

周须文,何璇,任妙春等.渤海冰情异常年的典型大气环流概念模型[J].气象与环境科学,2017,40(4):109-113.

Zhou Xuwen, He Xuan, Ren Miaochun et al. Conceptual Model of Typical Atmospheric Circulation in Bohai Ice Anomaly Year[J]. Meteorological and Environmental Sciences, 2017, 40(4): 109-113.

doi: 10.16765/j.cnki.1673-7148.2017.04.015

渤海冰情异常年的典型大气环流概念模型

周须文¹, 何璇², 任妙春², 常志坤²

(1. 河北省气候中心, 石家庄 050021; 2. 沧州市气象局, 河北 沧州 061000)

摘要: 选取1960—2013年渤海冰情等级和北半球1959—2014年 NCEP/NCAR 再分析 500 hPa 和 1000 hPa 高度场逐日资料, 采用滑动平均、相关分析和聚类分析等方法, 研究了渤海冰情异常年的大气环流概念模型。结果表明: 重冰年有 3 类典型环流型(偏北气流型、西北气流型、东北气流型), 每个环流型代表了一条影响渤海的冷空气路径; 其共同特点是欧亚高纬地区为正距平, 贝加尔湖到我国东北地区为负距平, 亚洲中高纬度为经向环流。轻冰年也分为 3 类典型环流型(新地岛极涡型、欧洲大槽型、欧亚环流平直型), 它们的共同特点是亚洲区域南高北低, 极区为负距平, 中高纬区域为正距平, 亚洲中高纬度环流平直。

关键词: 冰情异常; 聚类分析; 大气环流; 概念模型; 渤海

中图分类号: P434

文献标识码: A

文章编号: 1673-7148(2017)04-0109-05

引言

影响海冰生消最直接的因素是海洋和大气。渤海是一个半封闭的大陆架内海, 大气环流和气候因素的影响对海冰生消及冰情轻重起着决定性作用^[1-2]。许多学者对渤海海冰与大气环流之间的关系作了大量研究。耿淑琴、赵金霞^[3-5]等通过对 2001—2002 年冬季大气环流特征的分析, 认为乌拉尔山和北太平洋高压脊的变化、亚洲极涡与东亚大槽的加强和减弱对渤海海冰生消起着直接作用。白珊^[6-7]等分析了渤海冰情与大气环流指数的前期相关性, 结果表明, 西北太平洋副高是影响渤海的重要天气系统, 极涡越强, 渤海冰情越重。李剑、刘钦政^[8-9]等通过对黄、渤海海冰长期变化特征的分析, 认为西太平洋副高、亚洲极涡及纬向环流是影响海冰生成与变化的直接因素。迄今为止, 对海冰的预测主要考虑了大气环流指数及模式方法^[10-13], 而对渤海异常冰年的大气环流特征研究较少。本文通过海冰与高低空大气环流的相关分析, 找出对海冰异常产生影响的环流异常区域, 通过对典型海冰异常

年份大气环流的聚类分析, 给出渤海冰情异常年的大气环流概念模型, 为渤海海冰预测提供依据。

1 资料和方法

海冰资料为 1960—2013 年冰情等级资料^[14]。冰情等级的划分^[15]: 1.0~1.5 为轻冰年, 2.0~2.5 为偏轻冰年, 3.0 为常冰年, 3.5~4.0 为偏重冰年, 4.5~5.0 为重冰年。海冰资料中, 如 2010 年的冰情等级是指 2009—2010 年冬季的冰情。高度场资料为北半球 1959—2014 年 NCEP/NCAR 再分析 500 hPa 和 1000 hPa 高度场逐日资料, 水平格距为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。74 项环流指数资料为国家气候中心网站下载的逐月 74 项环流指数监测资料。

渤海海冰的状况是对中短期气候变化的响应, 需要月时间尺度资料分析。为了消除自然月与天气过程时间长度的一致性, 对高度场采取了逐旬滚动的滑动平均^[16]方法来进行月平均处理, 即对连续 3 个旬的逐日高度场求平均, 然后按旬进行滚动, 再计算下一个月平均场。如 12 月 1 旬的月平均高度场为 12 月 1 日到 12 月 31 日逐日高度场的平均, 12

收稿日期: 2015-10-29; 修订日期: 2016-11-18

基金项目: 河北省科技支撑计划项目“渤海海冰发生规律及预测技术研究”(14273501D) 资助

作者简介: 周须文(1963-), 女, 河北石家庄人, 高级工程师, 学士, 从事短期气候预测工作。E-mail: hbszxwgood@163.com

月 2 旬的月平均高度场为 12 月 11 日到翌年 1 月 10 日逐日高度场的平均,以此类推。

本文采用相关分析方法^[17]研究了影响渤海海冰的关键因子,用聚类分析^[18]方法对渤海冰情异常年份进行了科学分类。

2 结果与分析

2.1 冰情与月高度场相关的时空分布

对 7 月 1 旬到翌年 3 月 1 旬逐旬滚动的 500 hPa(1000 hPa)月平均高度场与渤海冰情进行相关分析,发现与渤海海冰同期相关区的空间分布具有明显的相似性,时间上具有连续性,且具有明确的物理意义。

图 1 给出了 12 月 1 旬—翌年 2 月 2 旬的月平均

高度场与渤海冰情等级相关的空间分布。可以看出,在 500 hPa(图 1a)上,中纬度环流带上存在 3 个较好的负相关区,分别位于亚洲蒙古(A1)一带、欧洲大陆(A2)和北美大陆西部(A3);在西太平洋副高区域有较好的负相关(A4);在欧洲北部(A5)和亚洲北部(A6)的高纬地区是较好的正相关区。这与根据逐月 74 项环流指数与渤海海冰等级相关分析的结果(表 1)相一致。对比分析可以看出:欧洲北部(A5)和亚洲北部(A6)高纬地区的正相关,与大西洋欧洲区极涡面积指数、北半球极涡面积指数、亚洲区极涡面积指数的正相关一致;中纬度环流的负相关与亚洲纬向环流指数、欧亚纬向环流指数的负相关一致;西太平洋区域环流的负相关与西太平洋副高特征量的负相关相一致。

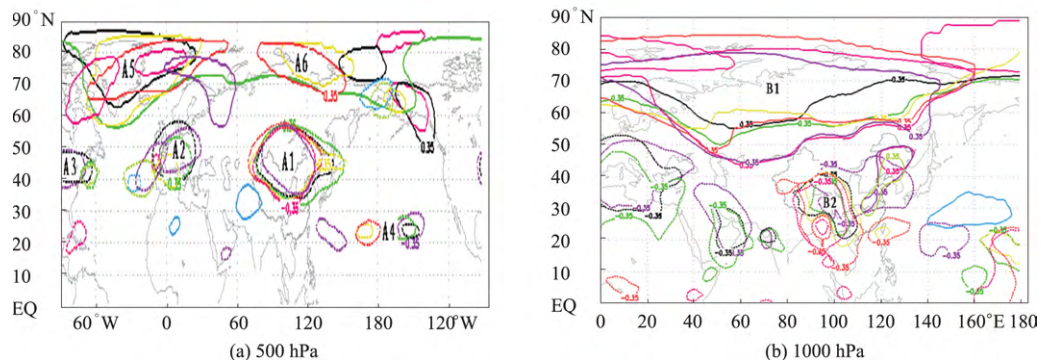


图 1 逐旬滚动月高度场与渤海冰情等级相关的空间分布

不同颜色的闭合线代表不同时段的相关区,闭合线中各点的相关系数 ≥ 0.35 ,显著性水平 $\alpha = 0.01$

表 1 74 项环流指数因子与渤海冰情等级相关分析结果

环流特征量	月份	相关系数
西太平洋副高西伸脊点	12/1	-0.37 / -0.37
西太平洋副高面积	11/12/1	-0.33 / -0.48 / -0.34
西太平洋副高北界位置	12	-0.42
西太平洋副高强度	12/1	-0.50 / -0.35
大西洋欧洲区极涡面积指数	12	0.46
北半球极涡面积指数	12	0.37
亚洲区极涡面积指数	12	0.37
亚洲纬向环流指数	1/2	-0.32 / -0.38
欧亚纬向环流指数	1/2	-0.42 / -0.38

由图 1(b)看到,在 1000 hPa 有两个异常关键区:一个是欧亚北部(B1)正相关区,它是欧亚北部的冷空气东移南下在近地面的表现;一个是青藏高原东北部(B2)的负相关区,它是青藏高原地形对高层冷空气响应的结果。它们对渤海冰情都具有明显的指示意义。

表 2 给出了 500 hPa 相关区(A1—A6)和 1000 hPa 相关区(B1、B2)在不同时段的最大相关系

数。由表 2 可见:500 hPa 蒙古一带的环流与渤海冰情等级相关最密切,它位于渤海的上游地区,它的变化直接对渤海的气温产生影响^[19-20];其次是 1000 hPa 欧亚北部的正相关区,它与西伯利亚高压密切相关,直接影响欧亚大陆的气候^[21-22]。从时间上看,从 12 月 1 旬—翌年 2 月 2 旬的月平均高度场都与冰情有较好的相关性,尤其是 12 月 3 旬的月平均高度场,各相关区的最大相关系数都在 0.37 以上,500 hPa 相关区(A1)最大相关系数为 -0.71,表明该时段高度场对渤海冰情有明显的指示意义。

2.2 冰情异常年的大气环流分类

为了更清楚了解引起渤海冰情异常的大气环流状况,对 1960—2013 年中冰情等级 ≥ 3.5 的 12 个重冰年(1963、1964、1967、1968、1969、1971、1977、1980、1985、2001、2010、2013 年),冰情等级 < 2.5 的 15 个轻冰年(1962、1965、1973、1975、1976、1983、1989、1992、1993、1995、1999、2002、2003、2004、2007 年)进行分类。

表2 各时段相关区的最大相关系数

时段	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2
11月3旬	-0.32	-0.31	-0.30	-0.30	0.25	0.10	0.31	-0.20
12月1旬	-0.37	-0.43	-0.43	-0.49	0.25	0.40	0.48	-0.40
12月2旬	-0.54	-0.51	-0.40	-0.37	0.47	0.45	0.53	-0.48
12月3旬	-0.71	-0.44	-0.37	-0.40	0.52	0.52	0.58	-0.44
1月1旬	-0.69	-0.38	-0.35	-0.38	0.45	0.39	0.52	-0.54
1月2旬	-0.61	-0.31	-0.35	-0.37	0.45	0.41	0.52	-0.52
1月3旬	-0.59	-0.30	-0.39	-0.32	0.38	0.31	0.52	-0.55
2月1旬	-0.56	-0.36	-0.30	-0.10	0.41	0.20	0.56	-0.40
2月2旬	-0.36	-0.10	-0.37	-0.38	0.20	0.00	0.37	-0.20

首先对高度场进行聚类分析,大多数年份的相关距离系数 >0.4 ,因此对于整个北半球的高度场聚类是比较困难的。为解决这一问题,把500 hPa和1000 hPa月高度场综合考虑,构建了变量因子场,采用因子场进行聚类分析。

变量因子场的构建方法:从500 hPa和1000 hPa月高度场中选取具有物理意义的相关区,找出每个相关区中相关系数绝对值 ≥ 0.35 的格点,计算每个相关区所选格点的逐年高度场平均值,以1981—2010年高度场平均值作为常年值,求出每个相关区的平均高度距平并对其进行标准化处理,把每个相关区标准化平均高度距平值作为一个因子。

根据渤海冰情与月高度场相关分析,采用12月3旬的月高度场作为代表,选用上述分析500 hPa上的A1—A6相关区和1000 hPa上B1、B2相关区,求这8个相关区标准化平均高度距平值,构建成8个变量因子场,对其进行聚类分析。因子分类结果见图2。

图2(a)是重冰年的分类结果。由图2可以看出,12个重冰年中大致可分为4类:第1类,1963、1968、1985、1980年,它们的相似度最高,相关距离系数 <0.2 ;第2类,1969、1977、2001、2010、2013年,相关距离系数 <0.3 ;第3类,1967、1971年,相关距离系数 <0.5 ;第4类,1964年。图2(b)是轻冰年的分类结果,图中看出轻冰年大致分为4类:第1类,1975、1976、1973、1989、2007、1993、1983、1992年,它们的相似度最高,相关距离系数 <0.2 ;第2类,1962、1995、1965、1999年,相关距离系数 <0.5 ;第3类,2002、2003年,相关距离系数 <0.3 ;第4类,2004年。综合分析高度场和因子场聚类分析的结果,重冰年大致可分为3类:第1类,1963、1968、1985、1980年;第2类,1969、1977、2001、2010、2013年;第3类,1967、1971、1964年。轻冰年大致分为3类:第1类,1975、1976、1973、1989、2007、1993、1983、1992年;第2类,1962、1995、1965、1999年;第3类,2002、2003、2004年。

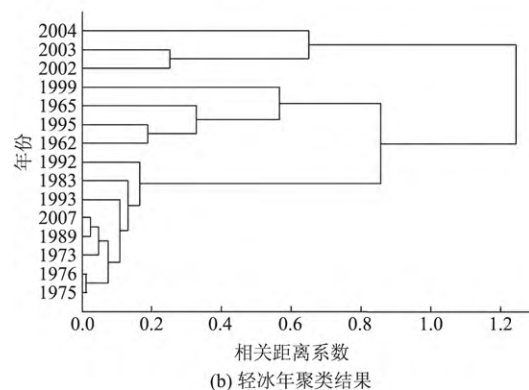
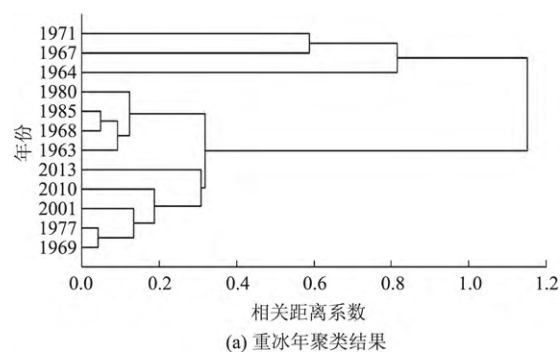


图2 因子场聚类树形图

2.3 冰情异常年的典型大气环流模型

根据上述分类结果,对每一类的重(轻)冰年500 hPa环流场和距平场进行合成,从中能清楚看出各类环流引起渤海冰情重(轻)的天气气候学意义。因此,可以把它们作为重(轻)冰年的典型大气环流模型,为海冰的中长期预测提供参考。

2.3.1 重冰年的典型环流场

从重冰年的3类典型环流场(图3)可以清楚地看出影响渤海的冷空气路径。第1类,偏北气流型(图3a)。该类型环流的距平场上亚洲区域呈东南—西北向的“- +”距平分布,西西伯利亚平原为正距平中心,我国的东北为负距平中心,在90—120°E的亚洲中高纬地区,高度场上等高线呈经向且密集,表明较强的西伯利亚冷空气经贝加尔湖到达渤海,以偏北路径影响渤海。第2类,西北气流型(图

3b)。该类型环流的距平场上亚洲区域呈南北向的“ $- +$ ”距平分布, 60°N 以北为正距平, 60°N 以南为负距平, 正距平中心位于中西伯利亚高原, 负距平中心在蒙古区域, 新地岛的冷空气经蒙古到达渤海, 冷空气以西北路径影响渤海。第 3 类, 东北气流型(图 3c)。该类环流型的极涡明显偏向东半球, 距平场上亚洲区域呈东西向的“ $- +$ ”距平分布, 正距

平中心位于西西伯利亚平原, 负距平中心在堪察加半岛, 极地冷空气由极涡外围东移南下, 冷空气以东北路径影响渤海。重冰年 3 种典型环流场的共同特点是: 欧亚高纬地区为正距平, 贝加尔湖到我国东北地区为负距平, 亚洲中高纬度为经向环流, 使极地冷空气南下影响渤海。

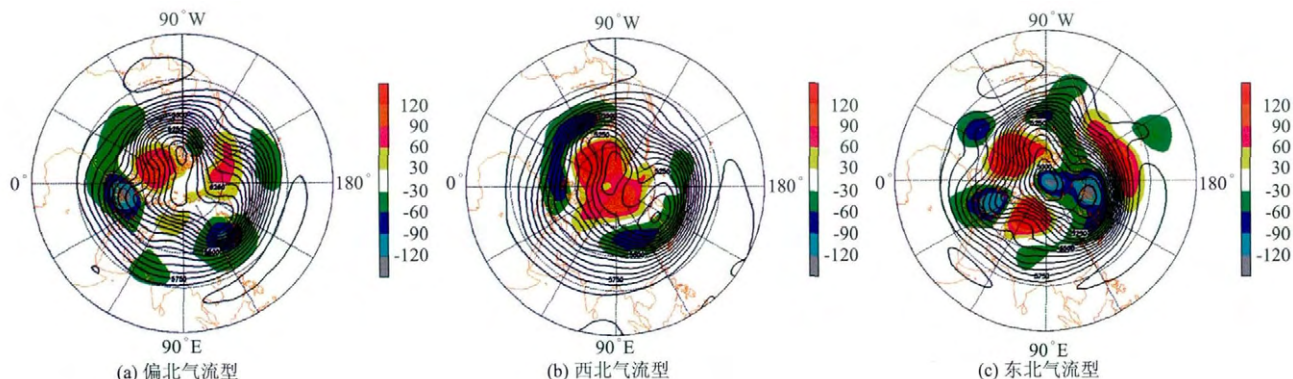


图 3 重冰年典型环流场

2.3.2 轻冰年的典型环流场

图 4 为渤海轻冰年的 3 类典型环流场。第 1 类, 新地岛极涡型(图 4a)。该类型环流场上, 极涡明显偏向新地岛, 巴伦支海到新地岛一带为明显的负距平, 亚洲的中高纬度一带为明显的正距平, 亚洲中高纬度的平直环流使极地冷空气不易向华北地区扩散^[23]。第 2 类, 欧洲大槽型(图 4b)。该类型环流极涡较强且明显偏向西半球, 极地和东欧平原均为明显的负距平, 而亚洲 90°E 以东的中高纬度区域为正距平, 表明极涡和欧洲大陆槽明显较深, 常年位

于青藏高原北部的欧亚大陆脊线偏东, 致使东亚大槽位置偏东、变浅, 极地冷空气难以向亚洲大陆扩散。第 3 类, 欧亚环流平直型(图 4c)。该类型环流极涡偏向西半球, 负距平区域主要出现在格陵兰海到挪威海一带, 西西伯利亚为正距平区, 这使整个欧亚中高纬度环流变得平直, 不利于冷空气向亚洲扩散。3 类典型环流场的共同特点是: 亚洲的极区为负距平, 亚洲中高纬区域(尤其是西西伯利亚区域)为正距平, 中高纬度环流平直, 亚洲区域南高北低, 冷空气不易向南扩散, 不利于渤海海冰的形成和发展。

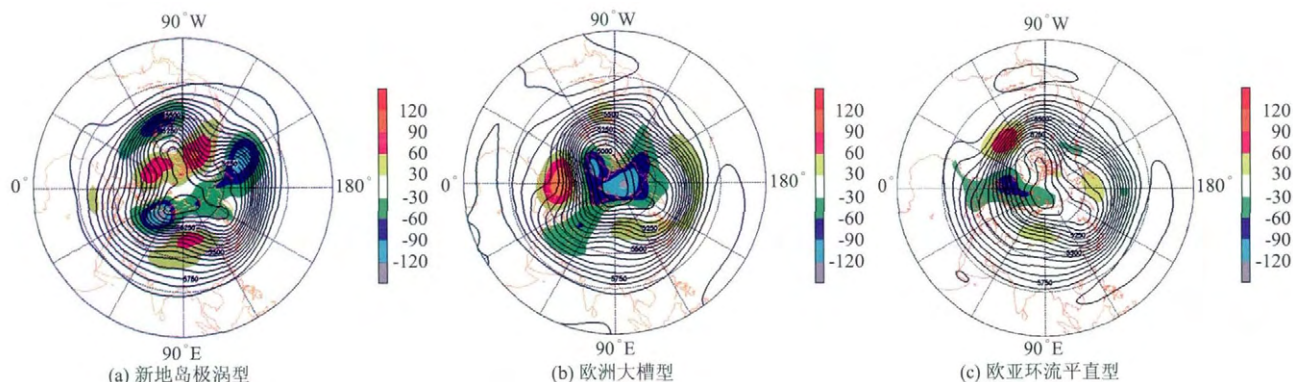


图 4 轻冰年典型环流场

3 结 论

大气环流是影响渤海海冰生消的重要因素。在 500 hPa 高度场上, 存在 6 个明显的持续相关区, 它们分别与极涡面积、欧亚环流指数、西太平洋副高指数相对应。其中蒙古一带的负相关性最好, 最大相关系数 -0.71 , 持续时间最长, 表明该区域的环流变

化直接对渤海的冰情产生影响。

在 1000 hPa 高度场上, 欧亚北部的正相关区和青藏高原北部的负相关区都是对高空冷空气的反映, 其变化对认识渤海异常冰年的大气环流场具有一定的指导意义。

重冰年 3 种典型环流场的共同特点是: 欧亚高纬地区为正距平, 贝加尔湖到我国东北地区为负距

平,亚洲中高纬度为经向环流,使极地冷空气南下影响渤海。从重冰年的3个典型环流型上可以清楚地看出影响渤海的冷空气路径。

轻冰年典型环流场的共同特点是:亚洲区域南高北低,极区为负距平,中高纬区域(尤其是西西伯利亚区域)为正距平,中高纬度环流平直,冷空气不易向南扩散,不利于渤海海冰的形成和发展。

参考文献

- [1] 杨国金. 渤海海冰特征[J]. 海洋预报, 1999, 16(3): 10-20.
- [2] 张云吉, 金秉福, 冯雪. 近半个多世纪以来渤海冰情对全球气候变化的响应[J]. 海洋通报, 2007, 26(6): 96-101.
- [3] 耿淑琴, 王咏亮, 白珊. 2001~2002年冬季北半球大气环流变化对渤海气候及海冰的影响[J]. 海洋预报, 2001, 18(3): 25-33.
- [4] 赵金霞, 卜清军, 刘春霞. 2010年1月渤海海冰成因分析[J]. 科学观察, 2012(3): 68-70.
- [5] 耿淑琴, 王旭. 2001~2002年冬季黄渤海天气气候特征及对渤海海冰的影响[J]. 海洋预报, 2002, 19(4): 38-47.
- [6] 白珊, 吴辉庭. 渤海的海冰数值预报[J]. 气象学报, 1998, 56(2): 139-152.
- [7] 白珊, 刘钦政, 吴辉庭, 等. 渤海、北黄海水冰与气候变化的关系[J]. 海洋学报, 2001, 23(5): 33-41.
- [8] 李剑, 黄嘉佑, 刘钦政. 黄渤海海冰长期变化特征分析[J]. 海洋预报, 2005, 22(2): 22-32.
- [9] 刘钦政, 黄嘉佑, 白珊, 等. 渤海冬季海冰气候变异的成因分析[J]. 海洋学报, 2004, 26(2): 11-19.
- [10] 高文洋, 郭婷婷, 王长甫, 等. 美国海军海冰预报系统[J]. 海洋预报, 2009, 26(2): 103-109.
- [11] 李春花, 刘煜, 白珊, 等. 海冰预报综合系统简介[J]. 冰川冻土, 2003, 25(增刊2): 349-351.
- [12] 邓冰, 佟凯, 张学宏, 等. 渤、黄海水冰预报方法研究[J]. 海洋预报, 2004, 21(3): 15-21.
- [13] 吴辉庭. 海冰客观分型、四维同化和数值预报产品的研制(1991-1995) [R]. 北京: 国家海洋局国家海洋环境预报研究中心, 1995.
- [14] 杨华庭, 田素珍, 叶琳, 等. 中国海洋灾害四十年资料汇编(1949-1990) [M]. 北京: 海洋出版社, 1993: 171-181.
- [15] 王相玉, 张惠滋, 严素, 等. 渤、黄海北部海冰年代时空变化特征分析[J]. 海洋预报, 2007, 24(2): 26-32.
- [16] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 2009.
- [17] 黄嘉佑. 气象统计与预测方法[M]. 北京: 气象出版社, 2010.
- [18] 谢中华. MATLAB统计分析与应用: 40个案例分析[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2012.
- [19] 毛睿, 龚道溢, 房巧敏. 冬季东亚中纬度西风急流对我国气候的影响[J]. 应用气象学报, 2007, 18(2): 137-146.
- [20] 杨小波, 王永光, 梁潇云. 11月气候异常型及前期环流信号[J]. 应用气象学报, 2011, 22(3): 275-282.
- [21] 金燕, 晏红明, 杨素雨, 等. 西伯利亚高压与冬季欧亚大陆热力变化的关系[J]. 气象科学, 2012, 32(5): 542-549.
- [22] 龚道溢, 朱锦红, 王绍武. 西伯利亚高压对亚洲大陆的气候影响分析[J]. 高原气象, 2002, 21(1): 8-14.
- [23] 李瑞萍, 郭雪梅, 李智才. 影响山西省气温变化的可能原因分析与检验[J]. 气象与环境科学, 2015, 38(2): 77-81.

Conceptual Model of Typical Atmospheric Circulation in Bohai Ice Anomaly Year

Zhou Xuwen¹, He Xuan², Ren Miaochun², Chang Zhikun²

(1. Hebei Provincial Climate Center, Shijiazhuang 050021, China; 2. Cangzhou Meteorological Office, Cangzhou 061000, China)

Abstract: Based on the Bohai ice grade from 1960 to 2013 and the 500 hPa and 1000 hPa daily data of NCEP/NCAR reanalysis from 1959 to 2014, using the method of moving average, correlation analysis and cluster analysis, the conceptual model of atmospheric circulation in Bohai ice anomaly year are studied. The results show that in severe ice year there are 3 kinds of typical circulation models (northerly airflow type, northwest airflow type, northeast airflow type), each model represents one path of cold air, which influence the Bohai. The common characteristics are positive anomaly in Eurasia high latitude areas, negative anomaly from Lake Baikal region to the northeast China, and meridional circulation in Asia middle-high latitude. In light ice year there are 3 kinds of typical circulation models (polar vortex type, European trough type, straight circulation in Eurasia type), their common features are south-high and north-low in Asia region, negative anomaly in polar, positive anomaly in middle-high latitude area, straight circulation in Asia middle-high latitude.

Key words: abnormal sea ice condition; cluster analysis; atmospheric circulation; conceptual model; Bohai