

附件1

“大气与土壤、地下水污染综合治理” 重点专项2024年度项目申报指南

为推动我国生态环境质量持续改善，支撑美丽中国建设，国家重点研发计划启动实施“大气与土壤、地下水污染综合治理”重点专项（以下简称“重点专项”）。根据重点专项实施方案的部署，现发布2024年度项目申报指南。

本专项瞄准大气PM_{2.5}与臭氧（O₃）污染和土壤—地下水复合污染的科技前沿，以多目标和多污染物协同调控为抓手，阐明区域大气PM_{2.5}与O₃污染、场地土壤—地下水污染的形成机理及气土水污染的相互影响，研发环境多要素立体监测预警、污染源实时智能监管、污染物全流程高效协同治理、土壤与地下水复合污染绿色修复成套技术及装备，构建多学科跨行业精细化治理技术体系和产业化新模式，在典型区域和重点行业开展技术及工程示范，为基本消除重污染天气、实现大气PM_{2.5}与O₃协同控制和全面提升土壤与地下水安全利用水平提供关键科技支撑。

2024年度指南拟在监测监管技术、成因机理研究、治理修复技术、决策支撑技术和典型区域实践等5个版块部署23个研

究任务，拟安排中央财政经费4.27亿元。其中，拟部署12个青年科学家项目，拟安排中央财政经费3600万元，每个项目300万元。

本专项指南（青年科学家项目除外）要求以项目为单元整体组织申报，须覆盖所申报指南方向二级标题（例如1.1）下的所有研究内容和考核指标，项目实施周期为3~4年。除特殊说明外，每个指南方向拟支持项目数为1项，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名项目负责人，项目中每个课题设1名课题负责人。企业作为项目牵头申报单位，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2:1。“3.治理修复技术”版块的项目，其他经费（同上）与中央财政经费比例不低于1:1。“5.典型区域实践”版块的项目，其他经费（同上）与中央财政经费比例不低于3:1。

青年科学家项目不要求对指南内容全覆盖，项目实施周期为3年，不再下设课题，项目参与单位总数不超过3家。项目设1名项目负责人，项目负责人要求男性应为1986年1月1日以后出生，女性应为1984年1月1日以后出生。原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

每个指南任务原则上支持1项，特殊情况下，在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线

明显不同的情况时，可考虑支持2个项目。2个项目将采取“赛马制”方式分两个阶段支持。第一阶段完成后将对2个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

所有参加项目研究任务的单位和人员，须严格遵守《国务院办公厅关于印发科学数据管理办法的通知》（国办发〔2018〕17号）和有关文件要求，做好科研活动原始数据及其衍生数据的规范管理。

本专项2024年度项目申报指南如下。

1. 监测监管技术

1.1 多污染物跨圈层空天地一体智能观测技术集成与应用（共性关键技术类）

研究内容：综合集成陆基、海基、空基和天基等多种探测技术手段，突破多污染物跨圈层立体探测与原位观测技术；研发大气边界层—对流层—平流层全覆盖的臭氧、气溶胶廓线协同立体探测装备；突破海气界面与滨海湿地的高频物质通量跨大气、土壤、海表、地下水观测技术，构建湿地横向碳通量评估模型；开展全球范围臭氧廓线、典型挥发性有机物的每日多时段高分辨反演研究，在中国区突破国内外高低轨多源卫星联合的大气成分反演技术，实现覆盖全国区域、全天时的高时间分辨率反演；开发跨圈层多元数据时空融合与交互孪生技术，模拟再现不同环境条件污染物跨圈层传输和转化过程；在东部

沿海、西部生态脆弱区等地开展综合集成示范，实现多污染物多成分在大气、水和土壤等圈层中迁移转化观测，支撑构建统筹生态环境综合监测的科学范式与体系。

考核指标：近地面到平流层气溶胶与臭氧廓线探测系统，探测高度不低于30km，平流层垂直分辨率优于300m，时间分辨率10~30min，探测误差优于 $\pm 15\%$ 。海气界面及土壤地下水CO₂、CH₄通量测量系统，探测频率优于100Hz，海水溶解CO₂和CH₄测量精度分别优于0.1ppm和1ppb。建成湿地横向碳通量评估模型，模拟精度不低于75%。全球大气O₃廓线（垂直分辨率3km）、甲醛、乙二醛的空间分辨率5km，观测频次不低于每日2次；中国地区日夜连续O₃垂直廓线、氨气、过氧乙酰硝酸酯、甲酸产品的时间分辨率不低于2小时，空间分辨率不低于12km；O₃垂直廓线和对流层O₃反演误差优于15%（地基垂直遥感验证），氨气、过氧乙酰硝酸酯、甲酸反演误差优于20%。多元跨圈层数据融合和孪生产品包括主要大气污染物（气溶胶、SO₂、NO_x、NH₃、O₃、甲醛、乙二醛、过氧乙酰硝酸酯、甲酸等）和温室气体（CO₂和CH₄）浓度、排放与沉降通量以及跨圈层传输量，全球、中国、中东部区域水平分辨率分别为50km、3km、1km，实现每小时跨圈层天空地观测数据融合更新。集成陆基、海基、空基和天基等探测能力，在东部沿海、西部生态脆弱区等地开展跨大气、土壤、地下水碳循环观测等

不少于30天/区域的综合集成示范。核心技术自主可控，形成相应的技术规范。

关键词：大气污染物跨圈层探测，天空地一体技术集成，数据时空融合

1.2 基于生态环境大模型的土壤—地下水污染监测监管与风险预警体系（共性关键技术类）

研究内容：面向我国土壤与地下水快速精准监测监管的重大需求，构建国内外土壤与地下水监测预警及监管行业大模型特征和规律的知识库；研究面向土壤与地下水污染监测及风险预警的知识抽取表达与图谱构建技术；研发基于开闭源、多模态的土壤与地下水污染监测及风险预警的生成式人工智能大模型；研究人工智能和开闭源数据融合、具备多场景良好泛化能力的土壤与地下水污染监测及风险预警模型优化技术，并结合典型应用场景开展应用示范，形成基于大模型的土壤与地下水污染精准预测与应用于多种监管任务的综合解决技术方案。

考核指标：建立不少于5万个案例的土壤与地下水调查、监测、预警及监管等行业特征的智能知识库，并形成土壤与地下水领域不少于1亿个有效词组（Token）的语料库。开发专用的土壤与地下水案例数据标注辅助、多模态数据增强、训练数据提取与清理、监测点位与频率优化等工具包或核心算法4套。研发面向土壤与地下水污染监测及风险预警的知识图谱模型，

实体、关系、属性的准确率90%以上，相关信息覆盖程度大于80%。研发基于开闭源数据融合的土壤与地下水污染态势生成式人工智能大模型，具有土壤与地下水领域文献、舆情、报告、图像等多模态数据理解推理能力。开发土壤与地下水监测、监管与风险预警智能问答应用，自然语言交互准确率90%以上，行业知识问答准确率80%以上。选择典型城市或大型工业园区开展应用示范，与实测值相比，点位的土壤与地下水污染风险识别和污染物迁移预测结果一致率均大于80%且统计学差异不显著。辅助指导提升监测网优化监测频次或监测指标，相同采样频次下比未优化前节省50%采样成本。通过示范，完善优化应用系统，达到可工程化推广状态，并被省级及以上生态环境部门采纳。

关键词：大模型，风险预警，综合解决方案

2. 成因机理研究

2.1 大气污染物跨介质迁移转化机理及其地球系统环境影响（基础研究类）

研究内容：针对典型大气重污染区碳氮硫等主要大气污染物，重点突破冠层内外大气沉降通量和介质间交换通量精准测量技术，开展我国典型区域大气氧化剂和碳氮硫等的气—土—水跨介质综合观测；揭示大气氧化对大气沉降的非线性影响机制、大气污染物跨介质沉降、扩散、转化、排放等物理化学关

键过程机理及大气污染物沉降对环境影响机制；研制高分辨生物地球化学动力学模式，合理表征大气污染物在气—土—水多介质中迁移转化，并实现与地球系统模式的耦合；模拟跨介质交换对我国重点区域的大气污染生消过程及地球系统环境影响。

考核指标：重要碳氮硫污染物的气—土—水跨介质综合观测，包括森林、湖泊等2类典型陆地生态系统，观测时段需代表夏季和冬季，持续观测时间和有效数据不少1个月/类，提交完整的数据库，包括CO₂、CH₄等温室气体、O₃、NO_x、HONO、VOCs和NH₃等气态污染物的地气界面通量、大气O₃、NO_x、HONO、VOCs（不少于10种）、颗粒态碳氮硫化学组分（不少于5种）和气土水有机分子化合物（不少于15种）等。揭示大气氧化对大气沉降的非线性影响机制，大气污染物在气—水—土多介质及关键界面的物理化学等迁移转化过程机理，并实现参数化。高分辨碳氮硫生物地球化学循环动力学模式1套，可合理模拟气—水—土关键过程及生物地球化学过程的日变化规律，提供基于动力学过程的可快速计算、精度高的共享计算代码，使碳氮硫污染物在气—水—土介质中模拟的分辨率达到公里至百米级，时间分辨率达小时。实现与自主地球系统模式耦合，提交完整的模拟系统1套，核心技术自主可控。量化跨介质交换对地球系统环境影响，提交评估长期累积效应的报告1套。

关键词：生物地球化学动力学模式，大气污染跨介质传输，地球系统环境影响

2.2 土壤与地下水新污染物风险诊断与管控技术研究（基础研究类）

研究内容：针对我国典型化工园区及周边区域土壤—地下水中全氟类和抗生素类新污染物管控的重大需求，建立复杂水文地质条件和复杂土壤基质背景下新污染物高通量非靶向分析筛查技术体系；识别土壤与地下水新污染物种类、浓度、分布及其污染边界，揭示土壤与地下水两大类新污染物赋存形态与迁移转化机制；构建基于计算毒理预测和暴露实验的新污染物危害识别和毒性表征方法，研选具有潜在环境风险的优先管控新污染物；基于新污染物环境危害评估和暴露评估，建立典型化工园区及周边区域新污染物环境风险筛查技术体系和风险评估数据库，创制新污染物长效风险管控技术方案。

考核指标：开发出土壤与地下水全氟类和抗生素类新污染物非靶向筛查技术，建立2大类30种以上新污染物的危害属性和暴露参数基础数据库。形成场地新污染物环境暴露和风险诊断的量化评价方法，并确定2大类10种以上新污染物的环境风险阈值，形成场地新污染物风险诊断技术文件，被有关政府采纳或应用。针对全氟类和抗生素类新污染物污染场地，构建土壤与地下水长效风险管控技术体系。选择2个典型工业园区及

周边区域分别开展全氟类和抗生素类新污染物风险诊断与长效管控示范，单个场地面积 $>5\text{km}^2$ ，确定土壤与地下水新污染物风险水平，管控周期不少于6个月，达到土壤与地下水污染风险管控目标。

关键词：新污染物筛查，风险诊断，风险管控

3. 治理修复技术

3.1 有色冶金复杂废气多污染物低能耗高效协同治理技术及示范（共性关键技术类）

研究内容：围绕有色冶金（含再生有色金属冶金）高尘、高湿、高硫等复杂烟气及无组织排放废气的多污染物低能耗高效协同治理需求，重点研发高碱尘高湿烟气除尘脱硝耦合余热利用、大气量低浓度气态氟硫污染物协同治理、高硫高尘烟气多重金属梯级脱除与回收、高尘多污染物含能废气资源化利用、宽温度窗口高效低能耗脱硝、无组织排放低能耗治理等核心技术与装备，构建有色冶金复杂废气低能耗短流程深度净化方法，形成低能耗高效协同治理创新工艺及成套装备，并在国家大气污染防治重点区域内开展工程应用示范。

考核指标：在铝、铜锌、钛等有色冶金行业建立应用示范工程4项以上，单项工程处理能力 $\geq 80000\text{m}^3/\text{h}$ ，连续稳定运行2000h，铝、铜锌等冶金烟气中 $\text{PM}_{2.5}$ 、 SO_2 、 NO_x 排放浓度分别 $\leq 10\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $35\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $50\text{mg}/\text{m}^3$ ，其他废气污染物排放浓度

比国家标准特别排放限值降低20%以上，钛等冶金含能废气粉尘浓度 $<1\text{mg}/\text{m}^3$ ，杂质气体浓度 $<1\text{mg}/\text{m}^3$ ，符合化工原料气要求。吨金属生产无组织排放比例降低20%。脱硝系统在烟气温度 $80^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$ 保持稳定高效运行。废气污染治理系统运行能耗整体下降20%以上。废气治理技术成套装备自主化率高于80%。

关键词：有色冶金，梯级回收，多污染物低能耗协同治理

有关说明：本指南方向由企业作为项目牵头申报单位，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2:1。

3.2 化工园区减污降碳协同治理与技术集成示范（共性关键技术类）

研究内容：针对化工园区大气污染源种类多、排放呈间歇性或无组织、废气成分复杂、治理难度大等问题，研究园区物质流和能量流对大气污染物排放的影响，耦合园区生产工艺链、污染控制链和监测监管链，构建针对园区减污降碳协同治理的整体解决方案。重点研发生产工序的污染物源头减量、多污染物高效协同净化、污染物高效回收与资源化利用、全流程智能优化控制与能源梯级利用等耦合技术，形成挥发性有机物、卤化物、氨等污染物高效低能耗协同治理技术与装备，集成开发

复杂组分污染物和温室气体排放精细治理的园区减污降碳协同治理支撑技术系统及智能管控平台，并开展工程应用示范。

考核指标：在2个及以上典型化工园区实现示范应用，减污降碳协同治理的示范工程处理规模要代表并覆盖国家典型化工园区，挥发性有机物、卤化物、氨等污染物排放浓度比现有国家排放标准限值降低50%以上，且满足项目结题时的最新国家标准，污染治理系统整体运行能耗降低20%以上，并建立园区减污降碳协同治理智能管控平台，园区单位工业增加值污染物排放量下降30%以上、单位工业增加值碳排放量下降20%以上。编制园区废气治理技术指南（团体标准）不少于2项。

关键词：化工园区，多污染物高效协同净化，减污降碳协同治理

有关说明：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2:1。

3.3 大型枢纽港口减污降碳协同治理与技术示范（共性关键技术类）

研究内容：针对大型枢纽港口船舶、堆场、罐区、港区作业、货物集疏运车辆等全流程排放，评估各类大气污染控制技术（按工序、工艺）的有效性和协同减碳效果，开展实测验证；研发港区减排潜力和减排效果评估模型，研究构建减污降碳协同治理评估方法和指标体系，建立港口全流程减污降碳协同治

理技术方案库；突破集疏运车辆及港口船舶远程排放在线监测关键技术与装备，研究港口船舶监测设备组网技术，构建集港区重点源排放和港区及边界空气质量为一体的污碳高分辨智能化在线监测技术体系；研发干散货码头全流程粉尘高效智能联动控制、港作船舶全工况高效脱硝等技术；研发建立港区“监测—评估—预警—溯源—治理—反馈”的大气污染精准防控综合技术平台，研究港区分区域、分场景、分类型污碳减排优化提升方案，并在京津冀、长三角、珠三角等区域大型枢纽港口示范应用。

考核指标：适用于港作船舶的脱硝装置样机1套，作业工况NO_x排放满足第三阶段（Tier III）标准。开发港口治理技术减污降碳协同性综合评估工具1套，编制覆盖不少于10种减污降碳全流程治理关键技术推荐清单。开发集疏运车辆、港口船舶排放远程在线及港口综合立体监测设备及系统不少于4套，其中构建集疏运车辆高排放精准管控业务化系统1套，实现典型港区和重要进出港通道国六标准集疏运车辆覆盖率不低于80%、高排放预警准确率不低于90%；船舶黑烟智能抓拍系统1套，准确识别率不小于95%，黑度误差<0.2级；港口LNG动力船甲烷逃逸在线监测与立体遥测样机1套，逃逸率精度不低于0.1%；港口颗粒物（PM_{2.5}、PM₁₀、TSP）立体监测装备及系统1套，扫测分辨率不低于7.5m，精度不低于95%。建成港区污

染溯源及空气质量业务化在线监测系统，大气污染监测网络实现高分辨率智能化监管。建立港区综合大气污染精准防控智慧决策平台，构建集疏运车辆新能源化成本效益模型，形成集疏运车辆新能源化转型综合方案。在京津冀、长三角、珠三角等区域3个大型枢纽港口开展示范应用，构建港口减污降碳协同治理综合方案，形成港口减污降碳协同治理技术指南、规范不少于3项，被行业部门或地方采纳。

关键词：港口，减污降碳协同治理，立体监测与综合治理，高排放精准管控，全流程闭环管控，低碳转型，示范应用

有关说明：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2:1。

3.4 近零排放汽油车及油电混合车后处理关键技术及集成（共性关键技术类）

研究内容：研发面向未来汽油车、油电混动车近零排放控制技术体系，重点突破后处理催化材料（三效催化剂、电加热催化剂、氨氧化催化剂等）、高目数超薄壁载体、小孔径与超高捕集率颗粒捕集器、冷启动/混动车发动机频繁启停等过渡工况和实际行驶条件下污染物排放（RDE）控制技术、燃油蒸发控制技术以及系统集成技术，实现自主可控汽油车、油电混动车排放控制技术产品的规模化应用。

考核指标：满足未来温室气体排放法规限值的前提下，近零排放控制技术使汽油车主要污染物排放为国VIb限值的基础上降低50%，并满足RDE的排放要求。实现至少两类典型技术路线混动车的近零排放控制技术示范应用。规模化应用的后处理装备自主化率高于70%，实现100万台满足国VIb标准的整车应用。

关键词：汽油车，油电混动，近零排放，实际行驶条件下污染物排放控制

有关说明：本指南方向由企业作为项目牵头申报单位，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2:1。

3.5 地下水污染风险管控与绿色低碳修复关键技术（共性关键技术类）

研究内容：围绕我国地下水复合有机污染环境风险有效管控与减污降碳协同的绿色修复的重大需求，研究地下水复合有机污染修复全过程的碳排放效应，揭示地下水复合有机污染风险管控与绿色修复协同机制；研发绿色长效缓释材料，建立低碳风险管控与绿色修复协同模式；研究多场耦合强化传质与低碳修复技术，开展低碳模式的风险管控与绿色修复技术验证与示范应用。

考核指标：建立复杂介质地下水有机污染物传输与碳排放量化模型，识别出碳排放通路与关键限制性因子。研发出复合有机污染地下水低碳释放的绿色长效缓释修复材料，长效缓释性能和修复效能比同类材料提高30%以上，生产成本降低30%以上；开发出多场耦合强化传质、风险管控与低碳修复技术体系，并选择典型地下水污染管控区，开展工程规模化应用示范，示范面积不少于20hm²，与国际同类技术相比，碳释放通量减少50%，与现有技术相比，工程应用成本减低30%，有效管控地下水污染风险，实现地下水环境安全。形成先进可实施的低碳排放与绿色修复技术方案，得到推广应用。

关键词：地下水污染，风险管控，绿色低碳修复

3.6 大型金属矿区污染场地精准管控与治理关键技术（共性关键技术类）

研究内容：针对我国大型金属矿区场地环境复杂、复合重金属污染突出、管控与治理难度大的问题，研究大型金属矿区场地复合重金属污染源一径一汇的天空地一体化检测与精准诊断方法，构建基于水文—生物地球化学过程的矿区重金属排放通量模型；建立复合重金属污染风险分区分类分级评估技术体系，研发复合重金属污染源头管控和绿色低碳修复技术；研究建立大型金属矿区复合重金属污染智慧管控模式与决策系统，创建矿区土壤与地下水多介质全过程协同治理技术体系；选择

典型大型金属矿区开展应用示范，形成可推广可应用的治理模式。

考核指标：形成大型金属矿区场地复合重金属污染精准溯源与通量核算方法，方法误差 $\leq 5\%$ ；建立大型金属矿区场地污染分区分类分级方法，并应用于我国大型金属矿区污染防控与管理。开发绿色低碳复合重金属污染源头管控、多介质污染协同治理创新技术不少于3项，构建出大型金属矿区污染场地精准管控与协同治理技术体系，选择2个以上典型大型金属矿区开展工程规模的应用示范，单个示范面积不低于 10km^2 ，源头重金属释放通量降低80%以上，碳释放通量较同类技术减少50%，单位面积修复成本降低30%以上，治理后土壤与地下水环境质量满足安全利用要求。形成我国大型金属矿区场地污染分区分类分级精准防治方案，编制相关技术文件，被有关政府部门采纳或应用。

关键词：大型金属矿区，多介质协同治理，精准管控

有关说明：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2:1。

3.7 地下水污染物跨介质传输观测与多界面阻控技术（共性关键技术类）

研究内容：针对地下水系统污染物跨介质复杂传输和高效阻控问题，解析跨介质关键界面污染物传输机制，揭示多尺度

跨介质污染扩散界面行为；构建地下水污染物跨介质扩散多维复杂大型仿真与立体观测系统，研发跨介质污染行为的高精度刻画现代数字系统；研究污染物跨介质扩散的多界面协同阻控技术，开发具有协同阻控功能的修复材料，突破阻控材料协同的技术瓶颈，开展示范性验证与应用。

考核指标：完成污染物跨介质传输多维多要素大型仿真与立体观测系统设计、建设与运行，具备跨介质模拟、多维感知、复杂系统响应等功能，实现不少于6个月的系统连续有效运行。构建出复杂跨介质多界面污染过程现代数字模拟系统，突破数据转换、结构优化、核心算法等关键技术瓶颈，具有高精度多维刻画污染物跨介质扩散能力。开发出功能协同的跨介质多级阻控创新性材料与技术，与国际同类材料与技术相比，性能提高50%以上，实现创新性材料规模化生产和推广应用。选择典型地下水污染场地，开展规模化工程应用示范，示范面积不少于10hm²，污染扩散通量降低90%以上，实现地下水环境风险有效控制。

关键词：跨介质传输，现代数字系统，多级多界面协同阻控

4. 决策支撑技术

4.1 重点行业低碳超低排放改造关键技术集成与示范（共性关键技术类）

研究内容：针对钢铁、焦化、水泥等重点行业超低排放改造与低碳发展的需求，系统调研行业全链条低碳超低排放改造技术及措施，实测和评估不同技术路径下NO_x、VOCs、氨逃逸、可凝结颗粒物（CPM）及CO、CO₂等多污染协同控制成效，研究建立多工序基于“源头物料调控—过程节能控制—末端低碳治理—碳污智慧管控”的全过程低碳超低排放治理技术数据库；构建成本、能耗、环境效益等多目标约束条件下的碳污协同减排评价指标体系和评价方法，评估重点行业全过程低碳治污技术碳污协同效益；优化集成关键工序低碳超低排放改造关键技术，提出重点行业全链条低碳超低排放改造建议方案，开展典型企业低碳超低治理集成技术示范应用，提出相关技术指南和规范。

考核指标：构建钢铁、焦化、水泥等重点行业全链条绿色低碳超低排放改造关键技术数据库，已应用技术不少于300条，完成不少于30家典型企业的 NO_x、VOCs、氨逃逸、CPM及CO、CO₂排放浓度现场检测，形成重点行业全链条污碳协同治理技术评价指标体系与优化评价方法；提出不少于5个重点行业全链条低碳超低排放改造建议方案，开展不少于10个工序的低碳超低排放改造集成技术示范，每个工序超低排放改造后碳排放减少10%以上；形成重点行业全链条低碳超低治理技术指南或技术规范不少于3项，被行业部门采纳。

关键词：重点行业，低碳治理，超低排放，技术集成

有关说明：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1:1。

4.2 全国空气质量协同调控原理与关键技术体系示范（共性关键技术类）

研究内容：针对美丽中国建设和2030年碳达峰的重大需求，聚焦大气PM_{2.5}与O₃污染防治的科技前沿，提出国家—区域—城市空气质量协同调控原理和系统治理思路，阐明“四大转变”过程中多污染物多尺度跨圈层的相互作用机制，构建污染实时监测预警、成因精细解析、排放低碳治理和过程精细调控等关键技术体系，创建业务化和产业化新模式，开展多学科跨行业污染治理应用示范。在一个大气框架下，进一步聚焦PM_{2.5}、O₃、温室气体及毒害污染物协同防控，以大气自净力为主线，剖析各类环境问题的融合机制及全球变化的影响规律，探索区域空气质量改善与国际履约的内在关联，研判大气环境系统治理的重大问题、关键挑战和科技需求，提出大气污染和全球变化协同应对方略和协同治理方案，构建国际科技合作新架构，推进绿色技术创新技术在“一带一路”沿线及“东盟”国家的推广应用。

考核指标：建成监测监管、污染成因、低碳治理、决策支撑和区域实践等5个关键技术平台，在国家和区域开展示范，

有效支撑“十四五”基本消除重污染天气和区域臭氧与PM_{2.5}双降。形成全国各典型区域空气质量协同管理与多学科跨行业精细化治理技术体系，出版系列专著并发布蓝皮书及在国际刊物发表系列综述性文章，提交成套展示系统（演示软件、宣传册、视频、展板或沙盘）。厘清一个大气框架下各类环境问题的内在关联及多尺度协同调控原理，明确国家—区域—城市大气PM_{2.5}和O₃的相互关系与各类前体物减排的技术路线，提出大气污染与全球变化协同应对方略和“十五五”大气环境领域科技创新路线图，召开与发达国家和“一带一路”沿线国家等参与的高端国际学术研讨会至少2次，提交协同解决全球—国家—区域大气环境问题的战略对策咨询报告1份，并向党中央、国务院和生态环境部报送3份以上政策建议。

关键词：五个协同，空气质量调控，关键技术平台，低碳治理，消除区域重污染，国际合作，战略布局

4.3 强渗透性地层污染扩散优势通道识别与风险管控技术体系（共性关键技术类）

研究内容：针对强渗透性地层污染物快速迁移扩散引起的地下水污染风险和环境危害，研究建立强渗透、非均质地层优势通道高精度识别方法，解析污染羽流扩散与迁移动力学机制；构建污染物扩散通量评价模型，高精度量化多维空间污染物扩散通量；研究污染快速扩散实时监测与风险预警技术，研发控

源一截获一净化高效协同的污染通量削减与污染风险管控技术体系；选择典型区域开展技术集成与应用示范。

考核指标：界定我国岩溶强发育区等强渗透地层类型，提出具有指示性的渗透性能分类指标；形成高精度刻画地下水污染扩散优势通道多维度识别方法，刻画精度达到厘米级。建立强渗透、非均质地层污染迁移扩散通量评估模型，时间步长 ≤ 12 小时，示范性验证的预测误差 $\leq 20\%$ 。建立污染快速扩散实时监测与风险预警响应系统，形成控源一截获一净化高效协同污染风险管控技术体系，开展工程规模的示范应用，示范面积 $>100 \text{ hm}^2$ ，连续运行时间不少于6个月，监测预警特征指标不低于10项，响应时间 ≤ 24 小时，污染物扩散通量降低95%以上，且达到地下水风险管控目标。编制相应的技术文件，被有关政府部门采纳或应用。

关键词：非均质地层，污染扩散机制，长效管控

4.4 地下水水源地环境安全与可持续利用技术体系（共性关键技术类）

研究内容：针对水源地环境安全与可持续利用的关键技术问题，研发大型地下水水源地含水系统水位、水质、水量动态耦合数值模拟预测技术，构建地下水可持续利用评估技术体系；识别地下水水源地环境风险要素，构建基于地下水可持续利用的环境风险筛查与分级防控技术体系；建立多要素约束下的水

源地地下水环境安全利用模式，选择不同类型的大型地下水水源地，开展环境安全评估与可持续利用技术集成示范。

考核指标：选择存在污染风险的孔隙型、岩溶型、裂隙型地下水水源地（其中孔隙型和岩溶型地下水水源地日开采量不少于 50000m^3 ），建立水位、水质、水量动态耦合的数值模拟模型和多目标模拟优化模型，模型识别和检验的误差均小于10%，形成地下水水源地可持续利用决策支持系统，且应用案例不少于3项。基于经济社会、资源环境、生态安全多重约束，建立地下水水源地污染风险筛查与饮用水源安全的定量评价及分级防控技术体系。选择3类典型区开展集成示范应用，示范验证1年以上，实现地下水污染风险有效管控，地下水源地可持续开采，形成多要素约束的地下水源地环境安全的可持续利用方案，并编制相关技术文件，被有关政府部门采纳或应用。

关键词：大型地下水水源地，饮用水源安全，可持续利用

4.5 场地复合污染健康风险评估方法（共性关键技术类）

研究内容：针对我国重点行业场地复合污染健康风险评估方法缺失的问题，筛选包括重金属复合、有机一无机复合、不同类型有机污染物复合的典型场地复合污染及其健康风险暴露场景，解析复合污染过程及其健康风险暴露剂量与途径；研究复合污染物的联合健康效应，定量确定健康危害与复合污染物各自浓度的响应关系，构建复合污染暴露剂量一效应关系；分

析污染物复合效应作用机制、作用靶点与暴露途径间的耦合关系，建立场地复合污染健康风险定量评估与预测方法；选择典型高风险复合污染场地，开展健康风险评估方法示范。

考核指标：筛选我国场地复合污染高风险场景不少于5个，阐明各复合暴露情景下的关注污染物组分、暴露途径及健康效应靶点。选择不少于3组典型高风险复合暴露污染物，分别建立复合污染剂量—效应关系模型。探明污染物综合暴露复合效应作用机制，建立作用靶点与暴露途径间的耦合关系，形成我国场地复合污染过程模型及综合暴露健康风险评估与预测模型，在不少于3个复合污染场地开展应用示范，精准刻画出示范场地复合污染健康风险水平。基于复合污染健康风险制定的场地修复、管控目标及其技术文件被主管部门采纳。

关键词：场地，复合污染，健康风险评估

4.6 场地土壤与地下水污染综合治理技术体系（共性关键技术类）

研究内容：针对场地土壤—地下水污染分布异质性强、修复管控需求差异大、单一技术难以解决等难题，梳理与凝练重点专项监测监管与治理修复技术；研究建立综合治理技术、材料与装备评估标准体系和绿色创新治理模式；研究形成污染修复—污染阻控—风险管控综合治理技术原理与方法体系，创制综合治理技术、材料、装备等工程化应用系统；研究建立污染

风险防控与预测预警技术体系，形成土壤健康综合评估指标体系与评估技术，并在典型区域开展技术综合应用示范。

考核指标：凝练重点专项监测监管与治理修复成果各3项；建立风险防控与治理技术评估方法，形成评估标准5套（征求意见稿），提出综合治理技术体系与创新模式；建立场地污染综合治理与安全利用成套技术库；建立高效精准监测监管、绿色可持续修复与风险管控智慧决策系统，政府采纳或推广应用；选择长三角、珠三角、黄河流域等典型工业集聚区、产业集群区，研究制定土壤—地下水污染综合治理与安全利用系统解决方案，场地土壤安全利用率95%以上，地下水水质达到安全利用水平，治理总体能耗降低30%以上；提出土壤健康综合评估指标体系与技术方法1套，编制我国场地土壤—地下水污染防治战略路线图，并得到国家相关政府部门批复或采纳。

关键词：绿色创新治理模式，综合治理体系，标志性成果

5. 典型区域实践

5.1 京津冀及周边地区空气质量持续改善治理技术集成示范（应用示范类）

研究内容：面向京津冀及周边地区“2+36”城市空气质量持续改善、基本消除重污染天气的需求，以京津冀及周边的晋鲁豫蒙为研究区域，综合运用外场观测、数值模拟等手段，揭示PM_{2.5}关键组分与O₃污染的相互作用机制，科学研判PM_{2.5}污染

的时空演变规律与污染成因，阐明其主要来源和区域传输影响，量化京津冀及周边晋鲁豫蒙连接区以城市为单元，按日、分行业PM_{2.5}和O₃来源和相互影响；构建PM_{2.5}、VOCs、NO_x、NH₃等主要污染物的近实时精细化排放管控融合清单，突破空气质量模型融合人工智能等技术，研制区域污染过程管控评估精细溯源预报系统；开展钢铁、焦化、建材等重点行业PM_{2.5}、VOCs和NO_x等深度治理技术适用性评估，提出基于区域协同控制下的重点行业创A技术提升方案，开展传统产业集群综合治理、农业NH₃排放与治理、区域清洁采暖效果评估研究，提出区域传统产业集群综合治理、NH₃排放治理及清洁供暖稳定持续运行政策建议；聚焦机动车排放控制系统自国六排放标准实施以来被人为篡改、屏蔽、失效等问题，研发智能化的机动车超低排放控制系统失效识别诊断工具包，形成适合我国国情的机动车排放失效监管关键技术，系统构建可支持环境管理和现场执法监管的技术体系；构建重污染天气应对效果评估体系，优化京津冀与周边拓展区域的联防联控机制，构建区域空气质量持续改善和基本消除重污染天气目标约束下的协同防控精细化管理技术方案，并在京津冀晋鲁豫蒙七省（市、自治区）开展应用示范。

考核指标：更新完善区域PM_{2.5}、VOCs、SO₂、NO_x等污染物排放清单1套，时间序列2013~2025年，空间分辨率1km，

近实时清单更新频率不低于1天。区域污染过程调控溯源评估实时预报系统，PM_{2.5}和O₃等主要污染物预报准确率不低于80%，有机物、硝酸盐、硫酸盐等PM_{2.5}主要组分浓度相对误差小于30%，溯源至园区和重点源。构建区域典型大气污染传输通道的立体观测数据集一套，量化京津冀及周边晋鲁豫蒙连接区以区县为单元，按日、分行业PM_{2.5}和O₃来源和相互影响。提出研究区域重污染应对分级管控清单，要求适用于区域治理现状、不少于4个重点行业和领域PM_{2.5}、VOCs、NO_x协同治理创A技术提升方案。提出传统产业集群综合治理实施方案、京津冀农业NH₃排放治理技术方案和成效评估方法、清洁供暖评估与持续稳定运行方案。形成机动车超低排放控制系统失效识别工具包，软件通过第三方评估，识别准确率超90%，区域监管方案在京津冀区域推广应用，成效获生态环境部大气环境司认可。构建重污染天气应对效果评估体系，包括社会活动水平评估、减排量化核算、不落实线索推送等；建立应急减排与空气质量的关系，提出区域PM_{2.5}持续改善、基本消除重污染天气的精细化管治技术方案，形成相关优化机制、管控路径和联合减排政策建议3~5份，获生态环境部和地方生态环境管理部门采纳。

关键词：京津冀及周边拓展区，精细化融合清单，预警预报，成因机理，治理与监管，精细化管治技术方案

5.2 天山北坡城市群大气污染防治支撑技术集成示范（应用示范类）

研究内容：以天山北坡城市群基本消除重污染天气、空气质量持续改善等为重点，构建区域天—空—地立体动态综合观测体系，开展天山北坡坡地—峡口独特地形下特殊气象条件对区域PM_{2.5}重污染形成机制研究，量化重污染形成主要驱动力；建立基于深度学习和大气模拟耦合的多源数据融合的空气质量实时预报技术方法和业务化系统，提升区域重污染过程仿真、溯源和预警预报能力；评估重点行业多污染物深度减排及监管成套技术适用性，优化区域重点行业、领域和重点园区重污染应对分级管控及结构调整方案，提出区域低碳转型和清洁发展路径；集成经济、社会、能源、环境、气象等多源多模态数据，研发区域大气环境管理智能数字信息和决策支撑平台；研究打破兵一地和州一市行政边界和部门壁垒的区域大气污染防治联防联控优化机制，提出“双碳”背景下天山北坡城市群冬季重污染天气消除和中长期空气质量改善路径。

考核指标：建立天山北坡地区重点城市群逐小时、公里级立体观测数据集1套，时间覆盖2个秋冬季，实现污染过程三维立体重现；提出独特地形下区域PM_{2.5}重污染生成的气象条件评估指数，并应用于区域大气PM_{2.5}重污染过程精细化预警预报；区域大气重污染5~7天预报准确率不低于80%，其中溯源

预报至园区和重点源，技术被相关业务部门采用。建立区域动态更新的高时空分辨率污染源排放及管控清单一套，重点源时间滞后不超过3个月，其中工业源全部实现点源，面源空间分辨率达到公里级；提出区域重点领域/行业多污染物协同深度治理技术、应急管控措施库1套，并提出相应监管技术指标1套，区域产业监管及低碳发展方案不少于5份。大气环境管理智能决策数字信息平台实现质控、成因、溯源、监管等业务化运行，被自治区生态环境厅采用。提出复杂地形下兵一地大气污染联防联控机制优化、基本消除重污染天气综合解决方案、区域空气质量持续改善方案等政策建议3~5份，被自治区、兵团等省级政府部门采纳应用。

关键词：天山北坡，峡口地形重污染气象影响，重点领域深度治理，地方与兵团联动联控机制

5.3 湘赣鄂区域滞留型大气污染综合治理技术与应用（应用示范类）

研究内容：选择湘赣鄂区域滞留型污染过程，开展区域天地空多要素综合立体外场观测，揭示区域 O_3 和 $PM_{2.5}$ 污染生消过程和滞留机制，明确区域和城市的污染成因，定量解析人为源与天然源排放、本地排放与区域传输、化学转化与气象过程的贡献，厘清鄱阳湖、洞庭湖等丰枯性大湖对区域 $PM_{2.5}$ 和 O_3 生成、传输和滞留作用；围绕长沙、南昌、武汉等城市空气质

量改善目标，构建适合湖陆交错复杂下垫面的区域高精度监测分析与环境模拟预报系统；创新污染传输贡献和污染减排主体责任的量化评估方法，构建滞留型区域重污染联防联控应对技术业务化体系；提出消除重污染天气和空气质量改善联合减排技术方案并开展示范应用。

考核指标：定量解析湘赣鄂区域 O_3 和 $PM_{2.5}$ 污染的行业和区域来源，获得不利气象条件下 O_3 和 $PM_{2.5}$ 污染的本地和区域贡献量，解析精确到各级行业、精细到重点源、精准到污染过程。区域高精度环境模拟系统水平分辨率达1km，对滞留型污染过程持续时间和污染程度模拟准确度超80%，14天区域污染过程预报准确率超90%。区域重污染天气联合应对技术体系，集成监测分析、预报预警、成因分析、应急调控、效果评估等功能，联合应对技术体系示范运行不少于1年，在长沙、南昌和武汉实现业务化，并被省级生态环境部门采用。提出湘赣鄂滞留型污染区域防治方案，形成 $PM_{2.5}$ 浓度持续降低、消除重污染天气管控路径、应急联动机制和联合减排政策建议2~3份，被湖北、湖南、江西省政府采纳应用。

关键词：湘赣鄂区域，滞留型大气污染，重污染天气消除，区域联防联控

5.4 中原城市群重污染精准溯源与多污染物协同治理（应用示范类）

研究内容：以中原城市群及鲁皖豫交错带 $\text{PM}_{2.5}$ 和 O_3 协同管控和空气质量持续改善等为重点，开展太行山大地形和南北气候交汇下大气重污染过程闭合观测试验，揭示区域大气氧化性和活性碳氮组分特征、演变规律和作用机制；开发企业—园区—交通智能监管技术，构建VOCs多组分、 NO_x 、HONO、 NH_3 等主要前体物天然和人为源融合动态排放和管控清单，研发融合人工智能（AI）的区域空气质量高精度模拟和溯源业务化系统，定量评估局地生成与区域传输、人为源与天然源排放的贡献，估算 $\text{PM}_{2.5}$ 和 O_3 协同控制的环境容载量；研发工业企业与园区智能监管技术，开展重点行业和民用排放减污降碳协同治理技术与减排潜力评估，提出低碳减排方案；集成工业VOCs全过程精细化治理技术和高效农牧业氨排放控制技术，在典型工业园区和典型地区示范；提出区域绿色低碳转型和空气质量持续改善的协同技术方案，支撑 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度快速下降和区域空气质量尽早达标。

考核指标：阐明区域污染高排放、复杂地形和气候交汇条件下大气氧化性和二次污染物的耦合机制，包括 O_3 、活性强氧化性物质、自由基等与 $\text{PM}_{2.5}$ 二次组分的响应关系和不少于4种活性碳氮组分与有机气溶胶生成新机制，形成模拟参数化方案，并应用于空气质量数值模型模拟，完成至少5个重污染过程主要二次组分浓度模拟，误差小于30%。建成大气 $\text{PM}_{2.5}$ 和 O_3 复合

污染快速精准溯源与评估诊断业务化系统1套，逐小时来源解析的空间分辨率不低于3公里（包括城市、乡镇和不少于20个行业及天然源），每日PM_{2.5}和O₃环境容载量落实到城市与区县，实现联防联控减排效果在线评估，在省级环境部门得到应用，业务化运行不少于1年。形成重点源VOCs多组分、NO_x、HONO和NH₃等主要污染物动态排放清单1套，时空间分辨率达到1km和1天。工业企业与园区智能监管技术对污染排放异常值的感知准确率不低于80%，响应时间达到小时级，业务化运行不少于1年。构建煤电、钢铁、有色、建材、化工五大行业和民用燃烧源多污染物协同治理技术体系，减排潜力数据库包含从源头到末端处置的分工序多参数治理技术与措施，数据不少于600条。在典型工业园区（含企业10家以上）VOCs治理技术示范1年，综合减排效率不低于85%。农牧业氨排放高效控制技术集成示范1年，其中：典型农田示范面积不少于2000亩，氨排放量降低30~40%；规模化养殖企业示范不少于2个，氨排放量降低40%以上，示范成果在行业得到应用。区域空气质量达标及污碳协同减排技术方案被省政府采纳应用。

关键词：中原城市群，鲁皖豫交错带，PM_{2.5}和O₃协同防治，污染源智能监管，VOCs/氨减排技术与示范

5.5 在产石化企业场地污染管控与修复技术集成及示范（应用示范类）

研究内容：针对在产石化企业污染管控与修复的重大需求，开发特征污染物渗泄漏实时快速、高灵敏度智慧感知技术与平台；开发高精度、无扰动的企业场地土壤和地下水污染羽刻画与污染溯源技术方法体系；研选高效的土壤和地下水污染原位阻隔与修复材料及技术，构建场地污染羽原位阻隔与修复体系；选取大型在产石化企业，构建土壤和地下水污染智慧感知平台与管控修复系统，开展技术集成与应用示范。

考核指标：研制在产石化企业场地地下管网与储库等渗泄漏检测关键技术与装备，探测精度 $\leq 1\text{m}$ 。形成渗泄漏多维监测与智慧感知系统，且应用案例不少于5项。研发企业场地高精度有机污染羽精细刻画技术，精度达到亚米级。构建在产企业场地土壤和地下水有机污染快速、精准溯源方法体系，溯源精准度 $\geq 95\%$ 。研选场地污染高性能新型原位阻控与修复材料与技术方法6种以上，与同类材料与技术相比，修复效率 $>30\%$ ，修复成本降低 $>30\%$ 。构建场地污染原位阻隔、修复与水动力屏障系统，污染物阻隔和净化率 $\geq 95\%$ 。选择大型在产石化企业，开展土壤和地下水污染溯源与管控修复技术集成示范，示范总面积 $>100\text{hm}^2$ ，污染空间规模缩小80%以上，地下水污染羽扩散风险可控，地下水达到安全利用标准。形成在产石化企业污染场地土壤和地下水风险管控修复技术路线图，编写石化

企业场地土壤和地下水污染调查评估与管控修复技术指南，被省级及以上生态环境部门采纳并推广应用。

关键词：在产石化企业，智慧感知，管控修复

5.6 西北旱区土壤微塑料污染生态风险与管控技术及应用示范（应用示范类）

研究内容：针对西北旱区土壤微塑料污染生态风险与防控的重大需求，构建土壤基质中微塑料筛查与精准识别及其质量控制技术，明确微塑料的污染特征和时空分布规律，建立土壤微塑料全要素时空数据库；开展微塑料与土壤—生物—环境系统的互作过程与机制研究，建立微塑料污染对动植物的剂量—效应关系，构建生态风险评估模型和指标体系；研发绿色低碳的土壤微塑料消减与控制技术，在典型污染区开展示范应用，形成西北旱区土壤微塑料污染的精准筛查、识别与管控系统解决方案。

考核指标：建立适用于西北旱区土壤中微塑料（ ≥ 10 种）分离与鉴定技术3项以上，识别率大于90%，研制土壤中微塑料质量控制标准样品1套，建立土壤微塑料污染全要素时空数据库，包含5个以上典型区域，大于2000个样本点。研发微塑料生态风险评估技术方法，开发出微塑料生态环境风险预测模型。研发土壤微塑料全生命周期管控技术体系，选择3个以上典型区域开展示范应用，面积不少于5km²，揭示出土壤微塑料

含量（数量与质量）及粒径分布，确定微塑料生态风险水平，土壤微塑料含量与风险降低30%以上。编制农用地膜安全利用与全生命周期管控技术规程，并被有关部门采纳或应用。

关键词：西北旱区，微塑料，全生命周期，风险评估

6. “青年珍珠链”项目（青年科学家项目）

6.1 大气复合污染追因与治理前沿技术（基础研究类）

研究内容：针对大气污染协同控制原理与精细化治理技术体系中原创性理论创新比重小、核心瓶颈技术突破慢等问题，以多污染物多介质交互作用为主线，研究多污染物跨介质不同环境问题相互关联和深度融合的核心科学问题，突破高精监测预警技术和尖端治理技术瓶颈，探索多污染跨介质综合治理的新思路。

高精度在线探测技术：大气含氟温室气体关键组分垂直廓线同步遥感探测技术，实现关键组分高时间分辨率的连续稳定准确遥感观测；烟气污碳协同在线监测技术研发，包括VOCs、NH₃及CO₂等组分精准化识别和原位传感技术。

来源成因核心原理：污染物跨介质溯源模拟技术，突破多尺度自适应双向耦合技术和多元同位素解析技术；亚热带及超低排放地区大气污染形成机制及调控原理，阐明天然源和人为源关键成分相互作用机制机理，定量本地、区域和跨境输送影响。

前沿治理技术：氢氨内燃机近零排放控制关键材料与技术，开发多污染物协同催化控制净化新技术，提出适用于氢氨（氢、氨、氨氢双燃料）内燃机的近零排放控制技术路线；甲醇内燃机排放控制关键技术与材料，建立百公斤级的小试合成设备，提出针对甲醇燃料不同燃烧方式的后处理技术路线，满足机动车国VIb排放标准。

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，在大气污染高精监测预警技术、来源成因核心原理、跨介质迁移扩散溯源模型、尖端治理技术前沿等方面取得原创性的基础理论和技术创新引领。

拟资助项目数：不超过6项，其中高精度在线探测技术2项、来源成因核心原理2项、前沿治理技术2项。

6.2 土壤与地下水新污染物全生命周期环境效应与碳足迹（基础研究类）

研究内容：针对场地土壤与地下水中全氟化合物、短链氯化石蜡、酞酸酯类等未定标新污染物全生命周期环境效应认识的不足，研究新污染物多组分、多过程、多介质与多尺度土壤—地下水迁移扩散模型；解析化学—生物耦合下的新污染物降解机制及中间产物，评估土壤与地下水中耦合“污染源—迁移—扩散—降解—受体”的新污染物全生命周期生态风险；研究基于生态系统碳排放影响评估的土壤与地下水新污染物碳足迹。

考核指标：聚焦关键科学难题，在土壤与地下水新污染物全生命周期环境效应等方面取得原创性成果，创建新污染物土壤—地下水迁移扩散预测模型，提出土壤与地下水系统中10种以上新污染物全生命周期的生态风险及碳足迹。

拟资助项目数：不超过3项。

6.3 土壤与地下水新污染物防控材料与技术（共性关键技术类）

研究内容：针对场地土壤与地下水中全氟化合物、短链氯化石蜡、酞酸酯类等新污染物治理修复的关键技术难题，研发场地土壤新污染物绿色高效降解材料与技术；研发地下水原位低碳修复材料与技术；开发农田土壤新污染物高效富集与定向无害化转化材料及技术，研究修复材料与技术长效性及安全性评价技术指标。

考核指标：聚焦关键问题，在土壤与地下水新污染物高效修复材料、绿色修复技术等方面取得原创性成果，创制土壤与地下水全氟化合物等新污染物高效选择性修复材料3种以上，在保持土壤与地下水生态功能的前提下实现新污染物高效选择性去除。

拟资助项目数：不超过3项。