

“十四五”国家重点研发计划“可再生能源技术”

重点专项 2023 年度项目申报指南

(征求意见稿)

1. 太阳能光伏

1.1 钙钛矿/晶硅两端叠层太阳能电池量产化制备技术及关键装备研制(共性关键技术)

研究内容：针对晶硅电池效率提升的瓶颈问题，开展更高效钙钛矿/晶硅叠层电池规模化制备技术和关键装备的研究。具体包括：高效钙钛矿/晶硅两端叠层电池的器件结构优化设计及其制备技术；大面积均匀、可重复、可规模化生产的功能薄膜和有源层制备技术及核心装备；叠层电池组件封装技术及其设备；大面积薄膜/晶硅叠层电池成套中试技术及核心装备研发。

考核指标：小面积钙钛矿/晶硅两端叠层电池效率 $\geq 32\%$ (面积 ≥ 1 平方厘米)；晶圆硅片尺寸的钙钛矿/晶硅叠层太阳能电池效率 $\geq 28\%$ (面积 ≥ 156 毫米 $\times 156$ 毫米)；晶圆硅片尺寸的叠层电池片通过湿热老化测试，在环境温度 85°C 、湿度 85% 的条件下老化 1000 小时后的效率衰减不高于 5% ，在 $50\pm 10^{\circ}\text{C}$ 、AM1.5G (1000 瓦/平方米) 模拟太阳光条件下最大功率点持续输出 2000 小时后的器件效率衰减 $\leq 5\%$ ；建立钙

钛矿/晶硅两端叠层电池中试线(年产能 ≥ 100 千瓦,面积 ≥ 156 毫米 $\times 156$ 毫米),叠层电池组件效率 $\geq 25\%$ (面积 ≥ 1000 平方厘米)。

有关说明:无。

关键词:钙钛矿/晶硅叠层电池,光电转换效率,中试生产线

1.2 大型光伏高效率中压直流发电关键技术及系统示范 (应用示范)

研究内容:为支撑“十四五”大规模光伏发电基地建设,开展大型光伏高效率中压直流发电关键技术攻关和集成示范。具体包括:大型光伏单元模块化中压直流发电系统稳定性、设计方法和运行控制方法研究;大功率、高效率光伏中压直流变换器技术及其电-磁-热集成技术;多端口光伏中压直流发电系统控制和故障保护技术;大型光伏中压直流发电系统性能监测、能效评估和系统能效综合提升技术;大型光伏中压直流发电系统集成和控制技术试验示范。

考核指标:建立大规模光伏单元模块化中压直流发电系统仿真模型,空间分辨率不大于 100 米,时间分辨率不大于 1 分钟;研制直流电压等级不低于 ± 50 千伏的光伏中压直流变换器,直流变换效率不低于 98%,升压比不低于 100 倍,设备本体噪声水平低于 75 分贝;研制适合 100 端口级光伏

中压直流发电系统的控制和故障保护装置；建立 100 兆瓦以上光伏中压直流发电系统示范工程，系统能效不低于 85%。

有关说明：由光伏系统业主单位牵头、联合科研院所和高校申报，项目下设的基础研究课题不超过 1 个，企业配套资金和中央财政经费比例不低于 3:1。

关键词：光伏系统，直流升压变换器，高效率

1.3 基于薄晶体硅片的高效电池成套技术及关键装备研究（共性关键技术）

研究内容：为解决以薄晶体硅片为基体的高效太阳能电池批量制备技术的难题，开展研究具体包括：**p-n** 结和背场制备工艺对薄硅片力学性能的影响研究；与电池工艺相关的薄晶体硅片的应力及翘曲控制技术；基于薄晶硅材料的新型陷光结构以及表面低载流子复合结构的设计与实现；针对薄晶体硅片电池的金属化技术；薄晶体硅电池制程中光和电学性能在线表征测试技术及设备。

考核指标：获得基于薄晶体硅片的高效太阳能电池制备技术，薄晶体硅电池厚度 ≤ 100 微米。经 **p-n** 结和背场制备后，硅片弯曲度 ≤ 20 微米；经过金属化后，薄晶体硅太阳能电池翘曲度 ≤ 2 毫米。薄晶体硅电池（厚度 ≤ 100 微米）实验室效率 $\geq 27\%$ （电池面积 ≥ 4 平方厘米）。开发出具备产业化前景的薄晶体硅电池成套工艺技术及核心设备（包括自动化和主生产

设备)。建立兆瓦级中试线，量产电池效率 $\geq 25.5\%$ (≥ 165 毫米 $\times 165$ 毫米)，产线薄晶体硅片碎片率小于 3%，电池成本 ≤ 0.85 元/瓦。

有关说明：无。

关键词：薄晶体硅片，晶硅电池，光电转换效率

1.4 量产化碲化镉薄膜太阳能电池关键技术与核心装备研发（共性关键技术）

研究内容：电子学性质可调控的宽带隙窗口层制备技术；高效碲化镉电池在线界面钝化技术；渐变带隙吸收层的制备方法和在线掺杂技术；低复合高电子反射率背钝化层设计与制备；基于高开路电压的高效率碲化镉电池新结构及其制备技术；碲化镉光伏组件生产线核心装备研制，包括碲化镉薄膜沉积装备、新型高速激光切割设备及工艺、激活老化设备及其碲化镉组件激活工艺等。

考核指标：小面积碲化镉电池的光电转换效率 $\geq 23\%$ （面积 ≥ 1 平方厘米）；建立碲化镉薄膜电池组件示范生产线，产线中设备国产化率 $\geq 95\%$ ，年产能超过 40 兆瓦；示范生产线碲化镉电池组件最高效率 $\geq 19.5\%$ （面积 ≥ 0.72 平方米）；碲化镉电池组件平均效率 $\geq 18\%$ （面积 ≥ 0.72 平方米）；组件通过 IEC61215 稳定性测试。

有关说明：无。

关键词：碲化镉薄膜电池，光电转换效率，示范生产线

2.风能

2.1 大功率海上风电机组发电机齿轮箱集成关键技术及应用（共性关键技术）

研究内容：面向海上风电机组向大功率、集成化方向发展需求，突破海上风电机组发电机齿轮箱集成关键技术。具体包括：大功率海上风电机组发电机轮箱集成设计技术；发电机磁-流-热-固多物理场耦合仿真、发电机电磁与结构优化技术；轴电流对轴承、齿轮电腐蚀的影响，关键部件绝缘与防腐技术；发电机高效冷却与低损耗技术；大功率海上风电机组发电机齿轮箱集成样机研制与测试验证技术。

考核指标：掌握大功率海上风电机组发电机齿轮箱集成设计、制造及试验关键技术；研制额定功率不低于 15 兆瓦的海上风电机组发电机齿轮箱集成样机，扭矩密度不小于 170 牛米每千克，重量不大于 9 吨每兆瓦，设计寿命不低于 25 年，额定效率不小于 96%；完成样机试验研究，并进行应用示范。

有关说明：无。

关键词：海上风电机组发电机，电机齿轮箱集成，高功率密度，高效率

2.2 超大型风电机组风轮叶片关键技术及应用（共性关键技术）

研究内容：开展超大型风电机组风轮叶片设计制造关键技术研究，具体包括：适合本土化超大型风电叶片的低成本碳纤维复合材料力学性能评价与工艺优化技术；新型高效增强型结构芯材研发与性能评价技术；新型高可靠性、低增重叶片连接构型设计技术；增强型结构芯材、新结构叶片关键连接部件测试验证技术；本土化碳纤维、增强型结构芯材以及新结构叶片制造与测试验证技术。

考核指标：建立风电叶片碳纤维性能验证技术体系和本土化碳纤维性能数据库；完成新型结构芯材的设计、制造及性能测试；碳纤维拉伸强度不小于 4.5 吉帕，拉伸模量不小于 230 吉帕；增强型芯材横向剪切模量不小于 80 兆帕，芯材与面板的滚筒剥离强度不小于 35 牛毫米每毫米；建立具有完全知识产权的叶片连接构型和工艺装配方法体系，并通过第三方评估；叶片设计寿命不少于 25 年，材料本土化率不低于 95%；完成长度不小于 100 米新材料新结构风电叶片测试认证，并通过 240 小时运行验证。

有关说明：无

关键词：大型风电机组叶片，碳纤维，新芯材，新结构

2.3 大型风电机组传动链试验与数字孪生关键技术（共

性关键技术)

研究内容：针对我国大功率风电机组传动链高可靠长寿命的迫切需求，突破大型风电机组传动链试验与数字孪生关键技术。具体包括：适用典型及极端工况的传动链试验平台多自由度加载与电网运行工况模拟技术；传动链试验平台气弹-机-电-网动力学多参量耦合机理研究、参数识别与特性提取技术；传动链试验平台机-电-网硬件在环仿真测试与数据同步技术；典型及极端工况传动链综合性能评价技术；传动链数字孪生系统与应用验证技术。

考核指标：建立风电机组传动链试验平台，具备多自由度载荷模拟和交/直流电网运行工况模拟测试能力，覆盖 IEC、DNVGL 等标准的工况，风电场站级硬件在环同步时间不大于 10 毫秒；研制大型风电机组传动链数字孪生系统，实现典型工况下传动链数字孪生预测值与试验平台测试值的误差不大于 10%；形成试验测试标准及规范，并对 2 种以上主流机型传动链进行试验验证。

有关说明：无。

关键词：风电机组传动链，试验平台，硬件在环仿真，数字孪生

2.4 大型海上风电机组测试与性能提升关键技术及应用示范（应用示范）

研究内容：围绕大型海上风电机组复杂多工况整机动力学性能实测与优化设计需求，突破大功率风电机组性能提升关键技术。具体包括：大型海上风电机组叶片-机舱（含传动链）-塔架-基础多子系统耦合机理研究；整机动力学特性测试、基于实测数据的整机模态与动载荷识别技术；大型海上风电机组整机修正动力学模型与整机试验一致性技术；典型及极端工况下风电机组整机综合性能评价与寿命预估技术；基于实测和仿真数据驱动的大型海上风电机组优化迭代与性能提升验证技术。

考核指标：建立大型海上风电机组主流机型的整机动力学特征和动载荷数据，覆盖海上主流机型，包括启动、非额定功率、满发功率等典型工况，测试周期不少于 1 年；大型海上风电机组整机修正动力学模型的关键部件瞬态响应预测值与原型测试值的误差不大于 10%；在额定功率不低于 5 兆瓦海上主流机型进行环境适配性结构优化和机型迭代，迭代后风电机组整机结构动载荷减少 10%，振动引发的结构故障率降低 30%，平均故障间隔时间（MTBF）不小于 4000 小时；通过 240 小时运行验证。

有关说明：无。

关键词：大型海上风电机组，动力学特性实测，仿真建模，性能提升

2.5 深远海风电场集群协同优化与控制关键技术（应用示范）

研究内容：针对大规模海上风电机组尾流和风-机-场-网交互耦合对整机安全与场站发电量影响等问题，探索具有高可靠性、高经济性、高安全性的大规模海上风电场群智能协同优化控制技术。具体包括：基于大规模海上风电场内的风-机-场-网高精度仿真建模技术；大型海上风电场尾流及海洋环境作用下的整机载荷及稳定性控制技术；典型及极端工况下大型风电场寿命评估与调度、发电量最优控制技术；基于全景数据感知与预测的风电场机-场-群多目标协同优化运行控制技术；研发的技术和系统在典型海上风电工程示范应用。

考核指标：掌握深远海大型风电场高精度仿真建模及智能场控技术，提升全寿命周期内整场发电量 3%及以上，年发电量预测值与实测值的偏差不大于 10%；开发高性能大型海上风电场集群协同优化与控制平台，全场机组控制优化与执行周期不大于 60 秒；完成不少于 2 个升压站接入点且总容量不少于 100 万千瓦海上风电集群的示范验证。

有关说明：无。

关键词：风电场，最优控制，控制仿真平台，寿命评估

2.6 超大型深远海漂浮式风电机组基础关键技术及应用

（共性关键技术）

研究内容：面向深远海风资源规模化开发对高承载、低成本、高可靠深远海风电机组基础的重大需求，突破深远海漂浮式风电机组基础设计、仿真、试验及安装等关键技术。具体包括：适用我国深远海强台风与复杂地质条件的低成本、高稳定性及高荷载的漂浮式基础-系泊-锚固系统设计技术；基于漂浮式风电机组整机一体化设计的基础高阶水动力载荷仿真与优化技术；漂浮式风电机组-塔架-基础-系泊系统试验验证技术；漂浮式风电机组基础智能监测、可靠性评估与多自由度大幅摇摆稳定性控制技术；漂浮式风电机组基础研制、运输安装及测试验证技术。

考核指标：形成具有自主知识产权的深远海漂浮式风电机组基础设计制造与安装试验技术；研制适用 50 米以上水深、装机容量不少于 15 兆瓦的漂浮式风电机组基础，设计寿命不小于 25 年；基础单位重量用钢量不高于 300 吨每兆瓦，抗浪能力不小于 10 米有义波高，抗风能力不小于极限风速 60 米每秒，运行工况下倾角不大于 5 度，自存工况下倾角不大于 10 度；完成漂浮式基础试验研究，并进行应用示范。

有关说明：无

关键词：漂浮式风电机组，基础，一体化，试验测试

2.7 新型高空风力发电关键技术及装备（共性关键技术）

研究内容：面向高空风资源开发应用场景，探索新型高效高空风力发电实现机理，提出大功率新型高空风力发电解决方案。具体包括：新型高空风力发电高效风能捕获机理；新型高空风力发电高效电能变换原理及高可靠空-地能量传输技术；新型高空风力发电空中飞行组件、牵引组件与地面组件耦合系统仿真与协同设计技术；新型高空风力发电装备长时稳定协调控制与发电量提升技术；新型高空风力发电装备测试验证技术。

考核指标：形成具有自主知识产权的新型高空风力发电设计方案，适用运行高度不低于 500 米；研制单台风力发电机组额定功率不小于 10 兆瓦的新型高效高空风力发电样机，风能一次转换效率不小于 60%，空-地能量传输效率不小于 80%，整机综合能量利用效率不小于 46%；完成样机试验测试验证，形成新型高空风力发电行业标准。

有关说明：企业配套资金和中央财政经费比例不低于 5:1

关键词：高空风力发电，高效电能变换，空-地能量传输，一体化设计，协同控制

3. 生物质燃料

3.1 木质纤维素减碳低成本制备燃料醇关键技术与万吨

级示范（应用示范）

研究内容：为突破木质纤维素制备燃料醇过程 CO₂ 排放造成的糖醇转化率低、整体经济性差等问题，研究 CO₂ 原位再利用制备乙醇菌种构建及联产生物基化学品提升木质纤维素燃料醇综合经济性关键技术，实现万吨级木质纤维素燃料醇示范应用。具体包括：醇类燃料生产过程中 CO₂ 原位再利用制备醇类菌种构建关键技术；多菌株协同发酵纤维糖全组分利用制备乙醇和生物基化学品如乳酸、丁二醇等关键技术。

考核指标：乙醇制备菌种对 CO₂ 原位回用率不低于 10%，纤维糖乙醇浓度不低于 70 克每升；纤维糖乳酸转化率不低于 0.85 克乳酸/克纤维糖，乳酸浓度不低于 140 克每升；纤维糖丁二醇转化率不低于 0.35 克丁二醇/克纤维糖，丁二醇浓度不低于 50 克每升；建立木质纤维素乙醇联产乳酸、丁二醇等工业示范线，总产能不低于万吨级，醇酸对纤维糖转化率不低于 90%，纤维素乙醇产品满足 E10 乙醇汽油需求，综合成本不高于 6300 元/吨。

有关说明：需要企业参与，其他经费与国拨经费比例不低于 2:1

关键词：纤维乙醇，CO₂ 再利用，生物基化学品

3.2 生物质绿氢及氢基燃料/液体制备技术（共性关键技

术)

研究内容：面向低碳氢能技术发展需求，开展全链条绿色生物质氢及氢基燃料和液态有机氢载体制备关键技术研发。具体包括：生物质大分子定向裁剪及合成气小分子定向组装调控机理与关键技术；生物质热化学转化、水相催化重整等制氢过程能量传递和物质转化规律，提高制氢能量效率，降低制氢成本；以提高生物质基储氢液体储氢密度和转化效率为目标，开展木质纤维素类生物质来源制备液体及燃料作为储放氢介质的可行性研究和关键技术中试验证。

考核指标：构建年产百吨级规模生物质绿氢示范系统，热化学制氢实现氢气产率大于 100 克氢/千克干生物质，气体产物氢气含量大于 50%，针对储氢用液体/燃料，形成生物质全组分制取芳烃和含氧高密度储氢液体燃料技术各 1 套，完成百吨级中试验证，实现生物质基储氢液体的质量储氢密度 $\geq 6.5\%$ ，生物质全组分制芳烃质量收率 $\geq 20\%$ ，生物质综纤维素全组分制取含氧高密度储氢液体燃料质量收率 $\geq 55\%$ 。

有关说明：无

关键词：生物质制氢，生物质氢基燃料，中试验证

3.3 生物质液体燃料生产过程木质素剩余物创制先进能源材料关键技术（共性关键技术）

研究内容：针对生物质液体燃料制备过程木质素剩余物

未高值化利用等问题，围绕木质素基碳微纳孔结构及界面电子特性的精准调控，开展木质素创制先进能源材料关键技术研究。重点研究：木质素定向预处理关键技术；木质素绿色转化制备大比表面积窄介孔分布活性炭关键技术；木质素热解过程成碳机理及碳微晶结构定向调控关键技术；木质素基碳催化转化产氢新材料创制；创建千吨级高性能储能材料绿色生产示范线。

考核指标：剩余物预处理后木质素含量 $\geq 90\%$ ；活性炭2-4 纳米孔容积占总孔容积比例 $\geq 65\%$ ，比表面积 ≥ 1800 平方米/克，作为超级电容器电极材料比容量 ≥ 160 法/克；钠离子电池负极硬碳比容量 ≥ 360 毫安时/克；生物质绿氢产物氢碳摩尔比 ≥ 1.6 ；建立千吨级大容量超级电容碳材料绿色生产示范线、百吨级钠离子电池硬碳中试示范线。

有关说明：无

关键词：生物质，功能碳材料，催化产氢，储能碳，吸附

3.4 生物质及其初级转化产物与化石原料的协同转化技术（共性关键技术）

研究内容：面对生物质资源高效利用和传统化石能源技术绿色低碳的发展需求，开展生物质及其初级转化产物与化石原料的协同转化技术研发。具体包括：生物质自热型热化

学定向转化及产物调控关键技术；木质纤维素类生物质原料及其热解油与重质油（常减压渣油、煤焦油等）的协同转化（催化裂化、催化加氢）技术；木质纤维素类热解油与石化柴油馏分的协同催化加氢技术；木质纤维素类热解半焦/生物炭与煤的协同气化技术；共炼制过程中关键催化材料的设计与制备技术；生物质及其初级转化产物与化石原料协同转化的技术中试验证。

考核指标：形成新型自热式生物质定向热转化过程，建成千吨级中试验证系统，制备可与石油共炼的热解液体及与煤共气化的生物炭产品，液体和固体产品综合能量得率大于70%；构建生物质及其初级转化产物与化石原料的协同转化技术体系，实现典型化石基液体燃料制备过程（重油催化裂化、重油加氢改制、馏分油加氢精制等），以及煤气化过程中生物质组分利用率质量百分比不低于10%，实现碳减排5%以上；建立千吨级生物质初级转化产物与石油馏分协同炼制生产液体燃料的中试系统，生物质初级转化产物生产液体燃料的碳原子有效利用率不低于70%，完成初步工业验证，制备的液体燃料产品满足相应的标准要求。

有关说明：无

关键词：生物质资源，化石资源，协同转化，中试验证

4.交叉与基础前沿

4.1 可再生能源驱动的电化学制备燃料新方法（青年科学家项目）

研究内容：面对高碳行业碳排放资源化回收利用需求，开展以太阳能风能互补为能量源头的一步法 CO₂ 电化学制备单碳及多碳燃料关键技术与示范验证。具体包括：探索可再生能源驱动的电化学制备高附加值化学品和燃料新方法，研究太阳能风能发电与 CO₂ 电化学转化过程动态匹配特性及能量管理策略优化，揭示 CO₂ 电化学转化过程中碳-碳偶联关键因素及能质有序转化机制，突破低成本器件与大规模系统集成技术瓶颈，实现低成本、规模化电化学制备清洁燃料。

考核指标：掌握高效 CO₂ 电化学转化全器件设计制造技术，多碳燃料选择性 $\geq 80\%$ ，开发面向规模化应用的高效一步法 CO₂ 可再生能源驱动电化学转化装置，总体可再生能源到单碳燃料能量转换效率 $\geq 20\%$ 、多碳燃料能量转换效率 $\geq 10\%$ ，稳定运行时长 ≥ 1000 小时。

有关说明：无

关键词：可再生能源，电化学，二氧化碳，碳氢燃料

4.2 面向高碳行业的大规模可再生能源电/热/燃料联产技术（共性关键技术）

研究内容：面向我国能源、冶金等高碳行业的绿色低碳

转型需求，开展以太阳能、风能互补为能量源头的电/热/氢联产耦合绿色钢铁冶金关键技术与示范验证，打造以可再生能源电/热/氢联产为核心的氢冶金创新链，支撑高碳行业的低碳转型和绿色革命。具体包括：太阳能、风能、清洁燃料等热/电/化学耦合转化及电/热/氢联产系统的模块化设计技术；基于电/热/氢耦合转化的氢能钢铁冶金工艺模块化设计及能效提升技术；多能源互补电/热/氢联产与氢冶金系统的调节能力协同提升技术；基于高比例可再生能源的电/热/氢联产与氢钢铁冶金耦合系统中多能流整体分析与能效-灵活性耦合特性的动态量化解析技术；多能源互补的电/热/氢联产及氢能钢铁冶金系统的集成设计与工程验证。

考核指标：掌握面向高碳行业的大规模可再生能源电/热/氢联产技术，完成多能互补兆瓦级电/热/氢多联产系统与氢能钢铁冶金系统的工程示范验证，无含硫、氮的气态污染物和 PM2.5 排放；可再生能源电/热/氢多联产系统年均能源利用效率提高 10%（与单一系统相比），可再生能源能量渗透率 $\geq 50\%$ ，累计运行时间 1000 小时以上。

有关说明：无

关键词：可再生能源，电热氢联产，绿色低碳

4.3 新型海洋能转化利用技术（基础研究）

研究内容：针对海洋能资源规模化开发利用需求，探索

经海试验证的波浪能和潮流能装置阵列化开发技术并开展水池模型示范验证。具体包括：遴选适合于波浪能与潮流能开发利用的海域，开展阵列化开发场址选化研究；发电装置选型与优化；阵列化布置与高效俘获机理研究；抗极端海况锚固等安全性技术研究；实验室水池阵列化模型输出功率、转换效率与安全性示范及验证。

考核指标：（1）阵列化开发场址选化研究，阵列总装机 ≥ 2 兆瓦。（2）阵列化装置优化选型，海洋能阵列单个装置的整机功率转换效率平均值波浪能 $\geq 20\%$ 、潮流能 $\geq 35\%$ 。（3）阵列布置与优化，波浪能、潮流能阵列的装置个数均不少于4台（套），阵列整体功率转换效率平均值波浪能 $\geq 15\%$ 、潮流能 $\geq 30\%$ 。（4）阵列模型示范验证，模型缩尺比不大于20:1，各阵列整体输出的平均功率 ≥ 50 瓦。（5）根据场址自然条件，开展抗25年一遇海况锚固技术安全性研究。（6）提供场址选化、装置优化选型、阵列化方案研究、模型示范测试验证等报告不小于4份。

有关说明：无

关键词：阵列发电效率，锚固安全性，模型示范，

4.4 面向海洋仪器设备供电的海洋能利用技术（青年科学家）

研究内容：针对深远海海洋能开发利用需求，探索用于

海洋观测装备的海洋能供电新技术，研究适用于水面、水下或剖面观测设备的小型、高可靠性供电装置，结合相关海洋观测装备开展实海况测试及验证。

考核指标：供电装置数量不少于 1 台套，装机不低于 100 瓦，满足观测设备供电需求；免维护持续供电能力不少于 1 年。

有关说明：无

关键词：海洋观测仪器供电，小型、高可靠

4.5 太阳能高倍柔性聚光技术及应用基础研究（基础研究）

研究内容：面向建材工业绿色低碳转型需求，开展太阳能聚光高温加热技术研究及与建材工业结合的替代化石燃料关键技术研发。具体包括：太阳辐射能到陶瓷建材业高温工业利用的集成设计与运行技术；多次反射式（2 次及以上）太阳能聚光过程的创新光学设计；反射面多尺度、自适应的高精度面形调节技术；基于材料-流体-结构-光学的多场耦合优化的高聚光比聚光器服役环境研究；开发适应于陶瓷和水泥制备过程的太阳能窑炉，包括预热、分解、烧成和冷却，实现太阳能建材生产全过程；研制基于高倍柔性聚光的太阳能建材生产示范装备。

考核指标：揭示多次反射式聚光系统的光流传输、调节

和光热转换机理；研制多次反射式（2 次及以上）聚光器，峰值能流密度 1500 千瓦/平方米，二次反射面调形精度 ≤ 2 毫弧度；研制太阳能聚光直接烧成陶瓷制品和水泥熟料（包括生料分解和烧成）反应器各 1 套，反应器光功率不低于 100 千瓦，连续工作时间 ≥ 5 小时/天；聚光能流根据工艺要求自主调节，实测与工艺设定温度最大偏差不超过 20℃，无辅助热源。

有关说明：无

关键词：太阳能，高倍聚光系统，建材工业，燃料替代

4.6 支撑灵活性提升的数字化风电/光伏变流器关键技术与装置研制（共性关键技术）

研究内容：针对现有光伏和风电机组运行灵活性差、一二次设备融合程度低、系统电压与频率支撑能力弱的局限性，开展光伏/风电变流器灵活性和数字化能力提升技术研究。具体包括：研究具备人工智能、边缘计算、安全加密等的数字化光伏/风电变流器一二次设备融合技术；研究数字化光伏/风电变流器故障自主预警技术；研究兼有电能质量治理的光伏/风电变流器的主动支撑控制技术；研究光伏/风电变流器的功率振荡快速主动抑制与黑启动技术；高灵活性的数字化光伏/风电变流器装备研制及示范应用。

考核指标：自主研制数字化风电/光伏变流器装备样机并

完成示范验证：数字化光伏逆变器容量不低于 100 千瓦；数字化风电变流器不低于 2 兆瓦；运行效率不低于 98%；具备电压源控制、电能质量主动治理、功率振荡主动抑制、黑启动等控制功能，具备主动将并网点电压谐波畸变率抑制在 4% 范围内的能力；具备芯片化安全加密、异常元件精确定位、故障主动预警、灵活组网等一二次融合数字化功能，数据加密时延 ≤ 10 毫秒。

有关说明：无

关键词：数字化，变流器，风电，光