

浙江省电力学会2013年度 优秀论文集

浙江省电力学会 编



浙江省电力学会2013年度 优秀论文集

浙江省电力学会 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书收录了浙江省电力学会 2013 年度部分优秀论文, 共 90 篇, 分别选自第十届长三角电机、电力科技分论坛交流材料, “优秀青工科技论文” 二等奖获奖论文, 以及学会组织、举办的其他学术交流活动材料。论文内容涉及海洋经济与电力发展、电网技术、发电技术、综合管理等, 介绍了近年来电力科技应用和管理提升方面的主要成果。

本书可供电力行业相关技术人员和管理人员参考阅读。

图书在版编目 (CIP) 数据

浙江省电力学会 2013 年度优秀论文集/浙江省电力学会编. —北京: 中国电力出版社, 2014. 1

ISBN 978-7-5123-5416-6

I. ①浙… II. ①浙… III. ①电力工业—科学技术—文集 IV. ①TM-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 001121 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

*

2014 年 1 月第一版 2014 年 1 月北京第一次印刷

880 毫米×1230 毫米 16 开本 31.25 印张 932 千字

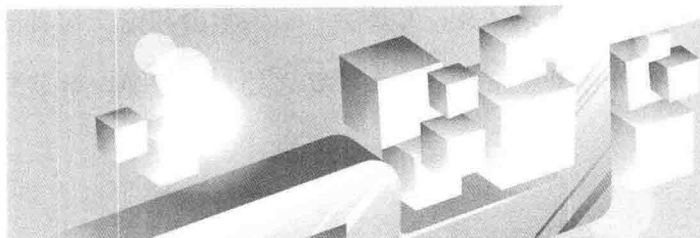
定价 100.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签, 刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



前 言

2013年，浙江省电力学会着力打造精品学术交流平台，创新学术交流载体，加强与兄弟学会的学习和互动，鼓励会员和广大电力科技工作者积极探索创新、及时总结提高，涌现了许多高质量的论文和报告，取得了丰硕的科研成果。

一年来，浙江省电力学会组织了一系列卓有成效的学术交流活动。与上海市电机工程学会、江苏省电机工程学会、浙江省电机动力学会联合举办“第十届长三角电机、电力科技分论坛”；与国网浙江省电力公司团委共同举办“优秀青工科技论文”评选活动；与江苏、安徽省电机工程学会共同举办“第八届电力工业企业节能减排学术研讨会”；与华东六省一市电机工程学会共同举办“第二十一届华东六省一市输配电技术研讨会”；组织“浙江电力记忆”优秀档案论文征集评选活动；举办“2013年智能配电网与微电网关键技术与应用研讨会”等。通过邀请国内外专家、教授进行专题讲座和交流讨论，有效地推动了电力科技进步和新成果的推广应用。

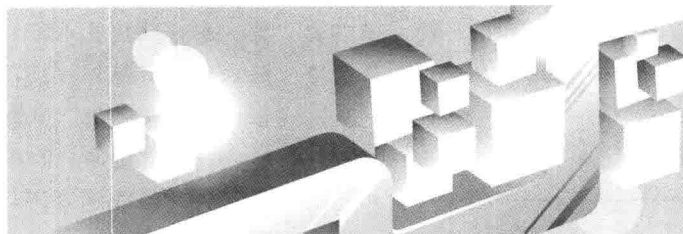
一年来，浙江省电力学会共收到各类论文投稿700余篇，推荐到各学术年会、论坛、研讨会交流160余篇，部分优秀论文已被录用发表。在此基础上，优选了未发表的优秀论文90篇，收录至《浙江省电力学会2013年度优秀论文集》一书。全书共分三个部分。第一部分论文选自《第十届长三角电机、电力科技分论坛论文集》（论坛交流材料），所选论文围绕“海洋经济与电力发展”这一主题，介绍了近年来长三角地区在海洋能源开发利用、智能电网与微电网技术、节能减排等方面取得的新进展、新成果。第二部分论文选自“优秀青工科技论文”二等奖获奖论文。“优秀青工科技论文”评选活动旨在深入开展“阳光成长导航”工程，为青年科技工作者搭建交流、学习的平台，活动评出的一等奖获奖论文已由浙江省电力学会推荐到《浙江电力》杂志上正式发表。第三部分论文选自浙江省电力学会组织、举办的其他学术交流活动，内容涉及电网技术、发电技术和综合管理等，主要介绍了近年来电力科技应用的实践成果，以及对电力企业管理提升

的深度思考。

在本书编辑出版过程中，得到了广大会员单位、兄弟学会、专委会、地区学会和论文作者的大力支持和配合，在此表示感谢。由于编者水平和时间等原因，书中不妥之处在所难免，敬请专家、读者批评指正。

编 者

2013年12月



目 录

前言

—— 第十届长三角电机、电力科技分论坛论文 ——

海底电缆一体化监控架构研究	史令彬 卢志飞 林晓波 刘东露 章正国 陈国志	(3)
9FA 燃机润滑油系统问题分析及优化	周杨军 汤 诚	(9)
新型通用大刀卡具研制与试验	周晓虎 周 秧 祝小会 吴宝贵	(14)
一种降低单芯海缆电能损耗的方法研究	郑新龙 张 磊 章正国 高 震	(19)
海底电缆运行维护新技术研究	林晓波 胡 凯 史令彬 刘东露 章正国	(23)
电能采集系统内外网数据同步校验	陈晓强 郑爱华 杜倩昀	(27)
水库调度实时在线监测报警系统研究	刘国富 楼其禄 周 涛	(32)
交直流混供区域的变压器直流偏磁现象研究	唐 昕 丁一岷	(36)
绝缘穿刺线夹应用与推广的研究及对策	林土方 周宙龙	(41)
湿法烟气脱硫节能运行与探讨	陶雷行 卫建英	(47)
烟气换热器 (GCH) 的应用与效果	邹 堃 唐星君 徐亦淳	(53)
300MW 汽轮机进汽阀内部流场的数值分析及结构改进	胡远涛	(59)
国电泰州二次再热示范机组锅炉技术特点	马新立	(65)
35~110kV 新型转向接地装置的研制	苏 晓 潘继华 邵 波 吴 鹏	(70)
10kV 配电线路新型防雷装置设计与应用	沈 鹏	(73)
应用英国 ERP 2/6 供电标准评估山江变电站供电安全水平及优化方案建议	吴 昱	(78)
用于变压器油中气体监测的半导体气敏传感器特性问题研究	张 杰 姚翔宇 董 勤	(86)
电动汽车充放电对系统经济调度的影响	童素芬 张有兵 付 荣 林祖泉 张 健	(92)

—— 优秀青工科技论文 ——

电动汽车优化充电模式研究	厉律阳	(101)
智能变电站 GOOSE 虚拟回路安全措施	黄旭亮 陈晓刚 侯伟宏	(110)
IEC 61850-80-1 在智能分布式配电终端建模中的应用	王 凯	(115)
基于智能电网的多功能电动汽车动力电池组模块化充放电系统	许 挺	(121)
SAP 物资 workflow 解析	林恺丰 贺 燕 徐 敏	(130)
变电站全自动管型母线预拱机的研制	林 宁 易永利 陈 植 陈建胜 陈小军	(137)

基于 HOMER 仿真的微电网电源配置研究·····	廉超 姜一军 陈萌 李健	(142)
基于开放平台的线路智能巡检系统研发·····		任志强 (148)
输电线路耐张引流板带电消缺技术研究及应用·····	温镇 朱丹 张唯真 曾东	陆建良 (151)
告警直传、远程浏览在 500kV 变电站的应用·····	唐晓玲 陈晓雷	肖艳炜 (157)
永磁同步电机调速系统设计·····	张国民	王伟红 (161)
地下电缆管线无缝化、智能化管理手段的探索与应用·····		贺贤华 (168)
变电站开关端子箱智能除湿法·····	刘乃杰 郭宇隼	汤晓惠 (174)
海岛风/柴/储独立系统的容量配置研究·····	郭洒洒	席东民 (177)
输电线路故障检测方法研究·····		付小平 (184)
基于日盲紫外检测技术的电晕放电检测及放电定量研究·····	陈长杰 曹辉	万晓 (202)
变电所所用电电压影响因素分析及控制策略·····	徐凯	徐昕 (209)
低压电器阻抗特性的测量、建模与硬件模拟·····	李丰	毛伟昕 (214)
小区配电房变压器优化运行研究·····	周健科	沈佩琦 (220)
一种海底电缆深埋敷设施工技术·····	吴爱国 丁兆冈	袁舟龙 (227)
临近带电线路铁塔组立施工新方法·····	杨新益	聂建波 (231)
电网 GIS 综合展示平台开发应用·····	钟一俊 贺沛宇 黄海潮	沈潇军 (236)
高压断路器“储能超时”告警信号相关回路的改进分析·····		许欣 (241)
高压开关柜局部放电带电检测技术应用与研究·····	陈凯 巩晶	苏许玮 (245)
基于遗传算法的网络重构在配电网中的应用·····	曹松钱 黄致远	陆书恒 (250)
能量与备用市场出清的数学模型·····		钱程 (257)

—— 其他学术交流活动论文 ——

(一) 电网技术

基于 HOMER 的微型可再生能源系统优化设计·····		汤耀景 (263)
“三双”接线模式在配网规划中的应用研究·····	朱涛 张晶 徐华 周灵刚	汤易 (270)
杭长铁路客运专线外部供电方案研究·····	周啸波 金玉洁	宁康红 (276)
电网节能减排关键措施定量评估方法研究·····	张宁 宋红芳 程颖 杨江	刘清宇 (280)
水调系统信息采集优化·····	郑爱华 陈晓强 吴晓刚 叶伟康	杜倩昀 (287)
基于年度计划的节能发电调度方法研究与应用·····	黄静 郭锋 何洁	张俊 (293)
配电通信系统建设思路及模型·····	李鹏 郑爱华	俞红生 (298)
继电保护自动测试方法的研究和设计·····	张军达	陈明旭 (305)
高压线路防外力破坏激光监测预警系统的研究·····	岳灵平 俞强 章旭泳 戴建华	俞辉 (310)
浅谈当前农村地区用电检查面临的难点及对策·····		楼省吾 (314)
探析配电网模块化设计及扩展应用的管理效能·····	王建中	陆燕峰 (317)
海岛风光储流互补并网发电系统研究与应用·····	陆丽君	胡凯 (322)
装配式变电站建设研究·····		孙科 (326)
城市配网供电可靠性分析及对策·····	赵振敏	万尧峰 (333)

(二) 发电技术

滨海热电热控系统干扰问题分析与处理·····	王翔	丁俊宏 (338)
新型热电联供技术在轻纺行业中的应用模式探讨·····	林爱荣	周珠峰 (343)

电厂平衡回路逻辑分析与设计	余小敏	(348)
一体式电袋复合除尘器改造实例	卢灯林	(353)
600MW 超临界锅炉低 NO _x 燃烧协调优化研究	万朝晖	康科伟 (358)
一起排气热电偶故障导致 S109FA 燃机跳闸实例分析及改进	刘 伟	杨海滨 (364)
1000MW 超超临界给水泵汽轮机调门晃动原因分析及处理	陈 岗	(367)
燃气轮机重油前置泵的节能改造	朱江林	(370)
试论减少皮带机电机功率的可行性	陈 勇	(375)

(三) 综合管理

信息通信融合的实践与创新	王志强	蒋城颖	(379)
以“五个构建”促进信息通信融合发展	杨 威	刘长胜	(388)
绍兴电力通信网分布式容灾中心建设	丁伟强	唐立新	张 倩 (393)
电网企业涉密载体全寿命周期管理探索			
.....	薛公木	金 菲	王 雯
对涉密会议管理现状的调查、分析和思考	张 航	倪 晶	王秋嘉
电网企业的信息安全保密管理探讨	金 明	吴侃侃	陈 浩
浅谈供电企业信息公开与保密管理工作	王 广	高 祺	顾曦华
浅谈供电企业应急能力评估的方法			沈 芊
浅谈电力营销法律风险成因及对策			周晓菲 (414)
“赛前心理调适”在国网浙江省电力公司竞赛选手培训中的应用	柳永峰	毛善华	(418)
浙江电网青年志愿助老行动的实践与思考	章谢敏	袁跃飞	(423)
“美丽夕阳”暖心工程的探索与实践	金向妮	陈 江	金燕娟 (427)
推进与社区互动 探索老有所养新路	许和平	庄 毅	张冰冰 (432)
强作风送温暖促和谐 构建“一区三建三联”工作体系	周 宏	王勇娟	钟兆发 (437)
浅议新形势下电网企业老年活动中心的作用发挥	赵建兰	汪建萍	沙 力 (441)
企业档案数字化业务外包工作实践与思考	王荣潮	傅海静	刘华翔 (446)
如何做好电子照片的整理与保存	黄 萍	卜 华	(451)
数字档案再现“浙江电力发展记忆”			朱留明 (458)
档案编研在传承“电力记忆”中的实践与创新	郑洪华	何伊娜	(461)
电源建设工程档案管理的实践与思考			张 屏 (467)
浅谈企业记忆之窗建设的意义与途径			李 敏 (470)
探索图档管理系统建设 记录海岛电网发展记忆	周波达	何伊娜	蒋 奕 (473)
试论科技档案再现企业建设记忆的作用与方法			徐悦红 (476)
			黄红勤 (480)
			(488)



第十届长三角电机、电力 科技分论坛论文

海底电缆一体化监控架构研究

史令彬 卢志飞 林晓波 刘东露 章正国 陈国志

(国网浙江省电力公司舟山供电公司, 浙江 舟山 316021)

【摘要】 针对目前海底电缆监控所存在的技术问题, 本文提出了一种海底电缆一体化监控架构, 建立了一体化监控架构模型, 并通过多传感器融合技术及网络技术实现了该架构。基于该架构的一体化监控系统能同时对海底电缆运行状况及海底电缆敷设区域海面船只进行全天候实时监控。最后, 以舟山朱家尖到登步岛的 110kV 南双 1953 线、沙屿 1954 线为实验对象试用该监控系统, 实验验证该监控架构的可行性和监控系统的长期效应。

【关键词】 海底电缆 一体化 监控架构 多传感器融合

0 引言

浙江省舟山市地处东南沿海, 是我国首个地市级群岛城市。舟山群岛共由 1390 余个岛屿组成, 深水岸线资源丰富, 其中有 103 个岛屿有人居住, 现已实现户户通电。截至 2012 年底, 舟山供电公司管辖的输、配电海底电缆已达 48 段, 回路长 260km 以上。其中, 110kV 海底电缆 16 段 105km, 35 千伏 19 段 115km, 10kV 海底电缆 13 段 40km。目前, 海底电缆安全运行主要取决于海面因素、海底电缆自身因素、海床因素这三大安全因素。其中海面因素占的比重最大, 风险事故率最高, 据统计约占 95%, 该类风险包括渔业、航运以及海洋工程等活动及锚害风险。在 2005 年 9 月至 2006 年 12 月, 舟山海底电缆事故 6 起。事故处理过程中拉闸限电及海底电缆修复等给舟山供电公司带来了巨大的经济损失。因此, 采用先进技术全面监控舟山电网海底电缆安全运行及路由水面的船舶航行情况显得非常必要。针对目前海底电缆监控所存在的技术问题, 本文根据舟山的地理环境和舟山电网的网架结构, 提出了一种海底电缆一体化监控架构。基于该架构的一体化监控系统不仅能对海底电缆运行状况及海底电缆敷设区域海面船只进行全天候实时监控, 而且能辅助抢修公司进行现场事故处理, 有效保障海底电缆安全稳定运行。最后, 在舟山朱家尖到登步岛的 110kV 南双 1953 线、沙屿 1954 线海底电缆段架设该一体化监控系统, 通过实验验证该架构的可行性及其长期效应。

1 一体化监控架构模型分析

海底电缆一体化监控架构模型示意图如图 1 所示。该模型主要由船舶监控、海底电缆监控、事故预警及一体化监控平台四部分组成。

1.1 船舶监控部分

海底电缆禁锚区内船舶监控可以预防海底电缆免受锚害威胁, 是保障海底电缆安全运行的重要因素。目前, 船舶监控多采用 AIS (automatic identification system, AIS) 监控、雷达监控、CCTV 监控, 但不同的监控方式都有其自身的限制^[2~6]。例如, AIS 监控又受船舶 AIS 设备的安装覆盖率和开启率等影响, 一些船舶无法在海图上显现, AIS 系统无法实现对这些船舶的监控和预警; 雷达监控在其监控范围内的运动物体都会纳入分析范围, 舟山多风浪, 雷达会将非船舶物体如浪花等识别为船舶信息, 常发生误报警现象且受障碍物影响 (例如, 岛屿之间的小岛) 雷达监控不能监控到障碍物背后的

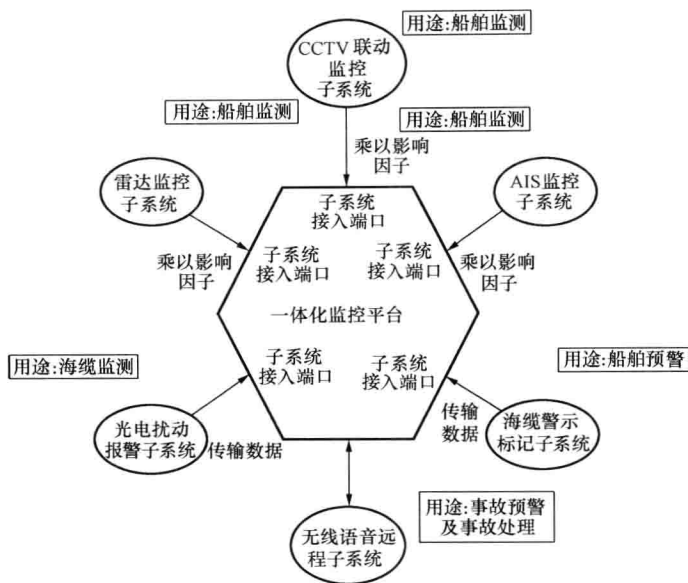


图1 海底电缆一体化监控架构模型示意图

子系统的误报率 W_L ，其对应漏报率为 L_C 、 L_A 、 L_L ，则整个船舶监控系统的报警准确率

$$C = [(1-W) \times L] / [(1-W) \times L + W]$$

其中， W 为所有报警设备的误报率乘积， L 为所有未报警设备的漏报率乘积。假设某一时间点分析场景，CCTV 子系统报警，其他两个子系统无报警，则 $W = W_C$ 、 $L = L_A \times L_L$ 。通过该数学模型分析可知，融合后船舶系统的监控准确率将比单个监控系统建立数学概率模型的监控准确率高。

1.2 海底电缆监控部分

在海底电缆内衬层和铠装层之间布置光纤（光电复合海底电缆），采用 BOTDA（布里渊光时域分析）技术，可以对海底电缆中光纤的应变和温度进行监控，从而分析推算出海底电缆的温度、载流量、应力及扰动情况。

海底电缆中的光纤一旦受力就会产生应变，此应变可以通过 BOTDA 监测得到。而光缆在受外力作用时，其传输性能的变化可通过 OTDR（光时域反射仪）测得。BOTDA 的测试原理^[7,8]是利用光纤应力或温度的变化与光纤中背向布里渊散射光频率漂移量的线性关系，通过测量光纤中的背向布里渊散射光的频率漂移量得到光纤沿线全程的应变或温度分布信息。

通过该技术引入光电扰动报警子系统。该系统可对岩石定点摩擦海底电缆等不可见事件进行数据积累，为海底电缆日常维护提供磨损事件数据库，对海底电缆扰动进行分析并判断海底电缆是否发生外力损坏事故，对海底电缆的温度关键区域进行实时监测并计算相应载流量，最大限度提高海底电缆的运营效率，当某个位置温度过高时则产生预警并定位。同时该系统可以集成其他已有监控系统，为突发事件的责任追索提供第一手证据。

1.3 事故预警部分

海底电缆事故预警部分主要由海底电缆警示标记子系统和无线远程语音子系统组成。

海底电缆警示标记子系统是在海底电缆敷设海域的两端安装海底电缆警示牌，该警示牌采用蓄电池或风光互补独立供电系统供电。晚上警示牌能发出闪动的海底电缆预警光，提醒过往船只此处为海底电缆敷设海域禁止抛锚和相关作业。该系统设有无线收发装置，用以监控警示牌的工作情况，以便警示牌的维护。

无线远程语音子系统通过无线遥控终端接收主控机发送来的信息，经过 CPU 分析处理，通过语音

船舶情况，监控范围有限；CCTV 监控无夜视、雾视和自动跟踪功能，报警功能受环境影响大，智能化程度低，夜间及恶劣环境下无法达到有效的视频监控报警效果，且监控范围有限。因此，一体化监控架构在船舶监控方面采用多传感器融合技术将雷达监控的船舶信息、AIS 监控的船舶信息、CCTV 热成像船舶信息融合在一起并在海图上显示。该技术可提高系统智能化程度，提高船只报警准确率，避免船只误报警和漏报警。图 1 中三套系统可通过其自身的监控信息和影响因子搭建数学模型，其中影响因子可理解为系统监控的准确率，该影响因子系数还受环境条件限制，如白天 CCTV 联动监控系统监控准确率高则影响因子系数大，晚上准确率低则系数小。建立数学概率模型，假设 CCTV 联动监控子系统的误报率为 W_C 、AIS 监控子系统的误报率为 W_A 、雷达监控

电路模块、电声警报驱动模块控制声音播放器发出警告语音，提醒船只不在禁锚区内违章锚泊。若天气良好时，该系统还能自动播放海底电缆保护宣传语音。

1.4 一体化监控平台

海底电缆一体化监控平台是对船舶监控、海底电缆监控及事故预警处理的一种集中管控。该监控平台既要体现各监控子系统的独立功能，又能将各监控系统的监控信息进行分析处理，从而提高海底电缆安全运行的可考性。

海底电缆一体化监控平台采用插件式框架平台进行开发。插件式框架平台将整个应用平台系统划分为宿主程序和插件对象两部分，宿主程序能够调用插件对象，插件对象能够在宿主程序上实现自己的逻辑，而两者的交互基于一种公共的通信契约 TCP/IP 协议。一体化监控平台采用多层架构设计，通过统一的开发模式和基础功能，在系统管理，插件管理，UI 控制，权限控制，网络异步通信，多数据库访问，多人协作开发等方面提供了基础支撑。系统还采用多传感器融合技术进行异类传感器组网数据融合^[9,10]，并做到空间对准，即将雷达、AIS 等的点迹转换到统一坐标上，然后对转换后的点迹修正系统偏差并进行系统误差估计。系统误差的估计采用事先估计和实时在线估计两种方式相结合进行。事先估计可根据不同的应用条件，如已知目标真实位置，采用最小二乘的独立对比估计法；实时在线估计则和点迹融合、航迹融合同时进行，且构成反馈，可进一步提高系统误差修正的效果。不同种类传感器接力方式，例如，雷达、AIS，对远距离目标进行搜索，一旦发现目标，把目标方位信息提供给红外传感器，当目标进入红外探测区域后，红外传感器对目标进行识别跟踪，最后由可见光摄像机进行近距离的识别、告警。

2 一体化监控架构模型实验分析

2.1 一体化监控架构软硬件搭建及功能实现

舟山朱家尖到登步岛的 110kV 南双 1953 线、沙屿 1954 线为 5km 海底电缆段，是舟山电网主干线也是传统锚地。选择该段光电复合海底电缆为一体化监控实验对象，并架设海底电缆一体化监控系统。其对应的硬件系统架构示意图及软件系统架构示意图如图 2 所示。

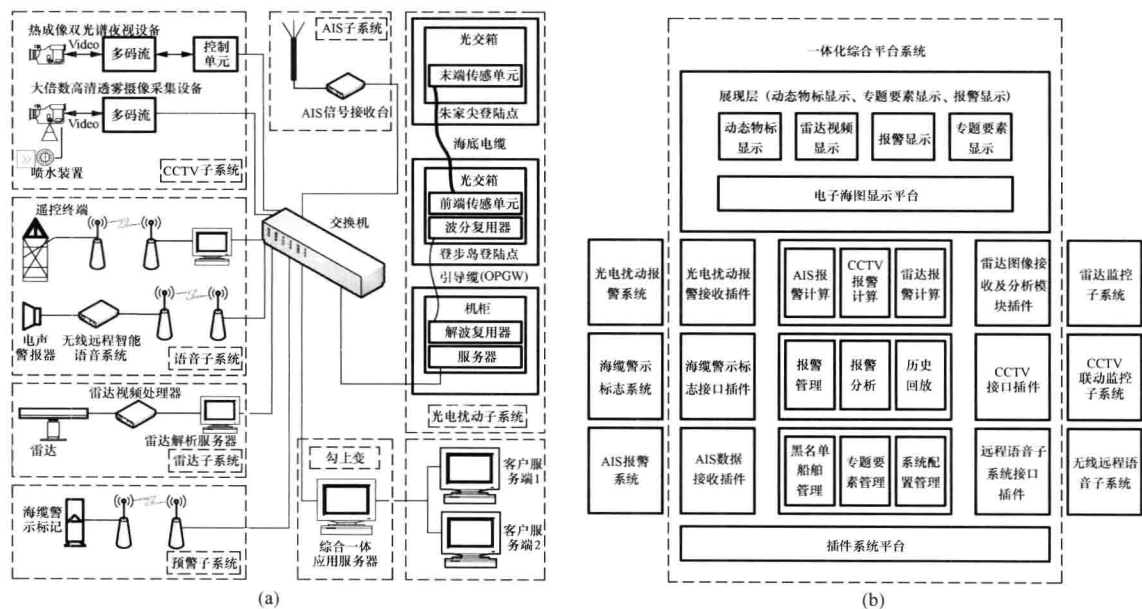


图 2 硬件系统架构示意图及软件系统架构示意图

(a) 硬件系统架构示意图；(b) 软件系统架构示意图

图 2 中 CCTV 及雷达子系统架设在海底电缆朱家尖登陆点的瞭望台上, 海底电缆警示标志及远程语音装置设置在海底电缆瞭望台附近。AIS 数据源及光电扰动数据由其对应的监控子系统提供。各装置监控到的数据通过接收及接口模块接入软件系统, 接收及接口模块支持 WebService 和 TCP/IP 两种协议。插件接收的数据可分为四类, 一是物标动态数据, 包括 AIS 船舶动态, 雷达船舶动态; 二是专题数据, 包括海底电缆警示标志设备的状态数据, 无线远程语音设备的状态数据等; 三是视频数据, 包括 CCTV 视频数据和雷达视频数据; 四是报警数据, 包括光电扰动报警数据, 海底电缆警示标志报警数据, CCTV 报警数据。这些数据经系统软件分析处理, 时间排序显示在电子海图上, 用以监控海面船舶、海底电缆、警示标志、远程语音装置的运行状况。

一体化监控系统的显示界面如图 3 所示。图 3 中的显示界面分电子海图显示界面、视屏联动追踪及热成像显示界面三部分。电子海图显示界面是一体化综合平台系统的主要展现窗口。电子海图显示界面支持电子海图、陆图的调图、拼接、显示, 支持鼠标拖动漫游、拉框放大、鼠标滚轮推拉放大缩小、海图旋转操作。电子海图上显示船舶物标的航速、航向、船艏向等信息, 同时可自定义船舶显示颜色和符号。电子海图界面可直观显示输电海底电缆和海底电缆预警、报警区域, 支持无限远程语音设备的位置和状态的显示, 能够直观显示 CCTV 视频监控点在电子海图上的位置, 可直观显示雷达位置和雷达覆盖范围, 可直观显示光电扰动报警设备的位置及海底电缆警示标志的位置和状态等。当发生船舶预警和报警时, 可在电子海图平台上突出显示报警和预警信息, 包括报警位置和报警类型。视频联动追踪及热成像显示界面配合电子海图显示界面用以监控海面船舶的实际动向。

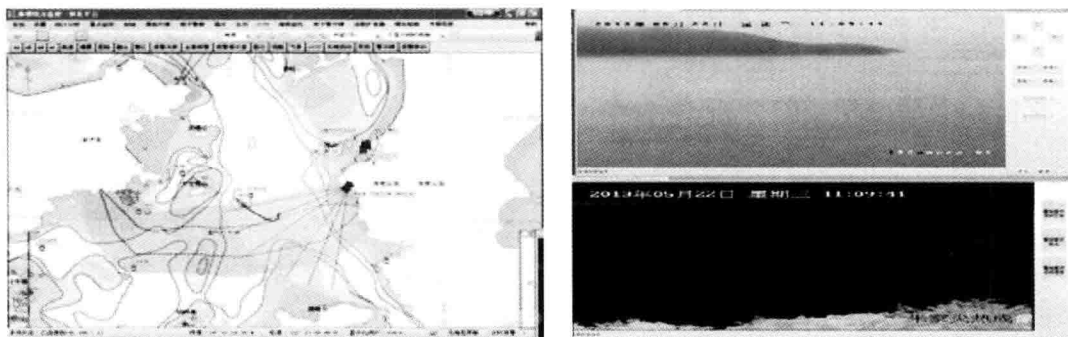


图 3 一体化监控系统的显示界面

一体化监控平台的操作流程如图 4 所示。图 4 中, 先通过电子海图对船舶进行监控, 一旦有异常船舶(航速慢, 将抛锚或已抛锚)进入海底电缆禁锚区则触发报警和报警定位。报警定位后查看船舶信息及航行轨迹并视频联动追踪船只动向。接着查看海底电缆警示标记是否处于正常工作状态, 查看海底电缆在线监控信息。最后预警提示船舶驶出海底电缆禁锚区。

2.2 长期效应分析

一体化监控系统造价 500 万元, 已运行 1.5 年。1.5 年内统计的监控系统报警情况见表 1。

监控方式	报警次数	误报次数	漏报次数
AIS 监控	53	0	4
雷达监控	65	8	0
CCTV 监控	33	0	24
光电扰动监控	0	0	0
一体化监控	57	0	0

由表 1 可知, 1.5 年内 AIS 报警 53 次, 漏报 4 次; 雷达报警 65 次, 误报 8 次; CCTV 报警 33 次, 漏报 24 次; 光电扰动报警 0 次; 一体化监控报警 57 次, 无误报和漏报。其中极可能发生海底电缆外力损坏事故的有 4 起。由表 1 的统计结果可知, 一体化监控的报警准确率最高, 在其运行期间未发生海底电缆外力损坏事故。

一次海底电缆外力损坏事故将造成直接损失 100 万元(不包含由停电带来的间接损失), 1.5 年时间以避免 4 次极易发生的事故计算, 该一体化监控系统产生的直接经济效益 400 万元。同时该系统监控范围广, 监控准确率高, 报警准确率高, 对事

故响应及时,为舟山朱家尖到登步岛的 110kV 南双 1953 线、沙屿 1954 线 5km 海底电缆安全运行做出重大贡献,可以推广应用。



图4 一体化监控平台操作流程

3 结束语

海底电缆监控一直是一项难度极大的综合管控工作。传统的人工维护,不仅效率低维护费用高而且大都是事后处理,未能根本上解决海底电缆外力损坏问题。本文结合海底电缆安全运行的三大因素和目前国内外已有的先进监控方式,提出了一种海底电缆一体化运行监控架构,研究设计了一套海底电缆一体化监控系统。该系统能全天 24h 监控海底电缆敷设区海面船舶情况,监控海底电缆运行情况,且系统监控准确率及报警准确率高。系统安全运行 1.5 年,有效预防 57 起可能发生的海底电缆外力损坏事故,避免极易发生的海底电缆外力损坏事故 4 起,带来直接经济效益约 400 万。该系统架构对保障海底电缆与电网安全具有重要意义。

参考文献

- [1] 梅小卫,何才豪,黄小卫.海南联网工程海底电缆路由海面监控方案研究[J].中国水运,2011,11(11):86-89.
- [2] 史令彬,林晓波,刘东露.用于海底电缆免受过往船舶损坏的监控装置:中国,ZL200910153348.3[P],2012-02.
- [3] 江潮,苏祥芳.基于网络的数字视频监控系统[J].武汉大学学报,2000,46(5):608-612.
- [4] J. F. Vesecky, K. E. Laws, J. D. Paduan. Using HF Surface Wave Radar and the Ship Automatic Identification System (AIS) to Monitor Coastal vessels [C]. Proc. IGARSS2009, IEEE Press, Piscataway NJ (2010).
- [5] 龚瑞卿. AIS, CCTV, VTS 整合及功能拓展 [J]. 中国水运, 2005 (10): 42-43.
- [6] L. Najman, M. Schnlilt. Gcudcsic saliency of water shed cootours and hierarchical segmentation [J]. IEEE Transations on Pattern Analysis and machine intelligence. 1996 (12): 1137-1163.
- [7] 赵宏波,丁健,赵子岩.基于BOTDA的OPGW光缆应力应变测量[J].电力系统通信,2010,31(207):20-23.
- [8] 李卓明,李永倩,赵丽娟.光纤布里渊传感器在电力系统光缆监测中的应用探讨[J].电力系统通信,2006,27(161):37-41.
- [9] 邵锡军,周琳.预警探测系统雷达组网技术研究[J].现代雷达,2003,25(9):1-4.