[控制系统]

# 海缆在线监测系统在油气平台上的应用

文/海洋石油工程股份有限公司　王海云　李　璇

*海底电缆是海洋油气平台间互联的桥梁，关系到整个电网系统的安全运行。海底电缆敷设在极其复杂的海洋环境中，极易受到各种外界因素的破坏，海缆在线监测系统的投入可以有效地实现海缆状态的实时在线监测，保证整个系统的运行安全性。*

组网的油气平台项目中通常包含多根海缆，而海底电缆容易发生锚害、绝缘损害等各种故障，一旦海底电缆受到破坏而停止运行，将会造成巨大的经济损失。因此，为确保海底电缆的安全运行，实时监测海底电缆的状况是非常有必要的。随着海底电缆制作技术的提高及实际使用的需要，海底高压电缆中越来越多地复合有光纤单元，用于通信与监测。因此一系列先进的光纤分布式传感技术逐渐被应用于海底电缆的在线监测。

## 海底电缆在线监测系统

### 1．海底电缆特性

海底电缆是组网平台的桥梁，对于井口平台来说，相当于发电机的作用，所以海底电缆在组网系统中起着至关重要的作用。海底电缆具有长度长、造价高的特点。由于海底电缆处于复杂的海洋环境中，施工维修难度都极高，所以海缆的安全显得更加重要。实时监测技术可以让现场人员及时了解海缆运行状态，有效进行预警，保障生产安全。

### 2．系统组成

海底电缆监测系统包括光纤应变主机、光纤测温主机、控制器、监控计算机、监控软件、AIS船只定位系统和必要的配件等，如图1所示。

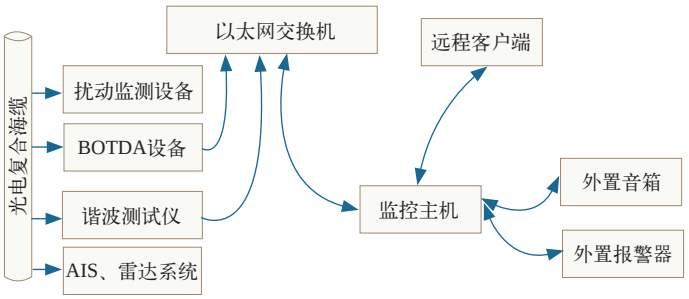


图1　系统组成示意图

扰动监测设备用于监测光缆扰动信号；其中，BOTDA设备用于监测海缆的温度和应力；谐波分析仪用于监测海缆的电能质量；AIS、雷达系统用于监测船只动态。

### 3．技术参数

布里渊光时域分析技术BOTDA能够对海底电缆中光纤的温度与应变进行测量与定位。BOTDA是利用光纤中的布里渊散射，是一个非线性过程：注入光子与光纤中的声波相互作用后，会使散射光的频率相对于入射光有一个布里渊频移。散射光布里渊频移量的大小与光纤中声速成正比，而光纤中的折射率与声速均与光纤的温度及所受的应力等因素相关，这使得布里渊频移量随着温度与应力的变化而变化。因此通过检测布里

渊频移量的大小，可以得到光纤中温度与应力的变化。

（1）温度监测

系统通过获取光纤布里渊散射频谱数据，实现海缆温度的实时监测，主要实现功能如下。

1）复合海缆热场建模（含环境温度库、海缆材料库建立）。

2）BOTDA温度数据分析。

3）海缆光纤温度、导体温度映射关系表。

4）海缆温度预警功能，包括超限预警、超限报警和变化率报警。

5）测温系统自身安全自检及预警功能。

6）海缆工作状态、参数可视化显示。

7）海缆故障原因初步分析。

8）海缆监测查询数据库建立。

（2）应力监测

系统通过获取光纤布里渊散射频谱数据，实现海缆应力应变的实时监测，主要实现功能如下。

1）复合海缆结构建模（含海缆材料库建立）。

2）复合海缆应变场建模。

3）BOTDA应变数据分析。

4）海缆工作状态、参数可视化显示。

5）海缆故障原因初步分析。

6）海缆监测查询数据库建立。

（3）扰动监测

系统通过使用光纤干涉原理构建的分布式传感安全保障系统，实时监控海缆受到的各种扰动等现象，并发出警报与定位，实现海缆扰动的实时监测，主要实现功能如下。

1）对海缆外部扰动进行监测，实时监控海缆可能遭受的破坏，对于突发的危害事件进行预警及定位。

2）光纤受损后可自动检测并定位受损点。

3）报警输出接口。系统可以通过RS232、RJ45接口以及继电器输出与其他控制设备进行互连，在应用中可与其他任何报警控制主机连接，提供信号进行声光报警，信号输出准确、完整、可靠。

4）故障自查功能。系统具有故障自查功能，能够实现光缆连接及解调设备故障自动检测。

5）报警功能。主界面实时显示系统报警状态，出现报警信号时可在电子地图上标明报警位置，并显示该位置的具体地理位置信息和该点处的可疑侵害事件。通过电子地图客户可以很快知道报警的具体位置，提高了执勤人员对威胁安全事件的反应和处理效率。

（4）AIS配合

系统通过集成AIS模块和雷达系统模块，实时监控海缆路由海面上的各种船舶信息，实现对海面上的船舶进行实时监测，主要实现功能如下。

1）实时收集装有AIS设备船舶的AIS信号，配合全球定位系统（GPS），获得进入海缆保护区船舶的标识信息、位置信息、运动参数和航行状态等重要数据，及时掌握附近海面所有船舶之动静态信息，并能显示和自动存储。

2）根据船舶航行速度、在海缆保护区内停留时间等参数设定和修改预警、报警限值。提供具体的预警、报警限值及其说明。

3）实时显示系统报警状态，系统发现进入海缆保护区内的船只存在减速或停止航行等疑似抛锚或者施工作业迹象时，系统在电子地图上突出显示可疑船只及报警信息，并能进行声光报警。

4）系统能向通过海缆保护区时减速（减速时间及减速量可以通过软件参数调整）或停止航行等疑似抛锚或者施工作业迹象的船舶点对点发送中/英文安全预警短信息（短信息内容可编辑）和向监测范围海域内所有船只进行电台呼叫，提示其不要在海缆保护区内停留和抛锚，避免海缆遭到破坏。

5）提供历史数据查询、统计等功能，并提供数据库字典。

6）能向通过海缆保护区的船舶发送预警信息，提示其不要在海缆保护区内停留和抛锚，避免海缆遭到破坏。

7）雷达跟踪，在指定的自动记录区域计算机系统对目标进行自动检测、录取和跟踪，也可人工干预，对目标进行人工检测指定和释放。

8）雷达目标显示控制，可给不同目标加上抛锚、认可和碰撞监视等标志，给定目标赋予速度矢量或只指示目标位置，可用船名、呼号或其他预先提供的名称代替系统目标标识符，可用预先约定的符号显示目标的不同运动状态（正常、低速、高速和碰撞等）。

9）雷达测量，可显示目标所在点位置数据、目标数据（识别符、航向、航迹、经纬度、时间和状态等）及浮标数据，可设定参考点或参考目标，显示选择目标相对于参考点或参考目标的有关数据。

## 系统安装

1．系统配置

海缆在线监测柜集成了BOTDA设备、扰动设备、路由器、计算机机箱、显示屏和雷达处理器。另外，平台还需要安装AIS设备用于船只监测。

2．系统供电及接线

1）平台提供一路220 V的应急电给海缆在线监测盘柜，其余硬件设备的供电由盘柜内部自带的PDU插座提供，如图2所示。

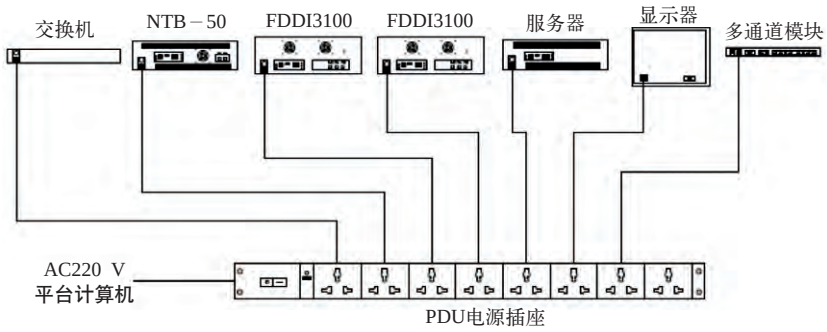


图2　盘柜供电图

2）海缆在线监测盘柜集成了计算机机箱和显示器，所以盘柜和主站间的电源线和通信网线均在内部连接完成；机柜布置图如图3所示。

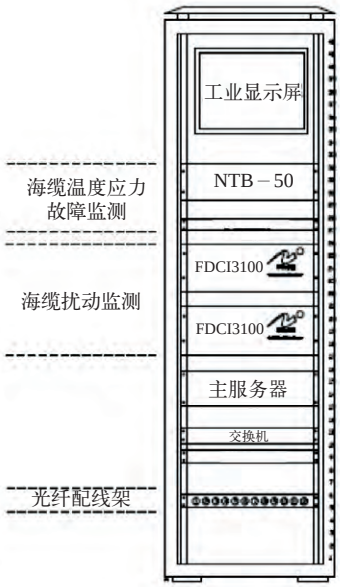


图3　盘柜布置图

3）海缆扰动系统采用3芯光路，各占用两条海缆中的3芯单模光纤作为传感光纤；占用其中一条海缆中的3芯单模光纤作为通信光纤，该3芯通信光纤中选取2芯通过波分复用技术同时作为海缆温度应变系统的2芯传感光纤；海缆温度应变系统占用另外一条海缆的2芯单模光纤作为传感光纤。合计其中一条海缆需要6芯单模光纤，另外一条海缆需要5芯单模光纤。

本套监测装置可以监测3根海缆，将来自井口平台的3根海缆光纤接入在线监测盘柜，实现海缆的实时监测。海缆光纤接入盘柜的光纤配线架上。

## 结束语

通过对海底光电复合电缆中光纤温度、应力、扰动等参数的测量，实现了对海缆实时在线的安全监测，能够保证组网平台电力系统的安全运行。EA

（收稿日期：2015.11.15）
（编辑：杨得润）