

卫星通信技术在海洋工程监测与控制中的应用案例分析

陈宇峰¹ 刘建军² 盛友旭³

1. 宁波迪泰科技股份有限公司; 2. 捷信(浙江)通信技术有限公司; 3. 迪泰(浙江)通信技术有限公司

DOI: 10.12238/ems.v6i5.7790

[摘要] 在现代海洋环境的立体观测平台中, 卫星的通信、导航和定位功能成为不可或缺的关键组件。为适应我国海洋资源开发、维护国家主权安全以及拓展海上军事活动空间等多方面的迫切需求, 亟需加快推进北斗三号系统建设并开展关键技术研究。基于此, 本文对北斗三号卫星的全球导航通信融合技术进行深入探讨, 并结合全球海洋环境探测的背景, 从国家海洋战略发展和工程整合的双重视角出发, 详细分析北斗三号功能、性能特点以及其在海洋环境三维探测领域的实际应用需求; 以终端为基础, 主要从设计方案、形态和性能指标三个维度, 深入研讨北斗三号导通一体模组与海洋环境探测无人平台的嵌入式和模块化综合集成方案的具体实施方式, 供相关学者借鉴与参考。

[关键词] 卫星通信技术; 海洋工程; 监测与控制

Application Case Analysis of Satellite Communication Technology in Marine Engineering Monitoring and Control

Chen Yufeng¹ Liu Jianjun² Sheng Youxu³

1. Ningbo Ditai Technology Co., Ltd;

2. Jiexin (Zhejiang) Communication Technology Co., Ltd; 3. Ditai (Zhejiang) Communication Technology Co., Ltd

[Abstract] In the three-dimensional observation and detection platform of modern marine environment, the communication, navigation, and positioning functions of satellites have become indispensable key components. In order to meet the urgent needs of China's marine resource development, safeguarding national sovereignty and security, and expanding maritime military activity space, it is urgent to accelerate the construction of the Beidou-3 system and carry out key technology research. Based on this, this article delves into the global navigation and communication integration technology of the Beidou-3 satellite, and combines it with the background of global ocean environment exploration. From the dual perspectives of national ocean strategy development and engineering integration, it analyzes in detail the functions, performance characteristics, and practical application requirements of the Beidou-3 satellite in the field of three-dimensional ocean environment exploration; Based on the terminal, this study delves into the specific implementation methods of the embedded and modular integrated solutions of the Beidou-3 Navigation Integrated Module and the Unmanned Platform for Marine Environment Detection from three dimensions: design scheme, form, and performance indicators, for relevant scholars to learn from and refer to.

[Key words] Satellite communication technology; Ocean engineering; Monitoring and control

引言

海洋作为国民经济和社会发展的核心领域, 从“数字海洋”到“透明海洋”, 再到“智慧海洋”项目, 我国在海洋信息化方面持续深化。逐渐健全的海洋通信网络对于我国在海洋环境监测、海洋权益的维护、海洋资源的开发、海洋生态的保护以及海洋经济的高质量发展方面具有不可忽视的重要性。当前我国海洋环境监测站点数量众多, 但分布极不均匀, 存在着信息孤岛问题。伴随着海洋环境监测技术的不断进步和无人船、无人机、智能浮标等智能设备的广泛应用, 我国的海洋环境监测已经步入一个实时、多维度的新时代, 展现出高频实时、自动化和数据海量化的发展方向。

1. 北斗三号对海洋探测平台的支撑作用

目前, 基于北斗三号的海洋自主式探测平台不仅包括ARGO浮标(剖面浮标)、AUV(自主潜航器)、UG(水下滑翔机)、AUG(波浪滑翔器)和UUV(水面无人艇)等无人自主移动观测平台, 还包括海床基、锚系潜标、漂流/锚泊浮标、地波雷达等多种定点或无控漂浮平台。这些装备在海洋资源调查和监测中发挥着重要作用。本文深入研究“海洋环境观测无人平台+BDS3”在实际应用中的需求和策略选择。

波浪能滑翔器是一种依赖于海洋波浪起伏能量来进行海洋环境探测的平台, 其控制和通信电路是由太阳能板提供电力的。该系统拥有卫星通信、全球定位和自主导航的功能,

被誉为“畅游海洋、永不停歇、1年10000km海上永动机”, 能够实现大范围、远距离的海表水文和海面气象走航测量, 以及实时回传测量数据的能力。随着海洋资源勘探开发技术的发展, 该领域应用需求将不断增加, 研究意义重大。

辽阔而深邃的海洋, 由于其独特的海水深度、环境、介质和空间特性, 使得海洋环境立体观测探测装备不仅涉及多个学科, 而且技术含量极高。对于推动以自动化、无人化和智能化为核心特点的海洋环境观测探测装备体系的进一步发展, 以及促进海洋环境观测探测领域在“实时化、多元化、立体化、长时序、网络化”方面的持续进步, 该装备体系起到不可或缺的基础保障作用, 并构成平台和领域进步的关键技术支持。

2. 海洋探测平台对北斗三号应用需求

北斗的导通一体终端模块在成本、安装限制和适应性方面都展现出明显优越性。北斗作为全球唯一的全球卫星导航系统, 是当前最先进、最具发展潜力的导航定位系统之一, 也是实现海上航行安全和海洋资源开发利用不可或缺的重要装备。自“十五”计划开始, 伴随着两代北斗的投入使用, 我国在海洋环境探测领域持续探索以北斗定位通信为核心的技术平台。为解决海洋环境观测信息传输的问题, 重点研发基于北斗的C-ARGO、海洋水文监测的潜在(浮)标系统、自动气象/海洋站等一系列创新应用, 这些努力初步克服长时间困扰海洋领域的信道和定位的两大技术难题, 并促进北斗在

海洋环境信息领域的嵌入式和模块化应用, 确立北斗在海洋环境信息体系中的多功能保障角色。

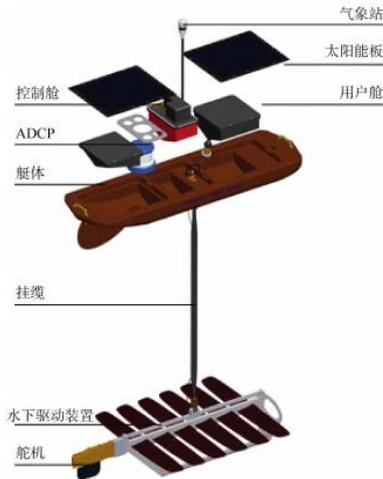


图1 波浪滑翔器



图2 “海鲸-2000”水下滑翔器

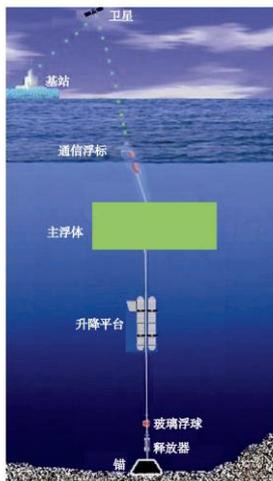


图3 海洋探测潜标

现阶段, 北斗三号这一大型系统的导航能力已完全达到海洋环境无人观测探测领域的相关标准。其中, 基于北斗一号短报文通信技术的终端模块和基于北斗三号双模星载天线接收技术的接收机模块将为我国海上无人化作业提供更可靠的信息保障。终端模块能够利用北斗三号的全频点信号来实现全球范围内的高精度定位、授时和测速功能。其中, 单点定位的精度可以达到 7m, 而 SBAS 的定位精度可以达到 2.5m。值得注意的是, SBAS 的定位精度不仅远超过北斗二号, 而且与北斗二号的同类型号相比, 其定位精度也有显著提升。因

此在我国沿海和海岛海域开展基于北斗三号的海上无人飞行器组网观测研究具有重要意义。另外, 北斗三号的新型体制信号在接收灵敏度和抵抗多径干扰的能力上都有显著提升, 使其更适合于无人平台的广域海洋应用场景, 更是一种不依赖于 GLONASS、GPS 等国外卫星导航系统的设备。

实现卫星导航保障方面完全自主和可控、全球海洋部署任务的国产系统。“海洋环境探测装备平台+北斗”的应用模块采用模块化、嵌入式的设计, 同时支持 RDSS、RNSS 的集成功能, 为海洋环境探测装备平台提供全球范围内的连续、实时、精确定位、速度测量、安全、时间同步信息以及位置报告和短报文通信服务。

在海洋环境探测的无人平台中, 当涉及可靠导航、定位和定时工程应用时, 北斗三号被认为是我国目前技术精度最高的独立工具。针对目前海上航行中高精度导航需求和技术发展瓶颈, 提出一种面向海洋资源开发的新型智能终端架构。考虑到海洋无人平台的应用特点, 北斗的应用模块被设计为自动气象/海洋站、潜/浮标等无人平台背景的唯一示位标单元; 利用其高精度时间频率资源和空间位置优势可实现对目标区域实时跟踪测量, 并在此基础上进行准确定轨计算。考虑到基于星基的弱信号体制可能导致的干扰和无法入水的问题, 水下移动平台, 如 AUV, 通常会结合水声、惯性、海洋物理场的匹配技术构建导航任务系统, 这也是提供精确的时空基准信息的关键部分。

北斗短报文通信与其他的卫星通信系统存在明显的不同之处。根据用户的级别, 系统会规定报文长度(区域短报文的长度为 1000 汉字, 全球短报文的长度为 40 汉字)、相应服务频率(最高为 1 次/s)以及优先级(对于高优先级的用户, 在进行相同级别的服务申请时会被优先考虑)。从理论上讲, 服务性能会有所变化, 并且由于系统容量的限制, 许多海洋无人探测平台的用户很难申请到最高级别的服务。在一般的低级服务环境中, 经过对北斗二号应用的实际探索和分析, 发现利用终端技术, 通过北斗三号的通信扩展和增强, 能够满足各种海洋环境探测无人平台的数据传输、位置报告以及遥控/控制等信道保障需求。目前该技术已广泛应用于我国近海海域多个重要海区, 并取得了良好效果。除此之外, 考量信道的稳定性和存储能力, 北斗短报文不仅可以作为主要的通信工具, 还可以作为紧急备份和应对策略。

3. 基于无人平台模块化/嵌入式的北斗三号模组

3.1 工程集成形态

鉴于深海环境的日益远距离传输、复杂化、长时间、大数据量和多点位的特点, 传统技术已经不能满足当前的观测能力和导航通信的需求。在分析现有海洋观测体系建设及发展趋势基础上, 提出以“北斗+”为核心, 面向全海域覆盖的新一代观测装备集成与服务架构方案。在海洋环境无人探测领域, 通信任务/北斗导航系统的集成和集中化已逐渐成为模块化与嵌入式工程应用的主导方向。

海洋环境探测无人平台的显著特点和优势在于其长期的自主工作能力。相应的, 各种海洋探测平台普遍使用电池作为电源, 这需要考虑到系统的整体重量和能源系统的限制。因此, 平台各个任务系统需要在能源有限的情况下, 均衡地共享无人平台所携带的电力资源。为保证整个系统能量平衡及高效利用, 需研究并设计适用于各种环境下无人平台能源管理策略。考虑到无人平台的能源需求和空间布局的限制, 嵌入式北斗模组特别需要对其尺寸和功耗进行严格控制。通过高度集成的元器件和多种模式的优化, 可以确保在满足性能标准的同时, 尽可能减少模块的体积、重量和功耗, 以满足整个任务执行周期的需求。

另外, 随着我国海洋环境探测无人平台的持续快速发展, 平台的种类和数量都在不断增加, 这对通信模组工程/北斗三号导航的应用模式提出更高要求。因此, 基于现有技术基础, 研究设计了一种面向多功能融合应用需求的新型多制式北斗通用模组方案, 满足未来卫星导航系统与其他系统间的互联互通需求。从 AUV、滑翔机等机动平台的多体制综合集成应用, 到海洋站/气象、潜/浮标等平台的单一北斗导体制度

用,都进一步要求北斗三号导通一体化模组向模块化、标准化、通用化发展,以大幅度提高载荷的可维修性与适装性。



图4 北斗三号一体化天线模块



图5 北斗三号主体模块

3.2 模组组成与工作原理

目前,在研海洋观探测平台上进行北二向北三模组的更新工作。为满足“海洋环境观探测无人平台+BDS3”的全面迭代需求,并解决产品系列化的问题,选择基于无人平台的模块化/嵌入式北斗三号模组(见图5、图6)。针对其集成难度大的现状,提出一种新结构形式的北斗三号模块设计方案^[4]。此模组是基于芯片式的结构设计,并被整合为小型OEM板卡的形态,支持北斗三号RNSS/RDSS(全球+区域)一体化工作,具有良好可靠性、高度集成性、快速响应、小巧尺寸和低功耗等特性。此外,还充分考虑与平台的共形安装和“六性”设计等解决方案,从而丰富“三化”特性的内涵,成功地将HM4000型/HM2000型剖面浮标、波浪滑翔器、大水下滑翔机、深度潜标系统等一系列海洋环境无人观探测产品北斗二号模组升级为北斗三号,并进行集成优化,具有很强示范作用。

北斗三号模组是由主板模块、天线以及相应的软件和线缆所组成,并直接使用平台电池进行供电。该终端主要包括主板、天线两部分。该天线具备定时、定位和短报文的功能,并提供射频信号的接收和发送,同时也进行必要抗干扰处理;主板的主要功能是处理天线接收到的北斗三号RNSS/RDSS(全球+区域)数据,负责全球与区域的短消息通信信息的接收和发送,从而确保基于北斗三号的海洋环境探测无人平台能够实现精确的控制、定位、短消息交流、导航以及位置报告等关键功能。

4. 应用系统方案设计

4.1 硬件方案

主板模块由主控、北斗和接口等基础组件组成。其中北斗单元采用国产芯片进行设计和生产,是整个系统的核心部分。北斗单元集包括4通道射频子单元、成功放/低噪放子单元和基带子单元等组件,主要负责接收和处理北斗三号RNSS/RDSS(全球+区域)信号,并与GPSL1频点兼容,实现了定时解算、定位和短报文通信的功能^[5]。主控单元包括电源电路、主控制器和外围电路设计。主控和接口单元的主要职责是管理整机的各个单元、展示输出、扩展接口以及处理外部信号的接入。

4.2 软件方案

软件主要集成BDS3信号和信息处理工具,负责北斗卫星

的定位计算/电文解读、信号处理与定时功能。此外,还能输出BDS3的测速、定位和时间数据,并支持北斗三号全以及球区域的短报文通讯功能。考虑到相关平台任务背景,可以选择使用抗干扰显控软件与处理软件等。

4.3 接口方案

主要利用有线技术为海洋环境的无人平台数据传输、导航控制等相关任务系统提供关于平台的速度、时间、位置的详细信息和通讯功能,采用无线传输技术实现对海洋观测设备的远程操控。为了同时满足新平台的应用需求和在役平台的升级改造,主要采用CAN网和串口等外部信息输出接口,并根据实际需求提供以太网口的扩展选项。

4.4 实现指标

为全面评估北斗三号系统所提供的新型信号服务性能,并考虑海洋无人平台可能存在的回收失败或失控的风险,为避免敏感授权模块的潜在风险,该系统主要侧重于提供民用服务,即通常使用通信信号、民用频点导航。基于这些考虑,得出“海洋环境观探测无人平台+北斗三号”应用模组在定位(导航)和通信方面的主要性能指标。

(1) 导航定位基本指标

全球定位精度(95%置信度,PDOP \leq 4):区域定位精度(95%置信度,PDOP \leq 4):水平方向优于7m;水平方向优于6m;授时精度: \leq 20ns(1PPS,95%置信度)。

(2) 短报文通信服务指标

负责接收和处理北斗三号系统的短消息通讯服务信号,并为北斗三号区域和全球提供短消息的接收和发送服务,实现基于北斗卫星导航系统的短消息业务应用功能。综合考虑北斗三号短报文的性能上限,并努力使其与现有的北斗二号短报文终端尽可能兼容,以下是基本性能指标:接收信号频率:B2b、S2A、S1Q;信号的发射频率:Lf4、Lf3;在特定区域内,该系统能够一次性发送最多1000个汉字的报文;在全球范围内,该系统能够一次性发送最多40个汉字的报文。

结语

总而言之,本文以海洋无人自主平台作为应用场景,依据其自主可控的性能特性,对海洋环境探测无人平台的星基导航通信架构进行深入分析和讨论,提出一种海洋平台端嵌入式北斗三号RNSS/RDSS一体模组的基本设计方案和“三化”发展方向,并进一步梳理和分析基于北斗三号的数据回传、导航定位、控制/遥控、多模监控和立体组网等在海洋环境立体观探测领域的典型应用策略和信息流程。通过融合“海洋环境观探测装备领域+BDS3”的技术策略,提出新时代“海洋环境观探测无人平台+BDS3”的深度耦合模型,为该平台的创新和海洋领域的进一步拓展开辟新方向,因此,加速我国成为海洋强国在现实中具有不可忽视的重要性。

[参考文献]

- [1]徐亮.载波叠加技术在海洋石油平台卫星通信中的应用[J].数字通信世界,2020,(08):225-226.
- [2]梁娟,史文华,杜朝.基于卫星通信和无人船的海洋监测技术研究[J].计算机测量与控制,2019,27(08):12-15+20.
- [3]吴立新,林霄沛,刘永正.“透明海洋”立体观测网构建[J].科学通报,2020,65(25):2654-2661.
- [4]徐文,李建龙,李一平,等.无人潜水器组网观测探测技术进展与展望[J].前瞻科技,2022,65(25):60-78.
- [5]卫达,王智新,潘海华,等.海洋激光雷达探测卫星技术的发展[J].中国信息化,2023,(02):63-64.
- [6]李文斌,黄兆阳,李天雪.高分卫星遥感技术在海洋权益维护领域应用研究[J].中国设备工程,2022,(17):61-63.
- [7]徐亮.载波叠加技术在海洋石油平台卫星通信中的应用[J].数字通信世界,2020,(08):225-226.