

桥(门)式起重机安全运行监控记录装置的研制*

尹献德¹ 高级工程师 雷庆秋² 刘爱国¹ 吴志宏³ 范豫¹ 王守为³

(1 河南省特种设备安全检测研究院, 郑州 450004 2 郑州铁路局特种设备检测所, 郑州 450004

3 郑州市三力实业有限公司, 郑州 450008)

学科分类与代码: 6203030(安全设备工程)

中图分类号: X924.3

文献标志码: A

【摘要】 针对桥式、门式起重机结构、运行和事故特点,应用微电子技术、集成电路和软件技术,研究开发由拱度监测、起重量监测、起升钢丝绳偏角监测、起升高度监测、制动器性能监测以及大车行走同步监测等6个模块组成的安全运行监控记录装置,对桥式、门式起重机运行中可能产生的安全隐患进行实时监测,并实现这些参数的实时显示、危险报警和紧急控制,对该装置的信号采集、传送、处理以及各功能模块之间的接口对接进行较详细的阐述。实例应用表明,该装置选择的6个监控参数能实现预期的安全保护功能和监控目的。

【关键词】 桥(门)式起重机; 运行记录; 监控装置; 报警

Research and Development of Overhead and Gantry Crane's Safety Monitoring Device

YIN Xian-de¹, Senior Engineer LEI Qing-qi² LIU Ai-guo¹ WU Zhi-hong³
FAN Yu¹ WANG Shou-wei³

(1 Henan Institute of Special-equipment Safety Inspection & Testing, Zhengzhou 450004, China

2 Zhengzhou Railway Bureau Special-equipment Safety Inspection & Testing Institute, Zhengzhou 450004, China

3 Zhengzhou City Sanli Industry Co., LTD, Zhengzhou 450008, China)

Abstract: According to the structure characteristic, service condition and accidents of overhead and gantry crane, a safety monitoring device is developed by using microelectronic technology, integrated circuit and software technology, which is composed of camber monitoring, lifting capacity monitoring, slip angle of hoist rope monitoring, lifting height monitoring, braking performance monitoring and cart moving synchronization monitoring. Some potential safety hazard which occurs during the working procedure of overhead and gantry crane can be monitored, displayed, alarmed and controlled in real time. Signal acquisition, sending, processing and interface between all function module are mainly discussed. One sample crane equipped with the device shows that it realized the expected function and can be used to monitor the status of crane.

Key words: overhead and gantry crane; monitoring record; device; alarming system

0 引言

近年来,桥式、门式起重机数量不断增加,而事故时有发生。其主要原因通常是操作者违反操作规

程^[1],对诸如机械结构的剧烈碰撞、歪拉斜吊和超限吊重等野蛮作业缺乏有效的监控手段^[2],未按规定进行例行检查和维修保养等。尤其是有效监控手段的缺乏,不仅不能及时预警、风险提示乃至紧急制

* 文章编号:1003-3033(2010)04-0059-05; 收稿日期:2010-01-23; 修稿日期:2010-03-31

动而导致事故发生,同时还因为缺少起重机运行记录数据,造成事故技术原因分析困难。

所以,为了能实时有效地监控特种设备的运行状况,需要一种装置不但能诊断故障,预测潜在的隐患,以便采取预防措施,在故障发生时能作出实时有效的响应^[3],而且还能把安全运行记录数据存储起来,便于事故追踪。基于此考虑,研究开发了可检测显示超载、超高、主梁挠度超限、制动器性能异常、歪拉斜吊和大车运行机构不同步等异常部位和相关信息,同时记录该信息并语音报警,提示操纵人员及时处置异常信息,对于起重机超载、超高、主梁挠度超限、歪拉斜吊和大车运行机构不同步等严重隐患能够准确切断相应控制回路的安全运行记录装置。当起重机在运行过程中出现异常或违章情况时,该装置能发挥作用,防止事故发生,确保起重机安全可靠运行。

1 安全运行监控记录装置的组成及工作原理

该安全运行监控记录装置采用了 ARM7 嵌入式微控制器开发术,包括数据的采集、数据的处理、工况的显示和故障报警、停机保护处理等 5 部分:

1) 数据的采集由传感器和数据采集卡组成,数据采集的多少取决于对监控参数的选择,例如:文献[4-5]论述的记录仪仅仅是一个起重量参数;文献[6-7]则根据工程起重机的结构特点进行了多参数融合的数据采集及处理技术,而该装置主要针对桥(门)式起重机,所以选择了起重量、主梁拱度、制动性能、起升钢丝绳偏角、起升高度和大车行走同步性能等 6 种影响起重机安全运行的参数。

2) 数据的处理,文献[8]提出的原理是建立在笔记本或者台式机基础上,考虑到占用空间和集成度等要求该装置采用了 PLC 和单片机控制。

3) 工况的显示和故障报警采取液晶屏和声光报警装置。

4) 停机保护处理采用违章或超限时切断相应控制回路的方法。

5) 数据的转存可以采取无线网络等上传到远程服务器^[9-10],考虑到成本和使用价值,该装置采取 USB 接口的外存设备,其原理如图 1 所示。

图 1 中的起重量监测、制动性能监测、大车行走同步监测和起升高度监测等模块在相关文献[4-10]中均有详细的论述,不再赘述,下边仅对歪拉斜吊监测模块、挠度监测模块以及数据处理单元作简单的介绍。

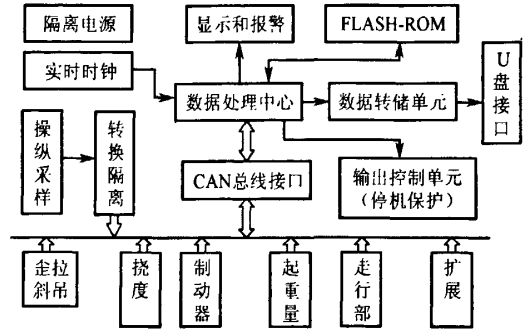


图 1 原理框图

1.1 歪拉斜吊模块

硬件电路主要由斜倾传感器、MCS-51 通用单片机、总线收发器组成。工作原理如图 2 所示。斜倾传感器采用高分辨率、低噪声、稳定性好、抗冲击能力强、不受灰尘、油污、光强等恶劣环境影响的倾角传感器芯片,将歪拉斜吊模块固定在起升钢丝绳上,在吊钩吊重物发生倾斜时的倾角大于预设值时,产生歪拉斜吊信号,经数字滤波、时间延时、软件判断后歪拉斜吊控制继电器断开相应的控制回路,发出语音报警并切断相应回路电路,同时数据中心记录此时起重机的各种状态,例如:时间、大小车主钩副钩的状态、起重量、拱度值、发生斜吊的角度等信息,为后期数据分析提供依据。

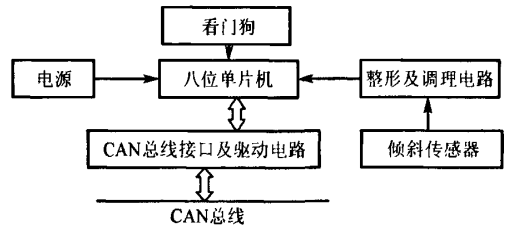


图 2 歪拉斜吊控制模块工作原理

1.2 挠度检测模块

硬件电路主要由激光测距传感器、MCS-51 通用单片机、总线收发器组成。采用了高精度工业级激光测距传感器,重复定位精度高,系统上电时首先进行一次主梁挠度是否符合要求的判断,如不符合要求,发出语音报警,同时数据中心记录下此时起重机的状态,在起重机使用过程中只要起重机主梁挠度超过设定的标准值就语音报警并记录数据。

1.3 数据处理单元

数据处理单元的硬件电路主要由 ARM7 嵌入式微控制器,USB Philips 的 PDIUSB12,39V1601 多

功能存储器、MT45W4MW16 存储器、ISD4004 语音芯片组成。39V1601 多功能存储器作为程序存储器,MT45W4MW16 作为数据存储器,采用了实时操作系统。实时操作系统是事件驱动,能对来自外界的作用和信号在限定的时间范围内作出响应。它强调了实时性、可靠性和灵活性,与实时应用软件结合成本装置的核心来管理和协调各项工作,为应用软件提供良好的运行环境,确保能实时检测起重机的状态。实时操作系统是一段在嵌入式系统启动后首先执行的背景程序。应用程序是运行于 RTOS 之上的各任务,RTOS 根据各个任务的要求,为每个任务分配一个优先级,保证重要事件实时优先处理。

1.3.1 LPC2292 微处理器

LPC2292 微处理器是控制系统的核心,该处理器内部集成了 2 个 CAN 控制器,其主要特性:支持实时仿真和跟踪的 16/32 位 ARM7TDMI - STM CPU;对代码规模有严格控制的应用可使用 16 位 Thumb 模式,将代码规模降低超过 30%,性能的损失却很小;LPC2292 具有 144 引脚封装,极低的功耗、多个 32 位定时器、8 路 10 位 A/D 转换器、2 路 CAN, PWM 通道以及多达 9 个外部中断。LPC2292 不但具有主控制器的作用,同时还作为 CAN 的节点控制器,与网络中的其他节点实现数据传输与交换。

1.3.2 CAN 接口电路

CAN 总线是一种多主站局部网络,支持分布式控制系统或实时控制系统的通信功能,具有检错功能强,抗干扰,传输速率高等优点,广泛应用于工业控制领域^[11]。CAN 接口电路是整个电路进行 CAN 通信的关键,由 ARM 微控制器 LPC2292, CAN 总线收发器 TJA1050T, 高速光耦 6N137 和电源隔离模块 B0505S 等组成。LPC229 内部集成的两路 CAN 控制器,符合 CAN 规范 CAN2.0B, ISO11898 - 1 标准。总线数据波特率均可达 1 Mb/s,可访问 32 位的寄存器和 RAM。收发器 TJA1051T 是 CAN 协议控制器和物理总线之间的接口,与 ISO11898 标准完全兼容,CANH 和 CANL 理想配合,可使电磁辐射减到更低。LPC2292 的 CANH 和 CANL 分别通过高速光耦 6N137 与 TJA1050T 的 RXD 和 TXD 相连。光耦电路所采用的两个电源必须完全隔离,电源的完全隔离采用小功率电源隔离模块 B0505S,电路虽较复杂,但提高了节点的稳定性和安全性。设计选用 $\mu\text{C}/\text{OS} - \text{II}$ 嵌入式实时操作系统来实现 CAN 通信,在 LPC2292 上移植成功后,可作为内核来编写监控系统的控制软件。

1.3.3 运行 $\mu\text{C}/\text{OS} - \text{II}$ 操作系统

该装置中的 CAN 实现主要通过建立两个任务来实现,即 CAN 发送任务和 CAN 采集任务。在主函数 main 中先利用 OSInit() 初始化 $\mu\text{C}/\text{OS} - \text{II}$ 操作系统,建立一个信号量并把信号计数器清零,然后利用 OSTaskCreate() 创建第一个任务 Tasksend(), 再通过 OSStart() 启动操作系统的多任务调度机制,开始运行系统的主要应用程序。主函数代码如下:

```
int main(void)
{ OSInit(); /*  $\mu\text{C}/\text{OS} - \text{II}$  操作系统初始化 */
  OSTaskCreate ( Tasksend, ( void * ) 0,
    &TaskStartStk[ TASK_STK_SIZE - 1 ], 0); /* 创建任务 */
  OSStart(); /* 启动  $\mu\text{C}/\text{OS} - \text{II}$  操作系统 */
  return 0;
}
```

1.3.4 数据的收发

接收数据可采用查询方式或中断方式。为了提高效率,数据接收采用中断方式。两个任务中,设置任务 Tasksend() 的优先级最高,任务 Taskrev() 的优先级次高。任务 Tasksend() 主要负责初始化 CAN, 初始化定时器 0, 初始化 VIC, 建立信号量用于任务 Taskadrev() 与中断通信并建立新的任务 Taskrev(), 并处理采集数据。任务 Taskadrev() 一直处于等待信号状态,一旦从中断得到信号,立刻采集数据,并通过邮箱将采集到数据指针发给任务 Tasksend()。

基于 $\mu\text{C}/\text{OS} - \text{II}$ 的 CAN 接收数据、发送数据任务流程如图 3、图 4 所示。

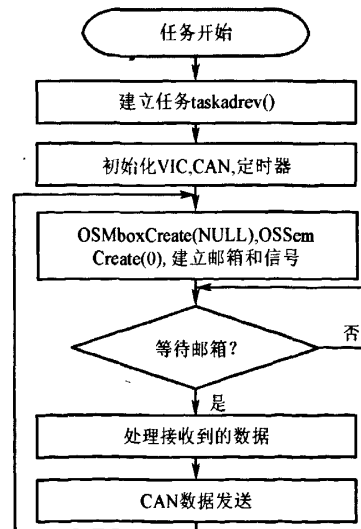


图3 任务 Tasksend() 流程

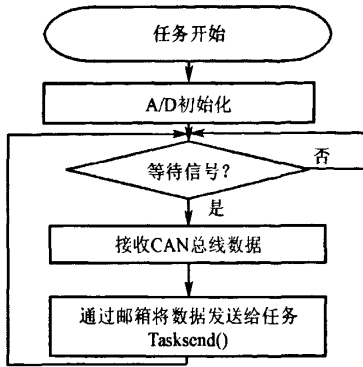


图4 Taskadrev() 流程

由于 CAN 通信的优良可靠性,将其作为数据传输方式通信的嵌入式系统。以 LPC2292 为开发平台,并且在成功地移植 $\mu\text{C}/\text{OS} - \text{II}$ 的基础上,研究 CAN 通信软件设计。试验结果说明该系统设计可行,并且满足了快速、准确、多信息量的要求。

2 桥式、门式起重机安全监控装置

起重机安全运行监控记录装置主要由起升高度与起重量单元、显示器、歪拉斜吊单元、制动器检测单元、挠度检测单元和采样单元等组成,其安装位置和功能分别是:

1) 起升高度单元:安装在卷筒支座部位,该装置能够实时检测并显示起重机吊钩高度。吊钩高度超过设定高度时,装置自动切断起升控制回路并报警。当起升高度检测单元检测到起重机的起升高度超标后,把数据传送给数据中心,切断起重机起升方向的动作,数据中心进行记录的同时语音报警、显示器显示该故障。

2) 起重量检测单元:安装在卷筒支座部位,该装置能够实时检测并显示起重机起升重量。当起升重量达到额定重量的 95% 时,语音提示起升重量接近额定载重;起升重量达到额定重量的 105% 时,装置自动切断起升控制回路并报警。当起重量检测单元检测到起重机的起重量超标后,把数据传送给数据中心,切断起重机起升方向的动作,数据中心进行记录的同时语音报警、显示器显示该故障。

3) 显示器:安装在司机室内,该装置能够实时显示起重机大车、小车、主起升、副起升和制动器状态,便于司机查看和实时了解各单元检测数据。

4) 歪拉斜吊单元:安装在卷筒下的钢丝绳上端,该装置能够实时检测并显示起重机吊钩歪拉斜吊的倾斜角度。当歪拉斜吊角度超限时,装置自动

切断相应方向控制回路和起升控制回路。当歪拉斜吊检测单元检测到吊钩倾斜角度超标后,把数据传送给数据中心,切断起重机相应方向的动作,数据中心进行记录的同时语音报警、显示器显示该故障。

5) 制动器检测单元:安装在制动器部位,该装置能够实时检测起升制动器制动性能。当制动器异常下滑时,装置可自动报警提示操纵人员进行修整。当制动器检测单元采样到制动距离超标后,把数据传送给数据中心,数据中心进行记录的同时语音报警、显示器显示该故障

6) 挠度检测单元:安装在主梁侧部,该装置能够实时检测显示起重机大梁挠度值,检测挠度值超限时,装置自动切断起升控制回路并报警提示操纵人员,确保起重机的安全。当挠度检测单元检测到主梁挠度值超标后,把数据传送给数据中心,切断起重机起升上升方向的动作,数据中心进行记录的同时语音报警、显示器显示该故障。

7) 采样单元:安装在大车运行机构上,该装置能够对大跨度门式起重机的行走部分同步性进行实时监测。当行走部分出现不同步时装置自动记录、报警并切断行走部分的控制回路,可避免重大事故的发生。

8) 数据转存:所有检测项目发生异常或超限时装置能自动保存事件发生的时间、部位等相关信息,存储的信息可方便地从主机显示屏上查出,且可以用 U 盘导出。

3 系统软件

采用适用于对安全性要求苛刻的 $\mu\text{C}/\text{OS} - \text{II}$ 嵌入式实时操作系统 RTOS,将应用分解成多个任务,简化了应用系统软件的设计,使控制系统的实时性得到保证,良好的多任务设计,使系统的稳定性与可靠性得到保证。应用层软件采用 C 语言编写。

在对一个具体的嵌入式应用系统进行任务划分时,可以有不同的任务划分方案。在选择最佳划分方案时,首先是满足“实时性”指标,即使在最坏的情况下,系统中所有对实时性有要求的功能都能正常实现。从每个任务需要实现的功能的繁简选择合理的任务数,合理划分任务,减少或简化任务之间的同步和通信要求,使系统更加合理完善。

4 实例

某厂安装的 32/5 t 桥式起重机,跨度 22.5 m、主

起升高度 16 m、副起升高度 18 m、主起升速度 7.5 m/min、副起升速度 19.5 m/min、主起升钢丝绳直径 21 mm、副起升钢丝绳直径 13 mm、主起升卷筒直径 650 mm、副起升卷筒直径 400 mm。在安装完成后,确认无误,接通电源进入参数设置界面把上述参数输入进去,把主起升升到最高进入参数设置界面校对主起升高度,把副起升升到最高进入参数设置界面校对副起升高度,起吊一个已知重量的重物,进入参数设置界面调整主起升倍率值使显示的重量值与实际值相等,把拱度的相关参数输入进去,设置时间,则初始参数设置完成。

该装置多次报出制动器异常,在吊小吨位重物时不报警,只是在吊大吨位重物时报警,经观察发现重物在停止时下滑超标,经分析是制动器闸皮磨损严重和制动器制动力矩调整不当,先调整制动器制动力矩,有所改善,但还是下滑,更换闸皮后故障消失。

5 结 论

笔者在广泛了解国内外有关起重机安全保护研

究的成果和基础上,对桥、门式起重机安全运行监控技术进行深入研究,在保留传统超载、超高等控制参数的基础上,重点研究主梁挠度、制动器性能、歪拉斜吊和大车行走等参数的采集、处理和监控,并采用 ARM7 嵌入式微控制器技术开发研制实时检测、显示异常信息以及发生故障时能够实现声光报警的安全运行记录装置,该装置具备如下特点:

- 1) 体积小、重量轻、功耗低、安装简便。
- 2) 采用嵌入式微控制技术,具有系统自查和自诊断功能。
- 3) 检测模块根据需要可多可少,各功能模块之间采用 CAN 总线连接,通信可靠。
- 4) 输入信号全部采用光电隔离,抗干扰能力强,适合强磁场环境下使用。
- 5) 操作简单,数据查询方便。

参 考 文 献

- [1] 薛艳敏,李琳,曾庆喜.从“人”与“机”关系看机械企业事故的预防[J].中国安全科学学报,2007,17(10):56-61.
- [2] 徐谦,张洁,文璧.桥式、门式起重机智能监控系统设计[J].中国测试,2009,35(5):122-124.
- [3] 张广明,涂善东,巩建鸣.特种机电设备远程监控若干关键技术研究[J].中国安全科学学报,2006,16(6):135-140.
- [4] 林秀浩.基于嵌入式的桥式起重机安全监控仪的研制[J].科技资讯,2009(3):44.
- [5] 刘教瑜,周北明.新型多功能起重机监控记录仪的设计[J].起重运输机械,2007(8):19-22.
- [6] 朱钰等,许顺隆,刘少辉,等.液压起重机安全监控系统的开发[J].武汉理工大学学报(交通科学与工程版),2008,32(4):638-640.
- [7] 曾杨,郑庆华.工程机械智能监控系统与关键技术研究[J].建设机械技术与管理,2010,23(1):116-119.
- [8] 徐晓航,曹丽霞.虚拟仪器技术在特种设备安全检测领域中的应用研究[J].中国安全科学学报,2004,14(1):25-27.
- [9] 桑海泉,康荣学,魏利军.基于无线局域网(WLAN)的油田安全监控系统研究[J].中国安全科学学报,2009,19(7):102-109.
- [10] 强宝民,李洪光.基于无线传输的桥式起重机安全监测系统研究[J].自动化与仪器仪表,2008(5):41-43.
- [11] 武小红,成立,秦云.基于CAN总线的分布式安全报警系统[J].中国安全科学学报,2005,15(1):79-81.

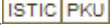


尹献德 (1971-),男,高级工程师,硕士。1993年本科毕业于哈尔滨建筑工程学院起重运输与工程机械专业,2000年获郑州工业大学岩土工程专业硕士学位。现就职于河南省特种设备安全检测研究院,从事特种设备安全检验技术研究工作,主要研究方向为特种设备安全、地理信息系统与科技资源管理等。E-mail:sky20090326@yeah.net.

桥(门)式起重机安全运行监控记录装置的研制

作者: [尹献德](#), [雷庆秋](#), [刘爱国](#), [吴志宏](#), [范豫](#), [王守为](#), [YIN Xian-de](#), [LEI Qing-qiu](#),
[LIU Ai-guo](#), [WU Zhi-hong](#), [FAN Yu](#), [WANG Shou-wei](#)

作者单位: [尹献德, 刘爱国, 范豫, YIN Xian-de, LIU Ai-guo, FAN Yu\(河南省特种设备安全检测研究院, 郑州, 450004\)](#), [雷庆秋, LEI Qing-qiu\(郑州铁路局特种设备检测所, 郑州, 450004\)](#), [吴志宏, 王守为, WU Zhi-hong, WANG Shou-wei\(郑州市三力实业有限公司, 郑州, 450008\)](#)

刊名: [中国安全科学学报](#) 

英文刊名: [CHINA SAFETY SCIENCE JOURNAL](#)

年, 卷(期): 2010, 20(4)

参考文献(11条)

1. [薛艳敏, 李琳, 曾庆喜](#) 从“人”与“机”关系看机械企业事故的预防 2007(10)
2. [徐谦, 张洁, 文璧](#) 桥式、门式起重机智能监控系统设计 2009(5)
3. [张广明, 涂善东, 巩建鸣](#) 特种机电设备远程监控若干关键技术研究 2006(6)
4. [林秀浩](#) 基于嵌入式的桥式起重机安全监控仪的研制 2009(3)
5. [刘教瑜, 周北明](#) 新型多功能起重机监控记录仪的设计 2007(8)
6. [朱钰, 许顺隆, 刘少辉, 莫善锋, 胡甫才](#) 液压起重机安全监控系统的开发 2008(4)
7. [曾杨, 郑庆华](#) 工程机械智能监控系统与关键技术研究 2010(1)
8. [徐晓航, 曹丽霞](#) 虚拟仪器技术在特种设备安全检测领域中的应用研究 2004(1)
9. [桑海泉, 康荣学, 魏利军](#) 基于无线局域网(WLAN)的油田安全监控系统研究 2009(7)
10. [强宝民, 李洪光](#) 基于无线传输的桥式起重机安全监测系统研究 2008(5)
11. [武小红, 成立, 秦云](#) 基于CAN总线的分布式安全报警系统 2005(1)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zgaqkxxb201004010.aspx