

两次沙尘暴天气过程的对比分析

蒲云锦¹ 韩春光

(新疆石河子气象局, 新疆 石河子 832000)

摘 要

本文根据高空和地面资料, 利用数值模式的客观和诊断分析结果、以及天气图进行天气形势、物理量场的定量分析及单站气象要素的演变分析等, 对 2009 年 5 月 26-27 日两次沙尘暴天气过程进行了分析。结果表明: 两次沙尘暴过程的形成是由于生成于新西伯利亚的冷气旋强烈发展, 在新疆西北部地区形成大范围的强西北风而引起的。地面锋线及高空槽后都为偏北大风区, 强劲的空中风使沙尘迅速向前方扩展。地面锋线与 850、700、500hPa 槽线上、下位置重合较好, 槽后各层均存在大风区及下沉运动区, 二者配合有利于高层动量下传, 形成地面辐散大风, 直接导致了沙尘暴的形成。陡峭的锋面使得锋前有强盛的上升气流, 将沙尘粒子源源不断地输送到高空, 使地面和空中沙尘连成一体。通过高空稳定度指标的计算结果表明: 整层大气比较稳定, 对流不易发展。近地面大气较干燥, 无法形成降水, 疏松的沙土易被大风扬起, 这也是沙尘暴形成的主要原因之一。

关键词: 沙尘暴; 气旋; 大风

引言

自 20 世纪 90 年代以来, 我国学者在沙尘暴天气机制的研究上取得了许多成果, 总结出沙尘暴的发生需要具备三个必要条件: 一是要有足够强劲的风力; 二是对流层低层要处于垂直不稳定状态, 及热力不稳定条件; 三是大风经过的区域内下垫面植被稀疏, 土质干燥疏松, 存在着丰富的沙尘源。提出了多种研究理论, 如: 冷锋前爬线引发黑风暴的机理^[1,2,3]、沙尘暴内部沙尘辐射加热的正反馈效应^[4]、垂直环流和水平方向上风速的切变对沙尘暴形成有重要作用^[5]等等。

就沙尘暴天气的产生而言, 强风是关键, 也就是说对产生强风的天气系统的分析是研究沙尘暴产生和发展的关键。2009 年 5 月 26 日和 5 月 27 日在新疆于田县发生的两次沙尘暴天气过程就是分别由强冷锋锋区和极地低压造成的。因此, 作者对这两次沙尘暴天气过程作了对比分析, 希望通过对这两种主要影响系统的比较、分析研究, 进一步认识南疆地区沙尘暴天气的成因和发生机制, 确定两种影响系统对沙尘暴天气的形成机理有何异同。

新疆于田县地处塔克拉玛干大沙漠南缘, 位于北纬 $36^{\circ} 51'$, 东经 $81^{\circ} 39'$ 。属大陆性干旱沙漠性气候。年降水量少, 植被稀疏, 沙漠戈壁广布, 为沙尘暴的发生提供了大量的沙尘源, 春季又多大风天气, 因此沙尘暴发生频率很高。极地气旋和冷锋混合是造成这两次沙尘暴天气的主要天气系统。

1、资料来源

¹作者简介: 蒲云锦, 1977 年生, 女, 四川射洪人, 本科学位, 助理工程师, 研究方向: 大气科学, Email: xjshzhcg@si.na.com, 电话: 13999332800

本文所用资料主要来自于新疆于田县气象局的地面资料，MICAPS 程序的高空及地面报文资料。以及来自于南京信息工程大学气象台的高空报文资料。

2、气象要素对比分析

于田站是新疆沙尘暴天气的多发区，也是气象观测资料最全、最详细的国家基本站之一。因此，以于田站为例，对两次过程前后各气象要素的实况及变化进行详细的分析。

2.1 实况

2009年5月26日21:23开始出现沙尘暴，22:50结束，持续1小时27分，瞬时最大风速 $13.8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ，最低能见度800m。日平均气压较前一日降低 2.1hPa ，20点气温比前一日降低 1.3 ，伴随降温还出现了阵雨和雷暴天气。

2009年5月27日20:11开始出现沙尘暴，20:52结束，持续41分钟，瞬时最大风速 $12.9\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ，最低能见度200m，日平均气压较前一日升高 3.9hPa ，20点气温比前一日降低 4.1 ，无降水。对比两次过程，27日过程比26日的过程开始时间早、持续时间短、变压降温明显、水平能见度较低，而26日过程伴随有强对流天气。

2.2 气压、气温、能见度、风向风速

对两次沙尘暴发生当天08时~02时的气压、气温、能见度、风向风速的演变，绘制趋势图(图1)。

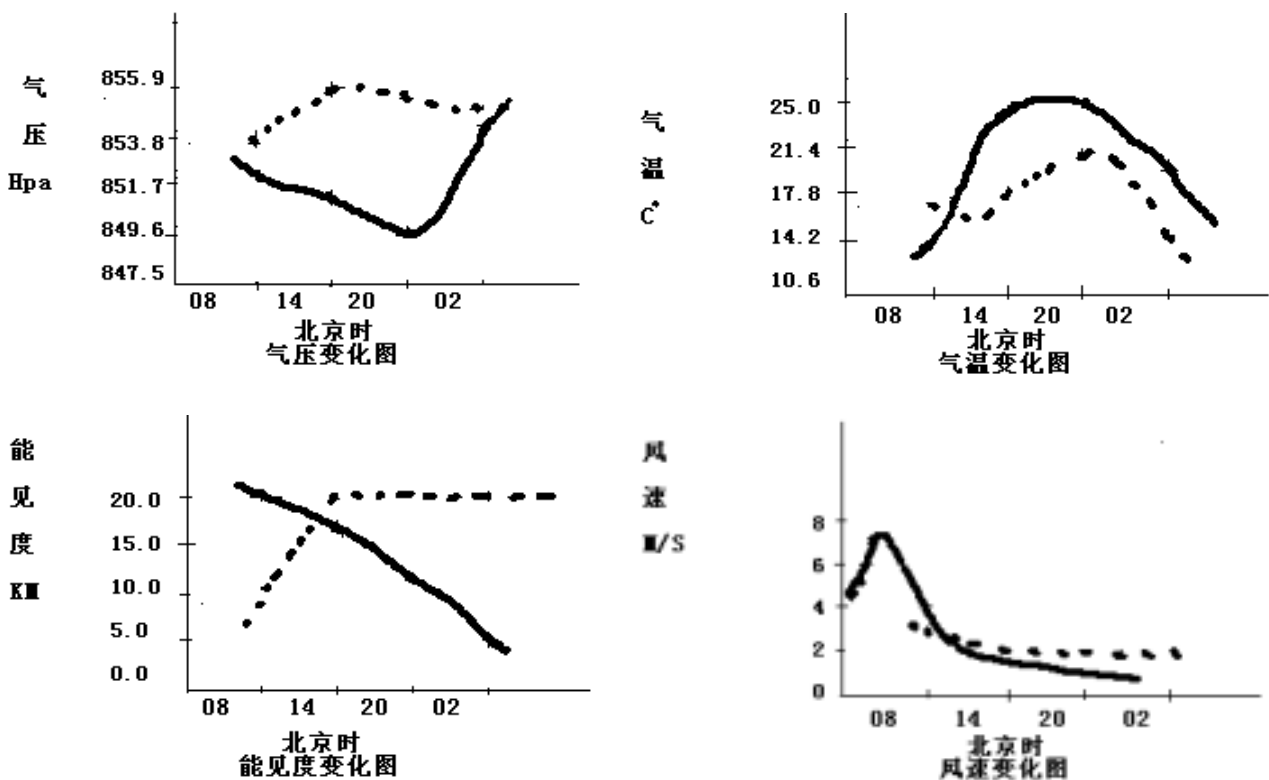


图1 两次沙尘暴过程于田站08~02时地面气象要素对比图

Fig.1 Ground weather factor contrast chart of twice dust devil at 08-02h in Yutian

实线: 2009年5月26日, 虚线: 2009年5月27日

Real line: May 26, 2009 Broken line : May 27, 2009

分析发现: 26日, 从08时起, 地面气压值和能见度均开始下降, 而气温和风速开始增大; 沙尘暴发生时

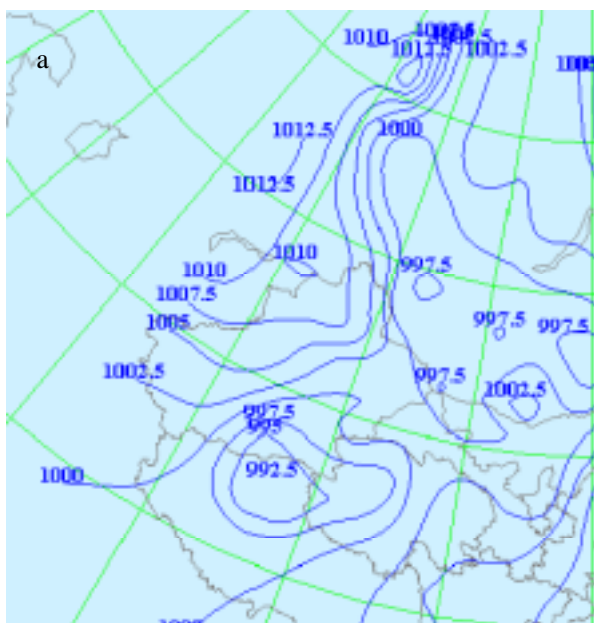
气压达到最小值,之后开始显著增大,气温和风速则达到当天最大值,之后开始明显下降,并持续降低;能见度到沙尘暴结束时达到当天最低值,之后开始回升。风向的演变都是在沙尘暴爆发前两小时由偏南风转为偏北风,然后一直持续偏北风。不同的是:第一,26日过程从08时起,能见度就一直开始降低,到沙尘暴结束时达到当天最低值800m,并持续了近两个小时,之后开始回升;而27日过程08~14时能见度在增加,从20时才开始降低,沙尘暴结束时达到当天最低值200m,仅持续了近一个小时,之后开始明显回升;第二,27日过程从08时到沙尘暴发生,气压值无明显变化,基本呈均压趋势,到沙尘暴结束后气压值才开始显著增大,与26日过程相比,沙尘暴发生前后气压变化不十分明显。

从图1看出:两次过程发生前后,气压、气温、能见度、风速风向的变化都很明显,这是因为两次过程都发生在冷气旋移至沙漠附近,致使沙尘暴的日变化极为显著;但由于影响两次过程的冷空气和气旋的强度、路径、时间不同,在变化程度上,26日过程更明显。

3、天气形势场分析

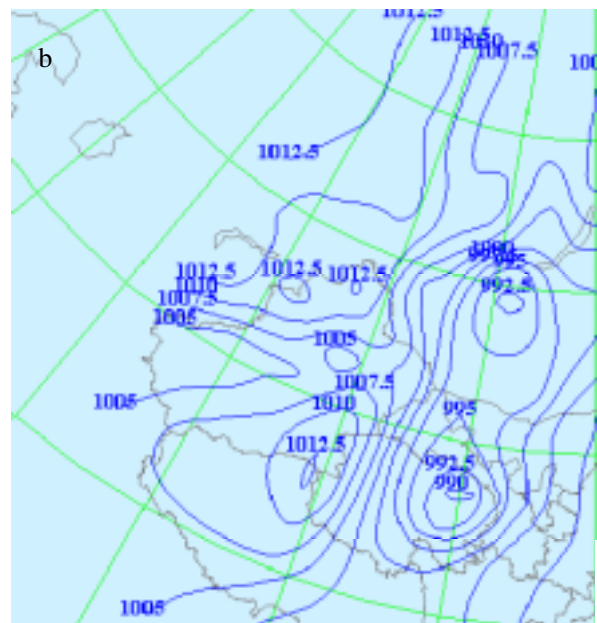
2009年4月份以来冷空气活动异常频繁,同时伴有温带气旋在南疆和青海以南强烈发展,导致风力显著加大。5月下旬的这两次沙尘暴过程都与冷空气活动频繁、极地气旋的迅速南下、连续大风有关。生成于沙漠附近的气旋,由于源地水汽少,下垫面较干燥,当气旋发展较强时,则在其周围出现大范围的大风天气,在新疆南部以西北风为主。当气旋沿西北路径南下东移,往往逐渐减弱,此时在新疆、蒙古西部均会出现大风天气。其中5月26日在于田出现扬沙和沙尘暴天气,并伴有降水,风力达6-7级,能见度为800米。5月27日的沙尘暴最为强烈,风力6—7级,能见度达到了200米。和田地区普遍出现了扬沙或沙尘暴天气。

3.1 地面形势场分析



5月26日20时(a)

At 20:00 on May 26 (a)



5月27日20时(b)

At 20:00 on May 27 (b)

图2 地面气压场形势

Fig.2 Position of ground air pressure field

5月26日20时(图2a),影响本次过程的是位于青海和西藏的两个闭合低压,在 86°N 、 35°E 附近合并后形成的一个强烈发展的气旋,中心值 992.5hPa 。在气旋中心形成两条闭合等压线,且在于田县附近较为密集,气压梯度比较大。地面锋线为东北—西南走向,位于和田河---塔中一线。在锋后有大范围的强西北风,且垂直于锋线。27日08时(图略),低压迅速减弱,中心移至青藏高原附近,随着气旋的东移,沙尘暴过程结束。

5月27日20时(图2b),影响本次过程的是来自西西伯利亚的强大的冷气团(冷高压)向东移动,在巴湖附近形成强盛的冷高压,中心值 1012.5hPa ,并在塔克拉玛干大沙漠以南形成一个次高压中心,整个系统在 30°N — 60°N , 92°E — 93°E 处,与发展旺盛的蒙古气旋相遇,所以移速减慢。于田县位于次高压的后部,有大范围的偏南气流。此后,气旋东移减弱。(图2为利用数值预报模式输出的客观分析和诊断分析结果,由于平滑的原因,中心值比实际小)。

3.2 高空形势场分析

3.2.1 500hPa 环流背景及演变特征

5月26日20时500hPa高空图显示,欧亚大陆为两脊两槽型,中高纬度环流呈3波型分布。20时,随着乌拉尔山脊的强烈发展和环流经向度加大,极地冷空气沿脊前西北气流南下,使位于巴湖的槽明显加深且影响我国西北地区。槽线在 60°E 附近(图3a),配合较强冷中心(-28) (图3b),槽底气流平直,西北风风速较大,我国西北边缘地区基本处于此低压槽及其槽底锋区控制之下。受缓慢南压锋区的影响,风速有所增大, 75°E 附近西风带上可以分析出一个小波动(按新疆预报员的习惯, 45°N 以南的波动称为南支波动,相应的锋面称南支锋面)槽后为偏北气流,槽前为偏西南气流,此小槽不是一个浅薄系统,从 850hPa ~ 200hPa 均可以分析出来,槽后有一定的冷平流,尤其在低层,冷平流较明显。

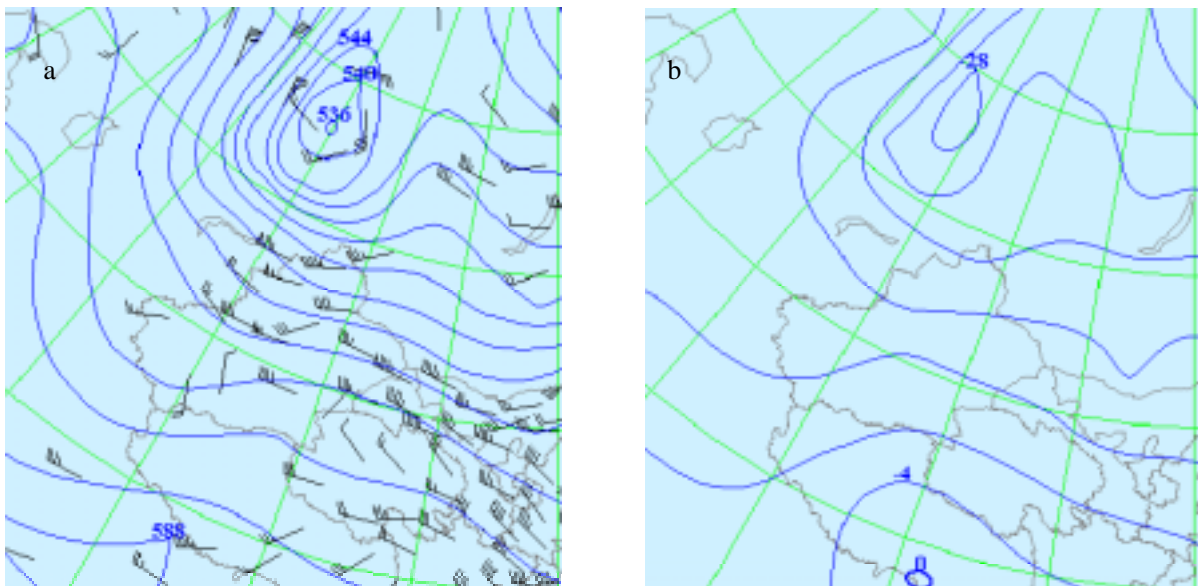


图3 2009年5月26日20时500hPa高度场(a)和温度场(b)

Fig.3 500hPa altitude field (a) and temperature field (b) at 20:00 on May 26, 2009

5月27日20时500hPa层,巴湖及贝加尔湖附近各为一低压槽,两槽之间为宽广的高压脊,乌山西侧有高压脊发展,巴湖低槽随着系统规律东移,由于中亚脊阻挡作用,新西伯利亚南下冷空气在新疆境内堆积加强,形成深厚的高空冷槽和强锋区(图4a),冷中心达 -28 (图4b),冷槽底部在巴湖至北疆形成一支风

速大于 12m/s、最大风速达 30m/s 的强西风急流带,对应 700hPa,新西伯利亚也有一冷低压槽,锋区进一步加强,温度槽略落后于高度槽,槽后冷中心强度不强。

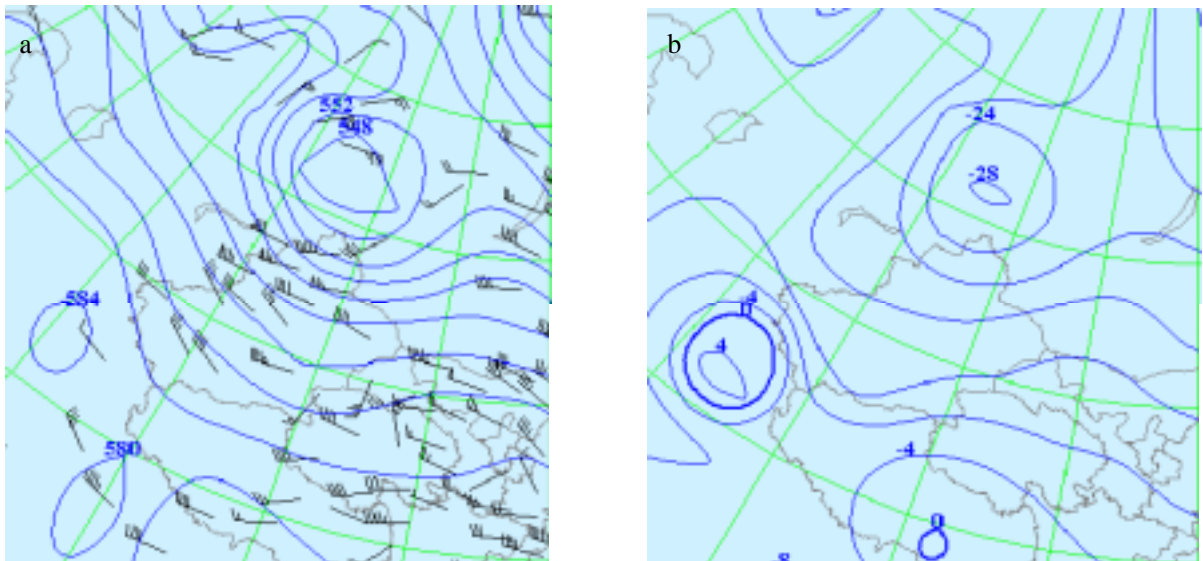


图 4 2009 年 5 月 27 日 20 时 500hPa 高度场 (a) 和温度场 (b)

Fig.4 500hPa altitude field (a) and temperature field (b) at 20:00 on May 27 ,2009

上述分析表明:两次过程影响系统均为强冷空气和锋面气旋,二者之间的气压梯度和变压梯度都很大,差异是 26 日过程中,于田地区还受到了南支锋面的影响,所以这次过程影响范围不大,但伴随有对流天气。27 日,南支锋在向东南方向移动过程中,受西藏以南副高的作用,南支槽减弱北抬,冷锋和锋面气旋主体在东移过程中南压影响东疆和青海。该过程由于西风急流平直且旺盛,所以产生的沙尘暴天气较强。

3.2.2 700hPa 环流背景及演变特征

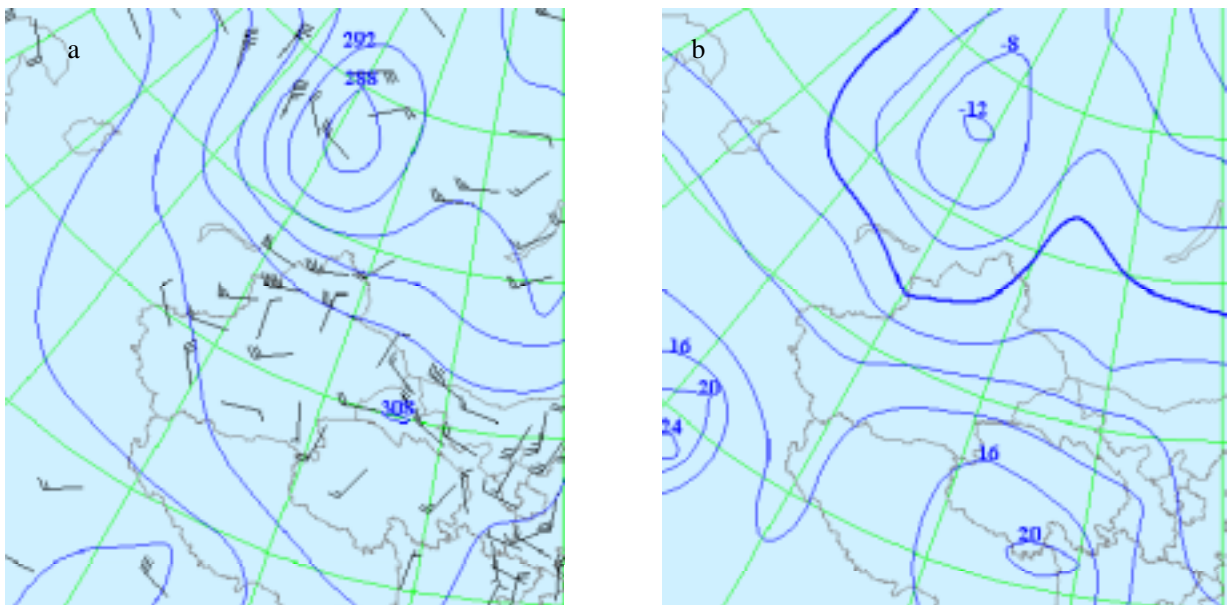


图 5 2009 年 5 月 26 日 20 时 700hPa 高度场 (a) 和温度场 (b)

Fig.5 700hPa altitude field (a) and temperature field (b) at 20:00 on May 26 ,2009

从 26 日 20 时 700hPa 高空图看,位于新疆北部上空的暖脊开始减弱,气旋中心位于 $56^{\circ}\text{N}, 82^{\circ}\text{E}$ 处,中心值 2288 位势米(图 5a)。冷中心位于 $56^{\circ}\text{N}, 79^{\circ}\text{E}$ 附近,中心最低值为-12 (图 5b)。等高线与等温线均较密集,槽后风速平均 16m/s ,以西北风为主,存在较强冷平流。

27 日 20 时 700hPa 高空图,位于巴湖北部的槽东移减弱,气旋范围明显缩小,中心值 3000 位势米(图 6a)。冷中心强度减弱,中心最低值为-8 (图 6b)。

由该层形势场配置可知系统为一深厚的后倾系统,槽前正的涡度平流提供了动力条件,槽前暖平流提供热力条件,造成地面强烈减压,热低压迅速发展。随着高空冷涡的形成、加深,地面蒙古气旋加强,为强沙尘暴的发生提供了大尺度环流条件。

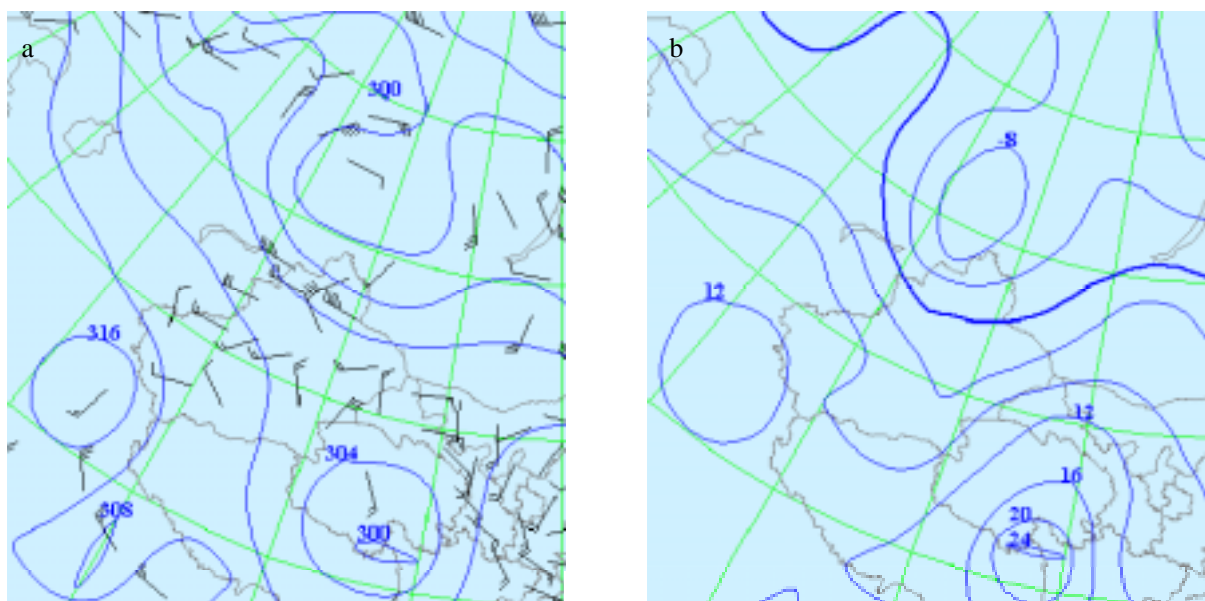


图 6 2009 年 5 月 27 日 20 时 700hPa 高度场 (a) 和温度场 (b)

Fig.6 700hPa altitude field (a) and temperature field (b) at 20:00 on May 27, 2009

3.2.3 850hPa 环流背景及演变特征

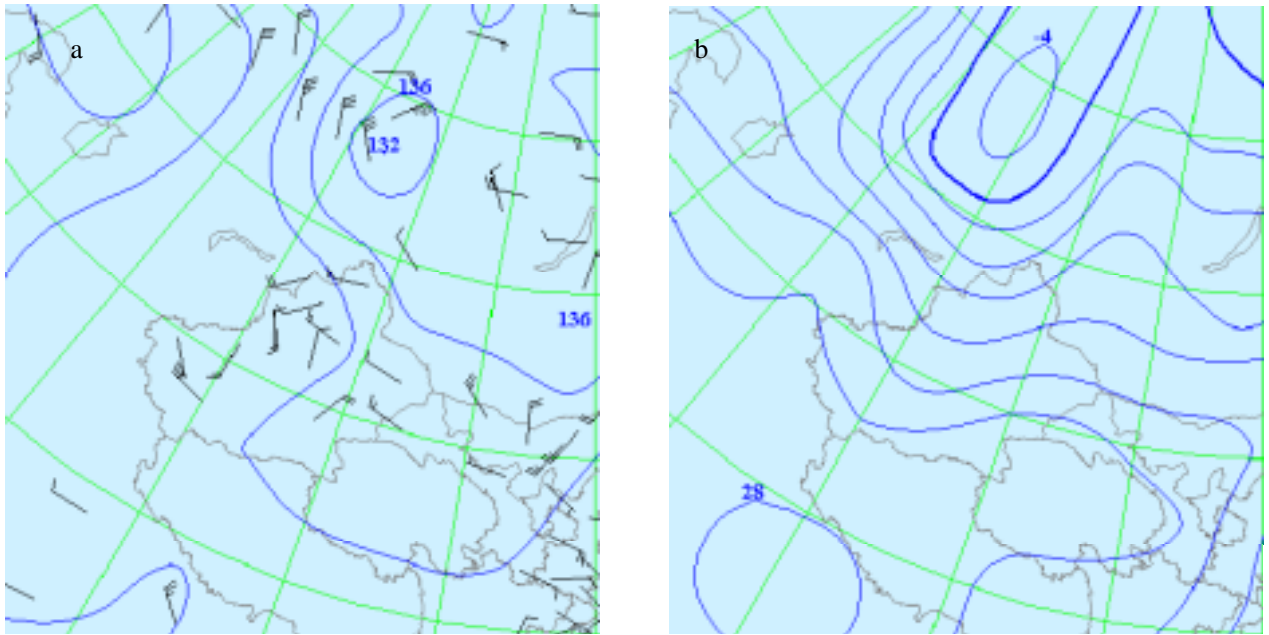


图7 2009年5月26日20时850hPa高度场(a)和温度场(b)

Fig.7 850hPa altitude field (a) and temperature field (b) at 20:00 on May 26, 2009

5月26日20时850hPa图上,气旋中心位于 58°N , 85°E 附近,等高线密集,位势梯度较大。槽线位于巴湖附近(图7a)。槽后 58°N , 78°E 附近有一较强冷中心,此冷中心与地面冷高压相对应。在冷中心周围等温线密集,温度梯度较大,槽后风向与等温线有 45° 夹角,有较强的冷平流,有利于槽的发展(图7b)。

27日20时850hPa图上,气旋东移减弱(图8a),冷中心强度也由-4升高到0(图8b)。塔克拉玛干沙漠上空有了明显的西北大风。

由此可见,冷空气活动不但对冷涡发展非常重要,而且冷锋后的强冷空气下冲对地面大风的形成也很关键。

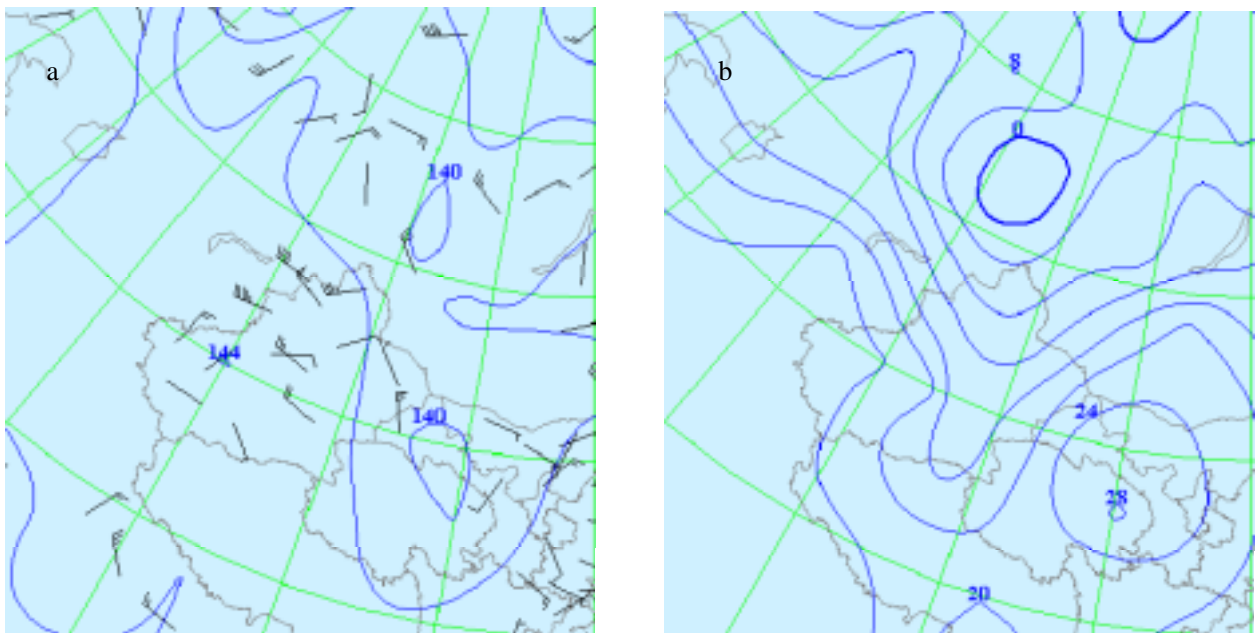


图8 2009年5月27日20时850hPa高度场(a)和温度场(b)

Fig.8 850hPa altitude field (a) and temperature field (b) at 20:00 on May 27, 2009

4、物理量场分析

4.1 地面温度露点差比较

地面温度露点差反映了近地面大气干湿状况。7个时次 T-Td 值比较(表 1)可以看出:T-Td 均比较大,平均在 10.1 左右。5月26日最大达到 17.5。由于近地面大气始终较干燥,利于土壤中水份的蒸发,疏松的沙土易被大风扬起,有利于沙尘暴的形成。

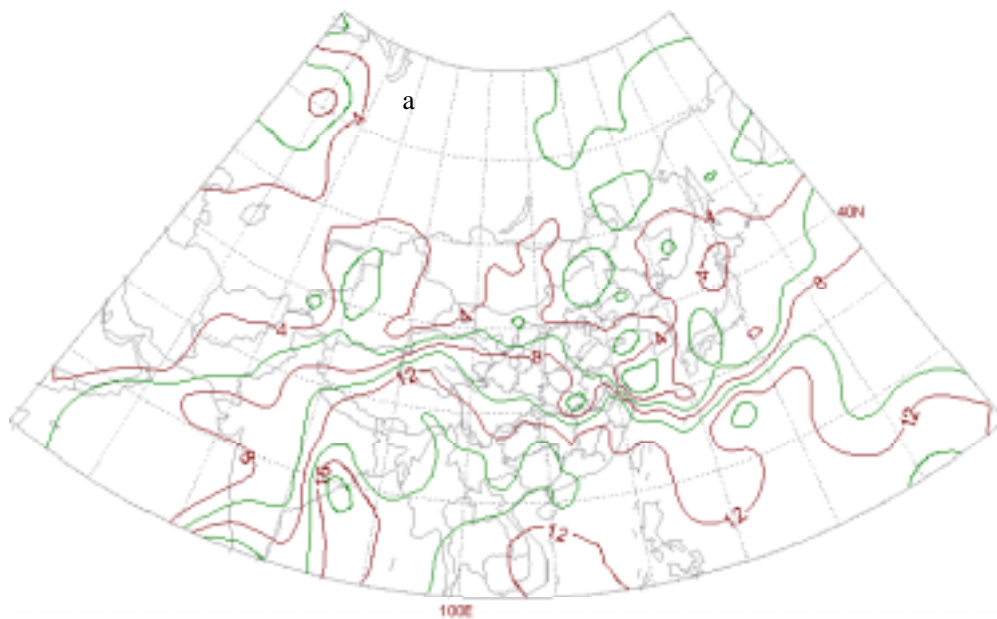
表 1 两次过程的温度露点差变化

Tab.1 Temperature dew point difference change of twice courses

时次	8h	14h	20h	02h	08h	14h	20h
T-Td	8.3	17.5	5.9	10.8	9.4	5.9	13.1

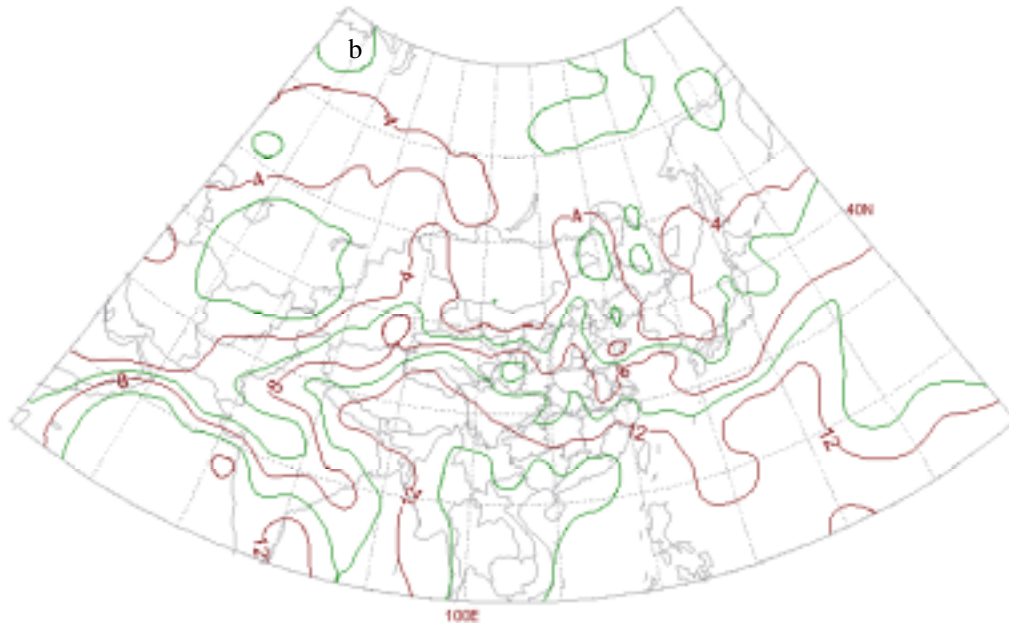
4.2 850hpa 比湿对比分析

在 5月26日 20时(图 9a)、27日 20时(图 9b)的 850hPa 比湿图上,自西北至东南比湿明显增加,且湿层加厚。新疆以北,包括新疆,比湿值均为 4g/kg,又因为该层以偏北风为主,故水汽条件较差。



5月26日 20时(a)

At 20:00 on May 26 (a)



5月27日20时(b)

At 20:00 on May 27 (b)

图9 850hPa比湿图

Fig.9 Compare humid chart

5、 动力不稳定因子对比分析

利用卫星云图处理系统分析计算得出了两种不稳定指数: 沙氏指数, 气团指数。进行两个时次的比较, 定量分析出大气的稳定状况。

气团指标:

$$K = 2T_{330} - (T - T_d)_{330} - (T - T_d)_{700} - T_{500},$$

其中 T 为温度, T_d 为露点, 下标为等压面数值。K < 20, 无对流性天气, K 值越大, 大气越不稳定。14 时以后的各时次 K 值始终比较小, 说明大气非常稳定。

沙氏指数:

$$SSI = T_{500} - T_s,$$

其中 T₅₀₀ 为 500hPa 上的实际温度。T_s 为气块从 850hPa 开始, 沿干绝热线抬升到 500hPa 的温度, 一般情况下 SSI > 0, SSI 越小, 大气越不稳定。

计算结果如下:

表 2: 两次过程不稳定指标对比

Table.2 instability comparison between the two processes

日 期	26 日 20h	27 日 20h
K	4.3	2.9
SSI	0.5	-2.0

当气层处于不稳定状态时,湍流发展旺盛,沙尘靠空气浮力和湍流混合作用,不断被带到空中,并随着天气系统的移动而带到很远的地方。从计算结果可以看出,26日过程的气团指标和沙氏指数均显示出,26日20时的大气层结更趋于不稳定状态,动力乱流更容易发展。

6、结论

本文主要利用卫星云图资料和地面观测资料,对2009年5月26日至27日新疆于田县两次沙尘暴过程进行对比分析。利用数值预报的客观和诊断分析结果,以及气象探测数据处理系统和天气图,进行气象要素、天气形势、及动力不稳定因子的演变分析。结果表明:

(1)两次沙尘暴过程的形成都是由生成于新西伯利亚的冷低压进入新疆西北部后强烈发展,在塔克拉玛干大沙漠以南地区形成大范围的强西北风而引起的。

(2)两次沙尘暴过程中,地面锋线及高空槽后都为偏北大风区,500hPa槽线后部为大于12m/s的西北大风区,最大风速达30m/s,强劲空中西北气流使沙尘迅速向东南方扩展。地面锋线与850、700、500hPa槽线位置较为一致,槽后500、700、850hPa各层均存在大风区及下沉运动区,二者配合有利于高层动量下传,形成地面辐散大风直接导致了沙尘暴的形成。陡峭的锋面使得锋前有强盛的上升气流,将沙尘粒子源源不断地输送到高空,使地面和空中沙尘连成一体。

(3)两次沙尘暴过程中,27日过程,由于受到分裂气旋的影响,故产生了旺盛的偏南气流,虽有强盛上升气流,但由于空气干燥,各层水汽含量少以及整层大气比较稳定,对流不易发展,无法形成降水。

(4)近地面大气较干燥,利于土壤中水份的蒸发,疏松的沙土易被大风扬起,这也是沙尘暴形成的主要原因之一。

参考文献

- [1]胡隐樵,等.强沙尘暴发展与干飚线-黑风暴形成的一个机理分析[J].高原气象,1996. 1996,15(2):178—185.
- [2]项续康,等.西北地区强沙尘暴成因的中尺度分析[J].高原气象,1996. 15(4):448—455.
- [3]胡隐樵,等.强沙尘暴微气象特征和局地触发机制[J].大气科学,1997. 21(5):581—589.
- [4]江吉喜.一次特大沙尘暴成因的卫星云图分析[J].应用气象学报,1995. 6(2):177—184.
- [5]肖贤俊,等.2002年3月19日沙尘暴爆发条件分析[J].应用气象学报,2004. 15(1):1—9.
- [6]朱乾根,等.天气学原理和方法[M].北京:气象出版社,1981.
- [7]寿绍文,等.天气学原理和方法[M].北京:气象出版社,2002.
- [8]方守义,等.中国沙尘暴研究[M].北京:气象出版社,1997.
- [9]孟雪峰,等.一次强沙尘暴天气成因分析[J].内蒙古气象,2003,2:7—9.

THE ANALYSIS OF TWO SYNOPTIC PROCESSES OF SAND STORM

Pu Yunjin, Han Chunguang

(Adult education college, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044)

Abstract: In this paper, high data and surface data are used to analyse the two processes of sand storm from May 26 to 27, 2009. The objective and diagnosis analysis result so numerical model and synoptic chart are used to analyse the synoptic situation, physical quantity and the evolution of meteorological element of single station. The results show that the forming of two processes due to the powerful developing of Siberia cold cyclone, it leads to strong northwest wind in the area of the northwest Xinjiang. The situation of the frontal line of ground and the trough line of 850hpa, 700hpa and 500hpa are overlapping. The re-entrant area of strong wind and sinking motion behind the trough. This contributes to the passing downward of momentum of high layer, to forming divergence strong wind and the sand storm.

Key words: Sand storm Cyclone Strong wind