

doi: 10.7690/bgzdh.2023.10.003

基于 VME 总线的某型雷达控制机测试系统

王小芳, 胡际万, 杨小龙, 王晓明, 侯宗志

(中国人民解放军 32382 部队, 武汉 430311)

摘要: 针对某型雷达控制机连续工作时间较长、维修任务较为繁重、测试手段落后、操作方法复杂、程序繁多的问题, 设计一种基于反向模块欧洲卡 (versa module eurocard, VME) 总线的某型雷达控制机测试系统。硬件部分基于 VME 总线集成主控计算机板等 4 类板卡实现信号模拟、数据采集、信息交换等功能, 软件部分完成了自动测试、数据管理和故障分析等测试功能。实际应用验证结果表明: 该测试系统能够快速准确稳定地对某型装备各批次雷达控制机进行检测、调试和故障诊断, 检测覆盖面广、操作简单, 缩短了故障检测和装备维修时间, 有效提高了应急抢修能力。

关键词: 雷达控制机; 应急抢修; 故障检测

中图分类号: TJ56 **文献标志码:** A

Test System of Certain Type Radar Controller Based on VME Bus

Wang Xiaofang, Hu Jiwan, Yang Xiaolong, Wang Xiaoming, Hou Zongzhi

(No. 32382 Unit of PLA, Wuhan 430311, China)

Abstract: In order to solve these problems of a certain type of radar controller, such as long continuous working time, heavy maintenance tasks, backward test means, complex operation methods and numerous procedures, a test system for a certain type of radar controller based on versa module eurocard (VME) bus is designed. The hardware part is based on four kinds of boards such as VME bus integrated master computer board to realize signal simulation, data acquisition, information exchange and other functions. The software part completes automatic test, data management, fault analysis and other test functions. The practical application results show that the test system can quickly, accurately and stably detect, debug and diagnose the faults of each batch of radar controllers of a certain type of equipment, with wide detection coverage and simple operation, which shortens the time of fault detection and equipment maintenance and effectively improves the emergency repair capability.

Keywords: radar controller; emergency maintenance; fault detection

0 引言

雷达控制机是实现雷达操作控制、视频信号控制以及波导转换开关控制设备, 是侦查、搜索的关键^[1]。某型雷达控制机应用广泛、连续工作时间较长、维修任务较为繁重, 但该设备自身不具有完备的测试条件, 需要外接信号处理系统、伺服控制系统和采集检测控制系统来配合完成指标检测和调试, 操作方法复杂、程序繁多, 严重降低了装备故障诊断效率, 制约装备的修理维护能力。

为解决该问题, 针对雷达控制机的维修和故障诊断要求, 结合装备检测和调试经验, 笔者引入反向模块欧洲卡 (VME) 总线技术, 设计开发专用测试系统。VME 总线是一种通用的计算机总线, 基于其开放性、模块性架构, 可以在紧密耦合的硬件构架中进行互连数据处理、数据存储和连接外围控制器件; 因此, 该测试系统不仅能够完成雷达控制机各

插件级的检测, 而且可完成雷达控制机自身的整机检测, 测试操作简单、检测覆盖面广, 能够适应各维修级别的检测诊断任务, 特别是应急抢修, 可为设备的维护、训练、保障、维修等任务提供有力的技术支撑^[2]。

1 系统总体设计

针对雷达测控制机内 CT 控制板、IO 分立板、DS 通道板、SP 通道板、PA 采集处理器板、DP 处理器板和 CPU 主板共计 7 个插件的测试和整机测试, 测试系统采用软、硬件结合方式。硬件部分将信号处理模拟器板、伺服系统模拟器板、采集系统模拟器板通过 VME 总线板与主控计算机板连接, 各板卡之间采用双向通信方式^[3]。测试系统的逻辑结构如图 1 所示, 计算机插件选用嵌入式 ETX 系列的低功耗、高性能 CPU 卡, 减少外设占用空间, 简化软件固化操作, 提高可维修性^[4]。选用 5 槽一体

收稿日期: 2023-06-19; 修回日期: 2023-07-20

作者简介: 王小芳(1990—), 女, 江西人, 硕士。

化 VME 底板，其结构为针孔式结构，可提高测试系统在连接方面的可靠性。采用大规模现场可编程门阵列电路实现多种控制逻辑，取代硬布线设计，压缩硬件规模，提高系统设计灵活性。

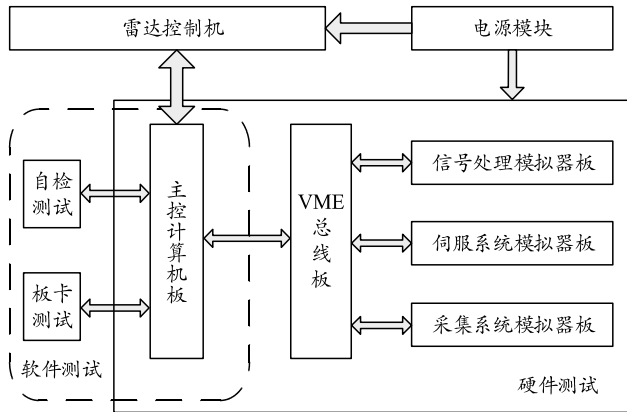


图 1 雷达控制机测试系统逻辑结构

2 系统软件设计

为缩短开发周期，提高软件可靠性，系统采用 VC++6.0 开发工具，在 WindowsXP 环境下运行^[5]，界面按标准化要求进行统一设计，根据测试顺序将人机界面、电源管理、自动测试、数据管理和故障分析等项目模块集成为一个主界面^[6]。在测试之前，需对雷达控制机测试系统进行参数配置，包括硬件通道的配置、状态字、信号标准值等。测试软件总体设计如图 2 所示。

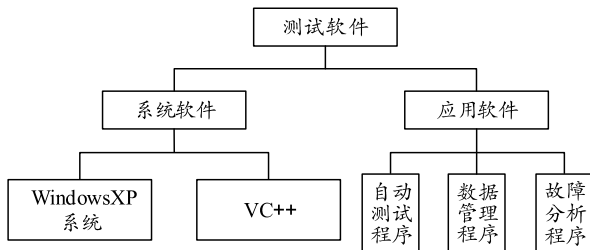


图 2 雷达控制机测试系统软件设计

测试系统内的主控计算机板通过 VME 总线板分别与信号处理模拟器板、伺服系统模拟器板、采集系统模拟器板进行通信获取各板卡的状态字，并对状态字进行汇总、分析，判断各板卡、通道是否正常工作，输出自检结果。

3 系统测试流程设计

3.1 CT 控制板测试流程设计

测试系统开机自检后，按照预定的测试程序及检测顺序对雷达控制机的 CT 控制板、IO 分立板等 7 个板卡和雷达控制机整机进行检测。测试流程如图 3 所示。

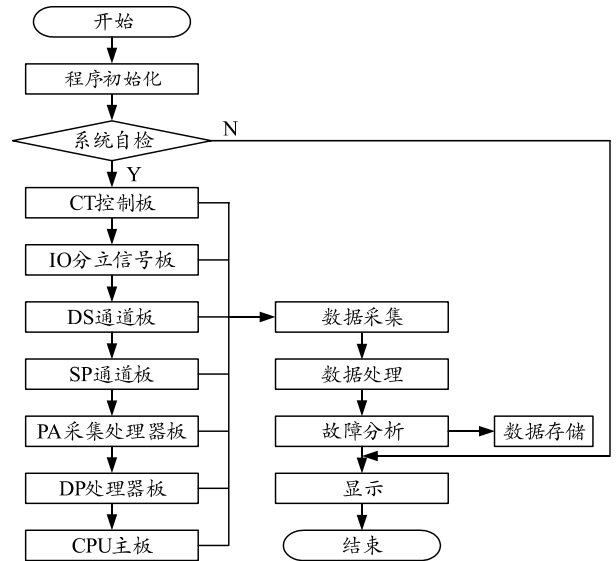


图 3 雷达控制机测试流程

CT 控制板产生雷达控制机所需的各种同步信号，DP 处理器板则处理与雷达控制机的交换数据，2 类板卡测试均通过测试系统主控计算机板直接进行测试。

主控计算机板接收 CT 控制板发出的信号后，测量信号的脉宽、周期，并与参照标准值进行比较，检测 CT 控制板是否正常工作；主控计算机板模拟雷达控制机时序与 DP 处理器板进行通信，通过判断交换数据逻辑正确性检测 DP 处理器板是否正常工作。

3.2 IO 分立信号板测试流程设计

IO 分立信号板是获取装备发出导弹频率码，PA 采集处理器板将数据输出至外部采集器并与检测控制组合进行数据交换，2 类板卡测试均通过测试系统的采集系统模拟器板进行测试。

采集系统模拟器板模拟产生 4 路导弹频率码发至雷达控制机，IO 分立信号板获取导弹频率码后将其输出至各分系统，采集系统模拟器板获取此频率码后，与发出的导弹频率码进行参数比较，判断 IO 分立信号板是否工作正常；采集系统模拟器板模拟外部采集器、检测控制组合与雷达控制机进行通信，主控计算机板将执行命令写入采集系统模拟器板双口存储器命令单元中，通过 PA 采集处理器板交换并存储雷达控制机的信息字。采集系统模拟器板通过判断信息字正确与否，或测量输出至采集器的各种信号参数，判断 PA 采集处理器板是否工作正常。

3.3 DS/SP 通道板测试流程设计

DS 通道板执行与装备伺服控制组合信息交换

功能。雷达控制机对测试系统伺服系统模拟器板的双口存储器进行寻址，伺服系统模拟器板采用 16 位数据双向并行方式模拟伺服控制组合的读写时序，与 DS 通道板进行数据交换。伺服系统模拟器板根据通信时序结果判断 DS 通道板是否正常。

SP 通道板执行与信号处理组合信息交换功能。测试原理与 DS 通道板类似，由测试系统信号处理模拟器板进行测试，即对信号处理模拟器板进行寻址，模拟信号处理组合的读写时序并与 SP 通道板进行数据交换，根据通信时序结果判断 SP 通道板是否正常。

3.4 CPU 主板测试流程设计

CPU 主板负责运行各类软件，协调雷达系统运行的合理性和秩序性，其测试通过检测 CPU 主板至各通道数据判断该板卡是否正常工作。如 CPU 主板收到雷达重调中断信号后读取伺服系统模拟器板的方位以及俯仰值，通过对比数据信息判断 CPU 主板工作状态。

4 测试系统实现

4.1 可靠性分析

系统可靠性应按最差工况计算，允许元件参数在一定范围内变化，避免因元件参数的变化造成电路性能漂移而导致产品故障^[7]。在正确使用和维护保养的情况下，测试系统的可靠性指标采用设备平均无故障工作时间(mean time between failures, MTBF)^[8]且不低于雷达控制机额定的平均无故障工作时间。

通过对各元件的等效故障率测算得出测试系统的失效率，计算本测试系统的平均无故障时间 MTBF。测试系统各元件失效率见表 1 所示。

表 1 测试系统的失效率

名称	数量	失效率/(10 ⁻⁶ /h)
主控计算机板	1	7.999 46
信号处理模拟器板	1	5.011 42
伺服系统模拟器板	1	5.011 42
采集系统模拟器板	1	5.011 42
电源模块	1	5
机箱	1	15

根据各元件失效率计算总等效故障率^[9]：

$$\lambda_{\text{MTBF}} = \sum_{i=1}^n N_i \lambda_{Gi} \pi_{Gi} = 44.997(10^{-6} / \text{h})。 \quad (1)$$

式中： n 为设备所有元件种类数目； N_i 为第 i 种元件数量； λ_{Gi} 为第 i 种元件的失效率，(10⁻⁶/h)； π_{Gi}

为第 i 种元件的质量系数。

测试系统 MTBF 为：

$$\text{MTBF} = 1/\lambda_{\text{MTBF}} = 22\ 222.36 \text{ h}。 \quad (2)$$

从上述可靠性计算结果可以看出，测试系统 MTBF 远高于雷达控制机的平均无故障时间，可靠性较高。

4.2 维修性分析

平均修复时间(mean time to repair, MTTR)是装备维修性定量要求的主要参数^[10]，在测试系统正确使用和维护保养的情况下，MTTR 不应大于 0.5 h。若系统由 n 个分系统组成，若每个可修分系统的失效率 λ_{Gi} 和平均修复时间 t_{Gi} 为已知，则系统的 MTTR 为：

$$\text{MTTR} = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_{Gi} t_{Gi}}{\sum_{i=1}^n \lambda_{Gi}}。 \quad (3)$$

经统计，测试系统的 4 个元件的平均修复时间如表 2 所示，则系统的 MTTR 为：

$$\text{MTTR} = \frac{\lambda_1 t_1 + \lambda_2 t_2 + \lambda_3 t_3 + \lambda_4 t_4}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4} = 0.15 \text{ h}。 \quad (4)$$

表 2 各元件修复时间

备件名称	平均修复时间/h
主控计算机板	0.15
信号处理模拟器板	0.15
伺服系统模拟器板	0.15
采集系统模拟器板	0.15

从维修性计算结果可看出，测试系统平均修复时间低于 0.5 h，可及时将故障排除，可靠性较高。

5 结论

某型雷达控制机测试系统通过 VME 总线板将主控计算机与信号处理模拟器、伺服系统模拟器、采集系统模拟器连接，测试软件采用模块设计方案，提高了控制机测试的可靠性、便携性、易用性，满足控制机检测、调试及故障诊断等维修保障需求。该测试系统目前已用于现场维修测试，实际应用表明该测试系统测试准确、稳定可靠，有效提高了应急抢修能力。

参考文献：

- [1] 施海锋, 柏玉娟. 片上异构双 PowerPC 雷达控制器的设计与应用[J]. 现代雷达, 2014, 36(7): 35-38.
- [2] 连光耀, 黄考利, 陈建辉, 等. 装备测试性设计关键技术研究[J]. 仪器仪表学报, 2006, 27(6): 1196-1197.