

“典型脆弱生态系统保护与修复”重点专项 2024 年度项目申报指南 (征求意见稿)

本专项紧密围绕“三区四带”生态安全屏障建设科技需求，通过基础理论研究、关键技术与装备研发、典型区域集成示范，支撑生态监测预警、荒漠化防治、水土流失治理、石漠化治理、退化生态系统（森林、草地、湿地等）修复、生物多样性保护、城市人居环境改善和重大工程生态安全保障，促进生态与生产功能协同提升，形成整体和系统治理技术体系，并进行推广应用，推动“十四五”期间筑牢生态安全屏障、保护生物多样性，统筹部署山水林田湖草沙系统治理科技创新。

2024 年度指南拟在国家生态安全辨识预警和监管、重要生态区保护修复、城市生态功能提升与区域生态安全、生物多样性保护、重大工程生态修复与安全保障、生态保护修复的前沿性和探索性方法与技术等 6 个方面拟部署 22 项研究任务，11 个青年科学家项目。

本专项 2024 年度项目申报指南如下。

1. 国家生态安全辨识、预警和监管技术

1.1 国土生态安全监测网络构建与风险预警技术研究

研究内容：面向生态系统时空变化及其重大生态安全风

险，针对国土生态安全监测评估存在的地面调查监测网络和技术手段单一、基于国产卫星的天空地一体化监测体系不完善等问题，研究生态系统多要素多尺度协同的地面生态监测网络空间布局方法和多手段融合的网络构建技术，提出国家生态安全重大风险识别预警的多尺度生态监测网络布局优化方案；研发基于地面、塔基、无人机、卫星等多源监测数据的时空谱角深度融合模型方法，发展基于国产卫星遥感数据的主要生态参数反演模型，实现对生态参数高精度的连续监测；构建国产卫星遥感数据、多源地面观测数据驱动下的国土生态安全重大风险源精准识别技术；研究影响国土生态安全的陆地生态系统结构、过程和功能变化，建立复合风险源作用下关键生态要素的突变阈值识别技术；研发多尺度国土生态安全风险预测模型及预警技术，开展高时空分辨率国土生态安全风险分布与预警网格化制图；提出不同类型重大生态风险应急处置技术，制定分区分类的国土生态安全风险应对预案。

考核指标：构建服务于国土生态安全重大风险识别预警的生态系统监测网络，监测效率提升30%，监测成本减少20%；构建基于多源数据的时空谱角深度融合模型方法，识别类型不低于15类、精度不低于85%；可服务于国产卫星遥感数据的长时序高分辨率生态参数反演模型方法1套，生态参数类型不少于5项、空间分辨率不低于30m，精度不低于80%；

构建国产卫星遥感数据、多源地面观测数据驱动下不少于 3 种类型的国土生态安全重大风险源精准识别技术，识别精度不低于 85%；建立不少于 5 种类型的复合风险源作用下关键生态要素突变阈值识别技术；研发不同类型国土生态安全网格化模拟预警技术 1 套，精度不低于 85%，空间分辨率优于 1 km；在不同气候和生态类型的典型区域开展 5 种以上国土生态安全风险分布与预警技术示范及网格化制图，时间分辨率不低于 90 天，空间分辨率不低于 1km，示范区总面积不低于 10 万 km²；编制不同情景下分区分类的国土生态安全重大风险应急响应预案 5 套以上，获有关部门应用。

关键词：监测网络，生态要素突变阈值，生态风险，国土生态安全，预测预警，国产卫星遥感数据

1.2 突发事件即时遥感探测及生态损害评估技术与示范应用

研究内容：面向国家生态安全重大决策需求，针对日益加剧的国内及跨境突发事件的生态损害，研究境内及跨境沙尘暴、火灾、洪涝及地质灾害等突发事件生态损害即时遥感探测机制，构建突发事件生态损害的遥感探测响应特征知识库；研发基于星地互馈的突发事件生态损害的即时遥感识别与智能提取关键技术，形成突发事件生态损害即时遥感发现与诊断技术体系；构建突发事件生态影响多尺度评估技术，量化突发事件生态影响范围与强度；改进陆气协同遥感同化

系统，建立突发生态损害事件对我国生态安全影响的预警技术，提出响应对策和风险防范措施。

考核指标：建立突发事件生态损害遥感响应特征知识库，不少于可见光-近红外、热红外、几何纹理 3 类特征，可见光-近红外/几何纹理遥感响应特征空间分辨率不低于 20 米，热红外遥感响应特征空间分辨率不低于 100 米；面向境内及跨境 100 公里区域，构建突发生态损害事件即时遥感判别技术体系，具有单景影像探测、轻量化处理、在轨配置等能力，适用于沙尘暴、火灾、洪涝及地质灾害等典型突发生态损害事件，遥感识别精度 85%~90%，遥感处理时间≤1 分钟；典型突发生态损害事件起源区、传播路径和影响范围辨识方法 1 套，辨识精度>80%；构建突发事件生态影响多尺度评估技术 1 套，境内境外突发事件的生态影响范围与强度，响应时间≤1 天，生态系统结构与功能影响的辨识精度≥80%；开展沙尘暴、火灾、洪涝及地质灾害等突发事件的生态损害评估应用示范 8 个以上。

关键词：突发生态损害事件，即时遥感，生态安全，风险预警

2. 重要生态区保护修复技术

2.1 北方风沙带水土耦合与生态安全维持技术

研究内容：针对北方风沙带生态脆弱、土壤风蚀强、生态风险大等问题，重点研究全量水资源（降水、地下水、地

表水、土壤水等)和生态系统时空分布格局,揭示全量水资源在生态-生活-生产的循环机制,明确生态用水最低分配份额;阐明基于地理单元的种群-生态系统-区域尺度防护植被(林草)体系防风固沙的阻尘成效;研发不同地理单元水土耦合驱动的高效稳定防护植被体系的重建技术;建立功能和稳定性协同提升的退化防护植被体系种群-生态系统-区域尺度近自然升级改造技术;探索水土资源协调与高效利用的林草沙田等复合生态系统综合治理技术模式,并进行应用示范。

考核指标:研发“立地-全量水资源-根冠-耗水”四位一体的防护植被体系构建技术,示范区防护植被体系保存率由<50%提高到>70%;建立基于水量平衡和天然更新障碍解除的结构-空间优化配置、基于植物-水土环境互馈的天然与人工植被融合等退化防护植被体系近自然修复技术,示范区物种丰富度提高2-4种/公顷;研发基于水土资源承载力和植被协调的复合生态系统综合治理技术,示范区土壤风蚀侵蚀模数每年降低200-300吨/平方公里,高度和极易起沙尘的土地面积比例下降2-3%;建立试验示范区3-5个,示范区总面积不小于2000公顷。

关键词:地理单元,全量水资源,生产-生活-生态水土协调,防护植被体系

2.2 干旱半干旱区退化湿地恢复与功能提升关键技术及应用

研究内容：针对我国干旱半干旱区因缺水导致的湿地水文节律紊乱、盐渍化及污染加剧、湿地植被退化、水鸟栖息地质量差等问题，研究干旱半干旱区湿地演变过程、生态功能与环境要素的耦合关系，揭示湿地退化的关键驱动机制与功能提升潜力；研发基于植物生命周期的湿地生态水文节律调控技术、降盐削碱基质改良与水环境综合治理技术；构建乡土植物筛选、定植与群落优化配置技术；建立遗鸥、丹顶鹤、白鹤等水鸟食源靶向增殖与生境优化技术；形成干旱半干旱区退化湿地多要素-多目标近自然恢复技术模式，并进行应用示范。

考核指标：构建基于植物生命周期的湿地生态水文节律调控、降盐削碱基质改良与水环境综合治理技术 2 项，湿地土壤碱化度较本底值下降 10%，含盐量下降 10%，水质提升 1 个等级或由 IV 类提升至 III 类水体；筛选湿地适生植物 10 种以上，研发适配植物种群扩繁和湿地群落优化配置技术 5 项，湿地植被覆盖度较本底值增加 25%以上；研发基于遗鸥、丹顶鹤、白鹤等水鸟生境需求的食源靶向增殖与栖息地功能恢复技术 3 项，水鸟适宜生境面积较原有基础增加 30%；形成干旱半干旱区退化湿地多要素-多目标近自然恢复与功能提升新模式 3 套，并建立 3 个核心技术示范区，总面积不小

于 1000 公顷。

关键词：干旱半干旱区，退化湿地，近自然恢复，功能提升，技术模式

2.3 秦巴山区退化生态系统修复与稳定性提升技术及示范

研究内容：围绕秦巴山区面临的生态功能受损、人类活动扰动频繁、生态系统稳定性差、小流域面源污染风险大等问题，系统诊断区域水源涵养、生物多样性维护等生态功能退化的关键区域，辨识复合扰动因素与生态退化的互馈关系及生态修复潜力；研发适用于秦巴山区高陡边坡、破碎山体等类型区域的多尺度近自然修复关键技术；研发人工林近自然改造技术和退化生态系统质量提升技术；以小流域为单元，研究水源涵养与生物多样性保护协同增效的开发建设阈值和空间优化布局技术，农田、园地面源污染生态控制技术；构建秦巴山区退化生态系统修复与稳定性提升技术体系，并开展应用示范。

考核指标：形成近 30 年秦巴山区退化生态系统数据集，对水源涵养、生物多样性维护等生态功能退化和生态修复潜力关键区域的识别精度优于 85%；研发适用于秦巴山区高陡边坡、破碎山体等类型区域的多尺度近自然修复关键技术，土壤侵蚀模数下降 30%；研发水源涵养与生物多样性保护协同的生态网络构建关键技术 1 套，定量估算不同区域生态系

统稳定性约束下的开发建设阈值，准确度不低于 85%；研发人工林近自然改造技术和退化生态系统质量提升技术各 1 套，水土保持和水源涵养能力分别提升 20%和 15%，治理小流域水质保持 I 级；建立示范小流域不少于 3 条，流域总面积不小于 100 平方公里。

关键词：秦巴山区，水源涵养，生物多样性，生态修复，开发建设阈值

2.4 南岭山地生态系统恢复与生态安全保障技术

研究内容：针对南岭山地人工林面积大、生态系统质量低、生物多样性下降、水土流失较严重等问题，研究区域生态系统时空演变规律、生物多样性与生态系统服务退化的原因和驱动力，阐明南岭山地生物多样性对生态系统服务和稳定性的影响；研发杉木、马尾松、桉树等人工林结构优化与近自然改造技术；研发重要保护物种的栖息地恢复与重建技术；以小流域为单元，研发“山-水-林-田”一体化治理的水土流失防控技术；选择优先保护和重点管控的空间单元，构建南岭山地生态系统修复和生态安全保障模式，并开展应用示范。

考核指标：提供南岭山地生态系统及物种多样性近 40 年的时空变化数据库 1 套；构建低效人工林和重要保护物种栖息地等生态系统质量精准提升关键技术 3-4 个；集成创新以水土流失防控为核心的小流域系统治理技术体系 2 套，与未

改造前相比，水源涵养、土壤保持、固碳增汇等能力提升 10% 以上，物种多样性提高 15% 以上；建立山地生态保护修复和生态安全保障示范基地 3-5 个，总面积 1000 公顷以上。

关键词：生态恢复技术，物种多样性，生态系统功能，生态安全保障，南岭山地

2.5 西南山地河谷生物多样性保护与绿色产业协同提升技术体系

研究内容：针对西南山地河谷生物多样性衰退、生态承载能力支撑产业发展弱、协调性差等问题，开展古老特有物种的高质量基因组测序、遗传多样性评估与重要性状的关键功能基因挖掘，研发基于网格化的河谷生物多样性精准评估和监测技术；研发分别针对极度退化、中度退化以及破碎化河谷生态系统的土壤修复技术、正向演替诱导技术、仿自然功能群配置技术以及关键物种的人工促繁回归技术；挖掘特有和特色生物资源，研发资源可持续利用、生态附加值提升以及绿色产业协同提升技术；构建具有区域特色的“生态-资源-产业-保护”可持续发展模式，并进行应用示范。

考核指标：研发网格化的河谷生态系统、特有物种以及入侵物种智能快速识别、评估和监测技术 3 项，物种识别精度达到 80%；研发基于微生物菌剂和养分回补等的极度退化生态系统土壤修复技术 2 项，筛选微生物有益菌 3-5 株，开发生物制剂 3-5 个，土壤生产力提高 30%；研发中度退化生

态系统正向演替诱导和促进恢复技术 1 项，植物恢复和演替速度提升 30%；研发破碎化生态系统关键物种人工促繁回归技术 3 项，特有濒危物种保护和回归率达 80%；研发林下特色生物资源功能群配置生态产业发展技术 2-3 项，生态产值提升 30%以上；研发特色花卉选育和种质保护，珍稀地方名贵菌生态配置和促繁，特色资源植物挖掘及生态附加值提升技术 5 项，生态产值提升 20%-30%，农民收入增加 20%以上。在怒江、金沙江和澜沧江河谷等区域建立集成示范区 3-5 个，总面积 1000 公顷以上。

关键词：西南山地河谷，生物多样性保护，绿色产业协同提升

2.6 典型海岸带生态修复与监测评估关键技术

研究内容：针对海岸带生态保护修复从局部单一生态系统类型向区域多种生态系统转变的技术瓶颈，以及海岸带生态修复成效评估和预警能力建设需求，以南方和北方的典型海岸带生态系统及其连通性为关键修复对象，阐明生态系统和连通性的退化趋势及其稳态转换过程，揭示其主导驱动因素与退化机制；基于陆海统筹，识别全球变化影响下海岸带生态修复优先区和代表性生物类群的生态廊道，研发生物-化学-水文-底质多要素协同的海岸带典型生态系统和生态廊道近自然修复技术；监测生态系统的结构功能和连通性对生态修复的响应，从陆海自然-社会系统互作角度构建海岸带生态

修复成效的空间显式评估技术；针对人类活动和气候变化威胁因素，研发海岸带典型生态系统的生态安全监测预警关键技术；形成基于陆海统筹和近自然修复的典型海岸带生态系统和连通性修复新模式，并开展应用示范。

考核指标：形成南方和北方海岸带典型生态系统和生态廊道近自然修复技术 2 项，实现不少于 3 种典型海岸带生态系统和代表性生物类群生态廊道的系统修复，生态修复后生态系统稳定性达到当地自然系统的 75%以上，生态连通性提升 20%；基于自然-社会系统互作的典型海岸带区域生态修复成效空间显式评估技术 1 项，评估指标不少于 10 个，其中针对社会系统的评估指标不少于 3 个，空间评估分辨率不低于 30m；典型海岸带生态安全监测预警关键技术 1 项，其中针对关键生态安全风险因子的敏感生物标志物不少于 10 个，临界预警值不少于 5 个；形成南方和北方典型海岸带生态系统和连通性陆海统筹修复示范区，每个示范区海岸带生态系统类型不少于 3 个，总面积 ≥ 2000 公顷，水环境质量提升 10%；植物物种丰富度增加 3-5 种，植被覆盖度提高 10%-15%；游泳动物和底栖动物物种丰富度增加 3-5 种，代表性物种种群数量增加 15%。制定海岸带生态修复与监测评估相关技术规范 2-3 项。

关键词：海岸带，生态修复，陆海统筹，临界预警，成效评估

2.7 黄河几字弯沙漠入河区系统治理与生态功能提升技术与示范

研究内容：针对黄河沙漠入河区风沙入黄淤堵干流、人工生态系统不稳定、整体生态与生产功能弱等突出问题，研究河道高含沙场次洪水过程特征及诱发成因，揭示砒砂岩、风沙、黄土叠合区风沙-水沙-河道耦合作用机制，量化区域水资源束缚下林草植被恢复潜力；研发黄河控沙与沙漠锁边林带构建技术、防风固沙植被近自然多功能修复与固沙植被稳定维持技术、风沙入黄交汇口“沙坝堵河”防控技术；构建工程、植物、材料、耕作等一体化治理措施配置模式；发展基于植被复合经营的特色生态产业技术，形成沙漠入河区生态系统服务协同提升的系统解决方案，并开展应用示范。

考核指标：研发种群-群落优化配置技术及人为定向干预技术 2 项以上，提出沙漠边缘防风固沙林草带模式 2 项，筛选固沙适宜物种 10 种以上，阻沙适生植物群落 3-5 种；研发固沙保水和防渗增肥恢复重建植被技术 2 项以上、孔兑高含沙洪水“沙坝堵河”防控技术 1 项，构建多位一体的近自然修复模式 1 项，植被覆盖度提高 10%-20%，入黄泥沙量降低 50%；研发植被复合经营与特色生态产业技术 2 项、生态治理-果林经济协同发展技术 1 项，经济林果产量提高 10%以上；在 3-4 个试验示范区开展应用，示范区面积不少于 3000 公顷，示范区土壤保持功能提升 10%以上。

关键词：黄河几字湾，水土生协调，防风固沙

3. 城市生态功能提升与区域生态安全协同技术

3.1 城市生态风险预警防控与生态韧性提升关键技术及示范

研究内容：针对城市生态基础设施效率低下、布局不合理、生态功能单一，应对内涝、高温等灾害预防韧性不足，生态风险预警和防控手段缺乏等问题，研究城市生态基础设施的时空格局与生态安全的动态耦合机制；研发提升雨洪调蓄韧性、雨污隔离消纳的“水-岸-陆”一体化绿地-湿地建设技术；研发应对高温的植被蒸散-遮荫降温生境营造技术、多功能分布式绿地网络构建等生态基础设施格局优化与功能提升关键技术；研发城市生态风险监测、智能感知、协同预警、分区分类精准管控技术；并开展应用示范。

考核指标：城市生态廊道设计与构建技术 1 项，示范区气候舒适度提升 20%；应对高温的立体绿化技术 3 项，示范区植物死亡率降低 30%以上，热调节能力提升 20%；分布式绿地网络构建技术 1 项，示范区内涝、高温、面源污染等风险降低 30%以上；城市内涝生态缓冲技术 3 项，示范区径流峰值减少 30%；城市生态风险评价方法体系与预测模型 1 套，模型预测准确率高于 85%；在 3-4 个城市开展示范应用，总面积不小于 300 平方公里。

关键词：城市生态基础设施，生态韧性，生态风险，预

3.2 老旧城区生态功能协同提升技术与示范

研究内容：针对老旧城区普遍存在生态空间不足、生态功能低导致热浪风险高、生物多样性贫乏、人居生态环境差以及工业废弃场地生态风险大等问题，重点研究我国南北不同地域老旧城区 2D/3D 空间形态特征对热环境、碳排放以及生物多样性的影响、驱动机制及其协同效应；基于深度学习、数据挖掘等人工智能技术，研发旧城空间降温、减碳的多目标优化和多准则决策模型；建立面向不同供需场景的生态空间、建筑和新型能源组合对风热调节、节能减排潜力的评估方法，研发老旧城区增强气候调节、生物多样性功能以及新型能源一体化利用的综合协同技术和空间优化配置方法；构建融合调节功能和游憩功能的城市绿地空间布局优化与全生命周期低碳化改造技术；选择粤港澳大湾区、东北城市群典型老旧城区开展降温控污减碳协同增效技术应用示范。

考核指标：开发城市更新社区水文调节、气候调节、控污降碳、生物多样性等生态功能协同提升技术与综合改造模式；建立老旧城区改造的生态功能综合评价指标体系与决策模型，编制城市更新生态专项设计技术导则 1 套；提出废弃工业厂区生态改造设计导则 1 套；构建降温控污减碳、休闲游憩以及新型能源协同利用的绿地景观提升技术 1 套，建立全生命周期的城市绿地低碳化改造与管护技术导则 1 项；建

立试验示范区不少于 3 个，面积不小于 500 公顷，试验示范区物种丰富度提高 50%，新能源利用占总能耗比不少于 20%，碳排放总量降低不少于 30%，水文调节功能提高 30%以上，城市平均热岛强度降低不少于 0.5°C。

关键词： 老旧城区，生态功能，综合协同技术，热岛，绿地空间

4. 生物多样性保护技术

4.1 重点保护候鸟种群健康及其栖息地多维度监测评估与保护技术

研究内容： 在鄱阳湖、黄河口、长江口、盐城、扎龙湿地等珍稀候鸟迁飞通道的重要节点开展鹤类、鸕鹚类、雁鸭类等代表物种及其栖息地多维度智能化监测，研发重要候鸟鸟种和数量精准识别技术，探索其个体、种群与栖息地的时空耦合机理，在群落水平下揭示水鸟集群形成与维持机制；研发鸟类追踪及健康监测新型技术，评估食物、污染、疾病、肠道微生物等对其种群健康的影响，明确威胁候鸟种群的关键因素，解析候鸟种群健康对栖息地变化的响应和适应；构建栖息地多维度质量监测、评估预警和管理为一体的保护网络体系，建立人鸟和谐的种群和栖息地保护新范式。

考核指标： 建立候鸟及其栖息地监测数据库，并提供 2 年以上的监测数据，追踪不少于 30 种鸟类的 100 万个活动位点，研发基于传感器融合和人工智能的候鸟及栖息地监测

和识别技术，其中国家重点保护候鸟（不少于 20 种）物种和数量识别准确率从 80%提高到 95%以上，揭示候鸟个体、种群和群落水平活动规律及其对环境变化的时空响应机制，构建候鸟迁飞通道保护理论框架；研发 2-3 项国家重点保护候鸟种群健康诊断技术，基于 eDNA、粪便 DNA 和栖息地监测技术，明晰 8-10 种鸟类食物组成并构建鸟类觅食地分布预测模型，模型预测准确率达 80%以上；从景观结构、群落组成、食物丰富度、污染水平等多维度构建 3-5 种不同类型候鸟栖息地质量监测评估体系；建立候鸟种群健康智能化监测示范基地 3-4 个，总面积不少于 8000 公顷；保护网络平台实现水平分辨率 10 km、垂直分辨率 10 km 内的多层可视化展示。

关键词：重点保护候鸟，智慧监测，栖息地质量评估，种群健康

4.2 国家公园旗舰动物智慧监测与管理关键技术

研究内容：针对国家公园生物多样性智慧化管理与评估、濒危物种动态变化监测和保护关键技术的需求，研发虎、豹、猞猁、川金丝猴、海南长臂猿、藏酋猴等濒危旗舰动物种群与行为智能识别技术，研究大型食肉类和灵长类动物种群变化和个体行为对环境变化的响应；研发生态智能感知设备，构建国家公园前端自动监测、中端智能分析、后端智慧管理的综合技术体系，实现监测物种动态追踪和智能感知；研发基于人工智能、大数据、物联网、云计算等前沿技术的国家

公园生物多样性智慧管理平台，建立濒危旗舰动物及伞护物种、人类干扰等监测数据自动采集、实时回传、物种 AI 识别和行为分析、评估指数一键输出的智能化监测体系；集成已有重要物种的种群监测技术，构建国家公园生物多样性智慧化监测、管理和评估指标并开展应用示范。

考核指标：基于图像、视频、声纹（音）等多模态数据，研发虎、豹、猞猁、川金丝猴、海南长臂猿、藏酋猴等重要保护物种野外复杂场景下种群数量和个体行为识别技术 6 项及相应的 AI 识别软件，识别精度从 80%提升到 90%以上；揭示大型食肉类和灵长类动物种群动态变化规律和适应策略；研发适合动物生物学特征的低功耗、多传感器智能感知监测设备 3-5 套，性能指标达到探测距离 $\geq 25\text{m}$ ，响应时间小于 0.5 秒，具备多频段通信、自动定位、边缘计算、无线和双向传输方式功能；构建多模态数据实时采集和智能分析的国家公园生物多样性数字监管系统，并至少在 2 个国家公园应用；多源监测数据深度挖掘和集成分析技术 5-8 项，相关技术、设备示范面积大于 5000 平方公里；集成已有重要物种的种群监测技术，建立国家公园物种多样性监测和评估技术体系 1 套。

关键词：国家公园，濒危旗舰动物，生态感知设备，人工智能，智慧管理平台

4.3 国家植物园迁地保护与种质资源保存关键技术

研究内容：面向国家植物园的迁地保护和专类园建设需求，尤其是对世界性大类群、特殊生境植物、重要经济植物等的迁地保护和种质资源保存技术瓶颈，重点研究松柏类、蔷薇科、杜鹃花科、忍冬科、百合科、鸢尾科、小檗科、水鳖科等迁地保护栽培中土壤、气候、遗传等关键制约因素；研发高效扩繁、拟境露地栽培等迁地保护技术；利用基因组、转录组等高通量测序技术开发精准的产地溯源技术；研发壳斗科、木兰科、热带植物等顽拗性种子常温和液氮储藏及储藏后快速萌发技术；形成可推广的野生植物引种保育和迁地保护范式。

考核指标：评估松柏类、蔷薇科、杜鹃花科、忍冬科、百合科、鸢尾科、小檗科、水鳖科等高山和亚高山、特殊生境植物代表类群不少于 100 种的遗传多样性和适应对策，揭示植物引种的关键限制因素；研发高效扩繁和拟境露地栽培技术 8-10 项，繁育效率由 20%提高到 70%以上；开发鉴定准确率达 95%以上的产地溯源技术体系 1 套，完成不少于 15 种代表性物种的精准溯源；研发壳斗科、木兰科、热带植物等顽拗性种子常温和液氮储藏技术 3~5 项，种子快速萌发技术 3-5 项，储藏时间比自然寿命提高 10 倍以上，萌发率达到 80%；建立涵盖代表性类群大部分种群、不少于 5000 份的遗传资源平台；建立迁地保护基地 3 个，每个基地面积不少于

300 亩，将栽培新技术推广应用 200 种以上代表性迁地植物中，露地存活率达 70%以上；开发信息化、智能化驱动的植物采集引种、迁地保护及可视化决策系统 1 套。

关键词：国家植物园，产地溯源，迁地保护核心技术，种子储藏与萌发，资源挖掘

4.4 重大外来入侵动植物对自然生态系统的危害和防控技术

研究内容：针对入侵物种对自然生态系统的危害，以豹纹翼甲鲉、红耳彩龟、麝鼠、三叶鬼针草、小蓬草等重大外来入侵脊椎动物和植物为对象，研究入侵、定殖与扩散对本地物种的捕食竞争、繁殖干扰和病原菌传播危害及其机理；研发基于人类活动、气候、行为、生理、痕量宏基因组等多要素的外来入侵物种的监测与预警新技术；阐明多物种共入侵对本地生态系统群落结构和多功能性的影响机制，研发基于多营养级生物多样性恢复的入侵生态系统多功能性提升技术；构建我国重大危害入侵脊椎动物的环境友好型精准防控技术体系。

考核指标：阐明豹纹翼甲鲉、红耳彩龟、麝鼠、三叶鬼针草、小蓬草等 5-7 种重大外来脊椎动物和植物入侵对我国自然生态系统的危害及作用机制；基于痕量宏基因组开发入侵脊椎动物和植物精准识别技术 2-3 项，识别率达到 90%以上；开发基于机器学习方法的外来脊椎动物入侵风险预警系

统 1 套，空间分布预测准确度达 80%以上；揭示多种外来入侵植物共入侵影响生态系统功能的机理，研发 1-2 项基于扩散阻断和多营养级生物多样性恢复的本地植物群落和生态系统多功能性快速复建技术，入侵植物扩散阻断率达 80%，植物多样性提升 40%，并建立面积不小于 3 公顷的实验示范区 2-4 个，技术辐射区面积不小于 30 公顷；研发生物、声音、光诱捕技术和环境友好型靶向药物的入侵脊椎动物去除技术 3-4 项，示范应用于 5 个区县以上，捕获效率和去除率分别从 40%和 50%提升到 60%和 80%。

关键词：外来动植物，多物种入侵，生物多样性，监测预警，精准防控

4.5 面向昆蒙框架的生物多样性快速评估体系研究与国别实践

研究内容：面向“昆蒙框架”目标执行与全球进展盘点需求，整合长时序生物多样性关键变量遥感监测与地面监测数据，研究建立可满足昆蒙框架生物多样性评估的多源多尺度监测数据融合方法，并形成多源数据集；研究提出全球生物多样性热点区域生态系统保护和威胁状况遥感监测和评估方法，从保护对象和保护成效两个维度，从生态系统、物种和基因三个层次，研发面向“昆蒙框架”目标执行的生物多样性保护成效评估技术体系；基于多源多尺度融合数据集，建立全球-区域-国家不同尺度“昆蒙框架”目标进展盘点的快

速评估技术方法；开展“昆蒙框架”全球进展评估与国别实践，完成一次以遥感监测数据为主的全球生物多样性进展盘点报告。

考核指标：对标“昆蒙框架”目标，开发多源多时空尺度遥感及地基数据融合算法模型；形成多维度多层次全球自然保护区生物多样性保护成效量化评估指标，生成全球陆生脊椎动物和高等植物物种、遗传和系统发育多样性的全球生物多样性热点图，空间分辨率不低于 1.0°，完成全球生物多样性热点区域生态系统高精度制图，总体精度不低于 80%；建立一套“昆蒙框架”执行进展快速盘点评估技术方法；完成一次以遥感监测数据为主的全球生物多样性进展盘点报告，以及不少于 5 个代表性国家的“昆蒙框架”多目标进展评估报告；形成技术标准 2 项。

关键词：昆蒙框架，生物多样性评估，保护成效，遥感监测，多目标进展评估

5. 重大工程生态修复与安全保障技术示范

5.1 极端环境条件重大交通路网生态保护与修复技术研究

研究内容：针对脆弱区重大交通复杂路网生态问题快速识别技术缺乏、极端环境条件下生态保护与修复适配技术支撑不足等问题，研发大温差、强风蚀、强降雨极端环境下交通路网沿线裸露创面增加、水土流失加剧、生境破碎化等生

态问题的快速识别与诊断技术，揭示重大交通工程路网长期生态影响叠加效应与扰损机制；研发高适配度、长耐久性的生态保护与修复新材料-工艺-装备；开展极端环境交通路网典型生态影响区保护与修复技术集成示范，构建路网生态保护与修复效益监测评估技术体系。

考核指标：研发多星协同的生态安全问题快速识别与诊断技术 1 项，使用国产卫星数量 > 3 颗，识别频次不少于 4 次/月，诊断精度 $\geq 85\%$ ；抗冻融、抗风沙、抗水力侵蚀生态固土材料不少于 3 种，强吸附轻质固土材料可附着于坡度 $\geq 60^\circ$ 、高差大于 100 m 的边坡，土壤水力侵蚀量降低 30%、风蚀量降低 50%；便携式施作一体化装备不少于 3 套，较当前市场施工效率提高 50%；生态保护与修复效益动态评估指标体系 3 套；典型生态安全保障示范区 6 个，示范总面积不小于 600 公顷，植被盖度提高 20%-40%，物种丰富度提升 20% 以上。

关键词：重大交通路网，生态快速识别与诊断技术，生态保护与修复技术，效益监测评估，技术集成示范

5.2 西南诸河上游重大水电工程扰动区一体化边坡防护与生态修复技术

研究内容：针对我国西南诸河上游重大水电工程立地环境复杂、生态要素信息获取与识别难，扰动区植被恢复、重建条件恶劣，生态修复技术缺乏等问题，构建重大水电工程区不同尺度生态要素“空-天-地-内”一体化监测体系，精准

识别植被恢复、重建限制因子；选育面向重大水电工程扰动区植被恢复、重建的优良抗逆植物，配置适宜、稳定的植被群落；突破高寒干旱作用下工程扰动区边坡防护技术；开展重大水电工程扰动区一体化边坡防护与生态修复技术集成示范，建立生态修复效益评价指标和方法体系，优选并形成西南重大水电工程扰动区生态修复适配技术体系。

考核指标：构建生态要素多尺度“空-天-地-内”一体化监测体系与精细化分类体系 1 套，实现各类生态修复限制因子的精准识别，“地-内”监测支持在线传输；优选适宜于西南水电工程扰动区抗逆乔灌草植物 15 种以上；突破不同地质条件边坡一体化生态防护技术体系 1 套，适用于坡度大于 70°高陡边坡；创制抗冻融/耐干旱、水土保持性能稳定的植生基质 2-3 项，可耐-30°C冻土环境，土壤集水保水较自然环境提高 30%以上、土壤保持量较自然环境提升 20%以上，建立多目标约束下的扰动区清单式生态修复技术体系 1 套；集成扰动区一体化边坡防护与生态修复技术，并进行至少 3 种场景的应用示范，总面积不少于 500 公顷。

关键词：西南诸河上游，重大水电工程，优良抗逆种质资源，一体化边坡防护与生态修复，技术集成与示范应用

5.3 基于分区分类的生态保护修复技术模式综合评估与应用

研究内容：系统梳理近 10 年我国生态保护修复主要技

术与模式，形成对应不同类型区域、生态系统及退化程度的生态保护修复技术与模式数据库；从理论基础、保护修复成效、成本、适应性、可复制推广性等方面建立生态保护修复技术与模式综合评估技术体系，对现有生态保护修复技术与模式开展评估；系统集成山水林田湖草沙多要素耦合共生的区域（流域）尺度生态保护修复模式体系，以及“微生境调控-乡土种优选-物种配置集成”的场地尺度生态保护修复技术体系，形成分区分类的我国生态保护修复技术与模式图谱；构建以“本底识别-问题诊断-技术筛选-模式集成-成效评估”为核心链条的区域生态保护修复智慧监管平台。

考核指标：形成生态保护修复技术与模式综合评估技术指南不少于 5 项，评估近 10 年生态保护修复技术 200 项、模式 100 项；形成适用于我国干旱、半干旱、高寒、岩溶、盐碱等不同类型脆弱区生态修复植物物种名录，植物种类不少于 500 种；构建基于大数据技术的分区分类生态保护修复技术与模式图谱 1 套，其中不同生态地理区退化生态系统场地尺度修复技术不少于 100 项，退化生态系统区域（流域）尺度保护修复模式不少于 50 项，以及山水林田湖草沙一体化治理模式不少于 30 项，在 5-8 个生态保护修复项目应用示范；建成区域生态保护修复智慧监管平台。

关键词：生态系统多样性、稳定性、持续性，生态保护修复技术模式，分区分类，应用示范

5.4 北方废弃煤矿集聚区生态风险防控与保护修复一体化技术

研究内容：围绕北方废弃煤矿集聚区生态影响叠加效应不清、生态环境管控技术缺乏、生态修复效果耐久性差等问题，构建废弃煤矿集聚区生态风险智能监测和问题诊断技术体系，揭示废弃煤矿集聚区缺土侵蚀、干旱缺水、自燃扰动等多因子交互下生态退化机制；研究生态风险与保护修复分区划定技术和管控方法；研发抗蚀型土壤重构、集水保水增效、植被与生物多样性重建等适配技术，研究退化植被生态保护保育技术；构建北方废弃煤矿集聚区韧性生态修复与耐久性提升技术体系，并开展一体化应用示范。

考核指标：构建废弃煤矿集聚区生态风险智能监测与问题诊断技术体系 1 套，建设多因子交互下生态风险识别与预警系统 1 个，支持“空-天-地-内”多元化一体化监测和“地-内”监测实时在线传输，土壤侵蚀监测误差小于 5%，实现生态风险智能识别；研究生态风险与保护修复分区划定技术和管控方法体系 1 套，形成北方脆弱区典型废弃煤矿集聚区生态分区管控图集 1 套；研发抗蚀型土壤重构技术 2 项、生态化类土材料 2-3 种，阻隔层空气渗流速度小于 $4.4 \times 10^{-5} \text{m/s}$ ，土壤侵蚀量减少 20%；研发集水保水增效适配技术 1 项，干旱胁迫下延长草本植物成活时间 2-3 倍以上，减少管护成本 50%以上；研发植被与生物多样性重建适配技术 2-3 项，相

对参照系统植被覆盖度提升 30%以上、物种多样性提升 20%以上；研发北方脆弱区废弃煤矿集聚区韧性生态修复与耐久性提升技术体系 1 套，并开展至少三种情景下的生态保护修复一体化技术应用示范，示范区面积不小于 1000 公顷。

关键词：废弃煤矿集聚区，生态风险防控，生态环境分区管控，韧性生态修复，生态保护修复一体化

6. 生态保护修复的前沿性和探索性方法与技术

6.1 脆弱生态系统修复成效与稳定性监测评估新技术研发与示范

研究内容：面向脆弱区生态系统修复成效与稳定性监测评估的迫切需求，重点研究植物多样性与生态系统功能恢复与维持的互馈机理，解析植被结构与生态系统功能及其稳定性的耦合关系，建立“植被结构与功能地表实测值-遥感信息耦合”的退化森林和草地生态系统的多尺度验证数据集；基于无人机为载体的高光谱、激光雷达以及高分卫星遥感等先进技术，研发单木尺度物种识别、物候动态、冠层结构与功能性状反演算法体系；研发森林和草地恢复进程中植物物种丰富度、生物量、植被冠层养分与水分等多维度生态系统特性的监测技术；构建综合评价多样性、稳定性及退化生态系统修复成效评估体系，并应用示范。

考核指标：建立植物多样性及功能性状对生态系统生产力、碳储量、水土保持等生态功能及稳定性影响的定量分析

模型；建立 1 套不少于 100 个群落类型的冠层优势物种的植物生化组成、功能性状、枝干精细结构性状、系统发育信息和光谱信息耦合的数据集；构建我国典型森林优势树种物候动态、物种识别算法 1 套，实现森林物种多样性动态的高时空分辨率监测；构建森林关键结构（如树高、冠层覆盖度、冠层结构复杂性等）、生化特征（如碳氮磷含量、叶绿素含量）、功能性状（比叶面积、含水量、水分利用效率、最大羧化速率等）的反演算法 1 套，在不少于 4 个森林类型、每个类型 20-25 公顷大样地开展技术验证，物种识别和性状反演精度在 75%以上；研发区域尺度草地物种多样性、生物量、冠层含水量、氮含量、冠层结构复杂性监测技术，在草甸草原、典型草原、荒漠草原、高寒草甸等的野外台站，各 10 公顷监测样地进行技术验证，监测精度达到 70%以上；构建生态恢复过程中生态系统功能稳定性和社会经济效益的多维度综合评估体系，并选择 2-3 个典型生态修复工程，在县域尺度开展应用示范。

关键词：退化生态系统修复，结构与功能监测，近地面遥感，高时空分辨卫星遥感，生态修复成效评估

6.2 干旱半干旱区生态修复与人工影响天气协同技术研发及效益评估

研究内容：面向干旱半干旱区生态补水需求，研发人工增雨与生态修复协同技术。研究干旱半干旱区主要植被类型

在不同生长阶段的蒸散量、生态需水量，识别生态需水量的空间分布格局及其时间变化规律，研发生态补水需求的空间分布识别技术；研究干旱半干旱区空中云水资源时空分布特征和开发潜力，构建干旱半干旱区人工增雨潜力预报和作业条件识别模型和指标体系；重点研究适用于干旱半干旱气候特征和补水需求的人工增雨催化作业技术；建立生态修复型增雨效果评价指标模型，开展人工增雨作业效果评估和生态效益评价方法研究；研发集生态补水需求监测、云水资源监测、人工增雨作业指挥和生态效益评价的智能化、一体化软件，形成适用于干旱半干旱区人工增雨成套技术，并选择典型区域开展应用示范。

考核指标：建立主要植被类型的蒸散量、生态需水量在旬、月、季、年尺度上的空间分布及其变化的空间识别技术，空间精度不低于 0.25km；量化干旱半干旱区云水资源开发潜力，形成时间不少于 20 年、空间分辨率不低于 0.25°的逐日云水资源数据集 1 套；构建适用于干旱半干旱区人工增雨作业需求、潜力预报、条件识别的算法模型 1 套，实现人工增雨作业条件识别准确率由 60%提高至 75%；建立面向生态修复的人工增雨作业综合效益评价指标体系 1 套，评估指标包含生态效益、经济效益和社会效益 3 方面，不少于 10 项；研发智能化、一体化的作业指挥软件系统 1 套，并选择荒漠草原、典型草原等区域，利用无人机等新型作业装备开展人工

增雨与生态修复协同技术应用示范，示范区面积不小于 2000 平方公里。

关键词：气候资源，人工增水，生态气象，效果评估，生态修复

7. 典型脆弱生态系统保护与修复前沿技术（青年科学家项目）

研究内容：聚焦典型脆弱生态系统保护与修复中理论创新和核心技术突破，从濒危动物保护、植物群落监测和修复、脆弱生态系统多维度监测与评价、人类活动-生态耦合系统的评估与修复方面，研究跨尺度保护和调控的核心科学问题，突破高精监测评估和预警预测技术瓶颈，探索脆弱生态系统保护与修复的新思路。每个研究方向 1 个项目，共 11 个项目：

濒危动物保护技术：1) 大熊猫主食竹类的大面积识别与结构测量技术；2) 濒危动物极小种群成功复壮的遗传机制与保护技术；3) 珍稀濒危动物的数字化模拟技术。

植物群落监测和修复技术：4) 植物多样性监测轻小型装备研发；5) 温带人工林光资源高效利用的林分结构优化定向恢复技术；6) 草地灌丛化的大面积监测与防控修复技术。

脆弱生态系统多维度监测与评价技术：7) 音视频和图像等多模态数据支持下的典型湖泊关键物种监测、识别与评价技术；8) “土-草-畜”耦合过程高精度模拟及关键生态功能

定量评价与预测技术；9) 干扰因子数量增加背景下典型生态系统的响应过程及调控技术研究。

人类活动-生态耦合系统评估与修复技术：10) 生态保护红线人类活动影响快速评估与风险诊断技术；11) 耦合生态水文-经济社会过程的干旱区国土空间生态修复模拟器。

考核指标：聚焦关键科学难题、实现技术突破，技术原理独特，突出自主原创性研发，在濒危动物保护、生物多样性监测和修复、生态系统多维度监测与评价、人类活动-生态耦合系统评估与修复技术前沿方面取得理论创新和技术突破。

关键词：生态监测新技术；生态保护新技术；生态修复新技术；社会生态系统