

# 2025 年度国家自然科学基金企业创新发展联合基金项目指南（第二批）

国家自然科学基金委员会与企业共同出资设立企业创新发展联合基金，旨在发挥国家自然科学基金的导向作用，吸引和集聚全国的优势科研力量，围绕产业发展中的紧迫需求，聚焦关键技术领域中的核心科学问题开展基础研究，促进知识创新体系和技术创新体系的融合，推动我国企业自主创新能力的提升。

2025 年度，继续试点企业创新发展联合基金申请时不计入申请和承担项目总数范围，正式接收申请后计入。科研人员申请（包括申请人和主要参与者）和正在承担（包括负责人和主要参与者）企业创新发展联合基金的项目数量合计限 1 项。

2025 年度企业创新发展联合基金（第二批）以重点支持项目或集成项目的形式予以资助，资助期限均为 4 年，其中重点支持项目的直接费用平均资助强度约为 260 万元/项，集成项目的直接费用平均资助强度约为 1200 万元/项。

## 一、领域和主要研究方向

### 石油化工领域

#### 集成项目

集成项目直接费用平均资助强度约为 1200 万元/项，

研究方向：

国家石油天然气管网集团有限公司

## 1. 高钢级管道焊接过程多尺度多场耦合机理及组织性能优化研究（申请代码 1 选择 E04 的下属代码）

围绕高钢级管道环焊缝焊接特点，研究多物理场耦合作用下合金元素扩散动力学、相场演变、非均质焊缝成分-工艺-组织-性能关联关系等问题，构建环焊接头强度与韧性精准预测理论与技术体系，实现高钢级管道环焊接头性能精准预测，为新建管道本质安全提升提供支撑。

主要研究内容包括：

### （1）高钢级管道环焊接头合金元素的扩散行为研究

揭示高钢级管道环焊过程焊缝关键合金元素的扩散规律，建立焊缝合金元素扩散动力学计算模型；实现环焊缝区域合金元素分布的精准预测。

### （2）高钢级管道焊接热-力场与组织演变

揭示热-力场耦合作用下焊缝显微组织演变规律，开展多层多道焊接工艺条件下焊缝显微组织演变研究，建立焊缝显微组织预测模型，实现环焊缝显微组织预测并进行实验验证。

### （3）高钢级管道环焊接头强韧性预测模型构建

研究建立环焊接头微观组织与强韧性关系，构建环焊接头微观组织演化与宏观力学性能的跨尺度关联模型，揭示合金成分-焊接工艺-微观组织-力学性能的协同演变规律，建立高钢级管道环焊缝性能多尺度集成预测模型。

### （4）高钢级管道环焊接头强韧化控制技术研究

以多尺度集成模型预测焊区组织性能，以实际焊接实验

结果验证、修正多尺度集成模型，提出母材、焊材、焊接工艺优化技术路径。

本集成项目的申请应同时包含上述 4 个研究内容。紧密围绕项目主题“高钢级管道焊接过程多尺度多场耦合机理及组织性能优化研究”开展深入和系统研究，预测成果应包括原理、方法、技术、论文和专利等。

## **2. 输氢管道阻氢涂层阻氢机理与材料设计研究（申请代码 1 选择 E04 的下属代码）**

针对在役天然气管道输氢过程中氢原子渗透引发的氢致失效等服役安全问题，开展纳米-微米-宏观多尺度涂层氢阻隔机理研究，形成阻氢涂层材料设计体系，并开展阻氢涂层材料制备与性能验证，为在役天然气管道掺氢、改输氢提供技术支撑。

主要研究内容包括：

### **（1）阻氢涂层的多尺度阻隔机理研究**

从纳米-微米-宏观层面多尺度开展涂层氢阻隔特性研究，阐明天然气输氢管道阻氢涂层实际服役环境下氢阻隔机制，建立涂层特性参数与氢扩散系数、氢陷阱密度的定量关系。

### **（2）梯度功能涂层的材料体系设计**

从“成分-结构-性能”跨尺度建立阻氢涂层梯度功能涂层的材料设计框架。对功能涂层过渡层及功能涂层开展阻氢材料分子结构设计和优选，建立阻氢涂层“计算设计-工艺调控-性能验证”全链条构筑方法，形成基于多尺度缺陷调控的

阻氢涂层性能动态优化体系，实现氢扩散屏障与力学承载性能的协同优化。

### (3) 阻氢涂料制备与性能验证技术研究

开发兼具氢扩散路径阻断与力学适配性的阻氢涂层体系和制备方法，建立阻氢涂层试验评价方法；阐明实际服役多元环境与阻氢涂层体系之间热-力-化多场耦合动态交互作用机制，建立实际服役工况下涂层寿命预测模型。

### (4) 在役管道阻氢涂层涂装技术研究

面向在役管道在线施工需求，研发适用于管道空间作业的涂装装备（管径适应范围 610-1420mm），开发喷涂工艺，实现带压管道（ $\leq 15\text{MPa}$ ）表面原位涂覆；评价现场涂装涂层界面阻氢效果，形成在役管道阻氢涂层工程化技术体系。

本集成项目的申请，应同时包含上述 4 个研究内容，紧密围绕主题“输氢管道阻氢涂层阻氢机理与材料设计研究”开展系统和深入研究，预期成果应包括原理、方法、技术、装置、软件、专利、论文等。

重点支持项目

国家石油天然气管网集团有限公司

## 1. 盐穴储氢多场耦合作用机制与储存潜力评价研究（申请代码 1 选择 E04 的下属代码）

针对盐穴储氢库长期密封性能劣化、深层盐穴围岩快速蠕变收缩、储氢潜力评价等难题，研究多物理场耦合作用下氢气-卤水-围岩理化生反应规律、围岩蠕变损伤演化机制、氢气赋存状态及渗流机理、高温高压下金属材料氢致失效机

理，形成盐穴储氢库密封性失效、围岩渐进破坏、储存潜力及金属临氢相容性等评价方法，为大规模盐穴储氢提供技术支撑。

## **2. 油气管道工程多元融合管理理论与技术体系研究（申请代码 1 选择 E04 的下属代码）**

针对当前高钢级、大口径、高压力管道工程面临的管理问题，从规划设计、施工组织、技术创新、跨区域协同、风险防控、数字化等方面，揭示全寿命周期各类管理要素的交互作用机制及其耦合机理，建立“全国一张网”背景下管道工程技术、经济、质量、安全、环保等多维度融合管理理论与技术体系，形成适应中国能源战略需求的管道工程管理方法论。

## **3. 大落差、长距离成品油管道顺序输送甲醇传质及流动机理研究（申请代码 1 选择 E04 的下属代码）**

针对大落差、长距离成品油管道顺序输送甲醇混油和空化机理问题，研究甲醇-油相输送传质机理，探明甲醇-油相多状态流动规律，揭示甲醇与低相溶油相间力学作用机理，建立管道顺序输送甲醇空化和混油预测方法与模型、开发软件并试验验证。

## **4. 长输管道多源监测检测数据融合与全长度实时力学响应分析方法研究（申请代码 1 选择 E04 的下属代码）**

针对长输管道监测检测技术难以实时感知全长度管道变形及应力状态难题，研究地质沉降、滑坡、塌陷等地灾载荷下管道及环焊缝的力学行为，揭示典型地灾区域特征对管

道力学响应的作用机制，探究数据对齐后管道应力应变监测检测数据与地表位移监测数据间的关系，建立基于多源监测检测数据关联性的全长度管道力学响应求解方法。

## **土建与交通领域**

重点支持项目

中国交通建设集团有限公司

### **1. 3000m 级超大跨桥梁韧性结构体系与多目标优化设计方法（申请代码 1 选择 E08 的下属代码）**

针对 3000m 级超大跨桥梁韧性结构体系与多目标优化方法缺失的难题，研究复杂服役条件下超大跨桥梁韧性长寿等多性能指标，提出超大跨桥梁韧性长寿结构体系，建立超大跨桥梁高韧长寿调控方法，形成超大跨桥梁多性能指标协同优化设计理论与方法。

### **2. 基于生成式工程智能的桥梁性态评估理论与预警方法（申请代码 1 选择 E08 的下属代码）**

针对复杂环境下在役桥梁服役性态精准评价难、风险预警能力弱等难题，研究融合数字孪生的生成式桥梁性态孪生建模方法，发展大语言模型驱动的生成式桥梁数值模拟方法，提出动态知识图谱嵌入的生成式桥梁性态评估理论，构建基于概率密度演化的桥梁运营风险多级预警方法。

### **3. 跨海桥梁多灾害时空耦合作用机理及时变概率模型（申请代码 1 选择 E08 的下属代码）**

针对长大桥梁多灾害作用机理不明及组合建模难题，研究风-浪-流等多灾害致灾因子特征与量化表征参数，提出海

洋复杂环境下多灾害作用重现方法，构建多灾害作用下长大桥梁随机灾变退化模型，建立多灾害耦合时变概率模型及其荷载作用确定方法。

#### **4. 长寿命桥梁材料-结构-性能一体化设计理论与优化方法（申请代码 1 选择 E08 的下属代码）**

针对长寿命桥梁性能调控机理不清、性能设计理论方法尚未建立等问题，研究面向 200 年长寿命桥梁的性能设计目标及指标体系，揭示严酷环境下材料与结构长寿性能的多/跨尺度传递机制与映射关系，建立长寿命桥梁的材料-结构-性能一体化设计理论与多目标优化方法。

#### **5. 复杂建造场景桥梁智能感知与数字孪生模型协同构建理论方法（申请代码 1 选择 E08 的下属代码）**

针对复杂建造场景智能感知和数字孪生模型构建的需求，建立基于多源异构数据融合的桥梁全要素状态智能感知方法，提出融合物理机理与深度学习的桥梁数字孪生模型构建与状态推演方法，建立数据-物理混合驱动的施工质量溯源与控制理论。

#### **6. 高频强冻融环境活动层水热迁移规律与力学性能演化及调控（申请代码 1 选择 E08 的下属代码）**

针对青藏高原多年冻土活动层力学性能演化与调控机理难题，研究基于长期监测数据的季节活动层时空动态演化物理边界条件确定方法，建立考虑水汽环境、温度环境耦合作用的冻土三维非正交弹塑性模型及高效数值计算方法，揭示活动层的力学性能演化规律，构建预测与评估模型，提出

基于水汽-温度双控策略的性能调控方法。

### **7. 青藏高原高速公路荷载与升温共同作用下多年冻土蠕变模型及其风险评价方法（申请代码 1 选择 E08 的下属代码）**

针对青藏高原高速公路因升温导致的多年冻土蠕变加剧与调控难题，研究升温梯度与高速公路荷载共同作用下的冻土蠕变时序模型及时空演化规律，揭示冻土蠕变速率、变形量与温度场、应力场的动态关联机制，构建高速公路冻土蠕变的指标体系与风险评价方法。

### **8. 青藏高原极端环境沥青路面材料老化机理及其对路面开裂的影响机制（申请代码 1 选择 E08 的下属代码）**

针对青藏高原极端环境下沥青路面材料多因素耦合老化机理不明的问题，研究反映极端真实环境的多因素耦合老化试验方法，提出多因素耦合作用下沥青混合料抗老化性能指标，揭示高原极端环境沥青混合料老化机理及其对路面开裂演化等耐久性的影响机制。

### **9. 高寒地区结晶岩体高陡边坡强震致灾机理与评价（申请代码 1 选择 E08 的下属代码）**

针对高寒地区结晶岩体风化及高陡边坡强震灾变评价难题，研究寒冻-强震耦合作用下结晶岩体多尺度结构损伤特征与动荷载响应规律，提出结晶岩体高陡边坡动力稳定性预测方法，揭示失稳灾变动力学机制，研发自适应工程地质区划与灾变风险精细建模评价方法。

### **10. 长距离复杂环境干线物流自动驾驶系统多源感知与**

## **智能决策方法（申请代码 1 选择 E12 的下属代码）**

针对长距离干线物流运输自动驾驶系统在复杂环境下多源感知和多目标决策协调等难题，提出多源异构传感器主动融合感知方法与多尺度编队车辆协同决策耦合模型，揭示强风低能见度与通信延迟叠加作用下车辆编队失稳链式传播规律，研究适应复杂环境的干线物流运输自动驾驶系统构建方法，建立高鲁棒性的安全-能效-稳定多目标均衡智能决策方法。

## **11. 绞吸挖泥船岩石挖掘载荷冲击特性及其传递机理研究（申请代码 1 选择 E11 的下属代码）**

针对岩石绞吸挖掘过程中冲击动态载荷特性不清、结构疲劳响应复杂问题，研究绞刀挖岩过程数值模型构建与更新方法，揭示绞刀、桥架和船体等多体系统载荷特性与传递规律，研究关键结构部件振动特性与疲劳损伤机理，建立复杂工况非线性建模与疲劳寿命预测方法，构建岩石挖掘的智能决策模型与方法。

## **12. 复杂环境下海港航道通过能力提升多要素动态影响机理与监测预警（申请代码 1 选择 E11 的下属代码）**

针对海岸港口航道泥沙回淤严重、航道拥堵、管控能力弱等难题，开展复杂航道通过能力的特征要素实时监测与影响机理研究，研发考虑极端天气、航运扰动、水利调度等影响要素的航道动床边界层水沙输运驱动模式，构建基于气象水文-泥沙回淤-水利调度-船舶交通多要素耦合的航道通过能力预测预警和动态量化评估模型。

### **13. 融合海港防护与波能俘获的装置群水动力耦合机理及协同优化方法（申请代码 1 选择 E11 的下属代码）**

针对海港防护设施与波浪能装置群融合中存在的消浪、发电、结构安全等多目标实现难题，构建港域尺度下海港防护设施与波浪能装置群融合的高效水动力模型，揭示海洋动力环境、波能装置群及海港防护设施的水动力协同机制，提出兼顾宽频高效波能俘获、港域有效消浪及提升设施稳定性的协同优化方法。

### **14. 港航设施水下钢筋混凝土结构损伤识别与 3D 打印修复理论与方法（申请代码 1 选择 E08 的下属代码）**

针对港航设施钢筋混凝土结构水下病害识别难、修复难度大等问题，研究水下结构表观病害与内部损伤的精准识别方法，揭示 3D 打印修复材料水下抗分散原理与快硬早强机制，明晰多因素耦合作用下 3D 打印材料耐久性演化与修复界面粘结失效机理，建立港航设施水下病害 3D 打印修复设计理论与方法。

### **15. 深长山岭隧道水平钻破岩提速机理与随钻感知方法研究（申请代码 1 选择 E08 的下属代码）**

针对深埋长大山岭隧道建设的高效勘察需求，研究高地应力富水型破碎地层水平孔孔壁失稳模式，揭示基于钻具-冲洗液-岩体协同作用的破岩提速机理，提出随钻信息磁感应钻杆高速传输方法，建立复杂地质岩性、强度、结构面发育信息响应特征分析模型，揭示基于热中子俘获截面分析的地层富水随钻感知机理，建立围岩性态实时感知与不良地质

评价方法。

## **16. 复杂地层盾构地中对接地层及结构稳定控制机理和方法（申请代码 1 选择 E08 的下属代码）**

针对长距离复杂地层盾构地中对接地层和隧道结构稳定控制难题，研究对接盾构施工耦合扰动及地层稳定多尺度演化规律，探究复杂施工过程中隧道结构刚度连续变化条件下隧道结构受力-变形发展机理，提出对接区复杂地层及刚度大变异的隧道纵向稳定分析理论，建立盾构地中对接地层和隧道结构安全防控方法。

## **17. 深埋隧道多源动力扰动岩爆孕育机理与预警防控（申请代码 1 选择 E08 的下属代码）**

针对深埋隧道爆破、TBM 振动、地震等动力扰动岩爆孕育机制不清和预警防控等难题，揭示多源动力扰动触发岩爆孕育过程机理，构建融合振动-破裂-应力深埋隧道力学行为预测模型，建立岩爆时间、位置和等级定量预警模型，提出吸波降振自适应控制方法。

## **二、申请要求**

（一）申请人条件。

申请人应当具备以下条件：

1. 具有承担基础研究课题或者其他从事基础研究的经历；
2. 具有高级专业技术职务（职称）。

在站博士后研究人员、正在攻读研究生学位以及无工作单位或者所在单位不是依托单位的人员不得作为申请人进

行申请。

(二) 限项申请规定。

执行《2025 年度国家自然科学基金项目指南》“申请规定”中限项申请规定的相关要求。

### 三、申请注意事项

申请人和依托单位应当认真阅读并执行本项目指南、《2025 年度国家自然科学基金项目指南》和《关于 2025 年度国家自然科学基金项目申请与结题等有关事项的通告》中相关要求。

1. 本联合基金项目采取无纸化申请。申请书提交时间为 2025 年 5 月 25 日至 5 月 30 日 16 时。

2. 本联合基金面向全国，公平竞争。鼓励申请人与联合资助方下属研发机构开展合作研究。对于合作研究项目，应当在申请书中明确合作各方的合作内容、主要分工等。集成项目合作研究单位的数量不得超过 4 个（依托单位+合作单位 1+合作单位 2+合作单位 3+合作单位 4），资助期限为 4 年；重点支持项目合作研究单位的数量不得超过 2 个（依托单位+合作单位 1+合作单位 2），资助期限为 4 年。

3. 申请人同年只能申请 1 项企业创新发展联合基金项目。

4. 申请人登录国家自然科学基金网络信息系统（简称信息系统），采用在线方式撰写申请书。没有信息系统账号的申请人请向依托单位基金管理联系人申请开户。

5. 申请书中的资助类别选择“联合基金项目”，亚类说明

选择“集成项目”或“重点支持项目”，“附注说明”选择“企业创新发展联合基金”；“申请代码 1”应按照本联合基金项目指南要求选择，“申请代码 2”根据项目研究领域自主选择相应的申请代码；“领域信息”根据项目研究领域选择相应的领域名称，如“石油化工领域”；“主要研究方向”根据项目研究方向选择相应的方向名称，如“1. 高钢级管道焊接过程多尺度多场耦合机理及组织性能优化研究”。

6. 申请项目应当符合本项目指南的资助范围与要求。申请人按照项目申请书的撰写提纲撰写申请书。如果申请人已经承担与本联合基金项目相关的国家其他科技计划项目，应当在申请书正文的“研究基础与工作条件”部分论述申请项目与其他相关项目的区别与联系。

7. 资助项目取得的研究成果，包括发表论文、专著、研究报告、软件、专利、获奖及成果报道等，应当注明得到国家自然科学基金企业创新发展联合基金项目资助和项目批准号或作有关说明。国家自然科学基金委员会与国家石油天然气管网集团有限公司、中国交通建设集团有限公司共同促进项目数据共享和研究成果的推广和应用。

8. 依托单位应当按照要求完成依托单位承诺函、组织申请以及审核申请材料等工作。在 2025 年 5 月 30 日 16 时前通过信息系统逐项确认提交本单位电子申请书及附件材料。

联系方式

国家自然科学基金委员会计划与政策局

联系人：王啸天 李志兰

电话：010-62328041，62329897

国家石油天然气管网集团有限公司科技部

联系人：孙云峰 马江涛

电话：010-87981934，87981937

中国交通建设集团有限公司科学技术与数字化部

联系人：李文杰

电话：010-82017637