

doi: 10.7690/bgzdh.2021.04.001

# 基于云平台的装备车辆状态监控系统

张龙杰<sup>1</sup>, 张浩<sup>2</sup>, 浦跃兵<sup>3</sup>, 张龙云<sup>4</sup>

(1. 海军航空大学, 山东 烟台 264001; 2. 中国人民解放军 92635 部队, 山东 青岛 264000;  
3. 中国人民解放军 92555 部队, 山东 青岛 264000; 4. 山东大学, 济南 250000)

**摘要:** 为提高装备车辆数据记录与存储的功能, 设计一种基于云平台的装备车辆信息采集和状态监控系统。基于传感器与 MCU 模块搭建装备车辆状态采集系统, 利用云平台对采集系统上传的数据进行存储、融合和预测, 结合历史数据和预测结果, 对出现的故障和存在的隐患进行预警, 构建 PC 端显示软件, 利用云平台的数据处理与存储功能, 实现车辆的全维度监测与管理。验证结果表明, 该设计可为装备车辆全生命周期的精细化保障和管理提供解决方案。

**关键词:** 装备车辆; 物联网; 云平台; 监测预警

**中图分类号:** TP29; TP302.1 **文献标志码:** A

## Equipment Vehicle Condition Monitoring System Based on Cloud Platform

Zhang Longjie<sup>1</sup>, Zhang Hao<sup>2</sup>, Pu Yaobing<sup>3</sup>, Zhang Longyun<sup>4</sup>

(1. Navy Aviation University, Yantai 264001, China; 2. No. 92635 Unit of PLA, Qingdao 264000, China;  
3. No. 92555 Unit of PLA, Qingdao 264000, China; 4. Shandong University, Ji'nan 250000, China)

**Abstract:** A kind of equipment vehicle information acquisition and status monitoring system based on cloud platform is designed for improve the function of equipment vehicle data record and storage. Based on the sensor and MCU module, the equipment vehicle status acquisition system is built. The cloud platform is used to store, fuse and forecast the data uploaded from the collection system. Combined with the historical data and prediction results, the vehicle operation status is monitored, and the possible faults and hidden dangers are warned. Establish PC display software, use cloud platform data processing and storage function to realize the vehicle full dimensional monitoring and management. The verification results show that the design provides a systematic solution for the refined support and management of whole life cycle of the equipment vehicle.

**Keywords:** equipment vehicle; internet of things; cloud platform; monitoring and early warning

## 0 引言

全生命周期 (full life-cycle, FLC) 作为一种管理综合标准, 具有强调周期性、产品扩展性好和故障率小等特点, 已经覆盖了与人类相关的所有领域<sup>[1]</sup>。随着装备车辆使用频次与行程数的增加, 装备车辆保障的安全问题引起了全体官兵的高度重视。统计结果表明: 疲劳故障在装备故障中占有较大比例, 成为装备车辆安全行驶的主要隐患, 若不形成标准化的车辆保障体系, 保障人员就不能及时、安全、正规地排除其安全隐患。传统的手工记录数据效率较低, 容易出现遗失、损毁等事故<sup>[2]</sup>。再者部队大多采用集群化管理, 不同装备车辆采集的数据种类也略有差异, 采用人工采集记录数据工作量较大, 对单个车辆实施精细化管理不符合实际。另外, 装备车辆具有一定特殊性, 无论是数据安全还是车辆安全, 对于装备车辆的要求都相对较高<sup>[3]</sup>; 因此,

高智能的数据采集系统不适用于装备车辆。如何高性价比、高可靠地实现装备车辆数据记录与存储, 将数据可视化是需要研究的问题。

笔者从装备车辆整体出发, 基于嵌入式系统和云平台设计了一套基于云平台的装备车辆状态监控系统, 借助窗口显示软件显示采集数据, 对系统整体进行演示, 完成其功能检验的工作。

## 1 整体方案设计

如图 1 所示, 基于云平台的装备车辆状态监控系统主要由实体端、用户端和云端组成。功能主要包括车辆状态参数的实时采集上报, 云平台数据存储、融合、预测及数据请求服务, 决策端历史数据回溯、状态趋势预判及用户决策执行。

实体端由 MCU 和传感器组成, 通过传感器采集数据上传至云端存储, 同时在用户端进行显示; 云端具有保存历史监控数据、提供远程查询服务与

收稿日期: 2020-12-02; 修回日期: 2021-01-14

基金项目: 国家自然科学基金(51809156); 中国博士后科学基金(2016M600537); 教育部产学研合作协同育人项目(201902295036)

作者简介: 张龙杰(1983—), 男, 山东人, 博士, 讲师, 从事武器控制技术、兵器科学与技术研究。E-mail: 815676285@qq.com。

数据融合和预测分析的功能，是整个系统的数据存储、融合和处理中心；用户端监控传感器参数的实时显示，也可以通过查询请求获取云端数据，根据历史数据与预测结果，执行正确决策。实体端与云端表现为数据采集系统和数据显示与控制决策终端，数据采集系统采集传感数据，数据显示与控制决策终端显示数据，并存储在云平台形成历史记录。

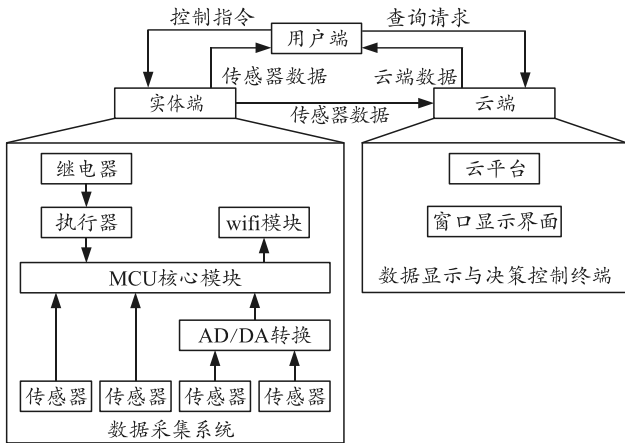


图 1 系统总体结构

### 1.1 数据采集系统

数据采集系统由 MCU 模块、传感器模块、继电器模块、执行器模块、无线通信模块、AD/DA 转换模块及 PC 端构成。MCU 模块作为数据采集系统的核心，主要实现 2 项功能：1) 传感器采集数据处理后上报云平台；2) 接收云平台下发的控制指令，更改程序中设定的上下限阈值参数，用以进行预警处理。以 MCU 为中心，通过搭载传感器实现对装备车辆的数据采集。如图 2 所示，传感器采集数据后传输至 MCU 模块，MCU 模块进行数据处理后，通过串口传输至数据显示及控制决策终端。

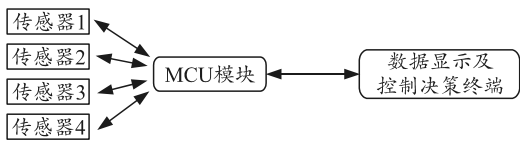


图 2 MCU 单片机信息传输

车辆采集数据种类繁多，需要多类型传感器来支持。以 MCU 模块为中心，通过搭载温度、压电、霍尔效应和流量传感器等，实现对装备车辆发动机温度、胎压、刹车油管等信息的采集。根据采集信息需求调整同种传感器配置数量和配置精度后，为传感器采集参数设定阈值，若超过阈值，则进行报警处理，阈值还可用于未来趋势的变化预警，保障人员能够根据预测曲线，提前掌握装备车辆状态，保证装备车辆的正常使用。另外，传感器传输的信

号量有模拟量和数字量的差别，部分传感器数据需要进行 AD/DA 转换，所以数据采集通道也应有所差别<sup>[4]</sup>。

在日常装备车辆保障中，数据采集系统可在“无人看管”的情况下运行，传感器采集数据，经过 AD/DA 转换后，通过无线通信将数据传输至数据显示及控制决策终端。驾驶员可通过窗口显示界面查看数据，保障人员不仅可以查看实时传输情况，而且可以通过云平台调取已存储的历史数据，及时掌握装备车辆的情况，作出安全风险评估以及预知车辆的安全隐患。

### 1.2 数据显示及控制决策终端

数据显示及控制决策终端主要接收、存储和显示传感器数据。决策终端功能设计如图 3 所示，窗口应用程序负责显示数据，而云平台在具有数据显示与存储数据的同时，还支持远程控制，保障人员在云端向 MCU 模块传送数据，可改变程序中相应参数，影响数据变化区间。

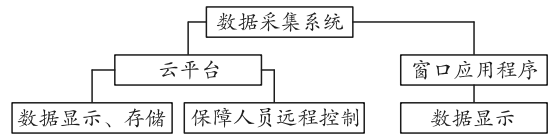


图 3 决策终端功能设计

无线通信是云平台与硬件进行连接的桥梁，采用 WLAN 技术构建无线局域网，组网采用较成熟并商用的 IEEE802.11b 标准设备，通过分配不同的 IP 地址来实现设备的区分<sup>[5]</sup>，完成硬件与云平台间的无线通信。

## 2 云平台功能与数据处理

### 2.1 云平台功能设计

云平台是基于传感器技术、无线传输技术、数据处理技术及远程控制技术为一体的物联网系统，保障人员可通过计算机等处理终端，实时掌握传感数据，及时获取报警、预警信息，也可通过历史记录查询界面查询存储记录，真正实现远程监控<sup>[6]</sup>。

从横向角度讲，其实现功能如下：

1) 云平台可采集和存储多种数据，不局限于单一数据采集，发动机温度、油压、胎压等核心数据都可以在同一时间进行采集和显示；

2) 数据采集随着车辆种类的不同而不同，可以针对装备车辆的特性布置各类型传感器，同时对多辆车、多状态进行数据采集，多传感器数据进行显示，方便集群化、精细化的全生命周期管理。

从纵向角度讲，其主要功能为：

1) 云平台在实时显示数据的同时也将自动存储数据。保障人员可通过调取历史传感数据来了解数据采集情况，通过对开始时间、结束时间以及设备的选择快速精确定位历史数据；

2) 云平台自动将数据拟合成相应曲线。保障人员能更直观地了解历史数据，通过对历史数据曲线的记录，采用相适应的预测方式，可基于历史数据对装备车辆性能进行未来趋势的预测，对于保障车辆的稳定运行，消除车辆隐患具有重要意义。

## 2.2 云平台数据处理

数据采集后对其进行数学建模，不仅能清晰地掌握车辆当前状态，而且能对装备车辆的未来变化趋势进行预测。通过对所采集数据的系统分析，发现不同设备的监测数据服从不同的分布规律，主要有4种类型：

1) 恒值数据：在一定时间范围内，其数据变化趋于恒值；

2) 匀变数据：随时间增加呈现缓慢上升或下降的趋势；

3) 周期数据：有周期性变化趋势；

4) 随机数据：没有明显的变化趋势，无法预测其未来变化状态。

例如，在一定的采集时间内发动机转速、胎压应该处于恒定的状态，采集数据应属于恒值数据；车辆日常使用时水箱温度具有以日为周期的变化趋势，应属于周期数据。为了对车辆未来状态进行预测，云端设计了针对不同类型数据的预测方法，能够基于历史数据预测未来趋势，一方面供决策人员进行决策，另一方面对可能发生的异常、故障进行早期预警。

1) 恒值数据处理。

恒值数据的处理可以通过一元或二元回归进行拟合及预测，现采用一元回归拟合<sup>[7]</sup>， $a, b$ 为待估计参数， $x_i, y_i$ 为采集到的已知值，回归公式为

$$y = ax + b. \quad (1)$$

一元回归过程为

$$\left. \begin{aligned} b &= \frac{x_1 y_1 + x_2 y_2 + \cdots + x_n y_n - n \bar{x} \bar{y}}{x_1^2 + x_2^2 + \cdots + x_n^2 - n \bar{x}^2} \\ a &= \bar{y} - b \bar{x} \end{aligned} \right\}. \quad (2)$$

其中： $\bar{x} = (x_1 + x_2 + \cdots + x_n) / n$ ； $\bar{y} = (y_1 + y_2 + \cdots + y_n) / n$ ； $a$ 为拟合曲线斜率； $b$ 为拟合曲线纵坐标值。

2) 匀变数据处理。

匀变数据处理采用 Exponent 模型，Exponent 的 1 阶模型  $y = a_1 e^{b_1 t}$ ， $x = (a_1, b_1)$  为模型参数，Exponent 模型相对多阶多项式模型具有更简洁的表述格式，现给出 1 阶模型与模型参数初始化算法<sup>[8]</sup>。

①  $q = m/2$ ，将序列  $y_2$  等分，并分别求 2 段和记为  $s_1, s_2$ 。

② 求取  $mt$ ， $mt$  为对横坐标  $t$  的差分序列取均值。

③ 若  $mt \leq 0$ ， $b_1 = 1$ ；若  $mt \geq 0$ ，则

$$b_1 = \ln\left(\left(s_2/s_1\right)^{1/q}\right) / mt. \quad (3)$$

④ 求取另一个参数  $a_1$ 。

$$\begin{bmatrix} \exp(b_1 t_1) \\ \exp(b_1 t_2) \\ \vdots \\ \exp(b_1 t_m) \end{bmatrix} a_1 = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_m \end{bmatrix}, \quad B a_1 = Y, \quad a_1 = (B^T B)^{-1} B^T Y. \quad (4)$$

3) 周期变化数据处理。

处理周期数据的模型较多。其中 Sum Sin 模型能够较好地拟合有周期规律的数据，是一种基于 sin 函数的数据模型，其循环利用快速傅里叶变换 (fast fourier transform, FFT) 来寻找各阶主频，后用最小二乘法消除该阶的影响，最后使用所有求得的各阶主频率计算其他参数<sup>[9]</sup>。Sum Sin 为 6 阶的 Sum Sin 模型：

$$y = a_1 \sin(b_1 t + c_1) + a_2 \sin(b_2 t + c_2) + a_3 \sin(b_3 t + c_3) + a_4 \sin(b_4 t + c_4) + a_5 \sin(b_5 t + c_5) + a_6 \sin(b_6 t + c_6). \quad (5)$$

① 利用快速傅里叶变换求取  $b_1$ 。

$$F_y = \text{FFT}(y), \quad b_1 = 2\pi(\max(0.5, \max\_loc - 1) / (t_m - t_1)).$$

其中  $\max\_loc$  为 FFT 变换序列前一半的最大值索引号。

② 求取  $[a_1 \cos c_1 \quad a_1 \sin c_1]$ 。

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin b_1 t_1 & \cos b_1 t_1 \\ \sin b_1 t_2 & \cos b_1 t_2 \\ \vdots & \vdots \\ \sin b_1 t_m & \cos b_1 t_m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \cos c_1 \\ a_1 \sin c_1 \end{bmatrix},$$

$$Y = X \times \begin{bmatrix} a_1 \cos c_1 \\ a_1 \sin c_1 \end{bmatrix};$$

最小二乘法求出：

$$\begin{bmatrix} a_1 \cos c_1 \\ a_1 \sin c_1 \end{bmatrix} = (X^T X)^{-1} X^T Y.$$

③ 记下  $b_1$ ，并求出 res。

$$\text{res} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_m \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \sin b_1 t_1 & \cos b_1 t_1 \\ \sin b_1 t_2 & \cos b_1 t_2 \\ \vdots & \vdots \\ \sin b_1 t_m & \cos b_1 t_m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \cos c_1 \\ a_1 \sin c_1 \end{bmatrix}$$

④ 利用余数 res，采用同种方式求取各阶系数  $(b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6)$ ，并在每次快速傅里叶变换后将上一次快速傅里叶变换序列的峰值索引处置置 0，然后再求前一半最大峰值的索引号。

⑤ 求取各阶系数  $(b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6)$ ，采用上述思路求取各阶非主频参数：

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin b_1 t_1 & \cos b_1 t_1 & \cdots & \sin b_6 t_1 & \cos b_6 t_1 \\ \sin b_1 t_2 & \cos b_1 t_2 & \cdots & \sin b_6 t_2 & \cos b_6 t_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \sin b_1 t_m & \cos b_1 t_m & \cdots & \sin b_6 t_m & \cos b_6 t_m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \cos c_1 \\ a_1 \sin c_1 \\ \vdots \\ a_6 \cos c_6 \\ a_6 \sin c_6 \end{bmatrix}$$

$$Y = X_E \times \begin{bmatrix} a_1 \cos c_1 \\ a_1 \sin c_1 \\ \vdots \\ a_6 \cos c_6 \\ a_6 \sin c_6 \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} a_1 \cos c_1 \\ a_1 \sin c_1 \\ \vdots \\ a_6 \cos c_6 \\ a_6 \sin c_6 \end{bmatrix} = (X_E^T X_E)^{-1} X_E^T Y$$

⑥ 利用三角函数关系求出  $(a_1, c_1, a_2, c_2, a_3, c_3, a_4, c_4, a_5, c_5, a_6, c_6)$  得到所有参数。

### 3 系统设计实现

为了验证系统方案的可行性，笔者使用多种类型传感器进行实验，进行多种数据的采集。图 4 为窗口显示界面，采集的每种数据都有与之对应的显示界面。



图 4 窗口界面数据显示

采集的数据可在云端进行显示与长期存储，根据时间范围筛选可调取不同采集时间的参数，窗口显示界面可以直观地显示数据，使保障人员更方便快捷地了解车辆状态。

生成历史数据后，基于其存储数据采用不同的数据拟合方式，对车辆未来状态变化进行预测，笔

者将对前 3 种类型数据进行趋势预测。图 5 为利用一元回归计算对胎压数据进行拟合，可以看出最后的拟合结果与预期相符，胎压在一定时间内数据采集为恒值。油压的未来预测趋势结果如图 6 所示，假设装备车辆一周加一次油，车辆未出动时油量不变，出动时燃油量成指数减少，其原始数据呈阶梯性变化趋势。可以看出：通过 Exponent 模型进行拟合的曲线能够真实地反应出油压的变化情况，准确地预测燃油消耗量。当然，对于这种数据实例采用多项式模型也能很好拟合出未来趋势。

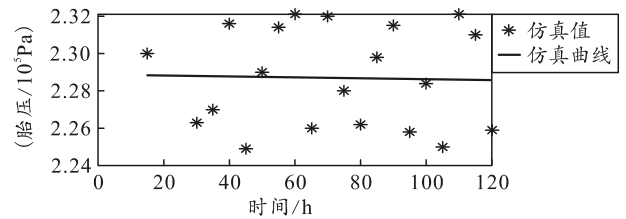


图 5 胎压曲线拟合

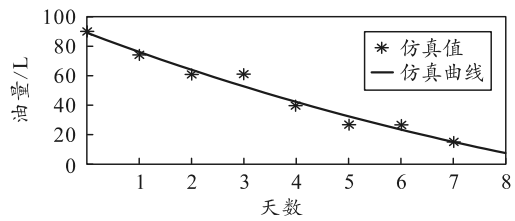


图 6 油压拟合曲线

通过对其未来趋势的预测，调度员能通过油量减少趋势判断何时补充燃油，当燃油到达阈值后将会预警，提醒保障人员尽快补充。基于此算法可动态预测燃油消耗量，车辆保障不需要大量携带燃油，调度员有序预判各车辆加油时间、所需油量，并据此提前准备调配燃油，实现了到供给侧的转变。这种动态化的预警机制，较好地解决了燃油的供需关系，真正做到精细化、精准化的管理。

图 7 为装备车辆在库时昼夜发动机数据采集曲线，可以看出：分别在每日 0 时与 14 时左右达到当日发动机温度最低值和最高值，发动机温度是以日为周期随着当日气温进行变化，有着较强的周期变化规律。保障人员可根据其变化规律，结合当日气温，对下一周期温度变化趋势作出预测。

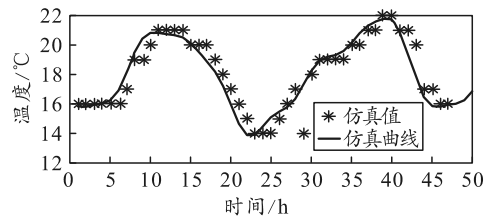


图 7 昼夜发动机温度变化