2019年度北京市科技进步奖公示材料

1.项目名称：电网友好型风电高效安全主动支撑关键技术及规模化应用

2.候选单位（含排序）：中国电力科学研究院有限公司、北京金风科创风电设备有限公司、合肥工业大学、浙江运达风电股份有限公司、新疆金风科技股份有限公司

3.候选人（含排序）：秦世耀，应有，李少林，乔元，谢震，程晨光，王瑞明，张利，代林旺，包献文，薛扬，王文卓，杨靖，武青虎，周士栋

4.项目简介：

大力发展风电是构建我国清洁低碳、安全高效能源体系的重要战略举措。经过10余的高速发展，我国“三北”地区高比例风电经高压直流送出的新型电力系统形态基本形成，系统安全稳定运行问题凸显，直接导致日益严重的弃风限电，已成为亟需解决的国际性难题，引进技术难以适用我国特殊网源结构。风电友好融入大电网是实现风电可持续发展的必然选择，未来随着风电并网容量不断增长，系统的安全稳定运行风险将进一步加大，亟需突破风电电网友好型主动支撑关键技术，提升高比例风电系统安全稳定运行水平和风电消纳能力。

项目依托国家自然科学基金、科技支撑计划等，产学研协同攻关，历时6年，突破了高比例风电自适应虚拟惯量、调频/调压及协调优化、谐波谐振主动抑制、载荷优化与全工况仿真试验5大关键技术，主要创新如下：①提出了基于超短时风速预测的风电机组虚拟惯量自适应控制方法和故障暂态支撑技术，解决了高比例风电电力系统暂态主动支撑问题；②提出了基于多源协同的风电一次调频及无功电压协调优化方法，一次调频响应时间≤5s；③提出了基于电网阻抗主动辨识的风电机组谐波谐振主动抑制技术，解决低短路比系统振荡失稳难题；④发明了基于状态观测器的传动链轴系及塔架左右一阶模态动态主动阻尼控制技术，关键部件载荷降低20%以上；⑤提出了基于模型验证的风电数模混合仿真与试验评价方法，发明了电网连锁故障及宽频扰动发生装置，加速了研发-试验-优化迭代过程。项目获授权发明专利20余项，发表论文50余篇，制定国家/行业标准10余项。

项目成果广泛应用于金风科技等10余个风电整机制造商，推动了风电行业技术进步，提升了我市风电高端制造业的国际竞争力；应用于华能、华电等10余个发电集团“三北地区”特高压近区风电网源协调改造，改造风电场超过300座，容量超过2000万千瓦。

项目近3年累计实现销售收入138亿元。支撑了我国风电“高质量发展”供给侧改革的重大需求，对保障风电开发战略实施与绿色发展理念贯彻落实意义重大。

5.相关证明材料：

五、主要证明目录

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **5.1知识产权目录（只填已授权知识产权证明，按重要程度排序，限10个）** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **序号** | **知识产权类别** | | | | **授权项目名称** | | | | **国（区）别** | | | **授权号** | | | | **授权公告日** | | | | | **发明人** | | | | | | | **权利人** | | | |
| 1 | 发明专利 | | | | 一种风电机组控制器在线实时仿真测试系统 | | | | 中国 | | | ZL201410222148.X | | | | 2016.08.31 | | | | | [秦世耀](http://www2.soopat.com/Home/Result?SearchWord=FMR%3A(%E7%A7%A6%E4%B8%96%E8%80%80)),[王瑞明](http://www2.soopat.com/Home/Result?SearchWord=FMR%3A(%E7%8E%8B%E7%91%9E%E6%98%8E)),[李少林](http://www2.soopat.com/Home/Result?SearchWord=FMR%3A(%E6%9D%8E%E5%B0%91%E6%9E%97)),[孙勇](http://www2.soopat.com/Home/Result?SearchWord=FMR%3A(%E5%AD%99%E5%8B%87)),[陈晨](http://www2.soopat.com/Home/Result?SearchWord=FMR%3A(%E9%99%88%E6%99%A8)),[张金平](http://www2.soopat.com/Home/Result?SearchWord=FMR%3A(%E5%BC%A0%E9%87%91%E5%B9%B3)) | | | | | | | [国家电网公司](http://www2.soopat.com/Home/Result?SearchWord=SQR%3A(%22%E5%9B%BD%E5%AE%B6%E7%94%B5%E7%BD%91%E5%85%AC%E5%8F%B8%22)),[中国电力科学研究院](http://www2.soopat.com/Home/Result?SearchWord=SQR%3A(%22%E4%B8%AD%E5%9B%BD%E7%94%B5%E5%8A%9B%E7%A7%91%E5%AD%A6%E7%A0%94%E7%A9%B6%E9%99%A2%22)),[中电普瑞张北风电研究检测有限公司](http://www2.soopat.com/Home/Result?SearchWord=SQR%3A(%22%E4%B8%AD%E7%94%B5%E6%99%AE%E7%91%9E%E5%BC%A0%E5%8C%97%E9%A3%8E%E7%94%B5%E7%A0%94%E7%A9%B6%E6%A3%80%E6%B5%8B%E6%9C%89%E9%99%90%E5%85%AC%E5%8F%B8%22)) | | | |
| 2 | 发明专利 | | | | 一种基于双馈风电机组的惯量控制系统及方法 | | | | 中国 | | | ZL201610576689.1 | | | | 2018.9.7 | | | | | 叶杭冶,杨靖,许国东,应有,孙勇,李照霞,朱长江 | | | | | | | 浙江运达风电股份有限公司 | | | |
| 3 | 发明专利 | | | | 一种一体化高低电压穿越测试系统 | | | | 中国 | | | ZL201410222336.2 | | | | 2016.9.21 | | | | | 秦世耀;王瑞明;孙勇;李少林;陈晨;张金平 | | | | | | | 国家电网公司;中国电力科学研究院;中电普瑞张北风电研究检测有限公司;江苏省电力公司电力科学研究院 | | | |
| 4 | 发明专利 | | | | 风电场的功率控制方法、装置、系统和计算机设备 | | | | 中国 | | | ZL201810290931.8 | | | | 2019.4.2 | | | | | 包献文,乔元,张毅 | | | | | | | 北京金风科创风电设备有限公司 | | | |
| 5 | 发明专利 | | | | 无功功率的控制方法、装置和系统 | | | | 澳大  利亚 | | | WO2018113265A1 | | | | 2018.06.28 | | | | | 乔元,张毅,肖迪 | | | | | | | 北京金风科创风电设备有限公司 | | | |
| 6 | 发明专利 | | | | 一种避免大型风电场谐振的控制方法及其装置 | | | | 中国 | | | ZL201410507505.7 | | | | 2016.5.25 | | | | | 杨靖,许国东,应有,朱凌志,陈宁,钱敏惠,姜达军,施涛  韩华玲 | | | | | | | 浙江运达风电股份有限公司,国家电网公司,江苏省电力公司,中国电力科学研究院 | | | |
| 7 | 发明专利 | | | | 电网电压对称骤升下的双馈风力发电机组的轴系振荡抑制控制系统及其方法 | | | | 中国 | | | ZL201510474794.X | | | | 2017.6.30 | | | | | 谢震,张旭光,张兴,李厚涛,杨淑英 | | | | | | | 合肥工业大学 | | | |
| 8 | 发明专利 | | | | 一种大型风电机组塔架虚拟阻尼控制方法 | | | | 中国 | | | ZL201510652204.8 | | | | 2018.3.13 | | | | | 叶杭冶,应有,孙勇,许国东 | | | | | | | 浙江运达风电股份有限公司 | | | |
| 9 | 发明专利 | | | | 一种高低电压连续过程故障穿越测试方法 | | | | 中国 | | | ZL201410734345.X | | | | 2018.11.09 | | | | | 秦世耀,王瑞明,孙勇,李少林,陈晨,张金平 | | | | | | | [国家电网公司](http://www.soopat.com/Home/Result?SearchWord=SQR%3A(%22%E5%9B%BD%E5%AE%B6%E7%94%B5%E7%BD%91%E5%85%AC%E5%8F%B8%22)),中国电力科学研究院,中电普瑞张北风电研究检测有限公司,[江苏省电力公司电力科学研究院](http://www.soopat.com/Home/Result?SearchWord=SQR%3A(%22%E6%B1%9F%E8%8B%8F%E7%9C%81%E7%94%B5%E5%8A%9B%E5%85%AC%E5%8F%B8%E7%94%B5%E5%8A%9B%E7%A7%91%E5%AD%A6%E7%A0%94%E7%A9%B6%E9%99%A2%22)) | | | |
| 10 | 发明专利 | | | | 一种移动式风电机组电网适应性测试系统 | | | | 中国 | | | ZL201310060904.9 | | | | 2015.8.5 | | | | | 王瑞明,秦世耀,李少林,李庆,王伟,孙勇,陈晨 | | | | | | | 中国电力科学研究院,中电普瑞张北风电研究检测有限公司,国家电网公司 | | | |
| **5.2 成果形成的标准目录（限10个）** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **序号** | | **标准名称** | | | | | | | | | | | **类别** | | | | | | | | | **标准号/备案号** | | | | | **候选单位是否为**  **标准的起草单位** | | | | |
| 1 | | 风力发电机组故障电压穿越能力测试规程 | | | | | | | | | | | 国家标准 | | | | | | | | | GB/T36995-2018 | | | | | 是 | | | | |
| **5.3国家法律法规要求的行业批准文件目录（限10个）** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **序号** | | | | **审批文件名称** | | **产品名称** | | | | | | | | **审批单位** | | | **审批时间** | | | | | | **批准有效期** | | | | | | | **申请单位** | | |
|  | | | | 无 | |  | | | | | | | |  | | |  | | | | | |  | | | | | | |  | | |
| **5.4 第三方评价证明目录（检测报告、结题验收证明、同行评议、成果鉴定证书等，限10个）** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **序号** | | | | **评价证明类别** | | **项目名称** | | | | | | | | **第三方单位（人）** | | | | | **评价时间** | | | | | **评价结论（意见）摘要**  **（限30字）** | | | | | | | | |
| 1 | | | | 验收意见 | | 双馈风力发电机高电压穿越关键技术研究（51277050） | | | | | | | | 国家自然科学基金 | | | | | 2016年12月27日 | | | | | 项目完成任务书规定的研究内容和考核目标，通过验收 | | | | | | | | |
| 2 | | | | 验收意见 | | 风电机组智能控制技术研究及示范（2015BAA06B01） | | | | | | | | 国家科技部 | | | | | 2018年05月14日 | | | | | 完成风电机组智能控制系统；研制风电机组提高了电压合格率 | | | | | | | | |
| 3 | | | | 验收意见 | | 新能源发电电网主动支撑及协调控制关键技术研究与示范应用（NY71-16-053） | | | | | | | | 国家电网公司科技部 | | | | | 2018年12月07日 | | | | | 项目成果提升了新能源发电的电网友好性，具有广阔应用前景 | | | | | | | | |
| 4 | | | | 测试报告 | | 风电机组/风电场功率协调控制系统 | | | | | | | | 国家风电技术与检测研究中心 | | | | | 2018年7月5日 | | | | | 惯量响应时间、一次调频响应时间与有功控制误差均满足要求 | | | | | | | | |
| **5.5近三年直接经济效益证明目录（限10个）** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **序号** | | | **候选单位** | | | | **证明材料种类** | | | **名称**  **（限20字）** | | | | | | | | **证明方** | | | | | | | | **效益产生时间** | | | **项目收入（万元）** | | **备注** | |
| 1 | | | 中国电力科学研究院有限公司 | | | | 合同 | | | 海上风电机组试验检测关键技术研究及设备研制 | | | | | | | | 国家科技部 | | | | | | | | 2015-4-1 | | | 2772.00 | |  | |
| 2 | | | 中国电力科学研究院有限公司 | | | | 合同 | | | 新能源发电电网主动支撑及协调控制关键技术研究与示范应用 | | | | | | | | 国网山东电力公司电力科学研究院 | | | | | | | | 2016-12-7 | | | 666.00 | |  | |
| 3 | | | 中国电力科学研究院有限公司 | | | | 合同 | | | 可再生能源发电虚拟同步试验检测与评估技术研究 | | | | | | | | 国网河北电力公司/国网冀北电力公司 | | | | | | | | 2017年1月 | | | 307.00 | |  | |
| 4 | | | 中国电力科学研究院有限公司 | | | | 合同 | | | 大容量风电机组电网友好型控制技术 | | | | | | | | 国网冀北电力公司 | | | | | | | | 2018年7月 | | | 615.00 | |  | |
| 5 | | | 新疆金风科技股份有限公司 | | | | 合同 | | | 青海黄河共和国家电投风电场225台2.0MW风电机组 | | | | | | | | 青海黄河上游水电开发有限责任公司共和风力发电分公司 | | | | | | | | 2018-1-4 | | | 155819.00 | |  | |
| 6 | | | 新疆金风科技股份有限公司 | | | | 合同 | | | 河南内黄润风华润风电场 | | | | | | | | 华润新能源（内黄）有限公司 | | | | | | | | 2017-5-2 | | | 155785.00 | |  | |
| 7 | | | 北京金风科创风电设备有限公司 | | | | 合同 | | | 山西芮城北京财富立方风电场 | | | | | | | | 北京财富立方投资有限公司 | | | | | | | | 2016-8-1 | | | 39600.00 | |  | |
| 8 | | | 浙江运达风电股份有限公司 | | | | 合同 | | | 侯桥第一风电场快速频率响应改造 | | | | | | | | 吴忠市白塔风力发电有限公司 | | | | | | | | 2018-12 | | | 398.00 | |  | |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | **合计：355962** | |  | |
| **5.6应用证明目录（限10个）** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **序号** | | | **应用单位**  **名称** | | | | | **应用成果名称** | | | **应用单位联系人** | | | | **电话** | | | | | **应用起始**  **时间** | | | | | **应用完成**  **时间** | | | | **应用单位产生的经济效益（万元）** | | | |
| 1 | | | 东方电气风电有限公司 | | | | | 电网友好型风电高效安全主动支撑关键技术及规模化应用 | | | 郑大周 | | | | 13628101371 | | | | | 2013年6月1日 | | | | | 2019年9月1日 | | | | 500000 | | | |
| 2 | | | 中国船舶重工集团海装风电股份有限公司 | | | | | 电网友好型风电高效安全主动支撑关键技术及规模化应用 | | | 傅新鸿 | | | | 13635448428 | | | | | 2014年1月1日 | | | | | 2018年12月31日 | | | | 600000 | | | |
| 3 | | | 明阳智慧能源集团股份公司 | | | | | 电网友好型风电高效安全主动支撑关键技术及规模化应用 | | | 陈艳 | | | | 18689366726 | | | | | 2014年1月1日 | | | | | 2018年12月31日 | | | | / | | | |
| 4 | | | 上海电气风电集团有限公司 | | | | | 电网友好型风电高效安全主动支撑关键技术及规模化应用 | | | 史俊伟 | | | | 13918211462 | | | | | 2013年1月1日 | | | | | 2018年12月31日 | | | | 1000000 | | | |
| 5 | | | 远景能源（江苏）有限公司 | | | | | 电网友好型风电高效安全主动支撑关键技术及规模化应用 | | | 邱小倩 | | | | 13501857594 | | | | | 2014年1月1日 | | | | | 2018年12月31日 | | | | 1500000 | | | |
| 6 | | | 华能新能源股份有限公司蒙东分公司 | | | | | 电网友好型风电高效安全主动支撑关键技术及规模化应用 | | | 蒋成文 | | | | 18511374809 | | | | | 2013年1月1日 | | | | | 2018年12月31日 | | | | 7500 | | | |
| 7 | | | 国华（通辽）风电有限公司 | | | | | 电网友好型风电高效安全主动支撑关键技术及规模化应用 | | | 张杰 | | | | 17604758811 | | | | | 2017年7月1日 | | | | | 2018年12月31日 | | | | / | | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **5.7代表性论文、著作发表情况（限10篇）** | | | | | **检索机构** |  | | | | | | |
| **序**  **号** | **论文(著作)名称** | **刊名/**  **出版社** | **影响**  **因子** | **发表时间**  **(年月日)** | **通讯**  **作者** | **第一**  **作者** | **论文全部作者** | **SCI他引次数** | **EI**  **他引次数** | **他引**  **总次数** | **年卷期页码** | **是否国内完成** |
| 1 | 大容量永磁同步风电机组系统谐振与抑制策略 | 电力系统自动化 | / | 2014/11/25 | 李少林 | 秦世耀 | 秦世耀、李少林、王瑞明、陈晨、孙勇 | / | / | / | 2014,38(22):11-16 | 是 |
| 2 | 风电机组传动链柔性建模及电网故障响应特性研究 | 太阳能学报 | / | 2015/3/1 | 李少林 | 秦世耀 | 秦世耀、李少林、王瑞明、陈晨、孙勇 | / | / | / | 2015,36(3):727-733 | 是 |
| 3 | 大容量双馈风电机组虚拟惯量调频技术 | 电力自动化设备 | / | 2018/4/10 | 李少林 | 李少林 | 李少林、秦世耀、王瑞明、陈晨、杨靖 | / | / | / | 2018,38(4):145-150 | 是 |
| 4 | 直驱永磁同步风电机组高电压穿越技术研究与试验 | 电网技术 | / | 2018/1/15 | 秦世耀 | 代林旺 | 代林旺、秦世耀、王瑞明、李少林、陈晨 | / | / | / | 2018,42(1):147-154 | 是 |
| 5 | Study on grid adaptability testing methodology for wind turbines | Journal of Modern Power System and Clean Energy | / | 2013/7/1 | 李少林 | 李少林 | 李少林、秦世耀、王瑞明、李庆、陈晨 | / | / | / | 2013,1(1): 79-85 | 是 |
| 6 | Ride-Through Control of DFIG During Grid Voltage Swell | IEEE Transactions on Industrial Electronics | / | 2015/6/10 | Zhen Xie | Zhen Xie | Zhen Xie, Xuguang Zhang, Xing Zhang, Shuying Yang, Lingxiang | / | / | / | 2015, 62(6): 3584-3594 | 是 |
| 7 | An Enhanced Control Strategy for Doubly-Fed Induction Generators Based on a Virtual Harmonic Resistor and Capacitor under Nonlinear Load Conditions | Energies | / | 2018/10/11 | Zhen Xie | Zhen Xie | Zhen Xie ; LifanNiu ; Xing Zhang | / | / | / | 2018.10,11(10): 1~18 | 是 |
| 8 | 基于定子虚拟阻抗的双馈风电机组虚拟同步控制策略 | 电力系统自动化 | / | 2018/5/10 | 谢震 | 谢震 | 谢震;孟浩;张兴;靳晓雯 | / | / | / | 2018.5.10，2(9)：157~163 | 是 |
| 9 | 电网电压骤升下双馈风力发电机轴系振荡抑制的改进控制策略 | 中国电机工程学报 | / | 2016/3/20 | 谢震 | 谢震 | 谢震;李厚涛; 张兴; 张旭光 | / | / | / | 2016.3.20，36(06)：1714~1723 | 是 |
| 10 | 电网扰动故障下双馈风电机组建模及模型验证 | 机电工程 | / | 2016/11/1 | 程晨光 | 王青 | 王青、程晨光、杨靖、王杭烽、沈晗 | / | / | / | 2016.33.11 | 是 |
|  | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

五、主要证明目录

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **5.8 本项目曾获科技奖励情况** | | | | | | |
| **序号** | **获奖项目名称** | **获奖时间** | **奖励名称** | **获奖人** | **获奖等级** | **授奖部门** |
|  | 无 |  |  |  |  |  |