

“生物安全关键技术研究”重点专项 2024 年度项目申报指南

为落实“十四五”期间国家科技创新有关部署安排，践行《中华人民共和国生物安全法》《病原微生物实验室生物安全管理条例》和《中华人民共和国人类遗传资源管理条例》，国家重点研发计划启动实施“生物安全关键技术研究”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，制订 2024 年度项目申报指南。

本专项总体目标是：建成全面系统的可提供资源与信息支撑的生物安全实物资源库和信息数据库，建成可实现实时监测、时空分析和智能预警的全疆域生物威胁实时监测网络，建立囊括侦察预警、实时监测、检测鉴定、追踪溯源、预防控制、应急处置、恢复重建等关键环节的生物安全防御关键技术体系，形成涉及侦察预警、检测鉴定、危害分析、预防控制、现场处置等方面的核心设备与产品，构建涵盖标准物质、诊断方法、预警控制、防护装备等方面的标准体系，研制相关重点标准，形成集科学发现、核心技术、支撑平台、实物产品、标准规范、应用示范、战略储备为一体的生物安全科技整体解决方案，形成高度系统整合的生物安全科技支撑体系。

2024 年度指南部署按全链条部署和一体化实施的原则，重点围绕两用生物技术甄别及应对关键技术、高等级生物安全实验室自主核心技术与设备、重要生物威胁病原体防控关键技术、外来物种入侵与生态毁损防范技术、生物安全事件综合应对和应用示范等 5 大任务，按照共性关键技术及重大产品研发和典型应用示

范，拟启动 7 个方向，安排国拨经费概算 1.06 亿元。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。项目实施周期不超过 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。基础研究类项目下设课题数不超过 4 个，项目参与单位总数不超过 6 家，共性关键技术及重大产品研发类和典型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。

针对指南支持的研究方向，要求相关单位跨部门、跨学科进行优势整合，以项目的形式整体申报，须覆盖全部考核指标。项目应根据考核指标提出细化、明确、可考核的预期目标。

1. 两用生物技术甄别及应对关键技术

1.1 重大呼吸道感染病原动物模型关键技术研发（共性关键技术及重大产品研发类）

研究内容：以 2-3 种高致病性呼吸道传播病原微生物为研究对象，利用基因编辑技术等构建可模拟自然传播途径的气溶胶感染动物模型，建立涵盖病原学、免疫学、病理学的模型评价和研究技术体系；利用计算机断层扫描技术等实时活体影像学监测手段，跟踪疾病进程中肺等多个重要器官的病理改变；运用多组学手段系统分析宿主对病原体的免疫应答，研究重要免疫细胞亚群和效应分子的免疫激活和调控作用，确定病原体感染的分子靶点；基于靶点设计和筛选候选抗感染分子，完成动物层面有效性验证，为呼吸道感染性疾病提供治疗和干预的实验依据。

考核指标：针对高致病性呼吸道传播病原微生物，构建气溶

胶感染/自然感染动物模型 2-3 种，涵盖病原学、免疫学和病理学的模型评价技术体系；阐明呼吸道病原感染早期疾病进程及其发病机制，分析宿主对病原体的免疫应答，鉴定感染后机体免疫应答关键通路和因子至少 3 个；解析 2-3 个关键靶点蛋白的高分辨率结构，获得 1-2 种经动物模型验证有效的候选药物。

有关说明：本指南方向国拨经费概算参考数约 1500 万元。

2. 高等级生物安全实验室自主核心技术与设备

2.1 基于智能感知交互技术的 X-R 数字高等级生物安全实验室建设（共性关键技术及重大产品研发类）

研究内容：建立高等级生物安全实验室 X-R 仿真系统和 CAVE 自动虚拟环境，实现 AR/MR 技术在虚拟仿真高等级生物安全实验室 VR 系统基础上的升级，突破交互维度限制，实现与现实环境相结合，提升安全性与操作适用性；建立高等级生物安全实验室实验活动和运行知识图谱，实现多源异构数据的高效融合，整合生物学、医学、环境科学等领域数据，构建跨学科统一的知识图谱表，结合物联网实现智能感知运营模拟；基于智能制造和 AI 技术实现智能化，满足 X-R 数字智能感知，实现对复杂生物实验操作的精确捕捉、实时数据融合与反馈，提升操作真实感和教学效果；整合集成分析工具，形成综合模型，实现高等级生物安全实验室事故场景及应急处置，病原实验操作、动物实验操作的操作模拟；在 X-R 数字智能感知高等级生物安全实验室基础上，创建立体化实践演练、教学培训体系，搭建“产教学研创赛”六位一体的生物安全数字化智能综合实训平台。

考核指标：完成基于 AR/MR 技术的教学培训系统 1 套；在

VR 场景交互上嵌套 AR/MR 功能，进而构现 CAVE 环境体验系统下的实验室漫游交互和多用户协作功能；建立可模拟实时监控的数字孪生系统 1 套，以实体实验室构造及重要设施设备作为数字孪生对象，构建精度高、同步快、分析准的可模拟实时监控的数字孪生系统；完成高等级生物安全实验室知识图谱 1 套，包括 ≥ 5 种数据来源和 ≥ 100 万种的节点规模的生物安全知识图谱，研发 ≥ 10 种知识图谱算法，结果类型支持文本、图和时序等多种形式；研发覆盖教学与科研攻关需求的行业综合模型 1 套，研发参数 ≥ 100 亿的生物安全管理大语言模型；语言模型具备问题理解、场景研判、比对纠正等 ≥ 5 种的管理功能；语言模型检索准确率 $\geq 85\%$ ；在至少 5 家高等级生物安全实验室完成验证。

有关说明：本指南方向国拨经费概算参考数约 1000 万元，申请单位配套经费与中央财政经费比例不低于 1:1。

3. 重要生物威胁病原体防控关键技术

3.1 野生动物源性高风险病原体传播循环特征及生态学阻断关键技术研究（共性关键技术及重大产品研发类）

研究内容：针对可导致暴发性疫情、野生动物来源的高致病性或高跨种传播力的病原体，聚焦其疫源地的小型哺乳动物、迁徙鸟类等宿主动物、同生态位吸血节肢动物、疫源地暴露人群和生态环境，开展病原、宿主、媒介和生态的全息本底研究；基于基因组、宏基因组、宏转录组、培养组等多组学分析技术，发现和确认野生动物来源的高风险病原体，分析病原体的遗传进化和感染性、致病特征；结合 GPS 实时定位跟踪技术和生态位分析，解析重要疫源野生动物的分布、活动与迁徙规律与携带病原体溢

出方式和扩散路径的关联；研究鸟类等迁徙动物携带吸血节肢动物远距离传播病原的生态学机制及传播循环特性；发展基于野生动物宿主免疫和媒介阻断、从源头遏制病原体传播的生态学阻断技术，提升我国应对野生动物源性高风险病原体引发生物威胁的防控能力。

考核指标：完成至少 5 个典型自然疫源地和热点地区、至少 50 种野生宿主动物、至少 6 万份样本的病原筛查；发现野生动物源性新病原体（含亚种、新基因型和新纪录种）30 种以上，其中与已知高风险病原体高度同源具有潜在高风险的新病原体至少 5 种；阐明至少 3 种野生动物源性高风险病原体的进化、变异规律与遗传多样性；阐明至少 3 种已知高风险病原体和至少 1 种新病原体的传播循环特征；研发野生动物源性高风险病原体的宿主免疫或媒介阻断的源头遏制病原体生态学干预阻断新技术 2 种。

有关说明：本指南方向国拨经费概算参考数约 1500 万元。

4. 外来物种入侵与生态毁损防范技术

4.1 农业重大新发入侵物种扩散预判与处置技术研发及应用（共性关键技术及重大产品研发类）

研究内容：针对马铃薯金线虫、假苍耳、长芒苋等新发并具有重大扩散危害潜力与威胁的农业入侵物种，基于反应-扩散理论等建立扩散前沿趋势预判技术，解析早期小种群扩张动态，明确主动扩散和多媒介/载体因子协同扩散风险路径，划定常态化监测识别区和突发疫源阻截识别区；围绕重大扩散前沿风险区，研制针对入侵物种野外背景下特异性与多目标现场快速精准侦测和基于高光谱、物种形态与危害特征、化学信息素等智能识别监测新

技术产品；研发靶标入侵物种的物理、化学、分子靶向干预与调控的应急处置储备技术产品，构建点灭除与线阻截技术体系，建立重要扩散前沿区（西北和西南边境和扩散通道）应用示范模式。

考核指标：建立农业重大新发入侵物种扩散前沿趋势综合研判技术 1 套，实现对至少 5 种入侵物种的扩散前沿识别区划定；研发精准快速甄别检测、识别监测、靶向干预等应急处置新技术产品至少 5 种，建立点灭除和线阻截应用模式至少 4 种，实现在其扩散前沿区的应用示范，在其重要的扩散前沿和扩散通道的示范面积 1 万亩以上；建立点灭除和线阻截防控应用示范技术标准/技术规程/技术方案至少 3 套并开展应用。

有关说明：本指南方向国拨经费概算参考数约 1800 万元。

4.2 草原重大入侵生物前哨预警与动态精准监测技术研发和应用（共性关键技术及重大产品研发类）

研究内容：研究草原潜在重大入侵昆虫（如境外沙漠蝗等）流行扩散时空动态模型和境外传入前哨监测预警技术，明确入侵我国潜在路径和影响区域；开展草原重大入侵植物（如少花蒺藜草、刺萼龙葵等）大尺度孕灾环境和种群动态监测、潜在风险评估、扩散前哨预警等关键技术；研发草原重大入侵物种智能识别技术，构建全国草原重大物种入侵扩散数智化监测预警行业应用平台，实现重大草原入侵物种入侵和扩散实时动态监测预警；集成研发技术和平台，在入侵通道及扩散关键区域开展技术集成和行业应用示范。

考核指标：形成针对草原潜在重大入侵昆虫（如境外沙漠蝗等）动态追踪及前哨预警的技术和产品，对生境动态的监测精度

至少 85%，前哨预警时间比实际入侵时间提前 10 天以上；形成针对草原入侵植物（如少花蒺藜草、刺萼龙葵等）时空动态监测预警技术和防控阈值 1 套；制定草原重大入侵生物监测预警行业技术标准 1 个，形成数智化监测预警业务应用平台 1 个，服务支撑草原重大入侵物种的监测站至少 30 个；建立入侵昆虫监测预警应用示范区至少 2 个，建立重大入侵植物监测预警应用示范区至少 1 个，在新疆、内蒙古等省份累计示范面积至少 6000 万亩次；提交并被林草主管部门采纳的草原重大入侵物种监测预报动态报告至少 3 次/年。

有关说明：本指南方向国拨经费概算参考数约 1800 万元。

5.生物安全事件综合应对和应用示范

5.1 病原智能监测预警系统研发（共性关键技术及重大产品研发类）

研究内容：构建高风险及人工改造病原微生物信息库；针对高通量测序原始数据及基因序列数据，开发高风险及人工改造病原微生物序列快速扫描算法；研发终端扫描一体机，实现检测机构、基因测序与合成公司数据的本地生物安全风险初筛；开发高风险基因数据可信传输与管理系统；开发病原基因数据生物安全风险中枢分析系统，整合多维数据，生成风险研判与预警报告。

考核指标：研发面向基因测序及合成序列的生物安全风险扫描终端一体机，具备风险因子扫描、日志生成及风险数据上传等功能，对高风险及人工改造病原微生物扫描速度超过 20 亿核苷酸/分钟，检测敏感度和准确率均大于 99%，研制出原型机并至少在 2 家机构试用；建立 1 套高风险基因数据可信传输与管理系统，可

支持单日超过 1TB 的数据传输与处理；建立 1 套病原基因数据深度挖掘系统，综合评估病原致病力、传播力和人工改造痕迹等因素，智能研判生物安全风险，每日可处理数据量不低于 1TB。

有关说明：采用定向委托方式，由中国科学院牵头申报，鼓励与基因测序、检测等公司联合申报，支持在国家生物信息中心建设病原智能监测预警系统，形成我国对高风险及人工改造病原微生物的监测预警能力。本指南方向国拨经费概算参考数约 1800 万元。

5.2 喀斯特重点区域外来入侵生物的综合防控模式研究与应用（典型应用示范类）

研究内容：针对重要入侵物种对喀斯特地区石漠化破碎生境生物多样性的影响与生态侵蚀等问题，研究重要入侵物种的发生发展特性和成灾机制，明确入侵物种对喀斯特重点区域生物多样性的原发及后遗效应；解析入侵物种加速石漠化生态侵蚀的作用机制，评估入侵物种对石漠化生态治理工程的威胁与风险；创新重要入侵物种扩散的智能检测和监测技术，构建实时监测与预警平台；创新重要入侵物种的后遗效应控制技术；在典型石漠化破碎生境或生态治理工程区域，构建重要入侵物种的综合治理模式，完成监测预警与控制的综合应用示范。

考核指标：解析 5 种重要入侵物种对石漠化生境的生态侵蚀机制及对生物多样性的影响，建立 1 套生物入侵导致生态侵蚀后遗效应的评价指标；建立 5 种重要入侵物种的智能精准监测和预警技术，相比之前监测技术，分辨率提升 10 倍至分米级，识别准确率达到 90%以上，构建实时监测与预警平台 1 套；形成 3 种重

要入侵物种的后遗效应控制技术，实现绿色防控的效率达 90%以上，制订地方或行业标准至少 2 项；在至少 3 个喀斯特石漠化区域实现综合治理示范，核心示范面积达 3000 亩以上，实现综合控制及生态恢复效果 90%以上。

有关说明：采用定向择优方式，由贵州省卫生健康委、云南省卫生健康委、广西壮族自治区卫生健康委组织推荐。本指南方向国拨经费概算参考数约 1200 万元，申请单位配套经费与中央财政经费比例不低于 1:1。