

我国冷空气活动的特征 及其与欧亚大陆积雪的关系

仇永康

(四川省气象学校)

李晓东

(国家气象局国家气象中心)

仇永炎

(北京大学地球物理系)

提 要

本文用1951—1989年38个冬半年的冷空气活动的资料,分为寒潮、强冷空气、弱冷空气三级,并按候、月、年研究其统计特征。结果指出:1. 寒潮逐月累计频数表明,以11月和3月最多,2月最少。2. 寒潮和强冷空气总和的强过程的年频数存在很大的年际变化,不但有2~5年变动,而且有约为20年的气候变动。自1970年以后,强过程总的趋势是逐渐减少的。另外,本文还初步探索了冬季欧亚大陆积雪与侵入我国冷空气的关系,冷空气是经过数据化处理的。得到的初步结果是,两者同期关系很差,而冬季积雪与春季冷空气有很好的正相关。

一、引 言

冷空气活动是冬半年东亚常见而又重要的天气过程。中外气象学者对东亚冷空气过程的影响系统及其活动规律作过许多研究。“三北寒潮协作组”对冷空气活动年变化和年际变化做了许多工作,陈佑淑等对冷空气标准进行过讨论^{[1][2][3]}。但是由于受历史条件限制,过去的冷空气过程资料年限短,分类较粗。本文主要目的是用能收集到的38年冬半年资料(1951年9月—1984年4月,下同)按强度、影响范围,并分候、月、年进行统计,研究其气候特征,总结其年际变化规律及近40年来变化趋势。

二、资料来源和处理

冷空气活动过程原始资料取自中央台中期科^[1]。表1给出划分冷空气等级的标准,

本文1990年8月18日收到,1991年8月5日收到再改稿。

* 本文得到高校博士点基金会资助。

1) 关于影响我国东部的冷空气过程和强度划分(内部资料)。

表1 各级冷空气强度标准

等级	过程降温(°C)	气温负距平(°C)	冷空气强度名称
一	≥10	≥6	寒潮
二	8—9.9	4—5.9	强冷空气
三	5—7.9	<4	弱冷空气

过程强度由过程降温及气温距平(日平均气温的最低值与所在旬多年平均值之差)两项决定。全国选28个代表站分为四个区,第1区含东北和内蒙东部,第2区含西北地区东部和华北,第3区含四川及长江中下游各省,第4区指华南。规定每个区有二分之一以上的站满足某等级标准时,方定为该级过程。按冷空气影响的范围,只有北方(或南方)两个区有冷空气活动的定为北方类(或南方类),四个区中三个区有冷空气活动或第2区和第3区有冷空气活动,则称为全国类。考虑到原过程由日常天气报告确定,有待核对。我们对照寒潮年鉴中的过程和有关资料^{[4][5]},以及中国逐日气温资料^[6],作必要的统计后,对寒潮和强冷空气两级过程进行了仔细校正。

对某些过程跨时段(候、月)的处理方法是:如过程的总天数2/3以上落在某时段,则该时段记1次,否则有关时段各记0.5次。

三、冷空气活动特征的分析

1. 影响我国冷空气的逐候分布

一年按73候计,整理第49候至次年第24候(共49候)各级各类过程的候累积频数,考察其主要特征。

图1为38个冬半年寒潮和强冷空气的逐候频数图。可以看到,候频数分布很不均匀。我们将寒潮候频数分为三个档次:≥3.5次的候可谓多寒潮候,如第60、63、64以及第6、第15候;≤1次的候为极少寒潮候,有第59、61、62、65、73以及第2、12、16候;其余的候介于1~3.5之间。强冷空气级的候频数多于6次的候,有第54、61、63、65、73以及第2、10、16、19、22候;小于3次的候,除9月上中旬外,还有第6、7、12、15候;其余的都在3~6次之间。把寒潮和强冷空气合在一起统计(称为强过程)可以看到,第63、64候是强过程集中的候,第12、13候是强过程最少的候。第63和第64两个候,寒潮频数为9.5,强冷空气频数为10,这是冬半年连续两个候频数最多的时期。在这两个候内平均每两年出现一次强过程。至于在第12和第13两个候,寒潮和强冷空气的频数分别只有2.5次和5次。这是自9月中旬到翌年4月中旬强过程最少的时期。

2. 冷空气活动的逐月特征

由表2可以看到,冷空气活动不论是寒潮,还是强过程,都是以11月和3月最多。还可以看到,除去9月外,2月是寒潮最少月,而且也是三级冷空气总频数最少的月。这种情况,可能同2月份冷高压经常停滞在蒙古人民共和国^[7]这一观测事实有关。

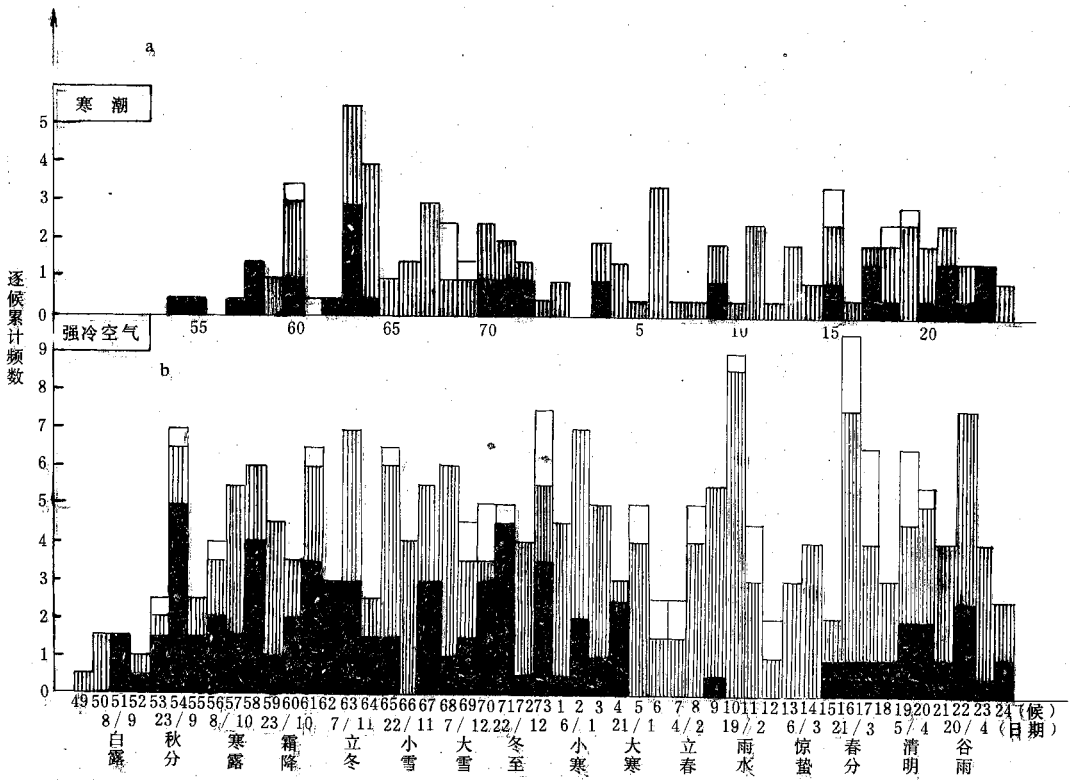


图 1 1951—1989 年 38 年冬半年侵入我国的寒潮(a)和强冷空气(b)的逐候累计频数图
(黑区:北方类 直线:全国类 白区:南方类)

表 2 历年冷空气活动月累积频数表

月份	寒潮				强冷空气				弱冷空气			
	南方	全国	北方	合计	南方	全国	北方	合计	南方	全国	北方	合计
9	0	0	1	1	1	5	10	16	4	30	21	55
10	1	3	3	7	2	16	14	32	4	36.5	29	69.5
11	0	11.5	4	15.5	2	17	12	31	2	57.5	11	70.5
12	2	5.5	3	10.5	6	14	13	33	2	60	10	72
1	1	8	1	10	2	19	6	27	2	51	14	67
2	0	5	1	6	5	22	1	28	1	39	14	54
3	3.5	7.5	3	14	7	20	4	31	6	46	12	64
4	0.5	6.5	4	11	3	18	9	30	4	56	11	71
合计	8	47	20	75	28	131	69	228	25	376	122	523

3. 冷空气活动的年际变化

表3 38年(1951—1989年)各级冷空气统计表

项目	寒潮	强冷空气	弱冷空气	强过程	三级总合
总次数	75(9%)	228(28%)	523(63%)	303(37%)	826
年平均	1.97	6.0	13.76	7.97	27.73
均方差	0.98	7.32	10.55	8.5	7.98
均方差/年平均	0.5	1.22	0.77	1.07	0.37

注:总次数的括号内数值为占三级总和的百分比。

表3为各级冷空气的多年平均情况。可以看到,平均来说寒潮每年只有两次,强过程每年8次。表中的均方差/年平均这个量表征各级冷空气活动的稳定程度,其值越小越稳定。可以看到,三级冷空气总是比较稳定的,而强过程是不太稳定的。因此冷空气活动的年际变化主要反映在强过程上。

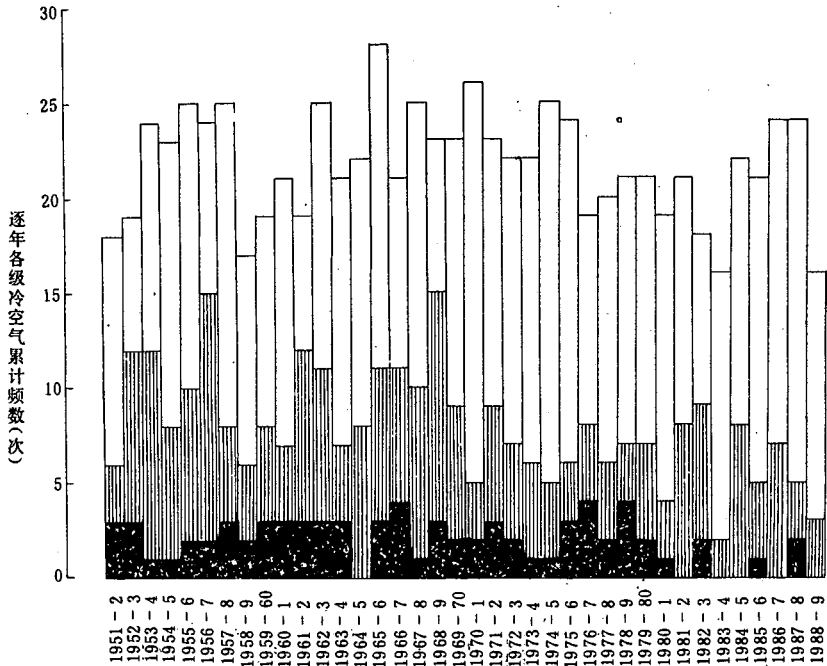


图2 1951—1989年寒潮(全黑区)强冷空气(直线区)和弱冷空气(空白区)逐年累计频数直方图

图2给出38年三级冷空气逐年累计频数。由图可见,强过程的年频数,各年差别很大。最多年份如1956—1957年和1968—1969年各为15次,最少年份的1983—1984年和1988—1989年分别为2和3次,且无寒潮。但是,从图3强过程的年频数曲线上可以看到,强过程有2—5年的振动。这些年频数的差异在气候学上明显地反映出异常“冷年”和“暖年”之别。由图3还可看到,冷空气活动的强度,在1970年前后有比较大的差异。经计算,在1970年以前和以后的平均年频数分别为9.18和6.59。由逐年强冷空气发生频数与年序号资料,利用回归方法计算趋势曲线方程,得到1970年前后的方程分别为: $\hat{y} =$

$9.59 - 0.004x$ 和 $\hat{y} = 7.474 - 0.132x$ 。这里 \hat{y} 为估计的次数, x 为计算时段的年序号。由此表明,在 1970 年以前年平均频数高,总趋势比较平稳。而 1970 年以后不仅年平均频数低,而且随时间有下降的趋势。很可能与张家诚^[8]等认为我国气候有 20~40 年振动长度相一致。上述结果还表明近 20 年来强过程的减弱趋势是与气候变暖相对应的。

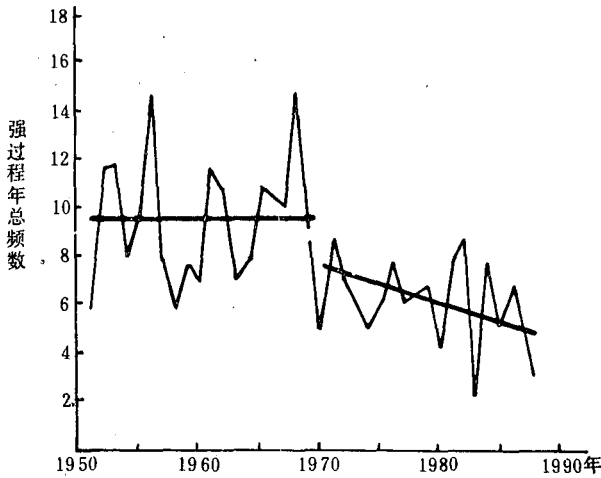


图 3 寒潮和强冷空气合在一起计算的逐年频数曲线(粗实线为气候趋势曲线)

四、欧亚大陆积雪面积与冷空气活动

有些研究指出,冰雪下垫面对冷空气形成起着重要作用^[9,10]。本文想利用文献[11]中 20 年欧亚大陆积雪面积距平资料,研究其与侵入我国冷空气的统计关系。要这样做,有必要把各级冷空气数据化。

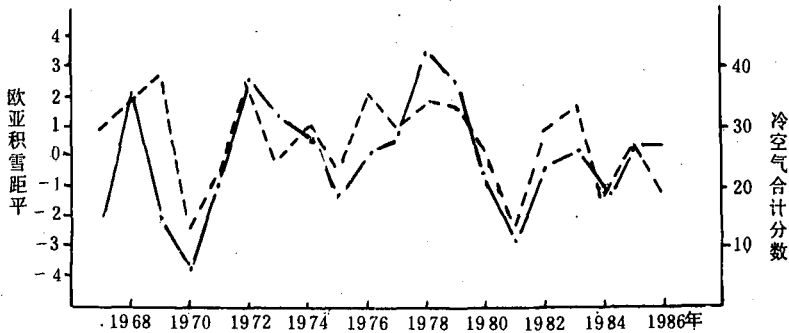


图 4 欧亚大陆冬季(12—2月)积雪面积距平(实线)和同年春季(3—4月)冷空气活动(虚线)的逐年变化曲线

我们参考前述各级各类冷空气的定义及灾情程度^[5],而后进行试验,归纳出关系式:

$$C = 4G, \quad S = 2G, \quad C' = 3G, \quad S' = \frac{4}{3}G, \quad G' = \frac{2}{3}G$$

这里 C, S, G 分别表示全国类的寒潮、强冷和弱冷, C', S', G' 分别表示北方类(或南方类)的

寒潮、强冷和弱冷。为了验证上式,我们利用 1955—1980 年共 26 年全国 28 个站(决定冷空气级别的站)冬半年月平均气温资料,将其与 26 年冷空气过程按上式计分数值,分门别类地求相关系数和相关概率作试验。 G 或者取 2,或者取 3,或者取 3.5,结果冷空气计分数值与气温两者同期的相关系数大,大多数月份都能达到信度 $\alpha=0.05$ 。考虑到冬半年多数月份弱冷空气虽然常达不到 G 标准,然而却有灾情,因此基数 G 不宜过低,我们初步取为 3.5。这些试验详细结果,由于篇幅关系将在另文发表。这里只给个个例,说明关系式的验证结果。当 $G=3.5$ 时,1 月份冷空气计分数值与全国和与北方月平均气温的相关系数分别为 -0.41 和 -0.48 ,并且分别达到信度 $\alpha=0.05$ 和 $\alpha=0.02$ 。因此,可以应用上式和 $G=3.5$,讨论积雪与冷空气关系。

在文献[11]中积雪面积距平(简称积雪,下同)资料,是 12—2 月和 1 月份,我们研究其与同期和后期月份冷空气的关系。结果发现,两者同期相关大都不好。这种同期关系不好的现象,在文献[12]中研究积雪与温度关系时也同样发现。但是积雪与后期冷空气却有较好的正相关,其中尤以 12—2 月积雪与 3—4 月冷空气的关系最好(如图 4 所示),两者在大多数年份近于同位相振动,相关系数为 0.606,达到信度 $\alpha=0.001$ 。同时,在此基础上,我们求得的回归方程为

$$\hat{y}(3,4 \text{ 两个月冷空气}) = 26.889 + 2.558x$$

这里 x 为 12—2 月欧亚积雪。这表明,冬季积雪广,春季冷空气活动强而频繁。可能的原因是:冬季积雪广,春季融解冰雪需要过多的热量,地表不致很快回暖,仍然维持强的热汇,因此冷堆容易形成并较强,侵袭我国冷空气也较强,较频繁。反之,冷空气活动较弱,较少。

五、结束语

本文利用最近 38 年袭击我国的冷空气过程的资料,按候、月、年统计其频数分布,研究其特征。最后还研究了欧亚大陆积雪距平与冷空气的关系。结果如下:

(1) 寒潮与强冷空气这些强过程,其候频数分布很不均匀,没有明显的规律性。惟在第 63、64 候,较常出现强过程,在第 12、13 候强过程最少。强过程的月累积频数分布,与实践经验相符,即 11 月份和 3 月最多,2 月最少。

(2) 寒潮平均每年为两次,但年际变化很大。寒潮和强冷空气合在一起的强过程,不但有 2—5 年的变动,而且有约为 20 年的气候变动。1970 年以后,强过程逐渐减少。

(3) 欧亚大陆冬季积雪,似乎与同期冷空气相关很差,而与春季冷空气活动有一定关系,两者为正相关。

参 考 文 献

- [1] Bell, G. D., and L. F. Bosart, A 15-year climatology of northern hemisphere 500 hPa closed cyclone and anticyclone centers, *Mon. Wea. Rev.*, 117, 2142—2163, 1989.
- [2] Dole, R. M., Life cycles of persistent anomalies, Part I: Evolution of 500 hPa height fields, *Mon. Wea. Rev.*, 117, 117—211, 1989.
- [3] 陈佑淑等,对冷空气标准的一些讨论,气象(试刊),7—11,1974.
- [4] 东北、华北、西北寒潮大风科研协作组,寒潮年鉴综合本(1971—1975),气象出版社,1983年.

- [5] 东北、华北、西北寒潮大风科研协作组,寒潮年鉴,气象出版社,1980年。
- [6] 中国逐日气温资料,中央气象局,1974年。
- [7] 张淮、史久恩,东亚反气旋活动,气象学报,28,167—174,1957。
- [8] 张家诚、张先恭,近五百年我国气候的几种振动及其相互关系,气象学报,37,49—57,1979。
- [9] Wexler, H., Some aspects of dynamic anticyclonesis, The University of Chicago Inst. Meteor. Misc. Rept., No. 8, pp28, 1943.
- [10] Curry, J., The contribution of radiative cooling to the formation of cold-core anticyclones, *J. Atmos. Sci.*, 44, 2575—2592, 1987.
- [11] Bhanu Kumax, O. S. R. U., Interaction between Eurasian winter snow cover and location of the ridge at the 500 hPa level along 75°E, *J. Meteor. Sci. Japan*, 66, 509—513, 1988.
- [12] 王绍武、赵宗慈,北半球对流层下部温度变化的研究,气象学报,42,2,238—245,1984。

STATISTICAL FEATURES OF THE COLD WAVES INVADED CHINA AND THEIR RELATION TO THE SNOW COVER AREA OVER THE EURASIAN CONTINENT

Qiu Yongkang

(*Sichuan Meteorological School*)

Li Xiaodong

(*National Meteorological Center, SMA*)

Qiu Yongyan

(*Department of Geophysics, Peking University*)

Abstract

Using the record of cold waves invaded China during the 38 winter half-years from September 1951 through April 1989, statistical features of the cold waves are partially, monthly and yearly investigated. The cold waves are divided into three grades, i. e., severe, strong and moderate. The statistical results are as follows:

1. From the accumulated monthly frequencies it is shown that severe cold waves occur most in November and March, but least in February.

2. Yearly frequencies of the strong events of the severe cold waves together with the strong cold waves show obvious interannual variations, in which there are not only 2—5 year oscillations, but also about 20 yearly climatic variations. And, in the last twenty years the strong events tend to gradually decrease.

In addition, the relationship between the cold waves invaded China and the winter snow area covered over the Eurasian continent has been preliminarily studied based on digitalizing the cold wave records.