

文章编号: 1674 - 5566(2016)05 - 0753 - 14

DOI:10.12024/jsou.20151201622

2001 - 2002 年间南极埃默里冰架水的空间分布与季节变化

何 雯¹, 程灵巧^{1,2}, 高郭平^{1,2}

(1. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306; 2. 上海海洋大学 大洋渔业资源可持续利用省部共建教育部重点实验室, 上海 201306)

摘 要: 南极冰架水是由海洋—冰架相互作用形成的位温低于局地冰点的水团, 较周围水体相对低温、低盐, 是衡量冰架物质平衡的良好指示剂。基于澳大利亚埃默里冰架海洋研究计划 (AMISOR) 2001 至 2002 年的现场观测资料, 本文开展了埃默里冰架水空间分布的季节变化与输运特性研究。CTD 结果显示, 冰架水夏季普遍分布在冰架前缘的西部、中部和东部海域, 但中、西部海域的冰架水核心温度更低、分布范围更广。锚碇潜标结果显示, 冰架水的分布存在显著的季节变化: 冬季, 冰架水盘踞在冰架前缘 71.0°E 以西海域和 71.5 - 72.5°E 的中部海域, 以流出为主要特征; 夏季, 除了冰架前缘 71.5 - 72.5°E 的中部海域仍被冰架水控制, 冰架水还出现在冰架前缘 73.5°E 以东海域, 并以流入为主要特征。而冰架水在冰架前缘西部海域的流出强度明显大于东部海域的流入强度, 全年冰架水主要从冰架底部输出进入普里兹湾占主导。

关键词: 埃默里冰架; 冰架水; 空间分布; 季节变化; 体积输运

中图分类号: P 941.61 **文献标志码:** A

南大洋冰架是与南极大陆冰川 (又称冰盖) 相连的、漂浮在海洋表面的冰体, 是连接南大洋和冰盖的重要枢纽^[1], 是全球气候系统中的重要组成, 冰架的变化与南极冰盖物质输出紧密相关^[2-3]。据前人研究显示, 在全球变暖的趋势下, 南大洋的水团性质和环流特征均发生了重要变化, 相应地改变了冰架着陆线附近区域的底部融化速率, 造成冰架变薄, 减弱了其对上游冰盖的支撑作用, 加剧了冰盖的物质损失, 由此可能引起全球海平面变化^[4-8], 并导致一系列的环境问题。因此, 南大洋冰架是研究南极冰盖的物质平衡、预测全球气候变化的关键区域^[9]。

埃默里冰架 (Amery Ice Shelf, AIS) 位于南极印度洋扇区, 面积约为 $6 \times 10^4 \text{ km}^2$, 不仅是仅次于罗斯冰架和龙尼—菲尔希那冰架的南极第三大冰架^[1, 10], 更是东南极最大的冰川——兰伯特冰川 (Lambert Glacier) 向南大洋输出的主要入海口。冰架前缘位于 68.5 ~ 70°S、70 ~ 74°E 所包围

的区域内 (图 1), 其厚度在最南端着陆线附近约 2 500 m, 并向北逐渐减小, 至前缘最薄处达 200 m 左右^[1, 10-11]; 冰架下方的海洋深度由南向北逐渐变大, 至前缘深达 400 ~ 500 m^[11]。冰架底部的冻融、冰架的断裂和冰山的形成是影响冰架物质平衡的重要过程。其中, 冰架底部的冻融不仅对冰架的物质平衡尤其重要, 更是改变普里兹湾海域环流特征、影响该区域南极底层水形成的重要因素^[12-13]。埃默里冰架—海洋相互作用显著影响了冰架底部的融化和再冻结^[14], 利用现场观测资料和卫星遥感资料估算得出, 埃默里冰架年平均融化约 $(62.5 \pm 9.3) \text{ Gt}$, 而冰架—海洋相互作用生成的海洋冰约为 $(16.2 \pm 2.4) \text{ Gt}$, 由此估算冰架每年净消融约 $(46.4 \pm 6.9) \text{ Gt}$, 约占冰架物质质量损失的 50%^[6, 15]。了解埃默里冰架的物质平衡, 可以为定量研究南极冰盖的动态变化及其对全球气候变化的影响提供依据^[9]。

在埃默里冰架下, 受冰架、海洋和地形的共

收稿日期: 2015-12-22 修回日期: 2016-04-19

基金项目: 南北极环境调查及评估专项 (CHINARE2014 - 01 - 01); 国家自然科学基金 (41506219); 上海市浦江人才计划 (15PJ403000)

作者简介: 何 雯 (1990—), 女, 硕士研究生, 研究方向为南极普里兹湾冰架水的分布特性研究。E-mail: hew_shou@163.com

通信作者: 高郭平, E-mail: gpgao@shou.edu.cn

同作用,发生复杂的冰泵抽吸过程^[16],致使冰架低于海平面数百米的底部融化并形成一种特别低温的水体^[17-21],即冰架水(Ice Shelf Water, ISW),它与周围水体相比呈相对低温、低盐的特性^[22-24]。根据观测资料显示,埃默里冰架水的温度范围为 $-2.14 \sim -1.96$ °C,比海表冰点低 0.16 °C,盐度范围在 $34.39 \sim 34.46$ 之间^[1, 10, 14-15]。由于冰架水与冰架的紧密关系,其分布与变化特性对冰架物质平衡具有良好指示作用,对评估极地冰川的动态变化具有重要意义。

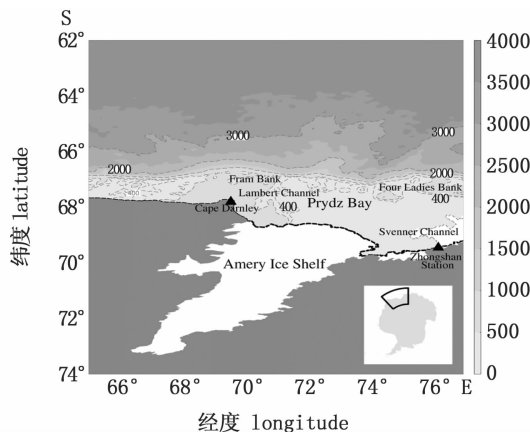


图1 埃默里冰架及前缘海域的地形分布

Fig.1 Topography of Amery Ice Shelf and its adjacent

近年来,美国、澳大利亚、法国、日本、中国等国家相继开展了一系列国际联合研究计划,对埃默里冰架前缘海域进行了较多的现场观测研究^[9, 14, 21]。史久新等^[17]结合多年温盐观测资料探讨了夏季埃默里冰架水的空间分布特性,发现冰架水主要分布在温跃层下方、冰架前缘的西侧,并在普里兹湾内向北输运。郑少军等^[1, 10]利用2001-2009年间的温盐和流速流向资料,进一步探讨了夏季埃默里冰架水分布的年变化特性,发现冰架水在水平方向上呈现多个过冷水核心,且其数量和位置存在显著的年际差异,尤其在2005年前后变化较大。尽管这些研究都极大提升了人们对夏季埃默里冰架水空间分布范围的认识,但受南极恶劣气候环境的限制,现有的观测研究基本集中在南半球的夏季展开,冰架水分布的季节变化特性尚不清楚。HERRAIZ-BORREGUERO等^[4]通过分析冰基钻孔后布放的锚碇潜标资料,发现埃默里冰架下方常年存在冰

架水,且其空间分布存在季节性差异,从而对埃默里冰架底部的海冰—海洋相互作用过程进行了深入研究。但冰架水在埃默里冰架前缘是否同样存在显著的季节变化,相关研究报道还十分鲜见。

本文拟利用2001年2月13-15日的船载CTD观测数据和2001年2月至2002年2月的锚碇潜标数据,重点分析和探讨埃默里冰架前缘断面的水文结构及其季节变化特征,从而为定量研究埃默里冰架的物质平衡提供科学依据。

1 资料来源与分析方法

1.1 资料来源

本文资料由澳大利亚南极数据中心(<http://data.aad.gov.au>)提供,其中CTD断面观测和锚碇潜标观测数据,均经过了标准化处理。

图2给出了埃默里冰架及其前缘海域的观测站位位置。为了对埃默里冰架的变化及海洋—冰架的相互作用过程等进行长期的监测和研究,澳大利亚启动了一个为期10年的埃默里冰架海洋研究计划(AMISOR)。其中在2001年和2002年期间,在埃默里冰架前缘海域执行了两个代号为AU0106和AU0207的专门航次,利用船载CTD(conductivity temperature depth profiler)开展了现场巡航观测和锚碇潜标的定点观测。

在2001年2月13日至15日执行的AU0106航次期间,距离埃默里冰架前缘2~3 km区域内,由西向东设置了24个CTD观测站,并利用Mark III型CTD仪进行了现场观测。CTD仪巡航观测结束后,于2月16日沿埃默里冰架前缘、由东向西设置了AM1、AM2、AM3、AM4、AM5、AM6和AM7等7个定点观测站位,分别布放了7套锚碇潜标(携带了SBE37SM型CTD仪、Aanderaa RCM8型海流计和RDI Broadband 150kHz型ADCP仪等),表1给出了每套锚碇潜标的布放位置及布放时间等详细信息。锚碇潜标布放结束后,在2月18日至20日又沿埃默里冰架前缘对原设计的24个CTD站进行了一次重复观测;并在一年后(2002年2月)执行的AU0207航次期间,回收了所有锚碇潜标,获得了长达一年的温度、盐度和海流资料。同时,在回收潜标期间(2月11-22日),再次沿埃默里冰架前缘断面进行了第3次重复CTD观测。

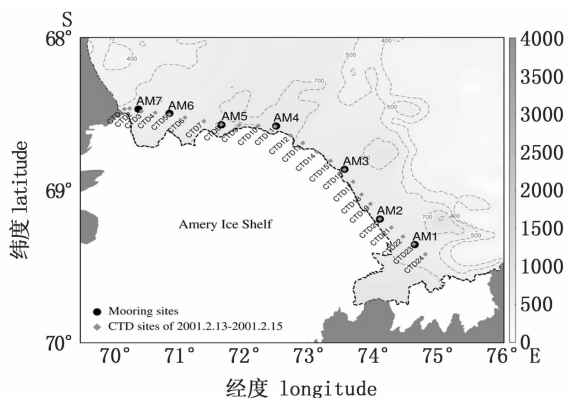


图 2 观测站位图

Fig. 2 Map of observation stations

黑色虚线表示 500 m 等深线,红色圆点表示锚定潜标站位,蓝色菱形表示 CTD 站位。

Black dashed lines represent 500m depth isobaths; red dots represent stations of mooring floats, blue diamonds represent CTD sites.

1.2 资料质量及其处理方法

沿埃默里冰架前缘断面巡航观测采用了 Mark III 型 CTD 仪,其采样间隔为 2 dbar,温度、盐度测量精度分别为 0.001 °C 和 0.002;而用于锚碇观测的 SBE37SM 型 CTD 仪,其温度精度则为 0.002 °C,电导率精度为 0.000 3 S/dbar,采样频率为 5 min;Aanderaa RCM8 型海流计的速度精度为 1 cm/s,方向精度为 5°,采样间隔为 60 min;RDI Broadband 150 kHz 型 ADCP 仪的采样间隔为 60 min,采集的数据均为每 8 dbar 深度范围平均结果,共 40 层,最小深度为 44 ~ 46 dbar,最大深度达 354 ~ 356 dbar^[25]。

表 1 锚碇潜标布放位置及时间一览表

Tab. 1 Table of location and time for mooring floats development

浮标 floats	经度/(°) longitude	纬度/(°) latitude	最深压强/dbar pressure	仪器型号 instrument types	布放深度/m depth	时间 date
AM1	74.6359°	69.3669°	750	RCM8	367	2001/2/16—2002/2/22
				MicroCAT	368	
				RCM8	459	
				MicroCAT	460	
				RCM8	571	
AM2	74.0994°	69.2000°	672	MicroCAT	572	2001/2/16—2002/2/21
				RCM8	370	
				MicroCAT	371	
AM3	73.5552°	68.8731°	768	RCM8	462	2001/2/17 - 2002/2/21
				RCM8	347	
				MicroCAT	439	
AM4	72.5039°	68.5886°	538	RCM8	551	2001/2/17—2002/2/12
				RCM8	552	
				MicroCAT	366	
				ADCP	367	
				RCM8	459	
AM5	71.6636°	68.5807°	472	MicroCAT	460	2001/2/17—2002/2/10
				ADCP	513	
				MicroCAT	447	
				RCM8	457	
AM6	70.8628°	68.5055°	786	MicroCAT	366	2001/2/18 - 2002/2/11
				RCM8	470	
				MicroCAT	471	
				RCM8	582	
AM7	70.3853°	69.4777°	1135	MicroCAT	583	2001/2/18—2002/2/11
				RCM8	379	
				MicroCAT	470	
				RCM8	471	
				MicroCAT	582	

通过绘制位温(θ)、盐度(S)垂直分布图和 θ -S 曲线图,以及采用滑动平均滤波等方法对温度、盐度数据进行了必要的质量控制,其中个别 CTD 站因观测到的温度或盐度数据明显出现异常,故做了删除处理;同时,对长达一年的温度、盐度和海流等连续观测资料,为了消除潮汐的影响,考虑到该海域潮汐主要以混合型全日-半日潮为主^[20],为此采用 7 日滑动平均或低通滤波以剔除主要潮汐周期的影响。

为叙述方便起见,文中提及的温度和密度均指位温(θ)和位密($\delta\theta$),且南极冬季指 2 月 15 日至 10 月 14 日,南极夏季指 10 月 15 日至次年 2 月 14 日。

1.3 水体的体积通量计算

采用传统的水体体积通量计算方法^[24],根据公式(1)来计算水体的体积通量:

$$q = \sum A_i v_i \quad (1)$$

式中: q 表示水体的体积通量; v_i 表示第 i 个网格的经向流速; A_i 表示第 i 个网格的截面积; \sum 表示对断面所有网格求和。

2 结果

2.1 夏季冰架前缘温度、盐度、密度断面分布特征

2.1.1 温度、盐度、密度垂直分布结构

在埃默里冰架前缘的西北部和东南部海域分别选择了 2 个代表性 CTD 测站(CTD-3 和 CTD-20),按 3 个航次绘制了 6 幅温度、盐度、密度垂直分图(图 3)。由图 3 可见,除了 2002 年 2 月航次,在 CTD-3 站温度几乎呈垂直均匀分布外,其他航次均出现较强的温度、盐度、密度跃层,而且在 100 dbar 或 150 dbar 上层呈现了强度不等的逆温层。总体而言,次表层(100 ~ 200 dbar 水深)温度要高于表层,均在 0 °C 以上,最高温度可达 0.22 °C;表层温度则均在 0 °C 以下,最低仅为 -1.85 °C。在次表层以下,温度急剧下降,在 300 dbar 深度附近低至 -1.99 °C;往下温度略有回升,但不十分明显,600 dbar 深度以下温度约为 -1.91 °C。盐度垂直分布要比温度简单,从表层(33.04)到约 100 dbar 或 250 dbar 深处(34.47)盐度急剧增加,随后持续增加,但增幅不大,600 m 深度附近为 34.54。密度垂直分布趋势与盐度极其相似,最低密度出现在表层(26.58 kg/

dbar³),随后急剧增加,在 250 dbar 深度上可以达到 27.75 kg/dbar³,往下略有增加,到 600 dbar 深度以下维持在 27.81 kg/dbar³ 左右。可见,研究区域海水密度的分布和变化完全取决于盐度,而与温度关系不大。

特别指出的是,2001 年 2 月执行的两个重复航次,因观测时间十分接近,温度、盐度、密度的垂直分布不存在明显变化,而且在两个不同的位置上,变化也不大;不过,与 2002 年 2 月航次相比,无论在 CTD-3 站还是 CTD-20 站上,都有比较明显的差异。况且,即使是在同一航次,在断面的西部(CTD-3 站)和东部(CTD-20 站)也有较明显的区别,特别是温度,前者几乎呈垂直均一分布,从表层到 700 dbar 深度上温度均低于 -1.71 °C;后者表层温度为 -1.51 °C,次表层呈现较显著的逆温层,最高温度可达 -0.52 °C,100 m 水深以下(-1.79 °C)温度降幅明显减小,直到 600 dbar 深度一直维持在 -1.92 °C 左右。盐度和密度垂直分布趋势在东、西两个不同位置上虽基本一致,但同样在表层,断面西部的盐度和密度(34.00、27.37 kg/dbar³)也要比东部(33.04、26.58 kg/dbar³)高,盐度和密度跃层的强度西部(0.004)也要比东部(0.003)强;到了 600 dbar 深度以下,盐度和密度在西部(34.51、27.80 kg/dbar³)和东部(34.52、27.80 kg/dbar³)已十分接近。对两个不同年份温度、盐度、密度垂直分布间出现的差异,应在情理之中,表明埃默里冰架前缘水文结构存在比较明显的年变化。但同一年份、同一航次的温度、盐度、密度垂直分布间也存在明显差异,只能说明埃默里冰架前缘的水文结构除了存在比较明显的年变化外,可能还受到其他因素的影响或存在更短时间尺度的变化。经查阅该航次的调查日志,发现 2002 年 2 月的这个航次(11-22 日),其 CTD 断面的观测时间比 2001 年 2 月的两个航次(分别为 13-15 日和 18-20 日)都要长,且全部 CTD 站的观测均是在回收锚碇浮标期间进行的,其中在 AM3 和 AM4 两站间相隔了约 8 d,主要因严重冰冻所致,调查船无法按计划回收 AM3 站的锚碇浮标。也就是说,正是由于 2 月中、下旬正值南极夏、冬季的转换时期,强烈的天气过程导致了断面南部和北部的水文结构存在明显差异。

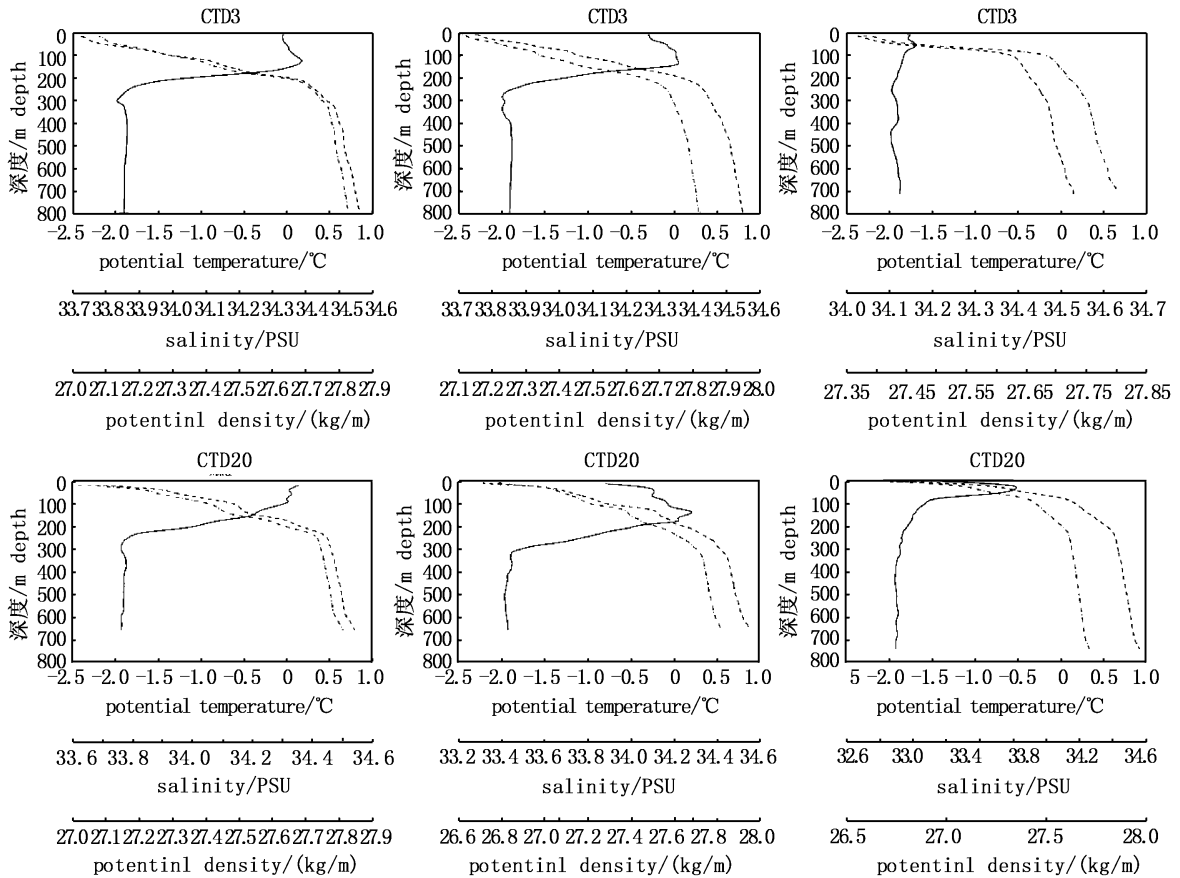


图 3 埃默里冰架前缘代表性测站上温、盐、密度垂直分布

Fig. 3 Temperature, salinity and density profiles of representative stations in front of Amery Ice Shelf

左:2001 年 2 月 13-15 日;中:2 月 18-20 日;右:2002 年 2 月 11-22 日。

Left: Feb 13th - 15th, 2001; Middle: Feb 18th - 20th, 2001; Right: Feb 11th - 22th, 2002.

2.1.2 θ-S 分析及其水团结构

(1) θ-S 分析

图 4 给出了沿埃默里冰架前缘 3 个不同航次测得的 θ-S 点聚分布。可以看到,2001 年 2 月观测的两个航次,其 θ-S 点聚的形状基本上相似,只因后一个航次已经进入南极冬季的缘故,其表层

温、盐度均要比前一个航次(尚处于南极夏末)低一些,但与 2002 年 2 月航次则呈现出明显不同,不仅表层温、盐度更低,而且中、下层海水的温、盐度特性也都要偏低,许多低盐海水已经接近冰点温度。

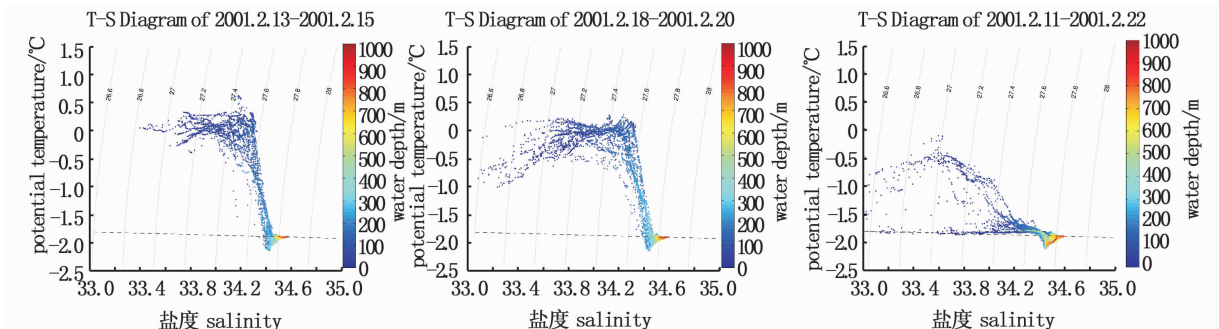


图 4 温度、盐度点聚分布

Fig. 4 Potential temperature and salinity diagrams

为了方便识别埃默里冰架前缘的水团结构及其分布特征,利用了经典的 θ -S 分析法并结合前述温、盐度垂直分布特性,可以将研究海域划分为6个水团,即普里兹湾表层水(PBSW)、普里兹湾次表层水(PBSSW)、陆架水(SW)和冰架水(ISW),其中SW和ISW视其盐度不同,又可区分为低盐陆架水(LSSW)、高盐陆架水(HSSW)和低盐冰架水(LSISW)、高盐冰架水(HSISW)。它们的温、盐度特征指标分别为:(1)PBSW: $-1.8 \sim 0.0$ °C, $33.00 \sim 34.20$; (2)PBSSW: $-1.5 \sim 0.5$ °C, $33.70 \sim 34.40$; (3)LSSW: < -1.5 °C, $33.01 \sim 34.20$; (4)HSSW: < -1.5 °C, $34.40 \sim 34.60$; (5)LSISW: < -1.9 °C, $33.60 \sim 34.00$; (6)HSISW: < -1.9 °C, $34.40 \sim 34.60$ 。

由图4不难看到,PBSW和PBSSW两个上层水团的温、盐度特征指标范围都比较大,这也充分表明了海气界面附近强烈混合作用的影响。尤其是PBSSW,主要由冬季海面降温及结冰、析盐过程引起的表层海水快速降温、增盐,而次表层依然还保持着高温、低盐的夏季表层水特性所致,当冬季降温和结冰、析盐过程不断加剧,上下层水体混合加强,PBSSW也就会随之消失。所以,PBSSW是研究海域初冬季节水体尚未充分混合之前的一个过渡性水团。

需要指出的是,在埃默里冰架前缘无论PBSW和PBSSW如何变化,对SW和ISW的影响,特别是对HSISW,似乎都不大。即使在两个不同的观测年份,其温、盐度特征指标范围都在 $34.40 \sim 34.60$ 之间,变化较小。

(2)水团结构

为了进一步了解埃默里冰架前缘各水团的结构及其温、盐、密度特性,绘制了两个航次(2001年2月和2002年2月)的温、盐度断面分布图(图5)。因2001年2月13-15日与18-20日两个重复航次的时间比较接近,且温、盐度垂直变化也不大,所以下面的比较分析选用了2月18-20日期间的观测断面。

从2001年的断面图(图5a)可见,夏季埃默里冰架前缘海域的海水温度介于 $-2.11 \sim 0.23$ °C之间,盐度介于 $32.82 \sim 34.59$ 之间;且总体上呈现上层高温、低盐和下层低温、高盐的分布特

征。相比而言,温度断面分布要较盐度复杂多变,层化现象明显。 $200 \sim 300$ dbar上层温度变化比较剧烈,几乎不存在上混合层,且在 100 dbar深度附近呈现一条高温带(> 0.01 °C),最高温度出现在断面东端,可达 0.23 °C; $100 \sim 250$ dbar水深间等温线分布十分密集,且由东向西略有上翘。温度从 0.10 °C急剧下降到 -1.80 °C,明显存在温度跃层;大约在 $200 \sim 300$ dbar深度,也即温跃层以下,温度普遍低于 -1.80 °C,且断面西部($70.0 \sim 73.5$ °E)比东部($73.5 \sim 75.0$ °E)更低,并呈现了多个低温核(< -2.00 °C),最低温度低于 -2.11 °C。值得一提的是,除了断面西部最低温度要略高于南部(-1.98 °C)外,低温中心出现的深度(约 250 dbar)也要比东部(约 400 dbar)浅得多。只有在断面东部的一个小区域内从 300 dbar深度到约 750 dbar的底部温度略高于 -1.90 °C,最高为 -1.80 °C,其他区域底部温度也都低于 -1.90 °C。

断面上盐度由表层(< 33.60)至底层(> 34.50)呈递增的分布趋势,等盐线由断面东部向西部抬升,相应地,东部盐度也要略低于西部 0.10 左右。 200 dbar上层,盐度变化($33.60 \sim 34.40$)相对较大,显然存在盐跃层;而在 200 dbar深度以下,盐度差仅在 0.16 以内。

从该断面温、盐度分布可以看到,PBSW主要分布在 50 m以浅的水层中,调查期间温度大于 -0.10 °C、盐度低于 33.70 ;PBSSW的核心处于 100 dbar深度附近,厚度约在 $100 \sim 150$ dbar之间,温度明显比上层PBSW和下层SW、ISW都要高,最高可达 0.12 °C,盐度则介于 $33.70 \sim 34.40$; 250 dbar深度以下水域均由SW和ISW盘踞,两者在断面上呈相间分布,即小块ISW会被包裹在大片SW中。总的来说,SW的盐度要稍低于ISW,而ISW的温度则要比SW更低。所以,SW所处的深度也会比ISW略浅些,而后者通常会占据温、盐跃层之下直到海底的整个水层。在该断面上,ISW出现的深度东部(> 600 dbar)要比西部(< 300 dbar)更深些。特别指出的是,SW出现的深度有时也会达到 600 dbar,甚至更大的深度上(该断面的东、西两端)。

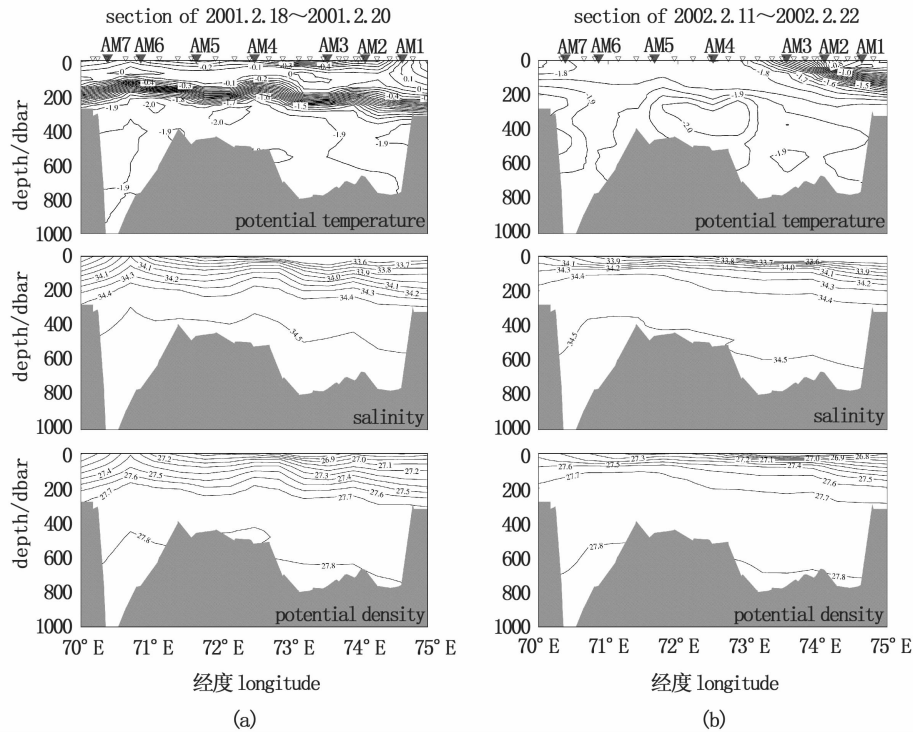


图5 2001(a)和2002年(b)埃默里冰架前缘的位温(上)、盐度(中)、位密(下)断面图

Fig.5 Potential temperature (top), salinity (middle) and potential density (bottom) sections in front of Amery Ice Shelf in 2001 (a) and 2002 (b)

黑色倒三角:CTD 站点,灰色填充倒三角:锚定潜标站点。

Black inverted triangles represent CTD stations; gray filled inverted triangles represent stations of mooring floats.

从2002年2月的另一条CTD断面图(图5a)可见,在与2001年2月(图5b)前后相隔一年的这条重复断面上,盐度分布除了在200 dbar上层等值线显得更密集(盐跃层强度比2001年2月更强些)、且200 dbar以下等盐线更稀疏(盐度更均匀)外,似乎并无太明显的区别。但温度分布却呈现了显著的差异,100 dbar水深附近的相对高温带(即PBSW)已经不复存在;150~250 dbar深度间的温跃层带同样已经不见踪影,断面中部温度小于 $-2.00\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的低温核比上一年范围要明显扩大,最低温度($< -2.12\text{ }^{\circ}\text{C}$)也要更低些。断面东部虽同样显现一个相对高温($> -0.80\text{ }^{\circ}\text{C}$)区,但仍要比上年温度($> 0.00\text{ }^{\circ}\text{C}$)低;之下,由于SW和ISW深度变浅,与上层高温水混合形成强温跃层。而在断面的中、西部,100 dbar上层温度却显得十分均匀,且温度普遍低于 $-1.80\text{ }^{\circ}\text{C}$,与南部高温水($> -0.80\text{ }^{\circ}\text{C}$)相遇形成明显的温度锋;100 dbar下层,温度变化小于 $0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$,上下层混合显得相当充分。无疑,该断面上温度分布的这种态势,与上面提到的调查期间

遇到严重冰冻有直接关系,同时也表明了埃默里冰架前缘的水团及温、盐度结构在夏末冬初期间的变化可谓“瞬息万变”。

沿埃默里冰架前缘断面上的密度分布,无论是在2001年(图5a)还是2002年(图5b)的调查航次中,都没有太大的变化,而且等密度线的分布形势与等盐线也完全吻合。PBSW因密度较低($< 27.20\text{ kg/dbar}^3$),最低仅为 26.40 kg/dbar^3 ,通常会浮于断面的表层;PBSSW密度一般在 $27.20\sim 27.40\text{ kg/dbar}^3$ 之间,仅出现在PBSW以下一个薄薄的水层中;SW和ISW的密度较大(普遍大于 27.60 kg/dbar^3),最高可达 27.83 kg/dbar^3 ,通常盘踞在断面的中、下层水域中。值得指出的是,SW和ISW,特别是ISW,在断面上由东向西有明显抬升的分布特征,如 27.70 kg/dbar^3 等值线(或34.40等盐线)从300 dbar深处向西抬升了足有100 dbar,最浅可以出现在约150 dbar深度(图5b)上。这与前人得到的普里兹湾冰架水占据湾的西南部,并且显著地向埃默里冰架的北部和东北部扩展的结论也是一致的^[26]。

2.2 冰架前缘温、盐度分布及其季节变化特征

利用在埃默里冰架前缘几个代表性锚碇潜标站 (AM2、AM4 和 AM7) 上, 获得的长达一年 (2001 年 2 月至 2002 年 2 月) 的温、盐度连续观

测资料, 进一步分析并了解冰架前缘水体的温、盐度分布及其季节变化过程。图 6 分别给出了 3 个长期站的不同观测深度上温、盐度分布的时间序列。

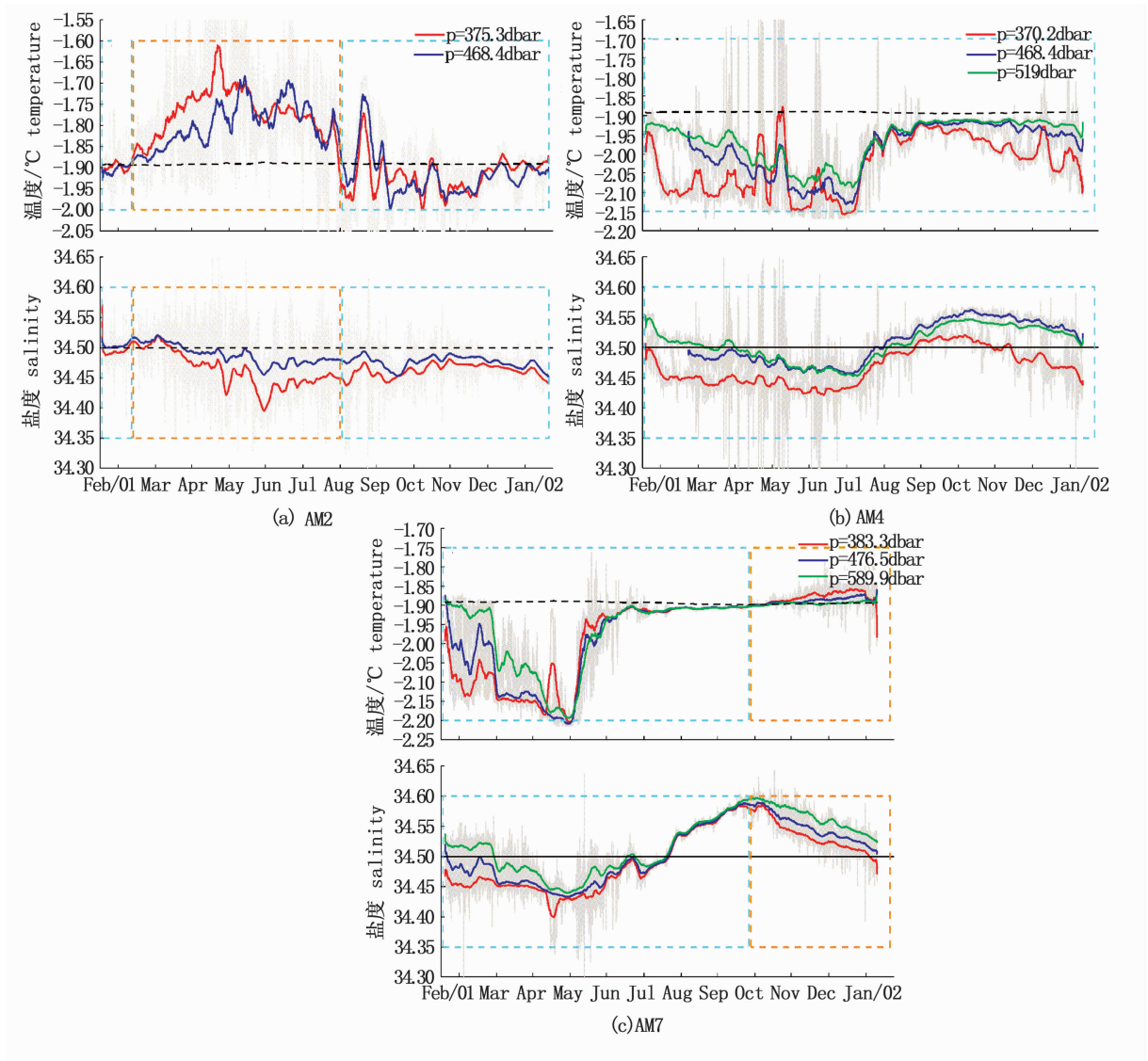


图 6 AM2 (a)、AM4 (b)、AM7 (c) 站点的温度、盐度时间序列图

Fig. 6 Temperature and salinity series at AM2 (a), AM4 (b) and AM7 (c)

蓝色虚线框代表冰架水, 橙色虚线框代表陆架水。

Blue dotted represents ISW; Orange dotted represents Shelf Water.

AM2 站布设在埃默里冰架的东南端, 比 AM1 更靠近冰架 (图 2)。由图 6 (a) 给出的 2 条分别处于 375 dbar 和 468 dbar 深度上的温、盐度年变化曲线, 可以看到, 温度与盐度相比, 呈现了较明显的季节变化特征, 最高温度 (- 1.61 °C) 出现在 4 月下旬的 375 dbar 深度上, 最低温度

(- 2.00 °C) 最早出现在 9 月中旬的 468 dbar 深度上。一般升温过程发生在 9 月中旬或 10 月上旬后, 到次年 4 月下旬或 5 月中旬达到最高, 然后开始逐渐下降, 到 9 月中旬或 10 月上旬达到最低值。显然, 最高温度出现的时间会随水深的增加而推迟约 0.5 个月, 而最低温度则会随水深增加

提前约 0.5 个月达到最低值。总体而言,冬季温度会高于冰点 ($< -1.90\text{ }^{\circ}\text{C}$),而在夏季温度则要低于冰点。在该站上温度除了有比较明显的季节变化特征外,也存在旬或月变化,但几无规律可循。

AM2 站的盐度变化曲线相对温度要平坦得多。盐度最高值 (34.57) 出现在 3 月,最低值 (34.39) 出现在 6 月。较明显的增盐过程发生在 1 月下旬至 2 月底、以及 6 月上旬至 10 月底,3 月初至 5 月底和 11 月初至次年 1 月中旬则为两个降盐期。无论是增盐还是降盐,其盐度差都不会超过 0.15,且深层比浅层更小。

AM4 站布设在埃默里冰架前缘中部区域(图 2)。图 6(b) 呈现的 3 条曲线分别处于 370 dbar、465 dbar 和 519 dbar 深度上,可以发现,与 AM2 站一个明显不同的特征就是温度季节变化明显呈反位相分布,即增温(7 月初至 8 月底)和降温(9 月初至次年 6 月底)周期不尽相同,且全年温度 ($< -1.90\text{ }^{\circ}\text{C}$) 普遍要低。最高温度 ($-1.91\text{ }^{\circ}\text{C}$) 出现在 10 月的 465 dbar 深度上,最低 ($-2.16\text{ }^{\circ}\text{C}$) 在 7 月的 370 dbar。而且最高 (34.56)、最低 (34.42) 盐度出现的时间和深度几乎与温度一致。

AM7 站布设在埃默里冰架西北端(图 2)。3 条曲线(图 6c) 分别处于 383 dbar、477 dbar 和 590 dbar 深度上,可以发现,温、盐度曲线的分布态势与 AM4 站基本相符。全年温度普遍低于 $-1.90\text{ }^{\circ}\text{C}$,最低温度 ($-2.20\text{ }^{\circ}\text{C}$) 几乎同时出现在 5 月份的 3 个观测层上,最高 ($-1.86\text{ }^{\circ}\text{C}$) 出现在 12 月下旬的 383 dbar 层上。从 1 月初温度开始下降,直到 4 月底到达低谷,5 月初到 6 月有个急剧升温过程,随后继续缓慢上升,至 12 月下旬到达峰顶,其中在 10 月后温度开始略高于冰点。盐度分布同样呈一谷一峰的变化趋势,盐度谷 (34.40) 出现在 4 月底,与最低温度出现的时间一致;盐度峰 (34.60) 在 9 月底,比最高温度出现的时间提前了约 3 个月。

综上所述,埃默里冰架前缘的温、盐度有比较明显的季节变化特征,在同一位置、不同深度上,最高、最低温度和盐度虽有所不同,但出现的

时间基本一致;而在不同的位置上,不仅高低温、盐度值有所差别,且出现的时间也不尽相同,尤其是断面东部的 AM2 站与中部 AM4 和西部的 AM7,温、盐度的峰谷几乎呈反位相分布,即在东部区域,温、盐度峰值位置分别出现在 5 月和 3 月,谷值在 9 月和 6 月;西部区域,温、盐度峰谷位置则分别出现在 10、12 和 5 月;中部区域,温、盐度峰谷位置则分别出现在 9、10 和 7 月。

2.3 冰架前缘海流结构及其季节变化特征

为了便于了解冰架前缘海流结构及其变化与温、盐度的关系,同样选取了 AM2、AM4 和 AM7 等 3 个长期观测站进行分析。

由图 7(a) 可以看到,观测期间(2001 年 2 月至 2002 年 2 月)的 374 dbar 和 467 dbar 深度上,该站海流几乎以北向,尤其是西北向为主,即海水由东南方向流入冰架,并呈现冬强夏弱的分布特征,最大流速出现在 3 月份,平均达 6.25 cm/s 。7 月后海流方向不如前几个月稳定,流向多变,先由西北转向东北,甚至出现东南向流动,11 月后流向(东北)趋于稳定,即以流出冰架为主,平均流速降为 2.23 cm/s 。

在 AM4 站 352 dbar、464 dbar 和 529 dbar 等 3 个深度上,虽同样以北向流为主,但平均流速明显小于 AM2 站,而且下层流速要大于上层。3-7 月期间,海流主要以西北向为主,平均流速约为 1.96 cm/s ,最大可达 3.08 cm/s ;8-9 月,转为西南方向,平均流速增至 2.50 cm/s ,最大达到了 3.16 cm/s 。10-11 月,又回到以西北、北向流为主,平均流速达到 3.20 cm/s ,且 529 dbar 层上流速 (4.05 cm/s) 要大于 352 dbar 层的 (2.38 cm/s);12 月后流向虽仍以西北、北向流为主,但流速几乎降至 1.00 cm/s 以下。因此,除 8、9 月份海流以流进冰架为主外,其他月份均表现为从冰架流出。

值得指出的是,在离 AM4 站约 34.13 km、布设于冰架西侧的 AM5 站上,在 350 dbar 和 462 dbar 深度上,全年流向却朝南为主,上层 (3.16 cm/s) 流速明显小于下层 (4.92 cm/s),且冬季 (4.42 cm/s) 大于夏季 (3.17 cm/s)。海水可以全年流入冰架。

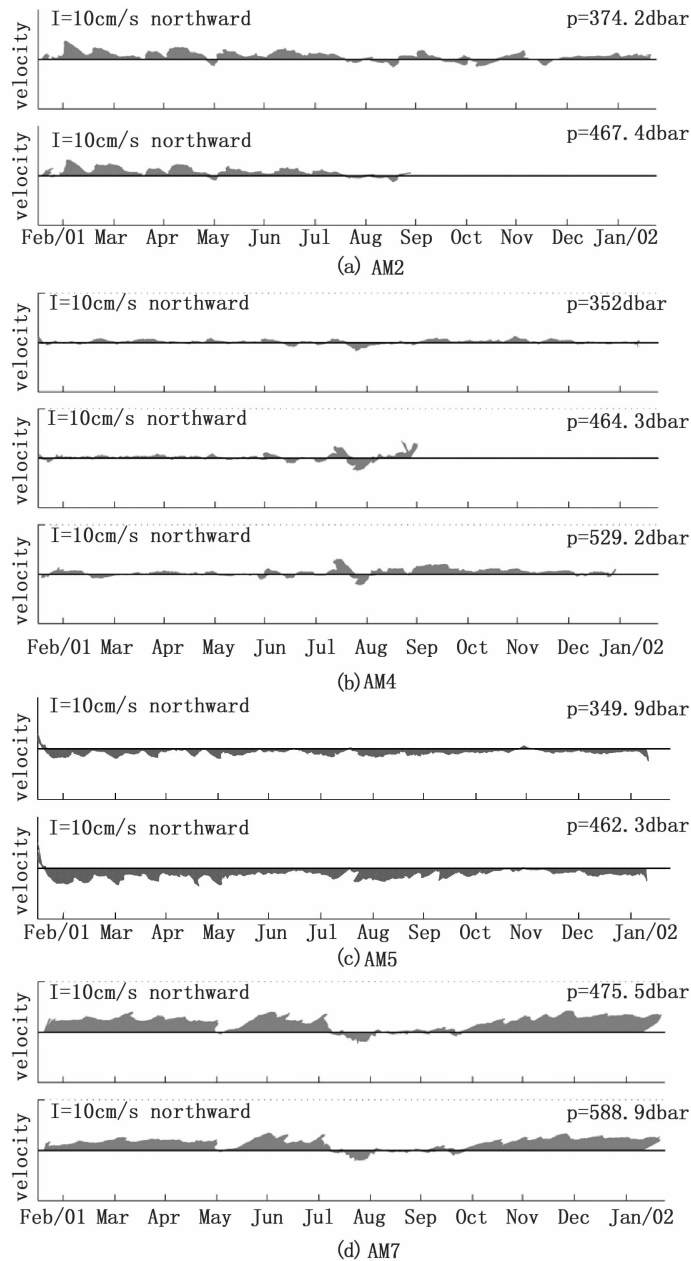


图7 AM2(a)、AM4(b)、AM7(c)站点的流速时间序列图
 Fig.7 Velocity series at AM2 (a), AM4 (b) and AM7 (c)

AM7 站位于冰架的西北端,全年海流以东北向为主,其中7-9月流速较低、流向不稳定(图7c)。3-6月,在476 dbar 和589 dbar 深度上,主要为东北向流,平均流速约为12.50 cm/s;7月上旬开始流向多变,由东北-东向转为南向或西南向流,流速减小至3.10 cm/s。进入10月,流向又变为东北方向,且流速增大至12.1 cm/s。可见,除7、8、9月份,冰架前缘70.5°E 附近海域中、下层均表现为强的出流区。

由此可见,在埃默里冰架前缘东南部海域,

海流以东北向为主,且呈冬强夏弱的分布特征,总体上海水为流进冰架;冰架前缘中部海域,海流以南向为主,全年海水流进冰架,且同样体现为冬强夏弱;而在冰架的西北部海域,除了在7-9月期间出现流速较弱、流向多变外,其他时间均以东北向流为主,即海水几乎全年流出冰架。而且,比较冰架前缘各个长期观测站的流速分布,发现在埃默里冰架西北部海域流出冰架的海流速度,比中部和东南部海域都要强。

3 讨论

3.1 埃默里冰架水空间分布及其变化

从 2.1 节的分析中已经观察到,夏季埃默里冰架水(ISW)主要出现在温、盐跃层下方的 200 dbar 水深以下,且具有比较明显的年变化特征。然而,冬季埃默里冰架水的空间分布以及季节变化过程中又有什么特征呢?结合前面 θ -S 分析得到的 ISW 特征指标(LSISW: $< -1.9\text{ }^{\circ}\text{C}$, 33.60 ~ 34.00;HSISW: $< -1.9\text{ }^{\circ}\text{C}$, 34.40 ~ 34.60),以及选取的 3 个代表性锚碇潜标站(AM2、AM4 和 AM7)上 300 dbar 深度以下的温、盐度分布时间序列(图 6),着重分析埃默里冰架水的空间分布及其季节变化特征。因温度 $< -1.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ (低于冰点)是 ISW 的主要特征指标,所以下面的讨论将以温度为分析依据。

在埃默里冰架前缘 71.0°E 以西海域,ISW 主要出现在冬季、水深 370 ~ 590 dbar 范围内,其中 2-5 月期间温度更低,最低可达 $-2.20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。这一海域内,以出流为主要特征,平均流速可达 12.5 cm/s ,是中、东部海域流速的 6 倍左右。不难推测,这一海域会有大量 ISW 从冰架下流出进入普里兹湾;而在 $71.5-72.5^{\circ}\text{E}$ 的冰架中部海域,在 368-519 dbar 深度间几乎全年被 ISW 控制,冬季 2-7 月温度比其他月份更低,最低温度达 $-2.16\text{ }^{\circ}\text{C}$;在冰架前缘 73.5°E 以东海域,ISW 主要分布在夏季的 375-579 dbar 深度上,其中最低温度出现在 9-10 月间,可达 $-2.00\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。该海域以入流为主要特征,平均流速约为 2.1 cm/s 。可见,埃默里冰架前缘东南部的入流速度要比西北部的出流速度小得多。也就是说,东南部主要以较高温度的 SW 进入冰架为主,而西北部则以低温 ISW 输出占主导。

3.2 埃默里冰架水体积输送及其变化

利用冰架前缘布设的锚碇潜标获得的海流资料,并根据公式(1)计算了水体体积通量,粗略估算了 2001 年 2 月至 2002 年 2 月期间各月冰架水的体积通量,结果见表 2(其中,正值表示流出冰架,负值表示流进冰架, $1\text{ mSv} = 1\text{ }000\text{ m}^3/\text{s}$)。

由表 2 可以看到,冬季 3-7 月,ISW 以入流为主,输进总量约为 0.54 mSv ;夏季,ISW 主要从冰架底部流出,输出总量约为 10.48 mSv 。可见,调查期间,ISW 主要从冰架底部输出进入普里兹

湾占主导。其中,2001 年 2 月估算的 ISW 通量为 0.37 mSv ,与 WILLIAMS 等^[27]利用三维海洋数值模型得到的计算结果($0.20-0.62\text{ mSv}$)也是一致的。但由于锚碇潜标观测的站位间距和层次间隔均相对较大,计算得到的体积通量存在一定的误差。

表 2 2001 年 2 月至 2002 年 2 月冰架前缘的冰架水通量

Tab. 2 Volume flux of ISW at the front of AIS from February 2001 to February 2002

年份 year	月份 month	冰架水通量 volume flux of ISW/mSv
2001	2	0.37
	3	-0.19
	4	-0.21
	5	-0.23
	6	-0.13
	7	-0.15
	8	—
	9	—
	10	3.05
	11	3.36
2002	1	0.10
	2	0.46

3.3 影响冰架水分布变化的可能因素

根据 ISW 空间分布与季节变化特性,结合海冰冻融、冰架底部与前缘海域的海流特征及冰架水的成因等,探讨了影响冰架水分布变化的可能因素。

相关研究表明^[10, 28],3-7 月为普里兹湾海冰快速冻结期,海水温度升高、盐度增加,在冰架前缘 73.5°E 以东海域的入流区,大量相对高温、高盐的 SW 流入冰架底部^[4],与冰架相互作用,导致冰架底部融化生成 ISW。受冰架下方顺时针环流的影响^[27],ISW 从冰架前缘 73.5°E 以西海域的出流区流入普里兹湾。8 月份以后,受局地南风的影响^[29],冰架前缘西向流加强,在地转效应作用下, 73.5°E 以西海域成为入流区, 73.5°E 以东海域成为出流区;另外,随着海冰的冻结速率减小^[10, 28],流入冰架底部的高盐 SW 强度减弱^[4],导致在冰架前缘观测到的 ISW 越来越少。

10 月份,海冰开始融化^[10, 28],海水温度降低,盐度减小,受普里兹湾内及冰架下方顺时针环流的影响^[27],在冰架前缘 73.5°E 以东海域,强度较弱的 SW 携带着少量残余的 ISW 流进冰

架^[4],与冰架相互作用较弱,因而在冰架前缘 73.5°E 以西海域仍有大量 SW 流出。11 月后,随着冰架下方 SW 与周围水体的混合,与冰架底部相互作用增强^[4],且受冰架前缘强西向流影响,在冰架前缘 73.5°E 以西海域由东向西逐渐有 ISW 流出。

4 结论

利用澳大利亚埃默里冰架海洋研究计划 (AMISOR) 在 2001—2002 年间现场观测获取的 CTD 断面观测资料和锚碇潜标资料,对冰架水的空间分布和季节变化特性进行了分析,重点探讨了冰架水随海流的运行过程,得到如下结论:

(1) 由船载 CTD 仪的观测结果表明,夏季, ISW 主要出现在温、盐跃层下方的 200 dbar 水深以下,并以多个低温核的形式集中分布在冰架前缘中、西部 (73.5°E 以西) 海域,而在其东部 (73.5°E 以东) 海域的分布范围较小,且 ISW 的分布具有比较明显的年变化特征。

(2) 而由锚碇潜标的观测结果进一步表明,冰架水的分布存在显著的季节变化:冬季, ISW 主要出现在埃默里冰架前缘 71.0°E 以西海域、370~590 dbar 水层中和 71.5~72.5°E 的中部海域、368~519 dbar 深度间;夏季,除了冰架前缘中部 71.5~72.5°E、368~519 dbar 的海域仍被 ISW 控制,它还在冰架前缘 73.5°E 以东海域、375~579 dbar 深度上出现。冰架前缘东部海域主要以较高温度的 SW 进入冰架为主,而西部则以低温 ISW 流出占主导。

(3) 由冰架水体积输运的计算结果表明,全年 ISW 主要从冰架底部输出进入普里兹湾占主导。

影响冰架水分布与流动的因素有很多,例如局地风应力、埃默里冰架前缘海域的环流、潮汐作用以及冰架底部的地形等,本文仅仅初步探讨了相关影响因素,未来还需要开展深入的研究。

参考文献:

- [1] 郑少军. 海冰和冰架对南极普里兹湾海洋过程的影响研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2011.
ZHENG S J. Effects of sea ice and ice shelf on the ocean processes in Prydz Bay, Antarctica [D]. Qingdao: Ocean University of China, 2011.
- [2] 丁明虎. 南极冰盖物质平衡最新研究进展[J]. 地球物理学进展, 2013, 28(1): 24-35.
- [3] 张栋, 孙波, 柯长青, 等. 南极冰盖物质平衡与海平面变化研究新进展[J]. 极地研究, 2010, 22(2): 296-305.
ZHANG D, SUN B, KE C Q, et al. The latest research progress on Antarctic ice sheet mass balance and sea level change [J]. Chinese Journal of Polar Research, 2010, 22(2): 296-305.
- [4] HERRAIZ-BORREGUERO L, ALLISON I, CRAVEN M, et al. Ice shelf/ocean interactions under the amery ice shelf: seasonal variability and its effect on marine ice formation [J]. Journal of Geophysical Research: Oceans, 2013, 118(12): 7117-7131.
- [5] WEN J H, WANG Y F, LIU J Y, et al. Mass budget of the grounded ice in the Lambert glacier-Amery ice shelf system [J]. Annals of Glaciology, 2008, 48(1): 193-197.
- [6] WEN J H, WANG Y F, WANG W L, et al. Basal melting and freezing under the Amery ice shelf, East Antarctica [J]. Journal of Glaciology, 2010, 56(195): 81-90.
- [7] 温家洪. 国际南极冰盖与海平面变化研究述评[J]. 地球科学进展, 2000, 15(5): 586-591.
WEN J H. International study on Antarctic ice sheet and sea level change: a review [J]. Advance in Earth Sciences, 2000, 15(5): 586-591.
- [8] 温家洪, 孙波, 李院生, 等. 南极冰盖的物质平衡研究: 进展与展望[J]. 极地研究, 2004, 16(2): 114-126.
WEN J H, SUN B, LI Y S, et al. Progress and prospect in mass balance studies of Antarctic ice sheet [J]. Chinese Journal of Polar Research, 2004, 16(2): 114-126.
- [9] 唐承佳, 李院生, 陈振楼, 等. 南极冰架研究现状与埃默里冰架研究展望[J]. 极地研究, 2008, 20(3): 265-274.
TANG C J, LI Y S, CHEN Z L, et al. A review on studies of antarctic ice shelves and advances in Chinese research on Amery ice shelf [J]. Chinese Journal of Polar Research, 2008, 20(3): 265-274.
- [10] ZHENG S J, SHI J X, JIAO Y T, et al. Spatial distribution of ice shelf water in front of the Amery ice shelf, Antarctica in summer [J]. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2011, 29(6): 1325-1338.
- [11] 史久新, 乐肯堂. 东南极冰-海相互作用研究进展[J]. 海洋科学, 1999, 23(1): 22-25.
SHI J X, LE K T. A review on studies of ice-ocean interaction in the East Antarctica [J]. Marine Sciences, 1999, 23(1): 22-25.
- [12] JACOBS S S, HELLMER H H, JENKINS A. Antarctic ice sheet melting in the Southeast Pacific [J]. Geophysical Research Letters, 1996, 23(9): 957-960.
- [13] 温家洪, JEZEK K C, CSATHÓ B M, 等. 南极 Lambert, Mellor 和 Fisher 冰川的物质平衡及 Amery 冰架底部物质

- 通量的估算[J]. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2007, 37(9): 1192-1204.
- WEN J H, JEZEK K C, CSATHÓ B M, et al. Mass budgets of the Lambert, Mellor and Fisher glaciers and basal fluxes beneath their flowbands on Amery ice shelf[J]. Science in China Series D: Earth Sciences, 2007, 50(11): 1693-1706.
- [14] 高郭平, 董兆乾, 侍茂崇, 等. 南极普里兹湾关键物理海洋学问题研究进展及未来趋势[J]. 上海海洋大学学报, 2013, 22(2): 313-320.
- GAO G P, DONG Z Q, SHI M C, et al. Advances of physical oceanographic study on Prydz Bay and adjacent region, Antarctica [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2013, 22(2): 313-320.
- [15] ORSI A H, JOHNSON G C, BULLISTER J L. Circulation, mixing, and production of Antarctic Bottom Water [J]. Progress in Oceanography, 1999, 43(1): 55-109.
- [16] FOLDSVIK A, KVINDE T. Conditional instability of sea water at the freezing point [J]. Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts, 1974, 21(3): 169-174.
- [17] SHI J X, CHENG Y Y, JIAO Y T, et al. Supercooled water in austral summer in Prydz Bay, Antarctica [J]. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 2011, 29(2): 427-437.
- [18] SMITH N R, DONG Z Q, KERRY K R, et al. Water masses and circulation in the region of Prydz Bay, Antarctica [J]. Deep Sea Research Part A: Oceanographic Research Papers, 1984, 31(9): 1121-1147.
- [19] 高郭平, 董兆乾, 侍茂崇. 南极普里兹湾附近 73°E 断面水文结构及多年变化[J]. 中国海洋大学学报, 2003, 33(4): 493-502.
- GAO G P, DONG Z Q, SHI M C. Variation of hydrographic features along 73°E section near Prydz Bay [J]. Periodical of Ocean University of China, 2003, 33(4): 493-502.
- [20] 蒲书箴, 董兆乾, 胡筱敏, 等. 普里兹湾海域的夏季上层水及其北向运动[J]. 极地研究, 2000, 12(3): 157-168.
- PU S Z, DONG Z Q, HU X M, et al. Water masses and their northward extension in the upper ocean of Prydz Bay, Antarctica [J]. Chinese Journal of Polar Research, 2000, 12(3): 157-168.
- [21] 史久新, 董兆乾, 陈红霞. 中国南大洋物理海洋学研究进展[EB/OL]. 北京: 中国科技论文在线, 2013. <http://www.paper.edu.cn>.
- SHI J X, DONG Z Q, CHEN H X. Progress of Chinese research in physical oceanography in the Southern Ocean [EB/OL]. Beijing: Science Paper Online, 2013. <http://www.paper.edu.cn>.
- [22] GALTON-FENZI B K, HUNTER J R, COLEMAN R, et al. Modeling the basal melting and marine accretion of the Amery Ice Shelf [J]. Journal of Geophysical Research: Oceans, 2012, 117(C9): C09031.
- [23] 陈红霞, 潘增弟, 矫玉田, 等. 埃默里冰架前缘水的特性和海流结构[J]. 极地研究, 2005, 17(2): 139-148.
- CHEN H X, PAN Z D, JIAO Y T, et al. Hydrological character and sea-current structure in the front of Amery Ice Shelf [J]. Chinese Journal of Polar Research, 2005, 17(2): 139-148.
- [24] 林丽娜. 南极普里兹湾及邻近海域水文特征分析[D]. 青岛: 国家海洋局第一海洋研究所, 2013.
- LIN L N. Hydrographic features in the region of Prydz Bay [D]. Qingdao: The First Institute of Oceanography, Soa, 2013.
- [25] ROSENBERG M, BINDOFF N, CHURCH J. Amery ice shelf experiment (AMISOR), Aurora Australis marine science cruises Au0106 and Au0207 - Ship-based CTD, ADCP and mooring data [R]. Australian: Australian Antarctic Data Centre, 2004.
- [26] VAZ R A N, LENNON G W. Physical oceanography of the Prydz Bay region of Antarctic waters [J]. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers, 1996, 43(5): 603-641.
- [27] WILLIAMS M J M, GROSFELD K, WARNER R C, et al. Ocean circulation and ice-ocean interaction beneath the Amery Ice Shelf, Antarctica [J]. Journal of Geophysical Research: Oceans, 2001, 106(C10): 22383-22399.
- [28] 郑少军, 史久新. 南极普里兹湾邻近海域海冰生消发展特征分析[J]. 中国海洋大学学报, 2011, 41(7/8): 9-16.
- ZHENG S J, SHI J X. The characteristic of sea ice growth and melt in the Prydz Bay region, Antarctica [J]. Periodical of Ocean University of China, 2011, 41(7/8): 9-16.
- [29] 闫敏斐. 南极普里兹湾海域初冬冰间湖时空变化及上层水体热盐结构演化研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2015.
- YAN M F. Study on temporal and spatial variation of polynya and evolution of upper ocean thermohaline structure of early winter in the Prydz Bay, Antarctic [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2015.

Spatial distribution and seasonal variation of ice shelf water between 2001 and 2002 at Amery Ice Shelf, Antarctica

HE Wen¹, CHENG Lingqiao^{1,2}, GAO Guoping^{1,2}

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: The Antarctic Ice Shelf Water is generated by the ocean-ice shelf interaction and its temperature is lower than the freezing point. Compared with the surrounding water, it is relatively colder and saltier. Thus it can be a good indicator to estimate the mass balance of Amery Ice Shelf. Based on the observation by the Australian Amery Ice Shelf Ocean Research (AMISOR) from 2001 to 2002, the seasonal variation and Sverdrup transport of Ice Shelf Water at Amery Ice Shelf were expounded. The CTD results showed that the ice shelf water is generally distributed in the western, central and eastern front edges of the Amery Ice Shelf in summer, and the water in the western part was more intense and widespread. From the observations of the mooring buoy, it is known that the spatial distribution of ice shelf water presents remarkable seasonal variation. In winter, ice shelf water is mainly distributed to the west of 71.0°E as well as between 71.5°E and 72.5°E of the Amery Ice Shelf with the principal character of outflow. In summer, in spite of the area between 71.5°E and 72.5°E is still occupied by the ice shelf water, it is also distributed to the east of 73.5°E of the Amery Ice Shelf with the principal character of inflow. Compared with the inflow to the east of Amery Ice Shelf, the outflow from the west of Amery Ice Shelf is much stronger. Thus, the ice shelf water is dominated by discharging from the bottom of Amery Ice Shelf to the Prydz Bay throughout the year.

Key words: Amery Ice Shelf; ice shelf water; spatial distribution; seasonal variation; volume transport