

基于 PHC3.0 数据集的北冰洋水团分析

袁延茂¹ 李 磊² 郝秀敏² 冯峰云²

(1. 海军海洋测绘研究所, 天津 300061; 2. 中国海洋大学 物理海洋实验室, 山东 青岛 266100)

摘要: 基于 PHC3.0 极地科学中心水文气候数据集(简称 PHC3.0 数据集)的温度和盐度资料,使用聚类分析和 Bayes 判别分析的方法,对北纬 70° 以北海域的水团结构进行了分析。在北冰洋区域划分出 4 个水团:北冰洋表层水(ASW)、大西洋中层水(AIW)、太平洋水(PW)和北冰洋深层水(ADW)。北冰洋表层水(ASW)遍布于欧亚海盆和加拿大海盆,以低温低盐为特征。大西洋中层水(AIW)位于约 200~900m 深度,在北冰洋环极边界流的作用下,其影响可达到加拿大海盆。太平洋水(PW)受经白令海峡进入北冰洋的海水影响,相对高温低盐,夏季时影响显著。北冰洋深层水(ADW)在海盆中相当均匀,几乎没有季节变化,盐度约在 34.95psu,温度在加拿大海盆约为-0.3℃,欧亚海盆约为-0.7℃。

关键词: 北冰洋;水团;聚类分析;判别分析

中图分类号: P731.16

文献标识码: B

文章编号: 1671-3044(2011)04-0067-03

1 引言

北极地区通常是指北极圈(66°33'N)以北的区域,北冰洋通常指由美洲大陆北端和欧亚大陆北端环绕的大洋,包括海盆区和陆架区两部分^[1]。其中海盆区以罗蒙诺索夫海脊为界,分为大加拿大海盆(最大深度 3800m)和欧亚海盆(最大深度 4200m)。北极地区对我国的气候、环境和生态,甚至社会生活的影响比南极大得多,也直接得多,北冰洋作为重要的海上战略通道也越来越受到世界海洋大国的重视。从这个角度上看,加强北极考察和研究就具有了经济与军事的双重意义^[1-3]。

海洋水团分析,是物理海洋学的重要内容。水团的海洋学定义为:源地和形成机制相近,具有相对均匀的物理、化学和生物特征及大体一致的变化趋势,而与周围海水存在明显差异的宏大水体^[4]。海水温盐结构特别是温度剖面对海道测量声速改正非常重要,而水团分析可以给出大尺度的温盐结构,包括垂直结构和水平分布,因此水团分析对于没有温度剖面数据的海道测量数据的声速改正有重要参考价值。水团最典型的原始特征一般是先从海面获得的,主要取决于其源地的地理环境、气候状况、海洋环流特征、热量收支和水量收支等。水团形成以后,继续受环境的影响,然后因动力或热力效应而离开海面,下沉到与其密度相当的水层,形成了表层以下

的各种水团。水团获得了一定的典型特征后,并不能永远保持不变,在海洋内部和外部因素作用下,水团特征从高水平向低水平过渡并逐渐丧失其典型特征,称为水团的变性^[4-6]。

北冰洋的铅直向水团结构一般认为是分为以下部分^[7-8]:冷而淡的表层水(深度在 0~50m;温度接近冰点;盐度在 30~33.5psu);盐跃层(深度在大约 50~200m;温度在-1.4℃~0℃;盐度在 33~34.3psu);相对暖且咸的大西洋层水(深度在大约 200~750m;温度大于 0℃;盐度在大约 34.5~34.9psu);一个相对冷的过渡层(温度小于 0℃;盐度大约 34.9psu);深层水(在加拿大海盆中温度约是-0.5℃,在欧亚海盆中温度约是-0.9℃;在加拿大海盆中盐度约是 34.95psu,在欧亚海盆中盐度约是 34.93psu)。

中国已有一些对北冰洋局地海域水团的分析。汤毓祥等将楚科奇海的水团大致分为两类,并分别称他们为变性的白令海上层水和极地水^[9]。前者主要位于与白令海相联的楚科奇海南部,其温、盐特征值分别为-0.5℃~7.5℃和 31.5~33.5psu;而极地水团最明显的特点是低温(<0.0℃),但具有较大的盐度变化范围(24.0~33.5psu)。高郭平等利用 1999 年夏季我国首次北极考察的数据,分析了楚科奇海和加拿大海盆中的水团,得出①楚科奇海夏季的水团为浅海变性水团^[10-11],主要受到外海入侵水、局地太阳辐射和融、结冰的影响,由此可将其分为两个次级水团:

收稿日期: 2011-03-03; 修回日期: 2011-04-13

基金项目: 国家自然科学基金项目(40806072)。

作者简介: 袁延茂(1974-),男,山东潍坊人,工程师,硕士,主要从事海洋水文数据处理研究。

楚科奇海夏季水,其特性是高温低盐;外海入侵水,其中北冰洋入侵水,是高盐特征,太平洋通过白令海峡的入侵水,是高温次高盐特征;②加拿大海盆中水团包括受融结冰影响较大的表层水团,深度在50m以浅,温度约 -1.0°C ,盐度在22.00~30.00psu之间,其下是次表层水团,深度范围在50~150m,温度在 -0.5°C ~ -1.2°C ,盐度在31.50~33.00psu之间,其来源为通过白令海峡输入的北太平洋的变性水,这一水层以下至1500m左右的深度为中层水团,该水团温度存在一个极大值和一个极小值,在200~400m为上中层水,温度由 -1.5°C 变化到 0.7°C ,盐度由33.00psu变化到34.80psu,增加幅度较大;在400~1500m为下中层水,温度随深度增加而降低,但幅度较小,盐度的变化范围在34.80~34.90psu之间,其来源为北大西洋的入流水,故又称为北冰洋大西洋水层;在1500m以下是深层水团,温度低于 -0.4°C ,盐度在34.90~34.94psu之间^[12]。

本文将北纬 70° 以北的北冰洋主体海域(不包括巴芬湾)的水团进行分析。

2 数据和水团分析方法

2.1 数据

所用数据是PHC3.0数据集的冬夏两季温度和盐度资料(3~5月为冬季,7~9月为夏季)。PHC3.0数据基于美国NODC(the National Oceanographic Data Center)的WOA(World Ocean Atlas)数据和俄罗斯的AOA(Arctic Ocean Atlas)数据。PHC3.0数据在垂向有33个标准层,水平网格为 $1^{\circ}\times 1^{\circ}$ 。本文从中选取了24个标准层的数据进行水团分析,所取层次依次为:0m,50m,100m,150m,200m,250m,300m,400m,500m,600m,700m,800m,900m,1000m,1100m,1200m,1300m,1400m,1500m,1750m,2000m,2500m,3000m和3500m。

本文选取了北纬 70° ~ 90° 的北冰洋主体海域的数据进行研究。因为数据为空间网格 $1^{\circ}\times 1^{\circ}$,越接近北极点数据越密集,所以先进行数据筛选,选取空间分布比较均匀的数据点。选取的数据站点图见图1。

2.2 水团分析方法

本文所用水团分析方法是ward聚类方法(离差平方和法)和Bayes判别分析方法^[4-5]。相对于传统的根据温盐曲线图分析水团,这两种方法的特点是有客观的判据,判别各数据点处海水是否应归属同一类别(水团)。当然,对分析结果有必要进行适当的主观修正。

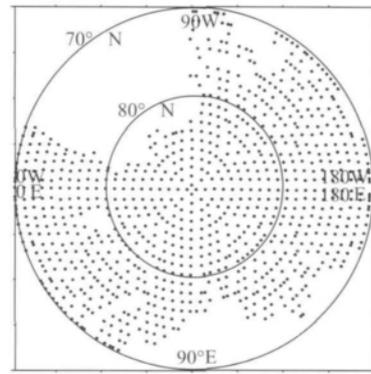


图1 北冰洋数据站点图

3 北冰洋水团分析

首先将温盐数据用ward方法进行聚类分析,将性质相近的温盐点聚合成组。按照前人所划分水团的温盐特征,人为地将聚类分析得到的组合成7个初始水团:北欧海域水(NEW),北冰洋表层水(ASW)、太平洋水(PW)、大西洋中层水(AIW)、北冰洋深层水(ADW)、沿岸淡水(CFW)和冷咸水(CSW)。其中北冰洋深层水并不只局限于加拿大海盆和欧亚海盆内深度较大的海水,而是指位于中层水之下的所有海水。

将水团初始划分代入Bayes判别分析程序,并经人工调整得到的冬季和夏季最终水团划分结果见图2~3。人工调整举例如下:若是单纯按照Bayes判别分析的结果,冬季北冰洋深层水可包括盐度低于34psu的海水,而这些明显不该属于北冰洋深层水,所以需要人工调整结果。

在Bayes分析过程中,还对分出的各水团是否有显著差异进行了检验。冬夏两季,各水团之间的F检验的最小值分别是276和58,都大于5%的置信度所要求的阈值19.5,说明从温盐特性看,各水团之间都具有显著差异,可以作为独立的水团划分开。

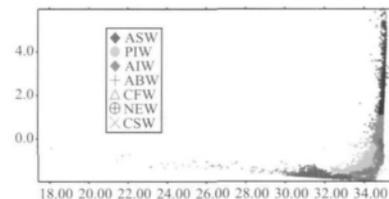


图2 冬季水团划分图

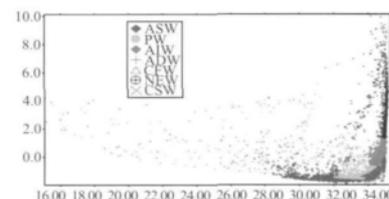


图3 夏季水团划分图

各水团的温盐特性见表 1。

表 1 各水团温盐特性

	冬季		夏季	
	温度(°C)	盐度(psu)	温度(°C)	盐度(psu)
北冰洋表层水	-1.86 ~ -1.2	30.53 ~ 33.35	-1.87 ~ -0.41	28.37 ~ 33.71
太平洋水	-1.59 ~ 0.02	32.01 ~ 34.64	-1.74 ~ 0.07	32.28 ~ 34.48
大西洋中层水	-0.24 ~ 1.08	34.04 ~ 34.99	-0.62 ~ 1.29	33.74 ~ 35.06
北冰洋深层水	-0.64 ~ 0.01	34.70 ~ 35.00	-1.162 ~ -0.03	34.66 ~ 35.05
沿岸淡水	-1.66 ~ -0.31	17.42 ~ 30.53	-1.17 ~ 5.15	15.06 ~ 33.48
北欧海域水	0.86 ~ 5.98	33.82 ~ 35.38	1.29 ~ 10.12	31.55 ~ 35.28
冷咸水	-1.93 ~ -0.18	33.23 ~ 35.05	-1.96 ~ -0.62	33.62 ~ 34.93

4 结束语

本文使用聚类分析和 Bayes 判别分析的方法,从 PHC3.0 数据集的温度和盐度资料中选取了北纬 70° ~ 90°的北冰洋主体海域数据进行了水团分析。在北冰洋区域划分出以北冰洋表层水、大西洋中层水、太平洋水和北冰洋深层水 4 个水团为主的 7 个水团,并给出了他们的物理特征与空间分布情况。其中北冰洋表层水遍布于欧亚海盆和加拿大海盆,以低温低盐为特征。大西洋中层水位于约 200 ~ 900m 深度,在北冰洋环极边界流的作用下,其影响可达到加拿大海盆。太平洋水受经白令海峡进入北冰洋的海水影响,相对高温低盐,夏季时影响显著。北冰洋深层水在海盆中相当均匀,几乎没有季节变化,盐度约在 34.95psu,温度在加拿大海盆约为 -0.3°C,欧亚海盆约为 -0.7°C。

参考文献:

[1] 冯士筭,李凤岐,李少菁.海洋科学导论[M].北京:海洋出版社,1999.1-501.

[2] 叶安乐,李凤岐.物理海洋学[M].青岛:青岛海洋大学出版社,1992.1-684.

[3] 中国大百科全书编委会.中国大百科全书·大气科学、海洋科学、水文科学卷[M].北京:中国大百科全书出版社,1987.1-923.

[4] 李凤岐,苏育嵩.海洋水团分析[M].青岛:青岛海洋大学出版社,2000.1-397.

[5] 李凤岐,苏育嵩,喻祖祥.聚类分析在浅海变性水团分析中的试验[J].海洋学报,1983,5(6):657-686.

[6] 苏育嵩.划分变性水团边界的温盐点聚对照法与东海西部海区变性水团的分析[J].海洋学报,1980,2(1):1-16.

[7] Swift J H, Jones E P, Aagaard K, et al. Waters of the Makarov and Canada basins[J]. Deep-Sea Res Part A, 1997, 44(8):1503-1529.

[8] Carmack C. Large-scale physical oceanography of Polar Oceans. In: Smith W O Jr. ed. Polar oceanography, Part A, Physical Science. San Diego, California: Academic Press, Inc. 1990. 171-212.

[9] 汤毓祥, 矫玉田, 邹娥梅. 白令海和楚科奇海水文特征和水团结构的初步分析[J]. 极地研究, 2001, 13(1): 57-68.

[10] 高郭平, 董兆乾, 侍茂崇. 1999 年夏季中国首次北极考察区水团特征[J]. 极地研究, 2003, 15(1): 11-20.

[11] 史久新, 赵进平, 矫玉田, 等. 太平洋入流及其与北冰洋异常变化的联系[J]. 极地研究, 2004, 16(3): 253-260.

[12] 乐肯堂, 史久新, 于康玲. 普里兹湾区水团和热盐结构的分析[J]. 海洋与湖沼, 1996, 27(3): 229-236.

Analysis on the Water Masses in the Arctic Ocean Based on the PHC3.0 Data Sets

YUAN Yan-mao¹, LI Lei², HAO Xiu-min², FENG Feng-yun²

(1. Naval Institute of Hydrographic Surveying and Charting, Tianjin 300061;

2. Physical Oceanography Laboratory, Ocean University of China, Qingdao, Shandong 266100)

Abstract: Based on the temperature and salinity data north of the 70°N from PHC3.0 data sets, the water masses in the Arctic ocean are analyzed using the cluster method and the bayes discrimination method. Four water masses are found in the Arctic ocean which are Arctic Surface water, Atlantic Intermediate water, Pacific water and Arctic deep water. Arctic Surface water spreads all over the surface of both Eurasian basin and the Canada basin, marked by lower temperature and lower salinity. Atlantic intermediate water mainly extends in the layer from about 200m to 900m, carried by the Arctic circumpolar boundary current it can spread over the Canadian basin. Affected by the water from the Pacific through the Bering Strait, Pacific water is relatively warmer and fresher, especially in summer. Arctic deep water is relatively uniform all over the basins with little seasonal variability. The salinity is about 34.95psu, while the temperature is about -0.3°C in the Canada basin and -0.7°C in the Eurasian basin.

Key words: the Arctic ocean; water masses; cluster method; discrimination method