

文章编号:1005-8656(2004)01-0005-05

# 华北沙尘暴气候动力机制分析

宋桂英<sup>1</sup>,沈建国<sup>2</sup>,吴学宏<sup>1</sup>,韩经纬<sup>1</sup>,王春燕<sup>1</sup>

(1. 内蒙古气象台,内蒙古 呼和浩特 010051;2. 内蒙古气象局,内蒙古 呼和浩特 010051)

**摘要:**利用北半球 Ncep 再分析资料(1955~1995 年),定量分析了拉尼娜年北半球大气环流异常以及北半球温、湿分布异常,提出拉尼娜事件是华北地区频发沙尘暴的重要因素,但生态环境恶劣,土地沙化是问题的关键所在,改善生态环境,减小沙化程度是治理沙尘暴的有效途径。

**关键词:**沙尘暴; 拉尼娜现象; 大气环流异常; 土地沙化; 环境保护

中图分类号:P445 文献标识码:A

## 1 前言

沙尘暴是沙暴和尘暴或两者兼有的总称,是指强风把地面大量沙尘卷入空中,使空气特别混浊,水平能见度小于 1km 的现象。沙尘暴天气的产生必须具备沙尘源、强风和不稳定的大气层结三个条件。

从天气尺度背景分析,沙尘暴的形成有一定的高空、地面气象要素指标,沙尘暴的形成、发展、衰亡都伴随着天气系统的移动、发展和衰亡。从气候背景来看,沙尘暴的发生也是一个气候问题。华北沙尘暴与北半球大气气候动力、热力结构影响等有关。

厄尔尼诺或拉尼娜现象对沙尘暴的影响是一个全新的课题。对沙尘暴而言,拉尼娜事件更具影响优势<sup>[1]</sup>。沙尘暴频发的物理机制是一个还需深入研究的问题。本文从内蒙古地区沙尘暴多年实测资料入手,立足拉尼娜事件,对沙尘暴的物理机制进行了研究,为内蒙古气候异常研究提供有益的参考方法。

## 2 资料选取和分析方法

内蒙古沙尘暴的发生具有季节变化的规律,一年之中主要出现在春季(3~5 月),其中尤其以 4 月份为最多,秋季偶有发生,盛夏和隆冬很少(表略)。文中着重研究秋冬季开始的拉尼娜现象和厄尔尼诺现象对第 2 年春季沙尘暴的气候影响。

选取北半球 Ncep 再分析资料(1955~1995 年)以及厄尔尼诺现象和拉尼娜现象的年份资料<sup>[2]</sup>。

厄尔尼诺现象和拉尼娜现象位相相反,为了突出拉尼娜年气候异常现象,我们将拉尼娜年气象要素场与厄尔尼诺年气象要素场相减,得出差值场资料,定量分析出拉尼娜年北半球气象要素场的异常分布,进而分析出北半球特别是我国华北地区沙尘暴频发机制。文中的气象要素场采用气象要素距平分析场。

## 3 沙尘暴的气候成因分析

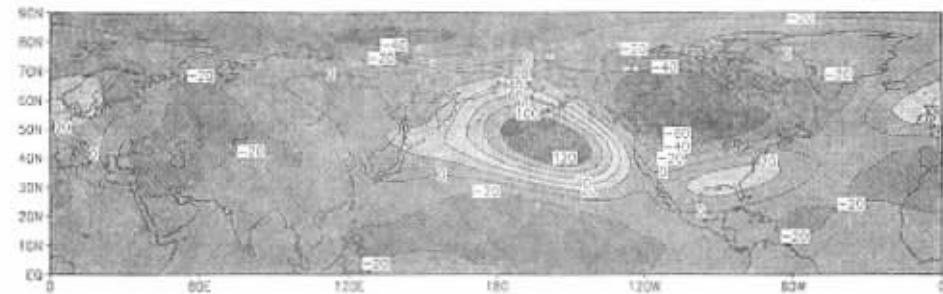
专家统计分析表明<sup>[1]</sup>,20 世纪 70 年代拉尼娜事件占优势,影响我国北方的强沙尘天气出现频繁,80~90 年代厄尔尼诺事件占优势,我国北方强沙尘天气出现较少。以巴彦淖尔市的乌中旗为例,90 年代以来,沙尘暴的发生状况依次是 2000 年 6 次(拉尼娜年)、1998 年 3 次(厄尔尼诺年),1991、1994、1995、1997 年无沙尘暴,其余年 1 至 2 次。

### 3.1 大气环流异常是沙尘暴爆发的基础条件

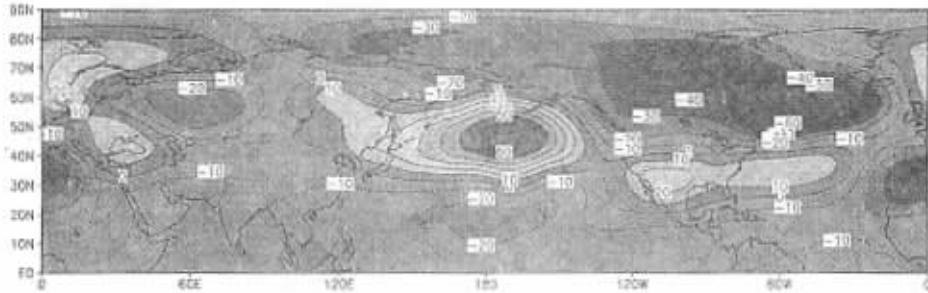
我们选择秋冬季发生的拉尼娜或厄尔尼诺现象,再将两种现象做差值分析。选择的拉尼娜年为:1971、1973、1975、1981、1984、1988 年;厄尔尼诺年为:1972、1976、1982、1986、1987、1991、1993、1994 年。我们将上列拉尼娜年与上列厄尔尼诺年的冬春季位势高度场进行距平分析,再进行拉尼娜年距平平均状况和厄尔尼诺年距平平均状况合成差分析。

收稿日期:2003-01-17

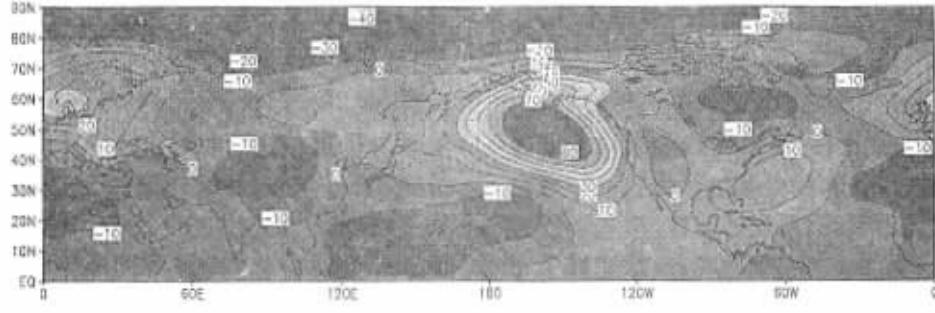
作者简介:宋桂英(1961—),女,南京气象学院毕业,工程师,现从事天气预报工作。



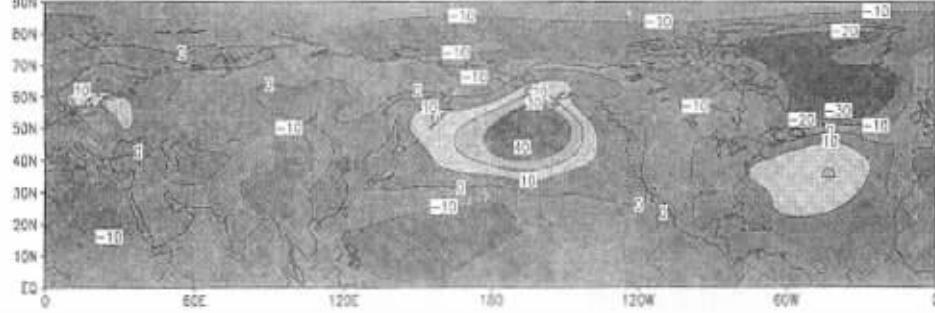
拉尼娜年当年冬季 500hPa 位势高度距平差值合成场



拉尼娜年当年冬季 1000hPa 位势高度距平差值合成场



拉尼娜年第 2 年春季 500hPa 位势高度距平差值合成场



拉尼娜年第 2 年春季 1000hPa 位势高度距平差值合成场

图 1

由图 1 可知, 拉尼娜年冬季北大西洋与北大西洋各有一个高压中心, 而欧亚大陆、非洲大陆、北美大陆是浅薄低压系统。在北太平洋上空从高层到低层是一个深厚的冷性系统, 受其影响, 海洋上空有冷空气不断涌入、堆积。与这个深厚冷性系统有耦合关系的, 是北美洲地区一个较深厚的暖性低压系统, 这个系统内 ~~上升~~ 气流与北太平洋地区下沉气流形成拉尼娜年北半球中高纬地区的一级配置系统。与一级

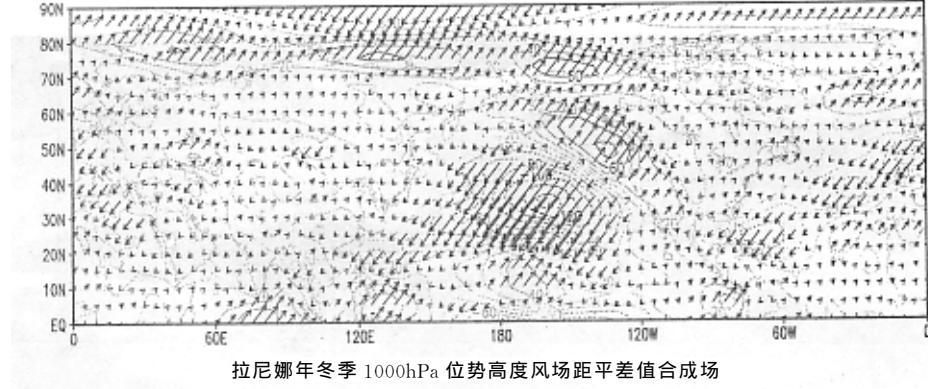
系统相对应的是位于东半球北大西洋高压与欧亚大陆、非洲大陆低压之间的环流配置, 北大西洋高压中心位于波罗地海与冰岛之间, 中心距平值达 20hPa, 系统深厚, 欧亚大陆和非洲大陆暖性低压较浅薄, 其中心值分别位于我国北部、西部和非洲北端, 中心距平值为 -10hPa。由图 1 还可看出, 整个北极圈在拉尼娜年冬季也是暖低压控制区。由此可分析, 欧亚、非洲大陆冬季受暖低压控制, 气流呈缓慢上升趋势,

有利于降水形成,但也有利于将土壤散失的水分输送到高空。由于拉尼娜年对应冬季风强年,季风强劲,大陆干冷,空气及土壤失水严重。由图1可知,第2年春季,北半球大气环流做了一些调整。春季上述两个大型配置仍存在,但都向北推进了大约5个纬度。此时,北太平洋冷高压西伸明显,中心值减小约一半,而北美洲暖低压却向东、向北突进,中心值基本不变。此时,北半球的另一个配置也发生了一些变化,冷高压中心向北移动了大约10个纬度,并且向东南伸出一个高压脊区,在对流层顶此高压脊与北太平洋高压脊打通,这说明拉尼娜年第2年春季,从北大西洋的冰岛源源不断地有强冷空气进入欧亚大陆,冷空气途经欧洲进入亚洲北部,春季冷空气活动频繁,强度异常大;而欧亚大陆低压、非洲低压有所减弱。由此可分析出,在拉尼娜年第2年春季,欧亚大陆仍受暖性低压控制,但系统减弱。在欧亚大陆特

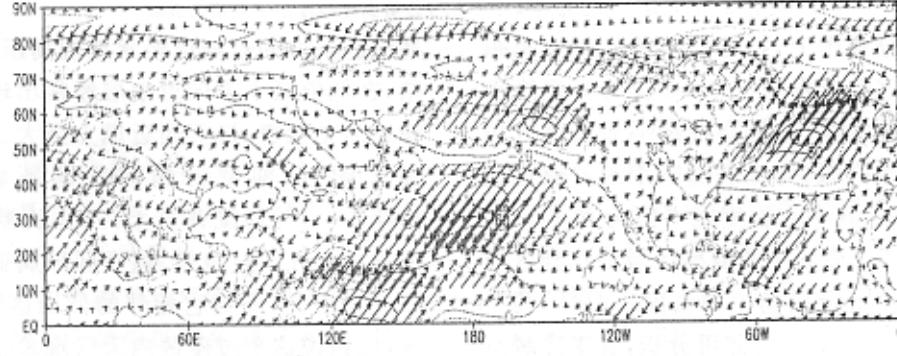
别是亚洲北部地区,低层常有气旋或低压槽出现,低层辐合高层辐散。此时,由冰岛不断涌来的干冷空气随着高空西风侵入欧亚大陆,在大范围内形成强烈天气现象,表现为大风、降温、寒潮等,随着大陆气旋或低压槽的移动,大风卷起的沙尘向本地或下游漂移。同时,由于春季气温回升快,地面局部加热不均形成局地涡旋运动,加剧了冷暖空气交汇所产生的天气现象。我国华北境内及蒙古国是沙化地区,加上这种气候环流背景,形成沙尘暴是必然趋势。沙源是沙尘暴的产生基地,天气动力是诱因,大气垂直运动是机制。

### 3.2 低空风场的异常分析

我们将上列厄尔尼诺年与上列拉尼娜年风场距平进行多年平均分析,作为厄尔尼诺年与拉尼娜年风场距平平均状况,再用拉尼娜年平均状况与厄尔尼诺年平均状况作合成差值图,如图2所示。



拉尼娜年冬季 1000hPa 位势高度风场距平差值合成场



拉尼娜年第2年春季 1000hPa 位势高度风场距平差值合成场

图2

由图可见,北半球高度差值场与风场差值场配置较吻合,中心位置及辐合辐散区都有对应关系。由风场差值合成场可以看到,拉尼娜年当年冬季,北太平洋低空为一个风场辐散区,辐散区中心为一个东北—西南走向的带状区,此时,北美大陆是一个弱辐

合区。在东半球的北大西洋地区,存在一个较弱的辐合区,辐合中心在 60°N 以南,而在欧亚大陆相应地存在一个辐散区,中心在 50°N 以北,但中心区域不很明显。到了第2年春季,两组风场都有所改变。首先是北太平洋辐散区,风场辐散在加强,中心区域

也由东北—西南走向旋转到东西走向,此时,北美大陆辐合带向北推移,风力加大,辐合明显加强。东半球的北大西洋辐散区此时略有加强,辐散区南部的风场加强略明显一些。而在欧亚大陆,辐合明显增强,范围也较大,辐合带中心包括蒙古西部、我国新疆、内蒙古西北部地区。这说明,拉尼娜年第2年春季(蒙古国、中国西北部上空辐合带本身加强明显外)北大西洋辐散稍稍加强,向欧亚大陆输送冷空气,与欧亚大陆的暖空气交汇,形成春季对流性天气,利于欧亚大陆的地面风力加大。另外,春季欧亚大陆特别是蒙古西部与我国新疆、甘肃、内蒙古地区大气辐合加强显著,即自身动力条件加强是春季大风、对流天气、风沙卷扬的主要原因。这些自身条件的加强,加之本身就具有多沙、干旱、春季土壤疏松等特点,不难理解,蒙古西部,我国新疆、甘肃、内蒙古西北部既是沙源,也是动力源。在这些地区上空,强大的上升气流将干燥的空气与轻质沙尘卷到空中,

再到达一定高度随大气运动向四周流散。

### 3.3 温度场异常分布为沙尘暴爆发提供热力条件

春季随着大尺度环流背景的缓慢调整,北半球中高纬的西风带扰动也做着相应调整,此时,由于太阳辐射的增加和地面热力性质的改变,北半球大气热力状况也发生了改变。对欧亚大陆而言,冷空气与暖空气交汇频繁,高空与近地面不断有气旋和低压系统活动,天气现象明显。同时由于春季气温回升,土壤解冻,土壤表层受热不均,春季土壤热力属性差,易形成局地涡旋运动。因此,在沙漠地带与土壤表层疏松地带,在风力加大的情形下,易形成沙尘天气。我们将上列拉尼娜年与上列厄尔尼诺年温度场距平进行多年平均,作为拉尼娜年与厄尔尼诺年温度距平平均状况,再用拉尼娜年温度距平平均状况与厄尔尼诺年温度距平平均状况作差值分析,得出拉尼娜年第2年春季温度距平差值合成场(图3)。

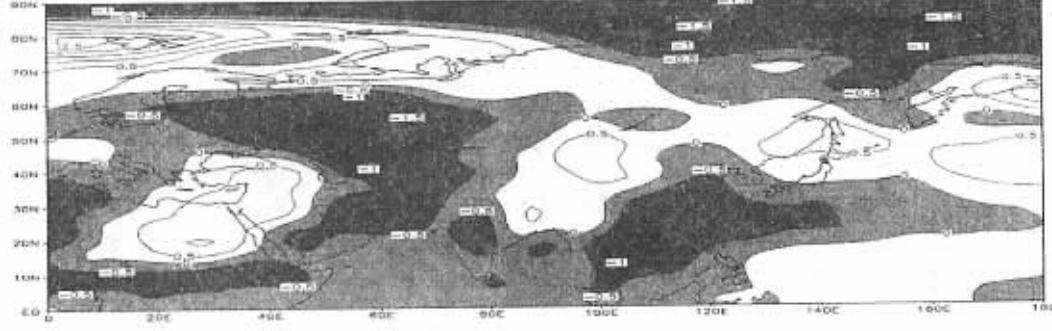


图3 拉尼娜年第2年春季1000hPa位势高度温度距平差值合成场

在温度差值分布图上,拉尼娜年第2年春季东半球温度距平差值合成场与500hPa位势高度距平差值合成场有相关关系,位势高度距平差值合成场中高压区域即辐散区域,对应着温度距平差值合成场中的温度正距平,其中心温度距平值为0.5℃,而位势高度距平差值合成场中的低压区域即辐合区域对应着温度距平差值合成场中的温度负距平,其中心温度距平值达-1.5℃。由此可分析,春季冷暖空气交替频繁,海上高值区大气气温回升迅速,陆地低值区气温回升迟缓。由此可看出,拉尼娜现象造成海—陆气压、气温分布在春季做着大幅调整,在拉尼娜现象发生后大气运动自身做着回复振荡运动。同时,这种调整振荡产生另一负面效应,在高压区域内气温呈正距平,在低压区域内气温呈负距平,加剧气压差,使大气运动高、低压振幅持续增长。春季,在气压

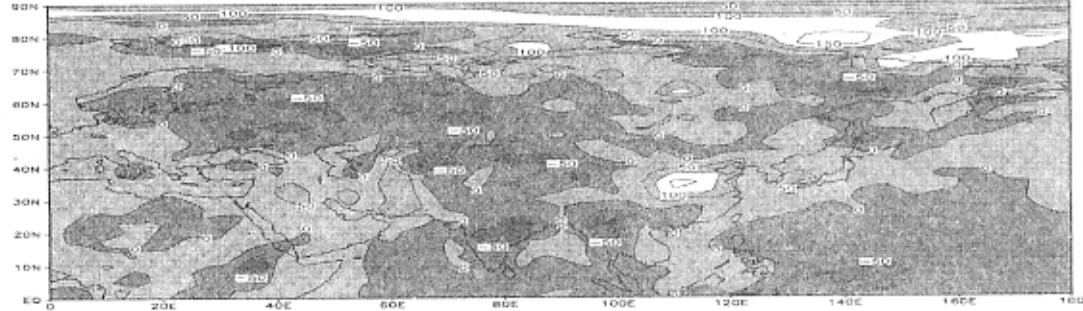
高值区下方的近地层经常出现高压系统加强南下现象,在低值区下方的近地层经常出现低涡系统,因此锋面活动频繁,锋面附近风力强大。由图3可见,在80°E附近,即蒙古国和我国新疆地区,无论从500hPa大气环流背景上,还是从温度距平形势上,都是一个气候过度带。这个区域属低压气旋区,但气温属正距平,而与它相邻的低压区气温仍属负距平区,应该说这个过度区内天气现象很有研究价值。此时,欧亚大陆及新疆、蒙古西部受高空西北气流、地面涡旋控制,并处于气温偏低偏高区域之间的过度带,空气干燥,风力大、表层沙土极易卷扬,易形成飞沙走石天气。

### 3.4 近地层相对湿度异常分布是沙尘暴的基本条件

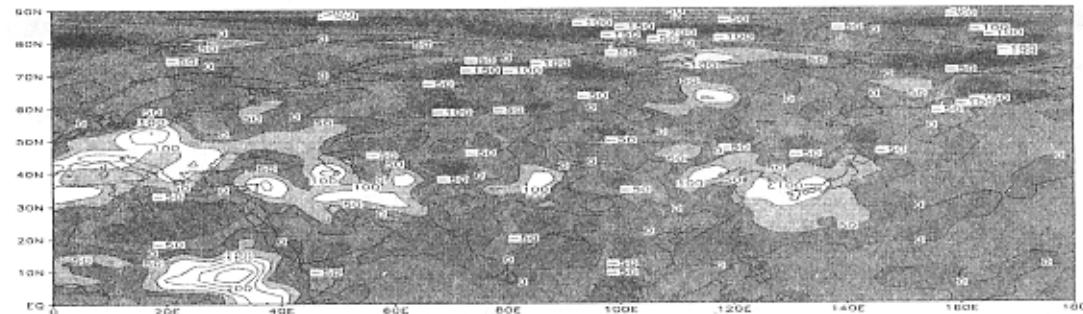
湿度是沙、尘土能否飞扬的一个直接标准。拉尼娜年造成全球气候异常,对欧亚大陆的天气现象也

产生直接影响。我们将上列拉尼娜年平均湿度距平与上列厄尔尼诺年湿度距平做差值合成分布图(方法同上),图4分别为拉尼娜年当年冬季与第2年春季1000hPa位势高度东半球相对湿度距平差值图。由图可看出,春季随着气温的回升,由于降雨未得到及时补充,空气含水量明显下降,北半球欧亚大陆的近地面层空气相对湿度在减小,减小约100%~150%;在这个区域的西南方春季空气相对湿度明显

增大,增大约0~50%。对欧亚大陆特别是80°E附近的蒙古西部、我国新疆、西北地区,由于气温为正距平,气温回升迅速,水分蒸发快,空气含水量下降,相对湿度减小,近地面层空气干燥。蒙古西部、我国新疆、西北地区多属干旱、半干旱的荒漠沙化地区,土地自身调节能力差,水分易流失不易保持,若空气湿度偏小,近地层风大,则造成风沙天气,又加剧了此区域土地的沙漠化。



拉尼娜年冬季 1000hPa 位势高度相对湿度距平差值合成场



拉尼娜年第2年春季 1000hPa 位势高度相对湿度距平差值合成场

图4

#### 4 结论与讨论

综上所述,拉尼娜年具有对沙尘暴爆发有利的异常天气形势,也具有易发生沙尘暴的气温、湿度气候异常背景。从文中分析可看到:

(1)拉尼娜年,北半球大气环流异常,北大西洋冰岛冷高压与欧亚大陆暖性低压的相互作用,是大风和沙尘暴形成的物理机制。

(2)春季大陆暖性低压区为气温负距平,而海洋冷高压区为气温正距平,沙尘暴易发生于正、负距平交汇处。

(3)我国西北、华北地区及蒙古国是沙源区,并且这些地区都处于易发生沙尘暴的气候环流背景下。

因此,北半球受气候异常影响的区域比较大,但自然地理条件恶劣地区是这种气候异常影响最严重的受害者。加强环境保护,退耕还林,加大植被覆盖度是有力的防治风沙措施。

#### 参考文献:

- [1] 陆均天,等. 气候异常对我国华北地区沙尘暴的影响及其对策[A]. 沙尘暴监测预警服务[C]. 北京:气象出版社, 2002.
- [2] 陈桂英. El Niño 和 La Niña 冬季增强型和减弱型及其对中国夏季旱涝的影响[J]. 应用气象学报, 2000, 2: 154~163.
- [3] 励申申, 等. 赤道东太平洋海温与我国江淮流域夏季旱涝的成因分析[J]. 应用气象学报, 2000, (11)3: 331~338.
- [4] 徐祥德. 城市化环境大气污染模型动力学问题[J]. 应用气象学报, 2002, 13, 特刊.