

桥区水域船舶通航安全控制高度测量系统设计

王 丹, 董亚力

(钦州学院海运学院, 广西 钦州 535011)

摘 要: 由于我国经济的快速发展, 越来越多的船只航行在有限的航道上, 而这些水域上面的桥梁, 就会对船舶的通行安全造成潜在危险, 对于吨位特别巨大的船舶, 尤其需要在船舶监控系统中, 加装高度测量设备, 对船舶航道的空间进行监测, 并主动发出预警。本文主要对船舶通航安全的控制原理进行分析, 并提出一种新型的高度测量方法, 该方法主要依靠一种测距雷达实现对高度的预测。因此, 文中主要对该雷达的各项性能参数进行重点优化, 并给出优化后的仿真结果。

关键词: 通航; 测量; 雷达

中图分类号: U698 文献标识码: A

文章编号: 1672 - 7649(2017)11A - 0034 - 03 doi: 10.3404/j.issn.1672 - 7649.2017.11A.012

Design of height measurement system for ship navigation safety control in bridge area

WANG Dan, DONG Ya-li

(Qinzhou University, Qinzhou 535011, China)

Abstract: Due to the rapid development of China's economy, more and more ships sail on limited waterways, and the bridges above these waters will pose a potential danger to the safety of ships. For ships with particularly large tonnage, especially Need to ship monitoring system, the installation of height measurement equipment, the ship's waterway space to monitor, and take the initiative to issue early warning. In this paper, the control principle of ship navigation safety is analyzed, and a new height measurement method is proposed. The method mainly depends on a kind of ranging radar to realize the height prediction. Therefore, the performance parameters of the radar are optimized, and the optimized simulation results are given.

Key words: navigation; measurement; radar

0 引 言

在桥区水域中, 受环境因素的影响, 经常会出现船舶通航方面的安全问题, 严重威胁工作人员的安全, 甚至出现严重的经济损失, 因此, 在未来发展中, 要重点对船舶的雷达高度测量系统进行设计, 只有做好此类设计工作, 才能在真正意义上增强船舶通航安全性与可靠性。

1 桥区水域船舶通航安全控制中高度测量系统设计思路

当船舶航行在陌生水域时, 若不能准确判断桥梁的高度, 很有可能会发生碰撞事故, 如图 1 所示, 船舶与桥碰撞后, 造成了船体的上部分严重损坏。因

此, 在船载的高度测量系统中, 雷达测距传感器的选型是非常重要的, 必须加大雷达测距传感器的选型力度, 提高系统的性能。雷达测距设备中最为关键的部分是雷达距离传感器, 市场中的类型很多, 因此, 要科学筛选雷达器型号, 保证量程与精度符合工作要求, 通常情况下, 主要的雷达测距工作系统为 GAAS, CDS, INP, ZNS 等, 这些系统具有性能高和成本低的优势^[1-3]。

在综合考虑系统要求的前提下, 要选择高性能的控制器, 以提高测量仪器的敏感程度, 同时, 采用高性能的 DSP 芯片完成测量数据的处理工作。此类仪器的使用, 具有测量距离远的优势, 测量的精确度很高, 稳定性符合工作规定, 满足船舶安全管理中防撞

收稿日期: 2017 - 09 - 03

作者简介: 王丹(1982 -), 男, 硕士, 讲师, 研究方向为船舶交通安全评价与技术及航海新技术。



图 1 船舶与桥碰撞损坏图

Fig. 1 Ship and bridge collision damage

系统的设计要求。最为主要的技术参数为: 测量距离的范围为 3~999 m, 最高处可以达到 1 999 m, 精确度为 0.1 m, 非常适合用于雷达的高度测量领域。且该系统的安全等级在 2 级左右, 符合国家提出的 DIN EN 60825-1 方面的规定, 控制器的输入的电压等级在 10 V 左右, 主要的供电形式为外接直流供电, 损耗功率小于 2 W, 输出接口的波特率为 10 000, 能够兼容众多的计算机系统, 工作温度控制在 -21°C ~ 39°C 之间, 非常适合海洋工作环境。

2 桥区水域船舶安全控制高度测量系统设计

设计时应该重视雷达测量的精度, 根据相关工作要求, 选择最佳的雷达安全控制方式与通信方式, 将测量精度控制在合理范围。在船舶高速航行时, 由于多普勒效应的存在, 雷达系统的高度测量不可避免会产生较大的误差, 因此必要在测量系统中引入校准量, 能够在不同的航行速度下, 自动补偿雷达系统的测量值, 保证航行的安全。

3 高度测量系统中的雷达测距单元的设计与优化

在此类系统进行设计的过程中, 当注意雷达安全等级的筛选, 采用先进的传感器通信技术, 创建专门的安全管理机制, 提高船舶通航安全性^[4-6]。

在对高度测量系统进行选型时, 需要重点关注雷达传感器的辐射剂量, 要控制在合理的范围内, 防止出现严重的安全问题。因此, 应当采用更高安全等级的系统, 将发射功率控制在 0.5 W~1 MW 左右, 以此优化设计机制。

在雷达测距传感器组成的系统中, 应该根据系统需要, 对各个主要功能单元进行设计。光学雷达测距系统的主要原理框架如图 2 所示, 主要包含了控制器、发射接收单元和信号处理单元。雷达测距系统的信号反馈环路如图 3 所示。

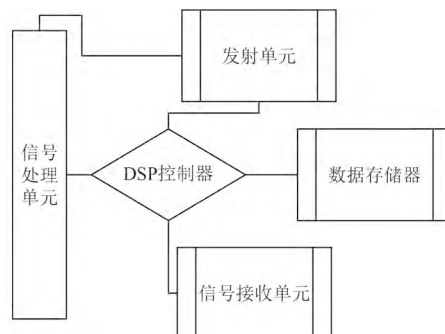


图 2 光学雷达测距系统

Fig. 2 Optical radar ranging system

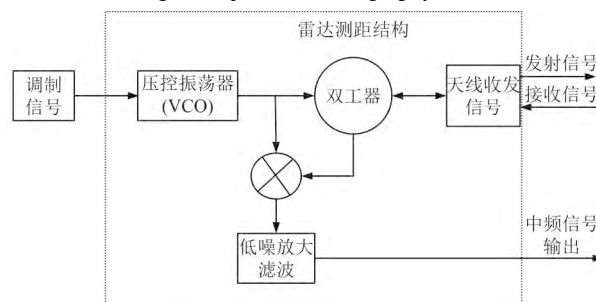


图 3 信号反馈环路

Fig. 3 Signal feedback loop

系统的输入信号可表示为

$$s(t) = Au(t)\cos\omega_0 t, \quad (1)$$

其中: ω_0 为雷达发射机的载波角频率; $u(t)$ 为调谐函数; A 为发射信号的幅度值。

调制信号模型为

$$u(t) = \text{rect}\left(\frac{t}{T}\right) + \text{rect}\left(\frac{t-T_r}{T}\right) \times N, \quad (2)$$

其中: T_r 为脉冲信号的发射周期; N 为雷达系统的脉冲发射数量。

$$\text{rect}\left(\frac{t}{T}\right) = \begin{cases} 1, & |t| \leq \frac{T}{2}, \\ 0, & |t| \geq \frac{T}{2}. \end{cases} \quad (3)$$

其中: T 为信号脉冲宽度; 将该模型转化成复信号的形式, 即

$$v_0 = v_I(t) + jv_Q(t), \quad (4)$$

该信号的幅度值为

$$v_s = \sqrt{v_I^2 + v_Q^2}, \quad (5)$$

相位值为

$$\theta = 2\pi f_d = \arctan \frac{v_Q}{v_I}, \quad (6)$$

当雷达测距系统受到干扰时, 其干扰信号强度为

$$r(t) = x(t)\cos(w_0t) + y(t)\sin(w_0t), \quad (7)$$

其中: $x(t)$, $y(t)$ 分别为雷达系统的输入信号和输出信号。经过滤波后, 得到简化的干扰信号强度为

$$r(t) = \sqrt{x^2(t) + y^2(t)}, \quad (8)$$

该信号的密度函数为

$$F(r) = 1 - \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right), \quad (9)$$

其中, σ 为均方根值。

为了进一步提高优化效果, 可采用瑞利分布, 对上述的密度函数进行积分, 得到

$$f(r) = \frac{r}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right), r \geq 0, \quad (10)$$

其 n 阶矩阵为

$$E(r^n) = 2^{\frac{n}{2}} \sigma^n \Gamma\left(1 + \frac{n}{2}\right), \quad (11)$$

该矩阵的均值和方差为

$$E(r) = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \sigma, D(r) \approx 0.43\sigma^2. \quad (12)$$

在选择雷达测距传感器时, 应该重视系统与单片机通信接口的要求, 选择独立可靠的控制系统, 一般采用 MCU 芯片控制的方式, 以提高整体测距系统的安全性。将 MAX232 作为核心 CPU, 强化雷达系统的数据处理能力, 采用先进的优化算法, 改善雷达发射信号的质量, 提高整个测距系统的抗干扰能力, 经过优化后的雷达系统测量误差曲线如图 4 所示, 说明在工作一定时间后, 系统依然能够保持很高的测量精度。

4 结 语

在设计桥区水域船体安全控制高度测量系统时,

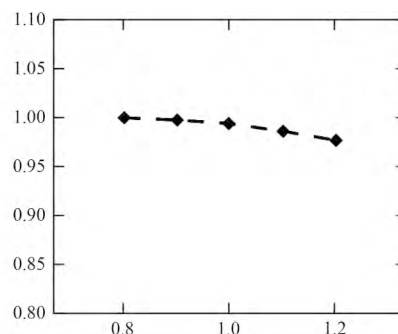


图 4 测量误差曲线

Fig. 4 Measurement error curve

也应该结合现代化通信技术, 改进系统的信号处理速度, 及时发现潜在的安全问题, 采取合理措施解决问题, 通过降低外部的干扰, 使得雷达系统的工作效率得到较大的提升。

参考文献:

- [1] 茹滨超, 鲜斌, 宋英麟, 等. 基于气压传感器的无人机高度测量系统[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2013, 44(S2): 94-97.
- [2] 徐汉萍. 基于拉绳位移传感器的登船桥高度测量系统设计[J]. 电气自动化, 2014, 36(03): 98-100.
- [3] WANG F Y, YUAN G N, ZHI-ZHONG L U, et al. Research on real-time wave height measurement using Xband navigation radar[J]. Ocean Engineering, 2007, 25(4): 84-87.
- [4] YU K. Tsunami-wave parameter estimation using GNSS-based sea surface height measurement[J]. IEEE Transactions on Geoscience & Remote Sensing, 2015, 53(5): 2603-2611.
- [5] YIN C, CAO Y C, ZHU B, et al. Application of significant wave height measurement using GNSS-R signals[J]. Journal of Tropical Oceanography, 2012, 31(6): 36-40.
- [6] YU K. Weak tsunami detection using GNSS-R-based sea surface height measurement[J]. IEEE Transactions on Geoscience & Remote Sensing, 2016, 54(3): 1363-1375.