

梁 华,刘永强,秦三杰,等. 新一代天气雷达移动维修测试平台研制[J]. 干旱气象,2018,36(1):150-154. [LIANG Hua, LIU Yongqiang, QIN Sanjie, et al. Discussion of a Portable Maintenance and Testing Platform for New Generation Weather Radar[J]. Journal of Arid Meteorology, 2018, 36(1):150-154], DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2018)-01-0150

新一代天气雷达移动维修测试平台研制

梁 华¹,刘永强¹,秦三杰²,徐志龙²,
张德玉³,赵 文¹,马 良¹

(1. 甘肃省气象信息与技术装备保障中心,甘肃 兰州 730020;

2. 甘肃省气象局,甘肃 兰州 730020;3. 甘肃省张掖市气象局,甘肃 张掖 734000)

摘 要:基于台站新一代天气雷达保障人员专业技术及维护维修经验,研制一种雷达移动维修测试平台,该平台将原独立分散的台式仪表替换为一套功能较全的插卡式便携仪表。软件层面实现以下功能:(1)提供自动化测试,各种仪表的智能控制和测试结果报表自动生成;(2)提供诊断流程,逐步实现雷达测试、故障诊断任务;(3)提供多种型号雷达系统模块连接示意图、实物图、原理图等,便于用户在维修保障过程中的故障查询。该平台的应用可大大缩短雷达故障修复时间,提升雷达的运行效率。

关键词:新一代天气雷达;移动维修测试平台;故障诊断

文章编号:1006-7639(2018)01-0150-05 DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2018)-01-0150

中图分类号:P415.2

文献标志码:A

引 言

目前,我国组网运行的新一代天气雷达接近200部,沿海地区一般部署S波段雷达,中西部地区则主要部署C波段雷达。新一代天气雷达在暴雨、台风、冰雹、龙卷等强对流灾害性天气监测和预警中发挥了重要作用。但是国内不同厂家生产的雷达型号不尽相同,经过后期的升级改造,技术指标差别更加突出,因此,这种现状给雷达维修保障工作带来很大困难。在雷达保障实践中,虽然一直着力于雷达保障能力提升,但经常因为测试维修手段的限制,使得故障维修中的大部分时间浪费在等待厂家技术人员或备件送达现场阶段,导致故障检测和设备维修周期延长。

基于以往在新一代天气雷达维修保障过程中积累的经验与故障处理方法^[1-13],建成了一套便携式维修测试平台,为一线保障人员维护设备提供了技术支持。该平台的研制,将极大地推进省级气象雷达保障能力建设,降低对雷达生产厂家的依赖性,有效减少雷达维护维修成本,缩短雷达维修时间,更好

地发挥雷达的效能。

1 平台硬件设计

新一代天气雷达移动维修测试平台采用高性能测试测量与控制平台(PXI/PXIe)连接计算机和其他设备。该平台中的各控制设备包括计算机和可控开关等均称为器件(或装置),各器件均配有标准化接口,用统一的总线连接起来。图1为平台硬件结构及硬件构成示意图。

根据平台的测试项目、测试性能指标要求以及考虑到系统的开发成本等几方面因素,平台选用嵌入式机箱设计,该机箱包括最新的PXI总线规范、内置10MHz参考时钟、PXI触发总线和8个即插式硬件模块插槽,配备具有调制功能的RF信号源、示波器,配有总线供电USB连接的峰值功率计以及频谱分析仪等,通过PXI/PXIe总线连接,组成一套设备齐全、功能完整的便携式测试维护硬件系统。便携式计算机控制仪器工作,并将测量仪器的测试结果进行采集、分析处理、保存和显示。

收稿日期:2017-08-25;改回日期:2017-09-13

基金项目:甘肃省气象信息与技术装备保障中心创新项目(GSQXZD201702)资助

作者简介:梁华(1981—),男,硕士,高工,主要从事新一代天气雷达技术开发与保障研究. E-mail:lh908883@126.com。

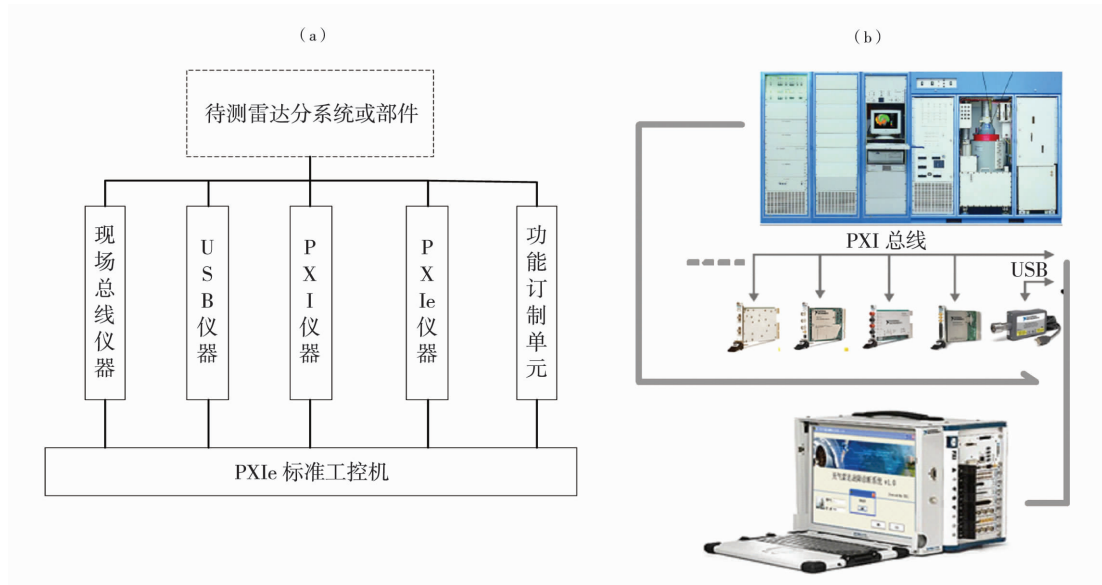


图 1 系统硬件结构 (a) 及构成示意图 (b)
(虚线框中内容非本平台建设)

Fig. 1 The hardware structure (a) and key component (b) of the system

2 平台软件设计

2.1 系统层次设计

系统采用“分层模式”来设计,如图 2 所示。包括四个层次:人机交互层、功能模块层、数据层、设备驱动层。

(1)人机交互层是系统的入口,为用户提供测试、验证测试的人机交互界面,完成系统联调、集成测试、验证测试等,该层主要采用 C/S 模式,提供对话框、菜单、工具栏、快捷键与命令按钮等人机交互方式。

(2)功能模块层是系统的核心,提供一系列建模工具和后台逻辑处理功能。从而使故障诊断人员完成对故障的诊断,测试联调人员完成对系统的联调、集成测试、验证测试。

(3)数据层为系统中各种数据提供存储服务,并对测试对象库、测试流程库、诊断方法库以及专家经验库、被测件档案库等进行管理。

(4)设备驱动层直接面向各种仪器设备资源,主要包括各种测试设备的驱动程序集和操作指令集。

物理设备层为系统提供各种仪器设备,包括被测物理设备、测试工具设备和连接工具设备。

2.2 系统组成

系统包括系统管理、远程技术支持与培训、测试分析、专家库、故障诊断、雷达组件测试、测试资源共享共 7 个子系统,如图 3 所示。

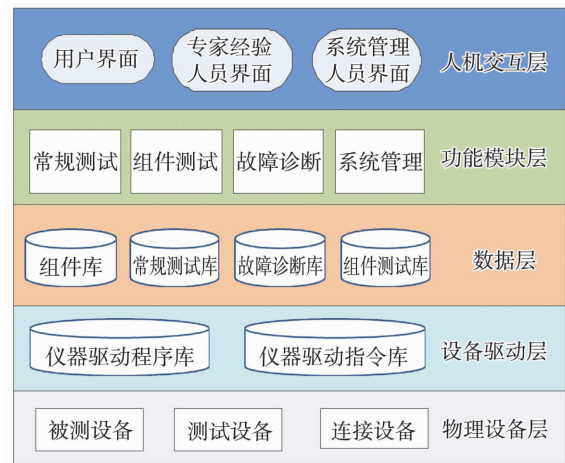


图 2 系统逻辑结构图

Fig. 2 Logic structure diagram of the system

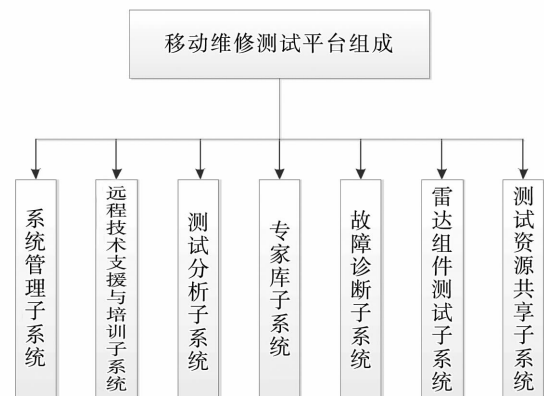


图 3 平台软件系统组成

Fig. 3 The system composition of software platform

(1)系统管理子系统:提供多用户分级管理的安全机制,对系统访问的用户进行权限管理;提供系统软件版本维护和软件更新功能;提供系统日志管理功能,对系统日志按用户自定义条件进行查询及删除等操作。

(2)远程技术支持与培训子系统:提供系统内各类数据库访问接口,完成对系统内各类数据库访问请求与调度。同时,提供在线的技术支持和在线帮助功能,实现故障的在线分析与诊断维修服务。

(3)测试分析子系统:负责对各种型号的气象雷达的发射、接收、伺服等分系统及各分机的组(部)件进行性能参数测试,并根据测试结果生成用户自定义的测试报表。

(4)专家库子系统:针对雷达的相关信息(包括雷达的基本信息、原理框图、电原理图、待测点的基本信息、待测点在被测件实物图和电原理图中的位置以及其他辅助故障诊断的专家信息等)进行封装形成测试专家流程图——专家知识库,并提供专家知识库的数据维护和数据访问及运算服务。

(5)故障诊断子系统:依据新一代天气雷达系统整机信号流程,设计雷达关键点参数值和波形,建立对应的数据库模型;依据现有的大量雷达故障案例建立经验库模型;依据数据库模型和经验库模型建立故障诊断流程;按照雷达故障诊断流程自动测试关键点参数值和波形并与数据库模型中对应参数值和波形进行比较,最终定位故障点;根据故障诊断流程自动生成故障诊断报告并提供测试结果导出功能,供维修人员记录和进一步分析使用。

目前新一代天气雷达故障诊断分析一般会采用 TPS 测试程序集、专家树、神经网络等方法,但结合雷达故障发生的概率和涉及故障时主要集中在发射机的几大功率部件如固态放大器、速调管、调制器等,采用经典的测试流程法逐步诊断雷达故障显得更加实用有效。

(6)雷达组件测试子系统:依据中国气象局雷达测试巡检要求,结合专家经验库的相关知识对各种型号的气象雷达的关键组件进行建模、测试;根据测试内容对雷达的工作性能进行各项评估。组件测试子系统分为三个模块:雷达组件管理模块、雷达组件测试模块及雷达组件分析模块。

雷达组件管理:对不同型号雷达组件、测试类型以及测试方法进行定义,同时提供对这些策略的管理功能。按照雷达发射机、接收机、天线伺服、电源系统及其他五部分子系统建模。组件管理模块通过组件信息数据库对组件进行管理,组件信息数据库

提供各种雷达组件模型信息,用户可以新建和修改组件,最终被保存在组件信息数据库中。

雷达组件测试:根据系统针对不同雷达型号组件选择不同测试策略,从专家库中获取相应的测试流程。通过直接引用专家知识库中的组件模型,筛选组件模型中所需待测点,添加必要的流程节点,可快速形成测试分析策略。

组件测试分析:利用专家库中不同型号雷达性能参数与实测结果对比,按照经验流程融入推理诊断,生成测试评估结果,对需要进行进一步测试的症状生成测试序列并交由测试分析子系统进行故障隔离测试。组件信息数据库中模型信息包含待测节点说明、视图说明、文字说明、参考说明等,通过实测数值与参考数值比较,生成测试结果报表,通过分析报表得出组件工作状态结论。

(7)测试资源共享子系统:提供系统内各类数据库访问接口,完成 WEB 服务对系统内各类数据库访问需求,实现测试资源的共享,测试资源包括测试拓扑图、测试流程图、故障诊断流程、专家经验知识等。

3 平台应用实例

故障现象:机内回波强度定标不准确,出现回波强度实测值与期望值之间差值大于 1 dB。

故障分析:雷达组成框图如图 4 所示。进行机内回波强度定标时,由频率源 4A1RF 测试信号端口 J3 发出,经四位开关、数控衰减器、二位开关、限幅器和低噪声放大器,与频率源 4A1 端口 J2 发出的本振信号混频后滤波、放大,A/D 变换,到达信号处理,并最终显示测试结果。当回波强度定标的实测值与期望值相差较大时,可能的原因是频率源 RF 测试信号端口 J3 发出的测试信号功率值与 RDASOT 软件的标定值不同,也可能是测试信号在经过四位开关、数控衰减器和线缆时产生的衰减与 RDASOT 软件的标定值不同。排除故障时,应对以上可能导致雷达故障的测试口逐个进行测试,并校对 RDASOT 软件中的标定值,发现器件损坏时,应及时更换备件。

故障排除过程:进入新一代天气雷达移动维修测试平台。在故障诊断模块中找到对应故障现象,开始故障排除。测试频率源 4A1RF 测试信号端口 J3 输出值,判断是否为 J3 输出异常,实测值 25.74 dBm,正常值范围为 22~26 dBm;测试四位开关输出功率值,判断四位开关插损是否与 RDASOT 软件标定值相符,实测值 19.76 dBm,正常值范围为 18~22 dBm;

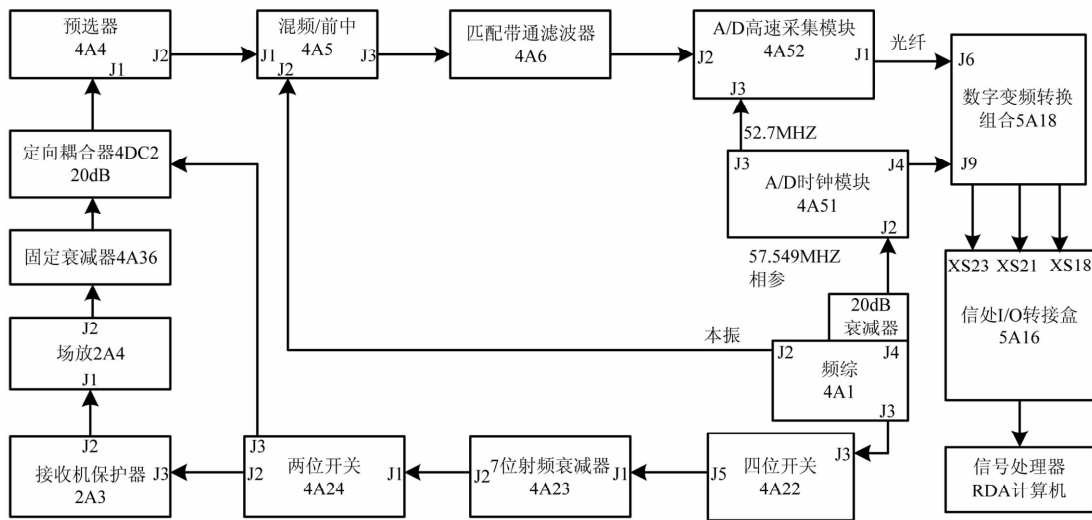


图 4 雷达组成框图

Fig. 4 The block diagram of radar components

测试数控衰减器当衰减值为零时的输出功率值,判断数控衰减器插损是否与 RDASOT 软件标定值相符,实测值 14.09 dBm,参考值 ≥ 10 dBm;测试低噪声放大器输入功率值,判断连接线缆插损是否与 RDASOT 软件标定值相符,实测值 -19.55 dBm,参考值范围为 -12 ~ -8 dBm,测试结果偏小,可能连接线缆损耗值出现问题。

后,再次进行机内回波强度定标,标定结果正确,回波强度偏差最大差值为 0.33 dB,故障排除。

4 结论与讨论

(1) 新一代天气雷达移动维修测试平台由硬件和软件组成。硬件采用 PXI/PXIe 高性能测试测量与控制平台连接计算机和其他设备,软件采用“分层模式”设计,实现对雷达发射、接收、伺服等分系统的功能检查、性能参数测试、故障诊断和维修指导。

(2) 新一代天气雷达移动维修测试平台的主要功能在于对故障部位诊断和维修指导,该功能主要依靠平台软件的专家经验库子系统,该子系统的详尽与否直接影响故障诊断效率。平台管理员通过配置专家经验库可以方便地将新获得的测试诊断经验输入到测试维修平台专家经验库中,也可以对专家经验库中已有的内容进行编辑。

新一代天气雷达移动维修测试平台可以定性、定量分析雷达故障。该平台使用的是插卡式的微波测试仪表,在性能上稍逊色于固定式的微波测试仪表。除雷达极限改善因子指标达不到要求外,其他雷达指标两种设备测量结果相差不大。该平台的应用大大缩短雷达故障修复时间,提升了雷达的运行效率。目前该平台已在甘肃、湖北、云南等省份进行业务使用,应用效果良好。

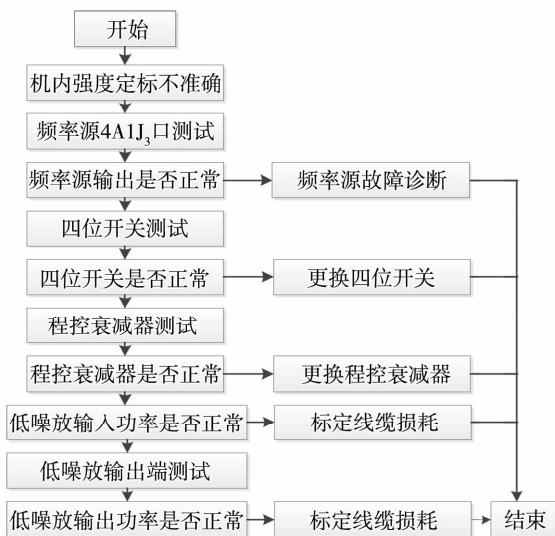


图 5 机内强度定标关键点测试流程图

Fig. 5 Test flow chart of key points of internal intensity calibration

测试连接线缆损耗值:用平台信号源发射一个该雷达成射频频率信号到线缆一端,另一端接入平台功率计,对线缆损耗进行测试。实际测试结果该线缆损耗为 2.86 dB,比 RDASOT 软件中填入标定值偏大 2 dB,修改 RDASOT 软件中线缆损耗标定值

参考文献:

[1] 潘新民,汤志亚. 天气雷达接收机功率的检验方法探讨[J]. 气象,2002,28(4):34-37.

- [2] 向阿勇,覃德庆. CINRAD/SA 天气雷达接收机频综故障诊断分析[J]. 气象科技,2006,34(增刊):235-237.
- [3] 柴秀梅,黄晓,黄兴玉. 新一代天气雷达回波强度自动标效技术[J]. 气象科技,2007,35(3):420-421.
- [4] 杜言霞,刘光普,邱光敏,吴勇凯. 天气雷达径向干扰回波去除方法的比较[J]. 干旱气象,2016,35(3):502-506.
- [5] 张沛源,周海光,梁海河,等. 数字化天气雷达定标中应注意的一些问题[J]. 气象,2001,27(6):27-32.
- [6] 梁华,任京伟,刘永强,等. 新一代天气雷达发射系统典型故障分析与处理[J]. 干旱气象,2013,31(3):622-626.
- [7] 梁华,任京伟,刘永强,等. 利用微波仪器测量新一代天气雷达发射功率及改善因子[J]. 干旱气象,2012,30(4):635-638.
- [8] 徐八林,杨松福,何跃,等. CINRAD/CC 雷达发射机磁场电源故障诊断与调试[J]. 气象,2010,36(2):126-129.
- [9] 刘晓东,柴秀梅,张维全,等. 新一代天气雷达检修的技术与方法[J]. 气象科技,2006,34(增刊):113-114.
- [10] 潘新民,柴秀梅,申安喜,等. 新一代天气雷达(CINRAD/SB)技术特点和维护、维修方法[M]. 北京:气象出版社,2009:217-218.
- [11] 中国气象局. 新一代天气雷达观测规定[G]. 北京:中国气象局,2002:23-24.
- [12] 王志武,周红根,林忠南,等. 新一代天气雷达 SA&B 的故障分析[J]. 现代雷达,2005,27(1):16-18.
- [13] 姜小云,李昭春,吴俞. 新一代天气雷达远程故障诊断与应急维修应用探讨[J]. 干旱气象,2016,34(2):376-381.

Discussion of a Portable Maintenance and Testing Platform for New Generation Weather Radar

LIANG Hua¹, LIU Yongqiang¹, QIN Sanjie², XU Zhilong²,
ZHANG Deyu³, ZHAO Wen¹, MA Liang¹

- (1. *Gansu Meteorological Information and Technic Support and Equipment Center, Lanzhou 730020, China;*
2. *Gansu Provincial Meteorological Bureau, Lanzhou 730020, China;*
3. *Zhangye Meteorological Bureau of Gansu Province, Zhangye 734000, Gansu, China*)

Abstract: Based on professional skills and maintenance experiences of maintenance staffs for new generation weather radar, a movable maintenance and testing platform for radar was developed, which replaced the original decentralized benchtop instrument with a set of portable card inserted device. Compared with the original system, the new platform had the following improvements through software: (1) The new platform implemented automatic testing, so various intelligent control and testing report generation of the instrument could be done automatically. (2) Diagnostic process was provided by the software to guide the process of radar testing and fault diagnosis tasks. (3) The new platform provided connection diagram, physical map, schematics, etc. for system module of a variety of radar, which facilitated fault inquiries in the process of maintenance of radar. The application of this platform could greatly shorten the time of troubleshooting and improve the operational efficiency of the radar.

Key words: new generation weather radar; a portable testing platform; fault diagnosis