

# 渤、黄海冰情与华北地区降水关系的分析

田 丰<sup>1</sup>, 黄嘉佑<sup>1</sup>, 李 剑<sup>1</sup>, 李宝辉<sup>2</sup>, 白 珊<sup>2</sup>

(1. 北京大学物理学院大气科学系, 北京 100871; 2. 国家海洋环境预报研究中心, 北京 100081)

**摘 要:** 本文利用北京 1932~2000 年逐月降水量资料、渤、黄海海冰资料及 1951~2000 年气候因子资料, 运用相关分析方法对冬季渤、黄海冰情与华北地区降水的关系进行了探讨, 研究结果表明: 冰情与降水存在着条件相关, 如果海冰冰级达到 2.5 级以上且冬季副高较前一年有增强趋势, 年降水大于平均值的可能性很大。这一点是对华北降水进行预测的一个新发现, 对华北年降水趋势预测有着积极的作用。根据冰情与副高可判断当年降水的趋势。

**关键词:** 海冰; 降水; 西太平洋副热带高压

中图分类号: P731 文献标识码: A 文章编号: 1003 - 0239 (2004) 02 - 0001 - 08

## 1 引言

近百年来, 尤其是 50~60 年代以后, 中国北方呈现明显的干旱化趋势, 降水的多少是地区是否干旱化的重要原因。研究华北地区降水的年际及年代际变化规律显得十分重要。海冰作为全球海—气系统的一员, 它与海洋、大气的相互作用, 对全球气候变化的影响已引起人们广泛的重视。有关海冰与降水关系的研究国内外有很多, 例如, 文献 [1] 指出巴伦支海和波罗的海在 4 月出现重冰情况之后, 苏联南欧地区的春夏季易出现干旱。彭公炳等人<sup>[2]</sup> 指出北极海冰面积偏大时, 长江上中游汛期水量偏枯。吴尚森<sup>[3]</sup> 研究结果表明: 两极海冰面积对我国降水有一定影响。柏晶榆等人<sup>[4]</sup> 分析了北极海冰“强信号”区对华北地区夏季旱涝影响的动力特征。渤海和黄海北部历年出现不同程度的冻结(见图 1)。这种近海的海水冻结与华北气候是否存在联系? 如果存在一定联系, 这种联系的特征是什么?

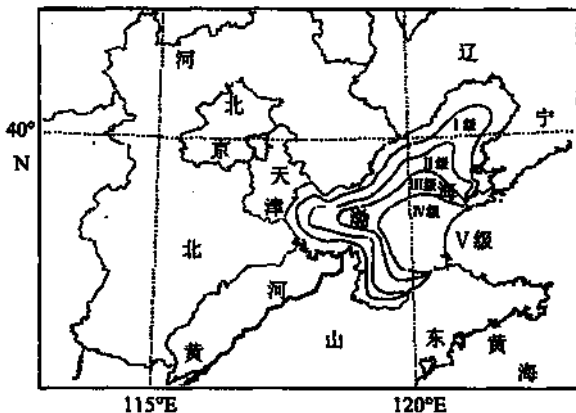


图 1 华北地区与渤黄海海冰位置示意图

收稿日期: 2003-11-25

基金项目: 国家海洋局青年海洋科学基金课题 (2003206) 和国家十五科技攻关项目 (2001BA603B-03-04) 的资助。

作者简介: 田 丰 (1972-), 男, 主要研究领域是全球气候变化和短期气候预测方法。

对华北气候的变化有何指示意义? 本文试图通过对渤、黄海海冰的研究来探讨华北降水的趋势。

## 2 资料种类及来源

### 2.1 降水资料

文献[5]和[6]指出, 华北各站降水资料与北京站的降水资料具有很好的线性关系, 并且北京的降水具有较长的时间序列。因此, 本文选用北京 1932~2000 年间 69 年逐月降水量(mm)来代表华北地区的降水情况。

### 2.2 海冰资料

本文采用的海冰资料来自国家海洋环境预报中心, 主要有(1)1932~2000 年渤海及北黄海海冰冰级资料(分为 1~5 级, 对应冰情为特轻、轻、正常、重和特重); (2)1953~2000 年渤海、北黄海海冰覆盖范围(km<sup>2</sup>); (3)1953~2000 年辽东湾、渤海湾、莱州湾、北黄海海冰边缘线与湾底的距离(km)。海冰资料中年份 1953 年的海冰冰级是指 1952~1953 年冬季的冰情。

### 2.3 气候因子资料

1951~2000 年逐月 74 个气候因子指数, 由中国气象局气象中心提供数据。

## 3 研究方法

通过相关分析和条件相关分析来研究海冰与降水的关系。

## 4 冰情与北京月降水的相关性分析

采用 1932~2000 年渤海及北黄海海冰的冰级与当年逐月降水量的资料进行相关分析, 得到的结果如表 1 所示。

表 1 1932~2000 年渤、黄海海冰冰级与北京逐月降水量的相关系数

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
相关系数	-0.05	0.12	0.04	0.08	0.17	0.05	-0.12	0.14	0.26	0.13	0.02	0.17

从表中可以看出, 渤、黄海海冰冰级只与当年 9 月份的降水量有一定的正相关性, 相关系数为 0.26, 达到了 0.05 的显著水平, 说明北京地区 9 月份降水与当年冬春的渤、黄海海冰有一定的联系。为了检验这种相关的非偶然性, 采用改变样本容量与时间段的方法来分别计算冰级与 9 月份降水的相关系数, 为保证足够的样本容量, 分别以 30 年、40 年、50 年、60 年为试验样本容量, 计算得到结果如表 2。

表 2 不同时间段内渤、黄海水冰冰级与北京 9 月份降水量的相关系数

时 间 段	1932- 1961	1942- 1971	1952- 1981	1962- 1991	1932- 1971	1942- 1981	1952- 1991	1932- 1981	1942- 1991	1932- 1991
相关系数	0.262	0.296	0.242	0.241	0.354	0.257	0.204	0.313	0.227	0.284

从表中可以看出，在不同时间段内计算的结果有些变化。总体上仍然保持正相关关系，不同时间段相关系数有所变化，其中只有在 1932 年往后的 40 年、50 年和 60 年里的相关系数通过检验，且相关系数值随样本容量数的增加呈递减趋势，这说明 9 月份的降水与冬季海冰冰级的相关性并不十分稳定，也说明海冰与降水在不同时间段内有着不同的相关关系，是否其它月份也存在这种情况呢？因此，我们以 30 年为最小样本容量，以 10 年为滑动步长，分别计算冰级与各月降水的相关性，结果如表 3（由于冬季的降水量在全年降水量中所占比例很小，不再计算海冰与 12、1、2 月的月际降水的相关系数）。

表 3 不同时间段内渤、黄海水冰冰级与北京各月平均降水量的相关系数

时段 月份	1932- 1961	1942- 1971	1952- 1981	1962- 1991	1932- 1971	1942- 1981	1952- 1991	1932- 1981	1942- 1991	1932- 1991
3	-0.156	-0.067	0.132	0.172	-0.045	-0.005	0.095	-0.007	-0.001	-0.008
4	0.015	0.048	0.209	0.125	0.080	0.109	0.087	0.117	0.034	0.043
5	0.192	0.096	0.308	0.135	0.171	0.205	0.175	0.246	0.114	0.194
6	0.037	-0.087	0.007	-0.048	-0.008	-0.065	0.005	0.006	-0.062	0.000
7	-0.409	-0.327	-0.114	0.223	-0.246	-0.245	-0.032	-0.192	-0.163	-0.129
8	0.048	0.156	0.142	0.156	0.101	0.127	0.186	0.072	0.162	0.099
9	0.262	0.295	0.243	0.241	0.354	0.257	0.204	0.313	0.227	0.284
10	-0.017	0.128	0.336	0.370	0.090	0.216	0.335	0.172	0.224	0.180
11	-0.083	0.071	0.294	0.249	-0.031	0.097	0.257	0.003	0.134	0.034
显著 水平 0.05	0.367	0.367	0.367	0.367	0.312	0.312	0.312	0.280	0.280	0.277

满足 0.05 显著水平的值以黑体表示

从表中可以看出，冰级与各月降水的关系在不同时间段果然有不同的表现。以 9 月份在各时间段内满足检验水平的次数为最多（3 次），其次是 10 月份（2 次）和 7 月份（1 次）。

分析相关性趋势情况,可以看出,7月降水与冰级的相关有一个明显的变化,在60年代以前,冰级与7月降水为负相关,即冰情越重,则降水越少。随着样本资料的增加,负相关性下降,在1962~1991年这一时段内相关关系变成了正相关,虽然没达到检验标准,但这表明了一种变化趋势,说明在这两个时段内降水与海冰的关系呈相反性的变化。再从相关正负性区域分析,以30年为样本资料数、10年为滑动步长进行相关分析时,冰情与月降水呈负相关的有7次出现在7月份前,有3次出现在8月份以后,这说明冰情对华北前汛期及汛期初期的降水有一定的负作用,而对汛期后期则影响不大。

5 冰情与各季降水的关系

对冰情与月降水进行相关分析时,从表中相关系数值高时段区和低时段区来看,正相关高值区主要集中在秋季(9~10月),负值区主要集中于夏季(6~7月)。计算结果如表4。从表中可见,冰级与当年秋季的降水是有着明显的正相关性,而与春、夏季的降水相关不明显。在与秋季相关的这些值中,1962~1991年这30年中的正相关值最高,甚至达到了0.01的显著水平。

表 4 各季降水与冰级的相关关系

<div>时段 季节</div>	1932- 1961	1942- 1971	1952- 1981	1962- 1991	1932- 1971	1942- 1981	1952- 1991	1932- 1981	1942- 1991	1932- 2000
春 (3~5)	0.143	0.098	0.357	0.182	0.181	0.223	0.179	0.260	0.119	0.172
夏 (6~8)	-0.188	-0.087	0.049	0.227	-0.072	-0.059	0.114	0.057	-0.001	0.030
秋 (9~11)	0.208	0.300	0.385	0.471	0.336	0.329	0.361	0.357	0.316	0.308
显著水平 0.05	0.367	0.367	0.367	0.367	0.312	0.312	0.312	0.280	0.280	0.277

6 冰情与年降水及旱涝的关系

通过对冰情与月降水的分析表明,冰情与各月的降水相关不十分显著,且存在着正负交替的现象。进一步对冰情与年降水的关系进行分析,发现冰情与年降水的相关性并不明显,考虑到不同时期大气环流特征不同,仍以30年为样本容量进行十年滑动相关分析,对各时段计算相关系数,发现均不能通过显著水平0.05检验,这可能是冰情与不同月份降水存在的交替正负相关性抵消了冰情在年降水作用中的反映。

在研究海冰与降水的关系时,不能不考虑旱涝情况。相关分析表明,在大旱和大涝年的混合样本中,降水与冰情的相关性并不显著,计算相关系数为0.2152。进一步计算在不同冰情条件下的相关系数,首先以冰情划分,在重冰年(冰级大于3)与轻冰年(冰

级小于2)的混合样本中冰情与降水的相关性也不显著,重冰年相关系数为0.1637,轻冰年相关系数为-0.0848。考虑到大气环流在60年代发生过突变,因而再着重分析60年代以来的降水与海冰的关系,在1962~2000年时间段内,以多年降水量平均值为标准,将年降水分为多雨年和少雨年,分别计算在不同旱涝条件下,冰情与当年降水的关系。结果发现,在多雨年条件下(共17次)存在冰情与降水明显的正相关,即多雨年冰情较重,二者的相关系数高达0.639,超过显著水平0.05的检验。但是在冰情重的条件下,冰情与年降水的相关不明显。如果向前增加样本数量,这种相关性则减弱甚至不显著,可见海冰与降水的关系是通过大气环流的作用下才表现出一定的相关性。

通过冰情与降水各种不同条件下的相关分析可以看出,一般来看,降水与冰情没有明显的直接关系,但也不是没有联系,二者之间是一种隐性的相关,这种相关性是建立在一定大气环流条件下的,即它们二者存在大气条件相关。

## 7 冰情、大气环流、华北降水三者联系机制探讨

影响渤、黄海冰情和华北地区降水的因素多种多样,但降水与海冰的相互关系中,占主导作用的共同因素应该是大气环流系统,二者均是大气环流系统活动影响的结果。渤、黄海在纬度上与华北几乎平行,空间距离很近,可以认为二者处在同一个大气环流形势作用下。对于华北地区而言,渤海海冰是大气环流系统在冬季活动的反映,华北地区的降水量是大气环流系统活动的反映。海冰与降水的关系不是简单的线性关系,须要同大气环流的变化结合起来进行分析。

渤海是一个内海,因此热带海洋对渤海的影响并不大,而冬季受大陆冷高压控制。西伯利亚冷高压的中心在蒙古境内,是世界上最强大的高压,由那儿辐散出寒冷干燥的空气,渤海处于寒冷空气南下的道路上,冬季受大陆冷气团的影响较大。当冷高压的影响强时,冰情重;冷高压的影响弱时,冰情轻。因此,将海冰冰情看作是冬季冷空气活动情况的代表是有着科学依据的。同时,渤海虽地处中高纬度,冬季也受到西太平洋副高的影响,渤海海冰是高低纬两种大气环流共同影响的结果。

西太平洋副高作为中低纬度的重要大型天气系统,它的变化对华北降水的影响已有很多学者做过研究。但并不是副高强就可以产生多雨的情况。副高过强而冷高压弱时,则形成干旱的环流形势。同样,当冷高压过强,而副高弱时,雨带偏南,也产生华北的干旱现象。当副高增强时,主要的副高特征量表现为强度指数增加、面积加大、西伸点位置偏西。因而取冬季西太平洋副高的面积、强度和西伸点位置代表副高冬季的特征,对冰情、降水、副高三者的关系进行了分析研究,发现当冬季西太平洋副高较前一年增强时,如果冰情在2.5级以上,降水偏多的可能性较大(同时满足副高三个特征量作为限制条件时,11次中有9次是多雨年,取其中一个副高特征量作为限制条件时,判别结果略有不同,但总体一样。如表5)。所以,用冬季冰情代表冷空气活动,副高强度、面积和西伸脊点的位置代表副高活动特征来预测华北年降水趋势是可行的,反映了华北降水趋势在年初冬季的大气环流方面就已经有一定的预兆表现。

表 5 西太平洋副高变化、冰级、降水关系

相关系数 年	与前一年西太平洋副高面积 指数差	与前一年西太平洋副高强度 指数差	与前一年副高西伸点位置差 ( 经度 )	冰级	年降水量 ( mm )	绝对降水变率 ( % )
1963	0.0	0.3	25.0	3.5	775.6	25.9
1964	4.7	10.0	-3.4	3.5	817.7	32.7
1969	0.0	-0.6	-11.3	3.5	775.6	25.9
1970	9.3	11.6	3.0	3.0	597.0	-3.1
1972	-0.6	-0.3	-4.7	3.0	374.2	-39.3
1977	9.3	14.0	-7.0	4.5	779.0	26.5
1978	4.0	7.0	-28.3	2.5	664.8	7.9
1979	-0.3	-1.4	-1.7	2.5	718.4	16.6
1981	2.0	3.7	-8.3	2.5	393.0	-36.2
1982	-1.0	-0.7	-3.3	2.5	545.0	-11.5
1985	-4.0	-6.0	0	3.5	724.0	17.5
1986	2.7	5.0	-13.3	3.0	686.0	11.4
1987	11.0	18.4	-23.4	3.0	684.0	11.0
1988	1.6	15.6	20.0	2.5	674.0	9.4
1990	2.0	2.0	-18.3	2.5	699.0	13.5
1991	1.3	2.6	-6.7	2.5	748.0	21.4
1998	19.0	52.0	-31.7	2.5	732.0	18.8
副高面积增大	合计： 11 次    多雨年： 9 次    偏涝年： 3 次					
副高强度增强	合计： 12 次    多雨年： 9 次    偏涝年： 3 次					
副高西伸点 位置偏西	合计： 13 次    多雨年： 10 次    偏涝年： 3 次					
同时满足三个 特征量限制	合计： 9 次    多雨年： 7 次    偏涝年： 3 次					
满足任意一个 特征量限制	合计： 17 次    多雨年： 13 次    偏涝年： 5 次					

\*1962~2000 年时段内共有多雨年 17 次，偏涝年 10 次，黑体为同时满足三个特征量限制条件

针对预测判别结果中的少雨年 1981 年进行分析，1981 年夏季( 6~8 月 )副高强盛，脊线位置异常偏北，雨带过于偏西，我国西部地区降水显著偏多，华北则偏旱。这个特例的现象说明进行预测趋势判别时，还要结合夏季大气环流强度和地方性气候的特点，对判别结果进行适当修正。

用渤海海冰情况来代表冬季冷空气活动情况，最大的优点就是不用去分别考虑极涡、西风带环流、东亚大槽等中高纬大气环流系统因素，省去了分析各因素之间相互影响，而最终可能产生的大气环流形势的复杂多变性的考虑。用渤海冬季冰情能够反映这些因子共同影响的结果。所以海冰这种气候慢变量能较好地反映大气环流长期作用。

在前面的分析中可看出,将渤海海冰作为影响华北气候的因子,表现并不明显,但将它作为反映冬季大气环流的状态时,对华北降水影响方面的关系研究,却有所反映。其影响的过程本文是这样认为的:

海洋作为面积广阔、物理性质均匀的下垫面介质,其上方的大气受其热力影响,暖水区空气上升,冷水区空气下降,产生各种大气运动,是各种天气系统产生的一个重要源地,也是大气环流形成的原动力,如热带海洋上的台风活动、两极地区的冷空气活动、三圈环流的形成及近年来越来越被重视的 ENSO 现象等均与海洋状态有重要关系。但渤、黄海的情况与两极地区和热带海洋有所不同。两极和热带海洋代表着地-气系统中冷热源,而大气的运动正是由于地表冷热分布不均匀产生的,冷热源情况的变化势必影响全球大气环流的变化,进而影响各地气候。渤、黄海相对于两极范围较小,地理位置处于中纬度季风区内,相当于内陆海或半内陆海,低纬暖洋流和高纬冷洋流均不能对其产生重要影响,不同于两极及热带地区,并且由于渤、黄海海冰是季节性海冰,从年际变化及持续时间上分析,不具备稳定的下垫面物理性质,因而其上方空气不可能长时间受下垫面影响而形成一个稳定气团。但渤海海冰是中高纬大气环流系统和低纬大气环流系统共同作用下的结果,分析它的变化情况有助于分析大气环流系统对中高纬度地区的影响。我们在分析其与降水的关系时,不能单纯地将海冰作为主动因子分析,还要将其作为被动因子,并且和大气运动相结合,这对长期预报中的因子分析是有着一定意义的。

## 8 结论

通过对冬季渤、黄海冰情与华北地区降水的相关性分析,表明冰情与降水存在着一种条件相关,这种相关应和大气环流的变化结合起来,如果海冰冰级达到 2.5 级以上,且冬季副高较前一年有增强趋势,年降水量大于平均值的可能性很大,这一点是对华北降水进行年度预测因子分析中的一个新发现,对华北年降水趋势预测有着积极的作用。冰情反映的是冬季大气环流综合作用的结果,副高可作为低纬大气环流系统的代表,根据冰情与副高可判断年降水趋势,同时也证明了华北地区汛期的降水情况在年初冬季的大气环流,以及渤、黄海冰情中就会有一定的预兆。

### 参考文献:

- [1] 王绍武,赵宗慈. 长期天气预报基础[M]. 上海科学技术出版社,1987.
- [2] 彭公炳,李 晴,钱步东. 气候与冰雪覆盖[M]. 气象出版社,1992.
- [3] 吴尚森,梁建茵,纪忠萍. 极地海冰异常对我国夏季大气环流和降水影响的数值试验研究[J]. 热带气象学报, 1996,(12):105~111.
- [4] 柏晶瑜,徐祥德,苗秋菊. 北极海冰“强信号”影响域[J]. 气象学报,2000,58(4):485~491.
- [5] Huang Jia you, THE RESPONSE OF CLIMATE JUMP IN SUMMER IN NORTH OF CHINA TO GLOBAL WARMING, Advances in Atmospheric Sciences, 2000,17,184~192.
- [6] 李 春,孙照渤,陈海山. 华北夏季降水的年代际变化及其与东亚地区大气环流的联系[J]. 南京气象学院学报, 2002,25(4):455~462.

# A STUDY OF THE CORRELATIONSHIP BETWEEN THE SEA ICE STATUS ON BUOHAI-YELLOW SEA AND THE RAINFALL IN NORTH CHINA

TIAN feng<sup>1</sup>, HUANG Jia-you<sup>1</sup>, LI Jian<sup>1</sup>, LI Bao-hui<sup>2</sup>, BAI Shan<sup>2</sup>

*(1. Department of Atmospheric Sciences, School of Physics, Peking University, Beijing, 100871 China;*

*2. National Center for Marine Environment Forecasts, Beijing, 100081 China)*

**Abstract :** Based on monthly rainfall in Beijing for the period from 1932 to 2000, the sea ice status on Buohai-Yellow sea and the climatic factors in the atmosphere during the period from 1951 to 2000, the correlationship between the sea ice status on Buohai-Yellow sea and the rainfall in North China is discussed. The result shows that there is a high correlation between the sea ice status and the rainfall in North China. If the grade of the sea ice is greater than 2.5 and the intension of subtropical high in winter is increased than last year, there is a great possibility that the annual rainfall is greater than the average one, and this is a new discovery for the prediction in North China, it has an active role for annual rainfall trend prediction in North China. According to the sea ice status and subtropical high, we can judge the annual rainfall trend in North China this year.

**Keywords :** Sea ice conditions ; Rainfall in North China ; Subtropical high