

基于“雪龙”船平台的极地锚锭浮标布放

——以中国第六次北极科学考察白令海锚锭浮标布放为例*

刘娜¹, 潘增弟², 沈权³, 林丽娜⁴, 边洪村¹, 魏泽勋¹, 何琰¹, 刘洪宁¹

(1. 国家海洋局第一海洋研究所, 山东青岛 266061; 2. 国家海洋局东海分局, 上海 200137;

3. 中国极地研究中心, 上海 200136; 4. 中国科学院南海海洋研究所, 广东广州 510301)

摘要: 极地海气通量异常通过大气环流将极区和中低纬度气候变化联系起来, 海气通量观测是从根本上认识极区对中低纬度气候影响实质的关键手段之一。目前, 国内外高纬度定点海气通量观测非常稀少, 可借鉴的极地锚锭浮标布放技术也处在摸索阶段。中国第六次北极考察队在北太平洋高纬海域白令海成功投放一套锚锭海气浮标, 进行定点气温、湿度、风速、短波辐射、长波辐射、海表面温度等海气界面数据连续观测, 这是我国在北太平洋高纬海域成功布放的首套锚锭浮标。通过该套锚锭浮标的成功布放, 获得了我国以“雪龙”船为平台的极地锚锭浮标布放技术的宝贵经验。本文从极地锚锭浮标布放的意义、锚锭浮标介绍、布放原则和方案、布放过程及布放关键技术等方面进行阐述, 为我国未来极地锚锭浮标布放提供基础和借鉴。

关键词: 中国第六次北极科学考察; 极地; 锚锭浮标; 布放

中图分类号: P71 **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1002-3682.2015.04.010

极地区域因其特殊的地理位置和环境特征, 在全球气候系统中起着极其重要的作用。海冰的高反照率大大减少了极区对太阳辐射的吸收, 使得北冰洋和南大洋成为全球气候系统的热汇以及冷空气的源地。海冰对其下面的海水起到了隔离作用, 减弱甚至阻止大气与海洋之间的通量交换(热量, 水汽及动量)。随着北极海冰消融, 直接引起更多的太阳辐射被上层海洋吸收, 进而改变大气-海洋间的热量交换和水汽交换。海气通量异常作为最为直接的源头通过大气环流场将极地区域和中低纬度气候变化联系起来, 其对大气环流的影响程度可与赤道中、东太平洋海温的影响相当^[1]。

以北极为例, 北极海冰面积减少会导致北半球冬季大气环流场的变化, 该变化的空间分布与冬季北极涛动负位相空间分布相似, 即中纬度气压降低和高纬度气压升高; 这种大气环流型空间分布使中纬度地区西风减弱, 即盛行经向环流, 表现为频繁的寒潮爆发, 将冷空气从高纬度输送到较低纬度, 导致中低纬度地面气温降低; 另外, 北极海冰减少会使秋冬季节北极地区上空水汽含量增加, 为欧亚大陆及美洲大陆早冬降雪提供了更多的水

* 收稿日期: 2015-04-21

资助项目: 南北极环境综合考察与评估专项项目——北极周边海域物理海洋和海洋气象考察(CHINARE2015-03-01); 海洋公益性行业科研专项——北极航道适航性及航道预报系统研制与示范(201205007)

作者简介: 刘娜(1977-), 女, 副研究员, 博士, 主要从事极地海洋学及气候变化方面研究。E-mail: liun@fio.org.cn

(李燕 编辑)

汽源,这使得北半球国家近些年冬季低温、暴雪等灾害性天气频繁发生^[2-9]。了解北极海冰减少伴随的海气界面通量异常,是从根本上揭示北极海冰影响大气环流进而导致中低纬度灾害性天气气候事件实质的重要手段。

目前,海气通量观测主要集中在热带地区。中高纬度的海气通量观测较少,研究工作绝大部分依赖于卫星反演数据。极地地区被高云覆盖的现状严重影响可见光和红外光区卫星观测数据质量。另外,大多数卫星的可见光和红外光区卫星数据探头难以分辨冰和雪的差别。这使得目前国际常用的海气通量卫星数据产品在极区缺乏准确性和完整性。受极区冰情、低温、大风等的影响,海气通量现场观测相比中低纬度也要困难得多。因此到目前为止,中高纬度极地地区海气通量观测数据极为稀少。这不仅大大限制了对极区通量变化的认识,也大大限制了气候模式的发展^[10]。

鉴于极区海气通量观测的重要作用,美国气候变化和预测计划(Climatic Variability and Predictability)联合澳大利亚、日本等召开高纬度海气通量观测研讨会,积极推动中高纬度海气通量定点观测。到目前为止,在中纬度或接近极区海域开始了定点海气通量观测。2010-03,澳大利亚在南大洋(140°E,47°S)布放首枚中高纬度海气通量观测浮标,观测要素包括风速、温度、湿度、气压、太阳辐射和降雨^[11]。2010-11,澳大利亚在南大洋(30°E,38°30'S)海域布放第二枚浮标,但该浮标只成功获取7周数据就因为锚泊系统出问题而宣告失败。美国NOAA和美国国家科学基金会于2007-07在北太平洋海域(145°W,50°N)联合投放海气通量锚碇观测浮标1套。我国2012年第五次北极科学考察期间在北冰洋挪威海海域投放定点锚碇长期观测浮标1套。

综上所述,鉴于恶劣的气候环境条件,到目前为止国内外在极区或高纬度海域布放锚碇浮标的经验和技能均处在摸索和起步的阶段,而浮标投放技能的成熟和完善是获取良好数据的重要前提,对极地科学的发展起着强有力的制约和支持作用。

相比较挪威海,北太平洋海域是我国北极科学考察传统作业海区,对东亚气候影响更为显著,研究表明北太平洋海冰变化第一模态比北极涛动能更好地揭示西伯利亚变暖现象,第二模态与东亚冬季气候变化密切相关^[12]。中国第六次北极科学考察队于2014-07-20在北太平洋的白令海海盆成功布放我国首套锚碇观测浮标,各传感器观测和数据传输正常。对于我国科研人员获取北极高纬度海气界面的长期观测数据,了解北极定点海气界面要素变化特征,分析其对全球气候系统,特别是对我国气候变化所产生的影响具有重要意义。锚碇浮标布放实施方案经过了考察队的反复讨论、修改及完善,取得了宝贵的现场布放经验。

“雪龙”船是目前我国唯一一艘专门从事南北极科学考察的破冰船,隶属于国家海洋局,担负着运送我国南北极考察队员和考察站物资的任务,同时又为我国的大洋调查提供科考平台。本文将对中国第六次北极科学考察成功布放的锚碇浮标为例,总结和探索中国以“雪龙”船为平台的锚碇浮标投放技能,为以后的锚碇浮标投放提供可以借鉴的经验。

1 中国第六次北极科学考察锚碇浮标介绍

1.1 浮标观测要素及布放位置

中国第六次北极科学考察自2014-07-11从上海启航,于2014-09-24返回上海基地码

头,累计考察 76 d。考察海域包括白令海、楚科奇海、楚科奇海台和加拿大海盆。2014-07-20 考察队在北太平洋海域成功布放的锚锭海气通量观测浮标,旨在获取定点气温、湿度、风速、短波辐射、长波辐射、海表面温度等海气界面连续观测数据,分析海气界面要素及海气通量变化特征。

基于该锚锭浮标布放的目的和意义,浮标布放位置的选择应遵循以下几条原则:1)尽量靠近极区以获取北极圈以内的极区数据;2)选取冬季冰边缘线以南的位置以免浮标被海冰破坏;3)尽量在“雪龙”船既定航线上进行投放以节省航时;4)尽量选取良好的天气和海况以保证投放过程的顺利进行。参考常用的美国国家冰雪数据中心(<http://nsidc.org/>)海冰密集度及海冰含量遥感卫星图,可以看到 2000 年以来,白令海海域海冰覆盖面积最大的是 2 月份,其中 2002-02 覆盖范围最大(图 1a),2001-02 覆盖范围最小(图 1b),1981—2010 年多年平均海冰边缘线在红色线条 60°N 左右。结合中国第六次北极科学考察期间雪龙船经过白令海时的天气和海况,最终确定锚锭浮标布放位置为($172^{\circ}36'\text{E}$, $55^{\circ}36'\text{N}$),水深 3 800 m(图 2)。

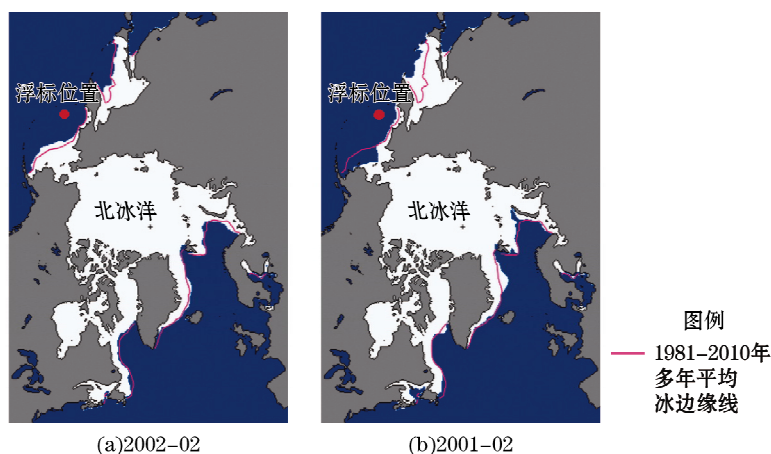


图 1 海冰覆盖面积

Fig.1 Area covered by sea ice

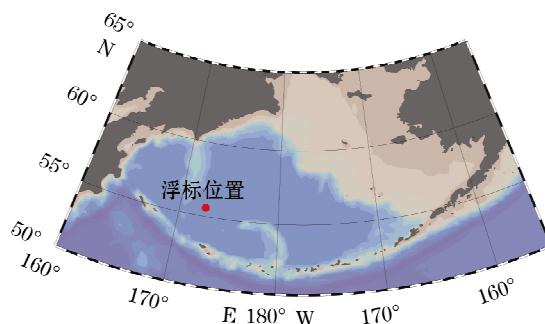


图 2 中国第六次北极科学考察队在北太平洋海域布放的锚锭浮标位置

Fig.2 Location of the anchored buoy deployed in the North Pacific Ocean during the Chinese Sixth Arctic Research Expedition

1.2 浮标浮体系统介绍

锚锭浮标浮体示意图如图3所示。标体自重2.3 t,直径2.4 m,型深2.4 m,吃水2 m,气象观测平台最高点距离水面3.5 m,浮标总高度5.5 m(含浮标座)。浮标集成有风速风向仪、辐射计、温湿度计、自动气象站(风、温、湿、气压、GPS)和温盐传感器等,主要技术参数如表1所示。标体配置8块75 Ah 电池、4块太阳能电池板(400 mm×840 mm)和1台200 W 风力发电机供电。

表1 锚锭海气通量浮标主要传感器技术指标

Table 1 Specifications of the main sensors mounted on the anchored air-sea flux buoy

项 目	测量范围	准确度
风 速	0~75 m/s	±0.3 m/s
风 向	0°~360°	±5°
气 温	-50~50 °C	±0.5 °C
气 压	610~1 100 hPa	±0.5 hPa
湿 度	0~100%	±1%
短波辐射	305~2 800 nm	测量值的±1%
长波辐射	4 500~50 000 nm	测量值的±1%
温 度	-5~35 °C	±0.002 °C
电导率	0~7 s/m	±0.000 3 s/m

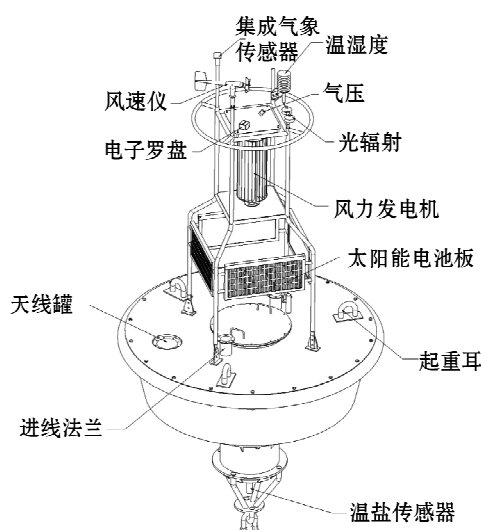


图3 锚锭浮标浮体结构示意图

Fig. 3 A sketch of the floating body of the anchored buoy

1.3 浮标锚系系统介绍

如图4所示,浮标锚系系统自上而下由配重链、锦纶防扭绳、丙纶防扭绳、深水浮球、拖底锚链和水泥重块组成。其中配重链为直径28 mm的标准有档锚链,加连接附件总重0.3 t,长度为13.5 m。配重链下方为1 000 m 沉水的锦纶防扭绳,每根长度500 m,共2根。沉水锦纶防扭绳下方为浮水的丙纶防扭绳,每根长度也为500 m,共8根,合计4 000 m。锦纶防扭绳和丙纶防扭绳两端均加装耐磨护套,用重型专用套环连接,总长度5 000 m。在最靠近海底的500 m 丙纶防扭绳上端等间距固定6套耐压浮球(耐压6 700 m),间距2 m左右。单套耐压浮球可提供25.4 kg 浮力,总共可提供152.4 kg 浮力。这些浮球

可吊起 500 m 左右缆绳,防止缆绳接头与海底摩擦。浮标拖底锚系由两条带档锚链和两块水泥块组成。2 条带档锚链,每条 27.5 m,合计长度 55 m。带档锚链直径 38 mm,每条 700 kg,共重 1 400 kg。每块水泥重块约 1.2~1.5 t,两块共 2.4~3.0 t。水泥块和带档锚链之间通过 1 条 6 m 长的马鞍链连接。

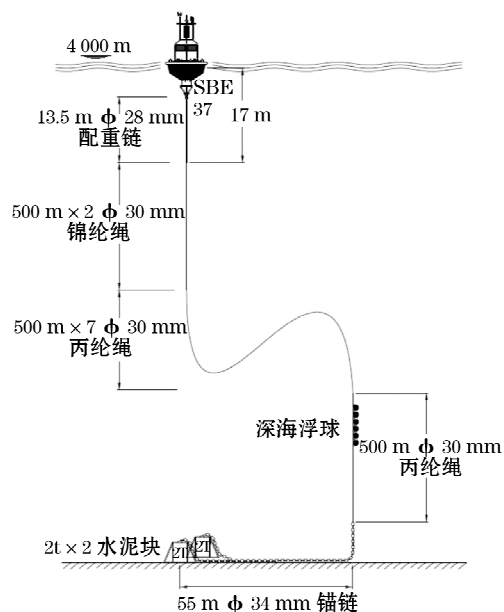


图 4 浮标锚系系统组成图

Fig. 4 Diagram of the mooring system composition

2 “雪龙”船锚锭浮标布放原则和主要步骤

“雪龙”船锚锭浮标布放遵循“先标后锚”的原则,也就是先投放标体后投放锚系材料的原则。“雪龙”船目前的作业区布局分为前部甲板、艏部甲板和艉部甲板三部分。其中,船艏部有 25 t 大型刻林吊 4 台,并有面积约为 100 m² 的大仓盖空间。艉部甲板配备 2 t 的折臂吊机、绞缆机、A 架、地质绞车等多种作业设备。根据雪龙船的作业区布局,锚锭浮标布放较为合理的步骤为:第一步,浮标体在艏部起吊及脱钩入水;第二步,缆绳释放,标体和船体分离;第三步,艉部甲板锚系材料入水。

为保证上述锚锭浮标布放过程的顺利完成,布放之前细致的准备工作尤为重要。准备工作分为两个阶段:第一个阶段为锚锭浮标浮体及锚系材料在船上的固定;第二个阶段为投放前的准备工作。锚锭浮标标体可放置在船体中间一侧的大舱盖上,并利用大舱盖两边地环斜拉 4 道钢丝绳固定浮标。同时在标体和舱盖之间加楔形木块,防止标体滚动。在临近投放点前 2~3 d,进行投放前的准备工作。主要包括锚锭浮标主浮体下方配重链和浮体连接;配重链下方沉水锦纶防扭绳沿船舷固定好,绕至艉甲板;在人力和时间允许的情况下,剩余的所有沉水锦纶防扭绳和浮水丙纶防扭绳可在“雪龙”船飞行甲板铺开;将水泥块提前吊放至后甲板船舷边并与马鞍链及锚链连接好;锚链在后甲板按“之字形”顺序铺开,锚绳末端与锚链连接好。

如上所述,3个投放过程中第一步“浮标体在艏部起吊及脱钩入水”和第三步“艏部甲板锚系材料入水”的成功执行更多依赖于充分的准备工作。第二个步骤“缆绳释放,标体和船体分离”则需根据投放现场风场和海流的情况,调整选择投放方案,具有一定的随机性。在合适的风场和流场情况下,标体入水后,船和标体同向运动,但因为质量和受力面积不同,标体比船体漂移速度快,会逐渐和船体分离,并向船艏方向移动。若在风场和流场的作用下,标体不能顺利和船体并向船艏方向移动,可根据现场的天气和海况选择以下两种方案。一套为“小艇牵引”方案,一套为“雪龙船移动”方案。图5和图6分别用示意图的形式给出了下小艇方案和雪龙船移动方案的具体步骤。“小艇牵引”方案对天气和海况有较高的要求,需在风浪较小的情况下将雪龙船的中山艇或黄河艇从大仓吊出,由黄河艇或中山艇牵引标体至“雪龙”船艏部。在天气和海况较差的情况下,可采用“雪龙”船机动方案,在标体入水后,首先由船长指挥驾驶台启动主机,雪龙船向前移动使雪龙船和标体分离,进而向前方移动雪龙船使标体位于雪龙船艏部。2套方案共同的关键之处在于保证船舷放缆过程中使标体在不碰撞雪龙船的情况下,顺利到达船艏部。

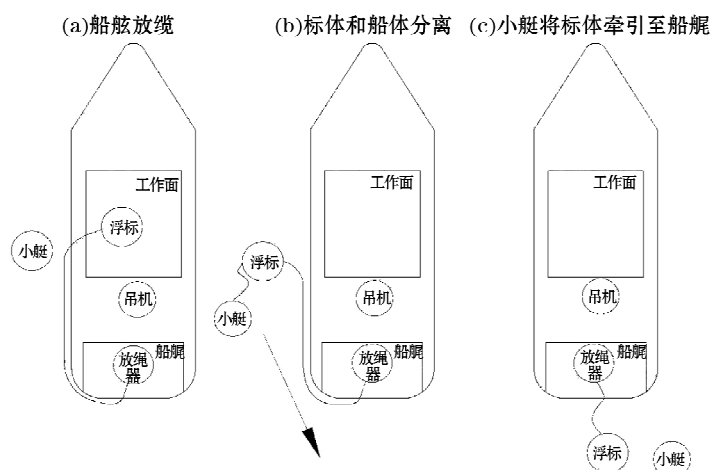


图5 “小艇牵引”方案

Fig. 5 “Skiff towing” program

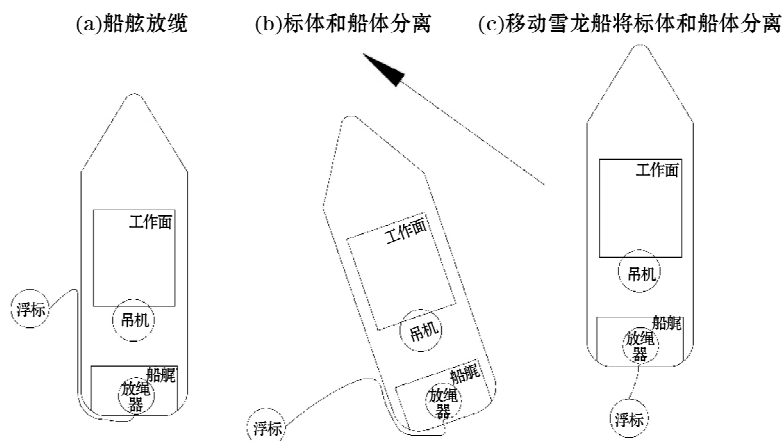


图6 “雪龙船移动”方案

Fig. 6 “Xue Long moving” program

3 中国第六次北极科学考察锚铈浮标布放过程和关键技术总结

2014-07-20,中国第六次北极科学考察锚铈浮标布放过程较为顺利,前后历时 2 h 左右,图 7 给出了“标体起吊”、“标体入水”、“飞行甲板缆绳”和“重块起吊”四个现场布放过程图片,表 2 给出了锚铈浮标布放关键过程记录表。本部分将详细论述六北锚铈浮标布放具体过程和相应的关键技术总结。

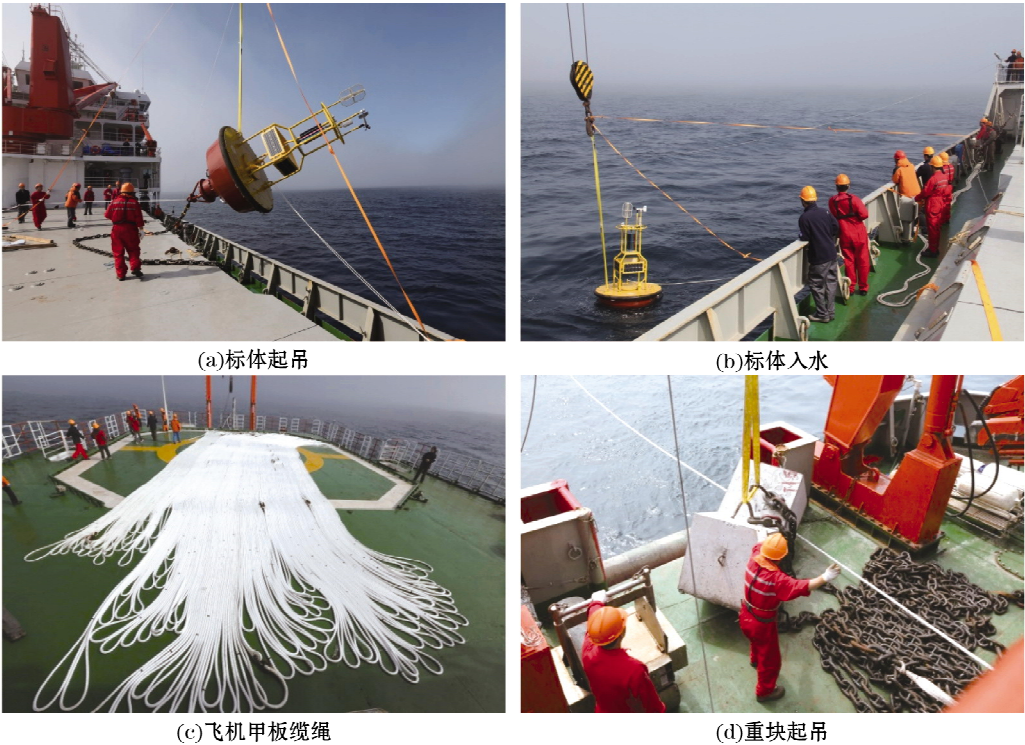


图 7 锚铈浮标布放关键过程
Fig. 7 The key processes of buoy deployment

表 2 锚铈浮标布放关键过程记录表

Table 2 Records of the key processes of buoy deployment

序号	时间(船时,UTC+11)	作业内容
1	08:45	起吊艏甲板浮标体
2	09:00	标体入水
3	09:13	释放完前 500 m 缆绳
4	09:34	释放完前 2 000 m 缆绳
5	09:55	释放完前 3 000 m 缆绳
6	10:02	雪龙船开始调头,调整方向,沿 U 字形路线拖带缆绳朝标体所在位置前进
7	10:17	释放完飞行甲板 4 500 m 缆绳
8	10:20	释放后甲板浮球
9	10:25	释放完后甲板约 250 m 缆绳
10	10:40	驾驶台发现标体,距离船体 500 m
11	10:46	布放剩余 250 m 缆绳,起吊水泥块
12	10:55	水泥块及锚链全部入水,布放结束

3.1 布放过程及步骤

1) 停船准备作业

雪龙船到达作业点后,在标体起吊和入水前,首先选择标体的投放船舷。投放船舷选取原则为迎风顶流一侧船舷。驾驶台观察船体随着风流的移动状态,确认船舶在此种风流场情况下漂移的方向和速度,选择右舷为投放船舷。同时投放浮水木架,观察到木架和船体逐步分离,并向船艏部方向漂移。确定“船舷放缆,标体和船体分离”的过程可借助风和海流的作用,而不必采用“小艇牵引”或“雪龙船移动”方案。

2) 艏甲板人员就位

吊车人员、控制止荡绳人员、控制释放钩人员以及控制船舷锚绳下放人员提前就位,为浮标体起吊及入水做好充分准备。

3) 浮标体起吊

吊钩吃力之后,松开固定标体的缆绳,依次撤除浮标体及锚链的所有固定。

4) 浮标体向船舷外移

在将标体吊起足够高度后,标体在吊机慢速牵引下,向船舷外移动,移出船舷后,缓慢下放,吊机通过减小吊臂仰角使标体尽量向外远离船体,同时利用止荡绳控制标体摇晃。配重链随着浮标体移出船舷外,同时起到重要止荡作用。期间,控制第一段锚绳的人员要控制锚绳的张紧状态,随时下放和控制锚绳,不得使锚绳有吃力现象。

5) 浮标体入水

在标体下部稳定入水后,艏部甲板指挥下达脱钩释放命令,控制释放钩人员脱钩,控制止荡绳人员回抽止荡绳。

6) 船舷解缆,船标分离

在标体脱钩释放后,船体和标体在稳定风场和流场作用下,逐步和标体分离。船舷释放缆绳人员逐步将固定在船缆桩的锦纶绳解锁,依次有序释放入水中。船舷绳子释放完毕后,船体和标体形成“船前标后”的拖带状态。

7) 飞行甲板锚绳入水

船舷解缆完毕后,人员至后甲板和飞行甲板进行飞行甲板缆绳释放。

8) 最末端缆绳及浮球下放

浮球位于末端 500 m 悬浮丙纶防扭绳上,浮球下放和第七步锚绳的下放同时进行。

9) 水泥块和锚链等拖底锚系材料释放

停船,释放水泥块和锚链等拖底锚系材料。用地质绞车通过马鞍链吊起水泥块,吊钩与马鞍链之间用吊带连接。操作地质绞车和 A 架使水泥块平移至船舷外下放。此时,水泥块的重量由 A 架承担。马鞍链与绞缆机上的缆绳和释放钩通过吊带连接起来。慢慢松地质绞车,使得由 A 架承担的水泥块重量缓慢地转移到和绞缆机相连的缆绳、释放钩及吊带上。当和绞缆机相连的缆绳、释放钩及吊带完全吃力后,抽出与地质绞车、A 架和马鞍链相连的吊带。进而快速脱钩,释放水泥块及甲板面的锚链。3 800 m 水深入水时间在 20~30 min。

3.2 注意事项

1) 停船准备作业时,机舱值班人员应做好启动主机的各项准备工作,以防在出现与预

想不一致的漂移方向时及时动船来控制船体和标体分离。

2) 浮标体起吊时,务必避免标体起吊后因旋转碰撞使标体传感器受损。止荡绳人员、控制释放钩人员应根据标体的转动情况调节位置,防止止荡绳、释放钩绳缠在一起。

3) 浮标体向船舷外移时,提前排放的缆绳长度不易太长以免多余的缆绳缠在一起。

4) 浮标体入水时,为便于回收,止荡绳长度不宜太长。

5) 船舷解缆,船标分离时,船舷释放缆绳人员释放固定在船缆桩的锦纶绳时速度不能过快也不能过慢,过快绳子可能发生缠绕或者钻入船底,过慢又会导致绳子吃力,使浮标向船移动。

6) 飞行甲板锚绳入水时,需保证船后甲板作业区已清理干净且下放至缆绳连接的卸扣处,飞行甲板人员需提醒后甲板人员。浮球下放时速度较快,应尽量避免人为接触浮球。

7) 水泥块和锚链等拖底锚系材料释放时,锚链下水时速度较快,人员必须退出一定的安全距离;剩余缆绳下放完成后,务必保证将缆绳接头移至船舷外面,远离锚链,避免锚链释放过程中将缆绳打断或磨损。

3.3 关键技术总结

1) 停船准备作业

只有当船舶向下风侧方向有一个 $30^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 角度和 $1\sim 2$ kn 速度向前漂移时,借助风和海流的作用达到标体和船体分离的操作方式才是可行的。

2) 浮标体起吊

起吊标体时应在舳甲板指挥人员的指导下,主要利用标体止荡绳和配重链止荡作用来控制标体摇晃。

3) 浮标体向船舷外移

为保证标体起吊后向船舷外移过程的顺利进行,浮标准备工作时,需提前在舳部甲板按“之字形”排放好约 $30\sim 50$ m 长度的沉水缆绳。

4) 浮标体入水

控制止荡绳人员需要了解何时收紧缆绳、何时调整位置以及何时收回缆绳的时机,其中收缆应在标体下水脱钩前开始。因此,浮标投放前需有针对控制止荡绳人员的专门培训。

5) 浮标体脱钩

标体释放钩的位置应尽量靠近标体,使舱盖上控制释放钩人员和释放钩之间保持一定的垂直距离,以利于脱钩。

6) 飞行甲板锚绳入水

由于缆绳下放过程需较长的时间,船舶需启动主机处于机动状态,保证船漂移速度约在 $1\sim 2$ kn 之间,缆绳放完后,船体将离开标体一段距离。浮标锚系长度的设计通常比投放点水深稍长一些,六北锚铤浮标投放点水深 3 800 m,缆绳长度为 5 000 m。如上所述,即使锚系长度长于投放点水深,如果缆绳下放完立即释放水泥块及锚链等拖底锚系材料,会因为水泥块及锚链等拖底锚系落地点和浮标体的距离超过缆绳的长度而将标体拽入水面以下。尽管标体会在自身浮力的作用下最终重新浮出水面,但一旦这种状况发生将极

大的增加标体上以及仪器被破坏的风险。为避免此类事件发生,需雪龙船配合进行以下操作:操作船舶以较大的旋回半径向上风处进行转向。当缆绳下放至3 000 m左右时,驾驶台操作船舶慢慢接近到标体,使船与标体之间距离500~1 000 m较为适宜。船舶转向时应确保悬浮的丙纶防扭绳始终处在船舶下风处,标体处在船舶的正前方稍偏下风处。另外,船舶速度应控制在2 kn左右。

整个浮标的投放过程,船长是最为合适的指挥人员。锚绳入水的过程,船长可在船艙观察标体漂离船舶的方向、速度,同时指挥驾驶台进行船舶操作。

7) 最末端缆绳及浮球下放

(1) 释放浮球时需提前将浮球在后甲板艙部放好,然后等待船舶移动时拖带下去。

(2) 浮球释放完毕后,将缆绳固定在后甲板缆桩上,开始释放水泥块和锚链等拖底锚系的准备工作。

8) 水泥块和锚链等拖底锚系材料释放

(1) 利用地质绞车、A架和绞缆机配合,释放钩位于甲板面的脱钩方法,有效避免了A架因重物过重从而无法脱钩的风险。甲板面脱钩相对于以往垂直脱钩操作方便安全。鉴于雪龙船具备甲板面脱钩的条件,此种方式值得推广。

(2) 脱钩之前,需先将剩余缆绳释放完毕。

4 结 语

本文以中国第六次北极科学考察白令海布放的锚锭浮标为例,介绍了以“雪龙”船为平台的锚锭浮标布放技术。到目前为止,我国以“雪龙”船为平台投放的锚锭浮标包括南极海域二氧化碳浮标、北极挪威海大型锚锭浮标布放等。中国第六次北极科学考察锚锭浮标布放方案在设计之初也借鉴了上述二氧化碳浮标及挪威海锚锭浮标布放的经验。应该说“雪龙”船目前的配置完全能够满足锚锭浮标的投放需求。未来,随着我国极地科学的发展,将会有更多的锚锭浮标投放需求,而“雪龙”船在未来一定时间仍将是中國极地科考的主要科考船。本文所述以“雪龙”船为平台的锚锭浮标投放技术尽管借鉴了前期我国“雪龙”船布放锚锭浮标的经验,但这距离成熟的锚锭浮标布放方案和技术还有相当的距离,需要在以后锚锭浮标的布放中不断的完善,能为未来以“雪龙”船为平台的锚锭浮标布放技术发展和完善奠定基础是本文作者所期望的。

致谢:浮标布放过程得到雪龙船甲板部和大洋队队员大力协助!

参考文献:

- [1] 黄土松,杨修群. 北极海冰对大气环流与气候影响的观测分析和数值试验研究[J]. 海洋学报, 1992, 14 (6): 32-46.
- [2] HONDA M, INOUE J, YAMANE S. Influence of low Arctic sea-ice minima on anomalously cold Eurasian winters[J]. Geophysical Research Letters, 2009, 36(8): 1-6.
- [3] GHATAK D, FREI A, GONG G, et al. On the emergence of an Arctic amplification signal in terrestrial Arctic snow extent[J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres (1984-2012),

- 2010, 115 (D24): 1-8.
- [4] LIU J, CURRY J A, WANG H, et al. Impact of declining Arctic sea ice on winter snowfall[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2012, 109(11): 4074-4079.
- [5] LIU N, LIU J P, ZHANG Z H, et al. Is extreme Arctic sea ice anomaly in 2007 a key contributor to severe January 2008 snowstorm in China?[J]. International Journal of Climatology, 2012, 32 (13): 2081-2087.
- [6] 武炳义, 黄荣辉, 高登义. 冬季北极海冰长期变化对华北降水的可能影响[J]. 高原气象, 1999, 18 (4): 590-594.
- [7] 武炳义, 黄荣辉, 高登义. 北极海冰的厚度和面积变化对大气环流影响的数值模拟[J]. 气象学报, 2001, 59(4): 414-428.
- [8] 武炳义, 卞林根, 张人禾. 冬季北极涛动和北极海冰变化对东亚气候变化的影响[J]. 极地研究, 2005, 16(3): 211-220.
- [9] ALEXANDER M A, BHATT U S, WALSH J E, et al. The atmospheric response to realistic Arctic sea ice anomalies in an AGCM during winter[J]. Journal of Climate, 2004, 17(5): 890-905.
- [10] CHRISTENSEN J H, HEWITSON B, BUSUIOC A, et al. Regional climate projections[J]. Climate Change, 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, University Press, Cambridge, Chapter 11, 2007: 847-940.
- [11] TRULL T W, SCHULZ E, BRAY S G, et al. The Australian integrated marine observing system Southern Ocean time series facility[C]//OCEANS 2010 IEEE-Sydney. IEEE, 2010: 1-7.
- [12] LIU J, ZHANG Z, HORTON R M, et al. Variability of north Pacific sea ice and East Asia-North Pacific winter climate[J]. Journal of Climate, 2007, 20(10): 1991-2001.

Buoy Deployment on the "Xue Long" Platform in the Polar Region

——Taking the Buoy Deployment in the Bering Sea During the
Sixth Chinese Arctic Scientific Expedition as an Example

LIU Na¹, PAN Zeng-di², SHEN Quan³, LIN Li-na⁴, BIAN Hong-cun¹, WEI Ze-xun¹,
HE Yan¹, LIU Hong-ning¹

(1. *The First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao 266061, China;*

2. *East China Sea Branch of State Ocean Administration, Shanghai 200137, China;*

3. *Polar Research Center of China, Shanghai 200136, China;*

4. *South China Sea Institute of Oceanology, CAS, Guangzhou 510301, China)*

Abstract: Air-sea flux anomaly in the polar region links the middle and low latitude climate changes with the polar region through the atmospheric circulation. Therefore, the air-sea flux observation could be one of the key approaches for understanding fundamentally the influence of the polar region on the middle and low latitude climate changes. At the present, the air-sea flux observation at a fixed-point in the high-latitude is so scarce that the technology for deploying buoy is still at an exploratory stage. During the Sixth Chinese Arctic Expedition, a set of anchored air-sea buoy was successfully deployed in the Bering Sea, a high-latitude region of the North Pacific Ocean. This is the first air-sea flux mooring of China that was deployed successfully in this region. Sensors mounted on the buoy can directly measure the long- and short-wave radiative heat fluxes and the surface variables such as air temperature, humidity, wind speed and sea surface temperature at the fixed point. From this successful deployment of buoy, valuable experiences of buoy deployment on the "Xue Long" platform in the polar region are obtained. The significance of mooring in the polar region, the introduction of buoy, the deployment principle and program and the key technologies are all described in detail, which would provide references and foundation for the future mooring in the polar region.

Key words: The Sixth Chinese Arctic Research Expedition; polar region; anchored buoy; deployment