

doi:10.16652/j.issn.1004-373x.2017.19.043

# 基于北斗通信系统气象水文漂流浮标设计与实现

孔卫奇<sup>1</sup>, 杨志勇<sup>2</sup>, 马尚昌<sup>1,3</sup>

(1.成都信息工程大学, 四川 成都 610225; 2.华云升达(北京)气象科技有限责任公司, 北京 102299;

3.中国气象局大气探测重点开放实验室, 四川 成都 610225)

**摘要:** 目前海洋监测大都采用锚碇浮标和 Argos 卫星通信技术, 针对其监测范围有限、通信时限受卫星过顶时间限制、供电系统续航能力差、数据的安全得不到保证等问题, 在参考已有的漂流浮标系统的基础上, 设计一种新的小型化系统结构, 在其经过的路径完成对相关海域的气象水文数据实时、连续、长期、准确地采集。为了最大限度地提高浮标运行时长, 采用超低功耗微处理器、配置太阳能充电模块及为所有部件设置独立电源控制。浮标通信主要采用我国自主研发的北斗通信系统, 不仅覆盖范围广, 而且数据安全性能得到保证。实验测试结果表明该浮标数据采集及通信系统性能优良, 对于深远海洋气象水文观测意义重大。

**关键词:** 漂流浮标; 气象水文; 北斗通信; 数据采集

中图分类号: TN914-34; P715.2

文献标识码: A

文章编号: 1004-373X(2017)19-0160-04

## Design and realization of Beidou communication system based drifting buoy for meteorology and hydrology observation

KONG Weiqi<sup>1</sup>, YANG Zhiyong<sup>2</sup>, MA Shangchang<sup>1,3</sup>

(1. Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China;

2. Huayun Sounding (Beijing) Meteorological Technology Corporation, Beijing 102299, China;

3. CMA Key Laboratory of Atmospheric Sounding, Chengdu 610225, China)

**Abstract:** The moored buoy and Argos satellite communication technology are mostly used in the marine monitoring, which have the problems of poor cruising ability of power supply system and limited monitoring range, can't guarantee the data security, and their communication time is limited by the satellite covering time. By referring to the existing drifting buoy system, a new miniaturized system structure was designed to realize the real-time, continuous, long-term and accurate acquisition of meteorological and hydrological data in relevant sea areas for the passing path. In order to prolong the operation time of buoy to the maximum extent, the ultra-low power consumption microprocessor is adopted, the solar charging module is configured, and the independent power control is set for all components. The Beidou communication system developed by China independently is used in buoy communication, which has wide coverage area and can guarantee the data security. The experimental test results show that the buoy data acquisition and communication system has excellent performance, and has great significance for the meteorology and hydrology observation of deep ocean.

**Keywords:** drifting buoy; meteorology and hydrology; Beidou communication; data acquisition

## 0 引言

海洋是我国领土的重要组成部分和宝贵的财富资源,具有重要的国防战略地位和经济实用价值。十八大报告中明确提出建设海洋强国,充分体现了国家对海洋的重视。而海洋水文气象观测是认识海洋、研究海洋、开发利用海洋的基础,海洋观测仪器则是海洋观测的工

具和手段<sup>[1]</sup>。近年来为满足社会发展的需要,地面气象观测已实现业务化,观测技术与观测方法都得到了显著地提高,形成了全国的观测网。在各种硬件平台的基础上,设计并编写高效率的运行程序来完成地面气象数据处理加工。我国同样是个海洋大国,由于海洋环境特殊性的原因,不像陆地那样方便安装与布置观测仪器,同时对深远海气象水文数据观测也有较高的要求,如电源系统要保证设备长时间运行、无人值守智能化处理数据、无线通信系统覆盖范围广等<sup>[2]</sup>,这些因素制约着海洋观测技术的发展。相比地面气象观测,海洋气象水文观

收稿日期:2016-11-24

基金项目:国家重大科学仪器设备开发专项:海洋气象漂流观测仪开发及应用(2014YQ110787)

测技术发展较慢,不仅观测布网点少、观测范围有限,特别是远海观测几乎空白。因此改善浮标结构,运用北斗通信系统进一步改进电源系统等是十分有必要的,对于海洋经济发展意义重大<sup>[3]</sup>。

该漂流浮标具有自动连续采集海洋水文气象数据、处理数据、保存数据、传输数据等功能,可在海洋调查中完成对海洋气象、水文的自动测量。浮标采用亚克力材料,具有重量轻便于投放、集成度高体积小、通信范围广等特点,电源系统采用太阳能板和锂电池相结合,理论上可以在海洋中连续工作一年以上。历年国际大型海洋科学实验表明,漂流浮标对缺乏数据海域的气象水文分析和预测非常重要,海流数值及其变化量的分布对大洋环流研究则起着更为重要的作用<sup>[4]</sup>。

1 系统总体设计

1.1 浮标系统结构

海洋气象水文观测系统的主要功能是完成对其所流经海域气象水文数据的观测,并把观测数据通过卫星数据通信系统发送至岸基数据处理中心<sup>[5]</sup>。依据其工作环境和功能需求,本设计浮标系统以球形漂流浮标为工作平台,球体水上部分安装常规气象要素传感器,球体水下部分安装水文要素传感器,球体内部装有采集器、电源部件等硬件系统,系统结构如图1所示。

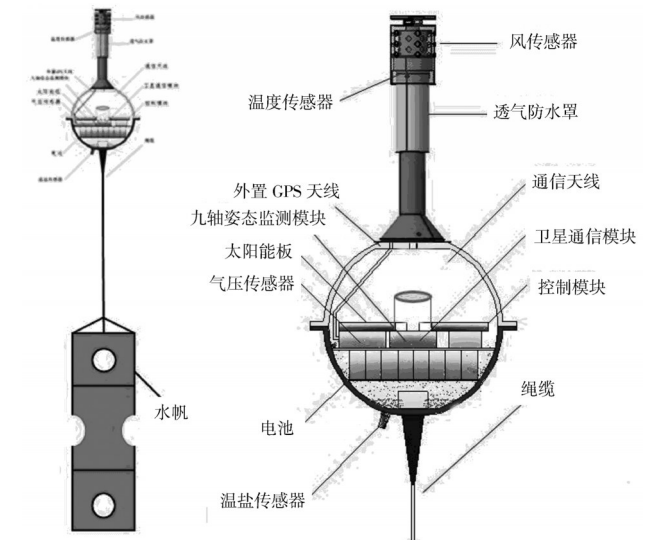


图1 系统结构图

图1中水面浮标壳体选用亚克力材料,考虑到太阳能充电,球体上半部分壳体选用无色透明亚克力,球形漂流浮标尺寸设计为:球体直径为35 cm;球体及以上结构总高度为58.4 cm;总体积约为22.44 L,排水体积可以由水下水帆重量控制。浮标在海面上漂流时,主要受到海流、波浪和风的作用,系统总体结构上既要保证浮标具有

很好的随流性,又要满足气压、气温、风的拉格朗日法则,同时获取海表气象要素数据,满足传感器测量对安装位置的要求<sup>[6]</sup>。综合考虑,总体结构设计配置水下水帆,水帆的重力作用可以降低浮标体随海水的浮动性,降低风对系统漂流运动的影响,提高数据获取的准确性。

1.2 电路系统设计

电路系统主要由微处理器(MCU)、气象水文要素传感器、状态监测模块、姿态监测模块、北斗通信模块、电源供电系统等组成。电路系统组成框图如图2所示,微处理器按照程序设定时序,控制各气象水文要素传感器采样原始数据、数据处理、存储、传输等。外围模块作为微处理器运行不可或缺的部分,主要由存储器、实时时钟、晶振、看门狗等单元组成。状态检测部件主要完成对电路中电压的监测、MCU运行状态监测及海水浸没状态监测,通过状态信息可以及时了解系统的运行情况。姿态监测提供浮标体三维运动状态,浮标体易受海水浮动影响,对于漂流浮标来说,风准确性的测量一直是个难题,因此系统设计采用苹果手机中应用的姿态监测模块,主要用来修正风数据,降低风测量数据的误差。

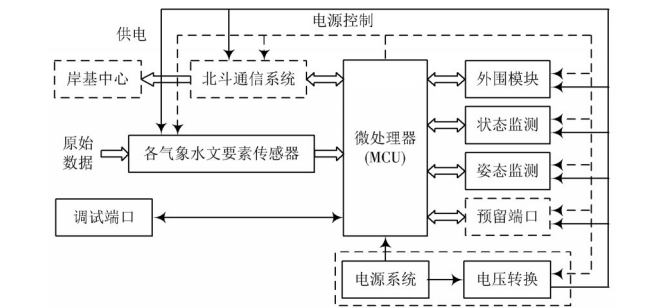


图2 电路系统框图

主电源为12 V可充电100 A·H的锂电池,通过二次变压满足整个电路系统的不同需求,电路中配置有过载保护。设置基准电压比较器,监测电池的电压,当电池电压过低时,切断电源对电池予以保护。为了提高浮标系统的运行寿命,采用太阳能电池板为锂电池充电,太阳能充电控制采用MPPT(最大功率点跟踪)控制方式。电路设计中由微处理器控制充电使能和电池充电状态检测。同时,为了有效降低系统运行功耗,对于系统中的主要部件和芯片采用独立供电方式,在部件或芯片不工作时,采用切断电源的方式节省功耗。

1.3 程序设计

主程序主要包括程序运行初始化和主循环两个部分。主程序流程图如图3所示。程序初始化主要完成对程序运行必须的参数配置、运行变量、MCU的初始状态、端口设置、外围部件等初始化处理<sup>[7]</sup>。主循环是整个程序正常运行与按照要求完成工作的关键,主循环是查

询“时间事件”的标志位,并进行事件处理,主要完成对时间事件、操作事件的查询处理及对看门狗的管理。为了防止程序跑飞,程序中设计有硬件看门狗管理,硬件资源可以使用低功耗模式,降低能耗,对浮标系统来说可有效增加运行时长。

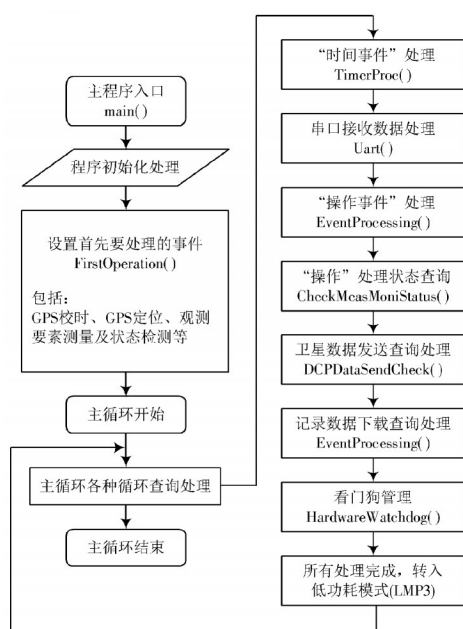


图3 主程序流程

程序运行时序采用MCU的内部定时器,配置一个1 ms的主定时器,程序运行的时序控制时钟便是利用该1 ms的主定时器。通过1 ms的中断计时处理,分别设置100 ms, s, min, h和日变化时间事件,事件时间标志位到时,通过对事件的处理,执行相关对采样数据处理、观测要素测量、数据存储及发送处理等时序控制处理。系统程序设计有专门为开发和测试用的命令,通过串口输入命令,不仅可以单独控制各部件供电开关,还可以测试各测量数据的准确性,定位姿态信息,检查微处理器主要功能,事件执行是否正确,实时查看运行现状,读取各种记录数据等。终端控制命令的制定主要参考海洋气象观测站功能需求书<sup>[8]</sup>。

#### 1.4 数据通信系统

海洋气象水文浮标观测系统的北斗通信系统结构图如图4所示。微处理器控制北斗数据通信终端,将处理后的各种数据信息以短消息的格式发送给北斗卫星<sup>[9]</sup>;北斗卫星完成数据中转,接收北斗卫星数据终端发送来的数据,分别发送至北斗网管中心与基岸服务中心配置的北斗指挥机;北斗网管中心接收北斗卫星传来的数据并入库保存,当需要数据时可以通过计算机互连网络进行访问,提取观测数据;北斗指挥机作为陆地数据分析中心,配置本地卫星通信网络指挥管理控制单元,可以

直接接收各个浮标发送回来的观测数据,同时也可以对指定的远程浮标实施远程管理控制操作<sup>[10]</sup>。海洋浮标岸基服务器作为本地数据接收管理控制中心,接收由指挥机送来的各站点观测数据,并存入本地建立的数据库,供控制中心平台访问使用;浮标控制中心平台是实时处理数据的直观显示页面,依托岸基服务器建立数据连接关系,通过计算机网络进行数据交互,数据直观显示主要由PC机上的上位机软件完成,以实现客户端的控制中心功能,主要功能包括:为海洋观测人员提供各站点观测数据的实时显示、查询、观测历史数据查询、数据分析、实时监测远程浮标的运行状态<sup>[11]</sup>,并完成简单的控制处理。

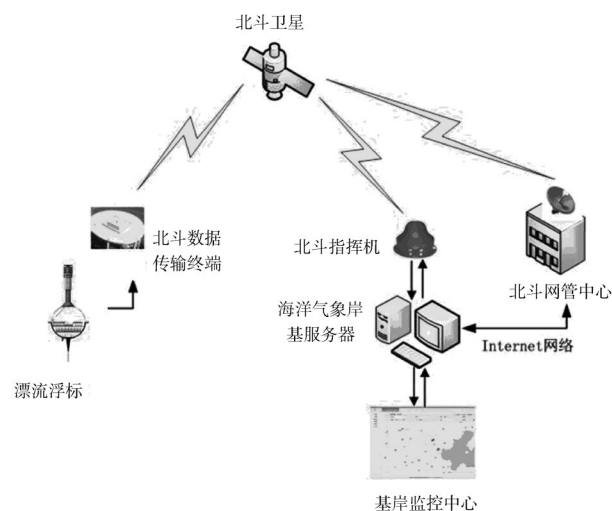


图4 海洋浮标北斗通信系统

浮标球体带有小型北斗数据传输终端,它由天线单元、射频前端、基带芯片电路、GPS模块电路、ARM处理单元、电源管理和接口电路等七个功能部分组成。天线单元由北斗接收、北斗发送和GPS接收共三个频点天线振子组成,它接收来自空间的电磁波信号并提供给射频前端的低噪声放大器,同时将射频功率放大器输出的发射信号以电磁波的形式发送出去。射频前端由低噪声放大器、前端功率放大器和射频收发通道等电路组成,可以实现北斗收发信号的滤波、放大和上下变频,并为基带处理电路提供同步时钟源。北斗基带芯片电路具有北斗信号的捕获、跟踪、调制解调和电文处理等功能,其核心器件为北斗基带芯片。GPS模块电路主要由集成了射频和基带的u-Blox模块组成,具有GPS信号的接收滤波、信号放大、下变频解调和定位解算等功能。ARM处理单元的核心为STM32处理器芯片,执行气象协议的编解码、北斗信息/GPS信息的再处理以及对整机工作状态的控制等功能。电源管理实现电源保护、多路电压变换、电源状态检测等功能。接口电路提供终端整机与外围设备的电器连接,提供RS 232和RS 422标



准的通信接口。同时,整机程序维护和北斗卫星定位总站性能测试也通过接口电路实现。

### 1.5 岸基数据处理中心

中心站数据接收处理软件是在 CAWSAnyWhere 区域站自动站统一版数据收集平台软件的基础上,增加海洋监测站数据接收处理。该软件系统是一套地面气象观测站网的全局性和区域性数据收集、管理和应用的综合处理平台。国家基本业务地面观测站网和区域性加密观测站网均可通过该平台得到综合应用和管理。该系统软件主要由区域站自动站统一数据收集平台软件和 Web 气象信息应用系统两部分组成。区域自动站统一数据收集平台软件将现有各种类型观测站、各种类型业务网络系统、各种科学实验探测设备统一到本网络平台运行管理,实现各种气象数据的全方位、多渠道的收集、处理与融合应用,通过各种通信手段,完成全网的数据收集、处理、存储、应用、分析、显示功能。以层层级联的方式实现通信网络控制、数据综合应用和外部服务,完成数据实时上传上报、平级共享应用以及控制流、状态流的互联互通。

## 2 测试结果

通信系统采用我国自主研发的北斗通信系统,传输效率高,不再依赖国外卫星数据处理中心,从根本上确保数据的安全性<sup>[12]</sup>。目前该浮标系统完成实验室测试,通过中心站数据接收综合管理软件可以了解各站点通信状态及实时数据,如需要获得某个站点实时气象水文数据,点击该站点,可以查看该站点详细的状态及数据信息,如图5所示。

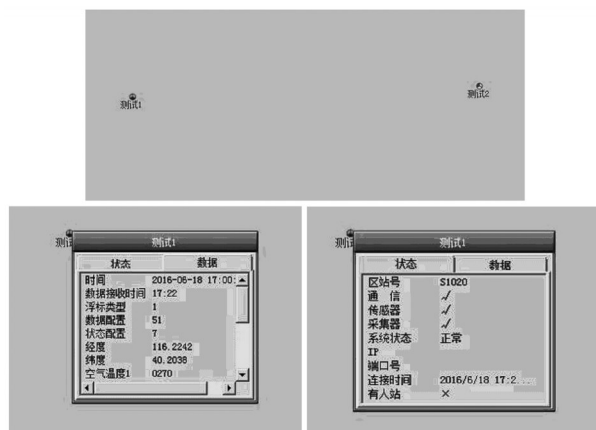


图5 海洋浮标中心站实时数据监测

当测试2号站点通信出现问题中断时,可以根据颜色

获知,为及时通过远程命令重启恢复通信和维修提供方便。

## 3 结 语

该浮标系统体积小、易于布放,采用低功耗微处理器、各部件供电电源控制及太阳能板最大限度地延长了系统在海上漂流工作时间,这对漂流浮标来说十分重要。采用我国自主研发的北斗通信系统,不仅克服使用 Argos 卫星通信时限受卫星过顶时间限制,实现高效传输,同时使数据安全性得到保证。通过对海域浮标长时间定位信息分析及多站点的漂流路径跟踪可以得到真实洋流走向,对于深远海域反演旋涡信息数据也具有重要的意义。

接下来需要实现海洋真实环境测试,并在以后项目中完成:海洋环境下浮标系统正常运行时长与传输效率的准确数据;增加其他要素测量传感器,如海面能见度测量、海水水质监测、光照等;为此浮标开发专用检测软件,监测数据;验证利用浮标姿态数据反演海流及旋涡数据的准确性。

## 参 考 文 献

- [1] 马庆峰. 漂流浮标数据采集系统设计[D]. 青岛:中国海洋大学, 2009.
- [2] 曲乐成,李欣,孙法江. 基于无线网络的海洋传感数据实时传输系统设计[J]. 技术研究, 2015(2): 40-45.
- [3] 罗继业. 论海洋观测技术装备在我国海洋建设中的战略地位[J]. 海洋开发与管理, 2014, 31(3): 37-38.
- [4] 余立中,山广林. 表层漂流浮标及其跟踪技术[J]. 海洋技术, 1997, 16(2): 1-11.
- [5] 王小勇,毛夏,庄洪波,等. 卫星通信在自动站数据传输中的应用[J]. 气象水文海洋仪器, 2009, 26(4): 91-94.
- [6] 李文彬,张少永,商红梅,等. 基于新一代 Argos 卫星系统的表面漂流浮标设计[J]. 海洋技术, 2011, 30(1): 1-4.
- [7] 任保宏,徐科军. MSP430 单片机原理与应用[M]. 北京:电子工业出版社, 2015.
- [8] 中国气象局. QXT 海洋气象浮标观测站功能需求书[EB/OL]. [2008-04-23]. <http://www.docin.com/p-65317071.html>.
- [9] 姚作新. 基于北斗卫星短信通信方式的无人值守自动气象站网[J]. 气象科技, 2012, 40(3): 340-344.
- [10] 张勇,陈苏婷,张燕. 基于北斗卫星的自动气象站数据传输管理系统[J]. 电子技术应用, 2014, 40(5): 21-23.
- [11] 谭荣荣,吕雪芹,郎东梅,等. 基于卫星通信的海洋气象数据采集系统设计[J]. 气象科技, 2013, 41(1): 51-56.
- [12] 党超群,张锁平,齐占辉,等. 基于北斗卫星系统的深远海 GPS 波浪浮标数据传输研究[J]. 传感器与微系统, 2016, 35(1): 46-48.

作者简介:孔卫奇(1989—),男,河南鹿邑人,在读研究生。研究方向为大气探测技术。

杨志勇(1959—),男,北京人,高级工程师。研究方向为大气探测信号处理。