

# 深远海风电场集群 协同优化与控制平台装备关键技术



# Contents

---

平台建设

01

核心技术

02





*01*

平台建设

### 江苏滨海北区H2海上风电场在建升压站平台火灾事故

#### 一、事件经过

7月14日5时57分，位于江苏省滨海县的滨海北区H2#400MW海上风电场工程项目海上升压站一层平台35KV电缆发生爆燃，升压站平台起火，工作人员扑救未果后，18人安全撤离，1人失联。该项目建设单位为中电投滨海海上风力发电有限公司，承建单位为华电重工股份有限公司。事发后，滨海县委县政府立即启动应急预案，开展现场救援、勘察及人员安抚等工作；当地海事、海洋渔业、海警等多部门出动船只，全力搜救失联人员。



#### 二、事件原因

正在调查。

#### 三、经验反馈

- 1、开展电缆防火检查与隐患治理,加强电缆沟、电缆夹层、配电室等日常巡查,保证火灾报警、监测监控、消防设施、防火封堵/隔离、电气设备保护装置等完好可靠、正常投运。
- 2、定期开展防雷接地检测,确保各设备设施接地线规范接入接地网,接地电阻值符合要求。
- 3、加强施工作业管理,严格执行动火作业审批流程,严格落实安全风险控制措施。

3' 加强施工作业管理,严格执行动火作业审批流程,严格落实安全风险控制措施。

5' 定期开展防雷接地检测,确保各设备设施接地线规范接入接地网,接地电阻值符合要求。

加强施工作业管理,严格执行动火作业审批流程,严格落实安全风险控制措施。

1' 定期开展防雷接地检测,确保各设备设施接地线规范接入接地网,接地电阻值符合要求。

#### 三、经验反馈



## 江苏能源监管办开展海上风电安全管理情况调研

发布时间：2018-07-04

来源：江苏能源监管办

大 中 小

为加强海上风电场安全监管工作，促进海上风电健康发展，6月28日-29日，国家能源局电力安全监管司会同江苏能源监管办、福建能源监管办赴江苏海上龙源风力发电有限公司，现场调研海上风电安全管理情况。

调研组一行乘船深入江苏近海，实地查看正在建设的海上龙源蒋家沙300MW建设项目，对海上升压站建设、海底电缆敷设及风电机组日常运维等工作进行调研。调研组还赴龙源江苏风电基地，对风电机组集中监控、海域气象精确预报进行实地考察。

调研期间，调研组与海上风电各参建单位进行座谈，详细了解江苏海上风电建设现状、开发模式、存在问题和发展经验。与会单位重点围绕海上平台施工、海上风电安全管理、海上交通安全等方面，对“海上风电安全管理若干问题研究”课题提出相关意见和建议。

国家能源局电力安全监管司及江苏、福建能源监管办相关负责同志参加调研。

国家能源局电力安全监管司副司长王瑞、福建能源监管办副主任王瑞、江苏能源监管办副主任王瑞等参加调研。

和调研。

调研组一行乘船深入江苏近海，实地查看正在建设的海上龙源蒋家沙300MW建设项目，对海上升压站建设、海底电缆敷设及风电机组日常运维等工作进行调研。调研组还赴龙源江苏风电基地，对风电机组集中监控、海域气象精确预报进行实地考察。

调研期间，调研组与海上风电各参建单位进行座谈，详细了解江苏海上风电建设现状、开发模式、存在问题和发展经验。与会单位重点围绕海上平台施工、海上风电安全管理、海上交通安全等方面，对“海上风电安全管理若干问题研究”课题提出相关意见和建议。

# 海上风电面临新的挑战

海上风电近些年来步入快速扩张发展阶段，国内大量风电场已进入生产运营期，随着风电场管理水平和经济效益的需求突显，长期惯有的风电场传统集控建设模式出现了集成度底、稳定性差等问题一定程度上延缓了海上风电建设的推进速度。为彻底扭转这种现状，就须结合切实可行的技术和国内外先进经验来落实海上风电“投产即接入集控”的建设方向。

## ⊕ 01.运维成本高 人员安全难保障

- 海上风电运维出海成本高，出海条件苛刻
- 运维人员出海安全难以保障

## ⊕ 02.海上监测点多 多部门作业交叉

- 海上风电需要监测的设备远多于陆地
- 海上风电作业经常需要多部门协调



■ 安全作业 整体规划 全面管理 精确决策

管理成本高

风险责任大

统筹规划难

决策响应长

■ 核心目标



整体规划

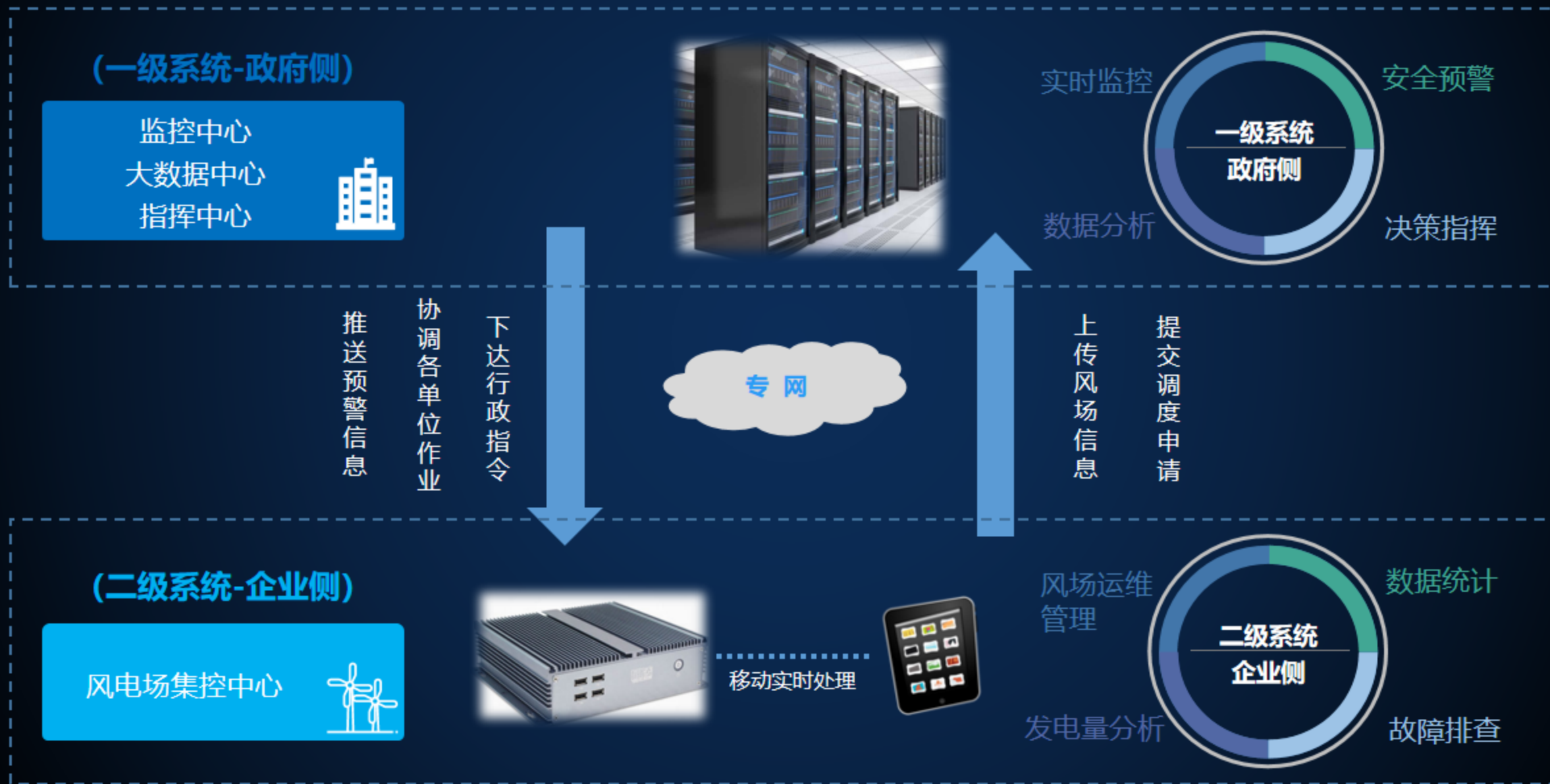
全面管理

实时监控

精确决策



## ■ 海上风电智慧大数据中心逻辑结构



## 智能监控和指挥

### 海上施工

保障海上风电场施工建设在安全、可靠的基础上，按照计划、高质量完成施工作业

3D可视化

船舶调度

气象

施工计划

...

### 安全监督

从安全生产、设备运维、设备监控及能源交易等各个环节进行管控

实时监控

能源交易

设备运维

备件

...

### 指挥调度

视频监控

应急指挥

定位跟踪

应急培训

...

## ■ 总体功能架构



## 物理框架

智能管控层

动态管控

统一设备监控

功率平滑控制

第三方运维维护

无功优化

智能调度

潮流计算

安全隔离

3D可视化施工

施工安全管控

船舶人员调度

应急指挥

设备故障预警

远程运维诊断

设备远程监控

...

存储层

实时数据库

+

Hadoop  
大数据库

+

关系数据库

统一数据采集平台(设备状态实时数据、视频数据、定位数据等)

专用通道

远程数据采集



海上风机



气象数据



海事局调度



电网接入



视频及环境监测



风电智慧大数据平台





## ■ 可视化界面

数据集成化高

可视化程度好

兼顾多种需求



发电集团装机



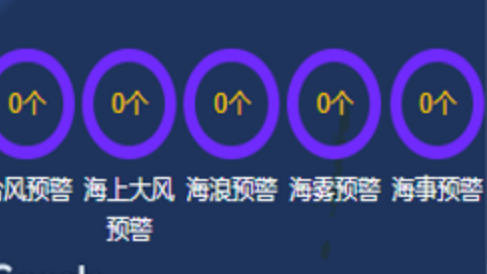
机型统计



气候状况



灾难天气预警



规划: 26个    在建: 6个    投产: 2个



2030规划



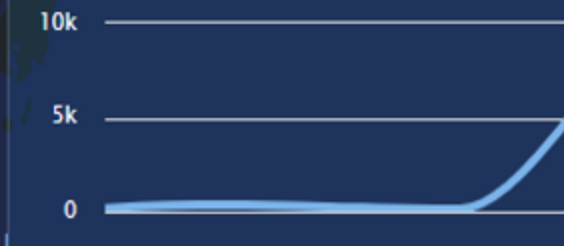
2020规划



已投产



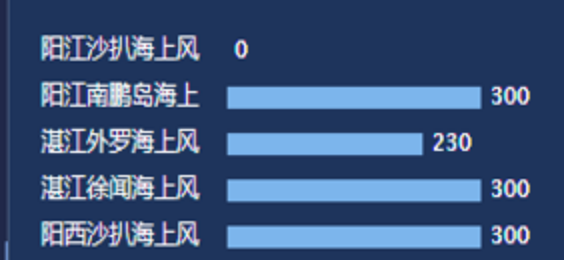
建设规划趋势



投产项目 单位 (MW)



在建项目 单位 (MW)



规划项目 单位 (MW)













广东省海域

业主

区域

广东省海上风电(业主)

粤电集团

广东省风力发电有限公司

粤电湛江风力发电有限公司

湛江外罗海上风电项目

阳江沙扒海上风电场

中国节能

华能集团

三峡新能源

中国电投集团

中广核新能源

大唐国际集团

南方海上风电

宝新能源

洋东海上风电场进度计划 24000.5 55.72%

| 序号    | 里程碑计划节点         | 计划完成时间     | 是否完成 | 实际完成时间     | 填报人 | 预备上传 | 标志性事件上传         | 图片数量 | 文件数量 | 操作                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------|-----------------|------------|------|------------|-----|------|-----------------|------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | 项目核准前           | 2018-10-02 | ×    | 2018-10-04 | 1   |      | 项目核准前           |      |      |          |
| 1.1   | 获得社会稳定风险评估批复    | 2018-10-07 | ×    | 2018-10-08 | 1   |      | 获得社会稳定风险评估批复    |      |      |          |
| 1.1.1 | 服务委托合同签订        |            | ×    |            | 1   |      | 服务委托合同签订        |      |      |          |
| 1.1.2 | 公众调查            |            | ×    |            | 2   |      | 公众调查            |      |      |          |
| 1.1.3 | 报告编制            |            | ×    |            | 3   |      | 报告编制            |      |      |          |
| 1.1.4 | 报告评审            |            | ×    |            | 4   |      | 报告评审            |      |      |          |
| 1.1.5 | 报告批复            |            | ×    |            | 5   |      | 报告批复            |      |      |          |
| 1.2   | 获得陆上集控中心用地预审批复  |            | ×    |            |     |      | 获得陆上集控中心用地预审... |      |      |          |
| 1.2.1 | 陆上集控中心选址        |            | ✓    |            |     |      | 陆上集控中心选址        |      |      |          |
| 1.2.2 | 服务委托合同签订        |            | ×    |            |     |      | 服务委托合同签订        |      |      |          |
| 1.2.3 | 数据收集分析          |            | ×    |            |     |      | 数据收集分析          |      |      |          |
| 1.2.4 | 用地踏勘            |            | ×    |            |     |      | 用地踏勘            |      |      |          |
| 1.2.5 | 报告编制(踏勘报告、规划修编报 |            | ×    |            |     |      | 报告编制(踏勘报告、规划... |      |      |          |
| 1.2.6 | 报告评审(踏勘报告)      |            | ×    |            |     |      | 报告评审(踏勘报告)      |      |      |          |
| 1.2.7 | 用地预审报告批复        |            | ×    |            |     |      | 用地预审报告批复        |      |      |       |
| 1.3   | 获得用海预审批复        |            | ×    |            |     |      | 获得用海预审批复        |      |      |    |
| 1.3.1 | 服务委托合同签订        |            | ×    |            |     |      | 服务委托合同签订        |      |      |    |
| 1.3.2 | 秋季海洋现状调查及调查报告编制 |            | ×    |            |     |      | 秋季海洋现状调查及调查报... |      |      |    |
| 1.3.3 | 春季海洋现状调查及调查报告编制 |            | ×    |            |     |      | 春季海洋现状调查及调查报... |      |      |    |
| 1.3.4 | 海域使用论证报告        |            | ×    |            |     |      | 海域使用论证报告        |      |      |    |
| 1.3.5 | 海域使用论证报告评审      |            | ×    |            |     |      | 海域使用论证报告评审      |      |      |    |
| 1.3.6 | 用海预审批复          |            | ×    |            |     |      | 用海预审批复          |      |      |    |
| 1.4   | 军方同意建设函         |            | ×    |            |     |      | 军方同意建设函         |      |      |    |
| 1.4.1 | 军方初步接触          |            | ×    |            |     |      | 军方初步接触          |      |      |    |





状态监视 设备矩阵 对标管理 能量管理 报表管理 功率预测 报警中心 通讯监视

运行监控中心

搜索 新闻 报警 导航

公司指标概览

|      |            |      |                |
|------|------------|------|----------------|
| 装机容量 | 1013.50 MW | 年发电量 | 28800.50 万kw/h |
| 风机个数 | 6 个        | 月发电量 | 28800.50 万kw/h |
| 风机台数 | 1013 台     | 日发电量 | 28800.50 万kw/h |
| 平均风速 | 10.13 m/s  | 有功功率 | 28800.50 万kw/h |

风机状态概览

|    |      |        |      |
|----|------|--------|------|
| 运行 | 1013 | 检修     | 30   |
| 故障 | 1013 | 待机     | 30   |
| 离线 | 1013 | 总计接入台数 | 1086 |



状态监视

设备矩阵

对标管理

能量管理

报表管理

功率预测

报警中心

通讯监视

风场名称

粤电集团风电场

开始时间

2018/06/19

结束时间

2018/06/19

查询

广东省海域

业主

区域

- 广东省海上风电(业主)
- 粤电集团

广东省风力发电有限公司

粤电湛江风力发电有限公司

中国节能

华能集团

三峡新能源

中国电投集团

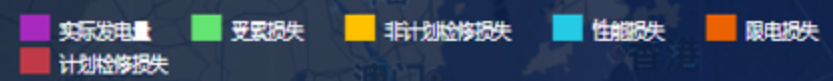
中广核新能源

大唐国际集团

南方海上风电

宝新能源

风场绩效榜



风场绩效榜

| 序号 | 名称  | 理论发电量 | SCADA发电量 | 风速 | 非计划检 | 计划检修 | 受累  | 风能利用率 |
|----|-----|-------|----------|----|------|------|-----|-------|
| 1  | 风机1 | 单位    | 风机1      | 30 | 风机1  | 1    | 风机1 | 30    |
| 2  | 风机2 | 单位    | 风机2      | 31 | 风机2  | 2    | 风机2 | 31    |
| 3  | 风机3 | 单位    | 风机3      | 32 | 风机3  | 3    | 风机3 | 32    |
| 4  | 风机4 | 单位    | 风机4      | 33 | 风机4  | 4    | 风机4 | 33    |



矩阵监视 列表监视 GIS地图 温度监视 震动检测 基础监测 螺栓载荷 桨叶监控 绝缘监控 干式变监测 文件 3D

广东省海域

业主

区域

广东省海上风电(业主)

粤电集团

广东省风力发电有限公司

珠海桂山风电场

风电机组

陆上集控中心

海上升压站

测风塔

电度计量

海缆

粤电湛江风力发电有限公司

中国节能

华能集团

三峡新能源

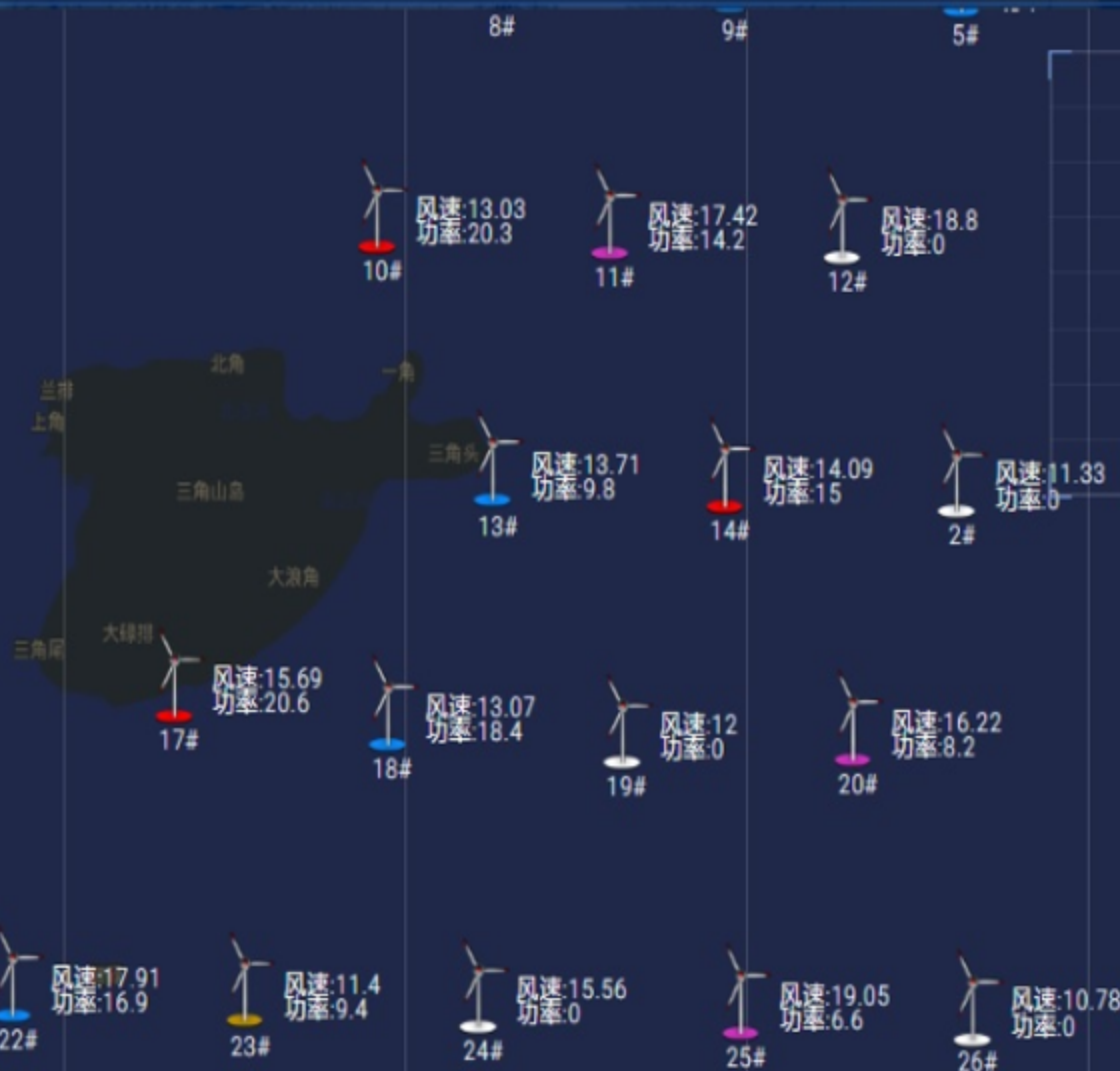
中国电投集团

中广核新能源

大唐国际集团

南方海上风电

宝新能源



卫星图

地图

海图

气象

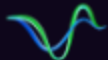
潮汐

海浪

船舶

台风





数据总览

区域总貌

实时状态

集合预报

网侧监控

气象监控

船舶定位

人员定位

实时报警

实时预警



## 综合指标

|      |           |      |           |
|------|-----------|------|-----------|
| 有功功率 | 201 MW    | 年发电量 | 201 MW    |
| 装机容量 | 1649.9 MW | 月发电量 | 1649.9 MW |
| 风电容量 | 1649.9 MW | 日发电量 | 1649.9 MW |
| 光伏容量 | 721 MW    |      |           |

## 风场指标

|      |          |         |         |
|------|----------|---------|---------|
| 风场个数 | 3 个      | ✓ 运行 54 | ✗ 故障 54 |
| 风机台数 | 140 台    | 🔧 检修 0  | 💡 检修 0  |
| 平均风速 | 3.31 m/s | ⌛ 待机 4  | ⚡ 限电 0  |

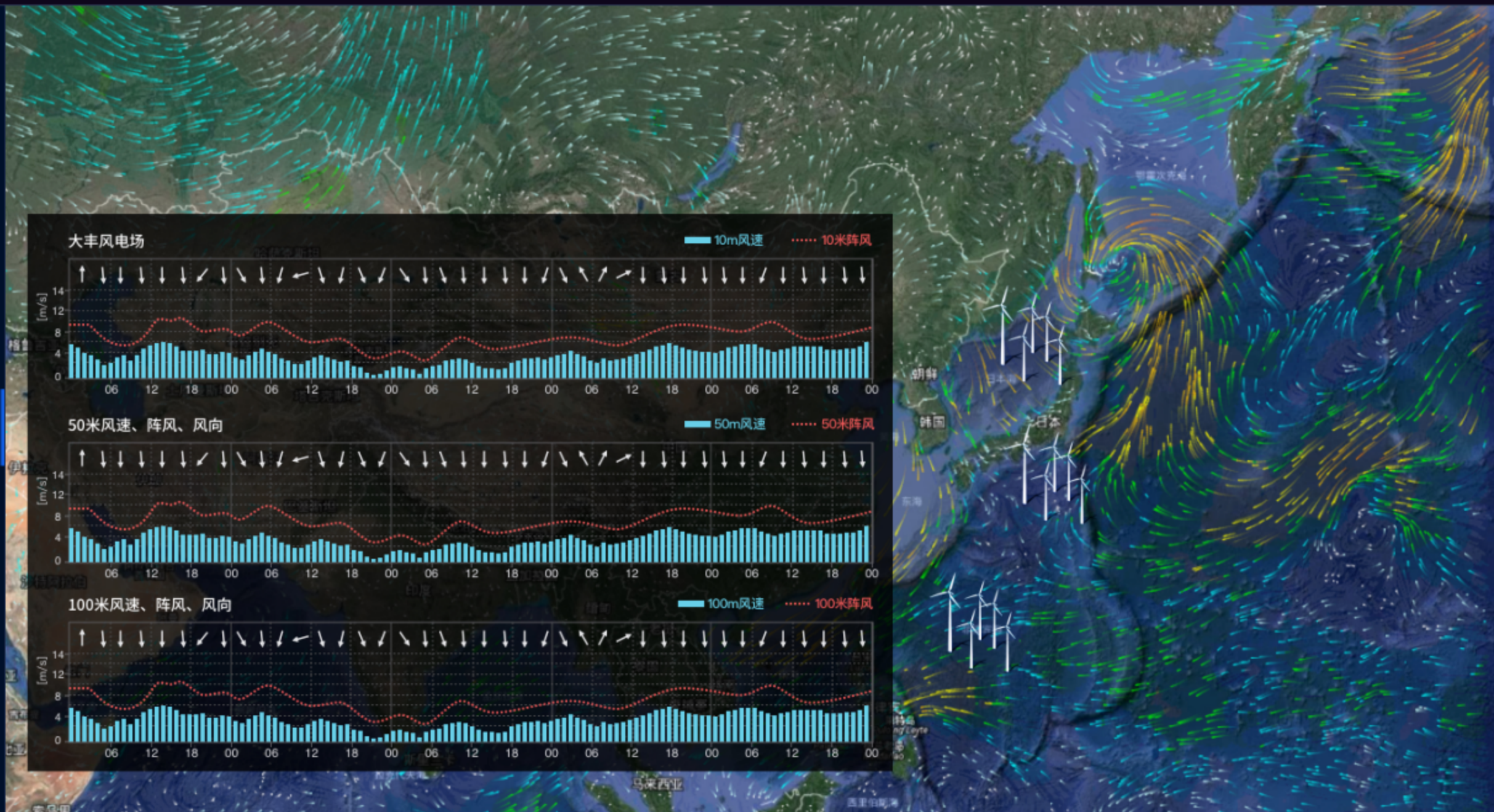
## 光伏指标

|      |          |         |
|------|----------|---------|
| 电场个数 | 3 个      | ✓ 运行 54 |
| 逆变器  | 140 台    | ✗ 故障 54 |
| 辐射度  | 3.31 W/m | 🔌 离线 0  |

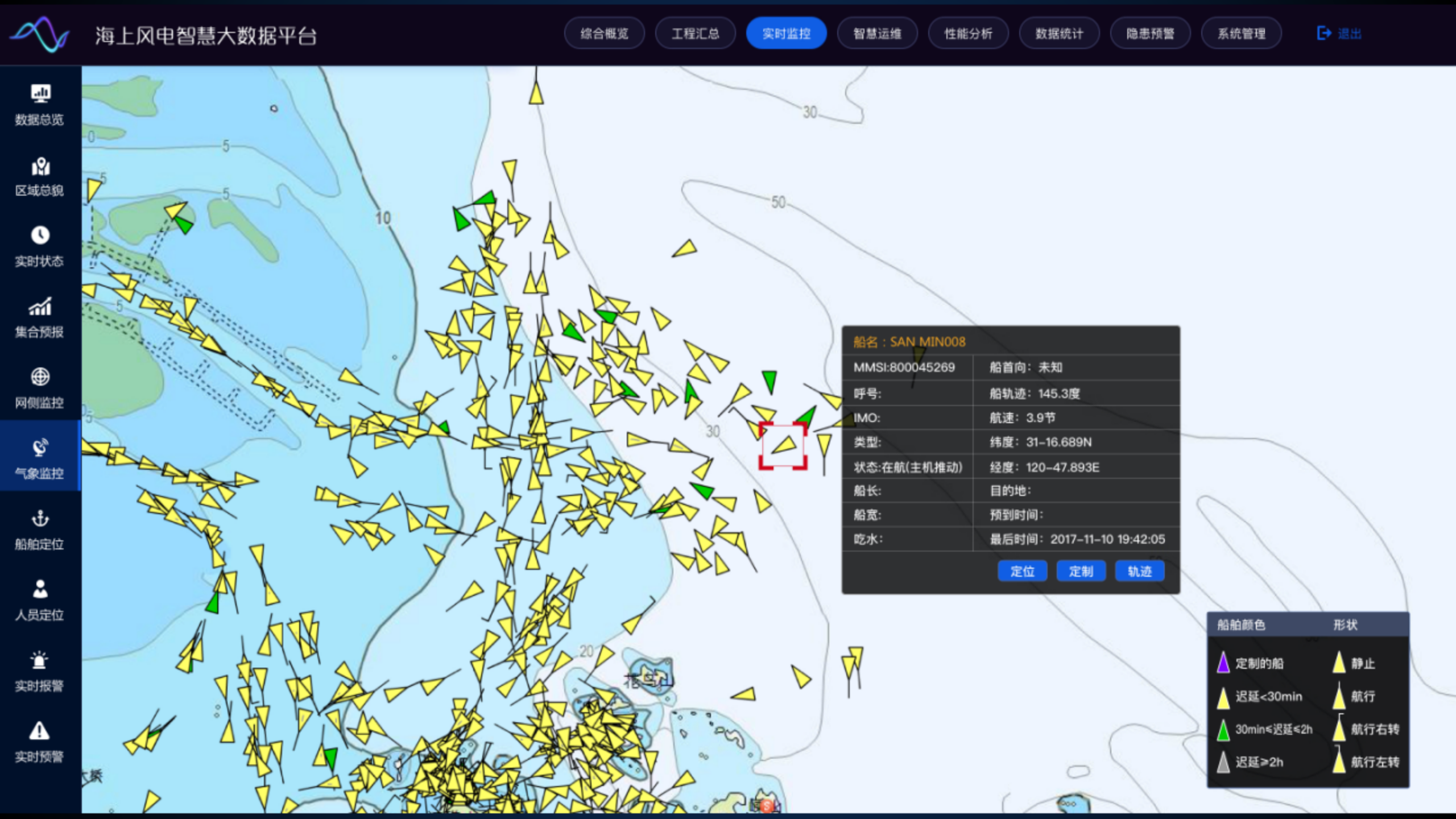
## 发电量完成情况

|            |           |       |
|------------|-----------|-------|
| 年发电量 (万MV) | 288000.50 | 37.9% |
| 月发电量 (万MV) | 24000.50  | 37.9% |



[数据总览](#)[区域总貌](#)[实时状态](#)[集合预报](#)[网侧监控](#)[气象监控](#)[船舶定位](#)[人员定位](#)[实时报警](#)[实时预警](#)





数据总览

区域总貌

实时状态

集合预报

网侧监控

气象监控

船舶定位

人员定位

实时报警

实时预警

船名: SAN MIN008

|                |                           |
|----------------|---------------------------|
| MMSI:800045269 | 船首向: 未知                   |
| 呼号:            | 船轨迹: 145.3度               |
| IMO:           | 航速: 3.9节                  |
| 类型:            | 纬度: 31-16.689N            |
| 状态:在航(主机推动)    | 经度: 120-47.893E           |
| 船长:            | 目的地:                      |
| 船宽:            | 预到时间:                     |
| 吃水:            | 最后时间: 2017-11-10 19:42:05 |

[定位](#)[定制](#)[轨迹](#)

| 船舶颜色          | 形状   |
|---------------|------|
| 定制的船          | 静止   |
| 迟延<30min      | 航行   |
| 30min<=迟延<=2h | 航行右转 |
| 迟延>=2h        | 航行左转 |





数据总览



区域总貌


实时状态

集合预报



网侧监控



气象监控

 船舶定位

 人员定位


实时报警

 实时预警



### 全部签到记录

×

签到地点

如东风电场▼

起始时间

2017-11-22

结束时间 2017-12-08

[查询](#)

| 签到时间        | 签到地点           | 员工  | 手机号         |
|-------------|----------------|-----|-------------|
| 12-08 12:00 | 东汽5MW号机-如东风电场  | 张三丰 | 18911274829 |
| 12-08 11:00 | 东汽10MW号机-如东风电场 | 王小明 | 1776273839  |
| 12-03 03:00 | 东汽5MW号机-如东风电场  | 秦婷婷 | 1597837849  |
| 12-01 21:00 | 东汽5MW号机-如东风电场  | 何固  | 1897623738  |
| 11-23 21:00 | 东汽5MW号机-如东风电场  | 史娟  | 1327336637  |
| 11-22 21:00 | 东汽5MW号机-如东风电场  | 史娟  | 1567738388  |







打卡实时定位



运维情况总览



任务列表清单



运维任务指派





*02*

核心技术

■ 核心技术



**1** 海量的气象数据资源



**2** 大数据云平台



**3** 先进的AI  
预报预警技术



**4** 丰富的行业应用  
平台设计经验

# 海量的气象数据资源

## 雷达数据

新一代多普勒天气雷达观测数据

## 数值预报

欧、美、中、韩等制作各种格点天气预报

## 气候基础数据

多年气象资料统计、分析资料

## 热带气旋

多家编报机构发布



## 地面数据

气温、气压、雨量、风速、风向、湿度、能见度、云量、天气现象等要素

## 高空数据

地面至1.5万米高空各层的温度、风速、风向、位势高度、水汽含量等要素

## 卫星数据

气象遥感卫星对地观测数据

已获得具体资料

|          |         |         |         |                |
|----------|---------|---------|---------|----------------|
| 2400个    | 7000+   | 近6万个    | 656个    | 700个           |
| 国家级地面观测站 | 全球地面观测站 | 区域自动气象站 | 高空气象观测站 | GPS/MET水汽观测    |
| 350部     | 26部     | 180部    | 60部     | FY、Himawari-8等 |
| 闪电定位监测   | 大气电场观测仪 | 多普勒天气雷达 | 风廓线雷达   | 卫星             |



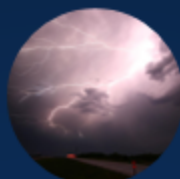
# ■ 大数据云平台



风机监测



风速风向



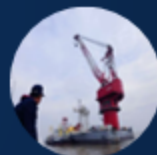
气象预报



运维工单



升压站



工程信息



船只定位



海洋数据



测风塔



运输运维



卫星数据



风机状态

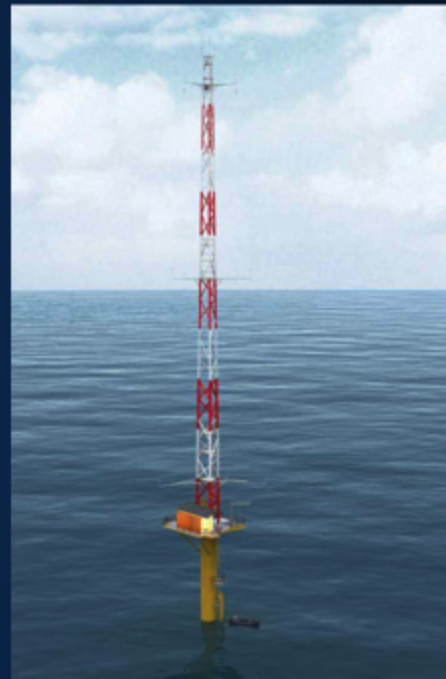
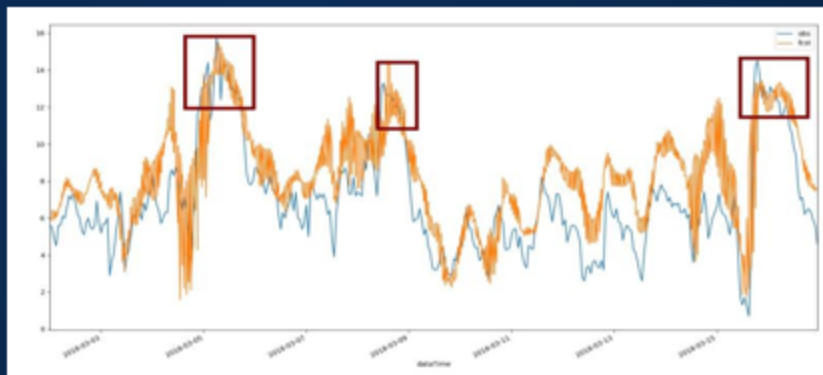
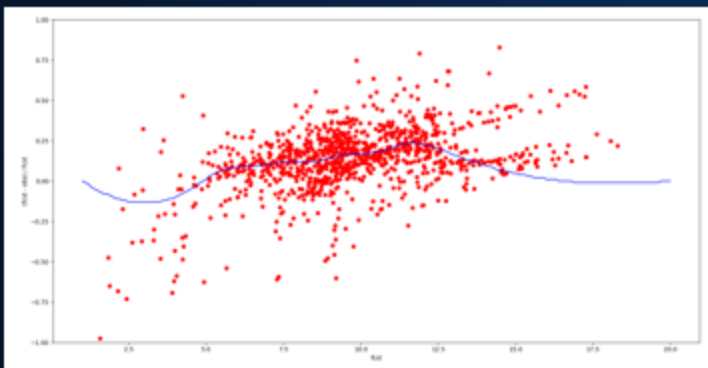
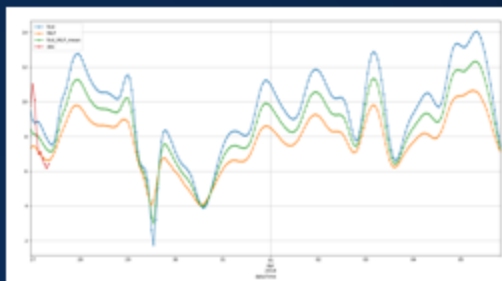
# ■ 先进的AI预报预警技术

## 2. 以 EC 模式和华东模式为基础的机器学习预报

启动 `./send_EastChina.sh` 程序，即调用 `send_EastChina.py`，以类似 `crontab` 的方式定时自动生成预报结果，即 `./test_EastChina/{STNAME}_{yyyymmdd}{zz}_MLP.csv`（并发送邮件到用户邮箱，详见 `send_EastChina.py`，注释掉相应语句后重启程序即可取消邮件发送）。

csv 文件表头 `EastChina_ws10`, `obs`, `fcst`, `MLP`, `mean_ECMWF_EastChina_ws10` 分别代表：华东模式 10m 高度平均风速预报、风电场实测风速、EC 模式 100m 高度风速预报、神经网络模型订正预报、EC 模式（100m 高度风速预报）和华东模式（10m 高度平均风速预报）的平均值。

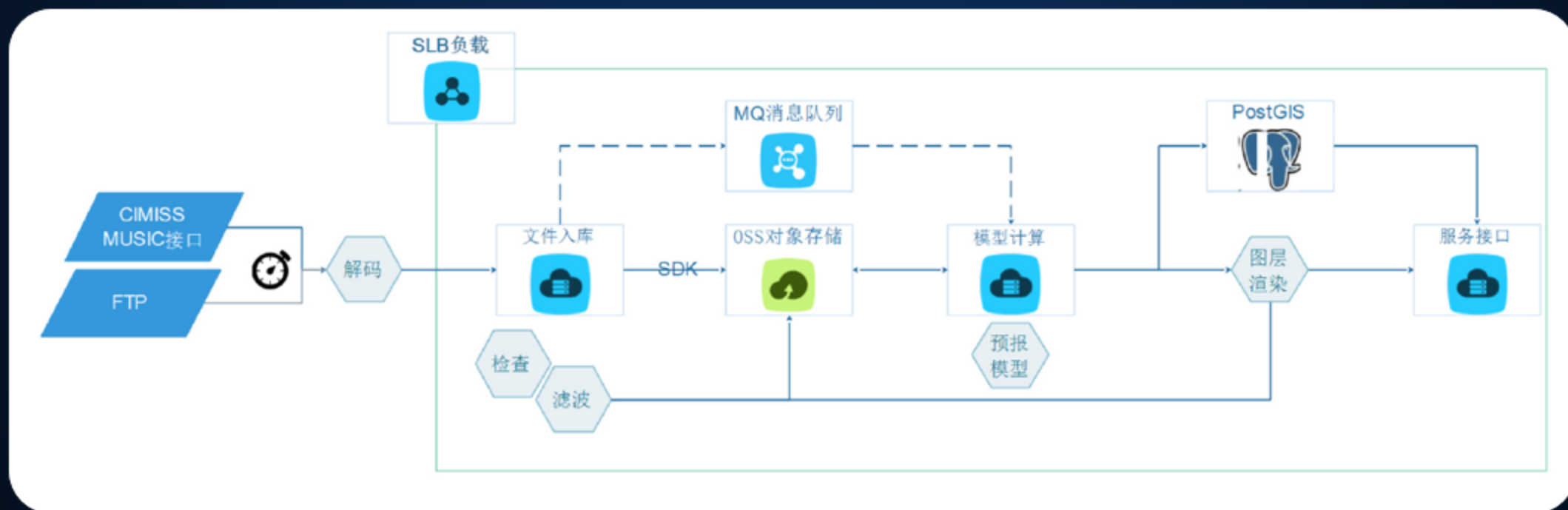
特别说明：华东模式最大预报时效为 72h，每天 08 时和 20 时（北京时间）起报，预报结果文件到位时间滞后约 7-8 小时，即 08 时起报的数据需到 16:00 可用，20 时起报的数据需到次日 04:00 可用。EC 模式数据统一选取的是前一日 20 时起报的结果。共同预报的时段取交集，即华东模式的 72h 预报。



观测资料实时回传，利用多模式为基础的机器学习预报

## ■ 先进的AI预报预警技术

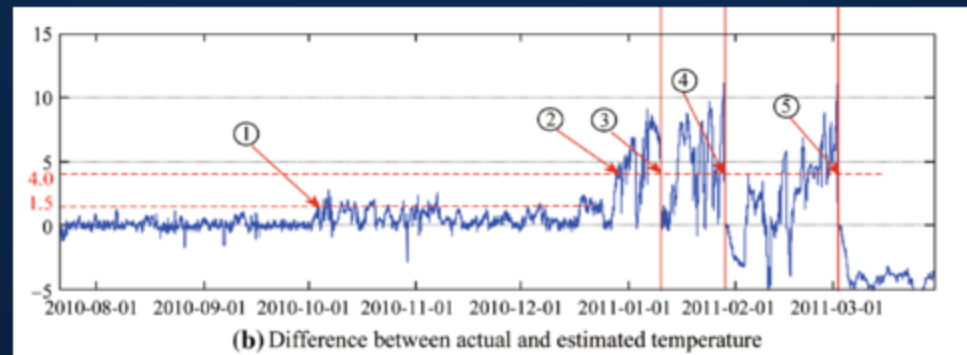
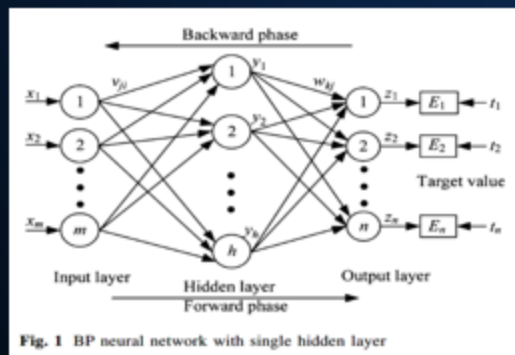
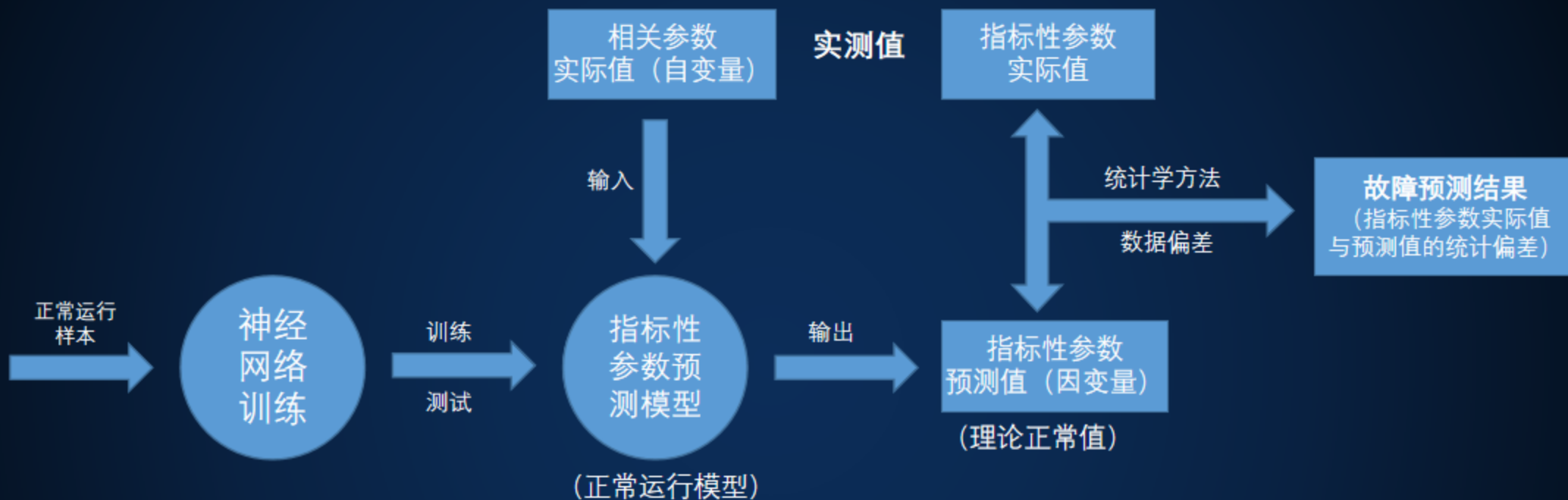
AI智能预报技术通过深度学习海量**设备故障预警模型**，结合气象观测数据、行业数据、卫星数据、风电机组监测数据等，**提前预测**风电机组潜在的故障隐患，规划海上风电**运维窗口期**，及时派发任务工单，变被动维修为主动维修，大幅降低运维成本。





# ■ 先进的AI预报预警技术

部件故障卡强相关参数



## ■ 建设无缝衔接的智慧服务



## 风机运行状态预判

大数据的关键应用还在于帮助提供从被动运维转向主动运维的可能性。优化的故障后诊断可延长风机检修的周期，确定风机潜在故障，而非等到风机故障停机。提前发现退化趋势，估算资本构成的剩余周期，也可帮助工程师及时优化维修服务，节省数以万计的突发性维修费用，减少故障时间，通过预警预防性服务，延长零部件使用时限。



### 延长风机寿命

尽早地发现风机故障并进行检修，能够很大程度上提高风机寿命，保障风电场经济效益



### 合理计划运维

运维工单提前计划，合理安排人员调度，减少风机停机时间



## 丰富的行业应用平台设计经验



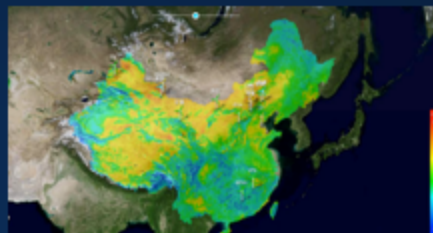
发电



中长期水库容量预测 (国网华东分部)



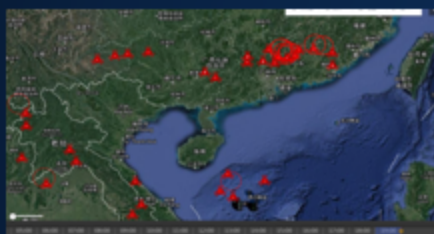
海上风电气象服务系统 (国电集团)



光伏发电 (国电集团)



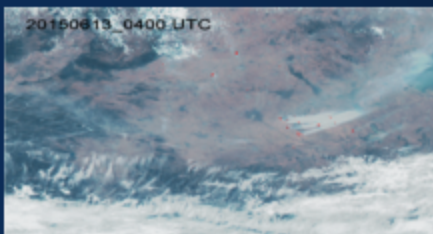
输电



国网雷电监测预警 (武汉南瑞)



电网气象监测预警系统 (湖北省公司)



电网山火监测 (云南电网)



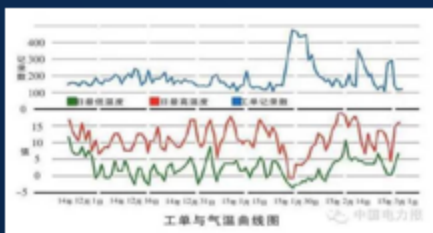
输电线路动态增容 (浙江省公司)



变电



国网台风监测预警



运维故障大数据分析 (国网山东电工)



配电



用电负荷预测 (云南电网)



用电

调度

已服务于国网、南网、发电集团等电力客户超过30个电力项目，深刻理解电力各环节作用规律、不同生产环节对各类信息需求、电网与气象因素关联等方面，构建了完整的电力大数据技术体系，能够提升大数据技术与电网业务运行的结合应用程度。

**Thanks**