**关于参评2019年度重庆市科技奖的公示**

各有关单位：

2019年度重庆市科学技术奖提名工作已启动，基于海上风电技术领域的科技成果，结合技术合作情况，由中国船舶重工集团海装风电股份有限公司牵头，联合华北电力大学、重庆大学、中国电力科学研究院有限公司、中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司、洛阳双瑞风电叶片有限公司共同参评2019年度重庆市科学技术奖，现对相关内容进行公示。自公示之日起7个日历日内为异议期，在异议期内，任何单位和个人有权对公示内容的真实性、成果权属、获奖资格、主要完成人及排序等问题提出异议。匿名、逾期的异议不予受理。公示内容如下：

**一、推荐类别：**科技进步奖

**二、项目名称：**大型高速永磁式海上风电机组关键技术及产业化

**三、推荐单位（专家）及提名意见:**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 姓 名 | 任露泉 | 工作单位 | 吉林大学 |
| 职 称 | 中国科学院院士  教授 | 学科专业 | 机械工程、仿生科学与工程 |
| 该项目聚焦总体技术，在大型海上风电机组一体化设计、关键零部件研制、多目标融合智能控制以及海上风电测试与智能运维等关键技术领域开展研究并取得重大突破，打破了国外技术垄断，全面具备自主研发能力，研制出具有自主知识产权的5MW系列海上风电机组产品并实现产业化。5MW系列机型已成为国内市场主流机型，已在福建、江苏等4座海上风电场规模化长期高效安全运行，覆盖了我国主要海上风电开发区域。项目近三年销售收入达13亿元，签订销售订单达82亿元，培育和支持了重庆市风电产业链，显著促进了行业科技进步，取得了重大直接经济效益与社会效益。5MW机型2大系列6种规格通过了国内外权威机构测试认证，获授权发明专利11项，编制国家标准4项，发表高水平论文30余篇。  提名该项目为重庆市科技进步奖一等奖。 | | | |

**四、项目简介**

我国海上可开发的风能资源储量为7.5亿千瓦，预计至2050年国内海上风电装机容量将达2亿千瓦，市场容量巨大。相比于陆上风电，海上风电机组更具大型化，长期面临台风、高湿热、高盐雾等极端海洋环境的侵蚀，是更具技术挑战与科技含量的高端装备。本项目实施之初，中国海上风电基础薄弱，在大型海上风电整机设计、关键零部件研制以及测试与运维等领域全面落后，相关技术被国外封锁；我国海洋水文特征显著异于国外，导致研制大型海上风电机组尚无成熟国际经验可循，开发难度极大。

在国家科技支撑计划和重庆市科技项目支持下，产学研协同攻关10余年，在大型海上风电机组一体化设计、关键零部件研制、多目标融合智能控制以及海上风电测试与智能运维等关键技术领域取得重大突破，主要创新如下：

1、发明了大型海上风电机组高效率高安全系统一体化设计与环境适应性设计方法。提出了大型海上风电机组整机一体化匹配、风/浪/流多场耦合作用下机组-塔架-基础全工况动态运行性能分析和抗高温、高湿、高盐雾及台风等极端海洋环境适应性设计技术，建立了大型海上风电机组-塔架-基础一体化全数字仿真平台，实现了跨平台零部件通用化、系列化、模块化设计，研制了具有自主知识产权的2大系列6种规格的5MW高速永磁式海上风电机组，在辽宁、江苏、福建（台风区）等地区规模化长期高效安全运行；2018年在如东八仙角风电场19台H151-5.0MW机组平均等效满发小时数≥3100h，全场最高；H171-5.0MW机型在年平均风速7.8m/s条件下机组满发小时数≥3900h，全球最高；近三年取得了显著的经济效益，累积实现销售收入13亿元，销售订单82亿元；对风电行业的科技进步具有很大的推动作用。

2、提出了大型海上风电机组超长柔性轻量化叶片设计制造与紧凑型传动链设计方法。攻克了碳纤维主梁结构与后缘局部强度提升设计及高效高精度制造技术，解决了大型超长柔性叶片设计制造与轻量化之间的优化难题，研制了全球最长（83.6m）、重量最轻（≤25t）的5MW级风电机组叶片；开发了适应极端海洋环境的叶片主动防雷和前缘耐久防护设计技术，保障了全寿命周期安全稳定运行；提出了大型海上风电机组轻量化传动链设计技术，发明了新型高速永磁式大轴承短主轴紧凑型传动链构型，实现了5MW海上风电机组传动链重量全球最轻（≤210t）。

3、发明了高效安全海上风电机组多目标融合智能控制技术。发明了大型海上风电机组多源在线监测的多系统协同降载控制、状态参数辨识自适应增功控制和三级保护安全控制等智能技术集群，解决了大型海上风电支撑结构刚度低易引发共振疲劳破坏、超长柔性叶片大形变与气弹耦合颤振稳定控制难、系统安全等级要求高等难题，实现了机组功率与载荷的动态平衡，综合降低支撑结构疲劳载荷30%以上、叶片、轮毂等极限载荷10%以上，提升单机综合发电量3%以上，实现了项目系列机型连续7年运行无重大安全事故。

4、发明了复杂海洋环境下的风电机组气动-机械-并网性能测试系统和智能运维平台。发明了多维流场特性参数与机组载荷特性参数实时同步采集、故障电压穿越测试远端补偿控制等大型海上风电机组关键测试技术，解决了海上环境和机组运行性能参数同步测量难度大、精度低的难题，实现5MW海上风电机组运行性能精确量化评估，H151-5.0MW机型国内首个通过海上低电压穿越测试；发明了多维度信息融合的海上风电运维决策与寻优技术，开发了状态监测、故障诊断和运维调度等多系统融合的海上风电机组智能运维平台，实现了运维效率提升10%以上，运维成本降低7%以上，全部运行机组年平均可利用率≥98.5%。

**五、客观评价**

2013年12月9日，“5MW海上风电机组整机设计、集成及示范”经中国船舶重工集团有限公司鉴定，鉴定委员会主任为中科院胡文瑞院士，形成了“本项目研制的IEC Ⅲ类风区5MW海上风电机组是国际首创，拥有完全自主知识产权，总体性能达到国际先进水平，具有良好市场前景”。

2018年11月29日，“H171-5.0MW海上风电机组研制”经中国船舶重工集团有限公司鉴定，鉴定委员会主任为中科院徐建中院士，形成了“该项目研制难度大、系统复杂、其研究成果技术成熟、可靠，拥有多项自主知识产权，中低风速海上风电机组设计制造技术达到国际领先水平”的鉴定意见。

**六、应用情况**

体现项目整体技术的5MW高速永磁式海上风电机组2台样机H128/H151-5.0MW于2012年在龙源江苏如东潮间带试验风场安装运行；1台H171-5.0MW于2017年在华能江苏如东八仙角风场安装运行；2017年在华能江苏如东八仙角风场完成20台小批量安装运行；至2019年6月， 5MW高速永磁式海上风电机组装机28台，分布在福建兴化湾、江苏如东八仙角等4座海上风电场，覆盖了我国主要海上风电开发区域。

已装机的5MW高速永磁式海上风电机组100%按期进出质保，重大安全事故和批质量事故为零。在江苏如东高温、高湿、大风环境下实现不降容、无故障稳定运行。在华能江苏如东八仙角风场20台机组平均可利用率达到99%，同属国内最高；在华能江苏如东八仙角风场19台H151-5.0MW机组平均等效满发小时数≥3100h，全场最高；H171-5.0MW机型在年平均风速7.8m/s条件下机组满发小时数≥3900h，全球最高。

**七、主要知识产权和标准规范等目录**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 知识产权类别 | 知识产权名称 | 授权号 | 权利人 |
| 专利 | 一种海上风力发电机的防腐冷却结构 | 201210145663.3 | 中国船舶重工集团海装风电股份有限公司 |
| 专利 | 一种风力发电机组的控制方法及装置 | PCT/CN2016/074828 | 中国船舶重工集团海装风电股份有限公司 |
| 专利 | 一种叶片的真实载荷检测方法、系统和风电机组 | 201510830208.0 | 中国船舶重工集团海装风电股份有限公司 |
| 专利 | 一种偏航速度检测的方法及系统 | 201610290334.6 | 中国船舶重工集团海装风电股份有限公司 |
| 专利 | 一种风电机组变桨齿圈的润滑方法及装置 | 201610319260.4 | 中国船舶重工集团海装风电股份有限公司 |
| 专利 | 一种抑制塔架振动方法与系统 | 201410765055.1 | 中国船舶重工集团海装风电股份有限公司 |
| 专利 | 一种抑制风力发电机组塔架左右振动的控制方法及装置 | 201510035475.9 | 中国船舶重工集团海装风电股份有限公司 |
| 专利 | 恶劣环境下风力发电机组散热系统设计方法及散热系统 | 201510097596.6 | 中国船舶重工集团海装风电股份有限公司 |
| 专利 | 风力发电机组偏航变频器直流过压保护装置及变频装置 | 201520939809.0 | 中国船舶重工集团海装风电股份有限公司 |
| 专利 | 一种海上风机风轮系统密封结构 | 201720306036.1 | 中国船舶重工集团海装风电股份有限公司 |
| 专利 | 一种复合材料风电叶片根部成型方法 | 201110352621.2 | 洛阳双瑞风电叶片有限公司 |
| 专利 | 一种大型风电叶片腹板整体成型模具 | 201220513970.8 | 洛阳双瑞风电叶片有限公司 |
| 专利 | 一种一体化高低电压穿越测试系统 | 201410222336.2 | 中国电力科学研究院有限公司 |
| 专利 | 一种高低电压连续过程故障穿越测试方法 | 201410734345.X | 中国电力科学研究院有限公司 |
| 论文 | 风电叶片雷击防护的研究进展 | 纤维复合材料 | 洛阳双瑞风电叶片有限公司 |
| 论文 | 叶片结构形式和优化方法概述 | 材料开发与应用 | 洛阳双瑞风电叶片有限公司 |
| 论文 | 一种快速比较纤维\_树脂渗透率的方法研究 | 玻璃钢/复合材料 | 洛阳双瑞风电叶片有限公司 |
| 论文 | 阳光暴晒对环氧树脂基复合材料涂层附着性能的影响 | 材料开发与应用 | 洛阳双瑞风电叶片有限公司 |
| 论文 | 湍流强度规格化风电机组测量功率曲线的方法研究 | 电气应用 | 中国电力科学研究院有限公司 |
| 论文 | 风电机组低电压穿越过程机械载荷特性研究 | 太阳能学报 | 中国电力科学研究院有限公司 |
| 论文 | Dynamic modeling and analysis of wind turbine drivetrain considering platform motion | Mechanism and Machine Theory | 重庆大学 |
| 论文 | Effects of Flexibility and Suspension Configuration of Main Shaft on Dynamic Characteristics of Wind Turbine Drivetrain | Chinese Journal of Mechanical Engineering | 重庆大学 |
| 论文 | Effects of elastic support on the dynamic behaviors of the wind turbine drive train | Frontiers of Mechanical Engineering | 重庆大学 |
| 论文 | 局部冲刷作用下海上风电机组支撑结构响应 | 太阳能学报 | 华北电力大学 |
| 论文 | 基于萤火虫群算法优化最小二乘支持向量回归机的滚动轴承故障诊断 | 振动与冲击 | 华北电力大学 |
| 论文 | 基于额定载荷的10 MW海上风电叶片铺层优化 | 太阳能学报 | 华北电力大学 |
| 论文 | Aerodynamic optimization of variable pitch wind turbine blade based on adaptive genetic algorithm | Applied Mechanics and Materials | 华北电力大学 |
| 论文 | Reynolds number effect on the optimization of a wind turbine blade for maximum aerodynamic efficiency | Journal of energy engineering | 华北电力大学 |
| 论文 | Controlling structural vibrations in wind turbines by constructing function V | SCIENCE CHINA-TECHNOLOGICAL SCIENCES | 华北电力大学 |
| 论文 | 不对称载荷的独立变桨控制 | 太阳能学报 | 华北电力大学 |
| 国标 | 海上风力发电机组防腐规范 | GB/T 33630-2017 | 中国船舶重工集团海装风电股份有限公司、华北电力大学 |
| 国标 | 风力发电机组 故障电压穿越能力测试规程 | GB\_T 36995-2018 | 中国电力科学研究院有限公司 |
| 国标 | 风力发电机组 基于机舱风速计法的功率特性测试 | GB\_T 33225-2016 | 中国电力科学研究院有限公司 |
| 国标 | 风力发电机组 机械载荷测量 | GB\_T 37257-2018 | 中国电力科学研究院有限公司 |

**八、主要完成人情况**

王满昌：第一完成人，中国船舶重工集团海装风电股份有限公司董事长，工作单位：中国船舶重工集团海装风电股份有限公司，完成单位：中国船舶重工集团海装风电股份有限公司。对创新点1、2和4作出创造性贡献，同时协调项目的顺利完成，为项目的产业化作出了重要贡献。在该项目研究中投入的工作量占本人总工作量的70%。

韩花丽：第二完成人，中国船舶重工集团海装风电股份有限公司研究院院长，工作单位：中国船舶重工集团海装风电股份有限公司，完成单位：中国船舶重工集团海装风电股份有限公司。对创新点1、2和4作出创造性贡献，在该项目研究中投入的工作量占本人总工作量的70%。

秦世耀：第三完成人，中国电力科学研究院有限公司新能源研究中心副主任，工作单位：中国电力科学研究院有限公司，完成单位：中国电力科学研究院有限公司。对创新点4作出创造性贡献，在该项目研究中投入的工作量占本人总工作量的60%。

杨微：第四完成人，中国船舶重工集团海装风电股份有限公司市场支持中心副总经理，工作单位：中国船舶重工集团海装风电股份有限公司，完成单位：中国船舶重工集团海装风电股份有限公司。对创新点1和3作出创造性贡献，在该项目研究中投入的工作量占本人总工作量的80%。

宋朝省：第五完成人，重庆大学机械工程学院副教授，实验中心常务副主任，工作单位：重庆大学，完成单位：重庆大学。对创新点1、2、3作出创造性贡献，在该项目研究中投入的工作量占本人总工作量的80%。

田德：第六完成人，华北电力大学可再生能源学院教授。工作单位：华北电力大学，完成单位：华北电力大学。对创新点1、2、3作出了创造性贡献，在该项目研究中投入的工作量占本人总工作量的70%。

赵生校：第七完成人，中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司副总工程师，工作单位：中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司，完成单位：中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司。对创新点1作出创造性贡献，在该项目研究中投入的工作量占本人总工作量的60%。

周祖田：第八完成人，中国船舶重工集团海装风电股份有限公司副总工程师，工作单位：中国船舶重工集团海装风电股份有限公司，完成单位：中国船舶重工集团海装风电股份有限公司。对创新点1和2作出创造性贡献，在该项目研究中投入的工作量占本人总工作量的60%。

刘亚林：第九完成人，中国船舶重工集团海装风电股份有限公司研究院电气设计所所长，工作单位：中国船舶重工集团海装风电股份有限公司，完成单位：中国船舶重工集团海装风电股份有限公司。对创新点1、4作出创造性贡献，在该项目研究中投入的工作量占本人总工作量的60%。

林明：第十完成人，洛阳双瑞风电叶片有限公司副总经理，工作单位：洛阳双瑞风电叶片有限公司，完成单位：洛阳双瑞风电叶片有限公司。对创新点2作出创造性贡献，在该项目研究中投入的工作量占本人总工作量的60%。

文茂诗：第十一完成人，中国船舶重工集团海装风电股份有限公司研究院仿真与前沿技术研究所所长，工作单位：中国船舶重工集团海装风电股份有限公司，完成单位：中国船舶重工集团海装风电股份有限公司。对创新点1作出创造性贡献，在该项目研究中投入的工作量占本人总工作量的60%。

张海亚：第十二完成人，中国船舶重工集团海装风电股份有限公司销售公司执行董事，工作单位：中国船舶重工集团海装风电股份有限公司，完成单位：中国船舶重工集团海装风电股份有限公司。对创新点1作出创造性贡献，在该项目研究中投入的工作量占本人总工作量的60%。

王瑞明：第十三完成人，中国电力科学研究院有限公司新能源研究中心风力发电试验与检测室主任，工作单位：中国电力科学研究院有限公司，完成单位：中国电力科学研究院有限公司。对创新点4作出创造性贡献，在该项目研究中投入的工作量占本人总工作量的60%。

李少林：第十四完成人，中国电力科学研究院有限公司新能源研究中心风力发电试验与检测室副主任，工作单位：中国电力科学研究院有限公司，完成单位：中国电力科学研究院有限公司。对创新点4作出创造性贡献，在该项目研究中投入的工作量占本人总工作量的60%。

谭建军：第十五完成人，重庆大学机械工程学院博士，工作单位：重庆大学，完成单位：重庆大学。对创新点1、2、3作出创造性贡献，在该项目研究中投入的工作量占本人总工作量的50%。

**九、主要完成单位及创新推广贡献:**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 排序 | 单位 | 创新点贡献 | 成果 |
| 第一完成单位 | 中国船舶重工集团海装风电股份有限公司 | 创新点1、2、3、4 | 专利10项，国标1项。 |
| 第二完成单位 | 华北电力大学 | 创新点1、2、3 | 论文7篇，参编国标1项。 |
| 第三完成单位 | 重庆大学 | 创新点1、2、3 | 论文3篇。 |
| 第四完成单位 | 中国电力科学研究院有限公司 | 创新点4 | 专利2项，论文2篇，国标3项。 |
| 第五完成单位 | 中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司 | 创新点1 | 一体化设计联合开发 |
| 第六完成单位 | 洛阳双瑞风电叶片有限公司 | 创新点2 | 专利2项，论文4篇。 |

**十、完成人合作关系说明**:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 合作方式 | 合作者 | 合作成果 |
| 大型海上风电机组高效率高安全系统一体化设计与环境适应性设计方法研究 | 王满昌、韩花丽、杨微、宋朝省、田德、赵生校、周祖田、刘亚林、文茂诗、张海亚、谭建军 | 专利、论文、国标 |
| 大型海上风电机组超长柔性轻量化叶片设计制造与紧凑型传动链设计方法研究 | 王满昌、韩花丽、宋朝省、田德、周祖田、林明、谭建军 | 专利、论文 |
| 高效安全海上风电机组多目标融合智能控制技术研究 | 杨微、宋朝省、田德、谭建军 | 专利、论文 |
| 复杂海洋环境下的风电机组气动-机械-并网性能测试系统和智能运维平台研究 | 王满昌、韩花丽、秦世耀、刘亚林、王瑞明、李少林 | 专利、论文、国标 |

联系人：中国海装科技处 倪远翔 17725128058。

中国船舶重工集团海装风电股份有限公司

2019年8月19日