

doi:10.3969/j.issn.1003-2029.2021.04.002

基于全球导航卫星系统和铱星通讯的表面漂流浮标设计及其试验性应用

陈红霞^{1,2,3}, 杨望笑^{4,5}, 林丽娜^{1,2,3*}, 窦银科⁴

(1. 自然资源部第一海洋研究所, 山东 青岛 266061; 2. 青岛海洋科学与技术试点国家实验室 区域海洋动力学与数值模拟功能实验室, 山东 青岛 266237; 3. 自然资源部海洋环境科学与数值模拟重点实验室, 山东 青岛 266061; 4. 太原理工大学电气与动力工程学院, 山西 太原 030024; 5. 中国极地研究中心, 上海 200136)

摘 要: 本文基于可以同时接收包括北斗、GPS 和 GLONASS 在内的全球导航卫星系统的定位模块和铱星远程通讯模块, 介绍了长航时、适用于全球水域和极地冰区的表面漂流浮标设计和组成, 并对其测流性能进行了理论分析。通过中国第 10 次北极科学考察队在北极楚科奇海和白令海的试验性应用表明, 相比目前常用的 Argos 表面漂流浮标, 该浮标具有数据传输频率和有效性高、定位精度和流速反演高、功耗低和寿命周期长、适用于高海况和海冰密集度高的恶劣海域, 并可进行后期功能拓展等特点。这一浮标技术的研究对于支撑我国极地观测网和全球海洋观测网建设可以起到重要作用。

关键词: 表面漂流浮标; 全球导航卫星系统; 北极科学考察; 楚科奇海; 白令海

中图分类号: P715.2

文献标识码: A

文章编号: 1003-2029 (2021) 04-0008-08

近几十年来, 随着卫星跟踪和定位技术的发展, 越来越多的卫星跟踪浮标被用以开展海洋观测, 主要类型有卫星跟踪表面漂流浮标和 ARGO 剖面浮标等^[1]。卫星跟踪表面漂流浮标主要用以开展表层海流的观测, 其中 Argos 表面漂流浮标是目前应用最为广泛的。

卫星跟踪表面浮标采用拉格朗日海流观测方式^[2], 由于其具有成本低廉、体积小、便于投放作业等特点, 可实现自动采集海洋水文气象数据、自动定位与数据传输的功能^[3], 在海洋上层环流观测与研究上得到广泛应用。从海洋环流和海洋

物质运输的角度而言, 这种方法是表层流场研究中一种直接而有效的手段^[4]。

20 世纪 80 年代, 随着热带海洋和全球大气计划 (Tropical Ocean Global Atmosphere Program, TOGA) 及世界大洋环流实验 (World Ocean Circulation Experiment, WOCE) 的广泛开展, 尤其是在 WOCE 计划中设立表层流速计划 (Surface Velocity Program, WOCE-SVP) 后, 很多国家在其进行的海洋调查中开始大量使用 Argos 表面漂流浮标^[4]。

在南北两极及其附近的高纬度海域, 受海况恶劣、冰情复杂、作业船只相对较少等条件的制约,

收稿日期: 2020-12-17

资助项目: 国家重点研发计划资助项目 (2019YFC1408201, 2019YFC1509101)

作者简介: 陈红霞 (1975—), 男, 博士, 研究员, 主要从事极地与区域海洋动力学研究。E-mail: chenhx@fio.org.cn

通讯作者: 林丽娜 (1987—), 女, 博士, 助理研究员, 主要从事北极物理海洋学研究。E-mail: linln@fio.org.cn

当前布放在这一海域的表面漂流浮标非常稀少。鉴于高纬度海域流冰撞击或者海冰冻结将直接威胁到漂流浮标标体的安全、环境温度较低带来额外电力供应负担等因素,在这一海区布放的漂流浮标不仅直接影响到布放成功率,而且布放成功后的浮标平均生命周期与开阔海域相比也普遍较短。

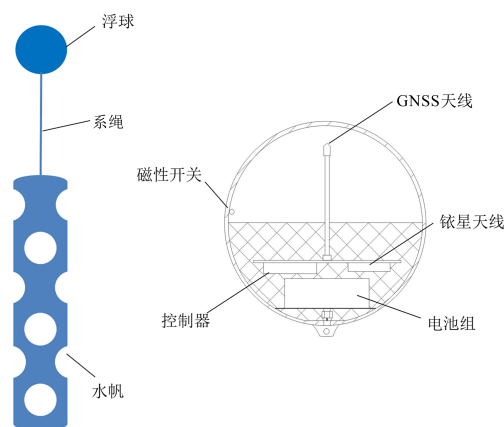
在科技部科技支撑计划项目“南大洋水团与环流监测技术及应用研究”的支持下,中国第26次南极考察期间,完成了普里兹湾20枚Argos表面漂流浮标的布放。这开创了极地海洋工作者在南极海域采用漂流浮标进行海流观测的先河。此后,在“十三五”国家极地专项的支持下,中国第29次南极考察队于2013年2月再次对普里兹湾进行了Argos漂流浮标补充观测,并取得8枚Argos浮标总计662天的数据^[5]。

2019年8—9月,依托我国第10次北极科学考察,以“向阳红01”科考船为平台,首次采用太原理工大学自主研发的表面漂流浮标在包括楚科奇海和白令海在内的北极地区高纬度海域进行了表层海流观测。而在此之前,在中国第2次北极科学考察时,曾采用国家海洋技术中心研制的两台极区浮标用于北极海冰的移动观测^[6]。

本文主要内容包括表面漂流浮标的设计与组成介绍、测流性能分析和实际应用试验结果分析。

1 表面漂流浮标的设计与组成

鉴于浮标系统在水面漂流时,主要受到海流、波浪和风的作用^[1];在高纬度海域同时还面临海表低温、流冰和海冰冻结等环境因素的影响。因此,在总体结构设计上,既要保证浮标具有很好的随流性,又要满足其适应高纬度海域的环境安全要求。与Argos表面漂流浮标结构类似,该浮标主要由浮标标体、水帆和系绳组件组成。



(a) 浮标整体结构 (b) 浮球内部组成
图1 表面漂流浮标结构示意图

如图1所示,所有功能模块和控制器件均内置在浮标标体内。作为水面漂浮物的浮标标体采用的是圆球形密封壳体,这可最大限度地将表面波校正为净水平力,并在结冰期可以防止海冰冻结对标体的破坏。标体采用ABS(丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物)树脂材料制作,这一材质在保证不影响信号的发送与接收的同时,还可以在低温环境下提供一定的机械强度^[7]。标体直径为0.4 m,其中安装数据传输模块、定位模块、控制模块、天线和电池。

此外,为了易于部署,在浮体内壁上安装了干簧管,可以在不打开浮球的情况下控制系统的开通或关断。考虑到需要尽量减小风和波浪对水面浮体的影响,质量最大的电池被安装在浮球底部用于降低浮心,并且设备之间的空隙填充了减震材料。

数据传输采用的是铱星9602远程通讯模块,射频频率为1 616~1 626.5 MHz,最大单次数据传输可达340字节,完全满足单次数据发送需求。工作温度范围为-40~85℃,可以适用于全球海域。该模块采用标准的RS232串口通讯方式,可以与控制器进行通讯。模块最低工作电压为7 V,采用标准电压12 V供电,数据发送时的瞬间发射功率为2 W。由于静态功率为0.8 W,在完成数据发送后通过控制模块切断电源降低功耗。此外,由于

铱星模块自带的定位精度较低,无法用于计算浮标漂移轨迹,所以增置了定位模块。

定位模块同样安装在浮球内部,采用的是 NEO-M8N 卫星定位模块,可同时接收 3 个全球导航卫星系统——中国北斗卫星导航系统、全球定位系统 (Global Position System, GPS) 和俄罗斯格洛纳斯全球卫星定位系统 (Global Navigation Satellite System, GLONASS) 的定位信息。这一卫星定位模块具有灵敏度高和采集时间短的特点,同时具备功耗低、定位精度高 (水平误差 $< 2.5\text{ m}$)、工作温度范围宽 ($-40 \sim 85^{\circ}\text{C}$) 等优点,可以适应极地海洋现场工作环境。

和定位模块的工作电压一致,远程传输控制模块的工作电压也为 $3.0 \sim 3.6\text{ V}$ 。控制模块整体采用低功耗元器件,待机功耗小于 1 mA ,控制系统可在 5 min 以内完成单次的数据采集、打包和发送。



图 2 浮标采用的铱星通讯模块和相应的远程数据传输控制器
浮标的设计使用寿命为 2 年,按照电池容量

具有 1.5 倍的容量冗余,采用了 12 节法国 SAFT LS33600 锂电池作为电源,总容量为 204 Ah 。该型锂电池具有能量密度较高 (约 680 Wh/kg)、自放电率低 (一年小于 1%) 的特点,并支持铱星数据发送时要求的高电压响应,工作温度 $-60 \sim 85^{\circ}\text{C}$ 。

水帆选择耐腐蚀、抗降解和防污的聚酯纤维材料制作,该材质最大的优点是抗皱性和保形性很好,具有较高的强度与弹性恢复能力。水帆长度为 10 m ,直径为 0.6 m 。为了便于捕捉海流的流速与流向^[8],帆体上在 2 个水平直交的方向上分别开了 3 个孔洞,孔洞的直径为 0.3 m 、深度间隔为 1.6 m 。在帆体的底部安装有环形钢圈,可起到支撑水帆结构和配重的作用。

为了尽可能减少由于系绳长度过长对标体拖曳系数、进而对流速观测的影响,选定的系绳长 5 m 、直径 0.01 m 。系绳采用聚酰胺纤维,该材质具有耐腐蚀性、耐磨性、抗疲劳性和热稳定性等特点,适合在低温环境下使用,且比重和海水非常接近。

2 测流性能理论分析

与以往常用的表面漂流浮标相比,基于全球导航卫星系统和铱星通讯的表面漂流浮标性能最突出的改进在于流速记录个数、定位精度和测流精度的提高。从定位精度上看,可同时接收 3 个全球导航卫星系统的 NEO-M8N 卫星定位模块,水平定位误差小于 2.5 m ,在定位精度上远高于 Argos 卫星的定位误差 (1 000 m) 和基于 GPS 定位的 Argos 表面漂流浮标定位误差 (15 m)^[1]。

受卫星数量和过顶次数的限制,WOCE-SVP 项目提供的 Argos 表面漂流浮标定位记录和国内海洋学者对同类记录的处理时间间隔均为 6 h ^[9]。受数据后处理时间的限制,结合铱星通讯和 NEO-M8N 卫星定位模块的定位记录时间间隔理论上可

以缩短为 5 min; 因长生命周期需要, 时间间隔设定为 1 h。在此情形下, 后期通过计算获得的流速记录从 Argos 表面漂流浮标的每天 4 个提高到 24 个。

目前, 北斗三号卫星搭载了更高性能的铷原子钟和氢原子钟, 铷原子钟天稳定度为 E-14 量级, 氢原子钟天稳定度为 E-15 量级, 比北斗二号星载钟的稳定度提高了一个数量级。依据 2019 年中国科学院国家授时中心将北斗三号卫星采用的我国时间基准 UTC (NTS) 与捷克国家时间基准 UTC (TP) 的亚欧长基线国际时间进行比对, 共视比对精度为 1.2 ns, 北斗卫星导航系统授时精度 10 ns。这一授时误差无论对 6 h 还是 1 h 时间间隔的流速计算均

可忽略不计。

在 6 h 记录间隔情况下, 由定位误差产生的测流误差从 Argos 卫星的 $\pm 5\text{ cm/s}$ 提高到 $\pm 0.01\text{ cm/s}$, 已远远小于由海表动力因素影响导致的浮标运动速度与水质点运动速度的差异 ($\pm 2\text{ cm/s}$)^[10,11]。这一场景下本文浮标的测流精度为 $\pm 2\text{ cm/s}$ 。

在 1 h 记录间隔情况下, 由定位误差产生的测流误差从 GPS 卫星定位的 $\pm 0.4\text{ cm/s}$ 提高到 $\pm 0.07\text{ cm/s}$, 也远小于由海表因素导致的速度误差。这一场景下本文浮标的测流精度为 $\pm 2.1\text{ cm/s}$ 。

在设计使用寿命上, 本文浮标的设计使用寿命为 2 年, 与常用的 Argos 表面漂流浮标相当。

表 1 主要类型表面漂流浮标性能指标对照表

主要性能	Argos 漂流浮标	GPS-Argos 漂流浮标	全球导航卫星系统 — 铱星漂流浮标
记录时间间隔 /h	6	0.75	1
每日测流记录个数	4	—	24
定位精度 /m	1 000	15	2.5
6 h 流速精度 / $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$	± 7	—	± 2
1 h 流速精度 / $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$	—	± 2.4	± 2.1
设计寿命周期 /a	2	1.6	2

3 现场应用试验结果分析

中国第 10 次北极科学考察期间, 上述表面漂流浮标分别被投放在包括楚科奇海和白令海在内的北极高纬度海域, 采集到楚科奇海、楚科奇海深海平原、东西伯利亚海、北冰洋核心区、白令海、鄂霍次克海和西北太平洋的海表流速观测数据, 实现了对这一浮标的现场应用试验。为了区分试验用的 2 个浮标, 本文用浮标上使用的铱星通讯模块标号作为浮标编号。

为了避免考察船对表面海流的扰动对浮标测

流结果的影响, 浮标启动工作时间在布放时设置为延时启动。浮标自布放至今一直在正常工作, 最近一次数据整理时间截至 2020 年 10 月 20 日。两个浮标当前的电池电压也保持在正常工作范围 (分别为 12.2 V 和 10.1 V), 在没有完全结束观测和通过计算给出浮标预期寿命的情况下, 这也直接证明了浮标的可使用寿命长。

以下以 2020 年 10 月 20 日作为试验的最后一个记录时刻进行浮标的应用性能分析, 主要试验信息如表 2 所示。

表 2 表面漂流浮标应用试验主要信息表

主要信息	300234065092940	300234010070150
浮标布放时间	2019/8/26 05:15	2019/9/1 03:47
起始工作时间	2019/8/26 11:30:32	2019/9/2 0:30:32
最近一次记录时间	2020/10/20 6:31:26	2020/10/20 8:30:31
浮标布放坐标	(179.520°E, 58.500°N)	(168.990°W, 74.690°N)
起始工作坐标	(179.510°E, 58.502°N)	(168.987°W, 74.688°N)
最近一次坐标	(152.752°E, 48.359°N)	(179.326°W, 81.797°N)
观测小时数	10 085	9 944
原始记录个数	8 849	9 917
去重后的记录个数	7 464	9 637
漂移距离 (km)	6 000	2 500

300234065092940 号浮标布放在白令海公海海域, 其轨迹流过了白令海、西北太平洋、鄂霍次克海, 并跨越了阿留申群岛和千岛群岛; 总观测小时数为 10 085 个, 原始记录个数为 8 849 个, 轨迹线长度约为 6 000 km。300234010070150 号浮标布放在北冰洋楚科奇海, 其轨迹流过了楚科奇海、东西伯利亚海、楚科奇深海平原、门捷列夫海岭和加拿大海盆; 总观测小时数为 9 944 个, 原始记录个数为 9 917 个, 轨迹线长度约为 2 500 km。

考虑到铱星信号强度不稳定会导致数据传输失败和丢失, 以及受海表条件影响无法完成定位也会导致原始数据缺失, 因此, 数据传输策略方面设置为重复一次发送。鉴于原始记录除了数据重复、缺失现象外, 还存在极个别的顺序错误, 为了全面检查记录和顺序校正, 对 300234065092940 号浮标前 2 000 个记录采取人工方式逐个检查。通过检查发现, 重复记录 (同一小时内多于 1 个的视为重复) 共 350 个, 所占比例为 17.5%; 在重复记录中, 共发生 66 次连续 3~4 个时刻的记录重复, 占重复记录的 72.36%; 其他多为单独一个时刻的纪录重复。推断发生连续 3~4 个时刻的记录重复

的次数较多应该和数据重复传输时以 4 h 为 1 个数据包时长的设置有关。

在记录缺失方面, 通过对 300234065092940 号浮标前 2 000 个记录 (从 2019 年 8 月 26 日 11:30 至 2019 年 11 月 17 日 14:30, 共 1 996 h) 逐个检查统计 (表 3) 发现, 缺失记录片段 132 个, 缺失记录 (1 h 内没有记录) 共 478 个, 缺失记录所占比例为 23.9%。缺失片段最多的是空缺 1 h 的记录, 共缺少了 91 次, 占片段总数的 68.49%, 占统计时段时长的 26.07%; 其次为空缺 4 h、8 h 的记录, 分别缺少了 19 次和 13 次, 占片段总数的比例为 14.39%、9.85%, 占统计时段时长的 21.78%、29.80%。缺失片段最长时长为 16 h, 仅出现了 1 次。尽管采取了数据重复传输, 对这一浮标的全观测时段的统计表明, 记录缺失比例为 25.98%, 与前 2 000 个记录的缺失比例相当。

如果以 Argos 表面漂流浮标的 6 h 记录间隔为标准, 缺失次数为 18, 缺失记录占统计时段时长的比例为 8.5%。这表明 300234065092940 号浮标在流经海区的适用性还是有待提高的。

表 3 300234065092940 号浮标前 2 000 个记录缺失片段统计表

缺失片段时长	缺失次数	占总缺失片段的比例 /%	占统计时段时长的比例 /%
1	91	68.49	26.07
2	2	1.52	1.15
3	1	0.76	0.86
4	19	14.39	21.78
5	1	0.76	1.43
8	13	9.85	29.80
11	1	0.76	3.15
12	2	1.52	6.88
15	1	0.76	4.30
16	1	0.76	4.58

布放在北冰洋的 300234010070150 号浮标记录完整情况要好得多。对其全观测时段的统计表明, 这一浮标的缺失记录为 307 个, 缺失时段仅为 3.08%。缺失记录主要集中在北冰洋的开阔海域; 在浮标开始工作的前 10 天, 240 个观测时刻就缺少了 58 个记录, 缺失比例为 24.41%。这和 300234065092940 号浮标前 2 000 个记录的缺失比例几乎完全一致。这表明浮标在开阔海区的适用性还是有待提高的。

数据重复传输并不能完全解决数据记录缺失, 同时可以推断数据缺失可能并不完全是数据传输过程中的数据丢失造成的。

结合这一考察航次期间无论是在北冰洋, 还是在白令海、西北太平洋, 整体海况均比较恶劣, 这会直接影响到本文选用较小的浮标标体在定位和数据传输时的姿态及其稳定性。在当前并不具备记录逐个时刻浮标所在海域海况的条件下, 虽然考察船所处位置与浮标观测位置多数并不一致, 但从整个航次考察船现场记录的海面有效波高大于 2 m 的天数比例来看 (22.92%), 这一比例和 300234065092940 号浮标前 2 000 个记录、300234010070150 号浮标前 10 天的观测记录缺失

比例相当。

恶劣海况不仅直接影响到数据的传输, 也直接影响到定位信息的采集。结合这 2 套浮标的观测海域, 可以推断海表恶劣海况比浮冰和海冰冻结对数据记录和传输完整的影响更大。对比这 2 套浮标获取的有效数据比例, 以及 300234010070150 号浮标在北极冰期前后数据完整程度, 尤其是 2019 年 11 月 1 日浮标到达东西伯利亚海北侧 (176.86°W, 75.48°N) 后数据完整程度高达 97.46%。这一时间基本上与 2010—2017 年这一海域的冻结结束日期^[12] (11 月 4 日) 相吻合。可见这一浮标更适用于高纬度的低海况冰区海域, 在恶劣海况多发的海域有待改进。

结合邻近时间内 (从同一小时内记录中选取时间间隔为 1 s 的记录) 记录点间距可以对定位的精度进行检验。鉴于无论在北冰洋还是浮标流经的其他海域的流速一般不超过 1 kn, 这意味着任意两个间隔 1 s 的记录点间距应小于 5.5 m (2 倍的定位精度与 1 s 内漂移距离的和)。在 300234065092940 号浮标前 1 000 个符合以上条件的 19 对记录点中, 间距最大值为 3.32 m (仅出现了 1 次)、间距最小值 0 m、间距平均值为 1.11 m,

这表明浮标实际的定位精度是符合预期的。

4 结 论

通过对自主研发的海洋表面漂流浮标在中国第10次北极科学考察中的投放作业,以及浮标在楚科奇海、东西伯利亚海、北冰洋中心区、白令海、鄂霍次克海和西北太平洋长期表面海流观测的试验性应用分析,可以获得以下结论。

(1) 本浮标适用于北冰洋低海况开阔海域甚至冰区,这对我国极地观测网和全球海洋观测网建设可以起到重要的支撑作用。

(2) 相对于北冰洋低海况开阔海域和冰区海域,尽管可实现比Argos表面漂流浮标高出3.3倍的测流记录,但本浮标在白令海以南的开阔海域记录缺失率较高(28%)。

(3) 与Argos海面漂流浮标相比,该浮标具有数据传输频率和有效性高、定位精度和流速反演精度高、功耗低和寿命周期长等优势。

(4) 流冰、海冰冻结和融冰等过程对标体安

全、精确定位和数据传输没有影响。

(5) 由于标体尺寸较小、重量较轻,浮标稳定性受海况影响较大,这可能是导致开阔海域记录缺失率较高的主要原因。

本漂流浮标作为观测平台具有较好的开放性和可拓展性,在现有基础上具有较大的优化和改进空间。

在标体尺寸上,参照其他表面漂流浮标适当增大标体或者采用其他增加标体稳定性的设计,以增强其在恶劣海况下的适应能力,实现对开阔海域的表层海流高分辨率、低成本同步观测。设置交互式工作模式,在特定情况下实现对涡旋、急流等强烈过程的加密观测。再者,可增配温度传感器、波浪观测传感器,同步获取海表温度、海浪参数数据。此外,强化标体结构设计,在标体外增加温度链或者温盐链和相应的数据耦合传输模块,获取海—气或海—冰—气界面的温度剖面数据,亦不失为一个重点拓展方向。

参考文献:

- [1] 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]. 海洋技术学报, 2011, 30(1): 1-4.
- [2] 刘增宏, 许建平, 朱伯康. Argos漂流浮标的若干观测结果[J]. 热带海洋学报, 2005, 24(1): 67-67.
- [3] 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.
- [4] 冯颖, 陈红霞, 袁业立. 基于Argos漂流浮标的东海黑潮特征分析[J]. 海洋科学进展, 2010, 28(3): 275-284.
- [5] 吉会峰, 邓小东, 曹兵, 等. 南极普里兹湾附近海域表层海流特征分析[J]. 极地研究, 2016, 28(1): 80-86.
- [6] 张少永, 林玉池, 熊焰. Argos卫星发射平台研究与Argos通讯系统应用[J]. 海洋技术, 2005, 24(1): 25-28.
- [7] GAN X J, CHEN Y H, XU Y P, et al. Design and development of a drifting buoy for gathering environmental data[J]. Applied Mechanics and Materials, 2014, 651: 417-421.
- [8] GASSER M, SALVADOR J, SANGRÀ P, et al. Field validation of a semi-spherical Lagrangian drifter[J]. Entia Marina, 2001, 65(S1): 139-13.
- [9] 胡筱敏, 熊学军, 乔方利, 等. 利用漂流浮标资料对黑潮及其邻近海域表层流场及其季节分布特征的分析研究[J]. 海洋学报, 2008, 30(6): 1-16.
- [10] PATTERSON S L. Surface circulation and kinetic energy distributions in the southern hemisphere oceans from FGGE drifting buoys[J]. Journal of Physical Oceanography, 1985, 15(7): 865-884.
- [11] ISHIKAWA Y, AWAJI T, AKITOMO K. Global surface circulation and its kinetic energy distribution derived from drifting buoys[J]. Journal of Oceanography, 1997, 53(5): 489-516.
- [12] 马靖凯, 陶树豪, 杜凌, 等. 北极太平洋扇区海冰融冻期的年代际变化[J]. 气候变化研究快报, 2019, 8(3): 302-311.
- [13] NEWHALL K, KRISHFIELD R, PETERS D, et al. Deployment operation procedures for the WHOI ice-tethered profiler[R]. Woods Hole: Woods Hole Oceanographic Institution, 2007.
- [14] 刘建国, 周辉云, 王晓亮, 等. SZF2-1A型多参数波浪试验浮标波浪要素海上比测试验与初步分析[J]. 海洋技术学报, 2016, 35(3): 74-77.

Design and Experimental Application of Surface Drift Buoy Based on GNSS and Iridium Communication

CHEN Hongxia^{1,2,3}, YANG Wangxiao^{4,5}, LIN Lina^{1,2,3}, DOU Yinke⁴

1. First Institute of Oceanography, Ministry of Natural Resources, Qingdao 266061, China;

2. Laboratory for Regional Oceanography and Numerical Modeling, Pilot National Laboratory for Marine Science and Technology (Qingdao), Qingdao 266237, China;

3. Key Laboratory of Marine Environmental Science and numerical modeling, Ministry of Natural Resources, Qingdao 266061, China;

4. Department of Electrical and Power Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China;

5. Polar Research Institute of China, Shanghai 200136, China

Abstract: Based on the global navigation satellite system (GNSS, including Beidou, GPS and GLONASS), and Iridium 9602 remote communication module, the design and composition of long endurance surface drifting buoy suitable for global waters and polar ice regions is introduced, and its theoretical current measurement performance is analyzed. Compared with the Argos surface drifting buoy commonly used at present, the experimental application during the 10th Arctic scientific expedition of China in the Chukchi Sea and Bering Sea shows that the buoy has characters such as high data transmission frequency and effectiveness, high positioning accuracy and velocity accuracy, low power consumption and long life cycle, and is suitable for the sea areas with high sea conditions and high sea ice density, and variable functional expansion ability. This kind of buoy can play an important role in supporting the construction of China's Polar Observation Network and global ocean monitoring network.

Key words: surface drifting buoy; global navigation satellite system; Arctic scientific expedition; Chukchi Sea; Bering Sea