

装备 BIT 和故障案例融合诊断方法研究

蔡德咏¹, 徐弘源², 陈福红³, 刘福军¹

(1. 中国人民解放军 72465 部队, 济南 250022; 2. 南京陆军工程大学 指挥信息学院, 南京 210000;
3. 中国航天科技集团公司第七研究院 第七设计部, 成都 610100)

摘要: 针对新型装备故障诊断难的问题, 将机内测试 (BIT) 诊断与故障案例诊断融合的推理机制引入到新型装备故障诊断系统设计中, 以装备 BIT 诊断为先导, 故障案例推理为后置补充的结合方式, 建立 BIT 和故障案例融合推理模型; 充分利用基于总线技术的装备 BIT 系统和从维修记录中提取的案例知识, 提高故障诊断精确度和效率; 通过典型火炮故障诊断实例分析, 验证了基于 BIT 和案例融合的综合诊断系统的诊断效能。

关键词: BIT; 故障案例; 融合诊断; 推理模型

Research on BIT and Fault Cases Fusion Diagnosis Method for Equipment

Cai Deyong¹, Xu Honyuan², Chen Fuhong³, Liu Fujun¹

(1. 72465 Unit of PLA, Jinan 250022, China;
2. Command Information college, The Army Engineering University of PLA, Nanjing 210000, China;
3. Aerospace Science and Technology Corporation, the Seventh Research Institute, Chengdu 610100, China)

Abstract: In order to solve the problem of difficult to find the new equipment faults, the reasoning mechanism based on Built-In Test (BIT) diagnosis and fault cases diagnosis integration was introduced into equipment fault diagnosis. The BIT diagnosis was taken as leading. The fault cases diagnosis was taken as post supplement. The advantage of equipment BIT system and fault case knowledge extracted from the maintenance records was taken. The integration fault diagnosis system was designed to improve the accuracy and efficiency of fault diagnosis. The effectiveness of BIT and fault cases fusion diagnosis method was verified by fault diagnosis example analysis of a certain type gun fire control system.

Keywords: BIT; fault case; integration diagnosis; reasoning model

0 引言

随着以信息技术为核心的新技术在装备上的广泛应用, 新装备在性能先进的同时, 结构也更加复杂, 技术保障, 特别是野战条件下新型复杂装备故障诊断的技术要求更高。新型复杂装备多采用了基于总线技术的机内测试 (BIT) 系统, 装备内部各子系统内置的设备测控节点通过总线接口电路与总线网络相连, 构成系统自检网络结构^[1-2]。利用总线获取的装备各子系统运行参数, 基于规则协议对数据进行解析, 能进行异常数据的识别和存储, 以便对深层次的故障进行分析, 可以实现在线诊断功能。BIT 系统使装备本身具有一定的故障诊断能力, 但装备上的 BIT 诊断系统相对简单, 不具备推理和知识积累的能力, 不能满足装备故障诊断需要。近年来, 装备故障诊断技术不断取得新成果, 当前出现的一些专家系统强调对故障案例的处理和利用, 具有表达直观、形式统一、模块性强、推理机制简单等优点, 在故障诊断领域得到了成功的应用^[3-4]。基于案例的故障诊断系统由于推理的机制过于简单, 存在适应能力差的弱点, 在诊断对象比较复杂, 故障知识规模比较大, 故障案例有限时, 弱点表现得更加突出^[5]。

本文为解决新型装备系统结构复杂、故障诊断难的问题, 将机内测试 (BIT) 诊断与故障案例诊断融合, 综合两种方法的优点, 设计了基于 BIT 和案例融合的新型装备故障诊断系统, 提高复杂装备故障诊断精确度和效率, 从而促进装备保障能力提高, 满足复杂装备保障力快速生成的需要。

1 BIT 和案例融合的故障诊断原理

装备 BIT 诊断是通过装备自身的机内测试系统获取的信息, 基于数据和规则的分析判断, 诊断定位故障的一种方法^[6-7]。实际装备保障中, 常常出现同样的 BIT 诊断结论却是不同的故障的原因, 有了诊断结论却未能及时获取故障排除方法等现象, 给装备保障人员的维修工作带来很大的挑战, 尤其新型复杂装备, 仅依靠 BIT 诊断难以满足保障需要。

故障案例诊断是通过访问案例库中同样或相似的故障案例征兆, 进行匹配分析, 获得当前故障解决方案的一种推理方法^[8-9]。基于案例的推理是一种直觉思维方式, 其基本依据是相似的问题有相似的解, 只要对问题的描述正确, 就可以借此思维方式由问题空间达到解空间, 但解空间需要长期积累的历史案例记录作为基础。新装备的故障案例有限, 基于故障案例的诊断方式难以满足复杂装备的故障诊断需要。

基于上面的分析, 本研究考虑综合 BIT 诊断和案例诊断两种方法的优点, 采用 BIT 诊断推理为先导、故障案例推理后置补充的结合方式将两种诊断方法融合, 并基于交互式的诊断模式进行故障和排故指导, 建立融合推理诊断模型。

收稿日期: 2017-10-31; 修回日期: 2017-12-02。

基金项目: 中国博士后科学基金资助项目 (2014M562576)。

作者简介: 蔡德咏 (1983-), 男, 福建建阳人, 博士后, 主要从事复杂系统自动测试与故障诊断、机械动力学方向的研究。

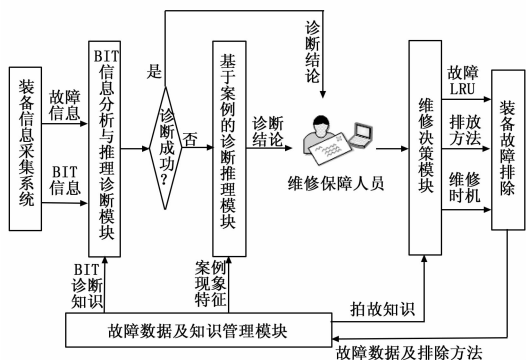


图 1 基于 BIT 和故障案例融合推理模型

基于 BIT 和故障案例融合推理模型如图 1 所示。当装备发生故障时，通过装备的信息采集系统采集装备各分系统的 BIT 信息和故障现象、故障发生时间等故障信息，经 BIT 信息分析与推理诊断模块对获取的 BIT 信息进行分析推理，如果能够成功诊断定位故障，将诊断结论提供给维修保障人员；如果未能诊断故障原因，再基于案例诊断推理模块进行故障案例匹配和推理，并将故障诊断结论提供给维修保障人员。在故障诊断和处理过程中，故障数据和知识管理模块负责管理和提供 BIT 诊断知识、案例现象特征和排故知识，保障故障诊断和排除成功。维修保障人员在获得故障诊断结论后，结合自己的经验、知识和现场的情况，通过维修决策模块确定排除故障的方法、需更换的现场可更换单元以及维修时机等，实现装备故障快速诊断和排除。

2 装备 BIT 和故障案例融合诊断系统设计

根据 BIT 和案例融合的故障诊断原理，采用交互式软件的开发思路，设计了故障诊断系统，系统总体框架与组成如图 2 所示。

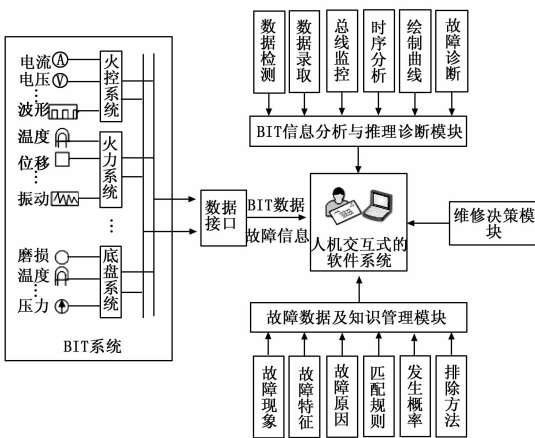


图 2 系统总体框架与组成

系统采用基于 BIT、案例以及基于人类思维活动的人机交互的混合推理方式。系统主要由装备信息采集模块、BIT 信息分析与推理诊断模块、故障数据及知识管理模块、维修决策模块四部分组成，各模块的具体功能如下：

1) 装备信息采集模块：装备信息采集模块由与装备连接的适配器及数据采集软件等构成，用于与装备 BIT 系统连接，

采集装备的机内测试信息和故障信息。

2) BIT 信息分析与推理诊断模块：BIT 信息分析与管理模块用于对实时采集或录取的 BIT 信息进行故障规程匹配和综合分析，给出设备故障诊断信息，具体包括 BIT 数据检测、故障诊断、数据录取、总线监控、时序分析、绘制曲线等功能。

3) 故障数据及知识管理模块：故障数据及知识管理模块用于对诊断知识数据库进行管理，实现知识获取、知识更新、知识检验和知识查询功能，可基于故障案例的相似度匹配，诊断故障，按照故障发生频率依次列出可能的故障原因，并以图片、文字、动画、视频等描述方式准确、清楚的按操作步骤给出故障排除方法。

4) 维修决策模块：维修决策模块用于给出故障诊断结论、现场可更换单元、排除故障所需的设备工具等，并给出维修方法和操作步骤，以交互式界面，引导用户进行故障分析和诊断推理工作。

3 典型火炮故障诊断实例分析

为检验 BIT 诊断和故障案例融合诊断方法的效能，选取某新型火炮为试验对象进行诊断试验。该型火炮涉及机械、电子、计算机、液压、控制、软件等多学科技术，性能先进的同时，系统结构复杂，故障诊断难度大。系统各子系统内部设备测控节点通过 CAN 总线接口电路与 CAN 总线网络相连，构成系统自检网络结构，具备一定的 BIT 诊断功能。

根据新型火炮 CAN 总线数据采集特点，开发了装备 CAN 总线数据和同步信号数据采集和分析模块，并基于积累的故障案例记录，提炼典型的故障案例，开发出了基于 BIT 和案例融合的故障诊断系统软件。以火炮火控系统在外场试验中出现的一故障案例进行试验分析，检验软件诊断性能。故障现象、故障诊断过程和排除方法如下：

故障现象：火炮火控系统启动后，身管在方位方向上大幅抖动。

故障诊断：基于 BIT 和案例融合的故障诊断系统软件采集火炮随动方位方向的状态信息，分析数据曲线，如图 3 所示，得出故障原因“随动系统协调到位后，方位方向产生震荡”。

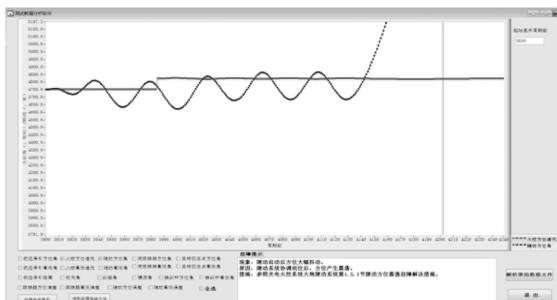


图 3 故障诊断软件诊断分析界面

基于故障的案例库和知识库，系统以交互的方式给出排故障指导如下：

1) 打开随动控制箱，将面板上“自动/半自动”开关打到“半自动”；