



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109655893 A

(43)申请公布日 2019.04.19

(21)申请号 201710947734.4

(22)申请日 2017.10.12

(71)申请人 中国石油化工股份有限公司

地址 100728 北京市朝阳区朝阳门北大街
22号

申请人 中国石油化工股份有限公司石油物
探技术研究院

(72)发明人 张洁 殷厚成

(74)专利代理机构 北京思创毕升专利事务所
11218

代理人 孙向民 廉莉莉

(51)Int.Cl.

G01V 1/28(2006.01)

G01V 1/30(2006.01)

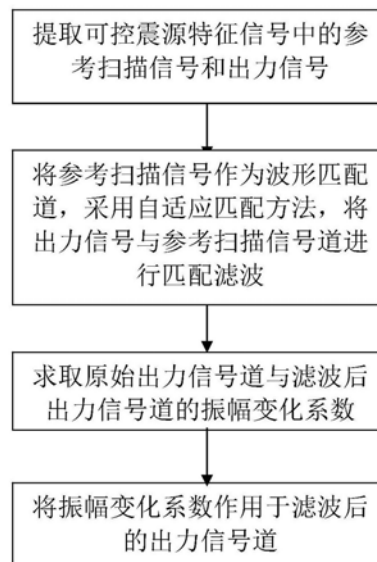
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种波形自适应匹配的可控震源谐波消除方法及系统

(57)摘要

本发明提出了一种波形自适应匹配的可控震源谐波消除方法及系统,该方法包括:提取可控震源特征信号中的参考扫描信号和出力信号;将参考扫描信号作为波形匹配道,采用自适应匹配方法,将出力信号与参考扫描信号道进行匹配滤波;求取出力信号滤波前后的振幅变化系数;将振幅变化系数作用于滤波后的出力信号。本发明将震源特征信号中的参考扫描信号作为匹配滤波道,设计自适应滤波算子,作用于产生谐波畸变的震源力信号,消除力信号中的谐波干扰。求取原始力信号与滤波后的力信号振幅变化系数,将该系数对滤波后的振幅进行处理,有效保留力信号中有效信号振幅信息,最终达到消除可控震源力信号中谐波干扰的目的。



1. 一种波形自适应匹配的可控震源谐波消除方法,其特征在于,该方法包括:
 - 提取可控震源特征信号中的参考扫描信号和出力信号;
 - 将参考扫描信号作为波形匹配道,采用自适应匹配方法,将出力信号与参考扫描信号道进行匹配滤波;
 - 求取出力信号滤波后的振幅变化系数;
 - 将振幅变化系数作用于滤波后的出力信号。
2. 根据权利要求1所述的波形自适应匹配的可控震源谐波消除方法,其特征在于,提取可控震源特征信号包括:
 - 提取可控震源辅助道中参考扫描信号、出力信号、平板加速度信号、重锤加速度信号;
 - 分别将参考扫描信号和出力信号的两道地震信号数据提取出来。
3. 根据权利要求1所述的波形自适应匹配的可控震源谐波消除方法,其特征在于,将出力信号与参考扫描信号进行匹配滤波包括:
 - 设计自适应滤波器;
 - 将自适应滤波器作用于出力信号,得到滤波后的出力信号道。
4. 根据权利要求3所述的波形自适应匹配的可控震源谐波消除方法,其特征在于,设计自适应滤波器包括:
 - 采用最小均方LMS算法作为自适应滤波器;
 - 对自适应滤波器进行初始化,给定n时刻的抽头输入向量;
 - 计算自适应滤波器输出对输入信号的响应;
 - 比较输出结果与期望响应产生的估计误差;
 - 根据估计误差自动调整滤波器参数。
5. 根据权利要求1所述的波形自适应匹配的可控震源谐波消除方法,其特征在于,求取出力信号滤波后的振幅变化系数包括以下步骤:
 - 对参考扫描信号作傅里叶变换,获得参考扫描信号的振幅谱;
 - 对滤波前出力信号作傅里叶变换,获得出力信号的振幅谱;
 - 计算每一个频率点处参考扫描信号振幅值与滤波前出力信号振幅值的比值,将该比值作为出力信号滤波后在此频率点处的振幅变化系数。
6. 根据权利要求1所述的波形自适应匹配的可控震源谐波消除方法,其特征在于,将振幅变化系数作用于滤波后的出力信号道包括:
 - 对滤波后的出力信号作傅里叶变换,获得滤波后的出力信号的振幅谱和相位谱;
 - 将振幅变化系数和滤波后出力信号振幅谱作乘积,作为新的振幅谱,相位谱保持不变;
 - 对新的振幅谱和相位谱作傅里叶逆变换,得到振幅变化作用后的出力信号。
7. 一种波形自适应匹配的可控震源谐波消除系统,其特征在于,该系统包括:
 - 存储器,存储有计算机可执行指令;
 - 处理器,所述处理器运行所述存储器中的计算机可执行指令,执行以下步骤:
 - 提取可控震源特征信号中的参考扫描信号和出力信号;
 - 将参考扫描信号作为波形匹配道,采用自适应匹配方法,将出力信号与参考扫描信号道进行匹配滤波;
 - 求取出力信号滤波前后的振幅变化系数;

将振幅变化系数作用于滤波后的出力信号。

8. 根据权利要求7所述的波形自适应匹配的可控震源谐波消除系统,其特征在於,将出力信号与参考扫描信号进行匹配滤波包括:

设计自适应滤波器;

将自适应滤波器作用于出力信号,得到滤波后的出力信号道。

其中,设计自适应滤波器包括:

采用最小均方LMS算法作为自适应滤波器;

对自适应滤波器进行初始化,给定n时刻的抽头输入向量;

计算自适应滤波器输出对输入信号的响应;

比较输出结果与期望响应产生的估计误差;

根据估计误差自动调整滤波器参数。

9. 根据权利要求7所述的波形自适应匹配的可控震源谐波消除系统,其特征在於,求取出力信号滤波后的振幅变化系数包括以下步骤:

对参考扫描信号作傅里叶变换,获得参考扫描信号的振幅谱;

对滤波前出力信号作傅里叶变换,获得出力信号的振幅谱;

计算每一个频率点处参考扫描信号振幅值与滤波前出力信号振幅值的比值,将该比值作为出力信号滤波后在此频率点处的振幅变化系数。

10. 根据权利要求9所述的波形自适应匹配的可控震源谐波消除系统,其特征在於,将振幅变化系数作用于滤波后的出力信号道包括:

对滤波后的出力信号作傅里叶变换,获得滤波后的出力信号的振幅谱和相位谱;

将振幅变化系数和滤波后出力信号振幅谱作乘积,作为新的振幅谱,相位谱保持不变;

对新的振幅谱和相位谱作傅里叶逆变换,得到振幅变化作用后的出力信号。

一种波形自适应匹配的可控震源谐波消除方法及系统

技术领域

[0001] 本发明属于地震资料处理领域,通过提取可控震源出力信号中有效信号、消除谐波干扰信号,提供一种波形自适应匹配的可控震源谐波消除方法及系统。

背景技术

[0002] 在可控震源勘探过程中,由于震源机械装置和震动装置的非线性,以及震板与大地的耦合问题,导致可控震源输出的信号产生畸变。震源平板向地下传输扫描信号的同时,也向地下传输参考信号整数倍的谐波干扰。根据其频率的倍数,将这种谐波干扰依次分为二次谐波、三次谐波及n次谐波。

[0003] 国内外学者提出了许多消除地震数据中高阶谐波,提取有效波信号的方法。Li等(1995)针对线性扫描方式提出了纯相移滤波方法,可有效地压制近场和远场的谐波畸变,它是针对传统的单炮点采集提出的,不适用于可控震源滑动扫描采集方式。针对滑动扫描数据,Fleure(2002)提出了一种在频率域分离谐波并对其压制的技术,Meunier和Bianchi等(2002)提出了一种通过预测谐波,再在每道记录中依次减去谐波的方法。Moerig(2007)提出通过对相关后数据中负时间域的谐波噪声进行统计,来估计地震记录中谐波能量,进而消除谐波畸变的方法。Abd El-Aal(2010)和Claudio Bagaini(2010)分别在时间域和频率域推导谐波预测算子来预测相关后地震记录中的谐波噪声,但它需要用到相关前数据,无法直接处理相关后数据。Charles Sicking(2009)利用地面力信号和扫描起始时间设计滤波器,将滤波器与基波能量褶积来估计该炮对上一炮记录产生的谐波噪声,该方法可直接用来处理相关后记录。

[0004] 因此,本领域急需一种在有效保留原始地震道振幅变化信息的同时,消除震源信号中的谐波干扰信号的方法。

发明内容

[0005] 可控震源激发过程中,震源平板向地下激发有效信号的同时,有效信号产生畸变生成整数倍频率的谐波干扰。为了解决现有技术中的问题,本发明提供一种自适应的波形匹配滤波方法,并对滤波后的振幅进行处理,在有效保留原始地震道振幅变化信息的同时,消除震源信号中的谐波干扰信号。

[0006] 根据本发明的一个方面,提供一种波形自适应匹配的可控震源谐波消除方法,该方法包括:

[0007] 提取可控震源特征信号中的参考扫描信号和出力信号;

[0008] 将参考扫描信号作为波形匹配道,采用自适应匹配方法,将出力信号与参考扫描信号道进行匹配滤波;

[0009] 求取出力信号滤波前后的振幅变化系数;

[0010] 将振幅变化系数作用于滤波后的出力信号。

[0011] 进一步地,提取可控震源特征信号包括:

- [0012] 提取可控震源辅助道中参考扫描信号、出力信号、平板加速度信号、重锤加速度信号；
- [0013] 分别将参考扫描信号和出力信号的两道地震信号数据提取出来。
- [0014] 进一步地,将出力信号与参考扫描信号进行匹配滤波包括:
- [0015] 设计自适应滤波器;
- [0016] 将自适应滤波器作用于出力信号,得到滤波后的出力信号道。
- [0017] 进一步地,设计自适应滤波器包括:
- [0018] 采用最小均方LMS算法作为自适应滤波器;
- [0019] 对自适应滤波器进行初始化,给定n时刻的抽头输入向量;
- [0020] 计算自适应滤波器输出对输入信号的响应;
- [0021] 比较输出结果与期望响应产生的估计误差;
- [0022] 根据估计误差自动调整滤波器参数。
- [0023] 进一步地,求取出力信号滤波后的振幅变化系数包括以下步骤:
- [0024] 对参考扫描信号作傅里叶变换,获得参考扫描信号的振幅谱;
- [0025] 对滤波前出力信号作傅里叶变换,获得出力信号的振幅谱;
- [0026] 计算每一个频率点处参考扫描信号振幅值与滤波前出力信号振幅值的比值,将该比值作为出力信号滤波后在此频率点处的振幅变化系数。
- [0027] 进一步地,将振幅变化系数作用于滤波后的出力信号道包括:
- [0028] 对滤波后的出力信号作傅里叶变换,获得滤波后的出力信号的振幅谱和相位谱;
- [0029] 将振幅变化系数和滤波后出力信号振幅谱作乘积,作为新的振幅谱,相位谱保持不变;
- [0030] 对新的振幅谱和相位谱作傅里叶逆变换,得到振幅变化作用后的出力信号。
- [0031] 根据本发明的另一方面,提供一种波形自适应匹配的可控震源谐波消除系统,该系统包括:
- [0032] 存储器,存储有计算机可执行指令;
- [0033] 处理器,所述处理器运行所述存储器中的计算机可执行指令,执行以下步骤:
- [0034] 提取可控震源特征信号中的参考扫描信号和出力信号;
- [0035] 将参考扫描信号作为波形匹配道,采用自适应匹配方法,将出力信号与参考扫描信号道进行匹配滤波;
- [0036] 求取出力信号滤波前后的振幅变化系数;
- [0037] 将振幅变化系数作用于滤波后的出力信号。
- [0038] 本发明利用震源特征信号中的参考扫描信号,消除出力信号中谐波干扰,从而获得激发的实际震源有效信号。

附图说明

[0039] 通过结合附图对本公开示例性实施方式进行更详细的描述,本公开的上述以及其它目的、特征和优势将变得更加明显,其中,在本公开示例性实施方式中,相同的参考标号通常代表相同部件。

[0040] 图1示出了本发明实施例的参考扫描信号的示意图。

- [0041] 图2示出了本发明实施例的含谐波干扰的出力信号。
- [0042] 图3示出了本发明实施例的去除谐波的出力信号和参考扫描信号对比图。
- [0043] 图4示出了本发明实施例的滤波后的出力信号与参考扫描信号的误差值。
- [0044] 图5示出了本发明实施例的实际出力信号。
- [0045] 图6示出了本发明实施例的出力信号的时频分析图。
- [0046] 图7示出了本发明实施例的滤波后的出力信号。
- [0047] 图8示出了本发明实施例的滤波后出力信号的时频图。
- [0048] 图9示出了本发明方法的流程图。

具体实施方式

[0049] 下面将参照附图更详细地描述本公开的优选实施方式。虽然附图中显示了本公开的优选实施方式,然而应该理解,可以以各种形式实现本公开而不应被这里阐述的实施方式所限制。相反,提供这些实施方式是为了使本公开更加透彻和完整,并且能够将本公开的范围完整地传达给本领域的技术人员。

[0050] 本发明提供了一种基于波形匹配的滤波方法,将震源特征信号中的参考扫描信号作为匹配滤波道,设计自适应滤波算子,作用于产生谐波畸变的震源出力信号,消除出力信号中的谐波干扰。求取原始出力信号与滤波后的出力信号振幅变化系数,将该系数对滤波后的振幅进行处理,有效保留出力信号中有效信号振幅信息,最终达到消除可控震源出力信号中谐波干扰的目的。

[0051] 根据本发明的一个实施方式,如图9所示,提供一种波形自适应匹配的可控震源谐波消除方法,该方法包括:

[0052] 提取可控震源特征信号中的参考扫描信号和出力信号;

[0053] 将参考扫描信号作为波形匹配道,采用自适应匹配方法,将出力信号与参考扫描信号道进行匹配滤波;

[0054] 求取出力信号滤波前后的振幅变化系数;

[0055] 将振幅变化系数作用于滤波后的出力信号。

[0056] 优选地,提取可控震源特征信号包括:

[0057] 提取可控震源辅助道中参考扫描信号、出力信号、平板加速度信号、重锤加速度信号;

[0058] 分别将参考扫描信号和出力信号的两道地震信号数据提取出来。

[0059] 优选地,将出力信号与参考扫描信号进行匹配滤波包括:

[0060] 设计自适应滤波器;

[0061] 具体地,采用最小均方LMS算法作为自适应滤波器,即将均方误差替换为瞬时误差的平方,以瞬时误差信号平方的梯度作为均方误差函数梯度的估计;

[0062] 对自适应滤波器进行初始化,给定n时刻的抽头输入向量;

[0063] 计算自适应滤波器输出对输入信号的响应;

[0064] 比较输出结果与期望响应产生的估计误差;

[0065] 根据估计误差自动调整滤波器参数;

[0066] 最后将自适应滤波器作用于出力信号,得到滤波后的出力信号道。

- [0067] 优选地,求取出力信号滤波后的振幅变化系数包括以下步骤:
- [0068] 对参考扫描信号作傅里叶变换,获得参考扫描信号的振幅谱;
- [0069] 对滤波前出力信号作傅里叶变换,获得出力信号的振幅谱;
- [0070] 计算每一个频率点处参考扫描信号振幅值与滤波前出力信号振幅值的比值,将该比值作为出力信号滤波后在此频率点处的振幅变化系数。
- [0071] 最后,将振幅变化系数作用于滤波后的出力信号道包括:
- [0072] 对滤波后的出力信号作傅里叶变换,获得滤波后的出力信号的振幅谱和相位谱;
- [0073] 将振幅变化系数和滤波后出力信号振幅谱作乘积,作为新的振幅谱,相位谱保持不变;
- [0074] 对新的振幅谱和相位谱作傅里叶逆变换,得到振幅变化作用后的出力信号。
- [0075] 根据本发明的另一实施方式,提供一种波形自适应匹配的可控震源谐波消除系统,该系统包括:
- [0076] 存储器,存储有计算机可执行指令;
- [0077] 处理器,所述处理器运行所述存储器中的计算机可执行指令,执行以下步骤:
- [0078] 提取可控震源特征信号中的参考扫描信号和出力信号;
- [0079] 将参考扫描信号作为波形匹配道,采用自适应匹配方法,将出力信号与参考扫描信号道进行匹配滤波;
- [0080] 求取出力信号滤波前后的振幅变化系数;
- [0081] 将振幅变化系数作用于滤波后的出力信号。
- [0082] 本发明提供了一种基于波形匹配的滤波方法,将震源特征信号中的参考扫描信号作为匹配滤波道,设计自适应滤波算子,作用于产生谐波畸变的震源力信号,消除力信号中的谐波干扰。求取原始力信号与滤波后的力信号振幅变化系数,将该系数对滤波后的振幅进行处理,有效保留力信号中有效信号振幅信息。
- [0083] 为便于理解本发明实施例的方案及其效果,以下给出一个具体应用示例。本领域技术人员应理解,该示例仅为了便于理解本发明,其任何具体细节并非意在以任何方式限制本发明。
- [0084] 为了验证这种基于自适应波形匹配的可控震源谐波消除方法的方法可行性,对模拟和实际资料进行测试。设计频率范围为4~84hz线性升频扫描信号,采样率为0.5ms,扫描时间2s,如图1所示。
- [0085] 参考扫描信号发生畸变,生成频率整数倍的谐波信号,二阶谐波能量为基波信号的0.8倍,三阶谐波能量为基波信号的0.5倍。因此,含谐波干扰的出力信号,其中基波信号能量与参考扫描信号能量一致,如图2所示。
- [0086] 采用最小均方(LMS)算法来进行自适应滤波,即将均方误差替换为瞬时误差的平方,以瞬时误差信号平方的梯度作为均方误差函数梯度的估计。
- [0087] 首先,初始化线性自适应滤波器;
- [0088] 给定n时刻的抽头输入向量;
- [0089] 计算线性滤波器输出对输入信号的响应;
- [0090] 比较输出结果与期望响应产生的估计误差;
- [0091] 根据估计误差自动调整滤波器参数。

[0092] 采用上述迭代过程,对图2中的谐波干扰进行滤波,得到不含谐波的出力信号如图3所示,图4为去除谐波后的出力信号与参考扫描信号误差。可以看到,除信号初始部分由于未达到完全收敛误差值较大外,随着迭代收敛误差值迅速减小,控制在2%以内。

[0093] 当出力信号与参考扫描信号之间存在能量差异时,需要取出出力信号滤波前后振幅变化系数,并将该振幅变化系数作用于滤波后出力信号。

[0094] 对某工区实际出力信号进行自适应滤波消除高阶谐波信号(如图5所示)。从出力信号的时频分析图中可以看到(如图6所示),信号中存在能量较强的高阶谐波干扰。

[0095] 采用滤波器阶数为200,步长因子为 2.0×10^{-11} 的自适应滤波器,以参考扫描信号为目标对出力信号进行滤波处理,图7为滤除谐波干扰后的信号,图8为滤波后信号与参考扫描信号误差,图9为滤波后信号的时频图。可以看到谐波干扰很好得到消除。

[0096] 以上已经描述了本公开的各实施例,上述说明是示例性的,并非穷尽性的,并且也不限于所披露的各实施例。在不偏离所说明的各实施例的范围和精神的情况下,对于本技术领域的普通技术人员来说许多修改和变更都是显而易见的。本文中所用术语的选择,旨在最好地解释各实施例的原理、实际应用或对市场中的技术改进,或者使本技术领域的其它普通技术人员能理解本文披露的各实施例。

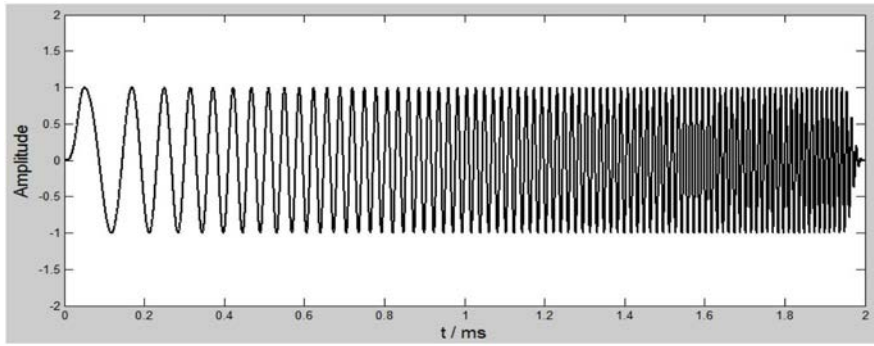


图1

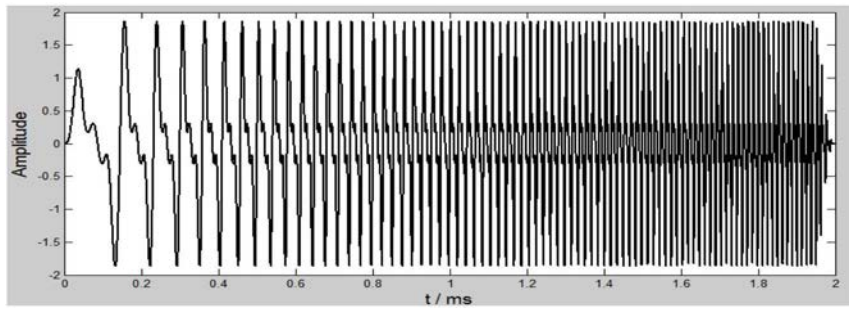


图2

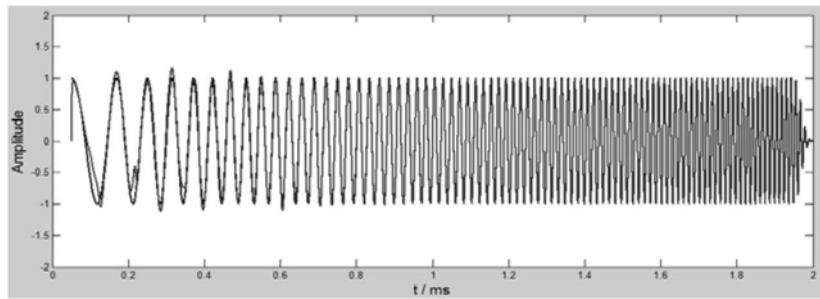


图3

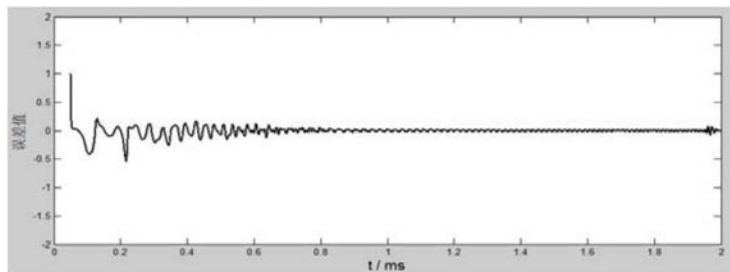


图4

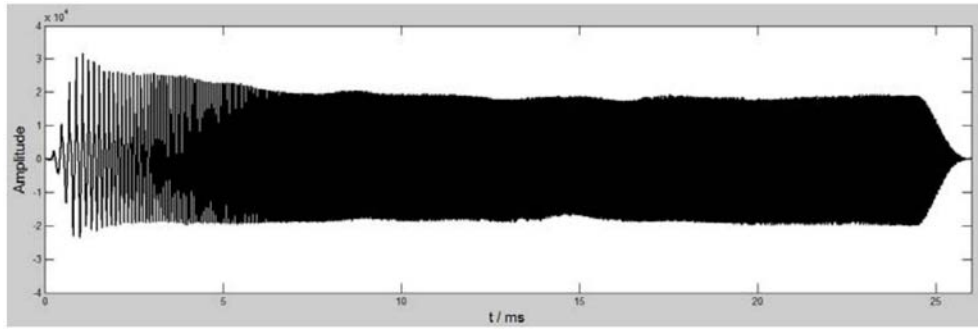


图5

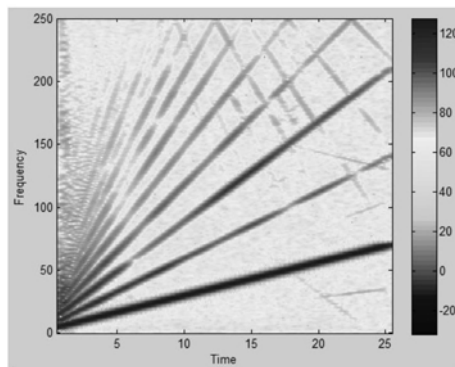


图6

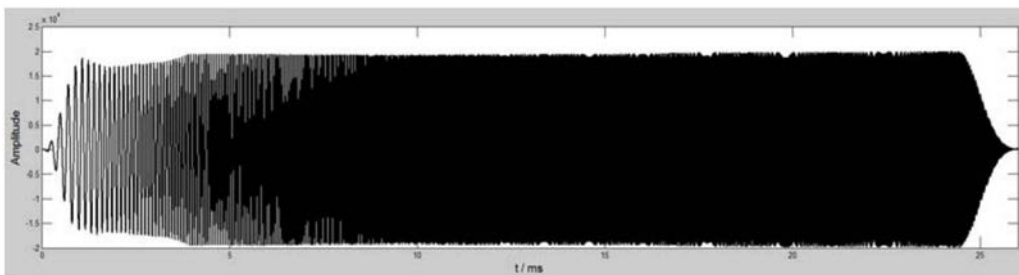


图7

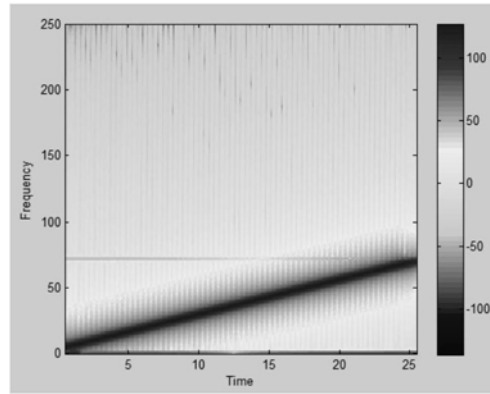


图8

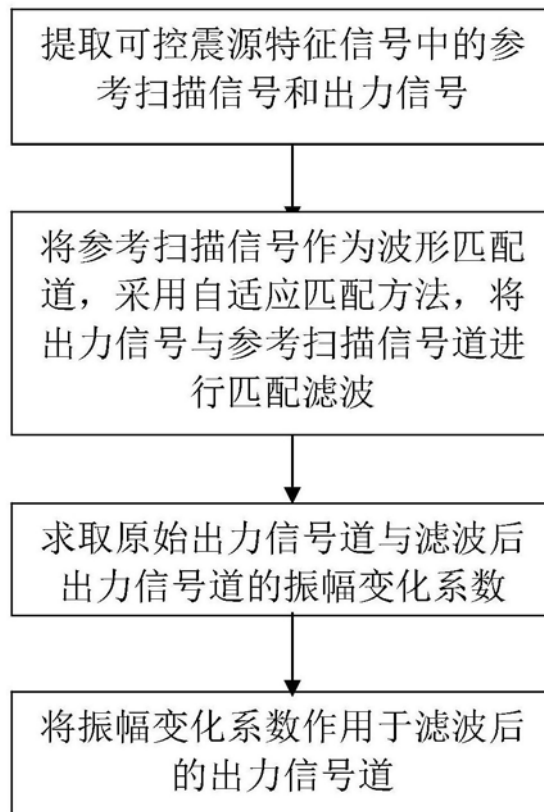


图9