

科技成果鉴定报告

中再学鉴字[2022]第 12 号

成果名称：御风风功率预测与风电场应用服务系统

完成单位：上海能源科技发展有限公司

（国家电投集团风电产业创新中心）

鉴定形式：专家鉴定会

组织鉴定单位：中国可再生能源学会

（盖章）

鉴定日期：2022 年 07 月 08 日

简要说明及主要技术性能指标

一、项目背景

在实现碳达峰、碳中和目标的新形势下，新能源电力将迎来跨越式发展的历史机遇。随着新能源大规模并网，逐步成为电力供应的主体，电力系统供需平衡、电网安全稳定运行将面临前所未有的挑战。目前，国家电投集团电力装机规模突破 2 亿千瓦，其中清洁能源占比达到 62.39%。如何在未来充分发挥清洁能源的绿色价值，支撑好高占比新能源电力系统供应与需求的精准双向匹配，成为当前电力生产企业需要解决的首要科学技术问题。

在此背景下，国家电投集团风电产业创新中心集中优势创新资源和力量，按照“持续研发迭代、同步验证示范、推广商业应用”协同推进的原则开展御风风功率预测系统关键技术攻关、试点验证和成果推广。经过一年以来的试运行和验证，御风风功率预测系统获得了各方的认可，形成了发电侧主动支撑新型电力系统稳定运行的又一重要技术成果。

二、主要技术指标

1. 工作原理

御风风功率预测系统集成中国、欧洲和美国等权威气象数据源，有效同化风电场实时监测数据，采用中尺度集合预报技术进行全要素物理预报，基于人工智能算法建立“单风电机组+特征风电机组”的动力降尺度功率预测模型，实现风电场站高精度的风功率预测。

经上海科学技术情报研究所查新检测，御风系统中的双 CFD 驱动+AI 校正的微尺度气象预报技术以及权重自动优化的多源组合的短期功率预测模型，具有创新性；软件功能较国内外同类系统更为完善，御风系统达到国际先进水平。该系统提供风电功率预测系统，满足电网调度要求。可向调度自动上传预测数据、测风塔实时监测、风电机组状态数据、风电机组检修容量、风电场装机容量、投运容量、最大出力等信息的上报，并预留智能设备接口。能够实现标准格式的月（20-50 天）、旬（10-20 天）、短期（0-10 天）、超短期（0-24 小时）等不同时间尺度的功率预测，旬、短期、超短期预测分辨率不低于 15min，月预测分辨率不低于 1 天。功率预测需具备多数据源集合预报、动力降尺度的技术，支持电力现货交易辅助决策，能够提供降雪、冰冻等影响风电机组正常运行的天气预警，支持一键数据导出和微信扫码导出等功能。具体技术指标如下表（表 1）：

表 1. 御风风功率预测系统指标

序号	技术指标	说明
1	超短期功率预测	采用 MOS 多元回归统计模型、LSTM 时间长短期卷积神经网络、历史相似机器学习等组合模型
	预报时效	≥24 小时
	时间分辨率	15 分钟
	预报精度	RMSE/风电场装机容量≤10%
	上报率	100%

	2	短期功率预测	在大量可能的神经网络结构中寻优，开发了一个包括输入变量选择的定制化神经网络架构优化方法。
		预报时效	不少于 10 天
		时间分辨率	15 分钟
		预报精度	RMSE/风电场装机容量 $\leq$ 10%
		上报率	100%
	3	中期功率预测	采用深度学习组合模型提供第 10-20 天预报产品，支撑旬交易
		预报范围	场站+区域
		预报时效	不少于 20 天
		时间分辨率	15 分钟
	5	长期功率预测	采用深度学习组合模型提供第 20-50 天预报产品，支撑月交易
		预报范围	场站+区域
		预报时效	不少于 50 天
		时间分辨率	1 天
		系统拓展性	1. 支持电力现货交易辅助决策 2. 提供降雪、冰冻等影响风电机组正常运行的天气预警和功率调整服务 3. 支持全部数据一键导出，并支持二维码扫码下载，避免插拔优盘
	6	信息上报	可按照网/省调技术要求，实现标准格式的短期功率预测、超短期功率预测、测风塔实时监测、风电机组检修容量、风电场装机容量、投运容量、最大功率等信息的上报
	7	质保和售后	7*24 售后服务及应答，1 小时应答+4 小时远程处理+24 小时到场处理；定期提供准确率分析报告；提供电力交易咨询服务。

2. 主要设备

御风风功率预测系统主要设备如下表（表 2），系统拓扑图如图 1。

表 2. 主要设备清单

序号	设备名称	功能应用	单位	数量
1	风功率预测服务器（主备）	部署在安全二区，功率预测系统核心设备，用于核心数据计算，数据汇总存储，数据上报等功能	台	2
2	气象数据处理服务器	部署在安全三区，每天定时下载数值天气预报数据，并传输到功率预测服务器，用于功率预测的计算	台	1
4	功率预测工作站	用于人机交互	台	1
5	网络交换机	功率预测系统局域网核心交换机	台	1
6	反向物理隔离设备	用于安全三区设备和安全二区设备之间的物理安全隔离	台	1
7	正向物理隔离	用于功率预测系统关键数据和信息回传	台	1
8	防火墙	外网防火墙用于互联网与安全三区之间的安全隔离，内网防火墙用于安全一区与安全二区之间的安全隔离	台	2
9	机柜及附件	屏体，键盘、鼠标、显示器、KVM 和 PDU 等附件	套	1
10	测风塔及附属设备	实际风资源数据的测量及采集	座	以项目要求为准

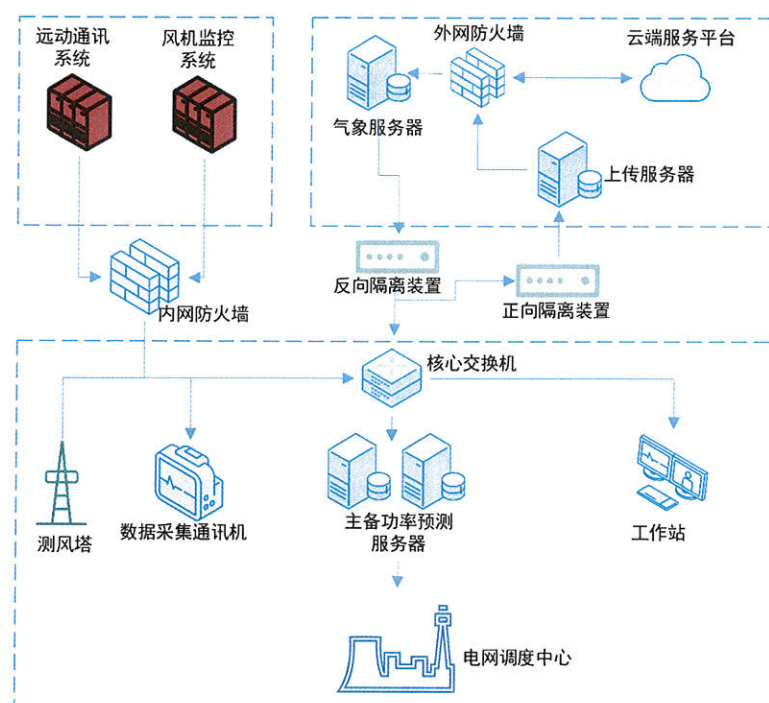


图 1 御风风功率预测系统网络拓扑图

3. 技术创新性

御风系统技术创新性主要包括以下 3 个方面：

创新点 1：实现中尺度集合预报技术、CFD 动力降尺度技术、人工智能算法的优化集成创新，解决了现有功率预测系统存在的气象预报源单一、空间分辨率差、模型算法不智能等问题。

风功率预测最大误差来自于风速预报，约占 70%。为了提高风场风速预报准确率，集成应用了中尺度集合预报技术。基于中国、欧洲和美国等权威全球中尺度模式气象数据源，利用区域中尺度模式，对每一气象数据源分别采用初始扰动（增长模培育法和奇异向量法）和物理过程扰动方式（在边界层参数化、积云对流参数化和辐射过程等物理过程参数化中加入随机扰动项和同一物理过程使用不同的参数化方案）进行多源扰动，构成 30 个集合成员，应用多重嵌套网格技术实现高分辨率的中尺度集合预报，以获得公里级大气环流的概率性和确定性预报，实现气象数据的本地化，减少单一气象数据源所带来的不确定性。

采用集合预报技术进一步提高了气象预报准确率，但是对于风电场 15 分钟的预报精度要求，还是存在一定的差距。根据前一周内预报结果，统计 6 小时预报误差，并将误差进行傅里叶变换得到相应系数。基于该系数对背景场进行订正得到无偏的背景场，将无偏的背景场通过变分同化得到此时的分析场，并基于该分析场与无偏背景场得到相应的分析增量，在模式积分过程中逐步加入分析增量，获得预报结果；以 6 小时为周期，滚动统计预报误差，

基于分析增量更新（IAU，图 2）技术建立连续在线偏差订正算法。应用动力降尺度耦合嵌套技术和人工智能技术，实现基于风电机组点位的高精度功率的预报。

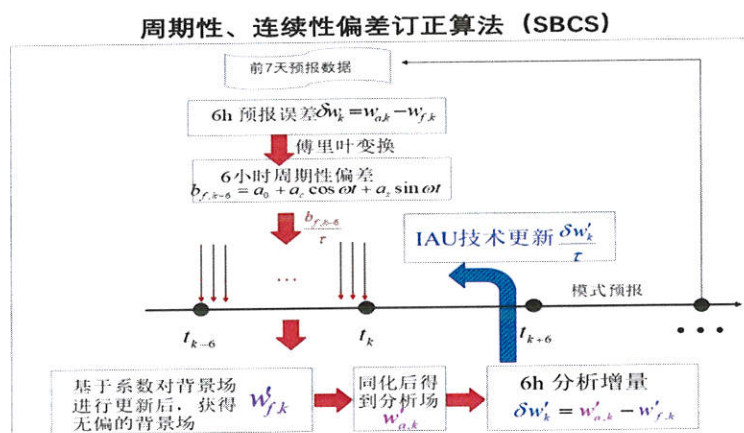


图 2. 分析增量更新 (IAU) 方法

通过综合集成应用上述技术，实现御风风功率预测系统的优化集成创新，解决了现有功率预测系统存在的气象预报源单一、空间分辨率差、模型算法泛化能力弱和不智能等问题。

创新点 2: 研发复杂地形下精细化风场预报技术。将中尺度集合预报与 CFD 动力降尺度模型耦合，结合高精度风电场地形地貌数据和风电机组尾流影响因子，实现基于风电机组点位的风速预报，利用机舱风速、测风塔数据对预报结果进行自动订正得到高精度的风场预报。

基于系统生成的高精度气象预报结果，应用 CFD 动力降尺度技术，结合风电场实际高精度地形高度、地表粗糙度及其随季节的变化等信息，进行计算流体力学（CFD）的百米级超高分辨率网格生成和建模，通过边界条件设定、湍流模型优化、离散格式、初始化求解器和积分等步骤，建立了动力降尺度的耦合嵌套技术。结合高精度风电场地形地貌数据和风电机组尾流影响因子，实现基于风电机组点位的风速预报，利用机舱风速、测风塔数据对预报结果进行自动订正得到高精度的风场预报(图 3)。

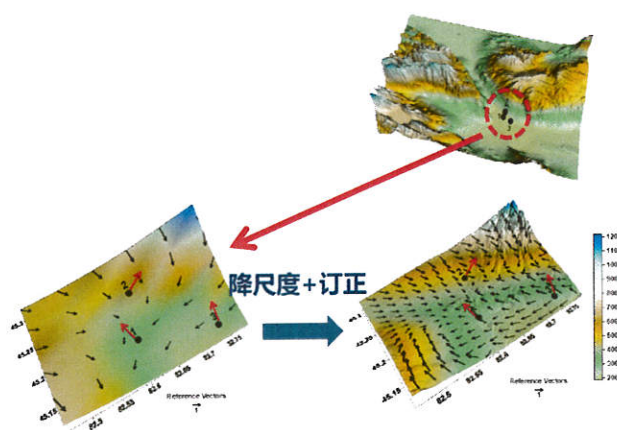


图 3. 复杂地形下精细化风场预报

创新点 3. 研发“单风机+特征风机”的功率预测模型自动优化技术。根据风电机组实

时运行状态数据，滚动统计功率预测误差，调整组合模型权重，同时将不断扩大的数据流转化为可操作的训练样本，自动更新预测模型，确保组合模型始终处于最佳预报状态。

根据地形地貌和风电机组状态，对整场风电机组进行特征区域划分和特征风电机组选择，利用特征风电机组功率来表征各区域内风电机组的总功率，从而累加获得全场精细化总功率预测，实现“单风机+特征风机”的功率预测技术（图 4）。根据风电机组实时运行状态数据，滚动统计功率预测误差，调整组合模型权重，同时将不断扩大的数据流转化为可操作的训练样本，自动更新预测模型，确保组合模型始终处于最佳预报状态。

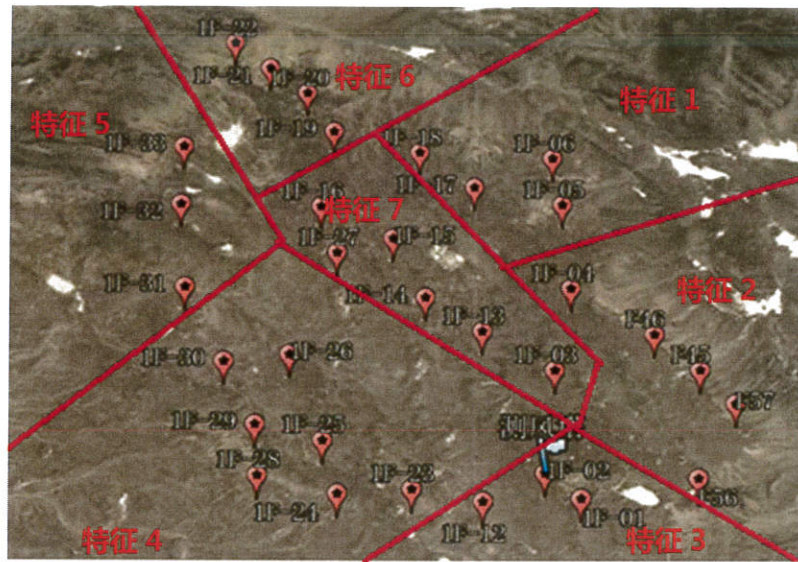


图 4 “单风电机组+特征风电机组”预报示意图

御风系统可靠性性主要包括以下 3 个方面：

（1）系统双保险机制

御风系统的架构、业务形成双冗余机制，所有设备双电源，保障业务正常运行和电网上报。

（2）状态报警与预报缺失自动告警

当系统监测到风电机组、设备异常、预报缺失或其他异常时，御风系统实时报警，及时补全数据，报警与数据补全形成闭环，保障数据到报率。

（3）气象预警

基于数值天气预报服务，可同时提供冰冻、降雪等极端灾害天气影响风电机组覆冰、全场装机容量变化的预警，并根据情况修改功率预测，提高预测准确率。

4. 典型示范案例

御风风功率预报系统已经在国家电投集团下属 5 家二级单位共 13 个风电场进行了试点

运行和评比对标。对标结果表明：在不同时间段、不同地区、不同气候特点的风电场中，御风风功率预测系统短期预报指标在对标的 13 个风电场中 11 个表现最优，超短期预报指标在对标的全部 4 个风电场中表现最优。此结果充分验证了御风系统的稳定性和准确性，产品预测能力达到了国内行业第一梯队水平。具体对标情况见下文。

（1）上海能科 3 个风电场

2021 年 7 月山西省电网更新了风功率“双细则”考核标准，对标指标为短期、超短期预报的上报率和准确率。御风系统与原厂家系统对标期为 2021 年 7 月 1 日-2022 年 6 月 23 日期间，短期和超短期预报准确率结果详见下表（表 3 和表 4）：

表 3 上海能科自投风电场短期预测准确率

日期	垣曲		陵川一期		陵川二期	
	厂家	御风	厂家	御风	厂家	御风
2021 年 7 月	83.04%	84.01%	81.36%	82.78%	74.42%	76.36%
2021 年 8 月	83.84%	87.62%	84.78%	86.77%	82.26%	84.40%
2021 年 9 月	86.10%	86.33%	82.41%	83.66%	77.72%	80.07%
2021 年 10 月	85.67%	85.81%	86.12%	85.58%	82.19%	81.61%
2021 年 11 月	87.05%	87.53%	80.14%	80.84%	78.61%	77.45%
2021 年 12 月	84.51%	84.51%	83.98%	84.34%	82.44%	82.45%
2022 年 1 月	83.76%	83.57%	82.47%	84.06%	81.50%	81.82%
2022 年 2 月	87.37%	88.20%	85.97%	86.62%	81.81%	82.55%
2022 年 3 月	83.56%	85.07%	79.04%	80.42%	73.32%	73.13%
2022 年 4 月	88.05%	86.76%	83.76%	84.53%	77.54%	79.15%
2022 年 5 月	85.69%	87.34%	86.02%	86.55%	82.18%	80.67%
2022 年 6 月	84.03%	84.49%	78.63%	81.79%	72.44%	74.18%
平均值	85.19%	85.82%	82.85%	83.99%	78.86%	79.47%

表 4 上海能科自投风电场超短期预测准确率

日期	垣曲		陵川一期		陵川二期	
	厂家	御风	厂家	御风	厂家	御风
2021 年 7 月	88.60%	90.35%	86.76%	88.70%	--	85.47%
2021 年 8 月	86.26%	92.85%	90.64%	91.39%	--	89.76%
2021 年 9 月	91.37%	91.19%	88.87%	89.47%	--	86.77%
2021 年 10 月	89.48%	91.73%	91.29%	91.13%	--	88.37%
2021 年 11 月	89.97%	92.01%	86.99%	87.72%	--	85.52%
2021 年 12 月	88.95%	88.77%	87.69%	89.29%	--	87.31%
2022 年 1 月	91.12%	87.12%	89.77%	89.21%	--	87.78%
2022 年 2 月	90.04%	91.59%	91.05%	91.38%	--	88.39%
2022 年 3 月	89.07%	89.45%	86.48%	85.82%	--	82.67%
2022 年 4 月	92.38%	90.95%	89.12%	89.46%	--	85.44%
2022 年 5 月	90.78%	90.62%	89.84%	90.64%	--	86.00%
2022 年 6 月	89.89%	89.88%	89.78%	86.56%	--	82.84%
平均值	89.80%	90.51%	89.02%	89.23%	--	86.14%

表 3 为 3 个风电场短期预测准确率对比，垣曲、陵川一和二期短期预报准确率均为御风

系统最优。

表 4 为 3 个风电场超短期预测准确率对比,垣曲和陵川一期超短期预报准确率均按电网要求进行 16 点统计,结果是御风准确率均比厂家系统表现好。陵川二期厂家系统仅能导出第 1 点预报值,与御风系统 16 个点预报值进行对比,既不公平亦无可比性。

(2) 山西某风电场

风功率预测对标指标包括上报率、短期预测准确率、短期预测合格率、短期预测晚高峰和低谷时段最大绝对误差率、超短期预测准确率和超短期预测合格率。对标时间为 2022 年 2 月 10 日至 2022 年 6 月 23 日。对标结果详见下表(表 5)：

表 5 山西某风电场短期和超短期预测指标对比

对标指标	短期预测		超短期预测	
	远景	御风	远景	御风
上报率	100%	100%	100%	100%
准确率	82.23%	83.24%	88.46%	89.96%
合格率	86.84%	88.93%	76.01%	79.63%
晚高峰和低谷时段最大绝对误差率	110.40 %	106.25%	-----	

对标期内短期、超短期预测准确率和合格率以及中晚高峰和低谷时段最大绝对误差率均为御风最优。

(3) 广西某风电场

广西某风功率预测对标指标包括上报率、短期和超短期预测准确率。对标时间为 2022 年 3 月 4 日至 2022 年 6 月 23 日。对标结果详见下表(表 6)：

表 6 广西某风电场短期和超短期预测指标对比

对标指标	短期预测		超短期预测	
	金风	御风	金风	御风
上报率	100%	100%	100%	100%
准确率	85.72%	87.26%	93.63%	93.72%

对标期内广西某风电场短期和超短期准确率均为御风表现最优。

(4) 新疆、宁夏两个风电场

2021 年 12 月,经与新疆公司协调,确定在新疆、宁夏某风电场与原厂家进行风功率预测系统线上对标。对标方法按照《西北区域发电厂并网运行管理实施细则》执行,因线上对标无法实时获取实际功率值进行超短期预测,因此对标指标仅包括短期预报上传率和日预测曲线最大误差值。新疆某风电场对标时段为 2022 年 1 月 22 日-2022 年 6 月 23 日,宁夏某风电场对标时段为 2022 年 1 月 19 日-2022 年 6 月 23 日。考核结果详见下表(表 7)：

表 7 新疆公司短期预测指标对比

	新疆某风电场	宁夏某风电场
--	--------	--------

	厂家	御风	厂家	御风
上传率	100%	100%	100%	100%
日预测曲线最大误差值	9830.37%	234.02%	441.01%	302.89%

对标期内，御风系统在风电场日预测曲线最大误差值均优于厂家系统。

（5）山东公司 6 个风电场

今年 4 月，在山东公司的邀请下，风创中心参与了山东公司 6 座风电场功率预测对标工作，与多个国内第一梯队的厂家系统进行同台竞技。按《国电投山东分公司场站功率预测系统准确率 PK 方案》要求，对标指标为短期预测准确率，对标时间为 2022 年 4 月 11 日-6 月 10 日。截止 5 月 27 日，各参评单位准确率结果详见下表（表 8）：

表 8 山东六个风电场短期预测指标对比

场站	厂家 1	厂家 2	厂家 3	厂家 4	风创中心	厂家 5	站端上报
站点 1	83.10%	-	77.68%	83.07%	83.72%	79.48%	77.82%
站点 2	83.94%	-	46.10%	83.01%	84.71%	49.04%	46.56%
站点 3	82.56%	-	81.76%	-	83.54%	-	82.15%
站点 4	84.10%	-	83.10%	82.44%	84.49%	84.68%	83.09%
站点 5	89.36%	86.88%	87.70%	-	89.16%	88.94%	88.15%
站点 6	86.93%	-	84.85%	-	87.15%	-	85.18%

截止到 5 月 27 日，御风系统在站点 1、2、3、6 风电场准确率最高，在站点 4 风电场短期准确率比最高的系统低 0.19%，在站点 5 风电场比最高的系统低 0.2%。

国内外主要技术参数对比

风功率预测系统，涉及的风功率预测系统中的双 CFD 驱动+AI 校正的微尺度气象预报技术以及权重自动优化的多源组合的短期功率预测模型，未见国内外文献报道，具有创新性；涉及的中电投风功率预测软件在云端气象预报、短期功率预测和超短期功率预测等方面的功能较国内外同类系统更为完善。经国内外文献分析对比，该委托项目中电投风功率预测系统达到国际先进水平（表 9，详见附件 4 查新报告）。

表 9 国内外主要技术参数对比

对比指标	国内原有情况	国外情况	本项目情况	对比结论
气象预报技术	塞壬智能科技（北京）有限公司提供的智能风电功率预测系统中，包括有中尺度数值模拟模块，根据天气气候特征集合风电场实际需求，对风功率进行预测，其误差校正统计模块采用统计回归和人工神经网络	日本METRO WETHER公司提出的风功率预测程序中，包括点别风观测信息取得单元、点别风预测信息取得单元、以及贝叶斯网络处理单元，将通过涡轮输出特性取得单元取得的信息作为父节点，使用有条	采用物理小尺度模型结合AI 机器学习模型，实现对中尺度预报结果的进一步精细化，实现复杂地形的微尺度气象预报，使预报结果更加准确	国际先进

		络技术, 通过分析计算预测结果与实际发电量之间的误差, 建立误差校正模型, 从而获得更加准确的预测结果。	件概率表进行处理, 并将预测发电量作为子节点输出采用了将每个季节的风速稳定性作为节点的结构。		
	短期功率预测模型	沈阳工程学院等提出的风功率短期预测系统, 通过对历史天气数据进行聚类分析预测, 用欧氏距离作为相似性量度的方法, 选取与预测日的天气特征参数具有相似性的历史日的数据, 作为预测模型建模用的训练样本, 经过训练以后得到基于聚类分析的风功率预测模型, 将预测日数值天气预报信息作为模型的输入参数, 风功率作为模型输出, 得出预测日预测功率数据。	日本东京科技大学提出用于短期风功率预测的多源风速融合方法, 分析了天气因素与风力发电之间的关系, 以及三个组织提供的三个独立预测风速 (FWS), 采用加权朴素贝叶斯方法融合三个FWS, 以便根据它们的特征准确估计风速, 并设计了基于融合风速的反向传播神经网络来预测风电功率, 结果表明, 该方法能准确预测风力发电量。	短期功率预测模型支持多种数据源的组合输入, 并能够根据历史数据资料的自动化输入和训练, 实现组合权重的自动化更新, 以保证组合模型始终处于最佳预报状态。	
	超短期功率预测模型	东北电力大学提出基于深度学习的多变量长短时记忆网络 (MLSTM) 算法, 综合使用风功率历史数据和风速历史数据进行风功率预测, 采用基于长短时记忆人工神经网络 (LSTM) 的方法建立风功率预测模型, 提出基于历史预测误差的误差修正策略, 进一步提高模型精度。	Saeed, Adnan 等人提出利用自动编码器和双向长短时记忆神经网络进行风速区间预测的混合模型, 将人工生成的特征作为双向长短时记忆神经网络的输入, 生成预测区间, 并证明对于时间序列预测任务, 通过自动编码器进行特征提取比生成深度残差网络更有效。	超短期功率预测模型, 在传统时间序列模型的基础上, 引入LSTM 神经网络模型, 可以有效改善时间序列模型给预报趋势带来的滞后性的问题, 避免了在风速波动较大的时段的峰谷错位造成过大的预报偏差。	

推广应用前景

一、市场前景分析

风功率预测系统未来市场空间方面，“构建以新能源为主体的新型电力系统”将为风功率预测技术在深度和广度上带来新的价值创造空间，其重要性将在未来进一步提升。

御风系统经对标与试运行验证，预测准确率在国内处于第一梯队，在技术层面已具备了较强的竞争能力。因此，考虑从集团公司整体利益出发，首要推广目标定位在实现在集团内风电场的大规模应用，并考虑为外部发电企业或主机厂商提供技术服务。

风功率预测系统是风电场必备的业务系统，每座风电场必须配备 1-2 套功率预测系统。目前，国家电投集团风电装机已达到 3915 万千瓦，在运风电场 447 座，十四五末还将增加装机不少于 1000 万千瓦，风电场将达到 500 座以上。目前，全国风电场有近 5000 座，统计“五大六小”发电集团十四五规划，风电装机新增至少在 1.5 亿千瓦以上，新增风电场 1000 座以上。全国风电场将达到 6000 座以上，风功率预测系统市场前景广阔。

风功率预测的服务对象和客户群体将更加深入和广泛。除传统意义上的大型发电企业和电网调度机构将持续提高功率预测的要求和标准外，海上风电、分散式风电等新型增量场景，也将为功率预测带来细分市场。另外，当现货市场建立和稳态运行后，以售电公司为代表的市场主体，也将对新能源功率预测产生需求。

二、社会效益、经济效益、环境效益分析

1、社会效益

风能是可再生的绿色能源，是我国实现“碳中和”的主要技术途径。其占地面积小，生态效益显著，大大减少了相应的温室气体、污染物的排放。

由于新能源发电的随机性、波动性、间歇性，对电力系统的电力电量平衡造成直接挑战，开发高精度新能源功率预测系统，实现超短期、短期、中长期高精度预测，进而优化日前计划，对促进新能源消纳、提升系统稳定、保证电网运行安全具有重要意义。御风系统具有广泛的适用性和精准的风功率预测能力，能够有效降低因预测偏差导致的弃风，提高风能利用率。

御风不仅有助于提高风电场风能利用率，降低维护成本，更能提高电网调度能力，减少电能损失。另外，我国电力交易市场逐步完善，电力交易市场将使功率预测服务市场空间明显增加，以未来 10% 的电量在现货市场交易结算测算，因预测准确性和报量报价策略导致的电费浮动空间将达数百亿元/每年。精准的风功率预测能为电力交易市场主体制定交易策略提供可靠的依据，大幅提升成交电量和成交价格。在以新能源为主体的新型电力系统背景下，御风系统将对维护我国电力系统稳定运行、保证电力企业安全生产起到至关重要的作用。

2、经济效益

御风系统为国家电投集团风电产业创新中心自主研发的服务国家电投集团公司风电产业的技术产品，主要用于提高风电运行安全性，降低电网考核罚款，提升电力市场交易收益，因此暂无对外销售业绩。

2021 年 7-12 月，御风系统在三家场站短期和超短期总考核电量为 1371MWh，明显少于原厂家总考核电量为 1662MWh；御风系统准确率被考核金额总计为 45.1 万，罚款金额明显少于原厂家的 55.2 万，总计降低了 18.3%。我公司在晋 7 个风电场在御风系统的支持下，在参与山西区域电力现货交易中占据主动，截至 2022 年 1 月，累计增加电费收益 2730.7 万元，增益水平约 17%，售电单价长期区域领跑。

3、环境效益

风能作为新型电力系统的重要组成部分，将在我国未来电源中占有极大比例。风功率预测技术是保障风电平稳安全运行的重要技术，御风系统精准的风功率预测能够进一步促进风电产业的高质量发展，提供更加可靠的、更高比例的绿色电力，助力“3060 碳达峰、碳中和”目标的实现。

完成人员名单

项目实施团队

序号	姓名	性别	出生年月	文化程度	工作单位	对成果创造性贡献
1	耿福海	男	1972.03	硕士研究生	上海能源科技发展有限公司 (国家集团电投风电产业创新中心)	组织管理协调整体项目研发
2	许晓林	男	1981.05	硕士研究生	上海能源科技发展有限公司 (国家电投风电产业创新中心)	项目整体技术设计和研发
3	汪佳伟	男	1986.02	硕士研究生	上海能源科技发展有限公司 (国家电投集团风电产业创新中心)	机器学习预报订正
4	陈 玮	男	1994.02	硕士研究生	上海能源科技发展有限公司 (国家电投集团风电产业创新中心)	短期功率预测模型研发
5	何炜炜	男	1991.03	硕士研究生	上海能源科技发展有限公司 (国家电投集团风电产业创新中心)	后处理产品和系统流程开发
6	李婉嘉	女	1989.4	硕士研究生	上海能源科技发展有限公司 (国家电投集团风电产业创新中心)	神经网络模型研发
7	段 森	女	1994.4	硕士研究生	上海能源科技发展有限公司 (国家电投集团风电产业创新中心)	权重组合集成研发
8	马 越	男	1995.02	硕士研究生	上海能源科技发展有限公司 (国家电投集团风电产业创新中心)	超短期功率预测模型研发
9	赵晶晶	女	1994.11	博士研究生	上海能源科技发展有限公司 (国家电投集团风电产业创新中心)	区域功率预测模型研发、灾害性天气预警
10	王 冠	女	1991.10	硕士研究生	上海能源科技发展有限公司 (国家电投集团风电产业创新中心)	动力降尺度技术研发
11	杜星龙	男	1995.08	硕士研究生	上海能源科技发展有限公司 (国家电投集团风电产业创新中心)	机器学习和数据分析
12	胡天慧	女	1995.09	硕士研究生	上海能源科技发展有限公司 (国家电投集团风电产业创新中心)	气象预报订正和数据分析

鉴定资料目录及提供单位

名称	提供单位
1. 技术总结报告	上海能源科技发展有限公司
2. 御风风功率预测系统-CQC 对标报告	中国质量认证中心
3.1 御风风功率预测系统-软件测试报告	上海软件评测中心有限公司
3.2 御风风功率预测系统-软件检测报告	中国电力科学研究有限公司
4. 御风风功率预测系统-查新报告	上海科学技术情报研究所
5. 御风风功率预测系统应用证明材料	中电投电力工程有限公司电力营销中心
6. 有关国家、行业、企业标准	上海能源科技发展有限公司
7. 御风风功率预测系统-软件著作权	中华人民共和国国家版权局
8. 2021 电力职工创新奖	中国电力企业联合会
9.1 御风风功率预测系统-三一重能供应商证明书	三一重能有限公司
9.2 御风风功率预测系统-金风慧能供应商证明书	北京金风慧能技术有限公司
10. 御风风功率预测系统-产品技术指标	上海能源科技发展有限公司
11. 御风风功率预测系统-产品手册	上海能源科技发展有限公司

专家鉴定意见

2022年7月8日，中国可再生能源学会在线上（腾讯会议号：867-370-950）组织召开了由上海能源科技发展有限公司（国家电投集团风电产业创新中心）完成的“御风风功率预测与风电场应用服务系统”科技成果鉴定会。鉴定专家组听取了项目组的汇报，审阅了鉴定材料，经质询和讨论，形成如下鉴定意见：

1. 提供的材料规范、齐全，符合鉴定要求。

2. 项目完成情况：根据国家电投集团统一部署，由风电产业创新中心组织研发具有自主知识产权的风功率预测系统，服务风电场，提高数字资产管理能力。系统于2020年底研发成功，并在山西、山东、广西、新疆、宁夏等地区13个风电场先后开展近一年半的试点对标验证工作，应用结果表明：能够准确预测电站及机组功率变化趋势，预测精度达到电站使用要求和调度机构考核标准，具备推广应用价值。系统主要创新点如下：

（1）实现中尺度集合预报技术、CFD动力降尺度技术、人工智能算法的优化集成创新，解决了现有功率预测系统存在的气象预报源单一、空间分辨率差、模型算法不智能等问题。

（2）研发复杂地形下精细化风场预报技术。将中尺度集合预报与CFD动力降尺度模型耦合，结合高精度风电场地形地貌数据和风机尾流影响因子，实现基于风机点位的风速预报，利用机舱风速、测风塔数据对预报结果进行自动订正得到高精度的风场预报。

（3）研发“单风机+特征风机”的功率预测模型自动优化技术。根据风电机组实时运行状态数据，滚动统计功率预测误差，调整组合模型权重，同时将不断扩大的数据流转化为可操作的训练样本，自动更新预测模型，确保组合模型始终处于最佳预报状态。

3. 该成果获得计算机软件著作权2项。技术产品通过了上海市软件测评中心测试，获得了中国电力科学院和中国质量认证中心认证。系统已通过山西电网备案，在陵川一期和二期风电场投入业务运行，显著降低了电网双细则考核罚款，提升了售电收益。目前，系统已成为金风科技、三一重能风电机组的配套供应商，进入其产品供应链。

专家一致同意通过鉴定，系统技术达到国际先进水平。建议国家电投集团借助风电运营规模优势，加大集团内应用推广力度，通过数据积累和模型迭代，不断提高系统的预报精度和准确率。

专家组组长签字：



专家组副组长签字：



2022年7月8日

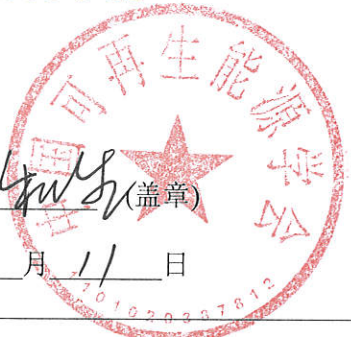
鉴定专家名单

序号	姓名	工作单位	职务/职称	备注
1	徐祥德	中国气象科学研究院	院士	组长
2	秦世耀	中国电力科学研究院新能源研究中心	教授级高工	副组长
3	朱 蓉	国家气候中心	研究员	成员
4	丁 杰	新能源与储能国家重点实验室	研究员	
5	赵俊屹	山西省电力公司	教授级高工	
6	马 辉	北京金风慧能技术有限公司	高级工程师	
7	孙启涛	明阳智能风能研究院	高级工程师	

附件：鉴定专家签到表

组织鉴定单位意见

同意专家意见

主管领导签字：  (盖章)

2022 年 7 月 11 日

鉴定专家签到表

序号	鉴定会职务	姓名	工作单位	专业	职称	签名
1	鉴定专家组组长	徐祥德	中国气象科学研究院	动力气候	院士	徐祥德
2	鉴定专家组副组长	秦世耀	中国电力科学研究院新能源研究中心	风力发电	教授级高工	秦世耀
3	鉴定专家	朱 蓉	国家气候中心	空气动力	研究员	朱蓉
4	鉴定专家	丁 杰	新能源与储能国家重点实验室	功率预测	研究员	丁杰
5	鉴定专家	赵俊屹	山西省电力公司	大电网运行与控制	教授级高工	赵俊屹
6	鉴定专家	马 辉	北京金风慧能技术有限公司	功率预测	高级工程师	马辉
7	鉴定专家	孙启涛	明阳智能风能研究院	电气工程	高级工程师	孙启涛

