

附件 1

“可再生能源与氢能技术”重点专项

2019 年度项目申报指南建议

(征求意见稿)

为落实《国家创新驱动发展战略纲要》《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020 年）》，以及国务院《能源发展战略行动计划（2014-2020 年）》《“十三五”国家科技创新规划》等提出的任务，国家重点研发计划启动实施“可再生能源与氢能技术”重点专项，根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2019 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：大幅提升我国可再生能源自主创新能力，加强风电、光伏等国际技术引领；掌握光热、地热、生物质、海洋能等高效利用技术；推进氢能技术发展及产业化；支撑可再生能源大规模发电平价上网，大面积区域供热，规模化替代化石燃料，为能源结构调整和应对气候变化奠定基础。

本重点专项按照太阳能、风能、生物质能、地热能与海洋能、氢能、可再生能源耦合与系统集成技术 6 个创新链（技术方向），共 38 个重点研究任务。专项实施周期为 5 年（2018 年—2022 年）。

1. 太阳能

1.1 稳定大面积钙钛矿电池关键技术及成套技术研发 (共性关键技术类)

研究内容：为探索大面积太阳能电池制备技术，开展稳定大面积钙钛矿电池关键技术及成套技术研发。具体包括：大面积薄膜制备技术；大面积薄膜缺陷调控技术；大面积功能层界面结构和光电特性调控方法；大面积高效率高稳定性太阳能电池制备技术；组件精密切割与连接技术。

考核指标：解决大面积钙钛矿电池稳定性问题，获得稳定大面积钙钛矿电池关键技术及成套技术，建成一体化的大面积钙钛矿电池实验线；钙钛矿太阳能电池效率 $\geq 19\%$ （面积 $\geq 20\text{cm}\times 20\text{cm}$ ），光照 1000 小时后（光照条件：室温 25°C ，AM1.5，光强 $1000\text{W}/\text{m}^2$ ），效率衰减 $\leq 10\%$ 。

1.2 新结构太阳能电池研究及测试平台(共性关键技术类)

研究内容：为了进一步推进非 PN 结激子型新型太阳能电池的技术研发、完善电池的评估体系，建立成套具有普适性、规模化、集成化、智能化等特点，并兼顾这类新型太阳能电池多元化需要的公共研究平台。具体包括：关键材料模拟计算与器件仿真技术；新型太阳能电池中普适性和差异性关键技术；新型太阳能电池的关键制备设备及测试装备；新型太阳能电池的光吸收特性、载流子传输特性以及表界面特性等光电性能测试技术；针对电池种类不同，实现器件结构、功能层以及器件工艺的统一，设计和制备相应的标准化电池。

考核指标：兼顾非 PN 结激子型新型太阳电池的产业化需要，立足于其多元化特征，建设这类新型太阳电池的公共研究平台；满足 3 种以上的结构太阳电池的通用化制备、测试；填补我国新型电池公共制备和测试平台的空白；成为国际权威的新型太阳电池测试认证平台。

1.3 新型太阳电池关键技术研发（共性关键技术类）

研究内容：面向太阳电池多元化、高效率、低成本的需求，开展太阳电池的新原理、新概念、新材料以及新结构的研究工作。本项目支持 4 种不同类型太阳电池技术，具体包括：太阳电池激子产生、分离、传输和复合的普适性原理；表界面钝化和修饰技术；新型宽光谱、高吸收效率的吸光材料设计及制备技术；高性能太阳电池的新结构、新工艺以及大面积制备技术。

考核指标：获得太阳电池普遍适用的新原理、新模型；获得高性能宽光谱吸光材料，光吸收效率 $\geq 90\%$ 以上，具备良好的激子分离和载流子表界面传输性能，突破传统太阳电池结构，获得新结构太阳电池；光电转换效率超过 10%（面积 $\geq 0.1\text{cm}^2$ ），1000 小时光照后（光照条件：室温 25°C，AM1.5，光强 1000W/m²），效率衰减 $\leq 10\%$ 。

2. 风能

2.1 面向深远海的大功率海上风电机组及关键部件设计研发（共性关键技术类）

研究内容：为了高效开发我国丰富的深远海风资源，开展超大型海上风电机组研制及核心部件关键共性技术研究，并应用验证。具体包括：新型轻量超长柔性叶片气弹稳定性预测与颤振抑制技术、超长叶片一体化设计技术及其先进制造工艺；基于海上风电机组高可靠性的高效高承载传动链系统设计技术及高精度制造工艺；基于风-浪-流多场耦合动态稳定控制技术的 10MW 级海上风电机组整机、部件、基础一体化设计技术；10MW 级海上风电机组样机研制与检测试验技术。

考核指标：超长叶片的气弹、颤振特性控制技术研究，完成样片设计与开发，叶片长度 ≥ 100 米，叶尖线速度 $\geq 90\text{m/s}$ ，雷诺数 $\geq 10^7$ ， $C_p \geq 0.49$ ，总重量与国外同类叶片偏差 $\leq 3\%$ ；完成海上发电机组传动链核心部件样件开发，中压电压等级，额定功率 $\geq 10\text{MW}$ ，单位兆瓦重量 < 18 吨；完成大功率海上风电机组设计与样机验证，机组额定容量 $\geq 10\text{MW}$ ，机头重量 ≤ 45 吨/MW，设计寿命 ≥ 25 年，总体技术指标达到国际先进水平。

2.2 大型海上风电机组多场耦合性能测试与验证关键技术（共性关键技术类）

研究内容：针对我国缺乏大型海上风电机组研发测试平台以及海上风电机组研发亟需性能测试与验证的迫切需求，研究大型海上风电机组多场耦合性能测试与验证关键技术。

具体包括：基于智能传感的海上风电机组流场特性全面测量技术；多场耦合下的海上风电机组动力学响应测试与评估技术；海上风电机组在直流汇集电网条件下的并网特性测试技术；基于全寿命周期测试与运行数据的机组运行评价与验证技术。

考核指标：建立海上风电机组试验平台，具备至少 5 台不低于 6MW 海上风电机组开展性能测试的能力；研制大型海上风电机组多场耦合性能测试系统，风-浪-流特性测试参数 ≥ 40 ；流速分辨率 $\leq 0.001\text{m/s}$ ；波高测量分辨率 $\leq 0.01\text{m}$ ；系统可测试最大机组容量 $\geq 10\text{MW}$ ；选取至少 1 台不低于 6MW 的风电机组进行性能测试与验证；开发基于全寿命周期测试与运行数据的机组运行评价软件一套，具有自主知识产权；形成大型海上风电机组性能测试标准至少 1 项。

3. 生物质能

3.1 林木资源生物共转化醇类燃料与增值联产技术（共性关键技术类）

研究内容：针对国家 E10 乙醇汽油战略需求的林木资源（抚育、采伐和加工剩余物及小径材等非用材生物质）固有的纤维素拆解分离难、定向转化醇类燃料效率低、综合成本偏高等技术性问题，开展林木资源生物共转化醇类燃料与增值联产技术研究。具体包括：林木三组分（纤维素、半纤维素、木质素）绿色拆解分离技术与装备；林木纤维素生物酶

解发酵协同转化乙醇技术；半纤维素功能糖（化学品）增值联产技术；木质素功能材料定向创制技术；林木资源生物共转化醇类燃料过程集成优化与精准控制技术。

考核指标：突破林木纤维绿色拆解分离与定向转化关键技术，林木纤维素拆解分离得率 $>90\%$ ；林木纤维生物共转化液体燃料过程中，纤维素转化为可发酵糖的糖化率 $>90\%$ ，可发酵糖转化为乙醇得率（相对于理论值） $>90\%$ ；林木纤维乙醇综合成本 <7000 元/吨；实现千吨级林木纤维乙醇生物共转化工艺集成优化，纤维素乙醇生产标准满足 E10 乙醇汽油的需求。

3.2 低质生物质气化合成混合醇燃料技术（共性关键技术类）

研究内容：针对低质生物质（城市生活垃圾、有机废渣等）氢碳比不高、气化合成混合醇产率低、目标产物难分离提纯等问题，开展低质生物质气化合成混合醇燃料技术及装备研究。具体包括：研究生物质高效低成本定向气化技术与设备；合成气净化与调变协同耦合技术；低碳混合醇绿色合成、精准分离与低耗提纯工艺技术及高效生物、化学催化剂的研制；生物质气化合成混合醇过程集成优化与控制技术。

考核指标：突破低质生物质气化合成混合醇燃料技术，气化转化率 85% ，CO 转化率 $>80\%$ ，化学催化剂寿命 $>1000\text{h}$ 、乙醇的选择性 $\geq 45\%$ ，生物连续发酵 $>1000\text{h}$ 、乙醇选择性 \geq

80%，实现生物质气化合成低碳混合醇工艺的百吨级集成优化。

3.3 生物质连续化制备高品质生物柴油关键技术（共性关键技术类）

研究内容：针对当前工业油脂和废弃油脂（总量超过1000万吨，可满足国家生物柴油调和燃料全地域、全天候的战略需求）预处理效率低、废弃油脂生产高品质生物柴油连续化程度低、生物柴油品质低（硫含量高，凝点和滤点高）等问题，开展油脂连续化绿色制备高品质生物柴油关键技术研究。具体包括：油脂清洁绿色预处理（压榨、分离、快速检测）技术；油脂制备高品质生物柴油绿色催化剂（化学催化剂、脂肪酶催化剂）制备技术；低滤点生物柴油制备技术；低硫生物柴油制备核心技术；绿色连续转化制备低冷滤点、低含硫量、高热值生物柴油过程集成优化与关键装备。

考核指标：突破油脂预处理与高品质生物柴油连续化绿色制备技术，冷榨冷提制油，残油率小于1%，催化剂连续使用寿命达到1:800（即1公斤催化剂生产出800公斤生物柴油）以上，脂肪酶发酵酶活不低于14000u/ml，化学催化剂酯交换转化时间缩短至15min以内，完成千吨级废弃油脂清洁生产低冷滤点、低含硫量、高热值生物柴油技术集成优化，生物柴油产品质量符合GB/25199-2017，生物柴油硫含量 $\leq 10\text{mg/kg}$ ，冷滤点 $\leq -20^\circ\text{C}$ ，热值 $\geq 38\text{MJ}$ ，整体能耗降低10%。

4. 地热能与海洋能

4.1 深部碳酸盐岩热储层强化增产与利用综合评价技术 (共性关键技术类)

研究内容：针对深部低孔隙度碳酸盐岩热储层产能效率低、改造效果监测表征技术准确度差、储层及井筒结垢影响产能等问题，开展碳酸盐岩热储层强化增产与利用综合评价技术的研究。具体包括：深部碳酸盐岩储层裂隙监测解译技术；深部碳酸盐岩热储层安全增储新材料与改造技术；深部热储层天然构造及人工干预下综合评价技术；复杂水化学特性的热储层与井筒结垢抑制技术；低成本地热供暖储能耦合技术及运行策略。

考核指标：深部储层增产预测评价误差 $\leq 20\%$ ；建立场地试验研究基地，在 4000 米深钻孔进行增储改造技术验证，产量增加 1 倍以上，供暖面积增加 60%；地热流体阻垢率 $\geq 90\%$ ；公建供暖耦合系统储能率 $\geq 30\%$ ，降低供暖成本 $\geq 20\%$ 。

4.2 砂岩热储层采灌增效技术及装备(共性关键技术类)

研究内容：针对未固结砂岩热储开发利用中产能低回灌难等问题，开展储层采灌增效技术、钻完井防损伤技术、单井换热及回灌流体处理技术与装备研发。具体包括：未固结砂岩储层增渗材料及技术；未固结砂岩热储层钻完井防损伤及堵塞料与技术；砂岩热储回灌流体处理技术与装备；未固结砂岩储层井筒强化对流换热技术；砂岩储层水—热—化动

态监测与模拟技术。

考核指标：提交 2 套改造未固结砂岩储层的增渗材料及工艺；在不同砂层储层进行技术验证，平均增加回灌量 $>20\%$ ；钻井液及工艺对砂岩热储渗透率损伤减少 10% ；研发全自动集成化处理装备 1 台套，处理后回灌流体中固体颗粒粒度 <3 微米；单井每延米取热率提高 $20-25\%$ 。

4.3 温差能转换利用方法与技术研究（基础研究类）

研究内容：针对南海偏远岛屿电力与淡水的可持续供给等需求，研究温差能发电和海水淡化综合利用以及海上仪器用小型化温差能发电高效转化机理。具体包括：海洋温差下热力循环、透平关键技术方法研究；高强度冷海水管道结构与保温等关键技术研究验证；海洋温差能综合利用关键技术；深远海仪器用温差能供电关键技术。

考核指标：温差能试验平台（包括输排水管、热力循环系统和透平、电力及控制系统和海水淡化系统）实现海上运行，装机容量 $\geq 30\text{kW}$ ，系统净输出 $\geq 20\%$ ，提出混合工质循环中动能利用的理论和方法，热转换效率 $\geq 4\%$ ，透平叶轮气动效率 $\geq 85\%$ ，透平发电机整机效率 $\geq 75\%$ ；管道结构形式可抗 14 级台风；生产淡化水 10t/d ，建立蒸发、冷凝室温度场流场耦合模型，冷凝淡水产率为 0.25t/d.m^2 ；2 个用于深远海海洋仪器设备供电的温差能发电平台样机及海试验证，一次热交换发电输出功率 $\geq 500\text{ W}$ 。

4.4 高效高可靠波浪能发电装置关键技术研发（共性关键技术类）

研究内容：针对偏远岛屿绿色电力供给的需求，研究适用于深远海的高效高可靠波浪能发电装置关键技术并在南海海域开展实海况验证。具体包括：波浪能高效俘获及转换关键技术；适应南海海况的波浪能锚泊系统；波浪能整机集成关键技术及验证；南海波浪能资源选划；海岛电力变换与输送系统技术。

考核指标：单机装机功率 $\geq 100\text{kW}$ ，总装机 300kW ，整机效率 $\geq 18\%$ ；锚泊系统与发电装置可抵御 14 级台风；系统连续运行时间 ≥ 2000 小时，海试运行时间 ≥ 0.5 年；年发电量 ≥ 12 万千瓦时；电力变换和输电系统实现无人值守且 0.5 年内免维护。

5. 氢能

5.1 车用膜电极及批量制备技术（共性关键技术类）

研究内容：针对商用车质子交换膜燃料电池的技术要求，研发高性能长寿命膜电极以及批量制备工艺。具体包括：超薄高强质子交换膜技术；高活性催化剂料浆制备技术；高透氧及耐自由基攻击和抗反极催化层结构与涂覆技术；高气体通量气体扩散层结构与制备技术；边框材料与密封结构研究；膜电极的连续制备工艺开发。

考核指标：质子膜质子传导电阻 $\leq 0.02\Omega\text{cm}^2$ ，氢渗透

$\leq 2\text{mA}/\text{cm}^2$ ，化学机械混合耐久性 ≥ 20000 循环；膜电极活性面积 $\geq 200\text{cm}^2$ ，Pt 载量 $\leq 0.4\text{mg}/\text{cm}^2$ ，电输出性能 $\geq 2\text{A}/\text{cm}^2@0.62\text{V}$ 以及 $\geq 0.3\text{A}/\text{cm}^2@0.8\text{V}$ ；抗反极时间 ≥ 100 分钟 (75°C ， $0.2\text{A}/\text{cm}^2$)，抗 200 次反极电流循环后 (-10°C ， $0.2\text{A}/\text{cm}^2$ ，15s)，膜电极性能损失 $\leq 5\%$ ；寿命 ≥ 2 万小时（按燃料电池客车工况测试 5000 小时，性能衰退 $\leq 2.5\%$ ）；膜电极生产速率 ≥ 20 片/分钟。

5.2 车用燃料电池空压机研发（共性关键技术类）

研究内容：针对车用燃料电池空压机开展关键技术研究，具体包括：压气机气动优化设计技术；先进空气动力学轴承技术及高速转子动力学匹配技术；超高速高效永磁电机技术；车载高频控制器技术；空压机系统一体化集成及控制技术；空压机系统减振降噪及可靠性提升技术；小批量制造工艺。

考核指标：额定流量 $\geq 125\text{g}/\text{s}$ ；压缩比 ≥ 2.5 ，出口压力波动偏差 $\leq 3\%$ ；噪声 $\leq 80\text{dB}(\text{A})$ ；振动最大均方根加速度 $\leq 10\text{g}$ ，抗振等级符合 ISO 16750 标准；怠速至额定转速响应时间 $\leq 3\text{s}$ ；出口空气含油量 $\leq 0.03\text{mg}/\text{Nm}^3$ ；控制器输入功率 $\leq 14\text{kW}$ ；寿命 $\geq 5000\text{h}$ ，起停次数 ≥ 10 万次；空压机系统（不含控制器）重量 $\leq 15\text{kg}$ 。

5.3 车用燃料电池氢气再循环泵研发（共性关键技术类）

研究内容：针对车用燃料电池氢气再循环泵开展关键技术研究，具体包括：氢气再循环泵的总体设计技术；高速轴

承转子系统动特性分析技术；氢气再循环泵防爆及密封设计技术；复杂多相介质环境适应性技术；氢气再循环泵的可靠性提升技术；氢气再循环泵的减振降噪技术；小批量制造工艺。

考核指标：出口压力 $\geq 0.2\text{bar}@1400\text{L}/\text{min}$ ；系统效率 $\geq 60\%$ ，噪声 70dB(A) ；寿命 $\geq 5000\text{h}$ ；工作介质温度 $-30\sim 90\text{ }^\circ\text{C}$ ，工作介质湿度 $0\%\sim 120\%\text{RH}$ ；具备内部结冰堵转保护功能，结冰融化后可正常运行。

5.4 70MPa 车载高压储氢瓶技术（共性关键技术类）

研究内容：针对我国 70MPa 碳纤维缠绕氢瓶储氢密度偏低，瓶口组合阀主要依赖进口的问题，开展高密度车载高压储氢技术研究。具体包括：高压氢气瓶内胆设计与制造技术；高强碳纤维缠绕设计及工艺优化；高耐候性粘结剂改性技术；碳纤维缠绕氢气瓶优化设计与工艺；高压瓶口组合阀及瓶口密封结构设计与制造技术。

考核指标：碳纤维缠绕氢气瓶公称工作压力 70MPa，单位质量储氢密度 $\geq 5.0\text{wt}\%$ （包括瓶口阀），压力循环次数 ≥ 7500 次；安全性能满足 UN GTR13 要求；建立产品技术标准。

5.5 车载液体储供氢技术（共性关键技术类）

研究内容：针对重型车辆的车载大容量液体储供氢系统，开展高密度液体储供氢关键技术研究，具体包括：高密度液体储供氢系统总体方案制定及参数匹配的研究；车用液体储

氢容器、气态氢气发生装置、储氢液体加注泵等关键零部件的研制；储供氢系统状态监测和实时预警技术；液体储供氢系统的安全技术规范研究。

考核指标：单台车载系统供氢能力 $\geq 30\text{kg}$ ，供氢速率 $\geq 10\text{kg/h}$ ；液体储供氢系统的质量储氢密度 $\geq 6\%\text{wt}$ ，一次加满液氢后不释放氢气时间 ≥ 5 天（或者日蒸发率 $\leq 6\%$ ）。制定车载液体储供氢系统的安全技术规范。

5.6 燃料电池车用氢气纯化技术（共性关键技术类）

研究内容：针对我国工业（高）纯氢中的 H_2S 等有害杂质降低车用燃料电池寿命、固体颗粒降低加氢机可靠性等问题，开展燃料电池车用氢气低成本定向纯化技术研究。具体包括： H_2S 等有害杂质的定向纯化材料；纯化材料与杂质成分的相互作用机制；氢纯化系统设计及其定向除杂技术；氢气中痕量杂质检测技术；氢气品质在线监控技术。

考核指标：氢气中总S（以 H_2S 计） $\leq 0.004\text{ppm}$ ，甲醛 $\leq 0.01\text{ppm}$ ，总卤化物（以卤离子计） $\leq 0.05\text{ppm}$ ， $\text{NH}_3 \leq 0.1\text{ppm}$ ， $\text{CO} \leq 0.2\text{ppm}$ ，甲酸 $\leq 0.2\text{ppm}$ ，颗粒物 $\leq 1.0\text{mg/kg}$ ，纯化成本 ≤ 2.0 元/ kg H_2 ，实现氢气品质的在线监控。

5.7 加氢站用高安全固态储供氢技术（共性关键技术类）

研究内容：面向我国加氢站高安全储供氢需求，开展基于我国优势资源的高安全固态储供氢技术研究。具体包括：基于我国优势资源低成本固态储氢材料设计与制备技术；高

安全低压高密度固态储氢装置设计和制备技术；静态压缩装置设计和制备技术；储供氢装置热管理系统设计技术；储供氢装置站用安全监控技术。

考核指标：固态储氢容器内容积体积储氢密度 $\geq 55\text{kg/m}^3@10\text{MPa}$ ；静态压缩供氢压力 $\geq 70\text{MPa}$ ；供氢速率 $\geq 1\text{kg/min}$ 。

5.8 70MPa 加氢站用加压加注关键设备（共性关键技术类）

研究内容：针对 70MPa 加氢站用加压加注关键设备开展关键技术的研究，具体包括：90MPa 氢压缩机整体设计及核心部件开发，整机可靠性研究；预冷加注一体化加氢机核心部件设计和工艺研究，整机可靠性研究；通过本项目突破氢压缩机和加氢机核心关键技术，实现小批量的生产和配套。

考核指标：加氢机：加注压力 70MPa，加氢精度不低于 1.5%，符合国家标准并兼容国际主流标准和加注协议，零部件国产化率 $\geq 80\%$ ；氢气压缩机：压缩机排气压力 $\geq 87.5\text{MPa}$ ，排气流量 \geq 每小时 200 标方（进气压力 15MPa 时），轴功率 $\leq 46.5\text{kW}$ ；氢气压缩机连续无故障运行 ≥ 500 小时；零部件国产化率 $\geq 90\%$ 。

5.9 加氢关键部件安全性能测试技术及装备（共性关键技术类）

研究内容：针对加氢站关键零部件泄漏、断裂等问题，

开展相应的安全性能测试技术及装备研究。具体包括：加氢站关键零部件失效模式分析、故障检测和安全评价技术；密封件及密封材料在高压氢环境中损伤检测技术及测试装备；供氢系统关键零部件高压高速氢气冲击（蚀）/自燃损伤检测技术及测试装备；火灾等极端条件下加氢站高压储氢容器的失效机制和泄爆技术。

考核指标：（1）密封材料在高压氢环境中损伤检测装置：氢气压力 140MPa、温度 0~200°C，氢气环境内部动态力施加装置行程 $\geq 20\text{mm}$ ；（2）密封件临氢环境服役性能测试装置：测试压力 140MPa、测试温度 -60~150°C，氢气自动循环频率 ≥ 3 次/分钟；（3）高压氢气冲击（蚀）/自燃测试装备：测试压力 140MPa、测试温度 -60~150°C，最大氢气流速 $\geq 60\text{m/s}$ ；（4）建立高压氢环境典型密封材料性能数据库、相关测试评价方法及技术标准。

6. 可再生能源耦合与系统集成

6.1 可再生能源与火力发电耦合集成与灵活运行控制技术（共性关键技术类）

研究内容：针对我国能源结构中规模化可再生能源与火力发电协调发展的需求，研究高比例可再生能源与火力发电耦合集成与灵活运行控制技术，具体包括：可再生能源发电与火力发电耦合系统的模拟仿真、容量配置及系统稳定性等关键技术；耦合系统的协同控制技术及控制平台技术；耦合

系统的快速调频技术；与可再生能源结合的火力发电系统灵活性改造与运行控制技术；可再生能源与火力发电耦合系统集成优化技术。

考核指标：可再生能源发电与火力发电耦合系统协同控制平台，具备自动发电控制和自动电压控制功能；含 100MW 可再生能源的耦合系统中完成技术的工业验证。