

doi: 10.7690/bgzdh.2023.11.010

基于 Qt 的桥梁调试诊断仪设计

黎 晖¹, 马召鑫², 朱鹏程¹, 张 颖¹

(1. 中国人民解放军 63983 部队, 江苏 无锡 214035; 2. 常熟市亚邦船舶电气有限公司, 江苏 常熟 215500)

摘要: 为给桥梁装备电控系统提供智能化检测和辅助调试手段, 基于 Qt 设计并开发一种调试诊断仪。介绍系统总体设计方案, 分别阐述软硬件设计和功能界面规划; 基于 CAN 总线协议与电控系统进行数据通信, 实时监测和记录桥梁机构作业状态和传感检测信号等信息。结果表明: 该调试诊断仪具有故障诊断、架设向导与数据标定功能, 人机交互友好, 操作使用方便, 具有较高的应用价值。

关键词: 调试诊断仪; 电控系统; CAN 总线; Qt

中图分类号: TP23 **文献标志码:** A

Design of Bridge Debugging and Diagnosis Instrument Based on Qt

Li Hui¹, Ma Zhaoxin², Zhu Pengcheng¹, Zhang Ying¹

(1. No. 63983 Unit of PLA, Wuxi 214035, China;

2. Changshu YBTECH Marine Electric Co., Ltd., Changshu 215500, China)

Abstract: In order to provide intelligent detection and auxiliary debugging means for bridge equipment electric control system, a debugging diagnostic instrument is designed and developed based on Qt. The overall design scheme of the system is introduced, and the software and hardware design and functional interface planning are described respectively. The data communication with the electric control system based on CAN bus protocol is carried out to monitor and record the working status of the bridge mechanism and the sensor detection signal in real time. The results show that the debugging diagnosis instrument has the functions of fault diagnosis, erection guide and data calibration, and has friendly human-computer interaction, convenient operation and high application value.

Keywords: debug diagnostic instrument; electric control system; CAN bus; Qt

0 引言

随着装备信息化机械化的迅猛发展, 装备中电子设备的比例不断提高, 通过与液压等分系统有机结合, 完成多样化作业任务, 提高人机交互能力, 并提供必要的安全保护^[1]。CAN 总线由于具有可靠性高、通信速度快和组网灵活方便等优点, 被广泛应用于车辆电气系统和桥梁控制系统。与传统的集中控制相比, 基于 CAN 总线的控制系统多采用分布式体系结构^[2], 受制于目前部队的维修体制和资源状况, 当相关设备出现故障时, 由于缺少信息回溯技术手段, 往往不能准确定位故障, 实现故障复现, 因而降低维修效率, 影响装备完好率和战斗力恢复。调试诊断仪作为电控系统的组成部分, 实现装备故障诊断、辅助定位及维修信息管理, 有助于实现基于状态的故障诊断和维修保障, 提高装备的战备完好性和任务可达性^[3]。

为给桥梁装备电控系统提供智能化调试和辅助诊断手段, 笔者基于 Qt 设计并开发了一种调试诊断

仪, 可通过 CAN 总线与桥梁电控系统的其他电子设备进行通信, 基于人机交互界面显示突击桥架设机构作业状态信息、操纵盒输入信号、主控输出信号、上装传感器检测信息和作业向导信息, 具有故障诊断与显示功能, 并能够对操纵盒和传感器等控制参数进行数据标定。人机交互友好, 操作使用方便。

1 系统总体方案

桥梁电控系统如图 1 所示, 一般由主控箱、操纵盒、控制终端、调试诊断仪及模拟量和开关量传感器等设备组成, 相互节点间通过总线网络进行信息传送, 主要为执行机构提供操纵控制及驱动信号^[4], 与液压系统、架设机构配合完成桥梁架设作业, 同时还监视架设机构作业状态和故障信息。

桥梁装备调试诊断仪采用嵌入式体系结构, 硬件以 ARM 控制器为核心, 软件采用 Linux 操作系统, 基于 Qt 开发环境进行图形用户界面开发。采用组件式模型开发方法, 模型开发可重用性强。采用模块化设计, 系统框架结构合理, 软件模块之间接

收稿日期: 2023-07-12; 修回日期: 2023-08-10

第一作者: 黎 晖(1984—), 男, 江西人, 博士。

口明确^[5]。调试诊断仪通常安装在副驾驶位前方驾驶台上，通过 CAN 总线与主控箱连接，实时监测架设机构、操纵盒、传感器、总线网络的作业状态和故障信息等，还具有故障定位和系统参数标定功能。调试诊断仪主要完成如下功能需求：

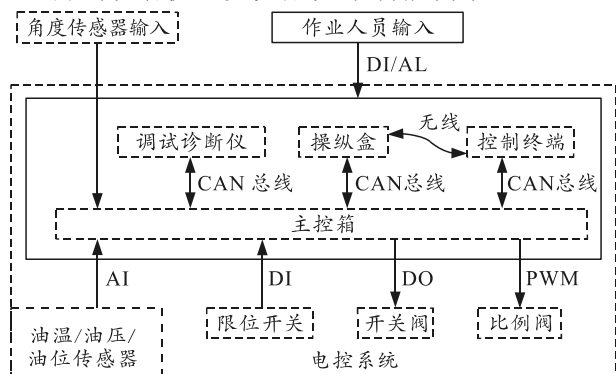


图 1 电控系统组成

1) 按键输入功能：通过按键方式接收用户输入信息，完成显示界面的切换、数据输入与相关标定操作。用户按下对应功能键时，软件扫描按键接口状态，将按键状态信息发送至内部接口，执行对应

按键输入指令。

2) 数据通信功能：能够接收电控系统其他设备 CAN 数据，根据通信协议完成数据结构体解析，并传递给其他功能界面进行调用。能够按照协议要求完成数据结构体封装并向 CAN 总线发送数据。

3) 界面显示功能：主要由传感检测、主控输出、作业向导、操纵盒输入、设置标定功能组成。主要通过指示灯、数字、仪表的形式实现桥梁上装电控系统工作状态、作业向导指示和故障信息的显示。

2 硬件设计

调试诊断仪由系统主板、显示器、键盘和电源等功能模块构成，采用平板显示器加固技术、主机加固技术、电磁兼容性等设计技术，要求可靠性高，满足国军标的相关要求；调试诊断仪拥有 CAN 总线、USB、以太网等丰富的外围信号接口；配备高性能嵌入式处理器，带有 3D 图形加速功能；要求设备上电启动速度快，不大于 4 s。调试诊断仪硬件原理如图 2 所示。

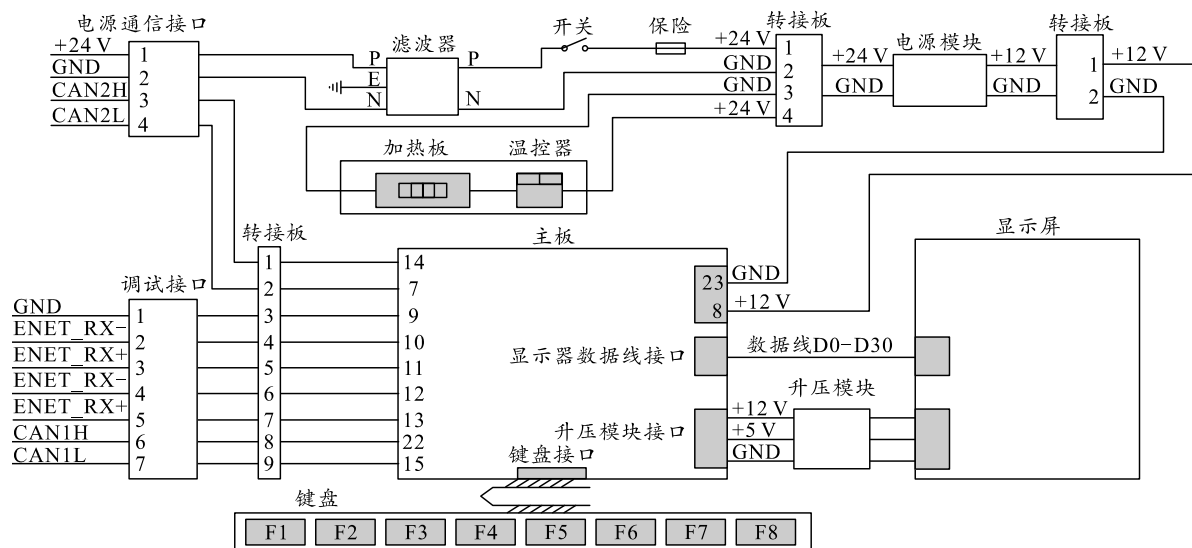


图 2 硬件原理

调试诊断仪的主要技术参数如下：

- 1) 液晶屏：7.0" TFT(152.40 mm×91.44 mm)；
- 2) 分辨率：800×480 像素；
- 3) 处理器：ARM Cortex-A8 32 位处理器，主频 600 MHz；
- 4) 存储器：存储空间不小于 1 G；
- 5) 按键：8 个自由编程按键；
- 6) 通信端口：2×CAN2.0B，1×USB2.0，以及 1×10/100 M 以太网接口；
- 7) 工作电压范围：9~36 VDC。

3 软件设计

3.1 软件设计环境

调试诊断仪采用嵌入式多任务操作系统 Linux，在 Linux 的上层扩展了文件管理系统、图形用户接口和设备底层硬件驱动程序，如存储器系统、CAN 总线、LCD 显示等，图形用户界面基于 Qt 编程环境开发^[6]，如图 3 所示。Qt 是一款跨平台的 C++ 图形用户界面应用程序开发软件，其包含的 Qt 设计器可用于设计和实现用户界面并能够在多平台下使用

的一种工具^[7]。Qt 设计器支持采用基于窗体的方式来开发应用程序，窗体由用户界面文件表示，并可与 Qt 程序集成。可见，Qt 的构建系统能将用户界面的编译构建过程自动化，使设计过程更轻松。

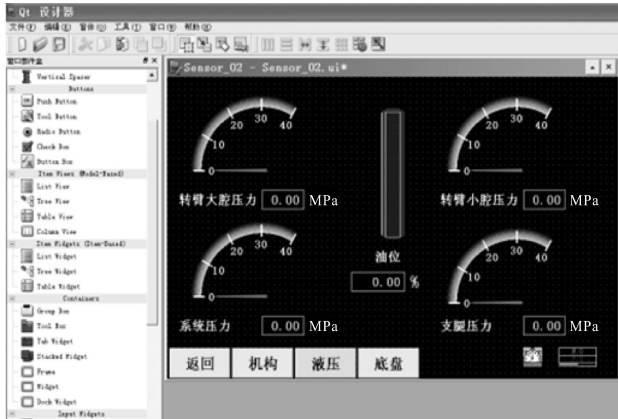


图 3 Qt 软件开发环境

3.2 软件方案设计

调试诊断仪软件基于 Qt 窗口库类和 SQLite 数据库类^[8]，功能模块组成如图 4 所示。

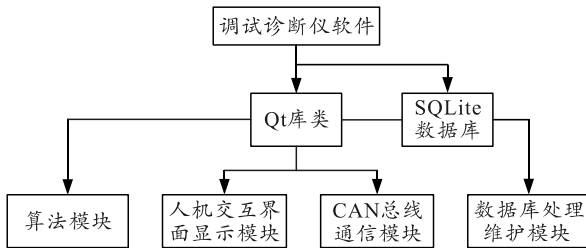


图 4 软件功能模块

1) 算法模块: 将采集到的包含底盘参数与上装机构参数等信息的 CAN 总线数据, 通过软件的算法模块计算并得到反映传感器真实值的结果数据, 然后发送到对应人机交互界面进行显示。

2) 人机交互界面模块: 主要完成人机交互结果的显示, 包括底盘车相关信息、上装传感器信号、故障状态、CAN 总线网络状态等信息的显示以及采集参数设置, 各个功能界面通过对应的按键操作进入。其界面显示的实时性、正确性和友好性是软件实现的重点。

3) CAN 总线通信模块: 主要是实现调试诊断仪与装备电控系统的命令及数据通信, 使调试诊断仪能够实时获得需要的参数信息, 并在 Qt 程序中进行数据处理后以可视化方式显示给操作人员。

4) 数据库处理维护模块: 数据库处理维护模块主要是完成 CAN 总线通信模块传输来的相关信息的存储、查看与调出。此模块使得系统在每次启动后都能按关闭前系统的设置进行工作并能在用户需

要时显示相关记录信息。

3.3 软件功能设计

3.3.1 传感检测

在主界面按【传感检测】键进入传感器检测界面, 显示开关信息检测和传感信息采集信息, 如图 5 所示。

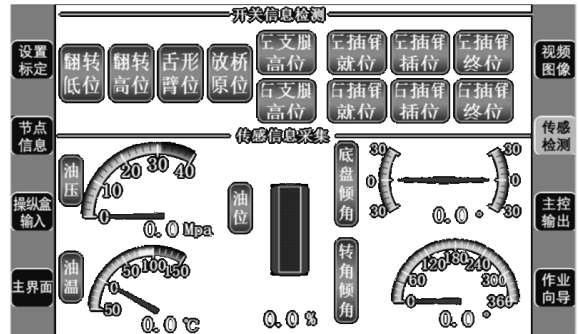


图 5 传感检测功能界面

1) 开关信息检测。

显示架设、撤收时开关传感器状态信息。其中: “翻转低位”为翻转架低位检测开关信号, 低位为翻转架完全收回时状态; “翻转高位”为翻转架高位检测开关信号, 高位为翻转架完全顶起时状态; “舌形臂位”为舌形臂状态信号, 舌形臂下摆到与地面成 60°角时的状态; “放桥原位”为放桥原位检测开关信号, 放桥原位为舌形臂完全收回时对应的状态; “左/右支腿高位”为支腿高位检测开关信号, 高位为支腿完全收回时状态; “左/右插销就位”为插销就位检测开关信号, 就位表示近端桥节已紧贴舌形臂上的限位块; “左/右插销插位”为舌形臂上的横插销检测开关信号, 插位表示插销已完全伸出; “左/右插销终位”为舌形臂上的横插销检测开关信号, 终位表示插销已完全收回。

界面上有绿、红和蓝 3 种颜色状态。绿色表示开关接通, 即所检测的对象已到位; 红色表示开关断开, 即所检测的对象未到位或已离开; 蓝色表示未接收到开关的信息, 表示开关电路故障, 应进行检查、处理。

2) 传感信息采集。

显示液压油压、液压油温、液压油位、底盘倾角、转角倾角的数值; 超出正常值的数据显示在红色区域, 数字闪烁以示报警, 传感器参数范围如表 1 所示。

3.3.2 主控输出界面

在作业调试诊断仪主界面按【主控输出】键进

入主控箱输出信息显示界面。此界面显示主控箱的控制输出信息，如图 6 所示。

表 1 传感器参数范围

序号	名称	范围	报警条件	报警处理方法
1	液压油压/ MPa	0~40	>30	将桥跨放至安全姿态后，检查系统压力
2	液压油温/ ℃	-50~150	>100 或 <-50	>100: 将桥跨放至安全姿态后，检查系统液温 <-50: 检查油温传感器及其电路状态
3	液压油位/ %	0~100	<30	检查液压油量，适当添加液压油
4	底盘倾角/ (°)	-30~30	>30 或 <-30	调整左右支腿高度，保证桥车横向水平
5	转角倾角/ (°)	0~360	-	-

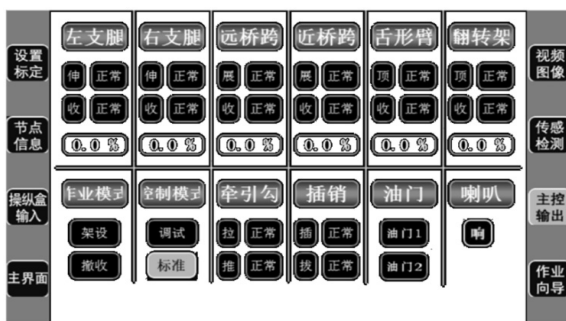


图 6 主控输出界面

主控输出包括：左支腿(油缸)、右支腿(油缸)、远桥跨(展桥油缸)、近桥跨(展桥油缸)、舌形臂(油缸)、翻转架(油缸)、牵引钩(油缸)和插销(油缸)的控制信息，以及作业模式、控制模式、油门和喇叭的状态信息。

每个信息有短路、断路、正常 3 种状态，图标分别显示为红、黄、绿 3 种颜色。当图标显示为红色或黄色时，表明对应控制电路出现故障，应进行检查处理。6 个数值表示对应油缸控制阀的开度百分比，数值精度为 0.1%。

3.3.3 架设向导界面

在调试诊断仪主界面按【作业向导】键进入作业向导界面，如图 7 所示，界面分为上、下 2 部分。

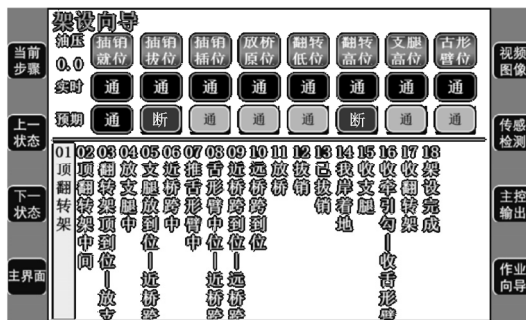


图 7 架设向导界面

1) 上部：传感器状态，即检测开关通、断的实时和预期状态。状态为“通”时，显示为绿色；状态为“断”时，显示为红色；无通信数据时，显示为白色。绿色和红色均为正常状态，显示为白色时，表明传感电路故障，应检查、处理。

其中：舌形臂上的限位开关紧贴端桥节时，“插销就位”检测开关状态为通，否则为断；舌形臂上的横插销完全收回时，“插销拔位”检测开关状态为通，否则为断；舌形臂上的横插销完全伸出时，“插销插位”检测开关状态为通，否则为断；舌形臂完全收回时，“放桥原位”检测开关状态为通，否则为断；翻转架完全收回时，“翻转低位”检测开关状态为通，否则为断；翻转架完全顶出时，“翻转高位”检测开关状态为通，否则为断；支腿完全收回时，“支腿高位”检测开关状态为通，否则为断；舌形臂下摆到与地面成 60°之前，“舌形臂位”检测开关状态为通，否则为断。

2) 下部：操作步骤及作业状态提示信息。绿色表示当前操作步骤或作业状态，黄色表示后续操作步骤或作业状态。通过【当前步骤】、【上一状态】、【下一状态】可在任意作业状态间切换，观察某一作业状态下，传感器开关的通、断要求，具有提示后续操作的作用。

3.3.4 设置标定界面

在调试诊断仪主界面按【设置标定】键进入设置标定界面，如图 8 所示。经密码验证后，可选择标定对象，对选定对象参数进行标定调试。标定对象包括支腿放到位压力、近端桥跨展桥到位压力、远端桥跨展桥到位压力、桥跨对岸着地压力、桥跨我岸着地压力、桥跨(回)收到位压力等触发语音提示的设定值。

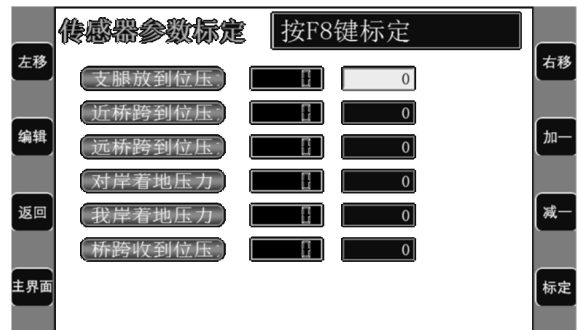


图 8 传感器参数标定界面

装备出厂时，图中 6 个压力对应的传感器都设定了语音提示阈值，当压力达到设定值时，会发出对应语音提示，表明操作到位，可进行下一步操作；

但由于环境温度的明显变化等因素，也可能出现操作与语音提示不同步或无语音提示的现象，这时需对相应的设定值进行标定调试。完成标定后，建议至少进行 3 次架设操作，观察标定值是否满足架设要求，如不满足还需重新调试，适当增大或减小相应的参数值。

4 结束语

笔者基于 Qt 设计并开发了一种调试诊断仪，能根据总线协议与电控系统进行数据通信，采集存储各种参数信息，提供良好的人机交互界面实时显示装备作业状态和诊断故障信息。随着桥梁装备电控系统向分布式总线方向发展，该调试诊断仪为桥梁装备电气设备故障诊断与维修提供了重要的技术保障手段，能实时显示装备作业状态、向导指示和故障信息，人机交互友好，操作使用方便，具有较高的应用价值。

(上接第 17 页)

该分析可为今后研制 1 维、2 维弹道修正弹及产品靶场交验提供参考，并有助于弹道修正弹试验考核规程或国军标的编制。

参考文献：

[1] 孙健, 王志佳. 舰空导弹多目标虚实弹混合拦截试验方案研究[J]. 战术导弹技术, 2020(6): 98-103.

[2] 朱乐乐, 王雨时, 闻泉, 等. 弹药类产品贮存寿命试验方法综述[J]. 兵器装备工程学报, 2020, 41(3): 223-230.

[3] 负来峰, 彭善国, 黄照协, 等. 对某型子母弹靶场交验试验方法的分析与思考[J]. 南京理工大学学报, 2020, 44(3): 359-362.

[4] 齐立新, 吴建岚. 基于不同考核层次的鱼雷反水声对抗试验方法[J]. 鱼雷技术, 2016, 24(3): 227-234.

[5] 卢山, 王亮, 赵非玉. 机载干扰弹动态特性试验验证方法[J]. 光电技术应用, 2020, 35(5): 66-68.

[6] 薄云, 廖学军, 白洪波, 等. 作战试验遴选考核指标的准则研究[J]. 火力与指挥控制, 2021, 46(10): 177-181.

[7] 朱乐乐, 王雨时, 刘锦春. 某大口径火炮系列杀爆弹地

参考文献：

[1] 周祖德. 机电一体化控制技术与系统[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2002: 64-67.

[2] 邹益仁, 马增良, 蒲维. 现场总线控制系统的设计与开发[M]. 北京: 国防工业出版社, 2003: 2-7.

[3] 周丽, 孔超, 张斌. 装甲车辆便携式故障诊断仪设计与实现[J]. 工程设备与材料, 2021(9): 109-111.

[4] 巫莉, 黄江峰. 电气控制与 PLC 应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2008: 81-84.

[5] 谭清怡. 基于 QT 的雷达终端软件实现[J]. 电子技术与软件工程, 2018(18): 50-52.

[6] 倪继利. Qt 及 Linux 操作系统窗口设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006: 131-136.

[7] 黄超. 基于 Qt 的嵌入式 GUI 的研究与实现[D]. 长春: 吉林大学, 2011.

[8] 蔡志明, 卢传富, 李立夏. 精通 Qt4 编程[M]. 北京: 电子工业出版社, 2008: 28-33.

[9] 面密集度影响因素回归分析[J]. 兵器装备工程学报, 2020, 41(11): 61-64, 140.

[8] 于振凡, 数据的统计处理和解释正态样本离群值的判断和处理: GB/T4883—2008[S]. 北京: 国家质量监督检验检疫总局, 2008.

[9] 阳辉, 钟征宇, 黄文铮, 等. 塑封微电路湿热试验方法及标准分析[J]. 中国标准化, 2021(S1): 107-111.

[10] 焦志刚, 岳明凯. 弹药可靠性工程[M]. 北京: 国防工业出版社, 2013: 66-71.

[11] 刘源源. 高速弹丸测速系统可靠性建模与分析[D]. 洛阳: 河南科技大学, 2020.

[12] 马浩文, 田树东. 舰载深弹武器装载可靠度试验方法[J]. 鱼雷技术, 2016, 24(4): 299-303.

[13] 杨子龙, 徐克辉, 周彤, 等. 舰船传动装置可靠性试验方法研究现状及发展趋势[J]. 舰船科学技术, 2021, 43(S1): 58-62.

[14] 赵劲彪, 冯蕴雯. 引信机构防雨可靠性分析[J]. 机械设计与制造, 2018(9): 269-272.

[15] 马康. 基于 Bayes 小子样理论的一维修正弹任务可靠度检验[J]. 舰船电子工程, 2020, 40(7): 164-166.

[16] 牟洪刚. 高价值弹药机电引信可靠性评估[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2015.