

一种舰船水下电场信号采集与分析 软件设计与实现

王晓蓓, 夏立, 王向军, 稽斗

(海军工程大学 电气工程学院, 武汉 430034)

摘要: 舰船水下电场及防护技术是近几十年才被提出的新技术, 对舰船水下电场的精确测量是开展各项研究的基础; 针对舰船模型水下电场测量过程中采集信号精度要求高, 实时性要求高, 多路信号同时采集等难题, 采用并行处理和模块化设计的思想, 利用 C++ 小 1builder6.0 和 matlab 软件, 开发了一套舰船水下电场数据采集和分析软件, 实现了舰船模型运动过程中水下电场的自动采集, 并能对测量得到的舰船电场数据进行基本分析, 存储相关结果文件; 通过舰船模型水池运动实验, 验证了本软件采集数据和电场特性分析的正确性。

关键词: 舰船模型; 水下电场测量; 采集与分析软件

Design and Implementation of a Kind of Vessel Underwater Electric Field Signal Acquisition and Analysis Software

Wang Xiaobei, Xia Li, Wang Xiangjun, Ji Dou

(College of Electric Engineering, Naval University of Engineering, Wuhan 430033, China)

Abstract: Vessel underwater electric field and its protection technology are provided in recent decades. Precise measurement of vessel underwater electric field is the basis of each research. Aimed at the difficult problem of signal high precision, high real-time and multiple channel signal acquisition simultaneity in vessel model underwater electric field measurement process, a vessel underwater electric field data acquisition and analysis software is developed with C++ builder6.0 and Matlab. It realized automatic collection of warship model underwater electric field data and it can analyze the collected data and save result. Through vessel model movement experiment in pool, correctness of this software in data acquisition and analysis is validated.

Keywords: ship model; underwater electric field measurement; acquisition and analysis software

0 引言

舰电场及隐身技术是近几十年才被提出的新技术, 随着电子技术和传感器技术的快速发展, 海水中电场的测量水平已有大幅度提高。近年欧美、俄罗斯等国家的一些机构已经开始重视舰船的静电场、交变磁场和超低频电磁信号的研究, 装备了电场引信的水雷, 并对舰船的电场防护技术进行了深入研究, 并在某些大型及中型舰船上装备了电场隐身设备。对舰船水下电场的精确测量是开展上述研究的基础, 文献 [1] 提出了舰船水下电场测量系统的基本构想, 文献 [2] 基于嵌入式系统实现了一个水下电场简单采集系统, 文献 [3-4] 对舰船电场测量系统的硬件进行了设计, 但上述研究成果解决了舰船水下电场的测量手段, 缺乏对测量结果的相关分析。

文献 [5] 指出大力发展固定试验场测试技术是提高舰艇水下非声隐身试验与测试技术水平和能力的必由之路, 文献 [6] 搭建了水下主动电场定位系统实验平台。文献 [7] 设计了一种舰船电场实验室集中控制系统。为了开展大型舰船水下

电场相关领域的基础研究, 必须开展电场实验室相关建设工作, 创造实验条件, 建立实验平台, 配套实验软件系统。针对大型舰船模型水下电场实验室硬件平台, 采用 C 小 1builder6.0、matlab 等工具软件, 开发了一套舰船水下电场数据采集和分析软件, 实现了舰船模型运动过程中, 水下电场数据的自动采集, 并能对采集的数据进行分析, 构建舰船运动电场基本模型。

1 舰船水下电场实验系统简介

舰船水下实验系统主要为了研究舰船水下电场分布情况, 分析船模水下电场特性, 实验系统主要包括水下电场测量体、信号传输电缆、信号存储计算机和数据分析计算机等组成设备。实现各水下电场测量体的三分量电场数据测量、数模转换、数据收发、通信设置、数据预处理以及数据存储等功能, 系统承担舰船电场特性(包含频率特性、通过特性、信号特征等)分析、对比和绘图任务。

2 水下电场测量软件

2.1 水下电场测量软件基本功能

水下电场测量软件实现三分量传感器信号的采集、转换、处理、通讯功能, 考虑在实验系统中需要采集数据的传感器数量较多, 为了保证采集数据的实时性, 在系统中同时使用 5 台数据采集计算机分别采集 10 个不同传感器的数据, 在上面安

收稿日期:2014-03-15; 修回日期:2014-04-10。

基金项目:装备预研基金重点项目(9140A03051010JB1102)。

作者简介:王晓蓓(1985-),女,博士研究生,主要从事舰船水下电场建模与分析方向的研究。

装数据采集软件, 自动完成数据采集; 使用 1 台采集控制计算机控制整个数据采集过程, 在上面安装总控软件。具体功能描述如下:

- 1) 完成整个数据测量系统的自检;
- 2) 设置数据采集频率等参数;
- 3) 控制传感器测量开始、终止和远程关机;
- 4) 对采集的测量数据进行预处理并保存;
- 5) 将预处理后的数据传输给数据处理计算机。

采集控制计算机首先向数据采集计算机发送系统自检命令, 数据采集计算机向测量传感器发送状态检测命令, 采集传感器根据自身状态回复当前状态信息给数据采集计算机, 数据采集计算机将得到的传感器状态。若传感器状态正常, 采集控制计算机首先向数据采集计算机发送测量开始命令, 数据采集计算机向测量传感器发送开始工作命令, 采集传感器向数据采集计算机发送当前采集得到的原始数据, 数据采集计算机对收到的数据进行预处理, 并将处理后的数据发送给采集控制计算机, 采集控制计算机存储接收到的数据。当测量过程完毕后, 采集控制计算机向数据采集计算机发送停止采集命令, 数据采集计算机向测量传感器发送停止工作命令, 采集传感器接收命令后停止工作。水下测量软件的工作流程如图 1 所示。

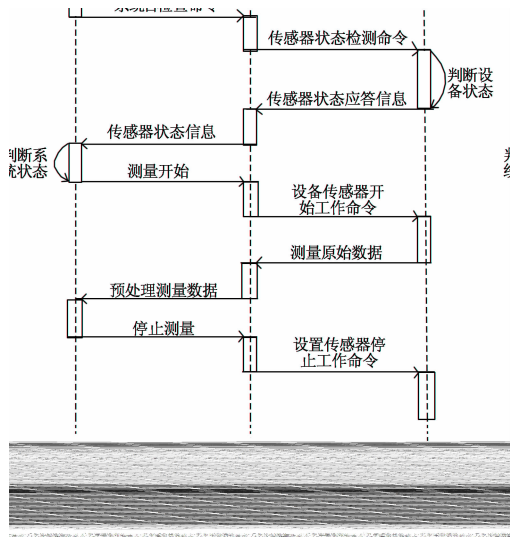


图 1 水下电场采集软件工作流程图

2.2 水下电场测量软件设计与实现

根据水下电场基本功能需求, 水下电场测量软件分为两个主要软件模块: 采集控制软件模块和数据采集软件模块, 两个模块分别部署在采集控制计算机和数据采集计算机, 通过局域网连接, 采用 Socket 消息通信, 数据采集计算机与采集传感器之间采用串口通信。

1) 采集控制模块:

采集控制模块供实验人员在实验过程中对采集设备进行控制, 主要由状态自检, 采集参数设置、采集过程控制、数据存储和数据发送等功能函数组成, 下面分别对各个功能函数的具体实现进行介绍。

(1) 系统自检: 在完成对软件相关参数初始化过程后, 发送检测命令, 根据接收的状态回报, 判断系统当前工作状态,

如果正常可以继续进行后续操作, 如果故障必须继续发送检测命令, 当超过设定时间限制时, 则认为系统确实故障。

(2) 采集参数设置: 采集参数设置功能模块功能比较简单, 直接向数据采集模块发送参数设置命令即可。

(3) 采集过程控制: 在完成系统自检和采集参数设置后, 直接向数据采集模块发送开始、停止或者远程关机命令。

(4) 数据存储: 采用二进制文本文件存储接收到的处理后采集数据, 并以本次采集时间对文本文件命名。

(5) 数据发送: 通过 Socket 接口与水下电场分析软件建立连接, 采用存储的二进制文本文件通过数据流发送给水下电场分析软件。

2) 数据采集模块:

数据采集模块在实验开始前由实验人员开启, 在实验过程中自动运行, 接受采集控制软件的控制, 主要由消息接收, 命令发送, 数据预处理和数据发送等功能函数组成, 下面分别对各个功能函数的具体实现进行介绍。

(1) 消息接收: 主要通过 Socket 接口监听采集控制模块发送来的各种控制命令和参数设置命令。

(2) 命令发送: 主要通过串口通信, 向采集传感器发送各种二进制控制命令, 控制采集传感器的状态。

(3) 数据预处理: 将串口接收的数据根据传输通道进行预处理。

(4) 数据发送: 判断当前缓冲区处理数据的数量, 当数据总量超过设置阈值时, 自动向采集控制模块发送当前缓冲区内的所有数据, 然后清空缓冲区。

通过 C 小 1builder 软件实现了水下数据采集软件, 运行界面如图 3 所示。

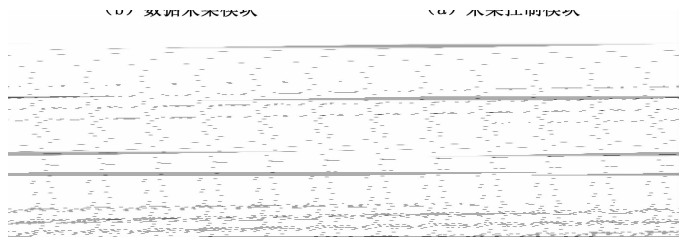


图 2 水下电场测量软件运行界面

3 舰船电场数据分析软件

3.1 舰船电场数据分析软件基本功能

舰船水下电场数据分析主要包含水下电场的通过特性分析、频率特性分析、信号特征分析等方面, 通过舰船电场分析软件实现。具体功能描述如下:

1) 通过对电场数据滤波、求取均值、数据插值, 在测量平面上分别绘制各分量电场图形以及矢量图。

2) 通过对电场数据的去直流、带通滤波、FFT、功率谱分析等过程, 得到低频电场的频谱特性。

3) 通过小波分析、去相关分析、自适应滤波和频谱分析, 提取轴频电场信号, 绘制频谱曲线。

4) 结果显示与输出

舰船电场数据分析软件的工作流程如图所示。

3.2 舰船电场数据分析软件设计与实现

根据舰船电场分析软件基本功能需求, 舰船电场分析软件

分为软件界面控制模块、舰船界面分析模块和仿真结果显示与输出模块 3 个主要模块，具体设计如下：

1) 软件界面控制模块。用于软件系统参数输入、运行控制、人机对话等功能，是软件工作的前台程序；

2) 舰船电场分析模块。首先将背景噪声中的固有电势差减去，然后对电场测量数据进行 45~55 Hz 的带通滤波以消除 50 Hz 工频干扰，对滤波后的电场测量数据进行 FFT 变换，分析电场的频率特性。

3) 仿真结果显示与输出模块。根据预设的求解区域和结果显示方式，显示测量点、测量线和测量面的单分量或三分量电场仿真计算的二维或三维图形结果，并采用数据文件的形式给出计算数据表格。

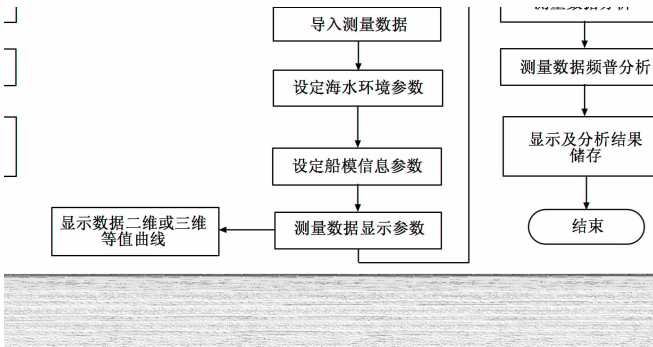


图 3 舰船电场数据分析软件

考虑到在数据分析过程中需要涉及大量数值运算，因此采用 Matlab 软件实现了水下数据采集软件，运行界面如图 5 所示。

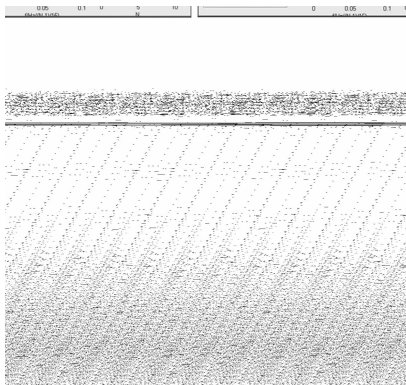


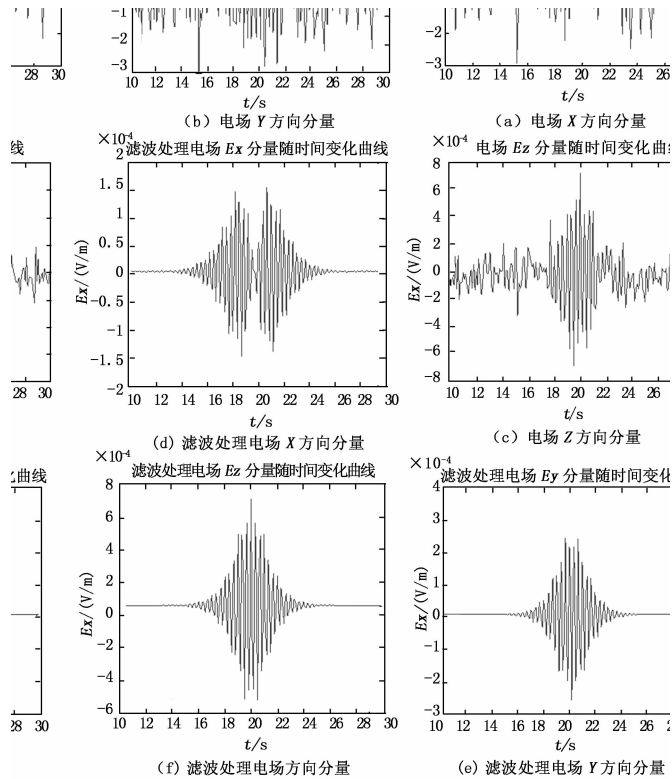
图 4 舰船电场分析软件运行界面

4 实验结果

设定实验基本环境参数如下，海水相对介电常数为 80，相对磁导率为 1，电导率为 4，水深为 10 m，船模大轴数目为 2，初始位置 X 坐标为 0，终止位置 X 坐标为 300，Y 坐标始终持 -4.5 和 -8，舰船运动速度为 5 m/s，采集软件得到的船模三分量电场数据和经过滤波处理后的三分量电场数据如图 5 所示。

5 小结

开发了一套舰船水下电场数据采集和分析软件，实现了舰船模型运动过程中水下电场的自动采集，并能对测量得到的舰船电场数据进行基本分析，并存储相关结果文件，软件界面操



(a) 电场 X 方向分量 (b) 电场 Y 方向分量 (c) 电场 Z 方向分量 (d) 滤波处理电场 X 方向分量 (e) 滤波处理电场 Y 方向分量 (f) 滤波处理电场 Z 方向分量

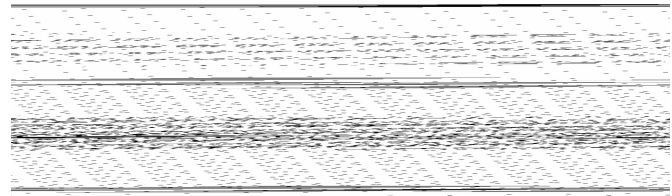


图 5 船模三分量电场数据测量结果

作简单，数据显示清晰，方便实验人员及时观察实验结果，为后续舰船电场特性以及防护研究奠定了基础。在后续的研究过程中，我们还需要考虑水下电场采集软件的精确授时与同步问题，以进一步提高舰船电场分析的准确性。

参考文献：

- [1] 王 瑾. 舰船水下电场测量 [J]. 中国舰船研究, 2007, 2 (5): 45-49.
- [2] 周永红, 张 民. 基于嵌入式系统的远程水下电场测量系统 [J]. 舰船电子工程, 2006, 26 (5): 173-175.
- [3] 蔡旭东, 方 石, 张 仪. 舰船电场信号测量系统的硬件设计 [J]. 船电技术, 2012, 32 (7): 17-20.
- [4] 王 军, 何玉堂. 基于 C8051F 的船舶水下电场测量仪研制 [J]. 中国修船, 2006, 19 (1): 8-10.
- [5] 张林根, 张 琼. 舰艇水下非声隐身试验与测试技术发展展望 [J]. 计算机测量与控制, 2009, 17 (4): 625-627.
- [6] 王文龙, 彭杰纲. 水下主动电场定位系统实验平台的设计 [J]. 电子测量技术, 2012, 35 (11): 86-89, 99.
- [7] 宋 波. 舰船电场实验室集中控制系统研究 [J]. 船电技术, 2011, 31 (6): 29-31.