

附件

国土空间生态修复创新适用技术名录（第二批）

序号	技术名称	主要技术内容	适用条件	推荐单位	技术应用简要情况
山水林田湖草沙一体化生态保护修复领域					
1	多目标协同的都市区国土空间生态修复规划关键技术	建立了“格局构建—系统诊断—修复分区—策略集成—效益模拟—实施评估”的全链条国土空间生态修复规划技术体系。基于社会—生态耦合视角，从多目标协同的生态安全格局构建、受损生态系统评价与修复关键区识别、基于生态系统服务簇的生态修复分区技术、“格局引领—过程耦合—分区集成”的修复策略统筹与集成技术、“目标—成本—效益”的生态修复规划效益模拟技术到国土空间生态修复规划实施体检评估技术，形成多要素、多目标、多尺度协同的都市区生态修复系统解决方案。	省级或市县国土空间生态修复规划编制、实施评估	北京市规划和自然资源委员会	该技术已应用于首都西部生态屏障区山水林田湖草沙一体化保护和修复工程及矿山、拆违腾地等重点生态建设工作，支撑了北京市生态安全格局规划、国土空间生态修复规划、耕地及第二道绿化隔离地区等规划，以及16个区非建设空间规划等首都40余项重要规划编制和工程实施，解决了生态修复范围难确定、目标难量化、效益难评估等难题，提升了生态修复的科学性、系统性和有效性，提高了生态网络连通性和生物多样性保护水平，增强了首都人居环境品质和民生福祉，得到当地政府部门的认可，形成地方标准2项，获得全国优秀城市规划设计一等奖、自然资源科技进步二等奖、北京市优秀城乡规划设计一等奖、中国城市规划协会科技进步二等奖等奖励。
2	利用微地形营造实现干旱区植被近自然修复的关键技术	1. 基于干旱区植被空间格局与过程关系，通过开挖沟槽改变地表微地形，使荒漠区以风媒扩散为主的植物种子汇集于沟槽区，同时富集降雪、减少蒸发，使融雪水渗透至深层土壤，在高蒸发压力下增加有限水资源的生物有效利用，促进植被近自然恢复。 2. 基于土壤生态水文过程，揭示了新疆不同降水、海拔条件下微地形营造的水分资源富集效率与沟槽宽度、深度的关系，提出了新疆不同区域通过微地形营	干旱、自然植被稀疏区域生态修复	新疆生产建设兵团自然资源局	该技术已应用于南疆和北疆荒漠区矿山生态恢复、额尔齐斯河流域山水林田湖草沙一体化保护和修复工程，2017年以来在准噶尔盆地、塔里木盆地周边荒漠区推广面积2000余公顷，解决了因气候干旱、土壤保水性差等因素而引起的水分胁迫制约干旱区植被恢复的难题。修复一年后，自然降水中植物可有效利用比例增加5倍以上，植被盖度提升5%~20%，恢复区植物种类增加3~4种，实现了植被在无人工补水

序号	技术名称	主要技术内容	适用条件	推荐单位	技术应用简要情况
		造实现植被自然恢复的微地形合理参数，构建了技术标准体系。			情况下进行自然演替，得到了当地政府部门的认可，并获得 2020 年度新疆维吾尔自治区科技进步一等奖、新疆生产建设兵团科技进步一等奖等奖励。
3	工程创面生态修复技术与装备	<p>1.研发出固土阻渗、结皮抗蚀系列生态材料，针对不同土壤类型，构建了土壤中结构互穿高分子网络结构，形成自稳固与抗侵蚀一体化修复结构。</p> <p>2.研制出抗逆乡土植物繁育与群落配置技术，通过筛选本地耐寒耐旱、生长周期短、抗逆性强的先锋植物种子，优化乡土植物育苗条件实现植物快繁，结合优势植物的筛选与植物搭配技术，构建先锋植物群落。</p> <p>3.创新功能微生物选育及土壤养分提升技术，采用原位筛选解磷、解钾、促生等功能微生物，并结合土体组成差异优化菌剂配置，构建稳定复合菌群，提升植生层土壤养分释供能力。</p> <p>4.研发高扬程—宽级配及纤维料植生层喷射与充填一体化施作装备，实现陡立坡面自稳固和强粘结的抗侵蚀一体化修复。</p>	工程扰动创面生态修复	中国土地学会	该技术已应用于西藏自治区昌都汪布曲高寒草甸区隧道洞口高陡创面、雅江中游水电站工程边坡、康定大型工程弃渣场等高海拔（3200 米以上）的重大工程创面生态修复区域，较好解决了因危岩体崩塌而造成的高陡岩质创面与周边生态环境不协调的问题，促进了草甸生态系统功能恢复，修复区水土流失量降低 70~90%、植被覆盖度提升 30~50%，客土使用量降低 50~70%，景观效果达到与周边环境融合，同等条件下降低修复成本 20~30%。得到了当地政府认可，取得了发明专利 5 项，获四川省科学技术进步一等奖、2023 年成都市十大科技成果转化案例等奖励。
4	高寒区域黑土坡生态修复技术	<p>1.实现人工植被和禁牧措施有机结合，采用适宜的根茎型和耐牧型乡土草种进行混种，加速草皮层形成，在黑土坡建立植被，以恢复和稳定土壤表层，增加土壤养分，提升草地质量，减少水土流失。</p> <p>2.研发出一套高寒次生裸地植被恢复技术，针对坡度 25°以上的高寒草甸退化形成的次生裸地，种植前对黑土坡进行浅耕和轻耕，有机肥和无机肥配合使用，种植后覆土，压实后在种植地表面覆布，并设置网围栏禁牧，提高人工植被成活率，快速增加黑土坡植被覆盖度和草地植被生物量，促进草地生态系统重建和稳定。</p>	坡度 25°以上的高寒草甸严重退化后形成的次生裸地一体化生态修复	青海省自然资源厅	该技术已应用于青海三江源区和祁连山区，治理黑土坡 20 万余亩，解决了坡度 25°以上高寒草甸退化形成的次生裸地因水土流失严重、土层薄且土壤肥力差、大型农业机械无法操作等造成的植被恢复难题，人工植被建植当年可提高黑土坡的植被覆盖度 50%，次年提高 80%，草地植被生物量提高 60%，显著提高了草地质量，达到了显著恢复植被、稳定土壤表层、促进枯草层长期积累转化增加土壤养分、防止水土流失的效果，得到了当地政府认可，并获得国家发明专利 1 项。

序号	技术名称	主要技术内容	适用条件	推荐单位	技术应用简要情况
5	黄河上游干旱半干旱区边坡生态修复技术	<p>1.研发了一套具有自主知识产权适用于干旱半干旱区黄土边坡、土石混合边坡、高陡岩质边坡等不同立地条件下边坡生态修复成套技术，破解了干旱半干旱区裸露边坡生态修复的难题。</p> <p>2.该技术包括粉土基质取样装置、边坡育苗管复绿技术、边坡植生孔底部铺设卵石+复合基质保水复绿结构、边坡绿植浇灌布水技术、边坡挂网三层喷播+植生袋+排水沟复绿结构。</p> <p>3.形成了5项专利，其中发明专利2项、实用新型3项，分别为：矿山生态环境勘察用粉土基质取样装置、干旱地区植物育苗管、干旱区岩质边坡复绿结构、截流式边坡绿植浇灌布水方法、边坡复绿处理结构。</p>	干旱半干旱区不同立地条件裸露边坡的一体化生态修复	甘肃省自然资源厅	该技术已应用于兰州中通道国家高速公路相关建设工程占地土地复垦、金昌市永昌县采煤沉陷区恢复治理和生态环境修复、白银市平川区大堡子沟矿区矿山地质环境恢复治理等项目，解决了边坡坡度大、种植苗木难以浇灌积水、植被存活率低等难题，形成了适应干旱半干旱区黄土边坡、土石混合边坡、高陡岩质边坡等不同立地条件的生态恢复配套技术，在技术应用区域治理损毁土地面积573.7公顷，新增植被面积286.8公顷，新增耕地254.6公顷，治理固体废物38.3万立方米，消除了18处地质灾害隐患，实现经济效益超亿元。获得2023年甘肃省科技进步一等奖、国家发明专利2项。
土地整治领域					
6	长三角土地整治区水土协同一体化生态修复技术	<p>1.集成创新一套水土受损识别技术，建立了基于单波段和复数反射率的水质参数反演方法，应用伪随机多频激电技术研制出一种新型抗干扰电法仪，达到了原位高效的实时无损检测水平。</p> <p>2.研发出平原水网区水土协同生态修复技术，建立了“优化补水—循环活水—生态修复”的水生态治理技术体系，提出了强化湿地、缓释氧材料、石墨烯强化光催化等方案，解决了水动力不足、自净能力弱的问题。研发了丛枝菌根真菌与生物炭新型复合材料，融合了地热供能、温室控温和土壤植物修复等绿色低碳技术，提高了磷的内外源利用，提升了土壤持水和肥力，突破了植物对环境耐受的局限性。</p> <p>3.建立“感知识别—协同治理—监测监管”全流程水土生态治理平台，以“云—边—端”架构的分布式控制</p>	长三角平原水网地区土地整治	上海市规划和自然资源局	该技术已应用于长三角三省一市的中央水资金项目、长江干流区生态修复、土地整治和土壤改良、水生态修复等工程，创新了土地整治区地表水和土壤环境受损数据采集识别技术，实现了快速诊断和水土协同修复，解决了治理精准度低和系统性弱的关键难题，改良水质约1000万立方米，土地整治约50公顷，提升了城市和乡村生态环境品质，创造了宜居宜业宜游生活空间，增强了市民的获得感和幸福感，得到了当地相关主管部门和技术单位的认可，并获得国家发明专利5项。

序号	技术名称	主要技术内容	适用条件	推荐单位	技术应用简要情况
		中心为引擎，平台目前汇集了 15566 个生态地质调查孔，共 123 万条检测数据，成为国土空间基础信息平台的重要组成部分。			
退化土地（沙化、荒漠化、石漠化、盐碱地、水土流失）生态修复治理领域					
7	东南沿海盐碱地“灌—排—培”联合改良关键技术	1.揭示了东南沿海垦区微咸水—淡水交替灌溉对滨海土壤结构和作物生长的影响机理、覆膜灌溉条件下盐分定向迁移和富集机制、浅层盐碱土氮素损失的土壤—微生物机理。 2.研发出非常规水灌溉—排水改良、覆膜驱盐—垄沟排盐、灌排淋洗—复合隔离层、“一排二灌三套种”、农田精准化智能化管理等 5 大关键技术，构建了脱盐速度快、智能化管理水平高、可大范围推广的“灌—排—培”联合改良技术体系。	东南沿海盐碱地综合治理	中国海洋工程咨询协会	该技术已在江苏省、福建省推广应用分别超过 100 万亩、15 万亩，解决了耕地盐渍化程度高、土壤肥力差、灌溉水源盐分高、智能化管理水平低等难题，技术应用实现土壤脱盐率 50%以上，土壤有机质提高 25%，节水 15%，江苏东台盐碱地水稻增产达 60%，对滨海盐碱耕地的降盐改土增产效果明显，有效提高了盐碱地的生态条件和盐碱土可耕性，有助于提高盐碱地的粮食生产能力，得到地方政府的认可，入选 2022 年度水利先进实用技术重点推广指导目录，并获得国际专利 2 项、国家发明专利 10 项。
矿山生态修复领域					
8	露天排土场机械化土壤重构及植被恢复技术	1.研发出一套露天排土场土壤重构技术，用于平台或坡度小于 5°区域，松土机松土厚度 50cm，原位移动破碎机表层碎石土深度 25cm，粉碎后颗粒均小于 2cm；研制锯齿形捡石耙技术，用于坡度较大区域，锯齿间距小于 5cm，原地翻捡出浅埋 40cm 内的块石。 2.创新改良播种技术，用于坡度 15°以内区域，播种机加装前后钢梁，前钢梁平整地面，后钢梁覆种。下料管改为 2cm 的 PVC 管，入土条播改为表层散播；研发大型耙糖镇压机技术，可再次将种子覆盖均匀，密封表土层，保水保墒。	露天矿区排土场生态修复	中国地质灾害防治与生态修复协会	该技术已应用于青海省木里矿区、江仓矿区生态整治，解决了露天排土场周边无客土土源且表层细粒土少、治理面积大、可施工期较短的生态修复问题，创新了一套整装可借鉴的机械化土壤重构和植被恢复技术，实现了矿区土壤重构和植被恢复，推广修复面积 7800 亩，植被覆盖率达到 80%且次年正常返青，该技术获得了相关矿业企业和科研机构的认可，并获得国家发明专利 4 项。

序号	技术名称	主要技术内容	适用条件	推荐单位	技术应用简要情况
9	干旱、半干旱区铁矿山采坑复垦水土资源适配技术	<p>1.研制出铁矿废石充填露天采坑的引水—蓄水—提水—保墒技术，在露天采坑底部无缝隙槽状充填粒径20~50cm废石，构造地下蓄水池；通过截洪沟、暂储坑等工程将雨季坡面水引至地下蓄水池蓄积形成人造水源；并在充填时预埋多段铸铁井管建成机井进行灌溉。</p> <p>2.基于“土层生态位”理念，利用铁矿尾砂孔隙蓄水、红黏土黏重保水特征，将采矿剥离底部红黏土、铁矿尾砂、剥离表土等构造形成“壤（表层）—砂（蓄水层）—黏（保水层）”结构的复垦土壤剖面构型。</p> <p>3.该技术能将铁矿三废（采坑、废石和尾砂）变三保（保水、保墒和保土），为矿区复垦提供适用技术。</p>	干旱、半干旱区铁矿山采坑复垦	辽宁省自然资源厅	该技术已应用于辽宁省建平县大规模露天采坑复垦及河滩地修复改造，解决了半干旱区铁矿山地区水土资源匮乏问题，成功将铁矿三废（采坑、废石和尾砂）转变为三保（保水、保墒和保土），将600亩露天采坑复垦为耕地，消纳废矿石700万立方米、铁矿尾砂12万立方米，形成地下蓄水池56万立方米，节约蓄水池建设成本3亿元，同时，在河滩低洼地改造和农村人居环境整治中推广应用3000亩，得到多家铁矿企业和当地政府的认可，并获得国家发明专利2项。
10	高陡石英岩崖壁大口径地境再造生态修复关键技术	<p>1.研发“乔木+藤蔓类”的高陡石英岩崖壁大口径地境再造生态修复关键技术，降低施工成本20%，建立了监测系统，提出300mm孔径最小孔距1.2m、最佳深0.75m~1m，150mm孔径最佳深0.5m的治理方案。</p> <p>2.集成大口径崖壁凿孔、燕尾导流槽及优选植物类型等技术，解决了高陡石英岩崖壁地境再造技术难点，提高植物成活率30%。</p> <p>3.形成一套高陡石英岩崖壁再造生态修复施工方法，提升施工安全系数10%。</p>	高陡岩边坡生态修复	山东省自然资源厅	该技术已应用于山东省烟台长岛等地区生态修复，较好解决了高陡崖壁覆绿难题，绿化了高陡石英岩崖壁3600平方米，降低施工成本20%，提升施工安全系数10%，提高植物成活率30%，实现了高陡崖壁山体绿化，改善了区域生态面貌，得到当地政府和群众的认可，并获得山东省自然资源科学技术三等奖等奖励、国家发明专利7项。
11	高寒矿区地质环境治理关键技术	<p>1.创建高寒矿区地质环境修复灌溉系统，提出了一种防冻、节水的引水涵洞穿越砂砾层的注浆加固方法，发明了高寒矿区修整地灌溉系统，基于土壤修复自动调节系统规划建设了生态公园，解决了高寒矿区植被恢复中供水缺水难题。</p> <p>2.研发出高寒矿区地质环境土地绿色修复技术，发明了用于矿山修复的植生护坡土工毡及其制备方法、工程</p>	高寒矿区地质环境修复	青海省自然资源厅	该技术已应用于青海省大通矿区生态治理，解决了高寒矿区地面塌陷和地裂缝等破坏矿区生态、生态多样性锐减、高寒缺水植被难以修复、矿渣堆积区水土流失和修复工程区监测监管等难题，修复了青海西宁大通煤矿塌陷区1300公顷，植被覆盖率提高到91.36%，新增建设用地21.1公顷，有效改善了矿区生态和人居环境，增强了高寒矿区环境承载能力，得到当地政府

序号	技术名称	主要技术内容	适用条件	推荐单位	技术应用简要情况
		边坡保水抗蚀土壤表层保护方法及修整土地抗冻胀开裂的导排水技术，解决了高寒矿区矿渣堆积水土流失治理中的保水难题。 3.融合大地电磁—卫星遥感信息动态监测技术，利用多源、长时序遥感影像，提取高精度的采煤沉陷区地表形变信息和生态环境变化信息，解决了高寒矿区地质环境修复工程长期监测与监管的难题。			认可，获得国家发明专利 9 项。
水（含河湖岸线）生态修复领域					
12	水岸一体化生态修复关键技术	1.研发出面源水体双源净化的水岸生态要素耦合修复技术，优化了河（湖）岸缓冲带及水体的生物群落结构，提高了生物量，提高了河湖水生植被覆盖率，增强了河湖生态功能和水体自净能力，整体提升了河湖水生态环境，大幅提升水生态系统稳定性，促进了区域生态质量的恢复与保持，克服了传统植物缓冲带占地多、抗冲击能力弱、拦截效果差的弊端。 2.利用低碳环保原料，研发了“环境友好型净水剂投加—电子强化调控型载体配置—植物修复逐次推进”的协同式植物逐次修复技术，解决了常规净化剂风险大、成本高、生物净化效果弱、植物修复维持难的难题。	退化河湖生态修复	湖北省自然资源厅	该技术已在湖北、湖南、广东、江苏等地河湖成功应用，包括大浩湖、鄢家湖、陶家大湖、团湖、东太湖、横岭河等 20 多个河湖的生态综合治理规划和工程实施，攻克了目前河湖治理水岸协同性弱、河湖水生态系统稳定性差的难题，得到当地政府认可，并获得湖北省科技进步二等奖等奖励、国家发明专利 7 项。
13	基于土著微生物的河湖生态修复技术	1.发明了基于固化载体微生物、可模块化组装的“水—气”协同激发微生物发生系统，实现了无活性污泥土著微生物持续释放和繁殖，克服了传统方法无效杂菌对修复效果的影响，同时构建了适用于河湖旁路修复的污染水体处理调控技术。 2.研制出固相生态修复剂，创建了选择性激活植物根际促生菌（PGPR）河湖原位生态修复技术。开发了高温微包埋酶技术，解决了酶高温失活难题；制备了微包	河湖生态系统修复	河南省自然资源厅	该技术已应用于河南 10 余个河湖以及浙江、山东、安徽、云南等省 100 多个水生态修复项目，解决了生物酶等生态修复剂高温失活和固相培养难题，经院士专家鉴定，相关技术成果总体达到国际领先水平，加速构建河湖食物链并形成“链式效应”，实现水中污染物就地转化和利用，加快水生动植物形成食物网生态系统，达到了“河畅、水清、岸绿、景美”良好效果，支撑了应用区域河湖生态环境复苏和美丽河湖建

序号	技术名称	主要技术内容	适用条件	推荐单位	技术应用简要情况
		<p>覆 7 种酶的缓释型固相生态修复剂，实现了 PGPR 微生物固相培养，选择性激活土著菌种 200~300 种，初始激活浓度是传统液相培养的 50~100 倍；技术实施后，在河湖形成“链式效应”，2~3 个月形成稳定食物链。</p> <p>3.研发“原位-旁路”协同的生态修复装置，研制了水上原位修复设备和岸边旁路修复设备，显著增强了生态修复剂与水体接触效果，实现了河湖生态修复的“远程控制-多机协同”。</p>			<p>设，取得了明显的生态与社会效益，得到了当地政府认可，并获得中国发明协会发明创业奖创新奖一等奖、深圳市科技进步一等奖等奖励、国家发明专利 5 项，相关技术专家获得国际生态恢复学会（SER）生态修复技术传播奖。</p>
14	基于高性能植物垫的立维体水生态修复技术	<p>1.通过构建河湖生态缓冲带、立维体微型湿地系统模拟生物动力学过程中水体污染物的生物转化及降解过程，营造柔性生态岸线，锚固河湖岸线，发挥水土保持作用。</p> <p>2.仿生水生态群落，持续提升水体自净能力，营造水生态立体系统和微型湿地系统，形成岸线、岸坡、坡脚、水体等子系统，进行多维度、多角度的河湖岸线水体生态修复，实现水体生态系统免人工养护。</p>	河湖岸线生态修复	中国地质灾害防治与生态修复协会	<p>该技术已在黑龙江、山东、宁夏、江苏、四川、江西等地成功推广应用，修复面积 900 余公顷，解决了矿区开发破坏水体生态环境和自净能力的突出问题，维护和恢复了水岸的生物多样性，增强了水体自净能力和生态功能，降低了土壤流失，恢复和提高了河湖等自然水体的生态服务功能，满足排水、灌溉、旅游、科普教育、美丽乡村等多种功能需求。应用于宁夏泾源县三关口矿区矿山地质环境治理，获得 2022 年度中国风景园林学会科学技术铜奖。应用于张家港滨江生态景观带治理，治理区已成为苏州市重要湿地和饮用水水源一级保护区，并获国家发明专利 3 项。</p>
海洋生态修复领域					
15	黄海浒苔绿潮分区防控技术	<p>1.研发出浒苔着生防控技术，应用已研发的环境友好型改进粘土，实现浒苔微观繁殖体的萌发抑制；应用已筛选的抑制浒苔微观繁殖体附着的天然产物及衍生物活性成分，调配多种树脂基料，制成绿色高效的浒苔</p>	黄海浒苔绿潮全程综合防控	中国海洋工程咨询协会	<p>该技术已应用于国家和沿海省市浒苔绿潮灾害预警预报与联防联控，通过创新性构建集浒苔着生与落滩防控、漂浮浒苔处置一体化的分区防控技术体系，对绿潮关键过程和区域实施精细防控。2018 年成功控制</p>

序号	技术名称	主要技术内容	适用条件	推荐单位	技术应用简要情况
		<p>着生防控涂料，实现养殖筏架浒苔着生防控。</p> <p>2.研制出浒苔落滩防控关键技术，综合应用在不影响紫菜生长的情况下，形成针对附生绿藻的多种生态化清除技术。</p> <p>3.创新源头区域漂浮浒苔处置技术，在充分摸清早期漂浮浒苔漂移规律的基础上，研发了适用于源头区域特殊地形及复杂多变强潮流场下的漂浮浒苔早期打捞技术和高效处置设备，严控漂浮浒苔进入深水区。</p> <p>4.提出早期漂浮绿藻前置打捞方案，在漂浮生物量较低但增长率较高的 34°N 附近海域、以及生物量高度积累的 35°N 海域制定并实施前置打捞，确保绿藻少上岸不成灾，服务于绿潮常态化防控。</p>			<p>了浒苔绿潮发生时间与规模，源头生物量逐年下降，避免大规模绿潮的形成及其造成的生态环境危害与社会影响，具有良好的生态环境与社会效益。获得国家发明专利 8 项，制定海洋行业标准 1 项，获中国海洋十大科技进展、海洋科学技术特等奖等奖项。</p>
16	基于自然的红树林有害生物防治技术	<p>1.发明高盐浸渍法防治团水虱，方法简便易行，能高效灭杀团水虱，提高红树林的成活率，促进生态系统快速恢复。</p> <p>2.通过无人机投掷大花菟丝子可以实现高效灭杀鱼藤，成本仅为人工清理成本的 2%。</p> <p>3.利用超细高岭土代替石灰水防治柚木肖弄蝶夜蛾，防虫效果优良，规避了传统喷洒石灰水防治红树林害虫的缺点，可利用无人机大面积防治。</p> <p>4.在退潮后无积水的红树林滩涂，喷洒低浓度的醋酸溶液灭杀浒苔，3 小时内浒苔即大量死亡；在有积水或水体流动的区域，移植二药藻海草，通过竞争抑制浒苔再生；在白骨壤林的呼吸根上移植刚毛藻，竞争生存空间，抑制浒苔生长。</p> <p>5.通过引入滨螺，有效清理红树枝干和叶片上的煤污病菌斑。滨螺摄食煤污菌、藻类和淤泥，改善红树植物的生长环境，促进健康生长。该方法操作简单、成本</p>	红树林有害生物的危害治理与防控	中国海洋工程咨询协会	<p>该技术已应用于多个国家级红树林保护区、北海银海区等地，较好克服了当前红树林有害生物防治措施对生态安全的不利影响，应用面积达 5000 亩，已完成治理高盐浸渍防治红树林团水虱 1700 亩、大花菟丝子防治红树林鱼藤 200 亩、超细高岭土防治柚木肖弄蝶夜蛾等红树林食叶害虫 2500 亩、醋酸清理红树林浒苔 100 亩、滨螺清除红树林病菌、藻类和淤泥 500 亩，技术措施基于自然、操作简便、经济性好且环保高效，有效保障了技术实施过程中红树林的生态安全。获得广西壮族自治区科学院科学技术一等奖等奖项、国家发明专利 7 项。</p>

序号	技术名称	主要技术内容	适用条件	推荐单位	技术应用简要情况
		低、环保高效，显著提升了红树林的生态功能和稳定性。			
17	海湾富营养化生态修复技术	<p>1.根据拟修复海湾的水温、盐度、营养盐浓度等指标和水文状况，科学选择修复生物种类：龙须菜、菊花心江蕨、海带、紫菜、穗花狐尾藻、海马齿、翡翠贻贝、牡蛎等。</p> <p>2.确定大型海藻、耐盐植物、贝类等修复生物的布放方式，包括筏式吊养、生态浮床栽培、悬浮栽培和底播等。</p> <p>3.构建不同生境的适宜修复模式。在以溶解态营养盐为主的海区，采用大型海藻或耐盐植物为主的修复模式；在陆源污水或高位养殖池污水排放海区，或赤潮多发海区，采用大型海藻—贝类组成的贝藻复合修复模式；在泥沙等悬浮物及高营养盐浓度水体排入的海区，采用耐盐植物—贝类复合生态修复模式。</p> <p>4.确定不同生物的初始密度，菊花心江蕨 5~9 t/ha，龙须菜 3.75~5.25 t/ha，贝类（牡蛎） 3.75 t/ha，条斑紫菜网帘采苗密度 50~100 个壳孢子/cm，坛紫菜网帘采苗密度 200~250 个壳孢子/cm，海马齿 20~24 株/m²，穗花狐尾藻底播栽培密度 125g/m²。</p> <p>5.提出不同修复生物合适的采收密度、养殖周期和修复时间等，采用综合指数法评估生态修复实施后对海湾生态环境的修复效果。</p>	不同富营养化海域生态修复	中国海洋工程咨询协会	该技术已在福建省诏安湾和上海金山围隔海区开展推广应用，解决了不同地理条件和不同富营养化海湾消除胁迫因子修复生态系统的技术难题，形成了大型海藻、贝类、耐盐植物等不同海洋动植物组合的生态修复模式，提高了海湾生物量、海水溶解氧和透明度，有效降低海湾富营养化程度，抑制赤潮暴发，促进海湾保持良好生态环境，诏安湾采用大型海藻及贝类组合的生态修复模式面积 151.8 公顷，上海市金山城市沙滩围隔海区修复面积约 172 公顷，获自然资源科技进步二等奖等獎項、国家发明专利 11 项。
18	黄渤海海草移植、种植修复技术	1.创新集成海草床的生态修复与重建技术，建立了“种子采集—种子保存—促萌建苗—种植/移植”海草修复技术体系，优化海草种子保存条件，将种子保留率提升至 80%以上，系统构建 5 种黄渤海海草的人工种子库；率先突破多种海草种子高效萌发技术及幼苗培育	黄渤海海草床生态修复	中国海洋工程咨询协会	该技术已应用于唐山、威海、东营和青岛等多个黄渤海海草床修复项目，解决了多种海草种子萌发及其幼苗培育技术难题，完成了我国海草修复系列标准，形成了我国海草修复基本原则和工作框架，累计播种海草种子 1000 万余粒，移栽植株 2000 万余株，保护修

序号	技术名称	主要技术内容	适用条件	推荐单位	技术应用简要情况
		<p>技术；针对不同底质和水动力环境，创新研发海草根状茎绑石法、框架法和泥丸法等 5 种海草移植技术及海草种子播种技术，海草种植移植效率提升约 20%。</p> <p>2.制定《海洋生态修复技术指南第 4 部分：海草床生态修复》《海草床生态修复监测与效果评估技术指南》等 2 项国家标准及多项行业、地方与团体技术标准。</p>			复海草床面积达到 11000 余亩，获得中国海洋工程科技进步一等奖等奖项、国家发明专利 10 余项。
19	多重胁迫滨海湿地生态修复技术	<p>1.针对滨海湿地盐渍化加剧、生境萎缩、植物退化等问题，揭示了多重胁迫下滨海湿地演变动态与退化机理；针对滨海湿地淡水资源短缺和水文连通性受阻等难题，建立了水文连通性评价方法，研发了盐沼水文连通网络恢复技术与工程措施。</p> <p>2.创新微地形改造—水位调控的多生境恢复技术，研发了基于微地形改造的结构特征和功能分异量化方法，构建集水区、坡地、平地镶嵌分布的多样化生境，实现抑淹—保水—降盐的生态恢复效果。</p> <p>3.提出不同坡度+水深深度+土壤改良+乡土植物的植被恢复技术模式，构建水生—湿生—盐生—旱生—中生的异质性生境，为动植物提供适宜栖息地，丰富了底栖生物、鱼类、鸟类多样性。</p>	退化滨海湿地生态修复	中国海洋工程咨询协会	该技术已应用于黄河三角洲国家级自然保护区盐碱湿地、渤海治理攻坚战山东东营滨海盐沼湿地生态修复，应用面积 1.62 万亩，较好解决了滨海盐沼水文连通受阻、水盐胁迫加剧、湿地退化等难题，提高盐沼湿地连通性 30%，增加湿地水面 20%，土壤盐分降低 20%，植物种类增加 20%，底栖动物数量增加 26%，鸟类种类增加 30%，生物多样性改善，明显提升了退化滨海湿地生态功能和生态景观，取得了良好的生态效益和社会效益，获得 2020 年度海洋工程科学技术一等奖和 2022 年度自然资源科技进步二等奖等奖励、国家发明专利 2 项。
20	海水养殖尾水微生物生态净化与多营养级生态修复技术	<p>1.研制出微生态活水生态净化工艺，以微生物的降解功能为技术核心，辅助推流曝气设备，强化系统对氮、磷等污染物的去除，进而改善生态系统。</p> <p>2.研制出多级营养协同净化工艺，发挥微生物与藻类、滤食性动物等环节的协同作用，在水体中构建多级营养协同效应，发挥微生物与动植物对水体净化的生态效应，可实现低运行成本条件下的系统稳定运行；发挥微生物、大型海藻、滤食性动物的固碳能力，生态</p>	沿海各类海水养殖区及近岸水体生态修复	中国海洋工程咨询协会	该技术已应用于渤海治理攻坚战东营海洋生态修复、海南文昌冯家湾现代渔业产业园等多个工程项目，形成以耐盐净污微生物菌剂为核心，耦合生物载体、耐盐植物、大型海藻、滤食性动物等微生态活水生态净化与多营养级生态修复工艺，提升海水养殖产业转型发展，改善海区生态环境，促进发挥滨海旅游等功能，获得国家发明专利 11 项。

序号	技术名称	主要技术内容	适用条件	推荐单位	技术应用简要情况
		修复同时实现固碳功能。			
生态系统碳汇领域					
21	盐沼蓝碳交易项目碳汇测算计量技术	<p>1.集成我国盐沼生态修复工作的主要内容和特点以及碳交易市场规范等，对项目边界的确定、土地（或海域）合格性的判断、碳库/温室气体排放源的选择、项目期和计入期的选择、基线情景识别与额外性的论证作出规定。</p> <p>2.根据盐沼生态系统的固碳机制，提出了基线碳汇量的计量方法、项目碳汇量的计量方法、泄漏量的计量方法、项目减排量的计量方法和盐沼碳汇项目的监测方案。</p> <p>3.提供我国盐沼生态修复常用物种的生物量、生物量碳含量、沉积物碳埋藏、CH₄和N₂O排放因子等测算参数用于盐沼碳汇计量，有效降低盐沼蓝碳项目开发难度和成本，提高碳汇计量准确性。</p>	滨海盐沼净碳汇量测算计量和监测	中国海洋工程协会	该技术已应用于江苏盐城2023年碱蓬碳汇交易和2024年芦苇修复碳汇交易两宗蓝碳交易项目，建立了适用于我国盐沼生态修复蓝碳交易项目的碳汇测算方法学，为蓝碳交易项目提供了项目总体设计、基线碳汇量计量、项目碳汇量计量、泄漏量计量、项目减排量计量和碳汇项目监测等方面技术支撑，并成功进行了实践验证，获国家发明专利1项。
自然生态监测评估领域					
22	海洋底栖动物种群生态修复监测和效果评估技术	<p>1.规范海洋底栖动物种群生态修复监测和效果评估工作程序及现场调查监测工作要求，对监测调查范围、站位布设、监测调查时间和频率、监测调查指标体系和监测调查方法提出了指导和建议。</p> <p>2.提出海洋底栖动物种群生态修复监测、效果评估指标和评估方法，对目标种成活率指标评估、沉积环境修复评估、大型底栖生物修复评估、经济效益评估和修复效果综合评估提出了指导和建议。</p>	海洋底栖动物种群生态修复监测和效果评估	中国海洋工程协会	该技术已应用于山东省海洋渔业资源修复行动、黄河三角洲相关海域贝类资源增殖放流活动等多个修复效果监测和评估工作，其中，山东东营莱州湾蛭类生态国家级海洋特别保护区179平方千米，葫芦岛兴城钓鱼台村海域20000亩，提出了目标种成活率指标评估、沉积环境修复评估、大型底栖生物修复评估、经济效益评估和修复效果综合评估等技术要求，建立了目标种群现存量指标效果评估方法，引导和促进了海洋底栖动物种群生态修复工作科学化开展，增强了生

序号	技术名称	主要技术内容	适用条件	推荐单位	技术应用简要情况
					态修复措施的针对性，提高了修复区域的生物量，取得了良好的经济、生态和社会效益。形成国家标准 1 项，获得山东省海洋科技创新二等奖等奖励。
23	基于三维模型数据的矿山生态修复全生命周期监测技术	<p>1.建立数字化模拟施工技术，研究利用三维建模技术手段，构建资源动用、资源回填、土方动用等多工序三维模型，保持资源模型制作体积与设计方量在合理误差范围内，实现施工过程的数字化呈现。</p> <p>2.建立矿山三维变化提取方法，通过整合利用多时段、长周期三维模型数据，实现露天矿山生态修复各类资源动用情况分析，为矿山修复成效评估提供数据支撑。</p> <p>3.构建多要素联合观测、多源数据融合处理体系，形成支撑全生命周期监测、空间分析与智慧化管理的综合应用平台。</p>	露天矿山生态修复与监测	山东省自然资源厅	该技术已应用于山东省济宁市多个片区的历史遗留废弃矿山生态修复，结合矿山治理方案，建立了数字化模拟施工技术，分析露天矿山生态修复各类资源动用情况，构建了支撑全生命周期监测、空间分析与智慧化管理的综合应用平台，得到当地政府的认可，并获得山东省自然资源科学技术二等奖等奖励。
24	海洋牧场与海洋设施融合生态鱼礁设计与监测技术	<p>1.研发出海洋设施与生态融合监测技术，充分利用海上风电、海上光伏、海洋景区等海洋设施的基础构件和通讯网络，结合海洋牧场监测站点，同时部署海洋生态环境监测和海洋设施监测传感器，借助光纤、4G/5G、微波等媒介，构建实时监测网络，实现海洋牧场生态环境与海洋设施运行状况的同时监测。</p> <p>2.研制出浑浊水下图像实时智能增强技术，实时处理水下视频数据，提高浑浊水中图像质量，拓展水下视野范围 50%以上。</p> <p>3.创新海洋生物测量与识别融合技术，利用深度学习模型，结合海洋生物形状特点和双目立体视觉技术，在识别生物种类、数量的同时测量尺寸、追踪运动轨迹、估算重量，解决水下生物观测数据处理工作量大、效率低下的问题。</p>	海洋牧场与海洋设施生态融合设计、监测与影响评估	中国海洋工程咨询协会	该技术已应用在海南省三亚蜈支洲岛海域海洋牧场、山东省昌邑市海洋牧场与三峡 300MW 海上风电融合试验示范项目，实现了海洋设施监测与生态监测有效融合和“蓝色粮仓+蓝色能源”立体开发，并能同步开展海洋生物自动识别分类与特征尺寸测量，实现经济效益超亿元，有效带动相关海洋装备产业链的协同发展，推进配套产业改造升级，将传统的电缆、电机等与先进海洋装备产业融合形成高新产业集群，推动相关海洋产业新旧动能转换，并获山东省技术发明一等奖等奖励、国家发明专利 6 项。

序号	技术名称	主要技术内容	适用条件	推荐单位	技术应用简要情况
		<p>4.研发出海洋牧场与海上风电布局融合设计技术,针对海上风电与海洋牧场建设对于底质强度的高标准要求,开发基于高精度声学数据的海洋牧场与海上风机融合布设底质选择技术。</p> <p>5.集成系列人工鱼礁研发技术,根据海底地形特征与渔业资源特征,优化设计适用于海上风电场单桩式风机基础微生境特征的多层板式立体海珍礁,研发“单桩式风机基础+集鱼礁/产卵礁/海珍品礁”等多种人工鱼礁布局方案。</p>			
<p>备注：1. 本名录仅用于推介具备创新性、先进性、可靠性和应用性的生态修复技术，不作为行政管理、资质认定、评价排名、项目采购、职称评定、广告宣传等方面的依据和佐证材料。</p> <p>2. 本名录主要技术内容、应用简要情况由申报单位提供。</p> <p>3. 本名录排序不分先后。</p>					