

文章编号 :1000-2022(2006)06-0806-09

沙尘暴天气的高空急流统计特征及动力学分析

程海霞^{1 2}, 丁治英¹, 帅克杰², 常素萍²

(1. 南京信息工程大学 大气科学系 江苏 南京 210044 2. 晋城市气象局 山西 晋城 048000)

摘要 :利用 Micaps 常规资料 ,对 2000—2004 年 30 ~ 50°N 之间的沙尘暴日与高空急流的关系进行了统计 ,把与沙尘暴相伴的高空急流分为 2 类 :单急流型和双急流型 ;沙尘暴多发生在高空西南和西北急流的左侧及其右后方 ,与西北 + 西南型高空双急流相伴的沙尘暴多出现在西北急流中心的左前方和西南急流中心的左后方以及西北急流中心的右前方和西南急流中心的左后方。还对沙尘暴典型个例的风场结构的垂直分布、环流场的垂直结构等进行了动力学分析 ,结果表明 :影响沙尘暴的高空急流有单急流、双急流、甚至三急流 ;一般北支高空急流高度较低 ,中心多在 300 hPa ,南支高空急流高度一般在 200 hPa ,中心风速多大于北支急流 ,北支急流多随高度升高向南倾斜 ,南支急流随高度的升高向北倾斜 ,单急流型沙尘暴多发生于北支急流下沉支的南侧 ,双急流型沙尘暴发生于双急流合并下沉支的下方 ;不论是上升气流还是下沉气流均有可能产生沙尘暴 ;低层辐合、高层辐散导致的抽吸作用 ,可在近地层形成大风和沙尘暴 ,强的下沉气流可导致高层动量有效下传有利于沙尘暴的产生 ;在南、北支高空急流之间往往会形成一支环流促进沙尘暴的形成 ,所以不仅是北支急流 ,南支急流也对沙尘暴的发生和发展产生作用。

关键词 :沙尘暴 ;高空急流 ;双急流 ;统计与动力学分析

中图分类号 :P445.4 **文献标识码** :A

Statistic Character and Dynamic Analysis of Upper Level Jet Streams on Sandstorm Days

CHENG Hai-xia^{1 2}, DING Zhi-ying², SHUAI Ke-jie², CNANG Su-ping²

(1. Department of Atmospheric Sciences ,NUIST ,Nanjing 210044 ,China 2. Jincheng Bureau of Meteorology ,Jincheng 048000 ,China)

Abstract :Using the Micaps regular date ,correlation and statistical analyses between sandstorm days and the upper level jet stream between 30 ~ 50°N during 2000—2004 are carried out in this study. The results show that the sandstorms accompanied by the upper level jets can be divided into 2 kinds :single jet stream pattern and double jet stream pattern. For single upper level jet patterns ,sandstorm is likely to occur beneath the left side and right rear side of the upper level SW or NW jet stream ,and for double(a NW plus a SW)jet streams patterns ,sandstorm is likely to takes place beneath the left front side of the NW jet and the left rear side of the SW jet ,or beneath the right front side of the NW jet and the left rear side of

收稿日期 2005-04-25 改回日期 2005-12-09

基金项目 :国家重点基础研究发展计划项目(2004CB418303 2004CB418304)

作者简介 :程海霞(1970-) ,女 ,山西昔阳人 ,硕士 ,研究方向 :短期天气预报与研究 ,skjchx@ 163. com ;丁治英(通信作者) ,女 ,研究员 ,dzy963@ sohu. com.

the SW jet. Dynamic analyses on the vertical distributions of wind filed structure and the vertical structure of circulation field for selected typical sandstorm cases are also carried out. The analysis results suggest that the upper level jet associated with sandstorms includes single jet pattern ,double jet pattern and even trijet pattern ,generally the height of the north branch upper level jet is lower at 300 hPa ,and the south branch jet is higher at 200 hPa ,the maximum wind speed of the south branch is greater than that of the north branch ,the north branch jet tilts to the south with height ,while the south branch leans northwards with height. Sandstorms for single jet pattern mostly occur beneath the south side of the descending leg of the secondary circulation of the north branch jet ,and sandstorms for double jet pattern are likely to occur beneath the merged descending leg of the two jets ,sandstorms could occur either in the desceing area of upper level jet or in the ascending area ,in the ascending area ,the suction resulted from the low level convergence and the upper level divergence induces the low level strong winds and sandstorms ,and in the descending area ,the downward transfer of upper level momentum is in favor of the genesis of sandstorm. Between the north and south branch jet streams there always is a vertical circulation cell ,which facilitates the genesis of sandstorm ,therefore both the north branch jet and the south branch jet jointly impact the genesis and development of surface sandstorms.

Key words sandstorm ,upper level jets ,double jets ,statistic and dynamic analysis

0 引言

沙尘暴天气是我国北方的灾害性天气之一。自公元16世纪以来,我国就不断见到史书及古诗中有“黄雾下尘”及“边风猎猎卷晴沙”等沙尘现象的记载和诗句^[1-2],近20多年来发生的一次次强沙尘暴事件真正推动了对它的深入研究,尤其是“1993.05.05”金昌特强沙尘暴后,我国出现了大气、沙漠等多学科联合研究的局面^[3-4],学者对沙尘暴形成的气象条件、下垫面条件、光学特性,以及对它的监测、预报、数值模拟和对荒漠化环境的治理等进行了全面研究^[5-9]。2000—2002年中蒙地区沙尘暴急剧增强,使中国北方大部分地区频繁受到沙尘天气的侵袭^[10-11]。沙尘暴天气危害极大,特别是对土壤沙化的助长和对空气质量的严重污染,更是引起了人们的广泛关注。

关于高空急流,多出现在暴雨研究中。暴雨经常发生在低空急流的左前方,高空南亚高压东部的偏北大风轴的右后方^[12-13],远距离台风暴雨与非纬向高空急流、低层台风倒槽有关^[14]。近些年来,随着对沙尘暴天气的关注和研究,有些学者^[10,15]对高空急流进行了研究。高空急流的动量下传对低层风速的加大作用是不容忽视的一个重要因素^[16],而高空急流的存在,是动量下传产生沙尘暴的必要条件。但高空急流的什么部位对沙尘暴产生作用最强、产生的原因是什么等研究还较少。由此可见,对高空急流与沙尘暴之间的关系进行全面和深入的研究是

万方数据

很有必要的。本文利用2000—2004年5a的Micaps(中国气象局气象信息综合分析处理系统)常规资料,对发生在30~50°N之间(指蒙古国及我国)沙尘暴日及其高空急流与沙尘暴天气的关系作了统计分析。

1 高空急流与沙尘暴的关系

沙尘暴日:考虑到只有00时(世界时,下同)和12时有高空常规资料,而沙尘暴主要发生在午后,为了更准确地分析高空急流对沙尘暴的影响,在本文中定义30~50°N之间3个或3个以上基本(准)站在20时(或17时)出现了沙尘暴天气为一个沙尘暴日。

高空急流:以300 hPa位面以上大于 $30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的强风速带为高空急流。考虑到大多数沙尘暴是大尺度天气过程,在本文中定义高空急流轴与沙尘暴中心不超过12个纬距为两者有联系。

统计发现,2000—2004年共出现了46个沙尘暴日,每个沙尘暴日均有高空急流相伴,沙尘暴天气发生时,常常在45~60°N有一支高空急流和中心在35°N以南的强盛的高空副热带西风(或西南风)急流同时出现,沙尘暴区位于两支急流附近,称其为双急流。在本文中把影响沙尘暴的高空急流分为两大类:单急流和双急流。

根据统计结果,与沙尘暴相伴出现的单急流有3类:西风型、西北型和西南型,双急流也有3种类型:西北+西南型、西北+西风型和西南+西南型。

表 1 是 2000—2004 年不同类型高空急流与沙尘暴日数的分布情况。

从表中可以看出 5 a 中 ,与沙尘暴过程相伴的高空单急流有 17 d ,占有急流沙尘暴日的 37 % 其中西风型 2 d ,占总数的 4 % ,西北风型 8 d ,占 17 % ,西南型 7 d ,占 15 % 高空双急流共出现了 29 d ,占有急流沙尘暴天数的 63 % 其中西北 + 西南风型发生的频次最高 ,有 15 d ,占总数的 33 % ,西北 + 西风型次之 ,有 8 d ,占 17 % 其他型较少。可见与沙尘暴天气过程相伴出现的高空急流主要是单急流中的西北型、西南型以及双急流中的西北 + 西南型、西北 + 西风型。高空双急流的高频率出现 ,以及南、北支(有些情况下是东、西支)急流对沙尘暴区造成的影响需要引起足够的注意和研究。统计中发现 ,大

范围的沙尘暴天气一般与 200 ~ 300 hPa 高空的双急流相伴出现。

分析高空西南急流和西北急流中心位置与沙尘暴区的对应关系(表 2)可以发现 ,沙尘暴多发生在高空西南、西北急流的左侧(共 9 d)以及这两种急流的右后方(4 d) ,其中沙尘暴发生在高空西北风急流左后方的日数最多 ,为 4 d ,发生在高空西南风急流右后方的日数有 3 d。

表 3 是沙尘暴位置与两类出现日数较多的高空双急流中心的对应分布。从表中可以看出 ,与西北 + 西南型高空双急流相伴的沙尘暴多出现在双急流中心的左前 + 左后方(图 1a)以及双急流中心的右后 + 左后方(图 1b) 。与西北 + 西风型高空双急流有关的沙尘暴出现的位置比较分散。

表 1 2000—2004 年不同类型高空急流所对应的沙尘暴天数的分布

Table 1 Days of sandstorm under different upper level jet streams during 2000—2004											d
年份	总天数	西风型	西北型	西南型	西北 + 西南	西北 + 西风	西南 + 西南	北风 + 西风	西风 + 西风	西南 + 西风	西风 + 西南
2000	11	0	2	2	3	3	1	0	0	0	0
2001	17	1	5	4	3	2	0	0	1	1	0
2002	12	0	0	0	7	2	1	1	0	0	1
2003	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
2004	4	0	1	0	2	1	0	0	0	0	0
合计	46	2	8	7	15	8	2	1	1	1	1

表 2 沙尘暴区位置与单急流中心关系天数的分布

Table 2 Days of the sandstorms occurring in the different orientations of the single upper level jet streams core during 2000—2004

年份	西南风型急流					西北风型急流			
	急流中心	左前	后部	左后	右后	后部	左前	左后	右后
2000	0	0	0	1	1	0	1	1	0
2001	1	1	1	1	0	1	0	3	1
2002	0	0	0	0	1	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	1	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	1	0	0
合计	1	1	1	2	3	1	2	4	1

注 :后部指急流中心的左后方和右后方。

2 高空急流结构特征与沙尘暴成因分析

对于沙尘暴的成因 ,很多学者都进行过研究。徐国昌等^[17]和杨克明等^[18]的个例计算表明 :地转偏差在黑风过程中起着决定性的作用 ;尹树新等^[16]

和马元仓^[19]则强调了动量下传的重要作用。为了进一步探讨高空急流在沙尘暴天气中所起的作用 ,分别从高空单急流型沙尘暴天气和高空双急流型沙尘暴天气中选择了以下 4 个个例 :2001 年 5 月 3 日 12 时(西北型)、2001 年 4 月 9 日 12 时(西南型)、2002 年 3 月 20 日 12 时(西北 + 西南型)和 2000 年

3 月 26 日 12 时(西北+西风型),逐一分析其风场结构的垂直分布、大气环流垂直结构,并对它们进行综合、比较。个例分析中选取的高空急流所在层次

是对沙尘暴产生影响最为显著的高空急流中心所在的等压面。

表 3 沙尘暴位置与双急流中心的关系次数的分布

Table 3 Days of the sandstorms occurring in the different orientations of the double upper level jet streams cores during 2000—2004 d

	西北+西南		西北+西风						d
	左前+左后	右前+左后	左前+左后	右前+左后	右前+左前	右前+右后	右后+左后	急流区+左后	
2000	1	2	1	1	0	1	0	0	
2001	2	1	1	0	0	0	1	0	
2002	4	3	0	0	0	1	0	1	
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	
2004	1	1	0	1	0	1	0	0	
合计	8	7	1	2	1	1	2	1	

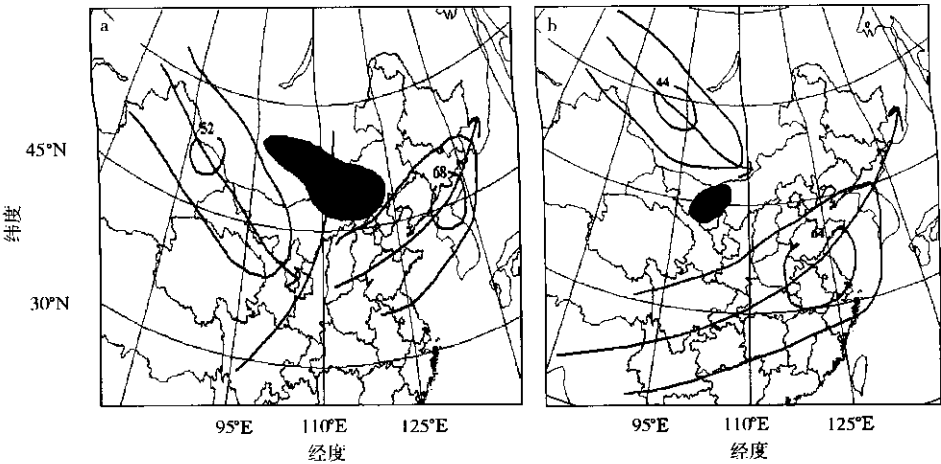


图 1 出现频率最高的双急流型式及沙尘暴区分布(阴影区为沙尘暴区)
a. 西北+西南(左前+左后型) b. 西北+西南(右前+左后型)

Fig. 1 Sandstorm area (shaded) distributions for double upper level jet stream pattern during 2000—2004

a. a NW(left front) plus a SW(left rear) jet stream pattern b. a NW(right front) plus a SW(left rear) jet stream pattern

2.1 高空急流的水平结构

2001 年 5 月 3 日 12 时 200 hPa 全风速场(图 2 a)上,45°N 以南有一支西北—东南向的急流,急流轴上分布着 3 个中心,最大风速为 60 m·s⁻¹,沙尘暴位于西北急流中心的左后方。

2001 年 4 月 9 日 12 时 200 hPa 全风速场(图 2 b)上,35~55°N 之间分布着一支西南—东北向的急流,急流轴上分布着 3 个中心,最大风速为 70 m·s⁻¹,沙尘暴位于西南急流中心的左后部。

2002 年 3 月 20 日 12 时 300 hPa 全风速场(图 2c)上,35~55°N 之间分布着两支急流,西部为西北急流,急流轴上分布着 3 个中心,最大风速为 60 m·s⁻¹,东部为西南急流,急流中心风速为 70 m·s⁻¹

万方数据

m·s⁻¹,沙尘暴位于西北急流的左前方和西南急流的左后方。

2000 年 3 月 26 日 12 时 300 hPa 全风速场(图 2d)上,32°N 以北分布着一支西北急流,急流中心最大风速为 60 m·s⁻¹,32°N 以南为一支西风急流,急流中心风速为 70 m·s⁻¹,沙尘暴位于西北急流的右前方和西风急流的左后方。

2.2 沙尘暴区风场的垂直结构

分别过 4 个个例的沙尘暴中心作全风速场的垂直剖面图(图 3a-3d)。

2001 年 5 月 3 日 12 时(西北型),在全风速经向垂直剖面图上(图 3a),30~50°N 上空为一支强急流,急流中心在 250 hPa 附近,急流随高度向南倾

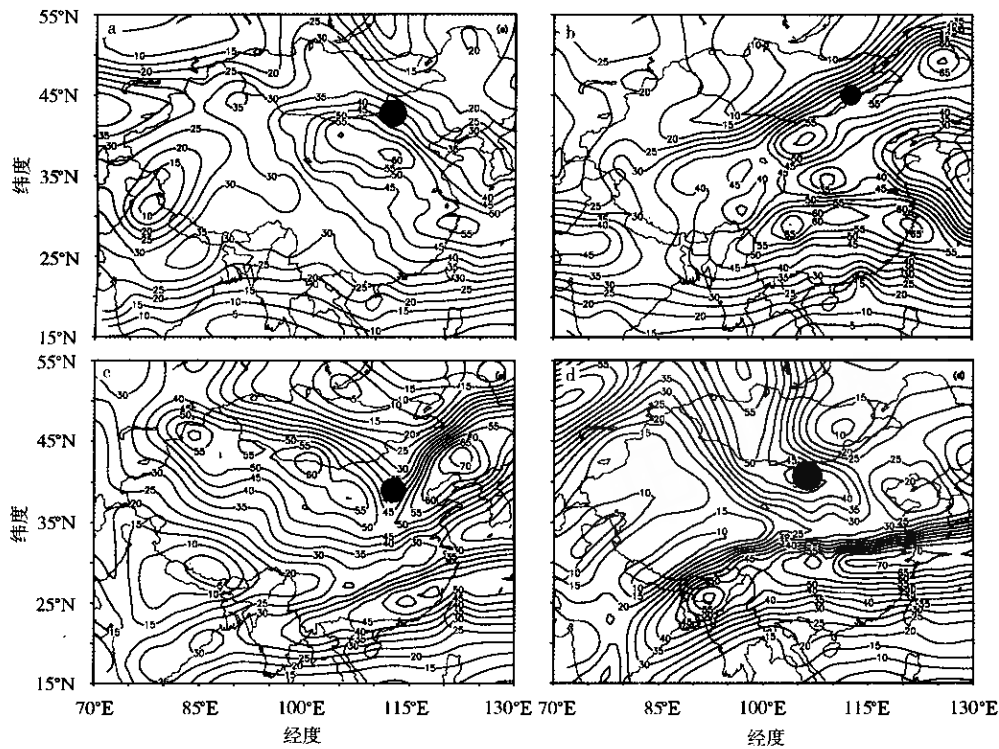


图 2 4 个个例的全风速场(单位 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,阴影区为沙尘暴区)
a. 2001 年 5 月 3 日 12 时 200 hPa 全风速场 b. 2001 年 4 月 9 日 12 时 200 hPa 全风速场;
c. 2002 年 3 月 20 日 12 时 300 hPa 全风速场 d. 2000 年 3 月 26 日 12 时 300 hPa 全风速场
Fig.2 The total wind speed (units : $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) fields for 4 jet stream patterns(shaded areas sandstorm area)
a. 200 hPa at 1200Z 3 May 2001 b. 200 hPa at 1200Z 9 April 2001 ;
c. 300 hPa at 1200Z 20 March 2002 d. 300 hPa at 1200Z 26 March 2000

斜 300 hPa 以下向下向北伸展 ,在 850 hPa 上形成了 $15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的低空急流 ,沙尘暴区位于急流下沉支的南侧。地面图上(图略) ,沙尘暴区位于蒙古气旋和冷锋的后部。在 2001 年 4 月 9 日 12 时(西南型)的沙尘暴天气中(图 3b) ,200 ~ 300 hPa 高空有两支急流 ,但考虑南支西风急流距离沙尘暴中心大于 12 个纬距 ,所以只考虑北支西南急流的影响。4 月 9 日 12 时 ,35 ~ 50°N 上空为一支强急流 ,急流中心在 250hPa 附近 ,急流随高度略向南倾斜 ,其下沉支向低层伸展 ,在 900 hPa 上形成了 $15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的低空急流 ,沙尘暴区位于急流下沉支的南侧。对应地面图(图略)上 ,沙尘暴区位于地面强冷空气的前部。2002 年 3 月 20 日 12 时(西北 + 西南型) ,200 ~ 300 hPa 高空(图 3c)有两支急流 ,南北急流中心相距约 13 个纬距。两支急流的外围等值线在对流层中层合并 ,且向低层伸展 , $15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的等值线伸展到 950 hPa 的高度 ,沙尘暴区位于双急流合并下沉支的下方。对应的地面图上(图略) ,沙尘暴区位于蒙古气旋和冷锋的后部。2000 年 3 月 26 日 12 时
万方数据

(西北 + 西风型) ,在 200 ~ 300 hPa 高空(图 3d)有两支急流 ,南北急流中心相距约 10 个纬距 ,南支西风急流由低层到高层向北倾斜 ,两支急流的外围等值线在对流层中层合并 ,且向低层伸展 ,在 850 hPa 的高度形成了低空急流 ,沙尘暴区位于双急流合并下沉支的正下方 ,对应同时刻的地面图(图略)上 ,沙尘暴区位于蒙古气旋和冷锋的后部。
综上所述 ,沙尘暴多位于蒙古气旋和冷锋的后部 ,不论是单急流型还是双急流型沙尘暴 ,均有高空急流的向下延伸 ,高空急流的下沉支产生强烈的高空动量下传 ,在低空和近地面层形成低空急流 ,促使地面风速加大 ,导致了沙尘暴的发生、发展。分析可见 ,不论是否为单、双急流 ,在 4 个个例的全风速经向剖面中都出现了两支高空急流 ,一般北支高空急流高度较低 ,中心多在 300 hPa ,南支高空急流高度一般在 200 hPa ,中心风速多大于北支急流 ,双急流的个例更是如此 ,除西北型单急流个例之外 ,另外 3 个个例中北支急流随高度升高向南倾斜 ,南支急流随高度的升高向北倾斜 ,在其他的个例中也大都如

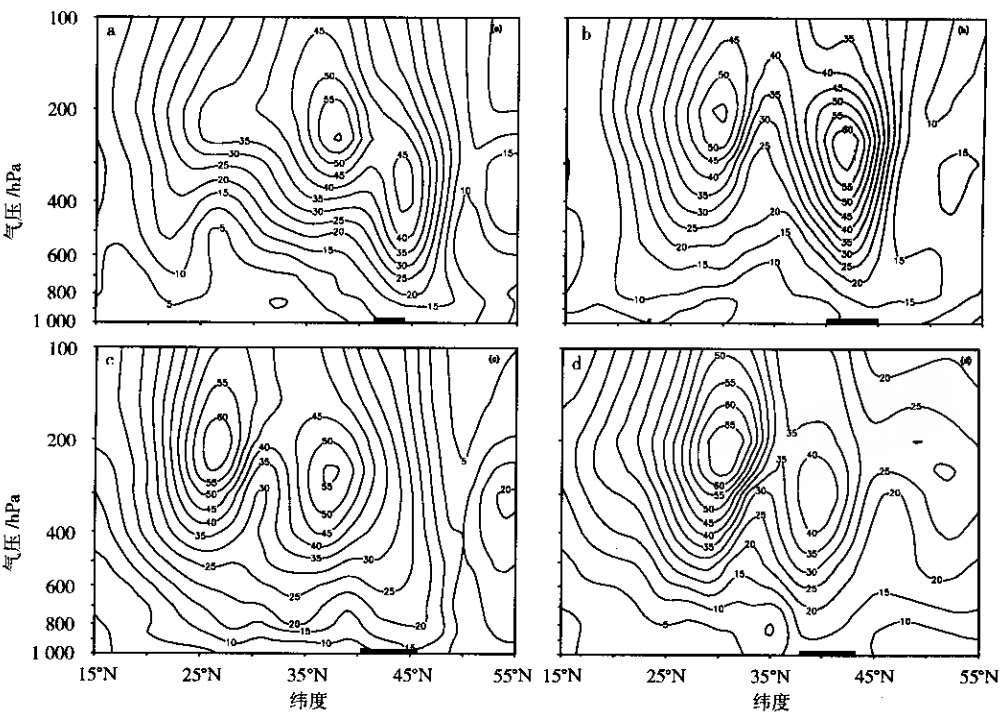


图3 过4个个例的沙尘暴中心沿全风速场的垂直剖面(加粗的线段代表沙尘暴区域;单位 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

a. 2001年5月3日12时全风速场沿 112°E 的垂直剖面 b. 2001年4月9日12时全风速场沿 109°E 的垂直剖面;
c. 2002年3月20日12时全风速场沿 116°E 的垂直剖面 d. 2000年3月26日12时全风速场沿 106°E 的垂直剖面

Fig.3 Latitude-height cross sections of total wind speed through the center of sandstorms in 4 cases
(the thick line on the abscissa denotes the position of sandstorm area units $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

a. along 112°E at 1200Z 3 May 2001 b. along 109°E at 1200Z 9 April 2001;
c. along 116°E at 1200Z 20 March 2002 d. along 106°E at 1200Z 26 March 2000

此。单急流型沙尘暴多发生于北支急流下沉支的南侧,双急流型沙尘暴发生于双急流合并下沉支的下方。

2.3 垂直环流的结构与沙尘暴成因分析

为了分析不同沙尘暴过程的垂直环流结构,分别过4个个例的沙尘暴中心作垂直环流经向剖面图(图4a-4d)。

2001年5月3日12时(图4a), $30^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$ 上空为辐散下沉气流,最强下沉支从急流的北侧下沉后向沙尘暴区流动,与地面的强风汇合,促使地面风速加大,并加强了锋前地面的辐合上升运动,导致沙尘暴区的偏北大风形成。可见,西北高空急流在沙尘暴过程中的动量下传作用非常强。由散度场的剖面(图4e)可知,沙尘暴区 $200\sim 700\text{ hPa}$ 为辐合场,沙尘暴区位于西北风高空急流的左前方, 700 hPa 以下为辐散场,可见沙尘暴区若处于 200 hPa 高空急流左前的辐合场及 700 hPa 以下辐散场的位置时有利于沙尘暴的发展,沙尘暴就发生在低层强辐散与强辐合的转换区域。

2001年4月9日12时(图4b), $300\sim 200\text{ hPa}$ 万方数据

高空有两支急流,南支急流为西南风急流(因为南支急流距离沙尘暴中心较远,超过了12个纬距,所以在这里只讨论北支西南急流)。从图中可以看到,来自低纬的气流在 30°N 附近辐合上升,在 $300\sim 200\text{ hPa}$ 高度向北伸展,在 44°N 附近与高纬高层的偏北下沉气流在对流层中层汇合下降,然后又与低层偏北气流汇合,在对流层中低层形成了一支正环流。可以看出,北支急流的下沉支所形成的动量下传是造成这次沙尘暴的主要原因,但南支急流与北支急流构成的正环流圈使高层动量有效下传,从而促进了沙尘暴的发展。

2002年3月20日12时(图4c), $200\sim 300\text{ hPa}$ 急流以下, $25^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$ 的范围内,南支西南急流中心以下为强盛的上升气流;北支急流高层也为上升气流,在其中心以下有两支南部上升,北部下沉的正环流,环流中心分别位于 600 hPa 、 400 hPa 附近,在 $44^{\circ}\sim 48^{\circ}\text{N}$ 的近地层有一支弱的反环流。正、反环流圈的形成有利于低层辐散、高层辐合,促进了高层动量下传。再沿 43°N 的纬向剖面分析(图5),东西两支急流之间为明显的下沉气流,可见两支高空急流的

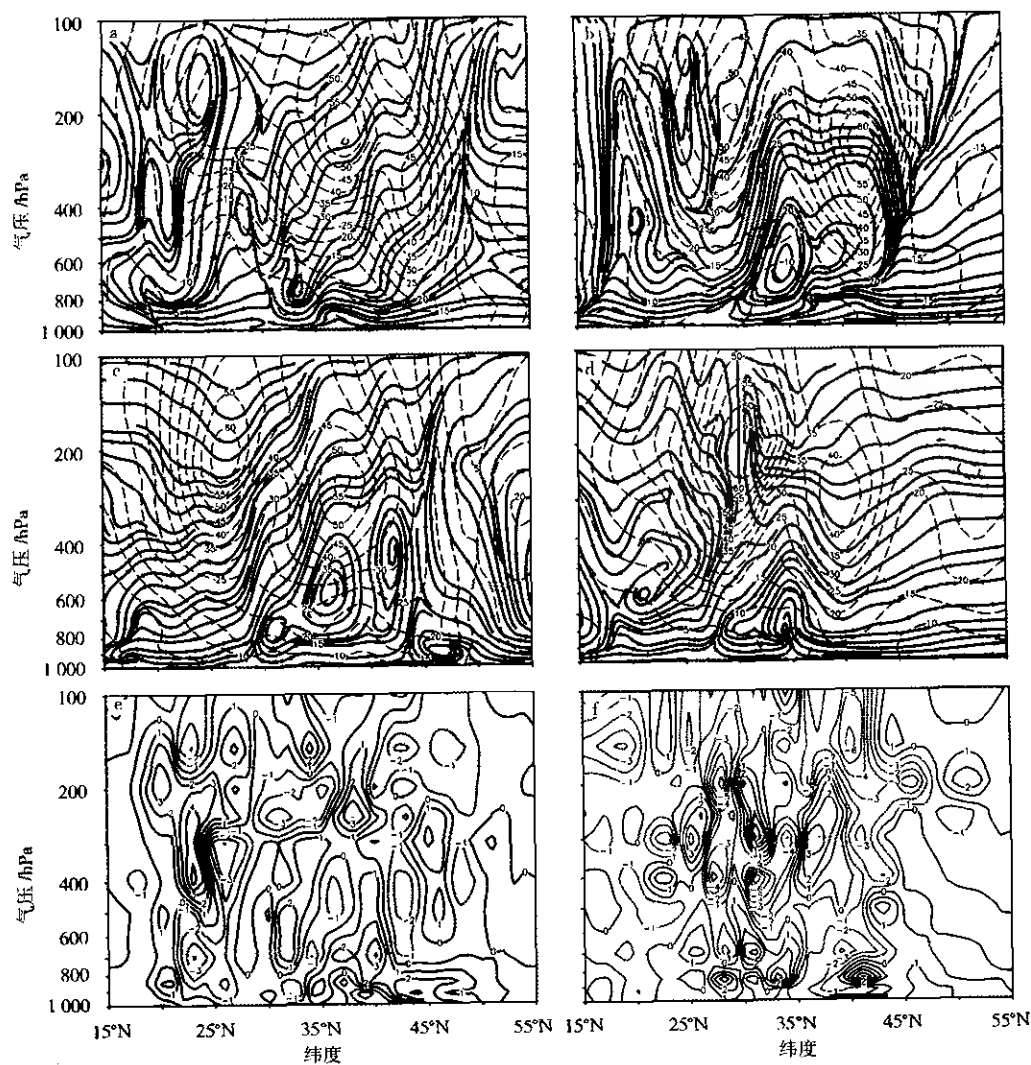


图 4 过 4 个个例的沙尘暴中心沿垂直环流向剖面

(a-d: 虚线为全风速场, 单位 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; 实线为 $v-w$ 环流, w 扩大至 100 倍; 粗黑线段为沙尘暴区域)

- a. 2001 年 5 月 3 日 12 时 $v-w$ 环流场沿 112°E 的垂直剖面; b. 2001 年 4 月 9 日 12 时 $v-w$ 环流场沿 109°E 的垂直剖面;
c. 2002 年 3 月 20 日 12 时 $v-w$ 环流场沿 116°E 的垂直剖面; d. 2000 年 3 月 26 日 12 时 $v-w$ 环流场沿 106°E 的垂直剖面;
e. 2001 年 5 月 3 日 12 时散度场沿 112°E 的垂直剖面(单位: 10^{-5}s^{-1});
f. 2001 年 3 月 26 日 12 时散度场沿 106°E 的垂直剖面(单位: 10^{-5}s^{-1})

Fig. 4 Cross sections of meridional circulation(a, b, c, d) and divergence(e, f) through the center of 4 sandstorms

(a-d: dashed line total wind speed, units: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; solid line: $v-w$ circulation, the value of w has been enlarged by 100 times; thick line on the abscissa: sandstorm area)

- a. along 112°E at 1200Z 3 May 2001; b. along 109°E at 1200Z 9 April 2001;
c. along 116°E at 1200Z 20 March 2002; d. along 106°E at 1200Z 26 March 2000;
e. along 112°E at 1200Z 3 May 2001(units: 10^{-5}s^{-1}); f. along 106°E at 1200Z 26 March 2000(units: 10^{-5}s^{-1})

共同作用加剧了高层动量下传, 促使地面风速加大, 促进了该区域沙尘暴的发展。

2000 年 3 月 26 日 12 时(图 4d), 在南北双急流之间形成了一支反环流。由散度场剖面(图 4f)分析, 在沙尘暴区附近, 500 ~ 200 hPa 高空 $35 \sim 45^\circ\text{N}$ 附近为强的辐散场, 低层以辐合为主。位温场上

(图 6), 沙尘暴区上空 700 ~ 900 hPa 有中性和弱不稳定层结存在, 对应的相当位温场(图略)上为对流不稳定。干旱环境下形成的深厚混合层的意义在于混合层的中性层结有利于深厚对流的产生^[10], 强对流混合有利于低层辐合、高层辐散, 而低层辐合、高层辐散造成的抽吸作用将地面沙尘带入高空, 产生

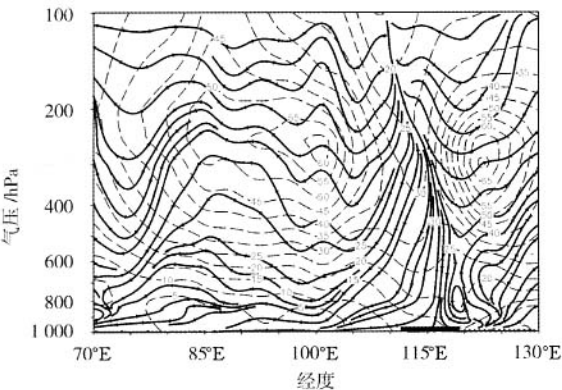


图5 2002年3月20日12时
全风速场沿43°N的垂直剖面
(虚线为全风速,单位 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;实线为流场)

Fig.5 Latitude-height cross-section of total wind speeds
along 43°N at 1200Z 20 March 2002
(dashed line total wind speed contour units $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;
solid line streamline)

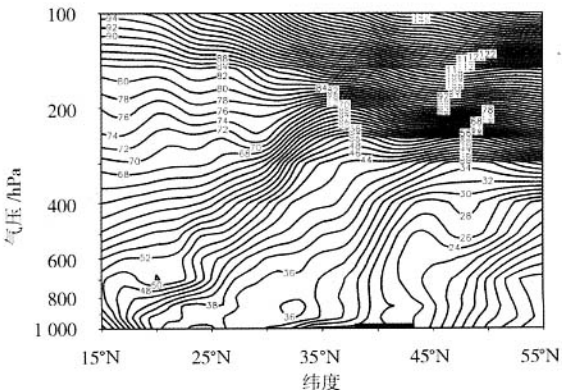


图6 2000年3月26日12时位温场
沿106°E的垂直剖面(单位:°C)

Fig.6 Latitude-height cross-section of potential
temperatures along 106°E at 1200Z 26
March 2000 (units: °C)

沙尘暴。

综上所述,高空急流与沙尘暴的发展有非常密切的关系。(1)不论是上升还是下沉气流均有可能产生沙尘暴:低层辐合,高层辐散导致的抽吸作用,可引起近地层大风和沙尘暴,强的下沉气流可导致高层动量有效下传,有利于沙尘暴的产生。(2)影响沙尘暴的高空急流有单急流、双急流(2000年3月26日20时)甚至三急流(2002年3月20日12时);(3)高空急流中心的位置随高度的变化较大,在有利的配置下,也可导致沙尘暴的产生。(4)南、北支高空急流之间往往会形成一支环流促进沙尘暴的产生、发展。

3 结论

利用2000—2004年的Micaps常规资料,对发生在30~50°N之间的46d沙尘暴天气及其高空急流与沙尘暴天气的关系作统计分析,发现:

(1)沙尘暴与高空急流总是相伴出现。在本文中将与沙尘暴相伴出现的高空急流分为2大类:单急流和双急流。和沙尘暴相伴出现的高空单急流主要有:西北型和西南型,与沙尘暴过程相伴的高空双急流主要有:西北+西南型、西北+西风型。

(2)沙尘暴多发生在高空西南风、西北风急流的左侧以及这两种急流的右后方。与高空西北+西南型双急流相伴的沙尘暴多出现在西北急流中心的左前方和西南急流的左后方以及西北急流中心的右前方和西南急流的左后方,与西北+西风型高空双急流有关的沙尘暴出现的位置比较分散。

由典型的引起沙尘暴的高空急流个例分析还可发现:

(1)一般北支高空急流高度较低,中心多在300hPa,南支高空急流高度一般在200hPa,中心风速多大于北支急流,双急流的个例更是如此。单急流型沙尘暴多发生于北支急流下沉支的南侧,双急流型沙尘暴发生于双急流合并下沉支的下方。

(2)不论是上升还是下沉气流均有可能产生沙尘暴。低层辐合、高层辐散导致的抽吸作用,可引起近地层的大风和沙尘暴,强的下沉气流可导致动量有效下传有利于沙尘暴的形成。

(3)影响沙尘暴的高空急流有单急流、双急流,甚至三急流,高空急流中心的位置随高度的变化较大,在有利的配置下,也可导致沙尘暴的产生。

(4)南、北支高空急流之间往往会形成一支环流促进沙尘暴的形成和发展。

由于沙尘暴活动的年代际变化较大,本文对沙尘暴与高空急流关系的统计结果因统计年代时间较短,所得结论具有一定的局限性。

参考文献:

[1] 张德二.我国历史时期以来降尘的天气气候学初步分析[J].中国科学B辑,1984(2):278-288.

[2] 黄兆华.我国西北地区历史时期的风沙尘暴[M]//中国沙尘暴研究.北京:气象出版社,1997:31-36.

[3] 方宗义,朱福康,江吉喜,等.中国沙尘暴研究[M].北京:气象出版社,1997.

[4] 杨之远,李明侃,柳中明,等.长程输送黄沙与本地污染空气质量监测比较——1995年3月12日—16日资料分析[J].中华

民国环境保护学会会志 ,1997 20 :1-38.

[5] 邱金恒 ,孙金辉. 沙尘暴的光学遥感及分析[J]. 大气科学 , 1994 ,18(1) :1-10.

[6] 王劲松 ,俞亚勋 ,赵建华. 中国北方典型强沙尘暴的地面加热场特征分析[J]. 中国沙漠 2004 24(5) :599 – 602.

[7] 郭慧 ,王式功 ,李栋梁 ,等. 甘肃春季沙尘暴环流特征及其时间尺度诊断分析[J]. 中国沙漠 2004 24(5) :593-595.

[8] 康凤琴 ,李耀辉 ,吕世华. 2001 年 4 月 8 日强沙尘暴天气的数值模拟研究[J]. 中国沙漠 2003 23(6) :681-684.

[9] 叶笃正 ,丑纪范 ,刘纪远 ,等. 关于我国华北沙尘天气的成因与治理对策[J]. 地理学报 2001 55(5) :513-520.

[10] 姜学恭 ,沈建国 ,刘景涛 ,等. 导致一例强沙尘暴的若干天气因素的观测和模拟研究[J]. 气象学报 ,2003 ,61(5) :606-613.

[11] 周自江 ,章国材. 中国北方的典型强沙尘暴事件(1954—2002 年) [J]. 科学通报 2003 48(11) :1224-1228.

[12] 翟国庆. 对流层高层偏北气流在梅雨暴雨中的作用[J]. 气象学报 ,1998 ,56(1) :68-76.

[13] 翟国庆 ,高坤 ,孙淑清. 梅雨期高层流场对低层急流及中尺度系统影响的数值实验[J]. 气象学报 ,1997 55(6) :714-725.

[14] 丁治英 ,张兴强 ,何金海 ,等. 非纬向高空急流与远距离台风中尺度暴雨的研究.[J]. 热带气象学报 ,2001 ,17(2) :144-154.

[15] 许东蓓 ,康凤琴 ,郑新江. 1998 年“ 4. 18 ”强沙尘暴分析及数值模拟[J]. 气象 2002 28(8) :10-11.

[16] 尹树新 ,赵亚贤. 西风急流异变对“ 5. 5 ”西北地区沙尘暴的影响[M]//中国沙尘暴研究. 北京 :气象出版社 ,1997 :65-69.

[17] 徐国昌 ,陈敏连 ,吴国雄. 甘肃省“ 4. 22 ”特大沙尘暴分析[J]. 气象学报 ,1979 ,37(4) :26-35.

[18] 杨克明 ,韩建刚 ,顾秋瑾 ,等.“ 5. 5 ”黑风暴过程初步探讨[J]. 气象 ,1993 ,19(12) :23-28.

[19] 马元仓. 1992 年 4 月 28 日青海沙尘暴分析[M]//中国沙尘暴研究. 北京 :气象出版社 ,1997 :59-61.