附件 1

重点新材料研发及应用国家科技重大专项
2027 年度第一批项目申报指南

（非密类）

郑州商学院 ZSAMC

二〇二六年九月

目 录

一、高温合金

1.2 300 兆瓦燃机用燃烧室过渡段整体精铸技术研究与应用 1

1.4 高温合金返回料高效熔炼关键耐火材料及洁净化技术开发 3

二、高端装备用特种合金

2.1 灵活运行工况下超超临界汽轮机耐热合金及关键部件研制、纯净度与均匀性表征技术研究 7

2.3 钨锑镓原材料再生供给与高质保级利用关键技术 11

五、电子信息材料

5.1 印刷 QLED 量子点发光材料与产品应用示范 15

六、稀土新材料

6.3 静态氢压缩机用高容量稀土改性钛基储氢材料及其应用 18

6.4 高温型高容量稀土改性镁基储氢材料、装置及应用21

郑州商学院 ZSXKJC

一、高温合金

1.2 300 兆瓦燃机用燃烧室过渡段整体精铸技术研究与应用

研究目标：针对当前 300 兆瓦燃机用燃烧室过渡段钣金焊接成型过程中存在的焊缝裂纹、零部件变形、尺寸超差等关键质量问题，系统开展 300 兆瓦燃机用燃烧室过渡段钣金焊接成型件改为铸造成型的可行性研究，核心目标是彻底解决当前钣金焊接件生产过程中存在的焊缝裂纹、零部件变形、尺寸超差等关键质量问题，探索适配该零部件材料（UGTC39）的铸造性能，同时重点突破变形高温合金从“变形加工”向“铸造成型”转换的关键技术瓶颈。通过理论分析、数值模拟、实验验证与工艺迭代，全面掌握该高温合金的铸造流动性、凝固收缩特性、热裂倾向、抗氧化性及组织演变规律，建立适配该合金的铸造成型体系，确保铸造件尺寸精度、形位公差与力学性能满足设计及服役要求。形成一套完整的铸造工艺方案、缺陷控制方法与质量评价标准，实现从钣金焊接到精密铸造成型的工艺替代，在保证高温力学性能、组织稳定性不降低的前提下，提高零部件一致性与合格率，降低焊接变形与后续校正成本，为同类高温合金结构件工艺优化、批量生产提供技术支撑与工程化应用路径。加强标准制修订，合理布局高质量专利，有效保护核心研发成果。

本项目设置 1 项课题。

研究内容：针对当前 300 兆瓦燃机用燃烧室过渡段钣金

焊接成型过程中存在的焊缝裂纹、零部件变形、尺寸超差等关键质量问题，系统开展300兆瓦燃机用燃烧室过渡段整体精铸技术研究，完成变形高温合金（UGTC39）铸造性能探索、铸件冶金缺陷控制、铸件变形及尺寸超差控制、铸件成分-组织-性能调控等关键技术攻关，形成相应的材料标准和工艺规范，完成300兆瓦燃机用燃烧室过渡段整体精铸试制，实现关键技术的工程化应用。

项目考核指标:

1. 铸造成型部件尺寸精度满足以下要求:

（1）本体整体轮廓度≤2mm，入口和出口25mm内轮廓度≤1mm;

（2）壁厚偏差控制在±5%以内。

2. 铸造成型部件典型位置室温力学性能满足:

（1）屈服强度≥620MPa，抗拉强度≥950MPa，断面收缩率≥20%;

（2）硬度HRC≥24，HV≥247。

3. 铸造成型部件典型位置高温（800℃）力学性能满足:屈服强度≥520MPa，抗拉强度≥680MPa，断面收缩率≥15%。

4. 铸造成型件内部质量：低倍组织无缩孔痕迹、夹渣、裂纹、空洞、气泡和针孔等缺陷；渗透探伤满足NB/T47013.5，I级合格。

5. 实现铸件的稳定性生产，铸件合格率达到50%以上。由下游用户参与开展部件级及以上模拟工况试验，整体精铸

件技术成熟度达到 6 级。

6. 制修订 1 项标准，明确专利、软件著作权等知识产权产出数量及归属等事项，具有自主知识产权。

项目实施期限：2027 年 1 月—2029 年 12 月

项目密级：非密

项目设置及经费需求：

拟支持 1 个项目研究，采用公开竞争方式。

其他来源资金与中央财政资金比例原则上不低于 3:1。

中央财政资金支持方式：事前立项事后补助。

创新分类：产品研发

关键词：300MW 燃气轮机；大型复杂薄壁铸件；燃烧室过渡段

有关说明：本指南限企业牵头申报，项目参研单位必须包含用户单位且不超过 10 家。

1.4 高温合金返回料高效熔炼关键耐火材料及洁净化技术开发

研究目标：针对高温合金返回料杂质元素、夹杂物含量高，需要高温熔炼等特点，聚焦关键耐火材料和高温合金熔体洁净化技术，开展高温合金返回料与耐火材料作用机理、大型组合洁净定型炉衬、大尺寸洁净长寿命坩埚、大尺寸高强度陶瓷过滤器、熔体洁净化技术等研究，突破耐火材料寻优设计、近终形制备、抗热震性与抗侵蚀性能调控以及外场

辅助净化等关键技术，形成高温合金返回料熔炼及净化用耐火材料成套技术，并示范应用。加强标准制修订，合理布局高质量专利，有效保护核心研发成果。

本项目设置 2 项课题。

课题 1: 高温合金返回料与耐火材料作用机理与熔炼净化技术研究

研究内容: 系统研究高温复杂服役条件下不同种类高温合金返回料与各类关键耐火材料的界面反应机制，及其对合金中无机非金属夹杂物形成的影响，揭示耐火材料侵蚀损毁机理，指导洁净化高性能耐火材料精准选材与设计。基于高温合金夹杂物的表面特性，开展外场辅助净化技术研究，揭示外场作用下夹杂物的迁移、聚集与去除机制，创新夹杂物调控与去除技术路径；开展外场参数与工艺匹配性研究，创建高效外场净化装置，实现对高温合金中大型夹杂物的有效去除，显著提升合金纯净度。

课题 2: 高温合金返回料熔炼净化关键耐火材料开发

研究内容: 针对高温合金熔炼炉衬主要采用现场捣打成型与烘烤、服役时抗高温熔体冲刷性能低、易脱落污染熔体、寿命短等重大问题，开展洁净化定型炉衬设计、制备与应用技术研究；针对当前大尺寸预制坩埚制备难度大、服役寿命短、易污染合金等问题，研发大尺寸预制坩埚近净尺寸制备技术；针对大尺寸陶瓷过滤器强度低易掉渣、易开裂、制备难等问题，开展过滤器强化与抗裂性提升研究，开发大尺寸

过滤器一体化成型工艺，确保产品尺寸精度与性能均匀性，提高熔体中夹杂物的去除率。

项目考核指标:

1. 高温合金返回料与耐火材料作用机理与熔炼净化技术研究:

（1）建成中试规模的外场净化装置 1 套，实现返回料熔炼夹杂物去除率较原来提高 30%。

（2）大型组合洁净定型炉衬材料: 1400℃/0.5h 弯曲强度≥18MPa，1600℃/24h 永久线变化≤0.2%，1100℃风冷抗热震性≥40 次。

（3）大尺寸长寿命洁净预制坩埚材料: 1400℃/0.5h 弯曲强度≥15MPa，1600℃/24h 永久线变化≤0.3%，1100℃风冷抗热震性≥40 次。

（4）明确专利、软件著作权等知识产权产出数量及归属等事项，具有自主知识产权。

2. 高温合金返回料熔炼净化关键耐火材料开发:

（1）大型组合洁净定型炉衬: 炉衬寿命较捣打料提升 30%以上; ≥30%返回比冶炼超过 35 炉时，钢液面浮渣≤1/3 液面; 双真空生产的棒材宏观夹杂物缺陷探伤发生率≤3%（按炉数统计）; 建成年产 3000 套或以上规模示范线 1 条。

（2）大尺寸长寿命洁净预制坩埚: 坩埚服役寿命≥40 炉; 含 50%返回料合金锭纯净度与全新料指标相当，即 O、N 气体元素总含量≤20ppm，Fe、Si、Mn、S、P 杂质元素总含量

≤0.20%，Sb、As、Cd、Ga、Ge 等 45 种痕量元素总含量≤80ppm，电子束纽扣法浮渣含量≤0.075 cm^2/kg，检测标准为《电子束熔炼法评定高温合金纯净度》（Q/6S 4875-2024）。建成年产 7000 个或以上规模示范线 1 条。

（3）大尺寸高强度陶瓷过滤器：过滤器与溜槽截面尺寸匹配；1400℃耐压强度≥1.5MPa；建成年产 50000 片或以上规模示范线 1 条。

（4）制修订 1 项标准，明确专利、软件著作权等知识产权产出数量及归属等事项，具有自主知识产权。

项目实施期限：2027 年 1 月—2029 年 12 月

项目密级：非密

项目设置及经费需求：

拟支持 1 个项目研究，采用公开竞争方式。

其他来源资金与中央财政资金比例原则上不低于 3:1。

中央财政资金支持方式：事前立项事后补助

创新分类：产品研发

关键词：高温合金返回料；耐火材料；熔体净化

有关说明：本指南限企业牵头申报，项目参研单位必须包含用户单位且不超过 10 家。

二、高端装备用特种合金

2.1 灵活运行工况下超超临界汽轮机耐热合金及关键部件研制、纯净度与均匀性表征技术研究

研究目标：超超临界汽轮机在快速变负荷、频繁启停和深度调峰等灵活运行工况下，其转子、阀壳等关键高温部件面临循环载荷和温度快速变化导致的蠕变及疲劳损伤，从而引发转子、阀壳出现变形、开裂等问题。针对煤电灵活运行工况下的需求，对620℃-630℃超超临界汽轮机转子锻件、阀壳等关键高温部件开展工况适应性研究，开发出抗疲劳及蠕变性能良好的新型耐热材料，研制出适应灵活运行工况的620℃-630℃超超临界汽轮机转子锻件、阀壳等关键高温部件。针对高参数超超临界汽轮机用耐热合金及关键部件开展纯净度及成分均匀性微观-介观-宏观跨尺度表征方法研究，建立耐热合金及关键部件纯净度与均匀性跨尺度表征技术，开发相关检测设备。为耐热合金超纯净低偏析冶金和大型铸锻件均质化控制提供数据和技术支撑。加强标准制修订，合理布局高质量专利，有效保护核心研发成果。

本项目设置3项课题。

课题1: 灵活运行工况下超超临界汽轮机用抗疲劳及蠕变大型转子锻件设计与研制

研究内容：针对新一代煤电汽轮机快速变负荷、频繁启停和深度调峰等灵活运行工况的需求，结合620℃-630℃超超临界汽轮机高温转子锻件的服役特点，开展高温转子低寿命

损耗结构设计，提升高温转子的抗低周疲劳性能。研究自主知识产权C630R中压转子大型锻件高纯度低偏析冶炼、锻造、强韧化热处理技术及小当量无损探伤检测技术，评价大尺寸高温中压转子疲劳、蠕变等服役性能，建立服役可靠性评价技术，研制出灵活运行工况下620℃-630℃超超临界汽轮机高温中压转子全尺寸锻件，并进行示范应用。

课题2: 灵活运行工况下超超临界汽轮机用抗疲劳及蠕变大型阀壳优化设计与研制

研究内容: 针对新一代煤电汽轮机快速变负荷、频繁启停和深度调峰等灵活运行工况需求，结合620℃-630℃超超临界汽轮机阀壳的服役特点，开展阀壳低寿命损耗结构设计。通过高通量设计、多尺度仿真和高通量实验协同，采用材料基因组和人工智能优化成分设计和组织性能，开发新型耐热材料，提升阀壳抗低周疲劳及蠕变性能。研究新型大型阀壳铸件纯净化均匀化冶炼制造技术、大型阀壳铸件铸造与热处理工艺技术、大型阀壳铸件焊材及补焊工艺。研究大型阀壳锻件高纯净低偏析凝固工艺技术，大型阀壳锻件锻造工艺技术，大型阀壳锻件强韧性匹配热处理工艺技术，大型阀壳铸件及阀壳锻件加工工艺及探伤检测技术。评价汽轮机阀壳疲劳、蠕变等服役性能，建立服役可靠性评价技术，研制出灵活运行工况下620℃-630℃超超临界汽轮机阀壳，并进行示范应用。

课题3: 700℃超超临界汽轮机用耐热合金及关键部件纯

净度与均匀性跨尺度表征技术

研究内容:针对700℃超超临界汽轮机用耐热合金及关键部件纯净度与成分均匀性的微观-介观-宏观跨尺度表征，开发耐热合金成分及分布定量表征新装备，元素种类不少于20种，元素定量测试范围覆盖痕量（10^{-7}g/g）至常量，成分分布最大分析样品尺寸达到近米级。开发汽轮机转子、汽缸、叶片、紧固件、阀门用耐热合金纯净度评价表征新方法，为耐热合金超纯净低偏析冶练和大型铸锻件均质化控制提供数据和技术支撑。

项目考核指标:

1. 灵活运行工况下超超临界汽轮机用抗疲劳及蠕变大型转子锻件设计与研制:

（1）完成灵活运行工况下620℃-630℃超超临界汽轮机中压转子锻件制造工艺优化，并完成重量≥35吨中压转子全尺寸锻件1件。

（2）计算校核部件在服役期内满足温态、热态共启动≥8000次，寿命损耗≤50%。

（3）在630℃、应变比-1条件下，$\Delta\varepsilon_t/2$应变幅为0.4%的循环周次≥1800次；$\Delta\varepsilon_t/2$应变幅为0.3%的循环周次≥4300次。

（4）高温转子锻件材料室温冲击吸收能量Akv≥10J；高温转子锻件材料630℃外推10万小时持久强度≥100MPa（最小试验载荷下试验时间≥10000小时）。

（5）制订至少 1 项标准，明确专利等知识产权产出数量及归属等事项，具有自主知识产权。

2. 灵活运行工况下超超临界汽轮机用抗疲劳及蠕变大型阀壳优化设计与研制

（1）完成灵活运行工况下 620-630℃超超临界汽轮机阀壳耐热合金材料开发；开发阀壳耐热合金材料性能预测模型，屈服强度预测误差在两倍误差带以内；完成重量≥15 吨的全尺寸阀壳铸件 1 件；完成重量≥15 吨的全尺寸阀壳锻件 1 件。

（2）计算校核部件在服役期内满足温态、热态共启动≥8000 次，寿命损耗≤50%。

（3）在 630℃、应变比-1 条件下，$\Delta\varepsilon_t/2$ 应变幅为 0.4%的循环周次≥1600 次；$\Delta\varepsilon_t/2$ 应变幅为 0.3%的循环周次≥3000 次。

（4）阀壳材料 630℃外推 10 万小时持久强度≥80MPa（最小试验载荷下试验时间≥10000 小时）。

（5）制订至少 1 项标准，明确专利等知识产权产出数量及归属等事项，具有自主知识产权。

3. 700℃超超临界汽轮机用耐热合金及关键部件纯净度与均匀性跨尺度表征技术

（1）耐热合金关键痕量杂质元素检出限从 10^{-6}g/g 提升至 10^{-7}g/g。

（2）材料均匀性跨尺度表征范围提升至近米级。

（3）形成转子、汽缸、叶片、紧固件、阀门用耐热合金

纯净度表征评价新方法不少于 5 项。

（4）形成转子、汽缸、叶片、紧固件、阀门用耐热合金跨尺度表征评价新方法和新标准不少于 10 项。

（5）形成定量表征新装备不少于 2 台套。

（6）明确专利等知识产权产出数量及归属等事项，具有自主知识产权。

项目实施期限：2027 年 1 月—2030 年 6 月

项目密级：非密

项目设置及经费需求：

拟支持 1 个项目研究，采用公开竞争方式。

其他来源资金与中央财政资金比例原则上不低于 3:1。

中央财政资金支持方式：事前立项事后补助。

创新分类：产品研发

关键词：新一代煤电超超临界汽轮机；低寿命损耗；转子；阀壳；跨尺度表征技术

有关说明：本指南限企业牵头申报，项目参研单位必须包含用户单位且不超过 10 家。

2.3 钨锑镓原材料再生供给与高质保级利用关键技术

研究目标：针对钨、镓、锑等稀有稀散金属原材料再生供给和高质保级利用的重大需求，研发硬质合金废料直接制备纳米碳化钨、超粗晶碳化钨固溶体技术，实现废硬质合金向高性能原料的再生利用；开发锑化镓半导体废料的保级回

收与高纯再生技术，获得可直接用于锑化镓单晶生长及衬底制造的高纯锑化镓多晶物料。最终构建稀有稀散金属废料资源化利用新模式，推动稀有稀散金属资源循环利用与产业升级。

本项目设置 2 项课题。

课题 1: 硬质合金废料直接制备高性能碳化钨原料关键技术

研究内容: 针对现有废硬质合金利用过程中难以直接制备纳米碳化钨、超粗晶碳化钨固溶体等高端粉末原料的问题，研究废旧硬质合金电化学直接制备高品质纳米碳化钨新技术，开发低挥发、高选择性的专用电解质体系，阐明多金属在电解质中的配合、迁移与定向分离机制，实现碳化钨与钴、铬等的高效分离及纳米碳化钨直接制备；开发硬质合金废料直接高温合成超粗晶碳化钨固溶体粉末技术，构建固溶体碳化钨成分设计和性能优化方法，研究合成过程中碳化钨固溶体宏微观结构演化规律；建立硬质合金废料直接制备高性能碳化钨的工艺技术规范，形成纳米碳化钨粉末及超粗晶碳化钨固溶体粉末等系列高性能原料产品，满足我国高端硬质合金的制造需求。

课题 2: 锑化镓半导体废料的保级回收与高纯再生技术

研究内容: 针对锑化镓半导体废料难以高值回收再生的问题，开展锑化镓半导体废料保级回收与高纯再生制备研究。开发锑化镓半导体废料的预处理技术，去除半导体制程中引

入的有机/无机杂质，实现锑化镓半导体废料的初步提纯，且废料回收率超过 95%；针对锑化镓废料中含有的施主/受主杂质，开发锑化镓多晶再生制备与提纯技术，探究杂质的迁移规律与配合分离机制，结合化学提纯与物理精炼等技术实现施主/受主杂质与锑化镓的深度分离，获得 7N 级高纯锑化镓多晶；开展锑、镓成分偏析抑制及比例调控研究，探究预处理及再生制备各工艺环节中锑、镓的迁移与反应行为，明确成分偏析与组分挥发机制，研究化学成分调控技术，实现锑、镓比例稳定控制，确保再生锑化镓多晶的化学计量比满足后续单晶生长及晶圆衬底制造要求。

项目考核指标:

1. 硬质合金废料直接制备高性能碳化钨原料关键技术:

研发硬质合金再生用电化学电解质成分 1 种，建立纳米晶碳化钨粉末制备工艺技术规范 1 个，实现钨回收率≥95%；开发纳米晶碳化钨再生制备电解槽装置 1 台套，研发纳米晶碳化钨再生粉末产品，纯度≥99.5%，其中碳化钨晶粒度≤100nm，化学成分指标符合国标 GB/T 26725-2023；研发高性能碳化钨固溶体成分 2-3 种，建立超粗晶碳化钨固溶体粉末制备工艺技术规范 1 个，粉末性能满足：碳化钨形成元素的成分偏差≤5%，单晶粉末粒径≥100μm，结晶度≥99%，显微硬度≥30GPa；建成年处理废硬质合金 500 吨示范线。

2. 锑化镓半导体废料的保级回收与高纯再生技术:

锑化镓半导体废料回收率≥95%；设计开发重结晶提纯装

备 1 台套，获得纯度≥7N 的高纯再生锑化镓多晶；抑制再生锑化镓多晶成分偏析，控制再生锑化镓多晶成分偏差≤5%；再生锑化镓多晶回用于单晶生长及晶圆衬底制造，获得≥4 英寸锑化镓晶圆，位错密度≤200/cm^2，在 1-2 家半导体晶圆制造企业应用验证。

项目实施期限：2027 年 1 月—2029 月 12 月

项目密级：非密

项目设置及经费需求：

拟支持 1 个项目研究，采用公开竞争方式。

其他来源资金与中央财政资金比例原则上不低于 3:1。

中央财政资金支持方式：事前立项事前补助。

创新分类：其他保障

关键词：稀有稀散金属；硬质合金废料；锑化镓半导体废料；再生供给；高质保级

有关说明：项目参研单位数量不超过 10 家。

郑州科学院zzkxkyc

五、电子信息材料

5.1 印刷 QLED 量子点发光材料与产品应用示范

研究目标: 建立量子点材料、电荷传输层墨水的小批量生产装置和工艺流程，实现规模化制备，并解决量子点材料及功能层墨水的重复性与稳定性等关键问题;开发印刷QLED量产工艺，打通从实验室到小批量量产的技术壁垒，实现高性能印刷 QLED 显示产品的规模化生产与应用示范。合理布局高质量专利，有效保护核心研发成果。

本项目设置 2 项课题。

课题 1: 印刷 QLED 量子点材料和墨水工程化关键技术

研究内容: 面向中大尺寸显示应用需求，开展印刷 QLED 量子点材料和墨水、电荷传输层墨水的工程化关键技术研究。研究高性能量子点材料的成核与壳层生长工艺，揭示反应条件对量子点尺寸分布及稳定性的调控规律；发展量子点、电荷传输层墨水的放大制备工艺，解决印刷材料和墨水在规模化生产中的重复性与稳定性问题，形成可量产的印刷 QLED 材料技术包，为显示屏制备提供材料与墨水支撑。

课题 2: 印刷 QLED 显示系统集成与工程化应用研究

研究内容: 在课题 1 提供的材料和墨水基础上，开展印刷 QLED 显示系统集成与工程化应用研究。发展印刷 QLED 器件和显示屏的生产工艺，系统研究关键制程的关键工艺参数对产品的影响，重点研究墨水打印体积、膜厚等参数与器件和显示屏的性能关系，解决印刷 QLED 显示屏量产的重复

性与稳定性问题，形成可量产的印刷工艺技术包；系统优化印刷 QLED 材料、墨水与 TFT 驱动、模组封装、印刷装备等技术集成，实现印刷 QLED 显示屏批量生产和产品应用示范；开展量子点、电荷传输材料的升级迭代，实现印刷 QLED 产品性能的提升。

项目考核指标:

1. 印刷 QLED 量子点材料和墨水工程化关键技术：实现量子点材料和墨水批量生产，量子点材料量产能力≥10kg/年，红绿蓝量子点材料的发光波长分别为 625-640nm、520-545nm、460-473nm，半高峰宽分别≤22nm、22nm、20nm，5 批次（20g/批）材料的发光峰和半峰宽波动±1nm，5 批次材料的旋涂器件效率波动≤5%，器件寿命波动≤10%；量子点及电荷传输墨水量产能力≥400L/年，粘度 2-10cp，表面张力 20-35mN/m，5 批次（1L/批）墨水粘度、表面张力波动≤5%，适配印刷装备实现 5 批次墨水固化膜厚波动≤5%；打印器件的 5 批次效率波动≤5%，器件寿命波动≤10%；建立量子点材料和墨水量产导入与评价体系；建立材料和工艺数据收集标准流程和数据库，数据条目≥10000 条；样机的全白亮度≥500 尼特，色域≥90% BT2020。明确专利、软件著作权等知识产权产出数量及归属等事项，具有自主知识产权。

2. 印刷 QLED 显示系统集成与工程化应用研究：采用项目生产的材料、墨水，实现笔记本或显示器显示产品生产，印刷玻璃基板尺寸：长（≥730mm）宽（≥460mm），显示产

品尺寸≥14 英寸，像素密度：≥240PPI（笔记本）或≥150PPI（显示器），面板全白亮度≥400 尼特，色域≥85% BT2020，对比度≥100000:1，T95 寿命≥1000h@300 尼特，视角单侧≥45°（亮度衰减到正视角度的 50%、色度视角偏差Δu'v'≤0.025），产品在 85℃/85%湿度条件下存储≥240h，60℃/90%湿度条件下工作≥240h，无明显功能缺陷。项目期内生产满足上述条件的≥14 英寸的印刷 QLED 显示屏≥1000 片。明确专利、软件著作权等知识产权产出数量及归属等事项，具有自主知识产权。

项目实施期限：2027 年 1 月—2030 年 6 月

项目密级：非密

项目设置及经费需求：

拟支持 1 个项目研究，采用公开竞争方式。

其他来源资金与中央财政资金比例原则上不低于 3:1。

中央财政资金支持方式：事前立项事后补助。

创新分类：应用验证

关键词：印刷 QLED；量子点；显示产品；应用示范

有关说明：本指南限用户单位牵头申报，项目参研单位数量不超过 10 家。

郑州科学院 ZZSXjkyc

六、稀土新材料

6.3 静态氢压缩机用高容量稀土改性钛基储氢材料及其应用

研究目标：针对静态氢压缩机用稀土改性钛基储氢材料有效容量偏低、循环衰减机制不明、制备工艺不成熟，批次一致性差、循环寿命不足及成本偏高，以及传统机械压缩机能耗高、噪声大、运维复杂等问题，突破稀土改性钛基储氢材料微结构设计与抗衰减调控、熔炼-退火-制粉一体化批量制备工艺、储氢单元热管理与多模块协同控制等关键技术，阐明高容量与长寿命协同机制，实现低成本长寿命储氢材料的批量化制备，提升压缩效率与循环寿命，推动形成低成本、高可靠、高安全的固态氢静压缩系统并在加氢站内应用示范。加强标准制修订，合理布局高质量专利，有效保护核心研发成果。

本项目设置 3 项课题。

课题 1: 静态氢压缩机用新型高容量稀土改性钛基储氢材料创制与性能调控

研究内容：面向国家能源结构转型对高效安全储氢技术的迫切需求，结合我国高丰度轻稀土（如 La、Ce）的资源优势，设计静态氢压缩机用多组元新型钛基储氢材料，通过元素替代与掺杂，优化其储氢性能；研究材料在循环吸放氢过程中的相结构演变、粉化行为和表面钝化等微观机制，实现高容量储氢；开发表面包覆修饰、微观结构调控、复合催化

等关键技术，获得高容量下的长循环稳定性；评估材料的综合性能（如有效储氢容量、平台压、动力学、热导率等），开发出低压/高压缩比静态氢压缩机用低成本稀土储氢材料。

课题 2: 静态氢压缩机用稀土改性钛基储氢材料性能一致性调控与批量化制备

研究内容: 针对静态压缩机用稀土改性钛基储氢材料平台压力与压缩比不匹配、动力学缓慢的问题，开展稀土改性钛基储氢材料宽平台合金成分设计研究，突破机器学习辅助的热力学调控技术，实现平台压力可调；开发熔炼-退火-制粉一体化制备技术，形成连续化制备工艺，实现低氧含量的稳定制备；开发低成本工艺优化及延寿技术，实现低压/高压缩比静态氢压缩机用低成本稀土储氢材料的规模化制备。

课题 3: 稀土改性钛基储氢材料静态压缩系统集成及其在加氢站内应用

研究内容: 面向高效、高可靠增压技术的迫切需求，设计基于稀土改性钛基储氢材料吸/放氢热效应的高效热交换结构，研制静态升压系统用固态储氢装置与热管理模块，实现热量快速输运与梯级利用；突破分级静态升压储氢系统集成技术，并与加氢站系统集成；开发分级升压-稳压供氢系统安全智能控制技术，实现稳定、精准的出口压力与流量控制，建立多参数融合的安全预警模型，研制出低成本低压/高压缩比静态压缩机，并在加氢站内应用示范。

项目考核指标:

1. 静态氢压缩机用新型高容量稀土改性钛基储氢材料创制与性能调控：创制 2-3 种低压/高压缩比静态氢压缩机用新型稀土改性钛基储氢材料，材料平台压力在 0.5~3MPa (25~80℃范围内)可调，平台宽≥0.6H/M，压缩比≥3，吸氢 90%所需时间≤2min(≤3MPa，≤60℃)，放氢 90%所需时间≤3min(≥0.5MPa，≤80℃)；储氢材料质量储氢密度≥1.8wt.%，经 10000 次吸放氢循环后容量保持率≥85%，开发 2-3 种有效的寿命改善方法。

2. 静态氢压缩机用稀土改性钛基储氢材料性能一致性调控与批量化制备：批量化制备的稀土改性钛基储氢材料满足低压/高压缩比氢压缩机快速响应需求，单批次制备能力≥100kg，氧含量≤200ppm；连续 5 批次材料平台压力极差≤±0.05MPa，放氢容量极差≤±0.1wt.%；合格率≥95%；材料成本≤120 元/kg，达到年产百吨级规模生产能力。

3. 稀土改性钛基储氢材料静态压缩系统集成及其在加氢站内应用：固态储氢装置床层有效导热系数≥5W/(m·K)；研制出低压（入口压力≤5MPa）/高压缩比（出口压力≥45MPa）静态氢压缩机，成本不高于同等级机械式压缩机，整机运行噪声≤55dB(A)@1m；系统出口压力控制精度优于±0.5MPa，氢气泄漏率≤0.1mL/(h·L)，故障诊断与自动切断响应时间≤100ms；研制出 300kg 级日压缩量的低成本低压/高压缩比静态压缩机，并在加氢站内实现应用示范，连续无故障运行≥1000 小时。

4. 项目形成不少于 2 项标准（征求意见稿），明确专利等

知识产权产出数量及归属等事项，具有自主知识产权。

项目实施期限：2027 年 1 月—2029 年 12 月

项目密级：非密

项目设置及经费需求：

拟支持 1 个项目研究，采用公开竞争方式。

其他来源资金与中央财政资金比例原则上不低于 3:1。

中央财政资金支持方式：事前立项事后补助。

创新分类：产品研发

关键词：稀土储氢材料；氢压缩机；高容量；长循环寿命

有关说明：本指南限企业牵头申报，项目参研单位必须包含用户单位且不超过 10 家。项目牵头申报单位须具有加氢站相关设备研发及生产的经验，并具备国家/省级企业技术中心资质。

郑州商学院ZZSXkyc

6.4 高温型高容量稀土改性镁基储氢材料、装置及应用

研究目标：针对稀土改性镁基高容量储氢材料热力学稳定性高、表面易毒化、循环性能衰减快，批量化制备一致性差、高温循环稳定性不足，装置热质传递效率低等问题，突破相结构调控与催化界面抗毒化、热-氢耦合优化、跨场景集成与多工况自适应调控等关键技术，开发适用于长距离运输场景下的新型高容量稀土改性镁基储氢材料制备及运输成套技术，推动固态储氢运氢部分替代高压和液氢运氢，并在加

氢站燃料电池车加氢与电动车氢电转换发电用氢场景中实现应用示范。加强标准制修订，合理布局高质量专利，有效保护核心研发成果。

本项目设置 3 项课题。

课题 1: 稀土改性镁基高容量储氢材料新体系的创制

研究内容: 筛选高活性稀土元素与催化相，突破传统体系性能上限，创制高容量、低放氢温度的新型稀土改性镁基储氢材料；发展协同调控技术，实现对氢解离、扩散与形核等多步骤动力学的同步优化；结合 AI 赋能高通量计算，阐明多步骤动力学耦合机制，实现提升吸放氢动力学性能与长循环稳定性；优化材料结构与组分，改善新材料的服役可靠性与场景适配能力，为长距离运氢用稀土改性镁基储氢材料工程化制备奠定基础。

课题 2: 低成本稀土改性镁基储氢材料工程化制备与运氢装置研制

研究内容: 优化稀土多相催化改性，调控稀土改性镁基储氢材料吸放氢热力学与动力学性能；突破材料低成本的批量制备技术，保障批次性能一致性；开展长距离运氢用储氢装置传热传质结构优化与热-氢多场耦合设计研究，突破高效热质传递技术，提升装置充放氢动态响应与系统能效。

课题 3: 长距离运氢用高安全固态储供氢系统集成与应用

研究内容: 设计带高效强化换热结构的模块化反应器，实现储氢系统与外在热流供需精准匹配；结合长距离运氢工

况特点，研制轻量化、模块化大型储氢装置；突破储供氢系统的稳定运行技术；通过流程安全监控与工程化集成优化，构建高安全储氢系统成套集成技术，部分替代目前高压和液氢运氢，实现固态储氢材料高安全长距离运氢，并在加氢站燃料电池车加氢与电动车氢电转换发电用氢场景中实现应用示范。

项目考核指标:

1. 稀土改性镁基高容量储氢材料新体系的创制：利用 AI 赋能机器学习构建 2-3 种新型稀土改性镁基高容量储氢材料，储氢材料质量储氢密度达到 6.5wt.%；2000 次循环利用效率≥90%；在 200℃、≤3MPa 下吸氢速率达到 3%s^{-1}（30s 内吸氢≥90%），在 280℃、≥0.01MPa 下放氢速率达到 0.45%s^{-1}（200s 内放氢≥90%）。

2. 低成本稀土改性镁基储氢材料工程化制备与运氢装置研制：稀土改性镁基储氢材料制备费≤20 元/kg；实现年产千吨级生产能力；规模化生产的稀土改性镁基储氢材料收得率≥90%；材料可在 30min 内完成≥90%额定容量的吸氢，60min 内可完成≥90%额定容量的放氢；储氢床体储氢密度≥55kg/m^3。

3. 长距离运氢用高安全固态储供氢系统集成与应用：通过开发低成本稀土改性镁基储氢材料及其工程化制备技术，实现固态储氢材料长距离运氢，固态氢储运装置储氢总量≥1 吨；在 300℃下额定充氢速率≥675Nm^3/h、350℃下额定放氢速率≥675Nm^3/h，实现吸/放氢热源的现场自洽供给；系统启

动时间≤60s，系统运行环境温度-40℃~50℃；实现年运氢 500 吨能力，并建成应用示范线。

4. 项目形成不少于 2 项标准（征求意见稿），明确专利等知识产权产出数量及归属等事项，具有自主知识产权。

项目实施期限：2027 年 1 月—2029 年 12 月

项目密级：非密

项目设置及经费需求：

拟支持 1 个项目研究，采用公开竞争方式。

其他来源资金与中央财政资金比例原则上不低于 3:1。

中央财政资金支持方式：事前立项事后补助。

创新分类：产品研发

关键词：稀土改性镁基储氢材料；长距离氢运输；应用示范

有关说明：本指南限企业牵头申报，项目参研单位必须包含用户单位且不超过 10 家。项目牵头申报单位须在固态储氢材料氢储运领域具备显著技术优势和研发基础。