

基于总线技术的防电磁三防信号屏设计

马新宝, 刘飞, 李坚, 吴中坚, 谢薇薇

(工程兵科研三所, 洛阳 471023)

摘要: 针对地下工程三防信号屏电磁防护措施薄弱、线缆敷设困难、可靠性低等问题, 开展了信号屏总线通信技术研究, 研发了一种总线通信卡, 实现了三防信号屏由硬件控制方式向软件控制方式的转换; 将屏蔽膜应用于信号屏电磁防护设计中, 提出了一种显示屏“三明治”结构和整体封装工艺, 研制出样品; 最后, 在3种实验条件下进行了壳体整体屏蔽效能测试实验, 实验结果表明, 加上屏蔽膜后, 壳体的整体屏蔽效能显著提高, 单层屏蔽膜的屏蔽壳体达到了III级电磁防护指标, 双层屏蔽膜的屏蔽效果优于单层屏蔽膜。

关键词: 电磁屏蔽; 总线; 信号屏; 屏蔽膜

Three-protection Signal Screen Designed With Electromagnetic Protection Ability Based on Data Bus

Ma Xinbao, Liu Fei, Li Jian, Wu Zhongjian, Xie Weiwei

(Third Engineering Forces Scientific Research Institute, Luoyang 471000, China)

Abstract: Aiming at the problems of weak electromagnetic protection measures, laying of cable difficulty and low reliability existing in three-protection signal screen in underground engineering, the research of bus communication technology for signal screen is carried out, and a kind of bus communication card is developed to realize the conversion from hardware to software. The shielding film is applied to the design of the electromagnetic protection of the signal screen. A kind of display screen “sandwich” structure and a whole package process are presented, and the sample is developed. Finally, the overall shielding effectiveness of the shell is tested by three conditions, and the experimental results show that the overall shielding efficiency of the shell is improved remarkably, the shielding shell of single-layer shielding film can reach the third level of electromagnetic protection, and the shielding effect of double-layer shielding film is better.

Keywords: electromagnetic shielding; data bus; signal screen; shielding film

0 引言

三防信号屏是用于地下工程的专用显示类设备。地下工程战时要防范敌方核武器、生物武器、化学武器的袭击, 并根据工程外空气污染情况改变工程内通风方式, 保障工程内空气洁净, 人员安全^[1]。通常情况下, 工程内通风系统有3种工作方式: 清洁式通风、滤毒式通风和隔绝式通风, 通风方式转换时, 需要工程内部人员及时改变工作模式, 迅速采取有效措施, 以适应新的通风方式下的工程保障要求, 三防信号屏就是第一时间将通风方式转换信息发送到工程所有范围的重要设备。

信息化战争条件下, 电磁脉冲干扰将成为影响设备正常工作的主要因素^[2]。当前, 工程使用的三防信号屏没有电磁防护^[3]能力, 敏感电子元器件直接暴露在复杂电磁环境中, 强电场效应和电磁干扰效应会造成设备产生误动作或功能失效, 严重影响其工作可靠性。另外, 三防信号屏需要从控制中心“手拉手”串接, 线路连接长, 敷设工程量大, 可靠性不高。因此, 针对三防信号屏电磁防护能力弱, 可靠性低, 线路敷设困难的现实问题, 开展总线式防电磁三防信号屏研究, 解决其线路连接及电磁防护问题十分必要。

1 系统结构及原理

1.1 系统工作原理

三防信号屏是地下工程通风系统的重要组成部分, 在工程维护和管理中具有十分重要的作用。地下工程通风系统工作流程为: 首先, 核生化监测系统探测工程外部染毒情况, 分析毒剂种类及危害程度, 向监控主机发布通风方式转换指令; 其次, 监控主机接到指令后, 立刻将控制命令转换为数字量信号, 控制三防信号屏统一发出通风转换指示信号, 警示工程内人员根据通风转换作业要求及时采取措施, 保证相关设备运行符合要求; 最后, 监控主机将控制命令发送到下位机控制器, 控制相关阀门、风机、防护门等设备联动动作, 切换至需要的通风状态, 完成通风方式转换。目前, 三防信号屏普遍采用图1(a)所示的连接方式, 监控主机将通风切换命令以数字量的形式输出, 控制交流接触器动作(清洁、滤毒、隔绝分别用单独的交流接触器控制), 通风状态切换时, 只需要将状态转换前的交流接触器打开, 再把状态转换后的交流接触器吸合, 通过线缆将信号发送至工程内串接的三防信号屏, 最终发出统一的通风转换指示。该连接方式需要在现场敷设大量线缆, 给系统维护和更新升级带来诸多不便, 集中体现在以下几点: 1) 线缆敷设量大, 施工成本高, 维护检修困难; 2) 以改变显示屏供电的硬件方式实现通风状态的切换, 显示屏频繁断电, 易造成显示内容缺失及颜色失真; 3) 任意三防信号屏出现短路/断路故障, 都将影响整个系统工作, 系统可靠性不高。

针对上述问题, 本文设计了一种基于总线技术的通信方式, 如图1(b)所示。监控主机接收到通风方式转换指令后,

收稿日期: 2017-07-03; 修回日期: 2017-08-23。

作者简介: 马新宝(1983-), 男, 河南濮阳人, 硕士, 工程师, 主要从事电气控制及自动化方向的研究。

直接将控制命令发送到下位机控制器，控制器将接收信息进行转换处理，一方面，以总线通信协议的方式将信息发送到与之相连的三防信号屏，控制其显示转换；另一方面，控制器直接发出命令控制执行机构联动动作，完成通风方式转换。为实现上述功能，三防信号屏需要具备以下几种基本功能：1) 总线通信功能；2) 字符生成功能；3) 颜色调整功能。

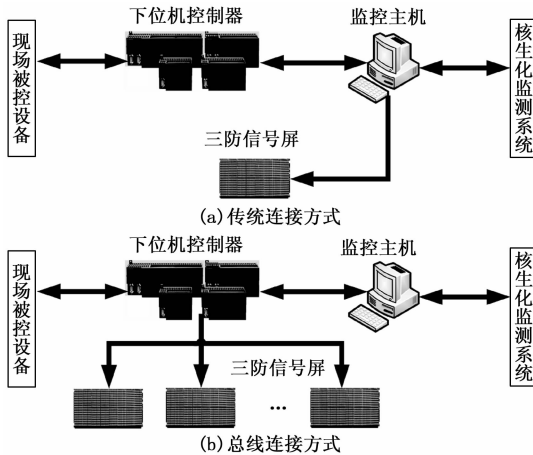
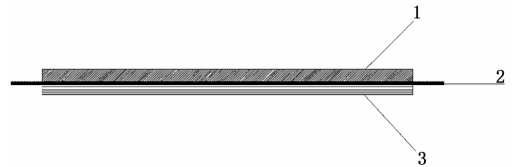


图 1 信号传输方式对比

对于屏蔽壳体来说，屏蔽效能除了和金属材料的材质、屏蔽膜的技术指标有关外，还与屏蔽体上的不连续结构有关，像连接缝隙、穿线孔等^[7]。这些不连续结构对整个屏蔽体的总屏蔽效能的影响是错综复杂的，可能存在通过 3 种途径透过屏蔽体的电磁波，即直接透过屏蔽材料的电磁波，由缝隙透射的波及由开孔透射的波，3 种波之间的相位关系十分复杂，屏蔽体的总屏蔽效能不易精确计算。为了从根本上提高屏蔽效果，必须去除或弱化这些不连续结构对屏蔽体的影响。本文采用冲压技术保证壳体一次成型，应用整体封装“三明治”结构保证屏蔽体的整体屏蔽效果。

1) 显示屏封装—“三明治”结构。

显示屏、屏蔽膜、保护层由内到外采用“三明治”式结构叠放，剖面图如图 2 所示。这种结构可以有效保护显示屏，并且有利于设备紧固安装。更重要的是，由于电磁屏蔽膜处在上下两层保护层夹持下，不容易受到损坏，为设备长期稳定运行提供了条件。



1-显示屏；2-屏蔽膜；3-透明保护层

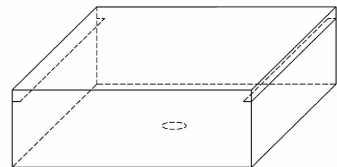
图 2 信号屏封装剖面图

2) 整体封装。

防护外壳包括两部分：壳体和壳盖（如图 3 所示），在设备整体封装时，必须考虑壳体和壳盖的封装方式。为了保证封装整体性，将屏蔽膜延长 2~4 厘米，并顺着壳盖折下，在壳盖紧固夹持时，使用导电胶（或导电纸）将屏蔽膜与防护外壳紧密连接，将壳盖、电磁屏蔽膜、壳体三者构成统一整体，避免由于缝隙降低设备的屏蔽效能。在壳体内部加入了两条支撑架以保证显示屏能安装紧固。同时在壳体后面开了一个穿线孔用来将显示屏信号线和电源线引入壳体。



(a) 壳盖



(b) 壳体

图 3 屏蔽壳体

与传统连接方式相比，总线式三防信号屏具有以下优点：

- 1) 可就近接入任何下位机控制器，布设灵活，线缆敷设量小，维护保养方便；
- 2) 使用软件控制通风状态切换，解决了信号屏频繁通断电的问题；
- 3) 信号屏之间相互独立，互不影响，系统可靠性高。

1.2 系统结构设计

电磁脉冲是一种十分严重的电磁干扰源，它具有瞬时性、宽频带、高场强、作用范围大等特点，能够通过天线、孔缝、电缆等多种耦合途径对电子系统产生影响，对电子设备、系统的安全性乃至生存能力构成了严重的威胁。如何提高电子设备、系统在复杂电磁环境中特别是电磁脉冲干扰下的生存能力，已经成为电子设备、系统可靠运行的重要因素^[4]。传统的三防信号屏将显示器件直接暴露在环境中，无任何电磁防护措施，地下工程受到电磁脉冲干扰时，将造成设备工作异常、失效甚至损毁，对工程安全造成严重影响，必须采取措施进行防护。

目前，电磁脉冲防护有效且简单的方法是电磁屏蔽，即利用屏蔽体屏蔽电子设备达到有效抑制电磁能量进入设备的方法。在电磁屏蔽施工中，使用最多的是金属屏蔽^[5]，金属外壳的屏蔽作用体现在可以降低电子设备对外界以场的形式存在的骚扰抗扰度，通常用屏蔽效能来衡量系统的屏蔽效果^[6]。然而对于显示类设备来说，必须保证屏幕正前方良好的透光性。为此，需要选择一种透光率高、电磁屏蔽性能优越、材料力学性能合适的材料。基于上述要求，优选了两种透明电磁屏蔽膜，主要技术参数如表 1 所示。

表 1 透明电磁屏蔽膜技术指标

产品型号	可见光透过率	面电阻	15 MC~ 10 GC 屏蔽	厚度
HS-EMS-F08	80%	14±4	20~25 dB	125/175 μm
HS-EMS-F02	70%	6±1	25~35 dB	125/175 μm

2 系统软硬件设计

为实现三防信号屏总线通信，本文设计了一种带有总线通信能力的数据采集卡，该采集卡与下位机控制器直接连接，能够高效地完成通风转换指令的采集和通风状态的显示。

2.1 硬件设计

数据采集卡硬件设计如图 4 所示，微处理器为总线式数据

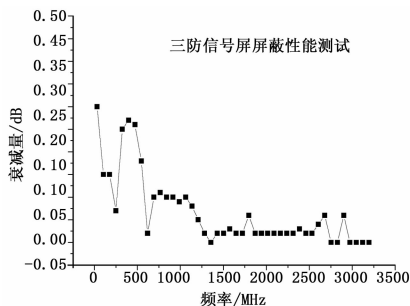


图 8 无屏蔽膜测试结果

但是这种措施会影响显示屏的透光率, 实际应用时应综合考虑。总的来说, 使用单层屏蔽膜透光率好, 不影响显示设备的正常使用, 有效提升了设备自身的电磁防护能力, 三防信号屏实物如图 11 所示。



图 11 三防信号屏实物图

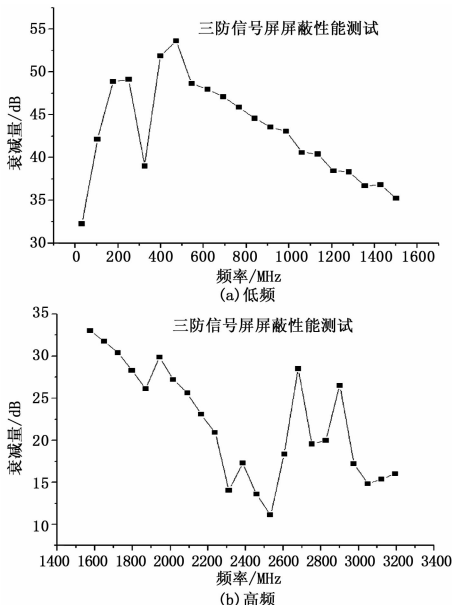


图 9 单层屏蔽膜测试结果

内, 封闭壳体对电磁波的衰减量可达 32~53 dB。频率高于 1 500 MHz 时衰减量平均在 20 dB 左右, 屏蔽效果明显, 达到了 III 级电磁防护指标^[13]。

为检验多层屏蔽膜对壳体整体屏蔽效果的提升能力, 开展了双层屏蔽膜壳体屏蔽效能实验。实验系统与单层膜测试系统相同, 唯一不同点是把原来的单层膜换成双层膜。在相同实验条件下测试其屏蔽效能, 得到的对比测试结果如图 10 所示。

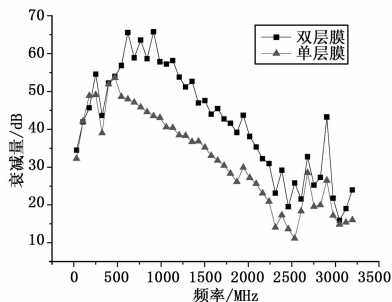


图 10 单层膜与双层膜对比实验

从图中曲线对比可以看出, 双层屏蔽膜的屏蔽效果要优于单层屏蔽膜, 但从增长量上看不是线性关系。其中在 550~2 000 MHz 增加较为明显, 其他频段衰减值为接近。为了增强壳体的整体屏蔽效能, 可以通过增加屏蔽膜的层数来实现,

4 结语

本文设计的总线式防电磁三防信号屏, 实现了三防通风状态的实时显示, 具有模拟量参数显示的拓展功能, 配有 RS-485 总线接口, 可以和下位机控制器以总线方式连接, 同时, 该设备整体屏蔽性能好, 达到了 III 级电磁防护标准。“总线式防电磁三防信号屏”已获得国家专利, 专利号: ZL201120098115.0。该设备的研制, 解决了防护工程电磁屏蔽室外的电子显示设备的电磁防护问题, 简化了系统连接结构, 提高了系统的综合防护能力。

参考文献:

- [1] 周锦峰. 人防工事核生化三防系统的 ARM 嵌入式平台设计 [D]. 昆明: 云南大学, 2010.
- [2] 黄 嘉. 核电磁脉冲干扰下电子系统受扰预估研究 [D]. 西安: 西安电子科技大学, 2012.
- [3] 刘尚合, 刘卫东. 电磁兼容与电磁防护相关研究进展 [J]. 高电压技术, 2014, 40 (6): 1605-1613.
- [4] 李跃波, 朱大明, 刘 飞, 等. 略论信息时代城市重要目标的电磁毁伤防护 [A]. 中国土木工程学会防护工程分会第九次学术年会论文集 [C]. 2004: 1148-1152.
- [5] 陈培友, 佟为明, 陈 彬, 等. 地下工程内部设备控制系统电磁脉冲防护的研究 [J]. 电气应用, 2006, 25 (5): 54-58.
- [6] 杨玉山, 董发勤, 郑 凯. 膨胀石墨/金属网/ABS 复合材料电磁屏蔽性能的研究 [J]. 功能材料, 2013, 44 (7): 966.
- [7] 吴 迪, 高驰名, 马建章. 一种密封终端的电磁屏蔽设计 [J]. 无线电工程, 2015, 45 (12): 52-54, 80.
- [8] 陈冬云, 杜敬仓, 任柯燕, 等. ATmega128 单片机原理与开发指导 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [9] Zhang X Q, Feng L H, Wang J Q. Digital heart rate measurement based on Atmega16L [A]. International Symposium on Photoelectronic Detection and Imaging [C]. Beijing, 2008.
- [10] Mohan S, Mueller F, Whalley D, Healy C. Timing analysis for sensor network nodes of the Atmega processor family [A]. 11th IEEE Real-Time and Embedded Technology and Applications Symposium [C]. San Francisco, CA, 2005.
- [11] 荣大龙. 组态软件编程 PLC 串行通讯技术及应用 [J]. 微机计算机信息 (测控仪表自动化), 2012 (11): 57-58.
- [12] 花国良. 开口同轴探头电磁参数测量系统的研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2013.
- [13] 周璧华, 高 成, 石立华, 等. 人防工程电磁脉冲防护设计 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2006.