

# 海上风电场智能船舶调度及人员管理系统

杨源, 阳熹, 汪少勇, 谭江平, 陈亮

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

**摘要:** [目的] 对海上风电场的人员、船舶进行管理、指挥、调度, 是海上风电领域的新课题。建立了国内首个海上风电场智能船舶调度及人员管理系统。[方法] 主要包括 (1) 高效指挥调度方式: 基于海事高频 VHF 的船用对讲系统, 用以实现稳定的对讲通信; 利用 AIS 接收机和海事电台, 可获取周围船只的信息和地理位置, 并同时记录对进入警戒区域的船只进行记录的存档和对讲驱赶; 人员落水后陆上项目部指挥中心会得到报警信号并获取落水人员的位置; (2) 海域实时监测系统: 通过一台远红外热成像摄像机, 用于远程监控海上风电场的情况; 同时, 通过测风塔上的两台摄像机、气象传感器, 用来监控海上风电场附近的海域状况和浪涌情况; (3) 精准气象预测系统: 海洋气象预报可对现场环境的风速、风浪、浪涌等进行一周的预报, 并可对台风进行跟踪预报。[结果] 结果表明: 方案可靠, 能有效对海上风电场人员和船只进行管理, 降低建设运维成本。[结论] 智能船舶调度及人员管理系统, 对海上风电场的生产安全管理和运维效率的提升, 起到重要的作用。

**关键词:** 船舶调度及人员管理系统; 高效指挥调度方式; 海域实时监测系统; 精准气象预测系统

**中图分类号:** TK89; TM614

**文献标志码:** A

**文章编号:** 2095-8676(2020)01-0047-05

## Scheme Design of Intelligent Vessel Dispatching and Personnel Management System for Offshore Wind Farm

YANG Yuan, YANG Xi, WANG Shaoyong, TAN Jiangping, CHEN Liang

(China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

**Abstract:** [Introduction] As a new topic in the field of offshore wind farm, the management, command and dispatch of personnel and vessels is attracting significant interest. This paper introduces an intelligent vessel dispatching and personnel management system for offshore wind farm, which is first creation of its kind in China. [Method] It mainly included three aspects: (1) Efficient command and dispatch system. Efficient command and dispatch was achieved by very high frequency (VHF) marine intercom system, which realized steady intercom communications. The marine intercom system based on maritime high-frequency VHF can be achieved the steady intercom communications. With the automatic identification system (AIS) receiver and the maritime radio station, the identity information and geographical location of the surrounding vessels can be obtained. Meanwhile, the records of the vessels entering the warning zone can be archived and those vessels will also be interrogated. If any drowning staff was spotted, alerting signal would be immediately sent to the onshore command center; (2) The sea area real-time monitoring contained two parts. A far-infrared thermal imaging camera was used to realize remote monitoring for operating conditions of the wind farms. Meanwhile, two cameras and meteorological sensors were mounted on the anemometer tower, which could be used to monitor marine and surge conditions of the neighboring sea area of the wind farm; (3) An accurate marine weather forecasting sub-system was also adopted, which was capable of forecasting on-site environmental conditions such as wind speed, waves, and surges a week ahead. In addition, it can also realized tracking and forecasting of typhoon. [Result] The results suggest that the system is reliable and can realize effective management of personnel as well as vessels, and hence reduces the costs of construction, operation and maintenance concerning the offshore wind farm. [Conclusion] Therefore, the system plays an important role in enhancing the safety production management as well as improving the operation and maintenance efficiency of the offshore wind farm.

**Key words:** vessel dispatching and personnel management system; efficient command and dispatch; sea-area real-time monitoring system; accurate weather forecasting system

海上风电场工程施工、生产运行维护,受海洋气象环境的影响极大。建立一套行之有效、稳定可靠的智能船舶调度及人员管理系统,对海上风电场的生产安全管理和运维效率的提升,可起到重要的作用。如何全面统筹设计、施工、运营,对施工阶段和日后运维阶段的人员、船舶进行管理、指挥、调度,是海上风电领域的新课题<sup>[1-2]</sup>。因此,需要考虑海洋工程中的各个方面:(1)通信功能:人和船;(2)安全管理:人的安全、船的安全、工程设施的安全及相应的管理制度;(3)工程辅助信息如海洋气象信息、管理信息的获取及发布,并最终实现可视化管理。

当前,海上风电的船舶调度及人员管理面临以下问题:缺乏高效的指挥调度方式、缺乏有效的实时海况监测和缺乏有效精准的气象预测系统,如表1所示。

表1 问题原因分析及措施

Tab. 1 The cause analysis and measures

要因	对策	目标	措施
缺乏高效的指挥调度方式	建立高效的指挥调度方式	调度通信可靠率大于95%。	①建立覆盖项目部、风电场海域的人、船通信对讲设备;②给出海上风电作业停工标准划分表;③建立智能船舶调度及人员管理系统。
缺乏有效的实时海况监测	对海况进行实时监测	确保能实时监测海上风电场的涌流,风速等信息,满足率等于100%。	①在陆上项目部设置远距离摄像头,实时观测海上风电场的具体动态;②在海上风电场的测风塔设置摄像头和传感器,实时观测海上风电场的海况。
缺乏有效精准的气象预测系统	配置精准全面的气象服务技术,结合实时海况监测,使气象预报准确率大于80%。		①需求分析,功能确定;②程序开发。

## 1 高效指挥调度方式

### 1.1 提高通信可靠性

建立覆盖项目部、风电场海域的人船通信对讲设备,实现项目部与人、船通信的对讲<sup>[3-5]</sup>,提高通信可靠率。

1) 在陆上项目部设置 VHF 中继台一台,定向天线;测风塔上设置 VHF 中继台一台,定向天线。用于转发陆地 VHF 电台、手持终端与海上船用对讲机,手持终端之间的通信。此方式提高了 VHF 电台(或手持机)的通信距离和可靠性。长距离下,陆地和海上的终端可实现跨区域终端的联

网,不受传输条件的限制。

2) 设置 VHF 海事对讲机,根据工程人员数量配备个人手持终端,实现陆地、海上人员之间的对讲。

3) 在陆上项目部设置 AIS 一台,与 VHF 电台配合使用,对危险船舶直接选通呼话。海上工作过程中当发现紧急缺陷时,陆上项目部通过调度事件发生地周边的船只,安排附近人员快速到达现场。

如图1所示,智能船舶调度及人员管理系统的船用对讲设备包括:用于 AIS 的 GPS 设备、AIS 设备、VHF 船用对讲机、手持式 VHF 对讲机等。



图1 智能船舶调度及人员管理系统的船用对讲设备

Fig. 1 The marine intercom equipment for intelligent vessel dispatching and personnel management system

### 1.2 海上风电作业停工标准划分

参照相关规范及国内海工施工单位的工程经验,建立海上施工建议停工标准如表2所示:

表2 海上风电作业停工标准划分

Tab. 2 The offshore wind power operation shutdown standard allocation table

作业环境划分	停工标准	停工工序	备注
台风	停工	所有工序	船舶停避风港
雷暴	强雷暴	高空作业、吊装	—
洋流	≥2 m/s	船舶定位	定位精度控制
风速	高于6级风(含6级)	高空作业、吊装	吊装安全限制
雾日	能见度≤1 km	船舶运输	吊装安全要求
雨水	降水量≥10 mm/d	高空作业、吊装	吊装安全要求

比如针对风机安装提出具体的要求:

1) 吊装塔筒和机舱时,10 min 平均风速必

须  $\leq 12$  m/s; 安装叶片时, 10 min 平均风速必须  $\leq 10$  m/s。

2) 在风速  $\geq 12$  m/s 时, 不准在机舱外工作; 风速  $\geq 18$  m/s 时, 禁止在机舱内工作。

3) 雷雨天气, 不得在机舱内工作。

通过制定海上风电作业停工标准划分表, 给出船只是否能够出海施工的具体标准, 为调度船只施工提供指导。

### 1.3 船只和人员的实时场景显示

为了满足风电场海域与设施显示、风电场区域船舶动态监控和调度、人员位置信息监控、落水人员位置监控等功能, 通过 AIS 接收机、监控主机、数据库服务器等, 实现船只和人员的实时场景显示<sup>[6-10]</sup>。

1) AIS 接收机, 用于接收落水人员位置等信息和风电场区域船舶信息。

2) 监控主机, 采集 AIS 数据及其他系统数据, 用于接收落水监测主机发出的信息, 在人员落水时发出声光、短信等告警信息, 显示风电场区域的船舶信息, 通过网络将数据传输到数据服务器。

3) 通过人员 AIS 设备和卫星定位系统实现对意外落水人员的及时定位, 并将定位信息及时回传到系统管理平台, 实时发出报警警示, 确保第一时间及时展开救援程序。

4) 通过船只全真场景, 优化船舶调度资源并确保人员安全。

采集 AIS 数据及其他系统数据, 辅助完成船只全真场景的显示。可迅速了解风电场的实时状况, 提高紧急情况下的反应速度。同时, 对船舶资源进行调度, 降低了风电场的建设成本和维护成本。船只全真场景技术效果如图 2 所示:

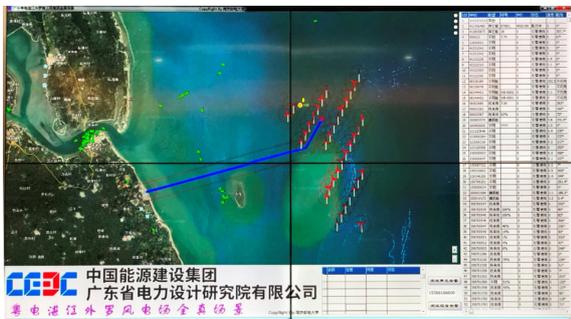


图 2 海上风电场船只和人员的实时场景显示

Fig. 2 The real-time scene display of vessels and personnel at offshore wind farms

海上风电场智能调度系统的全真场景功能主要功能如表 3 所示:

表 3 智能船舶调度及人员管理系统的实时场景功能

Tab. 3 The real-time scene function of intelligent vessel scheduling and personnel management system

序号	系统功能	备注
1	基于 AIS 的船舶信息采集模块	—
2	实用的面向区域的 GIS 模块	—
	2.1 地图放大、缩小、拖拽等基本功能	—
	2.2 社会船舶位置与信息显示功能	在地图上显示位置
	2.3 工作船舶位置与信息显示功能	在地图上显示位置
	2.4 落水人员位置与信息显示功能	系统监测到人员落水后发出告警信息
	2.5 升压站显示功能	在地图上显示位置
	2.6 海缆显示功能	在地图上显示位置
	2.7 人员位置与信息显示功能	显示工作人员的位置信息(工作船, 升压站, 风车), 需结合人员信息系统数据
	2.8 系统状态显示功能	系统相应的监控及故障信息显示
3	报警模块	—
	3.1 声音告警	运行本系统的计算机发出声音告警
	3.2 图像告警	运行本系统的计算机发出图像告警
	3.3 声音和光电告警	由系统外设发出相应告警
	3.4 短消息告警	由短消息服务器发出相应告警
	3.5 外部告警模块的测试功能	测试外部告警模块的可用性
4	系统配置信息录入模块	—
5	人员落水后的轨迹查询模块	—

### 1.4 高效指挥调度的流程图

高效指挥调度的流程图如图 3 所示:

1) 在海上升压站和测风塔建立通信中继站, 建立无线通信系统, 加强海上施工通信的成功率。通过人船通信对讲设备, 有效地保障调度通信可靠率, 使其通信成功率大于 95%。

2) 通过制定海上风电作业停工标准划分表, 给出船只是否能够出海施工的具体标准, 为调度船只施工提供指导。

然后基于风电场 AIS 设备、人员落水应急示位标装置, 建立一套海上人员落水 + 船只全真场景的智能调度系统。实现对风电场海域、220 kV 海缆安全范围内, 对船舶进行实时位置跟踪功能, 实现船舶资源的实时掌握, 可实时对船只资源的调度优化, 并确保人员的安全。

## 2 海况实时监测系统

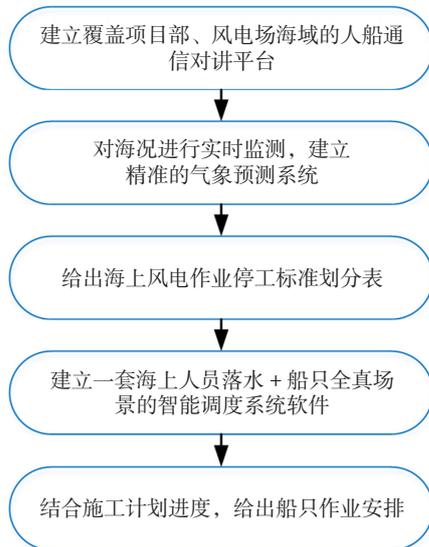


图3 智能船舶调度及人员管理系统的工作流程

Fig. 3 The work flow of intelligent vessel scheduling and personnel management system

## 2.1 陆上项目部办公楼配置具备透雾功能的远红外热成像摄像机

陆上项目部办公楼距离海上风电场约 11 km, 在陆上项目部办公楼顶部安装一台具备透雾功能的远红外热成像摄像机, 用于远程监控海上风电场内部的海域船只情况。

如图 4 所示: 左边是远红外热成像摄像机, 右边是其所拍摄的 11 km 外的海域图像。



图4 陆上项目部办公楼的远红外热成像摄像机及其图像

Fig. 4 The far-infrared thermal imaging camera and its image of the office department of the onshore project department

## 2.2 测风塔上的实时气象采集系统

测风塔上安装相应的传感器和设备, 负责采集附近海域的风速、风向、温度、湿度、大气压力、雨量等实时数据的采集和提供。可视化风, 浪涌, 能见度监视系统, 在测风塔适合位置设置摄像头, 以视频的方式实时观测风、浪涌、能见度状态, 为

船舶、直升飞机调度提供参考。数据的回传采用微波的方式回传到陆上项目管理部。

如表 4 所示, 海上测风塔安装设备包括用于传输信号的微波、VHF 中继台, 采集气象数据的扫海摄像头、气象采集器和用于提供设备电源的太阳能电池。

表4 海上测风塔安装设备配置清单

Tab. 4 The list of equipment and devices adopted to the offshore an-emometer tower

设备名称	单位	数量	备注	位置
微波及天线	套	1	48 V(或 220 V) /30 W	二层平台
VHF 中继台及天线(定向)	台	1	—	二层平台
AIS 及天线	套	1	—	二层平台
扫海摄像头	台	2	快速球机	二层平台
气象采集器和传感器	套	1	风浪可见度	一层平台
设备箱	台	1	定制、隔热	一层平台
太阳能电池	套	1	200 Ah	一层平台

通过陆上远红外热成像摄像机观测到的施工船热成像图片, 以及测风塔上的扫海摄像头观测到的海域情况图片如图 5 所示。

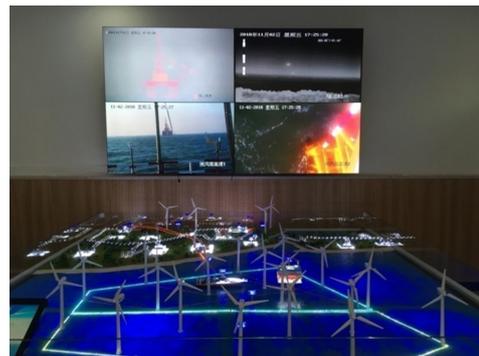


图5 海上风电场的海况实时监测

Fig. 5 Real-time sea state monitoring system for offshore wind farm

结合陆上项目部办公楼的远红外热成像摄像机, 以及测风塔上的相应摄像机和传感器, 建立了海况实时监测系统, 能够实时监测海上风电场的风浪、涌流情况, 并能传回陆上项目部。

## 3 精准气象预测系统

根据海上风电场工程阶段和运维阶段的特点, 精准气象服务的需求和功能如下:

### 1) 气象海况预报要素

要素包括气压、2 m 气温、海面 10 m 风、相

对湿度、有效波高、风浪高、浪周期、涌浪方向、涌浪高、海表温度、降水量、能见度。

#### 2) 作业海区气象预报

根据气象局的观测数据, 再结合实时的海况监测作为修正, 得出精准的气象预测系统。

#### 3) 区域要素预报

以作业海区为中心, 上下各选取 1.5 个纬度, 左右各选取 2 个经度, 以这个矩形区域绘制气象要素预报图, 通过气象显示系统来展示预报结果。

要素预报图包括气压、2 m 气温、海面 10 m 风、1 000 hPa 相对湿度、有效波高、风浪高、涌浪高、海表温度、降水量、能见度。

3 d 以内以 12 h 为间隔, 4~7 d 以 24 h 为间隔。

#### 4) 台风预报

对有影响或距离较近但没有影响的台风进行预报, 内容包括台风中心位置、中心气压、最大风速、移动方向、移动速度、七级风半径、10 级风半径、24~72 h 预报位置与强度等。

如图 6 所示: 左边是气象要素预报区, 右边是未来 7 d 的天气预报区。

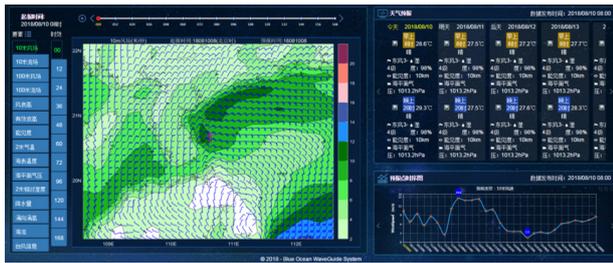


图 6 海上风电场的精准气象预测系统

Fig. 6 Weather forecasting system for offshore wind farm

因此, 结合高效指挥调度方式、海况实时监测系统和精准气象预测系统, 搭建出海上风电场智能船舶调度及人员管理系统。

1) 结合实时海况监测, 使气象预报准确率大于 80%。可有效地避免船只出海作业的无功而返。

2) 结合高效的调度指挥和精准的气象预测系统, 有效地保障了施工船和运输船定位、设备安装。不仅解决了施工作业条件无法满足、施工作业窗口期不够长的问题, 而且避免了现场的指挥混乱。从而实现了有序、有计划的施工。

## 4 结论

本文建立了国内首个海上风电场智能船舶调度及人员管理系统, 主要实现以下功能:

1) 人员和船舶的调度通信系统: 包含基于海事高频 VHF 的船用对讲系统, 用以实现稳定的对讲通信。利用 AIS 接收机来获取周围船只的信息和地理位置, 并同时进入警戒区域的船只进行记录的存档。同时也可利用海事电台 (VHF 对讲系统) 对进入警戒区域的船只进行选呼和发出警告。

2) 人员安全管理系统: 包括出海人员跟踪、人员应急管理、人员落水管理。当人员落水的突发情况发生后, 陆上项目部指挥中心会得到报警信号并获取落水人员的位置。

3) 海域视频监控系统: 包括一台远红外热成像摄像机远程监控海上风电场的情况和测风塔上的两台摄像机监控海上风电场附近的海域状况和浪涌情况。

4) 气象支撑系统: 气象支撑系统由海洋气象预报, 海上施工位置天气信息采集和大数据存储三项功能; 其中海洋气象预报可对未来一周的现场环境的风速、风浪、浪涌等进行全面的预报。信息的采集是利用位于测风塔上的传感器实时采集海上的各项气候指标, 用以指导安全施工, 同时也获得准确的数据存入数据库, 用于后期运维作为数据参考。

### 参考文献:

- [1] 国家能源局. 风电场工程 110 kV~220 kV 海上升压变电站设计规范: NB/T 31115—2017 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2017. National Energy Board. Code for 110 kV~220 kV offshore substation design of wind power projects: NB/T 31115—2017 [S]. Beijing: China Electric Power Press, 2017.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 海上风力发电场设计规范: GB/T 51308-2019 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2019. Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Design code for offshore wind farm: GB/T 51308-2019 [S]. Beijing: China Planning Press, 2019.
- [3] DET NORSKE VERITAS. Automation, Safety and Telecommunication Systems: DNV-OS-D202 [S]. Oslo: Det Norske Veritas, 2014.
- [4] 中国船级社. GMDSS 范围船用无线电设备和电子导航设备通用要求: IMO A.694 (17) 决议 [S]. 伦敦: 国际海事组织, 2012.
- [5] 中国船级社. 经修正的能进行通话和数字选择呼叫的船载 VHF 无线电装置性能标准: IMO A.803 (19) 决议 [S]. 伦敦: 国际海事组织, 2012.

- [6] 中国船级社. 在 GMDSS 中使用的船载综合无线电通信系统 (IRCS) 性能标准: IMO A.811 (19) 决议 [S]. 伦敦: 国际海事组织, 2012.
- [7] 中国船级社. 应急无线电设备自浮释放和启动装置性能标准: IMO A.662 (16) 决议 [S]. 伦敦: 国际海事组织, 2012.
- [8] 中国船级社. 用于搜救作业的自动识别系统搜救发送器 (AIS-SART) 的性能标准: IMO MSC.246 (83) 决议 [S]. 伦敦: 国际海事组织, 2012.
- [9] 阳熹, 杨源. 智慧型海上风电场一体化监控系统方案设计 [J]. 南方能源建设, 2019, 6 (1): 42-48.  
YANG X, YANG Y. The design of smart offshore wind farm integration monitoring system [J]. Southern Energy Construction, 2019, 6 (1): 42-48.
- [10] 张振, 杨源, 阳熹. 海上风电机组辅助监控系统方案设计 [J]. 南方能源建设, 2019, 6 (1): 55-60.

ZHANG Z, YANG Y, YANG X. The design of offshore wind farm auxiliary monitoring system [J]. Southern Energy Construction, 2019, 6 (1): 55-60.

作者简介:



杨源

杨源 (通信作者)

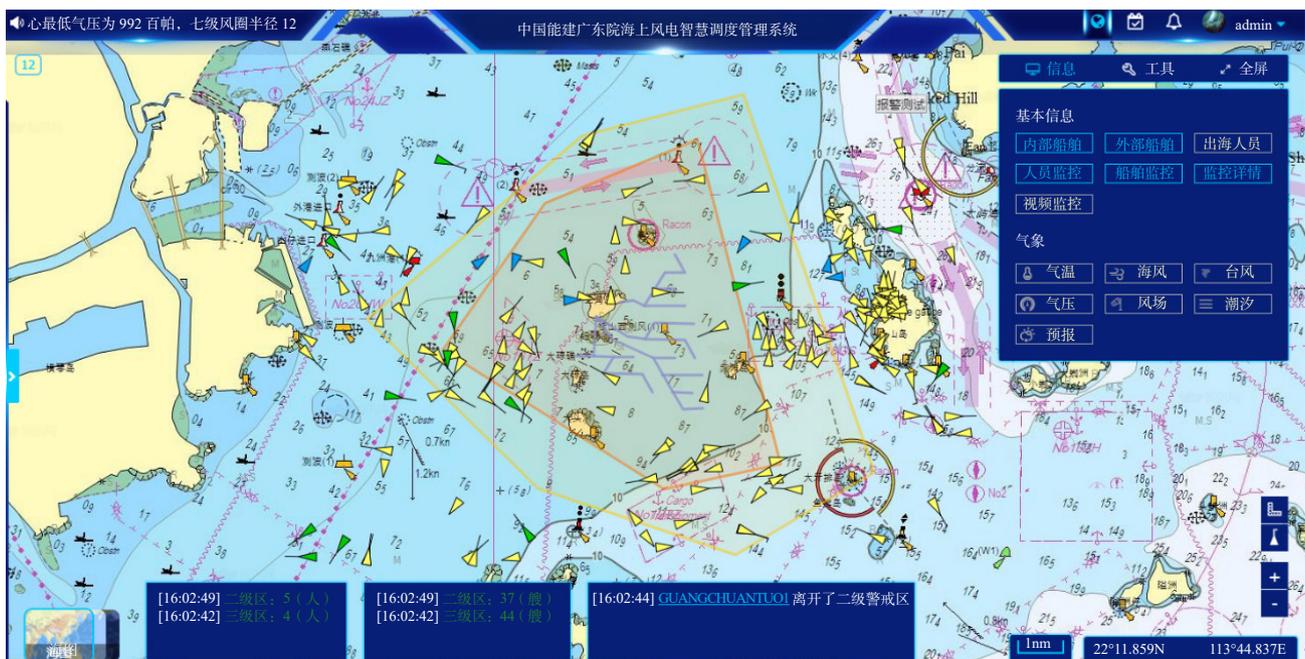
1990-, 男, 广东湛江人, 工程师, 硕士, 从事海上风电新能源利用研究 (e-mail) yangyuan@gedi.com.cn.

(责任编辑 李辉)

### 广东院自主开发出全国首个海上风电场智能调度系统!

海上风电场工程施工、生产运行维护, 受海洋气象环境的影响极大。建立一套行之有效、稳定可靠的智能调度系统, 对海上风电场的生产安全管理和运维效率的提升, 可起到重要的作用。如何对施工阶段和日后运维阶段的人员、船舶进行管理、指挥、调度, 并确保人员安全, 是海上风电领域的一个新的课题。广东院发电公司电控部电气二室联合湛江外罗 EPC 项目部, 在外罗海上风电工程中敢于尝试、勇创先河, 搭建出全国首个智能调度系统。已申请软件著作权 1 项和专利 2 项。将为湛江外罗智慧型海上风电场的建设和运营, 保驾护航!

智能调度系统在符合海事规范前提下, 建立了高效的指挥调度方式, 并可对海况进行实时监测。根据精准的气象预测系统, 优化调度资源, 并确保了安全管理和可视化管理。



海上风电场智能调度管理系统软件

(中国能建广东院 杨源)