

## “氢能技术”重点专项 2023 年度项目申报指南

(仅国家科技管理信息系统注册用户登录可见)

为落实“十四五”期间国家科技创新有关部署安排，国家重点研发计划启动实施“氢能技术”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2023 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：以推动能源革命、建设能源强国等重大需求为牵引，系统布局氢能绿色制取、安全致密储输和高效利用技术，贯通基础前瞻、共性关键、工程应用和评估规范环节，到 2025 年实现我国氢能技术研发水平进入国际先进行列。

2023 年度指南部署坚持问题导向、分步实施、重点突出的原则，围绕氢能绿色制取与规模转存体系、氢能安全存储与快速输配体系及氢能便捷改质与高效动力系统 3 个技术方向，拟启动 19 项任务、安排国拨经费 3.4 亿元。其中，拟部署 3 个青年科学家项目，拟安排国拨经费 1500 万元，每个项目不超过 500 万元。应用示范类项目要求由企业牵头申报。企业牵头申报项目配套经费与国拨经费比例不低于 2:1。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究任务申报。除特殊说明外，每个任务拟支持项目数为 1~2 项，实施周期不超过 3 年。

申报项目的研究内容必须涵盖二级标题下指南所列的全部研究内容和考核指标。基础研究类项目下设课题不超过4个，项目参与单位总数不超过6家；共性关键技术类和应用示范类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，每个课题设1名课题负责人。

青年科学家项目不再下设课题，项目参与单位总数不超过3家。项目设1名项目负责人，青年科学家项目负责人年龄要求，男性应为1985年1月1日以后出生，女性应为1983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。

指南中“拟支持数为1~2项”是指：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，可同时支持这2个项目。2个项目将采取分两个阶段支持的方式。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。

## **1. 氢能绿色制取与规模转存体系**

### **1.1 十兆瓦级碱性一质子交换膜混合制氢系统关键技术与示范（共性关键技术类）**

研究内容：针对大规模可再生能源制氢应用面临的成本、可靠性及规模等问题，开展适应宽功率波动的低成本、高可靠、大容量混合电解水制氢系统关键技术与示范应用。具体包括：宽功率运行范围的碱性一质子交换膜（PEM）混联制氢系统设计及优化技术研究；高效、大功率、高可靠性气体纯化分离、变流

器、直流断路器等辅机设计优化与研制；气液两相传输系统动态过程描述及快速精准调控技术研究；系统环境适应性和可靠性提升技术研究；系统集成与示范应用技术研究。

考核指标：电解制氢系统：制氢模组规模 $\geq 500$ 标准立方米/小时，PEM制氢容量占比 $\geq 20\%$ ，额定产气速率下系统交流能耗（含循环冷却、纯化、变流器及变压器等辅机） $\leq 5.0$ 千瓦时/标准立方米，长时安全运行范围 $20\% \sim 150\%$ （其中，PEM制氢部分长时安全运行范围 $5\% \sim 150\%$ ），全范围爬坡时间 $\leq 20$ 秒（其中，PEM部分全功率响应时间 $\leq 3$ 秒），变流器效率 $\geq 96\%$ ，具备电解堆部分失效下运行能力；直流断路器电流分断能力 $\geq 2500$ 安培；示范应用：规模 $\geq 2000$ 标准立方米/小时，户外运行、环境温度范围不低于零下 $30$ 摄氏度到 $35$ 摄氏度，冷启动时间 $\leq 30$ 分钟，连续运行不少于 $2000$ 小时后系统能耗增加低于 $2\%$ ，运行期间新能源电场出力波动性跟踪精度优于 $2\%$ ，公共连接点谐波满足国标要求；制/修订相关团体、地方、行业或国家标准（草案） $\geq 3$ 项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：电解制氢，新能源发电，电力电子，精准控制，可靠性

## 1.2 阴离子交换膜电解水制氢电解堆技术（共性关键技术类）

研究内容：针对可再生能源制氢对提高效率和波动适应性、降低成本等需求，开展高效、高稳定性电解水制氢阴离子交换膜

(AEM) 电解堆技术研究。具体包括：电解水用高离子电导率、高强度、高化学稳定性阴离子交换树脂合成、成膜以及批量化制备技术研究；高效析氢、析氧非贵金属电极设计与制备工艺研究；电极传质—反应动力学与气体析出界面演化机制研究；电极结构动态演化规律和失效机制研究；适用于波动工况的高效阴离子交换膜电解堆研制。

考核指标：AEM 电解堆：额定功率  $\geq 50$  千瓦，在电流密度 0.8 安培/平方厘米处的直流能耗  $\leq 4.5$  千瓦时/标准立方米氢气，功率运行范围为 20%~120%，额定功率运行 1000 小时后电压衰减率  $\leq 10\%$ ，催化剂不含贵金属元素；阴离子交换膜：电导率  $\geq 160$  毫西门子/厘米（80 摄氏度），抗拉伸强度  $\geq 50$  兆帕（25 摄氏度），纵横向溶胀率  $\leq 10\%$ ，1 摩尔每升的 KOH 溶液中膜的稳定性  $\geq 2000$  小时（80 摄氏度），衰减率  $\leq 10\%$ ；电极：在电流密度 0.5 安培/平方厘米处的电解电压  $\leq 1.7$  伏特，且运行 1000 小时后电压衰减率  $\leq 10\%$ 。

关键词：电解水制氢，阴离子交换膜，电解堆，电极，催化剂

### 1.3 热化学循环直接分解水制氢前沿技术（青年科学家项目）

研究内容：针对热化学金属氧化物循环直接分解水技术发展中的反应温度过高、效率低、稳定性差等问题，开展热化学金属氧化物循环直接分解水制氢技术前沿研究与试验验证。具体包括：新型热化学循环体系与产物析出强化方法研究；高活性、低成本、长寿命反应材料的可控合成技术研究；反应器能质传输、

转化的增强技术与运行稳定性验证。

考核指标：试验系统：热化学循环温度 $\leq 1300$ 摄氏度，反应器吸热功率 $\geq 5$ 千瓦，稳定运行 $\geq 500$ 小时，热化学循环直接分解水制氢效率 $\geq 5.5\%$ 。

关键字：制氢，热化学循环，热裂解，反应强化

#### 1.4 光解水制氢前沿技术（青年科学家项目）

研究内容：针对利用太阳能直接光解水制氢技术发展中的效率低、氢氧分离难等问题，开展光解纯水制高纯氢效能提升技术研究和实验验证。具体包括：高活性光催化分解水制氢材料的可控合成及规模化制备技术研究；具有产物自分离特性的反应体系及析出强化技术研究；光催化制氢反应系统的设计集成与实验验证。

考核指标：阐明光解水制氢新机理，开发新型光解水制氢催化剂；光解水制氢试验系统：输出氢气纯度 $\geq 99\%$ ，光解制氢能量转化效率 $\geq 1\%$ ，采光面积 $\geq 10$ 平方米，室外服役条件下运行1000小时衰减不超过30%。

关键词：光催化，制氢，催化剂，系统集成

#### 1.5 直接加注型高压质子交换膜电解制氢电解堆技术（青年科学家项目）

研究内容：针对加氢站内电解水制氢加氢一体化的应用需求，开展可直接向车载储氢装置加注氢气的高压质子交换膜（PEM）电解堆关键技术研究。具体包括：高耐压电解池密封结

构与封装技术研究；耐高压、低渗透及高电导率膜结构设计及制备工艺研究；低阻抗、耐腐蚀多孔扩散层材料与结构设计技术研究；高导电、耐氢脆双极板材料研究与高压电解堆、电化学氢气压缩机样机研制。

考核指标：电解水制高压氢 PEM 电解堆：额定输入功率  $\geq 1$  千瓦，产气压力  $\geq 35$  兆帕，压差耐受  $\geq 3$  兆帕，在 60 摄氏度、2.0 伏特电压下的电流密度  $\geq 1.0$  安培/平方厘米，电解堆在额定功率及压力下运行 1000 小时，1000 小时后氧气中氢含量  $\leq 2\%$ ；电化学氢气压缩机：进口速率  $\geq 1$  标准立方米/小时，升压比  $\geq 200$ ，出口压力  $\geq 20$  兆帕。

关键词：电解水制氢，高压，电解堆，质子交换膜（PEM），电化学氢气压缩机

### **1.6 直接电解海水制氢电解堆及系统关键技术（共性关键技术类）**

研究内容：针对海上可再生能源制氢面临的海水淡化再制氢系统复杂、流程长、维护难等问题，开展可直接电解海水制氢的电解堆及系统关键技术研究。具体包括：高活性、高选择性海水电解用催化材料及稳定性提升技术研究；海水及高电位联合作用下材料腐蚀特性及防护技术研究；海水环境对密封、隔膜材料性能影响及应对措施研究；易沉积离子去除和系统集成技术研究及不同电位下系统安全性和耐久性试验。

考核指标：高效直接电解海水电解堆及系统：利用无纯化

的海水进行电解，功率 $\geq 100$ 千瓦，电流密度 $\geq 0.4$ 安培/平方厘米，直流电耗 $\leq 4.3$ 千瓦时/标准立方米氢气，连续运行 $\geq 2000$ 小时、启停 $\geq 100$ 次后电压衰减率 $\leq 3\%$ ，溶出金属离子浓度 $\leq 80$ ppm，20千瓦运行4小时后氧中氢含量维持在2%以下；阳极催化剂：氧氯选择性 $\geq 99.8\%$ 、0.4安培/平方厘米处的过电位 $\leq 300$ 毫伏；阴极催化剂：0.4安培/平方厘米处的过电位 $\leq 150$ 毫伏；阴阳极催化剂均不采用贵金属，载量不超过3毫克/平方厘米。

关键词：海上可再生能源，电解海水，金属腐蚀，电催化剂

### **1.7 天然气直接裂解制氢联产高附加值碳材料技术（共性关键技术类）**

研究内容：针对天然气制氢技术的碳减排发展需求，开展天然气制氢联产高附加值碳材料的技术研究。具体包括：高能量转化效率的天然气直接裂解制氢、同时高物质转化效率的联产高附加值碳材料的反应体系研究；碳形态可控的高稳定性催化介质体系研究；多相稳定传输及反应强化技术、高效分离与纯化技术研究；大产量长寿命反应器设计与优化技术研究；“裂解制氢—氢碳分离”的一体化系统设计与规模化集成验证。

考核指标：开发氢碳联产天然气裂解试验验证系统：同一系统可实现两种以上高附加值碳材料（导电碳黑、石墨烯、碳纳米管等）制备，其中至少一种碳材料的比表面积 $\geq 600$ 平方米/克，运行温度 $\leq 1000$ 摄氏度，氢气产率 $\geq 300$ 标准立方米/小时，稳定运行时间 $\geq 1500$ 小时，氢气制备成本 $\leq 13$ 元/公斤，转化后混合

气体中氢气浓度 $\geq 90\%$ ，碳的固化率 $\geq 90\%$ ，氢气纯度 $\geq 99.99\%$ ，其他杂质满足 GB/T 37244-2018 标准要求；催化剂：消耗率 $\leq 5\%/1000$  小时，催化剂成本 $\leq 650$  元/单位氢气产率（1 标准立方米/小时）；制/修订相关团体、地方、行业或国家标准（草案） $\geq 1$  项。

关键词：天然气，裂解制氢，碳材料，石墨烯，多相催化

## 2. 氢能安全存储与快速输配体系

### 2.1 液氢储供加用技术研究与交通枢纽示范（应用示范类）

研究内容：针对重载交通所面临的氢气加注量大幅增加的问题，开展液氢制储加技术及载运装备液氢系统的研发和应用示范。具体包括：新型大规模氢液化流程研究及生产示范；包含液氢直接加注的加氢站成套工艺流程及装备开发；重载车辆液氢燃料供给系统设计开发以及车用液氢瓶、液氢加注口、回气口、车用液氢阀件等关键零部件的开发；重载车辆液氢无排放加注技术及加注协议开发；液氢的制备—运输及港口等交通枢纽内液氢储存—加注—应用的全流程示范运行与标准规范研究。

考核指标：完成基于项目研发的氢气液化系统的示范应用，达到氢气液化产能 $\geq 10$  吨/日，所产液氢质量满足 GB40045-2021 《氢能汽车用燃料 液氢》要求，氢液化成套设备能耗 $\leq 10$  千瓦时每千克氢气，氢液化系统满足 10000 小时持续运行下故障停车次数 $\leq 2$  次；交通枢纽内应至少包括道路、轨道、水运、航空等载运方式中的两种，其中液氢燃料电池重载车辆 $\geq 20$  台；车载液

氢瓶内胆所占的容积比 $\geq 65\%$ 、内胆可储液氢的容量 $\geq 80$  千克，车载液氢瓶内胆在液氢充装率不低于 $80\%$ 的静态初始维持时间 $\geq 5$  天，并满足在低于零下 $253$  摄氏度温区下的竖直方向 $5$  倍重力加速度振动、瓶身横向 $10$  米跌落、瓶身纵向 $3$  米两端跌落的车载试验要求（试验方法与判据参照 $GBT34510-2017$ 《汽车用液化天然气气瓶》）；车载液氢瓶系统质量储氢密度 $\geq 9\%$ 、最大供氢流量 $\geq 5$  克/秒；交通枢纽内建成液氢加氢站 $\geq 1$  座、日加氢能力 $\geq 4$  吨，其中液氢加注机峰值加氢流量 $\geq 8$  千克液氢/分钟；制/修订相关团体、地方、行业或国家标准（草案） $\geq 2$  项。

关键词：液氢，车载储氢，加氢站，液氢瓶

## 2.2 车载 IV 型储氢瓶批量制造一致性保障技术（共性关键技术类）

研究内容：针对我国车载 $70$  兆帕 IV 型储氢瓶塑料内胆可靠性低、缠绕工艺稳定性差等限制商业化产品应用的瓶颈难题，开展车载 $70$  兆帕 IV 型储氢瓶批量制造一致性保障技术研究。具体包括：车载 IV 型储氢瓶高性能塑料内胆材料选型与改性技术，高强度碳纤维丝束选型及树脂浸润技术；高强度高耐久内胆结构设计及生产在线检测技术，高可靠密封结构设计与成型技术；IV 型储氢瓶内胆成型下线自动化缺陷检验检测技术，批量稳定缠绕固化工艺技术，以及柔性批量生产技术。

考核指标：车载 $70$  兆帕 IV 型储氢瓶，储氢质量密度 $\geq 6.8\%$ ，爆破压力离散系数 $Cv \leq 2.5\%$ ，批量规模 $\geq 5000$  只/年，规模化生

产单位储氢成本 $\leq 100$  元/千瓦时，储氢瓶轴向制造偏差 $\leq 0.5\%$ ，径向制造偏差 $\leq 0.8\%$ ，制程能力指数  $Cpk \geq 1.67$ ；其中，塑料内胆成型设备不少于 2 套，带有在线无损检测功能，下线良品率 $\geq 98\%$ ，15 摄氏度下内胆氢渗透系数不超过  $3 \times 10^{-14}$  立方厘米·厘米/（平方厘米·秒·帕），在 1.25 倍公称工作压力以及不低于 85 摄氏度的条件下放置 1000 小时后内胆材料的平均断裂伸长率变化和平均断裂强度变化不得超过 20%；建立塑料内胆成型评价与检测方法，内胆气密试验压力不小于 100 千帕，保压时间不少于 300 秒，与标准瓶压差不超过 20 帕；制/修订车载 IV 型储氢瓶制造一致性以及在线检测相关团体、地方、行业或国家标准（草案） $\geq 2$  项。

关键词：储氢，IV 型气瓶，制造一致性

### **2.3 高密度、大容量和快速响应固态储氢装置技术（共性关键技术类）**

研究内容：针对固定式发电装置的大容量、高密度和快响应的储氢、供氢需求，开展高效固体储氢装置设计和系统能量综合利用技术研究。具体包括：高密度和快响应固态氢化物选型及微观吸/放氢特性；储氢单元的等效热物性及导热性能调控，反应床孔隙结构内吸/放氢过程多尺度热质传输仿真；储氢装置吸/放氢速率热调控技术，传热结构优化设计方法及制造工艺；储氢系统吸/放氢过程能量管理技术，氢热联供系统储氢和供热流程动态仿真技术；开展氢热联供系统集成技术试验验证。

考核指标：储氢装置：储氢量 $\geq 100$  千克，储能密度 $\geq 1.5$  兆

焦耳/千克；吸氢压力 $\leq 5$ 兆帕，吸氢温度 $\leq 30$ 摄氏度，瞬时吸氢速率最大值 $\geq 6.0$ 千克氢气/分钟，稳定吸氢速率 $\geq 1.5$ 千克氢气/分钟；放氢压力 $\geq 0.2$ 兆帕，放氢温度 $\leq 70$ 摄氏度，供氢纯度 $\geq 99.99\%$ ，瞬时供氢速率最大值 $\geq 2.0$ 千克氢气/分钟，稳定供氢速率 $\geq 1.0$ 千克氢气/分钟；经3000次吸/放氢循环后储氢容量保持率 $\geq 90\%$ 。储氢及供热集成系统：系统对外供热温度 $\geq 60$ 摄氏度条件下储氢能耗小于17兆焦耳/千克氢。孔隙多尺度吸/放氢过程中质能传递仿真模型1套，传热量预测与实验结果误差 $\leq 10\%$ ；储氢装置结构设计和吸/放氢性能仿真模型1套，吸/放氢速率预测与实验结果误差 $\leq 10\%$ ；氢热联供系统流程设计与仿真软件1套，供氢量和供热量预测偏差 $\leq 10\%$ 。

关键词：固态储氢，储氢装置，氢热联供

#### 2.4 基于地质条件的大规模储氢关键技术及试验验证（共性关键技术类）

研究内容：针对未来超大规模氢存储所面临的成本、空间、安全等问题，开展利用盐穴、矿洞、气田等地下空间的地质储氢技术的探索性研究和试验验证。具体包括：不同地质条件地下空间的储氢适用性研究和优选；洞室和管道材料中氢吸附—迁移—扩散规律、反应机理及应对措施研究；地下储氢洞室受力机理与结构设计；储释氢过程及其对洞室密封、稳定性及周边地质的影响评价技术研究；基于地质条件的储氢验证平台建设及试验。

考核指标：提出适于构建储氢洞室的地质条件筛选方法和储

氢洞室的安全评价方法；建成基于地质条件的储氢验证平台，平台水容积 $\geq 1$  万立方米、储氢压力 $\geq 10$  兆帕、氢气日泄漏率 $\leq 0.5\%$ ，储释氢循环次数不少于 500 次后的泄漏率增加量 $\leq 10\%$ ，井下材料腐蚀速率 $\leq 0.18$  毫米/年（20 兆帕，40 摄氏度）。

关键词：储氢，氢渗透，机械疲劳，氢气密封

### 3. 氢能便捷改质与高效动力

#### 3.1 用户侧燃料电池微网集成与主动支撑电网关键技术（共性关键技术类）

研究内容：针对微电网应用中燃料电池所面临的多机协同、效能提升等问题，开展微网中燃料电池系统集成与控制关键技术研究。具体包括：考虑负荷和分布式电源随机特性的微网中燃料电池系统的配置方法和优化设计技术研究；主动支撑电网的多机燃料电池系统的内部状态观测、动态特性优化和协同控制技术研究；主动支撑型燃料电池用电力电子变换器效率提升技术；燃料电池健康状态评估方法和优化调度技术研究；热电综合利用与能量管理技术研究；多机燃料电池系统的安全性耦合机制及快速保护技术。

考核指标：用户侧燃料电池热电联供系统智能组网的高效电能变换器综合电效率 $\geq 96\%$ ；含燃料电池综合能源系统的多能互动模型与分析工具系统规模 $\geq 1000$  个节点；面向用户侧燃料电池的多能流分散—协调优化控制系统响应时间 $\leq 1$  秒。完成包括不少于供应 200 个家庭、总装机容量 $\geq 2$  兆瓦的燃料电池热电联供

系统示范工程组网方案设计及控制软件包；在额定功率下，发电耗氢量 $\leq 0.06$  公斤/千瓦时，热电联供综合能源效率 $\geq 85\%$ ，全容量响应时间 $\leq 10$  秒，系统稳定运行时间 $\geq 2000$  小时后燃料电池额定功率平均衰减 $\leq 1\%$ 、系统间衰减比例最大偏差 $\leq \pm 10\%$ ；氢气泄漏检出响应时间 $\leq 0.5$  秒，氢安全故障隔离时间 $\leq 5$  秒。

有关说明：由企业牵头申报

关键词：氢燃料电池，燃料电池状态监测，微网，协同控制

### **3.2 煤掺氢/氨清洁高效燃烧关键技术（共性关键技术类）**

研究内容：针对我国发电主体深度减碳、清洁供能的发展需求，开展含碳燃料与氢、氨等富氢燃料掺烧的清洁高效燃烧关键技术研究。具体包括：氢、氨、煤掺混燃料的多相混合、多场耦合燃烧特性与反应机理；富氢掺混燃料的气固两相燃烧器稳燃特性与操作参数优化、污染物生成特性及预测模型；气固两相掺混燃料燃烧强化机制、低 $\text{NO}_x$ 排放燃烧器改进设计策略与高效清洁燃烧工艺包；基于不同掺混比例、掺混方式的掺氢/氨燃煤高效清洁燃烧技术及设备兼容性；掺氢/氨燃煤燃烧技术在大容量锅炉的工程验证。

考核指标：兆瓦级掺氢/氨气固两相燃烧器累计运行不低于1000 小时，热负荷 $\geq 1.0$  兆瓦；30 兆瓦级掺氢/氨气固两相燃烧器，热负荷 $\geq 30$  兆瓦，实现氢/氨掺烧比例（热量比） $\geq 25\%$ ，燃烧器出口氨的 $\text{NO}_x$ 转化率 $\leq 0.5\%$ ；完成蒸发量每小时 600 吨等级以上燃煤锅炉工程验证，实现掺氨比例（热量比）5%~20%连续可调，

实现富氢气体与空气直接预混和富氢气体后掺两种掺混方式可调，炉膛出口氨的  $\text{NO}_x$  转化率  $\leq 0.5\%$ ， $\text{NO}_x$  排放低于 50 毫克/标准立方米（按 6% 基准氧含量折算），锅炉尾部烟气氨逃逸浓度  $\leq 3\text{ppm}$ （摩尔比），锅炉效率  $\geq 91\%$ ，20% 掺氨工况稳定运行大于 168 小时；建立掺氢/氨燃煤燃烧生成  $\text{CO}$ 、 $\text{NO}_x$  的预测模型，预测误差  $\leq 20\%$ 。

关键词：富氢燃料，多相掺烧，燃烧技术

### 3.3 质子交换膜燃料电池电堆单元伏安性能设计仿真软件开发（共性关键技术类）

研究内容：针对燃料电池电堆正向开发中对多层次、多功能、高可靠的设计仿真工具的需求，开发能高效运行的全自主燃料电池电堆单元设计仿真软件。具体包括：开展多孔电极界面通道传输机理研究、单电池气—水—热—电—力耦合方法研究、电堆一致性原则研究，指导并优化电池电堆单元伏安性能设计；软件包含介观多孔电极仿真模块、三维多物理场耦合仿真模块、电堆力学分析模块、准二维动态仿真模块、全尺度燃料电池物化参数的信息数据库等。

考核指标：基于项目研发的计算流体力学、多物理场耦合等工具软件，实现建模仿真功能，并满足以下指标。多孔电极微观结构的平均孔径、孔径分布、有效活化面积相比测试偏差  $\leq 5\%$ ，预测电极性能偏差  $\leq 10$  毫伏，并行效率相比 MPI 并行提升  $\geq 20\%$ ；多物理场耦合仿真适配 3+1 维优化算法，相比 3 维模型算

法计算效率提升 $\geq 30\%$ ，全工况仿真偏差 $\leq 10$ 毫伏，具有超大面积商用电池（活性面积 200 平方厘米~400 平方厘米）及其复杂多相流场仿真能力；动态仿真计算—物理时间比 $\leq 7:1$ ，动态性能预测偏差 $\leq 7\%$ ；不同封装条件下电极平均应力预测偏差 $\leq 7\%$ ，受压多孔部件有效传输系数预测偏差 $\leq 6\%$ ，封装电池性能预测偏差 $\leq 10$ 毫伏；振动条件下封装电堆可靠性参数预测偏差 $\leq 10\%$ ；燃料电池物化信息数据库包含所有部件材料的主要物化参数。

关键词：质子交换膜燃料电池，电堆，多物理场，仿真

### 3.4 单套兆瓦级质子交换膜燃料电池热电联供系统设计与集成（共性关键技术类）

研究内容：针对固定式发电领域面向社区和工厂高效热电联供的应用需求，开展高效率、高可靠、快速变载、热电比宽范围调节的燃料电池热电联供系统集成与控制技术研究。具体包括：研究低操作压力下的系统架构和水热特性；开发面向热电联供的高效、长寿命、快响应燃料电池电堆及其工程化制造技术；开发低功耗空压机和氢气循环系统；开发适用于燃料电池固定式发电的兆瓦级高效率电力电子系统；开发燃料电池热电联供高能效热管理系统；研究电堆内部状态观测及多堆协调控制方法，开发热电联供系统长寿命、快速变载、宽范围调节的控制策略；研究电堆等关键部件剩余寿命的可靠评估方法，为商业化批量成组应用奠定基础。

考核指标：单套质子交换膜燃料电池热电联供系统发电功率

≥1兆瓦，发电效率≥53%，热电联供综合效率≥95%，年产能≥200台；热电联供系统寿命≥40000小时（实际测试4000小时，发电效率衰减≤2%），最高工作温度≥95摄氏度，支持零下30摄氏度低温启动，最低稳定输出功率≤100千瓦，系统启动至最低输出功率点时间≤10秒；10%~200%负荷响应时间≤60秒，负荷调整过程及稳定状态系统输出电压波形失真率≤3%，输出电压偏差≤2%，输出频率偏差≤1%；采用项目研发的质子交换膜、催化剂、气体扩散层、膜电极、双极板集成的单套系统，平均无故障运行时间≥1000小时。

关键词：质子交换膜燃料电池，热电联供，系统集成，控制

### **3.5 燃料电池与涡轮混合循环发电系统技术（共性关键技术类）**

研究内容：针对分布式供能与重型交通载运装备动力系统对清洁、高效、灵活发电技术的需求，开展燃料电池—涡轮混合循环发电系统技术方案设计、关键部件研发及系统集成技术研究。具体包括：燃料电池—涡轮混合循环发电系统模拟仿真、集成优化与能量管控、电力变换技术；燃气涡轮纯氢或富氢燃料燃烧及压气机/涡轮共同工作特性匹配技术；燃气涡轮与燃料电池一体化设计及高稳定性压气机与高效涡轮设计技术；固体氧化物燃料电池快速动态响应技术；燃料电池—涡轮混合循环发电系统技术验证样机集成。

考核指标：燃料电池—涡轮混合循环发电系统设计仿真软件1套，发电系统性能仿真结果与实验结果偏差≤10%；完成适用纯氢

或富氢燃料的燃料电池—涡轮混合循环发电系统概念设计与技术验证样机集成，系统额定发电功率 $\geq 100$ 千瓦，额定发电效率 $\geq 55\%$ ，最高发电效率 $\geq 60\%$ ，0%~60%负荷响应时间 $\leq 3$ 分钟。

关键词：燃料电池，燃气涡轮，混合发电

### 3.6 跨温区质子交换膜燃料电池界面过程与材料基础技术(基础研究类)

研究内容：针对质子交换膜燃料电池对低铂、高效和跨温区运行的发展需求，基于微观能质传递机理和衰减机理开展高性能、长寿命低铂膜电极制备技术研究。具体包括：超低铂用量跨温区催化层及膜电极三相界面的结构与制备技术；跨温区条件下离聚物及超低铂界面传质过程影响机制及三相界面优化；多物理场耦合下三相界面及电极结构演化过程与电池性能、寿命关系的影响规律；低铂跨温区膜电极评价技术体系及寿命预测方法。

考核指标：超低铂膜电极验证电堆，功率 $\geq 2$ 千瓦，膜电极铂载量 $\leq 0.05$ 毫克/平方厘米，铂用量 $\leq 0.1$ 毫克/瓦；低铂膜电极铂载量 $\leq 0.1$ 毫克/平方厘米，氢一空条件且过量系数为1.3（阳极侧）和1.8（阴极侧）的测试条件下，在0.5安培/平方厘米电流密度处的电压 $\geq 0.80$ 伏特、在2安培/平方厘米电流密度处的电压 $\geq 0.70$ 伏特，低铂膜电极（铂载量 $\leq 0.1$ 毫克/平方厘米，铂用量 $\leq 0.125$ 毫克/瓦）在65摄氏度~105摄氏度温度区间30000次动态循环后活性衰减 $\leq 10\%$ 、5000次启停循环后活性衰减 $\leq 10\%$ 、2000小时的性能衰减 $\leq 2\%$ ；最高工作温度 $\geq 105$ 摄氏度（持续

60 分钟), 支持零下 40 摄氏度的低温启动; 建立满足温度参数在 65 摄氏度 ~ 105 摄氏度的膜电极性能设计与寿命评价方法模型, 电极结构、传输特性和性能等主要参数与实验数据偏差  $\leq 10\%$ 。

关键词: 质子交换膜燃料电池, 温区, 三相界面, 膜电极, 耐久性

### 3.7 高温质子交换膜燃料电池电堆关键技术 (基础研究类)

研究内容: 针对以工业副产氢、裂解氢为燃料的质子交换膜燃料电池电站或家用燃料电池热电联供应用系统面临的电池效率低、运行寿命短、关键材料有待技术突破等问题, 开展高温质子交换膜燃料电池电堆关键材料和结构设计、电堆集成关键技术研究。具体包括: 耐高温、高导电新型聚合物质子交换膜的结构设计与制备技术; 高温电解质中催化剂活性影响因素和失效机制, 高活性催化剂的设计方法与制备技术; 高性能、长寿命高温膜电极制备技术; 高温高效率燃料电池电堆结构设计及制备技术, 多源 (含杂质) 燃料条件下电堆的运行验证。

考核指标: 以氢气 (CO 含量不低于 20 ppm) 为燃料的质子交换膜燃料电池系统, 输出功率  $\geq 5$  千瓦; 高温膜在 120 摄氏度 ~ 220 摄氏度宽温域范围的电导率  $\geq 100$  毫西门子/厘米, 电导率 1000 小时衰减  $\leq 10\%$ ; 阴极非铂/低铂催化剂在目标电解质中, 氧还原活性半波电位  $\geq 0.85$  伏特; 膜电极中催化剂贵金属载量  $\leq 1$  毫克/平方厘米; 在 0.65 伏特条件下 (在 120 摄氏度 ~ 220 摄氏度温度范围), 电流密度达到 1 安培/平方厘米, 运行 1000 小时 (实

测、CO 含量不低于 20 ppm)，衰减 $\leq 10\%$ ；在 $\geq 120$  摄氏度的工作温度和 CO 含量不低于 20 ppm 的氢气供给下，质子交换膜燃料电池电堆样机能稳定运行 2 小时。

关键词：高温质子交换膜，燃料电池，膜电极

### **3.8 高精度电堆组装及成套批量制造装备技术（应用示范类）**

研究内容：针对车用燃料电池电堆高功率密度、长寿命、高效批量化制造对电堆及关键零部件的自动化生产需求，开展燃料电池电堆关键零部件和电堆制造、装配、活化等关键装备的国产化设计及制造研究。具体包括：膜电极高精度、高效率量产工艺及工程化制造装备；双极板高精度成形、高稳定性涂层连续化制备工艺及装备；电堆组件的高速堆叠、高精度对位、差异化组件抓取、自动化装配、快速活化工艺及装备；开展从膜电极、双极板到电堆的工艺体系研究，研制自动化成套装备，编制生产标准和工厂产线规范。

考核指标：膜电极精密制造自动化成套装备，膜电极组件产能 $\geq 300$  万片/年（按活性面积计不低于 10 万平方米/年）、批量制造合格率 $\geq 99\%$ 、批量制造过程催化剂损耗率 $\leq 5\%$ 、催化层厚度偏差 $\leq \pm 0.5$  微米、涂布尺寸精度 $\leq \pm 0.5$  毫米；双极板精密制造自动化成套装备，双极板产能 $\geq 500$  万片/年，批量制造合格率 $\geq 99\%$ ，双极板厚度一致性偏差 $\leq \pm 10$  微米、脊槽宽度偏差 $\leq \pm 15$  微米、接触电阻偏差 $\leq \pm 0.2$  毫欧姆·平方厘米；电堆精密组装自动化成套装备，组件堆叠节拍 $\leq 2$  秒/片、组件直接对齐偏差 $\leq \pm 0.08$

毫米、故障诊断准确率  $\geq 99\%$ ，产能  $\geq 10000$  台电堆/年（电堆峰值功率  $\geq 120$  千瓦，铂载量  $\leq 0.3$  克/千瓦），电堆生产过程能力指数  $C_{pk} \geq 1.33$ ，电堆活化时间  $\leq 1$  小时、额定功率下节间电压偏差  $\leq 15$  毫伏（平均值减最小值）；成套工艺装备、依据所研发标准规范体系、衔接生产所输出的电堆样本，额定电流下功率偏差  $\leq 2\%$ ，无故障时间  $\geq 5000$  小时，连续合格记录不少于 300 台。

关键词：电堆生产，精密成型，精密涂层，堆叠对位，成套装备

## **“氢能技术”重点专项 2023年度项目申报指南形式审查条件要求**

申报项目须符合以下形式审查条件要求。

### **1. 推荐程序和填写要求**

(1) 由指南规定的推荐单位在规定时间内出具推荐函。

(2) 申报单位同一项目须通过单个推荐单位申报，不得多头申报和重复申报。

(3) 项目申报书（包括预申报书和正式申报书，下同）内容与申报的指南方向相符。

(4) 项目申报书及附件按格式要求填写完整。

### **2. 申报人应具备的资格条件**

(1) 项目（课题）负责人应为 1963 年 1 月 1 日以后出生，具有高级职称或博士学位。

(2) 青年科学家项目负责人应具有高级职称或博士学位，男性应为 38 周岁以下（1985 年 1 月 1 日以后出生），女性应为 40 周岁以下（1983 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。

(3) 受聘于内地单位的外籍科学家及港、澳、台地区科学家可作为项目（课题）负责人，全职受聘人员须由内地聘用单位提供全职聘用的有效材料，非全职受聘人员须由双方单位同时提供

聘用的有效材料，并作为项目预申报材料一并提交。

(4) 参与重点专项实施方案或本年度项目指南编制的专家，原则上不能申报该重点专项项目（课题）。

(5) 诚信状况良好，无在惩戒执行期内的科研严重失信行为记录和相关社会领域信用“黑名单”记录。

(6) 中央和地方各级国家机关的公务人员（包括行使科技计划管理职能的其他人员）不得申报项目（课题）。

(7) 项目申报人员满足申报查重要求。

### **3. 申报单位应具备的资格条件**

(1) 在中国大陆境内登记注册的科研院所、高等学校和企业等法人单位。国家机关不得作为申报单位进行申报。

(2) 注册时间在 2022 年 6 月 30 日前。

(3) 诚信状况良好，无在惩戒执行期内的科研严重失信行为记录和相关社会领域信用“黑名单”记录。

### **4. 本重点专项指南规定的其他形式审查条件要求**

青年科学家项目不再下设课题，项目参与单位总数不超过 3 家。

**本专项形式审查责任人：程竹静**