



文章编号:1671-251X(2013)08-0088-05

DOI:

高旭彬. 连续运输系统串行通信网络性能研究[J]. 工矿自动化, 2013, 39(8): 88-92.

连续运输系统串行通信网络性能研究

高旭彬^{1,2}

(1. 中煤科工集团太原研究院, 山西 太原 030006; 2. 山西天地煤机装备有限公司, 山西 太原 030006)

摘要:介绍了原有的连续运输系统串行通信网络结构及主站通信流程,指出原有通信网络中存在总线通信效率低、从站的通信故障可能导致整个网络瘫痪的问题,提出了一种改进的连续运输系统串行通信网络。改进的通信网络将原有通信网络分成2个并行的通信网络,通过减少通信访问量、提高波特率、改变通信差错控制方式等方法,有效解决了各种通信矛盾。实际应用表明,改进的通信网络运行可靠、响应及时,提升了连续运输系统的可靠性。

关键词:连续运输系统; 串行通信网络; ModBus 协议; 通信接口

中图分类号:TD632.1

文献标志码:A

网络出版时间:

网络出版地址:

Research of performance of serial communication network of
continuous conveying system

GAO Xu-bin^{1,2}

(1. Taiyuan Institute of CCTEG, Taiyuan 030006, China;

2. Shanxi Tiandi Coal Mining Machinery Co., Ltd., Taiyuan 030006, China)

Abstract: The paper introduced structure and communication flow of main station of original serial communication network of continuous conveying system, indicated that problems of low bus communication efficiency and communication fault of slave station in the original communication network would lead to network paralysis, and proposed an improved serial communication network of continuous conveying system. The improved communication network divides the original communication network into two parallel communication networks, and uses methods of reducing communication access amount, improving baud rate and changing communication error control mode to solve various communication contradictions. The actual application shows that the improved communication network has reliable running and timely response, and promotes reliability of continuous conveying system.

Key words: continuous conveying system; serial communication network; ModBus protocol; communication interface

0 引言

连续运输系统是短壁机械化开采的关键系统之

一,具有行走、破碎、运输功能,与连续采煤机配套使用,可实现煤炭落、装、运的机械化、连续化。连续运输系统主要由1台行走式给料破碎机(1号车)、4台

收稿日期:2013-05-17。

基金项目:山西省科技重大专项(20111101026)。

作者简介:高旭彬(1979—),男,山东潍坊人,工程师,主要从事煤矿电气自动化产品的开发与设计工作,E-mail:wfgxb@sina.com。

自移式转载机(2—5 号车)、5 台跨骑式转载机共 10 个单元组成,总长接近 100 m^[1-2]。其电控系统包含 5 台电控设备,分布于 1—5 号车上。每台电控设备要完成所在自移式转载机和相邻跨骑式转载机的状态检测和控制任务,并在此基础上组成通信网络,实现各控制单元的信息共享,使任一台车的驾驶人员都能了解整个连续运输系统的实时状态,保证各单元协调一致工作。另外,根据连续采煤工艺要求,连续运输系统内部还应施加闭锁控制,尤其是各转载机的顺序控制^[3-4]。正常状态下应遵循逆煤流启动顺煤流停车的闭锁原则;当启、停、运行过程中出现某台转载机故障停车时,启动闭锁保护,保证进煤方向的转载机停车,出煤方向的转载机继续运煤。

连续运输系统内部各种数据的传输、闭锁控制的实现都依赖于串行通信网络,因此,可靠的通信网络是连续运输系统高效、稳定运行的基础。

1 串行通信网络实现

连续运输系统采用 S7-200 PLC 组成了基于 ModBus RTU 协议的串行通信网络,其基本结构如图 1 所示。

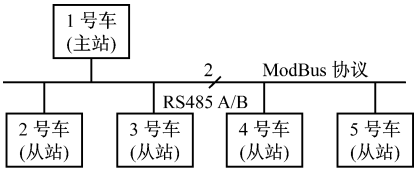


图 1 串行通信网络结构

串行通信网络采用主从应答式通信方式。由 1 号车协调指挥连续运输系统各单元,实时对各从站进行读/写操作,其完整的通信流程如图 2 所示。各从站控制对象为油泵、跨骑转载、自移转载 3 个回路。读操作的目的是获取这 3 个回路的状态(运行信息、故障信息)及启停请求信号。写操作主要是发送从站闭锁控制信号和整机状态信息。当某从站通信无响应时,1 号车可根据指令错误代码及时定位故障点,提示检修。

2 串行通信网络存在的问题

2.1 总线通信效率低

ModBus RTU 协议使用空闲间隔 T (T 不小于 3.5 B 传输时间)来区分报文。在这段时间内,总线上不允许任何通信操作,否则会导致报文错误。正是这段空闲间隔影响了网络的通信效率:

(1) 空闲间隔在报文中占据较高比例,不容忽

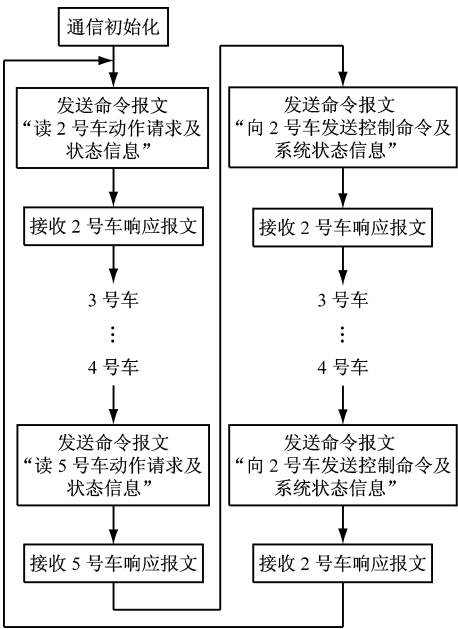


图 2 主站通信流程

略。由于连续运输系统中包含多个从站,为了减小从站访问周期,保证通信实时性,需尽量压缩通信报文长度。连续运输系统中通信数据主要为状态量、控制信号、故障信号等,通过定义均以标志位的形式表达,实际只需占用 4 B,附加 ModBus RTU 协议要求的地址码、功能码等信息后,实际报文字节数见表 1。

表 1 实际报文字节数

通信行为	报文	报文空闲 间隔/B	通信行为	报文	报文空闲 间隔/B
读从站	主站查询	3.5	写从站	主站查询	3.5
	从站响应			从站响应	
数据	从站响应	3.5	数据	从站响应	3.5
	报文			报文	

(2) 空闲间隔实际占用时间长。由图 2 可知,PLC 在 1 个扫描周期内需要访问 8 次从站,共计 16 条报文。这就意味着,每个循环过程中都有超过 56 B 的空闲间隔。当通信波特率为 9 600 bit/s 时,空闲时间累计约为 65 ms。这对于实时通信系统来说是极大的浪费,而且这还仅仅是理论计算值,附加各种延时后,实际占用时间还要长。

总线通信效率低的问题很难依靠现有网络或控制器(PLC)得到有效解决:① 这种以空闲间隔辨识报文的方式是 ModBus RTU 协议的硬性规定,不可能改变。② 为了保证连续运输系统完成必要的数据交换任务,图 2 中的通信过程已经无法删减。主从应答式通信也要求每个通信过程都由一问一答

2 条报文组成,设计人员无法通过减少报文数量达到减少空闲间隔的目的。那么,能够提高通信效率的唯一方法是提高通信波特率。如果波特率提升到 115 200 bit/s,空闲间隔实际占用时间将大大减少。但实际情况是,PLC 作为集中控制单元,承担着系统数据采集、处理、逻辑判断等任务,尤其对于 1 号车的 PLC,提升波特率使其频繁响应通信任务,加重其负担,降低了可靠性。

2.2 从站的通信故障可能导致整个网络瘫痪

针对 ModBus RTU 协议,S7-200 PLC 提供了如图 3 所示的主站库指令。1 号车采用了基于该指令的位驱动机制循环访问从站,即每次访问都依靠上一通信过程完成位(图 3(b)中的 o)来驱动。访问从 2 号车开始到 5 号车结束,然后循环执行,该通信循环由初始化与控制指令的完成位 f 来启动。这种标志位顺序驱动的方式能够准确判断当前通信过程是否结束,避免报文冲突,且实时性更好。

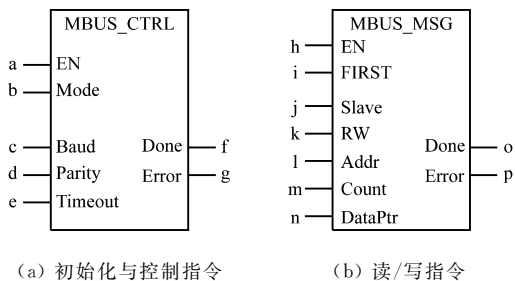


图 3 主站库指令

完成位能否及时、可靠置位,将影响串行通信网络的性能。读/写指令完成位的置位规则如下:

- (1) 主站发出查询报文后,立即接收到从站响应报文,置位。
- (2) 超过控制指令中设置的超时条件 timeout 未收到从站响应报文,发送第 2 次主站查询报文:
 - ① 立即接收到从站响应报文,置位;
 - ② 超过 timeout 未收到从站响应报文,发送第 3 次主站查询报文:立即接收到从站响应报文,置位;超过 timeout 未收到从站响应报文,置位。

可见,PLC 中的 ModBus 通信差错控制采用了自动重发方式,当某从站出现故障通信中断时,主站会以 timeout 为周期连续发送 3 次查询报文,以等待从站响应。也就是说主站每次巡检到故障从站时,都要等待 3 倍 timeout 时长才能继续访问下一从站,这必然导致所有通信数据都失去了实时性。尤其是控制指令,反应到电控设备的输出控制非常迟滞,直接影响到整个系统的操作。如果故障从站数量增加,网络延时会更长,系统会完全瘫痪。另

外,这种差错控制方式也很难将故障从站及时从通信循环中退出,而且一旦退出,故障解除后,从站又很难自动恢复与主站的通信。

3 改进方案

3.1 改进目标及方案

针对目前连续运输系统串行通信网络存在的问题,提出理想化的改进目标:现存问题的解决不依赖于 PLC;减少空闲间隔数量或实际占用时间;从站失去通信连接时,不影响其他设备的实时通信。基于上述目标,为 1 号车 PLC 设计一个通信接口模块,由其来协调各种通信矛盾,如图 4 所示。

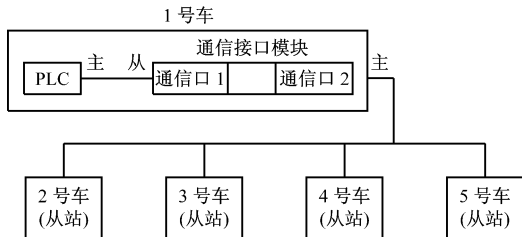


图 4 改进后的串行通信网络结构

与原有的串行通信网络相比,改进后的串行通信网络由通信接口模块分成 2 个并行的主从通信网络;1 号车 PLC 只需访问 1 个从站(通信口 1)即可完成所有数据的收发;通信口 2 承担原 1 号车的角色,循环访问各从站,2—5 号车从站软件程序无需作任何改动。

在通信接口模块内部建立各车状态、逻辑闭锁等映像寄存器,通信口 1、2 通过这些寄存器进行数据共享,如图 5 所示。

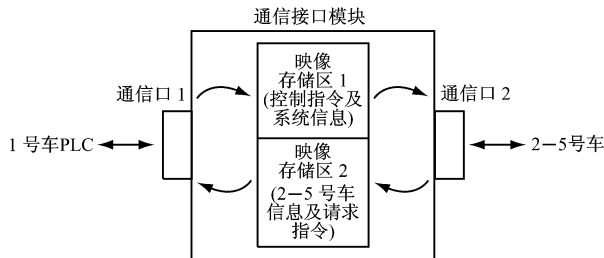


图 5 通信接口模块工作流程

3.2 提高通信效率的方法

(1) 1 号车的 PLC 只需访问 1 个从站即可完成全部数据交换任务,通信报文数量仅为原来的 1/4。在通信波特率不变的情况下,空闲间隔时长也大大减少。

(2) 通信接口模块主要负责通信和数据整理任务,不进行任何检测、逻辑判断,因此,通信接口 2 可采用较高波特率巡检从站,以减少空闲间隔的实际

占用时长。基于可靠性考虑,实际通信波特率提升到 38.4 kbit/s,则空闲间隔累计时长减少为原网络的 1/4。

(3) 由于 2 个通信网络并行工作,2 端的空闲间隔时间不会累加,而且数据更新周期要小于各自通信循环周期,数据实时性更高。

3.3 防止从站故障导致网络瘫痪的处理方法

(1) 通信口 2 巡检各从站,仍然采用标志位顺序驱动方式。

(2) 从站无响应报文时,主站依靠超时条件置完成标志位。设计人员可在单片机程序中精确控制超时定时,根据响应报文长度合理控制定时,以免影响巡检速度。

(3) 从站响应超时,主站不重发查询报文,继续访问下一从站。

(4) 通信口 2 为各从站设置故障计数器。连续 3 次无响应,则判定该从站失去连接,从站的映像寄存器清零,置故障标志位,实现了原通信网络中通信故障定位功能^[5]。

(5) 故障从站仍保留在通信循环中,故障解除后,通信网络自动恢复其通信。

(6) 当所有从站通信均无响应,便置 1 号车(通信口 2)故障标志位,提示检修。同时将所有从站的映像寄存器清零,防止 1 号车的 PLC 读取过期数据产生误判。

3.4 通信接口模块设计

改进的串行通信网络硬件电路以 MSP430F149 控制器为核心,在该控制器基础上辅以电源变换、通信接口等电路便可实现全部功能。通信接口模块硬件电路如图 6 所示。

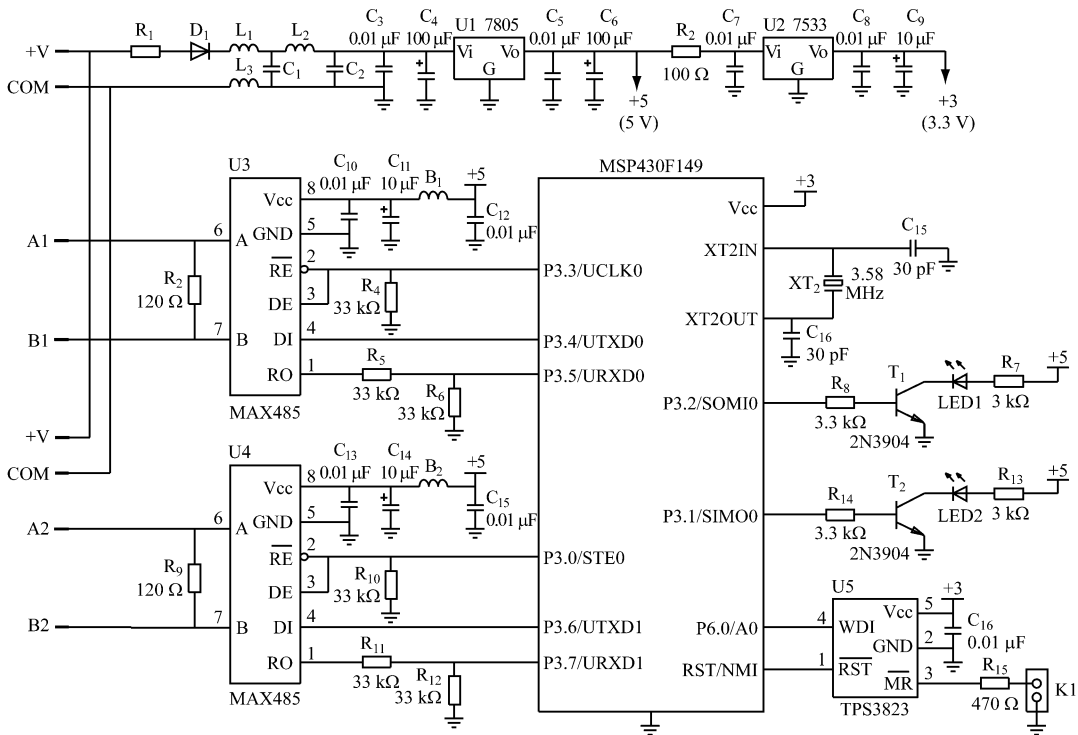


图 6 通信接口模块硬件电路

通信接口模块软件采用模块化编程,为了提高程序执行效率,全部采用汇编语言编写。该软件主要包括各项初始设置、2 个通信口的通信和数据处理任务,2 个通信口硬件上相互独立,收发操作可并行工作,以中断方式提示控制器处理,主程序流程如图 7 所示。通信口 1 作为 1 号车的 PLC 从站,主程序开中断的同时即启动通信口 1 进入等待响应状态,其通信流程如图 8 所示。通信口 2 作为主站,承担巡检从站任务,其通信流程如图 2 所示。主要子

程序包括 ModBus 通信子程序、空闲间隔定时子程序、超时定时子程序、从站数据缓冲及打包子程序、更新寄存器子程序等。

4 结语

提出了一种改进的连续运输系统串行通信网络,通过设计一个通信接口设备,将原有通信网络分解为 2 个并行通信网络,以减少通信任务量、提高通信波特率、自定义通信差错控制方式等手段,解决了

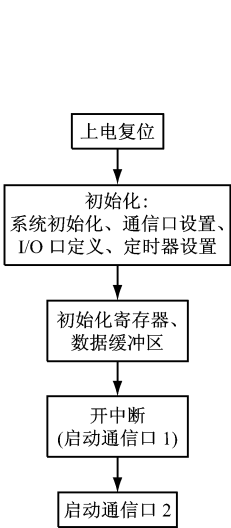


图 7 主程序流程
各种通信矛盾。

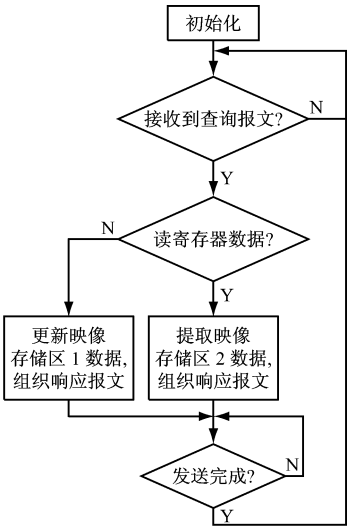


图 8 通信口 1 的通信流程

改进的通信网络在保证原通信网络各种控制、通信故障定位、自动恢复通信连接等功能的基础上，有效解决了通信效率低、通信网络存在瘫痪风险的

问题，改善了通信网络的性能、效率，并且对原通信网络的改造量非常小。改进通信网络在 LY 系列履带刮板式连续运输系统上的实际应用结果表明，设备动作响应及时，通信网络运行可靠，维护方便，极大提升了连续运输系统整机的可靠性，取得了预期效果。

参考文献：

- [1] 马丽. 国产连续运输系统现状[J]. 中国煤炭, 2007, 33(6): 48-49.
- [2] 王鸿雁. 连续运输系统在国内短壁机械化开采中的应用[J]. 煤炭科学技术, 2004, 32(4): 40-41, 54.
- [3] 金江. 连续运输系统电控设备的信息系统[C]//第 13 届全国煤矿自动化学术年会、中国煤炭学会自动化专业委员会学术会议, 海拉尔, 2003.
- [4] 崔东亮. 煤矿井下连续运输系统可靠性分析及计算机仿真研究[D]. 太原: 太原理工大学, 2006.
- [5] 魏永胜. 连续运输系统电控设备的故障诊断功能[J]. 煤矿现代化, 2004(4): 36-37.