

DOI:10.19651/j.cnki.emt.1802235

海事 FBB 站典型故障排查与分析

陈永锋 吴波涛 杨澄雄 陈晓国 李春伟 孙文歌 孟超

(中国卫星海上测控部 江阴 214431)

摘要: 海事 FBB 站主要承担岸船数据传输以及应急通信任务,针对某船载海事 FBB 站开机后天线无法启动跟踪目标卫星故障,从设备组成和工作原理等方面出发,详细说明了故障排查的步骤。通过梳理系统自检报告和系统启动流程,测试分析各模块输出信号,定位了故障芯片。对比历史数据,分析了设备工作环境、震动、遮挡等外部因素对天线工作的影响,总结出通过温湿度控制、抗氧化处理,以及编写海事监控系统爬虫软件等预防性检修维护设备方法,对同类型设备故障的分析排查有着极为重要借鉴指导价值。

关键词: 海事 FBB 站; ATM 模块; 故障分析; 主控芯片; 抗氧化处理

中图分类号: TN92 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.5015

Typical troubleshooting and analysis of maritime FBB station

Chen Yongfeng Wu Botao Yang Chengxiong Chen Xiaoguo Li Chunwei Sun Wenge Meng Chao
(China Satellite Maritime Tracking and Control Department, Jiangyin 214431, China)

Abstract: The maritime FBB station is mainly responsible for the data transmission and emergency communication of ships. To solve the problem that the ship-borne maritime FBB station is unable to track target maritime satellite after system booting, detailed troubleshooting steps are illuminated after introducing the components and working principle of FBB station. After analyzing the system self-checking report and booting sequence, output signals of each modules of FBB antenna are measured and analyzed, and the breakdown chip of antenna is located finally. By comparing with the historical data, effects on FBB antenna of external factors such as working environment, vibration and shelters are analyzed, and methods to prevent system failures such as temperature and humidity control, anti-oxidation treatment are introduced. Preventive maintenance methods such as developing maritime FBB station surveillance software is proposed, which is very valuable for analysis and troubleshooting on the same type of equipment.

Keywords: maritime FBB station; ATM module; failure analysis; main control chip; anti-oxidation treatment

0 引言

第四代海事卫星业务具备全球覆盖的移动宽带服务,是船舶海上对外通信的重要手段。其中海事 FBB 站天线具备克服船摇,稳定跟踪海事卫星的能力,是建立稳定通信的关键。如果天线故障将导致跟踪卫星失败,无法获取海事宽带服务,紧急情况下将无法使用卫星电话与外界联络。

船载海事卫星天线系统大多是引用国外进口设备,设备集成化程度高,采用全密封式整体安装,同时出于核心技术保密考虑,厂家不提供相关技术手册和图纸资料,目前国内更没有类似的解决故障案例以及维修经验可以参考借鉴。

本文分析了工程实践中遇到的天线主控芯片故障问题,通过电压测试法和替换法解决设备故障,总结出设备维护经验,并在国内首次提出编写《海事 FBB 站爬虫监控系统

统软件》的维护策略。

此监控软件的运用相比网页监控方式,在信息采集方面更加全面,信号强度大小数字化显示更加准确具体,同时增加了海事卫星站与其他海事 FBB 站数据链路建立的时间统计,以及声音识别判读功能,并且信息采集采用自动刷新,采集频次可以根据需要而更改,实时性较强,在日常工作检修和故障预判方面发挥出重要作用,有很好的实用性。

1 系统组成以及跟踪工作过程

1.1 船载海事 FBB 站系统组成

船载海事 FBB 站由 SAILOR 500 天线、SAILOR 500 主机、SAILOR 500 电源、SAILOR 500 手柄、海事监控终端组成,系统组成如图 1 所示。

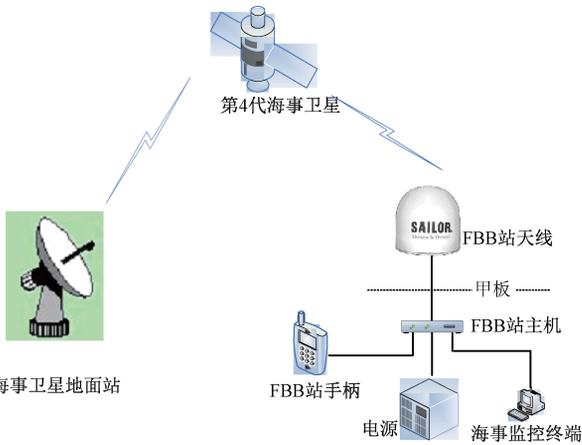


图 1 海事 FBB 站系统

其中海事天线系统具备克服船摇,自动稳定跟踪海事卫星功能,同时完成射频信号的收发与放大;主机负责完成网络管理和信号的调制解调功能。

1.2 海事天线系统构造与工作过程

海事天线的功能模块主要有高功放模块(HPA)、GPS 模块、驱动模块(antenna tracking module, ATM)、天线跟踪接收模块(antenna tracking receiver, ATR)、天线阵列和三轴电机,如图 2 所示。

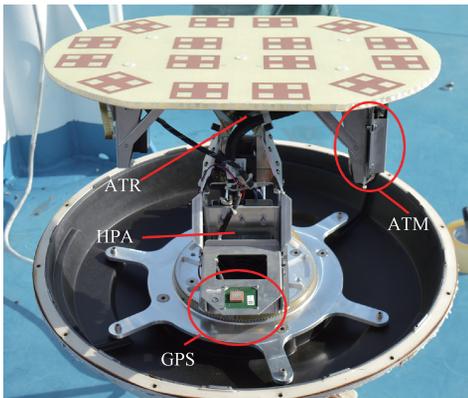


图 2 海事天线内部结构

其中,天线阵列负责射频信号的收发;GPS 模块负责接收、解析 GPS 信号获取位置信息,为计算天线方位/俯仰角度信息提供数据;ATR 模块负责跟踪接收卫星信标信号;HPA 模块负责信号的放大和功率输出;ATM 模块负责三轴电机的动力输出和控制功能,各模块工作连接关系如图 3 所示,天线信号流程如图 4 所示。

天线系统驱动工作包括如下 3 个过程。

1) 捕获目标过程

系统上电后,天线转到零位,然后开始自检,确定各项功能正常后,获取角度传感器信息^[1],计算天线方位与地理水平面之间的夹角,然后获取 GPS 经纬度信息。如果 GPS

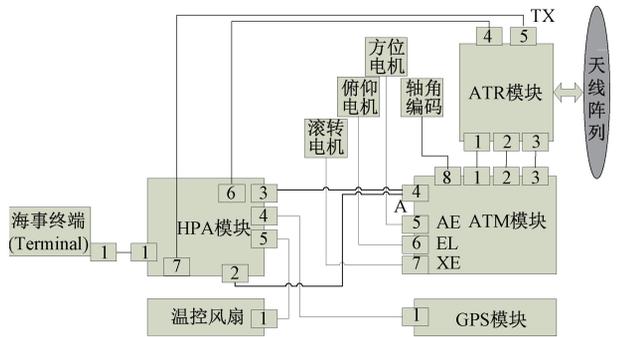


图 3 海事天线内部模块线缆连接

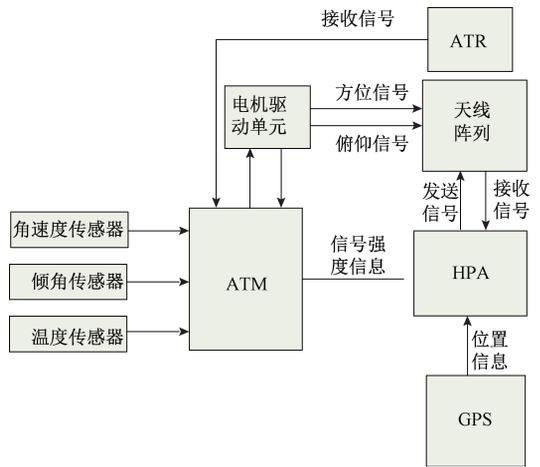


图 4 海事天线信号流程

信息获取失败,则开始粗对准过程,确定在当地卫星天线俯仰角,使天线以固定仰角转动,在圆周上获取最大信号点,当粗对准结束后进入跟踪状态。

2) 跟踪隔离过程

天线在寻找卫星结束后,天线控制单元将以固定的时间间隔访问陀螺仪、轴角编码、倾角传感器以获取姿态信息^[2],天线驱动模块将使用陀螺仪信号来对船体扰动进行隔离,而天线转动所基于地理坐标的水平面则由倾角传感器提供。

3) 信号丢失后的捕获过程

当船体剧烈扰动、遮挡后,根据天线所在的地理位置对卫星重新跟踪,如果天线的经纬度信息没有变化,那么天线的仰角不变。因此,只要地理位置没有较大变化,天线都可以依据信号丢失前的仰角旋转一周来获得卫星信号^[3],如果地理位置发生很大变化,则要重新回到粗对准的过程,对卫星进行重新定位。

2 故障排查与定位

2.1 故障现象

海事 FBB 站某次开机后出现主机死机、天线无任何响应,之后海事手柄产生 2 条告警信息(Terminal ERROR; 2

线校准失败(2-wire calibration failure)和天线失败(Antenna failure)),海事主机“Terminal”、“Antenna”指示灯显示红灯告警。

2.2 排查过程

海事 FBB 站基于模块化、高度集成化设计,在缺乏技术资料的情况下,依据系统构成和故障现象,排查从主机、连接线缆、电源模块和天线四个部分入手,按照由易到难的思路,排查过程如下^[4]。

1) 测量电源输出电压,为 24 VDC,属于正常范围,排除电源模块问题,

2) 检查主机至天线的射频线缆。主机连至海事天线线缆分两段:第一段由主机至室内转接头,第二段由转接头至室外天线。测试主机输出至天线同轴电缆电压约 14.7 VDC,属于正常范围,排除线缆问题,

3) 协调一套新的海事 FBB 站,采用旧主机驱动新天线,系统正常工作;新主机驱动旧天线,故障复现,由此可将故障定位到天线部分,

4) 测试天线 GPS 模块引脚输出信号,在供电口测得 3.3 VDC 电压,信号口测得峰峰值约 3.28 VDC 的规则方波信号,判定 GPS 模块信号输出正常(图 5)。

5) 依此方法进一步排查,分别对天线 HPA、ATM 模块进行测试和替换,最终确定为天线内 ATM 模块故障。

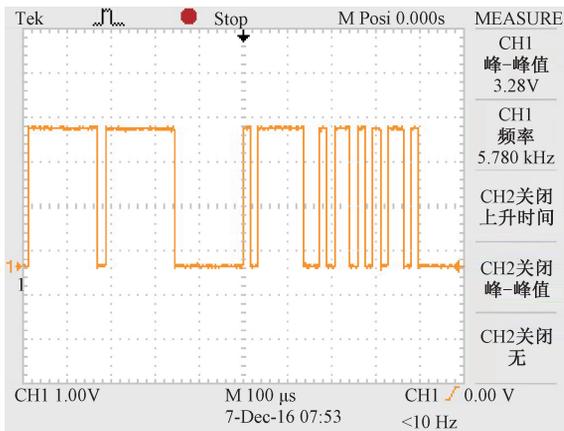


图 5 GPS 模块端口信号波形

2.3 故障定位

通过测试、对比 FBB 站天线正常与故障 ATM 模块引脚信号,进一步分析排查。ATM 模块接口如图 6 所示。

1) 在两套天线加电之后测试各接口信号,5、6、7 口对应为 AE\EL\XE 接口,为驱动模块输出至三轴驱动电机的驱动信号,驱动三轴电机转动。每个接口有 4 个引脚,采用万用表测试均得到 18.5 VDC 左右,且电压不稳定。为此在引脚上并联一个 10 kΩ 的电阻测量电阻电压为 3 VDC 左右,与并联前测试电压相比较,表明此输出电压为虚电压,ATM 模块并未给电机输出驱动。

2) 1、2、3 口为与天线连接接口,无法测量,但该口并不

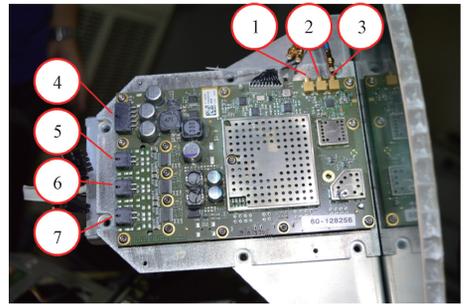


图 6 天线跟踪模块

影响天线转动。

3) 在两套天线加电后测试各接口信号,其中 4 口各引脚信号(图 7)测试结果如表 1 和 2 所示^[5-6]。其中引脚 6、7 电压有较明显升高变化。

4) 查看电路图 ATM 模块 4 口引脚 6、7 信号由 ATM 模块主控芯片提供。通过以上排查结果可以明确故障原因 ATM 模块主控芯片故障;通过后续维修厂家对芯片进行热剥离和精细焊接更换新芯片,重新测试,原故障 FBB 站恢复正常运行。

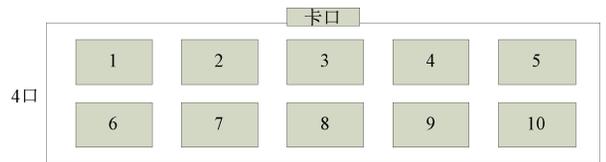


图 7 ATM 模块 4 口各引脚的编号图

表 1 FBB 站 ATM 模块 4 口故障情况下各引脚测试结果统计

引脚编号	待跟踪模式	断开电缆
1	无电压(GND)	无电压(GND)
2	无电压(GND)	无电压(GND)
3	2.64 V 信号	偶发方波信号
4	2.52 V 信号	偶发方波信号
5	1.78 V	1.77 V
6	18.2 V	18.2 V
7	18.2 V	18.2 V
8	1.78 V	1.78 V
9	无电压	无电压
10	无电压	无电压

3 机理分析

通过上述海事 FBB 站工作流程分析,根据系统自动生成的开机自检报告(图 8),分析开机自检流程,发现 FBB 站开机后启动 boot 程序后进行 63 项自检项目,主要流程为 FBB 站主机内自检,包括 IMEI、MAC EHT0 端口编程情

表 2 FBB 站 ATM 模块 4 口正常情况下各引脚测试结果统计

引脚编号	跟踪模式	断开电缆
1	无电压(GND)	无电压(GND)
2	无电压(GND)	无电压(GND)
3	2.72 V 信号	偶发方波信号
4	2.79 V 信号	偶发方波信号
5	2.38 V 信号	无信号
6	27.5 V	18 V
7	27.5 V	18 V
8	1.76 V 信号	无信号
9	无电压	无电压
10	无电压	无电压

况、温度传感器、主板、收发 DSP 板检测;线损检测,天线检测,接口、GPS、FPGA 检测,FPGA 加载、FPGA 运行时测试等。

```
[0047] FAILED!!!! - RX AD9864 COARSE: ONGOING
[0048] FAILED!!!! - RX AD9864 FINE: ONGOING
[0049] FAILED!!!! - RX AD9864 RC: ONGOING
[0050] Passed - PoE Controller (TPS2384)
[0051] FAILED!!!! - TX CABLE LOSS DIFF: ONGOING
[0500] Passed - PSM AVR
[0501] Passed - I2C AVR
[0502] Passed - Discrete IO AVR
[0503] Passed - PSU AVR
[0504] Passed - PSM PCB ID Programmed
[0505] Passed - Antenna S0T
[0550] Passed - Antenna Present
[0600] FAILED!!!! - HPA_POST
[0601] FAILED!!!! - ADU_POST
[0601:10] Passed Production data
[0601:12] FAILED!!!! Antenna module not found
```

图 8 系统自检报告截图

其中,开机自检项目不包括 HPA 模块,FBB 站主机收到 FPGA 主控芯片测试完成信息后,通过 HPA 模块将其连接至 ATM 模块,4 端口的引脚 6、7 电压由 18 V 左右拉高至 27.5 V,而后 ATM 模块开始工作,在 ATM 模块的 5、6、7 口输出驱动信号驱动电机工作^[7-8]。ATM 模块故障使 HPA 模块不拉高 6、7 引脚电压,导致此次故障的发生。

检查 ATM 模块主控芯片引脚,发现有氧化现象,结合其他案例,分析芯片故障原因主要由以下因素引起。

1) 天线内部温度变化

历史案例为海事天线安装与船舶发动机主机排烟口附近的高温环境,直接导致天线停止工作,可见高温环境对芯片运行造成不良影响。

2) 针脚氧化

船舶长期航行与海上的高湿、高盐雾环境,导致机器自检程序启动较慢,部分针脚氧化严重,影响信号的传输或者导致短路,严重时烧毁芯片。

3) 船体遮挡

船舶航行中偶遇持续转向,在低仰角跟踪情况下易

导致船头主桅杆遮挡海事卫星信号,此时信标信号最大值飘忽不定,导致天线持续搜索卫星,系统负荷造成不良影响。

4 经验总结

针对上述导致主控芯片故障的主要因素,总结出如下经验^[9-11]:

1) 通过机理分析,弄清了导致海事故障原因,采取针对性措施,提出研发海事监控软件维护策略^[12](编写软件程序运行情况如图 9 所示),对海事天线跟踪捕获、数据链路建立等工作情况进行实时监控,并对遮挡情况进行预判,发出相应的声音提示,便于值班人员能够及时处置,海事软件系统状态监视情况如表 3 所示。

2) 对氧化严重的针脚及时进行去氧化处理,避免电路短路烧毁芯片或工作异常。

3) 加强天线结构检查维护^[13],关注内部环境,避免高温高湿的工作环境;在船体遮挡海事卫星信号时,及时对设备进行关机维护,避免天线反复捕获,系统负荷增大。

4) 通过故障排查、电压测试等手段摸清了设备结构连接情况,为后续故障解决提供了有价值数据参考^[14],查看自检报告,提升了分析解决问题能力。

```
*Python 3.3.5 Shell*
File Edit Shell Debug Options Windows Help
=====FBB Status=====
GPS: 北 7°02', 东 125°39'
Signal strength: 62.4 dB
系统状态: 完成
当前卫星: Asia-Pacific
天线仰角: 67°
天线状态: 跟踪中
Streaming: No connection

=====FBB Status=====
GPS: 北 7°02', 东 125°39'
Signal strength: 62.4 dB
系统状态: 完成
当前卫星: Asia-Pacific
天线仰角: 67°
天线状态: 跟踪中
Streaming: No connection
Ln: 16982 Col: 27
```

图 9 编写软件程序运行情况截图

表 3 FBB 站爬虫软件状态监视统计表

跟踪状态	信号强度/dB	遮挡情况
正常	65.2	无
正常	67.5	无
正常	64.3	无
异常	48.3	有
正常	65.3	无
异常	37.1	有
正常	63.6	无
正常	61.5	无
正常	67.0	无

5 结 论

本文针对工程应用中遇到的船载海事 FBB 站开机天线无法启动的问题,通过线缆检测、针脚测试、模块替换、参数测试比对、自检报告分析等方法进行故障分析和定位,查明故障原因,解决了天线驱动模块 ATM 主控芯片故障。并通过实际验证了设备工作温湿度环境、震动、遮挡等外部因素对天线工作的影响,总结了设备使用维护经验^[15]。该故障解决方法可为类似船载海事 FBB 站天线故障排查及机理分析提供一定参考。

为了更好的监视和维护设备,本文提出并编写了《海事 FBB 站爬虫监控系统软件》维护策略,通过长期对软件系统运行的可靠性和稳定性验证,系统能准确采集出信号强度、跟踪状态、有无建立链路等信息,这是对卫星终端设备网页监控方式仅显示天线跟踪角度信息的补充和拓展。新设计的监控系统还增加了声音识别判读功能,在故障预判断方面发挥作用明显,新系统实用性强,有着很好的现实意义和推广价值。

参 考 文 献

- [1] 王雪婷.海事卫星天线跟踪控制系统软件的综合与实现[D].大连:大连海事大学,2011.
- [2] 吴厚德.海事卫星船站天线跟踪系统的传感器研究与实现[D].大连:大连海事大学,2008.
- [3] 郭淦水.卫星通信设备操作维修手册[M].北京:人民邮电出版社,2009:111-113.
- [4] 王昆.基于卫星宽带网络的综合通信指挥系统[D].北京:北京交通大学,2009.
- [5] 林科文,杨珉,毛迪林.基于多链路聚合的无线实时视频传输系统[J].小型微型计算机系统,2011,32(5):

25-26.

- [6] 姜哲,崔维成.多学科设计优化算法比较及其在船舶和海洋平台设计上的应用[J].船舶力学,2009,13(1):150-160.
- [7] DU X P, CHEN W. Collaborative reliability analysis under the framework of multidisciplinary systems design[J]. Optimization and Engineering, 2005,6(1):63-84.
- [8] 周奇,陈立,许辉,等.基于组合赋权 TOPSIS 法和粒子群的船舶概念优化设计[J].舰船科学技术,2014,36(1):62-69.
- [9] HOLTROP J, MENNEN G G J. An approximate power prediction method [J]. International Shipbuilding Progress, 1982,29(335):166-170.
- [10] 杜思深,甘忠辉,郭建新,等.无线数据通信技术[M].北京:电子工业出版社,2011.
- [11] 陈艳杰.OFDM 协作通信系统信道估计技术研究[D].洛阳:河南科技大学,2015.
- [12] 李魁,王玮,刘芳,等.长航时惯导系统全阻尼综合校正算法[J].仪器仪表学报,2012,33(3):543-548.
- [13] 朱龙.船摇隔离度自动化软件的设计与测试[J].舰船科学技术,2017,39(14):161-163.
- [14] 宋杰.无线传感器网络节点设计及 Delphi 监控软件开发[D].保定:河北大学,2010.
- [15] 乔丹.提升船载雷达数字引导方式船摇隔离能力方法研究[J].电子测量技术,2018,25(1):15-16.

作 者 简 介

陈永锋,本科,主要研究方向为卫星通信。

E-mail:270635370@qq.com

吴波涛,硕士,主要研究方向为自动化控制与机器人。