空间火灾烟气蔓延特性，研究机械、自然、移动排烟耦合作用下对火灾烟气输运的影响机制，研究“固一移一窗”协同排烟技战术；研究机械排烟效能、自然排烟抗环境干扰性能提升及防烟排烟设施智能化巡检与故障诊断技术；研发火场烟气环保高效消纳排除装备及高风压轻量化便携式移动排烟装备；研发车固协同排烟技术及排烟消防车快速接驳型高耐温固定式长时排烟系统；研发远距离纵深排烟技术和远距离大流量排烟消防车。

考核指标：“固一移一窗”多效协同排烟效率提升 15%；排烟口排烟排热效能提升 15%，防烟排烟运行故障智能诊断识别率 $\geq 90\%$ ；烟气消纳排除装备，消纳排除效率 $\geq 90\%$ ；高风压轻量化便携式移动排烟装备，风量、风压可调，满足负压排烟和正压送风需求，风量 $\geq 20000\text{m}^3/\text{h}$ ，风压 $\geq 1500\text{Pa}$ ；接驳型固定排烟排热系统， 600°C 正常工作时间 $\geq 1\text{h}$ ，接驳时间 $\leq 90\text{s}$ ；远距离大流量排烟消防车，在 300m 排烟距离、 $40000\text{m}^3/\text{h}$ 排烟量条件下正常工作时间 $\geq 1\text{h}$ 。整体技术就绪度达到 8 级及以上，形成烟气防控或测试评价相关国家或行业标准（送审稿）1 项，烟气消纳排除装备、高风压轻量化便携式移动排烟装备、远距离大流量排烟消防车每类销售或

示范应用数量 ≥ 2 套，由不少于3个省级消防救援总队进行示范应用与验证。

关键词：排烟效能，防排烟设施，车固排烟系统，纵深排烟，多效协同排烟

11.3 轻质臂架百米级举高消防车

研究内容：针对高层灭火救援高米数举高消防车存在作业面受限、臂架手动操作要求严苛、极限工况作业可靠稳定性有待提升、关键零部件及系统难以满足整车性能要求等问题，研究举高消防车大长度轻量化臂架设计及制造技术；研究百米级举高消防车可变跨距及安全作业控制技术；研究百米级立体空间臂架动态稳定控制及精准就位技术；研究高米数举高消防车液电控制系统复杂救援环境作业可靠性技术。

考核指标：轻质臂架百米级登高平台消防车的传感器、液压件、控制器等核心部件国产化率 $\geq 95\%$ ，最大作业高度 $\geq 100\text{m}$ ，相较于市场现有产品，臂架减重10%；具备跨距动态可调功能，最大横向支腿跨距较现有车型减小0.5m；具备臂架路径规划功能，臂架运行最大动态跟随误差 $\pm 30\text{mm}$ ，工作平台稳态就位精度 $\leq 100\text{mm}$ 。整体技术就绪度达到8级及以上，轻质臂架百米级登高平台消防车销售或示范应用数量 ≥ 2 套，由省级消防救援总队在2幢不低于80m的高层建筑进行示范应用与验证。

关键词：百米级登高平台消防车，轻质臂架，液电控制系统

12 救援人员和特种作业人员个体防护

12.1 轻质智能长效正压式消防空气呼吸与气源补偿系统技术及装备

研究内容：针对高层地下、大空间大跨度等复杂火场纵深内攻作业耗气量大、供气时间短等难题，研发轻质智能长效正压式消防空气呼吸器与移动式长距离呼吸气源补偿系统；突破轻质碳纤维复合气瓶结构优化设计与成型加工技术，研制 40MPa 高压轻量化复合气瓶；研究碳纤维复合材料背板等复杂异形组件的高效快速成型工艺，以及背板轻量化设计与人体工程学适配技术；研发集成多源传感器与 HUD 显示的面罩式智能感知模块及自适应供气控制技术；研究基于高压供气模块前置的高/中气源多模式高效补给、长距离气路敷设及终端气体质量监测技术；研究轻量化、供气效能、智能感知与人机工效等整机多维度综合性能测试评价技术及检测平台。

考核指标：整机应具备轻量化背负、长效呼吸防护、智能感知与自适应控制功能。40MPa/6.8L 整机质量 $\leq 8\text{kg}$ ，供气时间 $\geq 68\text{min}$ (30L/min) / $\geq 26\text{min}$ (80L/min)，40MPa/9L 整机质量 $\leq 9\text{kg}$ 、供气时间 $\geq 90\text{min}$ (30L/min) / $\geq 35\text{min}$ (80L/min)；气瓶在 -50°C 低温下经 500 次快充循环（充装速率 $\geq 30\text{MPa/min}$ ）后无泄漏破裂，剩余爆破压力 $\geq$ 最小爆破压力的 85%；智能模块集成压力、心率、呼吸、姿态、有

毒气体等 ≥ 5 类传感器，支持数据无线传输；供气阀响应 $\leq 200\text{ms}$ 、调节精度 $\geq 95\%$ ， $30\text{L}/\text{min}$ 呼吸工况下平均溢流损耗降低 $\geq 15\%$ ；智能自适应供气模块最大输入压力 $\geq 40\text{MPa}$ ， 200m 距离下，最大充装压力 $\geq 35\text{MPa}$ ， 6.8L 气瓶充装时间 $\leq 10\text{min}$ ；中压供气至 500m ，流量 $\geq 100\text{L}/\text{min}$ ；呼吸气体质量监测要素 ≥ 3 种；建立整机综合性能测试平台，涵盖轻量化、供气效能、智能感知与人机工效 ≥ 4 个维度。整体技术就绪度达到8级及以上，形成国家或行业标准（送审稿） ≥ 3 项，具备小批量生产能力， $40\text{MPa}/6.8\text{L}$ 、 $40\text{MPa}/9\text{L}$ 轻质智能长效正压式消防空气呼吸器每类销售或示范应用数量 ≥ 20 套，在不少于3个省级消防救援总队进行示范应用与验证。

关键词：空气呼吸器，超高压气瓶，智能供气

12.2 水陆两栖救援现场高效紧急救治转运系列装备

研究内容：针对突发洪涝、水域事故、地震等灾害场景下，批量伤病员现场紧急救治与转运难题，研究典型灾害场景下急救转运和治疗平台可靠性评估技术，研发创伤大出血、颅脑损伤、脏器破裂、淹溺等灾害急重伤病情现场高效救治新方法，形成标准化应急处置流程；突破水陆双工况动力高效耦合传动、低流体阻力车体与水上推进、高强度防水舱体复合材料一体成型、多模态医学影像、术中生命体征综合管理、转运途中连续生命支持等技术；研发具备水陆多种地域通过性、较快水陆机动速度及较高自持能力的高效救护转运平台和紧急救治平台。

考核指标：救护转运平台陆上最大行驶速度 $\geq 100\text{km/h}$ ，水上最大航速 $\geq 40\text{km/h}$ ，伤/病员救护转运能力 ≥ 2 名（卧姿），急救与途中生命支持能力 ≥ 6 种；紧急救治平台陆上最大行驶速度 $\geq 90\text{km/h}$ ，水上最大航速 $\geq 20\text{km/h}$ ，紧急救治作业空间 $\geq 15\text{m}^2$ ，医学影像检测模态 ≥ 3 种，螺旋CT探测器排数 ≥ 32 ，层厚 $\leq 0.625\text{mm}$ ，成像剂量 $\leq 36\text{mGy}$ ，CBCT、DSA影像放射源功率 $\geq 30\text{kW}$ ，成像范围 $\geq 30\text{cm}$ ，成像速度 $\geq 20\text{fps}$ ；可支持开展颅脑损伤控制、介入止血、脏器修补等典型救治手术术式 ≥ 6 种。大型医疗影像设备取得国家药品监督管理局第三类医疗器械注册证，救护转运平台、紧急救治平台具备小批量生产能力，在不少于2次水上救援中进行示范应用。

关键词：灾害急重伤病、水陆两栖、现场高效紧急救治转运、多模态影像

12.3 救援现场水上自适应医学救援装备

研究内容：针对复杂水域环境下紧急医学救援难度大、自适应能力不足等问题，研制落水现场智能远程非接触体征信号监测和医学救援设备；研制面向救援平台的具备自适应控温与多模态生命体征监测等功能的智能化轻型一体化救援装备；研发基于血气、炎症因子等多指标动态监测的便携式抗颠簸防晃动的智能体外生命支持装备；研发针对水域常见致病菌、寄生虫等感染的水上现场人员快速一体化检测设备和抗菌促愈创伤救治技术。

考核指标：水上远程非接触智能体征评估无人装备，可远程非接触评估淹溺患者的生理状况，具备加温和救捞功能，升温响应时间 $\leq 1\text{min}$ ，设备作业半径 $\geq 3\text{km}$ ，检测准确率 $\geq 90\%$ ；轻量化、自适应控温与多模态生命体征监测一体化装备，加热温度范围 $25\text{--}60^{\circ}\text{C}$ ，PID 闭环控温 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，自供电电池比容量 $\geq 30\text{mAh/g}$ ，检测数量 ≥ 10 种，设备重量 $\leq 3\text{kg}$ ；便携式抗颠簸防晃动智能化体外生命支持装备，动态血气、生化指标等数量 ≥ 10 项，炎症因子 ≥ 3 种，识别和报警并发症数量 ≥ 4 种，测量误差 $\leq 5\%$ ，主机重量 $\leq 7\text{kg}$ ；面向典型洪涝灾害的病原体、感染监测技术，覆盖菌种 ≥ 3 种，水源性病原体数量 ≥ 5 种，对水域常见致病菌的抑菌率 $\geq 99\%$ ，创面愈合提升 $\geq 20\%$ 。形成水上医学救援相关国家或行业标准（送审稿）2项，水上远程非接触智能体征评估无人装备、生命体征监测一体化装备、便携式体外生命支持等医疗装备获得国家药品监督管理局第三类医疗器械注册证，具备小批量生产能力，在不少于2次水上救援中进行示范应用。

关键词：水系伤情，远程体征信号监测，体外生命支持，水源性病原体检测