

文章编号:1671-251X(2012)08-0014-04

邱锦波. 采煤机音视频及数据综合传输系统的设计[J]. 工矿自动化, 2012(8):14-17.

采煤机音视频及数据综合传输系统的设计

邱锦波

(天地科技股份有限公司上海分公司, 上海 201401)

摘要:针对现有采煤机视频、音频及工况监控数据实时传输系统采用无线局域网、光缆或单独拖曳通信电缆时存在不稳定、故障率高、维护困难等缺点,提出了一种基于采煤机主电缆内嵌单根射频同轴电缆的多路视频、音频及数据综合传输系统的设计方案。该系统采用数据调制传输频率高于视频监控信号调制频段的设计方法,避免了数据通信对监控图像质量的影响,且因数据传输具有较高的功率余量,保障了控制数据通信的低误码率。

关键词:采煤机; 数据传输; 音频传输; 视频传输; 调制频率选择

中图分类号:TD632 **文献标识码:**A **网络出版时间:**2012-08-03 13:18

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20120803.1318.005.html>

Design of Integrated Transmission System of Audio, Video and Data for Shearer

QIU Jin-bo

(Shanghai Branch of Tiandi Science and Technology Co., Ltd., Shanghai 201401, China)

Abstract: In view of shortcomings of bad stability, high failure, difficult maintenance existed in real-time transmission system of video, audio and monitoring data of condition for shearer because of using local area wireless network, cable or drag communication cable, the paper put forward a design scheme of integrated transmission system of multi-channel audio, video and real-time monitoring data with embedding single radio frequency coaxial cable in main cable of shearer. The system adopts a design method that modulation frequency of data transmission is higher than modulation frequency band of video monitoring signal, so as to avoid influence of data communication on quality of monitored image, and guarantee low bit error rate of control data communication because that the data transmission has higher power margin.

Key words: shearer, data transmission, audio transmission, video transmission, selection of modulation frequency

0 引言

在狭长的采煤工作面内,大量设备处于不断动

态推进状态,信号传输环境复杂多变,电磁干扰源多,通信线缆维护困难。多路视频、音频及工况监控数据的实时传输,往往需要数十兆的传输带宽。多

收稿日期:2012-05-14

基金项目:天地科技股份有限公司技术创新基金项目(TZ-JJ-09-SH-1)

作者简介:邱锦波(1973-),男,四川井研人,工程师,现主要从事采煤机电气、控制及通信系统的研发工作,已发表文章 3 篇。E-mail:jinqiubo@sh163.net

[3] 韩亮,曹霞. RIA 技术在煤矿安全管理信息系统建立中的应用[J]. 工矿自动化, 2011(12):82-84.

57-59.

[4] 杨飞虎,丁明,李生虎. 基于 B/S 架构和 ActiveX 技术

[5] 陈传波,夏义兵. 基于 ASP.NET 技术及三层网络架构的权限管理系统模型[J]. 计算机工程, 2003, 29(12):

年来,国内外不少研究机构与公司尝试过在工作面
内采用无线局域网或拖曳加强型光缆等宽带通信解
决方案。但因工作面电磁波传输环境复杂多变,无
线局域网的可靠性与稳定性难以达到工业控制应用
的水平;因采煤机拖曳光缆工作过程较易断纤、光
纤接续需要专业知识和设备^[1-3],影响了井下推广
应用。为采煤机单独拖曳通信线缆又存在故障率高
、维护困难等缺点。

针对采煤机与工作面侧向宽带传输应用的特殊
性,本文提出了一种基于采煤机主电缆内嵌单根射
频同轴电缆的采煤机音视频及数据综合传输系统的
设计方案。

1 系统设计与实现

1.1 总体结构

采煤机音视频及数据综合传输系统主要由采煤
机机载传输装置、设备列车上的通信传输装置和内
嵌于采煤机主电缆的 50 Ω 射频同轴电缆 3 个部分
组成,如图 1 所示。以内嵌于采煤机主电缆的小直
径 RG304 型 50 Ω 射频同轴电缆为信号传输介质,
该同轴电缆在 200 MHz 以下时信号衰减较小(衰减
系数为 9~13 dB/100 m),同时考虑电牵引采煤机
变频调速装置的电磁干扰等因素,本设计使用 40~
200 MHz 频段。

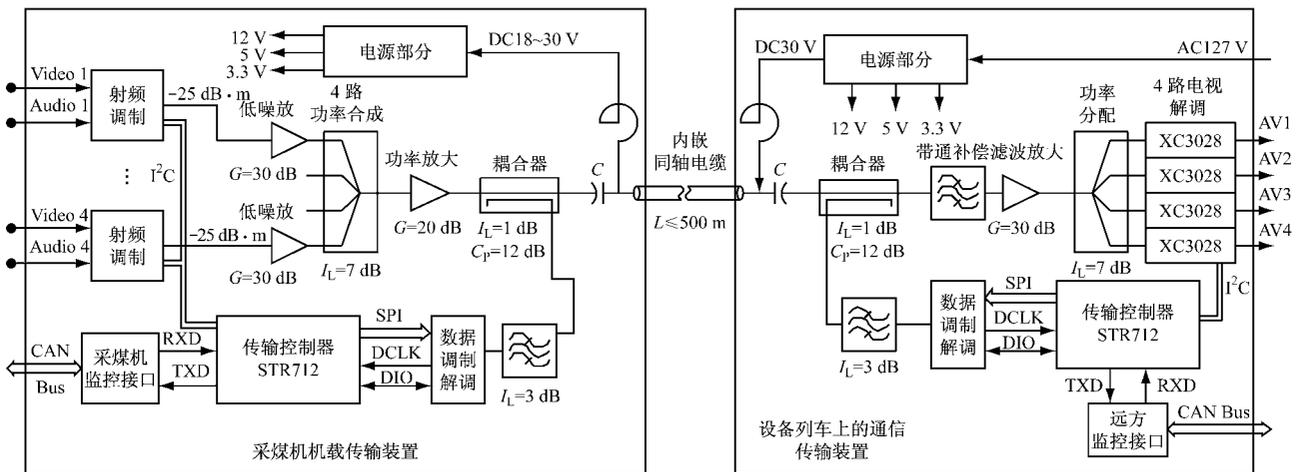


图 1 采煤机音视频及数据综合传输系统组成

采煤机上 4 路模拟监视视频及音频信号进入机
载传输装置后,按设定频率分别进行射频调制和低
噪声预放大,随后进入 4 : 1 功率合成器形成 1 路射
频信号,再经功率放大后耦合到射频同轴电缆传输
至工作面巷道设备列车上的通信传输装置内,经带
通补偿放大后,由 4 路 XCC3028 接收芯片解调输出
标准的模拟视频与音频,送防爆监视器显示与输出。

采煤机机载传输装置内的 STR712 传输控制器
通过 CAN 2.0B 总线接口与采煤机主控系统相连,
通过该接口以固定频率查询读取采煤机当前的实时
工况数据(截割与牵引电动机的负荷、关键部位温
度、设备姿态、截割高度、速度方向等),通过串行
FSK 调制放大后输出耦合到传输电缆,最后传送到
工作面侧巷设备列车。在侧巷设备列车上的通信传
输装置内,STR712 传输控制器通过 CAN 总线接口
与遥控操作站或上位控制计算机系统相连,以固定
周期扫描接收各种遥控和上位监控计算机输出的自
动操作指令,将相关指令数据打包处理后采用串行
FSK 调制耦合到传输电缆并发送到工作面采煤机。

为了实现采煤机安全的远程启动,还专门设计
远方供电回路,实现在采煤机主机送电前,可启用机
载摄像在远方观察采煤机周围的情况,确认安全后
再送高压电。

1.2 音视频信号调制电路

监视用音视频信号调制电路的核心采用 Abilis
公司生产的 AS44CC374 单片音视频信号射频调制
芯片,该芯片的主要特点^[3]:支持 NTSC、PAL、
SECAM 标准;460~880 MHz 的 UHF 及 VHF 频
段操作;片内压控振荡回路与锁相环稳频,无需外部
调谐电容与电感;单一 5 V 电源操作,CMOS 电路
耗电低;采用 800 kHz I²C 总线编程控制。

安装在采煤机两端头和拖缆装置附近的 4 台隔
爆型低照度彩色摄像机输出 CCIR(PAL)标准的复
合视频信号,4 路复合视频信号分别通过 10 nF 电
容耦合输入对应的 AS44CC374 进行幅度调制,截
割环境声音监听用本安型传声器输出的音频信号经
过安全栅隔离后,也进入 AS44CC374,经过约 26 dB
的预放大后再进行频率调制。STR712 传输控制器

通过 I²C 接口编程控制各路 AS44CC374,使得调制输出电视信号频率分布在 VHF 的 48~160 MHz 频段,频道间隔为 13 MHz,调制电路直接输出射频信号强度为 -25 dB·m(82 dB·μV)。

1.3 多路视频调制信号的合成放大

从采煤机到工作面侧巷设备列车监控站间的距离一般在 300~400 m,本系统按允许使用传输电缆最大长度为 500 m 设计,与之对应,内嵌 RG304 同轴电缆对传输信号的最大衰减约为 65 dB。设备列车上的音视频解调器要求的最低输入射频信号强度为 -59 dB·m(48 dB·μV),4 路功率合成/分配器的插入损耗约为 7 dB。因此,整个传输系统电视信号放大器增益应为 $A_v = 65 + 2 \times 7 - (59 - 25) = 55$ dB,考虑一定的裕量取 60 dB。本设计采用在采煤机信号发送端设两级共约 43 dB 的信号功率放大,在接收端设一级带有 350 m 左右电缆频率特性补偿滤波的低噪声带通放大器(提供 17 dB 增益)的分布式放大设计方案,使系统具有低功耗和较高传输信噪比^[4]。

采煤机侧的功率预放大器和设备列车上接收端低噪声放大器均采用 MA8A 单片微波集成(MMIC)放大器,该放大器采用达林顿结构,内置温度补偿偏置电路,噪声系数为 3.1 dB@100 MHz,单级增益可达 30 dB。发送端末级采用 GAIL84 MMIC 射频功率放大器,设计工作点为 $V_{cc} = 5.8$ V, $I_{cc} = 100$ mA,噪声系数为 4.2 dB@100 MHz,最大输出功率为 21 dB·m。通过精密电阻优化设定各放大器的工作点,并根据实测数据对电路参数进行微调,以便获得较好的增益平坦性和线性度,以减少各路调制射频信号之间的互调干扰,提高信号传输的质量。图 2 为机载射频功率放大器在 160.25 MHz 处对 50 kHz 频偏的 FM 信号(15 kHz

音频调制)放大输出频谱,从图 2 可看出,放大器所产生的调制谐波比所传输的有用信号低约 48 dB,信号输出质量较好。

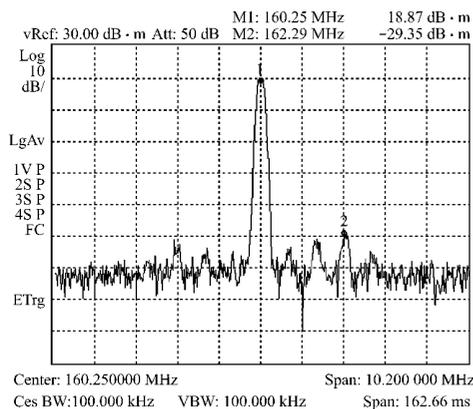
1.4 视音频信号的接收解调

在工作面侧巷设备列车上通信传输装置内,来自采煤机的视频调制信号由带频率补偿的低噪声射频带通放大器放大后,经 1:4 功率分配器,进入 XCEIVE 公司生产的 XC3028^[5] 单片硅调谐接收芯片,同时对 4 路采用不同射频频率调制的 CCIR(PAL)电视信号进行解调后,输出相应的复合视频信号,该信号被直接送往隔爆型液晶显示器显示,也可输出到视频光端机中继传输到地面调度室实现采煤机截割状态的地面实时监视。

1.5 采煤机工况及遥控数据的调制传输

为了简化系统设计,监控数据传输采用半双工模式。数据调制解调是以 AD 公司单片射频 FSK 调制解调芯片 ADF7020-1 为核心。相对于目前市面上众多的无线调制收发芯片,ADF7020-1 的主要特点^[6]:工作频率范围宽(80~650 MHz);接收输入饱和电平高(达 12 dB·m);FSK 调制传输速率可到 200 kbit/s,对应接收灵敏度可达 -98 dB·m(误码率为 10^{-3} 时)。本设计使用 175~185 MHz 频段用做工况数据与遥控操作数据传输,图 3 为 ADF7020-1 使用中心频率为 180.2 MHz,调制频偏为 100 kHz 时的输出频谱及调制特性曲线。从图 3 可以看出,数据调制传输的 -60 dB 占用带宽小于 2 MHz,在 200 kbit/s 数据率时调制信号脉冲边缘失真小于 20%,较利于码元正确接收。

本设计采用多种信号共缆传输,在同一电缆中同时存在高达 20 dB·m 的视频调制信号,为避免该强信号直接耦合到 ADF7020-1 的射频端口造成芯片接收饱和甚至损坏,本设计一方面采用定制 -12 dB 耦合器实现数传信号与电缆的耦合。另一方面,在耦合器输出与 ADF7020-1 的射频端口之间匹配设计了高选择性 6 阶 LC 带通滤波器(通带 175~200 MHz),该滤波器对 160 MHz 以下干扰信号的抑制不小于 46 dB。该滤波器与定制耦合器相匹配是本设计实现全部信号共缆传输而互不影响的关键。ADF7020-1 最大输出功率为 11 dB·m,接收灵敏度为 -98 dB·m,允许信号衰减预算高达 109 dB,除去收发两端约 30 dB 的滤波器和指向耦合器总损耗外,还有 79 dB 的线路衰减预算,在 500 m 传输应用中具有 14 dB 的传输余量。



(C)1994-图21 (调制信号功率放大输出频谱 Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

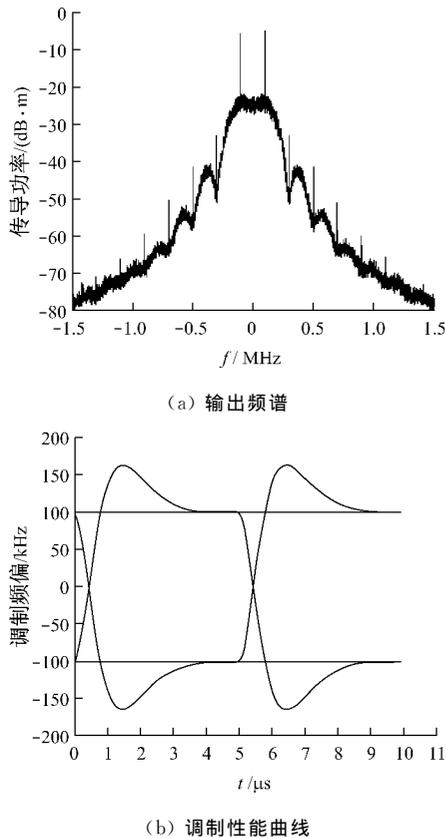


图3 监控数据射频调制输出频谱及调制性能曲线(200 kbit/s)

2 设计验证

为测试传输系统总体性能,首先在实验室采用一根 350 m 长与井下所用电缆衰减特性相同的普通 RG304 同轴电缆,模拟实际传输信道。将采煤机载传输装置与顺槽车载通信装置通过该模拟试验电缆相连,进行功能测试及性能测量。测试表明,尽管音视频传输部分第一级放大器实测增益只有 27.6 dB,比设计值低 2.4 dB,但实际音视频信号输出质量良好。通过对 10 ms 分辨率的计时器图像传输延时进行快照测量,结果显示传输系统 4 路视频监视图像相对于现场事件的滞后时间小于 120 ms,实时性满足监控要求。

系统对监控数据采取固定周期扫描传输,该部分传输延迟时间由设计时确定,但为了解实际应用效果,将本设计与实际配套的基于 CAN 总线的采煤机分布式控制系统相连接,通过数字示波器实测典型监控信号端口到端口的延迟,测试结果表明,监控信号典型传输延迟为 67 ms,最大延迟为 156 ms,延时抖动主要是所配套采煤机主控系统对不同的数

据信号采用了不同数据更新率。在该模拟条件下,通过对 20 万个数据包的传输出错统计,出错率小于 10^{-5} 。实验表明,系统采用数据调制传输频率高于视频监控信号调制频段的设计,有效避免了数据通信对监控图像质量的影响,且因数据传输具有较高的功率余量,保障了控制数据通信的低误码率。

在 2011 年 3 月至 9 月间,本设计在晋煤集团古书院矿进行井下工业性试验,试验工作面长度为 180 m,传输电缆长度为 400 m。试验结果表明,传输系统安装维护简便、性能稳定,各种音视频及数据信号传输质量完全满足顺槽对采煤机的远程遥控操作的要求。

3 结语

基于采煤机主电缆内嵌单根同轴电缆的传输系统具有结构较简单、维护方便、视频图像绝对延迟低、通信容量大且易于实现多种功能的集成与扩展等特点,是一种比较适用于采煤机应用的专用综合通信传输系统,具有一定的推广价值。工业性试验结果表明,该传输系统安装维护简便、性能稳定,各种音视频及数据信号传输质量完全满足顺槽对采煤机的远程遥控操作的要求。本系统的不足之处是主电缆内嵌射频同轴电缆工艺要求使用耐受 200 °C 的 PTFE 绝缘材料,该 PTFE 绝缘材料价格较高。

参考文献:

- [1] WHITAKER J, BLAIR K B. Standard Handbook of Video and Television Engineering[M]. Fourth Edition. Leipzig: McGraw-Hill, 2003: 9-12.
- [2] SADKA A H. Compressed Video Communications [M]. John Wiley & Sons Ltd., 2002: 12-14.
- [3] HAYES J. Fiber Optics Technician's Manual [M]. Fourth Edition. Delmar Cengage Learning, 2011: 115-118.
- [4] WELSH A D, AGARWAL K. Radio Frequency Circuit Design [M]. John Wiley & Sons Inc., 2001: 191-193.
- [5] Xceive Corporation. XC2028/XC3028 Basic Programming Guide [EB/OL]. [2012-04-12]. <http://www.linuxtv.org/wiki/index.php/xceiveXC3028/XC2028>.
- [6] Analog Devices. High Performance FSK/ASK Transceiver IC ADF7020-1 Datasheet [EB/OL]. [2012-04-12]. <http://cn.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/166197/AD/ADF7020-1.html>.