

智能诊断技术在稠油开采中的应用与实现

赵凤芝 包锋 卓胜广 杨桂芳 (大庆石油学院 秦皇岛 066004)

摘要:本文以稠油热采井为例提出了一种油田抽油井智能故障诊断技术,并给出了具体模型及具体实现方法。

关键词:智能诊断 人工神经网络 知识获取 油井

一、引言

稠油井抽油系统的工作状况非常复杂,单靠以往人工或经验判断很难诊断,这种情况常常制约着采油效率的提高,并增加了采油成本,这也是现场工作人员感到棘手的问题。由于稠油开采的复杂性,很难建立一种数学模型,到目前为止尚无一种可靠的手段及令人满意的成果以解决稠油开采过程中遇到的此项难题。针对这种情况,如何把计算机的最新理论与方法(如 Artificial Intelligence, Artificial Neural Networks)与石油工程有机结合,研究一种油田实用的智能诊断技术,快速准确地对示功图作出解释,自动判断出抽油井的工作状况,对防止各种机械事故,优选抽油设备和抽吸参数以及其他各种工艺措施,降低采油成本,提高系统效率,无论从那个角度讲都是十分必要的。

通过并行处理的人工神经网络连接机制和基于物理符合的推理机制的有机结合,与油田实际相结合,利用神经网络模式识别与分类技术,将智能工程、采油工程及数据融合于一体,实现稠油井抽油系统故障诊断智能化。

二、具体实施方案

1. 系统模型的确立

本项目结合油田实际,提出将传统方法与神经网络模式识别与分类技术、采油工程技术与数据融合于一体的稠油井的抽油系统智能故障诊断系统模型。本系统设计了一个集神经网络、数据融合、传统方法诊断于一体的

高效智能诊断系统基本框架,整个系统由用户接口、总控界面、数据采集、数据库(DB)、知识库(KB)、综合诊断系统六个基本部件集成,如图1所示。整个系统以神经网络识别与其他多种方法结合协调工作,综合评判得出诊断结果。

2. 系统软件实现

系统由可视化环境的面向对象语言 Delphi 实现的,主界面如下:

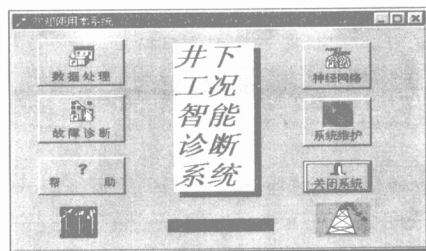


图1 系统实现原理图

数据采集与数据处理

采集系统所需的外部设备信息、油井信息及地面示功图等,包括数据和图形。如井型号、机型、泵径、泵挂深度、套压、产量、动液面、油气比、粘度、力比、井筒油管有关参数……。这些参数表示油井的基本情况,通过计算机直接输入或通过相关的网络传输到数据处理主机。示功图的采集可由数字化仪、扫描仪及摄录机等输入,对图像进行分析,消除纹理和噪声,进行归一化处理。设抽油泵示功图由 $[U_b(i), F_b(i)] i=1, 2, \dots, t_{pn}$ 组成,其中 U_b 为抽油泵位移, F_b 为抽油泵负荷,对示功图的数据点归一化,方法如下:

$$\left. \begin{aligned} u_b(i) &= \frac{U_b(i) - X_{left}}{X_{right} - X_{left}} \\ f_b(i) &= \frac{F_b(i) - F_{cybz}}{F_{cybz} - F_{cybz}} \end{aligned} \right\}$$

神经网络诊断

油井故障诊断实际上主要是一种模式识别和分类的问题。由于神经网络的巨量并行处理、信息的分布式存储、信息的处理与存储的合二为一性、自组织学习的特点,适合于抽油机井故障诊断的应用。

该系统中神经网络识别系统经过多个样本训练后完成对示功图的识别分类诊断。本文采用三层 BP 神经网络,其中输入层为神经网络的特征参量(取 88 个结点),隐层有 30 个结点,输出层为故障的类型显示。本文总共划分了 20 种故障,输出节点数取 21 个(一个代表无故障类型)。为了能使神经网络准确地识别各类功图,经过对示功图、泵功图仔细分析后确定如下参数作为输入参量:利用归一化的面积、归一化的周长及原功图的薄度率 N_t 、面积和周长的比率 $N_p(N_t, N_p$ 是唯一的独立的量,具有唯一性)即作为训练的网络 I1 - I4 节点的输入值。将功图分为上、下冲程,对这两个冲程分别等分各取 42 个点,并用拉格朗日插值法进行二次拟合求出这 84 个点的斜率,作为 I5 - I88 结点的输入值,这样可以提高识别的准确率。

模板匹配

此方法主要依据模式匹配方法及层次知识的推理方法,结合数学中的曲线拟合等方法完成知识的表示、获取及诊断推理的功能。将实测功图输入、经过无因次化处理,与标准功图叠印对比,找出最相近的图形,在依据标准库中的信息对实测功图做出正确的解释。

数学方法

这种方法通过一系列的数学计算完成抽油机井的定量诊断,与定性诊断相结合达到定量与定性诊断的统一。通过描述抽油机运动的数学模型和抽油系统构成参数就可计算出该系统的抽油泵的排量、抽油泵冲程、抽油杆柱上任意一点的负荷和位移、示功图、应力、抽杆与油管的接触压力等参数。还可以计算出井下泵示功图,从而更全面地反映系统的信息,显然井下泵示功图是诊断抽油井系统工作状态的一种很好的依据。

综合推理诊断

在本系统中,知识获取的途径有三种:

(1)通过系统的人机交互方式获取。由石油工程师与专家和知识工程师经过搜集、整理采集到的原始资料,仔细研究,确定知识的分类,通过人机交互方式输入到系统中存储起来。主要包括井况的静态参数如产量、油气比、负荷、压力等和示功图的采集。人机交互还要完成模糊参数的动态调整等。

(2)由系统自身来完成。神经网络的学习过程对应于传统智能系统的知识库的建立,即知识获取问题。神经网络的知识获取不需由知识工程师来整理、总结、消化领域专家的知识,只需用领域专家解决问题的实例或范

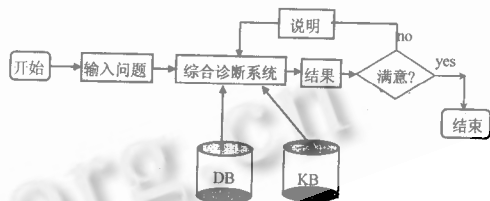
例来训练网络,使其在同样输入条件下能够获得与专家给出的解答尽可能相同的输出。神经网络的训练过程就是知识获取——知识库的建立过程。

(3)从数据库中获得知识。采集到的原始数据及示功图是以数据库的方式存储的,从库中抽取有用的信息,进行统计、排序,将其转化为匹配所需要的知识。

目前,知识库与数据库结合(KB+DB)是建立智能系统的研究方向,从 DB 中获取知识也是一个研究热点,如知识发现和数据挖掘均属于此类问题。

以上这些方式基本可以完成本系统的知识获取,将知识分块存储在不同的库中,有利于知识库的维护与扩充。本系统还可以完成知识库的修改、删除、增加、显示知识的查询等功能。系统依据不同的方法获得不同的知识库。

稠油井工况诊断过程中,诊断的知识往往是经验性、不确定性或统计性的,由于诊断对象环境的复杂性,用一种诊断知识很难对诊断对象作出准确的诊断。为了保证系统故障诊断的可靠性,系统必须具有综合多种诊断模型的能力。在本系统中,综合诊断方法主要依据不同的方法及症状与故障的隶属关系进行综合诊断,最后选取隶属值最大的方向为主要故障原因输出,其他结论作为辅助的故障原因。实现过程如图 2 所示。



DB: 数据库

KB: 知识库

图 2

另外,用加权求和算法完成系统推理优化。

参考文献

- [1] Derek H. J., Jennings j. w., Morgan S. M., Suker Rod Pumping Unit Diagnostics using an Expert System. SPE 17318, 1988
- [2] 蔡自兴等. 人工智能及其应用. 清华大学出版社, 1996
- [3] 赵凤芝, 包 锋. 故障诊断型神经网络专家系统 计算机系统应用 1998.9

(来谢时间: 1999 年 7 月)