

设备预维修诊断系统技术^①

徐 振¹, 黄银娣^{1,2}

¹(南京林业大学 汽车与交通工程学院, 南京 210037)

²(德国德累斯顿工业大学 机械院物流与工作系统研究所, 德累斯顿 01187)

摘 要: 首先介绍预维修诊断系统的特点、组成和相关模块的作用, 然后通过国内外研究现状得出预维修诊断系统开发的前提和两项关键技术——数据的处理过程和诊断故障位置算法的选择; 最后分析和研究了国外直升机预维修诊断系统的开发实例。

关键词: 计算机工程; 预维修; 关键技术; 模块组成

Core Techniques of Condition-Based Maintenance Development

XU Zhen¹, HUANG Yin-Di^{1,2}

¹(Department of Automobile and Transportation Engineering, Nanjing Forestry University, NanJing 210037, China)

²(Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme, TU Dresden, Dresden-Plauen 01187, Germany)

Abstract: This paper first introduced the characteristic, composition and the function of every CBM module. Then through investigating the situation of CBM study at home and aboard, it got the core techniques of CBM development--Data Processing and Fault Diagnosis Algorithm. In the end it gave a model of the usage of CBM, in order to analyze and study the exploitation process of the modules.

Key words: computer engineering; CBM; core techniques; module

1 预维修诊断系统特点

预维修 (condition-based maintenance) 指在设备还没有发生故障的时候, 为避免设备发生故障而事先对可能发生故障的零件或部件进行维修, 可以为维修提供及时准确、丰富的故障信息, 便于快速排除故障, 避免事故的发生, 保证设备和人身安全, 主要包含故障诊断和可靠性预测两个方面。

预维修诊断系统需要大量的经过分类处理之后的历史数据作为诊断依据, 还需要相关电子元件来检测系统的实时状态, 最后根据状态参数来判断目标系统的可靠性。由于需要获取系统设备的运行状态参数, 并且预维修故障的范围直接与可以获取的状态参数的数量及质量密切相关, 也就是说某一故障可由一个或一组特征参数反映, 某一特征参数也可同时参与反映多个故障。而且, 该维修方式的实施或改善不仅需要监测设备及仪器, 还需要运用先进的数据处理和应用

方法。

2 预维修诊断系统模块分析

一个典型的预维修诊断系统主要由以下七部份构成: 信号传感模块、信号处理模块、环境监控模块、健康评估模块、故障预测模块、决策支持模块和人机交互模块。

2.1 预维修诊断系统模块结构

预维修诊断系统结构如图 1 所示, 由图 1 我们可以看出数据库在预维修诊断系统中起着促进各个模块信息交流的关键作用。

2.2 预维修诊断系统模块作用

1) 信号传感模块作用: 传感器接收外部刺激信号, 然后将其转换成电信号并导入系统, 然后经过模拟信号到数字信号的转换得到系统能够应用的数据元。

① 基金项目:江苏省高等教育自然科学基金(09KJD580005);江苏省公派留学基金(德国)

收稿时间:2011-03-17;收到修改稿时间:2011-05-31

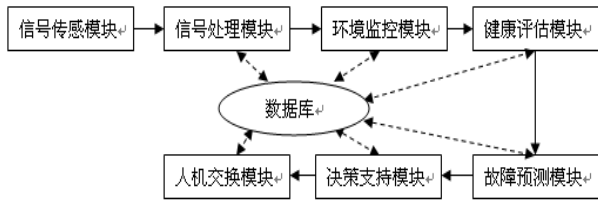


图1 预维修诊断系统模块结构图

2) 信号处理模块的作用: 对信号传感模块传递来的数据做基本处理, 例如数据过滤等。

3) 环境监控模块作用: 将从工作环境相关传感器得到的数据与内置数据比较, 获得当前部件所处的客观环境, 例如获得当前发动机的转速、冷却水温度等。

4) 健康评估模块作用: 通过对信号处理模块与历史数据模型或事先设定好的阈值比较判断部件当前状态, 此前需要对部件工作状况进行监控, 获得工作参数。

5) 故障预测模块作用: 通过对环境监控模块、健康评估模块和使用情况做综合性分析, 推理出故障概率, 后台需要相关故障模型的支持。

6) 决策支持模块作用: 针对健康评估和故障预测模块的结果做出反应, 给出具体操作建议。

7) 人机交换模块作用: 给使用者一个数据交互和显示的平台, 对预维修诊断系统做出相关操作。

3 国内外预维修诊断系统研究

3.1 国外预维修诊断系统研究概况

国外关于维修管理系统的相关研究起步较早, 到目前来说已经积累了很多经验, 而且应用的领域也比较广泛, 例如输电设备、大型机械、建筑和军用设备等。

文献[1]中, 作者主要对预维修的发展方向做了展望, 从宏观上面预测了将来预维修诊断系统的功能, 强调了对以后预维修诊断系统开发很有指导意义的两点——数据和开发平台的开放性和标准化。

文献[2]中, 作者主要介绍了预诊断系统在列车领域中车门和气缸等易磨损位置的应用, 开发系统的主要目的在于减少维护列车的费用, 其中用于预测故障概率的数据来源于零件生产厂商所提供的数据库。

文献[3]中, 作者以发电厂的发电设备为例介绍了预维修诊断系统开发的必要性和搭建过程, 用于预测的参数是电动机轴承的振动频率, 运用的数学算法是神经网络算法。

3.2 国内预维修诊断系统研究概况

我国预维修诊断系统开发起步较晚, 但是发展迅速。各个理工科学校和军事机构为此花费了大量的人力和物力, 取得了丰硕的成果, 但是缺点在于, 开发模式主要借鉴与西方模板。

文献[4]中, 作者运用隐马尔科夫链算法解决了预维修系统的核心问题之一——实现设备剩余寿命预测, 很有参考意义。

文献[5]中, 作者采用面向对象的程序设计方法(OOP), 利用 C++构造实现了优化 BP 神经网络通用故障诊断程序, 介绍了该程序构造的关键技术和重要诊断程序模块的设计。

文献[6]中, 作者结合 CH-85FMS 车型的实际运行故障记录和以往维修经验, 提出了制定预维修诊断方案策略。建立了 CH-85FMS 汽车检测系统故障间隔时间的威布尔分布模型, 通过对分布模型的分析, 提出基于可靠性制定预维修诊断计划的理论与方法。

4 预维修诊断系统开发前提和关键技术

4.1 预维修诊断系统开发前提

从国内外的预维修系统研究中, 我们可以总结出开发预维修系统的前提有以下四点: (1)新工具的使用; (2)测试设备的升级; (3)在线诊断系统的普及; (4)以数据为中心的预维修诊断系统的研发。其中以数据为中心的预维修诊断系统的研发是核心内容, 其关键技术包括数据的处理和诊断故障位置方法的选择两个方面。

4.2 预维修诊断系统开发的关键技术

(1) 数据处理

数据处理是对数据的采集、存储、检索、加工、变换和传输, 是预维修诊断系统开发的前提。数据处理过程的一般步骤为 1)项目需求分析: 主要目的是得到系统的故障模型和所需的数据; 2)数据的获取: 数据来源主要有历史统计文件、相关权威统计文件、使用说明书和实时采集数据等; 3)建立数据库: 根据故障模型处理得到的数据, 使其能应用于将要开发的预维修诊断系统; 4)检验数据库。

(2) 诊断故障位置方法的选择

目前关于预维修故障诊断的方法主要有专家系统故障诊断法和基于数值特征识别的故障诊断方法两种, 辅助算法主要有隐尔可夫链, 神经网络, 模糊算法, Monte Carlo 仿真等, 辅助算法可以提高故障诊断

方法的精度。

这些方法的应用侧重点有很大的不同,例如专家系统故障诊断法应用范围广泛,基于数值特征识别的故障诊断方法主要用于对可检测相关信号的故障诊断,模糊逻辑是模仿人脑的逻辑思维能力,具有较强的结构性知识表示能力,而神经网络是模仿人脑的结构来映射输入特征与输出结论的非线性关系,具有强大的学习能力和数据直接处理能力,所以在具体的应用过程中,很多开发人员会结合两到三种方法进行项目的开发,甚至基于一种算法拓展出一套新的算法,例如模糊神经网络等,这样得到的新算法能满足更具体的应用要求。

5 预维修诊断系统举例

5.1 南卡罗来纳大学哥伦比亚分校设计的用于军用直升飞机的预维修诊断系统^[7]

由于军用直升飞机上装备了大量的传感器和相关信号处理设备,所以信号传感模块、信号处理模块和环境监控模块都已经具备,开发的重点在于健康评估模块、故障预测模块、决策支持模块和人机交互模块。

对于这四个模块的开发,首要的任务是建立飞机零部件的故障模型和生命周期曲线,分为数据收集、数据提取、数据建模和数据分析四个步骤,具体内容如图2所示。

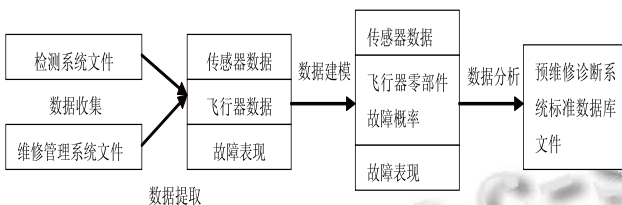


图2 数据处理流程图

本系统健康评估模块主要通过在线诊断(类似于汽车自诊断系统)和运用相关检测工具对飞机性能的诊断两部分。

故障预测模块的原理是通过大量的实际数据(超过35,000飞行小时的各方面数据)找出故障随时间和环境的分布规律,然后根据目前检测到的数据与分布模型比较,得出故障概率,部件生命曲线图如图3所示。

决策支持系统中对故障的应对方案主要来源于原诊断系统的维修系统文件,不过要对原维修文件进行收集、

分析和整理。

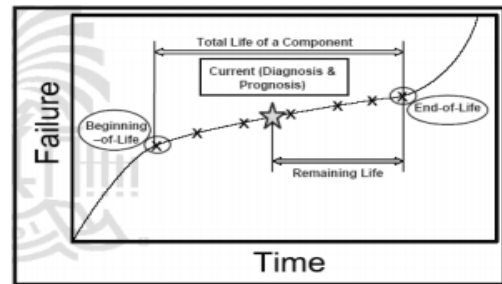


图3 生命曲线图

6 结论

预维修诊断系统可以在部件出现故障之前,通过监控其对应的参数来判断该部件是否有故障或故障趋势,主要由信号传感模块、信号处理模块、环境监控模块、健康评估模块、故障预测模块、决策支持模块和人机交互模块组成,预维修诊断系统开发的两项关键技术是数据的处理过程和诊断故障位置算法的选择,对军用直升飞机的预维修诊断系统的分析和研究说明了在具体案例中七大模块的开发过程。

参考文献

- 1 Discenzo FM, Nickerson W, Mitchell CE, Keller KJ. Open Systems Architecture Enables Health Management for Next Generation System Monitoring and Maintenance. OSA-CBMTM Development Group, 2000: 1-12.
- 2 Bohlin M, Forsgren M, Holst A, Levin B, Aronsson M, Steinert R. Reducing Vehicle Maintenance Using Condition Monitoring and Dynamic Planning. Swedish Institute of Computer Science, 2010, 5:22-28.
- 3 Yam RCM, Tse PW, Li L, Tu P. Intelligent Predictive Decision Support System for Condition-Based Maintenance. Adv Manuf Technol, 2001,17:383-391.
- 4 马伦,康建设,赵强.基于HMM的设备剩余寿命预测框架及其实现.计算机仿真,2010,5:88-91.
- 5 王小明,蒋军成.BP神经网络的C++实现及其在故障诊断中的应用.南京工业大学学报,2009,23(4):372-374.
- 6 张立斌,苏建,等.CH-85柔性制造系统预维修策略研究.兵工学报,2006,5:498-501.
- 7 Bayoumi A, Goodman N, Shah R. Conditioned-Based Maintenance at USC. American Helicopter Society Specialists, 2008.