

一种机载雷达便携式维修辅助系统设计

翟桂全 尹波 王艳萌

(南京电子技术研究所 南京 210039)

摘要: 为实现机载雷达故障的快速准确定位,根据装备外场保障的需求,设计了一种机载雷达便携式维修辅助系统。该系统硬件平台采用 PXI 的结构体系,利用虚拟仪器技术+测试模块插件结合的方法,可将故障隔离到可更换单元。本文介绍了该便携式维修辅助设备(PMA)的设计思想,对硬件架构、软件系统组成及功能设计等进行了论述。在某型机载雷达设备的现场保障使用中,实现了雷达数据的快速提取、故障的快速隔离诊断、雷达健康状态的完整记录及对外场作业的全流程管控,能够满足基层部队的维修保障需求。

关键词: 机载雷达; PMA; 装备维修保障; 原位检测

中图分类号: TP274.5 文献标识码: A 国家标准学科分类代码: 510.8040

Assistant system design of portable maintenance equipment for airborne radar

Zhai Guiquan Yin Bo Wang Yanmeng

(Nanjing Research Institute of Electronics Technology, Nanjing 210039, China)

Abstract: According to the requirements on site, we design a kind of portable maintenance assistant system equipment for airborne radar. Its system hardware platform adopts PXI structural system and possesses good compatibility and expansibility. This paper introduces design thought for this equipment (PMA) and expatiates its hardware structure; software system and functional design etc. during field support on some airborne radar site, this equipment (PMA) realizes fast extraction of radar data, quick diagnosis and isolation of failure, complete record for radar health state and the whole process control for field operation with fair reputation.

Keywords: airborne radar; PMA; equipment maintenance support; in-situ test

0 引言

机载雷达系统是现代化战争的主要武器装备之一,担负着空中预警、侦察、中继通信、指挥和控制等多种作战任务,对作战整体使用影响巨大。虽然新型机载雷达系统都进行了比较完备的机内自检(BIT)设计,自检覆盖率接近100%,但BIT对一些重要指标难以做到定量检测,或者检测深度不够,光靠BIT自检难以在故障发生时对问题进行快速准确定位^[1]。同时基层使用单位往往缺乏系统级、自动化测试手段,装备的日常监测维护常常依靠工业部门进行,保障实效性差,难以满足战时和日常保障需要。

20世纪90年代以来,美国空军开发了“综合维修信息系统(IMIS)”,该系统有3个主要部分:基层级便携式维修辅助设备(PMA)、中队级维修保障系统(MSC)和内场用的维修工作站(MWS)。而便携式维修辅助设备则是该系统的核心组成部分,是装备维修作业不可或缺的工具。

IMIS的使用,将查找故障的精度改进30%,重测合格(RTOK)率降低30%,使故障修理时间缩短40%^[2]。

结合目前的保障形势及部队的需求,设计一套便携式维修辅助系统,通过对雷达使用过程中的性能测试、数据记录与回放、数据快速分析与软件验证,及时发现雷达整机自检未能发现的故障,有助于降低起落报废、提高备战效率。同时,可定期全面采集雷达的使用情况,为优化设计、提高保障水平等提供支撑。

1 设计思想

便携式维修辅助设备(PMA)可在不拆装雷达的情况下完成对雷达的全面检查,发现雷达故障及隐患。PMA设备是对雷达自检能力的一个有效补充和支撑,通过与雷达自检功能的有效结合,确保处于良好的工作状态,随时可以执行任务,需具备以下功能^[3-4]:

1) 监测雷达目标检测能力

根据实际情况,在雷达开发射和不开发射情况下进行对目标的检测能力测试,发现问题及时排除,确保雷达的目标探测能力正常。

2) 监测雷达关键内部状态

对雷达内部状态如噪声等,判断雷达是否工作正常,当出现故障时可协助进行故障隔离等工作。

3) 监测雷达指标参数是否正常

对雷达基本参数如功率、频谱进行测试,当出现故障时可协助进行故障隔离等工作。

4) 对一些疑难故障进行隔离

通过对雷达目标探测、内部状态、参数等的综合判断,对故障进行隔离、排除。

5) 外场作业管理及交互式电子技术手册(IETM)浏览功能

对外场作业进行标准化动作管理,并提供基于 IETM 的辅助维修功能。

6) 携带、使用方便

设备要携带、使用方便,适合使用、维护人员操作并进行各项检查、故障隔离工作。

2 硬件设计

目前雷达装备的日常维护和性能检测需要使用多种通用仪器和专用测试设备,如示波器、信号源、频谱仪、专用模拟器等,但是目前基层级的维护主要依靠随机仪表,功能有限,无法承担雷达系统性能检测与维护的要求,需要配备多功能综合化检测系统。综合化检测系统应包含示波器、信号源、频谱仪、专用模拟器、数据记录与分析等多种设备,按照传统方法将这些设备组合在一起,设备量大,自动化程度低,现场使用困难,在野战环境下,大型维护保障设备有可能难以及时到达,因而有必要将综合化检测系统设计成便携式的,以便采用人员携带或空投的方式,及时送达现场。

为满足便携和使用方便的要求,测试仪器采用基于嵌入式控制器架构的虚拟仪器技术+测试模块插件,虚拟仪器具备示波器、频谱仪、功率计、目标模拟器等功能,另外可以根据需要补充通用插件和专用插件扩展功能,通过一体化综合集成,结合雷达自身的 BITE 功能,对处于外场停放状态的雷达在基本不拆卸雷达单元前提条件下进一步测试雷达重要参数,可将故障隔离到可更换单元^[5]。

硬件平台采用 PXI 的结构体系,包含两部分设备,一部分为 PXI 插卡式的通用测试模块、专用测试模块及其控制器^[6],另一部分为 VPX 模块组成的数字系统,基于便携式要求及使用方便性要求,将两部分集成成为一个设备,采用计算机模块进行系统控制,系统还包含显示器、键盘、鼠标等外设,使用 220 V 交流电供电。在不同需求情况下,可对仪表进行多样组合,数字部分的模块采用标准的 VPX 协议,具有良好的兼容性^[7]。

系统以计算机模块为核心构建,PXI 控制器和测试模

块通过 PXI、总线互联,可实现对这些模块的控制;计算机模块与 PXI 控制器通过网络相联接;计算机模块与雷达也通过网络相联接,可接收雷达发送的网络信息,实现对雷达工作状态与处理结果等信息的“感知”,从而实现系统与雷达的闭环,为各种测试与验证功能的实现创造必要条件,系统组成原理如图 1 所示,系统工作外形图如图 2 所示。

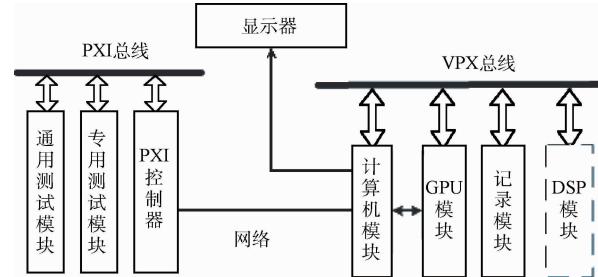


图 1 硬件系统组成原理框图



图 2 系统工作外形图

VPX 固态记录模块在计算机模块控制下实现记录与回放功能。记录模块与计算机模块通过 PCIe 总线和网络互连,网络用于控制,PCIe 总线用于数据交换,记录模块通过光纤及网络与雷达相连,实现对雷达数据的记录与回放。

3 软件设计

3.1 系统组成

便携式维修辅助系统由现场作业管理系统、综合检测系统等软件及移动计算机、测试电缆和辅助便携箱等硬件组成。系统主要包括 6 项功能,即外场任务全过程管理、雷达指标测试、辅助故障诊断、数据采集记录与回放、数据快速分析与软件验证、用户操作员训练等。系统分为两个子系统,即现场作业管理系统和综合检测系统^[8]。

3.2 现场作业管理系统

现场作业管理系统主要进行外场任务全过程管理,它同时发挥了 IETM 的功能性和 PMA 的便利性,外场人员可以借助该软件系统进行实时台帐数据浏览、任务数据浏览、

任务的执行、IETM 维修手册参照、外场任务数据采集等功能。它代替传统化的纸质文件,提供数字化的维修技术手册中的数据、图表、程序以用于装备故障的记录、故障的诊断、

故障的维修,用于提高维修效率及节约维修的成本。

现场作业管理系统分为展示层、应用层、基础组件层和支撑环境几部分,如图 3 所示。

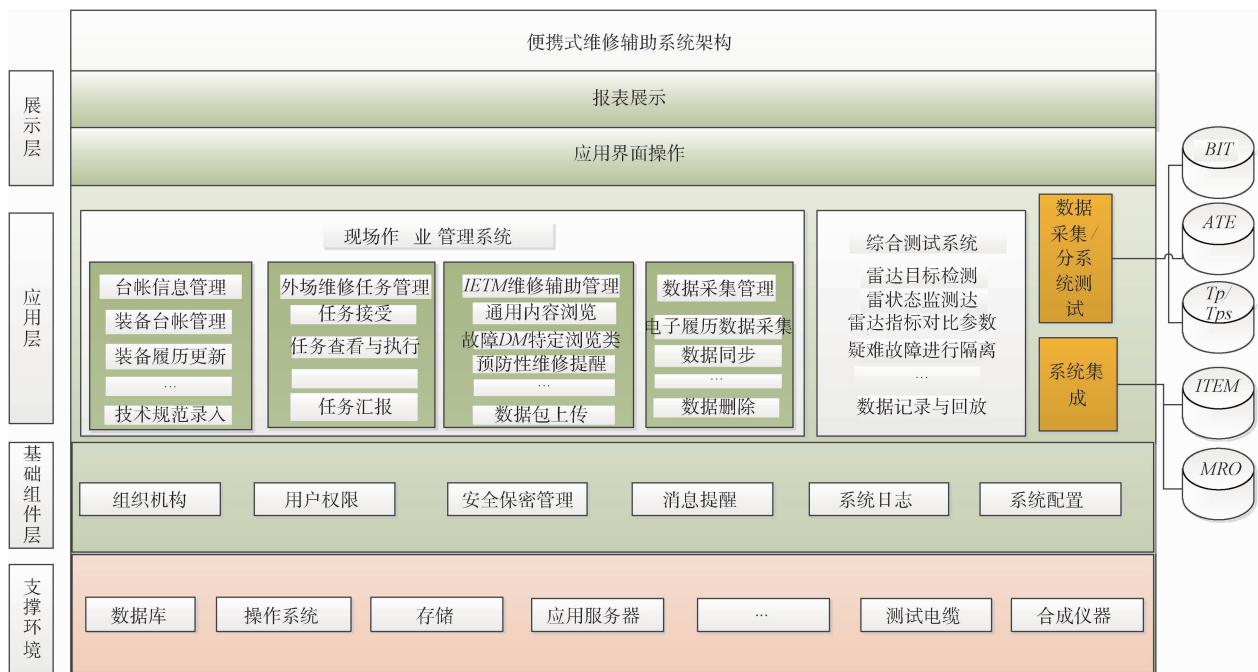


图 3 便携式维修辅助系统架构

展示层通过前台界面操作和报表的方式进行展现,不同的人员登录时,系统将识别人员的权限,可以实现只展示此人员相关权限内的系统应用和资源的浏览查询、修改等操作,如图 4 所示。



图 4 外场作业管理系统界面

应用层承接了现场作业管理系统的业务需求实现,将应用系统分成 4 个模块:台帐信息管理、外场维修任务管理、IETM 维修辅助管理、数据采集管理。应用层是实际应用系统的建设层,通过基础组件层相关整合机制,将实现应用层相关应用的有效整合。任务管理界面如图 5 所示。

基础组件层是整体现场作业管理系统的基础保障,通过权限管理、安全保密管理、系统配置和系统日志等应用组件实现系统的安全稳定与数据的安全保密。

| 任务单 | 任务类型 | 任务描述 | 任务下达人 | 任务策划人 | 计划开始时间 | 计划完成时间 |
|--------------|------|------|-------|-------|------------|------------|
| 100000020001 | 改造升级 | 雷达升级 | 装备部01 | 装备部01 | 2015-12-09 | 2015-12-30 |
| 100000020002 | 改造升级 | 雷达升级 | 装备部01 | 装备部01 | 2015-12-09 | 2015-12-30 |
| 100000020003 | 改造升级 | 雷达升级 | 装备部01 | 装备部01 | 2015-12-09 | 2015-12-30 |
| 100000020004 | 改造升级 | 雷达升级 | 装备部01 | 装备部01 | 2015-12-09 | 2015-12-30 |
| 100000020005 | 改造升级 | 雷达升级 | 装备部01 | 装备部01 | 2015-12-09 | 2015-12-30 |
| 100000020006 | 改造升级 | 雷达升级 | 装备部01 | 装备部01 | 2015-12-09 | 2015-12-30 |
| 100000020007 | 改造升级 | 雷达升级 | 装备部01 | 装备部01 | 2015-12-09 | 2015-12-30 |
| 100000020008 | 改造升级 | 雷达升级 | 装备部01 | 装备部01 | 2015-12-09 | 2015-12-30 |

图 5 任务管理

支撑环境是项目搭建的基础保障,具体包括应用服务器、操作系统和数据库软件。

3.3 综合检测系统

综合检测系统采用“核心软件平台+硬件资源管理软件+测试模拟程序”的方式来实现^[9-10]。

核心软件平台抽取机载雷达装备模拟与测试的通用功能,形成稳定的核心模块,实现诸如测试模拟程序管理、运行、调度、数据维护、人机交互管理等功能;系统硬件资源管理软件实现对硬件资源的灵活配置,以配合硬件资源的扩展;测试模拟程序是针对不同的装备,为实现其测试与模拟需求而开发的软件程序等。

在使用过程中,通过硬件资源管理软件对系统软件使

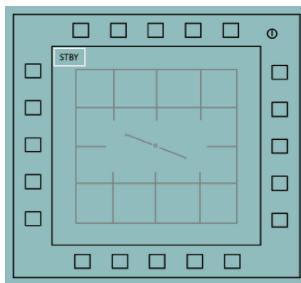


图6 检测系统雷达控制画面

用的硬件资源进行配置,根据装备的不同,在软件平台中选择相应的测试模拟程序,并在平台软件的框架下执行测试模拟程序并显示运行的结果。同时,为简化测试模拟程序的开发,将实现测试模拟程序开发软件,测试模拟程序开发软件提供一个可视化的界面,通过组合、配置通用测试模拟插件和装备专用插件实现装备的测试程序。

4 应用实例

该雷达便携式维修辅助系统已在外场执行任务进行了广泛的使用。

按照不同部队提出的原位检测设备的需求,对应不同的任务、实际使用条件和功能需求,通过增减组成部件,结合ADS-B系统,能够适用于基层级机载雷达的日常维护与各种任务保障,针对不同任务需求的组合方式如表1所示。

表1 系统按照功能组成员

| 序号 | 类别 | 功能 | 组成 |
|----|---------|-------------------------------|------------------------|
| 1 | 日常排故检测 | 雷达工作方式控制及状态监控,软件 | 显控台 |
| | | 升级 | |
| 2 | 日常排故检测 | A ⁺ 全状态目标检测 | 显控台、目标指示系统 |
| 3 | 日常排故检测 | B ⁺ 不开发射情况下的模拟目标检测 | 显控台、目标模拟器 |
| 4 | 非打把任务检查 | C ⁺ 雷达参数测试 | 显控台、目标指示系统、频谱仪、示波器 |
| 5 | 全面检查 | C ⁺ 全面参数测试 | 显控台、目标指示系统、频谱仪、示波器、信号源 |

通过使用证明该系统解决了机内BIT难以对天线、馈线、发射功率等进行定量检测或检测深度的问题,可以测试雷达重要参数,及时发现雷达整机自检未能发现的故障。

同时,其设置简单、组合灵活、操作便捷,通过与MRO系统,能够实现对雷达数据的快速提取、故障的快速隔离诊断、雷达健康状态的完整记录及对外场作业的全流程管控,

5 结论

该机载雷达便携式维修辅助系统测试仪器采用基于嵌入式控制器架构的虚拟仪器技术+测试模块插件,组合灵活、可扩展性强,在外场保障中运行稳定可靠,对于提高一线部队的自主保障能力具有重要的意义。

参考文献

- [1] 徐玉芳. 嵌入式雷达综合诊断系统的设计与实现[J]. 电子测量技术, 2015, 38(8): 85-89.
- [2] 王海东, 崔高仑, 赵时. 航空装备维修保障精确化、智能化发展趋势研究[J]. 2013航空维修理论研究及技术发展学术交流会, 2013: 211-215.
- [3] 王宝林, 刘军, 盛沛, 等. PMA在海军舰船现场级维修保障中的应用研究[J]. 船舶工程, 2011, 33(S2): 215-217.
- [4] 赵玉婷, 左宏福, 潘绍松, 等. 便携式维修设备终端PMA的研究[J]. 飞机设计, 2010, 30(3): 72-74.
- [5] 肖圣兵. 某型雷达通用自动测试系统的设计[J]. 电子测量技术, 2016, 39(4): 96-100.
- [6] 刘福军, 蔡德咏, 薛兰柱, 等. 基于PXI总线的便携式维修辅助设备设计[J]. 电子测量技术, 2015, 38(3): 82-86.
- [7] 王守权, 刘文波, 郭维波, 等. 手持式雷达ATE的设计与实现[J]. 测控技术, 2012, 31(4): 60-62.
- [8] 陈良, 白雪, 高洪青, 等. 雷达便携式维修辅助系统软件设计与实现[J]. 信息化研究, 2010, 36(1): 1-3.
- [9] 李晋, 陈新忠. 一种便携式雷达终端测试设备的设计[J]. 现代导航, 2011, 2(1): 43-45.
- [10] 窦赛, 陈国顺, 贾彪, 等. 柔性测试技术在复杂装备测试中的应用[J]. 现代电子技术, 2011, 34(9): 141-144.

作者简介

翟桂全, 1981年出生, 工程师, 研究方向为雷达工程化设计研究、综合保障及装备科研生产技术管理。

E-mail: zhai_sss@163.com

尹波, 1979年出生, 工程师, 研究方向为雷达工程化设计研究、综合保障及装备科研生产技术管理。

王艳萌, 1981年出生, 工程师, 研究方向为装备科研生产技术管理和工程化设计。