

UWB定位技术的应用研究

高思琪, 孙建平

(华北电力大学 控制与计算机工程学院, 河北 保定 071003)

摘要: 电厂的安全生产涉及设备安全和人员安全, 安全生产形势依然严峻, 人身伤亡、设备损毁事故高发。随着数字电站建设及推广电力现有业务模式面临重大挑战, 需要提前谋划变革和转型。设备安全通过采用更精准的室内定位技术作为运行、检修、点检等生产管理方法, 结合监控系统和生产管理系统, 建立了一个信息物理融合系统, 对设备的安全管控, 实现更智能管控。采用的超宽带 (UWB) 定位技术具有时间和空间分辨率高、保密性好、穿透能力强、定位精度高等优点, 为高精度室内定位提供了很好的解决方案。本文介绍的是超宽带定位技术在电厂主动安全方面的创新应用, 针对超宽带室内定位精度展开试验验证其可行性。

关键词: 超宽带定位技术; 信息物理融合系统; 电厂主动安全

DOI: 10.3969/j.issn.1671-1041.2019.03.022

中图分类号: TN925

文献标志码: A

文章编号: 1671-1041(2019)03-0077-06

Research on the Application of UWB Positioning Technology

Gao Siqu, Sun Jianping

(School of Control and Computer Engineering, North China Electric Power University, Hebei, Baoding, 071003, China)

Abstract: The safety production of power plant involves equipment safety and personnel safety, equipment safety through operation, maintenance, spot inspection and other production management methods, combined with monitoring system and production management system, the safety control of the equipment, these if the positioning technology as a support will be more intelligent control. In recent years, indoor location has gradually become a new field of location service. Among them, ultra wideband (UWB) positioning technology has the advantages of high time and space resolution, good secrecy, strong penetration ability and high positioning precision. It provides a good solution for high precision indoor positioning. This paper introduces the concept of ultra wideband technology and the principle of positioning. In view of the indoor positioning precision of UWB, the experimental results show that the precision of the centimeter level can be reached in the indoor environment, and the innovative application of the ultra wideband positioning technology in the active safety of the power plant is discussed.

Key words: UWB positioning technology; information physics fusion system; active safety of power plant

0 引言

当前电力生产中, 发生人身伤亡事故的情况仍旧很多。2006年全国发生电力人身死亡事件48起, 死亡人数达到106人^[1]。2017年, 全国发生电力人身伤亡事件53起, 死亡人数达到62人。可以看出, 过去10多年, 全国电力安全生产人身死亡事故的情况虽有减少, 但仍然很高, 安全管理的问题没有得到根本解决。如果通过主动、实时的安全提醒、预防和控制, 建立全厂智能化本质安全防控体系,

就可避免人身伤亡事故的发生。

电力生产现场非常特殊, 电厂范围大, 设备众多, 管线复杂, 需要管理和维护的设备众多。而保证电厂工作人员按照指定的规则巡检这些设备, 防止工作人员进入危险区域, 以及了解厂区工作人员的状况, 是电厂管理者急需解决的问题。其中, 获取人员的实时位置是电厂管理中关键的环节。例如, 在人员管理中, 通过获取人员的位置, 判断该员工的工作状态, 了解关键岗位、安全相关岗位人员是否及时到岗, 是否擅自离岗; 通过记录员工的运动轨

收稿日期: 2018-12-27

作者简介: 高思琪 (1994-), 女, 河北衡水市人, 硕士研究生, 研究方向: 模式识别与智能控制。

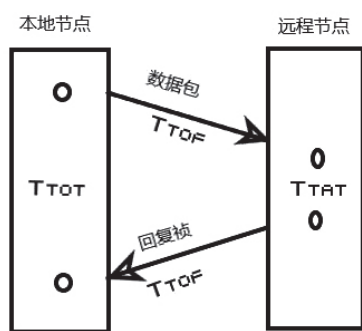


图1 前向测距过程
Fig.1 Forward ranging process

迹,可以判断员工是否巡更了设备;通过划定危险区域电子围栏,可以及时对进入或接近危险区域内的人员及时预警等。

超宽带(UWB)技术是近年来新兴的一种高速传输数据的无线通信技术,其传输速度,最高可达1000Mbps以上。UWB具有抗干扰性能强、传输速率高、带宽极宽、消耗电能小、发送功率小等诸多优势,正是这些优点,使它在室内定位领域得到了较为精确的结果,精度达到10cm级、一般遮挡30cm;它利用纳秒至微秒级的非正弦波窄脉冲传输数据。不需常规窄带调制所需的RF频率变换,脉冲成型后可直接送至天线发射^[2]。超宽带信号的辐射非常低,其电磁波辐射通常只有手机辐射的千分之一,对人体的影响也会很小,低于WIFI。因此,在工业上应用时,其不存在对其他仪器仪表的干扰问题,故可以大量应用于工业环境的特殊实时定位需求。

本文是基于UWB定位技术所研究的电厂安全主动系统所应用的定位系统,以室内定位建立一个小范围预测模型,并通过在水电厂的仿真结果证明其实效性。通过在电厂三维模型中,应用高精度定位技术、无线通讯技术,结合视频、门禁的联动控制,集成设备台账、实时数据、工单、两票、巡点检等一系列设备运行和生产管理数据,建设一个与电厂真实生产场景完全一致的虚拟空间,即信息物理融合系统(CPS)。在信息物理融合系统中建立主动安全数据库,将人员任务与主动安全数据库对接,在人、机、料、法、环5个维度对人员的生产作业的全过程进行主动安全监控,实现本质安全管理。

1 UWB(超宽带)定位技术

1.1 UWB定位技术原理

超宽带(UWB)技术,采用TOF算法和TDOA算法相结合,基于TOF测距的无线定位系统采用的处理策略是分布式定位。这种定位算法是在本地移动节点中实现的,结束运算后,通过ZigBee无线网络把定位结果发送到主控

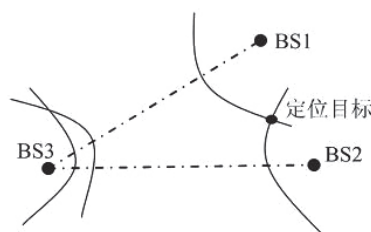


图2 TDOA定位原理
Fig.2 TDOA Positioning principle

节点;定位测距是采取基于传输时间特性的TOF测距机制。TDOA测距是依据双曲线的定位原理,测得定位目标的UWB信号同时到达两个接收机的时间差,时间差乘以光速就可获得距离差^[3]。因为到达两个定点的距离差为定值的轨迹是双曲线,根据两个或者多个双曲线的交点,可以求得待定位点的目标位置。

1.2 TOF测距

TOF测距机制采用类似于到达时间TOA传输时间差测距方法,距离测量是使用双向通讯时间,传输时间测量机制是很精准的。TOF测距可以实现前向和反向两个方向的测距,在前向测距中,测距的主动节点是本地节点,在此系统中为移动节点。由本地节点发送数据包,此系统中的定位锚点也就是远程节点,接收数据包马上进行自动响应^[4];反向测距的主动节点是远程节点,由本地节点进行通知,远程节点采取测距操作,再由远程节点发送数据包,本地节点接收数据包再立刻进行自动响应^[5]。如图1所示,该图是前向测距的进行过程,本地节点发送测距请求,然后再发送数据包,该数据包被远程节点接收后,对响应帧进行回复。

在此进行过程中,数据帧和回复帧的发送或者接收的时刻被本地节点、远程节点记录,然后获取两个时间差 T_{TOT} 与 T_{TAT} 。

无线电波在空气中的单向传输时间如公式(1)所示:

$$T_{TOF} = (T_{TOT} - T_{TAT}) / 2 \quad (1)$$

两节点间的距离如公式(2)所示:

$$S = (3 \times 10^8) * T_{TOF} \quad (2)$$

1.3 TDOA定位

TDOA是指信号到达时间差,某个标签节点发送无线信号,利用到达不同定位基站的时间差,可以计算出标签节点与各个定位基站之间的距离差(通过无线信号的传播速度)。得到的距离差符合双曲线方程的条件,标签节点就在双曲线的一个分支上,可以直接求得待定位点的目标位置(通过利用两个或者多个双曲线的交点)^[6],如图2所示。

2 UWB（超宽带）定位技术在电厂主动安全创新中的应用

2.1 在电厂安全中的应用

行为安全通过多种在生产区域布置的技术装置，对现场人员的工作进行辅助、监督与防护，通过技术手段将规章制度落实到生产现场，减少现场安全违章和伤亡事故^[7]。人员定位技术目前已广泛应用于矿业、隧洞施工等领域，在电力、石化等工业行业也有试点应用。其硬件技术目前相对成熟，技术路线主要有GPS、WIFI、UWB等，GPS、WIFI定位精度不高，其中WIFI定位可作为现场无线通讯的附加功能以较低成本实现一定功能，除此以外，GPS技术路线并不适用于工业场合。UWB技术安全可靠、定位精度高（厘米级）、成本可控，较适用于电力等工业场景，UWB也是目前矿业人员定位的主流技术路线^[8]。

该项技术的应用核心在于在发电行业中的具体应用功能，目前主要总结如下：

- 1) 人员考勤及人员进出生产区管理。
- 2) 人员实时定位与轨迹管理。

2.2 关键模块功能设计

2.2.1 关于基站设计

- 1) 无线发射芯片：DW1000，设计通讯距离300m~500m
- 2) CPU：STM32L051单片机（低功耗）为主控芯片。通过SPI，读写DW1000模块^[9]。
- 3) UWB通讯距离（无遮挡）：>300m
- 4) 稳定有效覆盖半径：150m~300m
- 5) 定位精确度误差（空旷/复杂）：<10m~30cm
- 6) 支持远程固件升级：基站安装位置比较高，施工调试需及时方便，需远程升级及参数设置。
- 7) 基站间通讯：视现场环境，可选择POE交换机网络或者WIFI环境，考虑不依赖性通讯设计，自组网进行数据传输。
- 8) 为组网方便，支持WIFI接入。
- 9) WIFI模块采用MXCHIP EMW3162。内置高性能低功耗Cortex-M3微控制器、128KB RAM + 1MB Flash^[10]。可以利用MiCO的TCP/IP协议栈、多种安全加密算法来实现各种嵌入式Wi-Fi，内置WIFI瘦AP。

2.2.2 关于标签设计

- 1) 主控制器：TI-CC2640(STM32L051)。支持蓝牙，全区域覆盖性定位中针对小办公区域环境的存在性检测需求，增加扩展性，支持多种基站并存情况下的低成本应用^[11]。
- 2) 广播数据报：可设定时间间隔发送广播数据报，两帧数据报作为完整广播数据报文分析。
- 3) 有源低功耗设计：锂电池1000mah，预计工作30天。
- 4) 内置十轴传感器：监测人员、设备姿态；支持人员、设备的安全性监测，针对单基站模式，提供运动方向

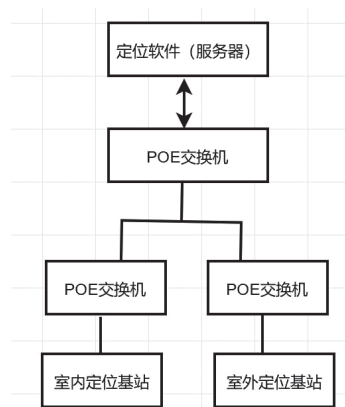


图3 有线网络传输架构
Fig.3 Wired network transmission architecture

角，作为计算中参考使用。

5) 紧急报警按钮：双键按钮，紧急情况下通过按钮向监控中心报送^[12]。

6) 天线：陶瓷板载天线。

2.2.3 关于定位模式设计

- 1) 依据不同现场环境，支持单基站、双基站、多基站定位实时精确定位。
- 2) 支持TOF、TDOA混合实时精确定位计算。
- 3) 支持低成本存在性实时定位监测。

3 利用定位技术可在电厂主动安全通讯应用中达成效果

3.1 有线网络传输架构

定位基站通过POE交换机进行供电和数据传输，将二者合二为一。如图3所示。

3.2 应用实例

对核岛建设现场安放一定数量的定位基站，对现场3000多名作业人员实行精确定位，对施工现场人员数量、人员位置完成了实时监控。考勤报表如图4所示。

软件可以显示人员的实时位置，有平面和列表两种方式，有助于管理者对人员状态的了解^[13]，在统计人数时可分区域。如图5所示。

软件对员工的运动轨迹会自动保存，管理者可以查看员工在某一时间段的运动轨迹，并查找姓名或工号。如图6所示。

系统通过软件可以设定或者删除电子围栏，可以通过设置员工的进入权限和安全距离达成电子围栏功能。如图7、图8所示。

员工如果遇到紧急突发情况，通过长按卡上面的“呼救”按钮，可以立刻发送求救命令；现场发生灾情时，管理人员可立即发出指令撤离并选定撤离区域，软件会向在

序号	姓名	卡号	工号	施工队	分包队	工种	班组	上班时间	下班时间	工作时长	操作
1	胡德胜	1523	无数据	核岛队	第五分包队	钳工	木工班核岛工程	2017-04-11 17:14:40			● ● ●
2	雷永平	1313	无数据	核岛队	第三分包队	钢筋工	郑永发钢筋班	2017-04-11 17:14:12			● ● ●
3	雷永七	1154	无数据	核岛队	许海建分包队	木工	伏龙塔综合班	2017-04-11 17:04:47			● ● ●
4	huangling	544	11	核岛队	中核二四	钢筋工	热岛控制部	2017-04-11 16:54:02			● ● ●
5	王树富	816	无数据	核岛队	王小平分包队	木工	王树正木工班	2017-04-11 16:42:54			● ● ●
6	王保成	2272	无数据	核岛队	第三分包队	钳工	魏建军班	2017-04-11 16:34:36	2017-04-11 17:08:32	0小时33分钟	● ● ●
7	王树祥	665	无数据	核岛队	第三分包队	木工	周孝义木工班	2017-04-11 16:19:39			● ● ●
8	汤元万	509	无数据	核岛队	第三分包队	钢筋工	郑永发钢筋班	2017-04-11 16:19:38			● ● ●
9	huangling	544	11	核岛队	中核二四	钢筋工	热岛控制部	2017-04-11 15:48:28	2017-04-11 16:21:20	0小时32分钟	● ● ●
10	王树	1262	无数据	核岛队	第三分包队	木工	罗中泰木工班	2017-04-11 15:47:00			● ● ●
11	汤德强	1222	无数据	核岛队	第五分包队	木工	路海平木工班	2017-04-11 15:42:06	2017-04-11 16:16:42	0小时34分钟	● ● ●
12	刘茂	898	无数据	核岛队	第五分包队	木工	刘茂木工班	2017-04-11 15:39:59			● ● ●
13	成立强	163	无数据	热岛控制部	中核二四	见习测量员	热岛控制部	2017-04-11 15:37:19	2017-04-11 15:40:50	0小时33分钟	● ● ●
14	曹勇	1514	无数据	热岛控制部	中核二四	主臂	热岛控制部	2017-04-11 15:32:28	2017-04-11 15:32:35	0小时0分钟	● ● ●
15	曹勇	722	无数据	核岛队	第五分包队	管理	管理	2017-04-11 15:18:58	2017-04-11 16:33:34	1小时14分钟	● ● ●
16	孙树志	1406	无数据	热岛控制部	中核二四	见习测量员	热岛控制部	2017-04-11 15:17:59	2017-04-11 15:44:07	0小时26分钟	● ● ●
17	李春	664	无数据	热岛控制部	中核二四	测量员	热岛控制部	2017-04-11 15:04:25			● ● ●
18	曹勇	1514	无数据	热岛控制部	中核二四	主臂	热岛控制部	2017-04-11 15:00:15	2017-04-11 15:00:40	0分钟0分钟	● ● ●
19	汤德强	1274	无数据	热岛控制部	中核二四	助理	热岛控制部	2017-04-11 14:39:32			● ● ●
20	王保成	2272	无数据	核岛队	第三分包队	钳工	魏建军班	2017-04-11 14:36:37	2017-04-11 15:41:20	1小时4分钟	● ● ●

图4 核岛建设现场的考勤报表
Fig.4 Attendance report on the nuclear island construction site

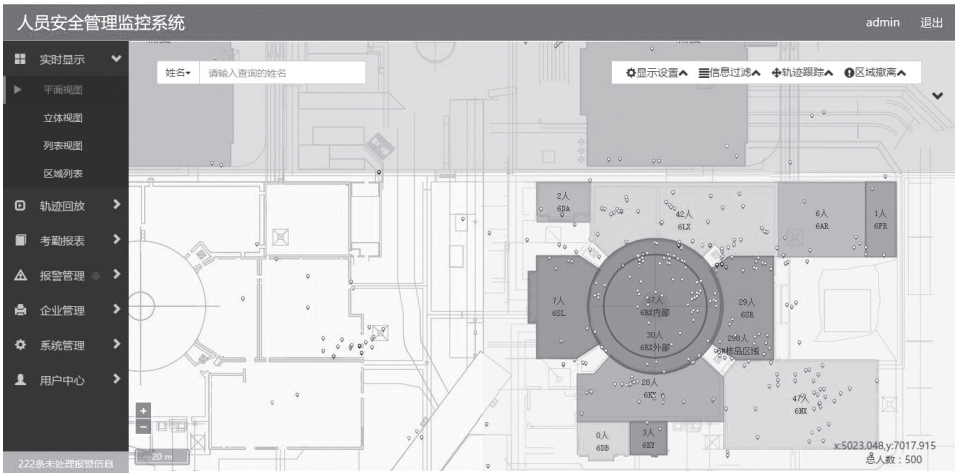


图5 人员实时位置图
Fig.5 Real-time location map

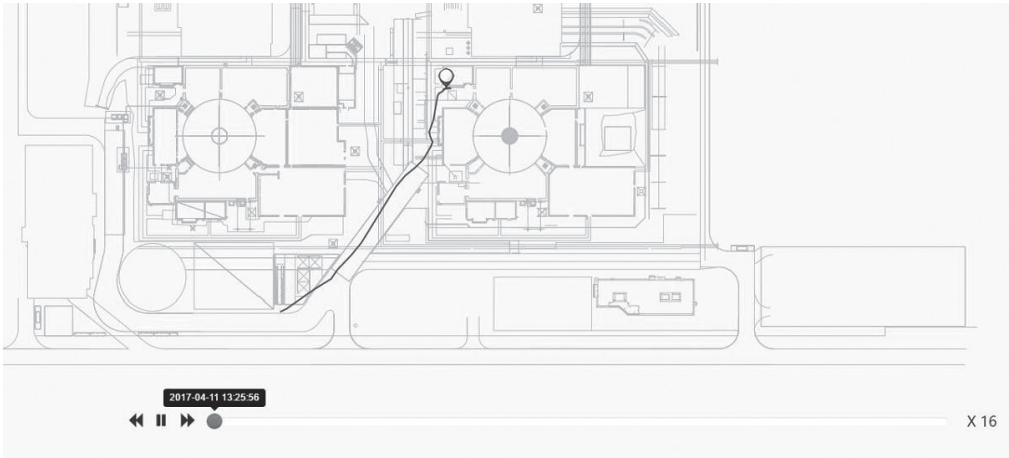


图6 员工实时运动轨迹图
Fig.6 Employee real-time motion trajectory

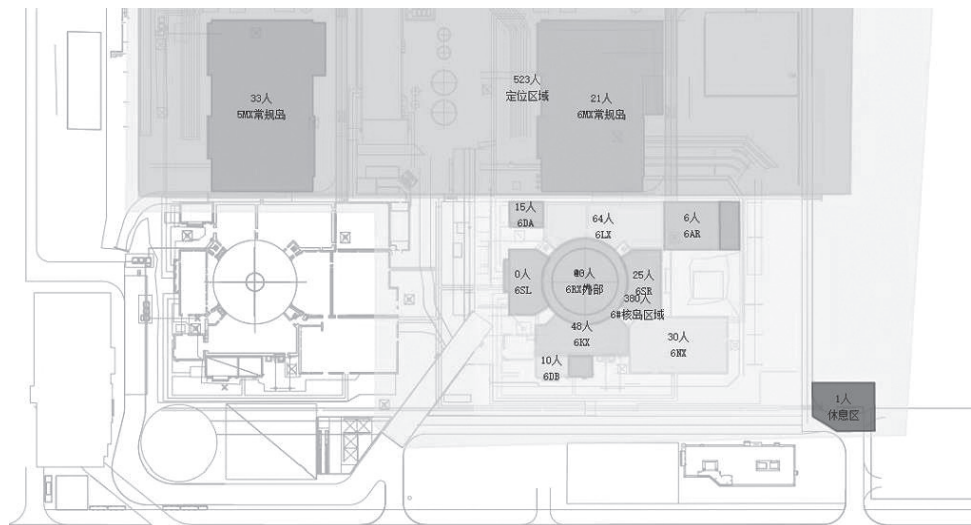


图7 电子围栏示意图
Fig.7 Electronic fence diagram

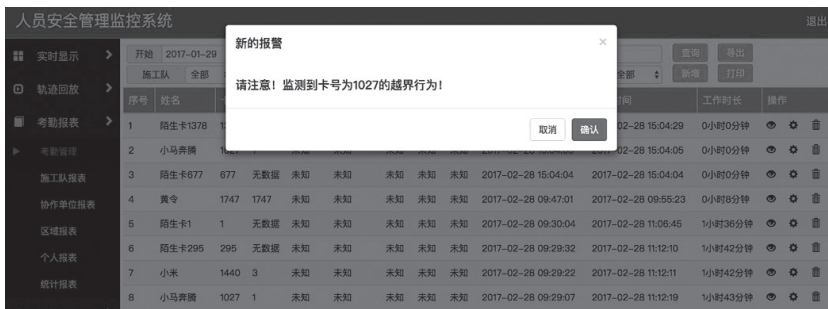


图8 报警界面
Fig.8 Alarm interface



图9 撤离区域显示图
Fig.9 Evacuation area display

该区域的员工发出撤离命令。如图9所示。

4 结论

利用UWB定位技术,实现了人员在室内、地下通道、地下厂房等处更精确的实时定位功能,解决了GPS在室内或环境复杂地方不能工作的问题。定位系统的功能包括实时监控、事件告警等^[14]。针对电厂夜间值班人员少,工作强度大的特点,设计了符合电站特点的无线定位系统,实时监控人员动态。基于UWB定位技术继续深层次研究,扩大功能实现,将可以实现实时Wi-Fi人员定位、设定Wi-Fi无线巡检、实时Wi-Fi语音调度3大功能,非常适合电厂的现场特点、工作环境和运行管理需求^[15]。在电厂实现高效智能人员定位管理、无线巡检、语音调度等方面具有新的突破。可为今后在发电厂全部区域内搭建基于Wi-Fi网络的无线人员定位、无线人员巡检、无线语音调度的综合平台提供技术支撑,为电厂完善管理手段、主动防范事故、提升安全管理水平创造有利条件,将为企业带来良好的经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] 顾逸阳. EX2100励磁系统故障及处理方法[J]. 电力安全技术, 2015,17(8):51-52.
- [2] 孟庆民,卢敏,潘甦. 无线通信原理课程的本科教学实践与探索[J]. 科技信息(学术版),2008(27):15.
- [3] 杨洲,汪云甲,陈国良,等. 超宽带室内高精度定位技术研究[J]. 导航定位学报,2014,2(4):31-35.
- [4] 李婧,温蜜,薛梅. 面向电网监测的无线传感器网络关键技术研究[J]. 上海电力学院学报,2017,33(4):367-371,384.
- [5] 付瑜. 军事演习中炸点显示系统的设计研究[D]. 成都:成都理工大学,2008.
- [6] 高性能ARM Cortex-M3微控制器[J]. 今日电子,2010(11):66-67.
- [7] 蔡红. 基于UWB的定位方法研究[D]. 北京:北京邮电大学,2015:26-48.
- [8] 吕昕. 基于UWB的危化品仓储堆垛货物定位技术的研究[D]. 北京:北京化工大学,2015.
- [9] 李赞. 直放站设备与网管系统信息交换平台的研究[D]. 北京:北京交通大学,2008.
- [10] Dai H, Lu J, Wang Y, et al. A two-layer intra-domain routing scheme for Named Data Networking [C]. Global Communications Conference (GLOBECOM), 2012 IEEE. IEEE, 2012:2815-2820.
- [11] 顾晶晶,陈松灿,庄毅. 基于无线传感器网络拓扑结构的物联网定位模型[J]. 计算机学报,2010,33(9):1548-1556.
- [12] Tomic S, Beko M. Exact Robust Solution to TW-ToA-Based Target Localization Problem with Clock Imperfections[J]. IEEE Signal Processing Letters, 2018, 25(4):531-535.
- [13] Kietlinski-Zaleski J, Yamazato T, Katayama M. TDoA UWB positioning with three receivers using known indoor features[C]. IEEE International Conference on Ultra-Wideband. IEEE, 2010:964-971.
- [14] 陈国平,马耀辉,张百珂. 基于指纹技术的蓝牙室内定位系统[J]. 电子技术应用, 2013,39(3):104-107.
- [15] 万群,郭贤生,陈章鑫. 室内定位理论、方法和应用[M]. 北京:电子工业出版社,2012.

(上接第73页)

3 EH油压低跳机定值优化与改造

当系统甩负荷OPC动作时及一次调频等工况时,系统用油量大幅增大,系统压力会有下降但要保证主汽阀不关闭,如果定值设置较高,会容易导致跳机事件的误发生。因此,在保证系统安全的前提下的最低压力设定为跳机值,将EH油压低跳机值由9.8MPa修改为9.31MPa。

4 结束语

通过取消机械超速,增加电气超速及部分跳机信号

的优化,提高了机组运行的安全性和可靠性及系统的稳定性,缩短了试验时间,提高了经济效益。

参考文献:

- [1] 哈尔滨汽轮机厂. 秦山核电二期3、4号机组设计说明书[Z]. 2005.
- [2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 固定式发电用汽轮机规范:GB/T 5578-2007[S]. 2007.
- [3] 郭德军. 一种1000MW机组超速保护系统配置方案[J]. 机械工程师,2015(10):243-244.