

# 南极普里兹湾海域不同水团的 D 含量 \*

刘广山<sup>1</sup> 黄奕普<sup>1</sup> 矫玉田<sup>2</sup> 金德秋<sup>3</sup> 周锡煌<sup>3</sup>

(<sup>1</sup> 厦门大学海洋系, 亚热带海洋研究所 361005)

(<sup>2</sup> 国家海洋局第一海洋研究所 青岛 266061)

(<sup>3</sup> 北京大学化学系 100871)

**摘要** 研究了南极普里兹湾海域不同水团的 D 含量。按照温盐指标划分的水团, 给出表层水、陆架水、深层水和底层水的  $\delta D$  值分别为  $-2 \sim -5$ ,  $-3 \sim -5.6$ ,  $0.4 \sim -2.0$  和  $-1 \sim -2.7$ 。

**关键词** 普里兹湾, 水团, D

由于质量的差异, 水在蒸发与凝结过程中, 会形成含 D 的水分子在液体中富集, 在气体中贫化。由此全球水循环的结果是越靠近两极降水中 D 含量越低, 从而使不同纬度的海洋表层水中具有不同的 D 含量, 形成不同 D 和  $^{18}O$  含量的水体。Horibe<sup>13</sup> 提出以 D 含量作为海水水团的特性指标。

---

\* 国家自然科学基金重点项目 49836010 号和国家“九·五”科技攻关计划 98-927-01-05 号。

第一作者: 刘广山, 出生于 1959 年, 硕士, 副研究员, 从事同位素海洋学研究。电话: 0592-2189428, E mail: lgs@public.xm.fj.cn

收稿日期: 2001-05-28; 修回日期: 2001-10-20

多年来的南极考察对普里兹湾的水文、化学和生物学进行了大量的研究,并试图探讨普里兹湾是否形成底层水,但均未得出明确的结论。本文对中国第15次南极考察中采集的样品测定的D含量和相关的温盐资料进行了分析,给出了以温盐特性划分的水团的表层水、陆架水、深层水和底层水可能的 $\delta_D$ 值。

### 1 样品采集与测量

按海底地形普里兹湾可分为水深在600 m以浅陆架区和水深在3000 m以上大洋深水区两个区域,两海区之间的大陆隆水深仅200 m。陆隆北面是陡峭的大陆坡。本研究样品于第15次南极考察第一航段采集,时间为1998年12月16~18日。采样站位如图1所示,全部站位在75°30'E经度线上。其中1V2,3,4站位于深水区,1V9,12,15号站位于大陆架上,1V8号站位于大陆坡上。样品由CTD采水器采集,用50 ml塑料瓶封装。回国后用VG SIRA24型气体同位素质谱计测定D/H比值,用下式计算 $\delta_D$ 值:

$$\delta_D (\times 10^{-3}) = [ \delta_D / H ]_{\text{样品}} / ( D / H )_{\text{SMOW}} - 1 ] \times 1000 \quad (1)$$

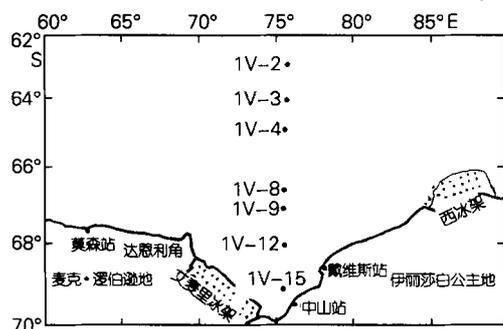


图1 采样站位  
Fig. Sampling stations

### 2 结果讨论

南极海区有多种以温盐特征划分的水团<sup>[2]</sup>。按其所在深度分为:表层水、中层水、深层水、底层水和位于陆架上的陆架水。中层水在南极峰以北的海域,所以南极近海主要研究表层水、深层水、底层水和陆架水。

研究断面各测站各层位的温度、盐度和 $\delta_D$ 值如表1所列,其分布如图2所示。本文仅使用了采样层的温盐数据。从图中可以看出,海水温度、盐度和 $\delta_D$ 的等值线走向基本一致。温度分布图中有两条0℃等值线,其中一条从64°30'S向南从表层逐渐加深到陆

坡位置深度达1000 m;另一条在2500 m以下深度。两条等值线之间为正温度,其余为负温度水体。500 m以下2500 m以上水体盐度在36.7以上,500 m以上水体盐度最低至33.4。全部测站具有负或近似等于0的 $\delta_D$ 值,且负温度水体必定出现负 $\delta_D$ 值。 $\delta_D = 0$ 的等值线位于64°S以北2000 m以浅和100 m以深层位。

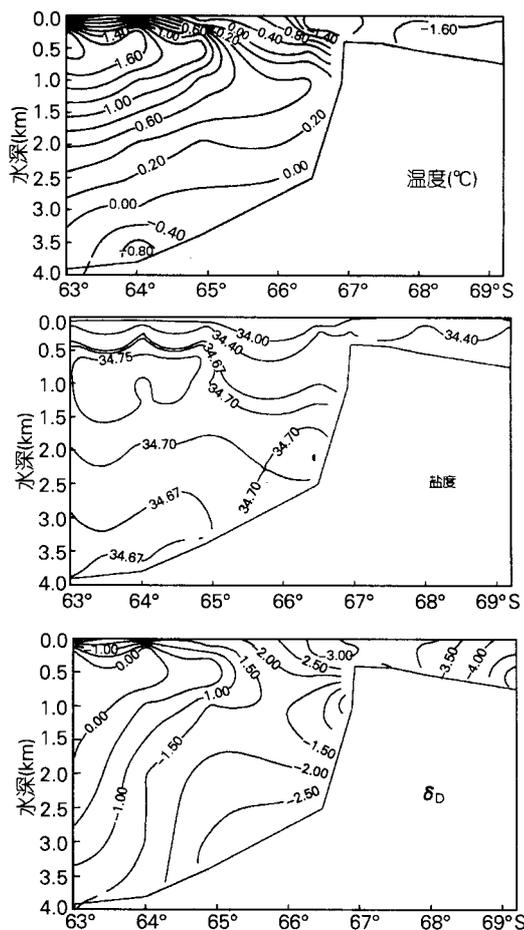


图2 研究断面海水温度、盐度、 $\delta_D$ 分布

Fig.2 Distribution of temperature, salinity and  $\delta_D$  on section invested

#### 2.1 表层水

由于季节变化导致南极海区形成结冰-融冰-结冰的循环过程。每年冬季的8~10月份,海冰达到最大面积,从南极大陆沿岸直到60°S,冰量可达9成以上。结冰时,海表面冷却的水下沉,在表层之下形成接

近冰点的过冷却水。由于这种水在冬季形成所以叫冬季水(WW), 南极冬季水的核心指标为: 水温在 -1.5℃以下, 盐度约为 34.20~34.56, 水团平均深度为 100 m。每年的 1~3 月是南极的夏季, 海冰融化, 海面被加热, 表层海水温度上升可达 0℃以上, 形成夏季表层水。显然表层水存在于冰区, 且由于不同纬度结冰和融冰时间不一样, 造成冬季表层水与夏季表层水的厚度及存在时间不同, 越接近南极大陆, 冰期越长, 冬季水深度越大, 在极圈内的北部冬季的深度并不是渐变的, 这种情况与水团作用形成辐散或辐合带有关<sup>[1]</sup>。由于仅使用采样层的温盐数据, 所以图 1 中温度等值线对表层水的反映不尽完全。在 65°S 以南 0℃等温线由北向南逐渐加深从 64°S 的 100 m 加深到陆架区直到海底。在深水海区该 0℃等温线之上的水层即表层水, 但未观察到下面存在冬季表层水的夏季表层水, 这可能与观察时间及设站冰情有关, 因为观察期间观察到冬季水的测站, 海区浮冰量大都在 6 成以上, 多的达 9 成以上, 很多情况下是破冰采样, 所以各测站难以观察到夏季表层水。0℃等温线以上水体的盐度均在 34.4 左右, 在文献[1]给出的冬季水盐度在 34.2~34.56 之间。部分测站表层水的盐度小于 34.0, 这可能是观察期间海冰部分融化, 使海水盐度降低造成的。按温盐指标确定的表层水体的  $\delta_D$  均为负值, 为 -2~-5。

## 2.2 陆架水

陆架水与表层水并没有严格的分界线, 由于靠近南极大陆, 陆架水表层冰盖期长, 低温水可从表层直达海底, 其温盐特征与冬季水相似, 水温在 -1.8℃左右, 盐度为 34.45~34.53。本次研究陆架区水体符合文献给出的陆架水温盐指标, 而且也观察到了低盐度的表层水, 表层水温度较高, 为 -1.0℃。整个陆架水  $\delta_D$  值稍低于表层水, 观察到的最低  $\delta_D$  值为 -5.6, 总体看, 陆架水  $\delta_D$  在 -3~-5.6 之间。

南极近海水体中的 D 含量除受直接降水的影响外, 极地冰山的溶化是另一个主要影响因素。极地冰山由降水形成, 由于总体来说南极陆地比海洋位于更高纬度, 所以其中 D 的含量比海区降水更低, 作者测得普里兹湾冰山冰中  $\delta_D$  为 -150。冰山经冰川进入海洋并在海水中溶化使海水中的  $\delta_D$  更负。所以陆架水  $\delta_D$  值稍低于表层水。

表 1 研究断面各测站各层位的温度、盐度和  $\delta_D$  值

Tab.1 The temperature, salinity and  $\delta_D$  on section invested

站位	层位 (m)	温度 (°C)	盐度	$\delta_D (\times 10^{-3})$
IV-2 63°1' 7" S 75°29' 25" E	0	-0.637 69	33.483 61	-3.6 ± 0.5
	100	0.694 82	34.430 14	-0.8 ± 0.4
	200	1.900 59	34.603 53	0.2 ± 0.1
	500	1.888 44	34.721 29	0.2 ± 0.2
	1 000	1.502 44	34.745 06	0.2 ± 0.1
	2 000	0.614 54	34.696 86	0.0 ± 0.1
	3 000	0.110 50	34.674 40	-0.6 ± 0.4
IV-3 64°0' 1" S 75°32' 27" E	0	-0.090 00	33.500 80	-2.8 ± 0.5
	100	0.946 69	34.522 35	0.2 ± 0.4
	200	1.717 19	34.658 87	0.4 ± 0.1
	500	1.700 94	34.734 66	0.4 ± 0.2
	1 000	1.176 87	34.730 96	-0.6 ± 0.5
	2 000	0.354 31	34.685 66	-1.5 ± 0.2
	3 000	-0.007 22	34.673 55	-1.5 ± 0.4
IV-4 64°54' 18" S 75°29' 5" E	0	-0.806 63	33.439 75	-1.9 ± 0.1
	100	-0.668 22	34.365 9	-1.7 ± 0.3
	200	0.817 63	34.589 94	-0.8 ± 0.3
	500	1.370 93	34.726 19	0.1 ± 0.3
	1 000	0.719 29	34.697 73	-1.6 ± 0.1
	2 000	0.145 96	34.677 74	-2.2 ± 0.6
	3 210	-0.170 75	34.669 51	-2.7 ± 0.4
IV-8 66°28' 53" S 75°29' 26" E	0	-1.665 64	32.052 04	-3.1 ± 0.3
	100	-1.818 65	34.329 57	-3.5 ± 0.2
	200	-1.821 28	34.360 78	-3.2 ± 0.1
	500	-0.050 24	34.587 33	-2.1 ± 0.3
	1 000	0.404 06	34.675 50	-1.1 ± 0.1
IV-9 66°53' 43" S 75°18' 57" E	0	-1.555 30	33.839 26	-2.6 ± 0.1
	100	-1.763 10	34.327 80	-3.3 ± 0.1
	200	-1.830 30	34.362 20	-3.0 ± 0.2
	500	-1.191 20	34.464 40	-2.6 ± 0.3
	700	-0.146 30	34.574 10	-0.8 ± 0.4
	936	0.051 70	34.620 70	0.0 ± 0.2
	IV-12 67°59' 48" S 75°23' 45" E	0	-1.087 38	33.977 51
100		-1.851 82	34.502 64	-3.8 ± 0.1
200		-1.838 36	34.513 79	-3.1 ± 0.1
300		-1.838 30	34.529 75	-3.3 ± 0.3
400		-1.784 34	34.457 98	-3.0 ± 0.5
494		-1.858 06	34.498 70	-3.4 ± 0.1
IV-15 69°12' 20" S 75°14' 28" E	0	-1.050 11	33.797 23	-4.2 ± 0.5
	100	-1.879 40	34.455 99	-4.2 ± 0.2
	200	-1.875 46	34.466 93	-4.5 ± 0.5
	500	-1.881 86	34.498 67	-5.3 ± 0.4
	600	-1.894 01	34.514 17	-5.6 ± 0.1
713	-1.898 61	34.548 10	-5.0 ± 0.2	

## 2.3 深层水

在低纬度海域, 深层水位于 2 000~3 000 m 深度, 其温盐指标为 0~2℃和 34.5~34.75, 在印度洋深层

水约占整个水体的 55%，在南极圈内深层水上涌可达数百米深度。

在整个研究海区，深层水占整个水体的大部分。在 63~65°S 海区，深层水上涌到 500 m 以浅，从 65°S 下沉直到陡峭陆坡位于 1 000 m 以深，形成在 65°S 和陆坡间下沉的趋势，温度和  $\delta_0$  值的等值分布均表现出这种趋势。本研究海区深层水核心高盐水在 63~65°S 的 500~3 000 m 深度，其中 500~1 500 m 深度处的水体  $\delta_0$  在 0.4~-1.5，其余部分有负的  $\delta_0$  值，所以可以得出结论，深层水核心  $\delta_0$  接近 0，在 0℃等温线附近，满足深层水温盐条件的水体  $\delta_0$  值可达 -2.0，所以深层水  $\delta_0$  值为 0.4~-2.0。

#### 2.4 底层水

文献[1]给出南极底层水的温度指标为  $T < 0^\circ\text{C}$ ，盐度指标为 34.60~34.72。由图 2 可以看出，水深在 1 000 m 以下时，盐度同时满足深层水和底层水两种水团的盐度指标，0℃等值线由陡陆坡向北逐渐加深，从 66.5°S 的 2 500 m 到 63°S 时为 3 200 m，在 0℃等温线深度以下， $\delta_0$  均为负值，所以可明确该部分水体为底层水，测定的该水团最低水温为 -1℃。但是，最大负  $\delta_0$  值测站并不与最低水温的测站一致，说明该水团最大负  $\delta_0$  值测站的水体中有高温低  $\delta_0$  值水的贡

献，这种水可能是夏季表层水的影响，所以有低的  $\delta_0$  值而温度又不是最低的。另外，从深层水与底层水交界处的 0℃等温线以上深层水体中有相当部分水体中  $\delta_0$  为负值，说明夏季表层水的下沉占有一定的份额。这也说明底层水不仅可能由深层水上涌与陆架水混合下沉形成，而且可能由表层水下沉形成。满足温盐特性的底层水的  $\delta_0$  值在 -1~-2.7 之间。

### 3 结语

研究了南极普里兹湾海域不同水团的 D 含量，勾勒出普里兹湾域各种水团 D 的分布图象。按温盐指标划分的水团中，表层水中  $\delta_0$  值为 -2~-5；陆架水为 -3~-5.6；深层水为 0.4~-2.0；底层水为 -1~-2.7。

#### 参考文献

- 董兆乾,内维尔·史密斯,诺尔斯·克里等.南极普里兹湾夏季的水团和环流.见:国家南极考察委员会.南极科学考察论文集(第二集).北京:海洋出版社,1984.1~24
- 国立极地研究所编(日),解思梅,范晓莉译.南极海洋学.北京:海洋出版社,1992.19~24
- Horibe Y., Ogura N.. Deuterium content as a parameter of water mass in the ocean, *J. Geophys. Res.*, 1968, 83: 1 239~1 249

## DEUTERIUM CONTENTS IN WATER MASSES OF PRYDZ BAY

LIU Guangshan<sup>1</sup> HUANG Yipu<sup>1</sup> JIAO Yutian<sup>2</sup> Jin Deqiu<sup>3</sup> Zhou Xihuang<sup>3</sup>

(<sup>1</sup> Department of Oceanography, Institute of Subtropical Oceanography Xiamen University 361005)

(<sup>2</sup> First Institute Oceanography, State Oceanic Administration, Qingdao 266061)

(<sup>3</sup> Chemistry Department, Beijing University 100871)

Received: May, 28, 2001

Key Words: Prydz Bay, Water mass, Deuterium

### Abstract

This paper studies D contents in water masses of Prydz Bay. It has showed that  $\delta_0$  are -2~-5, -3~-5.6, 0.4~-2.0 and -1~-2.7 for Surface water, Shelf water, Circumpolar deep water and Bottom water respectively with water masses partitioned by parameters of temperature and salinity. (本文编辑:张培新)