

## 2025 年自治区氢能领域重大科技专项、重点研发任务专项项目申报指南

### 一、自治区重大科技专项

#### 1. 纯氢竖炉氢冶金关键技术与示范

##### 研究内容 1：纯氢竖炉还原铁全流程工艺研究

基于氢气直接还原热力学及动力学的理论研究，分析不同工艺参数对还原反应速率和海绵铁（DRI）金属化率的影响。结合气固对流移动床理论，建立不同竖炉炉内结构流场数学模型，优化纯氢竖炉结构实现炉内气流均匀分布，确保球团矿还原的连续性 & 物料下行的稳定性。完成一套具有自主知识产权纯氢竖炉生产海绵铁的工艺流程方案。

**关键指标：**形成纯氢竖炉还原铁工艺方案并验证。按现有工业装置标准，建设一个 1:5 比例的全流程纯氢竖炉中试装置，并作为科研装置纳入科研设备共享平台。全流程纯氢竖炉中试装置连续运转时间  $\geq 15$  天，产量  $\geq 3$  吨/天，海绵铁氢气消耗量  $\leq 600 \text{ Nm}^3/\text{t}$ ，炉内还原温度  $\geq 700 \text{ }^\circ\text{C}$ ，压力  $\geq 0.4 \text{ MPa}$ ，海绵铁金属化率  $\geq 93\%$ ，实现冷热海绵铁（CDRI、HDRI）全流程；授权发明专利不少于 2 件。

##### 研究内容 2：结合新疆铁矿资源特点的工艺优化研究

针对新疆铁矿资源特点结合纯氢竖炉设备绿色高效的生产工艺，开展不同种类铁矿石还原物料平衡及热力学平衡

的研究，采用离散单元法和流体动力学耦合模型，揭示竖炉内部固态还原、气固传热、还原膨胀等相互作用机制，研究烧结球团矿、块矿、冷固结球团等原材料与氢气炉内反应过程，分析温度、压力、浓度与还原率的关系，优化工艺流程，降低生产成本，缩短生产周期。

**关键指标：**制定不同种类新疆铁矿石纯氢竖炉还原工艺方案，纯氢竖炉验证的新疆地区不同铁矿石矿山 $\geq 5$ 个，原料种类包含烧结球团矿、冷固结球团、块矿等，海绵铁金属化率 $\geq 90\%$ ，粉化率 $\leq 10\%$ ；授权发明专利不少于2件。

### **研究内容 3：纯氢竖炉氢气加热及循环系统研究**

基于氢气热能传递和传输特性，结合热能传递介质的变化规律，研究加热器材料耐高温性能和安全加热形式，研发高效的纯氢竖炉炉顶尾气循环系统，配合温控系统实时监测并调节还原气体的温度，确保纯氢竖炉加热系统的稳定性和安全性。

**关键指标：**形成纯氢竖炉气体循环工艺方案并验证，纯氢竖炉现场连续运转 $\geq 15$ 天，电加热氢气的温度 $\geq 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，加热气体流量 $\geq 250\text{ Nm}^3/\text{h}$ ，净化后气体中 $\text{H}_2$ 占比 $\geq 90\%$ ，水含量占比 $\leq 10\%$ ，粉尘浓度 $\leq 20\text{ mg}/\text{Nm}^3$ ，加压压力 $\geq 0.4\text{ MPa}$ ；授权发明专利不少于2件。

### **研究内容 4：年产 10 万吨氢基竖炉生产线高效运行关键技术研究**

开展工业化氢基竖炉生产线的建设，构建全流程安全监测体系，实现还原气体和球团矿在炉内发生安全高效的反应。

搭建全自动氢基竖炉安全生产操作系统平台，实现现场无人化安全连续生产目标。开展钛铁矿纯氢竖炉冶炼研究，形成钛铁冶炼分离工艺的优化。

**关键指标：**建成年产10万吨氢基竖炉生产示范线，还原铁金属化率 $\geq 90\%$ ，钛铁冶炼分离，实现满足现场无人化安全生产目标，编制氢基竖炉生产还原铁技术规范和安全生产标准，确保生产线安全稳定运行；授权发明专利不少于2件。

## **2. 高能效绿氢制储用一体化关键技术研发与综合示范**

### **研究内容 1：面向极端气候光储电解制氢系统关键技术**

研究新疆极端气候下光伏功率预测不确定模型，开发全工况精细化光伏功率耦合制氢负荷预测技术；研究光伏出力大幅波动\低功率运行特性，构建考虑冷启动加速约束的宽域功率-温度双变量自适应控制策略，提出储能灵活性调节与电解槽动态效率协同优化方法；研究新疆极端气候对光储电解制氢系统寿命影响机理，开发基于大数据和人工智能技术的光储制氢系统健康预测与优化平台。

**关键指标：**预测模型提升功率预测准确性 1-3%；建立适应新疆极端气候兼顾光伏功率不确定性、储能灵活性及产氢负荷效率的光储制氢系统协同控制策略 1 项；光伏发电容量 15 万 kW，单模块制氢系统在宽范围功率波动 30%-110%条件下，适应环境温度范围 0°C-30°C，冷启动时间 $\leq 60\text{min}$ ；绿电利用率大于 95%；开发光储制氢系统健康预测与优化平台 1 项；授权发明专利不少于 2 件。

### **研究内容 2：高容量固态储氢关键技术开发及示范**

研究催化元素掺杂对储氢合金吸放氢特性的影响机理，研制高容量的镁基复合储氢材料；研究规模化制备过程中粉体粒度和块体孔隙度、尺寸等对储氢性能的影响机制，开发镁基储氢块体材料规模化制备及成型技术；研究罐体及控制策略参数对储氢罐内传热传质性能的作用机理，开发高效稳定运行的镁基储氢罐组及其控制系统，形成面向上游可再生能源制氢、下游绿氢发电的固态储氢技术应用。

**关键指标：**开发大容量镁基复合储氢材料不少于 2 种，储氢材料吸氢压力  $< 3.0\text{MPa}$ ，质量储氢密度  $> 6.0\text{wt.}\%$ ，吸放氢温度  $200\sim 300\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，1600 次吸放氢循环后保持大于 90 % 的储氢密度；研制与可再生能源制氢系统高效耦合的镁基储氢装置及智能控制系统 1 套，单次储氢量  $\geq 5\text{kg}$ ；实现储氢材料在常压  $1\text{atm}$ 、 $-30\sim 80^{\circ}\text{C}$  摄氏度下的运输，脱氢时释放 60% 储氢量时间  $\leq 120\text{min}$ ，脱氢纯度  $\geq 99.99\%$ ；授权发明专利不少于 2 件。

### 研究内容 3：高性能金属双极板燃料电池关键技术

研究变分数阶电池流道-膜电极多物理域精确建构新理论，精确阐明多尺度工况变化下局部水堆积、温度骤变与电化学性能规律，形成基于工艺与性能耦合的电堆构型设计方法；研究金属双极板流道辊压成形辊系大圆弧面偏摆多向耦合辊隙调节与误差放大技术，开发高精度辊压成形工艺与新装备；研究面向功率需求的大流量氢源稳态供给策略与动态输出管理博弈技术，开发满足面向场景应用的高性能氢燃料电池。

**关键指标：**研制金属双极板流道专用大圆弧面辊系偏摆辊压装备 1 台，辊系压下调节精度 $\leq 0.005\text{mm}$ ，可靠性 $\geq 90\%$ ；形成包括焊密装检等功能电堆制备平台 1 项；研发氢燃料电池 2 台，其中，发电场景的额定功率 $\geq 100\text{kW}$ 、质量功率密度 $\geq 650\text{W/kg}$ 、最高效率 $\geq 58\%$ ，运输场景的额定功率 $\geq 200\text{kW}$ 、质量功率密度 $\geq 700\text{W/kg}$ 、最高效率 $\geq 58\%$ ；授权发明专利不少于 2 件。

#### **研究内容 4：氢燃料电池发电调节电网运行关键技术**

研究氢燃料电池发电系统多元工况动态特性，构建电池-电网双向耦合动态预测模型，揭示能量交互机制；研究辅助调峰与供氢需求特性，构建适应调峰需求的氢源供给策略；建立基于大数据与机器学习的氢燃料电池发电系统调度决策模型，开发适应不同负荷波动下的发电系统控制策略和电网自适应调度方案；建立氢燃料电池发电系统故障诊断与预警模型，构建面向场景需求的电氢耦合的高能效、一体化集成管理系统。

**关键指标：**构建燃料电池电站系统的智能化运行调度平台 1 项，支持电、氢市场 15min 级预测与实时数据输入；建设 200kW 氢燃料电池电站，具备 $\geq 100\text{kW}$ 向上调峰能力（峰值 300kW），调峰时长 $\leq 0.5\text{h}$ ，具备宽功率（10%~100%）运行范围和快速波动响应（全功率响应时间 $\leq 10\text{s}$ ），绿电利用率 $\geq 90\%$ ，初始电效率 $\geq 55\%$ ，在不低于 50%额定功率输出条件下运行时间 $\geq 120\text{h}$ ，电压衰减 $\leq 10\%$ ；制定氢燃料电池电站系统相关标准（草案）1 项；授权发明专利不少于 2 件。

### 研究内容 5：绿氢制储用技术智能化集成与综合示范

研究面向场景需求的氢能制-储-用系统智能化集成技术，探究全工艺流程关键装备实时数据采集与动态传输机制，开发面向全工艺流程的低能耗、高效率电氢耦合综合能耗管理与安全运维体系；研究新型氢防护、渗透和泄露技术，构建关键系统与工艺节点异常参数的识别与预警机制，开发面向全周期的智能化监测管理体系；建成高效、安全稳定的光伏制氢、氢燃料电池发电、固态储氢、氢燃料电池重卡智能化集成与综合示范线。

**关键指标：**开发绿氢制储用一体化监测平台 1 项，综合监测覆盖率 $\geq 90\%$ ，实时数据传输延迟 $\leq 1s$ ，异常参数识别准确率 $\geq 98\%$ ；开发电氢耦合综合能耗管理系统、安全运维管控软件系统各 1 套，氢泄漏检测灵敏度 $\leq 10ppm$ ，安全预警准确率 $\geq 92\%$ ；建成绿氢制储用技术智能化集成与综合示范线 1 条，包括光伏制氢生产、氢燃料电池发电、固态储氢、氢燃料电池重卡运输示范线各 1 项，实现年制氢规模 $\geq 300$  吨，故障恢复时间 $\leq 30min$ ，单次加氢续航 $\geq 400km$ ，氢能储运系统能量损耗率 $\leq 10\%$ ；授权发明专利不少于 2 件。

## 3. 波动性可再生能源电解盐碱水制氢关键技术与应用示范

### 研究内容 1：盐碱水制氢高性能、耐腐蚀电极研发

开发适配盐碱水电解制“绿氢”的高活性、高选择性和长耐久阴极和阳极催化剂，探究阳极析氧和析氯之间选择性调控方法。开发高传质、抗腐蚀一体化电极，建立界面防腐

蚀与气液传质优化机制。

**关键指标：**在 $\geq 80^{\circ}\text{C}$ 且  $1\text{ A/cm}^2$  的电流密度下，阴极过电位不高于  $180\text{mV}$ ，阳极过电位不高于  $350\text{mV}$ ，阳极析氧选择性大于  $99.9\%$ ；阴、阳极在含盐环境和  $1\text{ A/cm}^2$  电解工况下实测  $2000$  小时电压衰减均小于  $1\%$ （获得第三方测试报告）；授权发明专利不少于  $2$  件。

### **研究内容 2：适配可再生能源波动性的电解槽和隔膜材料研发**

探究波动性条件下催化剂衰减的原因，开发与可再生能源波动特性适配的低成本、高稳定性阴极和阳极催化材料。建立电解槽中物质场、温度场、流场分布特征受波动性工况的影响规律，优化电解槽结构。研发高阻气性、低内阻隔膜材料，降低电解能耗和在波动工况下氧中氢、氢中氧含量。

**关键指标：**在  $1\text{ A/cm}^2$  的电流密度下每隔  $12$  小时启停一次，连续启停  $200$  次电极性能衰减  $1\%$ ；隔膜具有亲水、疏气特性，气液接触角 $>150^{\circ}$ ，隔膜厚度 $\leq 500\mu\text{m}$ ，平均孔径 $\leq 100\text{nm}$ ； $80^{\circ}\text{C}$ 下面电阻 $\leq 70\text{m}\Omega\cdot\text{cm}^2$ ，泡点压力 $\geq 2.5\text{ bar}$ ，单电解池性能满足 $\leq 2\text{V}@1\text{A/cm}^2@80^{\circ}\text{C}$ ；电解槽具有便于维护的模块化结构，可在  $20\%\sim 140\%$ 宽负荷波动范围内运行，在任意功率下运行  $2$  小时，系统氧中氢含量 $<1.8\%$ ；授权发明专利不少于  $2$  件。

### **研究内容 3：盐碱水电解制氢成套装备研发与盐碱水资源高值化利用技术**

研发适配可再生能源电解盐碱水制氢的耐腐蚀高效气

液分离纯化装置和快速响应 IGBT 电源系统,集成撬装式电解盐碱水制氢成套装备,实现对高盐水源的适配和对可再生能源的快速跟踪响应;开发盐碱水电解制氢耦合同位素高效分离与利用技术,实现盐碱水资源的综合利用。

**关键指标:**研发电解盐碱水制氢成套撬装装备,系统功率不低于 2.5MW,电解槽直流能耗 $<4.3\text{kWh}/\text{Nm}^3\text{H}_2$ ,功率调节范围 20%~140%,功率调节速度 $>5\%/s$ ,氢气纯度 $>99.99\%$ ;同位素分离比 $>7$ ;授权发明专利不少于 2 件。

#### **研究内容 4: 可再生能源功率跟踪技术研发与高动态响应电解制氢示范运行**

研发具有动态功率跟踪功能的整流电源和快速响应策略,实现可再生能源与电解槽无储能直连运行,探究波动性可再生电源直接驱动电解槽对规模化电解盐碱水制氢装置能耗、稳定性的影响,建立可再生能源电解制氢优化调度策略,实现绿电制绿氢和高值附加品的示范运行。

**关键指标:**整流电源适配额定功率不低于 2.5 MW 的电解系统,具备对可再生能源的动态跟踪能力,响应速度达到 ms 级,实现可再生能源直连电解槽宽负荷波动运行,实测 1000 小时,制氢系统性能衰减 $<1\%/khr$ ,制氢负荷预测精度 $\geq 98\%$ ,满足系统对安全性、经济性的运行要求;授权发明专利不少于 2 件。

## 二、重点研发任务专项

### 1.成品油管道顺序输送氢基载体关键技术与先导性试验

**研究内容：**基于氢基载体（甲醇、液氨、生物燃料）与成品油相溶性，开展混油发展规律和界面监测技术、绿色甲醇、生物燃料等质量控制要求、管材腐蚀控制、泵阀等关键设备适应性、安全管控等关键难点问题研究，通过 705 站甲醇和液氨管道中试试验平台开展先导性试验应用，对混油扩展规律、混油界面检测设备以及泵阀系统性能验证，形成成套核心技术体系，为成品油管道顺序输送氢基载体、生物燃料等介质的管道输送建设及应用提供关键技术支撑。

**关键指标：**成品油管道顺序输送甲醇和液氨混油预测软件醇/油混油量的预测精度与先导性试验生产运行数据相比平均偏差不超过 10%，最大偏差不超过 15%；阀门等泄漏率 1.1P 下泄漏率 $<0.3\%/h$ (试验时间 24h)，授权发明专利不少于 2 件。

### 2.百千瓦级固体氧化物电解池测试平台及原位监测技术开发

**研究内容：**针对目前大功率固体氧化物电解池测试平台及原位监测技术缺失的问题，突破测试用关键零部件及测试装备成套技术及原位监测技术，具体包括：研究大功率固体氧化物电解池电解性能与稳定性测试评价方法，集成大功率

电解池综合测试台；研究测试台内部电压电流、温度、流量等多物理量耦合规律及高温原位测试与传感器技术；开展气化冷凝与高温换热等热管理研究，开发高精度、快速响应的水蒸气发生装置；开发平台主控系统的自动流程控制、实验数据管理、数据在线分析、系统故障诊断等模块与集成技术。

**关键指标：**开发百千瓦级固体氧化物电解池测试平台，测试平台应具备原料气供应模块、高温热管理模块、电气模块、尾气处理模块、原位监测模块与主控系统；可实现固体氧化物电解水、电解  $\text{CO}_2$  等不同工况下的恒流、恒压、恒功率等不同测试方法下的性能评价，其中固体氧化物电解池最大电解功率  $\geq 100\text{kW}$ ，输入电压及电流精度偏差  $\leq 0.5\%$ ；输入水蒸气压力波动  $\leq 2\text{kPa}$ ，水蒸气流量偏差  $\leq 1\%$ ；电解池温度分布测量分辨率  $\leq 5\text{mm}$ ，温度测量偏差  $\leq 0.5\%$ ；测试台控温范围在  $20\sim 800^\circ\text{C}$ ，温度控制精度优于  $\pm 2^\circ\text{C}$ ；多物理量在线监测采样时间间隔  $\leq 1\text{s}$ ，可同时处理采样通道数  $\geq 64$  个；授权发明专利不少于 2 件。

### 3. $\text{CO}_2$ 与水蒸气高温共电解制合成气关键技术开发与应用示范

**研究内容：**针对大规模可再生能源电力接入条件下电网调峰和碳减排痛点问题，研发固体氧化物电解池高温共电解  $\text{CO}_2$ /水蒸气制合成气关键技术。研究高性能大面积电解池，形成批量制造能力；掌握高性能、长寿命电解堆的组装技术，设计并集成大功率模块，以及示范系统，结合火电站、煤化

工等高温蒸汽回收与 CO<sub>2</sub> 资源化利用需求，以及可再生能源电力的储能需求，开展应用示范，探索产业化途径。

**关键指标：**开发高活性、高稳定性的大面积电解池，电解池面积  $\geq 200\text{cm}^2$ ，电解池工作温度  $\leq 750^\circ\text{C}$ ；电解堆单堆功率  $\geq 5\text{kW}$ ；集成 50kW 级共电解系统并在实际运行工况下进行示范测试，运行时间  $\geq 2000\text{ h}$ 。授权国家专利 5 项，其中发明专利 2~3 项。

#### 4.农林废弃物耦合绿氢制绿色甲醇关键技术开发

**研究内容：**针对现行生物质气化炉气化过程中灰分大导致结焦、焦油含量高产生的堵塞以及产生的气体组分中 CO<sub>2</sub> 含量高等问题，设计新型气化炉，重点突破可再生能源棉花秸秆气化炉设计开发；研究和开发新型多相复合型非贵金属催化剂，以提高电解水制氢的效率和降低成本，优化催化剂的活性、稳定性和抗腐蚀性，以及在大电流密度下的长期运行性能；围绕农林废弃物气化产物耦合绿氢实现定向稳定甲醇合成，设计新型 CO/CO<sub>2</sub> 耦合绿氢合成绿色甲醇反应工艺，开发 CO/CO<sub>2</sub> 耦合绿氢制备绿色甲醇新型高效催化剂，探究原子层面催化剂真实活性位点及其动态演变，并进行相关工艺设计及优化，开发分离工艺，实现高稳定性、高收率绿色甲醇高效制备。

**关键指标：**明确生物质基元组分在气化过程中的迁移演化规律，形成生物质气体产物调控技术，气化温度  $< 1000^\circ\text{C}$ ，气化压力  $< 5\text{ MPa}$ ，碳转化率  $> 90\%$ ，CO/CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub> 含量  $\geq$

60%，二氧化碳含量 $< 15\%$ ；组建大型电解水制氢平台，实现单电解槽在电流密度为 $1 \text{ A cm}^{-2}$ 时所需电压 $\leq 1.8 \text{ V}$ ，单槽制氢量 $\geq 50 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ，输出氢气纯度 $\geq 99\%$ ，总体制氢效率 $\geq 99\%$ ，额定产氢能耗 $\leq 3.7 \text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$ ；研发高性能CO/CO<sub>2</sub>加氢催化剂并搭建反应装置，开发新型反应与分离工艺，单程CO转化率 $> 35\%$ ，CO<sub>2</sub>转化率 $> 15\%$ ，甲醇选择性 $> 88\%$ ，精制甲醇纯度 $> 98\%$ ，稳定性超500h；建成年产不少于10000吨级绿色甲醇示范工程。