

文章编号: 1671-8585(2007)06-0468-05

物理模型数据采集数控放大器的设计及应用

王辉明, 赵群, 马国庆, 薛诗桂, 宗遐龄, 李守才

(中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院南京石油物探研究所, 江苏南京 210014)

摘要:研究复杂介质地震波传播特征有效而直接的方法是地震物理模拟。目前地震物理模拟数据采集采用的是固定放大增益技术。在地震物理模型实验系统中,前置放大是提高弱反射信号的重要器件。在复杂地质条件下,地震勘探浅层与深层或近炮远炮间的地震反射信号能量相差很大,即地震信号的动态范围较大,固定增益的放大器满足不了深层或远炮间的信号分析。基于这个原因设计的可变增益前置放大器有一定的实用性。

关键词:地震物理模型模拟采集;集成运算放大器;数控增益

中图分类号: P631.4

文献标识码: A

中国油气勘探所面临的许多问题都是世界级难题,其基础研究尤为重要。超声波地震物理模拟是在实验室用物理模型对地震的有关现象特别是波动现象进行研究,对复杂地质构造、油气储集层的地震波场特征进行模拟^[1],是进行油气勘探开发基础研究的重要手段。地震物理模拟,首先是设计合理的地质-地震物理模型,然后以相似性准则确定模型大小并进行制作,最后采用超声波按照野外观测系统完成信号的发射和接收^[2]。超声波发射和接收换能器分别是电-声和声-电传感器,前者将电能转换成机械振动能传入模型介质中形成波动能,后者将接收的模型介质中的界面反射波动能转换成电能。换能器接收的信号经过接收系统中的前置放大到A/D转换等处理后,以标准地震道的形式记录在磁盘上^[3,4]。

在实际地震物理模拟的数据采集过程中,对于复杂模型的深层反射以及大偏移距道,超声波数据采集的前端信号非常微弱,致使在后期的处理分析上有很大难度。因此,在采集过程中需要将此信号进行增益放大^[5]。以往的前置放大器都是手动调节其放大倍数,是固定的放大增益,在信号微弱的地方得不到有效的增强,而野外地震数据采集采用浮点增益技术。因此要使深层弱信号更接近野外实际,我们应采用数控增益前置放大器,它可以在数据采集过程中用程序控制信号的增益,最终实现物理模拟数据采集的浮点放大。

1 前置数控增益放大器的设计

前置数控增益放大器采用的是集成运算放大器,它是一种高电压增益、高输入电阻和低输出电阻的多级直接耦合放大电路,它的2个输入端构成

整个电路的反向和同相输入端。电压放大级的主要作用是提高电压增益,它可由一级或多级放大电路组成^[6]。输出级一般由电压跟随器或互补电压跟随器组成,以降低输出电阻,提高带负载能力。偏置电路是为各级提供合适的工作电流。此外还有一些辅助环节,如电平移动电路、过载保护电路以及高频补偿环节等。

在设计放大器时,由于放大倍数大,所以噪声也随之加大,因此除了选取高性能、低噪声的集成运算放大器之外,还要在放大倍数和噪声之间权衡,最终在允许的噪声范围内将放大倍数调至最大^[7]。其次是频率响应和瞬态响应在大信号与小信号时有很大差别。在大信号输入时,运放将工作在非线性区域,通常它的输入级会产生瞬时饱和或截止现象。从频率范围看,这将使大信号的频带宽度总比小信号窄;从瞬态响应来看,放大电路的输出电压又不能即时地跟随阶跃输入电压变化^[8]。因此数控增益放大器必须通过对不同强弱信号放大时采取不同的放大增益,得到在大小信号时都能正确而不失真的显示来解决这些问题。

前置数控增益放大器的原理见图1,图中的第1级放大器对地震采集的微弱信号作前期预放大,

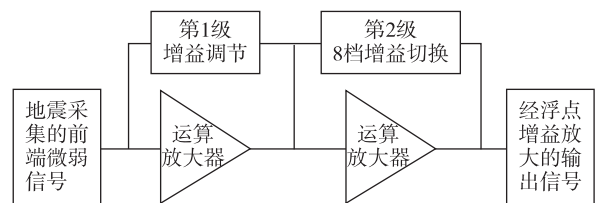


图1 前置数控增益放大器原理

收稿日期: 2006-07-28; 改回日期: 2007-05-21。

第一作者简介: 王辉明(1974—),男,助理工程师,现主要从事物探仪器的开发和研制工作。

再进行第 2 级放大输出给 A/D 采集。我们在第 2 级放大电路中设置了 8 级二进制阶的放大增益来实现程控增益放大。通过数字式切换继电器来改变输出,从而使各级放大增益在道间距逐级延长的环境下都能实现采集到的放大器输出电压相同,以此实现数字式改变增益。

2 前置数控增益放大器在物理模型上的实验与结果分析

为验证新研制的前置数控增益放大器的有效性,我们将厚块有机玻璃放在水槽中作为物理模型,研究其反射波场信号振幅特征。由于原系统在不接放大器的情况下信号太弱无法实现采集,故将原系统的放大器增益调至极点放大 600 倍来采集,并与新研制的前置数控增益放大器进行对比。原系统采集单炮记录见图 2,图中给出了原系统采集单炮记录的峰值振幅随偏移距变化曲线,可以看出最大振幅仅为 1 V。我们对原系统采集记录与新设计的数控放大器采集记录作了比较,新研制的前置数控增益放大器的数据采集选用了部分图例,因

其第 7 档与原系统最大档基本相同,故给出第 8 档作对比,数控增益放大器的 8,5,3,1 档采集单炮记录见图 3 至图 6。从峰值振幅随偏移距变化曲线可以看出振幅的阶梯变化。

图 2 至图 6 都是采用同一发射能量,同一模型,同一位置,所改变的仅仅是放大器及放大倍数,在相同环境条件下可以看出,图 3 比图 2 在小信号的反映上更清晰,即数控增益放大器比模拟放大器在小信号的提升上更加明显;图 3 至图 6 所显示的是一个递减关系,这样在采样时就可以对大信号进行抑制,使输出信号不致于超调。

图 7 给出了在相同实验条件下,使用原系统放大器和数控增益放大器各增益档得到的第 1 道记录。记录仪显示了模型顶底的反射波形,随着使用的放大增益不同,波形的振幅也不同。图 8 给出了不同放大档位的单道峰值振幅,从中可以看出,每档的振幅关系。图 9 是原系统放大器和数控增益放大器在不同档位放大单炮峰值振幅随偏移距的变化曲线。实际采集时,可以根据偏移距的不同选用合适的放大倍数来放大采集信号。

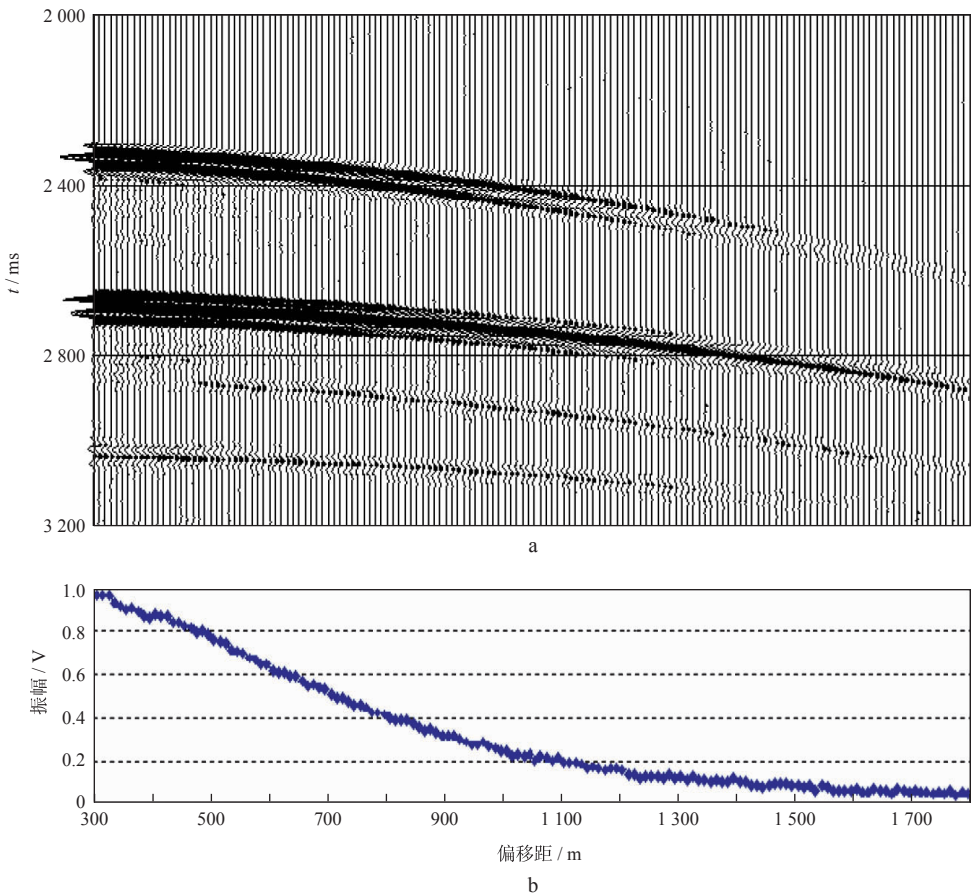


图 2 原系统采集记录(模拟控制放大增益 600 倍)

a 原系统采集的单炮记录; b 峰值振幅随偏移距变化曲线

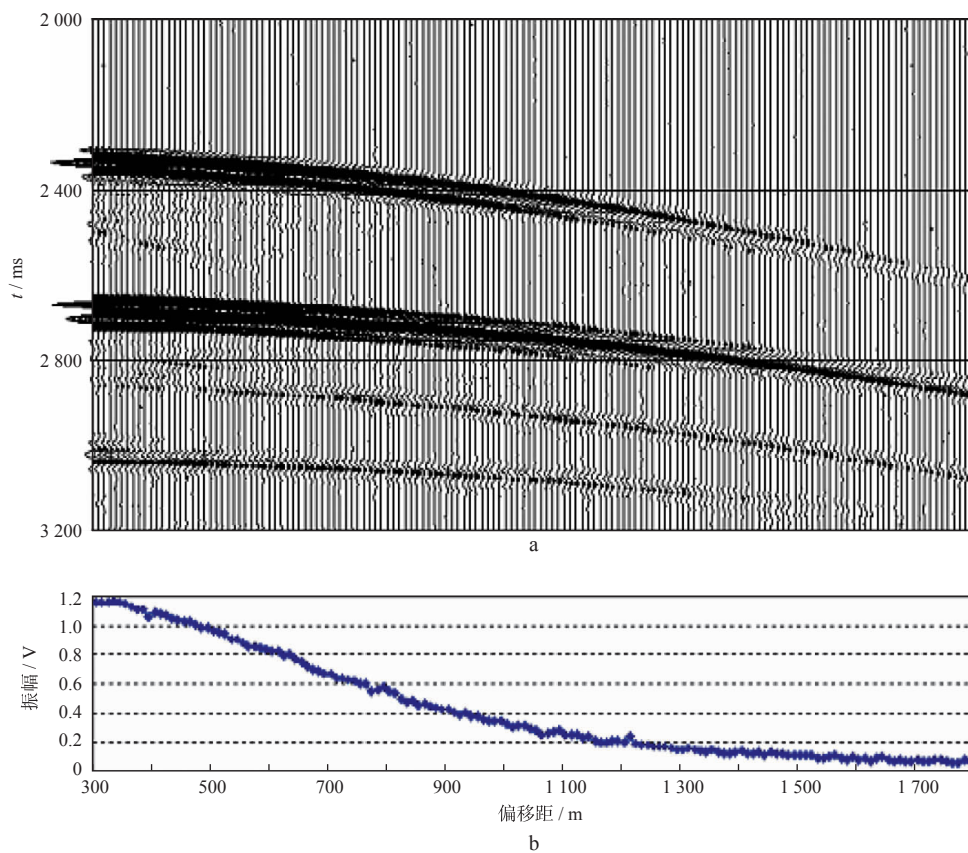


图 3 新研制数控增益放大器第 8 档采集记录($2^{9.5}=724$ 倍)
a 新增益控制第 8 档单炮采集记录; b 峰值振幅随偏移距变化曲线

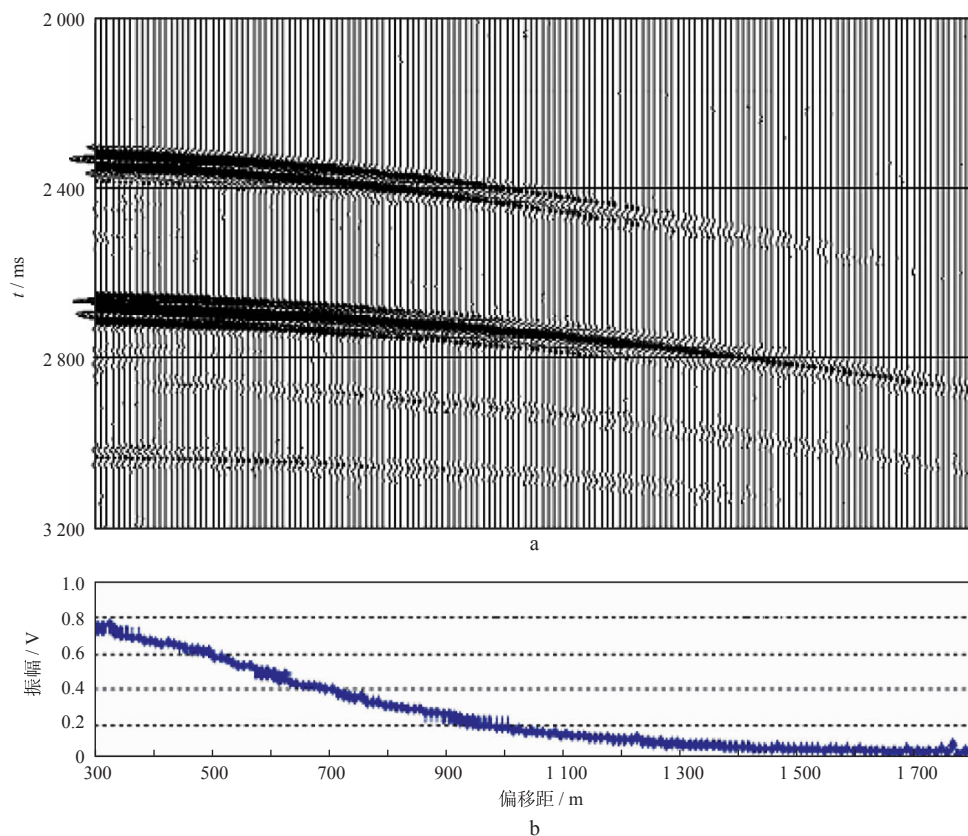


图 4 新研制数控增益放大器第 5 档采集记录($2^8=256$ 倍)
a 新增益控制第 5 档单炮采集记录; b 峰值振幅随偏移距变化曲线

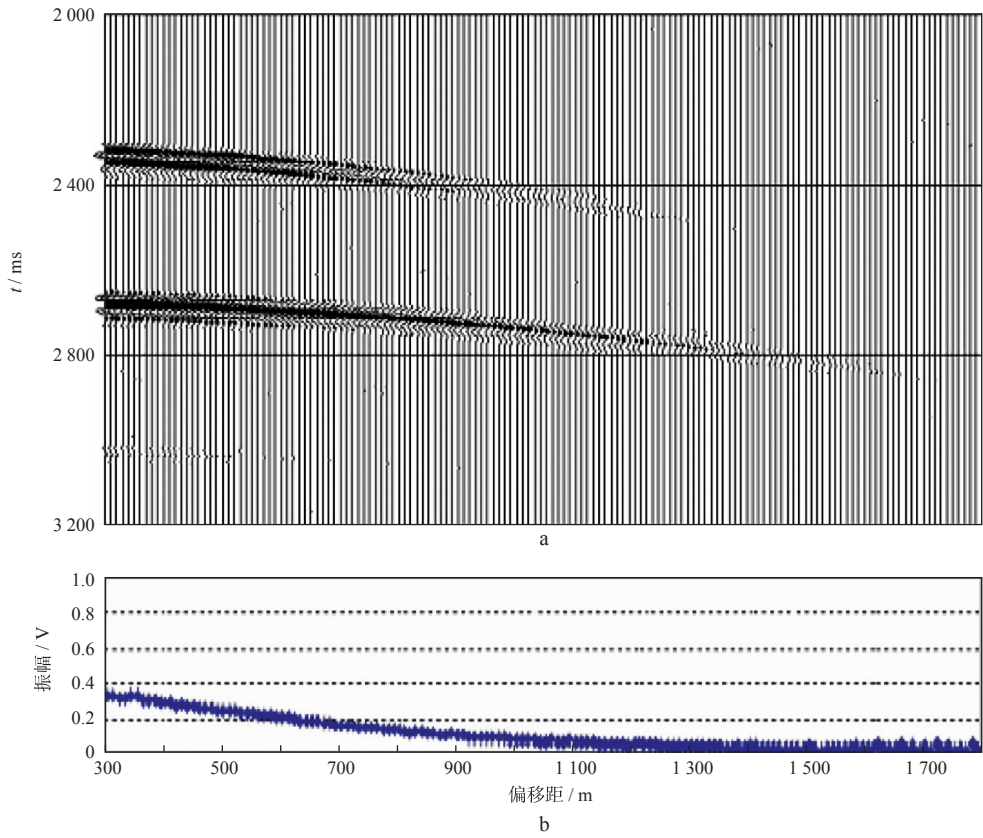


图 5 新研制数控增益放大器第 3 档采集记录($2^7 = 128$ 倍)
a 新增益控制第 3 档单炮采集记录; b 峰值振幅随偏移距变化曲线

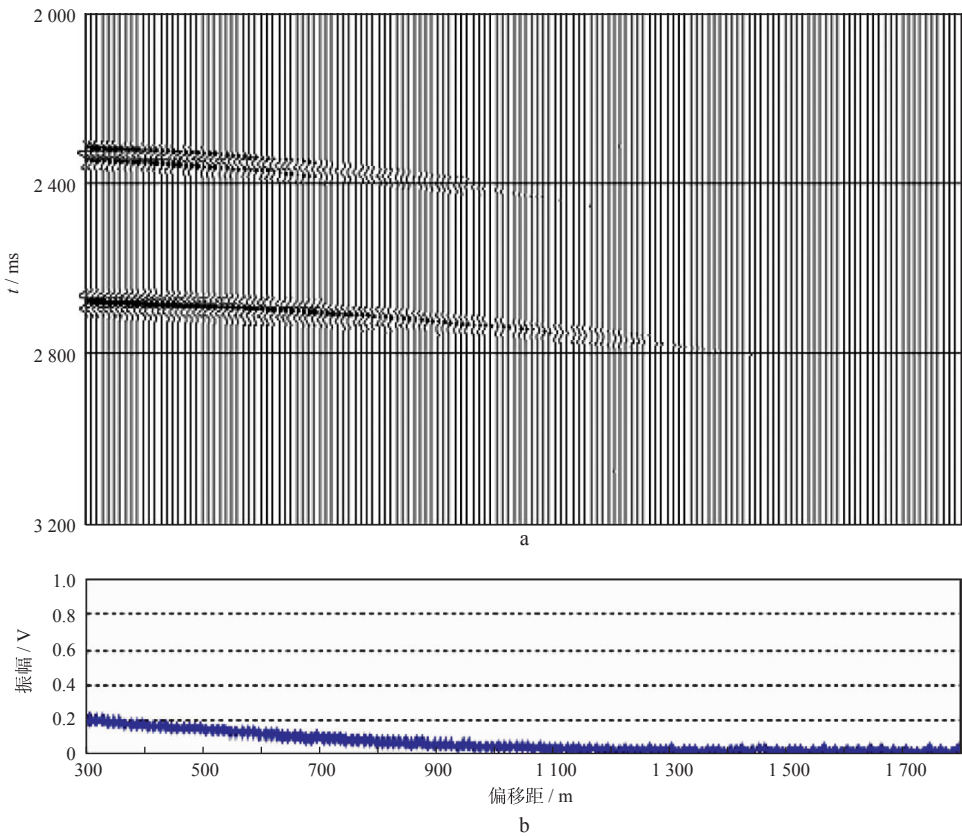


图 6 新研制数控增益放大器第 1 档采集记录($2^6 = 64$ 倍)
a 新增益控制第 1 档单炮采集记录; b 峰值振幅随偏移距变化曲线

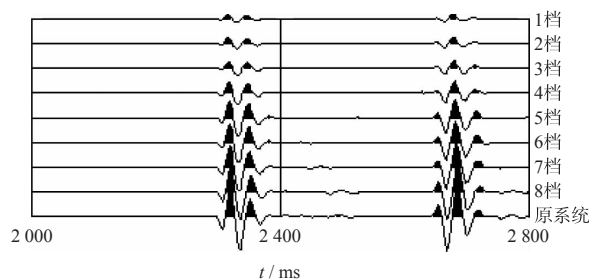


图7 原系统与新数控增益系统不同放大档单道采集记录

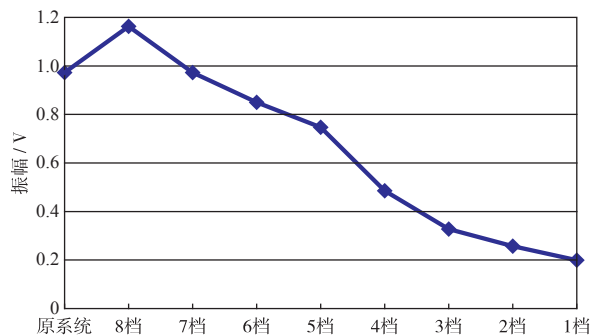


图8 原系统与新数控增益系统不同放大档单道峰值振幅

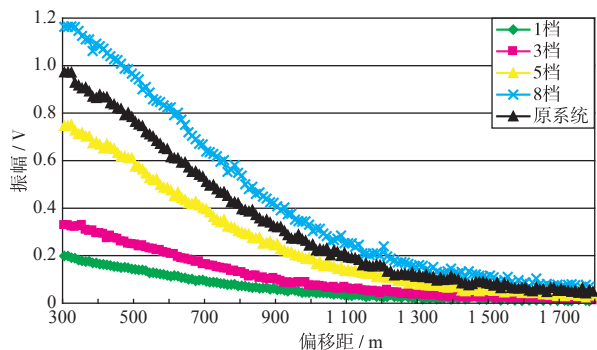


图9 原系统与新数控增益系统不同档放大单炮峰值振幅随偏移距变化曲线

在用原系统放大器进行采集过程中,同点切换增益不可能实现信号一致,增益变,振幅也变。只有在恢复原增益时,才能实现信号一致。因为模拟放大器的增益切换是通过可调电位器来实现的,在手动改变增益后就无法再回到原来的增益点上。而数字式的调增益则可以完全重复,这是模拟式调增益无法比拟的。这也为数控增益提供了先决条件,采集过程中,当前端信号强时,可以用数字调增益放大倍数小的档位进行采集;当前端信号弱时,可以用放大倍数大的档位进行采集。这样就可以

实现地球物理模型数据的精细采集,弱信号的提升有助于后期的处理分析。

以上试验结果表明,本文介绍的数控增益放大器可以应用于地球物理超声波测试,新的数控增益放大器为地球物理模型数据的精细采集提供了可能。

3 结束语

本文分析了研制前置数控增益放大器的必要性,介绍了它的设计原理,并把新研制的前置数控增益放大器应用于物理模型实验。实验证明,新研制的前置数控增益放大器具有很强的实用性,可以提高超声地震物理模型数据采集远道及小信号的精度,最终实现地震物理模拟数据采集的浮点放大。

目前研制的前置数控增益控制放大器由于是利用继电器的干触点吸合来控制增益的变化,严格来讲,尚属于低速切换的数字增益控制放大器,还需要在数字增益控制的基础上再研制快速切换增益的浮点放大器,以便更好地用于复杂地震物理模型的精细数据采集。

参 考 文 献

- 1 Berge P A, Mallick S, ryer G J, et al. Reflection/Transmission coefficients and azimuthal anisotropy in marine seismic studies[J]. Geophysical Journal International, 1991, 105: 241~252
- 2 Ruger A. Variation of P-wave reflectivity with offset and azimuth in anisotropic media [J]. Geophysics, 1998, 63(3): 935~947
- 3 郝守玲,赵群. 地震物理模型技术的应用与发展[J]. 勘探地于物理进展, 2002, 25(2): 34~43
- 4 杨勤勇,赵群,王世星等. 纵波方位各向异性及其在裂缝检测中的应用[J]. 石油物探, 2006, 45(2): 177~181
- 5 李剑峰,赵群,郝守玲等. 塔河油田碳酸盐岩储层缝洞系统的物理模拟研究[J]. 石油物探, 2005, 44(5): 428~432
- 6 郝守玲. 声波速度测量的频率和尺度效应分析[J]. 勘探地球物理进展, 2005, 28(5): 309~313
- 7 段九州. 放大电路实用设计手册[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2002. 230
- 8 Stout D F. 运算放大器电路设计手册[M]. 张保栋,周鑫之译. 北京: 人民邮电出版社, 1983. 559