

机载激光雷达系统水下最大探测深度分析^{*}

李交通^a, 朱海^b

(海军潜艇学院 a. 研究生队; b. 航海观通系, 山东 青岛 266071)

摘要:分析了机载激光雷达系统的最大探测深度,得出在系统参数及海水水质参数确定的情况下,机载激光雷达系统的最大探测深度同背景噪声有关.并以我国大陆架海水水质为例,给出了在不同背景噪声情况下,机载激光雷达系统所能探测到的最大深度.

关键词:激光雷达;最大探测深度;背景噪声

中图分类号: T760.6+22

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2009)01-0113-02

激光雷达探测系统探测水下目标深度的基本原理是:装在机载光电吊舱中的激光发射器经扫描反射镜向待测海面发射两种不同波长的激光束.一束为波长 $1.06\ \mu\text{m}$ 的近红外光,它将被海面反射;另一束为波长 $532\ \text{nm}$ 的蓝绿光,蓝绿光穿透海水能力较强,遇到水下障碍物就会反射回来.机载光电吊舱中的激光探测器接收这两束反射激光后,即可以计算出障碍物单点的水下深度^[1].所以当接收的信号低于系统的灵敏度时,激光雷达就无法探测到水下目标.根据激光雷达探测原理可以看出,直接影响其探测结果的因素主要有以下几点:探测系统本身的性能参数,如发射器的输出功率,光电探测器的灵敏度,即光电探测器所能接收到的最小信号功率;激光在大气、海水中的衰减,同海水的光学性质有关;水下目标的反射特性;背景噪声的大小,来源主要有:太阳、月球和恒星.

1 机载激光雷达方程分析

根据机载激光雷达方程,激光雷达接收信号功率为公式(1)^[1-2]:

$$P = \frac{P_0 A T^2 E}{\left(h + \frac{Z}{n}\right)^2} \exp(-2\mu h - 2Z) \quad (1)$$

式中: P_0 为激光发射器的功率; A 为接收光学系统的有效接收面; T 为海水透过率; E 为光学系统接收效率; μ 为目标漫反射系数; h 为飞机离海面的高度; Z 为目标在水中深度; n 为海水折射率; μ 为大气衰减系数; μ 为系统有效衰减系数.

在实际的激光脉冲传输过程中,由于大气和空气水界面对蓝绿激光的衰减同海水比起来要小得多,这样忽略激光在大气中的衰减,并且考虑到 $\frac{Z}{n} \ll h$,所以式(1)可以简化为式(2):

$$P = \frac{P_0 A T^2 E}{h^2} \exp(-2Z) \quad (2)$$

令 $r = \frac{P_0 A T^2 E}{h^2}$,显然当系统参数确定后, P_r 是一个常数.

只有当激光雷达接收信号功率 P 大于背景噪声功率(设为 P_b)时,激光雷达系统才能探测到水下目标,所以激光雷达系统最大探测深度 D_{\max} 可以由式(3)来确定:

$$P = \frac{P_0 A T^2 E}{h^2} \exp(-2D_{\max}) = P_b \quad (3)$$

由此可得式(4):

$$D_{\max} = \frac{\ln \frac{P_r}{P_b}}{2} \quad (4)$$

可见,当系统参数与海水水质参数确定时,机载激光雷达系统可探测到的最大深度同背景噪声有关.

2 背景噪声分析

对于机载激光雷达探测系统而言,背景噪声的来源主要有:太阳、月球和恒星^[3-4].这些背景噪声直接影响到探测水下目标的能力和结果.

通过对各种自然光源的噪声分析,比较结果见表1.

* 收稿日期:2008-09-18

作者简介:李交通(1981—),男,安徽怀远人,硕士研究生,主要从事目标反激光探测隐蔽深度研究.

表1 背景噪声分析中对各种光源噪声分析比较

	太阳光(中午,不用滤波器)	太阳光(中午,用滤波器)	月光(满月,不用滤波器)	月光(满月,用滤波器)	星光(不用滤波器)
噪声功率/W	5.45×10^{-4}	4.3×10^{-8}	6.67×10^{-10}	3.46×10^{-16}	3×10^{-14}

可见,用滤波器的太阳噪声功率比不用滤波器的月光噪声功率大 10^2 倍,比主要星光叠加的噪声功率还大 10^5 倍,因此,太阳光是主要的背景噪声。

设激光雷达系统参数如下:

$P_0 = 2 \times 10^3 \text{ kW}$, $A = 0.06 \text{ m}^2$, $T = 0.98$, $E = 0.5$, $\rho = 0.2$, $h = 500$.

对于大陆架海水取 $\rho = 0.181 \text{ m}^{-1}$. 若白天在不使用滤波器的情况下,太阳噪声功率是 $5.45 \times 10^{-4} \text{ W}$,随时间和太阳高度角的变化,呈正态分布,与飞机高度无关,可计算得到系统的最大探测深度仅为几米;使用滤波器后太阳噪声功率为 $4.25 \times 10^{-8} \text{ W}$,则相应的最大探测深度为 35 m. 晴朗的夜晚,月光和恒星噪声是主要的,月光的噪声主要由月相和月球高度变化角决定,星光的噪声很小,可以忽略不计,不用滤波器的月光噪声功率是 $6.67 \times 10^{-10} \text{ W}$,对应的最大探测深度为 48 m.

3 结束语

本文中对机载激光雷达方程进行了分析推理,得出了

当系统参数与海水水质参数确定时,机载激光雷达水下最大探测深度同背景噪声有关. 针对我国大陆架海水区域,计算出了机载激光雷达探测系统在白天、晴朗的夜晚分别能探测出的最大深度. 由计算结果可以看出,日、天光背景噪声对探测性能的影响较大,所以激光雷达探测系统工作的时间应当尽量选在晨昏或者夜晚工作.

参考文献:

- [1] 戴永江. 激光雷达原理[M]. 北京:国防工业出版社, 2002.
- [2] 徐启阳,杨坤涛,王新兵,等. 蓝绿激光雷达海洋探测[M]. 北京:国防工业出版社,2002.
- [3] Jelalian A V. Laser Radar System [M]. London: Aetrch House Boston,1992.
- [4] 冯士,李凤岐,李少菁. 海洋科学导论[M]. 北京:高等教育出版社,1999.

(上接第 112 页)代炮兵指挥系统,技术非常成熟可靠,已经大量装备部队. 而我军大量装备部队的某型炮兵群(团)射击指挥系统属于战术射击指挥系统,相当于美军的第二代炮兵指挥系统,和美军的差距非常大. 所以在当前,必须加大投入力度,依托科研院所、军事院校,结合我军的编制体制、作战样式、指挥模式,借鉴美军炮兵的发展经验和教训,以信息化条件下联合作战需求为牵引,尽早发展基于 VMF 的先进火炮指挥系统,促进联合作战的快速发展.

4.3 确保与现有装备、系统的平滑过度

由于我国科技和经济实力的约束,现有的各类火炮、通信装备、指挥系统不可能同时全部更新换代,只能按轻重缓急、分批次逐步更新换代,现有装备系统可能还要应用很长一段时间. 这就要求在研制数据链和各类指控系统时一定要考虑与现有装备、系统的兼容,确保现有装备通过技术改造、增加模块能在新开发的各类系统中使用. 数据链和指控系统研发部门一定要和装备研发部门及时沟

通,确保新研制的装备直接采用新的标准和系统,定型列装后能直接应用在各类系统中,新老装备、系统之间能平滑过度,保证炮兵战力的不断档和平稳提升.

参考文献:

- [1] 解放军理工大学. 数据终端与可变报文格式[Z]. 解放军理工大学战术互联网补充讲义,2005.
- [2] VMF TIDP - TE—2000, Variable Message Format (VMF) Technical Interface Design Plan (Test Edition) [S].
- [3] C20301 - 6000, Joint Tactical Data Link Management Plan [S].
- [4] Boutelle Stevenw, Ronaldfilak. AFATIDS: The Fire Support Window to the 21st Century[J]. 1996(03):16 - 20.
- [5] 崔瑞琴. 数据链及其发展应用[J]. 地面防控武器, 2006(02):46.