

基于LabVIEW和PXI平台的短波电台故障诊断系统

作者：于海浩 丁善舟
 职务：工程师
 公司：北京瑞科莱科技有限公司

应用领域： 维护/现场测试

挑战： 短波电台是舰船上必备的通信电子装备，而以往船上装备的技术保障设备过分依赖技术人员的技能和经验，因此维修耗时耗力。使用虚拟仪器技术开发一种小型化、智能化的短波电台故障诊断系统成为解决这一问题的最佳途径。

应用方案： 采用NI公司PXI模块化仪器架构和虚拟仪器技术，使用LabVIEW开发平台开发一套高效易用的智能化短波电台故障诊断系统，可以将短波电台故障定位到现场可更换单元（LRU）。

使用的产品：

- LabVIEW 8.20
- NI PXI-8186 控制器
- NI PXI-5422 高精度任意波形发生器
- NI PXI-5112 高速数字化仪
- NI PXI-5620 频域数字化仪
- NI PXI-6259 数据采集卡

NI PXI-2532 开关矩阵

Spectral Measurements Toolkit 频谱分析工具包

Modulation Toolkit 调制工具包

LabVIEW Microsoft office 报告生成工具包

介绍：

以往短波电台的维修都是通过传统仪表进行测试，然后根据技术人员的个人经验进行判断，这样的做法存在着明显的问题：一方面现场级的维修不方便携带大量的分立仪表，另一方面技术人员的素质参差不齐，导致现场级的维修效率低下。运用虚拟仪器技术开发的基于PXI平台的便携式短波电台故障诊断系统，很好的解决了这一问题。系统运用信号追踪法，通过对电台内部高频信号的追踪测试，首先将故障定位到可能的故障单元，然后对可能的故障单元进行单元测试来准确定位故障。

项目背景：

舰载通信电子装备种类、型号多，技术含量高，更新换代快，利用传统手段进行检修需要任意波形发生器、示波器、频谱分析仪、功率计等种类繁多的分立仪表，同时还必须依赖维修人员的技术水平，维修耗时耗力，不利于装备的现场维修保障。为了提高舰艇现场维修保障能力，我们借助先进的虚拟仪器和软件测量技术，开发了基于PXI平台的便携式短波电台故障诊断系统。受益于PXI平台的可扩展性，通过选择不同的硬件模块和设计新的软件，也可实现其它舰载通信电子装备的故障诊断。

系统硬件设计

短波电台故障诊断系统的硬件平台应满足靠前保障、机动检修的需求。要求体积尽可能小，附件尽可能少，便于携带；在舰船上作业时，展开与回收速度快；同时还要具有良好的可扩展性。因此选用自带液晶显示屏的便携PXI机箱，搭配NI的PXI控制器和仪器模块。系统硬件组成图见图1。

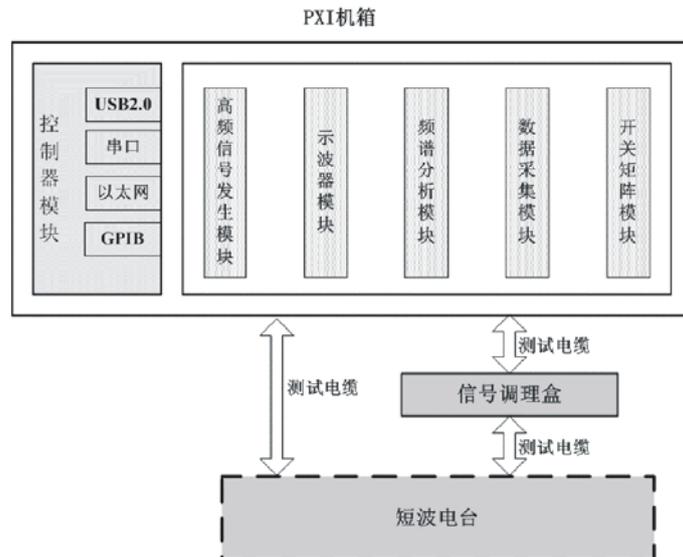


图1 系统硬件组成图

系统软件设计:

1. 测试信号分析

短波电台在故障诊断过程中，需要测试的主要方面有：电台技术指标、电气性能、单元间的控制信号以及信号传递。其中多数信号可由仪器模块直接测试，对于少数不能直接测试的信号我们通过信号调理盒将其转化为可测信号。这些信号包括电源电压、电源电流、正反向发射功率等。

由于数据采集卡PXI-6259的电压范围是±10V，无法直接测试电源电压，我们通过分压的办法将其转化到±10V的范围内，而电流则直接采用霍尔电流传感器将电流转化为±5V的电压。正、反向发射功率的信号调理较为复杂，其原理框图如图2。其中电压采样器和电流采样

器是经过精心设计的完全对称的一对传感器。电压采样器采样后的电压值为 $U(v)=K*If*Zc*(1-p)$ ，电流采样器采样后的电压值为 $U(i)=K*If*Zc*(1+p)$ ，其中K是比例系数，Zc为特性阻抗，If是正向电流，p为反射系数。经加、减法器后，

2. 测试流程

短波电台故障分为接收故障和发射故障两大类，因此我们在软件程序中也分别对这两类故障进行诊断。

接收故障诊断

短波电台的接收原理：接收的信号经天线调谐器进入收发信机的谐波滤波器单元（A7）。在A7单元内信号经过谐波滤波器、收/发转换继电器、高通滤波器滤除干扰后送到高频混频单元（A

4），在A4单元通过变频将信号变为75MHz高中频信号，再送入75MHz混频单元（A3）。在A3单元内再进行一次变频，变为1.65MHz的低中频信号送入边带滤波器单元（A2a），A2a单元为边带滤波器组，将有用的边带信号滤波后送入1.65MHz放大单元（A2）。A2单元将1.65MHz信号放大后送入音频调制解调单元（A1）。A1单元将信号解调成音频经放大最后输出。

从上面短波电台的原理我们知道，高频信号在收发信机内部是依次经过谐波滤波、高频混频、75MHz混频、边带滤波、1.65MHz放大、音频解调后由喇叭输出。我们在软件程序中采用信号追踪法对故障电台进行诊断。诊断程序主界面如图3。

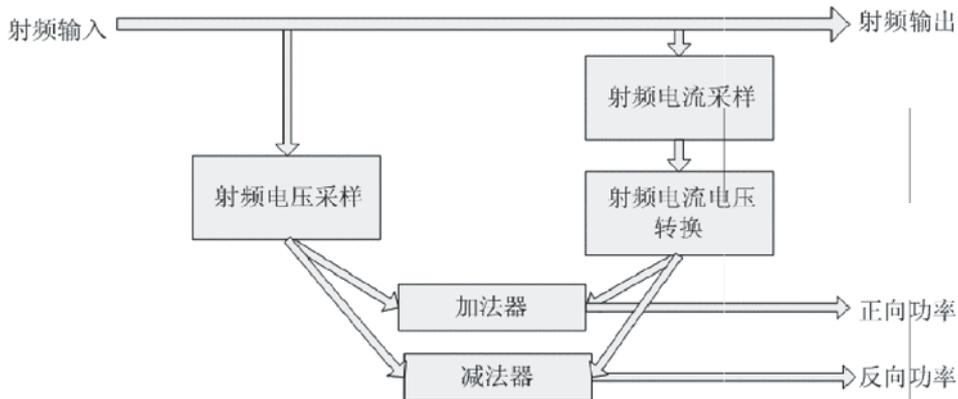


图2 正、反向功率检测原理框图

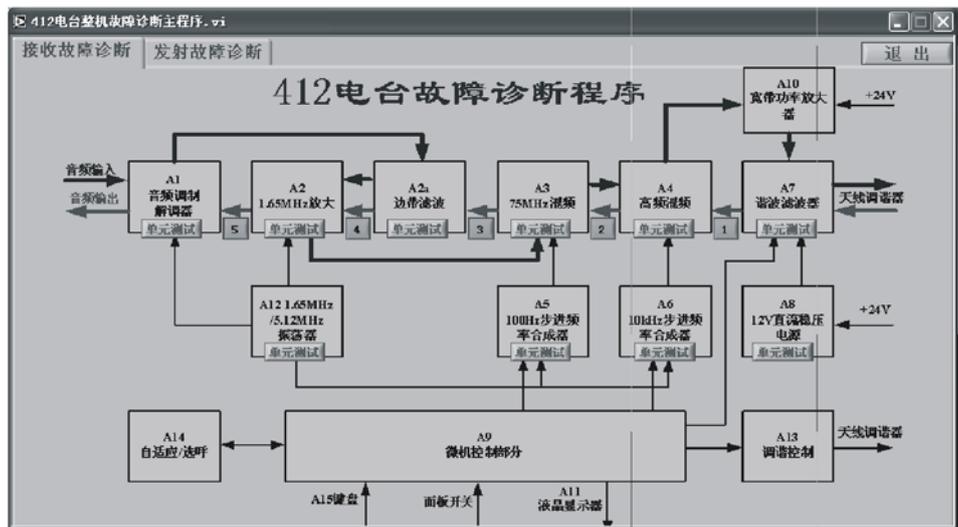


图3 412电台整机故障诊断主程序(接收故障诊断)

程序流程图如下：

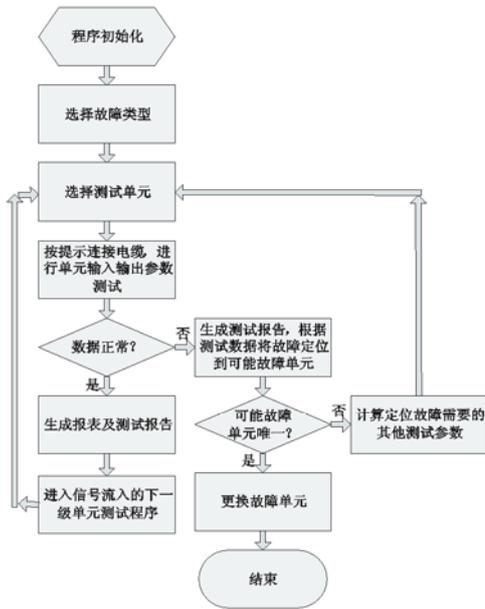


图4 412电台整机故障诊断主程序流程图

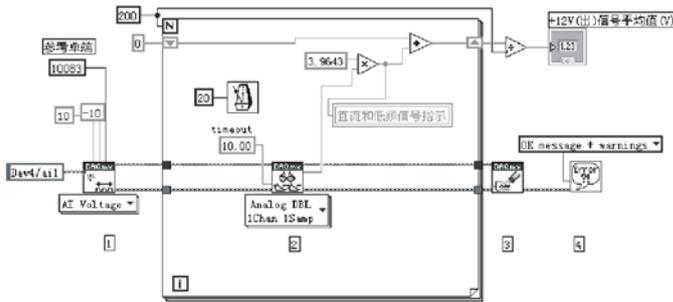


图5 数据采集卡的核心程序框图

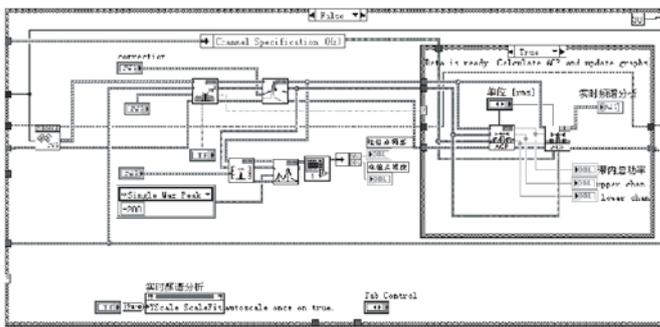


图6 频谱分析的核心程序框图

本程序将测试人员的灵活自主性及软件的智能化完美结合在一起，用户既可以根据自己的经验进入最有可能发生故障的单元测试程序，同时又可以按照程序的引导对单元按高频信号流经的单元顺序进行测试。无论从哪一个单元开始，程序都会以此单元为起点逐步测试、分析并定位故障单元。单元输入输出参数测试原理如下：高精度任意波形

发生器 PXI-5422 模拟产生一个 1.6~29.999MHz 之间的幅度合适的调制信号注入短波电台，在每个单元的高频信号输出端通过示波器 PXI-5112 或频谱分析模块 PXI-5620 进行测量，测得的数据自动跟数据库中的正常值进行对比，从而给出是否异常的结论。正常则进入下一级单元的高频信号测试，异常则进入此单元的单元测试程序，对此单元的供

电电源、控制信号、高频输入输出信号进行全面测试以确定故障单元。对于无法通过本单元进行定位的故障，系统会自动计算定位故障需要的其他参数，以对故障进行明确定位。

发射故障诊断

短波电台的发射原理：话音信号送入 A1 单元，在 A1 单元内将音频信号调制成抑制载频的 1.65MHz 双边带低中频信号后送入 A2a 单元。在 A2a 单元中通过边带滤波器取出所需的任一边带信号送入 A3 单元。A3 单元将 1.65MHz 的单边带信号变为 75MHz 的高中频信号送入 A4 单元。A4 单元再将 75MHz 信号变为 1.6~30MHz 之间的发射信号送入宽带功率放大器单元 (A10)。A10 单元将该信号放大到 100W 以上的功率送入 A7 单元。在 A7 单元中经谐波滤波器滤除 2 次以上的谐波成分，通过高频电缆送至天线调谐器。天线调谐器将收发信机 50Ω 阻抗与天线阻抗相匹配，使收发信机送来的射频功率信号高效率地通过天线发射出去。因此发射故障的诊断顺序为 A1→A2a→A2→A3→A4→A10→A7，其他测试程序类似，这里不再详述。

核心测试程序

短波电台的故障诊断过程中，直流电压和低频信号的测试用数据采集卡 PXI-6259 来完成，高频信号的测试用示波器模块 PXI-5112 或频谱分析模块 PXI-5620 来完成。测试过程中需要的高频调制信号由任意波形发生器 PXI-5422 产生。其中，数据采集卡的核心程序框图如图 5 所示。频谱分析的核心程序框图如图 6 所示。

结论：

依托 NI 公司的 LabVIEW 高效软件开发平台和强大的功能，结合先进的 PXI 技术，我们在很短的时间内就完成了短波电台故障诊断系统的开发。本系统极大地提高了短波电台故障诊断的智能化程度，降低了对技术人员技能和经验的依赖程度，为现场快速解决故障提供了有力保障。同时也为其他舰载通信电子装备的故障诊断提供了一种合理的解决方案，为虚拟仪器技术在舰艇综合诊断体系建设中的应用开拓了更加广阔的空间。