

12

95-103

柴油机诊断技术人工智能化策略研究

邓朝毅

(建筑安装工程系)

TK428

摘 要 对柴油机故障模型进行了归纳和分类,探讨了柴油机诊断技术人工智能化的策略和方法,设想了专家诊断系统的基本结构,分析了各种机况参数的属性和相互关系,推出典型的上下文树,讨论了可信度、规则及调度策略,文中结合许多典型机况参数和故障进行了分析。

关键词 柴油机, 诊断技术, 智能化, 故障模型, 专家系统

中图法分类号 TK428

诊断

工程机械柴油机工作环境十分复杂,充满粉尘的工地,坎坷不平的路面,长时间高负荷的工作,都使柴油机容易发生故障和早期损坏。不能及时和准确地诊断其运行状况会造成事故和不必要的损害。如果诊断错误,将小故障判断为大故障,造成不必要的大拆大卸;严重的陷患判断为小故障,继续运行造成重大伤害,甚至于整机报废。柴油机的诊断技术,目前还局限于部分仪器检测和富有经验的听车专家进行诊断。检测主要有机况额定参数量测量,缸筒、曲轴轴承、连杆轴承振动测量等。但都较片面,仅把个别测点的诊断信息,个别测点的傅氏谱作为主要的诊断依据,不能对现场的统计资料,如历次大修记录、本次大修以来的趋势分析、使用状况等进行处理。对部分系统和机构的状况可以有定性的判断,但对综合性的故障无能为力,误诊漏诊在所难免。专家能弥补仪器的不足,在判断能否继续使用方面颇为满意。但单凭经验和事例还远远不够,由于机型的差异、使用状况的不同、专家水平的高低等原因,经拆机验证常使人们不得不推翻原来的判断,甚至使人瞠目以对。这就提出了一个问题,即柴油机在运行中,是不是任何故障都可以被诊断出来,应该怎样来建立一个可靠的诊断系统。

1 故障模型及分类

柴油机的诊断问题,就实质来说,是一种模式分类问题。将其运行的状态分为正常和异常两种就是一个最基本的分类问题。至今,这样的诊断对于使用仍然具有指导意义,时常还起着决定着决定性的作用。经过检查和听车可以确认柴油机处于正常状态或处于异常状态,以确定是否须要检修。这样的指标只能定性的判断可用或不可用,当然是不尽人意的。

进一步判断柴油机故障的性质、部位和严重程度,必须将诊断结论细化处理,它实质上

* 收稿日期:1995-06-05

邓朝毅,男,1943年生,讲师,重庆建筑大学建筑安装工程系(630045)。

是更为复杂的分类问题。柴油机故障的可诊断性取决于故障本身的性质,就其性质而论,可分为诱发性故障和原发性故障。诊断出诱发性故障比较容易,如不能启动、加速不良、排气管冒黑烟、明显的异响、不正常的振动等等,操作者可以明显的感觉到,或通过仪器简单的诊断信息就可以判断出来。但要想判断出诱发上述故障的原发性故障究竟是什么,则必须经过进一步检查,并进行各种诊断信息的相关分析比较和综合判断,才能找出原发性故障,这往往是十分困难的。而这类原发性故障恰恰是柴油机运行状况异常的根源所在,必须采取措施加以排除。同时,诱发性故障有明显症状时,尽管容易诊断出来,但已发生了某种程度的损害,若有轻微症状时或尚无症状时,找出其原发性故障就诊断出了其隐患的所在,及时采取措施则可以大大减少维修成本,避免重大伤害的发生,而且还可以预测柴油机检修的周期。

柴油机故障还可以分为器质型和操作型故障,顾名思义,操作型故障是由操作不当,调整不当所引起的,并非柴油机本身的问题。但是,操作型故障可作为原发型故障而诱发器质型故障。润滑油不足或品质低劣,可造成柴油机润滑不良和过热,继续下去因润滑不良所造成的拉缸、烧瓦等则属于器质性故障了。在一些场合下,区别这两种故障具有决定性的意义。较完备的诊断系统应有故障追忆功能,将事故前的故障信号、诊断信息贮存在计算机内,必要时可以调用来分析事故的原因,作出是否应该进行预防检修的判断。

柴油机的故障还可以分为渐进型和突变型。机器的运行必然造成相对运动件的磨损,对自然磨损阶段即正常磨损阶段,若出现轻微的振动声,伴随的故障性质是属于渐进型的,随着磨损的增加故障会愈来愈明显。诊断这类故障已经有了相当的经验。对于突发型的故障,它摆脱了以连续的光滑的渐变现象为对象的经典力学的束缚,但也并不完全是无规律可循的。早在1972年比利时数学家 Thom 和英国皇家科学院院士 Zeeman 就提出和从事突变理论的研究。突变理论告诉我们,机器的突发型故障并不是没有征兆或者不可知的,相反,有其自身的规律可循。在听车专家诊断的过程中,若发现异响伴随柴油机的转速变化而明显改变,即所谓的跟油门,则有可能在某个时刻,某个场合下发生重大故障,柴油机不得再继续进行,必须及时检修。实质上这就是有关突变前征兆延续时间及状态变化理论方面的应用。当然,要把突变理论在柴油机故障诊断的领域内加以应用,还需要逐步积累经验,做大量的工作。具有专家系统的诊断系统应该具有机器学习的功能,它可以在诊断过程中贮存每次诊断的分析判断过程,对诊断技术的逐渐完善有极其重要的帮助。

柴油机的故障还可以分为单一型和多发型。例如,气门间隙较大造成汽门脚响,对柴油机运行影响不大,要造成较大的损害需要相当长的时间,所以可在一个或几个工作日后才进行调整。而有的故障会引起其它的故障发生,若汽门响是由于汽门弹簧断裂而引起,不仅造成柴油机工作不良,继而会造成汽门脱落打坏活塞,造成重大事故。有的故障还会引发多种故障,如润滑不良就可能同时造成拉缸、烧瓦、配汽机构损坏等一系列重大事故。因此,只有对柴油机的运行状态进行全面的分析,找出存在的各种隐患,分清什么类型的故障是第一位的,还存在着哪些故障,才算是对柴油机的状态做到了心中有数。柴油机的构造复杂而紧凑,各机构的运动和各系统的工作配合十分密切和准确,在时间及空间的准确性和同步性方面要求很高。任何机构或系统的零部件发生问题,不仅涉及本机构或本系统的工作,而且会影响所有机构和系统的工作。故柴油机的故障大都不是单一的,它可能是多个故障的综合体现,也可能引起一系列的连锁故障,特别是维护使用不当,机况甚差的柴油机往往一个小故障,就涉及到整个机况。汽门密封不严,缸筒磨损过大,供油不畅,压力不够,喷油时刻不准,

雾化不良以及启动系统有问题等等故障都可能使柴油机难以启动。就故障分类而言,一个故障在不同的状况下可能具有多种性质。例如大瓦的异响,如果响声轻微不跟油门,尚可作为基本正常,可运行一段时间甚至一个保养周期再予维修。若响声严重跟油门,则为异常状态,必须拆机检修。一般情况下,大瓦磨损应是渐增型的,它与柴油机的工作小时密切相关。但它也可以是操作型的,比如润滑油使用不当,添加不及时,长时间超负荷运转,都可能造成大瓦损伤而成为器质性故障,若处于异常状况盲目继续使用,造成轴承受冲击过大,会导致多道轴承损坏,机油压力陡降,柴油机可能抱死,此时它又成了原发性故障了。柴油机的故障信息随当时的运行状况不同而有所差异,随转速不同,负荷不同,加减速状态不同,冷热车运行不同,甚至环境温度大气压力不同,在表现形式上和表现程度上都有一定的差别。当然,反过来又可以在不同的运行状况下进行诊断,利用这些故障信息的差异来帮助我们区别其故障信息相似,但却是完全不同的或在程度上相差甚远的故障。

从上面的分析可见,柴油机故障的可诊断性和复杂性首先取决于故障本身的性质,一个诊断系统的诊断能力对不同类型的故障是有差异的,在目前的技术条件下,对有些故障仍然是无能为力的,需要我们继续不断完善诊断理论、诊断手段和诊断方法。而获取完整的诊断信息是正确进行故障诊断的关键所在,对这些信息进行全面的相关分析,综合比较和类比判断,就是人工智能化的核心课题。柴油机技术状况的评定首先是通过全面检测获得重要的和必要的诊断参数,一方面可通过平时的运行记录,检修记录即车辆档案来获取相当一段时期的机况信息,另一方面可通过检测仪器获得虽是单项的但涉及诸多因素的诊断参数。专家系统存有各种参数的约束条件、分析条件、类比条件、案例积累等成熟的人工智能思维模式、方法和规则,并可极其迅速地进行各种推理,得出切实的结论或提出疑问、建议,再进行必要的补测,最终得出正确的结论和处理的办法。在此过程,专家系统学习记忆了处理过的案例以备后来使用。

2 诊断参数

柴油机零部件的技术状况由各种参数所确定,参数应是表示诊断对象工作能力完好性的数量或函数。技术状况参数可分为结构参数和诊断参数,结构参数是物理值或调整数据,它包括零件的几何形状、相互位置和配合情况等等,它直接表征机构的技术状况或工作能力,而这些参数可直接来自手册,或平时运行和维修保养的调整记录。诊断参数是供诊断用的,可用诊断仪器和设备检验,直接和间接表示柴油机的技术状况和工作能力。常用的诊断参数有柴油机功率、燃烧质量、气缸压力、气缸漏气率、进气管真空度、供给系工作质量、机油消耗量、机油含金属量、机油压力、曲轴箱窜气量、柴油机温度、增压器进口压力、进口温度、出口压力、中冷器温度、柴油机异常响声和振动等。

上述参数按其数值可分为额定值,允许值,极限值和当前值。额定值由柴油机功能和用途确定,是国家、厂家给定的标准和维修后给定的标准。通常新柴油机或是大修后的组件和总成,其走合或磨合后其参数为额定值。允许值是参数的边界值,这种情况下,配合副,组合件,机构不用修理、调整。柴油机的许多基本参数有两个允许值,其中一个为极限值,若达到此值柴油机就不能继续使用,否则会使其动力性、使用经济性和可靠性等急剧下降,甚至造成严重损害。

柴油机的工作条件很不稳定,它经常在转速和负荷变化的条件下运行,某些零件还要在高温、高压等条件下工作,在使用过程中,其技术状况将不断变坏,出现许多症状。诊断参数的选择应具有灵敏性,要求从正常状态进入故障状态的整个过程中相对变化率较大,具有明显变化的征兆;应具有单值性,其变化具有某种规律如渐增型或渐减型,不要出现不规律的非单值变化现象;还应具有稳定性,在测试条件不变的情况下,其测试值具有良好的重复性。

在此要特别说一下柴油机异常响声和振动。柴油机工作时出现异常响声和振动是柴油机技术状况不良的有力证据,也是故障的重要征兆。使用专门的诊断设备如声级计,对异响和振动信号进行分析处理,也可以从中确定柴油机的技术状况。然而,柴油机本身有许多其它的响声,如冷却风扇的噪声、燃烧噪音、曲轴连杆机构和配气机构的固有响声等等。同时,这些响声以及不正常的异响混在一起又随转速和负荷不同而变化,单凭仪器还难以区分和捕捉,况且,有些异常振动和异响的部位是仪器检测不到的,如曲轴轴承响、连杆轴承响、活塞销响、敲缸响、气门响等,只能检测缸盖、柴油机壳体、油底壳等部位,而这些振动是由主声源激发出来的二次声源,它的振动规律除和主声源有关外,还和该测点的固有谐振频率有关。

3 基本结构

综上所述,柴油机的诊断必须对柴油机的原始规范、使用状况、维修状况、不解体检验参数、异响诊断参数等进行综合,由专家系统快速分析、比较、推理、求解、决策,作出准确的诊断,迅速准确地反映柴油机各机构、系统、总成、零部件的技术状况,并作出恰当的建议。并且对每次诊断的过程和结果,专家系统能够获取新的知识和成功的案例,使其诊断越多,系统越准确越可靠。

柴油机的诊断是复杂而专门的问题。对这些问题,目前还没有精确的描述和严格的分析,还没有确定的算法和模式来解决。解决这类分析性问题需要专家的知识,包括理论知识和实际经验。通常要推广和运用专家的知识必须通过培训的方法,这需要若干年的时间。专家诊断系统则突出了知识的价值,大大减少了知识传送和运用的代价,使专家的知识迅速广泛应用,迅速转为社会财富。专家系统可采用如 LISP 与 PROLOG 类型的人工智能程序设计语言,可采用如符号推理、后发式搜索、模糊规则推理、模糊决策树推理及神经网络模拟等人工智能的原理和技术,建立一个适用的骨架系统,在实际诊断过程中,发展成为一个高质量的专家系统。根据柴油机诊断问题的特点,笔者设计了一个专家系统的基本结构,用以说明柴油机诊断系统的工作情况。

本系统基于 MYCIN 系统的扩充产生式系统结构,由三个子系统和两个库组成,如图1所示,各部位功能如下:

动态库——存放正在进行的柴油机的情况,包括故障症状、诊断参数信息、系统推导出的中间结果和最终结论等。

知识库——存放用于诊断和维修保养柴油机的静态数据和知识,包括规定的额定原始参数、专家经验的判断性知识以及描述各种处理办法的知识等等。

咨询子系统——即推理机,根据知识库中的诊断知识与动态库中的数据进行推理,作出咨询决策。

解释子系统——回答用户询问的问题，问题可涉及当前的决策及系统的一般知识。每个咨询决策作出后自动进入该系统。

知识获取子系统——协助柴油机专家对知识库进行扩充和修改。系统可以对专家输入的知识进行分析，并将其转化为内部的规则形式。

3.1 上下文树

动态库中的数据按照它们之间的关系组成一棵上下文树(CONTEXT TREE)。上下文树是在咨询过程中形成的。树中的结点称为上下文，每个结点对应一个具体的对象，描述该对象的所有数据都存储在该结点上。因此一个上下文树就构成了对被检测柴油机的完整的描述。

图2是一个上下文树的例子，图中每个结点的旁边注明其结点名。括号中为该结点的上下文类型。从图中可见该树描述的装载机所用柴油机首先不能启动，经电路和供给系调整后启动，功率和气缸压力已不合要求，气门合乎要求，缸筒活塞及环已磨损，连杆轴承有异响并有敲缸声，运行记录并未达到修理里程(或小时)数，油耗超标，仅磨过气门，使用过劣质机油，最终可能收瓦和换活塞及活塞环。

系统中规定了十种上下文类型：

- 1) 柴油机——A：A为数字编号、检测顺序号、机号、车牌号、修理厂工号等均可。
- 2) 故障：不能启动、异响、冒黑烟、加速不良等等。
- 3) 当前诊断参数：现在的诊断信息。
- 4) 先前诊断参数：上一次或以前检测过的参数。
- 5) 运行记录：新车或大修后运行的公里数或小时数，负荷情况等。
- 6) 操作人员情况：人员技术等级，人员交换情况。
- 7) 底盘类型：汽车、装载机、吊车、挖掘机等。
- 8) 维修保养：大修、小修、保养级别及部位，换件走合情况等。
- 9) 燃油、润滑油使用记录：牌号、质量、换油期限等。
- 10) 方案：推荐的解决方案等。

这十种上下文类型涉及不同的推理方法和不同的先后次序，直接影响诊断的速度和结果的准确性，由控制策略调动的规则进行控制。因此，在每次咨询过程中，除柴油机-A外，其它每种类型可能对应多个结点，也可能没有生成对应的结点。但是，尽管上下文树中的不同结点可以有相同的类型，但每个结点都有一个特定的名称。

每个上下文树有一组属性，可称为机况参数，每个机况参数表示上下文的一个特征，如柴油机的编号、功率的大小、异响的程度、喷油时刻及喷油量等等。机况参数用三元组(属性、上下文、值)表示。例如：三元组(型号、柴油机-001、生产厂家)表示柴油机-001的型号(其型号已含缸数、缸径、是否增压、V型或直列型、水冷或风冷、车用、船用或工程机械用等等)。表示柴油机-001的生产厂家，涉及该厂生产的质量、信誉、特点等。三元组(异响、故障、危险)，说明异响严重并随转速升高增大，有造成严重损坏的危险性等。

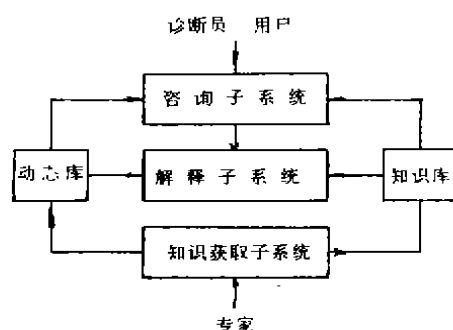


图1 柴油机诊断系统的基本结构

机况参数按其所属的上下文类型可分为九类：

- 1) 柴油机属性,如型号、厂家等。
- 2) 故障属性,如当前的现象、特征、模式、一般性、危险性等。
- 3) 诊断参数属性,如当前的、先前的、仪器诊断的、或人工诊断的等。
- 4) 运行记录属性,如运行小时、运行公里、超速、超负荷、环境条件等。
- 5) 操作人员属性、技术等级、爱护车辆态度、人员变动情况等。
- 6) 底盘属性,如型号、连续工作型、间断工作型、生产厂家等。
- 7) 维修保养属性,如修理级别、修理部位、修理厂家等。
- 8) 燃油、润滑油使用属性,如牌号、质量、换油期限、缺油状况等。
- 9) 方案属性,如保养、小修、大修、停止、运行、限期运行、继续运行等。

机况参数按其取值方式可分为三种：

- 1) 单值参数,如生产厂家,人工或仪器诊断、运行公里等参数是可以单一确定的。
- 2) 多值参数,如异响可能有几个部位、修理级别可以保养带小修等参数,可能有多确定的值。
- 3) 是否参数,如异响的前提条件,应有相当长的使用期,或有严重的违章操作,或使用劣质润滑油,或缺油运行等前提条件,才能认为机器内重要部件有严重损坏,才能认为是参数。若无任何异常情况,该异响可能是某缸不工作,或引擎脚螺栓松动等次要原因引起的,不能代表故障机况,不是参数。

每种机况参数还可以用一组特性来描述,如：

- 1) 参数的取值范围
- 2) 是否原始数据
- 3) 使用该参数的前提条件规则表
- 4) 推断该参数值的规则表
- 5) 参数随转速和负荷变化规则
- 6) 结论中涉及该参数但又不修改该参数值的规则表
- 7) 参数的语句表示法
- 8) 面向用户使用的语句

在咨询过程中,上下文树是逐渐生成的,开始只有柴油机—A 结点,随后逐步生成整个上下文树。

3.2 规则

针对上下文树的类型,有多条规则,这些规则部分是根据柴油机性能和故障的特征预先设置的,属于基于规则的演绎推理;部分是用定性方法描述技术系统的功能与行为,属于基

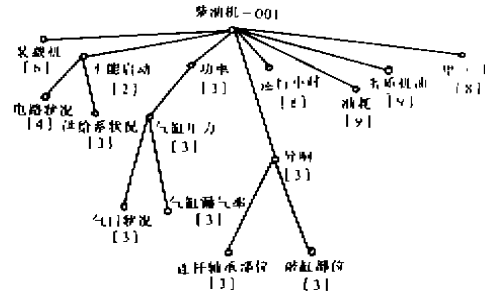


图 2 一个上下树实例

于因果模型、物理模型和基于功能的推理；部分是将过去成功的诊断列入事例库，利用类比推理的方法，得到新问题的近似解答，并不断改善使之完全适合于新的诊断，称为基于事例的推理。几个典型的规则如下：

如果：柴油机使用达到额定公里（或小时），且柴油机气缸压力低于额定标准、曲轴箱窜气量超标、柴油机油耗超标。

则：存在强有力的启发性证据，柴油机缸筒、活塞及活塞环磨损达极限，需修理。

此规则反映了柴油机正常磨损的规律，属于基于规则的演绎推理。

如果：柴油机有沉重异响，且异响在缸体上部明显，且热车比冷车明显，油异响明显消失，且异响随转速升高明显增强。

则：柴油机该缸连杆轴承松动，需及时检修，否则有重大损坏危险。

此规则反映了突发的危险的连杆轴承烧蚀故障，属于基于故障模

如果：柴油机某缸上部有异响，且该缸工作不良，且异响随油门加大加重，且消声器有放炮现象，且该缸压力很低。

则：该缸排气门座圈脱落，已触及活塞顶，需及时检修，否则有严重损坏危险。

此规则起初很象连杆轴承响的情况，但工作不良，消声器放炮，气缸压力很低，说明是气门座圈问题，是专家诊断的典型事例，属于基于事例的推理，再第二次推理时，去掉了与连杆轴承故障易混淆的部分。

如果将走合过的新柴油机气缸上、中、下部位的声谱、频谱记录下来并保存起来，算诊断了一次无异响的柴油机。在诊断有异响柴油机时，将其调出来将两种声谱、频谱进行比较，很容易找出其差异，而这些差异就代表了有异响柴油机的某种故障，亦可作为事例保存下来，为今后事例推理提供证据。

3.3 可信度

各个规则之间的调用，其前提条件，其规则结论中，均涉及可信度的问题，这是由 LISP、PROLOG、OEC 等人工智能系统中的各种函数来完成的。在预先设置中，应将各诊断参数与柴油机性能、故障的相互影响关系列入，在诊断过程中也可自动列入，形成新的函数、新的规则、新的模型和新的事例。

以下有几个典型的函数关系：

MB(H,E)因 E 而对 H 可信度增加。如 E 为冷却水不够，则 H 为柴油机工作温度偏高可信。

MD(H,E)，因 E 而对 H 可信度下降。如 E 为柴油机工作小时不多，则 H 气缸磨损超限不大可能发生，若发生则是其它不正常因素所致。

$P(H|E)=1$ ，E 真则 H 真。如 E 为气缸压力过低，则 E 功率下降是必然的。

$P(H|E)=0$ ，E 真则 H 假。如 E 为机油压力正常，则 H 为机油泵失效为假。

这些函数中 H、E、P 还能表示为机况参数及各种假设可信度的集合，也就是说 E 可以代表所有的可用证据，H 可表示所有可能的假设故障，P 亦可表示所有可信度值的集合。并且可以进行可信度的不精确推理计算。如：

$CF(H,E)=MB(H,E)-MD(H,E)$ ，若 $P(H|E)=1$ 时，E 为真 H 为真时， $MB(H,E)=1$ 、 $MD(H,E)=0$ 、 $CF(H,E)=1$ ；

若 E 为真时，H 为假时即 $P(H|E)=0$ 时， $MB(H,E)=0$ ， $MD(H,E)=1$ 故 $CF(H,E)=$

-1;

若 $P(H|E)=0$, 即 E 对 H 无影响, $MB(H,E)=0$, $MD(H,E)=0$, 则 $CF(H,E)=0$ 。显然, $CF(H,E)+CF(\sim H,E)=0$ 。

通过这些函数, 可以判别机况参数作为证据时的可信程度; 可根据规则和证据的可信度, 判别结论假设的可信度; 可求出两个独立证据导出同一假设的可信度; 对于多个机况参数作为证据可以进行舍取或析取其可信度。可将柴油机诊断中的机况参数的相互影响、相互联系、相互制约的种种不完全确定的关系的可信程度表达出来, 进行不精确推理算法, 而得出更接近实际状况的结论。

3.4 控制策略

柴油机诊断系统可采用逆向推理和深度优先搜索的控制策略。实际上柴油机专家在诊断过程中已经不自觉地采取了这种调度机制和策略。见图3以柴油机加机油口冒黑烟为例, 有三种可能性, 1) 正常磨损, 缸壁间隙增大的结果; 2) 活塞环开口对口; 3) 可能是活塞环断裂或活塞环抱死拉缸。应先搜索柴油机节点上该机使用状况, 特别是行驶公里或使用小时多少, 若已超过规定的公里或小时, 则应优先判断有无敲缸声和测气缸压力, 作出应全面检修的结论。若公里、小时数不够, 则应先判断有无异响, 无异响多为某缸活塞环开口对口, 应对该缸视情修理; 若有异响, 温度不高, 应视为活塞环初断裂; 若温度高应视为拉缸, 再判断缸筒有无损伤, 制定修理方案; 若异响明显, 温度又高便可直接判断为拉缸, 这就是深度优先搜索原则, 不必再进行其它搜索。归纳起来决策应包括四个步骤:

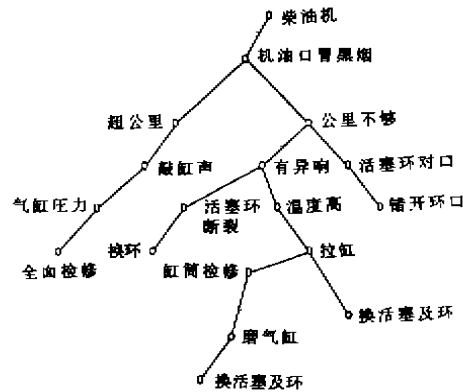


图3 控制策略实例

1) 确定最主要的机况参数。一般以异响和振动优先, 其次以故障现象优先, 再次以功率为主要机况参数。

2) 确定深度优先搜索还是逆向推理。根据机况参数, 规则明显的状态, 可跳过若干步骤快速诊断。对不明显的, 涉及因素诸多的症状可逆向推理, 细化诊断。

3) 确定故障的部位、程度、模型。

4) 选择最佳的处理方法。

上述步骤不一定全部执行, 无故障即可直接告诉用户继续运行, 并可告知与额定指标的差异。若符合基于某规则、某事例、某模型的推理, 便可直接告知相应的处理办法。

控制策略的调度是通过两个过程的互相调用来实现的, 一个是 MONITOR, 用于分析规则; 一个是 FINDOUT, 用于寻找 MONITOR 需要的数据。MONITOR 逐条分析规则的前提条件, 如图4所示。如果一个条件中所涉及的机况参数是未知的, 则调动 MONITOR 去得到这个信息。FINDOUT 根据所需的信息种类不同采取不同的策略, 对于仪器检测的数据, 应用知识库进行推导, 检索知识库中可用于推导参数的规则, 并调用 MONITOR 用于这些规则。对于非仪器检测的数据, 进行基于事例、模型、规则的推理。在规则的前提确定为真之后, 便能根

据推理得出最佳方案。其流程图见图5。

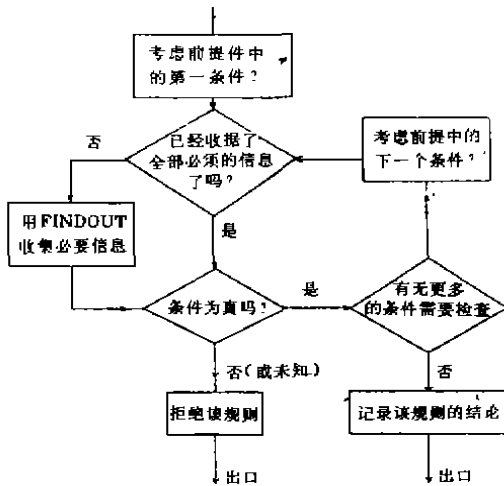


图4 MONITOR过程的流程图

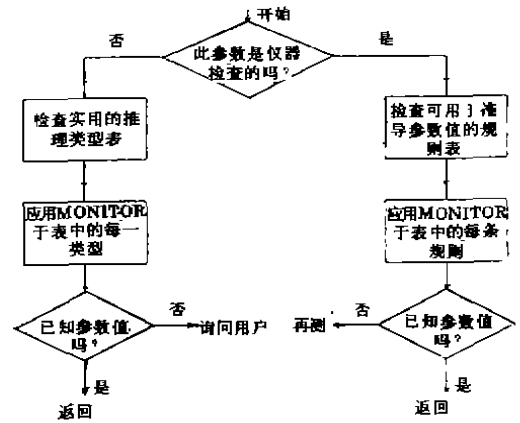


图5 FINDOUT过程的流程图

柴油机诊断技术的人工智能化尽管是相关多学科、多领域的课题,但是具有相当可观的前景。随着人工智能计算机的发展,进一步发展故障处理的解析技术,确定技术状况的动态特性,着重研究声响、振动信号的识别,提高故障模式的精确度和通用性,发展诊断参数信息识别的传感技术,向随机监控、预测、诊断发展。同时,也用于其他相关复杂机械的诊断。

参 考 文 献

- 1 尼尔逊. NJ. 人工智能原理. 北京: 科学出版社, 1987
- 2 赵瑞清. 专家系统原理. 北京: 气象出版社, 1990
- 3 单成昕. 汽车检测技术. 北京: 人民交通出版社, 1990
- 4 丰田利夫. 设备现场诊断的开展方法. 北京: 机械工业出版社, 1986
- 5 Tsal. C. Sonl, A H. An algorithm for the workspace of a general N-Rrobot, tounalof Mechanisms, randmlssons, and Awtomation in deslhn. 1983

(编辑: 刘家凯)

(下转112页)