

航电设备故障诊断专家系统^①

王玉刚, 杨建新

(海军航空工学院 青岛分院航空军械火控系, 青岛 266041)

摘要: 故障诊断专家系统在自动测试与诊断领域有着广泛的应用, 它是自动测试系统的核心技术之一. 介绍了某型机航电设备故障诊断专家系统, 运用规则推理与 Hash 算法相结合的综合推理方式进行故障快速定位及故障预测, 提出视情维修建议, 提高了航电系统的故障检测率及故障诊断效率.

关键词: 航电设备; 故障树; 故障诊断; 专家系统

Certain Diagnostic Expert System for the Aerial Electronic Instruments

WANG Yu-Gang, YANG Jian-Xin

(Department of Aviation Armament Fire Control System, Naval Aeronautical Engineering Academy of Qingdao Branch, Qingdao 266041, China)

Abstract: The diagnostic expert system is applied widely in ATS, and it is one of the pivotal technologies in the automatic test and diagnosis field. This paper constructs a diagnostic expert system for the aerial electronic instruments. The expert system made use of integrated reasoning modes based on rule reasoning and Hash algorithm, and rapid fault location and fault prediction were performed. The proposal of condition-based maintenance was brought forward. This method improves fault detection rate and fault diagnosis efficiency.

Key words: aerial electronic instruments; fault tree; fault diagnosis; expert system

某型机航电设备在工作过程中, 发现故障的途径主要有三个: 目视、人工检查、各种 BIT 测试. 其中所有被探测到的故障均被保存在维护故障清单(MFL)中. 在维护故障清单中, 用故障代码来表示故障信息, 典型的故障代码的显示格式如图 1 所示.

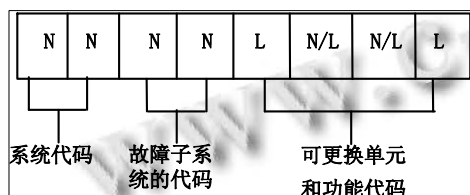


图 1 故障代码的显示格式

故障代码共有 8 位, 图中 L 表示字母, N 表示数字. 第 1、2 位表示故障分系统代码, 第 3、4 位表示子系统的故障外场可更换单元(LRU)代码, 第 5、6、7、8 位表示内场可更换单元(SRU)和功能的代码. 根据故障

代码可以判断故障发生的相应位置.

1 故障规则的建立与研究

首先, 根据专家经验和外场维护工作人员的经验, 得到设备的故障及故障诊断知识, 在对故障进行分析的基础上, 建立某型机航电设备的故障规则, 将故障规则表示为如下形式:

Rule

(NUM,FORE,NAME,FITM,DETM,TIMES,ISO,SOL)

即: 故障规则(编号, 上级编号, 故障代码或名称, 故障首次出现时间, 故障持续时间, 发生次数, 故障隔离措施, 故障解决措施).

下面以航电设备的某分系统出现故障为例, 来分析各 LRU 及 SRU 可能出现故障的情况, 如图 2 所示.

其中故障规则中的上级编号为某具体的 LRU 或 SRU 所属的上级部件对应的编号, 例如: 在上图中多

^① 收稿时间:2012-03-03;收到修改稿时间:2012-04-19

功能显示器的上级编号为某分系统的具体编号. 对于图 2 中的各个节点, 文中对相应节点定义了对应的故障规则, 其中表 1 列出了该分系统、LRU 或 SRU 出现故障时规则编码与各节点的对应关系.

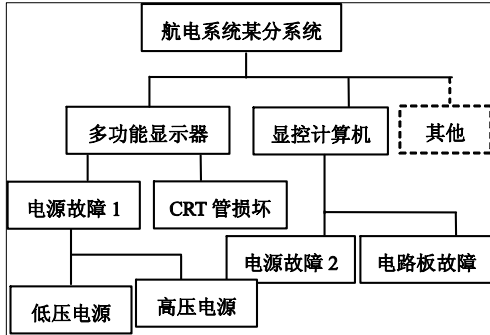


图 2 航电系统某分系统故障层次示意图

根据各故障节点的关系, 本文采用故障树模型来描述诊断对象结构、功能和关系, 它体现了故障传播的层次性. 在故障树模型中, 通过子节点(下层故障源)和父节点(上层故障源)之间的因果关系, 进行系统故障分析、制定测试和故障诊断流程等. 根据具体设备故障原因的分析以及对该设备故障的功能关系进行分析, 建立对应的故障树. 对于上述某航电分系统故障层次示意图, 通过 Labview 的 Tree 控件实现故障信息的建立和分析, 查找故障产生的根源, 其中故障树各节点以已命名的规则编码来表示, 如图 3 所示. 其中故障树有以下特点:

- 1 故障树中的每个节点都有各自唯一的编号;
- 2 各兄弟的上级编号相同; 各堂兄弟之间的上级编号不同. 例如: 兄弟 a4 和 a5 上级编号相同, 但 a4 和 a6 为堂兄弟, 上级编号不同.

表 1 故障规则对应关系

名称	某分系统	多功能显示器	显控计算机	显示器电源	CRT管	计算机电源	电路板	低压电源	高压电源
规则编码	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9

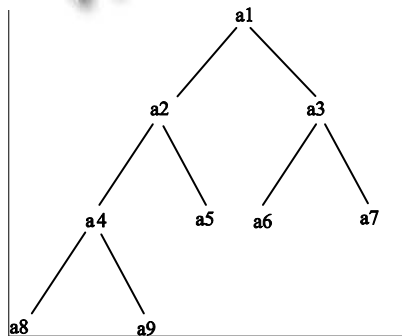


图 3 某分系统故障对应的故障树

本文采用故障树表的方式进行知识表示. 在知识库中根据各部件故障的原因分别建立相应的故障树模型. 分解每一个故障树流程图, 抽象出其中每一个节点的相关信息, 连同该节点的父节点和子节点, 组成一系列故障记录. 然后将分解结果保存在数据库中, 每一个节点信息对应的就是数据表中的一条记录, 而每一个故障树流程图对应的是数据库中的一张表, 即一个顶事件对应着一个故障树表.

2 故障诊断专家系统的设计

某型机航电设备故障诊断专家系统的原理图如图 4 所示. 故障诊断规则库及知识库管理模块用来存储和管理诊断知识, 可以实现规则的读取, 增删和修改. 该数据库中的内容按被测节点的不同从整机、外场可更换单元 LRU、内场可更换单元 SRU 到各功能模块进行分块存储, 从而提高专家系统的推理效率. 诊断推理模块将这些征兆值和数据库中的规则进行匹配, 得到诊断结果, 并根据冲突消解策略将诊断结果输出给用户. 解释机构根据用户的需要输出对诊断结果的解释和维修建议等内容. 动态数据库也称黑板, 用来存放故障征兆、推理的中间结果和最后结论、控制信息等内容.

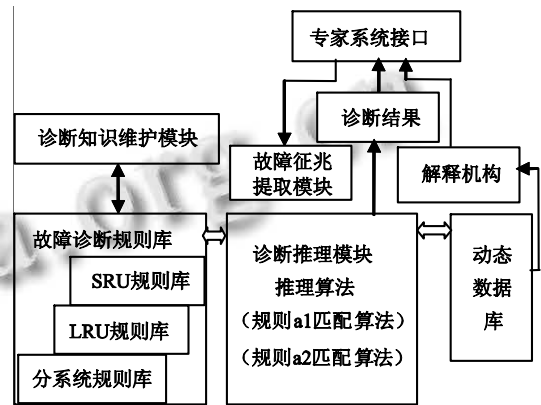


图 4 故障诊断专家系统原理方框图

2.1 知识库

在某型机航电设备故障诊断专家系统中知识来源于两个方面: 该型航电设备的相关文献, 包括技术说明书、故障模式分析、使用说明书、调试记录以及常见故障和排除方法等; 领域专家及设备维护人员的经验, 包括在系统维护过程中的结构知识、因果知识和行为知识等. 知识库包括: 规则库、案例库. 这些知识库间可以相互转化, 以适应不同的故障类型.

系统建成的时候,故障知识库的信息不可能是完整的,必须在应用的过程中不断扩充.知识库管理系统完成这项工作.图 5 给出了该系统导入故障树清单时的程序框图,还可根据需要增加节点,这时须提供该节点的上级点编码以及各数据表的各个字段信息,系统据此修改相关规则,并将其添加到相应的故障树;当用户要删除某一故障分支时,用户只需提供其故障单体名称及其父节点编码.

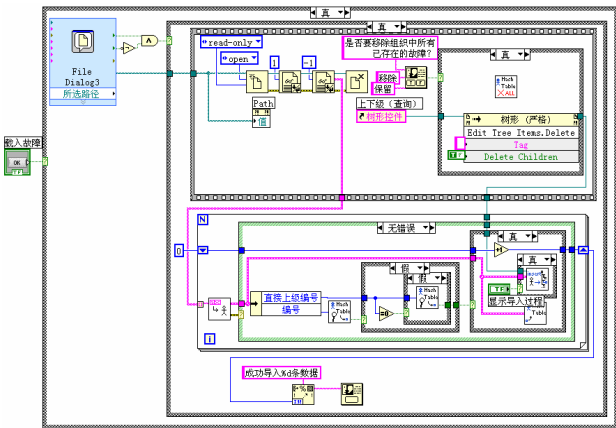


图 5 故障树清单导入程序框图

2.2 推理机

在进行知识表示时,故障树种的每个节点的相关信息包含着故障诊断的步骤.对于每一个故障树表,故障树的顶事件对应于专家系统要分析解决的任务,其底事件对应于专家系统的推理结果,故障树由顶到底的层次和逻辑关系对应于专家系统的推理过程.在本系统中,通过对于故障规则的分析,在存储故障的信息中加上直接下级故障的编号,就可以实现树型故障组织结构的遍历搜索.在查找故障过程中,需要在故障记录的存储位置和它的关键字之间建立一个确定的对应关系 f ,使得每个关键字和结果中一个唯一的存储位置相对应.因而根据这个对应关系 f 找到给定值 K 的像 $f(K)$.按这个思想建立哈希表.故障存储查询信息的哈希表的程序框图如图 6 所示.

在故障查询存储记录中采用了 HashTable 的故障信息存储,从而可以在限定范围内的快速搜索,复杂度为 $O(1)$.

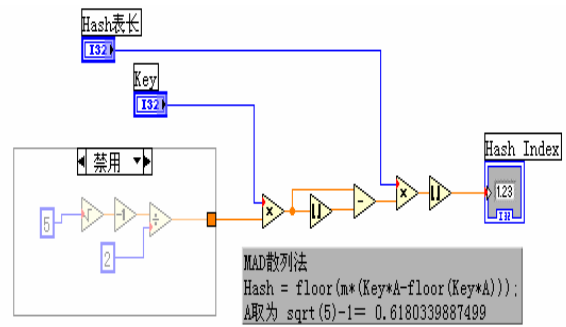


图 6 MAD 散列法 Hash 函数程序框图

2.3 解释机制

当用户寻求解释时,系统将对相应的节点进行回溯,由用户最初选择的现象开始,搜索每一步的推理过程即每一个节点的相关信息,而后再从数据库中取出相关节点所对应的信息,将它们显示在解释界面上.对于该航电设备故障诊断系统,通过对故障的判断,给出故障隔离的措施以及解决措施,并可通过故障分析进一步查清故障产生的各种原因,从而实现对于航电设备的智能诊断和维护.

4 结语

某型机航电设备故障诊断专家系统软件运行界面友好,操作简便.有效地提高了诊断系统的故障诊断检测率和诊断效率.通过构造故障树实现记录与故障定位、排除的验证,初步达到了综合诊断的效果.由于知识的获取和信息的积累是诊断推理和诊断算法的基础,因此专家系统还需要进一步的验证和完善,需要对知识库进行及时的优化和补充.

参考文献

- 1 吴今培.智能故障诊断与专家系统.北京:科学出版社,1997.
- 2 朱继洲.故障树原理及应用.西安:西安交通大学出版社,1989.
- 3 刘勇.基于故障树的导航装备故障诊断专家系统.海军工程大学报,2002,(1):41-44.
- 4 杨军,冯振声,黄考利.装备智能故障诊断技术.北京:国防工业出版社,2004:84-86.
- 5 杨占才,王红,朱永波,等.飞机航电设备综合智能故障诊断专家系统研究.测控技术,2006,25(4):4-7.