

附件 4

“场地土壤污染成因与治理技术”重点专项 2020 年度项目申报指南

为贯彻落实《关于加快推进生态文明建设的意见》，按照《关于深化中央财政科技计划（专项、基金等）管理改革的方案》（国发〔2014〕64号）要求，科技部会同有关部门及地方，制定了国家重点研发计划“场地土壤污染成因与治理技术”重点专项实施方案。本专项结合《土壤污染防治行动计划》目标和任务，紧紧围绕国家场地土壤污染防治的重大科技需求，重点支持场地土壤污染形成机制、监测预警、风险管控、治理修复、安全利用等技术、材料和装备创新研发与典型示范，形成土壤污染防控与修复系统解决技术方案与产业化模式，在典型区域开展规模化示范应用，实现环境、经济、社会等综合效益。

本专项要求以项目为单元组织申报，项目执行期 3~4 年。2020 年拟安排 21 个研究方向，国拨经费总概算约 5 亿元。鼓励产学研用联合申报。对于基础研究类项目，鼓励相关单位提供自筹资金并吸收其它渠道配套资金；对共性关键技术类项目，其他经费（包括地方财政经费、单位出资及社会渠道资金等）与中央财政经费比例不低于 1:2；对企业牵头项目，按照配套经费与中央财政经费比例不低于 2:1。同一指南方向下，除有特殊说明外，原则上只支

持 1 项，仅在申报项目评审结果相近，技术路线明显不同时，可同时支持 2 项，并建立动态调整机制，结合过程管理开展中期评估，根据中期评估结果，再择优继续支持。所有项目均应整体申报，须覆盖全部考核指标。除有特殊说明外，每个项目下设课题数不超过 5 个，参与单位总数不超过 10 家。

本专项 2020 年项目申报指南如下：

1. 场地土壤污染成因与源解析理论与方法

1.1 区域场地土壤跨介质污染物多源清单与制定方法

研究内容：围绕长三角、京津冀等典型区域，针对区域场地土壤污染具有多源、跨介质和复合途径特征，基于重点行业污染源排放因子、强度及途径分析，研究建立区域场地土壤污染物排放强度计算方法；研究场地土壤污染物累积与跨介质的源汇动态平衡机制，解析不同排放源和输送途径对土壤污染的贡献率及主控因子；研究污染物跨介质环境行为及其区域环境过程，创建区域场地土壤跨介质污染物累积模型；研究建立区域场地土壤污染物跨介质多源清单的制定方法。

考核目标：选择典型区域的化工、冶炼等重点行业，建立污染源苯系物、多环芳烃、卤代有机物、重金属等排放清单；建立土壤多途径、跨介质污染物累积模型 1 套；建立区域场地土壤跨介质多源污染清单制定方法 1 套，被有关部门采用；在 1~2 个典型的地级市开展示范与验证；申请国家发明专利或软件著作权不少于 10 件。

有关说明：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。

1.2 场地污染微界面行为原位表征技术与方法

研究内容：围绕场地污染过程，选择典型重金属和有机污染物，研发其在黏土矿物、腐殖质、炭黑、微生物等土壤介质微界面上赋存形态的原位表征技术；创建多种谱学和显微技术联合表征土壤微界面性质、污染物作用位点及复合污染过程的研究方法；发展土壤多介质微界面上污染物物理化学、生物及其耦合过程的表征方法；阐明污染物固-液-气-生多介质微界面行为的分子机制，建立场地土壤污染物多介质迁移转化的定量预测模型。

考核目标：研发典型土壤重金属和有机物的微界面赋存形态原位表征技术 3 种以上，其中重金属形态的原位表征技术检测限达到 ppm 级；研发典型污染物多介质微界面行为动态表征方法 3 种以上；构建基于微界面行为的复合污染过程研究方法体系 1 套；创建场地土壤污染物多介质微界面迁移转化的定量预测模型 1 套，并选择 2~3 个典型污染场地验证（预测误差不超过 30%）；申请国家发明专利或软件著作权不少于 10 件。

有关说明：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。

1.3 场地土壤环境容量与承载力量化方法

研究内容：围绕差异化的土地开发利用和土壤质量改善需求，基于区域、土壤类型和自然环境条件，解析场地土壤污染物交互

作用和动态转化的关键参数，构建场地土壤污染物环境容量和承载力的量化评价框架；研究区域尺度土壤污染物环境容量的精细化核算方法，开发兼顾区域性及动态性的土壤承载力评价指标体系和定量评价模型；研究构建支撑区域土壤环境容量与承载力估算的基础数据平台；基于土壤环境容量和承载力，提出区域土地开发利用和保护的优化策略。

考核指标：构建区域尺度土壤污染物环境容量和承载力的精细化估算方法各 1 套；构建区域土壤环境容量与承载力估算的可视化基础数据平台 1 个；选择 2 个地市级以上区域开展示范应用验证；绘制具有分级、分区功能的典型区域土壤污染物环境容量和承载力分布图各 1 套，并被国家有关部门采纳和应用；制订相关技术标准或规范不少于 3 件（被国家有关部门采纳和应用或提交征求意见稿）；申请国家发明专利或软件著作权不少于 10 件。

有关说明：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。

1.4 场地抗生素及抗性基因环境行为与健康风险

研究内容：针对典型制药厂和大型养殖场等场地抗生素污染问题，研究污染场地及其污染区土壤和地下水抗生素和抗性基因的污染特征；建立高风险抗性基因的筛查方法及其高效监测技术；解析污染场地抗生素和抗性基因迁移和扩散、增殖和传播规律及其主控因子；研究场地环境中抗生素与抗性基因的剂量—效应关系；探明污染场地抗生素和抗性基因不同暴露途径，量化暴露参

数；研究抗生素和抗性基因健康暴露风险的表征技术。

考核指标：针对 2~3 个典型制药厂和大型养殖场，绘制土壤抗生素和抗性基因分布图各 1 套；提出不少于 100 种抗性基因的风险分级清单，研发高风险抗性基因的筛查方法及其高效监测技术规范 1 套；确定抗性基因不同暴露途径的暴露风险参数，形成抗性基因的健康暴露风险表征技术方案 1 套；选择 2 个以上典型污染场地开展示范应用验证；制订相关技术标准和技术规范（征求意见稿）2 项；申请国家发明专利不少于 10 件。

有关说明：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。

1.5 场地土壤—水污染多介质协同修复机理

研究内容：以石油、化工等重点行业聚集区场地为对象，研究典型污染物在土壤—地表水—地下水间的分配行为、迁移规律与时空分布特征；研究污染物在土壤—地表水—地下水多介质分配与耦合机制，建立土—水多介质系统污染物迁移转化、累积过程的时空演化模型；研究场地土—水污染物多介质调控与修复机理，揭示土—水污染协同阻控与修复技术原理；研究高效、经济、安全的场地土—水污染多介质组合技术优化协同整治机制。

考核指标：创建土壤—地表水—地下水多环芳烃、卤代有机物等典型污染物多介质时空演化模型 1 套；厘清场地土—水污染物多介质调控与治理的物理、化学和生物学耦合机制；建立土—

水多介质污染协同阻控与修复的技术方案 1 套；选择 2~3 个工业聚集区，面积不少于 200 公顷开展示范性验证；形成相应的技术规范或指南（征求意见稿）2 项；申请国家发明专利或软件著作权不少于 5 件。

有关说明：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。

1.6 污染场地挥发类有机污染物传输机制与扩散通量

研究内容：研究场地挥发类（挥发和半挥发性）有机污染物土壤—地下水—气多相间分配与扩散机制，解析场地挥发类有机污染物多相分配、传输扩散与土层性质和结构的内在关系；研究建立场地挥发类有机污染物多相分配—传输—反应耦合传输扩散模型，量化挥发类有机污染物在土层中的扩散通量；构建挥发类有机污染物多相传输扩散的环境风险评估模型，量化表征不同场地条件的挥发类有机污染物环境风险水平。

考核指标：阐明实际场地挥发类有机污染物土壤—地下水—气多界面、多相态传输扩散机制及其主控因子；提出场地挥发类有机污染物在土层中的多相扩散通量模型和环境风险评估模型各 1 套；选择不少于 2 个不同类型水文地质条件场地，开展多相传输扩散通量与风险评估模型的示范性验证与评估，模型预测误差低于 30%；申请国家发明专利或软件著作权 10 件。

有关说明：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。

2. 场地土壤污染调查监测与风险监管技术与设备

2.1 污染场地土层剖面钻进探测一体化技术与装备

研究内容：研发污染场地土层精准控制钻进过程的液压推进系统；研制耐热、耐磨损、抗压、抗折、抗震动、抗疲劳半透膜材料及配套的耦合加热单元，解析加热过程中土层剖面挥发性有机污染物扩散机制和穿透膜材料的动力学参数，研究建立钻进、加热、信息采集、信号传输耦合系统，形成具有连续钻进探测的一体化技术与装备。

考核指标：基于可精准控制钻进的液压推进系统，深度不低于 20m；开发与钻进部件和半透膜材料配套的耦合加热单元 1 个，电热功率不低于国际同类产品；研制具有选择性穿透苯系物、卤代烃、多环芳烃的半透膜材料 3 种；连续钻进探测的一体化技术与装备 1 套，核心部件自主创新国产化率不低于 85%，与国外产品相比，成本降低 50%以上，监测精度达到国外同类产品水平；选择不少于 3 个污染场地开展示范验证；制订相关技术标准或规范不少于 3 项（征求意见稿）；申请关键技术国家发明专利或软件著作权不少于 10 件。

有关说明：建议由企业牵头申报，产学研联合申报。

2.2 场地地下水典型重金属原位一体化检测装备

研究内容：针对污染场地地下水中重金属浓度低，现场调查过程中缺乏灵敏度高、特异性强、可便携的重金属原位检测装备的问题，研制典型重金属选择性响应材料与多组分抗干扰技术；

研发感知重金属的新型敏感材料及其检测技术方法；开发多种重金属精准响应传感器；设计多通道传感信号处理与分析系统，研制多通道并行、远程数据传输的原位一体化检测装备，并开展示范性验证。

考核指标：开发典型重金属选择性响应材料与抗干扰技术不少于3种，降噪90%以上；针对铅、汞、铬、镉、砷等典型重金属污染物，研制敏感材料不少于10种，对重金属离子的响应浓度 $\leq 10\text{ppb}$ ，构建原位检测传感器不少于5种，检测误差 $\leq 5\%$ ，响应时间 $\leq 2\text{min}$ ，建立生产线1~2条；构建支持物联网远程数据传输的多通道并行原位检测装备1~2套，设备技术性能指标达到国际同类产品先进水平，整机核心部件自主研发率不低于60%；选择不少于3个重点行业污染场地开展技术与设备应用与示范验证；制订相关技术标准或规范不少于3项（征求意见稿）；申请国家发明专利或软件著作权不少于10件。

2.3 污染场地大数据与智能化管控关键技术

研究内容：研究支撑污染场地大数据的公共数据源及其使用方法，识别结构数据和非结构数据；研究污染场地大数据管理与分析方法；研究污染场地多源数据融合与关联性分析方法；研究污染场地三维地理场景构建、实时监测与预警响应、全息融合的技术方法；构建基于大数据的污染场地智能化管理平台。

考核指标：建立污染场地土壤大数据与结构识别方法，制定场地土壤大数据分析处理的技术标准或规范不少于2项（征求意见

见稿);提出场地大数据分析与管理方法,建立多源数据融合及关联性分析模型1套;形成我国污染场地大数据管理分析平台,被国家相关管理部门采纳与应用;建立污染场地三维地理场景构建、实时监测与预警响应、土壤信息全息融合方法,形成污染场地智能化管理平台;选择京津冀、长三角、珠三角等重点区域进行验证示范;制订相关技术标准或规范不少于3项(征求意见稿);申请国家发明专利或软件著作权10件。

2.4 污染场地风险管控机制与经济政策技术体系研究

研究内容:研究我国污染场地“驱动—压力—状态—响应”预测模型,构建污染场地治理风险—效益分析方法和风险管控指标体系;研究污染场地风险管控经济政策作用机制与调控模式,开发定量效益评估方法;研究污染场地全过程环境风险管理与区域可持续发展交互机制,开发区域污染场地风险分区技术,构建场地风险管控模型方法与平台;提出我国污染场地风险管控多元技术与政策框架体系。

考核指标:编制我国污染场地环境管理的绩效评价指标体系1份,提交绩效评价技术指南1项(被国家有关部门采纳);开发我国污染场地风险管控预测模型与软件工具1套,提交与国际接轨的可持续风险管控指标体系;提交污染场地风险管控环境经济政策定量分析模型和软件工具1套,形成污染场地风险管控区划和规划技术指南(被国家有关部门采纳);提交我国污染场地风险管控多元技术与政策方案各1套(被国家有关部门采纳应用)。

3. 矿区和油田场地土壤污染源头控制与治理技术

3.1 有色金属采选冶聚集区遗留污染场地生物修复技术

研究内容：针对典型有色金属采选冶聚集区遗留复合污染场地，研究土壤—水体中重金属和选冶有机物在时空尺度上多相迁移、积累、分布规律，建立重金属和选冶有机药剂及其相互影响的扩散通量模型；通过特异微生物分离培养与化学合成相结合，研发污染土壤重金属与有机物协同处理的绿色高效生物基材料；研制矿区及周边土壤复杂地形原位药剂喷/注治理一体化装备，实现场地快捷修复；突破污染场地重金属原位矿化、有机物降解、快速生态修复的协同治理技术；形成复合污染多组合生态修复技术系统方案，并进行工程示范应用验证，评估其安全性和适用性。

考核指标：构建有色金属采选冶聚集区遗留场地重金属和选冶有机物交互作用下的传输扩散模型 1 套，预测误差低于 30%；研制重金属与有机物协同处理的绿色高效生物基材料不少于 4 种，技术性能指标不低于国外同类先进水平；研制复杂地形土壤原位喷/注治理一体化装备 1 套，修复药剂注射半径不低于 1 米，装备规模、能力及注入速度不低于国内外现有水平；形成有色金属聚集区土壤污染生物修复技术系统方案，开展不少于 2 个示范验证，重金属淋出削减 90% 以上，选冶有机物去除率 95% 以上、植被覆盖率不低于 90%；编制技术标准或规范不少于 2 项（被国家或行业采纳和应用）；申请国家发明专利不少于 10 件。

3.2 锑矿区锑砷污染源阻断及生态治理技术

研究内容：研究典型锑矿区污染场地锑及伴生砷的赋存状态及相互作用关系，揭示污染形成机制与源—汇关系；研选锑采选矿区土壤矿物基阻控材料，开发锑矿区及周边土壤污染阻隔带梯度拦截技术；研选冶炼生产场地锑砷重污染土壤生物淋洗剂及一体化装备；研究矿区周边土壤锑砷变价元素氧化吸附稳定化材料，开发锑砷污染土壤原位稳定化修复技术；研发锑矿区石漠化土壤基质改良材料，研究构建先锋植物植被立体生态恢复技术；形成锑矿区锑砷污染源阻断及生态治理系统方案，并进行工程示范验证。

考核指标：建立锑矿区土壤砷锑污染输入输出模型 1 套，预测误差低于 30%；研制矿物基阻控材料不少于 4 种、氧化吸附材料不少于 4 种、基质改良材料 2~3 种，效果达到或优于国际同类材料水平；开发移动式土壤淋洗—淋洗液净化一体化成套装备 1 套，淋洗效率达到 90%以上，成本低于国际同类产品；形成锑矿区污染阻控—治理—生态修复技术系统方案，并开展不少于 3 个案例场地工程规模的示范应用验证，实现锑矿区周边土壤锑砷等重金属输入量降低 40%以上，锑污染削减 90%以上，实现场地安全利用；编制相关技术规范 3 套（征求意见稿）；申请国家发明专利或软件著作权不少于 10 件。

3.3 矿区及周边场地砷污染扩散阻控与修复技术

研究内容：针对矿区及周边场地砷污染扩散迁移所造成的环境污染问题，探究砷的输送方式、输送形态及其对地表水水质的

影响与调控途径；研究建立地表径流中土壤砷长距离迁移的监测方法和模型；研究污防止土壤砷迁移的拦截与阻控技术模式，开发砷及伴生污染物相协同阻控材料、稳定化材料；研究砷污染场地土水协同治理的阻控—稳定—修复技术及成套装备，建立砷污染场地综合防治与安全利用技术系统方案。

考核指标：开发污染场地砷及伴生污染物相协同阻控材料、稳定化材料 3 种，对砷的阻控率达到 95%以上、稳定化率达到 90%以上，材料成本降低 30%以上；建立地表径流中土壤砷长距离迁移的监测方法和转化模型各 1 套；研发低成本的土壤砷拦截技术，砷径流量减少 70%以上；开发修复装备 2 套，装备核心部件的国产化水平达到 90%，砷的生物有效性降低 85%以上；选择 2~3 个典型砷污染场地进行工程规模的示范性验证，场地修复后安全利用率高于 90%；形成砷污染场地综合防治与安全利用技术方案 1 套；编制技术标准或规范不少于 3 项（征求意见稿或被相关行政主管部门采纳）；申请国家发明专利件不少于 10 件。

4. 城市污染场地土壤风险管控与地下水协同修复技术

4.1 焦化污染场地生物修复一体化智能装备

研究内容：针对焦化污染场地生物修复装备化程度低、修复周期长等问题，研发自动加药单元、高效增氧系统、智能生物反应器、输送机器人、废气净化单元等功能设备，集成相关功能组件及智能软件，研制生物修复一体化智能装备及制造工艺；研究生物降解、修复药剂、智能曝气、保湿增温的高效协同过程；开

发适合焦化污染土壤的生物修复强化工艺和工艺软件包；开展焦化污染场地生物修复一体化智能装备的实验验证，形成长效运行的商业化推广模式。

考核指标：研制生物修复一体化智能装备 1 套，实现相关单元设备和智能控制软件的一体化集成，并进行实验验证；装备的日处理能力 ≥ 100 吨，连续稳定运行时间 ≥ 1500 小时，多环芳烃降解率 $\geq 90\%$ ，每吨污染土壤的修复成本 ≤ 380 元、电耗 $\leq 50\text{kW}\cdot\text{h}$ ；研发出适合焦化污染场地的强化生物修复工艺软件包，其中至少包括 3 种代表性污染场地；研发出一体化装备的集成制造工艺并形成集成装配能力；编制相关行业或团体标准 3 套，申请专利 10 项、软件版权 5 项。

有关说明：建议由企业牵头，产学研联合申报。

4.2 场地土壤多金属污染长效稳定修复功能材料制备

研究内容：研究土壤中多金属化学形态、移动性和反应分配规律，提出长效稳定化功能材料组合配方设计策略和方法；研选可用于制备长效稳定功能材料的原料，制备长效、经济、安全的多金属同步稳定化功能材料，创新材料制备工艺、技术与装备；研究不同场地土壤条件下功能材料与多金属长效性和稳定性的量化关系与微观机制，建立稳定化功能材料长效性评测指标与方法；开展多金属复合污染场地长效稳定化修复，验证材料的长效性和使用条件。

考核指标：研制天然矿物复配材料、生物成矿材料、微纳米

级人工合成材料等多金属长效稳定化材料 10 种以上，与同类先进产品相比较，稳定化效果提高 40%以上，成本降低 30%以上；研发新型功能材料制备技术与装备不少于 2 套，建成年产 2000 吨生产线 2 条；开展不少于 3 个场地的工程规模的示范验证，土壤及地下水多金属长效稳定达到国际同类水平，修复效果达到风险管控标准；建立功能材料长期稳定性的评测方法；申请国家发明专利 10 项以上。

4.3 低渗透地层原位增渗协同修复技术与装备

研究内容：针对污染场地低渗透地层渗透性能差、物质传输困难问题，研究低渗透地层渗透性能与非水相污染物传输规律，研发低渗透性地层原位渗透性增强技术方法；研制增渗过程孔隙支撑材料与应用工艺；研制强化非水相有机污染物氧化的协同修复功能材料及应用工艺；研发气体和液体驱动的低渗透地层原位压裂增渗设备与工艺参数，研制低渗透地层原位增渗协同修复成套装备，突破低渗透性污染场地原位修复的技术瓶颈。

考核指标：研制低渗透性地层原位增渗装备 1 套，提高地层渗透性 2 个数量级以上，提升物质传输速度 5 倍以上；研制增渗和修复功能材料 5 种以上，污染物去除率大于 80%，生产与应用成本降低 30%以上；形成低渗透地层原位增渗协同修复创新技术，开发出气体和液体驱动的低渗透地层原位压裂增渗设备 1 套，核心部件的国产化率不低于 90%，生产成本不高于国际同类产品，低渗透地层修复能力提升 95%以上，并开展不少于 2 个场地工程

规模的示范验证；编制相关技术规范不少于 2 项（征求意见稿），申请国家发明专利不少于 10 件。

4.4 场地地下水卤代烃污染修复材料与技术

研究内容：研究地下水典型卤代烯烃、卤代烷烃等特征污染物多相态、多介质赋存状态与转化潜力；开发绿色高效脱附、脱卤降解材料，开展材料表征与安全性评估；解析卤代烃降解与代谢产物，量化评价材料残留与次生污染风险；开发功能材料制备方法、工艺参数，解析材料效果与环境因素之间的量化关系；研发基于功能材料的地下水原位修复技术，研究建立材料与应用的环境安全评估技术。

考核指标：开发出地下水卤代烃修复材料不少于 5 种，形成材料表征与评估技术方法；脱附、降解效率不低于国际同类材料水平，不存在次生环境风险；建成生产线至少 2 条，主要功能材料单机生产能力不低于 10 吨/日，设备主要性能指标达到国际同类装备先进水平，生产成本低于国际同类产品 30%以上；开展不少于 3 个场地规模的示范性验证，修复后地下水达到风险管控要求；编制相关技术规范不少于 2 项（征求意见稿）；申请国家发明专利 10 件以上。

4.5 地下水原位同步修复一体化设备

研究内容：针对场地地下水有机污染物自由相、溶解相和气相共存、同步修复难等问题，研发集垂向水动力调控—污染物净化功能于一体的原位同步修复成套装备；研究多滤层地下水井单

元封隔器和井内增强反应器及工艺参数，创建地下水循环动力系统单元功能组件及智能软件；开发强化有机污染物降解修复材料；研究建立抽提—水力循环—生物降解—高效净化协同技术，开发治理工程实施过程的防堵塞技术。

考核指标：研发地下水循环井封隔材料和强化生物降解修复材料 5 种以上，封隔材料抗污染耐腐蚀，强化修复材料对有机污染物去除率>80%，生产成本降低 30%；研制地下水同步原位循环修复成套设备 1 套，单井影响半径不低于 45 米，实现抽注水自动切换，设备国产化达到 80%，生产成本比国际同类设备降低 30% 以上，建立材料和装备生产线 1 条；开展工程示范验证，达到地下水修复目标，尾气净化满足大气污染物排放标准；编制相关技术规范（征求意见稿）不少于 2 项；申请国家发明专利或软件著作权不少于 10 件。

4.6 场地土壤修复新型功能材料研发

研究内容：针对不同类型场地污染土壤修复的需求，本项目鼓励利用废弃物、廉价材料或新技术研发下述土壤修复新型功能材料：（1）研制具有氧化还原和降解功能的有机污染物净化材料；（2）研发强富集、快降解的场地恶臭气体净化材料及模块化装备；（3）研发显著降低土壤中 Cd、Cu、Hg、Pb 等阳离子态重金属活性的钝化材料；（4）研发显著降低土壤中砷酸根、亚砷酸根、重铬酸根等酸根态重金属活性的钝化材料。

考核指标：每个方向均须开发相应功能、经济适用的土壤修

复材料 2~3 种并建立配套生产线 1 条，编制相关技术标准（征求意见稿）不少于 1 项，申请国家发明专利 4 件以上。各项目研发的功能材料分别达到下述技术指标：氧化还原和降解材料的有机污染物净化效率 $\geq 90\%$ ；场地恶臭气体净化材料的净化效率 $\geq 95\%$ ，净化后臭气浓度低于嗅觉阈值；土壤中阳离子态重金属的钝化效率 $\geq 75\%$ ，土壤中酸根离子态重金属的钝化效率 $\geq 70\%$ ，钝化材料长效稳定性不低于国际同类产品，生产成本低于国际同类产品 30%。

有关说明：针对上述不同类型的土壤修复材料，每个方向拟支持 1 个项目，项目总数不超过 4 个，每个项目参与单位总数不超过 5 家。

4.7 污染场地生物修复关键材料与技术

研究内容：针对石油烃、卤代烃、多环芳烃等典型有机污染场地修复过程中生物修复材料存在有效期短、修复效率低等问题，研制对典型有机污染物耐受性强，降解速率高的微生物菌剂或酶制剂；研发可提高生物修复材料长效性和广谱性的载体材料和菌剂制备技术，实现长效菌剂的规模化生产；针对场地土壤研发具有加速污染物解吸、专性生物刺激等作用的生物修复助剂；针对场地地下水开发具有生物刺激效应的缓释修复药剂；研发和集成针对中低浓度典型有机污染场地的生物修复技术，开展示范应用验证。

考核指标：分别针对土壤石油烃、卤代烃、多环芳烃等典型

有机污染物研制高效降解菌剂或酶制剂各 2~3 种；建立长效修复菌剂的生产线不少于 2 条，成本低于国外同类产品 30%以上，菌剂有效活菌数不少于 10^9 CFUs/g；开发高效、廉价的场地土壤生物修复助剂不少于 3 种，助剂—菌剂耦合修复效率较菌剂提高 30%以上，成本低于国外同类产品 30%以上；开发地下水生物刺激修复的缓释药剂 3 种，微生物降解效果较传统材料提高 20%以上；建立中低浓度典型有机污染场地的生物修复技术体系，开展不少于 4 个场地规模的示范验证，修复成本不高于 300 元/吨，修复效果达到国家相关管控标准；编制相关技术规范和指南不少于 3 项（征求意见稿）；申请国家发明专利 10 项以上。

5. 场地土壤污染治理与再开发利用技术综合集成示范

5.1 场地土壤污染治理技术体系与风险管控集成研究

研究内容：基于场地土壤专项“形成机制、风险监管、治理修复与集成示范”重大理论、技术与装备顶层设计，研究提出场地土壤污染治理与风险管控的科技创新方案；系统梳理场地土壤污染治理与风险管控等重大理论与技术装备突破和工程化应用研究成果，创建我国场地土壤污染风险管控与治理模式；按照基础理论、共性技术装备、应用示范三个层次，系统凝练场地污染综合防治体系与重大标志性成果；研究制定我国场地土壤污染防控、修复与安全利用的系统解决方案；研究建立场地污染风险防控路线图和修复产业发展模式。

考核指标：提出我国场地土壤污染成因与治理科技创新体系

与方案；形成场地污染风险管控与治理成套技术模式；凝练出场地污染防治标志性研究成果不少于 10 项；制定出典型行业、重点区域场地污染防治与安全利用成套技术方案；形成污染场地土壤与集成技术体系与成果推广机制和模式；提出我国中长期场地土壤污染防治路线图和科技发展路线图，编制场地污染防治科技和产业发展报告 1 套。