

[电缆巡检]

基于能源互联网的三维可视化海缆智能运维平台

文/国网浙江省电力有限公司舟山供电公司 韦立富 徐春波 韩叶林 郭 兴

中国水产舟山海洋渔业有限公司 余 娟

舟山供电公司基于海岛供电特色，在输电运维领域，充分运用声纳探测、磁探和海洋卫星宽带等先进信息化手段，融合 5G 通信、AIS、卫星和雷达等信号，实现海缆保护区实时监控告警、船舶身份信息识别和应急响应等功能，打造基于能源互联网的三维可视化海缆智能运维平台。

在国家电网有限公司建设具有中国特色国际领先的能源互联网企业战略目标和浙江省电力公司“一年突破、两年推广、三年建成”能源互联网建设总体思路的引领下，舟山供电公司基于海缆和高塔供电特色，充分发挥创新管理，运用先进的信息通信技术，大力提升数据自动采集、灵活应用能力，对内提升质效，对外培育新业务、新业态，实现新的利润增长点，打造具有舟山供电特色的三维可视化海缆智能运维平台。

本平台选取舟山 500 kV 洛威 5497 线为建设试点。该线路是我国已建成规模最大、技术难度较高的跨海联网线路，含海缆、大跨越架空线路和普通线路等，线路全长 50.2 km，且海缆单回长 17 km、最高输电铁塔 380 m，运行环境复杂，在信息采集及智能运维方面存在诸多难题，在能源互联网建设领域极具示范意义，有利于形成经验，便于推广覆盖。

舟山供电公司原海缆监控一体化平台已初步形成海缆防护应急处置协调联动机制，每年直接节省海缆巡逻船租用及人力成本约 400 万元。仅 2018 年，通过海缆监控一体化平台共实现 517 次故障预警及应急处置，

包括主动砍锚 95 起，强行起锚 99 起，强制驱离船舶 56 艘，触发海上电子围栏告警规则后，自行离开船舶 267 艘。按故障处理成本每次 200 万元计，挽回直接经济损失达 7 000 余万元。待平台建设完成后，潜在经济价值巨大。

本平台通过对原平台进行升级，实现海底电缆全生命周期运检管控的自动化、智能化、现代化和整体可视化。

1) 建立一套三维可视化的海底电缆智能运维平台。依托云架构、大数据分析和人工智能等技术，建立一套高效、稳定和高扩展性的三维可视化海底电缆智能运维平台，满足现在及将来很长一段时期的业务检测管控需求。

2) 建立海底电缆全生命周期健康管理。融合海底电缆本体监测技术，配合大数据分析、人工智能，对海底电缆全生命周期内的运行状态全程监控、智能管理，实现按需检修、状态检修，做到运行态势全感知、运行风险早预警及安全加固及时做，达成海缆本体的运行风险减至零的目标。

3) 海底电缆运行环境的智能监测及三维可视化。通过声学、磁探和三维成像技术等融合水文气象数据,实现海底电缆的路由走势、海底环境的周期变化及海底地貌的三维可视化,对海底电缆的辅助安保设施运行状态进行全面感知、危险地段的变化,通过智能、科学的智能算法,分析环境因素对海底电缆的运行影响,及时消除各类不良的环境因素,保障海底电缆的安全运行。

4) 海缆路由及故障的高精度定位。应用先进探测技术,实现对电缆故障点快速高精度定位,配合排障船舶定位系统可以对电缆故障线路快速高精度打捞,极大地缩短故障修复的时间,保障海底电缆检修的能效性。

5) 多感知、大融合的人工智能管理系统。基于海量的海底电缆本体健康监测数据、运行环境监测数据和海面目标监测数据,应用大数据分析及人工智能算法,实现各类事件智能判定,为事件提供辅助决策的能力,提高运维监控水平。

三维可视化海缆智能运维平台设计思路

三维可视化海缆智能运维平台通过对舟山供电公司原有的海缆监控一体化平台的升级,新增应用场景,包括海底电缆地貌三维可视化、海底电缆路由三维可视化、长续航智能无人机对预警目标的监视与取证、基于 AIS 技术的电子围栏、水下机器人辅助运维作业、海底电缆监测综合管理、电缆状态多维感知与诊断决策以及电缆智能移动巡检与实时管控等,如图 1 所示。

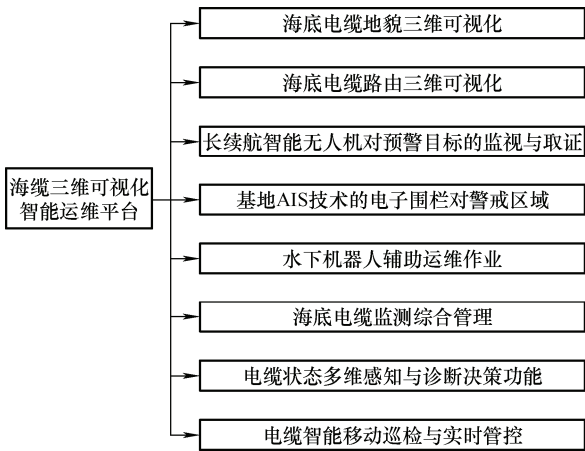


图 1 平台设计思路

三维可视化海缆智能运维平台

三维可视化海缆智能运维平台在原有的舟山海缆监控一体化平台的基础上,保留原有功能,运用先进的信息通信技术,结合大数据分析技术、人工智能技术、现实增强技术和云技术等,提升舟山供电公司的海缆运维水平。三维可视化海缆智能运维平台总体架构如图 2 所示。

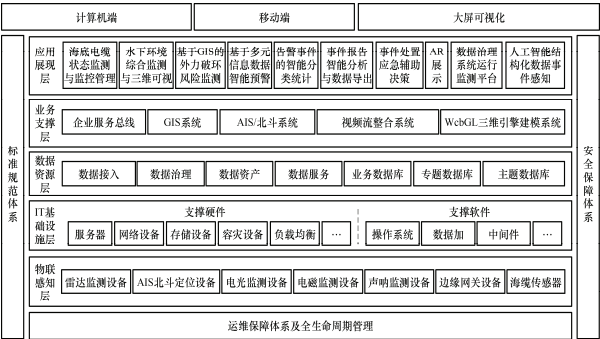


图 2 平台总体架构

三维可视化海缆智能运维平台架构以标准规范体系、安全保障体系、运维保障体系及全生命周期管理为保障,以物联感知层、IT 基础设施层、数据资源层、业务支撑层和应用展现层实现整体系统的构建。

(1) 物联感知层

通过物联网设备,对海面船舶监测对象、海底电缆监测对象以及海底海况环境进行全方位的感知,向平台不间断、分频率及周期性地上传原始监测数据,实现海面移动物和海缆本体的全方位监控,如局部放电、环流、扰度、温度和阻断等状态的实时监测及其他设备感知信息的收集与上传。

(2) IT 基础设施层

作为平台的核心,硬件支撑层包括网络设备、服务器计算资源、数据存储资源、安全防护容灾设备资源和负载均衡设备等,软件支撑层包括操作系统、数据库管理系统、中间件等。

(3) 数据资源层

数据资源层包括数据接入归集、数据计算、数据存储、数据治理和数据服务等功能,实现全域数据的接入、治理、管理和服务。

(4) 业务支撑层

除了平台软硬件的支撑,平台还包括对应应用展现层

提供服务的应用软件支撑层，包括 GIS 地理信息系统支撑平台、AIS/北斗定位系统支撑平台、视频流媒体转发平台以及企业数据服务总线统一提供数据接口等。

(5) 应用展现层

根据业务需求研究定制化应用场景，构建海底电缆状态监测与健康管理场景、水下环境综合监测与三维可视化场景、基于 GIS 的外力破坏风险监测场景、基于多元信息数据智能预警场景、告警事件智能分类统计场景、事件报告智能分析与数据导出场景等。在业务支撑层及数据资源层的基础上，完成海底电缆线路安全监控的各类定制化需求。

平台分别提供 PC 端应用界面、移动端应用界面及大屏可视化展现，为海缆全方位监控提供信息化手段。

三维可视化海缆智能运维平台实施方案

三维可视化海缆智能运维平台是对海缆监控的综合处理系统，对各种探测数据进行综合处理后的管理。每一个探测设备定制标准化的数据接口。通过对海底地貌和电缆的三维可视化成像及海洋数据分布，作为整个智能运维平台的基础。在智能运维平台中，可以根据海底电缆的分布，形成监控海缆线路图。在目标进入海缆告警区后，系统自动生成告警信息，以智能语音、智能无人机/无人艇和 CCTV 视频作为告警处置和取证手段进行告警处理。当海缆出现异常状况时，可通过海缆的三维可视化实时成像直观地定位问题进而处理。除此之外，还可以运用人工智能算法对异常事件给出决策支撑和事件预测。

海缆智能运维平台可以实现多点控制，界面中实时显示各种探测设备的坐标信息、信号信息和参数信息等，并能实现设备故障的定位和自检。海缆智能运维平台，如图 3 所示。

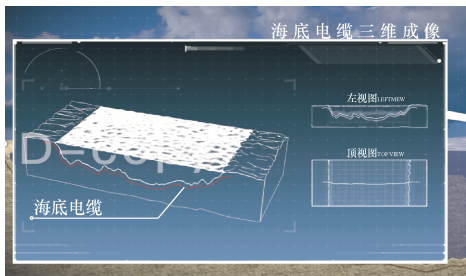


图 3 海缆智能运维平台

智能监控将雷达监控、AIS 监控、CCTV 监控、光纤扰动监测和警示标志遥测结合起来，完成危险目标信号、状态和图像的有机结合，完成对危险目标的全方位和多角度定位及观测跟踪。通过光纤扰动监测、警示标志遥测及三维可视化成像实现对海缆状态的实时监控。

为确保高质量完成对危险目标的观测及海缆状态的监测，从对海缆安全威胁角度看，雷达可实现对远距离危险目标的定位跟踪，CCTV 可实现对近距离目标的定位跟踪，AIS 可实现对合作目标的定位跟踪。从海缆状态监测看，光纤扰动监测可实现对海缆的扰动状态监测，警示标志遥测可实现对海缆关键位置的实时定位监测，三维可视化成像可实现对海缆多角度全方位监测。

海缆智能运维首先需要自主关联融合多元感知数据，生成智能运维平台背景，进而依次需要进行智能识别与分析威胁目标，生成告警信息及威胁目标状态预测，威胁事件预测及智能推荐预防措施，根据威胁目标及位置，自主选择调用智能语音、CCTV、无人机/无人艇进行告警处理，智能精确定位海缆故障位置，智能生成事件处理方案，人工智能对威胁目标行为及威胁事件学习，补充事件模型，实现海缆全生命周期管理。海缆智能运维的流程如图 4 所示。

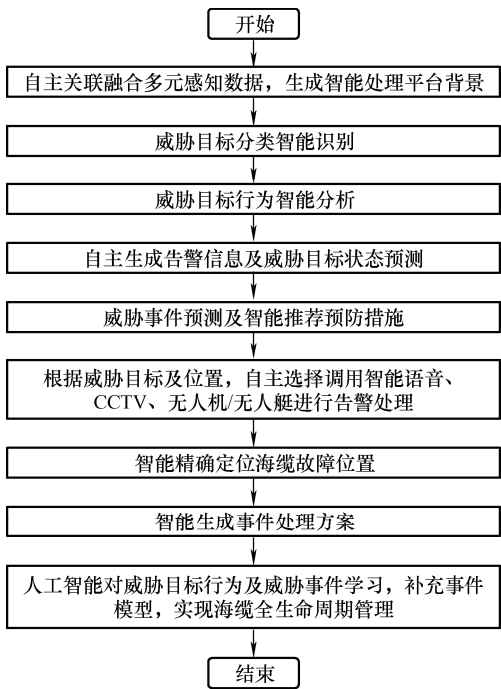


图 4 海缆智能运维流程

三维可视化海缆智能运维平台应用场景

1. 海底电缆地貌的三维可视化及环境缺陷预警

利用声纳探测技术,对 500 kV 洛威 5497 线所辖区域完成声纳扫测,扫测数据通过 4G/5G 通信专用网络或离线的方式传输至海底电缆运维检修智能综合管控平台。依托业务应用层的水下环境综合监测及三维可视功能模块,实现扫测数据的三维成像及与历史声纳数据的比对工作,对地貌环境变化智能分析形成环境缺陷预警。

2. 海底电缆路由探测及三维可视化

利用磁探技术(原子磁力仪),对 500 kV 洛威 5497 线海域的海缆完成磁探扫测,扫测数据通过 4G/5G 通信专用网络或离线的方式传输至海底电缆运维检修智能综合管控平台。依托业务应用层的水下环境综合监测及三维可视功能模块,实现海缆数据的三维成像及与历史路由数据的比对工作,并可依据分析结果产生路由变化缺陷预警。

3. 基于 AIS 技术的电子围栏对海底电缆警戒区域的应用

海上电子围栏系统在充分利用现有资源的基础上,整合现有信息、组织和资源,加强综合管理能力,实现 500 kV 洛威 5497 线监控海域的船舶动态监控平台的智能化和自动化,完善船舶动态管理机制。应用 AIS 虚拟浮标技术,使在航船只通过 AIS 系统感知电子围栏区域,实现对船舶的禁锚告警,并可实现灵活的电子围栏区域设置。

4. 水下机器人辅助运维作业

运用海底电缆线路巡检机器人,解决海缆工程深海区辅助运维作业问题,实现智能机器人在海底电缆线路表面损伤巡检和路由探测的技术应用。

5. 接入水文气象信息与平台智能融合

三维可视化海缆智能运维平台融合精确的水文气象信息,在海缆所在海域实时展现水文气象数据,为海缆运行、船舶管理和运维检修工作提供气象环境影响的数据依据,为生产安全提供水文气象信息支持。

6. 基于大数据分析的海底电缆监测综合管理

融合海底电缆本体监测技术,配合大数据分析、人工智能,对海底电缆全生命周期内的运行状态进行全程监控、智能管理,实现按需检修、状态检修,做到运行态势全感知、运行风险早预警和安全加固及时做,达到海缆本体运行风险降低的目标。

基于智能运维平台实现数据接入、数据治理和模型设计训练服务。对海缆金属护层接地电流参数、海缆金属护层感应电压、AIS、北斗、雷达、光电扰动数据、气象和洋流数据运行状态进行全程监控。

船舶锚泊事先预警模型。基于船舶实时位置、速度航行、船舶基础数据和海底电缆数据建立船舶锚泊预警模型实现船舶锚泊风险早预警,并通过 AIS 机短信提醒船舶停锚。

船舶锚泊事后预警模型。通过光电扰动数据监测海缆周围振动的变化情况,识别船舶锚泊事件,防止起锚损坏海底电缆。

海底电缆健康监测模型。通过海缆金属护层接地电流数据、海缆金属护层感应电压、海缆周围振动和洋流数据等建立海底电缆健康监测模型实现按需检修、状态检修。

7. 电缆状态多维感知与诊断决策

通过采集的各类数据进行大数据分析,建立电缆健康的各类基线数据,并设立电缆缺陷处理数据模型。在系统检测到某类参数数据异常后,可依据缺陷处理数据模型进行辅助诊断决策功能。

结束语

本文对舟山供电公司原海缆监控一体化平台进行了升级,充分运用声纳探测、磁探、海洋卫星宽带、雷达光电、无人机航拍和水下机器人巡航等先进信息化手段,融合 5G 通信、AIS、卫星和雷达等信号,建立了基于能源互联网的三维可视化海缆智能运维平台。通过三维可视化海缆智能运维平台,有效提升了海缆事前防控及运维水平,提升了区域电网供电可靠性,助力电网更加坚强,为舟山经济社会快速稳定发展提供保障。EA

(收稿日期:2020.12.07)

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告