

附件

# 国家重点研发计划“重大自然灾害防控与公共安全”重点专项 2024 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 2024 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标：按照“突发公共事件应急处置能力显著增强，自然灾害防御水平明显提升，发展安全保障更加有力”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。

2024 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、海洋灾害、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、城市建设与运行

安全、交通运输与物流安全、火灾高效预防与扑救、特种设备安全、冶金工贸行业安全、重大基础设施安全等风险监测预警和事故防控，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 20 个技术方向，在共性关键技术、应用示范两个方面，拟发布 55 个指南方向；其中，拟支持青年科学家项目 9 个。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。同一指南方向下，原则上只支持 1 项。鼓励相关企业联合申报，深化产学研合作。申报单位根据指南支持方向，面向解决重大科学问题和突破关键技术进行设计。项目应整体申报，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。项目实施周期原则上不超过 3 年。

共性关键技术类和应用示范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。青年科学家项目不再下设课题，项目参与单位总数不超过 3 家；项目设 1 名项目负责人，青年科学家项目负责人应为 1984 年 1 月 1 日以后出生；原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

本专项 2024 年度项目申报指南如下。

## **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 蓄滞洪区立体感知与运用智能决策关键技术( 共性关键技术类 )**

研究内容：针对蓄滞洪区科学布防及区内开发建设监测、

启用避险和韧性提升的实际需求，研发基于星网、卫星遥感、无人机(船)等手段的风险关键要素协同立体感知集成应用技术；揭示蓄滞洪区内生命线工程受洪水冲击时灾害链传导放大机理，研发生命线工程最不利场景构建技术和脆弱点识别检测技术；研发蓄滞洪区运用智能决策支持、全过程预警发布送达和动态避险等关键技术，构建高分遥感与水文水动力耦合洪水演进分析模型和时空风险图谱驱动的实时避险模型；研发蓄滞洪区立体感知与运用智能决策支持平台。

考核指标：建立蓄滞洪区风险关键要素多目标智能识别和变化检测模型驱动样本库，不少于 20000 个样本，蓄滞洪区非防洪建设项目识别精度 $\geq 85\%$ ，实现蓄滞洪区进退洪口门水文要素、洪水演进过程和人员转移进程全过程连续监测；建立超标准洪水条件下蓄滞洪区生命线工程脆弱点和风险隐患识别指标体系，提出《蓄滞洪区生命线工程超标准洪水应急预案编制导则（征求意见稿）》；高分遥感和水文水动力一体化耦合模型分析结果对比验证精度 $\geq 80\%$ ；蓄滞洪区预警发布和转移时间 $< 3h$ ；蓄滞洪区立体感知与运用智能决策平台在不少于 3 个流域蓄滞洪区开展应用示范。

关键词：蓄滞洪区、立体感知、智能决策

## 1.2 旱涝急转事件风险辨识与防控技术( 共性关键技术类 )

研究内容：针对雨带北移、台风北上新情势下旱涝急转灾变机理不清、风险主控因子不明、缺乏有效风险辨识和防控技术的问题，研究北方干旱区的旱涝急转事件的发生机理与关键

水文气象驱动因子，研究由旱转涝灾害事件的转换机制、突变过程和灾变阈值；研究旱涝急转风险辨识和动态风险评估技术；研制现场灾情多模态信息快速采集传输技术装备；研发旱涝急转灾害智能预警系统，并在典型区域开展应用示范。

考核指标：提出旱涝急转灾害预警的指标体系与阈值 2 套；旱涝急转事件的风险评估准确率 $\geq 80\%$ ；低轨卫星物联网通信模组支持无人机、无人船、手持式等设备采集的视频、激光点云等多模态洪旱灾害信息的实时采集传输，传输速率 $\geq 1\text{Mbps}$ ，满足断电、断网、断路“三断”环境应用；旱涝急转灾害智能预警系统预警准确率 $> 90\%$ ，在 2 类典型区域开展应用示范。

关键词：旱涝急转、风险辨识、智能预警

### 1.3 山洪风险预测大模型及物理模型的融合集成技术(青年科学家项目)

研究内容：面向山洪风险预测需求，构建山洪灾害样本大数据，挖掘提取中国不同分区山洪致灾关键要素，研发山洪风险预测大模型，并提出输入与输出策略；提出基于山洪灾害大数据和风险预测大模型的山洪致灾机理研究范式；研究深度融合物理模型，提出山洪风险预测大模型的物理约束，不断迭代升级山洪风险预测大模型。

考核指标：山洪风险预测大模型全国训练数据应达 TB 级，参数超百亿，风险预测精细程度到村，预见期 $> 24\text{h}$ ，命中率 $> 60\%$ 。

关键词：山洪风险预测、大模型、物理融合

## 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 耐高温抗复燃环境友好型森林草原防灭火新材料( 共性关键技术类 )

研究内容：针对森林草原火灾防控需求，重点突破环境友好型防灭火材料设计制备与防灭火效能的耦合机制、精准施放与高效安全防灭火机理等关键问题，研发环境友好型森林草原高效防灭火新材料；研究森林草原高效防灭火材料的环境友好性能评估方法；研究森林草原高效防灭火材料配比与灭火、降温、隔热性能之间的构效关系；研制森林草原高效防灭火材料的快速化制备和精准安全施放技术装备。

考核指标：适用于森林草原火灾的高效防灭火材料 $\geq 3$ 种；防火阻隔材料在可燃物表面用量 $\leq 500\text{g}/\text{m}^2$ 时的防火阻隔能力 $> 10\text{MW}$ ，24h 不发生复燃；凝胶灭火剂在竖直树干上的粘附能力 $\geq 6\text{kg}/\text{m}^2$ ，引燃延迟指数 $\geq 4$ ，凝胶生成时间 $\leq 3\text{min}$ ；泡沫灭火剂发泡能力 $\geq 2000\text{L}/\text{kg}$ ，混合比精度范围 $\leq \pm 0.02\%/^{\circ}\text{C}$ ，润湿时间 $\leq 15\text{s}$ ；防灭火材料的人工土壤试验  $\text{LC}_{50} \geq 10000\text{mg}/\text{kg}$  ( 14 天 )；制定新型防灭火材料的规模化生产工艺参数和质量控制标准 1 项；防灭火材料施放装备，森林草原陆地行驶速度 $\geq 60\text{km}/\text{h}$ ，施放速率 $\geq 5\text{L}/\text{min}$ ；在 3 处以上典型林区、3 个以上省级消防救援队伍开展应用示范；申请发明专利 $\geq 5$  项，制修订国家/行业标准（送审稿） $\geq 2$  项。

关键词：森林草原火灾、防灭火新材料、施放技术装备

## 3. 大规模地质灾害监测预警与风险防范技术装备

### 3.1 东南降雨型群发滑坡风险精准识别防御关键技术( 共性关键技术类 )

研究内容：针对东南地区降雨型群发滑坡灾害风险防控需求，揭示群发机理、多因素耦合机制与生态效应，构建基于多源信息时空不确定性量化的群发滑坡风险评价模型；研发高植被覆盖区滑坡风险隐患智能识别技术；研发广域滑坡风险综合遥感监测技术平台；构建基于泛在信息、观测数据和物理机制的降雨型滑坡短临预警模型；研发村庄地质灾害韧性评价标准与综合整治工程技术。

考核指标：群发滑坡风险动态定量评价与区划模型，基于致灾物理机制概率分布函数表征的风险可信度 $\geq 85\%$ ，空间精度 $< 1000\text{m}^2$ ，在不同省份乡尺度应用示范总面积 $\geq 3000\text{km}^2$ ；群发滑坡风险隐患综合遥感监测技术平台，人居环境滑坡隐患识别可靠度 $\geq 75\%$ ，有效监测点密度 $\geq 600$  个/ $\text{km}^2$ ，形变精度 $< 5\text{mm}$ ，监测频率 $\leq 10$  天；台风暴雨场景滑坡短临风险预警技术系统，10min 动态更新，风险等级精准到户，台风暴雨应对检验 $\geq 1$  次；村庄地质灾害韧性智能云评价系统，其中可量化韧性指标 $\geq 3$  项；综合整治工程技术在 3 个以上村庄应用示范，申请发明专利 $\geq 7$  项；制修订国家/行业标准（送审稿） $\geq 3$  项。

关键词：东南地区、群发滑坡、高植被覆盖区、短临预警

### 3.2 岩土与生物措施协同的泥石流治理关键技术( 共性关键技术类 )

研究内容：针对传统泥石流防治工程耐久性差和环境不友

好等问题，研究泥石流-水-土-生耦合致灾机理及岩土与生物措施协同的泥石流物质和能量逐级调控原理；研发多措施协同的流域尺度泥石流韧性防控模式及减灾功能精细化评估技术；研发泥石流防护工程结构补强加固与植生环境构筑新材料，研发乔、灌、草及微生物相结合的自适应性泥石流治理新技术；研发基于自然解决方案的泥石流流域适宜性和全过程调控减灾功能提升关键技术；在西南典型流域开展岩土与生物措施协同的减灾模式与防治技术应用示范。

考核指标：流域泥石流-水-土-生耦合致灾动力学模型，实现泥石流演进致灾过程的亚米级数值模拟，模拟精度 $\geq 80\%$ ；岩土与生物协同的泥石流逐级消能调控模型，消能率 $\geq 50\%$ ，拦蓄功能提升 20%；流域尺度泥石流韧性防控模式 $\geq 2$  种，泥石流减灾功能精细化评估模型，准确率提升 10%以上；环境友好型结构补强加固与植生环境构筑新材料 $\geq 3$  种，材料可降解 $\geq 80\%$ ，胶结速率 $\geq 0.03\text{MPa}/\text{天}$ ，具有生物修复自增强属性；逐级消能、柔性措施空间配置等减灾功能提升关键技术 $\geq 5$  项，实现泥石流峰值流量调控率 $\geq 50\%$ ；形成泥石流灾害风险、防控模式与关键技术图集，研发基于自然解决方案的泥石流流域适宜性防控关键技术 $\geq 3$  项，申请发明专利 $\geq 10$  项，制修订国家/行业标准(送审稿) $\geq 2$  项，建立岩土与生物措施协同的泥石流治理应用示范区 $\geq 3$  处。

关键词：泥石流灾害、全过程调控、韧性防控、精细化评估

3.3 重大滑坡(崩塌)短临智能预警生成式模型(青年科学

家项目)

研究内容：面向大规模堆积层滑坡或岩质崩塌精准预警与避险响应需求，基于本体知识、泛在信息、表观征兆和物理性态，构建短临智能预警生成式模型，研发面向基层应用的滑坡（崩塌）智能预警软件。

考核指标：自主原创性滑坡（崩塌）短临智能预警模型 $\geq 2$ 个，边缘计算智能预警装置 1 套；滑坡（崩塌）短临智能预警开放源码软件工具可靠度 $\geq 75\%$ ，实例验证 $\geq 3$ 处，村组或工程场区应用示范 $\geq 5$ 处。

关键词：地质灾害、智能预警、生成式模型

#### 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 泛在振动传感智能化地震预警技术( 共性关键技术类 )

研究内容：针对地震预警系统监测手段单一、覆盖面不足、智能化技术采用少、特定场景应用空白等问题，研究大规模异构泛在传感的地震监测智能组网技术；研究面向泛在传感高干扰高噪声记录的地震事件判别方法和地震预警稳定处理方法，构建“数据-物理”融合驱动的时空演化式智能地震预警大模型；研制“云-边-端”一体化智能地震预警处理与发布系统；开展面向复杂震源、复杂场地和复杂场景地震动预测场的定制化地震预警应用示范。

考核指标：实时汇聚强震仪、地震仪、烈度仪、高频 GNSS 等专业测震仪器 $\geq 4$ 种、泛在振动智能手机、光纤、穿戴设备、各类仪表 MEMS 加速度计等传感器 $\geq 4$ 种，连续波形传输接收能

力 $>10$ 万台、参数传输接收能力 $>5000$ 万台，并实现智能自组网；新型地震预警智能处理大模型及业务化处理系统，M3.0以上网内地震事件判别时间 $<10s$ 、判别准确率 $>98\%$ ，震级偏差 $\pm 0.5$ 级百分比 $>90\%$ 、 $\pm 1.0$ 级百分比 $>98\%$ ，震中偏差 $<2km$ ，烈度预测偏差 $\pm 1$ 度百分比 $>90\%$ ；“云-边-端”一体化智能地震预警系统，实现专业仪器和泛在传感数据融合汇聚处理、地震预警智能处理与信息发布等功能；针对不同台站间距和不同应用场景的示范区 $\geq 3$ 个，示范区面积 $\geq 100000km^2$ 。

关键词：泛在振动传感、地震监测智能组网、智能化地震预警

#### 4.2 巨厚沉积区大震危险源识别关键技术（共性关键技术类）

研究内容：针对华北地区由于沉积层巨厚、构造演化过程复杂导致潜在大震震源识别及危险性分析困难等问题，选择典型强震活动区或强震构造带开展综合研究，研究活动断裂形成演化过程与现今活动习性，发展巨厚沉积区活动断裂分析技术；研究活动断裂深部特征及深浅耦合关系，发展巨厚沉积区地震构造探测与建模技术；研究大震震源识别标志，发展巨厚沉积区三维潜在震源模型构建技术；开展活动断裂带大震活动规律研究，发展巨厚沉积区大震危险性分析与强地面运动预测技术。

考核指标：形成有效揭示巨厚沉积区活动断裂形成演化过程的分析技术，确定断层上断点埋深，位错分辨率 $<20cm$ ，厘定晚更新世以来古地震活动序列，时间分辨率 $<200$ 年；形成断裂

带超浅层 ( $<200\text{m}$ )、沉积盖层 ( $\geq 8\text{km}$ ) 和超深层 ( $\geq 20\text{km}$ ) 结构探测的综合技术流程, 建立活动断裂带深浅构造几何和力学耦合关系模型; 断层凹凸体分辨尺度优于  $30\text{km}$ , 建立典型大震震源三维模型, 潜在大震震源有效识别标志约束数据  $\geq 3$  类, 空间分辨率  $< 5\text{km}$ ; 形成巨厚沉积区大震危险性分析和灾害预测技术, 建立未来 10 年和 50 年多概率分析预测模型。

关键词: 巨厚沉积区、断裂带探测、大震危险源识别

#### 4.3 新型地震专用数据采集器 (青年科学家项目)

研究内容: 针对地震数据采集器在高采样率下动态范围有限、噪声高、功能不完善等问题, 研发低噪声、高线性度的新一代地震专用数据采集器, 提升设备信噪比水平, 填补国内高位数地震专用数据采集器的空白。

考核指标: 有效分辨率  $\geq 26$  位, 采样率  $1 \sim 500\text{sps}$ ; 主采集通道输入噪声  $\leq 0.8 \mu\text{V}$  ( $\pm 10\text{V}$  量程), 动态范围  $\geq 146\text{dB}$  ( $0.02\text{--}20\text{Hz}$ ); 主采集通道数字滤波器通带波动  $\leq 0.05\text{dB}$ , 阻带衰减  $\geq 130\text{dB}$ , 主采集通道共模抑制比  $\geq 90\text{dB}$ ; 在野外地震台站开展观测验证  $\geq 6$  个月。

关键词: 地震数据采集器、低噪声、高线性度

### 5. 极端气象灾害精准监测预报预警技术与装备

#### 5.1 京津冀强降水适应性观测和预报预警关键技术( 共性关键技术类)

研究内容: 针对京津冀地区强降水预报精度不高等问题, 研究贯穿陆面-边界层-自由大气的大气热动力垂直廓线移动观

测平台技术，在京津冀地区典型下垫面条件下开展强降水适应性观测科学试验；研究融合多源观测的强降水酝酿、触发和发展演变等全生命周期边界层热动力和云降水反演方法，揭示地形、城市等下垫面和低空急流等关键边界层过程对强降水触发和演变的作用及机理；发展强降水临近预报技术；发展陆面和边界层关键物理过程参数化方案，改进强降水短期预报技巧；开展强降水预警预报方法应用示范。

考核指标:给出 $\geq 3$ 种产生强降水的大气环流型影响下的京津冀地区地基大气垂直遥感组网布局方案，在京津冀地区开展 $\geq 3$ 个夏季和3种下垫面的强降水适应性观测野外科学试验；形成基于京津冀中尺度地基垂直遥感观测网的有云覆盖边界层热动力廓线反演算法及网格化产品，垂直分辨率120m，给出基于多源观测的6min更新的SkewT-LogP图，揭示京津冀复杂下垫面以及边界层过程影响强降水触发和演变过程的物理机制；发展适用于京津冀强降水预报的典型陆面过程和关键边界层物理过程参数化方案，建成强降水逐小时1km智能化网格预报预警系统，24h暴雨预报TS评分较欧洲中期天气预报中心提高5%，提前45min预警短时强降水触发，在国家、省级气象业务单位应用示范。

关键词：京津冀强降水、大气垂直遥感观测、预报预警

## 5.2 致灾性极端天气过程月预测技术（共性关键技术类）

研究内容：针对我国持续性强降雨、高温干旱、低温雨雪冰冻、台风等致灾性极端天气过程月尺度预测面临的关键技术问

题，研究致灾天气过程长时间尺度变率调控机制和多空间尺度的协同作用机理；评估现有预测模式预测能力，开展极端天气过程月预测可预报性研究，研究构建具有物理意义的月尺度预测模型；基于全球各预报中心多模式平台开展多模式集合预测和人工智能应用研究，建立动力—统计结合的月预测方法，开展国家级业务平台极端天气过程月预测技术应用。

考核指标：建立次季节变率调控致灾性极端天气过程和多尺度变率协同作用的物理概念模型；形成可量化的月预测关键预报指标体系，建立客观化预报模型；建立基于国家级业务中心多模式平台的次季节多模式集合预测系统，模式数 $\geq 4$ 个，空间分辨率 $\geq 25\text{km}$ ，预报时效 $\geq 40$ 天；在国家级业务平台建立自主可控的动力统计结合预测系统，可对全国业务部门提供格点化指导产品，提前 20-30 天制作针对强降雨、高温、强降温等致灾性极端天气过程预测产品，预报准确率达到 60%。

关键词：致灾性极端天气、月尺度可预报性、多模式集合预测、次季节预测

## **6. 海洋灾害监测预警与风险防范关键技术与装备**

### **6.1 面向海洋能源设施的海洋动力灾害监测预警技术与装备（应用示范类）**

研究内容：针对我国海洋能源设施所面临的对海洋动力灾害监测预警手段和能力不足的问题，研究海洋油气、风电、光伏等海洋能源设施对极端海洋动力灾害过程的响应和致灾机理；研发能源设施的海洋动力灾害快速风险识别、智能化风险评估

和高分辨预警报关键技术，建立多尺度灾害影响与灾害预警模型；研制适用于极端海洋环境的小型化、智能化海洋动力灾害立体观测装备；构建立体组网观测体系，实现多源多要素多场景观测与预警，开展技术验证及应用示范。

考核指标：面向海洋能源设施安全的海洋动力灾害预警模型预报误差 $\leq 20\%$ ；风场、湍流场、风切变及波浪等多要素、多尺度耦合探测装备工程样机，测风模块体积包络 $\leq 0.15\text{m}^3$ ，重量 $\leq 20\text{kg}$ ，测浪模块体积包络 $\leq 0.01\text{m}^3$ ，重量 $\leq 10\text{kg}$ ，整体功耗 $\leq 60\text{W}$ ，适用于台风等极端恶劣气象及海况条件，风速剖面测量高度 $10\sim 500\text{m}$ ，数据获取率 $\geq 95\%$ ，风速测量精度 $\leq 0.5\text{m/s}$ ，风向测量精度 $< 5^\circ$ ，浪高测量精度 $\leq 3\text{cm}$ ，采样率 $10\text{Hz}$ ；分布式组网平台类型 $\geq 3$ 种，组网观测节点 $\geq 10$ 个（ $> 100\text{m}$ 水深海域节点数量 $\geq 50\%$ ），在位稳定工作时间 $\geq 6$ 个月；关键部件国产化率 $\geq 90\%$ ，通过第三方海上测试，应用示范 $\geq 6$ 个月。

关键词：海洋动力灾害、立体组网观测、监测预警

## 6.2 海洋内孤立波触发海底滑坡监测技术装备(青年科学家项目)

研究内容：针对海洋内孤立波作用可能触发海底滑坡的监测技术短板，研发内孤立波作用过程海床自然电位、超孔隙压力及孔隙水温度变化等的原位同步监测技术及装备，在我国典型内孤立波海域应用示范。

考核指标：形成原位监测海底沉积物强度劣化关键参数的技术原型和装备样机，可获取预判海底滑坡可能性的关键参数，

其中自然电位最大量程-200~200mV，分辨率 $\geq 0.1\%F.S.$ ，超孔隙压力量程 0-350kPa，精度 $\geq 0.25\%F.S.$ ，孔隙水温度量程 0~40℃，分辨率 $\geq 0.03\text{℃}$ ，传感阵列贯入海床深度 $\geq 3\text{m}$ ；装备样机在海底连续稳定工作时间 $\geq 2$ 个月。

关键词：海底滑坡、沉积物强度劣化、原位监测

## 7. 复合链生灾害监测预警、场景推演与综合防御技术装备

### 7.1 极端暴雨洪涝灾害链模拟器实战化应用关键技术(应用示范类)

研究内容：针对局地突发性极端暴雨洪涝灾害链在应急指挥救援中缺乏灾害现场数据快速融合、灾害链全过程耦合模拟与复杂场景推演等技术问题，研究面向应急实战的灾害现场数据与场景推演快速融合技术；研究面向应急实战的暴雨洪涝灾害链全过程智能化模拟推演技术；研究基于“数据-机理-知识”协同驱动的预见性智能化决策支撑技术；研发极端暴雨洪涝灾害链模拟器，开展实战化应用示范。

考核指标：灾害现场多元协同感知与智能场景融合技术，单场次事件数据处理时间 $< 20\text{min}$ ；集数据-机理双驱动的极端暴雨洪涝灾害链模拟器，单场次事件模拟推演时间 $< 5\text{min}$ ，准确率 $\geq 80\%$ ；应急智能化决策模型，单次决策响应时间 $< 30\text{min}$ ，准确率 $\geq 70\%$ ；实战化应用示范 $\geq 6$ 个月。

关键词：洪涝灾害链、模拟器、场景推演

### 7.2 冰雪复合链生灾害监测预警与风险防控关键技术(共性关键技术类)

研究内容：针对我国高寒地区冰冻圈变化加速、冰雪灾害频发、监测预警与防控能力薄弱的问题，研究我国暴雪-风吹雪-雪崩、融雪融冰混合型洪水、冰湖溃决型洪水等冰雪复合链生灾害致灾机理和灾变规律；研究复合型雪灾监测预警、冰湖溃决型洪水遥测预警和融雪融冰混合型洪水模拟预报新技术；研发面向冰雪复合链生灾害的预警决策、队伍调度和物资备灾智能化场景推演系统平台，在典型地区开展应用示范。

考核指标：冰雪复合链生灾害数据库，涵盖链生灾害类型 $\geq 3$ 个，样本数 $\geq 1000$ 个；复合型雪灾预警到乡镇级、准确率 $\geq 85\%$ ，冰湖溃决型洪水遥测预警准确率 $\geq 80\%$ ，洪峰流量预警准确率 $\geq 85\%$ ；系统平台单次事件场景推演时间 $\leq 20\text{min}$ ，预警方案形成时间达到分钟级；编制我国冰雪复合链生灾害跨部门联防联控与应急处突技术导则，通过行业管理部门技术审查。

关键词：冰雪链生灾害、监测预警、风险防控

## 8. 危险化学品和化工园区安全技术与装备

8.1 硫酸烷基化装置本质安全提升技术及应用示范(应用示范类)

研究内容：针对高温硫酸烷基化装置反应过程产生危险废酸多、湿法分离引起腐蚀难以防护、本质安全设计方法缺失等问题，研发消减反应过程危险废酸的过程强化技术及装备；建立硫赋存形态分析方法，研发降低腐蚀的非碱水洗干式分离技术与装备；开发工艺全流程仿真与本质安全化设计方法；建立多维度多模态风险感知体系与数字孪生模型，研发装置智能安

全运维技术；形成本质安全提升技术，并开展应用示范。

考核指标：建成适用于单系列 $\geq 10$ 万吨/年高温硫酸烷基化装置的反应强化和非碱水洗干式分离装备各1套，各种赋存形态硫的含量检测精度 $\leq 0.01\text{ppm}$ ，反应过程产生的危险废酸排放 $\leq 55\text{kg/t}$ 产品；具备 $\geq 5$ 类设备的本质安全化设计能力（反应器、分离、储存、换热器、管道等）；数字孪生模型对关键管道健康状态还原精度 $\geq 95\%$ ；形成危险废酸减排、降低腐蚀的本质安全提升技术，全装置的碳钢油相管道和静设备在操作条件（ $\leq 150^\circ\text{C}$ 、 $\leq 2.0\text{m/s}$ ）下的腐蚀速率 $\leq 0.05\text{mm/a}$ ，在使用搅拌式、外场强化式反应器的两类单系列 $\geq 10$ 万吨/年高温硫酸烷基化装置应用示范。

关键词：高温硫酸烷基化、干式分离、反应过程强化、腐蚀

## 8.2 石油裂化装置动态安全风险评价与主动防控技术及装备（应用示范类）

研究内容：针对原料多变、性能退化、损伤失效等异常动态安全风险识别低、主动防控难等问题，研究典型异常风险要素识别、系统性动态风险演化规律，构建预测性主动防控方法；研究实时动态风险数字孪生模型及智能化算测融合的完整性评价方法；研发全流程控制系统性能退化智能评估及安全性能自主提升技术及设备；研发典型设备自适应故障自愈系统及损伤失效外置式高精度在线监测技术和设备；研究多模态风险智能预警大模型及智能主动防控平台，并开展应用示范。

考核指标：形成实时动态风险评价及主动防控新方法；风

险演化数字孪生模型关键参数动态平均误差 $\leq 8\%$ ；控制系统性能退化自诊断准确率 $\geq 90\%$ ，平稳性提升 20%以上；双动电液滑阀等设备 PFD 提升 $> 50\%$ ；在线外置式监测设备，管道截面积损失检测灵敏度 $\leq 0.4\%$ ，残余应力测量误差 $\pm 8\text{MPa}$ ，高温  $500^\circ\text{C}$  工况非体积型损伤环向应变精度 $\leq 0.05\%$ ；智能预警大模型 1 套；智能主动防控平台，异常风险在线识别准确率 $\geq 90\%$ ，样本数据 $\geq 3000$  亿条（个），制修订行业标准（送审稿）1 项，在 2 个企业应用示范。

关键词：石油裂化装置、动态安全风险、主动防控

### 8.3 液化烃覆土储罐本质安全型成套安全保障技术( 共性关键技术类 )

研究内容：针对液化烃覆土储罐安全评价、设计建造及智能运维技术缺失等问题，研究燃爆事故定量风险评估及平面布局优化技术；构建典型服役环境下腐蚀速率预测模型，研究阴极保护设计方法；研发结构长周期运行非开挖式监测预警技术与装备；研发智慧安全运维技术与系统，并开展应用示范。

考核指标：建立液化烃覆土储罐及附属设施定量风险评估方法，平面布局优化指标 $\geq 2$  种；腐蚀速率预测误差 $< \pm 20\%$ ，阴极保护后腐蚀速率 $< 0.01\text{mm}/\text{年}$ ；罐体局部变形监测精度 $\pm 1\text{mm}$ ，泄漏定位精度 20 cm；应力监测精度 $\pm 10\text{MPa}$ ，裂纹监测当量精度直径 3mm；智慧安全运维系统满足功能安全完整性 SIL2 级、信息安全 SL2 级；在单罐 $\geq 3000\text{m}^3$ 液化烃覆土储罐罐区开展应用示范。

关键词：液化烃覆土储罐、本质安全、智慧运维

#### 8.4 超高压聚合体系失控致灾机制（青年科学家项目）

研究内容：针对 LDPE、EVA 等 150MPa 以上典型超高压聚合体系的安全保障需求，研制复杂苛刻工况聚合失控表征技术及装备，研究典型超高压聚合反应失控机理，开发动态仿真技术，揭示超高压聚合反应器热点生成、失控行为、超压泄放演化规律。

考核指标：超高压、超临界状态下聚合体系反应失控表征技术及装备，满足 800MPa、1000℃失控工况的测试需求，具备内部热辐射、引发剂诱导、火焰点火等引发反应失控的功能；反应失控预测机理模型，关键关联状态参数 $\geq 5$ 项；基于自由基基元反应的动力学模型与工业尺度聚合反应器动态仿真模型，失控过程预测准确度 $\geq 90\%$ ，大流量超压泄放规律验证结果匹配度 $\geq 90\%$ ；取得发明专利 $\geq 5$ 项，成果在 3 套以上超高压聚合工艺装置进行应用示范。

关键词：超高压、聚合、失控致灾

### 9. 矿山安全风险智能监测预警和防控技术与装备

#### 9.1 煤矿深部开采灾害超前协同防控关键技术与装备(应用示范类)

研究内容：针对煤矿深部开采面临的“三高一低一动”环境及多灾并存防控难题，研究煤矿深部开采典型灾害环境特性及协同防灾减灾基础理论；研究深部开采灾害风险综合辨识与评价方法；研制深部开采灾害多元信息一体化联合监测与智能预

警技术装备；研发深部开采超前协同区域防控关键技术与核心装备，开展深部开采灾害超前协同防控工程示范。

考核指标：建立煤矿深部开采瓦斯、冲击地压、水灾等灾害致灾因子的耦合与链生致灾判别准则；构建数据驱动的深部煤矿开采灾害风险辨识指标库与模型库，隐蔽致灾因素及灾害区域风险辨识准确率 $\geq 90\%$ ；一体化联合监测指标 $\geq 3$ 种，矿井震动场、应力场和瓦斯、温度等多灾害风险信息融合分析辨识时间 $\leq 5s$ ，风险区识别空间误差 $\leq 10m$ ，风险智能辨识准确率 $\geq 90\%$ ；提出多灾害风险井上下协同防控阻断策略，协同防控技术工艺 $\geq 4$ 项，协同防控有效率 $\geq 95\%$ ，灾害治理工程量减少30%；深部开采灾害超前协同防控示范工程2个，应用示范时间 $\geq 6$ 个月，制修订国家/行业标准（送审稿）2项。

关键词：煤矿深部开采、灾害风险辨识与防治、超前协同防控

## 9.2 露天转地下开采典型灾害事故风险防控关键技术及示范（应用示范类）

研究内容：针对露天转地下开采过程中采空区垮塌、边坡滑坡、浅表层水诱发井下泥石流和透水等典型灾害事故风险识别不清、预警准确率不高、超前治理手段欠缺等问题，研究露天边坡与地下采空区时空耦合灾害风险监测预警理论模型，研发露天转地下开采致灾体精准探测识别技术及装备，开发露天转地下开采安全风险智能预警平台，研究露天转地下开采典型灾害超前治理工程技术方法，并开展应用示范。

考核指标：构建 $\geq 4$ 种时空耦合灾害风险预警模型，预警准确率 $\geq 90\%$ ；研发采空区、含水体、断层破碎带等致灾体空间位置探测装备，识别精度在200m以浅达到亚米级；露天转地下开采安全风险智能预警平台实现风险态势研判、预警分级推送、应急辅助决策等功能，预警信息推送时延 $\leq 30s$ ，在5个以上省级预警平台实现业务化应用；提出 $\geq 4$ 种耦合灾害的超前治理工程技术方法，回填体关键层强度达到安全设计要求，回填体透水率达到弱透水标准（ $q < 10Lu$ ），在2座以上露天转地下开采矿山开展综合应用示范，灾害治理率 $\geq 90\%$ ；制修订国家/行业标准（送审稿）2项。

关键词：露天转地下开采、时空耦合灾害、超前治理

### 9.3 深海油气开采井控安全风险监测预警及应急处置技术 （共性关键技术类）

研究内容：针对我国南海深水复杂油气开采面临的井控等重大风险精准预测难、监测预警及井喷失控后应急处置能力薄弱的问题，研究深海油气井喷及超浅气层开发地层灾害等重大风险演化及灾变机理；研究深海油气钻井井筒压力实时精准预测模型，形成井控风险实时监测预警及随钻环空封堵技术；研发深海油气井喷再控制及应急工程技术，形成深海井喷水下应急回收系统工程方案；研发深海救援井关键技术及井下探测定位等装备，构建深海油气开采安全应急保障技术体系。

考核指标：深水井筒压力实时预测模型计算准确率 $> 90\%$ ；随钻环空封堵装置适用于13-3/8in套管、压差 $> 5MPa$ ；深海井

喷水下应急回收系统工程技术方案,适应于最大流体流量 16000 方/天、气体最大产量  $550 \times 10^4$  方/天; 应急救援井探测定位装备探测距离 50m, 方位探测误差  $\pm 5\%$ 。

关键词: 深海油气开采、井控、深海救援

## 10. 城市建设与运行安全风险监测和防控技术

### 10.1 极端灾害情景下城市安全风险诊断关键技术 (共性关键技术类)

研究内容: 针对超强台风、强对流天气等极端气象灾害下城市安全保障需求, 面向建筑群及典型基础设施, 研究基于灾变机理的物理破坏模拟技术; 研究城市典型基础设施物理破坏导致的功能失效评估技术; 研究考虑多种极端气象灾害情景下城市建筑群与典型基础设施设防标准确定与更新方法, 提出工程标准修订建议; 研发高效率、智能化的建筑外围护结构损伤诊断技术和装备; 研发城市应对极端气象灾害的联动推演与风险阻断技术平台, 在典型城市开展应用示范。

考核指标: 城市典型基础设施  $\geq 2$  种; 建筑群与典型基础设施物理破坏模拟颗粒度分别达构件级与组件级, 计算规模  $\geq 10000$  个构件/组件; 建筑外围护系统损伤快速采集及筛查集成装备 1 套, 采集速度  $\geq 5000 \text{ m}^3/\text{h}$ , 损伤检测准确率  $\geq 85\%$ ; 建筑群与典型基础设施设防标准确定与更新至少 4 种气候变化情景; 极端气象灾害仿真情景  $\geq 500$  场, 联动推演  $\geq 50$  场, 在 3 个以上典型城市开展应用示范, 每个城市经过典型历史灾害验证, 精度  $\geq 85\%$ ; 制修订国家/行业标准 (送审稿)  $\geq 2$  项, 申请发明

专利 5 项。

关键词：极端灾害、建筑群与典型基础设施、安全风险诊断

## 11. 交通运输和物流安全风险监测预警与防控技术

### 11.1 危险货物船港综合运输安全风险监测预警与防控技术 (应用示范类)

研究内容：面向船-港-罐危险货物综合运输环节重大风险，研究基于大型液体散装危险货物船舶的危险货物船港罐协同作业多灾种重大风险态势模型与研判方法；研究船港交互作业过程物料泄漏风险一体化智能感知预警技术；研制超大尺寸储罐底板微小泄漏全时在线监测技术装备；研究危险货物港口常压储罐浮盘落底作业场景形成的油气混合爆炸空间主动防护技术；研发危险货物船港综合运输安全风险防控系统，并开展应用示范。

考核指标：船港罐多灾种重大风险态势模型与研判方法，涵盖码头、罐区 2 个场所，港口作业环节  $\geq 3$  个；船舶装卸过程中连接设备设施异常状态快速判定与智能感知技术，作业不稳定状态预警提前期  $\geq 3\text{min}$ ；超大尺寸储罐底板微小泄漏 24h 在线监测，最小可探测泄漏当量  $1.47 \times 10^{-2}\text{kg/s}$ （按水计），定位精度不低于传感器间距的 5%，监测面积  $\geq 5000\text{m}^2$ ；危险货物港口常压储罐浮盘落底作业场景形成油气混合爆炸空间抑制时间  $< 3\text{min}$ ，20J 点火能持续点火 3min 不燃；危险货物船港综合运输安全风险防控系统在  $\geq 2$  家港口企业开展应用示范；制修订国家/行业标准（送审稿）2 项，申请发明专利  $\geq 5$  项。

关键词：船-港-罐危险货物、监测预警、主动防控

### 11.2 基于大数据和智能感知的寄递揽收风险识别关键技术 (共性关键技术类)

研究内容：针对寄递物品揽收环节缺乏有效的风险识别预警技术和便捷的安全检测分析工具、违禁品寄递源头发现困难等问题，研究异常寄递行为风险识别与预警技术；研制配置于网点的灵巧型智能检测与风险预警设备；研究多信息融合的网点寄递安全态势感知和动态风险评估技术；研发寄递物品揽收风险识别与预警系统，并开展应用示范。

考核指标：基于多元、多维不完备大数据的用户异常寄递行为风险识别方法，实现揽收环节寄递行为风险识别精确率提升 $\geq 50\%$ ；寄递物品灵巧型智能检测与风险预警设备，可检测危险液体、炸药、毒品等违禁品每类 $\geq 5$ 种，检测时间 $\leq 5s$ ，检出率 $\geq 95\%$ ，误报率 $\leq 1\%$ ；基于多信息融合的网点寄递安全态势感知和动态风险评估建模方法，网点寄递动态风险预警准确率 $\geq 90\%$ ；寄递物品揽收风险识别与预警系统平均响应时间 $< 2s$ ，在2家以上邮政快递企业的网点开展应用示范；申请/取得发明专利 $\geq 4$ 项。

关键词：大数据、智能感知、寄递物品揽收

### 11.3 高高原机场飞行区典型重大风险预警关键技术及装备 (应用示范类)

研究内容：针对高高原机场特殊环境引发的人机降效幅度大、多灾种耦发风险大、应急救援时效差等问题，研究高高原机

场飞行区重大风险耦合机理及辨识技术；研究高高原机场飞行区作业人员低压缺氧不安全行为监测预警技术；研究高高原机场飞行区特殊环境诱发的冲偏出跑道、场外接地监测预警技术；研究高高原机场飞行区航空器紧急事件快速处置技术；研究高高原机场飞行区典型重大风险监测预警辅助决策技术，并开展应用示范。

考核指标：提出高高原机场飞行区 $\geq 4$ 种重大风险的生成演化和耦合风险辨识模型；高高原机场飞行区作业人员不安全行为百万架次发生率降低30%；高高原机场冲偏出跑道/场外接地预警时间 $\leq 5s$ ，跑道污染单次探测时间 $\leq 15s$ ；快速机动救援装备在大气含氧量 $< 200g/m^3$ 启动时间 $\leq 5s$ 、满载52吨0-80km/h加速时间 $\leq 23s$ 、连续作业时长 $\geq 2h$ 、气液转换时间 $\leq 2s$ ；典型重大风险监测预警辅助决策平台应急方案生成时间 $\leq 30s$ ，在海拔 $> 3000m$ 、年旅客吞吐量 $\geq 300$ 万人次的高高原机场开展应用示范。

关键词：高高原机场、典型重大风险、监测预警、应急处置

#### 11.4 伪瞒报违禁货物口岸危害因子快速甄别鉴定关键技术 (应用示范类)

研究内容：针对伪瞒报违禁货物风险隐蔽、识别难、安全评估及联动预警不足，研制口岸智能风险预警系统；研究微量样品采集与快筛技术，研制微纳米针式取样装备和便携式多通道快速筛查装备；研究新型违禁品与类似物质谱特征，开发精准识别模型；开展目标物性能检验和属性鉴别，构建安全评价和

检验鉴定技术体系；研究多源风险因子和泛在数据驱动的耦合关联分析与系统建模技术，研发具有致灾性场景预案推演和辅助决策一体化平台，开展应用示范。

考核指标：风险因子甄别大数据分析模型 1 个，覆盖货物种类 $\geq 5$  类，风险覆盖度 $\geq 90\%$ ；微取样探针 1 套，样本损耗量 $\leq 10\text{mg}$ ；高分辨率无损筛查设备 1 套，检测时长 $\leq 5\text{s}$ ，准确率 $\geq 90\%$ ；新型违禁品分子特征提取准确率 $\geq 80\%$ ，同系物判别准确率指标  $\text{MCC} > 0.7$ ；安全评价体系 1 套，特征数据指标 $\geq 10$  项，检验鉴定技术体系 $\geq 5$  种；一体化风险智能分析预警和辅助决策平台 1 套，并发用户访问 $\geq 200$  次/s；在 $\geq 10$  个口岸应用示范；制修订技术规范或行业标准（送审稿） $\geq 5$  项，申请发明专利 $\geq 5$  项。

关键词：伪瞒报违禁货物、快速甄别、检验鉴定

## 12. 火灾高效预防与扑救关键技术

### 12.1 涉低温场所环保高效火灾防控技术及应用（应用示范类）

研究内容：针对冷链仓库、室内冰雪场所、寒冷地区仓库等涉低温场所火灾早期精准探测难、火灾突变蔓延速度快、灭火系统响应启动慢等问题，研究多因素耦合致灾机理、火灾动力学演化及烟毒蔓延规律；研究新型低烟低毒环保阻燃保温材料及装配式板材、保温层复合防火技术；研究关联场景下抗低温耦合因素干扰高可靠火灾早期探测预警与定位技术；研究自动灭火系统自适应快速响应启动技术；研发适用于低温场所的广

域快速响应自动喷水灭火系统及其工程应用技术，并开展应用示范。

考核指标：低烟低毒环保阻燃保温材料，导热系数 $\leq 0.03\text{W}/(\text{m}\cdot^{\circ}\text{C})$ ，燃烧性能分级 $\geq \text{B1}$ 级，烟气毒性分级 $\geq \text{ZA2}$ 级；感烟探测装置工作温度范围 $-35^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 、响应阈值 $\leq 0.6\text{obs}/\text{m}$ ；感温探测装置对5种典型保温隔热材料表下火的热源探测深度 $\geq 5\text{cm}$ ，探测灵敏度 $< 1^{\circ}\text{C}@0.02\text{m}^2$ ；耐低温广域快速响应自动喷水灭火系统适用温度 $\leq -18^{\circ}\text{C}$ ，响应时间 $\leq 20\text{s}$ ，可有效保护净空高度 $\geq 13.5\text{m}$ 、危险级 $\geq \text{II}$ 级的仓库（喷头动作数 $< 6$ 个）；制修订国家/行业标准（送审稿） $\geq 1$ 项，在2个以上工程中应用示范。

关键词：涉低温场所、环保阻燃保温材料、火灾防控

## 12.2 高层建筑外立面火灾监测预警与自动灭火关键技术 (应用示范类)

研究内容：针对高层建筑外立面火灾早期预警手段缺乏、火灾发生后无法快速有效处置的难题，研究时空多重叠加情况下高层/超高层建筑外立面火灾隐患智能识别与火灾风险动态评估技术；研究高层建筑外立面火灾早期烟火特征规律和蔓延特性，研发具有抗多重干扰的外墙火宽视场早期监测预警技术产品；研究高空强风环境多作用力耦合驱动的竖向火蔓延预测技术，研发高效外立面火灾自动灭火系统及工程应用技术；研究外立面快速响应、射流轨迹自适应调节、多点协同控制技术，研发固移结合的外立面火灾高效全向喷水灭火装置及系统。

考核指标：高层/超高层建筑外立面火灾隐患感知类型 $\geq 3$ 类，准确率 $\geq 90\%$ ；高层建筑外墙火宽视场早期监测预警系统，探测距离 $\geq 200\text{m}$ ，明火响应时间 $\leq 20\text{s}$ ，火灾烟雾响应时间 $\leq 60\text{s}$ ，可辨识阳光直射、反射等环境干扰，具有火点精确定位功能；建立 $\geq 3$ 种立面结构的火蔓延预测模型，外立面火灾快速灭火固定系统，响应时间 $\leq 2\text{min}$ ，垂直有效保护高度 $\geq 50\text{m}$ ，灭火介质有效作用量 $\geq 75\%$ ；全向喷水灭火装置，响应时间 $\leq 40\text{s}$ ，重量 $\leq 30\text{kg}$ ，横向保护宽度 $\geq 40\text{m}$ ，单点有效保护范围 $\geq 2000\text{m}^2$ ，具备射流落点自主调控、 $360^\circ$ 全向变角喷射功能，灭火介质射流落点误差 $\leq 1\text{m}$ ；制修订国家/行业标准（送审稿） $\geq 1$ 项；相关成果在 $\geq 2$ 个高层建筑开展应用示范。

关键词：高层建筑外立面、火灾监测预警、自动灭火

### 12.3 住宅和餐饮场所燃气储用消防安全监测预警技术（青年科学家项目）

研究内容：面向餐饮和居民住宅用气场所燃气监测预警抗干扰、抗温差、耐漂移、长周期免维护等应用需求，研究餐饮和住宅厨房、管井、储气瓶（间）燃气漏逸易发部位特点和早期扩散积聚特性，研究多组分气体与蒸汽油烟等混合干扰作用下特征响应信号的叠加机制及其解耦和抗扰技术，研发适用于住宅和餐饮场所的低成本、抗干扰、长寿命、耐温漂的燃气监测预警设备。

考核指标：新型抗干扰低漂移可燃气体探测器，免标定周期 $\geq 5$ 年，工作温度范围 $-30^\circ\text{C}\sim 55^\circ\text{C}$ ，在 $40^\circ\text{C}$ 高温长期运行、

低温（-25℃）和高温（55℃）温度交变冲击、40℃交变湿热以及乙酸、乙醇挥发干扰气体等环境中的探测响应误差 $\leq\pm 3\%$ LEL。

关键词：住宅和餐饮场所、燃气安全、监测预警

### 13. 特种设备安全风险监测预警与事故防控技术

#### 13.1 燃气非金属压力管道风险预警防控关键技术与装备（应用示范类）

研究内容：围绕城市燃气非金属压力管道位置精确探测、缺陷定量检测评价、第三方损伤主动预警等安全风险事前防控难题，研制埋地非金属管道空间位置探测设备和内检测技术及装备；研究管体几何损伤及典型结构缺陷定量检测技术，建立管材长期服役性能表征和典型结构缺陷定量评定方法；研究城市地下复杂场景管-土耦合作用的非金属管道安全可靠评价方法；研究具有第三方活动、地质沉降监测功能的增强型智能非金属复合管及多模态监测预警技术；构建探测检测、损伤评定与可靠性评价于一体的非金属管道预警防控体系，并开展应用示范。

考核指标：燃气非金属管道空间探测设备，最大探测深度5m、深度定位误差 $\leq 15\%$ 埋深；适用于DN200的非金属管道内检测机器人，结构特征识别率 $\geq 95\%$ ；便携式非金属管缺陷定量无损检测装备，缺陷识别准确率 $\geq 90\%$ ，尺寸检测误差 $\leq 50\mu\text{m}$ ；第三方活动智能监测的增强型复合管，最大承压能力1.6MPa，识别准确率 $\geq 85\%$ ；制修订安全技术规范或国家/行业标准（送审稿）4项；在5个典型地域开展应用示范。

关键词：燃气非金属压力管道、探测识别、风险预警防控

### 13.2 高风险场景起重装备智能监测与事故防控技术（应用示范类）

研究内容：面向高温熔融金属吊运、超高层建筑施工以及自动化港口装卸等高风险场景下高参数起重装备事故防控需求，研究冶金起重装备制动和行走机构的安全状态监测技术，超高塔机钢结构焊缝损伤、紧固件应力异常无源无线智能感知技术，港口自动起重装备高风险易裂区应力精准监测技术和数字化快速巡检仪器；研制全天候多维损伤演化智能监控与健康监测装备；研究高参数多构型起重装备健康状态智能诊断、数字孪生增强的关键部件故障预测技术；研究大型在役起重装备风险评估技术，研发高风险场景起重装备智能运维与事故防控云服务平台，并进行应用示范。

考核指标：多功能一体化光纤传感器测振范围 20Hz~3kHz、灵敏度 $\geq 180\text{mv/g}$ ，声探测频率 50Hz~20kHz，测温范围 $-50^{\circ}\text{C}$ ~ $300^{\circ}\text{C}$ ；高风险易裂区裂纹无线感知灵敏度 $\leq 1\text{mm}$ ，应力感知灵敏度 $\geq 1.0\text{pm}/\mu\epsilon$ ，准确率 $\geq 95\%$ ；全天候智能监控与监测装备故障预警与诊断准确率 $\geq 90\%$ ，预警时间 $< 2\text{s}$ ；数字化快速巡检仪器可实现应力集中、裂纹一体化检测，扫描速度 $\geq 0.1\text{m/s}$ ；云平台具有健康评估、裂纹预测、故障诊断等功能，且诊断和裂纹预测模型 $\geq 10$ 种；制修订国家/行业标准（送审稿）3项；在冶金、建筑工地以及港口等3种以上高风险场景起重装备应用示范。

关键词：高风险场景、起重装备、智能监测防控

## 14. 冶金工贸行业典型危险场所重大风险监测预警与事故防控技术

### 14.1 典型有限空间毒害气体精准监测与防控关键技术及装备（应用示范类）

研究内容：针对工贸行业典型有限空间毒害气体精准探测能力不足、快速消除和主动逃生技术及装备缺失等问题，研究典型有限空间多因素耦合下毒害气体种类特征及运移规律；研发遥测式快速复合监测技术及装备；研发典型有限空间毒害气体高效抑制、消除技术及装备；研制有限空间主被动一体化协同安全保障与应急救援装备；研发有限空间作业安全风险监测防控平台，并进行应用示范。

考核指标：建立蔬菜腌制、制浆造纸、印染、皮革加工等 $\geq 4$ 类企业典型有限空间毒害气体立体分布预测模型，模型准确度 $\geq 90\%$ ；实现 $H_2S$ 、 $CO$ 等毒害气体浓度的非接触、本质安全快速监测，遥测灵敏度不低于 $0.5ppm \cdot m$ ，误差为真值的 $10\%$ 以内，有效探测范围不低于 $50m$ ，响应时间 $\leq 0.1s$ ，自动识别上传校准数据并智能判定风险等级；完成固、液毒害气体消除装备的研发，实现 $1min$ 内对有限空间中扩散的毒害气体消除率 $>95\%$ ；救援装备具备一键逃生、内外部智能协同救援能力，提升速度 $>1.0m/s$ ；营造安全空间体积 $>10m^3$ ，持续时间 $>20min$ ，匹配有限空间场景的救援装备类型 $\geq 4$ 种；风险监测防控平台具备气体检测报警、智能通风、个体防护、应急救援等不少于4个

模块；每类企业在 3 个以上具有行业代表性的有限空间开展应用示范；制修订国家/行业标准（送审稿） $\geq 1$  项。

关键词：冶金工贸、典型危险场所、毒害气体、风险监测预警

## 15. 重大基础设施风险防控技术

### 15.1 电力基础设施抗突发性灾害关键技术与装备（应用示范类）

研究内容：针对地震、滑坡、泥石流、崩塌等突发性灾害下电力基础设施灾损评估不明、灾中处置不快、构网复电不易等问题，建立电力基础设施“机械损伤-电气破坏”灾损发展模型，研究设备灾后状态快速感知、评估方法及芯片级装置；研究超限灾情下单体设施减灾降损技术，研制重危设备防止机械损伤发展成电气破坏保护控制装置；构建电力基础设施“单体损坏-系统故障”灾损蔓延模型，研究电力系统紧急生存控制和“灰启动”技术；提出聚合灾区发电车、储能装置等有限资源的构网型复电方法，研制“断电-断网-断路”场景下快速构网控制装置；研发电力基础设施抗突发性灾害带电试验验证平台及应急智能决策系统，并开展应用示范。

考核指标：电力基础设施灾后从机械损伤发展成电气破坏的判识指标和阈值 1 套，适用灾害种类 $\geq 4$  种；电力基础设施灾后状态芯片级判识装置，灾情判识时间先于电气性破坏时间 $\geq 300\text{ms}$ ；重危设备灾后断电防电气破坏控制装置，提前断电时间 $\geq 100\text{ms}$ ；电力设施灾后灾损蔓延在线评估装置，评估时间 $<$

1min；灾后快速构网控制装置，构网时长 $<10\text{min}$ ，控制容量 $\geq 10\text{MW}$ ；电力基础设施抗突发性灾害带电试验验证平台，尺寸 $5\text{m}\times 5\text{m}$ ，三向六自由度，最大加速度 $\geq 1.5\text{g}$ ，载重 $\geq 40$ 吨，倾覆力矩 $\geq 150\text{t}\cdot\text{m}$ ，最高试验电压 $\geq 500\text{kV}$ ；灾害应急智能决策系统，覆盖 $10\sim 1000\text{kV}$ 电压等级电力基础设施，接入 $500\text{kV}$ 及以上电力厂站 $\geq 50$ 座，灾损评估-灾中处置-防灾蔓延-构网复电全环节决策时间 $<20\text{min}$ 。

关键词：突发性灾害、电力基础设施、灾后评估与复电

## 15.2 大型桥梁船撞风险监测预警与应急防控关键技术（应用示范类）

研究内容：针对宽阔水域大型桥梁受船舶撞击发生倒塌和车辆人员落水的严重事故，复杂航道条件下异常船舶撞桥风险跟踪识别、动态预警和超前防控的技术难题，研究基于多源监控数据融合的宽阔水域复杂航道条件下偏航或超高船舶撞击桥梁风险跟踪识别技术；研究宽阔水域复杂航道条件下近桥侧船舶航行异常的不同时空尺度动态预警技术；研究桥梁防撞性能评估与超前防控技术；研发桥面车道中断应急管制的受撞梁体安全状态实时监测技术；研发大型桥梁防船撞成套系统，在多航道宽阔水域和复杂航道条件下的大型桥梁中进行应用示范。

考核指标：动态变化风险跟踪识别精度 $>95\%$ ；船舶撞桥的超前预警时间 $>120\text{s}$ ；在役桥梁超前防控技术不少于3种；桥梁安全状态实时预警技术不少于2种；示范工程应为同时包括悬索桥和多塔斜拉桥的通航等级 $\geq 5$ 万吨、跨水域宽度 $\geq 10\text{km}$

的大型单体桥梁工程，以及复杂内河航通航等级 $\geq 3000$ 吨的大型单体内河桥梁工程。

关键词：长大桥梁船撞、风险监测预警、灾变应急防控

## 16. 现场保障技术与装备

### 16.1 极端灾害多模态智能应急广播与通信装备（应用示范类）

研究内容：面向超强台风、特大暴雨、强破坏地震等极端灾害造成受灾地区广播和通信中断的现实挑战，研究 700MHz 5G 频段、卫星互联网等多体制融合与自适应切换的智能应急广播技术与通信组网方案；基于 5G 切片和甚低码率语义通信技术，研究多模态应急广播宽窄协同、跨网络跨终端信息播发等关键技术，实现区域应急广播和通信覆盖；研究基于低频段自适应的 5G NR 移频中继技术，建立超远距离 5G 应急通信链路；研究应急区域广覆盖非对称智能韧性组网技术，研制固定型智能应急广播与通信网关设备和便携式中继广播与通信网关设备；研发面向手机终端的广域多级应急广播与通信调度管理实战平台，构建面向极端灾害应急救援的广播与通信联动与保障新体系，并开展应用示范。

考核指标：提出智能应急广播与通信组网架构和方案，建立广播通信融合网络模拟与资源优化调度仿真系统；5G 智能应急广播与通信小型化装备支持跨运营商广播和通信，5G 广播频率带宽 $\geq 2\text{MHz}$ ，单站覆盖 $\geq 5\text{km}$ ，重量 $\leq 15\text{kg}$ ，具备多站智能发布能力，5G 通信覆盖 $\geq 1\text{km}$ ；带宽自适应的应急业务语义压缩，

语义层级 $\geq 3$ ，5G 中继组网跳数 $\geq 3$ ，两跳之间距离 $\geq 10\text{km}$ ；固定型智能应急广播与通信网关通信综合带宽峰值 $\geq 40\text{Mbps}$ ，传输效率 $\geq 90\%$ ，业务丢包率 $\leq 1\%$ ，设备重量 $\leq 100\text{kg}$ ，覆盖距离 $\geq 3\text{km}$ ，终端接入 $\geq 1200$  个；便携式中继广播与通信网关设备，设备重量 $\leq 22\text{kg}$ ，覆盖距离 $\geq 300\text{m}$ ；面向手机终端的广域多级应急广播与通信调度管理平台，具备信息智能播发、通信状态监控、链路资源调度等功能；制修订国家/行业标准（送审稿） $\geq 2$  项；在 3 个典型灾害地区开展部省市县乡村“六级联动”应用示范。

关键词：多模态融合、5G 应急广播通信一体化、韧性通信组网、语义通信、六级联动

## 16.2 全天候全域灾情快速侦测技术与装备（应用示范类）

研究内容：针对地震、洪涝、地质灾害等多灾种大纵深重大灾害现场灾情侦测覆盖面窄、识别精度低、侦测时效性差等问题，研究多灾种大跨度灾情快速精确侦测技术，研制多模融合的通感算一体智能侦测终端；研究恶劣环境下全天候大载重巡飞装备抗强风结构优化设计与姿态控制技术，研制面向多灾种全域灾情的自回收巡飞装备；研究基于动态位姿控制的巡飞装备精准自回收技术，研制面向多场景的单兵携行和车载末端发射与回收成套装备；研制便携式灾害现场灾情侦测评估平台，在重大灾害场景开展应用示范。

考核指标：多模融合的通感算一体智能侦测终端，实现红外、激光、可见光等多源传感器的小型化集成，支持房屋损毁、

边坡垮塌、路桥阻断、人员受灾、车辆受损等 $\geq 5$ 种典型灾害事件的快速识别，侦测时延 $\leq 5s$ ，灾情感知定位精度 $\leq 5m$ ，实现LTE专网、5G、低轨卫星互联网等多种网络融合通信；巡飞装备抗风等级 $\geq 8$ 级，最大载荷 $\geq 20kg$ ，最大飞行速度 $\geq 100m/s$ ，适用海拔高度 $\geq 4km$ ，巡飞半径 $\geq 10km$ ，具备12h巡航能力；面向多场景的单兵携行和车载末端发射与回收成套装备，支持单兵、车载等多载体发射模式，回收位置精度 $\leq 3m$ ；便携式灾害现场灾情侦测评估平台，实现灾情实时侦测、灾害事件快速识别、灾情时空演化评估等功能，总重量 $\leq 5kg$ ，防护等级IP67以上，融合灾情侦测数据类型 $\geq 5$ 种，构建多灾种现场灾情侦测评估模型 $\geq 5$ 个；在3个以上省级应急管理部门开展应用示范，覆盖地震、洪涝、地质灾害等 $\geq 3$ 种典型灾害场景；制修订行业标准（送审稿）2项，申请发明专利10项。

关键词：全天候全域、通感算一体、自回收巡飞、灾情侦测评估

### 16.3 基于大模型的智能决策指挥关键技术及装备（应用示范类）

研究内容：面向洪涝、林火、地质灾害等多灾种重大灾害现场灾情态势精准研判、前后方广域协同会商和多目标智能指挥调度需求，研究基于插件化Token控制生成和领域知识的多模态大模型低幻觉优化技术，研制面向应急决策指挥场景的高实时性多模态大模型底座；研究百万级跨域监控视频的多智能体协同语义理解与多目标优化调度技术，研发前后方广域协同会

商与视频智能调度系统；研究基于应急大模型的灾害现场遥感、影像数据全要素提取技术，研制灾害现场三维态势快速精准重构装备；研究基于应急大模型的决策智能体构建和多源情报信息融合生成技术，研发灾害情报分析决策系统；研究大模型自适应高保真压缩技术，研制基于大模型的灾害现场应急决策指挥一体化智能终端，并开展应用示范。

考核指标：构建 $\geq 700$ 亿参数的多模态应急垂直大模型底座，构建 $\geq 10$ 万实体的洪涝、林火、地质灾害等灾种知识图谱，知识库涵盖承灾体、致灾因子、风险隐患、历史灾害案例、灾害调查报告、应急预案、法律法规、标准规范等 $\geq 20$ 类行业知识，大模型幻觉发生率 $< 15\%$ ；前后方广域协同会商与视频智能调度系统，接入全国灾害事故监测视频 $\geq 150$ 万路，视频并发处理数量 $\geq 300$ 路，洪涝、林火等典型灾害场景视频识别准确率 $\geq 90\%$ ，多方视频会商自动组会时间 $\leq 10$ 秒；灾害现场三维态势快速精准重构装备， $1\text{km}^2$ 区域全要素提取准确率 $> 90\%$ ，三维重构时间 $\leq 5\text{min}$ ，结构相似性（SSIM） $\geq 0.9$ ；灾害情报分析决策系统，融合接入遥感监测、现场感知、视频监控、网络舆情等 $\geq 10$ 类情报渠道，情报置信度 $\geq 90\%$ ；灾害现场应急决策指挥软硬一体化智能终端，单精度浮点运算性能 $\geq 256\text{TFLOPs}$ 算力，大模型压缩比 $\geq 90\%$ ，压缩后推理能力 $\geq 85\%$ ；在3个以上省级应急管理部门开展应用示范，覆盖洪涝、林火、地质灾害等 $\geq 3$ 种典型灾害场景；制修订行业标准（送审稿） $\geq 2$ 项，申请发明专利 $\geq 8$ 项。

关键词：应急决策指挥大模型、广域会商与调度、三维态势重构、情报分析决策

#### 16.4 重大灾害现场遥感协同感知与主动服务技术及装备（应用示范类）

研究内容：面向地震、洪涝、森林火灾等重大灾害现场的“三断”极端环境下高效协同感知和精准服务需求，研究多模态卫星影像动态接入与全天候全天时灾场信息快速生成技术，研发星载在轨灾情遥感影像实时处理系统，研制便携式多模遥感数据直连接收装备；研究基于微透镜阵列与红外光场的非中心投影三维重建技术和模糊全光影像深度估计解算技术，研制灾害现场连续景深感知监测装备；研究生成式高可用灾害场景自动构建及情景驱动的多介质地图自适应表达技术，研制应急现场实景地图智能生成装备；研究复杂环境下知识驱动与主题引导的聚焦服务和主动推送技术，研发灾害现场感知信息智能服务平台，并开展应用示范。

考核指标：星载在轨灾情遥感影像实时处理系统，星上在轨态势图生成 $\leq 3\text{min}$ ；便携式多模遥感数据直连接收处理装备，重量 $\leq 35\text{kg}$ ，支持可见光、红外、高光谱、SAR等 $\geq 5$ 种数据类型；灾害现场连续景深感知监测装备，重量 $\leq 5\text{kg}$ ，景深探测距离 $\geq 300\text{m}$ ，定位精度 $\leq 0.3\text{m}$ ，分辨率 $\leq 0.2\text{m}$ ，持续工作最大时长 $\geq 12\text{h}$ ；应急现场实景地图智能生成装备，情景驱动自动化应急制图介质 $\geq 3$ 种，响应时延 $\leq 1\text{s}$ ；灾害现场感知信息智能服务平台，接入现场数据、卫星、无人机、人口、气象等动态数据 $\geq 15$

种，影像与坐标配准误差 $\leq 10\%$ ；制修订国家/行业标准（送审稿） $\geq 4$ 项，应用示范灾害 $\geq 3$ 种，在国家级应急救援演练和5个以上省级应急管理部门应用示范。

关键词：“三断”极端环境、多模遥感、实景地图、主动服务

## 17. 抢险救援技术与装备

### 17.1 复杂介质埋压人员智能仿生感知搜救关键技术与装备（应用示范类）

研究内容：针对灾害事故中受困于复杂环境下的人员搜救难题，研发可穿透复杂介质定位被困者的气味、微动、生物电信号等高灵敏度仿生智能生命探测传感器；研究复杂环境下基于生命体征信息的随遇路径规划与多源异构信息融合的集群协同搜索定位技术，研制适应复杂环境的智能集群协同搜救装备；研究多种营救作业振源模型，建立基于风险监测的搜救通道评价方法和营救优化技术；研发基于实时探测的多源异构信息及融合实景三维建模技术的搜救现场动态决策平台，并开展应用示范。

考核指标：人类特征气味检测 $\geq 15$ 种，识别率 $\geq 95\%$ ，抗温度、压力、湿度、气味干扰、传感器噪声等 $\geq 5$ 种因素干扰；仿生电子鼻等传感器类型 $\geq 12$ 种，灵敏度 ppm-ppb，响应时间 $< 2s$ ，检测时间 $< 100s$ （ $< 40s$ 检测， $< 60s$ 恢复），工作温度范围 $-40^{\circ}C-60^{\circ}C$ ，湿度 $\geq 80\%$ 能持续运行，在海拔 $\geq 4000m$ 下正常工作，能在低光照、无视觉环境下执行任务；智能搜救装备单套

重量 $\leq 3\text{kg}$ ，负载自重比 $\geq 6$ ，行进速度 $\geq 0.5\text{m/s}$ ，定位精度 $< 5\text{cm}$ ，遥控距离 $\geq 200\text{m}$ ，具备环境感知、生命体征探测、多机协同等功能；建立破拆、切割、顶撑、移除等多种营救作业振源模型 $\geq 6$ 套，制定营救技术优化方案和作业方案 $\geq 6$ 套；决策平台1套，具有多源异构数据接入，复杂介质人员埋压环境可视化仿真重构，救援过程风险监测，实景标绘，智能辅助决策等功能；制修订国家/行业标准（送审稿） $\geq 2$ 项；在灾害事故的搜救现场或省级以上灾害救援实战演习中开展应用示范。

关键词：复杂介质、仿生电子鼻、智能集群协同搜索定位、营救作业振源模型、全过程灾变隐患监测

### 17.2 矿井灾变侦测机器人（应用示范类）

研究内容：针对矿山井下事故灾变环境复杂、灾变场景不明而影响应急救援失效等问题，研究高机动性矿井灾变侦测机器人地形自适应、自主控制、智能感知和机器人协同控制关键技术；研发适用于矿井灾后环境的超前探测机器人；研发复杂地形高通过性和适用性的变胞机器人；研发飞移变构空地两用侦测机器人；研究子母机器人协同侦测战术战法，研发多侦测机器人指挥系统，开展应急救援演练示范。

考核指标：机器人轻质防爆设计方案3种，机构智能控制算法与构型3种，灾情识别模型5种，满足井下环境防爆要求；侦测运载母体机器人数量 $\geq 2$ 台，越障高度 $\geq 300\text{mm}$ ，爬坡能力 $\geq 25^\circ$ ，行走速度 $\geq 1.5\text{m/s}$ ，续航能力3km，井下运动控制精度 $\leq 100\text{mm}$ ；多足变胞子机器人数量 $\geq 4$ 台，机器人变换构态 $\geq 3$ 种，

移动速度 $\geq 0.2\text{m/s}$ ，越障高度和宽度 $\geq 400\text{mm}$ ；飞行变胞子机器人数量 $\geq 4$ 台，机器人空中飞行速度 $\geq 2\text{m/s}$ 、地面运移速度 $\geq 0.5\text{m/s}$ ，侦测距离 $\geq 50\text{m}$ ；在3类以上场景开展系统应急救援演练应用示范；制修订行业标准（送审稿） $\geq 2$ 项。

关键词：矿井灾变、应急救援、侦测机器人

### 17.3 堤防决口实时监测及沉桩桁架成套技术装备（应用示范类）

研究内容：面向湖泊、行分洪区、围垦区及河流等堤防决口快速抢险需求，研究决口长宽、水深、流速等特征参数实时监测与场景快速构建技术；研究桩体桁架高速水流环境下的稳定构型技术，研发模块化桩体桁架组件；研究快速精准沉桩、空间桁架快速构建及封堵物料高效投送技术，研发一体化多功能装备；研究基于决口形态及特征参数实时变化的装备辅助操控技术，开发现场管控平台；研究装备现场开进方式及安全保障技术、全流程堵口抢险作业方法并开展应用示范。

考核指标：形成 $\geq 110\text{m}$ 宽度决口实时监测、场景快速构建、作业辅助操控及全机械化封堵能力。决口长宽、水深及流速等信息回传时间 $\leq 3\text{min}$ ，位置精度 $< 10\text{cm}$ ，流速及水深测量精度 $> 95\%$ ，适应雨天、云雾及夜间作业；桩体及桁架组件适应最大水流速度 $8.5\text{m/s}$ ，最大水深 $10.5\text{m}$ ，单体质量 $\leq 2\text{t}$ ；一体化多功能装备，整体集成在自行式底盘上，适应救援现场环境，具备沉桩、桁架构建及物料投送功能，最大作业幅度 $\geq 20\text{m}$ ，每小时沉桩数量 $\geq 6$ 根，投送质量 $\geq 2\text{t}$ ，每小时投送总质量 $\geq 60\text{t}$ ，具

备遥控操作功能，遥控距离 $>2\text{km}$ ；现场管控平台具备决口形态构建、土石方需求估算及沉桩位置引导定位功能，建模时延 $<5\text{s}$ ，土石方估算准确率 $>90\%$ ，沉桩引导定位误差 $<10\text{cm}$ ；装备适应救援现场陆地开进、水上动力舟桥等平台运输、决口边缘垮塌安全保护功能，适应 $2.5\text{m}$ 及以下堤坝宽度通行；申请发明专利 $\geq 10$ 项，编制堤防决口抢险作业指南1部，在抗洪演练或构建场景中开展应用示范。

关键词：堤防决口、抢险、实时监测、一体化多功能装备

#### 17.4 压埋空间感通钻支协同救援关键技术与装备（应用示范类）

研究内容：面向矿井隧道、城市地下结构空间等灾后人员被困压埋场景，研究狭小空间单手高效精准破拆技术和顶撑运输一体化技术，研制新型便携式精细化救援障碍物切割、破碎装备以及救援通道三维支撑运输一体化装备；研究无源可控散射体信道调控增强通信和柔性感知异构共形共面技术，研制易于复杂结构空间布设的救援通感一体化装备；研究不稳定时变救援空间状态感知和计算协同增强技术，研制基于先验感知和实时解译的智能指挥决策平台，并开展应用示范。

考核指标：单兵单手精细化破碎切割装备，单个装备重量 $\leq 5\text{kg}$ ， $100\times 100\times 100\text{mm}$ 混凝土破碎时间 $<10\text{min}$ ，直径 $20\text{mm}$ 钢筋切割时间 $<5\text{min}$ ；便携快装三维支撑运输装备，支撑直径 $\geq 900\text{mm}$ ，径向最大载荷 $>2000\text{kg}$ ，运输重量 $\geq 10\text{kg}$ ；零功耗可控散射体和柔性感知装备，重量 $\leq 5\text{kg}$ ，封装面积 $\leq 50\times 50\text{cm}^2$ ，

无线信号增强能力 $\geq 10\text{dB}$ ，形变分辨力 $\geq 1\text{cm}$ ，支持组网节点数 $> 50$ 个，入网时延 $\leq 1\text{s}$ ，巷道内端到端通信可靠性 $\geq 95\%$ ，通信时延 $\leq 20\text{ms}$ ；现场作业指挥平台支持随行作业，通道建立前对未知塌方压埋区域空间规模和结构特征的先验感知范围 $\geq 10\text{m}$ ，误差 $\leq 1\text{m}$ ，单点检测时间 $\leq 20\text{min}$ ，通道建立后实现四维实时公里级孪生，距离感知范围 $\geq 100\text{m}$ ，精度 $< 2\text{cm}$ ，计算时间 $\leq 100\text{ms}$ ，可接入应力形变、温湿度、有害气体等数据类型 $\geq 3$ 种；在3个以上典型场景开展应用示范，制修订国家/行业标准（送审稿）1项。

关键词：矿井隧道、城市地下空间、精准破拆、三维支撑、通信增强、先验感知、计算协同

### 17.5 复杂地形环境森林草原火灾扑救技术与装备（应用示范类）

研究内容：针对现有的森林草原火灾扑救装备通过能力差、灭火效率低的问题，研发高机动多功能森林消防车；研究风速风向、飞行状态等多因素耦合条件下的航空灭火效能提升技术；研发察打一体直升机载灭火模块和大载重机载灭火吊桶，并开展应用示范。

考核指标：高机动多功能森林消防车，具有灭火、通讯、无人机搭载、照明等功能，越障高度 $\geq 0.6\text{m}$ ，涉水深度 $\geq 1.1\text{m}$ ，爬坡角 $\geq 30^\circ$ ；察打一体高效直升机载灭火模块，适用 Z-8 等 $> 3$ 种机型，在飞行余度 $50\text{m}$ 、直升机安全风速情况下，目标区域灭火剂洒布率 $\geq 60\%$ ；大载重机载灭火吊桶，灭火投放时间 $< 5\text{s}$ ，

灭火吊桶的灭火剂损失量 $<100\text{L/h}$ ；制修订国家/行业标准（送审稿）2项；在3个以上省级消防救援队伍开展应用示范。

关键词：复杂环境森林草原火灾扑救、高机动多功能森林消防车、精准察打一体航空灭火

### 17.6 火场复杂环境信息侦察（测）机器人关键技术与装备（应用示范类）

研究内容：面向大型综合体、大型物流仓库、大跨度厂房等人员无法靠近和深入的高温、浓烟、易坍塌、有毒有害等复杂危险事故现场火情侦察需求，研制卫星拒止、行动受限、环境特征复杂等条件下作业的空地异构协同消防侦察机器人系统；研究多参数环境特征融合感知、定位导航与建图、自主实时规划与重构、目标物体精准识别、地面机器人防爆和耐高温系统一体化防护、多设备多网络异构接入空地协同等关键技术；在室内火灾环境下开展空地异构协同消防侦察机器人系统的应用验证。

考核指标：可适应室内复杂火灾环境下的空地异构协同消防侦察机器人系统，支持不少于2类4台空地机器人协同侦察；空地协同方面，具备空中地面机器人感知信息融合、协同搜寻与定位等功能，机-机相对定位精度 $<10\text{cm}$ ，最大协同组网节点（空地异构机器人）个数 $\geq 10$ 个；搜索定位方面，在烟雾环境下的目标多参数融合检测时间 $\leq 2\text{s}$ 、零部署实时定位误差 $\leq 0.5\text{m}$ 、几何动态快速建模 $\leq 3\text{s}$ ；飞行机器人续航能力 $\geq 30\text{min}$ ，室内自主定位精度误差 $\leq 5\text{cm}@100\text{m}^2$ ，规避障碍物最小距离 $\leq 1\text{m}$ ，室内最大飞行速度 $\geq 3\text{m/s}$ ；地面机器人取得由防爆认证机构颁

发的防爆合格证，在 800℃环境中的作业时间 $\geq 30\text{min}$ ，行走速度 $\geq 1\text{m/s}$ ，具有路径规划和自主避障等功能；制修订国家/行业标准（送审稿） $\geq 1$ 项，在 2 个以上国家级或省级消防救援队伍应用示范。

关键词：室内火情侦察、自主巡航、空地协同搜寻定位

### 17.7 基于数字孪生的灾变结构智能应急救援技术与装备（应用示范类）

研究内容：面向地震、滑坡、建筑坍塌、路桥损毁、安全生产等坍塌事故中地质和土木结构发生灾变时智能化应急救援需求，研制远程交互操控与智能自主作业双模态融合的智能应急救援装备；研究多源数据融合的灾变结构救援场景实时重构技术，构建包括灾变结构环境与救援装备的坍塌事故场景数字孪生体；研究非结构化环境下多自由度重载救援装备作业的视觉/接触感知方法与高能效运动规划技术，研究远程交互操控与视觉伺服自主作业双模态融合的救援装备智能操控技术；研究虚实同步的灾变结构应急救援智能决策与作业任务自主规划技术；研发灾变结构应急救援智能指挥系统，并开展应用示范。

考核指标：灾变结构智能应急救援技术与装备应覆盖 $\geq 3$ 类典型的坍塌事故场景；灾情场景视频图像识别准确率 $\geq 98\%$ ，场景重构时间 $\leq 30\text{s}$ ，虚实孪生数据处理与融合的响应延迟 $\leq 100\text{ms}$ ，数字孪生仿真帧频 $\geq 30\text{fps}$ ；重载救援装备具备高机动性、非结构化环境智能感知、高能效运动轨迹规划、高精度视觉伺服自主操控、高安全自主避障作业、多机高效协同等功能，

同步作业模块支持坍塌废墟剪切破碎等复杂功能，作业模块 $\geq 14$ 个自由度、作业半径 $\geq 2\text{m}$ 、最大负载能力 $\geq 1000\text{kg}$ ，环境接触力感知精度优于 $2\%$ ，远程操控距离 $\geq 1000\text{m}$ ，视觉伺服定位精度 $\leq 1\text{mm}$ ；智能决策与作业任务规划满足2种类型、5台以上救援装备协同指挥及任务部署需求，可实现全自主、无人化，作业规划准确率 $\geq 98\%$ ，多机作业平衡率 $\geq 95\%$ ；制修订行业标准（送审稿） $\geq 2$ 项；申请发明专利 $\geq 6$ 项；在国家级应急救援队伍开展应急演练 $\geq 2$ 次。

关键词：数字孪生、双模态融合、应急救援

## 18. 救援人员安全防护技术与装备

### 18.1 高海拔环境救援人员生理监测与高效救援保障技术（应用示范类）

研究内容：针对高海拔环境救援效能低、威胁救援人员生命健康安全等问题，研究高海拔现场救援人员作业的生理反应规律，构建高海拔环境下救援人员作业安全的生理监测指标体系；研发低温低压低氧环境下生命体征自适应监测设备与安全分析研判系统；研究无创式生理恢复与神经调控技术，建立智能化人机交互的救援人员安全作业保障系统。

考核指标：高海拔环境下救援人员生理指标测试数据库，包括眼动、心电、脑电、肌电等在内的指标数量 $\geq 9$ 个；低温低压低氧环境下的生命体征监测设备，至少具备心电、汗液分泌物浓度、加速度等参数的实时采集，心电采集频率 $\geq 500\text{Hz}$ ，变异率误差 $\leq 2\%$ ，汗液 $\text{Na}^+$ 浓度测量误差 $\leq 2.0\text{mM}^{-1}$ ， $\text{K}^+$ 浓度测量误

差 $\leq 1.0\text{mM}^{-1}$ ，加速度频率 $\geq 15\text{Hz}$ ，在4200m海拔和 $-30^{\circ}\text{C}$ 环境下持续作业时间 $\geq 4\text{h}$ ；研判系统具备人员冷应激、缺氧应激、脱水、人体姿态、灵活性、精神警觉性等 $\geq 6$ 种人体生理异常状态识别功能，安全作业时间预测误差 $\leq 5\%$ ，安全状态预警时间 $\leq 6\text{s}$ ；自适应的声、光、电、磁等无创式生理恢复与安全作业保障系统，可为反应迟钝、神经疲劳和肌肉疲劳等提供无创干预措施；在海拔高度 $\geq 4200\text{m}$ 的区域，3个以上应急救援队伍开展应用示范；制修订行业标准（送审稿） $\geq 3$ 项，申请发明专利 $\geq 4$ 项。

关键词：高海拔救援、生命体征监测、安全分析研判、无创生理恢复、智能化人机交互

## 18.2 火场态势突变侦测预警及消防员安全保障关键技术装备（应用示范类）

研究内容：针对复杂火场救援处置时火场关键信息获取难、综合信息感知研判滞后、态势突变预测预警可靠性不高、救援人员安全保障装备欠缺等问题，研发火场关键信息高穿透动态感知技术与装备；研究火场多元信息融合与火灾态势综合研判技术；研发轰燃、回燃等火场态势突变行为早期精准预测预警技术与装备；研发室内长距离、大纵深火场救援安全防护技术与装备；开展“感知-研判-预警-防护”全过程一体化实体火灾试验验证。

考核指标：火场非接触穿透式装备对砖墙、混凝土砌块墙等实体障碍后受困人员探测距离 $\geq 15\text{m}$ ，火情侦察装备透火成像

距离 $\geq 40\text{m}$ ，可穿透火焰厚度 $\geq 3\text{m}$ ；火场烟火蔓延态势实时感知更新速度 $\geq 2$  帧/s，可预测 $\geq 30\text{s}$  火场态势发展情况；轰燃预警装备可提前 60s 预测轰燃发生，回燃预警装备风险感知研判时间 $\leq 20\text{s}$ ，关键特征参量示值误差 $\leq 5\%$ ，经住宅、商店、宿舍等 $\geq 3$  类火灾场景的实体火灾试验验证，轰燃、回燃预测准确率 $\geq 85\%$ ；消防员轻质耐高温阻燃照明通信导向装置亮度 $\geq 20\text{cd}/\text{m}^2$ 、照明线体外皮极限氧指数 LOI 值 $\geq 37.0\%$ 、线体承受拉力 $\geq 1000\text{ N}$ ；多功能智能型消防员无线呼救系统遮蔽环境下自组网通信距离 $\geq 1200\text{m}$ ；制修订国家/行业标准（送审稿） $\geq 5$  项；在 3 个以上省级消防救援队伍开展应用示范。

关键词：火场态势突变、高穿透动态感知、火场多元信息融合与态势研判、大纵深火场救援防护

### 18.3 轻型消防外骨骼助力机器人关键技术与装备（青年科学家项目）

研究内容：面向消防救援人员长时间负重越野行走的实战需求，研究关节仿生机构与人机接口结构界面设计、多传感器融合的运动感知与辨识、个性化低阻抗柔顺助力控制、能源回馈管理与集成式电池等关键技术，研制长续航、轻型消防外骨骼助力机器人装备，构建融合人体主客观因素的消防外骨骼助力机器人性能测试与评估体系。

考核指标：有源膝关节外骨骼机器人自重（含电池） $\leq 5\text{kg}$ ，最高行进速度 $\geq 13\text{km}/\text{h}$ ，最大续航时间 $\geq 6\text{h}$ ，行进最大坡度 $\geq 40^\circ$ ；具有膝关节防护功能，电池快速拆装更换功能，适用于

身高 165~185cm 的穿戴者；适应水泥、硬质泥土、砂砾、草地等复杂地面。无源下肢外骨骼机器人自重 $\leq 5\text{kg}$ ，额定负载 $\geq 35\text{kg}$ ，动态压力降低幅度 $\geq 30\%$ ；最高行进速度 $\geq 10\text{km/h}$ ；适用于身高 165~185cm 的穿戴者；研制 $\geq 3$ 种适配消防空气呼吸器、液压破拆工具等消防装备的专用载具（可挂载）。制修订国家/行业标准（送审稿）1项，在3个以上省级消防救援队伍应用示范。

关键词：消防外骨骼助力机器人、运动感知与辨识、轻型长续航

## 19. 生命救护技术与装备

### 19.1 火灾爆炸事故现场复合伤快速评估及救治关键技术与装备（共性关键技术类）

研究内容：针对森林、城市、危险化学品等特大火灾爆炸事故批量伤员现场救援难的问题，研发群体伤员损伤快速预测和医疗资源分布式调度系统；建立标准化烟雾吸入伤、爆震伤与复合伤动物模型；研发事故现场烧伤、烟雾吸入伤、爆震伤等智能诊断装备；研发医疗救援机器人及配套综合救治装备；研发火灾、爆炸及其耦合事故伤员应急救援虚拟仿真训练系统，构建“探、转、诊、治、训”一体化技术装备体系。

考核指标：火灾爆炸事故典型伤情案例库及伤亡预测与医疗资源调度决策系统，地面伤员群每平方公里三维重构时间 $\leq 3\text{min}$ ，伤情预测准确率 $\geq 80\%$ ；人机交互智能医疗救援机器人，可长续航生理体征监测、智能评估预警，转运能力 $\geq 200\text{kg}$ ；智

能诊断装备，烧伤创面探测深度 $\geq 5\text{mm}$ ，评估时间 $\leq 1\text{min}$ ，血流动力学无创监测流速精度 $\leq 5\text{mm/s}$ ，肺损伤可视化动态监测成像速度 $> 30\text{fps}$ 。综合呼吸循环救治装备，上呼吸道 15min 快速降温  $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ ，具备呼吸循环支持和生理模式驱动功能电刺激，高导电柔性表皮电极原位制备时间 $\leq 5\text{min}$ 。高仿真培训系统场景 $\geq 5$ 种，动物样本和仿真模拟病例 $\geq 50$ 例；制修订行业标准、技术规范（送审稿） $\geq 2$ 项，在 5 家以上国家级紧急医学救援队和消防救援总队开展应用示范。

关键词：火灾爆炸事故、火爆毒复合伤、伤亡预测、诊疗装备、医疗救援机器人

## 19.2 灾害现场颅脑创伤救治关键技术与装备（共性关键技术类）

研究内容：针对陆上、海上灾害现场颅脑损伤致死率高、救治难度大的问题，研制轻量型颅脑锥束 CT；研发颅脑损伤智能监测与预警系统；研发远程协作双臂颅脑手术机器人；研发颅脑损伤控制手术专用箱组；研究颅脑损伤控制外科新技术，形成灾难现场院前“诊断-监测-手术”一体化颅脑损伤院前救治体系。

考核指标：轻量型颅脑锥束 CT 原理样机用于灾难现场术前和术中颅脑 CT 检查，机架尺寸 $\leq 118\times 118\times 80\text{cm}$ ，成像孔径 $\geq 80\text{cm}$ ，重量 $\leq 250\text{kg}$ ，空间分辨率 $\geq 15\text{LP/cm}$ ，自带电池曝光次数 $\geq 50$ 次；颅脑损伤智能监测与预警系统，实现颅内压和脑电图等监测与智能化报警功能，颅内压报警灵敏度 $\geq 90\%$ ；远程协

作双臂颅脑手术机器人原理样机定位精度 $\leq 0.1\text{mm}$ ，双臂协同定位精度 $\leq 0.5\text{mm}$ ；颅脑损伤控制手术专用箱组具备现场快速颅脑减压及止血功能，在陆上、海上（大型船只）灾害现场集成验证和应用示范。

关键词：颅脑创伤、锥束 CT、远程协作机器人、损伤控制手术、集成验证

## 20. 综合支撑装备与应急服务技术

### 20.1 灾害事故精准调查与智能研判平台关键技术（共性关键技术类）

研究内容：针对灾害事故调查评估有效信息提取难、原因和性质认定难、警示教育精准性不足等问题，研究面向灾害事故调查评估的勘查记录、笔录信息、实验数据、法规标准等多模态数据智能融合与语义理解技术；研究典型自然灾害诱发安全事故的智能推演与复盘分析研判技术，构建安全事故原因分析与预判模型；研究事故致因对后果影响程度的评估技术，以及重大自然灾害及其复合链生灾害损失综合评估和救灾救助辅助决策技术，构建数据与机理双驱动的事故责任辅助认定大模型；研究典型灾害事故防控措施智能生成技术；研发灾害事故精准调查与智能研判集成平台，并开展应用示范。

考核指标：语义理解技术目标信息识别速度 $\leq 1\text{min}$ ，识别准确度 $\geq 90\%$ ；复盘分析研判技术可实现时空关联关系、事件演变触发条件、事件动态演化分析等功能，同类灾害事故成因匹配率 $\geq 85\%$ ；大模型中可支持的典型灾害事故调查评估模型 $\geq 5$

类，具备致灾因素分析、违法违规分析与安全事故责任认定等功能，准确率 $\geq 85\%$ ；防控措施生成技术具备灾害事故防控措施自动生成、警示推送等功能，匹配率 $\geq 85\%$ ；制修订国家/行业标准（送审稿） $\geq 2$ 项，完成灾害事故案例丛集1套；灾害事故精准调查与智能研判集成平台包含灾害事故案例数 $\geq 10$ 万个，洪涝、台风等自然灾害，危险化学品的燃气管网火爆毒、建构物坍塌等事故类型 $\geq 5$ 类；集成平台在3个以上省级应急管理部门开展应用示范。

关键词：灾害事故、耦合演化、知识图库、案例语义理解、调查评估大模型

## 20.2 大跨度结构跨类灾害事故大尺度实验模拟关键技术（共性关键技术类）

研究内容：针对桥-隧、电网等大跨度结构跨类灾害事故的大尺度实验重现和灾害事故调查等问题，研究大跨度结构火灾-坍塌、地震-垮塌等跨类灾害事故实验重现的多源荷载协同控制技术；研究热力耦合大跨度结构失效的演化过程重现与高保真边界重构技术，构建实验装置；研究大跨度跨类灾害事故亚稳态场景多参量重建计算技术；研究面向事故调查评估的火灾-坍塌、地震-垮塌等跨类灾害事故致灾过程反演技术。

考核指标：实验装置中多源荷载包括均匀/非均匀热荷载、静/动态力荷载及其组合，异构荷载协同响应时间误差 $\leq 0.1s$ ，有效加载覆盖吨位 $\geq 270t$ ；大跨度跨类灾害事故重现实验边界效应影响降低80%，火灾-坍塌高保真热传导边界构建纵向跨度

达 200m，地震-垮塌高保真力作用边界构建纵向跨度达 50m，基于大跨度桥梁“车-火-风-力”耦合的缆索、钢梁结构火灾损伤预测模型，模型精度 $\geq 90\%$ ；灾害事故失稳场景构建精确度 $\geq 90\%$ ，跨类灾害事故多参量计算分辨率达到秒级；构建火灾-坍塌、地震-垮塌等跨类灾害事故致灾过程反演方法，温度、流速、压力、应力等三维反演数据种类 $\geq 4$ 种，桥-隧、电网设施等反演规模 $\geq 10\text{km}$ ，经现场验证反演精确度 $\geq 95\%$ ，在 3 起以上灾害事故调查中验证和示范。

关键词：大跨度结构、跨类灾害事故、大尺度实验、火灾-坍塌、地震-垮塌、灾害事故调查

### 20.3 灾害事故情境下智能生成式决策知识库关键技术（共性关键技术类）

研究内容：针对地震、洪涝、地质灾害、危险化学品泄漏等重大灾害事故现场的应急决策模型及知识库缺乏、场景适用性差、与实战脱节问题，研究灾害事故现场与泛在社会数据驱动的因子自主辨识与隐喻理解表达技术，研究基于应急救援业务流程节点映射的“数据-特征-业务”跨模态多层隐式关系与级联耦合分析技术；研究融合多场景时空事件关系与逻辑思维链的救援知识推理及动态领域图谱构建技术；研究场景化模型的深度智能匹配规则构建与辅助决策自动生成技术，研究结合事故反演重现的救援效果评估与自迭代优化技术；研究融合多模态大模型的“数据-知识-决策”全流程多灾种群体智能决策知识库生成技术。

考核指标：重大灾害事故多源数据与情报资源池，涵盖救援现场传感信息、社会化信息及案例信息等种类 $\geq 20$ 种，多源多模跨域数据辨识与置信度评价模型，辨识准确率 $\geq 95\%$ ；基于图像、语音、文本等知识元要素形成包括救援流程、决策生成、应急处置等在内的动态应急救援领域图谱，涵盖节点 $\geq 600$ 个，实战应急知识推送匹配准确率 $\geq 90\%$ ；构建涵盖地震、洪涝、地质灾害、危险化学品泄漏等 $\geq 6$ 个情景的应急辅助决策模型匹配规则，构建场景复盘推演模型，现场态势发展及救援推演 $\leq 3$ 分钟，推演精度 $\geq 90\%$ ；形成应急智能化辅助决策知识库，处置决策分析响时间 $\leq 5\text{min}$ ，数据量 $\geq 3\text{T}$ ；在国家或省级应急救援队伍开展示范应用 $\geq 2$ 处，制修订国家/行业标准（送审稿） $\geq 2$ 项，申请发明专利 $\geq 5$ 项。

关键词：多灾种、应急决策模型和知识库、智能生成式