**附件1**

2024年黄河公司“揭榜挂帅”

科研项目攻关榜单

为贯彻落实“十四五”发展规划，以开放创新的形式，积极探索科技创新，最大程度地调动社会各界智力潜能，突破制约各领域关键核心技术，以最快的速度找到切实可行的解决方案。青海黄河上游水电开发有限责任公司拟采用“揭榜挂帅”机制开展相关课题的研究，现将本次攻关项目榜单予以发布。

**榜单清单**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **榜单名称** | **经费预算（万元）** | **攻关期限** | **页码** | **备注** |
| 1 | 大面积钙钛矿光伏组件关键技术研究 | 260 | 合同签订后-2025年3月 | 2 | 首次发榜 |
| 2 | 钙钛矿/TOPCon叠层电池关键技术研究 | 100 | 签订合同后-2025年3月 | 7 | 首次发榜 |
| 3 | 络合精馏分离三氯氢硅中硼磷杂质实验研究 | 60.5 | 签订合同后-2024年11月 | 12 | 首次发榜 |
| 4 | 硅芯焊接技术应用研究 | 80 | 签订合同后-2025年2月 | 16 | 首次发榜 |
| 5 | 风力发电机组叶片微波除冰技术与装备研究 | 125 | 签订合同后-2025年11月 | 21 | 二次发榜 |
| 6 | 风光氢储多能耦合及系统运行关键技术研究 | 225 | 签订合同后-2026年6月 | 26 | 二次发榜 |

**项目1：大面积钙钛矿光伏组件关键技术研究**

**一、攻关难题和攻关内容**

（一）攻关难题

大面积钙钛矿光伏组件效率偏低和稳定性问题是阻碍其产业化推广的两个关键因素，针对此问题，项目开展可重复的大面积高效率稳定的钙钛矿组件制备技术的研究，具体包括：大面积均匀、可重复、可规模化生产的传输层和钙钛矿吸收层制备技术；可拓展至平米级别的组件低温封装技术。

（二）攻关内容

（1）开发大面积NiOx空穴传输层的低温制备技术；开发新型的钙钛矿前驱体溶液体系，实现高性能、宽工艺窗口的大面积钙钛矿层制备工艺；透明电极制备工艺的开发，半透明钙钛矿组件P1-P4激光工艺开发和图案设计。

（2）分析组件的衰减机制，结合钙钛矿材料的添加剂工程和新型封装技术，提升组件的工作稳定性。

（3）开展大面积钙钛矿光伏组件工艺整合，最终实现高效率稳定的大面积钙钛矿光伏组件工艺制备方案。对大面积钙钛矿光伏组件制备整套工艺方案进行验证，完成产品可靠性及性能测试。

**二、攻关后希望达到的预期目标、技术指标、预期成果**

（一）预期目标

（1）通过工艺开发研究，形成一套可推广的高效率稳定的大面积钙钛矿光伏组件的制备工艺及方案，形成技术研究和工艺开发报告。

（2）完成效率≥22.5%的大面积（≥30cm×30cm)钙钛矿组件样品的制备；完成效率≥27%的大面积（≥10cm×10cm)钙钛矿/晶硅四端叠层电池样品的制备。

（二）技术指标

（1）大面积（≥30cm×30cm)单结钙钛矿组件效率≥22.5%；

（2）大面积（≥10cm×10cm)钙钛矿/晶硅四端叠层组件效率≥27%；

以上技术指标（1）和（2）需要提供第三方测试机构出具的报告。

（3）封装后大面积（≥30cm×30cm)单结钙钛矿组件的稳定性和可靠性通过DH1000、TC200、HF10和UV15kWh的测试，单项测试后组件效率衰减不高于5%，衰减后组件光电转换效率大于18%。在AM1.5G模拟太阳光条件下持续最大功率点持续输出1000h后，组件效率衰减不高于5%。以上技术指标需要提供第三方测试机构出具的报告。

（4）揭榜方在发榜方实验室开展实验时间每季度不少于1周，保证揭榜方提供的制备工艺及方案可以实施，保证在发榜方实验室的条件基础上制备的10cm\*10cm面积的单结钙钛矿组件效率达到22%。

（三）预期成果

（1）形成一套可推广的大面积钙钛矿组件的制备工艺及方案。

（2）揭榜方完成至少5项发明专利的申报，第一发明单位为青海黄河上游水电开发有限责任公司西安太阳能电力分公司，研发项目的知识产权归属为发榜方和揭榜方双方各占50%。联合完成1篇SCI论文的撰写和发表，第一作者单位为青海黄河上游水电开发有限责任公司西安太阳能电力分公司。

**三、对揭榜方要求**

（一）揭榜方基本要求

揭榜方必须是在中华人民共和国市场监督管理部门注册的，具有独立法人和一般纳税人资格的企业（高校、科研院所）；应具有良好的企业信用，揭榜方应具有良好的学术和商业信誉，不存在被列为失信被执行人的情形；近三年资信状况良好，没有财产被接管、冻结或处于破产状态，应提相关证明（如财务审计报告或报表、资信证明等）。

（二）揭榜方技术要求

（1）揭榜方在钙钛矿太阳能组件研究领域具有较强的研发能力和一定的技术储备，掌握自主知识产权。

（2）研发项目负责人为从事5年及以上光伏领域研究人员，并在钙钛矿组件领域已取得高水平的研究开发成果（包括效率认证报告、专利和论文）。已经具有稳定的、高水平的研发团队，具有良好的研究基础和实验室条件，科研机构能够给予大力支持，提供必要的人力、物力、财力上的支持。

（3）揭榜方在发榜日期的近5年内，主持过至少2项国家或省部级的钙钛矿太阳能电池相关的科研项目（附项目的证明材料）。

（4）揭榜方需要出具单结钙钛矿组件认证效率大于20%的证明材料（第三方权威机构认证）。

（5）揭榜方具有产业化大面积钙钛矿组件中试线建设和调试的经验。

若单一团队没法同时满足上述需求或完成研究内容及技术指标时，可以组成联合研发团队，多单位联合揭榜的，须确定一个牵头单位，原则上组成联合体的单位不超过3家。

**四、项目研究合作模式:**合作开发模式

（1）项目申报的专利第一发明单位为青海黄河上游水电开发有限责任公司西安太阳能电力分公司，研发项目的知识产权归属为发榜方和揭榜方双方各占50%。

（2）项目技术开发形成的整套大面积钙钛矿光伏组件制备工艺方案发榜方可无偿使用。

**五、经费预算**

总经费控制在260万元以内。

**六、研究周期**

签订合同后-2025年3月。

**七、项目联系人及电话**

联系人：高鹏

联系电话：18092920582

**项目2：****钙钛矿/TOPCon叠层电池关键技术研究**

**一、攻关难题和攻关内容**

（一）攻关难题

目前，钙钛矿/晶硅叠层电池的效率提升迅速，但钙钛矿/TOPCon晶硅叠层电池的研究进展和效率提升相对较为缓慢。本项目针对高效率钙钛矿/TOPCon晶硅叠层电池制备技术的难点问题开展研究，包括：高效率钙钛矿/TOPCon晶硅两端叠层电池的结构设计；钙钛矿吸收层制备技术的研究开发；隧道结的设计优化和工艺开发；TOPCon晶硅底电池的优化。

（二）攻关内容

（1）针对钙钛矿顶电池和TOPCon晶硅底电池的特点，优化钙钛矿/TOPCon晶硅叠层电池的结构设计，为提高叠层电池的转换效率提供理论指导。

（2）开展钙钛矿吸收层的研究和制备工艺开发，针对宽带隙钙钛矿顶电池，进行钙钛矿薄膜的组分调控、界面修饰等，同时开展钙钛矿吸收层制备工艺的开发和优化，以获得高质量的钙钛矿吸收层，提高电池的转换效率。

（3）钙钛矿/TOPCon两端叠层电池隧道结的设计优化和工艺开发。针对TOPCon底电池开展结构和工艺优化研究，通过对TOPCon晶硅底电池的结构优化和相应工艺开发，完成隧穿结制备工艺开发，实现高效率底电池的制备。

（4）基于钙钛矿电池带隙调控、界面工程的研究和优化以及TOPCon底电池隧穿结等的研究优化，开展钙钛矿/TOPCon两端叠层电池的工艺整合优化，最终可实现高效率叠层电池工艺制备方案。并对高效率钙钛矿/TOPCon晶硅叠层电池制备工艺方案进行验证，完成产品可靠性及性能测试。

**二、攻关后希望达到的预期目标、技术指标、预期成果**

（一）预期目标：

（1）通过对钙钛矿/TOPCon叠层电池中钙钛矿薄膜的组分调控、界面修饰、隧道结设计等的研究优化和工艺开发，形成一套可推广的高效率钙钛矿/TOPCon叠层电池的制备工艺及方案，形成技术研究和工艺开发报告。

(2)完成≥1cm×1cm的面积上效率≥32.5%的钙钛矿/TOPCon两端叠层电池样品的制备。

（二）技术指标：

（1）小面积（≥1cm×1cm）两端钙钛矿/TOPCon叠层电池认证光电转换效率≥32.5%，迟滞系数≤0.3%；以上技术指标需要提供第三方测试机构出具的报告。

（2）封装后钙钛矿/TOPCon叠层电池的稳定性和可靠性双85温湿度加速老化1000小时后，电池效率衰减不高于5%，衰减后电池光电转换效率大于30%。以上技术指标需要提供第三方测试机构出具的报告。

（3）揭榜方在发榜方实验室开展实验时间每季度不少于1周，保证揭榜方提供的制备工艺及方案可以实施。保证在发榜方实验室的条件基础上制备的小面积（1cm×1cm）两端钙钛矿/TOPCon叠层电池平均效率达到31%。

（三）预期成果：

（1）形成一套可推广的高效率钙钛矿/TOPCon叠层电池的制备工艺及方案。

（2）揭榜方完成2篇SCI论文的撰写和发表（至少一篇第一作者单位为青海黄河上游水电开发有限责任公司西安太阳能电力分公司）。

（3）揭榜方完成至少3项发明专利的申报，第一发明单位为青海黄河上游水电开发有限责任公司西安太阳能电力分公司，研发项目的知识产权归属为发榜方和揭榜方双方各占50%。

**三、对揭榜方要求**

（一）揭榜方基本要求

揭榜方必须是在中华人民共和国市场监督管理部门注册的，具有独立法人和一般纳税人资格的企业（高校、科研院所）；应具有良好的企业信用和商业信誉，不存在被列为失信被执行人的情形；近三年资信状况良好，没有财产被接管、冻结或处于破产状态，应提相关证明（如财务审计报告或报表、资信证明等）。

（二）揭榜方技术要求

（1）揭榜方在钙钛矿/晶硅叠层太阳能研究领域具有较强的研发能力和一定的技术储备，掌握自主知识产权。

（2）研发项目负责人为具有高级职称（或同等专业水平）且从事5年以上光伏领域研究的专家，并在钙钛矿或叠层电池领域已取得高水平的科研成果（包括专利、发表相关论文）。已经具有稳定的、高水平的研发团队，具有良好的研究基础和实验室条件，科研机构能够给予大力支持，提供必要的人力、物力、财力上的支持。

（3）揭榜方在发榜日期的近5年内，主持或参与过至少2项晶硅或钙钛矿电池相关的省级（或等同级别）及以上的科研项目（附项目的证明材料）。

（4）揭榜方需要出具钙钛矿/晶硅叠层电池认证效率的证明材料（第三方权威机构认证）。

若单一团队没法同时满足上述需求或完成研究内容及技术指标时，可以组成联合研发团队，多单位联合揭榜的，须确定一个牵头单位，原则上组成联合体的单位不超过3家。

**四、项目研究合作模式：合作开发模式**

(1)项目申报的专利，第一发明单位为青海黄河上游水电开发有限责任公司西安太阳能电力分公司，研发项目的知识产权归属为发榜方和揭榜方双方各占50%。

(2)项目开发的钙钛矿/TOPCon两端叠层电池的整套技术方案发榜方可无偿使用。

**五、经费预算**

总经费控制在100万元以内。

1. **研究周期**

签订合同后-2025年3月

1. **项目联系人及电话**

联系人：高鹏

联系电话：18092920582

**项目3：络合精馏分离三氯氢硅中硼磷杂质实验研究**

**一、攻关难题和攻关内容**

（一）攻关难题

1、由于硼、磷杂质化合物沸点与三氯氢硅沸点接近，直接精馏方法存在回流比大，能耗高、效率低的问题。且多级连续定向精馏工艺提纯高纯三氯氢硅，存在工艺流程长、设备多、能耗高、单套装置处理能力小、分离效率相对较低、生产成本高、产品质量不稳定等问题。

2、随着国内半导体硅片趋向大尺寸发展，其对原料电子级多晶硅的质量要求越发严苛，如何高效分离提纯三氯氢硅中的硼磷杂质成为当前电子级多晶硅生产的关键难题。

3、文献资料显示，可在粗三氯氢硅中加入某种络合剂（如含过渡金属元素类、含苯衍生物、含N、P、S、O类有机络合剂和硅氧烷类、卤素类络合剂）使硼、磷杂质化合物变成与三氯氢硅沸点相差很大的稳定的络合物，然后通过精馏、过滤、倾析等方法分离，该法对去除硼、磷杂质具有不同程度的效果。因此，研发确定一种可行、稳定且高效的络合剂是本项目攻关的难点。

（二）攻关内容

1、检索分析三氯氢硅络合精馏去除硼磷杂质相关文献资料，确定可行且高效的络合剂。

2、设计络合精馏去除三氯氢硅中硼磷杂质的正交实验方案。

3、采用硼、磷含量≤0.030ppmw的三氯氢硅为试验原料，根据试验方案开展实验，确定最佳络合剂及络合反应条件（温度、配比等，实验水平数不低于4个），并试验验证除杂效果。

**二、攻关后希望达到的预期目标、技术指标、预期成果**

（一）预期目标

1、检索分析三氯氢硅络合精馏去除硼磷杂质相关文献资料，确定可行且高效的络合剂并形成研究报告。

2、设计形成络合精馏去除三氯氢硅中硼磷杂质的实验方案。

3、通过试验确定最佳络合剂及络合反应条件（温度、配比等），并形成实验研究报告。

（二）技术指标

新型高效络合精馏对粗三氯氢硅中硼、磷杂质（含量≤0.030ppmw）去除率≥50%。

（三）预期成果

1、形成络合精馏去除三氯氢硅中硼磷杂质文献报告。

2、形成络合精馏去除三氯氢硅中硼磷杂质实验方案。

3、通过实验形成实验研究报告。

4、发表国家级（北大核心）期刊论文1篇。

**三、对揭榜方要求**

（一）揭榜方基本要求

揭榜方必须是在中华人民共和国市场监督管理部门注册的，具有独立法人和一般纳税人资格的，具备新型高效络合精馏工艺理论研究、试验研究科研能力的企业（高校、科研院所）；应具有良好的企业信用，不存在被列为失信被执行人的情形；近三年财务和资信状况良好，没有财产被接管、冻结或处于亏损、破产状态，应提相关证明（如财务审计报告或报表、资信证明等）。

（二）揭榜方技术要求

1、揭榜单位须注册成立三年以上。

2、揭榜方在新型高效络合精馏除杂工艺领域已开展了深入研究并取得了一定的突破性进展，具有一项及以上相关课题研究业绩，具有较强的技术储备，掌握项目领域相关核心自主知识产权。

3、揭榜方具备能够满足项目实施的相应规模和水平的研发实力、科研条件和科研队伍。

4.揭榜方为发榜放在后续放大实验过程中提供技术支持。

**四、项目研究合作模式**

（一）合作模式

委托开发模式

（二）产权归属

1、项目研究过程中形成的知识产权包括专利、论文,项目研发所涉及的设计、工艺、方案、技术资料、总结报告等均归发榜放所有。

2、揭榜方负责络合精馏除硼、磷实验方案的制定，经发榜方审核通过后开展实验研究，其研制设备归发榜方所有。

3、双方需就项目研究过程中所涉及的所有技术资料签订专项保密协议并履行保密义务。

1. **经费预算**

总经费控制在60.5万元以内。

1. **研究周期**

签订合同后-2024年11月。

**七：项目联系人及电话**

联系人：危胜

联系电话：18697236833

**项目4：硅芯焊接技术应用研究**

**一、攻关难题和攻关内容**

（一）攻关难题

在改良西门子法多晶硅生产工艺中，三氯氢硅被氢气还原后在硅芯表面连续沉积硅生产多晶硅,硅芯是硅沉积的载体。

随着原生多晶硅棒切割技术的突破，还原炉将采用切割原生多晶硅棒制备的方硅芯。但原生多晶硅棒在切割前要去除上部的米花部分和下部的碳头部分，因此切割制备的硅芯长度不能满足还原炉的要求，需要对接后才能使用。此外，硅芯在加工、装炉、清洗、运转等过程中可能会断裂，造成了一定的浪费，通过对接可以实现断裂硅芯的再利用。

目前通过将硅芯一端磨锥、一端打孔再承插后实现硅芯的对接。但硅芯通过这种方式对接后，硅芯安装难度较大、效率低，而且该方法对接的硅芯在垂直度、导通、稳定性等方面存在不足，在还原过程中容易导致倒棒。

因此，如何实现硅芯的牢固对接，保证对接硅芯的质量及高强度、垂直度等性能指标，确保满足还原过程需求是当前急需攻关解决的难题，通过焊接技术可较好地解决该难题。

（二）攻关内容

1、开展硅芯（圆、方）焊接技术研究。

2、试制一台硅芯焊接机，实现硅芯和硅芯的焊接。

**二、攻关后希望达到的预期目标、技术指标、预期成果**

（一）预期目标

研制一台硅芯焊接机，实现硅芯与硅芯的焊接。

硅芯规格如下：

Φ9-12mm圆硅芯，最大长度3.2m

10×10mm-15×15mm方硅芯,最大长度3.2m

（二）技术指标

| **序号** | **项目** | **要求** | **备注** |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | 硅芯焊接时间 | 硅芯与硅芯焊接时间（包括硅芯安装、取出、焊接、充气、抽真空等所有工序）≤12min | 焊接是指将硅芯连接处熔融后连接到一起 |
| 2 | 自动化程度 | 除上下料外，其它工序均通过PLC系统控制全自动化运行。 |  |
| 3 | 垂直度 | 硅芯焊接后垂直度：90±0.5° |  |
| 4 | 焊接处杂质含量 | 焊接处碳杂质增加量不超过50%，硼杂质增加量不超过50%,磷杂质增加量不超过30%、砷杂质含量增量不超过20%，镓、锑杂质增加量不超过10%。体金属（锂、钠、镁、铝、钾、钙、钛、钒、铬、锰、钴、镍、锶、钼、银、钡、钨、铅）升高率不超过10%，体金属（铜、锌、铁）升高率不超过30%。 |  |
| 5 | 牢固程度 | 焊接处最小破坏扭矩≥50%焊接硅芯本身最小破坏扭矩 |  |
| 6 | 导通率 | 100% |  |
| 7 | 电阻偏差 | 硅芯焊接处电阻与焊接前该区域电阻偏差率≤30% |  |
| 8 | 焊接端面质量 | 焊接处尺寸偏差：±20%原尺寸同轴度≤1mm |  |
| 9 | 硅芯焊接时放置方式 | 竖直 |  |
| 10 | 保护气体 | 氩气 |  |
| 11 | 焊接方式 | 高频加热熔接 |  |
| 12 | 真空度 | 绝对压力≤10Pa |  |
| 13 | 焊接合格率 | ＞95% | 焊接合格是指垂直度、杂质含量、牢固程度、导通率、电阻偏差、焊接端面质量都满足本表中相关参数要求。 |
| 14 | PLC品牌 | 西门子、三菱、欧姆龙、ABB |  |
| 15 | 真空泵品牌、类型 | 莱宝、爱发科、沃泰克干式螺杆真空泵 |  |
| 16 | 气源组件品牌 | 费斯托、SMC、亚德客、CKD |  |
| 17 | 气缸品牌 | 亚德客、SMC、费斯托、CKD |  |
| 18 | 电气元件品牌 | 施耐德、ABB、西门子、欧姆龙、富士 |  |
| 19 | 驱动方式 | 伺服电机驱动 |  |
| 20 | 伺服电机品牌 | 安川、西门子、台达、松下、三菱、汇川 |  |
| 21 | 其它 | 用于焊接的硅芯长度范围为100mm-3100mm，焊接位置可以调整，焊接对接后的硅芯长度达到3200mm。 |  |

（三）预期成果

1、形成硅芯焊接技术研究报告。

2、研制一台硅芯焊接机，实现硅芯与硅芯的焊接。

**三、对揭榜方要求**

（一）揭榜方基本要求

揭榜方必须是在中华人民共和国市场监督管理部门注册的，具有独立法人和一般纳税人资格的，具备设备制造资质的企业（高校、科研院所）；应具有良好的企业信用，不存在被列为失信被执行人的情形；近三年财务和资信状况良好，没有财产被接管、冻结或处于亏损、破产状态，应提相关证明（如财务审计报告或报表、资信证明等）。

揭榜方也可以以联合体形式揭榜。联合体中双方必须是在中华人民共和国市场监督管理部门注册的，具有独立法人和一般纳税人资格的企业（高校、科研院所），其中一方具备设备制造资质。双方应具有良好的企业信用，不存在被列为失信被执行人的情形；近三年财务和资信状况良好，没有财产被接管、冻结或处于亏损、破产状态，应提相关证明（如财务审计报告或报表、资信证明等）。

（二）揭榜方技术要求

1、揭榜方在硅芯焊接领域已开展了较深入研究并取得了一定的突破性进展，具有较强的技术储备，掌握项目领域相关核心自主知识产权。

2、揭榜方具备能够满足项目实施的相应规模和水平的研发实力、科研条件和科研队伍，揭榜的企业须注册成立三年以上。

**四、项目研究合作模式**

（一）合作模式

委托开发模式

（二）产权归属

1、发榜方总体负责项目管理、审核研究技术路线、定期组织召开项目实施进度专题会，提供焊接试验所需硅芯。

2、揭榜方负责制定硅芯焊接的研究方案，经发榜方审核通过后组织实施，完成硅芯焊接设备制造，研制的硅芯焊接设备归属发榜方所有。

3、发榜方支付本项目开发费用，项目所形成的工艺技术、参数、专利、论文等技术成果及知识产权归属发榜方所有。

4、双方需就项目研究过程中所涉及的所有技术资料签订专项保密协议并履行保密义务。

1. **经费预算**

总经费控制在80万元以内。

1. **研究周期**

签订合同后-2025年2月

**七、项目联系人及电话**

项目联系人：杜斌功

联系电话：18797374690

**项目5：风力发电机组叶片微波除冰技术与装备研究**

**一、攻关难题和攻关内容：**

（一）攻关难题：

项目风电场地处会宁县华家岭山区，安装25台2.0MW双馈风力发电机组，塔筒高度85米，风轮直径110米，2015年底投产。场区海拔在1855m-2370m之间，每年10月份至次年4月份，风场及周边地区风机易因叶片覆冰而停机，每次持续时间约2-3天。

目前，行业内缺乏系统高效的防结冰及除冰技术措施，本项目考虑开展兼具疏水性和物理吸波发热特性的防结冰涂层研究及配套设备研制。

（二）攻关内容：

1.风机结冰探测及预警研究：研究不同环境条件下风机叶片结冰规律，开展防结冰预警研究。

2.风力发电机组防结冰涂层研究：设计防结冰涂层的组成成分，研制高疏水性涂层材料，且涂层材料通过物理方法易升温，温度可调保持在零度以上，防止叶片结冰。研究不同成分材料制成涂层的环境适应性、疏水性、温度特性、稳定性等。

3.防结冰涂层高效喷涂技术研究：（1）研究风力发电机叶片冰面图像识别技术，实现冰面的定位，获取最小化涂层布局区域。（2）设计涂层喷射装备，研究气候和动力等复杂条件下，涂层喷射的高效性、快速性，涂层喷涂后对风机气动性能的影响。

4.防结冰装置研究：设计防结冰装置，研究不同防结冰装置，可有效提升防结冰涂层表面温度，防止叶片结冰。可通过上述方法或包括上述方法在内的其他物理手段防止叶片结冰，且在少量结冰后能快速除冰。

**二、攻关后希望达到的预期目标、技术指标、预期成果：**

（一）预期目标

1.研究部署风机叶片结冰探测预警系统：增设风电场湿度传感器，结合风机自有风速、温度等传感器，采集汇总风电场大气环境信息，模拟风机叶片结冰机理，实时监测风电场周围温湿度变化，及时发布结冰预警。

2.研制一种风机叶片防结冰涂层，防结冰涂层应耐风蚀磨损，温升可控，具备高疏水性，且涂层材料通过物理方法易升温，温度可调保持在零度以上，防止叶片结冰。

3.设计一套基于无人机搭载的风机叶片防结冰涂层喷涂装置，可识别风机叶片结冰分布，按结冰分布快速准确完成喷涂。涂层喷涂均匀，表面光滑。

4.研制一套防结冰装置，可有效提升防结冰涂层表面温度，防止叶片结冰。可通过上述方法或包括上述方法在内的其他物理手段防止叶片结冰，且在少量结冰后能快速除冰。

（二）技术指标

1.结冰预警信息准确率不低于80%；

2.无人机喷涂时间每台风机小于4小时；

3.单台2MW风力机防结冰涂层重量小于150kg；

4.单个结冰周期内防结冰装置功耗低于500kWh；

5.风机叶片结冰停机时长降低70%；

6.防结冰涂层应具备防紫外线、风沙侵蚀等特性，持续使用周期应不小于一年。

（三）预期成果：

1.研究一套风机结冰探测预警系统。

2.研究一种风力发电机组叶片防结冰涂层。

3.研制一套风机叶片防结冰涂层喷涂装置。

4.研制一套防结冰装置。

5.发表科技论文不少于3篇，其中，中文核心或SCI或EI论文1篇。

6.申请发明专利1项，实用性专利1项。

7.申请软件著作权1项。

**三、对揭榜方要求：**

（一）揭榜方基本要求：

揭榜方必须是在中华人民共和国市场监督管理部门注册的，具有独立法人和一般纳税人资格的，具备设备制造资质的企业(高校、科研院所);应具有良好的企业信用，不存在被列为失信被执行人的情形；近三年财务和资信状况良好，没有财产被接管、冻结或处于亏损、破产状态，应提相关证明(如财务审计报告或报表、资信证明等)。

（二）揭榜方技术要求：

1.揭榜方在风机叶片防结冰领域（叶片结冰监测预警、叶片除冰等技术）已开展了较深入研究，在风机叶片除冰技术与装备研究以及自动控制技术研究与应用方面具有较强的技术储备，掌握项目领域相关核心自主知识产权，具有批量应用并成功实施经验，并提供相应的证明材料。

2.揭榜方须具有完备的除冰系统模拟测试平台，可满足本项目除冰系统进行各项功能性试验。

3.揭榜方具备能够满足项目实施的相应规模和水平的研发实力、科研条件和科研队伍，揭榜的企业须注册成立三年以上。

**四、项目研究合作模式**

1.揭榜方接受以委托开发模式开展本项目研究工作。

2.产权归属

1）发榜方总体负责项目管理、审核研究技术路线、定期组织召开项目实施进度专题会，提供项目所需硬件设备。

2）揭榜方负责制定风机叶片防结冰的研究方案，经发榜方审核通过后组织实施，完成风机叶片防结冰涂层研究，完成风机叶片防结涂层喷涂装置、防结冰装置的研制，研究的风机叶片防结冰涂层、研制的风机叶片防结涂层喷涂装置、防结冰装置归属发榜方所有。

3）发榜方支付本项目开发费用，项目所形成的工艺技术、参数、专利、论文、软著等技术成果及知识产权归属发榜方所有，需就技术成果文件进行著作权备案或申请专利的，揭榜方应予以协助配合。

4）双方需就项目研究过程中所涉及的所有技术资料签订专项保密协议并履行保密义务。

5）发榜方有权利用本项目研究开发成果，进行后续改进。由此产生的具有实质性或创造性技术进步特征的新的技术成果及其权属，由发榜方享有。

6）在完成本项目研究开发工作后，双方协商合作利用该项研究开发成果进行后续改进。由此产生的具有实质性或创造性技术进步特征的新的技术成果归双方所有。

**五、经费预算**

总经费控制在125万元以内。

**六、研究周期**

签订合同后至2025年11月。

**七、项目联系人及电话**

联系人：彭建程

联系电话：18152011631

**项目6：风光氢储多能耦合及系统运行关键技术研究**

**一、攻关难题和攻关内容**

（一）攻关难点

1.多目标多维度协同优化容量配置及仿真研究

针对目前风电站及光伏电站存在的弃风弃光问题，主要研究多能源耦合系统的优化配置方案，从技术、经济及资源利用效率等多目标对该系统进行仿真优化。

2.风光氢储多能耦合系统运行优化关键技术

基于高精度、高实时性的风光氢储多能耦合系统功率预测等技术手段，构建风光氢储多能源耦合系统实时优化运行策略，实现科学、高效调节风光场站出力。

3.风光氢储多能耦合运行关键技术实验验证

通过风光氢储多能耦合系统综合实验验证，测定关键设备的动态响应特性，并验证多能耦合系统的控制策略及运行效果，为今后大规模应用多能耦合系统的电站奠定坚实基础。

（二）攻关内容

1.多目标多维度协同优化容量配置及仿真研究：

（1）依托实际风电、光伏等场站信息，通过数据挖掘等有效分析工具，综合分析资源时域、空间多维度协同及互补特性；

（2）研究风电、光伏、氢能和储能的容量配置、系统仿真及优化等多目标设计方案，开展多能源耦合系统的技术经济指标分析。

2. 风光氢储多能耦合系统运行优化关键技术研究：

（1）开展分钟级风电、光伏发电功率预测，实现爬坡事件预测，用以辅助制定耦合系统的运行调控策略；

（2）研究耦合系统各设备单元对系统实际运行的影响规律，构建风光氢储多能源耦合系统实时优化策略。

3. 风光氢储多能耦合系统智能运行技术研究：

（1）搭建风光氢储耦合系统综合实验平台，获得氢能和储能等模块的动态响应规律；

（2）通过相关实验开展风光氢储多能耦合系统运行、调控等实验验证工作，并验证弃光、弃风资源再利用等系统级智能化运行实效。

**二、攻关后希望达到的预期目标、技术指标、预期成果**

（一）预期目标

1.完成多目标多能源多维度协同优化的容量配置仿真平台开发；

2.完成风光氢储多能耦合系统运行智能控制策略研究；

3.完成风光氢储多能耦合系统智能运行关键技术研究。

（二）技术指标

1.风光氢储多能耦合控制系统精度达到95%以上；

2.风光氢储多能耦合控制系统的正确动作率达到100%；

3.风光氢储多能耦合控制系统功率预测符合现行规范的规定。

（三）预期成果（需要体现经济效益等）

1.搭建风光氢储多能耦合系统及其关键设备配置方案的仿真平台；

2.搭建基于已投运及未来建设电站的多能耦合系统功率预测平台；

3.完成风光氢储多能耦合系统优化运行智能决策模块开发，包含风光氢储系统功率监测模块、模拟运行模块及实时监控模块等。

4.完成课题研究报告1份，发表中文核心期刊论文3篇，完成1项发明专利受理，授权2项实用新型专利，获得计算机软件著作权2项。

**三、对揭榜方要求**

（一）揭榜方基本要求

揭榜方必须是在中华人民共和国市场监督管理部门注册的，具有独立法人或一般纳税人资格的，具备承担本课题研究能力的高校或科研院所，具备实施本项目的技术力量、设备及管理能力，揭榜方项目负责人应具有副高及以上职称，并承担过类似项目研发经历；应具有良好的信用，不存在被列为失信被执行人的情形；近三年财务和资信状况良好，没有财产被接管、冻结或处于亏损、破产状态，应提相关证明（如财务审计报告或报表、资信证明等）。

（二）揭榜方技术要求

揭榜方须具有承担本科研项目中各项实验的实验室，可以进行数值模拟和优化分析，并在风光氢储多能源耦合运行控制等方面具有一定的研究基础。

**四、项目研究合作模式**

本研究课题采取的研究合作模式为合作研究模式，形成的成果及知识产权归发榜单位及揭榜单位共有，共有比例由发榜单位和揭榜单位协商确定，其中发榜单知识产权排名优先级数量占比大于50%。发榜单位牵头负责知识产权申请，并拥有研究成果及知识产权在所属单位和关联公司无偿推广使用的权利。

1. **经费预算**

总经费控制在225万元以内。

1. **研究周期：**

2签订合同后-2026年6月。

**七：项目联系人及电话：**

联系人：瞿润学

联系电话：18608922706