

doi: 10.7690/bgzd.2015.09.017

某型车载炮电气检测系统

雷凌毅¹, 张毅², 魏正兵¹, 雷超¹

(1. 中国兵器工业第五八研究所军品部, 四川 绵阳 621000; 2. 成都晋林工业制造有限公司, 成都 611900)

摘要: 针对某型车载炮电子电气设备组成多, 结构复杂, 系统具有层次性、相关性和综合性的特点, 设计一套基于某型车载炮电子电气设备的电气检测系统。采用自动测试设备(auto test equipment, ATE)与机内测试(built-in test, BIT)技术组合测试的方法, 介绍其工作原理, 分别从系统组成、工作流程、专家系统和软件设计方面对系统进行详细阐述。试验结果表明: 该电气检测系统能实现某型车载炮电气系统的故障诊断与日常维护, 显著提高某型车载炮电子电气设备的故障定位精度和故障隔离率, 有效增强某型车载炮电气系统的可测试性和维修性。

关键词: 电气检测系统; ATE 技术; BIT 技术; 故障诊断

中图分类号: TJ818 **文献标志码:** A

Electrical Test System of Truck-mounted Gun

Lei Lingyi¹, Zhang Yi², Wei Zhengbing¹, Lei Chao¹

(1. Department of Military Products, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industry, Mianyang 621000, China;

2. Chengdu Jinlin Industry Manufacturing Co., Ltd., Chengdu 611900, China)

Abstract: For certain type truck-mounted gun has numerous electrical and electronic equipments, complex structure, the system has hierarchy, relevant and comprehensive features, design a kind of electrical test system based on electrical and electronic equipment of certain type truck-mounted gun. Use testing technology of the auto test equipment (ATE) and built-in test (BIT), introduce its working principle from system composition, working principle, expert system and software design. Experimental results demonstrate that electrical test system can realize fault diagnosis and daily maintenance, can significantly improve fault location accuracy and fault isolation rate of the electrical system of truck-mounted gun with better testability and maintainability.

Keywords: electrical test system; ATE technology; BIT technology; fault diagnosis

0 引言

某型车载炮电气系统主要以火控计算机为核心, 包含随动控制器、伺服驱动器、姿态角传感器、高低/方位角度传感器、定位定向导航装置、通信控制器和各行程开关等设备, 各设备具有结构紧凑、集成度高及功能强等特点, 同时技术复杂。虽然大部分设备在设计时均采用了机内测试(built-in test, BIT)^[1]技术, 但由于经济成本等因素的制约, 电气系统各个单体不可能在所有功能模块上均使用 BIT 技术, 不可能完全完成故障隔离和达到较高的故障隔离率要求。因此, 需要用自动测试设备(auto test equipment, ATE)^[2]来完成故障检测和故障隔离。ATE 主要完成电气系统不能自测试信号的采集、分析及处理, 并获取电气系统 BIT 测试结果, 根据这 2 部分数据完成电气系统的故障检测和故障隔离。

采用 BIT 和 ATE 组合测试技术的电气检测系统, 融合了 BIT 与 ATE 各自的优点, 涵盖了某型车载炮电气系统内部功能和外部接口功能测试, 能提高电气检测系统的故障诊断能力和保障效率^[3]。

1 工作原理

电气检测系统可以在野战条件下通过 2 种测试

方式完成对某型车载炮电子电气设备的日常维护和故障诊断, 并将故障定位至最小可更换单元, 为操作人员提供维修指导。

第 1 种方式采用 BIT 技术, 利用被检测设备自身所具有的 BIT 测试功能, 通用检测子系统控制专用适配器通过 RS232 或 CAN 总线接收设备自检数据信息, 对自检数据进行分析, 根据数据分析结果进而将故障定位到可更换单元^[4], 如图 1 所示。

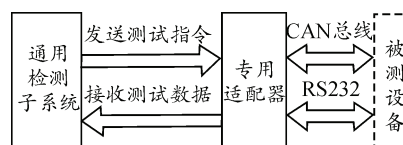


图 1 第 1 种测试方法原理

第 2 种方式采用 ATE 技术, 通用检测子系统控制专用适配器对车载炮电子电气设备工作状态的关键信号进行测试, 利用故障诊断专家系统对测试结果进行分析, 将故障定位到可更换单元, 如图 2。

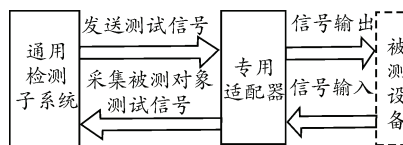


图 2 第 2 种测试方法原理

收稿日期: 2015-05-27; 修回日期: 2015-07-04

作者简介: 雷凌毅(1979—), 男, 四川人, 硕士, 工程师, 从事嵌入式系统设计、控制及智能检测研究。

2 系统设计

2.1 系统组成

电气检测系统由通用检测子系统、专用适配器、线缆检测仪、打印机和检测线缆组成，其系统组成结构如图 3 所示。

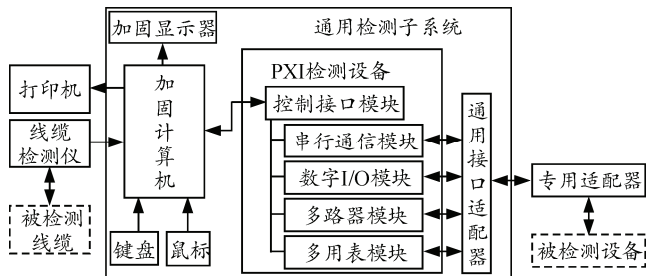


图 3 电气检测系统组成结构

通用检测子系统包括加固显示器、加固计算机、键盘、鼠标、PXI 检测设备和通用接口适配器等 ATE 测试设备，主要用于接收分析各被测对象自检信息，采集处理各被测对象的可测试信号，运行专家测试系统，完成故障分析和故障诊断^[5]。

专用适配器主要实现通用检测子系统与车载炮电子电气设备之间测试信号的转接和调理、测试指令的解析和通信数据的处理。

线缆检测仪用于完成车载炮电缆的短路、断路和绝缘性能检测。

打印机用于打印车载炮使用维护文件资料、测试记录、日常维护结果报表和故障诊断报表等信息。

2.2 系统工作流程

2.2.1 日常维护

以文字信息为引导，根据提示及要求完成各项基本维护保养工作；采用被保障设备自检，通用检测子系统测试被保障设备关键点信号数据，完成数据分析，判断被保障装备的状态，最后生成日常维护结果报表。其工作流程如图 4 所示。

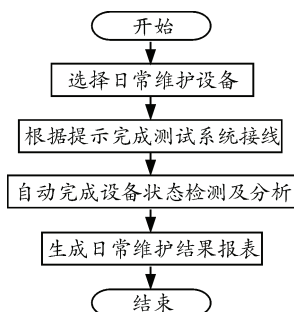


图 4 日常维护流程

2.2.2 故障诊断

以故障现象为引导，在系统软件故障诊断系统中根据故障现象，选取测试点，获取测试点的信号

测试数据，并对其进行分析与处理，根据分析结果实现故障诊断与故障定位；指导维修人员完成故障排除，最后生成故障诊断报表。其工作流程如图 5。

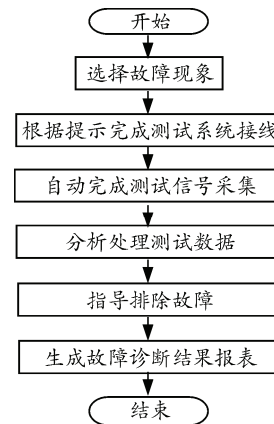


图 5 故障诊断流程

2.3 专家系统设计

某型车载榴弹炮电子电气设备组成多，结构复杂，系统的故障具有层次性、相关性和综合性的特点。层次性即指高层次的故障可由低层次的故障引起，而低层次的故障必定引起高层次的故障；相关性是指某一结构单元或联系发生故障后，势必导致与它相关的元素或联系的状态变化，进而可能引起相关元素或联系自身也发生故障；综合性则指任何一个原发性故障的发生都存在多条潜在的引发故障。因此，某型车载炮武器系统是一个多故障并发系统，这样的系统故障诊断是比较困难的。

针对该型车载弹炮电气系统建立了由规则和故障树组成的知识库，知识的获取过程是从车载炮的故障现象入手，寻找导致故障现象发生的全部因素，再找到造成下一级事件发生的全部因素，一直定位到产生故障的部件或板卡，再编制出反应推理过程的故障图。绘制出故障图以后，按层次进行分解，整理出故障诊断的规则。

推理机是本系统的核心，它根据获得的故障现象和知识库中的知识，按照正向推理策略，采用精确推理和模糊推理相结合的方式，实现从故障现象到故障原因的推理过程。基于故障树的推理是利用故障现象信息和故障树节点间的逻辑关系进行推理，利用异常节点作为推理的起始点，利用辅助信息进行假设排除，最终确定故障原因，定位故障部位。系统推理机整体处理流程如图 6 所示。

某型车载炮电子电气系统共统计 50 个基本故障现象，每一个故障现象对应 1 棵故障树和 1 个故障流程图。表 1 列出部分故障现象。

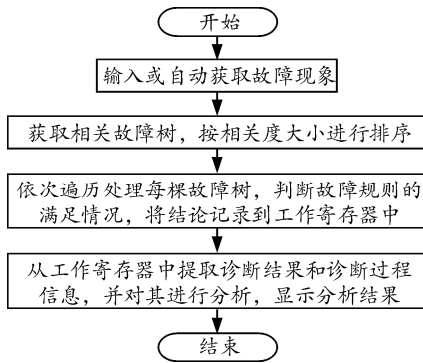
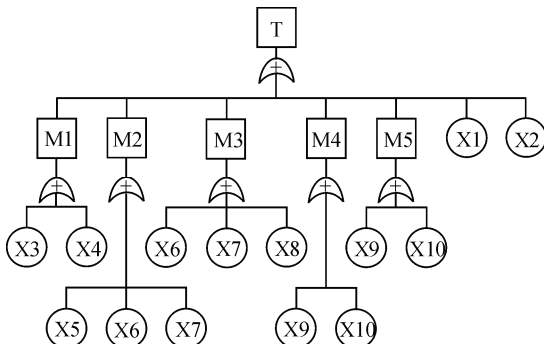


图 6 推理机整体流程

表 1 某型车载炮电气系统部分故障现象

序号	故障现象
1	高低方向不能正常调炮
2	方位方向不能正常调炮
3	火控计算机 EL 显示屏显示, 但无法进入火控程序操作界面
4	火控计算机无法接收上级指挥系统发出的指令信息
5	火控计算机接收不到横倾姿态角信息
6	火控计算机接收不到纵倾姿态角信息

图 7 为表 1 中“高低方向不能正常调炮”故障现象的故障树, 其余故障树与之类似, 用于确定故障诊断中的推理规则。



T. 高低方向不能正常调炮; M1. 随动控制箱无法获取用炮指令; M2. 随动控制箱无法输出伺服使能信号; M3. 随动控制箱无法输出伺服速度指令; M4. 伺服驱动器无法接收伺服使能信号; M5. 伺服驱动器无法接收伺服速度指令; X1: 伺服驱动器与电机之间连接线缆故障; X2. 伺服电机故障; X3. 用炮按钮故障; X4. 用炮按钮与随动控制箱间的线缆故障; X5. 随动控制箱 I/O 板故障; X6. 随动控制箱主机板故障; X7. 随动控制箱 D/A 板故障; X8. 随动控制箱多功能底板故障; X9. 伺服驱动器与随动控制箱之间的连接线缆故障; X10. 伺服驱动器故障。

图 7 “高低方向不能正常调炮”故障树

2.4 软件设计

电气检测系统软件主要完成日常维护的引导、提示, 故障诊断和维修引导, 维护或者维修记录等功能, 同时软件还完成备件管理、履历书管理和用户管理, 并且具备自检功能。

软件功能模块共分为 2 层, 第 1 层有 4 大主模块, 第 2 层有 5 小子模块, 子模块主要从属于“系统管理”主模块。功能构成如图 8 所示。

电气检测系统采用 Delphi 搭建软件架构, 开发

程序界面, 驱动各信号测试模块等具体事件。采用 SQL Server 2000 完成数据库编程, 建立故障诊断、日常维护专家系统知识库。程序运行主界面如图 9 所示, 采用全英文显示, 主要包括“日常维护”、“故障诊断”、“系统管理”和“帮助”4 大功能, 选择图标可进入相应功能界面。

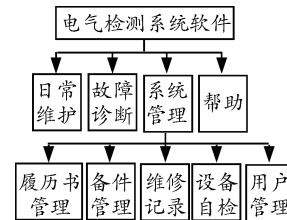


图 8 软件功能构成框图

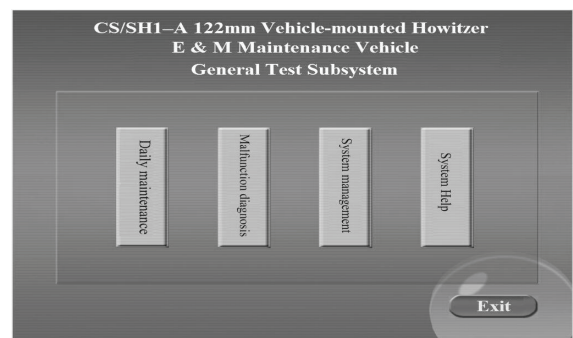


图 9 程序运行主界面

3 系统应用情况

电气检测系统装配于某型车载榴弹炮机电检修维护车, 并随机电检修维护车完成外贸鉴定定型试验。目前, 作为某型车载榴弹炮的保障维护设备已出口多个国家, 并取得了明显的经济和社会效益。

4 结束语

该电气检测系统采用 ATE 技术与 BIT 技术相结合的方式, 根据故障现象构建故障专家知识库, 完成某型车载炮电气系统的故障诊断和日常维护等功能, 具有测试内容全面、故障定位准确和故障隔离率高等特点, 能有效提高车载炮电气系统的可测试性和维修性。

参考文献:

- [1] 温熙森, 徐永成, 易晓山, 等. 智能机内测试理论与应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2002: 1-8.
- [2] 赵继承, 顾宗山, 吴昊, 等. 雷达系统测试性设计[J]. 雷达科学与技术, 2009, 7(3): 174-179.
- [3] 姜静, 张小平, 孙校书. BIT 和 ATE 组合测试技术及其应用[J]. 海军航空工程学院学报, 2006, 21(3): 383-385.
- [4] 李永军. 基于 BIT 的电子装备与故障预测系统[J]. 兵工自动化, 2005, 24(2): 22-23.
- [5] 李志宁, 张进秋, 吕建刚, 等. 自行火炮火控系统检测设备研制[J]. 测试技术学报, 2002, 16(专刊): 775-778.