

“场地土壤污染成因与治理技术”重点专项
2019 年度项目申报指南
(征求意见稿)

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 2019 年至 2022 年。2019 年拟安排 29 个研究方向，国拨经费总概算约 9 亿元。鼓励产学研用联合申报。对基础研究类项目，应充分发挥各类国家级科研基地的作用；对典型应用示范类项目，要充分发挥地方和市场作用，强化产学研用紧密结合，并明确相关配套资金，用于典型应用示范类项目的中央财政

资金不得超过该专项中央财政资金总额的 30%；用于典型市场导向且明确要求由企业牵头申报的项目，自筹资金与中央财政资金的比例至少要达到 1:1。同一指南方向下，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。除指南中有特殊说明外，基础研究与前沿技术类项目，每个项目下设课题数不超过 4 个，参与单位总数不超过 6 家；其他类项目，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 2019 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 场地土壤持久性有机污染物迁移转化与积累效应

研究内容：研究场地土壤高关注度持久性有机污染物（POPs）的赋存形态及空间分布，揭示复杂介质环境条件下土壤-地下水的分配规律；探讨 POPs 在场地土壤-地下水-气-生物多界面的迁移转化过程及主控因子；研究场地土壤 POPs 积累过程与动力学机制；建立场地土壤 POPs 积累与健康风险的预测模型，量化场地土壤 POPs 积累的健康风险水平。

考核指标：阐明真实场地土壤高关注度的 POPs（有机氯农药、多溴联苯醚等）的赋存形态与分布、土壤-地下水分配规律及主控因子，建立积累效应与形态分布、介质性质及条件的内在关系；建立场地土壤 POPs 积累动力学和健康风

险的预测模型各 1 个；选择不少于 2 个不同水文地质条件场地，开展土壤 POPs 积累动力学和健康风险模型的示范性验证与评估，模型预测误差低于 30%；发表本领域具有创新引领作用的论文不少于 25 篇，申请国家发明专利或软件著作权不少于 10 件。

1.2 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传输扩散与土壤性质、建筑物地下空间结构的内在关系；研究建立场地土壤挥发类有机污染物多相分配-传输-反应耦合的扩散通量模型，量化挥发类有机污染物向地下、地上空间的扩散通量；研究建筑物空间挥发类有机污染物环境风险评估模型，量化表征环境风险水平。

考核指标：阐明真实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向地下、地上空间扩散通量模型和环境风险评估模型各 1 个；选择不少于 2 个不同类型水文地质条件场地，开展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%；发表本领域具有创新引领作用的论文不少于 25 篇，申请国家发明专利或软件著作权 10 件。

1.3 重点区域场地有机污染物空间分布与驱动机制

研究内容：研究重点区域场地温度场、水动力场、化学场、生物场的特征，探讨场地高风险有机污染物空间分布的

主控因素，揭示其空间分布规律；研究污染场地温度-水动力-化学-生物等多场耦合的高风险有机污染物空间分布的驱动过程与机制；建立场地高风险有机污染物空间分布与变化的预测模型和可视化系统。

考核指标：阐明京津冀、长三角、珠三角等地区污染场地温度场、水动力场、化学场、生物场的区域性特征，厘清场地土壤和地下水高风险有机污染物三维空间分布的驱动机制与主控因素；建立多场耦合的场地高风险有机污染物空间分布与变化的预测模型和可视化系统各 1 套；分别在京津冀、长三角、珠三角选择 1 个污染场地，开展模型与可视化系统示范性验证与评估，模型预测误差低于 30%，可视化系统分辨率达到米级；发表本领域具有创新引领作用的论文不少于 20 篇，申请国家发明专利或软件著作权不少于 10 件。

1.4 重点行业场地土壤复合污染过程及生态效应

研究内容：选择有色金属采选/冶炼、石油化工等重点行业典型场地，研究场地土壤重金属和有机污染物的复合污染特征，识别特征污染物；研究土壤环境介质-污染物-生物的相互作用及机制，阐明场地土壤复合污染过程及其与物化-生物耦合作用关系；研究场地土壤复合污染生态效应的表征方法，解析生态效应与复合污染过程的关系；建立典型场地土壤复合污染生态风险识别与评估技术。

考核指标：建立重点行业场地土壤特征污染物的指纹图谱库 1 套；揭示土壤复合污染过程与机制，建立土壤环境介

质-污染物-生物相互作用过程模型、生态效应表征方法、生态风险评估方法各 1 套;选择不少于 2 类重点行业污染场地,开展模型与方法的示范性验证,模型预测误差低于 30%。发表本领域具有创新引领作用的论文不少于 20 篇,申请国家发明专利或软件著作权不少于 10 件。

1.5 重点行业场地土壤污染物的人体暴露组学与生物标志物

研究内容: 选择有色金属采选/冶炼、石油化工等重点行业污染场地,研究污染场地土壤污染物的人体暴露风险源识别方法;研发重点行业场地土壤污染物的人体暴露组解析技术,构建暴露组学图谱;阐明场地土壤污染物的人体暴露组学特征,明确人群复合暴露条件下人群特异性生物标志物;揭示健康风险与人群特异性生物标志物的内在关系,建立健康风险与暴露生物标志物关联模型。

考核指标: 建立污染场地土壤污染物的人体暴露风险源识别方法与人体暴露组解析技术 1 套;形成重点行业场地土壤污染物的人群暴露组数据库 1 套,包括人体生物样品有毒污染物元素谱和成分谱,其暴露组数据量不少于 30000 个;提出不少于 3 个不同类型场地人群复合暴露特异性生物标志物;建立健康风险与暴露生物标志物之间的关系模型 1 套;制定重点行业污染场地土壤污染物的人体暴露组学技术规范(被国家有关部门采纳和应用或征求意见稿);发表在本领域具有创新引领作用的论文不少于 30 篇,申请国家发明

专利或软件著作权不少于 10 件。

1.6 场地土壤污染物环境基准及制定方法

研究内容：研究场地土壤环境基准值制定的技术框架与方法体系；揭示场地土壤环境暴露受体与暴露途径，构建本土化暴露特征参数；研究场地土壤重金属和有机污染物的剂量-效应响应关系，建立不同受体的剂量-效应关系模型；研究典型污染物生物毒性效应终点，构建基于污染物剂量-形态-效应的基准推导模型与基准表征方法。

考核指标：形成我国污染场地土壤中重金属（镉、铅、砷等）和有机污染物（多环芳烃、苯系物、卤代烃等）对不同受体的暴露参数及暴露剂量确定方法技术体系 1 套；构建本土化受体与暴露特征参数体系 1 套；建立场地土壤典型污染物赋存形态及剂量-效应响应关系模型 1 套；建立场地土壤环境基准基础数据库 1 套，数据量不少于 10 万个；提出基于健康风险的场地土壤环境基准值不少于 15 种；形成基准制定技术方法规范、导则或指南不少于 3 件（被国家有关部门采纳和应用或征求意见稿）；发表本领域具有创新引领作用的论文不少于 25 篇，申请国家发明专利或软件著作权不少于 10 件。

2. 场地土壤污染调查监测与风险监管技术与设备

2.1 场地污染物现场快速筛查和检测技术与设备

研究内容：研发重点行业场地土壤有机污染物和重金属的便携式现场快速检测设备，研制基础信息采集和实时传输

设备；研发高效富集、高精度与稳定的污染场地土壤检测技术与方法；开展重点行业污染场地现场污染快速筛查、污染物识别方法及分析测试技术标准化研究；研究编制场地土壤挥发性有机污染物、石油烃和重金属现场快速检测技术规范。

考核指标：开发重点行业污染场地土壤基础信息快速采集、传感与综合分析的快速采样移动终端 1 套，实现现场采集的信息实时传输；研发便携式挥发性有机污染物（VOCs）色谱分析仪、石油烃检测仪和重金属（镉）快速检测设备及其现场样品快速制备设备各 1 套，苯系物等挥发性有机污染物测定限小于 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 级，总石油烃测定限小于 mg/kg 级，10 分钟测试时间内镉的测定限小于 $0.07\text{mg}/\text{kg}$ ；设备技术性能指标达到国际同类产品先进水平，整机核心部件国产化率不低于 60%；建立不少于 15 种挥发性有机污染物和重金属的高精度检测方法，形成相关技术标准或规范不少于 5 项（被国家有关部门采纳和应用或征求意见稿）；选择不少于 3 个重点行业污染场地开展技术设备应用与示范检验；申请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，产学研联合申报。

2.2 场地地下水污染风险快速识别与监测预警技术

研究内容：研究污染场地含水介质异质性和污染羽空间分布的精细刻画技术；开发污染场地地下水中高关注度的污染物快速筛选与甄别技术；构建污染场地多尺度条件下地下

水污染数据采集、实时传输技术体系，开发场地地下水环境污染风险快速检测传感器及设备；筛选与识别污染场地地下水监测预警指标，建立地下水污染风险评估与安全诊断技术方法；构建多维度、多尺度地下水污染监测预警体系。

考核指标：形成污染场地地下水污染精细刻画技术 1 套，准确刻画地下水多维、多相污染分布；建立污染场地地下水中高关注度污染物快速筛选与甄别技术 1 套；开发污染场地地下水污染风险快速检测生物传感器及设备 1 套，响应时间与灵敏度提高不少于 4 倍；建立地下水污染风险评估与安全诊断技术方法 1 套；形成地下水污染动态监测、实时传输与污染风险预警技术体系 1 套；选择不少于 3 个污染场地开展示范与应用；制订相关技术标准或规范不少于 3 项（被国家有关部门采纳和应用或征求意见稿）；申请国家发明专利或软件著作权不少于 10 件。

2.3 场地污染环境数字化与空间信息管理系统

研究内容：针对重点行业场地污染特征，研究场地土壤及地下水污染环境信息采集与传输技术，研发计算机辅助信息识别与分析方法；研究信息高精度空间插值方法与三维成像技术；开发环境信息数字化分析处理技术；构建数字化、可视化的污染空间信息管理系统。

考核指标：开发出有色金属冶炼、石油化工等重点行业场地土壤及地下水污染环境信息采集与传输技术、识别与分析、三维成像技术与方法体系 1 套；建立智能化污染空间信

息管理平台 1 个，实现多维度、多尺度的场地污染空间信息数字化分析处理；选择不少于 3 个重点行业污染场地开展示范性验证，实现可视化表达；制订技术规范不少于 3 项（被国家有关部门采纳和应用或征求意见稿）；申请国家发明专利或软件著作权不少于 10 件。

有关说明：建议由企业牵头，产学研联合申报。

2.4 场地土壤污染物毒性数据库与健康风险监管技术

研究内容：结合场地土壤暴露途径，研究场地土壤中高风险污染物清单确定技术；研究场地土壤中高风险污染物的毒性效应与阈值；研发不同暴露途径高风险污染物毒性参数；构建适合我国污染场地土壤高风险污染物的毒理数据库；研究基于我国毒理数据库的健康风险识别与评估方法，建立场地土壤健康风险地图表征方法。

考核指标：提出涵盖我国重点行业场地土壤特征污染物清单 1 份；建立我国污染场地土壤不少于 500 种高风险污染物的毒理数据库，包括场地土壤暴露途径与参数、毒理效应参数等基础信息，并被国家有关部门采纳和应用；确定我国场地土壤中不少于 20 种高风险特征污染物的毒性参数与毒理效应阈值；绘制具有分级、分区功能的我国重点行业场地土壤健康风险地图 1 套；选择不少于 3 个重点行业污染场地开展示范性验证与应用；制订相关技术标准或规范不少于 2 项（被国家有关部门采纳和应用或征求意见稿）；申请国家发明专利或软件著作权不少于 10 件。

3. 矿区和油田场地土壤污染源头控制与治理技术

3.1 矿区酸化废石堆场复合污染扩散阻隔技术

研究内容：选择典型金属矿山酸性废石和煤矸石堆场，研究矿区废石堆场的产酸机制，探讨酸性环境下重金属释放扩散特征；研发酸性堆场抑氧控酸、表层覆盖和垂直阻隔的系列材料，开发控酸-覆盖-阻隔的集成技术及高效实施装备；研究堆场周边污染土壤的物化和生物修复技术体系；进行工程规模的示范验证。

考核指标：建立矿区废石堆场产酸与扩散的动力学模型 1 套；研发酸性堆场抑氧控酸材料不少于 4 种，抑制产酸效果达 80%以上，pH 值达 6.0 以上；研制组合阻隔材料不少于 6 种，材料性能抗干湿和冻融循环不低于 100 次，且渗透系数不高于 10^{-10}cm/s ，建立年产量 30 万 m^2 的生产线 1 条；研制阻隔材料安装铺设成套装备 1 套，其竖向阻隔屏障连续施工设备的安装深度超过 60m、垂直度在 0.2%以内，装备的核心部件国产化水平不低于 70%；形成堆场周边土壤污染源阻控技术体系；选择不少于 3 种金属矿废石和煤矸石堆场及周边土壤开展应用示范验证，单个示范规模不小于 1 万 m^2 ，实现重金属扩散量削减 85%以上，周边土壤修复后达到建设用地土壤风险管控值。编制相关技术规范不少于 2 项（被国家有关部门采纳和应用或征求意见稿）；申请国家发明专利不少于 20 件。

3.2 离子型稀土矿浸矿场地土壤污染控制及生态功能恢

复技术

研究内容: 针对离子型稀土矿山堆浸和原地浸矿场地土壤高盐、松散、酸性、易侵蚀、生产功能丧失等问题, 研究场地土壤稳定性评估方法、稳定化工程材料与技术; 研发堆场残留稀土母液污染扩散控制与治理技术; 研发场地土壤氨氮、硫酸根、重金属等复合污染控制材料与技术; 研究矿区土壤生态功能恢复技术体系; 进行工程规模的示范验证。

考核指标: 建立离子型稀土浸矿场地土壤稳定性分级标准及评估方法 1 套; 稳定化工程材料与技术 3 种, 饱和状态下堆场安全稳定系数大于 1.25; 残留稀土母液污染扩散控制技术体系 1 套, 扩散量削减 90%以上; 场地土壤氨氮、硫酸根、重金属等复合污染控制材料 2-3 种, 治理后的场地土壤 pH 值提高至 5.5 以上, 氨态氮、硫酸根含量等达到林业用地标准; 构建可复制矿区土壤生态功能恢复技术方案 1 套; 开展不少于 3 种堆浸工艺的工程示范验证, 单个示范规模不小于 1 万 m^2 , 场地土壤污染物控制率不低于 90%、植被覆盖率不少于 75%, 实现场地土壤安全利用; 编制相关技术规范不少于 3 项 (被国家有关部门采纳和应用或征求意见稿); 申请国家发明专利不少于 10 件。

3.3 铅锌冶炼场地土壤多金属长效稳定修复材料、技术与装备

研究内容: 研究铅锌冶炼场地及周边土壤重金属输入模式, 建立冶炼场地及周边土壤输入通量模型; 识别场地土壤

重金属赋存形态及主控因子；研制经济、长效、安全的多金属同步稳定化修复功能材料；研发生物转化与化学稳定化耦合的现场土壤修复技术；研制破碎混匀一体化修复装备，建立铅锌冶炼场地土壤长效安全稳定修复与评估技术体系。

考核指标：建立冶炼场地及周边土壤输入通量模型 1 套，预测误差低于 30%。研制出铅、镉、砷等重金属同步稳定化功能材料不少于 8 种，建立土壤稳定体长效评价方法与指标，功能材料的长效稳定化效果达到或优于国际同类材料水平；建立年产量不低于 2000 吨的材料生产线 1 条，生产成本不高于国际同类产品；研发自动投料、混匀一体化样机 1 套，单台设备处理能力 20m³/小时，连续运行 3 个月以上，土壤与稳定材料混合均匀度达 95%，设备价格不高于同类产品；选择不少于 2 个典型铅锌冶炼区开展工程规模的示范验证，现场重金属稳定化率达 95%以上；编制相关技术规范不少于 2 项（被国家有关部门采纳和应用或征求意见稿）；申请国家发明专利不少于 10 件。

3.4 有色金属矿区地下水污染防控技术体系

研究内容：针对有色金属矿区地层结构与空隙特征，研发地下水流和污染物运移途径及其优势通道的示踪技术，识别矿区重金属污染地下水的通道与机制；构建地下水重金属污染多维迁移传输模型，量化地下水重金属污染通量；研发不同类型含水介质地下水重金属污染扩散快速阻断材料与技术；建立地下水污染源控制-阻断-管控的集成技术体系，

形成有色金属矿区地下水污染风险防控技术方案。

考核指标：建立有色金属矿区地下水污染源防控技术方法；研制地下水污染源阻隔材料不少于 3 种，地下水污染源负荷削减达 80%以上；建立地下水流通道和污染物运移传输通量模型，预测误差低于 30%；形成地下水污染动力截获与径流阻断技术体系；选择不少于 2 个典型案例场地进行示范应用验证，地下水污染物迁移扩散量下降不低于 80%，污染羽流得到有效控制；形成可推广的有色金属矿区地下水污染源控制-阻断-管控的集成技术方案；编制相关技术规范不少于 2 项（被国家有关部门采纳和应用或征求意见稿）；申请国家发明专利或者软件著作权不少于 10 件。

3.5 煤矿区场地地下水污染防控材料与技术

研究内容：研究煤矿区地下水污染过程及动力学机制，构建水动力-化学-生物等多场耦合的地下水污染成因模型；建立地下水流场及特征污染物运移扩散模型，高精度刻画地下水流场演变与污染物传输通量；研发保水采煤的地下水通道阻断材料与技术，形成煤-水双资源协调开采技术；开展闭坑后地下水污染防控技术研究，构建煤矿地下水污染防治技术体系。

考核指标：阐明煤矿区地下水污染过程及动力学机制，构建煤矿场地水动力-化学-生物等多场耦合的地下水污染成因模型；建立地下水流场及特征污染物运移高精度扩散模型 1 套，刻画精度误差低于 30%；开发保水采煤的地下水通道

阻断材料不少于 5 种，形成煤-水双资源协调开采技术方案 1 套；形成可推广的煤矿区地下水污染防控技术体系；选择不少于 2 个典型案例场地进行示范应用验证，特征污染物的负荷削减 80%以上，减少矿井污染主要供水含水层水量 80%以上，实现地下水安全利用。编制相关技术规范不少于 2 项（被国家有关部门采纳和应用或征求意见稿）；申请国家发明专利或者软件著作权不少于 10 件。

3.6 页岩气开采场地特征污染物筛查与污染防控

研究内容：研究典型页岩气藏开发过程中污染物筛选与识别方法，甄别页岩气藏开发释放过程的特征指示物；研究高风险特征污染物的环境行为，阐明页岩气藏开发场地土壤和地下水污染过程及机制；构建页岩气藏开发全生命周期的物质流模型；建立页岩气藏开发过程的风险评估技术；建立页岩气场地土壤和地下水特征污染物的风险防控技术体系。

考核指标：建立页岩气藏开发场地污染物筛选与识别方法 1 套，提出我国代表性页岩气藏开发场地优控污染物清单；构建页岩气藏开发全生命周期物质流模型，刻画破碎岩、矿物污泥及压裂返排液优控污染物的多介质界面物量关系；建立页岩气藏开发场地特征污染物风险评估技术方法 1 套；形成页岩气藏开发场地土壤和地下水污染防控技术体系；选择不少于 2 个典型案例场地进行示范应用验证，提出页岩气藏开发场地土壤和地下水污染防控技术方案；编制相关技术指南或规范不少于 2 项（被国家有关部门采纳和应用或征求意

见稿); 申请国家发明专利或者软件著作权不少于 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 POPs 污染场地土壤物化协同修复技术与装备

研究内容: 针对卤代 POPs 重度污染场地土壤, 研发常温常压下基于机械化学和介质阻挡放电等机制的物化协同修复技术; 研究卤代 POPs 分解及其次生产物特征, 评估物化协同修复效果及环境安全性, 优化工艺参数; 研发物化协同修复核心装置, 构建土壤预处理、核心反应器、粉尘控制等单元在内的成套系统; 研制具有规模化工程应用的高效节能、智能集约的移动式成套装备。

考核指标: 建成高浓度卤代 POPs 污染土壤机械化学无害化处置装备 1 套, 包含土壤预处理、反应器及粉尘收集等单元, 处理能力不少于 10 吨/小时, POPs 去除率达到 95% 以上, 处理后 POPs 及产物达到安全处置要求, 粉尘细颗粒 (<1mm) 的捕集效率大于 99%; 建成以介质阻挡放电处置为主的 POPs 污染土壤修复装备 1 套, 包含土壤预处理、反应器及粉尘收集等系统, 处理能力不少于 1 吨/小时, POPs 去除率达到 95% 以上, 处理后 POPs 及产物达到安全处置要求; 选择不少于 2 个场地开展示范性验证, 单个场地总工程处置规模不小于 1000 吨, 与国外同类设备相比综合处理成本降低 20% 以上, 实现处理后土壤的安全利用; 编制相关技术规范不少于 2 项 (被国家有关部门采纳和应用或征求意见稿); 申请国家发明专利或软件著作权不少于 10 件。

有关说明：建议由企业牵头，产学研联合申报。

4.2 复合有机污染场地原位热处理耦合修复技术与装备

研究内容：针对卤代烃、石油烃和多环芳烃复合有机污染场地，研究不同水文地质条件下场地原位热处理地层温度的时空分布，建立多种有机污染物的温度-迁移转化速率-扩散通量模型；研发原位热脱附与蒸汽强化气相抽提耦合技术，发展原位热强化微生物修复耦合技术，建立热强化化学氧化/还原耦合修复技术；研制耦合自动注射控制与监测系统的原位热处理修复装备，并进行工程示范；建立能耗、气体排放和修复后土壤资源化利用的量化评估方法体系。

考核指标：开发场地温度场-多种有机污染物迁移转化-扩散通量预测软件和修复技术的可持续性量化评估软件各 1 套；研发节能高效的原位热脱附-蒸汽强化气相抽提、原位热强化微生物修复和原位热强化化学氧化/还原耦合修复技术与装备各 1 套，实现加热、注射、抽提和监测多功能的智能化实时调控，装备稳定运行时间不少于 6 个月，与原位热脱附技术相比节能 40%以上，修复成本降低 30%以上、不高于 600 元/吨；开展不少于 3 个场地规模的示范验证，修复后污染物达到土壤和地下水的相关风险管控与修复标准值；建立技术能效评估方法 1 套，编制原位热处理耦合修复技术规范和操作指南不少于 3 项（被国家有关部门采纳和应用或征求意见稿）；申请国家发明专利不少于 10 件。

4.3 石化污染场地强化多相抽提与高效净化耦合技术

研究内容：研究建立不同地层渗透性的多相抽提效能预测模型；研发具有强化渗透性能的绿色增溶材料与技术；研究具有防堵塞功能的抽提井管，优化分层抽提井结构和多泵抽提布设；研发具有 NAPL 相的污染场地多相抽提成套化技术与装备；研究高效多相分离和抽提气体净化工艺；构建强化多相抽提、多相分离与净化的全流程成套技术体系。

考核指标：建立不同场地地层渗透性下的多相抽提效能预测软件 1 套，预测误差低于 30%；开发针对氯代有机物和石油类污染物的绿色增溶材料不少于 2 种，污染物提取效率提高 2 倍以上；研发出具有防堵塞功能的抽提井构建及安装技术，形成强化渗透的多相抽提系统 1 套；研发出适用于 DNAPL 和 LNAPL 污染物的分层多泵抽提技术各 1 套，多相抽提单井有效影响半径不低于 4.0 m；研制高效多相分离和尾气净化装置各 1 套，实现多相组分分离率不低于 95%，并满足大气污染物排放标准；形成低渗透污染场地强化多相抽提与净化工艺，有机污染物去除率 90%以上，能耗比常规多相抽提降低 20%以上；开展不少于 2 个场地规模的示范性验证；编制技术规范不少于 2 项（被国家有关部门采纳和应用或征求意见稿）；申请国家发明专利或软件著作权不少于 15 件。

4.4 铬渣遗留场地土壤强化生物修复技术与装备

研究内容：针对铬渣堆放和铬盐厂遗留场地铬污染问题，研究建立铬污染场地修复过程及效果的三维可视化模拟

预测系统；研发绿色高效的铬污染土壤异位生物淋洗的复配药剂、喷淋设备及淋洗液处理技术；开发生物刺激剂和基于地下水循环的场地原位注射设备与技术；研发基于固定化微生物强化的反应性阻隔技术；集成铬渣污染场地的异位生物淋洗与原位强化微生物技术体系，进行规模化工程示范，评估其安全性、长效性和适用性。

考核指标：建立铬渣遗留场地污染与修复过程中铬生物地球化学过程模型和三维可视化体系 1 套，提供相关软件 1 套；研制高效的生物淋洗复配药剂 3 种以上，Cr(VI)的去除率达 98%以上；研制可生物降解、无二次污染的生物刺激剂和可固定微生物的复合功能材料各不少于 3 种，生产成本比国际同类降低 30%以上；研发出异位生物淋洗和原位强化微生物还原和固定化微生物强化的阻隔修复技术与装备 3 套，装备持续稳定运行不少于 6 个月，比国际同类技术的修复周期缩短三分之一，成本降低 40%以上；开展不少于 3 个场地规模的示范验证与应用，修复效果达到国家相关管控标准；编制铬渣遗留场地土壤和地下水生物修复技术规范和操作指南不少于 3 项（被国家有关部门采纳和应用或征求意见稿）；申请国家发明专利或软件著作权件不少于 15 件。

4.5 遗留堆填场地及周边土壤与地下水原位协同修复技术

研究内容：针对不规范处置的工业固体废弃物堆填场地，研究土壤与地下水特征污染物及其迁移转化途径；研制

具有抗盐、耐酸碱的防渗阻隔材料，研发堆填场垂直阻隔和水平覆盖封闭技术；研发遗留堆填场周边土壤及地下水的原位固化稳定化与阻隔协同修复技术；集成遗留堆填场地原位综合管控与修复技术体系。

考核指标： 提出不规范处置的工业固体废弃物堆填场地特征污染物清单 1 份，建立迁移转化模型 1 套；开发出具有抗盐 (>3%)、耐酸 (pH 3.5)、耐碱 (pH 11.5) 特性的防渗材料不少于 3 种，生产和应用成本低于国外同类材料 30% 以上；形成高盐、强酸或碱遗留堆填场地的垂直阻隔和水平覆盖封闭技术各 1 套，遗留堆填场周边土壤及地下水的原位联合修复技术体系 1 套；开展不少于 2 个不同类型遗留堆填场示范性验证，垂直阻隔材料渗透系数低于 10^{-11}m/s ，覆盖层主体材料渗透系数低于 10^{-9}m/s ，场地特征有机污染物去除率不低于 95%，特征重金属生物有效性降低 85% 以上，修复后场地土壤特征污染物含量达到国家相关标准要求，地下水可安全利用；编制技术标准规范不少于 3 项（被国家有关部门采纳和应用或征求意见稿）；申请国家发明专利或软件著作权不少于 20 件。

4.6 农药行业场地异味清除材料与控制技术

研究内容： 研究农药行业场地异味物质的组成、衰减与释放机制；研制用于不扰动场地的高效、低毒、可生物降解的异味扩散控制功能材料；开发用于扰动场地的无毒无残留异味抑制剂；研发异味抑制及扩散控制的覆盖封闭技术；开

发场地土壤异味污染物原位清除与净化技术和装备。

考核指标：编制农药行业场地异味化学物质组成清单 1 份；开发出异味扩散控制材料和异味抑制剂各不少于 2 种，满足《工作场所安全使用化学品规定》要求；建立年生产能力不低于 3000 吨的异味扩散控制材料和异味抑制剂生产线各 1 条，生产成本不高于国际同类产品；场地土壤异味污染物原位清除与净化装备 1 套，国产化率不低于 90%；选择不少于 3 个农药行业场地开展示范性验证，施用异味抑制剂后距离暴露面 1.5 米空气异味物浓度降低 95%以上，单次喷洒异味有效控制时间不低于 12 小时，土壤中无残留抑制剂；施用异味扩散控制材料后异味扩散通量降低 85%以上，单次使用后有效时间不少于 7 天；原位清除后土壤中异味污染物浓度降低 85%以上；编制相关技术标准规范及指南不少于 3 项（被国家有关部门采纳和应用或征求意见稿）；申请国家发明专利不少于 10 件。

有关说明：建议由企业牵头，产学研联合申报。

4.7 大型复杂石化场地污染原位阻断与协同治理技术

研究内容：针对大型复杂场地有机污染物和重金属复合污染问题，研究场地污染物长距离传输规律；研发防止污染扩散的活性填充材料与可渗透性反应屏障技术；研发污染羽原位修复的长效缓释功能材料及技术；建立基于监测的污染物自然衰减指标体系与衰减效率评估方法；形成适用于大型污染场地原位修复的组合集成技术。

考核指标：编制石油化工大型污染场地的特征污染物清单 1 份；研发出活性填充材料不少于 3 种，长效缓释功能材料不少于 3 种，原位有效释放时间不少于 12 个月；活性填充材料及缓释材料生产成本低于国外同类产品 30%以上；开发出复合填料的渗透性反应屏障技术，场地特征性重金属和有机污染物去除效率 90%以上。建立污染物自然衰减的指标体系与衰减效率评估方法 1 套；选择面积不低于 30 公顷石化类场地，开展材料与技术示范性验证，修复后场地土壤特征污染物含量达到国家相关标准要求，地下水可安全利用；形成适用于大型污染场地原位修复技术集成与效能评估方法体系。编制相关标准规范和指南不少于 3 项（被国家有关部门采纳和应用或征求意见稿）；申请国家发明专利和软件著作权不少于 10 件。

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 西南有色金属选冶渣场影响区污染修复技术与工程示范

研究内容：研究西南典型有色金属选冶渣场及其影响区土壤-水体中重金属迁移与扩散通量；研发渣场影响区重金属污染应急保障技术；研究筛选选冶渣场重金属污染源头管控、植物萃取、原位阻隔与稳定化的成套工程技术；依据场地不同用途分级分区，建立有色金属选冶渣场及其影响区综合防治技术体系；集成渣场影响区污染源头管控-原位阻断-原位净化-区域管控技术体系，并进行规模化工程示范。

考核指标：构建云、贵、川、桂等西南有色金属选冶渣场影响区污染物传输扩散模型 1 套，预测误差低于 30%；研发有色金属选冶渣场地重金属钝化与污染阻断材料不少于 5 种，性能指标不低于国外同类产品先进水平，生产成本降低 30%以上；研发出污染防控空间信息系统 1 套；选择 2 个面积不低于 500 公顷的影响区开展工程示范，重金属输出通量减少 70%以上，场地修复后土壤安全利用率达到 90%以上；形成适用于西南矿区选冶渣场地影响区重金属污染防治集成技术方案和推广模式；编制技术标准或规范不少于 2 项(被国家有关部门采纳和应用或征求意见稿)；申请国家发明专利不少于 15 件。

有关说明：工程示范项目所在地政府需出具书面支持文件，承诺协调落实相关政策和经费配套措施；优先考虑综合防治先行区；鼓励产学研联合申报。

5.2 中南有色冶炼场地土壤-地下水协同修复技术与工程示范

研究内容：研究中南有色金属冶炼代表性场地土壤-地下水中重金属的赋存与分配规律；研制冷炼场地重金属吸附与钝化材料，研发活性隔离屏障阻控和生态重构技术；研选冶炼场地钻注-修复一体化装备；开发冶炼场地土壤-地下水污染的防渗、阻断、截获协同修复技术，并进行规模化工程示范；形成中南有色冶炼场地土壤-地下水协同修复技术方案与模式。

考核指标：研制出中南地区不同类型有色冶炼场地土壤-地下水重金属吸附与钝化修复材料不少于 4 种，重金属生物有效性降低 85%以上；研选出重金属扩散阻控和生态重构技术 1 套，形成冶炼场地土壤-地下水污染防渗、阻断、截获协同修复技术体系，重金属扩散通量降低 85%以上；选择不少于 3 类冶炼场地开展工程示范，工程总规模不低于 20 公顷，场地修复后土壤再利用率 80%以上，地下水达到安全利用水平；形成可复制推广的有色金属冶炼场地土壤-地下水污染协同修复技术方案 1 套，编制相关技术规范不少于 3 项（被国家有关部门采纳和应用或征求意见稿）；申请国家发明专利不少于 15 件。

有关说明：工程示范项目所在地政府需出具书面支持文件，承诺协调落实相关政策和经费配套措施；优先考虑综合防治先行区；鼓励产学研联合申报。

5.3 华东废旧电器拆解场地污染区修复技术集成与工程示范

研究内容：针对华东典型废旧电器拆解场地污染特征和土壤水文地质条件，研究典型场地及其污染区土壤-水体中有机污染物和重金属迁移过程及通量；研发筛选拆解场地及污染区源头阻控、原位稳定与分离、微生物降解、植物萃取和生态重建的组合式修复工程技术；集成拆解场地及其污染区污染物原位阻断-截获-稳定-净化修复技术体系，并进行规模化工程示范。

考核指标：揭示浙江、江苏、江西等华东废旧电器拆解场地有机污染物（多氯联苯、多溴联苯醚等）和重金属（镉、铜等）迁移规律，构建场地土壤-水体污染物传输扩散模型 1 套，预测误差低于 30%；研选出拆解场地及污染区适用性组合式修复工程技术不少于 3 项，污染物扩散通量降低 85% 以上，修复效能提高 30% 以上；选择 2 个面积不低于 15 公顷的典型拆解场地及污染区开展工程示范，场地修复后土壤安全利用率达到 90% 以上，地下水达到安全利用水平；形成华东废旧电器拆解场地及污染区污染修复集成技术方案和模式，并在综合防治先行区推广应用；编制相关技术规范不少于 3 项（被国家有关部门采纳和应用或征求意见稿）；申请国家发明专利不少于 10 件。

有关说明：工程示范所在地政府需出具书面项目的立项文件，承诺协调落实相关政策和经费配套措施，优先考虑综合防治先行区；鼓励产学研联合申报。

5.4 东北重工业区场地复合污染综合治理技术与集成工程示范

研究内容：针对东北典型重工业区复合污染问题，研究污染场地分类分级的方法和污染防控技术；开发有机污染物高效脱附降解净化技术；研究重金属分离、钝化为核心的可持续削减与防治技术；集成关键功能材料、先进技术及成套装备，构建重工业区场地复合污染土-水协同治理集成技术体系，并进行规模化的工程示范。

考核指标：建立东北重工业区复合污染场地分类与分级技术方法 1 套；筛选出复合污染场地适用性防控技术不少于 5 项；构建重金属分离与钝化技术 1 套，有机污染物脱附与降解技术 1 套，污染修复效能提升 30%以上；集成重工业区场地复合污染治理关键功能材料、先进工艺及成套装备，形成土壤-地下水协同治理技术体系；选择不少于 2 个典型重工业区开展场地复合污染治理工程示范，单个工程规模不少于 5 公顷，场地修复后土壤再利用率 80%以上，地下水达到安全利用水平；形成可复制推广的东北重工业区复合污染场地综合整治技术方案与模式；编制相关技术规范不少于 3 件(被国家有关部门采纳和应用或征求意见稿)；申请国家发明专利不少于 10 件。

有关说明：工程示范项目所在地政府需出具书面支持文件，承诺协调落实相关政策和经费配套措施；优先考虑综合防治先行区；鼓励产学研联合申报。

5.5 粤港澳大湾区污染场地安全利用保障技术与集成工程示范

研究内容：研究粤港澳大湾区不同使用功能的污染场地安全等级划分标准；研选场地土壤和地下水污染物高效分离、稳定、阻隔、降解等修复材料与技术，建立场地污染综合修复的技术集成体系；研究修复后场地再开发安全利用评估方法和监测技术；综合集成分类型污染场地再开发安全利用保障与监管技术体系，并进行规模化工程示范。

考核指标：提出粤港澳大湾区污染场地安全利用划分标准 1 套，建立污染场地环境监管平台 1 个；开发出污染场地修复、再开发安全利用评估方法和监管成套体系；选择不少于 2 个典型污染场地进行工程示范，单个场地面积 5 公顷以上，场地修复后土壤再利用率 80%以上，地下水达到安全利用水平；形成粤港澳大湾区场地再开发安全利用综合保障技术方案 1 套，并在大湾区推广应用；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。

有关说明：工程示范项目所在地政府需出具书面支持文件，承诺协调落实相关政策和经费配套措施；鼓励产学研联合申报。

5.6 长江经济带化工园区场地污染防治技术集成与工程示范

研究内容：研究建立长江经济带规模化工园区土-水-气同步立体监测系统；开发化工园区多介质污染扩散与环境质量变化模型；研究化工园区污染监管技术与方法，构建环境风险管理与预警平台；研选源头管控、污染阻断、应急处置等高效治理材料与技术，研发长江经济带化工园区污染综合修复技术与再开发安全利用评估方法；集成长江经济带化工园区场地环境污染分区分类防治技术体系，并进行规模化工程示范。

考核指标：构建在产化工园区土-水-气一体化立体监测

网与场地监管系统；开发出化工园区多介质污染扩散与环境变化模型 1 套，预测误差低于 30%；构建长江经济带化工园区场地污染风险管理、污染修复和再开发安全利用评估的成套技术方法体系；选择不同区域和类型的典型在产或退役化工园区不少于 3 个，进行工程示范，单个园区面积不少于 20 平方公里，场地修复后土壤再利用率 80%以上，地下水达到安全利用水平；形成可复制推广的长江经济带化工园区场地污染分区分类防治技术方案与模式；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 15 件。

有关说明：工程示范项目所在地政府需出具书面支持文件，承诺协调落实相关政策和经费配套措施；鼓励产学研联合申报。