

文章编号: 1001 - 893X(2012)03 - 0409 - 05

毫米波防撞雷达二线检测系统设计*

杨昌福¹, 王 坚²

(1. 中国西南电子技术研究所, 成都 610036; 2. 总参陆航部驻成都地区军事代表室, 成都 610036)

摘要:为实现部队信息化综合保障的要求, 满足对毫米波防撞雷达系统内场的检测需求, 新设计了毫米波防撞雷达二线检测系统, 通过测试系统不同的功能测试模块能够实现快速准确定位故障模块的功能, 提高了设备的维修保障水平, 可为同类型雷达二线检测设备的研制提供参考。

关键词:毫米波防撞雷达; 二线检测系统; 故障定位

中图分类号: TN95 文献标志码: A doi: 10.3969/j.issn.1001-893x.2012.03.032

Design of Secondary Assistant Detect System for MMW Anti-collision Radars

YANG Chang-fu¹, WANG Jian²

(1. Southwest China Institute of Electronic Technology, Chengdu 610036, China;

2. Military Representative Office in Chengdu, Department of Army Aviation, Chengdu 610036, China)

Abstract: To realize comprehensive informationization support of military electronic equipment and meet the infielder detect requirement of millimeter wave (MMW) anti-collision radar, an infielder secondary assistant detect system is designed. The function of locating failure module accurately and fast is realized according to the different test modules of secondary assistant test system, and the maintenance level is improved. The design provides reference for developing the secondary assistant detect system for the similar type of radars.

Key words: anti-collision radar; secondary assistant detect system; failure location

1 引言

当今随着高新技术的发展和战争形态的变化, 武器装备使用者对装备的性能、维修性等要求也越来越高^[1]。毫米波防撞雷达是为直升机专门研制的新型全天候飞行安全保障装备, 为了保障新技术装备经常处于良好的战斗状态, 能够迅速形成战斗力。毫米波防撞雷达的性能检测和故障诊断已成为综合技术保障的核心, 直接影响着载机的安全以及战斗力的发挥。二线检测设备作为保证毫米波防撞雷达设备完好率的重要手段, 其重要性不容忽视。它的缺乏将会直接影响设备的正常使用, 使其不能够充

分发挥性能。近年来, 用户也越来越强调快速反应能力和设备的完好率, 而保证设备完好率除了提高设备本身的可靠性之外, 二线检测设备也是保证设备完好率的重要设备。

为满足毫米波防撞雷达检测的需求, 本文进行了测试系统顶层化的设计, 使得该综合化和智能化的二线检测测试设备能够在二级维修中将测试对象的故障隔离到内场可更换组件 (SRU), 保证设备的完好率和快速反应能力。

2 毫米波防撞雷达设备的组成及工作原理

如图 1 所示, 毫米波防撞雷达的波形产生器产

* 收稿日期: 2011 - 12 - 11; 修回日期: 2012 - 02 - 27

生锯齿波调制 LFM 的基带信号,经过混频输出 LFM 中频信号。该信号在射频前端与本振信号进行混频,形成毫米波段的线性调频连续波信号,然后放大,再通过射频对消器后由天线发射。

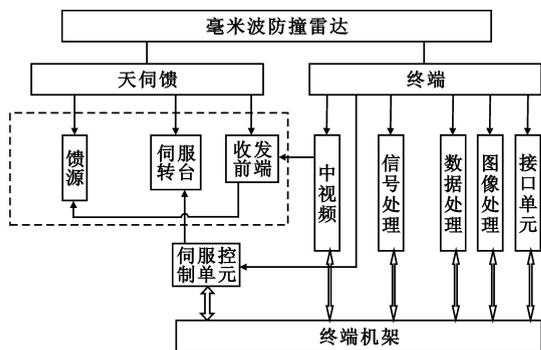


图1 毫米波防撞雷达系统组成原理框图
Fig.1 Composition of secondary assistant detect system

同时,天线接收的目标回波信号,经过射频对消器后,由低噪声放大器放大,再与一本振信号下混频,得到的 LFM 中频回波信号进行正交解调,得到 I/Q 两路视频信号。I/Q 信号经低通滤波、高通滤波和视频放大,送至信号处理单元。

信号处理单元对 I/Q 信号 A/D 采样后,再进行 FFT 及恒虚警处理,并进行载机运动补偿。

数据处理单元对目标参数进行数据分析,对特征目标进行识别和标识,最后形成三维地形图,并且将语音告警信号输出到机内通话器。

伺服单元控制天线对预定空域进行快速扫描。

3 二线检测系统主要技术功能、工作流程及测试系统总体要求

3.1 主要技术功能及工作流程

二线检测设备包括以下主要功能:

- (1)具有读取毫米波防撞雷达整机自检信息的功能;
- (2)具有二线检测设备自检的功能;
- (3)具有自动和人工检测毫米波防撞雷达各 SRU 性能的功能;
- (4)具有对毫米波防撞雷达发射功率和接收灵敏度的测试功能;
- (5)具有 SRU 检测信息的显示和判别功能。

二线检测系统工作流程如下:

第一步在防撞雷达加电状态下提取全部可提取 BIT 的待测单元的自检信息(具有 BIT 自检信息的有防撞雷达的电源、中视频及频综、伺服控制、信号处理),初步判断设备的故障情况;

第二步原则上是针对不具备 BIT 自检信息的 SRU 单元(不具备 BIT 自检信息的待测单元的有数据处理、图像处理、接口控制)采用间接的方法来进行检测。

在第二步的测试过程中也加入了对已有 BIT 信息单元的检测,第一可以验证其 BIT 信息的正确性,第二可以对不能获取 BIT 信息的单元进行功能验证^[2]。

图2是二线检测设备的基本工作流程,在测试过程中需要测试人员的介入,作出选择和确认。测试仪根据测试人员所选的不同测试流程,分为自动和人工测试流程,调用不同的测试资源进行测试。图中,DUT 代表毫米波防撞雷达。

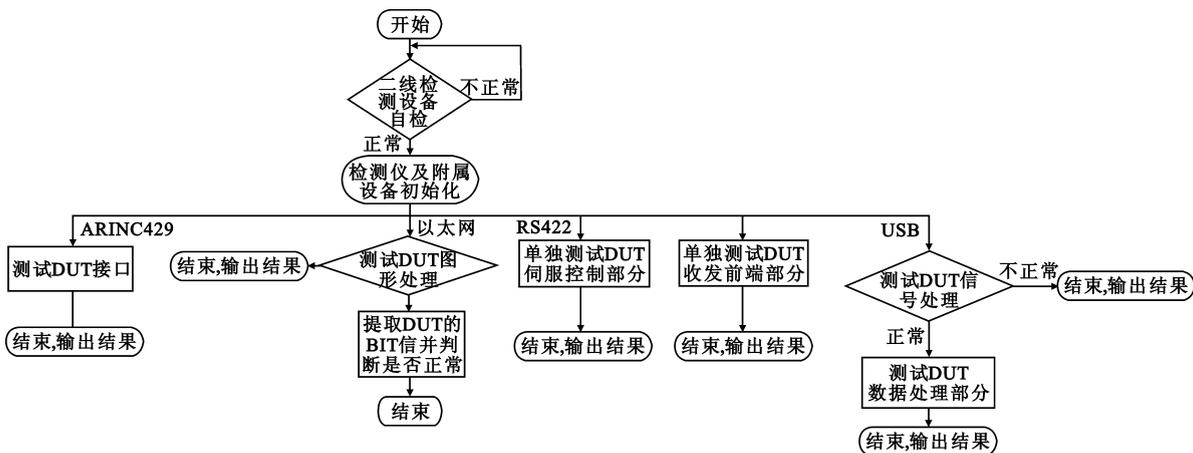


图2 二线检测工作流程图
Fig.2 Operating flow chart of secondary assistant detect system

3.2 测试系统总要求

测试系统的测试对象是毫米波防撞雷达。为判断毫米波防撞雷达的工作状态是否正常;通过测试雷达各个分系统是否能够准确完成任务来判断其内部功能模块的好坏。根据对毫米波防撞雷达的性能分析及目前自动测试技术的发展,对毫米波防撞雷达二线检测系统提出了如下测试要求:

- (1)检测毫米波防撞雷达发射功率,判断毫米波防撞雷达毫米波前端功率发射支路的性能;
- (2)在雷达天线输入端馈入存储延时信号,测量毫米波防撞雷达接收机接收灵敏度,判断毫米波防撞雷达接收机的性能;
- (3)检测天线伺服机构工作状态是否正常;
- (4)检测信号处理工作状态是否正常;
- (5)检测数据处理图像显示工作状态是否正常;
- (6)测试系统具有自检功能;
- (7)软件具有良好的人机交互界面和在线帮助功能;
- (8)检测结果可存储和打印。

4 二线检测系统硬件设计方案

二线检测设备由图 3 实线框内所示各部分组

成,它们和毫米波防撞雷达以及测试接口共同构成二线检测系统。在功能上分为毫米波防撞雷达毫米波前端测试部分、天伺馈测试部分、信号处理测试部分、图像处理测试部分、接口控制测试部分、系统控制处理、人机接口等部分。

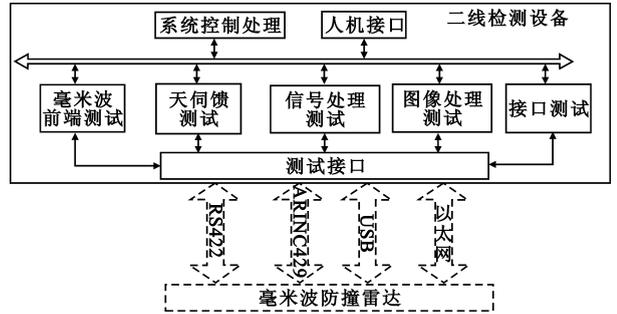


图 3 二线检测系统原理框图

Fig.3 Principium of secondary assistant detect system

毫米波防撞雷达毫米波前端测试部分包括上下变频/解调、信号处理、功率及频谱测试等,实现对毫米波防撞雷达发射功率的检测以及目标发现功能的检测,如图 4 所示。

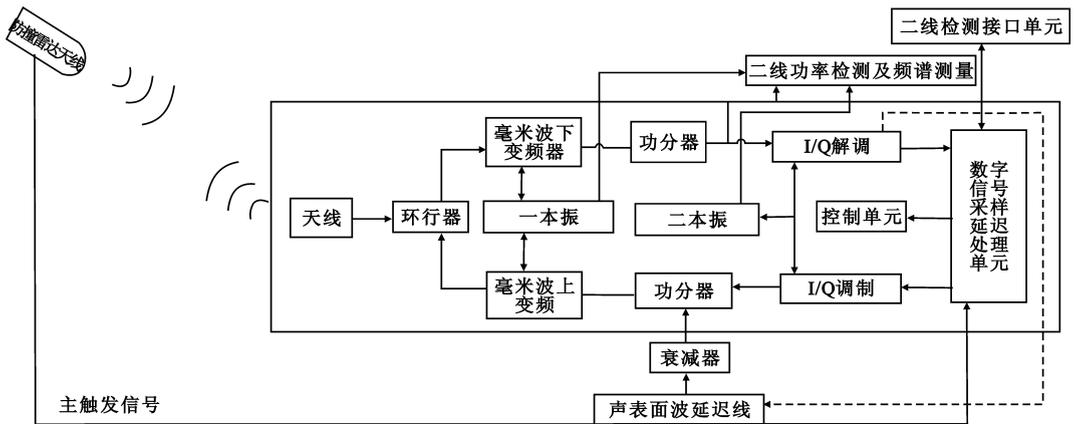


图 4 毫米波防撞雷达毫米波前端测试原理图

Fig.4 DUT MMW channel test theory

毫米波防撞雷达天伺馈测试部分通过独立 RS422 接口,可以对天线伺服机构进行控制,读取天线伺馈机构自检及回传信息,完成其功能的检测,如图 5 所示。

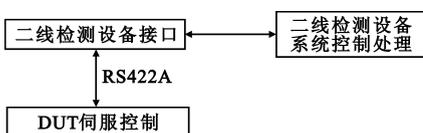


图 5 毫米波防撞雷达天伺馈测试原理图

Fig.5 DUT antenna control test theory

毫米波防撞雷达信号处理测试部分通过独立 USB 接口输入标准数据包,待其完成数据处理送出处理结果后,与正常状态下相同数据处理结果进行对比,完成其数据处理功能检测。

毫米波防撞雷达图像处理测试部分在毫米波防撞雷达加电初始,通过外接独立显示器可以观察毫米波防撞雷达操作系统启动状态,还可以通过独立以太网线送入毫米波防撞雷达图像处理自检命令,待其自检完毕后根据自检结果完成其显示功能的测

试,如图6所示。

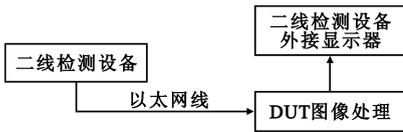


图6 毫米波防撞雷达图像处理测试原理图

Fig.6 DUT image manipulation test theory

毫米波防撞雷达接口控制测试部分的测试不能直接测量,通过 ARINC429 接口可以送入模拟惯导数据,在外接显示器上观察是否有正确信息输出,同时毫米波防撞雷达加电,通过天线伺服、信号处理、图像显示的控制命令回传信息来综合判断接口部分的功能是否正常,如图7所示。

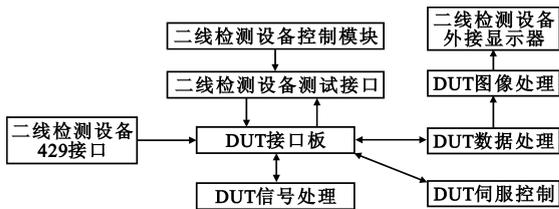


图7 毫米波防撞雷达接口控制测试原理图

Fig.7 DUT interface test theory

系统控制处理对各项测试命令进行处理,转化为各测试部分的测试命令代码,收集个测试部分得到的测试结果进行综合处理并根据测试规则进行判决,将结果上报人机接口供测试人员读取。

人机接口包含触摸显示屏和键盘、指示灯、开关。主要功能包含测试指令输入,测试结果显示、设备状态显示等。

二线检测系统是开放式的自动测试系统,开放式自动测试系统具有信息共享的逻辑结构,这些测试信息能在测试的不同阶段之间、内部不同部件之间、测试系统和其他辅助系统之间共享^[3]。在构建毫米波防撞雷达测试系统时采用成熟的系统控制机箱技术:支持多家厂家硬件和软件;其次,软硬件配置可以多样化,可以接插不同的功能模块,可以灵活地进行系统变更和升级;第三,可用性高:支持容错冗余和热插拔的模块。既可以简化系统软硬件的设计,又大大简化了系统的组建过程,并且增加了系统的可靠性、兼容性和维护性,更易于实现设备功能模块的标准化。

二线检测系统采用基于 PCI 总线的仪器扩展平台方案,即采用 PCI 总线接口的工控机,工控机内部全部采用插卡式仪器模块。与标准测试仪器组成的堆叠式系统相比,具有集成化程度高、数据交换速度

快、体积小以及搭配灵活等优势^[4]。

二线检测系统软件具有开放性,能够根据新的被测设备需求,灵活地增加新的 TPS。为此,采用框架式的软件结构把数据和测试流程分开^[5]。顶层软件包括系统控制处理模块和人机接口模块;中间层功能模块包括毫米波前端测试、毫米波防撞雷达天伺馈测试、信号处理测试、图像处理测试、接口测试;底层为测试接口。配置了满足任务需求的测试板卡资源,设计了系统控制、功能测量和通信模块,完成了系统的硬件集成和软件调试工作。

5 二线检测系统软件设计

二线检测系统软件结构如图8所示。

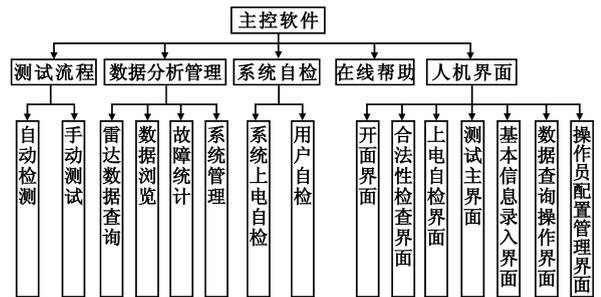


图8 软件结构图

Fig.8 Software configuration

二线检测设备检测对象为雷达,采用了以软件为核心的测试机制,软件设计采用了顶层化、模块化的软件框架结构,主要包含有测试任务流程、数据分析管理功能、测试系统自检功能以及人机交互界面。

(1)测试流程

完成对被测雷达的不同的测试流程,包括自动测试流程和手动测试流程。

1)自动测试流程

自动测试流程一经选择,测试系统将按照固定测试顺序自动完成测试系统自检、被测设备 BIT 信息提取、各独立 SRU 测试的全过程,并且给出测试结果。

2)手动测试流程

手动测试流程即测试人员人工选择需要进行的测试项目,完成测试并获得被测 SRU 的测试结果。

(2)分析数据功能

完成对毫米波防撞雷达测试数据的分析、管理,包括:

1)查询毫米波防撞雷达的设备名称、设备编号、毫米波防撞雷达多次的测试数据;

2)浏览数据:按毫米波防撞雷达设备编号、系统测

试日期等方式显示或打印测试结果、测试数据表格;

3)故障统计:按毫米波防撞雷达的设备名称、设备编号等关键字为索引将多次的测试结果进行自动故障统计。

4)系统管理:包括测试人员帐号管理,系统登录密码、操作员权限、系统描述信息,保证测试系统的安全性和可管理性。

(3)测试系统自检

测试系统自检包括两部分:

1)测试系统上电自检,对计算机及系统控制卡和进行复位和自检,给出测试系统故障的信息;

2)用户自检,用户对测试系统进行自检,可以显示、打印和记录自检结果。

(4)在线帮助

用户在测试设备使用过程中的产生疑难问题,在线帮助可以提供技术支持。

(5)人机交互界面

二线检测系统的测试软件时操作人员采用人机交互的方式完成操作,主要的人机界面有:开机界面、上电自检界面、操作员合法性界面、测试主界面、被测目标基本信息录入界面、测试数据查询界面、系统配置管理界面等。

开机界面:在二线检测设备开机后,系统进入自动测试界面,提示程序将进入测试,给出“是否退出测试”的信息和选择,等待操作员确认,在默认设置时间内无操作,程序自动进入操作员合法性界面。

上电自检界面:在进入测试主界面之前,自动执行二线检测设备的上电自检,并显示二线检测设备各单元的自检结果。

操作员合法性界面:提示操作者输入密码并验证操作者的密码是否合法,如操作者输入的密码合法,再确定操作者的权限。

测试主界面:操作者密码合法,程序进入测试主界面,测试、数据管理等操作均在该界面完成。

被测基本信息录入界面:在执行测试任务时,首先出现的是被测基本信息录入界面,提示输入基本的被测设备信息。

数据查询界面:在多次测试结果中,查询测试过的雷达信息,并生成测试结果报表。

系统配置管理界面:配置和管理操作人员的密码和使用权限。具有系统管理员权限的操作者才能打开该界面。

6 结束语

该毫米波防撞雷达二线检测系统具有开机自检

测和操作人员启动自检功能,能自动完成正常的测试流程,并将故障隔离到独立的模块,测试结果可自动显示和打印。通过用户单位的各项测试与使用,技术指标均达到了设计要求,操作简便,故障隔离率高,反应速度快。系统具有良好的操作性和可维护性,能够完成毫米波防撞雷达性能指标的自动测试和故障诊断,解决了部队对毫米波防撞雷达检测维修的迫切需求,极大地提高了该型设备的维修保障水平,取得了良好的经济效益和军事效益,为以后同类型的雷达二线检测设备的研制提供了很好的借鉴。

参考文献:

- [1] 李行善,左毅,孙杰.自动测试系统集成技术[M].北京:电子工业出版社,2004.
LI Xing - shan, ZUO Yi, SUN Jie. Automatic Test System Integration Technology [M]. Beijing: Publishing House of Electronic Industry, 2004. (in Chinese)
- [2] 张雁平,徐锐.现役机载电子战设备二线检测仪设计考虑[J].电子对抗技术,1998,13(5):37-43.
ZHANG Yan-ping, XU Rui. Active airborne elector-countermeasure equipment second assistant detect system design[J]. Technology of Elector - countermeasure, 1998, 13(5): 37 - 43. (in Chinese)
- [3] Michael J Stora, Droste D. "ATE Open System Platform" IEEE - P1552 Structured Architecture for Test Systems (SATS) [C]// Proceedings of IEEE Systems Readiness Technology Conference. [S.l.]: IEEE, 2003: 85 - 94.
- [4] 张毅刚,彭喜元,姜守达,等.自动测试系统[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2004.
ZHANG Yi-gang, PENG Xi-yuan, JIANG Shou-da, et al. Automatic Test System [M]. Harbin: Harbin Industrial University Press, 2004. (in Chinese)
- [5] 姬宪法,王程远.机载告警设备自动测试系统[J].河南科技大学学报(自然科学版),2009,30(4):38-41.
JI Xian - fa, WANG Cheng - yuan. Automatic Measuring System for Airborne Alarm Device[J]. Journal of Henan University of Science & Technology (Natural Science), 2009, 30(4): 38 - 41. (in Chinese)

作者简介:

杨昌福(1971—),男,四川眉山人,高级工程师,主要研究方向为雷达系统设计;

YANG Chang - fu was born in Meishan, Sichuan Province, in 1971. He is now a senior engineer. His research concerns radar system design.

Email: ycf11111111@yahoo.com.cn

王坚(1963—),男,陕西西安人,高级工程师,主要研究方向为通信与电子技术。

WANG Jian was born in Xi'an, Shaanxi Province, in 1963. He is now a senior engineer. His research concerns communication and electronic technology.