

水下滑翔机器人控制系统研究与开发

Research and development of underwater glider control system

张禹, 石莹, 杨国哲, 苏东海

ZHANG Yu, SHI Ying, YANG Guo-zhe, SU Dong-hai

(沈阳工业大学, 沈阳 110023)

摘要: 文章首先介绍了水下滑翔机器人的组成结构和工作原理, 其次提出了水下滑翔机器人的控制系统方案, 再次说明了控制系统软、硬件的设计与实现, 最后完成了水下实验。实验结果证明控制系统设计合理, 运行稳定, 可以满足控制要求。

关键词: 水下机器人; 水下滑翔机器人; 控制系统; QNX

中图分类号: TP24

文献标识码: B

文章编号: 1009-0134(2009)05-0026-03

0 引言

水下滑翔机器人是将浮标技术与传统水下机器人技术相结合而研制的一种新型水下机器人。与传统水下机器人相比, 它具有能源消耗少和对母船依赖小等突出优点, 可以用于远距离、大范围、长时间海洋环境测量和监测, 也可用于雷区探测和海域监视。与浮标和潜标相比, 它具有优越的机动性、可控性和实时性, 可以完成沿垂直剖面和水平剖面的大尺度海洋环境测量和监测作业^[1]。

美国从1989年开始水下滑翔机器人的研究与开发。已研制出Slocum、Sea glider和Spray以电池为能源的水下滑翔机器人, 它们的航行距离在2000km~7000km之间, 续航时间为200~300天, 航速为0.25m/s, 负载能力约为5kg, 制造成本为几千美元。另外还研制出以海洋垂直剖面的温差能作为驱动能源的Slocum水下滑翔机器人, 其航行距离可以达到30000公里^[2]。我国的水下滑翔机器人研究起步较晚, 目前有多家单位正在开展研究。

本文以沈阳工业大学研发的水下滑翔机器人为研究对象, 重点研究了其控制系统。首先简要介绍了水下滑翔机器人的总体结构, 然后分别从控制系统的硬件与软件两部分对控制系统进行了深入的研究, 最后通过水下实验对控制系统的可行性和正确性进行了验证。

1 组成结构及工作原理

水下滑翔机器人是由主体(水密和非水密壳

体)、附体(水平翼和后尾翼)、电子舱段、传感器舱段、浮力调节舱段、重心调整舱段和设备舱段等部分组成, 如图1所示^[3]。

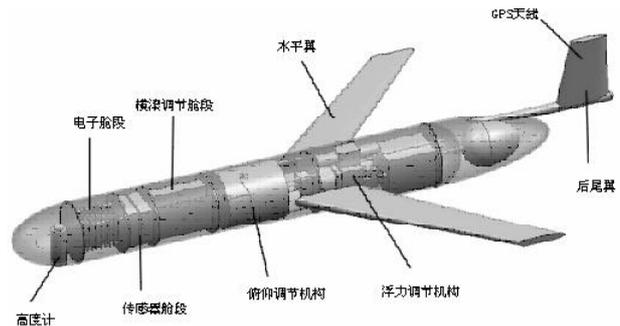


图1 水下滑翔机器人结构

电子舱段载有自动驾驶系统, 它是载体总控制系统; 传感器舱段搭载有高度计、TCM3、深度计、GPS和数传电台等传感器, 负责为载体的运动控制和导航通讯提供实时数据; 浮力调节舱段搭载有电机、高压泵和油囊等, 浮力调节系统负责在运动过程中根据指令控制调节载体浮力大小; 实现载体上浮和下潜。重心调整舱段包括纵向重物、横向重物和直线电机及驱动器等部分, 重心调整系统可以根据具体要求改变载体重心位置, 从而控制载体的俯仰和横滚运动; 机载设备舱段搭载有CCD和CTD等水下观测设备。

水下滑翔机器人没有外挂的螺旋桨推进系统, 在航行过程中, 它通过浮力调节装置产生正浮力使载体向上运动或负浮力使载体向下运动; 通过载体内部的重心调节装置改变载体的重心与浮心的相对

收稿日期: 2008-12-08

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60405010); 辽宁省自然科学基金资助项目(20041025); 辽宁省教育厅资助项目(2004F032)

作者简介: 张禹(1970-), 男, 辽宁沈阳人, 副教授, 博士, 研究方向为水下机器人及其智能控制。

位置,从而使载体产生横滚和俯仰力矩,实现载体回转和俯仰的调节与控制,最终实现载体在垂直剖面内的周期性锯齿形运动或空间螺旋运动^[4,5]。

2 控制系统功能及硬件结构组成

2.1 控制系统功能

水下滑翔机器人控制系统由水面控制系统和水下控制系统两部分组成,负责控制载体完成预定作业任务。

在正常工作过程中,两个系统通过无线通信进行信息交互。当水下滑翔机器人完成一个或几个周期的滑翔航行浮出水面时,水下控制系统通过无线通信可将记录的水下信息和载体位置信息发送到水面控制系统。水面控制系统可以根据前期的使命执行情况调整使命任务,将新的使命任务通过无线通信下达给水下控制系统,让水下滑翔机器人执行新的使命任务。水下控制系统在收到原使命任务保持不变的信息后,将继续执行原使命任务,完成预定水下作业。

2.2 硬件结构组成

水面控制系统硬件由水面主控计算机、GPS、数传电台和水面控制盒组成。其中GPS和数传电台通过串口连接到水面主控计算机上;水面主控计算机通过以太网与水下主控计算机通讯;水面控制盒内配有直流电源,在系统调试和数据回放时,可以通过脐带电缆为水下控制系统供电。

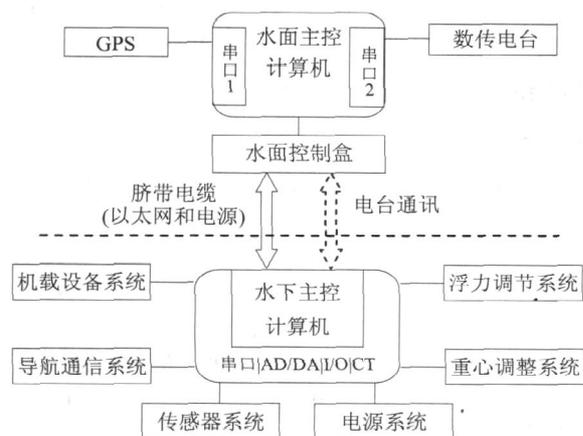


图2 控制系统硬件结构

水下控制系统包括PC104 CPU板、数据采集板、串口扩展板、信号调理板和电源转换板等。导航通信系统、俯仰调节系统、重心调整系统、传感器系统、机载设备系统和电源系统分别与自动驾驶

系统相连,如图2所示。

3 控制系统软件结构组成及实现

水下滑翔机器人控制系统软件分为水面控制系统软件和水下控制系统软件两部分,如图3所示。

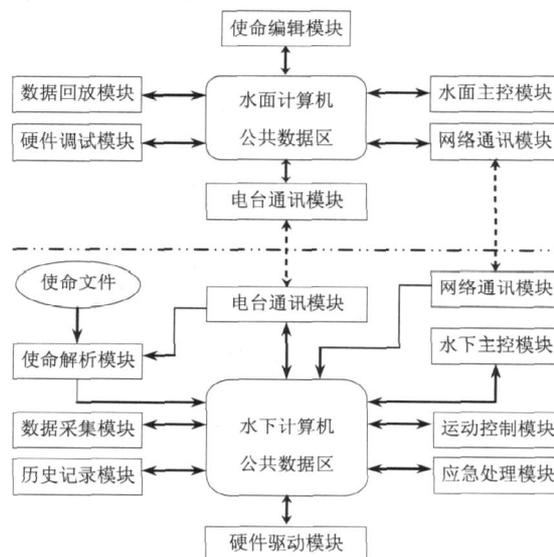


图3 控制系统软件结构

3.1 水面控制系统软件

水面控制系统功能是编辑和下载使命任务,保持与水下控制系统的无线电通讯或以太网通讯,发送新的指令,回放历史数据,调试和诊断硬件,获取载体位置信息等。

整个系统软件由水面主控模块、使命编辑模块、数据回放模块、硬件调试模块、电台通讯模块、网络通讯模块和公共数据区组成,每个模块采用一个独立程序进程。

水面主控模块负责管理其它模块的运行和监控其它模块的运行状态,另外还负责接收GPS数据。

使命编辑模块用于完成使命任务的规划和编辑,将结果存入使命文件,并下载给水下计算机。

数据回放模块在水面主控模块管理下,负责存储和显示由水下通讯程序发送来的各种数据和信息。

硬件调试模块用于完成系统硬件的调试。电台通讯模块负责水面和水下计算机之间的通讯。

3.2 水下控制系统

水下控制系统软件是整个控制系统的核心部分,它的具体功能是解析使命文件,执行使命任务,实时获取传感器数据,实现载体运动控制,管理和控制机载设备,建立通信连接,记录历史数据,对

可以预见的异常状况做出处理^[8]。

水下控制系统软件采用 QNX 实时操作系统,使用 C 语言作为编程语言。整个软件由水下主控模块、使命解析模块、数据采集模块、运动控制模块、硬件驱动模块、应急处理模块、历史记录模块、电台通讯模块、网络通讯模块和公共数据区组成,每个模块采用一个独立程序进程。

水面主控模块用于管理其它模块的运行和监控其它模块的运行状态,另外还负责执行使命指令和监控使命指令执行的状态,它是整个水下控制系统的核心。

使命解析模块首先将使命文件内容存到水下计算机的公共数据区,然后根据使命解析规则把使命文件分解成指令信息,最后将其装入相应的数据结构供执行使用。

数据采集模块负责采集高度计、TCM3、深度计、漏水检测、能源监测、CCD、CTD、GPS 和数传电台等传感器和设备的数据,并将上述数据存到公共数据区。

运动控制模块按照解析后的指令,控制浮力调节驱动和重心调整系统,实现载体的运动和轨迹控制。水下滑翔机器人的运动形式有周期性锯齿形运动或空间螺旋运动。

电台通讯模块可以在载体完成若干个航行周期浮到水面后,通过数传电台向水面发出载体状态和位置信息,之后接收水面发送来的新使命任务和确认信息。

驱动模块负责建立网络、R232 串口、AD/DA、数字量 I/O、C/T 等硬件接口和设备的驱动程序。

历史记录模块可以记录载体的运行状态,包括位置、姿态、高度、深度、设备状态和电能储备等信息。

应急处理模块接收来自数据采集模块的数据并分析,诊断系统的异常,并执行已经规划好的应急措施。

4 水下实验结果

为了验证整个控制系统的性能,在水池和水库进行了水下实验。在实验中,水下控制系统控制载体完成了多个周期的滑翔运动。在浮出水面后,水面控制系统通过无线电向水下控制系统下达可新使命任务,同时还接收到了载体水下运动状态信息,使整个控制系统的可靠性得到充分验证。载体水下运动姿态,如图 4、5、6 和 7 所示。

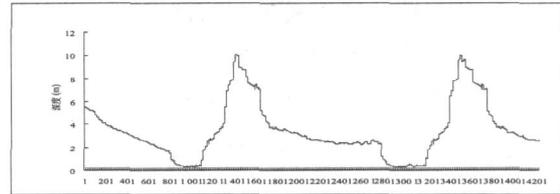


图 4 深度变化曲线

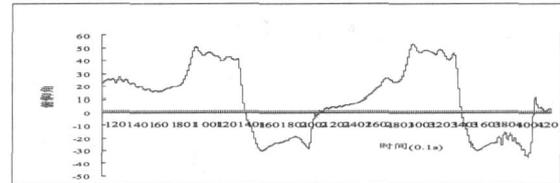


图 5 俯仰角变化曲线

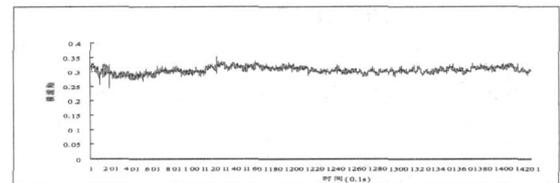


图 6 横滚角变化曲线

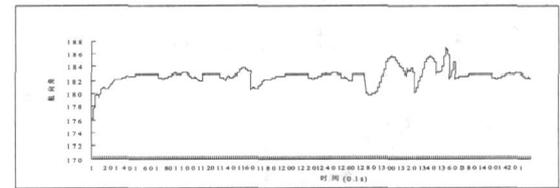


图 7 航向角变化曲线

5 结论

本文研究了水下滑翔机器人控制系统,完成控制系统软硬件的设计、实现和调试。在实验过程中,水下滑翔机器人的控制系统运行正常,灵活地实现载体运动控制,达到了预期控制效果,实验表明了控制系统设计是正确和实用的。

参考文献:

- [1] 王斌. 海洋生态环境监测体系建设的初步研究[J]. 海洋通报, 2002, 21(6).
- [2] Douglas C. Webb, Paul J. Simonetti, and Clayton P. Jones, "SIO-CUM: An underwater glider propelled by environmental energy," IEEE J. Oceanic Eng., 2001, 26: 447-452.
- [3] 张禹, 支建燊, 姜彤. 新型水下滑翔机器人浮力驱动系统研究[A]. 第六届全球智能控制与自动化大会, 大连, 2006: 6169-6172.
- [4] 胡克, 俞建成. 水下滑翔机器人载体设计与优化[J]. 机器人, 2005, 27(2): 108-11.
- [5] 俞建成, 张奇峰, 吴利红, 等. 水下滑翔机器人系统研究[J]. 海洋技术, 2006, 25(1): 6-10.
- [6] 王溪波, 刘松, 张禹, 赵晶. 基于 QNX 的水下滑翔机器人嵌入式控制系统[J]. 工业控制计算机. 2006, 19(11): 60-64.