

# Design of Expert System Knowledge Base for Certain Airborne Equipment

**Yugang Wang, Haijun Peng, Sichen Wang**

Naval Aeronautical Engineering Academy Qingdao Branch, Qingdao Shandong

Email: flyingmanw@163.com

Received: Dec. 28<sup>th</sup>, 2015; accepted: Jan. 11<sup>th</sup>, 2016; published: Jan. 14<sup>th</sup>, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

The equipment of military aircraft becomes complex gradually, and field work becomes harder. In order to timely detect fault, ensure the aircraft intact and achieve a normal combat training work, this paper introduces the basic components of a certain type of airborne equipment, and the expert system is discussed in detail by showing examples and knowledge database to build the knowledge base rules. At the same time, to ensure the consistency and integrity of the expert system knowledge base, rules are classified first, and then abnormal rules are detected and treated. And through the interactive processing with maintenance personnel, the conclusions become more reasonable and accurate.

---

## Keywords

Expert System, Knowledge Database, Fault Diagnosis, Rule

---

# 某型机载设备故障诊断专家系统知识库的设计

王玉刚, 彭海军, 王思臣

海军航空工学院青岛校区, 山东 青岛

Email: flyingmanw@163.com

收稿日期: 2015年12月28日; 录用日期: 2016年1月11日; 发布日期: 2016年1月14日

## 摘要

军用飞机装备日趋复杂，其外场维护保障工作难度加大。为及时发现故障，确保飞机完好，以实现正常作战训练工作，本文简单介绍了某型机载设备故障专家系统的基本组成，通过实例详细论述了知识库的构建和知识规则的表示。同时为保证专家系统知识库的一致性和完整性，首先对规则进行了分类，并据此分类对异常规则进行了检测及处理。并通过与维护人员交互处理，使得得到的推理结论更加合理和准确。

## 关键词

专家系统，知识库，故障诊断，规则

---

## 1. 引言

目前，军用飞机装备日趋大型、复杂、网络化，更新换代速度快，技术含量高，造价昂贵，故障涉及面广，部队保障起来难度很大。特别对于航空维护各专业来说，其保障工作直接与飞机、武器打交道，稍有不慎就会酿成大祸，造成大量人员伤亡和巨大的财产损失[1]。机载设备在工作过程中，发现故障的途径主要有三个：目视、人工检查、各种 BIT 测试。其中目视：在正常操作和使用过程中，发现工作异常，或者损坏；人工检查：在机械日或者其他时间进行工作检查，或者在发现航电系统异常进行故障定位时，发现工作异常；各种 BIT 测试：通过 BIT 测试发现的故障，较严重的故障系统会自动报警，所有被探测到的故障均被保存在 MFL 中。

## 2. 基于 Visual Prolog 语言的专家系统的设计

为了弥补部队在装备维修建议及故障诊断方面的不足，针对部队装备使用、维修、保障人员进行系统开发，并注重安全性和可靠性设计，设计开发符合部队实际，人机界面友好的某型机载设备故障诊断专家系统。

机载设备故障诊断专家系统的原理图如图 1 所示。它主要由专家系统接口模块、解释机构、推理机、知识获取机构以及知识库组成[2]。其中知识库用来存储和管理诊断知识的各种规则库，包括外场可更换单元(SRU)规则库，以及内场可更换单元(LRU)规则库，可以实现规则的读取，增删和修改，以及知识库一致性的维护。

## 3. 知识库规则的研究

知识库中的知识是将关于世界的事物、关系、过程等编码成一种适当的数据结构。知识的表示用多种表示方法，其中产生式规则表示法是应用最广泛地一种，一般将这种系统成为基于规则的系统。本文知识库的创建正是基于规则[3]。

### 3.1. 规则的表示

某型机载设备在工作过程中，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 2 所示。

故障代码共有 6 位，图中 L 表示字母，N 表示数字[4]。第 1、2 位表示系统故障代码，第 3、4 位表示故障设备代码，也就是外场可更换单元(LRU)代码，第 5、6 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[5]。

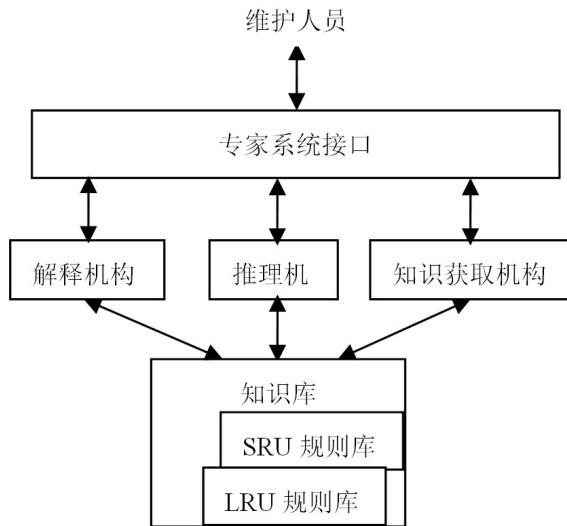


Figure 1. Block of fault diagnosis expert system principles  
 图 1. 故障诊断专家系统原理方框图

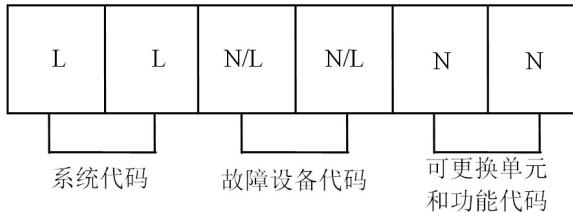


Figure 2. Fault code display format  
 图 2. 故障代码的显示格式

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,建立机载设备的故障规则,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)。

在实现规则结构时,为实现规则的数据结构,需要加入顺序读取规则的 IF 部分; THEN 部分; 可信度因子。在规则库中加入、修改、删除规则等操作过程。

### 3.2. 知识库实例

知识库中知识的一致性、完整性是影响一个专家系统性能的重要因素。对于某型机载设备故障诊断专家系统来说,故障规则的一致性、完整性是保证该专家系统性能的重要因素。这里本文首先对规则进行划分[6]。

本文将规则之间的联系划分为两大类:依次是  $R_x$  与  $R_y$  是无关的、 $R_x$  与  $R_y$  是相关的。其中对于无关的规则,不会影响知识库一致性,重点需要关注的是相关的规则。而对于  $R_x$  与  $R_y$  是相关的,又可分为  $R_x$  与  $R_y$  是相等的、 $R_x$  与  $R_y$  是包含的两种关系。

对于相等的两条规则,如果规则中的每一项都对应相等(规则的隔离、解决措施也相同),那么就定义这两条规则是重复的。对于重复冗余的规则,只需要删除其中多余的重复规则即可。如果规则  $R_x$  的任何域都是规则  $R_y$  的相应域的子集或者相等,那么  $R_x$  与  $R_y$  是相关的。

表 1 为某型机载设备故障实例。其中表中的故障隔离措施 I 及故障解决措施 S, 在某些情况下是一个合集。包含了对该部件处理措施的全部隔离和解决方法的集合。比如显控分系统故障隔离、解决措施是所有其包含部件故障隔离、解决措施的合集。显控分系统故障出现的次数也应该是各部件出现故障次数的或值(也就是最大值)。规则 2~12 包含于规则 1, 规则 2~12 是子集, 规则 1 是超集; 规则 7、8 相等的; 规则 2、3 是相关的; 规则 3、11 是相关的。

### 3.3. 知识库一致性维护

对于某型机载设备故障专家系统知识库规则的处理。对于无关的规则, 由于它们在知识库中的相对位置对于推理策略并没有影响, 所以把所有无关的规则提取出来放在彼此相关规则的前面。而所有相关的规则, 由于它们的顺序对于推理策略有很大的影响, 将相关的规则放在规则集中所有无关规则的后面 [7]。

要判断两条规则  $R_X$  与  $R_Y$  是否存在上述异常, 首先把  $R_X$  与  $R_Y$  相应的域进行比较, 如果  $R_X$  与  $R_Y$  的任何域相等, 则  $R_X$  与  $R_Y$  是重复冗余, 删除其中的一条规则即可。如果  $R_X$  的相应域是  $R_Y$  相应域的子集或相等, 对于规则的进一步的处理, 将通过与机载设备维护人员的一个交互完成。

本文在知识库中, 通过对各规则中的具体元素之间的关系比对来进行推理。通过定义以下谓词: judge\_unrelated、judge\_equal、judge\_Included. 从而根据元素是否是无关的、元素相等的、元素存在包含关系的等, 实现对设备故障诊断规则的合理判断和处理。知识库规则异常检测的过程如图 3 所示。

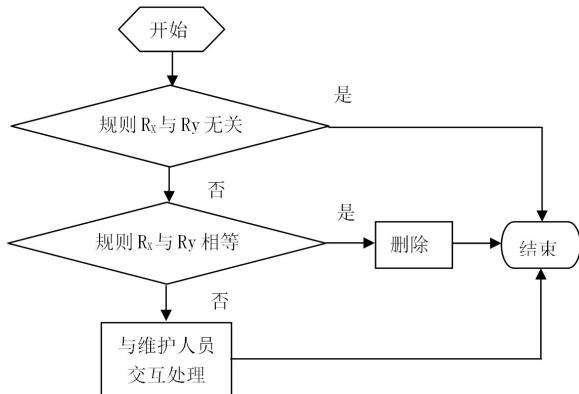
## 4. 结束语

基于某型设备故障专家系统的知识库, 在进行了大量全面的故障规则收集后, 由设备生产领域的专家、技术专家、部队设备维护领域专业人员等, 会同计算机相关专家一起, 以部队机载设备实际维护经验、维护理念来检定规则的正确性和知识库的合理性, 就完成了基于规则知识表示的建造。由于新知识的收集是一个长时间的、不断完善的过程, 知识库中的知识越丰富、越广泛, 知识库的维护也越来越困难, 针对知识库一致性的维护, 通过对异常规则的分类研究, 并通过专家系统语言 Visual Prolog 进行异

Table 1. Examples of certain airborne equipment failure

表 1. 某型机载设备故障实例

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	次数	隔离措施	解决措施
1	0	显控分系统故障	T1	D1	2	I1	S1
2	1	多功能显示器	T2	D2	3	I2	S2
3	1	多功能显示器	T2	D2	3	I8	S8
4	2	显控计算机	T3	D3	4	I3	S3
5	1	MFD 的电源模块	T4	D4	2	I4	S4
6	2	MFD 的 CRT 管	T5	D5	1	I5	S5
7	3	DCMP 的电源模块	T6	D6	1	I6	S6
8	3	DCMP 的电源模块	T6	D6	1	I6	S6
9	4	DCMP 的电路板	T7	D7	3	I7	S7
10	4	DCMP 的电路板	T7	D7	3	I7'	S7'
11	3	MFD 的低压电源模块	T8	D8	1	I8	S8
12	4	MFD 的高压电源模块	T9	D9	1	I9	S9



**Figure 3.** Process of knowledge rules abnormality detection  
**图 3.** 知识库规则异常检测的过程

常检测, 删除多余的规则, 并与维护人员交互处理, 从而实现了专家系统知识库一致性。该专家系统知识库的建立对于部队某型设备的故障诊断具有重要的参考价值和应用价值, 更加方便快捷的保证了部队设备的完好性。

## 参考文献 (References)

- [1] 吴春胤, 陈壮光, 王浩杰, 欧振聪. 基于本体的专家系统研究综述[J]. 农业网络信息, 2013(4): 5-8.
- [2] 刘涛, 杜天军, 黄世超. 智能专家系统在飞机排故系统中的应用[J]. 电子设计工程, 2014, 22(4): 185-186.
- [3] 刘江, 左正军. 通用航空器故障诊断专家系统研究[J]. 科技经济市场, 2013(8): 5-9.
- [4] 王波. 基于 CBR 的飞机机载设备故障诊断系统的研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西北工业大学, 2007.
- [5] 李国胜. TCAS 故障诊断专家系统的设计与研究[D]: [硕士学位论文]. 广汉: 中国民用航空飞行学院, 2009.
- [6] 潘大志, 黄青松. 基于构件的农业专家系统开发工具的设计与实现[J]. 计算机应用与软件, 2004, 21(9): 14-15.
- [7] 陈瑜, 林涛, 陈永雷. 测试设备故障诊断专家系统的设计与实现[J]. 海军航空工程学院学报, 2008, 23(1): 79-82.