

# 战车综合诊断与健康管理系统研究

李田科,董国民,魏 辉

(中国人民解放军 91980 部队, 山东 烟台 264000)

**摘要:**提出一种维修策略和方法,建立战车关重部件故障诊断与健康管理系统,制定总体结构及安全性和可靠性技术框架,优化系统监测参数及监测手段,设计并建立战车关重部件健康管理模型。该系统可借助各种数据处理技术诊断系统自身的健康状态,预测故障发生的准确时间、准确位置,触发准确的管理活动,有利于提高管理和使用效率,提高部队战斗力。

**关键词:**战车;综合诊断;健康管理

**本文引用格式:**李田科,董国民,魏辉. 战车综合诊断与健康管理系统研究[J]. 兵器装备工程学报,2020,41(S2):83-87.

**Citation format:**LI Tianke, DONG Guomin, WEI Hui. Decision Support System of Vehicle Speed Program and Chassis Fault Early Warning for Missile Launch Vehicle[J]. Journal of Ordnance Equipment Engineering,2020,41(S2):83-87.

**中图分类号:**E923.32                      **文献标识码:**A                      **文章编号:**2096-2304(2020)S2-0083-05

## Decision Support System of Vehicle Speed Program and Chassis Fault Early Warning for Missile Launch Vehicle

LI Tianke, DONG Guomin, WEI Hui

(The No.91980<sup>th</sup> Troop of PLA, Yantai 264000, China)

**Abstract:** A kind of maintenance strategy method was put forward for improving Security and reliability of missile launch vehicle. Health management model of launch vehicle was designed and established by analyzing the target of health management system for missile launch vehicle, making general structure and technology framework and optimizing monitoring parameters and means. The system can diagnose system own health state by adopting sorts of technology of data processing, and predict exact time and accurate position of fault, trigger accurate management activities. The system is beneficial to improve efficiency of management and use and to improve military combat effectiveness.

**Key words:** launch vehicle; comprehensive diagnosis; health management

战车液压系统提供定角发射平台,电站柴油机为整个发射车供应电力,是关乎发射车作战能力、生存能力的 2 个关重设备。对它们实行健康评估与管理,可以有效的提高发射车的战备完好性。通过 FMEA 分析,加装智能传感器和信息监测处理设备等方式对战车关重部件(液压系统、电站柴油机)进行综合健康状态信息采集、监测和预处理,可实现对战车关重部件(液压系统、电站柴油机)全寿命周期的数据采集和处理,并可给出战车健康状态,实现故障诊断和预测,给出维修时机和方法建议,改变浪费资源、效率低下的传统定期维修和事后维修模式,可有效提高战车可靠性,也可为部队保持进行定期检查、维护、维修提供途径和依据,为装备精确维修、综合决策提供数据源支撑<sup>[1-2]</sup>。

1 战车综合诊断与健康管理系统总体方案

战车健康管理系统通过对战车部分关重设备(液压系统、电站柴油机)进行数据采集与预处理、健康评估与诊断,为设备的可靠性、维修性工程开展提供数据支持,并通过分析设备状态信息,评估设备状态,形成设备维护维修建议。

健康管理系统主要由健康管理电子手册、所选车的重要设备传感器及相应的数据采集单元组成,其中健康管理电子手册包括健康管理主模块、数据记录与管理模块、本地数据库、显示管理模块。

健康管理主模块主要由3个模块组成(数据采集与预处理、健康评估与诊断以及维护维修辅助管理),3个模块实现设备数据采集与预处理、健康评估与诊断、维护维修辅助管理等功能。

健康管理系统所需的设备监测数据来自于新增传感器(振动传感器、压力传感器、转速传感器、上止点传感器(位置传感器))。

数据记录与管理模块主要完成健康管理主模块、本地数据库之间的数据处理及交互工作,同时也具备配置信息导入导出功能。

本地数据库中主要存储健康管理系统的设备状态的实时信息及历史信息、健康评估与诊断故障信息、维护维修信息、算法及参数配置等信息。

2 战车综合诊断与健康管理系统硬件方案

动力调节齿轮箱加装1个转速传感器与1个振动传感器,采样触发条件分别是系统运行和转速稳定1 500 r/min时,持续时间1~2 s,采样间隔时间分别15 s和5 min。

柴油机缸盖靠近3个气缸的位置上安装3个加速度传感器。凸轮轴位置安装上止点传感器(位置传感器),曲轴飞轮位置安装转速传感器。振动传感器和上止点传感器采样频率25.6 K,转速稳定在3 000 r/min时触发,间隔15 min,采样持续时间2~3 s。转速传感器是在启动健康评估时触发,每次间隔时间15 s,采样持续时间1~3 s。

液压齿轮泵加装1个振动加速度传感器,转速稳定在1 500 r/min时采样,持续时间1~2 s,每组间隔时间5 min。

液压系统的分流集流阀和平衡阀进回阀管路加装4个无线压力传感器。齿轮箱转速数据稳定在1 500 r/min时采样,频率200 Hz,采集效数据后持续6~10 s。

加速度传感器选用NI的陶瓷剪切加速度计,转速传感器采用LF-06/XS12JK系列磁电式转速传感器,压力传感器采用必创的无线压力采集节点,用数据采集卡进行采集。模拟信号采集模块采用NI9234数据采集模块,数字信号采集采用NI9401数字信号采集模块,与CompactDAQ兼容。NI CompactDAQ采用以太网传输数据。无线压力传感器接收模块采用必创产品,接口为USB接口<sup>[5-6]</sup>。硬件总体结构如图1。

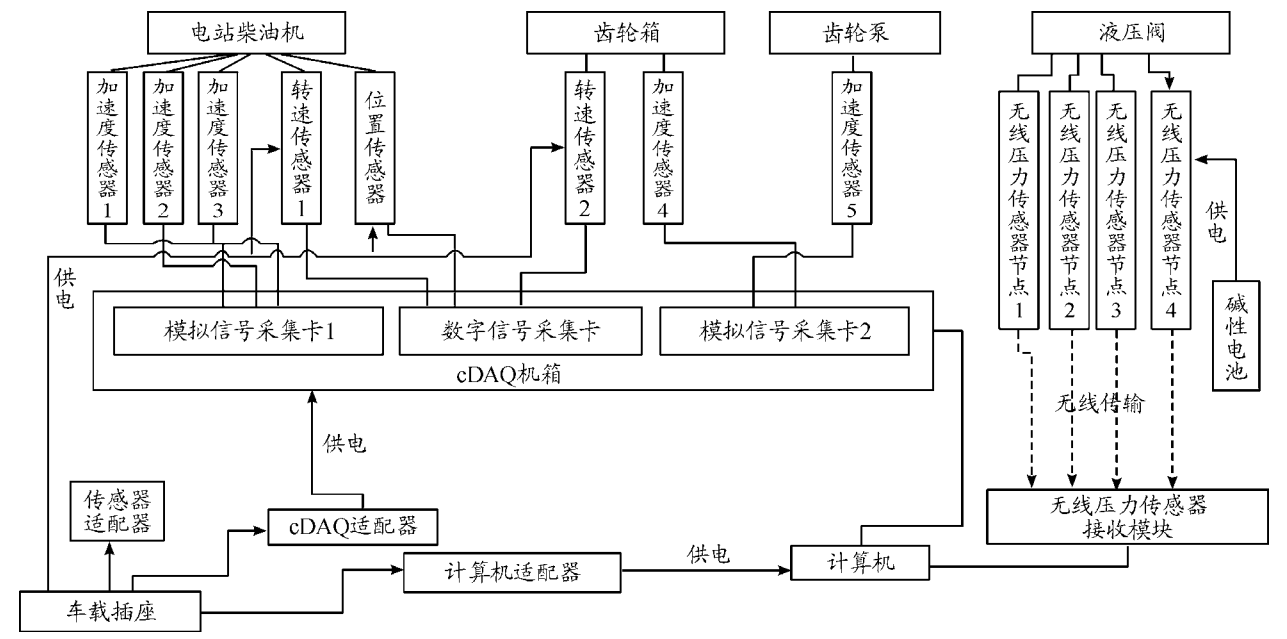


图1 硬件总体结构框图

3 战车综合诊断与健康管理系统软件

3.1 数据采集与预处理模块

数据采集与状态显示功能通过采样触发模块、数据采集模块、数据的存储与转发模块及设备状态显示模块等组合实现。

柴油机的振动源众多,采用小波包对每组数据进行降噪处理,选取 sym 小波基,5 层分解,SURE 阈值,软阈值,然后进行重构。降噪后信号的噪声干扰部分被剔除,保存了有用信号的尖峰和突变部分,流程如图 2。将预处理后的数据存入数据库,便于下一步的健康评估与诊断。动力调节齿轮箱和齿轮泵的振动数据采集与预处理同柴油机类似,不赘述<sup>[3-4]</sup>。

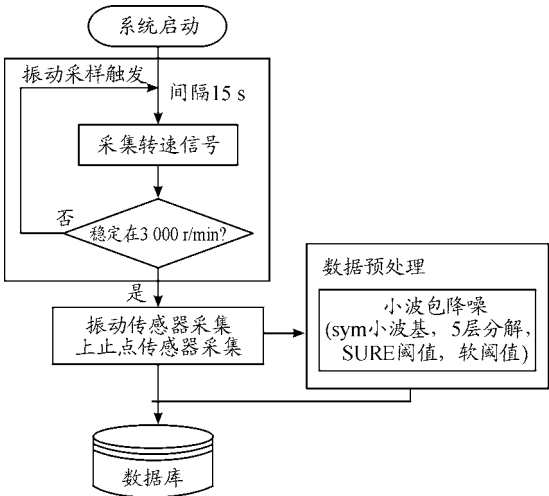


图 2 柴油机数据采集与预处理流程框图

液压管路阀门数据采集及预处理流程如图 3 所示。

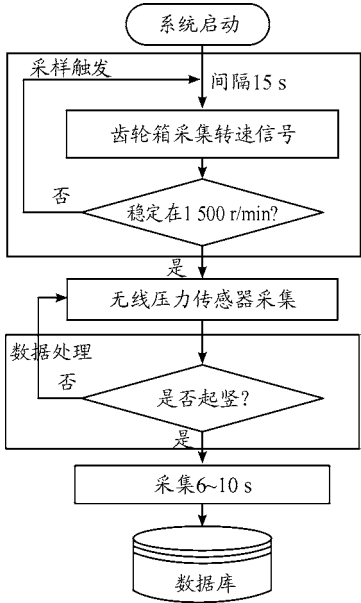


图 3 液压管路阀门数据采集与预处理模块流程框图

3.2 健康评估与诊断模块

1) 液压系统健康评估与诊断模块

液压系统包括动力调节齿轮箱、液压齿轮泵、平衡阀、分流集流阀健康评估与诊断子模块,对每个液压系统的组成要素进行健康评估与诊断,生成液压系统健康雷达图。

动力调节齿轮箱健康评估与诊断子模块包的 Hilbert-Huang 变换包括 2 个过程:经验模态分解(EMD)和 Hilbert 变换。对动力调节齿轮箱进行整体健康状态评估诊断时,提取特征有原始时域和包络时域的均方差、峰值、峭度及峰值指标  $X_1 \sim X_8$ ,以及 EMD 能量特征  $X_9 \sim X_{14}$ ,共 14 个特征。通过主成分分析,降低维数。采用 SOM (Self-Organizing Maps) 算法,输入正常特征数据后,SOM 被反复训练。然后输入实时特征数据进行评估。得到齿轮箱的健康评估结果(CV)之后与设定的 CV“需保养”阈值进行比较。

平衡阀和分流集流阀的健康评估与诊断子模块要建立观测器。由于阀的数学模型在不同工况下难以确定,需要建立 RBF 神经网络观测器监测阀的健康状况。观测器的建立需要用到起竖时的正常输入和输出数据,确定训练样本进行训练再测试,看精度和泛化是否满足要求。观测器建立流程如图 4。

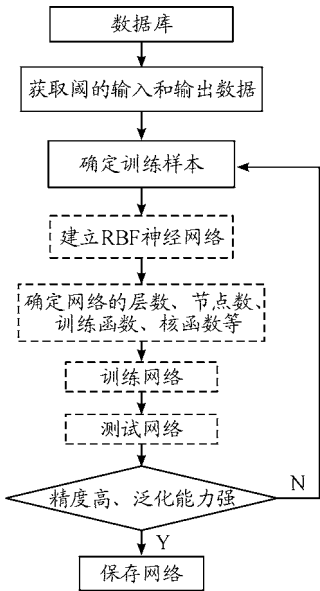


图 4 观测器的建立流程框图

正常时观测器得到的残差与实测数据通过观测器得到的残差分别经过 GMM 算法,得到各自 GMM 模型的概率密度函数,即可根据公式得到 CV 值。

2) 电站柴油机健康评估与诊断模块

通过分析缸盖的振动信号,提取关联维数、Kolmogorov 熵、最大 Lyapunov 指数混沌特征对 3 个气缸的状态进行评估,将提取的混沌特征量作为 SOM 网络输入,得到用于健康评估的 CV 值。综合得出柴油机的健康状态,通过雷达图进行显示<sup>[7-8]</sup>。流程如图 5。



当操作人员需要调整某项维护维修活动的提醒时间或实施时间时,操作人员可以选择“维护维修任务调整”,此项维护维修活动的状态就被标记为“已调整”,同时在显示管理部分,状态标记显示为“已调整”。

根据常规维护维修计划、视情维护维修计划,取显示当天的维护维修活动内容,给出维护维修建议;完成当前任务后,向维修决策库返回任务完成时间,便于后续的维护维修时间安排。

#### 5) 备品备件建议模块

根据当前备品备件信息库信息,结合每种设备/部件的故障情况,提出合理建议,指导备品备件的管理。

#### 6) 维护维修计划查看模块

模块可方便的查询历史、当前以及未来的所有维护维修计划,便于操作人员及时做出调整与处理。

## 4 结论

1) 系统能够实时对监测关重部件的数据进行采集和预处理,评估战车的健康状态,预测故障并给出相应的辅助维修管理处置意见,提高使用和管理效率。

2) 系统通用性强。通过简单改变算法和评估模型可应用于其他类型装备的使用、贮存等环节,为精确保障提供有力支撑。

## 参考文献:

- [1] 王志强,王志华,张秀云,等.非线性状态估计法在风电齿轮箱故障预警中的应用[J].计算机测量与控制,2014,22(8):2609-2611.
- [2] 王亮,吕卫民,冯佳晨.导弹PHM系统中的传感器应用研究[J].战术导弹技术,2010,18(1):1-4.
- [3] 赵国良.故障诊断和健康管理—动力组和轴承模块分析[D].大连:大连理工大学,2018.
- [4] 孙文超,石翌,单建兵,等.基于PHM的特种车辆智能终端设计与实现[J].计算机测量与控制,2011,19(3):710-712.
- [5] 吕王朋.基于特种车的故障预测与健康管理系统研究[D].南京:南京理工大学,2017.
- [6] 陈伟,王亮,李伟,等.特种车辆液压装置综合诊断与健康管理系统设计[J].液压与气动,2013(1):56-61.
- [7] 台秀华,郭天序,张颖佳,等.制动系统故障预测与健康管理系统研究[J].铁道车辆,2018,56(11):5-8.
- [8] 许同乐,韩元杰.专家系统在液压故障诊断中的应用[J].机床与液压,2009,37(3):182-184.

(责任编辑 周江川)

(上接第45页)

- [6] 李兆耿,王福钊.装甲机械化部队装备战备工作评估研究[J].火力与指挥控制,2016,41(10):80-83.
- [7] 高健,刘铁林,冯兵,张亮.基于AHP的轻武器装备维修保障能力评估[J].兵器装备工程学报,2018,39(3):92-94,134.
- [8] 郭军芳,邱亚宁,刘昊.基于改进熵权法的联合火力打击任务规划综合评估[J].指挥控制与仿真,2019,41(4):78-84.
- [9] 齐天乐,胡惠军.基于AHP-熵权综合评价法的装备维修保障质量影响因素评估[J].价值工程,2019(2):66-69.
- [10] 吕瑞强,胡涛,杨阳.基于改进熵值法的装备维修保障能力灰色评估[J].火力与指挥控制,2017,42(5):108-111.
- [11] 刘润恺,于龙,陈德明.基于AHP-熵权法的高铁接触网可信性评价研究[J].铁道科学与工程学报,2019,16(8):1882-1889.
- [12] 闰宝会,刘晓东,吴诗辉,等.AHP和三角白化权函数的武器装备研制技术风险评估[J].火力与指挥控制,2016,41(1):178-181.
- [13] 孙玉琳,吕瑞强,胡涛,等.基于WBS-AHP与灰色聚类的装备抢修效能评估[J].火力与指挥控制,2017,42(10):34-38.
- [14] 张作刚,崔国伟.秦瑞清灰色聚类分析在航材分类中的运用[J].四川兵工学报,2013,34(9):56-59.
- [15] 刘忆冰,王凯,蒲玮.基于灰色层次分析法的装甲合成营装备体系作战效能评估[J].兵器装备工程学报,2018,39(10):96-99.

(责任编辑 周江川)