

2026 年度河北省高等学校科学研究青年拔尖人才项目选题指南汇总表

序号	选题名称	选题内容
1	基于泡沫镍/纳米碳复合材料的电容去离子耦合过一硫酸盐高级氧化对高盐难降解制药废水的处理机制	<p>生物医药产业是河北省重点发展的支柱产业之一，然而制药废水水量大，具有典型高盐难降解特征，引发水环境污染和生态健康风险较高，成为制约产业发展的瓶颈。传统技术对高盐制药废水的处理均具有一定局限性。针对高盐难降解制药废水深度处理中盐和有机污染物协同去除难题，本项目创新性地以泡沫镍/纳米碳复合材料作为纽带，将电吸附脱盐技术与高级氧化降解有机污染物技术相耦合，构建杂化电容去离子与过一硫酸盐氧化耦合体系。采用多种调控策略，实现对盐和有机物同步高效去除。提出“吸附-催化-再生”协同作用新机制，解析多相界面电子传递规律，同时采用梯度负载策略与缺陷工程优化材料结构，双脉冲电场调控运行过程。突破传统技术功能分离、处理效果差、处理成本高的瓶颈问题，对于实际高盐制药废水的高效处理具有重要的指导意义和广泛的应用前景。</p> <p>预期成果：（1）筛选出最佳复合电极材料，阐明多相界面上离子和有机物的传质-转化机制，提出系统稳定运行的电场调控策略；推进耦合技术在高盐制药废水处理方面的应用；（2）发表高水平论文 5 篇以上，其中 SCI 一区论文不少于 2 篇；申请专利 1-2 项；培养研究生 2-3 名；参加学术会议并做口头报告至少两次。</p>
2	机器学习辅助 HEA/A1 复合材料核壳结构设计及强韧化机理研究	<p>必要性：大型装备发展对材料性能提出了更高的要求，传统陶瓷颗粒增强 A1 基复合材料，采用陶瓷颗粒作为强化相，在提高材料强度的同时，会极大地降低塑性。采用高熵合金（HEA）作为强化相，可以避免颗粒断裂导致的裂纹萌生，并提高颗粒-基体界面润湿性，促进界面冶金结合，但会在界面生成脆性金属间化合物。开发新型核壳结构 HEA/A1 复合材料，解决界面脆性难题，对提升材料服役性能具有重要工程价值。</p> <p>可行性：机器学习算法擅长处理高维非线性问题；采用数值模拟和高通量粉末冶金制备技术可提供数据库支持机器学习模型训练；拉伸试验、透射电镜等测试和表征手段可有效分析复合材料性能和强韧化机理。</p> <p>创新性：机器学习辅助核壳结构 HEA/A1 复合材料设计新思路，基于 HEA 多组元特性，利用机器学习筛选高性能 HEA-A1 界面核壳结构，可实现 HEA/A1 复合材料高质量成形。</p> <p>科学性：采用“计算预测和筛选-实验验证”的闭环研究框架，基于材料基因工程思想，结合多尺度模拟与先进表征技术，可确保研究方法的系统性和结论的可靠性。</p> <p>预期成果：将建立核壳结构 HEA/A1 复合材料设计准则，开发智能设计模型，制备兼顾强度和塑性的 HEA/A1 复合材料，发表论文 3-5 篇，申请专利 1-2 项，推动 HEA/A1 复合材料高质量成形。</p>

3	面向河北区域环境的大型斜拉桥斜拉索风致振动控制与多功能智能集成关键技术研究	<p>随着京津冀协同发展和雄安新区高标准建设的推进，河北省大跨度斜拉桥建设持续加快，斜拉索作为桥梁核心受力构件，其结构安全与功能集成问题日益突出。在河北典型季风气候和复杂运行环境下，斜拉索风致振动频发，不仅影响桥梁耐久性，还制约了亮化系统和智能运维技术的协同应用。传统阻尼装置存在性能单一、集成度低、维护频繁等问题，难以满足新时代智慧桥梁的高性能需求。</p> <p>本项目聚焦斜拉索风致振动控制、亮化集成与新型阻尼器设计三大核心方向，提出“结构-控制-景观”一体化技术路径，针对河北区域环境特征构建多场耦合响应模型，研发具备自适应调节与多功能融合的新型斜拉索构造体系。项目具有明确的工程导向与科学研究价值，依托河北省典型工程案例、良好科研平台与成熟试验条件，具备显著的技术可行性与成果转化潜力。</p> <p>预期形成具备自主知识产权的风振控制与亮化一体化关键技术装备，服务河北桥梁工程高质量发展，推动我国桥梁智能构件与振动控制理论实现新突破。</p>
4	主客体协同构象锁定大环结晶伴侣的构建及难结晶分子的结构解析	<p><b>必要性：</b>单晶 X 射线衍射技术（SCXRD）是有机化合物结构鉴定的黄金标准，其应用受限于难结晶体系。针对自身难结晶化合物和其它众多已报道的共结晶体系中客体混乱无序以及占有率低等问题，设计合成新型结晶伴侣用于难结晶化合物结构阐明是非常有必要的。<b>可行性：</b>关于具有完全锁定构象的大环作为结晶伴侣用于化合物结构鉴定的国内外相关研究（<i>J. Am. Chem. Soc.</i>, <b>2016</b>, <i>138</i>, 8569–8580; <i>Chem. Sci.</i>, <b>2023</b>, <i>14</i>, 11402–11409 等）证明了其理论基础的可行性；此外，申请人在南京大学四年博士期间从事于超分子功能材料的设计与研究，相关成果在 <i>Nat. Commun.</i>, <i>Coordin. Chem. Rev.</i> 等期刊发表，这些研究积累为本项目顺利开展奠定了良好的理论与实践基础。<b>创新性及科学性：</b>本项目拟利用官能团桥联策略制备一类具有刚性空腔、完全锁定构象、多重分子识别位点、重原子修饰且易结晶的大环分子作为结晶伴侣，能够通过多种非共价相互作用，充分限制客体分子的热运动，有效解决已报道共结晶方法存在的普遍性不足，实现复杂化合物比如中药提取物中的天然产物以及被 FDA 批准的临床药物的结构阐明。<b>预期成果：</b>预计本项目将成功制备多个具有优异共结晶性能的大环结晶伴侣，为中药提取物中的天然产物、临床药物的结构解析提供了新的研究思路和方法。相关研究成果将以论文形式发表。</p>
5	钴配合物介导的氧气活化及其在 C(sp <sup>3</sup> )-H 键选择性氧化中的应用研究	<p><b>必要性：</b>C-H 键的选择性氧化是化工生产中的关键步骤，但传统方法依赖高能耗氧化剂或贵金属催化剂，成本高且环境负担大。利用廉价金属配合物活化氧气（O<sub>2</sub>）实现温和条件下的 C-H 氧化，对能源节约和化工工艺升级具有重要意义。</p> <p><b>可行性：</b>钴配合物具有丰富的配位构型和可调的电子结构，可通过配体设计调控配体场进而优化其活化能力。O<sub>2</sub>作为廉价、清洁的氧化剂，与钴协同作用可生成活性氧物种，已在小分子烷烃氧化中取得初步成果。现代表征技术（如 EPR、XAS）可精准追踪反应机制，为催化剂优化提供支撑。</p> <p><b>创新性：</b>1）开发新型钴配合物，突破传统催化体系对贵金属的依赖；2）通过配体场调控，实现 O<sub>2</sub>的高效活化及 C-H 键的选择性氧化；3）构建“钴-氧气-能源耦合”的低碳反应路径，推动化工过程的能源革新。</p> <p><b>科学性：</b>选题基于配位化学与催化原理，通过实验与理论计算阐明钴-氧中间体的结构与反应机制，建立“结构-活性”关系，为理性设计催化剂提供依据。</p> <p><b>预期成果：</b>1）开发 2-3 种高效钴催化剂，实现烃类 C-H 键的常温常压氧化；2）揭示氧活化反应机制；3）发表 2-3 篇研究性论文，推动在药物中间体或精细化学品合成中的应用。该研究将为绿色化工提供新策略，助力“双碳”目标实现。</p>

6	梯度限域氮掺杂碳负极的氟化界面重构与协同储钾机制研究	<p>国家十四五规划明确提出发展新型储能技术，推动能源存储规模化应用，钾离子电池凭借资源优势成为锂/钠电池的重要补充，高性能的碳基负极材料是其重要的发展方向。其中，N 掺杂类石墨碳因其电子结构可调控及层间距扩展特性成为最具潜力的负极候选材料。然而，传统热解碳化工艺因挥发分迁移速率与表面重组反应速率失配导致含 N 自由基大量逸出，造成掺杂浓度低下与位点无序化并存，限制了钾离子电池比容量。同时，N 掺杂区域引发的碳基体电子局域化效应会加剧电解液溶剂分子在界面处不可逆分解，形成低 KF 含量、高电荷转移阻抗的非均质固体电解质界面（SEI）层，致使材料首次库伦效率（ICE）普遍低于 50%，影响了其实用化进程。针对传统碳化工艺中 N 掺杂浓度极限及掺杂位点失控难题，本项目采用“微波热解梯度场耦合技术”与“氟化分子界面层设计”来开展“体相结构精准调控-界面电化学重构”协同增效研究。利用微波内源逆向导热特性突破传统工艺 N 掺杂浓度极限，通过温度梯度场与碳层深度的动态耦合实现掺杂位点空间限域分布；通过 C-F 极性官能团强电负性重构 K<sup>+</sup>溶剂化鞘层，定向调控电解液分解路径生成高 KF 占比、超薄的稳定 SEI 膜。本项目的顺利实施将有望提升 N 掺杂浓度到 30at%以上，且 ICE≥85%，为钾离子电池高比容、高首效类石墨碳材料结构设计提供新的范式。</p>
7	基于玻璃行业高碱烟气的耐毒脱硝催化剂研发与机理研究	<p>氮氧化物（NO<sub>x</sub>）作为 PM2.5 与 O<sub>3</sub> 污染的关键前体物，其治理成效直接关系生态环境与人体健康。以河北省为代表的工业大省，其 NO<sub>x</sub> 年排放量持续处于百万吨量级且位居全国首位，污染形势尤为严峻。在此背景下，开发高效脱硝技术对实现“十四五”大气污染防治目标具有重要战略意义。目前主流的氨选择性催化还原（NH<sub>3</sub>-SCR）技术能够通过催化剂界面反应实现 NO<sub>x</sub> 高效转化，但在平板玻璃行业等河北省支柱产业的实际应用中，仍存在低温活性差、碱性金属中毒等瓶颈问题，限制该技术进一步发展。</p> <p>本研究基于 NH<sub>3</sub>-SCR 双循环反应机制，拟构建牺牲位点修饰下的酸性-氧化还原性双位点协同作用的催化体系。其优势在于：通过牺牲位点的引入络合实际烟气中的碱性金属杂质，从而保护催化剂原有活性位点免受毒害；此外，调节活性位点间的空间构型与电子效应，实现关键活性物种的定向生成及反应路径的优化，提升气-固界面传质效率。因此，本项目将从原子尺度解析牺牲位点调控下双位点协同作用机制，以此建立微观结构特征与脱硝性能的构-效关系，为开发高活性、耐中毒的新型脱硝催化剂提供理论支撑与技术指导。本项目将系统优化催化材料制备工艺参数，筛选出具有高效脱硝活性与耐毒性的催化剂，产出高水平论文与专利。</p>
8	基于体-表-界协同调控的钠电正极三明治多相结构与增效机制研究	<p>正极材料是决定钠离子电池能量密度和循环寿命的核心组件。层状氧化物凭借其高容量和可调控的晶体结构展现出广阔的应用前景，但存在空气稳定性差、相变复杂、与电解液界面副反应严重等关键问题。本项目创新性地提出构筑三明治多相结构，通过体-表-界协同改性策略突破现有的技术瓶颈，以同时解决体相和界面失效问题。通过优化组分和结构设计快离子导体界面层，使其在作为隔离正极材料与电解液接触屏障的同时兼具离子传输快、空气稳定性高和抗氧化性强等多重功能。通过偶联剂修中含有孤对电子的基团分别与正极材料和包覆层中的阳离子配位，实现异质界面原子级嵌合，将快离子导体多功能界面层和正极材料紧固连接。利用共钠烧结同步合成技术原位构筑 O<sub>3</sub>/P<sub>2</sub>/快离子导体三明治多相结构，实现对正极材料的多级修饰。结合电化学分析、原位动态表征和理论计算模拟，系统解析三明治结构对电荷传输动力学、体相结构演变及界面反应机制的影响规律，建立组分设计-微观结构-宏观电化学性能之间的构效关系，阐明三明治多相结构协同增效机制。为开发具有体-表-界三重稳定结构的正极材料提供依据。</p>

9	宽温域水系锌电池电解液设计及界面协同稳定机制研究	<p>一、必要性： 河北省新能源产业亟需低成本、高安全储能技术。乙酸锌电解液原料廉价（沧州化工园区醋酸产能支撑），但存在离子电导率低、沉积不均匀、低温冻结等瓶颈。本项目立足本省化工优势，开发乙酸锌基宽温域电解液，推动寒区储能应用（如张家口冬奥示范区），支撑“京津冀储能走廊”战略。</p> <p>二、创新性： 1. 电解液设计创新：通过有机添加剂对低成本的乙酸锌电解液进行优化，实现具有低成本、宽温域优势的高性能电解液设计。 2. 界面协同调控创新：具有多功能的有机添加剂可有效引导 <math>Zn^{2+}</math> 均匀沉积并促进固体电解质界面 (SEI) 膜的生成，提升 Zn 负极稳定性与电池循环性能。</p> <p>三、科学性： 基于理论计算和实验表征，阐明： 1. 有机添加剂对电解液溶剂化结构的调控作用； 2. 有机添加剂吸附调控锌沉积取向机理； 3. 所优化电解液对 Zn 负极稳定性及 <math>Zn^{2+}</math> 沉积/析出可逆性的影响。</p> <p>四、可行性： 1. 技术基础扎实：申请人有电解液设计的经验并以第一作者发表了 SCI 一区论文； 2. 平台支撑完备：河北科技大学具备相应的表征设备； 3. 前期数据验证：相较于原始的乙酸锌电解液，所优化的电解液有效提升了电池循环稳定性。</p> <p>五、预期成果 1. 开发一种新型乙酸锌基电解液，有效提升电池稳定性与可逆性； 2. 发表 SCI 一区论文 1 篇。</p>
10	负载细胞外囊泡和胶原蛋白的 3D 打印水凝胶敷料促进糖尿病伤口愈合	<p>糖尿病伤口因高糖微环境导致炎症持续、血管生成障碍，传统疗法效果有限。细胞外囊泡 (EVs) 具有抗炎、促血管生成等活性，而胶原蛋白可促进伤口组织的胶原沉积。3D 打印水凝胶能精准构建三维载体，实现 EVs 与胶原蛋白协同递送。本项目开发负载二者的 3D 打印水凝胶，通过多机制促进愈合，具有重要临床价值。必要性：糖尿病慢性伤口的高发病率、高致残率及现有疗法的局限性，亟需开发新型治疗策略。EVs 具有抗炎、促血管生成和调节免疫等功能，但单独应用易被微环境清除；胶原蛋白可改善基质重塑但缺乏主动调控能力。通过 3D 打印水凝胶实现两者的可控释放与空间定位，有望突破单一疗法的瓶颈。可行性：申请人团队前期已掌握 EVs 提取与表征技术、胶原蛋白改性方法及 3D 打印水凝胶的制备工艺，并验证了其对正常伤口愈合的促进作用。糖尿病动物模型构建、分子机制研究等关键技术均具备实验基础。创新性：首次将 EVs 与胶原蛋白整合于 3D 打印水凝胶，构建“活性递送+结构支撑”的双功能体系，为糖尿病患者提供个性化伤口敷料。预期成果：开发一种具有临床潜力的新型促愈合生物材料，发表 SCI 论文 2-3 篇，申请专利 1 项。本项目将为糖尿病伤口治疗提供突破性解决方案，推动再生医学与生物材料的交叉创新。</p>

11	压电-光催化复合膜的构建及其协同降解抗生素的机制研究	<p>社会的不断进步带来的环境污染问题严重威胁着环境生态和人类健康。国家高度重视污染物治理工作，新污染物治理是我国环境治理长期的新焦点和新领域。河北省是以生产传统大宗原料药而名扬国内外的医药大省，水体抗生素污染现状不容乐观，高效去除水环境中的抗生素对环境管理和公共卫生安全至关重要。目前，研究者们发明了许多方法来解决抗生素废水污染的问题，由于其停留时间长或能耗高等问题，大多数方法被认为是不可持续且难以推广应用的。</p> <p>光催化技术的特点是绿色、经济、高效，在污水处理等方面表现出良好的应用前景。然而，光电子和空穴的复合率高的问题仍然是限制污染物降解效率的关键，此外，催化剂难回收等问题也限制其实际应用。本选题针对光催化降解抗生素效率低，难以实际应用的问题，从原子和分子的微观尺度及外部耦合-内部调控-表面改性协同的宏观层面，设计功能化双压电整体式光催化复合膜，探究载流子的促进机制，调控分子氧高效活化及活性氧物种选择性生成，明晰选择性有机污染物优先氧化的特定特征，揭示抗生素转化的活性起源及生态毒性。建立一套高效、低成本的绿色水处理工艺提升水中抗生素的转化与去除效率，为保障水质安全提供科学依据和数据支持。</p>
12	限域结构碳基金属电催化剂降解阿莫西林效能研究	<p>抗生素污染物是国家重点管控的新污染物之一，其中，阿莫西林在医药废水中广泛存在，且常规水处理技术无法有效去除。本项目通过创制金属单原子缺陷调控碳纳米管电催化材料，发挥空间限域和氧化还原的协同作用，强化单线态氧的靶向生成，实现阿莫西林的选择性去除，揭示电化学高级氧化工艺降解阿莫西林的增强机制。</p>
13	基于深度学习的能源装备焊接缺陷特征提取与识别研究	<p>焊接缺陷是制约能源装备安全运行的关键因素，现有基于传统图像处理的检测方法易受成像条件变化影响，漏检率高、误报率高。基于深度学习的识别方法在焊接缺陷识别方面展现出良好前景，但模型泛化能力受限于数据偏移问题，亟需系统性解决。本研究围绕“X 射线成像条件—数据偏移—模型抽象特征—识别误差”的因果机制，开展管道焊缝 X 射线图像数据偏移规律研究，建立基于可解释特征驱动的缺陷高泛化识别模型，提升缺陷识别精度与鲁棒性。预期构建具备自适应能力的深度学习识别框架，实现复杂工况下焊接缺陷的精准检测，为能源装备安全运行提供关键支撑，具有重要的科学意义与工程价值。</p>
14	仿生纳米催化系统阻断巨噬细胞 MMT 转化增强药物瘤内递送及其机制研究	<p>癌症是我国面临的重大公共卫生挑战，其癌症发病率和死亡率均位居全球首位，亟需突破性的治疗策略。尽管纳米药物递送系统在肿瘤治疗中显示出巨大潜力，但受限于肿瘤间质较高的固体应力和液体压力，仅有约 2%的药物能够深入肿瘤组织，这是临床治疗失败和肿瘤复发转移的关键因素。研究发现在肿瘤微环境中，巨噬细胞会向肌成纤维细胞转化（Macrophage-to-Myofibroblast Transition, MMT），该过程参与肿瘤的纤维化过程，促进细胞外基质过度沉积，增加肿瘤间质固体应力；同时，肿瘤间质液中主要成分为水分子，其异常积聚导致肿瘤间质液体压力过高。针对这一科学难题，本项目从力学-生物学交叉视角出发，创新性地提出一种“阻断肿瘤纤维化+压电催化”的双重调控间质压力策略：通过构建仿生纳米催化系统，一方面阻断巨噬细胞 MMT 过程，降低固体应力；另一方面利用压电催化技术分解肿瘤间质中的水，降低液体压力。项目基于前期已验证的巨噬细胞 MMT 阻断效果和催化解水降液压的可行性，结合申请人在仿生纳米系统构建方面的丰富经验，采用多模态实时监测和数学建模方法，系统阐明肿瘤间质压力对药物深层递送的影响机制。本选题的成功实施可显著提高药物在肿瘤组织中的递送效率，对肿瘤治疗具有突破性意义和临床转化价值。</p>

15	数据与算法驱动的 CO <sub>2</sub> 加氢制醇催化剂研发	<p>必要性：河北省作为高能耗大省，面临巨大的 CO<sub>2</sub> 减排压力。催化 CO<sub>2</sub> 加氢制醇具有降碳与产高附加值醇双重价值。该技术面临低温活化、定向加氢挑战，迫切需要开发在低温条件下，可以高活性、高选择性催化 CO<sub>2</sub> 加氢制醇的催化剂。传统“试错法”研发低效。本指南建议整合先进算法、智能工具及数字平台，建立“数据驱动-算法预测-实验合成-闭环优化”的一体化催化剂研发系统。通过挖掘 CO<sub>2</sub> 加氢制醇催化剂的海量数据以揭示其构效关系并提炼普适规律，指导 CO<sub>2</sub> 加氢催化剂的高通量筛选与定向合成，从而显著缩短催化剂研发周期、降低成本，推动河北省 CO<sub>2</sub> 转化产业快速发展。</p> <p>可行性：先进算法与数字平台耦合应用已有报道，高通量设备可满足计算/合成需求。指南建议人在利用理论计算筛选高性能 CO<sub>2</sub> 转化催化剂、解析催化剂构效关系、搭建智能系统等领域经验扎实，保障项目可行性。</p> <p>创新性：首创“数据驱动-算法预测-实验合成-闭环优化”一体化研发范式，将数据驱动贯穿全流程，实现催化剂高通量筛选与定向合成。</p> <p>科学性：聚焦构效关系量化模型构建、闭环优化机制建立两大科学问题。</p> <p>预期成果：建成一体化研发系统。开发 3 种以上新型催化剂。揭示构效关系。发表 2-3 篇 SCI 文章，申请 1-2 项专利。</p>
16	基于多模态感知与大模型引导强化学习的无人船自适应自主停泊关键技术研究	<p>必要性：无人船（USV）是支撑“智慧海洋”战略的核心装备，自主停泊作为全流程智能作业的关键瓶颈，现有技术依赖 GPS/人工标记、环境适应性差、学习效率低，难以满足多类水域的高精度、高鲁棒停泊需求。突破该瓶颈对提升我国海洋探测、智能航运及灾害救援能力全自主化至关重要。</p> <p>可行性：本人在 USV 路径规划、视觉伺服停泊、RL 控制领域积累扎实（发表 SCI/EI 论文 10 篇，含中科院二区 TOP 2 篇、二区 1 篇；拥有六代 USV 平台及真实水域数据集），具备全链条研发与实测条件。</p> <p>创新性：1）感知：融合深度学习与 PBVS，构建无 GPS/人工标注的多模态码头识别系统；2）决策：LLM 引导 RL 机制，减少训练数据需求；3）控制：滑模控制结合 RL，实现风浪水流扰动下的高鲁棒停泊；4）迁移：域适应+动态建模联合策略迁移，提升 Sim-to-Real 效率。</p> <p>科学性：构建“感知-决策-控制-迁移”闭环，融合计算机视觉、强化学习及语言模型理论，通过数学建模、仿真与真实水域测试确保严谨性。</p> <p>预期成果：1）攻克无标定感知、低样本 RL 训练、动态抗扰控制等核心技术；2）发表 SCI/EI Q1 论文 3 篇，申请发明专利 1 项；3）研制原型系统并实现提高码头识别精度、减少停泊误差的实测试验验证；4）开源 LLM-RL 框架，服务智慧港口/水监测应用。</p>

17	高性能碳纤维基超级电容器研究	<p>必要性：随着新能源和便携式电子设备的快速发展，对高能量密度、高功率密度及长循环寿命的储能器件需求迫切。传统超级电容器虽功率性能优异，但能量密度不足，限制了其应用。碳纤维具有高导电性、大比表面积和优异机械性能，是理想的电极材料，但其性能仍需优化以满足更高要求。</p> <p>可行性：碳纤维的制备技术成熟，可通过活化、掺杂或复合等方法进一步提升其电化学性能。现有研究已证明碳纤维基电极在超级电容器中潜力巨大，结合理论模拟和实验调控，实现性能突破具备扎实基础。</p> <p>创新性：本研究提出通过多尺度结构设计（如构建分级多孔结构）和表面改性（如氮掺杂或负载纳米材料），协同提升碳纤维的比容量和离子传输速率；同时开发新型固态电解质体系，以拓宽电压窗口，最终实现能量密度与功率密度的同步提升。</p> <p>科学性：基于电化学双电层和赝电容储能机制，通过材料表征（SEM/XPS）和电化学测试（CV/EIS）揭示结构-性能关系，结合 DFT 计算阐明改性机制，确保研究的科学性。</p> <p>预期成果：开发出能量密度<math>\geq 15</math> Wh/kg、功率密度<math>\geq 10</math> kW/kg、循环寿命<math>&gt; 2</math> 万次的碳纤维基超级电容器，发表高水平论文 2-3 篇，申请专利 1 项，为产业化提供技术支撑。</p>
18	金属材料增材制造的跨尺度预测与调控模型开发	<p>先进装备制造业广泛应用增材制造技术，如激光粉末床熔融制造复杂零部件、激光熔覆进行再制造与强化涂层，其核心过程涉及高能束熔化金属材料形成熔池，熔池随后凝固成形。然而，材料快速熔凝伴随剧烈熔池波动，极易引发气孔、开裂、元素偏析等缺陷。这导致所生产零部件严重依赖热处理、机加工等高成本后处理或直接导致废品产生，且因现有缺陷检测多依赖抽检，漏检风险高，致使缺陷件流入市场，引发安全隐患。为从源头抑制缺陷、提升良品率并降本，亟需在生产中实现对零件宏观尺度、熔池介观尺度及组织/缺陷微观尺度的预测与调控。研究拟依托原位观测技术实时捕获熔池动态凝固行为，基于成熟的金属凝固理论、弹塑性变形机制及多尺度计算方法构建跨尺度模型，涵盖宏观热力场-介观熔池行为-微观组织/缺陷的演化机制，最终实现建立准确性达 90% 以上的跨尺度预测模型，突破单一尺度局限，揭示缺陷形成的跨尺度关联机制，开发基于模型的数字化动态工艺调控策略，显著提升零部件质量与良品率，降低后处理依赖及综合成本，保障服役安全。</p>
19	乳酸菌发酵乳清中的多肽在高血压调控中的研究	<p>高血压作为全球重大公共卫生问题，每年导致 850 万人死亡，我国患者高达 2.45 亿，年医疗费用超过 2700 亿元，防治工作面临严峻挑战。我国将高血压等慢性病防控上升为国家战略，明确提出到 2030 年，要将慢性病导致的过早死亡率降低 30%。临床常用的血管紧张素转换酶（ACE）抑制剂疗效确切，但其长期使用存在肝肾损伤等副作用。相比之下，食源性 ACE 抑制肽通过多靶点温和降压，兼具安全性与有效性，展现出独特的优势。乳清作为奶酪加工副产物，全球年排放量 1.6 亿吨，其富含蛋白质、游离氨基酸和寡肽等营养物质，但利用率低，既造成资源浪费又导致环境污染。针对这一现状，充分利用河北省乳业集群优势，通过挖掘功能性乳酸菌，研究功能性乳酸菌发酵乳清中多肽通过修复肠屏障、干预 RAAS 通路协同降压的新机制；建立“计算模拟-体外验证-动物模型”三位一体递送体系，攻克食源肽体内失效难题；创制“定向发酵-活性肽富集-功能食品开发”绿色路径，实现乳业“废弃物-高值产品”升级。开发乳清肽定向发酵规模化工艺，推动乳清基降压功能食品产业化，为河北省提供“慢病防控-资源循环-产业升级”三位一体解决方案。</p>

20	拖轮集群避碰中的通信拓扑优化	<p>必要性：河北省港口年吞吐量已突破 12 亿吨，但拖轮集群作业仍依赖传统 VHF 指挥系统，存在通信延迟高（200-500ms）、抗干扰能力差等瓶颈问题。根据《河北省海洋经济发展‘十四五’规划中期评估报告》指出，智慧港口建设进度滞后于预期，亟需攻克动态拓扑维护、通信-控制耦合等关键技术难题，以满足港口智能化升级对高实时性通信（<math>\leq 50\text{ms}</math>）的迫切需求。</p> <p>可行性：①申请人已开展船舶智能避障与轨迹跟踪研究，成果发表于《Ocean Engineering》，提出的 DWA-PP0 融合算法和 ICM-PP0 控制方法为拖轮集群通信优化提供了理论基础；②通过河北科技大学与河北港口集团的校企合作机制，可获得包括唐山港拖轮作业 AIS 轨迹数据和 5G 专网测试环境在内的关键研究资源，为算法验证提供真实场景支撑</p> <p>创新性：①首创“5G 主干+UHF 应急”双层拓扑架构，降低综合部署与运维成本；②提出意图驱动的动态资源分配算法，提升带宽利用率；③构建数字孪生验证平台，复现复杂作业场景。</p> <p>预期成果：①形成通信拓扑优化算法库；②在黄骅港实现集群碰撞风险降低 85%，单次靠泊效率提升 15%，年节约成本超 2000 万元；③发表相关高水平学术论文 5 篇、申请专利 2 项</p>
----	----------------	---