

·激光技术·

水下声场激光相干探测的特征提取与分析

赵 龙, 张 骏, 杨海梅, 王庆娥

(烟台大学 光电信息科学技术学院, 山东 烟台 264005)

摘 要: 激光相干探测法从水表面获取水下声场的信息, 通过水表面反射光与参考光的干涉, 从干涉信号中提取水下振动的频率。采用频谱分析与傅里叶滤波变换的特征提取方法, 可有效地增强信号里水下声场的振动特征。振源在水下 35 cm 处, 分别以 1 000 Hz、2 000 Hz 和 3 200 Hz 振动, 激光相干探测从水面实时获取信息。通过对实验数据的分析表明, 激光相干探测可以有效地获取水下声场振动的信息, 傅里叶变换滤波方法能有效地增强目标的特征。

关键词: 光纤; 水下声源; 干涉; 激光探测; 滤波

中图分类号: TN241

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2016)-02-0027-04

Feature Extraction and Analysis of Underwater Acoustic Source with Laser Interferometry

ZHAO Long, ZHANG Jun, YANG Hai-mei, WANG Qing-e

(Institute of Science and Technology for Opto-electronic information, Yantai University, Yantai 264005, China)

Abstract: The information of the underwater acoustic field is obtained from the water surface by the laser coherent detection method. The frequency of the underwater vibration is extracted from the interference signal by the interference between the reflected light and the reference light on the water surface. The vibration features of the underwater acoustic field in the signal can be effectively enhanced by the method of spectrum analysis and fast Fourier transform (FFT) filter feature extraction method. Laser coherent detection gets the information from the water surface in real time under the condition that the vibration source is located underwater 35 cm, respectively with 1 000 Hz, 2 000 Hz and 3 200 Hz vibration. Through experimental data analysis, the results show that the laser coherent detection can effectively obtain the vibration information of underwater acoustic field, and FFT filter method can effectively enhance the features of the target.

Key words: optical fiber; underwater acoustic source; interference; laser detection; filtering

由于光在水中的穿透能力有限, 而声波在水中的衰减比光波小很多, 所以可以利用激光实现对水下声源的探测^[1]。康明斯等^[2]在 1964 年进行了通过观察这些分散粒子在激光中的多普勒频移来测量悬浮颗粒速度的工作。该技术被称为激光多普勒测速仪, 前提是粒子可以在被检测的液体里悬浮和移动。宫彦军等^[3]在表面微波动力学方程^[4]的基础上进行了直接从水表面的散射光提取水下信号的

研究。戴振宏等^[5]将普遍的流体力学方程线性化, 通过对水表面横向微波一维模型的理论研究, 推导出水表面一维模型的横向微波色散关系以及波的传播形式。得到结论, 声源在水表面激起的微波, 其振动频率等于声源的频率, 传播速度为在自由水表面的传播速度。这为用激光探测水下声信号奠定了理论基础。张晓琳等^[6-7]进行了水下声信号的激光干涉测量。实验结果表明, 该方法能够准确探测水

收稿日期: 2016-04-12

基金项目: 国家自然科学基金(60277023); 山东省自然科学基金资助项目(ZR2011FM007)

作者简介: 赵龙(1988-), 男, 山东临沂人, 硕士研究生, 主要从事水下声场的激光探测研究。

下声信号的振幅及其频率特征。文中对1~6 kHz频率范围的振动规律进行了研究,并对原始信号做频谱分析和滤波等处理,以实现特征信号的提取与分析。

1 实验原理

实验所搭建的为光纤型的实验平台,所用激光为632 nm的红色光,激光通过直径约10 μm 的光纤进行传输,水下声源在离水面35 cm左右的深度。

激光器产生的激光经分束器后分成两束,一路经过准直镜聚焦后照射到水面,信号发生器产生的信号经功率放大器放大后传到水下声源,这样从水面反射的光就携带水下声源的信息。反射光与参考光发生干涉后,干涉信号通过光纤传输到光电传感器。光电传感器将光信号转换为电信号,输出到示波器和计算机上,这样就可以直观地观察到干涉信号的波形。可以对时域的干涉信号进行傅里叶变换等处理,得到频域信号并分析。

2 实验结果与分析

将水下扬声器作为振源,放在水下35 cm深处。改变扬声器的振动频率和强度,来研究激光相干探测方法从水表面来提取水下振源的振动特征。实验中,扬声器分别以1 000 Hz、2 000 Hz和3 200 Hz的频率振动,输出电压为1 V在水下振动。图1为扬声器以1 000 Hz、振幅为1 V振动,激光相干探测水面的实验数据和频谱分析结果。

图1a给出水下振源以1 000 Hz振动时,激光相干探测从水表面得到的实验数据。

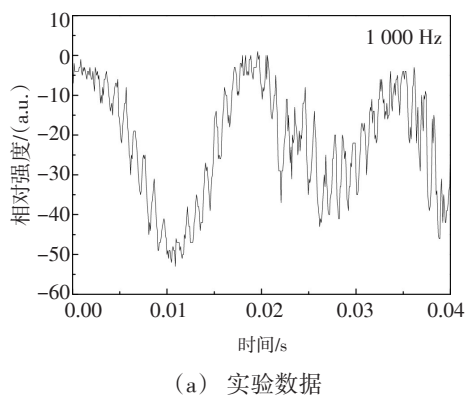


图1 水下扬声器以1 000 Hz、振幅为1 V振动,激光相干探测水面的实验数据和频谱分析结果

从实时的数据可以看出,在一个低的起伏信号上叠加了振动的信息。通过傅里叶变换做的频谱分析,结果如图1b所示,1 000 Hz的振动特征比较明显。

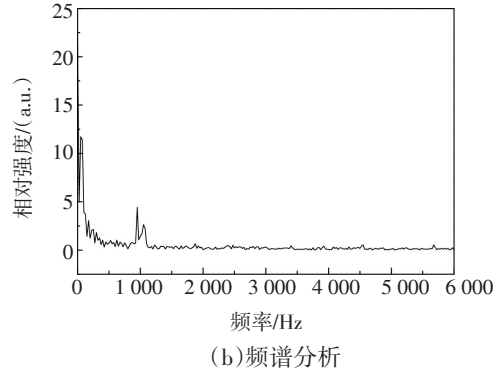


图1 水下扬声器以1 000 Hz、振幅为1 V振动,激光相干探测水面的实验数据和频谱分析结果

分析结果表明,水下振动的特征可以通过获取水表面的信息来获取,进一步证明该实验方法的可靠性。

改变水下振源的振动条件,分别以2 000 Hz和3 200 Hz的频率振动,输出电压为1 V在水下振动。实验数据和频谱分析结果如图2、图3所示。

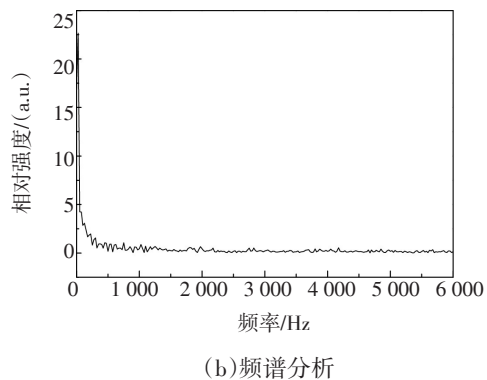
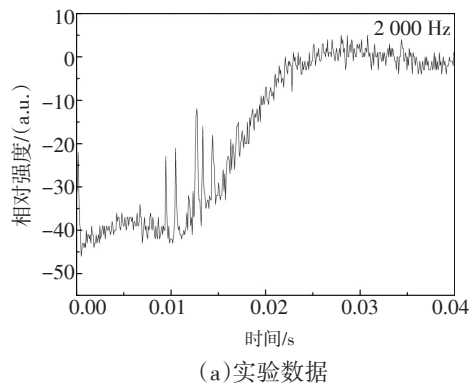
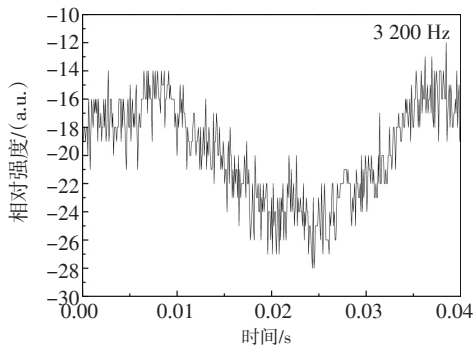
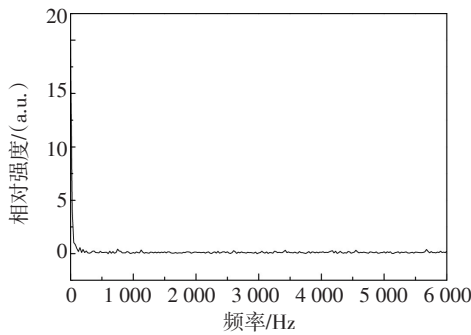


图2 水下扬声器以2 000 Hz、振幅为1 V振动,激光相干探测水面的实验数据和频谱分析结果



(a) 实验数据



(b) 频谱分析结果

图3 水下扬声器以3 200 Hz、振幅为1 V振动,激光相干探测水面的实验数据和频谱分析结果

图2a和图3a分别给出激光相干探测从水表面得到的实验数据。从实时的数据很难看出其振动的特征。借助于傅里叶变换做的频谱分析,结果如图2b和图3b所示。图中其振动的特征非常小,其振动的特征淹没在背景中。如何在实时获取的实验数据中提高目标的特征,这对实验探测提出了更高的要求。

3 信号特征的增强

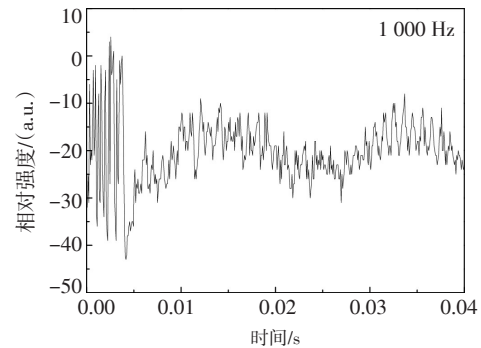
通过实验观察和数据分析可知,当扬声器振动的振幅不变时,随着振动频率的增加,激光检测到的信号中振动的幅值减小。这是因为在能量不变的情况下,随着频率的增加,单位时间内振动次数增多,分配到每次振动的能量减少。从而在水面引起的振动减小,检测到的信号强度变弱。因此在增大频率的同时,增大声源的振幅。

从水表面获取水下振动的特征,容易受到水表面自然波动和噪声的影响。从图1~图3的实验数据可知,水表面的自然波动是一个低频变化,因此,选择一个合适的带通滤波器,可有效地减小

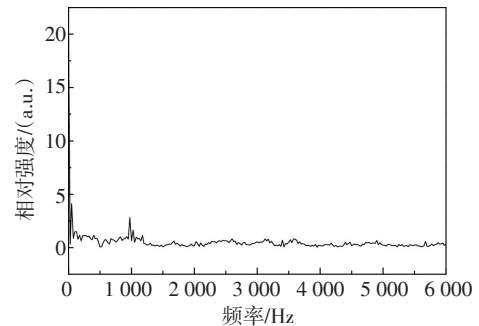
水表面自然波动和噪声对特征信号的影响。通过滤波可以有效地将水表面自然波动信号和声信号分离开,从而实现水下声信号的提取和分析。

图4为振动特征微弱时,采用带通滤波处理,增强振动特征图。

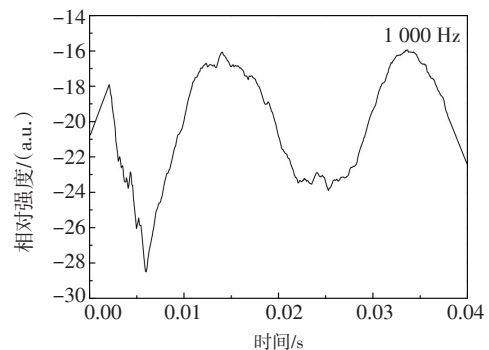
图4a和图4b所示为输出电压为1 V,水下声源频率为1 000 Hz时的波形和傅里叶变换得到的频谱。从分析结果看出,虽有1 000 Hz的振动特征,但特征比较小。因此选择一个带通滤波器对实验数据进行滤波,结果如图4c~图4f所示,图4c是水表面自然波动的信息,对应的频谱分析如图4d所示,水面自然波动频率主要集中在200 Hz以下。



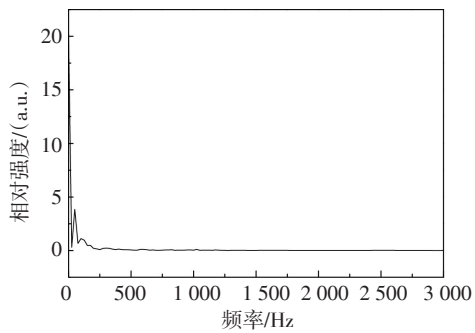
(a) 实验的原始波形



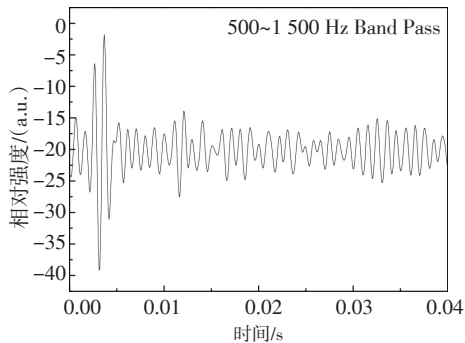
(b) 对应的频谱分析



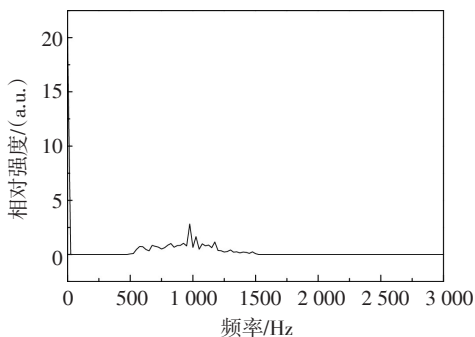
(c) 水表面的自然波动



(d) 频谱分析



(e) 带通滤波处理后获取的水下振动的波形



(f) 对应的频谱分析

图4 振动特征微弱时,采用带通滤波处理,增强振动特征

带通滤波的结果如图4e和图4f所示。图4e给出滤波后实验数据,振动间距均匀,符合特定频率的振动特征。频谱分析如图4f显示,在1 000 Hz处特征明显。因此过滤掉低频的水表面自然波动信号和高频噪声信号,可有效地增强目标的特征,有利于特征信号的提取。

4 结 论

利用激光相干探测研究水下声场的振动特征,通过对实验数据的频谱分析和滤波,可有效地增强目标的特征,从而实现特征信号的提取和分析。

参考文献

- [1] 曹增辉,郑田甜,孙腾飞,等.激光探测水下声信号的实验研究[J]. 光电技术应用,2014,29(2):17-21.
- [2] Anthony D Matthews, Lisa L Arrieta. Acoustic optic hybrid (AOH) sensor[J]. J. Acoust. Soc. Am., 2000, 108:3.
- [3] 宫彦军,江荣熙,李晓伟,等.利用激光从散射光中提取水下声信号的探测技术[J]. 烟台大学学报:自然科学与工程版,2003,16(1):38-42.
- [4] 孙金祚,江荣熙,戴振宏,等.激光-声-激光探测水下目标的理论和方法研究之一-高能量宽频带光-声声纳源的光声转换效率研究[J]. 目标与环境特性研究,1998(4):34-42.
- [5] 戴振宏,孙金祚,隋鹏飞.水表面横向微波一维模型的理论研究[J]. 烟台大学学报:自然科学与工程版,2003,16(1):23-28.
- [6] 张晓琳,唐文彦,段海鹏.激光干涉法探测水下声信号[J]. 大连海事大学学报,2009,35(1):53-56.
- [7] 段海鹏,唐文彦,刘丽华,等.中低频水下声信号的激光干涉法探测[J]. 光电子·激光,2009,20(9):1189-1192.

(上接第21页)

- 目标检测系统中的应用[J]. 红外与激光工程 2010, 39(3):571-575.
- [6] 康令州,陈福深,王德胜,等.基于形态学算法的红外图像小目标检测方法研究[J]. 光电工程,2010,37(11):26-31.
 - [7] 于国桥,刘天华.基于小波变换的红外图像去噪[J]. 红外,2007,28(2):25-27.
 - [8] 邹瑞滨,史彩成,毛二可.基于剪切波变换的复杂海面红外目标检测算法[J]. 仪器仪表学报,2011,32(5):1103-1108.
 - [9] 李晓龙,王江安,马治国.基于多向梯度背景预测的红外目标检测算法[J]. 现代电子技术,2010(12):103-107.
 - [10] 蔡荣太,吴庆祥.基于脉冲神经网络的红外目标提取[J]. 计算机应用,2010,30(12):3327-3330.