



文章编号:1671-251X(2013)02-0083-04

赵小兵,周雪峰.煤矿安全监控系统中 RS485 总线的抗干扰设计[J].工矿自动化,2013,39(2):83-86.

煤矿安全监控系统中 RS485 总线的抗干扰设计

赵小兵, 周雪峰

(中煤科工集团常州自动化研究院, 江苏 常州 213015)

摘要:针对煤矿井下复杂的电磁环境会使 RS485 总线性能下降而影响煤矿安全监控系统数据传输的问题,指出应从故障保险电路、电气隔离、抗浪涌过电压的接口保护、通信软件编程等方面对 RS485 总线进行抗干扰设计,并给出了这几个方面的抗干扰设计实现。实际应用表明,该抗干扰设计可确保煤矿安全监控系统数据传输的稳定运行。

关键词:煤矿安全监控; RS485 总线; 抗干扰设计; 故障保险; 电气隔离; 接口保护

中图分类号:TD76 文献标志码:A 网络出版时间:

网络出版地址:

Anti-interference design of RS485 bus in coal mine safety
monitoring and control system

ZHAO Xiao-bing, ZHOU Xue-feng

(Changzhou Automation Research Institute of CCTEG., Changzhou 213015, China)

Abstract:In view of problem that performance of RS485 bus will be decreased by underground complex electromagnetic environment, so as to influence data transmission of coal mine safety monitoring and control system, the paper indicated that it should make anti-interference design of RS485 bus through aspects of fault insurance circuit, electrical isolation, interface protection of anti-surge over-voltage and communication software programming, and gave implementation of the anti-interference design. The actual application showed that the anti-interference design can ensure stable running of data transmission of coal mine safety monitoring and control system.

Key words: coal mine safety monitoring and control; RS485 bus; anti-interference design; fault insurance; electrical isolation; interface protection

0 引言

RS485 是 TIA/EIA(电信/电子工业联盟)早期批准的一个串行平衡传输标准。RS485 总线通信方式使用 1 对双绞线实现多点双向通信,具有硬件设计简单、成本低廉等优点,同时 RS485 只定义了用于平衡多点传输线的驱动器和接收器的电特性,而更高层标准都将其作为物理层引用,用户可以根据

自身要求建立高层通信协议,因而被广泛用于工业控制系统。在煤矿井下,RS485 网络提供了现场数据通信基础,承载着各种监控系统长距离、多节点、高效率的数据通信。由于煤矿井下复杂的电磁环境,尤其是在长距离数据传输过程中,存在瞬态脉冲、浪涌和地电位扰动等各种干扰,会使 RS485 总线性能下降而影响到整个煤矿安全监控系统的数据传输^[1]。因此,针对煤矿井下 RS485 总线的通信特

收稿日期:2012-11-07。

基金项目:国家“十一·五”科技支撑项目(2009BAK54B04)。

作者简介:赵小兵(1978—),男,江苏海门人,工程师,主要从事煤矿安全监控系统网络传输方面的工作,E-mail:zhaoxbcari@126.com。

点,应采取必要的抗干扰措施来保证 RS485 传输系统的高可靠性。

1 RS485 信号传输干扰

RS485 总线采用差分平衡电气接口,RS485 驱动器必须在 $54\ \Omega$ 的负载上提供最小 $1.5\ \text{V}$ 的差分输出,而 RS485 接收器则必须能检测到最小为 $200\ \text{mV}$ 的差分输入信号。这 2 个值为可靠数据传输提供了足够的裕度,即便信号经过线缆和连接器发生严重衰减时也能正常传输数据,而稳健性正是 RS485 总线适用于噪声环境的长距离联网的主要原因。但在煤矿井下,RS485 总线抗干扰性能并未达到期望的效果,问题出现在以下几个方面:

(1) 井下巷道分布复杂,节点数量较多,分布较远,无法按照总线型网络拓扑布线,而只能采用星形拓扑结构。星形拓扑结构会产生反射信号,影响 RS485 信号传输;中间接线点较多,接触电阻大,削弱了平衡线的抗干扰能力。

(2) 长传输路径中会遇到各种交流载体,如交流电力线、电动机、变压器等,电流变化大或大电流工作场合会产生电感性耦合噪声,电压变化大或高电压工作场合会产生电容性耦合噪声^[1]。通常,井下信号传输电缆与动力电缆平行地挂在一起,且敷设于巷道的同一侧,等效于一个紧耦合回路。强大的电磁脉冲将使传输信号叠加共模干扰,由于传输未采用双绞线,且线路阻抗不平衡,使共模干扰常常转化为不易消除的串模干扰,产生信号畸变,有时完全覆盖了有用信号,破坏安全监控系统的正常数据传输或降低系统及设备的抗干扰容限,而使系统经常发生故障。如果机房到井口采用架空线或沿电缆沟敷设 RS485 传输电缆,在雷雨季节常发生因雷电在传输线上引起瞬变干扰而损坏 RS485 收发器件的现象。

(3) 长距离传输信号时,由线路分布电容和分布电感组成的 LC 低通滤波器将损失信号;线路阻抗又不连续,传输线信号反射恶化;节点太多,纯阻性负载过重,影响远端设备通信。

针对上述问题,除了采用多通道的 RS485 总线通信方式和合理的节点分配解决现场系统传输负荷问题,还要对 RS485 总线进行下面几部分的抗干扰设计。

2 故障保险

故障保险是指 RS485 接收器可以在无输入信

号时保证一个确定的输出状态。由于 RS485 芯片的特性,RS485 接收器的检测灵敏度为 $\pm 200\ \text{mV}$,即差分输入端 $U_A - U_B \geq +200\ \text{mV}$ 时,输出逻辑为 1, $U_A - U_B \leq -200\ \text{mV}$ 时,输出逻辑为 0;而 A、B 端电位差的绝对值小于 $200\ \text{mV}$ 时,输出为不确定。如果在 RS485 总线上所有 RS485 发送器被禁止时,RS485 总线成高阻态,易受到外界干扰,使 RS485 接收器输出逻辑为 0,这会误认为是数据字节的起始位从而引起通信数据帧乱码现象。

现代 RS485 收发器设计中均为开路、短路和总线空闲状态下的故障保险设计了专门的偏置电路^[1]。当输入信号为 0 时,该电路会使 RS485 接收器的输出驱动至高电平。但 RS485 接收器 $200\ \text{mV}$ 的噪声裕度,如遇到 RS485 网络信号反射恶化或较强的线路干扰,接收器很容易误动作。因此,外部故障保险电路的设计很有必要。

外部故障保险电路如图 1 所示,在 RS485 总线的一端 A 点连上拉电阻 R_A ,B 点连下拉电阻 R_B ,阻值均为 $560\ \Omega$,则建立起一个故障保险电路。其中电阻分压器用于产生足够的差分总线电压,把 RS485 总线上没有数据时(空闲方式)的电平拉离零电平,将 RS485 接收器的输出驱动至一个确定的状态。为确保该电路具备足够的噪声裕度, U_{AB} 在 $200\ \text{mV}$ 输入阈值之外还必需能涵盖最大的差分噪声^[2]。现代 RS485 驱动器的输入电阻在 $96\ \text{k}\Omega$ 以上,此处不考虑 RS485 驱动器负载,根据 KCL 电流方程,按式(1)计算故障保险偏置电阻 R_A 和 R_B :

$$R_A = R_B = \frac{1}{2} R_T \left(\frac{U_{\text{bus}}}{U_{AB}} - 1 \right) \quad (1)$$

式中: $U_{AB} = 200\ \text{mV} + U_{\text{noise}}$, U_{noise} 为追加的噪声裕度,取 $50\ \text{mV}$;总线电压 U_{bus} 为 $5\ \text{V}$ 。当 $U_{AB} = 0.25\ \text{V}$ 且 $R_T = 120\ \Omega$ 时,故障保险偏置电阻 R_A 和 R_B 的计算结果为 $570\ \Omega$ 。

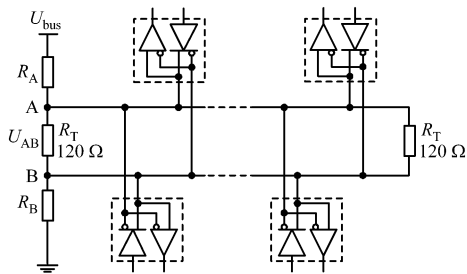


图 1 外部故障保险电路

现场经验表明,1 根 RS485 总线上只用 1 对偏置电阻,这种方法对 RS485 总线上存在大的反射信号或干扰信号比较有效。但偏置电阻的加入增加了

RS485 总线的负载。在低速率 RS485 网络中信号的高低电平持续时间远大于信号的上升时间,信号畸变不明显,信号高低电平切换产生的传输线反射信号对数据位的采样不受影响,因此,终端电阻 R_T 只在主机一端使用,以减轻 RS485 总线负载,这时上、下拉电阻值为式(1)计算结果的 2 倍,取值为 1.2 k Ω 。如果差分干扰信号不强,要求 RS485 总线上收发器数量较多、速率较低、距离较远时,上、下拉电阻可以取值为 2~3 k Ω 。

3 电气隔离

RS485 接口采用的是差分传输方式,差分放大器(RS485 接收器)将对 2 个输入端的差分电压做出响应,它的局部“地”不必与有效信号一起存在于同一回路中,因此,可用差分放大器将以某地点为参考点的信号转换为另一地点为参考点的信号^[3]。相对于任何节点的局部“地”,RS485 总线上的信号允许承担-7~+12 V 的电压。这些地电位差由各种情况引起,包括大地地电位变化或受负载影响的其他电路所共用的接地回路压降。这些情况有可能在接收到的数据中引入差错,甚至损坏 RS485 收发器及有关的系统电路^[4]。通过电气隔离则可扩大所允许的共模电压范围(差分信号线路相对于地的平均电压)。

多次重复的地和信号干扰可能源自对邻近的交流电源线耦合或者变频器等非线性负载设备也会将显著的频率谐波引入接地线和通信网络线,这些干扰可能在 RS485 网络中引起真实的数据差错。电气隔离可以减轻这个问题。

瞬态电压抑制二极管(TVS 管)常常用来吸收非常高的瞬态电压,同时用隔离提供附加的保护。没有隔离,单次电压浪涌可能损坏一个网络上的所有设备。

电气隔离是通过 DC-DC 将系统电源和 RS485 收发器的电源隔离、通过光耦将信号隔离,其电路如图 2 所示。如受印制板空间限制可使用包含信号和电源隔离的二次集成芯片,如 MAX1480、LTMR54852881 等。电源和信号的隔离可阻止电流在任何节点的 RS485 收发器参考地间流通,避免了地环路。RS485 接收器的隔离地电位跟随输入信号的共模,并被吸收到隔离势垒上,RS485 接收器不把这看作是一种共模变化,并继续可靠地检测差分数据^[4]。同时电气隔离也避免了隔离内侧自身电源系统的噪声对 RS485 信号传输的影响。另外,通信

电缆屏蔽层在主节点处连接到大地地电位,以分流耦合的噪声。

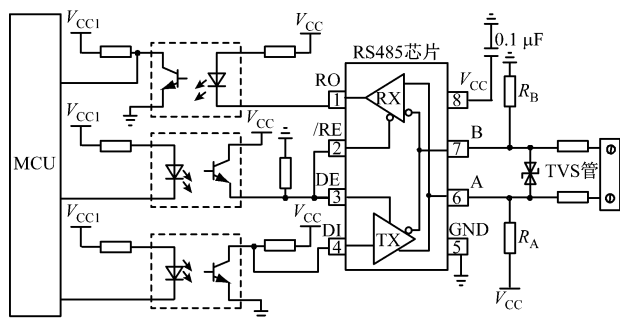
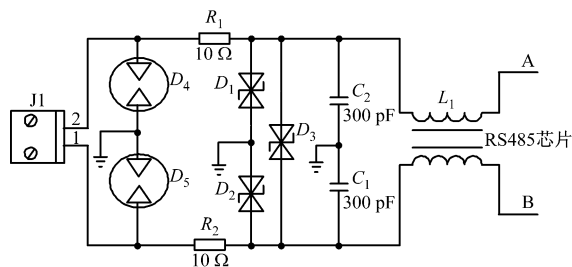


图 2 RS485 电气隔离电路

4 接口保护

通常,在煤矿井下无防雷要求的情况下采用的 RS485 保护方案包括 1 个双向 TVS 管和 2 个串联限流电阻(见图 2),为 RS485 提供静电和瞬间的高压差模防护,使过电压箝位在-7~+12 V 安全电压范围内。图 2 所示的保护方案不提供 A、B 线对地的共模浪涌电压的防护,且由于 TVS 管允许通过的 8/20 μ s 波的最大峰值通流容量为 100 A,冲击电流小,对于雷电等较高能量的浪涌电压(或浪涌电流)不具备防护能力,需要在 TVS 管前增加通流容量为 kA 级浪涌抑制器件,如陶瓷气体放电管或强效应玻璃放电管。假设有良好的接地(阻抗在 40 Ω 以下),可采用如图 3 所示的二级保护方案。



超过 D_3 的雪崩电压,击穿电流致使 PTC 升温而增大阻抗限制电流,避免 TVS 管受损。如果 R_1 、 R_2 采用 μs 级关断为高阻状态的 TBU 高速保护器,则过流保护效果更好。

RS485 接口保护电路在防雷击过压的基础上形成了对 RS485 总线的整体防护,并在信号地之间并联高压电容,信号线上串联共模扼流圈,可有效减小高频共模噪声。

5 软件编程

RS485 通信软件编程对产品或系统的可靠性影响很大。由于 RS485 总线是异步半双工的通信总线,适用于主机对分机的查询方式通信,需要制定一套合理的通信协议来协调总线的分时共用。一般采用数据帧通信方式。数据帧由引导码、地址码、命令码、长度码、内容、校验码等部分组成。当一帧数据发送或接收完毕,需要对数据进行校验,剔除错误的一帧数据。通常可以采用奇偶校验、和校验、CRC 校验的方式,前两者过于简单,有一定的偶然性,有时校验不出错误数据,CRC 校验计算稍复杂些,但可靠性优于前两者^[6]。因此,在煤矿井下 RS485 通信常采用 CRC 校验方式。

在 RS485 通信中,还要注意对 RS485 控制端 DE 的软件编程。为确保 RS485 总线可靠工作,在 RS485 总线状态切换时,需要做适当延时再进行数据的收发。具体的做法是在数据发送状态下,先将控制端置“1”,延时 2 ms 左右,再发送有效的数据;一包数据发送结束后再延时 2 ms,将控制端置“0”。这样的处理会使 RS485 总线在状态切换时有一个稳定的工作过程。

6 结语

从故障保险电路、电气隔离措施、抗浪涌过电压的接口保护、通信软件编程等方面介绍了 RS485 总线在煤矿井下的抗干扰设计。为保证 RS485 通信信号的可靠传输,通常这几个部分都不能少,且还得遵循先防护后滤波的接口电路设计原则,其正确的设计顺序为接口保护、电容和共模扼流圈滤波、故障保险电路(偏置电阻和终端电阻靠近 RS485 芯片 AB 引脚)和电气隔离。该抗干扰设计已在煤矿井下安全监控系统中应用,为数据主传输的稳定运行发挥了重要作用。

参考文献:

- [1] 邹哲强,庄捷,屈世甲.一种测量工业环境感应传导干扰的方法[J].工矿自动化,2012,38(6):28-32.
- [2] 托马斯. RS-485 工业接口设计应用指南[EB/OL]. (2008-11-03) [2012-07-29]. http://www.eet-china.com/ART_8800549239_640279_TA_364031ff.htm.
- [3] 斯潘塞. 电子电路设计基础[M]. 张为,译. 北京:电子工业出版社,2005.
- [4] MARVIN J, JADUS B. 实施隔离以进行通信[EB/OL]. (2010-03-25) [2012-07-29]. http://www.eet-china.com/ART_8800601714_480501_TA_4a3a0c6d.htm.
- [5] 张生滨. RS-485 通信总线防雷保护设计[J]. 信息技术,2001(3):28,30.
- [6] 林雪峰. RS-485 总线在煤矿安全监控系统应用中的可靠性设计[J]. 矿业安全与环保,2006,33(增刊1):29-31.