

# 基于单芯电缆传输的多转辙机 拉力测试仪设计

王安, 周景杰, 郭森森

(西北工业大学 自动化学院, 西安 710129)

**摘要:** 高速道岔转换时需要采用多转辙机牵引, 详细给出了便携式多转辙机牵引道岔转换阻力测试仪的设计过程; 该测试仪以 NXP 公司的 ARM7 微处理器 LPC2214 为硬件核心, 以  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  实时操作系统为软件核心, 测试仪主机和各传感器采用树形拓扑结构的主从机方案, 使用单芯电缆传输技术, 将测试仪主机与各传感器联接到一起, 完成的同时对 1~6 台在轨转辙机的牵引力的测量和为各传感器供电; 实测表明, 测试仪完全满足设计要求, 适合铁路电务人员对多点多转辙机牵引道岔转换阻力进行在轨测量, 满足实际要求。

**关键词:** 多转辙机; 道岔; 拉力测试; 单芯传输

## Design of Multi Point Machine—Traction Tester Based on Single Core Cable Transmission

Wang An, Zhou Jingjie, Guo Sensen

(College of Automation, Northwest Polytechnical University, Xi'an 710129, China)

**Abstract:** The multi point machines can change the high speed railway turnout. It describes the process of the design of the portable tester of multi point machine—traction system. The hardware platform of the tester is based on the LPC2214 chip of micro controller with ARM7 core and the software platform is established in the  $\mu\text{C}/\text{OS-II}$  real-time operating system. The tester master machine and the sensor slave machine makes up the tree topology and transmits through single core cable. The single core cable not only supplies power for sensors, but also transmits data between the master machine and the slave machine. According to the practical application, the tester could completely fulfill the design requirements. It is suitable for testing the multi point machines in the multi traction system.

**Key words:** multi point machine; railway turnout; tensile test; single core cable transmission

### 0 引言

高速铁路和重载铁路上的道岔长度不断增大, 其转换时需要采用多转辙机牵引。道岔作为铁路的咽喉, 是铁路事故的多发地。据相关资料统计, 建国以来铁路系统中重大事故有 50% 以上发生在道岔转换设备上, 因检修不良导致事故发生的约占 1/3 左右<sup>[1]</sup>。

道岔转换阻力是反应道岔转换系统工作状态最重要的参数之一, 道岔各牵引点转换阻力与各牵引点转辙机拉力是作用力与反作用力。用 1~12 只力传感器同步测量各牵引点转辙机拉力, 对判断道岔工作正常与否至关重要, 亦为区分设备供应商、铁路电务、铁路工务等部门责任提供判断依据<sup>[2]</sup>。

《铁路信号维护规则》规定: 对道岔转换设备检修每月不少于 2 次。然而, 目前国内现有的转辙机拉力测试仪都只能测量一台或者最多同时测量两台转辙机拉力的工作情况。因此, 设计一款能同时测量多台转辙机工作情况测试仪很有必要。

### 1 总体结构的两点考虑

(1) 目前国内道岔转换阻力测量多采用销式应变力传感器, 因结构加工、材料及热处理工艺差异、人工粘贴应变片等原因导致其一致性差。一般处理方法是在多通道测量仪器内部为每个传感器配套相应的信号调理电路, 这将导致传感器与测量仪器必须对应使用, 传感器和测量仪器均无法互换。测量仪器和传感器的混乱使用将造成测量不准。根据多年实践发现国内在转辙机拉力测量方面, 测量仪器与传感器混乱使用约占维修情况的 75% 以上, 这是一个比较严重的问题, 因此, 在新的设计方案中必须加以解决。将微控制器、信号调理等电路嵌入到力传感器当中, 从技术上就可以做到所有传感器的外特性一致, 即所有传感器对测量仪器对称, 从而解决了传感器互换性问题。

(2) 由于多转辙机在道岔转换系统中为一字排列安装, 间距几米至几十米 (18 号以内道岔) 到上百米 (42 号以上道岔) 不等, 并且为树形拓扑结构。在转辙机测试方面, 如果仪器与传感器的连接还采用现行的星形拓扑结构, 去测量树形拓扑结构的多转辙机牵引道岔, 将导致各传感器引线长度差距巨大, 造成现场测量工作量较大。此外, 铁路部门实际在测量道岔转换阻力时必须中断列车运行, 这就要求仪器总体方案的考虑必须贯彻测量快速、简便易行的原则。在传感器内部嵌入了调制/解调电路, 将测量数据的数字信号调制到传感器供电电路上,

收稿日期: 2013-08-21; 修回日期: 2013-10-20。

作者简介: 王安 (1959-), 男, 山东蓬莱人, 副教授, 主要从事计算机测控系统和智能仪器仪表方向的研究。

用单芯电缆同时实现多传感器数据传输和为各个传感器供电，这就为现场快速构成具有树形拓扑结构的多传感器网络的测量系统创造了条件，如：可满足牵引点数量从 2、3、5、6、9、12 不等，分布范围从 4~200 m 不等的各型道岔测量要求。

综上，在传感器内部嵌入信号调理电路、单芯电缆调制解调电路以及采用树形拓扑结构将使得转辙机测试仪的主机和传感器之间无互换问题，简便易行和测量快速。仪器总体结构如图 1 所示。

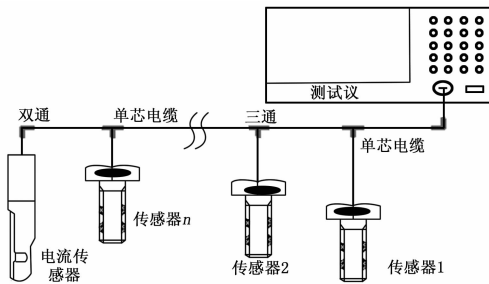


图 1 仪器总体结构图

## 2 仪器设计

### 2.1 主机

主机是整个仪器的核心，主要完成对各个传感器的控制，向传感器发送各种指令，并接收传感器发送来的采样数据。经过处理，将结果以数字和曲线的形式实时显示在 LCD 上，并完成对测量数据的储存，可以将数据导出至 PC 机供上位机软件对数据进行分析。

#### 2.1.1 主机硬件平台设计

主机硬件平台结构如图 2 所示，主要有以下 6 部分组成：

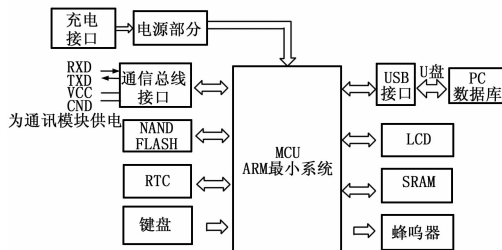


图 2 主机硬件平台结构图

(1) 微控制器：本仪器选用的是 NXP 公司的 LPC2214 作为仪器的主控芯片，该芯片是一个支持实时仿真和跟踪的 32 位 ARM7TDMI-S 处理器。3.3 V 和 1.8 V 双电源供电，极低的功耗，LPC2214 提供 16 K 片内 SRAM、256 K 片内 FLASH 程序存储器、特别适用于便携式设备<sup>[3]</sup>。

(2) 存储器：仪器选用 256 K × 16 bit 的 SRAM (IS61LV25616AL) 作为测试仪的内存。同时要求掉电保存测试曲线，便于在 PC 上分析数据，所以仪器选用一片存储容量为 64 M 的 NAND FLASH (K9F1208U0A) 来保存测量数据以及出厂信息等。

(3) 键盘模块：键盘接口芯片采用 NS 公司的键盘编码芯片 MM74C923。该芯片可自动对矩阵键盘进行扫描，大大节省了软件开销。

(4) 显示模块：由于测试仪在户外使用，要能够在阳光下

清晰显示。所以显示屏选用一款分辨率 320 × 240 的彩色高亮液晶。

(5) 实时时钟模块：该模块给仪器提供实时时钟，便于记录测试时间。

(6) 通信接口：负责与传感器从机的通信，把需要传输的数据调制到单芯总线上或者从单芯总线上解调需要接收的数据。

#### 2.1.2 主机软件设计

主机主要完成的功能包括控制传感器采集数据、数据处理并送显示、实时曲线的拷贝、测试数据 U 盘转存、测试参数的设置、测试记录相关信息的输入及对传感器的校准等。由于仪器完成功能比较多，同时要做到各个功能任务之间的协调运行，所以整个软件以 uC/OS 为框架，然后编写相应的功能任务函数，由 uC/OS 管理任务的切换调度，减小了软件的复杂度，并且结构清晰，易于维护<sup>[4]</sup>。主机软件的层次结构如图 3 所示。

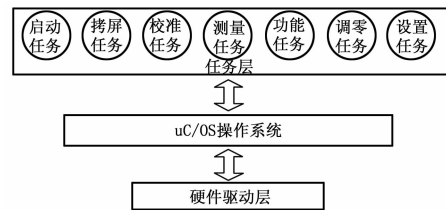


图 3 主机软件层次结构

主机软件主要包括以下几个任务：

(1) 启动任务，优先级为 1：启动任务用来对目标板、系统的各个中断和系统变量进行初始化，故应安排最高的优先级，属于单次执行类任务。

(2) 拷贝任务，优先级为 2：该任务的功能是任何时候都可以拷贝，故安排次高优先级。拷贝任务一直处于等待信号量的状态，只要收到拷贝信号量，拷贝任务开始执行，将当前 LCD 的显示画面格式化为 BMP 图片存到 U 盘，以便在 PC 上查看分析，为写文档提供资料以及打印测试曲线。

(3) 校准任务，优先级为 3：校准任务完成对各传感器从机的校准，包括零点和增益的调整，校准后参数存入传感器从机的非易失性存储器中。传感器的校准是由设计人员出厂时完成的，不是由最终用户完成，所以该任务不同于其他任务，拥有较高的优先级。

(4) 测量任务，优先级为 4：测量任务是应用程序中的核心任务，负责开启定时中断轮询从机进行数据采集，对采样数据量化处理，并在 LCD 上以数字和曲线的形式实时显示。该任务对实时性要求高，所以除去拷贝任务和校准任务外，其优先级仅次于启动任务，以保证测量曲线的实时显示。

(5) 设置任务、调零任务、功能任务：每个任务各完成一定功能，地位基本上平等，uC/OS-II 规定任务间不能拥有相同的优先级，所以对它们的优先级随机分配。设置任务完成测量参数量程的选择设置；传感器调零任务完成传感器的调零处理；功能选择任务完成对仪器一些辅助功能。

### 2.2 传感器模块

力传感器采用应变式电阻桥传感器。将此传感器模块嵌入到每个传感器内部，从外特性上来看，所有传感器一致。解决了操作人员使用过程中传感器不能互换的问题，方便使用。传

感器模块主要功能是完成数据采集以及与主机的通信。

### 2.2.1 传感器模块硬件平台设计

由于传感器模块要嵌入到传感器内部, 所以设计要节省空间。传感器模块硬件平台结构如图 4 所示, 主要由以下几部分组成:

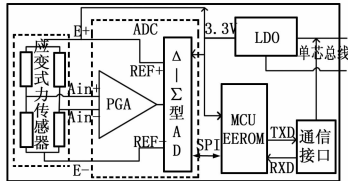


图 4 传感器模块硬件平台结构图

1) MCU 部分: 选择低功耗的单片机 STC12LE5410。工作电压 2.4~3.8 V, 正常工作电流为 4 mA, 10 K 字节 Flash, 片上集成 12 K 字节 EEPROM, 方便保存校准系数和传感器相关的其他参数。

2) ADC 部分: 选择基于  $\Sigma-\Delta$  原理的 16 位模数转换器 AD7705, 3~3.6 V 供电, 转换时间 2 ms, 集成有 PGA 省去了前置放大器, 采用串行通信方式, 节省了体积空间。

3) 通信接口: 负责与主机的通信, 把需要传输的数据调制到单芯总线上或者从单芯总线上解调需要接收的数据。

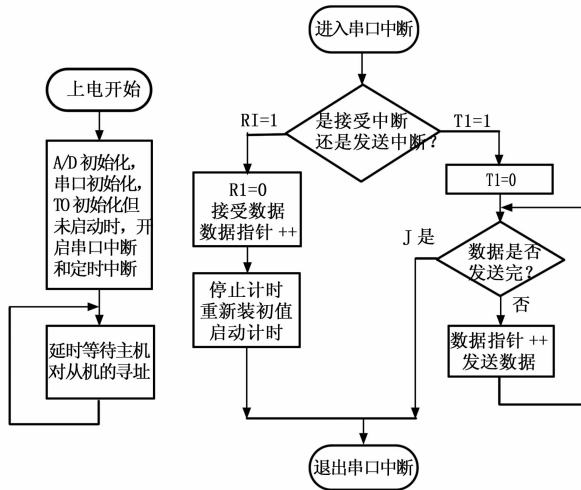


图 5 传感器模块软件流程图

### 2.2.2 传感器模块软件设计

本仪器主机和传感器通信方式为主从方式。所有的通信都由主机发起, 所以从机在没有收到主机的命令时一直处于空闲状态。从机上电后, 当接受到主机对自己的寻址时, 判断功能码即要求执行什么动作, 执行完主机要求的动作后格式化填充数据, 回送给主机。采用中断的方式保证对主机的实时响应。软件的流程如图 5 所示。

## 3 实验结果及数据分析

该仪器在西安西门子信号有限公司 18# 测试道岔上现场对 3 台 S700K 转辙机输出力进行测试的结果如图 6 所示。

图 6 为 S700K 转辙机缩回过程实测结果。下面结合测试结果进行简要分析和说明。图中为 32 号记录曲线, 以连续方式测量, 电流量程为 0~4 A、力量程为 0~8 kN, 时间记录长

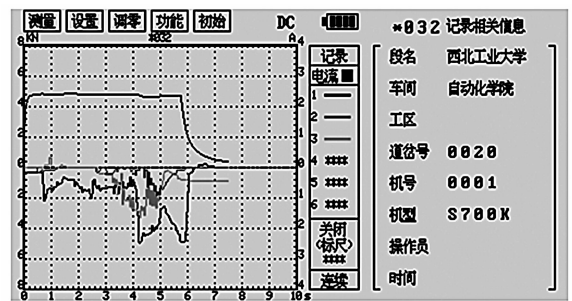


图 6 S700K 转辙机缩回过程实测曲线

度为 10 s。标尺为关闭状态, 电量为 100%。从图中可以看到, 3 台转辙机的动作时间为 6 s 左右, 1 号转辙机先动作, 然后 2 号、3 号转辙机跟着动作, 1 号转辙机的输出力最大, 2 号最小。由此可见, 测量仪器各个传感器工作状态正常, 如实的反映出了 3 台转辙机的工作情况。

## 4 总结

基于单芯电缆传输的多传感器网络的转辙机拉力测试仪由主机和  $n$  ( $1 \leq n \leq 12$ ) 个传感器模块两大部分组成。根据现场道岔转换系统配置的转辙机数量, 操作人员选择传感器的个数。各传感器和主机之间通过单芯电缆及若干只三通连接器连接在一起, 采用树形拓扑结构, 各个传感器以并联的方式挂载在单芯电缆上, 测试仪主机通过该单芯电缆既与各传感器交换数据又给各传感器供电。

其中, 传感器模块是将微控制器、信号调理等电路嵌入应变式力传感器中, 这样就可以做到从外特性上看所有传感器对主机对称, 解决目前转辙机测试仪主机与传感器必须一一对应使用不能互换的问题。并且在国内首创把单芯电缆传输应用到铁路信号转辙机测试领域中, 采用单芯同轴电缆的优点是通过它既可完成传感器向主机传输数据又可通过它主机向各传感器模块供电。此外, 还可以充分利用多种单芯同轴电缆连接器, 如三通连接器等。这样用户可以在现场根据测量需要以搭积木的组合方式快速构成多传感器测量系统。这极大地方便了铁路现场工作人员, 使转辙机拉力测量变得简便而灵活。

### 参考文献:

[1] 宾任祥. 铁路运输安全管理概论 [M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2002.

[2] 王 安, 袁学飞, 彭志永. 基于 ARM 的便携式转辙机测试仪的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2006, 14 (9): 1269-1271.

[3] 周立功. ARM 嵌入式系统基础教程 (第 2 版) [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008.

[4] Jean J. Labrosse. 嵌入式实时操作系统 uC/OS-II [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003.