

Polar Vortex Winter Variation between 2013 Year and 2014 Year

Yonglu Liu, Zhentian Shen

Department of Military Oceanography, Dalian Naval Academy, Dalian Liaoning
Email: lyonglu@126.com

Received: Jun. 14th, 2015; accepted: Jun. 29th, 2015; published: Jul. 2nd, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Polar vortex is a persistent, large-scale cyclone that circles the middle and upper troposphere of arctic and extends into the stratosphere. As an important weather system in polar region, polar vortex has a direct effect on lower atmospheric circulation, thus affecting the weather regimes in the subarctic and middle latitude regions including China. Besides, the cold wave in China is closely related to the variation of polar vortex. Hence, the study on polar vortex exhibits great significance on winter weather analysis domestically. With the arctic meteorological data in the corresponding period of 2013 and 2014, this thesis discusses the influence of arctic polar vortex on cold wave of China through analyzing and comparing the changes in two different time period. It seeks to reach a conclusion that maintaining a stable and persistent polar vortex in high latitude regions of Asia is of great significance to the domestic winter weather condition in that the area and intensity of such polar vortex are generally positively correlated.

Keywords

Polar Vortex, Characteristics Variation, Cold Wave

2013年和2014年冬季北半球极涡比较研究

刘永禄, 沈真田

海军大连舰艇学院军事海洋系, 辽宁 大连
Email: lyonglu@126.com

收稿日期: 2015年6月14日; 录用日期: 2015年6月29日; 发布日期: 2015年7月2日

摘要

极涡是北极中上层对流层和平流层大气的持续性大尺度气旋性环流。作为重要的极地天气系统，极涡的变化直接影响低层大气环流，从而影响副极地乃至包括我国在内的中纬度地区的天气情况，我国冬季寒潮与极涡活动更是密切相关。因此，极涡的研究对我国冬季天气诊断具有重要意义。本文选取2013年1月、2014年1月的北半球500 hPa高空天气分析图作为主要资料，通过分析、比对两个时期北半球极涡变化情况以及其所对应的我国冬季天气情况，讨论北半球极涡变化对我国冬季寒潮的影响，并得出结论：相对持续而稳定的极涡，其面积与强度通常呈正相关，而在亚洲高纬地区维持一个稳定的极涡系统，对于我国的冬季天气具有良好的指示意义。

关键词

极涡，特征变化，寒潮

1. 引言

极涡是北极中上层对流层和平流层大气的持续性大尺度气旋性环流，它的活动和变化控制着泛极地半永久性活动中心和副极地短时间尺度的气旋活动。作为重要的极地天气系统，极涡的变化直接关系到北极大气、海洋、海冰和生态环境，影响低层大气环流，从而影响副极地乃至中纬度天气[1]。

极涡的面积、强度和位置的变化，对整个半球乃至全球的大气环流及天气气候变化有着重要影响[2]。我国冬季天气情况更是与极涡的变化密切相关。据统计，全国(160站平均)年平均气温以及冬季(12月及次年1、2月)气温与同期北极极涡面积呈很强的负相关，若北半球极涡面积减小，则我国平均气温一般上升[3]。

研究表明，影响我国的冷空气最终都可追溯到北冰洋及其附近地区，而北极极涡作为重要的极地天气系统，更直接影响着我国冬季天气情况，特别是寒潮天气过程。因此，对北极极涡的研究，有利于我们认识寒潮，分析总结极涡的时空特征和研究涡异常变化的影响，对于我军了解掌握我国冬季寒潮的成因和变化规律，从而更好地应用于军事行动的实施具有重要意义。

本文通过分析北半球 2013 年和 2014 年冬季极涡面积、强度的变化趋势，总结极涡发展变化的规律和特点，结合同期我国寒潮情况，探究北半球冬季极涡变化对我国寒潮的影响。

国外对于极涡的特征研究主要始于上世纪 70 年代，利用面积器等方法在天气图上来测量极涡大小，分析多年期间极涡大小及位置的变化，发现极涡大小有变化，有些学者进而讨论了极涡大小变化及中心位移的气候特征。

我国气象学家从上世纪 80 年代开始也对极涡的气候特征作了一定研究，计算了一些年份的极涡面积指数和强度指数变化，并分析了它们的气候特征。卞林根等(1996)计算了南半球各区 500 hPa 极涡面积指数和强度指数，并分析了海冰与极涡指数的时空特征及相互关系，其结果表明不同区域极涡的气候特征和年际变化的差异十分显著[4]。

2. 2013 年 1 月和 2014 年 1 月极涡分析

2.1. 选取资料

根据具体情况及研究需要，并考虑了资料的代表性和典型性，选用 2013 年 1 月份、2014 年 1 月份的北半球极地 500 hPa 高空气象分析图作为主要资料，如图 1 所示。

如图 2 所示，只有在红圈(70°N)以内的区域中形成并发展的气旋式低压(蓝色标出处)才是本文的研究

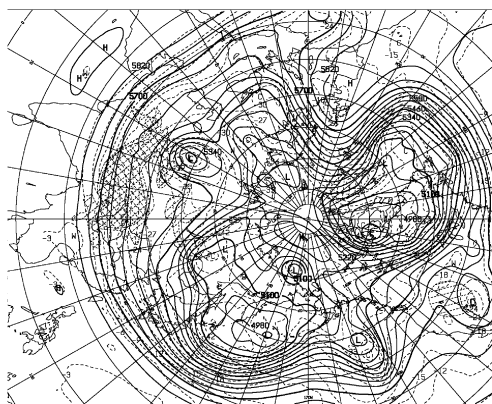


Figure 1. 500 hPa North hemisphere weather map at 12:00 UTC 4 Jan 2013

图 1. 2013 年 1 月 4 日 12 时北半球上空 500 hPa 高度气象分析图

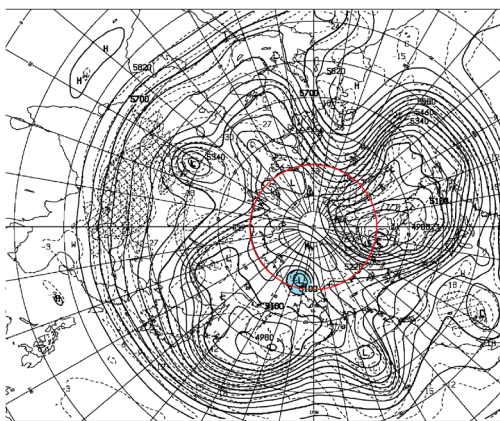


Figure 2. Auxn 50 weather map at 12:00 UTC 4 Jan 2013

图 2. 2013 年 1 月 4 日 12 时 auxn50 极涡示例图

对象。

2.2. 研究方法

由于本文需要研究的是极涡的面积和强度的变化趋势和规律，在取得极涡面积、强度时无须细究数值上的精度，且在方法选取上，能够良好体现出极涡在面积和强度上的变化趋势即可。

在分析极涡面积问题时，我们用 500 hPa 高空分析图上极涡的范围大小来表示极涡面积，而对于天气图上极涡范围大小的取得，本文采用较为简单的几何计算方法，具体如下：1) 找出 500 hPa 天气图上极涡的位置并通过最外围一条闭合等压线确定范围；2) 选取极涡范围内过低压中心的最长线段并记下线段两端的坐标 (x_1, y_1) 、 (x_2, y_2) ；3) 得到这两点的坐标，我们可以轻易求出两点距离 D ，通过这个距离 D 来表示极涡的范围大小，我们不妨将其定义为范围指数 D ，单位为像素。通过 D 值的大小变化来反映极涡面积的变化，其计算式为：

$$D = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (3)$$

对于 500 hPa 天气图上极涡强度的取得，此处以极涡低压中心的气压值来体现极涡强度，在此将极涡

中心气压值定义为强度指数 P ，单位为位势米。强度指数 P 越小，表示极涡强度越强。

2.3. 数据计算

根据上节所述方法，将 2013 年 1 月、2014 年 1 月两个时间段的极涡情况进行数据统计并整理分析。在文中只选取持续发展、移动，并最终影响我国气候的极涡进行研究，且当极涡不再对我国天气施加影响时，便不再对其继续讨论。根据资料对相关数据进行统计整理后形成表 1。

表 1 为 2013 年 1 月份影响我国的极涡情况的分析数据。仅就 1 月份进行讨论，通过表 1 我们可以看到，在这段时间里，最终影响我国天气的极涡只有一个，且在这个月的大部分时间中，这个极涡持续地发展、增强，并对我国天气施加影响，是一个稳定的极涡系统。

表 2 为 2014 年 1 月份影响我国的极涡情况的分析数据。从表 2 中我们可以看出，2014 年的极涡系统很不稳定，在 1 月份先后生成的极涡一共有三个，但均未能对我国天气情况施加持续的影响。

Table 1. Polar vortex analysis in Jan 2013

表 1. 2013 年 1 月份影响我国极涡情况分析

日期	D/像素	P/位势米	中心个数	备注
2013.1.3	126.1428	5100	1	生成
2013.1.4	100.2397	5040	1	
2013.1.5	107.5174	4980	1	
2013.1.6	105.2093	4980	1	
2013.1.7	104.8094	4980	1	稳定并开始发展
2013.1.8	118.9622	4980	1	
2013.1.9	164.4019	4920	1	
2013.1.10	131.7953	4860	1	
2013.1.11	199.0226	4860	1	
2013.1.12	366.3072	4800	1	
2013.1.13	305.0983	4860	1	
2013.1.14	341.7601	4860	1	中心离开极区
2013.1.15	372.7586	4860	1	继续南移
2013.1.16	393.3955	4920	1	
2013.1.17	294.6082	4980	2	开始分裂
2013.1.18	316.4806	4980	2	
2013.1.19	326.1855	4980	2	
2013.1.20	314.2499	4980	2	
2013.1.21	137.4409	5040	1	完全分裂
2013.1.22	217.0369	5100	1	
2013.1.23	447.6159	5040	3	与其他低压相互影响
2013.1.24	263.2299	4980	1	
2013.1.25	236.4001	4980	1	
2013.1.26				远离我国

Table 2. Polar vortex analysis in Jan 2014
表 2. 2014 年 1 月份影响我国极涡情况分析

日期	D/像素	P/位势米	中心个数	D/像素	P/位势米	中心个数	备注
2014.1.1	167.26	4980	1				
2014.1.2	111.36	4980	1				
2014.1.3	273.18	4980	1				
2014.1.4	266.09	4920	1				中心离开极区
2014.1.5	172.80	4920	1				
2014.1.6	135.59	4920	1				
2014.1.7	176.28	4980	1				
2014.1.8	348.63	4980	2	143.84	5100	1	开始分裂
2014.1.9	372.98	4980	1	209.60	5040	1	分裂为两个极涡
2014.1.10				155.42	4980	1	第一个极涡瓦解
2014.1.11				128.89	5040	1	
2014.1.12				127.40	5040	1	
2014.1.13				155.46	5040	1	
2014.1.14				82.46	5100	1	
2014.1.15							第二个极涡瓦解
2014.1.16							
2014.1.17							
2014.1.18	66.21	5100	1				新的极涡生成
2014.1.19	176.82	5040	1				
2014.1.20	339.20	5040	1				
2014.1.21	194.43	4980	1				中心离开极区
2014.1.22	210.01	4980	1				
2014.1.23	129.81	4980	1				开始影响我国东北地区
2014.1.24	137.32	4980	1				
2014.1.25	380.85	4980	2				与另一低压系统相遇
2014.1.26	442.45	4980	3				
2014.1.27	689.19	4980	3				
2014.1.28	485.00	4980	3				
2014.1.29	472.95	4920	2				
2014.1.30	334.05	4860	1				得到加强并脱离其他系统
2014.1.31							远离我国

3. 数据分析

通过气象资料, 我们已知 2012 年下半年到 2013 年的冬季期间影响我国的寒潮数量、强度均与往年相当, 我国的大部分地区持续低温, 冬季天气情况总体正常。根据表 1 数据与我国这一冬季天气情况可以

很好地契合。中央气象局科学研究所普查 1962~1971 年的历史天气图后发现,所有中等以上强度的大范围持续低温都是出现在北半球对流层中、上部,极涡发生一次断裂分为两个中心,即形成偶极型环流 [5]。从表 1 我们可以看出,2013 年 1 月份的极涡与这一点完全吻合。2013 年 1 月 500 hPa 天气图显示了这一时期极涡的发展情况。极涡在极地形成后(1 月 3 日),先以顺时针方向绕北极移动并得到发展、增强(7 日),移至欧亚大陆高纬位置后离开极地并继续南移(14 日),在进入西伯利亚地区后开始分裂(17 日),而后彻底分裂为两个中心(21 日),主极涡位于亚洲北部(60°N 以南),且中心位置不再快速变化,对包括我国在内的亚洲地区持续施加影响(25 日)。我们知道,在这一条件下,我国易有寒潮发生(3.2.1 节)。在亚洲高纬上空如果稳定维持一个强大的极涡,对我国寒潮情况具有很好的指示意义。表 1 的数据很好地印证了这些结论。

气象资料显示,2013 年末到 2014 年初我国冬季天气情况较为异常,寒潮数量较往年要少,且普遍强度较弱,持续时间较短,导致这个冬季我国大部分地区温度比往年偏高。这一异常情况在表 2 数据中依然可以得到验证。这个月先后出现了 3 个极涡,第一个极涡在发展数日之后离开极地(1 月 4 日),而后开始分裂(8 日),但彻底分裂为两个系统后,两个极涡迅速减弱,仅持续了几天的时间就完全消亡了(1 月 10 日、15 日)。1 月 18 日极区生成第三个极涡,这个极涡系统虽比较稳定,在离开极区后继续南移(21 日),并进入亚洲高纬地区,但并未分裂而是与其他低压相遇并结合,虽然最终得到加强并单独脱离出来,但中心位置变化迅速,很快远离我国(31 日),未能对我国产生持续的影响。

图 3 是根据表 1 中数据形成的关于 2013 年 1 月份极涡情况的折线图。从图 3 中我们可以看到,范围指数 D 与强度指数 P 二者之间大体上呈负相关。前文提到,由于极涡在 500 hPa 上表现为低压,强度指数 P 越低表示强度越大。因此范围指数 D 与强度指数 P 之间的负相关关系其实就是极涡范围与强度的正相关。此外,从图 3 中我们也能看到,二者的变化基本上是同步的。即范围增大(或减小)时,强度也增强(或减弱)。

图 4 是根据表 2 中数据形成的关于 2014 年 1 月份极涡情况的折线图。从图 4 中我们可以看到 2014 年 1 月份先后出现的这三个极涡,只有第二个的范围指数 D 与强度指数 P 之间体现出一定的负相关,但相关性不强(图 4(b)),另外两个极涡(图 4(a),图 4(c))的范围与强度之间没有明显的相关性。结合这三个极涡的发展情况,我们可以推断这与其未能持续、稳定地控制和影响我国天气有关,即只有保持范围与强度之间较好的相关性,极涡才能稳定发展并持续存在。

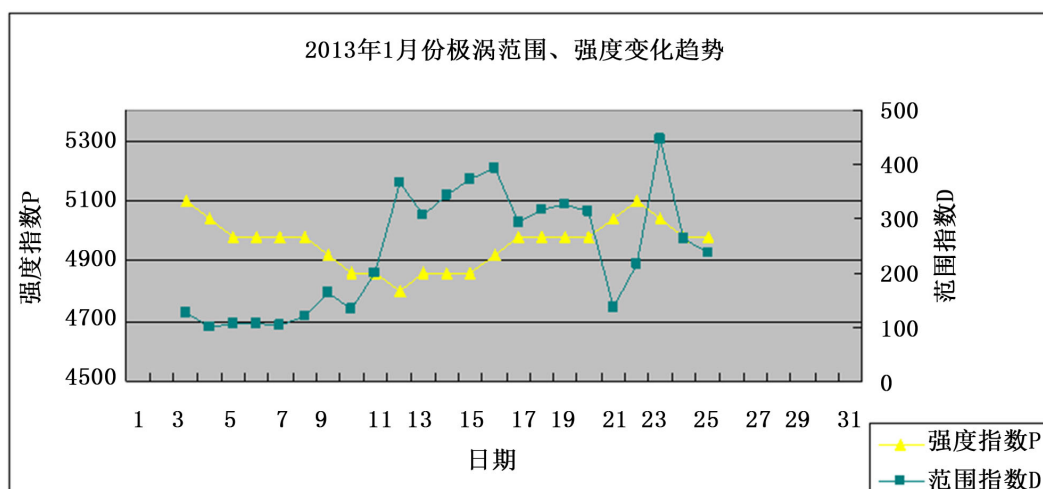


Figure 3. The change trend of polar vortex region index and force index in Jan 2013

图 3. 2013 年 1 月份极涡范围指数、强度指数变化趋势

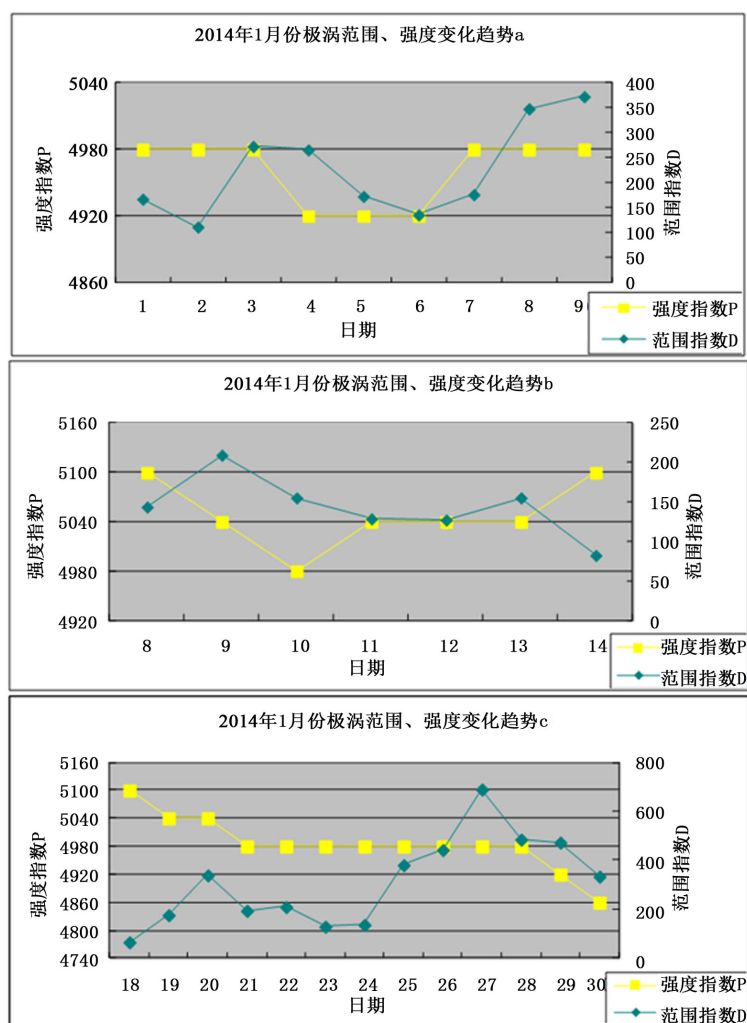


Figure 4. The change trend of polar vortex Region index and force index in Jan 2014

图 4. 2014 年 1 月份极涡范围指数、强度指数变化趋势

500 hPa 北极极涡的面积和强度之间存在正相关性, 根据 1958~2006 年共 49 年的极涡变化情况论证了极涡的面积指数与强度指数大体呈反位相变化(前面提到对低、高值系统, 分别以负、正值来给出极涡的强度, 由于极涡强度为负值, 故极涡面积指数与强度指数的反向位变化实质上是二者呈正相关) [6] [7]。通过探究极涡与海冰的关系也得出了类似的结论[8]。北半球极涡强度指数、面积指数和中心强度指数存在相关性[9]。为了分析不同指数的相互关系, 给出了冬季极涡面积指数和中心强度指数时间序列之间的相关系数。结果显示, 正常情况下, 冬季极涡面积指数与中心强度指数存在明显的正相关, 相关系数为 0.33, 达到了 99% 信度。这说明冬季极涡面积指数和中心强度指数有较好的相关性。

4. 结论

寒潮与极涡活动密切相关, 极涡稳定而持久发展会促使寒潮数量和强度增加[5]。2012 年末到 2013 年初冬季寒潮数量正常, 而 2013 年末到 2014 年初我国冬季天气情况较为异常, 寒潮数量较往年要少, 且普遍强度较弱, 持续时间较短, 导致在这段时间我国大部分地区温度比往年偏高。

本文选取 2013 年 1 月、2014 年 1 月(一月往往是平均气温最低月份, 对冬季的气候最具有代表性)

的北半球 500 hPa 高空天气分析图作为主要资料,通过分析、比对两个时期北半球极涡变化情况以及其所对应的我国冬季天气情况,讨论北半球极涡变化对我国冬季寒潮的影响,得出结论:

1) 2013 年 1 月极涡较强,季寒潮数量正常,气温也较为正常;而 2014 年 1 月极涡较弱,导致寒潮少,气温偏高。

2) 极涡持久而稳定的发展,与极涡的面积和强度相关性有关。

在北半球冬季,一个稳定发展的极涡,其面积与强度之间存在较好的相关性,面积增大(减小),其强度也增强(减弱)。反之,若某个极涡在发展过程中,其面积与强度没有体现出明显的相关性,则我们可以推断该极涡将不会稳定地发展并存在,也就不会对我国天气产生持续的影响。

这一结论具有很强的实用性,利用这一结论,我们即可通过分析冬季北半球 500 hPa 高空分析图上极涡的范围与强度之间的关系,对未来我国寒潮情况进行预测,从而对我国冬季天气诊断提供参考。

参考文献 (References)

- [1] 卢秉红,李红斌,赵坤,等 (2009) 东北夏季气温变化与北半球温度及极涡的关系. *气象科学*, **5**, 20-26.
- [2] 姜忠宝,等 (2013) 北半球冬季极涡异常变化的时空特征. *大气科学学报*, **2**, 202-216.
- [3] 张恒德,等 (2006) 北极涡活动对我国同期及后期气温的影响. *南京气象学院学报*, **4**, 37-42.
- [4] 张恒德 (2005) 极涡的活动特征与数值模拟及其对我国气候的影响. 博士论文,南京信息工程大学,南京.
- [5] 朱乾根,等 (2007) 天气学原理和方法(第四版). 气象出版社,
- [6] 唐秋艳 (2012) 500hPa 北极极涡环流指数的初步分析. *安徽农业科学*, **9**, 5582-5584, 5717.
- [7] 贾建颖,孙照渤 (2006) 北极海冰和北半球 500 hPa 极涡的相互关系. *南京气象学院学报*, **1**, 137-143.
- [8] Jia, J.Y. and Sun, Z.B. (2007) Relationship of arctic sea ice and northern hemispheric 500 hPa polar vortices. *Chinese Journal of Polar Science*, **18**, 73-83.
- [9] 熊光明,等 (2012) 平流层极涡变化与我国冬季气温、降水的关系. *高原气象*, **4**, 1001-1006..