

文章编号:1671-251X(2014)03-0012-04

DOI:

何勇华. 综采工作面语音系统的噪声研究[J]. 工矿自动化, 2014, 40(3): 12-15.

综采工作面语音系统的噪声研究

何勇华

(北京天地玛珂电液控制系统有限公司, 北京 100013)

摘要:从实践出发研究了综采工作面语音系统噪声的主要来源;针对不同应用需求,对滤波器的设计给出参考意见,并设计了带通有源滤波器;分析了声场分布对设备安装的要求、平衡信号和非平衡信号的选用及相应的抗干扰措施。

关键词:煤矿通信; 综采工作面; 语音通信; 噪声; 滤波器

中图分类号:TD655

文献标志码:A

网络出版时间:

网络出版地址:

Research of noise in audio system of fully mechanized working face

HE Yonghua

(Beijing Tiandi-Marco Electro-Hydraulic Control System Company Ltd., Beijing 100013, China)

Abstract:Major sources of noise in audio system of fully mechanized working face were researched in the practice. Advices of design of filter were given for different application requirements, and band-pass active filter was designed. Requirements of sound field distribution to equipment installation, selection of balanced and unbalanced signals and corresponding interference measures were analyzed.

Key words:coal mine communication; fully mechanized working face; audio communication; noise; filter

0 引言

由于综采工作面音频应用的单一性及苛刻的布线环境,模拟音频仍大量使用。随着各种电子设备越来越多地应用于煤矿井下,在狭长的工作面,外侵式噪声及系统自激式噪声对语音系统的影响不可忽视。这些噪声不仅会对音频效果产生很大的影响,而且会对功率放大器件造成损害。分辨噪声来源,并对噪声进行有效抑制,确保音频信号的正常传输成为笔者考虑的重点。本文从实践出发,结合理论分析,对综采工作面语音系统的设计给出参考意见。

1 综采工作面噪声源

由于综采工作面的环境特殊,噪声的引入主要有4个方面:

(1) 煤矿井下有大量的高压设备,同时还有很多变频设备,综采工作面又相对比较狭长,电磁辐射会不断地在工作面与支架之间进行反射,很容易耦合进入模拟音频的传输线缆,频率范围在 20 Hz~20 kHz 的信号尤其会影响整个音频系统^[1-2]。

(2) 音频的传输线缆往往不是独立的,在实际应用中,大多会和其他的信号线做成一根“连接器”,如大量应用的 7 芯连接器,其中有闭锁线、电源线、查询线、数据通信线、共用地线,信号线相互间会存在串扰,这部分的噪声干扰也是必须要考虑的^[3]。

(3) 各应用系统多采用本安电源供电,电源本身的纹波很大,在音频信号放大的同时,纹波也被相应地放大,低频部分的纹波是必须要面对的噪声。

(4) 综采工作面的环境较潮湿,这有利于声音的远距离传输,煤壁与支架之间形成的狭长区域有

收稿日期:2013-07-31;修回日期:2013-11-07;责任编辑:胡娴。

基金项目:国家高技术研究发展计划(863 计划)资助项目(2013AA06A410);中国煤炭科工集团重点资助项目(2012ZD001)。

作者简介:何勇华(1978—),男,四川遂宁人,工程师,从事煤矿综采工作面自动化控制技术研发工作,E-mail:hyh@tdmarco.com。

利于声音的反射,支架与底座形成的凹形区域又有利于声聚焦,这些都是声场布置的忌讳,也是在扩声时需要特别注意的,一定要从拾音设备开始,认真选择合适的器件,避免出现自激共振,影响系统正常工作,甚至烧毁元器件。

要有效抑制综采工作面语音系统的噪声,不但要在电路设计时考虑噪声的抑制,更需要针对现场特殊的环境,从布线到设备的安装尽可能减少噪声的引入。

2 综采工作面语音系统设计

综采工作面语音系统由送话元件、扩声电路及扬声器 3 个部分组成,如图 1 所示。

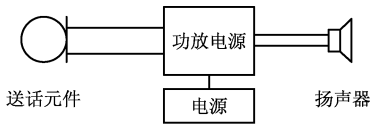


图 1 综采工作面语音系统组成

送话元件主要是将声信号转换成电信号,常见的送话元件大体可分以下几类:动圈式、电容式(特制大膜片)、驻极式(特制咪头)、电磁式、碳粒式^[4]。在综采工作面环境下主要采用动圈式及驻极式送话元件,两者的共同特点是灵敏度低,一般小于-44 dB,可有效抑制反射噪声进入语音系统。当然从指向性来说,建议采用无指向的头子,笔者在实际测试中曾经对比了无指向头子和单指向头子,在相对密闭的空间,单指向头子更容易拾取反射声,引起系统的自激。

扩声电路是提高信噪比的关键,因此,在选型时应优先选择低噪声的元器件。通过送话元件输入的音频信号是很微弱的电信号(大概几个毫伏),需要增加小信号、低噪声的话筒放大电路,将信号先放大再进行远距离传输,提供给后级的驱动电路,推动扬声器发音,当然在电路设计时滤波电路也是必不可少的。

扬声器是整个系统的最后一级,音质的好坏很大程度上由扬声器决定。首先从灵敏度来说,驱动电路的电源基本都是本安电源,一般为 12 V,电流一般不会很大,这就限定了扬声器的功率大概只有 5 W,在现场使用中,往往要求扩声的声压级不低于 95 dB,甚至达到 105 dB,因此,必须选择高灵敏度的扬声器;其次,扬声器的频率响应也直接影响到听觉感受,抛开人耳的听阈,350 Hz~3 kHz 的音频信号是必须要保存的,因此,扬声器的频响范围一定要大于或等于这个区间。

3 滤波器设计

3.1 滤波器简介

滤波器主要用于保留有用信号,去除不需要的信号,可分为无源滤波器和有源滤波器。无源滤波器主要由电阻、电容、电感组成,其优点是电路简单,可靠性高;缺点是通带内信号有能量损耗,负载效应较明显。有源滤波器由电阻、电容及有源器件(如运放)组成,其优点是通带内信号可以放大,负载效应不明显;缺点是高压、高频、大功率不适用^[5-6]。

3.2 滤波器设计

针对实际应用中信号弱等特点,选择二阶有源滤波器作为滤波电路。二阶有源滤波器可以放大通带内的信号,同时很好地衰减阻带内的噪声,满足设计要求。典型的二阶低通有源滤波器电路如图 2 所示。

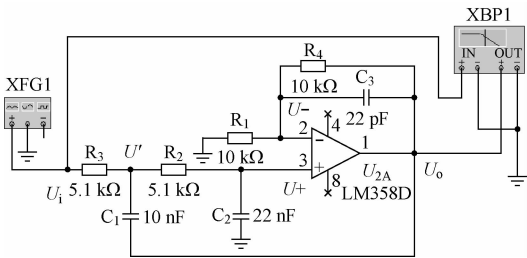


图 2 典型二阶低通有源滤波器电路

将电路中各元器件理想化,并假定 $R_f = R_4 = R_1, R_2 = R_3 = R, C_1 = C_2 = C$,忽略 C_3 ,由运放的性质可以求得电路的传递函数及其幅频特性、相频特性:

$$T(\omega) = U_o/U_i = \frac{2}{1 - (\omega CR)^2 + j\omega CR} \tag{1}$$

$$|T(\omega)| = \frac{2}{\sqrt{[1 - (\omega CR)^2]^2 + (\omega CR)^2}} \tag{2}$$

$$\theta = -\arctan\left[\frac{\omega CR}{1 - (\omega CR)^2}\right] \tag{3}$$

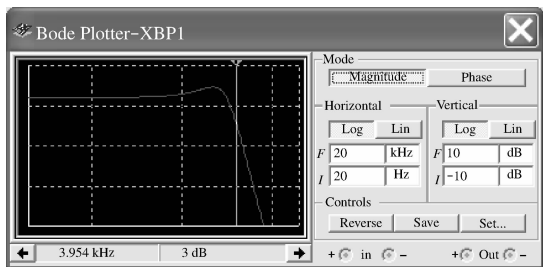
典型二阶低通有源滤波器幅频、相频波特图如图 3 所示。从图 3 可知,该二阶低通有源滤波电路通带放大 6 dB,电路的截止频率约为 4 kHz。

典型二阶高通有源滤波器电路如图 4 所示。

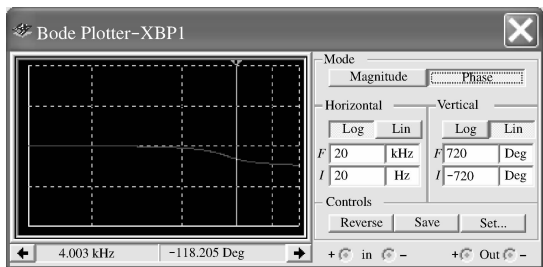
同理,将电路中各元器件理想化,并假定 $R_f = R_4 = R_1, R_2 = R_3 = R, C_1 = C_2 = C$,忽略 C_3 ,由运放的性质可以求得电路的传递函数及其幅频特性、相频特性:

$$T(\omega) = U_o/U_i = \frac{2}{1 - (1/\omega CR)^2 + (1/j\omega CR)} \tag{4}$$

$$|T(\omega)| = \frac{2}{\sqrt{[1 - (1/\omega CR)^2]^2 + (1/\omega CR)^2}} \tag{5}$$



(a) 幅频波特图



(b) 相频波特图

图 3 典型二阶低通有源滤波器幅频、相频波特图

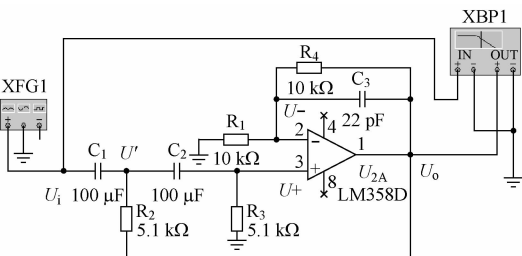
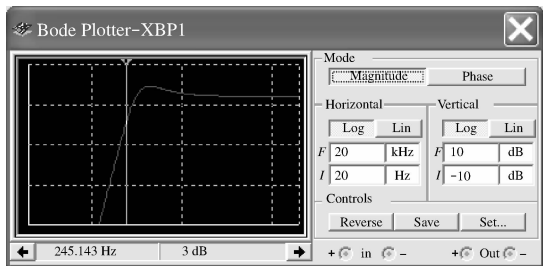


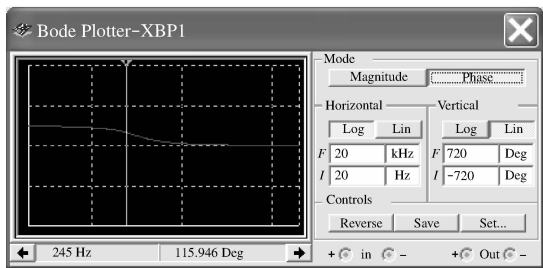
图 4 典型二阶高通有源滤波器电路

$$\theta = -\arctan\left[\frac{\omega CR}{(\omega CR)^2 - 1}\right] \quad (6)$$

典型二阶高通有源滤波器幅频、相频波特图如图 5 所示。从图 5 可知,该二阶高通有源滤波电路通带放大 6 dB,电路的截止频率约为 250 Hz。



(a) 幅频波特图



(b) 相频波特图

图 5 典型二阶高通有源滤波器幅频、相频波特图

3.3 实际应用

二阶滤波器的阻带衰减特性的斜率是 -40 dB/10 倍频程,衰减速度比一阶要快,对噪声的抑制效果相对也更好,因此,在实际电路设计时一般采用二阶或多阶滤波器。考虑到电路中易引入高频辐射干扰,同时也存在低频噪声,一般会采用带通滤波器,分别选择 250 Hz 和 4 kHz 作为截止频率可以比较有效地保存语音信号,最大限度地滤除噪声干扰,实际应用效果较佳。如果对滤波效果要求不是很严,可以使用一个低通串接一个高通的有源滤波电路,这样的电路相对简单,效果也不错。本文给出如图 6 所示的电路图参考设计,其波特图如图 7 所示。从图 7 可知,带通有源滤波器截止频率分别为 200 Hz 和 3.8 kHz。

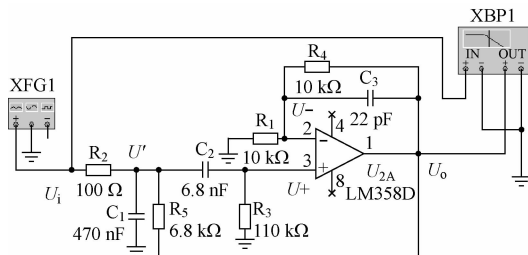


图 6 带通有源滤波器电路

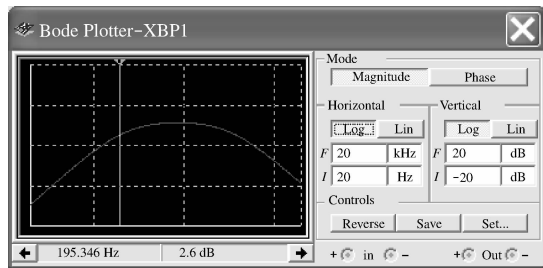


图 7 带通有源滤波器波特图

4 声场设计

4.1 声场分布

声场简言之就是声音分布的空间。在综采工作面的狭长空间内,必须考虑声场的均匀度,并尽可能地避免出现声反射和声聚焦。若声波传播方向面向煤壁,如图 8 所示,即使煤壁并不是光滑的弧面,也势必会造成声波在煤壁和支架之间不断地反射,这样既不利于声音的传播,同时声场也会极度不均匀,

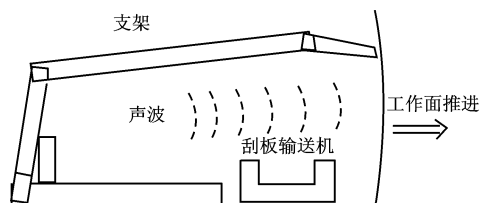


图 8 声场分布

这种情况一定要避免。

要使声场分布相对比较均匀,就需要对设备的安装提出要求。首先,要明白声波是一种纵波,在安装设备时,要求尽量将扬声器和机尾或是机头的方向保持一致;其次,声音会随着距离的增加而衰减,每增加一倍,声压级大概衰减 6 dB,则 10 m 处的声压级大概已经衰减 20 dB,在满足《煤矿安全规程》的情况下,要尽量缩短 2 台扩声设备间的间隔,若每隔 15 m 放置 1 台,在距离设备的中心支架处,声压级大概衰减 14.5 dB(2 个声音叠加,声压级会提高 3 dB),这就是 MT/T 824—1999 中规定扩声设备声压级不低于 90 dB 的原因(环境噪声不高于 75 dB)。因此,结合声场的理论知识,建议将扩声设备安装在刮板输送机边上(空间大,利于直达声的传播),也可以安装在支架上,设备的发声孔安装方向要与刮板输送机一致。

4.2 传输线缆

由于电磁感应的存在,信号在传输过程中会将很多无用的信号耦合到线缆上,并传递给下一级。无用信号不仅会影响声音的音质,还有可能会损坏扩声设备。平衡信号是将原信号反相,在有屏蔽层的 2 根线缆中同时传输原信号和反相信号,在接收端将反相信号倒相后跟原信号叠加,在传输过程中耦合的噪声会因为相位的原因抵消,从而实现共模抑制,这样的线缆传输距离可以达到 500 m^[7]。而非平衡信号只能依靠屏蔽层来保护信号免受干扰,传输距离也大打折扣。因此,在有条件的情况下,建议使用平衡信号传输。

在综采工作面语音系统中,为了减少线缆的数量,往往使用非平衡信号传输,这时就要求模拟信号具有良好的接地。

非平衡信号传输系统的干扰主要有 3 个方面:
① 信号地线的感应干扰。屏蔽层接地与大地之间存在阻抗,噪声会耦合到这个负载阻抗上,进入信号端,减小这个负载阻抗,可以有效地降低干扰,最好是将信号地就近接入机壳并与大地相连,从而有效地抑制地线的感应噪声。
② 信号线引入的干扰。这种干扰相对影响较小,只要选择较好的屏蔽线,合

理选择输入端阻抗,基本可以忽略不计。
③ 地线回路干扰。系统内存在多条地线,每 2 条地线间会形成感应环,即地线回路干扰,这种噪声基本无法避免,只能在 PCB 设计时注意地线的走向及信号的流向,一方面避免信号多点接地及小信号直接接电源地,另一方面在回路中适当的地方插入阻抗以减小回路电流,达到减小干扰的目的。

4.3 实际应用

综采工作面语音系统主要传输语音信号,对音质要求不高,采用非平衡信号传输,使用本地电源供电,实际应用效果比较理想。

5 结语

分析了综采工作面噪声的 4 个来源及综采工作面语音系统的组成,介绍了典型二阶低通有源滤波器电路及典型二阶高通有源滤波器电路的设计及相应的幅频特性、相频特性,设计了带通有源滤波器电路,并分析了声场分布对设备安装的要求、平衡信号及非平衡信号的选用及相应的抗干扰措施。让电路尽可能处理有用的音频信号,提高系统的信噪比,就可以极大地提高综采工作面语音系统的放音效果,确保设备处于合理的工作状态,利于设备的长期良好运转。

参考文献:

- [1] 刘照鹏. 煤矿综采工作面噪声的分析[J]. 煤矿安全, 2004,35(2):30-33.
- [2] 廖志强,陈东春,刘水文. 煤矿井下电磁干扰源及抗干扰技术研究[J]. 工矿自动化,2012,38(7):25-28.
- [3] 张宁. TK200 通讯控制系统的探讨[J]. 煤炭技术, 2005,24(10):116-117.
- [4] 黄永定. 音响技术及应用[M]. 北京:机械工业出版社, 2007.
- [5] 王凯,吕英俊,亓学广. 基于 LabVIEW 的语音噪声数字滤波器的设计[J]. 工矿自动化,2011,37(8):26-28.
- [6] 远坂俊昭. 测量电子电路设计:滤波器篇[M]. 彭军,译. 北京:科学出版社,2006.
- [7] 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,2012,38(8):14-17.