

# 我国干旱半干旱区降水场 及与北极海冰的关系<sup>1)</sup>

李月洪

(中国气象科学研究院, 北京 100081)

## 提 要

采用复经验正交函数(CEOF)方法对我国干旱半干旱区 45 个代表站, 近 40 年来的月降水距平场划分出 3 种主要的分布型, 分析了它们的分布特征。同时还揭示了北极海冰状况与干旱半干旱区夏季降水的密切关系, 并初步分析了海冰与极涡、西太平洋副热带高压等大气环流的关联, 以了解其可能的天气学影响过程。

**关键词:** 降水 干旱半干旱区 北极海冰

## 引 言

干旱气候是全球气候系统的一个组成部分, 与全球气候变化紧密相关。值得指出的是, 70 年代以来世界气候异常, 除非洲持续干旱以外, 在许多其它地区也同样出现了大旱, 一定程度上也波及我国。

近代卫星观测提供了全面了解极地冰雪覆盖状况的可能性。研究结果表明, 北极海冰面积具有显著的季节性消涨, 而且有强烈的年际变化。由于冰雪的辐射特征和其它热性质, 这种变化将会对大气环流和气候产生明显的影响。

本文利用 1951—1992 年我国干旱半干旱区内 45 个测站的月平均降水量和 1953—1984 年的北极地区逐月海冰覆盖范围资料, 揭示了我国干旱半干旱区降水场的时空分布状况及其与北极海冰的关系, 以寻找我国干旱半干旱区短期气候预测的可能途径。

## 1 降水的时空分布

本文按照全国年平均降水量分布图中 400mm 等值线和我国干湿气候类型(SD 半

干燥区和 D 干燥区)标准<sup>[1]</sup>, 综合地划出我国干旱半干旱区的范围(图略)。

采用复经验正交函数(CEOF)<sup>[2]</sup>, 对我国干旱半干旱区 45 个台站的平均逐月降水资料进行了分析。表 1 给出它们前 5 个模的解释方差。

表 1 前 5 个模的解释方差

模	1	2	3	4	5
个别方差	0.327	0.152	0.130	0.101	0.081
累积方差	0.327	0.479	0.609	0.701	0.791

从表中可见, 前 3 个模的解释方差分别为 32.7%, 15.2%, 13.0%, 累积方差达 60.9%。而后面几个模的解释方差相对比较小。因此, 用前 3 个模所对应的分布型就可以揭示我国干旱半干旱地区近 40 年来月降水变化的主要特征。

图 1 是模 1 的空间振幅及空间位相的分布模式。由图中可见, 振幅最大的中心区在黄河流域的河套地区, 其中心在延安、包头。这与我国干旱半干旱区 8 月份多年平均降水场形势较相似(图略), 说明 8 月份降水场的异

1) 国家气象局“八五”重点课题(短期气候预测的理论和预测方法的研究)。

常变化对其整体变化有很重要的贡献。本文称这种月降水分布的空间特征为“中部型”。这对应于8月份平均环流形势,即西风带移到最北位置,副高西伸北上,脊前西南气流通常挟带着丰沛的暖湿气流影响该地区,加之弱的冷空气等天气系统的影响往往更有利该区降水形成。反之,则形成少雨的时段,故降水变率较大。从空间位相分布图看出(图1b),我国干旱半干旱区降水分布的空间尺度较大,即从干旱半干旱区的内蒙、经河套至河西走廊到新疆,降水变化具有近似相同的位相,这说明该区降水没有明显的雨带迁移,从而体现出该区以干旱半干旱为主要特征,具有一定的气候学意义。

从模2的空间振幅及空间位相的分布模式可以看出(图2),在我国干旱半干旱区的东部为强振幅区,降水最大的振幅中心在林东、多伦和赤峰一带,且中心值由东向西逐渐减小,说明降水异常主要在东部,并由此向西部方向传播,这里称之为“东部型”。从空间位相分布可见(图2b),在分布形式上可以发现它与大气中所常见的波动具有类似的结构特征,本地区的降水变化也是一行波结构<sup>[3]</sup>,表明了我国干旱半干旱区月降水场信息由东向西传播。这一现象不难从天气图上进行解释,7月份鄂霍次克海高压的存在,易使东北地区的低涡维持,受其影响该地区易产生降水天气。同样,系统的变异也就形成干旱天气,

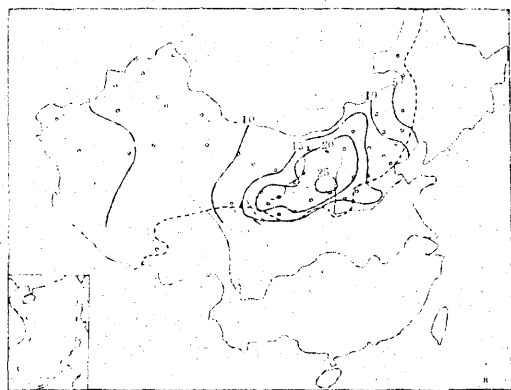


图1a 我国干旱半干旱区月降水场模1的空间振幅分布

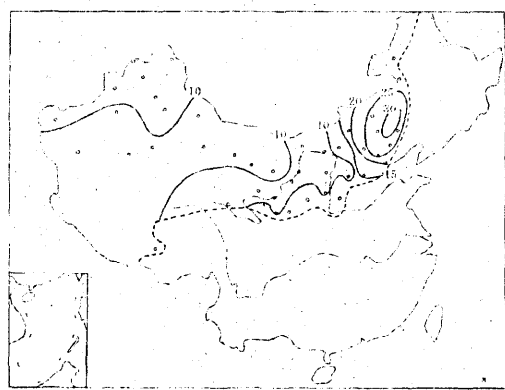


图2a 我国干旱半干旱区月降水场模2的空间振幅分布

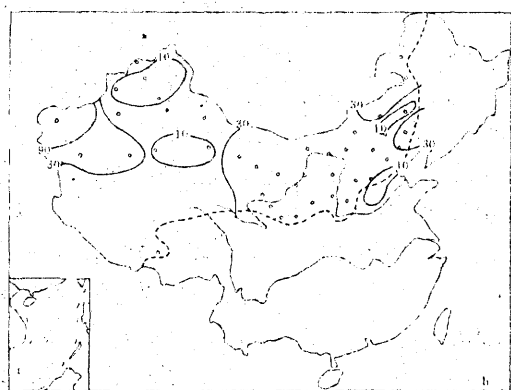


图1b 我国干旱半干旱区月降水场模1的空间位相变化

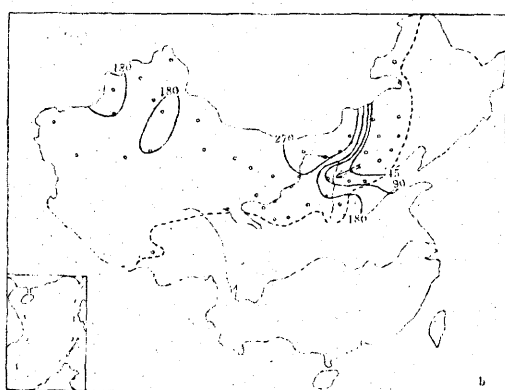


图2b 我国干旱半干旱区月降水场模2的空间位相变化

故降水变率较大。由上可知,模2则较多地反映出该区7月份降水场变异的信息。

此外,模3的时间振幅和空间位相(图略)表明最大的空间振幅值出现在甘肃的河西走廊,其中心大约是在酒泉附近。这表明该地区是降水距平最大的月际变率区,称为“西部型”。这正如文献[4]中指出黄土高原9月降水相对变率较大,其中甘肃河西走廊的酒泉地区,降水变率在30%以上,为本区降水变率最高的地区。这是因为河西走廊地处内陆腹地,除受西风带内高低压系统影响之外,还与青藏高原强弱有关。加之东亚季风后撤时间不一,往往会造成该地区降水变率较大。从模3的空间位相函数分布(图略)中可知,在河套地区的西部是一行波,传播方向大体呈自东往西。在黄河中下游地区上的位相变化与干旱半干旱区的其它地区大体上是相反的位相。这可能与我国夏季季风雨带的位置有关联。

## 2 北极海冰对降水的影响

### 2.1 极冰与降水的相关性

近年来,海冰在气候变化中的作用,已经成为了人们经常考虑和关心的问题。例如彭公炳在研究气候与冰雪覆盖关系中指出北极海冰面积变化对长江上、中游汛期雨量有显著影响<sup>[5]</sup>。方之芳提出北极海冰与副热带环流的相互作用具有明显的滞后性和季节性<sup>[6]</sup>。

本文则利用文献[5]中提供的较完整的1953—1984年的全北极及各海区逐月海冰覆盖范围资料(整个北极为8个区,面积单位为 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ ),讨论它与干旱半干旱区降水场前3个模的夏季(7—9月)时间振幅序列(分别记为 $R_1$ 、 $R_2$ 和 $R_3$ )的统计关系。

由于篇幅有限,这里着重对模1夏季振幅函数序列与北极各分区海冰面积距平值序列进行相关分析(如图3)。由图可见,我国干旱半干旱区夏季降水与北极某些分区海冰确实存在较好的关系。在北极8个分区各时段相应的海冰面积中,上一年9—11月的巴芬

湾(3区)、巴伦支海(6区)海冰面积距平与夏季降水有显著的正相关,而冬春(12—5月)的白令海(1区)、巴芬湾(3区)、格陵兰(4区)和巴伦支海(6区)海冰面积距平与夏季降水却为负相关,这些都是影响我国干旱半干旱区夏季降水的关键海区。在上述冰-气相关场中,达到信度0.05的相关区的分布随时间变化不同。这是因为,各分区所处的地理位置、海陆分布及洋流状况不同,其海冰面积变化影响该地区夏季降水的环流背景也不尽相同。

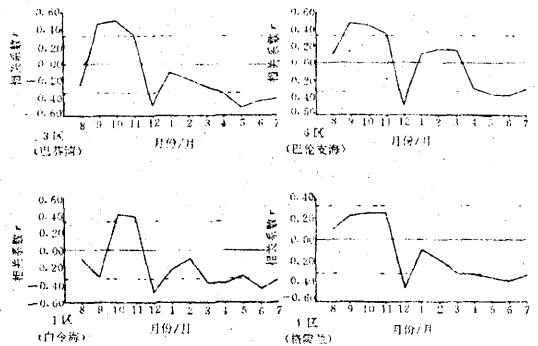


图3 我国干旱半干旱区夏季降水与前期各分区海冰之间的相关系数(虚线是信度 $\alpha=0.05$ 时的相关系数临界值)

### 2.2 海冰影响的可能途径

冰雪面积变化与我国干旱半干旱区夏季降水的联系,必然要在大气环流的变化上反映出来。这里还统计了亚洲极涡面积(60—150°E)与北极各分区海冰面积指数的滞后相关。其结果表明,当年春季(3—4月)白令海区海冰面积距平值与5—6月的亚洲极涡面积指数存在显著的正相关。由此得知,当春季冰雪面积扩展时,极涡面积明显增大,因而有利于冷空气向欧亚地区扩散。

不仅春季(3—4月)白令海海冰与当年初夏(5—6月)极涡存在较好的正相关,亚洲极涡面积指数与夏季(7—9月)降水相关关系计算(图略)结果表明,亚洲极涡面积指数的变化以超前1—2个月降水变化为主要特征,也就是说同年初夏(5—6月)亚洲极涡面

积扩展(缩小)时,我国干旱半干旱区夏季(7—9月)降水偏少(增多),从而进一步表明极地上大气环流的变化与该区夏季降水的多寡有联系。

对于长期天气过程来说,极涡和西太平洋副热带高压是极地与亚洲中南部的大型重要环流中心,它们各自的活动演变及其相互作用,直接影响着整个西风带环流及整个东亚环流状态的发展,并对我国干旱半干旱区

夏季降水起着重要作用。

为此,本文还计算了初夏(4—5月)副高面积、强度指数与前期逐月白令海海区海冰面积距平值的相关系数。从表2中可见,海冰和副高之间确实存在同期和超前的关系,这种关系尤以超前一个月相关性为最好。这表现出当年3—4月白令海海区海冰面积扩展(缩小)对春季(4—5月)副高面积缩小(扩展)和副高强度的减弱(增加)的影响较大。

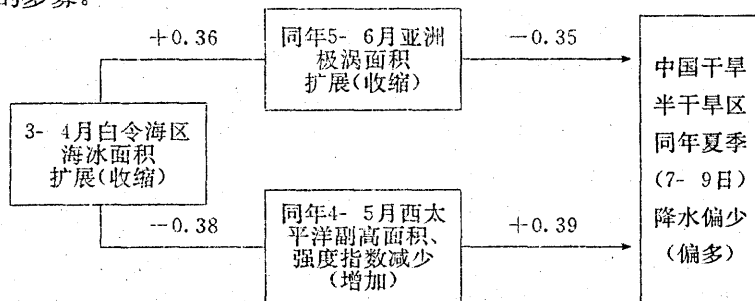
表2 春季副高与海冰的时滞相关

海冰	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6
面积指数	-0.39*	-0.38*	-0.09	0.10	-0.30	0.06	0.07
强度指数	-0.41*	-0.40*	-0.21	0.16	-0.31	0.07	0.14

\* 信度超过 0.05

经过统计学和天气气候学分析,我们认为北极海冰是通过大气环流影响我国干旱半干旱区降水的多寡。

北极海冰影响我国干旱半干旱区夏季降水的遥相关过程可以概括成如下框图。



由此可见,当前期(3—4月)白令海区海冰面积扩展(收缩)时,一方面通过同年5—6月亚洲极涡面积扩展(收缩);另一方面海冰面积扩展(收缩)也影响同年4—5月西太平洋副热带高压减弱(增强)。这两者的共同作用亦表现为有较强的冷空气不断南下,而偏南的暖湿气流势力较弱不易北上,这种状况易造成我国干旱半干旱夏季(7—9月)降水偏少。

综上所述,一旦北极下垫面海冰面积异常偏大或偏小都可能导致北半球环流系统的强度和位置发生异常变化,它们最终主要是通过极涡和西太平洋副热带高压的强度和位置来影响我国干旱半干旱区夏季降水的多

寡。

最后还需指出,影响我国干旱半干旱区夏季降水的因素是复杂的,冰雪状况只是其中一个因素,其物理过程尚待进一步探讨。

### 3 结论

由以上的分析讨论,可得到如下主要结论

3.1 用客观的 CEOF 方法,定出我国干旱半干旱区月降水场的 3 个基本雨型。其中以黄河河套地区的降水变化为最重要的雨型,其次是在华北的东北部和甘肃河西走廊地区。同时还反映出月降水场变异的信息是由东向西的传播。

3.2 通过统计分析,发现我国干旱半干旱区

主要雨型的夏季(7—9月)降水与北极某些分区海冰确实存在较好的关系。如冬春的白令海、巴芬湾、格陵兰和巴伦支海海冰面积距平与夏季降水为显著的负相关,并且还有数月超前变化,这种遥相关的关键区对该区的短期气候预测是有意义的。

3.3 北极海冰与我国干旱半干旱区夏季降水的遥相关过程主要通过极涡和副高的强度和位置来影响该区季节性降水的多寡。至于冰-气相互作用的物理机制,还需进一步探讨。

## 参考文献

- 1 张家诚等,中国气候,上海科学技术出版社,1985.
- 2 李月洪等,北太平洋夏季海平面气压场的时空分布及其与黄河、长江流域旱涝的关联,地理研究,1991,10(3).
- 3 黄嘉佑,复经验正交函数(CEOF)方法及其在天气过程诊断分析中的应用,气象,1988,14(5).
- 4 钱林清主编,黄土高原气候,北京:气象出版社,1991.
- 5 彭公炳等,气候与冰雪覆盖,北京:气象出版社,1992年.
- 6 方之芳,北半球副热带高压与极地海冰的相互作用,科学通报,1986,31:206—239.

# The Characteristics of Precipitation in the Dry and Semi-dry Region of China and Their Connection with Arctic Sea Ice

Li Yuehong

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, SMA Beijing 100081)

## Abstract

The temporal and spatial distribution of precipitation in the dry and semi-dry region of China are investigated by carrying out the complex Empirical Orthogonal Function technique for 45 stations from 1950 through 1992 A. D. In this region, three spatial patterns have been derived. In addition, the relationship between the precipitation patterns and Arctic sea ice indices have been also analysed. Finally, the possible influence of physical processes were also discussed.

**Key Words:** precipitation dry and semi-dry region arctic sea ice