

文章编号: 0258-7025(2001)01-0074-03

机载激光测深系统中回波信号大动态范围的偏振压缩

杨克成 朱 晓 李再光

(华中科技大学激光技术国家重点实验室 武汉 430074)

摘要 采用偏振检测方法,对机载激光测深实验系统接收到的大动态范围的水下目标反射的激光回波信号的压缩进行了实验研究。结果表明,偏振检测方法能压缩激光回波信号的动态范围至少达一个数量级,对水下的激光后向散射有较强的抑制作用,对探测水下目标反射的激光回波信号的影响不大。

关键词 激光雷达,偏振检测,后向散射,水下目标

中图分类号: TN 958.98; TN 959.73 文献标识码: A

Compression of Large Dynamic Range Returned Signals by Polarization Detection in Airborne Laser Bathymetry System

YANG Ke-cheng ZHU Xiao LI Zai-guang

(National Lab of Laser Technology, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074)

Abstract This paper described a polarization detection method to compress the larger dynamic range of laser returned signals in airborne laser bathymetry system. The experimental results show that the method can compress the dynamic range of returned signals more than one order, restrain the laser backscattering largely, and haven't influence too much on detecting laser returned signals from the underwater.

Key words lidar, polarization detection, backscattering, underwater target

1 引 言

在机载海洋测深激光雷达中^[1,2],激光束从空中向下发射,其回波信号包括水面、水下后向散射和水底的反射信号。由于激光束在水下的衰减较在空气中的衰减大得多,所以,在这种回波信号中,水面回波信号的强度较海底回波的强度大得多,其动态范围一般可达 56 个数量级^[3]。若采用线性光电转换,现有的电子线路很难承受如此大动态范围的输入信号,即使能够承受这种信号的输入,信号的峰值通常将超过数字化设备的动态范围。其结果是海底的回波信号的幅值相比水面和后向散射回波信号的幅值小得多,几乎为零。因此,这个仅仅在几十到几百个纳秒内出现的大动态范围变化的激光回波信号必须压缩。

根据国内外有关水下目标探测系统的报

道^[4,5],机载激光海洋雷达系统主要采用光电倍增管(PMT)可变增益控制技术、门控技术、对数放大器以及改变机载激光雷达扫描方式——将矩形点阵扫描改为卵形扫描。用 PMT 的增益控制技术探测激光回波信号,并能对 PMT 的工作状态进行实时同步控制,实现对激光回波信号动态范围的压缩。另外还可采用门控技术和对数放大器等方法实现对激光回波信号动态范围的压缩。本文采用偏振检测方法,进行了对水面、水下和目标处的激光回波信号大动态范围压缩的实验研究。

2 实验装置

实验采用的是机载激光海洋测深系统^[6]。该系统包括:YAG 调 Q 倍频激光器、光学发射和接收系统、光电检测与信号处理系统等。与实验相关的有关系统的技术指标如表 1 所示。

表 1 机载激光实验系统主要技术指标

Table 1 The main parameters of the airborne laser bathymetry test system

Laser		Transmitter and receiver		Signal detection and processing system	
Wavelength :	532.07 nm	Rectangle lattice scanning		System bandwidth :	100 MHz
Pulse width :	10 ns	Scanning angle :	025°	Sampling rate :	200 MHz
Peak power :	2 MW	Collimation system :	$M = 0.625 \times$	Resolution :	8 bit
Repetition rate :	100 Hz		$= 3.33 \times$	Minimum detectable	
Mode :	TEM ₀₀	Field lens diameter :	200 mm	power :	$< 10^{-9}$ W
	Polarization	Relative aperture :	1/6		
Power stability :	$\pm 5\%$	Field of view :	50 mrad		

采用光学偏振检测技术探测机载海洋激光雷达回波信号的实验装置如图 1 所示。发射器将激光束从空中垂直射入水中,在水下 2 m 处放置 45° 平面反射镜,激光束经平面镜反射后,在水下沿水平方向传输。经水下目标反射后,沿原路返回的激光可以被接收器接收。接收器与发射器相隔有一段距离,该距离使得发射的激光在水面的光斑不在接收器的视场内。实验在长 175 m,宽 5 m,深 4 m 的船池中进行。

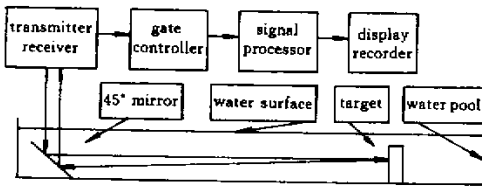


图 1 偏振探测实验框图

Fig.1 Diagram of polarization detection experiments

器的偏振方向平行和垂直于纸面的方向放置时,探测到的水下 20 m 深处的激光回波信号。由于水面上的激光光斑不在接收器的视场内,探测器接收到的是激光在水面反射的散射光,所以,图上表示的激光回波信号的动态范围远远小于实际动态范围。即使是在机载激光测深实验条件下^[6],并考虑波动的水表面^[7],其激光回波信号的动态范围也是大大

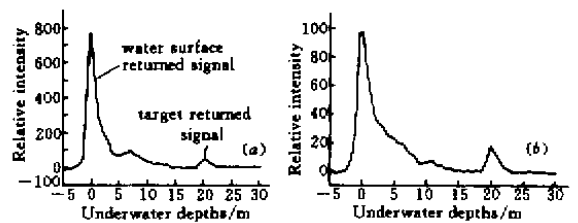


图 2 检波器偏振方向与图 1 平面平行 (a) 和垂直 (b) 时的水下激光回波信号

Fig.2 Underwater laser returned signal with polarizer direction being parallel (a) and perpendicular (b) to the Fig.1 plane

3 实验结果与分析

机载激光测深实验系统的发射器向下发射激光束的偏振方向平行于图 1 所示实验装置所在的纸面,在接收望远镜系统中,放置一个检偏器,其偏振方向可调,既可平行又可垂直于图 1 所示的纸面。当激光束在空中、水面和水下传输最后到达水下目标或水底,其间空气、水面、水体和水下目标或水底都将对激光束有退偏的作用。采用偏振检测方式压缩激光回波信号的动态范围正是利用了空气、水面、水体和目标或水底对偏振激光退偏程度的差异。将实验中的水面当作平面考虑,其对激光束的退偏作用很小。因此,空气和水面对激光束的退偏作用较激光束在水中的退偏要小得多。

实验中,采用偏振检测方式对水下 20 m 深处的目标进行了探测。图 2(a)(b) 分别表示检偏

高于图中所示的动态范围。图 3 所示的是图 2(a)(b) 的叠加,以利于比较。图 4 是在其他条件不变情况下,去掉检偏器,探测到的水下 20 m 深处的激光回波信号。由于在此条件下探测到的激光回波信号较强,在降低了探测灵敏度的情况下,水面回波仍然出现明显的饱和。从图中可以看出:(1) 水面反射的激光脉冲有较大的幅值,其中,图 2(a) 所示的激光回波信号的幅值明显比图 2(b) 的幅值大,有大约一个量级,说明采用偏振检测方式可以降低水面激光回波信号的强度。(2) 线偏振激光在水下传输的过程中,由于水中有大量的悬浮颗粒,其后向散射很强,激光在水中会逐步退偏,距离水面越近,退偏越小,距离水面越远,退偏越大。因此,图 2(b) 所示的后向散射比图 2(a) 所示的

后向散射下降得快。采用偏振检测方法使得垂直于偏振检测方向的后向散射光不能进入接收光学系统,所以,水面反射和水下后向散射的激光回波信号幅度比不加偏振检测时小很多。后向散射的抑制程度与水中悬浮颗粒的形状和分布有关。(3)从图 $\chi(a)$ (b)可以看出,采用偏振检测的水下目标的激光回波信号的强度较小。说明偏振激光在水下传输 20 m,经目标反射的激光回波信号仍有一定的偏振度。其退偏度包括水体和水下目标对偏振激光的退偏。

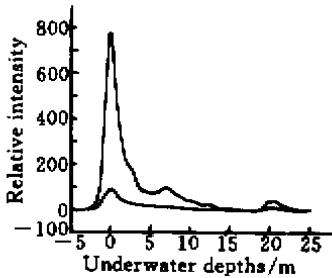


图3 检波器偏振方向平行和垂直于图1平面时的水下激光回波信号

Fig.3 Underwater laser returned signals with polarizer direction being parallel and perpendicular to the Fig.1 plane

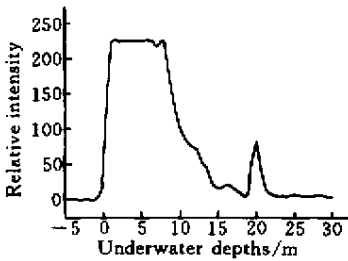


图4 无检偏器时的水下激光回波信号

Fig.4 Underwater laser returned signal without polarizer

实际上,对大动态范围的激光回波信号的压缩还可以提高。一方面,由于采用的检偏器的偏振度只有 85% 左右,所以,在偏振检测时,还有一部分非检测偏振方向的激光进入到探测器中,随着探测深度的增加,激光在水下的退偏度也随之增加,偏振检测方法探测到的水下目标的激光回波信号相比较退偏较小的情况还将有所增加。当采用高偏振度的检偏器时,对大动态范围的激光回波信号的压缩还将提高。另一方面,由于在实验中发射激光束的光轴与接收光学系统的光轴相隔一段距离,该距离使得发射的激光在水面的光斑不在接收器的视场内,由水面反射回来的有较高偏振度的激光并

没有直接进入接收光学系统,进入光学系统的水面反射光是水面的散射光。Jack Cariou 等^[8]的研究结果表明:当发射和接收光学系统同轴使用时,垂直入射的线偏振激光在水面反射,线偏振检测方式探测到的幅度比非线偏振检测方式探测到的幅度小约一个数量级。综合考虑这两个方面的因素,采用偏振检测方式探测大动态范围的激光回波信号将可以压缩 2 个数量级的动态范围。

4 结论

偏振检测方法能压缩回波信号的动态范围至少在一个量级,对水下的激光后向散射有较强的抑制作用,对探测水下目标反射的激光回波信号的影响不大。由于门控技术和增益可控技术等技术在压缩大动态范围激光回波信号方面都有局限性,综合利用各种技术进行大动态范围信号的压缩,将是一种必然趋势^[9]。偏振检测方法为这种趋势提供了一种新的可供选择的手段。

参考文献

- 1 F. E. Hoge, R. N. Swift, E. B. Frederick *et al.*. Water depth measurement using an airborne pulsed neon laser system. *Appl. Opt.*, 1980, **19**(6): 871883
- 2 M. F. Penny, R. H. Abbot, D. M. Phillips *et al.*. Airborne laser hydrography in Australia. *Appl. Opt.*, 1986, **25**(7): 20462058
- 3 G. C. Guenther, R. W. L. Thomas, P. E. Larocque. Design considerations for achieving high accuracy with the SHOALS bathymetry lidar system. *SPIE*, 1994, **2964**: 5471
- 4 Brian Concannon, V. Michael Contarino, Thomas P. Curran. Adjustable dynamic signal compression by photomultiplier space charge control. *SPIE*, 1990, **1302**: 421432
- 5 Wenge Chen, Tiexia Huang, Yiming Lu. Optical block reception for signals in laser underwater target detection system. *J. of Huazhong University of Science and Technology* (华中理工大学学报), 1995, **23**(4): 5254 (in Chinese)
- 6 Xiao Zhu, Kecheng Yang, Zaiguang Li. The experiment of airborne laser bathymeter. *Chinese J. Lasers* (中国激光), 1998, **A25**(5): 470472 (in Chinese)
- 7 Kecheng Yang, Xiao Zhu, Zaiguang Li. Influence of wavy water surface on performance of airborne laser bathymetry. *SPIE*, 1998, **3433**: 374378
- 8 Jack Cariou, Bernard Le Jeune, Jean Lotrian *et al.*. Polarization effects of seawater and underwater targets. *Appl. Opt.*, 1990, **29**(11): 16891695
- 9 O. Steinvall, Kurt Koppari, Ulf Karisson. Airborne laser depth sounding, system aspects and performance. *SPIE*, 1994, **2258**: 392412