

农机液压系统故障诊断专家系统的研究*

武 华 孙永厚 刘贤喜 韩聚奎
(黑龙江八一农垦大学) (山东农业大学) (中国农业大学)

摘 要 根据液压系统的故障特点,应用人工智能专家系统原理和面向对象的设计方法,用 Borland C++ 语言在计算机上开发了农机液压系统故障诊断专家系统——AMHSTES,它解决了故障诊断专家供不应求的矛盾。该系统采用了“规则+故障树”的知识表示方法,交互式知识获取形式,正向推理策略和不精确推理的 CF 模型,并备有诊断过程解释功能。能大大地提高液压系统故障诊断的效率和准确率,是专家系统用于农机液压系统故障诊断的一次有益的尝试。

关键词 农业机械 液压系统 故障诊断 专家系统

随着液压技术和农业机械的发展,农机液压系统的功能越来越多,其自身的结构、组成变得日益复杂;加之,农业机械的工作环境比较恶劣,因而发生故障的机率也随之增多。农机液压系统的故障诊断和维修是一项复杂的经验性工作,需要应用大量独特的专家经验和诊断策略,才能有效地解决复杂故障的诊断问题。传统的诊断方法已不能满足现代农业机械迅速发展的要求。近年来,专家系统作为人工智能的一个分支,在液压系统故障诊断中的研究与应用,已引起了人们的重视,也取得了一些成果。本课题针对目前农机液压系统诊断维修专家供不应求的现状,选取基于 Windows 工作平台面向对象的程序设计语言 Borland C++ 4.5 作为软件开发环境,开发了农机液压系统的故障诊断专家系统软件。

1 系统的组成和模块功能

该人工智能软件充分利用了 Windows 的优越性,用户或领域专家几乎不用经过专门的计算机培训,就可以方便地操作该系统,便于系统的推广和使用。系统采用面向对象的程序设计,提高了软件的可靠性、可维护性和可重用性,具有结构化、可扩充、易移植和易维护的特点^[1]。本系统由知识库、综合数据库、推理机、人机界面、解释模块和知识获取模块组成,它是按模块化设计的,其模块功能见图 1。

1.1 知识库

知识库由事实库和规则库组成,有关的故障征兆、故障原因、检修措施等事实和用于故障诊断的推理规则集成成各自的统一结构,被存入知识库文件,系统可根据用户输入的事实,激活相应的知识源逐步推理,直至求解完成。

本系统采用了“规则+故障树”的知识表示方法^[1,2],就是将故障树用一组规则来表示,它能完整地表达诊断知识的结构层次和因果关系,其中每个规则的表达形式如下:

IF < 条件 > THEN < 结论 > , < 措施 > WITH < CF > , < RCF >

收稿日期: 1998-10-12 1999-01-12 修订

* 国家教委资助项目

武 华, 副教授, 密山市 黑龙江八一农垦大学工程学院, 158308



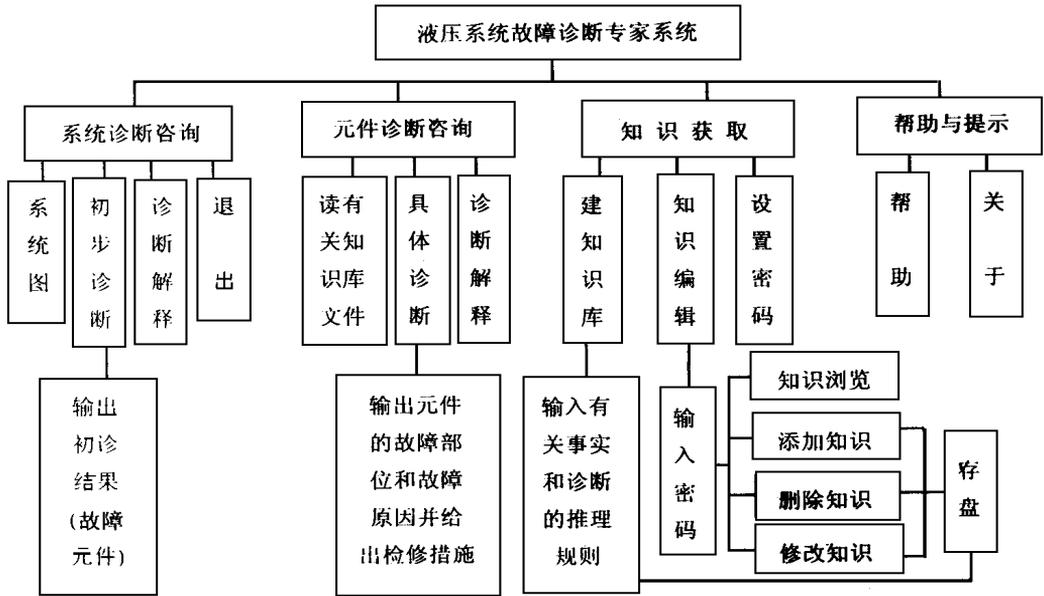


图 1 系统的模块功能

Fig 1 Module function of the system

规则的条件部分是多个前提的逻辑组合。CF 表示前提的可信度, RCF 表示规则强度。本文中 CF 和 RCF 的值暂且先默认为 1。液压元件知识库的规则中有措施这一项, 而液压系统知识库的规则中则没有, 其余部分相同。例如, 东方红-802 齿轮泵的“输出流量不足”这一现象的诊断知识库中, 一组规则的部分规则如下:

IF 内泄漏严重, 容积效率低, 泵内部零件磨损, 轴套磨损 THEN 轴套磨损, 更换或修复轴套 W ITH 1.00, 1.00, 1.00, 1.00, 1.00

IF 内泄漏严重, 容积效率低, 泵内部零件磨损, 泵体内壁磨损 THEN 泵体内壁磨损, 更换泵体 W ITH 1.00, 1.00, 1.00, 1.00, 1.00

整个系统知识库由 108 棵故障树组成, 分别是典型农机液压系统(包括东方红-802、JD-1065 等)及相应的液压泵、液压阀和液压缸的诊断知识, 共有 1998 条规则。

1.2 推理机

1) 液压系统故障诊断的步骤

液压系统的故障一般都是由于某个元件发生故障所致。因此, 液压系统出现故障后, 应仔细阅读系统原理图, 了解系统的工作特性, 根据系统的故障现象(外部症状), 运用正确的检测方法, 首先进行初诊, 找出引起故障的元件; 然后再针对该故障元件作具体诊断, 进一步确定该元件的故障部位和故障原因。只有找出故障部位和原因, 才能对症下药, 采取相应的解决措施排除故障。

2) 系统的推理与控制策略

系统的推理是指根据一定的规则从已知的事实中推出结论的过程, 而控制追求的并不仅仅是问题的求解, 还要寻求一个优化的求解步骤^[3]。

对于液压系统的故障诊断, 常见的是专家从所掌握的故障征兆、数据等出发, 逐步推出故障原因, 这种方法与正向推理的思路一致, 它可以接受专家操纵, 容易被用户理解。所以, 该系统采用的是正向推理, 系统的推理过程如图 2 所示。当推理机在某种状态下可用规则不止一条

时, 则出现规则的选择(即系统如何组织推理)问题。该系统采用启发式搜索法, 即推理到某一状态时, 要根据用户提供的故障信息和测得的客观数据实施最优搜索控制。为了避免推理过程中的“组合爆炸”, 将液压系统或元件的每个典型故障现象作为一个子任务, 构成一棵故障树, 存入一个相应的知识库文件中。利用这种“规则分组”方法, 形成推理的层次结构, 根据用户输入的故障信息, 将对应的知识库文件动态地调入, 从而提高了搜索效率^[4]。例如, 我们将齿轮泵的典型故障分为 7 种情况: 不排油或无压力; 输出流量不足; 压力不足或压力升不高; 噪声大; 压力不稳定, 流量不稳定; 异常发热; 轴封漏油。

3) 故障诊断实例(以元件为例)

根据东方红-802 的农具提升缓慢这个故障征兆, 在“系统故障诊断咨询”下, 激活“东方红-802 液压系统”子菜单中的农具提升缓慢这棵故障树知识库文件, 初步诊断的结果是: 油缸有故障; 然后选择主菜单“元件故障诊断咨询”下的“液压缸”子菜单中该机型的油缸推力不足知识库文件, 进行具体诊断推理, 推理过程见图 3。

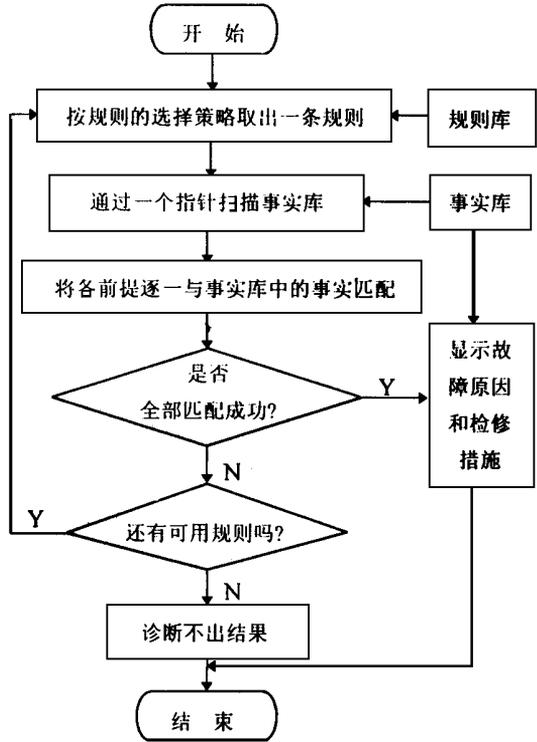


图 2 正向推理流程图

Fig. 2 Forward reasoning flow chart



图 3 推理过程

Fig. 3 Reasoning process

以上故障诊断实例, 我们在拖拉机修理过程中应用多次。实践证明: 该诊断系统实用性强, 所得结果与实际情况比较吻合, 诊断的可靠性与知识库中的知识积累成正比关系。

1.3 知识获取模块

知识获取是建造知识库的核心问题, 也是建造专家系统最关键的难题。知识获取过程包括在知识库创建时识别出必要的知识并将其形式化, 在发现已建成的知识库有错误或不完整后, 对知识库进行编辑(包括扩充、删除和修改)。该系统的知识获取过程如图 4 所示。

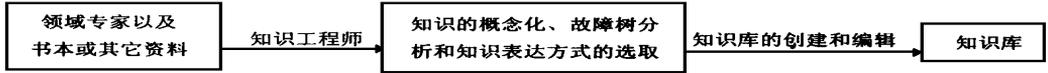


图 4 知识获取过程示意图

Fig 4 Schematic diagram of knowledge-gaining process

系统中的知识主要包括事实和规则, 规则中又含有前提。因此, 利用面向对象的编程技术, 在程序中相应地表示为事实类、前提链类和规则类。而且, 知识库中的知识是以带头结点的单链表的形式存储的, 包含规则、前提和事实三个单链表, 它们统称为知识链表, 其中的每个结点代表一条知识, 又称为知识结点^[5]。所以, 知识库的创建、扩充、删除和修改操作实质上都是对内存中知识链表进行访问, 即: 创建就是建立知识链表; 扩充就是在知识链表中插入一个结点; 删除就是在知识链表中删除一个结点; 修改就是在知识库链表中对指定结点的内容进行修改。因此, 知识获取模块可以独立运行, 可随时获取液压系统故障诊断专家在维修中取得的成功经验和知识, 逐渐扩充系统的知识库, 以改善系统知识库的完备性和准确性。齿轮泵知识获取的界面如图 5 及图 6 所示。

2 结 论

1) “规则+ 故障树”的知识表示方法, 具有自然性、一致性和完整性, 提高了知识表达能力, 增强了推理机能。面向对象的编程技术使知识库和推理机完全分离, 既有利于知识库的建立和编辑, 又可以实现灵活的推理, 便于专家系统的开发和维护。

2) 正向推理策略和不精确推理的 CF 模型, 符合液压领域专家的诊断思路; 同时利用了“规则分组”的方法进行匹配, 保证了推理效果。

3) 由于农业机械的机型较多、诊断工作实践性强, 加上时间有限, 本系统的知识库还远不能满足生产实际的需要, 应继续丰富扩充诊断知识, 从而不断完善该诊断专家系统的知识库, 便于普及应用。



图 5 齿轮泵知识库的创建

Fig 5 Buildup of the knowledge base for gear pump

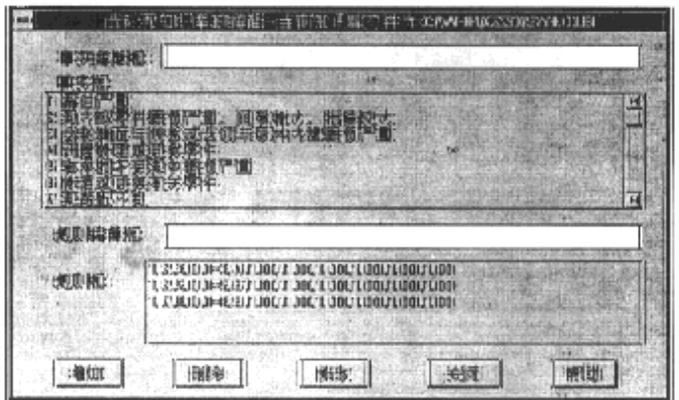


图 6 齿轮泵知识库的编辑

Fig 6 Editing of the knowledge base for gear pump

参 考 文 献

- 1 程慧霞等. 用 C++ 建造专家系统 北京: 电子工业出版社, 1996 223
- 2 邝朴生, 徐福章, 刘玉琴. 现代机器故障诊断学 北京: 农业出版社, 1991. 155 ~ 186
- 3 纪清岩, 郑旌辉. 用于灌溉建筑物病害诊断的专家系统 农业工程学报, 1995, 11(1): 99~ 103
- 4 高鹏, 陶敏中, 谭红等. 利用神经网络技术建造工艺设计专家系统 农业机械学报, 1996, 27(3): 120 ~ 123
- 5 唐策善等. 数据结构—用 C 语言描述 北京: 高等教育出版社, 1995 12 ~ 41

Study on the Troubleshooting Expert System of Agricultural Machinery Hydraulic System

W u Hua Sun Yonghou

(*Heilongjiang August First Land Reclamation University, Mian*)

L iu Xianxi

H an Jukui

(*Shandong Agricultural University*) (*China Agricultural University*)

Abstract According to the trouble feature of hydraulic system, using the principles of Artificial Intelligence (AI) Expert System and the design method of object orientation, the Troubleshooting Expert System of Agricultural Machinery Hydraulic System (AMHSTES) was developed by means of Borland C++ languages on the computer, which solves the contradiction that the supply is unable to meet the demand for Troubleshooting experts. The "rule + fault tree" model of knowledge representation, the mutual knowledge gaining form, the forward inference tactics and the CF model of inaccurate reasoning were adopted in AMHSTES. Furthermore, the system has the function of explaining troubleshooting process. It can greatly raise the efficiency and precise rate of Hydraulic System Troubleshooting.

Key words agricultural machinery, hydraulic system, troubleshooting, expert system