基于北斗系统的 ARGO 浮标设计

吴维[1] 齐久成[1] 张静[1] 李清[1] 郭淑芳[2]

(1 解放军 63863 部队,白城 137001; 2 吉林省白城市气象局,白城 137000)

摘要 为了设计一种基于我国自主卫星导航定位系统的 ARGO 浮标,提出了应用北斗卫星导航定位系统的 ARGO 浮标设计方案。阐述了 ARGO 浮标的基本原理、应用概况和现有北斗卫星导航定位系统的基本应用,初步提出了基于北斗卫星导航系统的 ARGO 浮标设计方案;从通信方式、体制和定位、配重等方面对基于北斗的 ARGO 浮标设计进行了可行性分析,研究了基于北斗卫星导航定位系统的 ARGO 浮标通信方式和两种通信模式。研究表明,基于北斗卫星导航定位系统的 ARGO 浮标方案可行。

关键词 ARGO 北斗 浮标

引言

地球海洋学实时观测阵(ARGO: Array for Real-time Geostrophic Oceanography)浮标可以自动采集 0～2000 m 的海水温度、盐度等资料,并通过 ARGO 卫星传送回地面接收站[1-2]。这些资料是研究海洋科学的基础,分析这些资料可以了解大尺度实时海洋变化,提高天气和海洋预报精度;可以有效防御全球日益严重的天气和飓风、风暴潮等海洋灾害给人类造成的危害,为航海、军事海洋学服务[3-5]。目前运行的 ARGO 浮标,通常采用 GPS 定位,利用 ARGO 卫星系统进行通信传送水文资料,但是对于现有的 ARGO 浮标和 ARGO 卫星系统,我国没有自主知识产权,在技术和手段上受制于人。而北斗卫星导航定位系统属于我国自主研发的卫星系统,具有导航、通信和授时功能[6],如果可以研究基于北斗系统的 ARGO 浮标设计,不仅可以拓展北斗卫星导航定位系统的应用,也为 ARGO 浮标的设计提供了一种新的设计思路。

1 ARGO 浮标原理

国际 ARGO 计划提出施放 3000 个剖面浮标组成一个海洋观测网,以便实时观测全球海洋上层的温、盐度结构[3-5]。每个浮标之间距离约为 300 km。浮标被设置在 2000 m 水深附近漂移,且每隔 10 天上浮一次,把测量的温、盐度剖面资料和位置信息通过卫星传送到设在陆上的接收站[3]。然后,浮标再次下沉到预定的深度进行新一轮循环。浮标的使用寿命约 4 年,其工作原理与高空气象探测施放的无线电探空仪相似。ARGO 浮标布放后自动潜入设定深度的等密度层上,随深层洋流漂移,到达预定时间后自动上浮,并在上升过程中进行连续剖面测量。浮标到达海面后,停留 6～12 h,将采集存储的数据通过平台发射终端(PTT)传送给卫星,通过 ARGO 卫星系统将数据传输给用户。全部数据传输完毕后,浮标会再次自动下沉到预定深度,重新开始下一个循环过程[3-6]。

ARGO 浮标定位方式主要有 NOAA 卫星多普勒频移法定位和 GPS 定位[7]。NOAA 卫星多普勒频移法定位是使用两颗 NOAA 卫星对某一平台发射终端(PTT)进行多普勒测量,每次测量对应着该平台发射终端(PTT)的一个可能的位置区,呈半圆锥面形式,卫星位于圆锥顶点,计算圆锥面与平台发射终端(PTT)所在球面的交线,可得到浮标的位置。GPS 定位法则是利用美国 GPS 卫星系统进行定位。

PALACE、APEX、PROVOR 和 SOLO 剖面浮标是各国在实施 ARGO 计划中应用较为广泛的 4

作者简介:吴维,男,1983 年生,硕士,工程师,主要研究方向为气象水文装备试验,Email:1003027905@qq.com

收稿日期:2012 年 3 月 12 日;定稿日期:2012 年 7 月 12 日

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

种代表性的 ARGO 浮标[5-6]，尤以 APEX 和 PROVOR 型浮标投放数量最多。其定位与数据通信由 ARGO 卫星系统完成，该系统包括 5 颗卫星，4 颗为定位 GPS 卫星，一颗为通信卫星，在浮标上搭载一个 GPS 接收装置，定位数据经平台发射终端(PTT)传送给通信卫星。中国 ARGO 大洋观测网试验选择、引进了 APEX 型和 PROVOR 型两类剖面浮标，我国也自行研制了国产 COPEX 浮标，在技术上取得了很大突破，但其定位和通信手段仍采用 ARGO 卫星系统[8]。

2 基于北斗定位技术的剖面浮标设计方案

作为我国自主研发的卫星导航定位系统，北斗用户机系统中用户与用户、用户与中心控制系统间均可实现双向简短数字报文通信，用户终端具有双向数字报文通信能力，用户可以一次传送多达 100 个汉字的短报文信息。有研究人员提出将北斗导航定位系统引入气象水文监测系统，以实现水文资料的传输。该系统在水文监测网中增加若干北斗用户机，直接利用北斗的通信功能进行水文环境监测，并取得了一些效果很好的实际应用[9-12]。

目前北斗系统在海洋水文、气象监测中的应用主要是数据传输。对于剖面浮标的设计，尚未考虑采用北斗系统的定位功能。虽然目前的定位范围还限于我国及周边区域，到 2012 年建成覆盖亚太地区的区域导航系统时，即可完成对亚太地区的定位和通信。在研制浮标样机时，可以考虑用北斗模块取代 GPS 定位装置，设计完全国产化的剖面探测浮标，并利用北斗卫星的通信功能传送浮标资料数据，结构设计如图 1 所示。

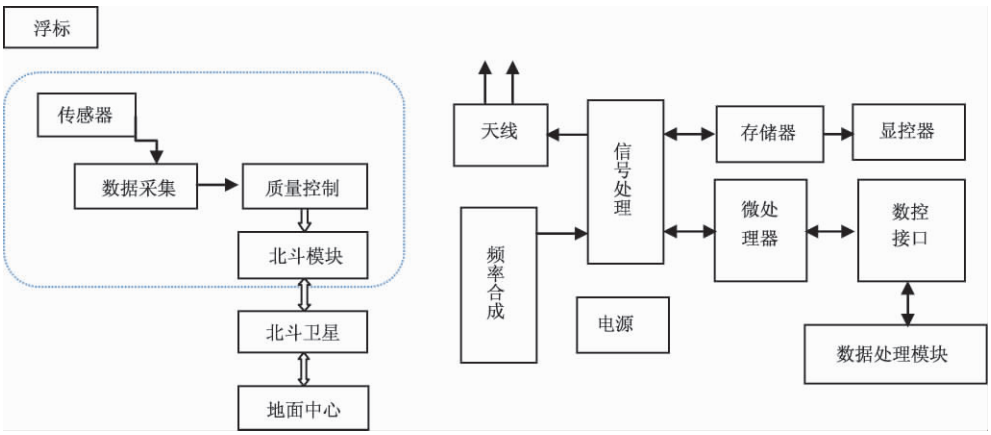

图 1 基于北斗系统的剖面浮标组成框图：(a)浮标系统信号流程图，(b)浮标结构图

3 可行性初步分析

用北斗模块取代 GPS 定位装置，浮标的总体结构没有大的改变，但是通信机制、配重设计等将发生变化，研究其可行性主要考虑的问题有通信体制和定位配重等。

3.1 通信方式和体制

3.1.1 现有 ARGO 浮标系统通信体制

根据海洋剖面浮标要实现大量数据实时传输必须要有定位数据、无人值守在海上任何位置独立工作数年、通信设备功率小等特点，目前 ARGO 浮标系统采用 ARGO 卫星定位与数据传输系统进行通信[2,8]。其特点是：①内设 ARGO 发射平台终端(PTT)。②按国际 ARGO 计划要求传输数据，其内容是：浮标自身的信息(包括仪器编号、ARGOS 项目号、PTT 识别 ID、负责人、剖面号、下沉开始时间、各组电池电压、气泵工作时间，还有漂移层温度、盐度、压力和参考深度时的活塞位置、剖面终止标志等)；每次剖面 CTD 测量数据(包括压力、温度、盐度、CRC 校验值)；浮标在海面时的定位数据(包括经、纬度/年/月/日/时/分/秒及卫星系统参数)。③数据格式与 ARGO 计划兼容。

3.1.2 北斗系统的通信体制

北斗卫星采用码分多址(CDMA)直接系列扩频通信[9-11]方式(图 2)，北斗接收机模块按照北斗通信协议对信息编码发送通信申请。地面控制中心接收从卫星转发的定位申请和通信申请，处理定位申请可以得到位置信息，然后按照通信申请的要求经卫星传送给地面部分指定的北斗接收机终端。

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

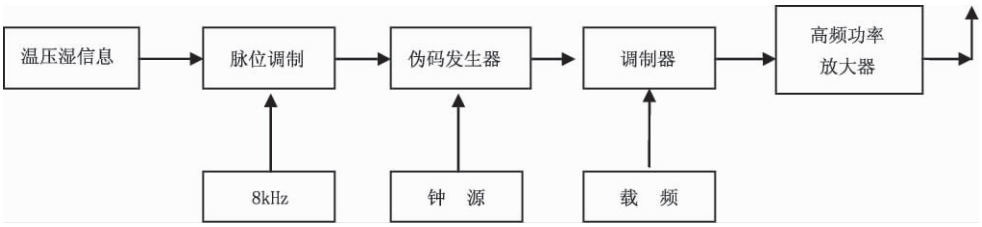

图 2　北斗接收机内信号调制流程图

3.1.3　基于北斗系统的 ARGO 浮标通信方式

在北斗 ARGO 浮标系统中，主要由浮标中的北斗接收机通过北斗卫星和地面站的接收机之间完成通信。北斗接收机终端主要完成浮标的定位和探测数据的传送，要用到定位申请指令和终端到终端通信申请指令。指令内容用 ASCⅡ码表示，并以 $ 为起始位，以，〈0X0D〉〈0X0A〉为结束标志，不同信息之间以“，”分隔，并以字符串形式进行传输。定位申请指令格式为：“ $ PAPP，保密要求，定位类型，测高方式，已知高程，天线高，服务频度，校验和〈0X0D〉〈0X0A〉”。终端到终端通信申请指令格式为：“ $ TTCA，发信方 ID，收信方地址，保密要求，回执标志，电文长度，电文内容，校验和〈0X0D〉〈0X0A〉”。其中电文内容同 ARGO 系统通信内容一致，主要有：①浮标自身的信息，包括仪器编号、ARGOS 项目号、PTT 识别 ID、负责人、剖面号、下沉开始时间、各组电池电压、气泵工作时间，以及漂移层温度、盐度、压力和参考深度时的活塞位置、剖面终止标志等。②每次剖面 CTD 测量数据，包括压力、温度、盐度、CRC 校验值。③浮标在海面时的定位数据，包括经、纬度/年/月/日/时/分/秒及卫星系统参数。

浮标布放后自动潜入设定深度的等密度层上，随深层海流中性漂浮[3-5]。到达预定时间后自动上浮，并在上升过程中进行连续剖面测量。浮标到达海面后，停留 6～12 h，通过卫星系统将数据传送到地面接收站，处理后分发给用户。通用型北斗民用机指标一般为：开机捕获时间小于等于 2 s，失锁重捕时间小于等于 1 s；接收灵敏度小于等于 −127.6 dBm（误码率小于 10^{-5}）；在接收灵敏度不低于 127.6 dBm 情况下，通信成功率高于 99.5%；对于通信过程中可能存在的重复接收、接收缺失、数据错误或结构错误等主要的错误类型，可以通过接收方判别、增加重发、补发机制等方法实现通信质量控制[12-13]。根据不同的通信型北斗用户机特点，其通信频次根据不同用户机型为秒级到分级之间，通常为 3～5 s 每次，每条短报文信息最大容量为 44 个汉字或 157 个 16 进制数。现有 ARGO 卫星传送浮标数据量为每条信息最长 256 位[2]基于以上技术条件和浮标每次到达海面停留 6～12 h 的实际情况，可以在规定时间（6～12 h）内完成数据的传送并且解决好在天气和海洋环境的多变条件下差错传送问题。

3.1.4　通信工作模式

ARGO 浮标和北斗卫星通信组网，可采用两种方式，即点对点通信模式和专线通信模式[9-10]。

点对点通信方式基本由：ARGO 浮标通信平台（PTT）、海洋水文中心控制站、北斗卫星系统、服务商网管中心（神州天鸿）4 部分构成，其结构框图如图 3 所示。

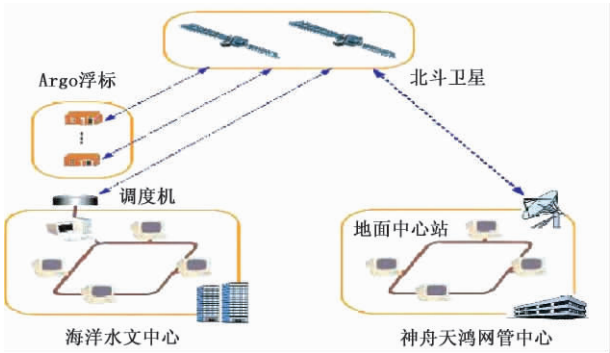

图 3　点对点通信模式

ARGO 浮标负责采集水文数据，通过通信接口接至北斗卫星的用户发射终端，北斗卫星作为中继将数据发往海洋水文中心的地面接收终端，终端接收数据后发送到用户中心服务器进行处理、分析、校验、存储、统计。服务商的网管中心负责对通信终端进行控制。

专线通信模式下，系统构成基本与点对点通信模式一样，不同的是 ARGO 浮标通信平台（PTT）的数据不是直接发往海洋水文中心，而是先将数据发

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

往北斗服务商网管中心(神州天鸿),再通过地面网络将数据传至用户海洋水文中心服务器,如图 4 所示。

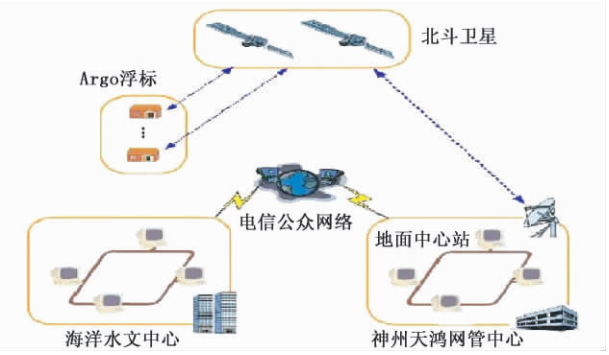

图 4 专线通信模式

海洋水文中心服务器与服务商网管中心(神州天鸿)通过专线连接,实现双向数据通信。ARGO 浮标负责采集海水温、盐数据,浮出海面时通过通信接口接至北斗卫星的用户发射终端,将数据发至北斗卫星。北斗卫星作为中继,将信号发往服务商(神州天鸿)的网管中心,再由网管中心将所有数据通过专线发送到海洋水文中心服务器,指令或控制信息同样将经由专线发送到服务商网管中心(神州天鸿),然后再以广播方式播发至所有水文数据需求单位或单独发送到某一指定水文站。

3.2 定位和配重设计

目前北斗系统用户机指标一般是:定位精度 20 m(无标校机区域 100 m),平均无故障工作时间大于等于 20000 h;平均故障维修时间小于等于 30 min;工作温度 −20～+55 ℃;存储温度 −55～+70 ℃;抗冲击 6 g/s;抗振动 0.1 g/(20～100)Hz。定位技术指标完全满足 ARGO 浮标定位精度的需求[2]。

剖面浮标仅靠改变本身体积便可在大海各个深度层实现潜入和漂浮。设计标体的底部为可改变体积的皮囊,通过高压单冲程液压柱塞泵驱动系统,将高压泵内的油注或抽回皮囊,从而改变皮囊体积,使浮标在水中可以上升或下潜。浮标在水中停留一般设置成 3 种状态:水面漂浮状态、水下停留状态和采集起始状态[4]。用于改变浮标体积的关键部件是一台单冲程柱塞泵和置于浮标体之外的可变体积皮囊,通过改变皮囊内部结构来实现浮标体积的改变,实现浮力的变化,为确保浮标漂浮在水面时的通信正常进行,浮标内部通常还设计一气囊涨缩回路(由小气泵和单向阀、三通阀、管路、连接气囊组成)。现有北斗接收模块与剖面浮标中正在使用的 GPS 装置的重量相当,基本都在 100 g 左右[11-12],重量和体积变化很小,基本变化量可以通过浮标中体积可变皮囊参数微调进行下潜深度标定予以解决[7]。微小的重量变化则可以通过改变浮标内用于配重的塑料瓶中铅丸的重量来实现[13],调整配重至浮标重量改变不超过 2 g 即可。

3.3 供电设计问题

由于北斗系统中复杂的数据处理和管理任务全部集中于地面中心管理站,作为定位和通信所用的用户终端设备的任务得到了极大的简化,待机情况下的系统功耗可以低至数十毫瓦[14],用于向同步卫星通信时发射功率约为 20 W。北斗系统通信效率很高[15](北斗通信数据波特率为 9600 b/s,而现有 ARGO 卫星通信波特率为 1200 b/s),在通信效率提高的同时可以缩短传输数据时所用的电能消耗,大大提高 ARGO 浮标的设计使用时间。最新研究表明,可以改用锂电池或碱性电池对 ARGO 浮标进行供电,可以大幅度提高 ARGO 浮标的供电能力[13]。综合来看,供电设计可以满足需要。

4 结论

通过对 ARGO 浮标系统结构和设计的分析,依托我国北斗卫星导航定位系统,提出了一种基于北斗的 ARGO 浮标设计方案,初步分析表明此方案可行。随着我国北斗系统的不断完善,研制拥有自主知识产权的剖面浮标的条件已经基本具备,依托我国自主研发的卫星导航定位系统的 ARGO 浮标研制对于保护我国的海洋安全有重要意义。

参考文献

[1] 朱伯康,许建平. ARGO——认识和预测气候变化的全球海洋观测计划[J]. 海洋技术,2001,20(3):21-25.

[2] 庄红梅. 使用 ARGOs 卫星系统对 ARGO 浮标进行定位和数据传输[J]. 海洋技术,2001,20(3):41-43.

[3] 余立中,商红梅,张少永. ARGO 浮标技术初探[J]. 海洋技术,2001,20(3):34-40.

[4] 余立中,张少永,商红梅. 我国 ARGO 浮标的设计与研究[J]. 海洋技术,2005,24(2):121-129.

[5] 余立中. 我国的海洋剖面探测浮标——COPEX[J]. 海洋技术,2003,22(3):47-55.

[6] 周露,刘宝忠. 北斗卫星定位系统的技术特征分析与应用[J].

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

全球定位系统，2004(4)：12-16.
[7] 张少永，林玉池. 初探我国 ARGO 浮标下潜深度标定[J]. 海洋技术，2005，24(3)：41-45.
[8] 孙朝辉，刘增宏，童明荣. ARGO 剖面浮标技术报告[R]. 杭州：ARGO 大型科学观测试验项目组、国家海洋局海洋动力过程与卫星海洋学重点实验室、国家海洋局第二海洋研究所，2003.
[9] 成方林，冯林强，张翼飞. "北斗"导航系统在海洋水文、气象监测系统中的应用[J]. 海洋技术，2004，23(3)：70-73.
[10] 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.
[11] 赵世军，高太长，刘涛，等. 基于北斗一号的高空风探测方法研究[J]. 气象科技，2012，40(2)：170-174.
[12] 王小勇，庄红波，高瑞泉. 卫星通信在自动气象站数据传输中的应用[C]//北京：中国气象局气象探测中心 2008 年探测年会论文集，2009.
[13] 刘增宏，张涛，朱伯康. 一种延长 APEX 型 ARGO 剖面浮标观测寿命的方法[J]. 海洋技术，2010，29(3)：115-118
[14]. 温景阳，徐继红. 北斗卫星导航用户终端供电系统的设计[J]. 电子产品世界，2006，19(1)：64-70.
[15] 郑伟平. 北斗接收机的部分算法与定位误差研究[D]. 哈尔滨：哈尔滨工业大学，2006：52-53.

A New Design of ARGO Floats Based on Compass System

Wu Wei[1]　Qi Jiucheng[1]　Zhang Jing[1]　Li Qing[1]　Guo Shufang[2]
(1 Unit 63863 of PLA, Baicheng 137001; 2 Baicheng Meteorological Service, Jilin, Baicheng 137000)

Abstract: In order to design ARGO floats based on China's own satellite navigation system, a new design of ARGO floats based on the Beidou Navigation Satellite System is presented. The basic principles of ARGO floats, application profiles, and the basic application of the existing Beidou satellite navigation and positioning system are described; the design scheme of ARGO floats based on the Beidou system is introduced; and the feasibility of the ARGO floats is analyzed in the aspects of communication, positioning systems, weight, etc. The communication system of ARGO floats based on the Beidou system, as well as two communication modes, is studied. The results show that the design scheme of ARGO floats based the Beidou system is feasible.

Key words: ARGO, Compass Satellite, float

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net