

# 北极涛动与冻土对我国春季沙尘暴影响的事实研究

宋连春 俞亚勤 孙国武

(中国气象局兰州干旱气象研究所, 兰州 730020)

**摘要:**利用 NCEP/NCAR 再分析资料 and 我国北方沙尘暴观测资料, 分析了 1960~1999 年期间北极涛动、纬向环流指数、西伯利亚高压、冻土深度与我国西北强沙尘暴相联系的基本事实。结果表明: 冬季北极涛动为负位相时, 中高纬度西风较弱, 西伯利亚高压偏强, 中国西部大部地区冻土深度为正距平, 则春季沙尘暴次数偏多; 反之, 冬季北极涛动为正位相时, 中高纬度西风较强, 西伯利亚高压偏弱, 中国西部大部地区冻土深度为负距平, 则春季沙尘暴次数偏少。研究结果表明, 北极涛动和地表冻土是影响我国北方强沙尘暴年际变化的强信号, 这对于揭示沙尘暴年际变化的物理机制及其短期气候预测有重要意义。

**关键词:** 北极涛动 冻土 沙尘暴

## 1 引言

Thompson 和 Wallace 于 1998 年首次提出北极涛动(Arctic Oscillation, 简称 AO), 认为它是冬半年北半球中高纬地区大气环流尺度最大、最主要的模态。越来越多的证据表明 AO 对北半球气候的变化具有重要而广泛的影响, 包括气温、降水、海冰、大气活动中心和极端气候事件。Thompson 和 Wallace 认为 AO 对北半球的影响与 ENSO 对北半球的影响具有同等重要性。

冻土是气候的产物, 它通过改变地表与大气间的感热、潜热、动量交换和长波辐射对区域气候产生显著影响。我国西部地区由于其独特的地形, 有大量的冻土面积, 季节性冻土和多年冻土的活动层有着独特的季节性变化, 与近地层的热状况有着直接联系, 而近地层与大气的水热交换又影响其上空的大气运动, 进而对区域气候和东亚大气环流的变化产生影响。

沙尘暴对社会、经济的严重影响已是众所周知的事实, 因而也是国内外科学家所关注的热点问题之一。我国科学家对沙尘暴的研究大致可归纳为两个方面: 沙尘暴个例的动力诊断、成因探讨和沙尘暴的统计事实、天气气候特征。考虑到大气中发生的任何天气事件与大气环流异常有关, 所以虽然近年来一些学者提出, 沙尘暴的发生与地表物理属性、热力状况和大气环流异常有联系的观点, 但对基本事实的研究仍显不足。为此, 本文以相当的时空尺度, 研究北极涛动、冻土与沙尘暴相互联系的基本事实。

## 2 资料 and 标准

本文采用 NCEP/NCAR 全球再分析的月平均资料(1960 年 1 月~1999 年 12 月), 网格距是  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ , 有  $144 \times 73$  个网格点。本文所使用的北极涛动指数是由 Thompson 博士提供的, 它是对  $20^{\circ}\text{N}$  以北的 NCEP/NCAR 再分析月平均海平面气压 SLP 场进行 EOF 分解得到的第一特征向量的时间系数。本文还采用了中国气象局提供的我国 425 个台站的月冻土最大深度资料和 500hPa 纬向环流指数( $45^{\circ}\sim 65^{\circ}\text{N}$ ,  $0^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$ )以及钱正安等的中国北方强和特强沙尘暴个列表。该表对沙尘暴的强度分为特强和强, 范围分为大范围、小范围和局地。本文统计该表中的春季(3~5 月)大范围强和特强沙尘暴。按此标准, 统计结果如表 1。

表 1 中国北方春季大范围强和特强沙尘暴次数表

年	1960~1969	1970~1979	1980~1989	1990~1999
次数	17	20	7	10

从上表可知,20世纪60、70年代,沙尘暴偏多;80、90年代,沙尘暴偏少。这一统计结果具有代表性,因为文献从我国不同地区、不同强度统计的沙尘暴发生次数与表1大致相同,即60~70年代沙尘暴发生频数是波动上升,80~90年代呈波动减少。

### 3 冬季北极涛动的年际变化与春季沙尘暴的关系

Wallace指出,北极涛动与北大西洋涛动二者在本质上是一致的,反映的都是中纬西风的强弱,只不过AO尺度更大些。我国学者近来发现,AO与北半球温度有密切联系。

为研究AO与沙尘暴的关系,给出1960~1999年冬季(12~翌年2月)AO指数的标准化年际变化序列(图1)。

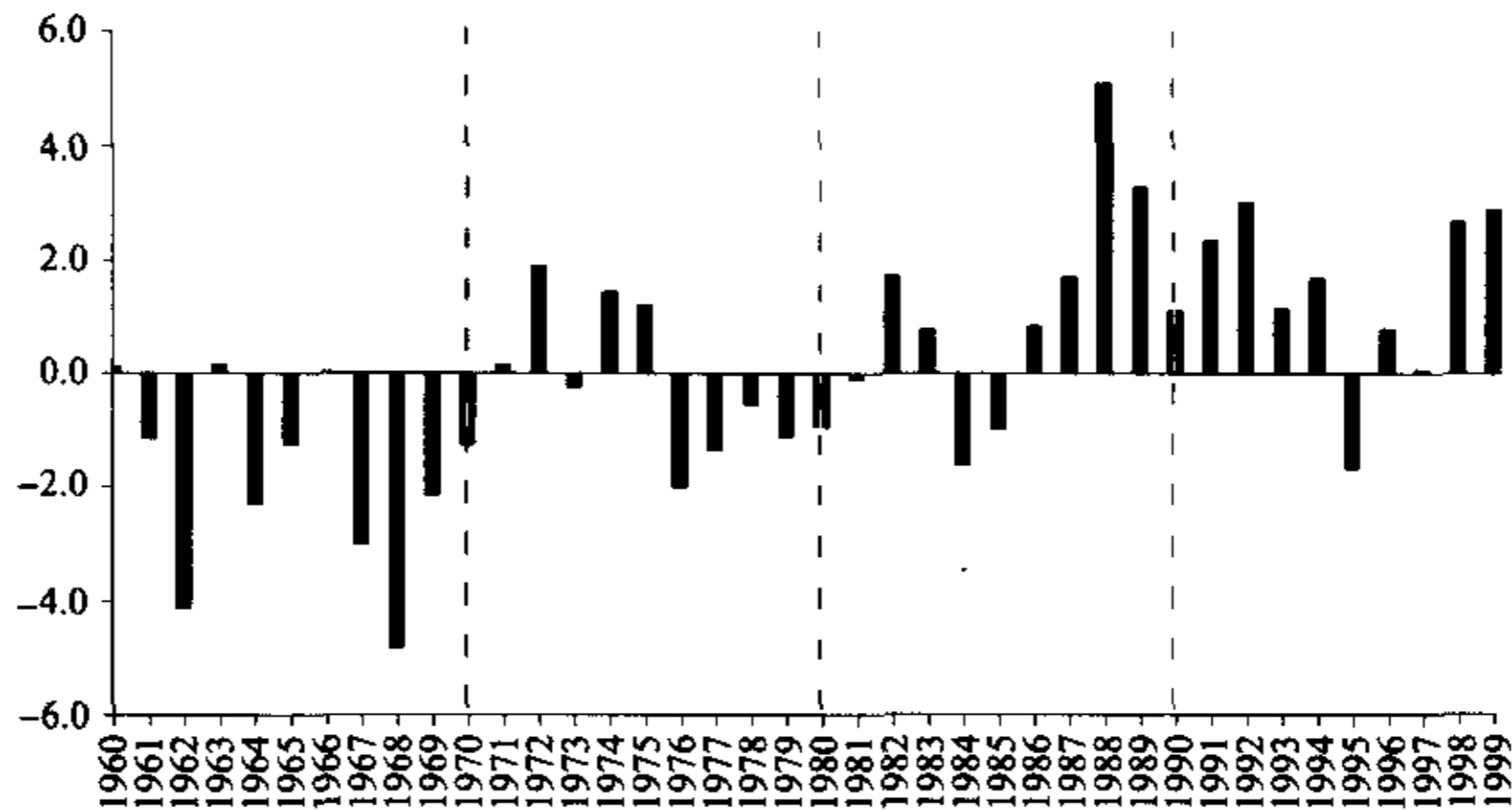


图1 冬季(12~翌年2月)AO指数标准化序列

从图1可以看出,1960~1999年AO指数呈波动上升趋势,60、70年代负距平占优势;80、90年代正距平占优势。表明冬季AO指数60、70年代为负位相时,春季沙尘暴偏多;80、90年代为正位相时,春季沙尘暴偏少。

图2则进一步表明,在AO为正或负位相期间,与之相应的中高纬度西风和西伯利亚高压强度的变化情况。

在图2中,纬向环流指数是500hPa位势高度,范围为45~65°N,0~150°E,用来表示欧亚大陆中高纬度西风的强弱。西伯利亚高压强度根据40~60°N,60~100°E范围内153点的平均海平面气压来表示。

从图2并结合图1可以看出,1960~1999年,纬向环流指数呈上升趋势,即中纬度西风不断增强;西伯利亚高压强度呈下降趋势,即西伯利亚高压不断减弱。20世纪60、70年代,AO为负位相,相应的中高纬度西风环流指数较弱,西伯利亚高压强,沙尘暴多;反之,80、90年代,AO为正位相,相应的中高纬度西风环流指数较强,西伯利亚高压弱,沙尘暴少。

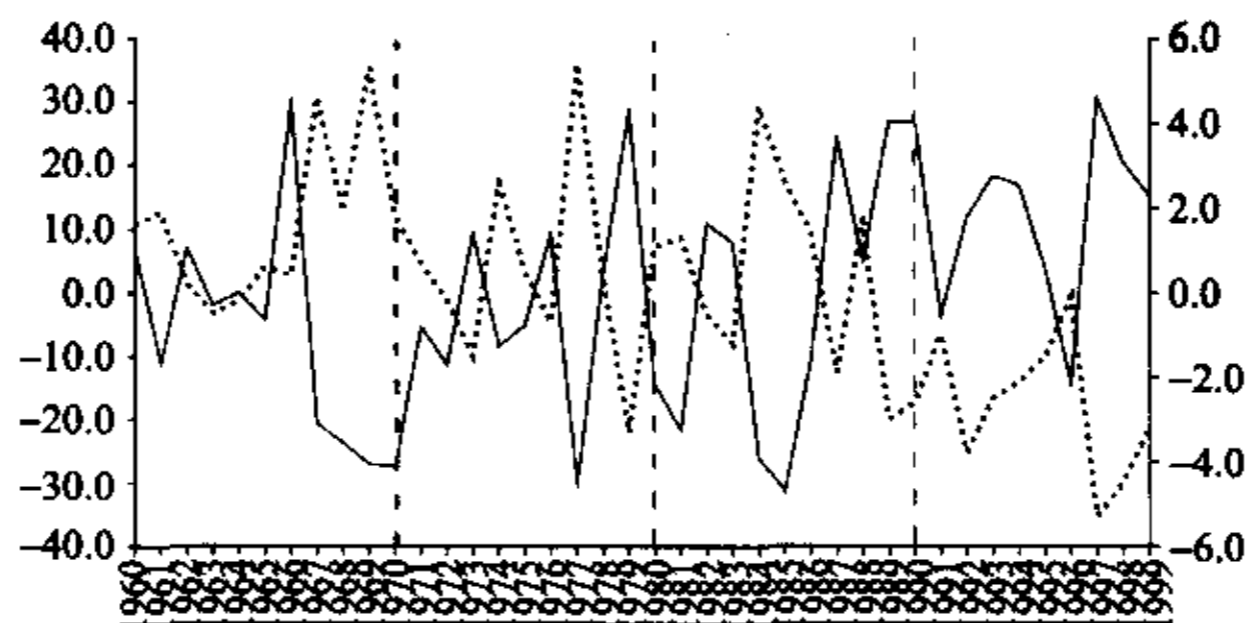


图2 冬季(12~翌年2月)纬向环流指数(实线)和西伯利亚高压强度(虚线)标准化距平序列

1059

#### 4 冬季最大冻土深度的气候变化与沙尘暴的关系

中国西部和北部的冻土分布十分广泛,冻土变化实际上是地表热力变化的反映,对气候变化有着重要影响。Pavlov 称多年冻土变化是气候变化的敏感指示器。

图 3 是我国西部最大冻土深度距平场,本文着重分析我国  $100^{\circ}\text{E}$  以西的西部地区。1960~1969 和 1970~1979 年,中国西部大部分地区冻土深度正距平的覆盖范围或强度占优势,最大中心一个在新疆北部,另一个在青藏高原。中心值分别为 33cm 和 111cm(图 3(a))、28cm 和 79cm(图 3(b))。1980~1989 年和 1990~1999 年,中国西部大部地区冻土深度负距平的覆盖范围或强度占优势,最小中心也是一个在新疆北部,另一个在青藏高原。中心值分别为  $-12\text{cm}$  和  $-124\text{cm}$ (图 3(c))、 $-48\text{cm}$  和  $-86\text{cm}$ (图 3(d))。

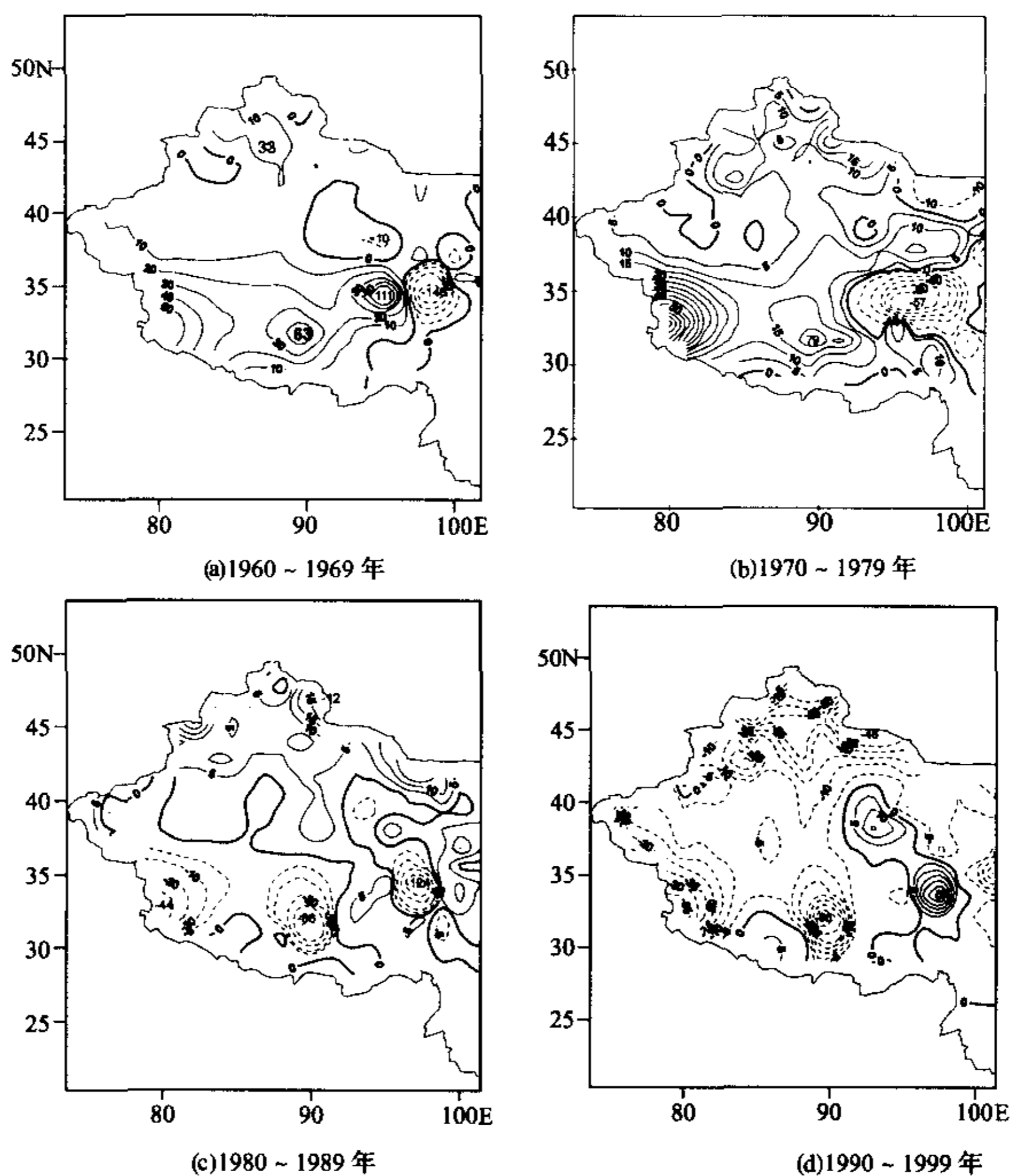


图 3 冬季(12~2月)最大冻土深度距平场

#### 5 沙尘暴偏多(少)年最大冻土深度的分布特征

我国的冻土主要分布在西部,冻土的变化是地表热力变化的反映,对气候变化有着重要影响。根据文献的中国北方强和特强沙尘暴个例表进行统计,对沙尘暴的强度分为强和特强,范围分为局地,小范围和大范围。本文统计的是春季大范围强和特强沙尘暴过程。凡春季大范围特强和强沙尘暴过程发生 3 次以上者,定为沙尘暴偏多年;仅有一个省(区)内发生的局地或小范围沙尘暴而不出现大范围特强和强沙尘暴者,定为沙尘暴偏少年。这样,近 40 年(1960~1999 年),沙尘暴偏多年有:1966、1969、1973、1975、1977、1979、1983 和 1993 年;沙尘暴偏少年有:1970、1981、1987、1990、1992 和 1997 年。图 4 是沙尘暴偏多年和偏少年前期冬季平均最大冻土深度距平场。

从图 4 可以看出,冬季最大冻土深度距平场的分布特征(包括范围、强度),我国 100°E 以西地区,冻土深度无论覆盖范围或其强度,沙尘暴偏多年都是正距平占优势,最大正距平中心在新疆北部,中心值为 30cm(图 4(a));而沙尘暴偏少年都是负距平占优势,在新疆北部最小负距平中心值为 -19cm(图 4(b))。

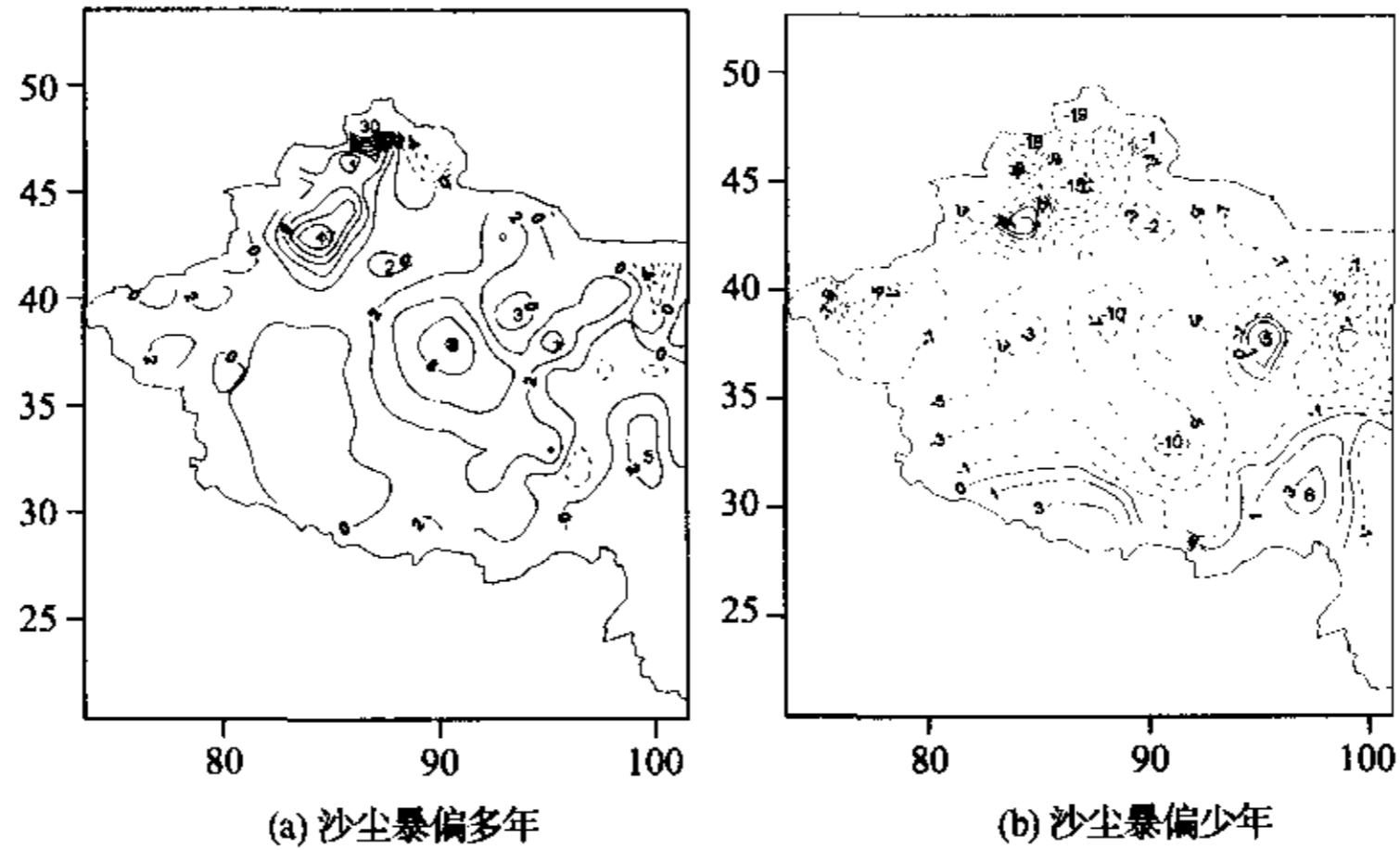


图 4 冬季最大冻土深度平均距平场

上述事实表明,在我国 100°E 以西地区,当冬季最大冻土深度的范围和强度是正距平占优势时,则春季沙尘暴为偏多年;反之,当冬季最大冻土深度的范围和强度是负距平占优势时,则春季沙尘暴为偏少年。

### 6 小结与讨论

综合以上各节的研究,一系列相互联系的事实就清晰地揭示出来了:

(1)冬季 AO 为负位相时,500hPa 中高纬度纬向环流指数偏弱,即中高纬度西风较弱,有利于冷空气向南输送,西伯利亚高压偏强,则春季沙尘暴次数偏多,如 20 世纪 60、70 年代。反之,AO 为正位相时,500hPa 中高纬度纬向环流指数偏强,即中高纬度西风较强,不利于冷空气向南输送,西伯利亚高压弱,则春季沙尘暴次数偏少,如 80、90 年代。

(2)冬季冻土为正距平时,冻土深度偏深,则春季沙尘暴偏多。反之,当冬季冻土为负距平时,冻土深度偏浅,则春季沙尘暴偏少。

(3)当前对月以上沙尘暴发生趋势的预测仍是难题之一,如果能提供有科学意义和应用前景的新结果,为月以上短期气候预报提供预报思路,这对提高我国沙尘暴的短期气候预测水平和防灾减灾能力,科学评估未来沙尘暴发展趋势,是有重要意义的。本文将沙尘暴的变化趋势视为一种气候现象,从而与大气环流变异中的有指示意义的 AO、纬向环流指数和西伯利亚高压以及与反映地表热力状况的冻土变化联系起来,揭露其相互联系的事实,无疑是对当前这个热点问题的一个新的探索,本文的研究结果对预测春季沙尘暴发生趋势是一个初步的探索,提供了一种新的预报思路和预报着眼点,在业务预报工作中具有现实意义。

参 考 文 献 (略)