

# 天山北麓一例黑风暴天气的成因<sup>1)</sup>

马 禹 王 旭<sup>2)</sup> 肖开提

(新疆环境气象中心,乌鲁木齐,830002)

刘小枚

(伊犁州气象局,伊宁,835000)

谭 江

(沙湾县气象局,沙湾,832100)

**摘 要** 利用常规观测资料、地面气象自记记录和静止气象卫星云图资料对 1998-04-18 由南支冷锋爆发性发展生成的干飚线触发的天山北麓黑风暴天气过程进行了分析。结果表明:强沙尘暴和黑风暴过境时风、压、温、湿在短时间内出现突变,跃变幅度黑风暴远大于强沙尘暴,黑风暴嵌于强沙尘暴时变化幅度比强沙尘暴弱。沙尘壁具有等温性,水平厚度 4~9 km。影响黑风暴的天气因素中,地面大风形成主要源于冷锋的加强和锋后强冷平流,高空急流的加强及其形成的次级环流使高空动量有效下传到地面则是另一个重要原因。混合层是有利于黑风暴在干旱环境形成的大气层结特征,这次过程深厚混合层的形成是深厚干对流和黑风暴产生的主要原因,而它的形成则是长时间地面加热的结果。

**关键词** 黑风暴;干飚线;动量下传;混合层;自记记录

**中图分类号** P 425.5

## A Case Study of a Black Storm at the Northern Foothills of Tianshan Mountains

MA Yu WANG Xu XIAO Kaiti

(Environmental Meteorological Center of Xinjiang, Urumqi, 830002)

LIU Xiaomei

(Meteorological Bureau of Ili Kazak Autonomous Prefecture, Yining, 835000)

TAN Jiang

(Shawan Meteorological Bureau, Shawan, 832100)

**Abstract** Using conventional observational data, autographic records and satellite images, the authors studied a black storm caused by a dry squall line associated with a southern cold front at the northern foothills of Tianshan Mountains in Xinjiang on April 18, 1998. The results show that winds, pressure, temperatures and humidity all have abrupt changes when the black storm passes through meteorological stations, changes associated with the black storm are much stronger than that with dust storms. The dust wall is almost isothermal, with horizontal thickness of about 4-9 km. Strong surface winds were mainly caused by rapid intensification of the cold front and the cold advection. Meanwhile, the development of a upper level jet and strong downward transport of momentum by the sinking branch of the upper level jet's secondary circulation are also important for the formation of strong surface winds. The mixed layer is the crucial stratification factor affecting the formation of black storm because it can minimize the energy required to develop the deep dry convection and so is favorable for the formation of black storm in drought region. In this case primary reason that the black storm occurs at the northern foothills of Tianshan Mountain is the formation of deep mixed layer, which is induced by the surface heating for a long time. So the deep dry convection can be developed when the cold front passes and the black storm occurs there.

**Key words** black storm; dry squall line; downward momentum transportation; mixed layer; autographic record

1) 新疆气象局科研项目(200315)和乌鲁木齐市科委应用研究重点项目(Y30502)资助

2) 通讯联系人, E-mail: wangxu2323@vip.163.com

收稿日期: 2005-06-13; 修回日期: 2005-08-30

## 0 引言

黑风暴是特强沙尘暴的俗称,指局部区域瞬时风速大于 25 m/s、能见度小于 50 m 的沙尘暴。沙源、强风和不稳定大气是黑风暴发生必备的 3 个条件,地面大风是黑风暴形成不可或缺的动力条件。常引发强沙尘暴的主要天气系统如气旋、冷锋、低空东风急流、中尺度飑线、对流系统等以及陡峭地形的强迫作用<sup>[1,2]</sup>均可产生地面大风,而高空风动量的有效下传也是地面大风产生的重要因素,高空动量下传机制常由锋后冷平流、飑线对流、地形强迫下沉等过程实现。姜学恭等<sup>[3]</sup>和郑新江等<sup>[4]</sup>研究表明,高空急流出口区次级环流下沉支能够导致对流层高层动量的下传。沙尘暴多发于午后至傍晚,说明热力不稳定对沙尘暴形成的重要作用<sup>[2]</sup>。在稳定层结条件下沙尘浓度随高度指数减少<sup>[5]</sup>,而在对流状态下沙尘浓度随高度保持不变,说明大气层结状态对沙尘暴强度具有重要影响。由于地面加热形成的深厚混合层能够减小将气块从混合层顶抬升到自由对流高度所需的能量,因而低层的扰动足以触发深对流的产生,导致强沙尘暴发生<sup>[6]</sup>。黑风暴中心区总是与中尺度低压或中尺度飑线相联系,表明中尺度系统对局部黑风暴的发生发展起着至关重要的作用<sup>[2]</sup>。

为了分析天山北麓黑风暴形成过程中的前期条件、地面大风、层结条件、中尺度对流系统等天气因素的表现和形成原因,本文利用常规观测资料、13 站地面气象自记记录和 GMS-5 静止气象卫星资料对 1998-04-18 发生在天山北麓东部地区的黑风暴过程进行分析,希望了解在强沙尘暴过程中这些天气因素的作用,进而揭示强沙尘暴形成的一些机理。

## 1 天气概况

1998-04-18 12:00—22:00 北疆和哈密地区出现了强沙尘暴天气(图 1)。强沙尘暴首先在伊犁地区出现,之后沿天山北麓东移,15:40 在吉木萨尔发展为黑风暴并继续东移,于 20:02 扫过伊吾。强沙尘暴持续时间 89°E 以西地区不足 2 h,以东地区长达 3~4 h。黑风暴由西向东横扫吉木萨尔、奇台、木垒、七角井、巴里坤、伊吾各县,东西长约 450 km,至傍晚 20:30 结束(表 1)。黑风暴过程历时 4 h 50 min,前沿的最大风速超过 35 m/s,在各气象站的持续时间为 25~38 min。黑风暴经历奇台、巴里坤时有明显的沙尘壁,据奇台的实况录像,沙尘壁不是一堵边缘整齐的壁,从侧面看冷空气呈楔形插入暖空气之下向前推进,冷空气楔前缘近地处呈鼻形向后托曳,鼻尖离

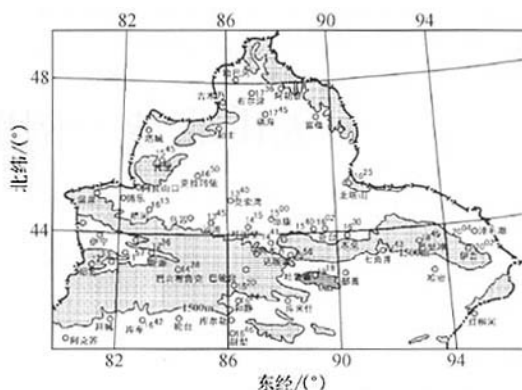


图 1 观测站分布

Fig.1 Locations of observation stations

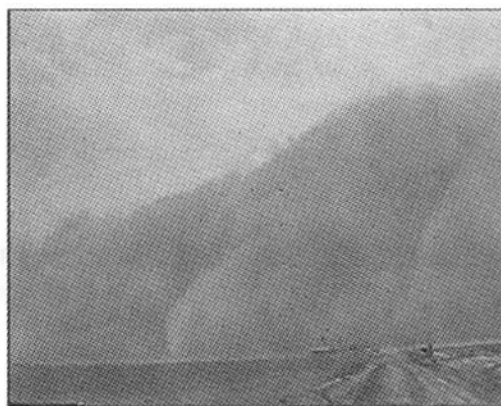


图 2 16 时拍摄于奇台县的沙尘壁

Fig.2 Black storm wall, photo taken in Qitai county at 16:00, local time

地近百米,从正面可清晰见到鼻尖部沙尘呈菜花状,似积雨云,在鼻尖上方还可见到不均匀的波纹层次(图 2)。据目击者介绍,黑风暴的前锋像原子弹爆炸形成的蘑菇云一样,沙尘上下前后翻腾,沙尘壁中有旋风,呈上灰白、中灰红、下黑色 3 层分布,沙尘壁的高度在 300~500 m 之间。看到沙尘壁后仅 10 s 即漆黑一片,室内打亮电筒可视距离不足 1 m。

## 2 黑风暴的爆发条件

### 2.1 高空和地面影响系统

17 日 08 时高空 500 hPa 上,亚欧范围内乌拉尔山北部为低涡,欧洲沿岸和里海为欧洲脊和南支脊,西西伯利亚南部和中亚到新疆为锋区。20 时欧洲脊发展东移与南支脊同位相叠加,乌拉尔山北部低涡得到新地岛冷空气补充,中亚到新疆的锋区加强,南支脊前的低槽东移到威海强锋区中并加深,槽后

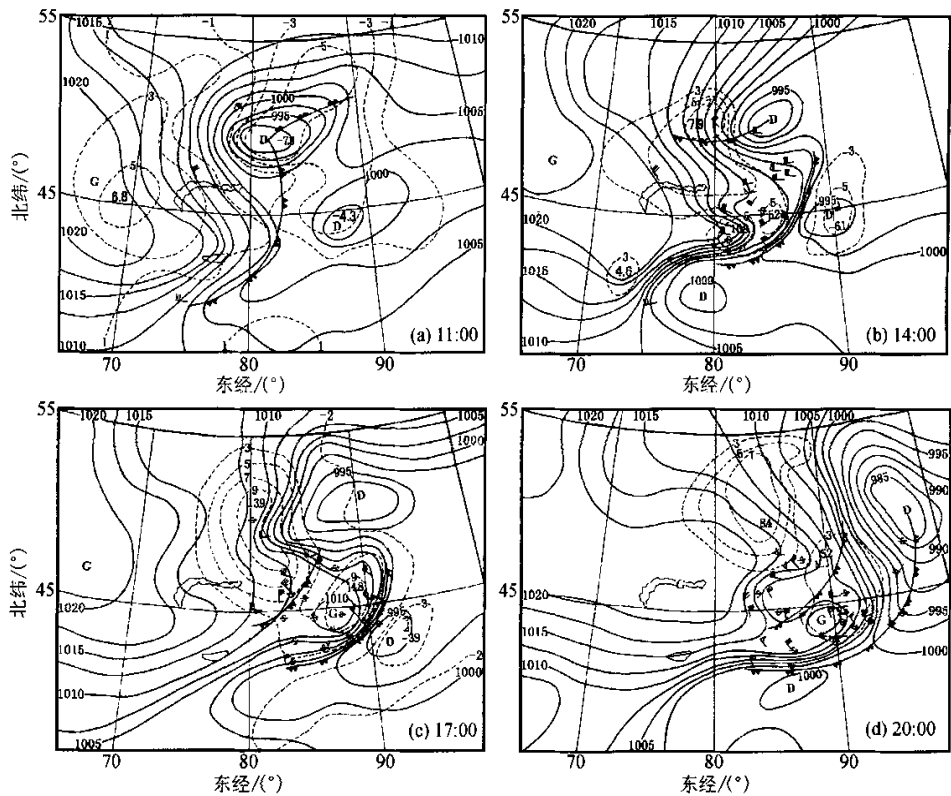
出现冷平流。18 日 08 时,南支低槽在 70 °E 附近爆发性发展,中亚到新疆高空锋区突然加强,之后到 20 时南支低槽沿锋区东移到哈密地区。

在 18 日 02 时地面上图,巴尔喀什湖附近有热低压生成并伴有南支冷锋,冷锋东西两侧正负变压差 9.7 hPa。热低压东移发展,11 时中心移到阿尔泰山脉的西段,南支冷锋入侵新疆偏西地区,但并未出现大风天气(图 3)。11—14 时南支冷锋东移,锋后的高压爆发性发展,有一明显的高压鼻凸进伊犁河谷,3 h 变压 10.8 hPa,在其前方还有 5.2 hPa 的正变,

表 1 1998-04-18 强风和沙尘暴出现时间

Table 1 The beginning time of gale and sandstorm on April 18, 1998

站名	大风起止 时间	最大风速 $/(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	最大风速 出现时间	沙尘暴 起止时间	黑风暴 起止时间	黑风暴持续 时间/min	最小能见 度/m
昭苏	12:16—14:20	29	13:00	12:23—14:14			100
新源	12:27—13:51	28	13:30	12:36—12:57			300
沙湾				13:45—14:20			100
昌吉	14:37—15:25	25	14:40	14:34—16:12			300
乌鲁木齐机场	14:40—15:50	27	14:45	14:41—15:25			100
达坂城	15:56—02:04	28	17:12	15:56—16:38			200
吉木萨尔	15:40—18:22	36	15:40	15:40—18:56	15:40—16:10	30	0
奇台	16:02—18:17	38	16:02	16:02—19:32	16:02—16:32	30	0
木垒	16:25—18:25	36	16:30	16:30—20:30	16:30—17:08	38	0
七角井	17:01—21:20	> 40	19:41	17:43—21:12	18:01—18:25	25	0
巴里坤	16:52—18:19	35	19:33	17:02—18:13	18:45—19:15	30	0
伊吾	18:43—20:20			18:45—20:25			0
伊吾	20:02—02:26	35	20:02	20:02—22:10	20:02—20:30	28	10



实线为等压线,虚线为 3 h 变压线,大风、沙尘暴为 3 h 内发生

图 3 1998-04-18 地面图

Fig.3 Surface charts on April 18, 1998

压中心。南支冷锋扫过的地区出现大风天气,北疆 86°E 以西的部分测站出现强沙尘暴天气。之后位于哈萨克丘陵的北支副冷锋快速东南下,推动伊犁河谷的高压鼻快速东移补充到南支冷锋中,17 时在冷锋后形成中心强度 1 012 hPa 的中尺度闭合高压。高压前部锋区两侧的 3 h 变压差达 18.7 hPa,水平气压、气温梯度 50 km 内分别为 24 hPa、6~8℃,14—17 时地面最大风速 21~38 m/s,说明此处已有干飚线存在<sup>[7]</sup>。中尺度高压中心强度在 20 时增至 1 017 hPa,17—20 时干飚线亦增强并东移过哈密地区,之后减弱。

## 2.2 动量下传

18 日 08 时高空急流中心(50 m/s)位于 300 hPa 的 85°E 55°N,20 时急流中心(55 m/s)移至 82°E 46°N。强沙尘暴发生区的西部(80—85°E)08 时位于高空急流南部的强锋区中,20 时位于急流中心正下方。700~300 hPa 伊宁 08 时、20 时垂直风切变分别为 18 和 28 m/s,08 时至 20 时风速明显加大且形成了很强的垂直风切变,强的垂直风切变不能产生明显的动量下传(图 4)。20 时西部对流层中层的大风由高空急流加大和下落引起。08 时和 20 时 700~300 hPa 北塔山风的垂直切变分别是 12 和 17 m/s,08 时至 20 时风速虽然明显加大,但风垂直切变较弱。20 时强沙尘暴发生区东部(90—95°E)对流层中层的大风由高空急流加大和明显的动量下传引起。

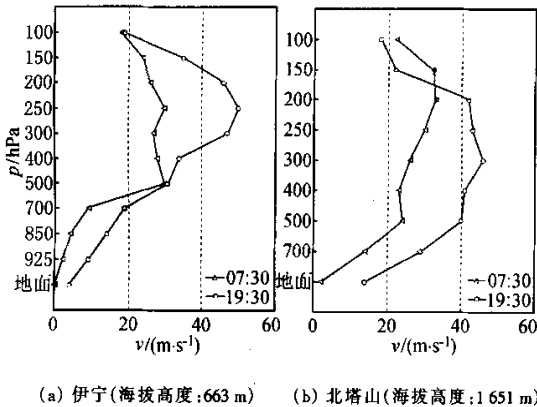


图 4 1998-04-18 风随高度变化

Fig.4 Vertical profiles of winds on April 18, 1998

20 时沿 44°N 纬向垂直剖面图上,250 hPa 急流核(>40 m/s)下方 81—85°E 和右前方 88—91°E 的高空有 2 个下沉支,下沉中心分别位于 500 和 400 hPa (图 5)。第一个下沉支自 500 hPa 向下向东伸展到 850 hPa 的 87°E 附近,高空动量下传引起中部(85—90°E)地面强风。第二个下沉支引起高空急流动量

下传,使得 500 hPa 上 90—92°E 出现一个风速大于 28 m/s 的急流核,其下方的下沉支向下向东伸展到 94°E 附近,高空动量的阶梯性下传引起东部的地面强风。因而,高空急流出口区右前侧次级环流下沉支引起的直接和阶梯性动量下传分别造成了强沙尘暴发生区中部和东部地面的强风。

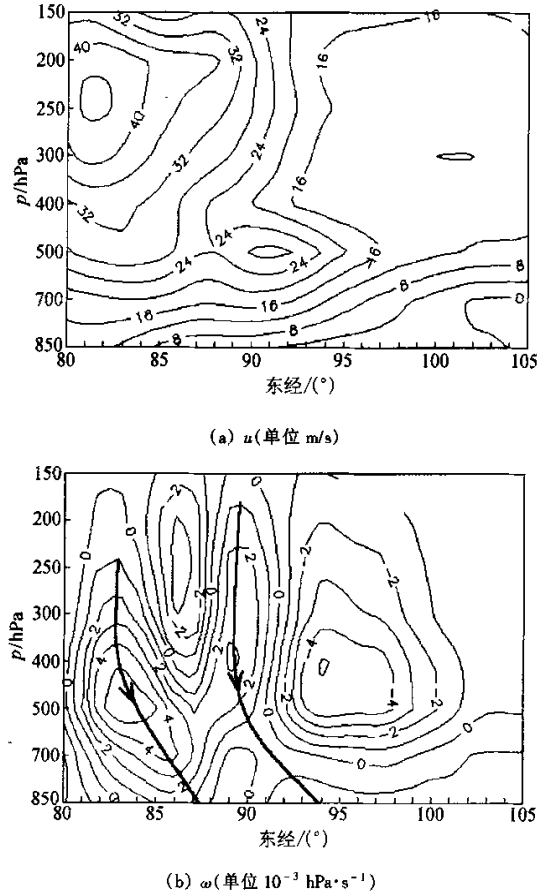


图 5 1998-04-18 20:00  $u$  和  $\omega$  沿 44°N 纬向垂直剖面

Fig.5 Vertical cross-section of  $u$  component and  $\omega$  along 43°N at 20 BST, April 18, 1998

20 时伊宁和北塔山 300 hPa 的风速相当,但它们 700 hPa 的风速相差较大,说明由于急流下沉支导致的动量下传远比高空急流下落更为有效。20 时伊宁和北塔山地面—700 hPa 风垂直切变较弱,说明对流层低层形成了充分的动量下传。因而 18 日 08 时至 20 时高空急流明显加大,西部地面风(21~29 m/s)比东部地面风(35~40 m/s)小,除地面冷锋强度和冷锋后部冷平流强度差异外,一个重要的原因是高空急流动量下传的方式和强度不同。

## 2.3 层结因素

伊宁和北塔山的位温( $\theta$ )、相当位温( $\theta_e$ ),18 日 08—20 时 300 hPa 以下  $\partial\theta/\partial Z > 0$ ,08 时对流层中层

(700~600 hPa) $\partial\theta_e/\partial Z < 0$ , 20 时对流层低层(地面—700 hPa) $\partial\theta_e/\partial Z < 0$ , 大气为条件性不稳定层结。

沙尘暴是一种干对流风暴, 强干对流的形成不仅需要扰动的触发, 还需要有利的层结条件。由于干旱环境缺乏充足的水汽及水汽平流, 地面加热将全部用于加热空气, 且以热泡的方式将热量输送至边界层上层, 形成具有中性层结特征的混合层。在中性层结下抬升气块不需要能量, 因此深厚混合层将有利于深厚对流的产生<sup>[6]</sup>。按照 Anthes<sup>[8]</sup> 的混合层强度的定义  $\partial\theta/\partial Z < 1.5 \text{ K/km}$ , 18 日西部对流层中低层没有形成混合层, 而东部 20 时对流层中低层 850~700 hPa 形成明显的混合层(表 2)。由图 5b 可见, 强沙尘暴发生区 92°~96°E 上空的 700~200 hPa 产生深厚的上升运动, 上升运动大值中心位于 500~400 hPa, 这与对流层中低层深厚的中性混合层有密切的关系。

表 2 1998-04-18 位温随高度的变化

Table 2 First-order derivative of potential temperatures respect to height on April 18, 1998

p/hPa	$(\partial\theta/\partial Z)/(\text{K}\cdot\text{km}^{-1})$			
	伊宁		北塔山	
	08:00	20:00	08:00	20:00
850~700	2.6	2.8	8.8	1.1
700~600	2.5	4.1	2.0	2.5
600~500	3.6	3.8	3.3	6.1
500~400	2.8	4.5	2.8	6.0
400~300	1.2	3.4	1.7	-
300~250	2.3	2.1	2.8	-
250~200	5.3	4.3	2.5	-

研究表明日间混合层的高度与加热时间的幂指数成正比<sup>[9]</sup>, 就本次过程而言, 导致东部锋前深厚混合层的形成原因是冷锋过境出现在傍晚, 而西部冷锋过境出现在上午。从下垫面状况看, 西部植被较多, 东部在沙漠南缘, 地表由裸露的鹅卵石和细沙组成, 故东部更易形成较强的地面加热和深厚混合层。除地面大风强度差异之外, 东部出现黑风暴的另一个重要原因是该区域获得了足够长时间的地面加热从而形成了深厚的锋前混合层。

3 自记分析

选取 18 日昭苏、新源、巴音布鲁克、沙湾、昌吉、乌鲁木齐机场、乌鲁木齐、达坂城、奇台、木垒、七角井、巴里坤、伊吾 13 站风、气温、气压、相对湿度自记记录, 从自记曲线上读取每 5 min 数据, 对强沙尘暴和黑风暴发展过程的微气象特征进行分析。

18 日冷锋后部 16~20 m/s 的西北风造成西部的  
万方数据

强沙尘暴, 强沙尘暴出现前后风向为偏西风之间的切变(图 6)。中部强沙尘暴出现前 4~5 h 维持 4~10 m/s 的东南风, 12~22 m/s 的西和西北风造成强沙尘暴。东部强沙尘暴出现前 4~5 h 维持 6~22 m/s 的南和西南风, 20~32 m/s 的偏西北风造成强沙尘暴和黑风暴。中东部的强沙尘暴出现前后风向为偏南风 and 偏西风的切变。

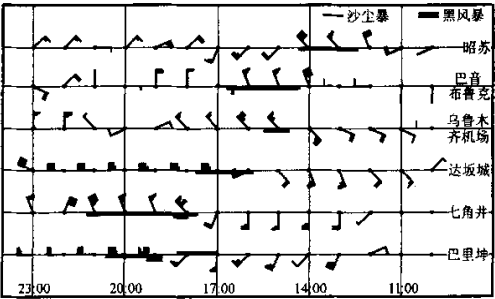


图 6 1998-04-18 风的逐时变化

Fig. 6 Time-evolution of surface winds on April 18, 1998

沙尘暴出现前 6 h 西部测站相对湿度 (RH) 30%~90%, 中部 0%~40%, 东部 0%~30% (图 7)。吉木萨尔至伊吾黑风暴出现前 1.5~5 h 测站相对湿度小于 10%, 其中大部分测站出现 0.5~1 h 的相对湿度为 0%, 自西向东相对湿度小于 10% 的时段逐渐加长。西部测站出现强沙尘暴时, 若伴有降水相对湿度变化不大, 降水结束后, 在强风的作用下 15 min 相对湿度下降 10%。若没有出现降水, 强沙尘暴出现后 15 min 相对湿度上升 13%。中东部地区强沙尘暴出现后 15 min 相对湿度上升 13%~25%。由于西部冷锋 11:00 前过境, 地面加热时间短, 冷锋过境前气温低于 17℃。中东部地区由于较长时间地面加热, 加之偏南风向沙尘暴发生区持续输送东疆和南疆的干暖空气, 使得沙尘暴出现前 3 h 中部气温 25~30℃, 东部气温 25~35℃。强沙尘暴出现后昭苏至昌吉 15 min 气温降低 1.4~3.0℃, 乌鲁木齐至伊吾气温降低 3.9~11.2℃, 冷锋的斜压性自西向东明显加强。强沙尘暴出现后昭苏至昌吉 15 min 气压上升 1.3~2.6 hPa, 乌鲁木齐至伊吾气压上升 2.4~4.8 hPa。偏东地区气压变化幅度强于偏西地区, 天气系统在东移过程中明显加强。

上述分析表明, 乌鲁木齐至伊吾强沙尘暴过境时, 地面气象要素变化具备一般干飚线天气的一系列特征<sup>[7]</sup>。达坂城出现气压急升 (15:55—16:40) 后, 短时间又降 (16:40—17:00) 的气压, 表明干飚线移过达坂城时前方有中尺度低压, 后方出现尾流低压。干飚线引发吉木萨尔—伊吾的黑风暴天气。

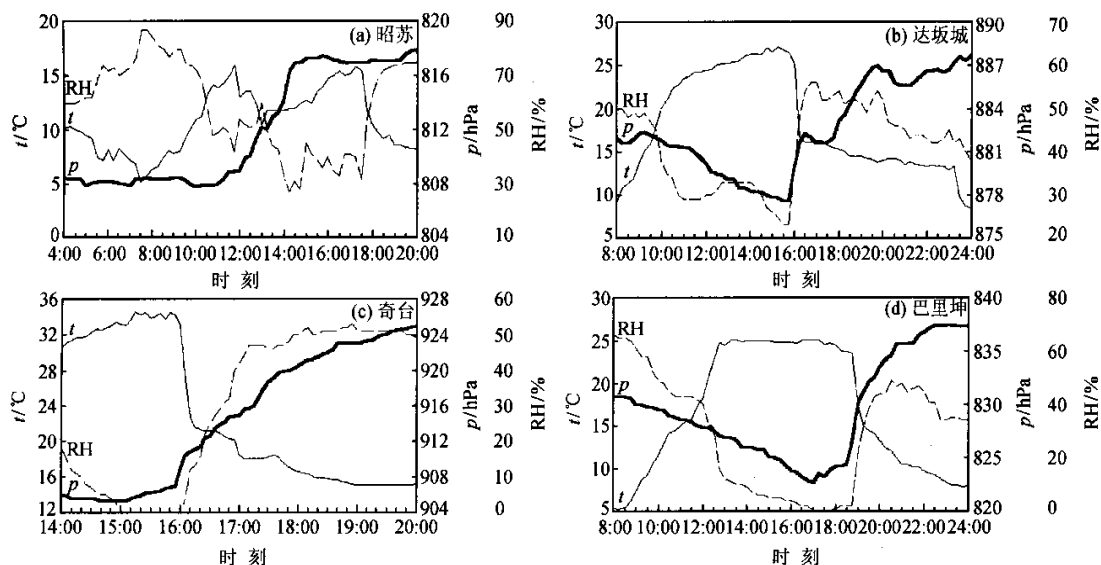


图 7 1998-04-18 气温、气压、相对湿度自记曲线

Fig.7 Autographic records of temperature, pressure and relative humidity on April 18, 1998

乌鲁木齐和伊吾气压涌升的开始时间分别是 14:25 和 20:02, 时间间隔 5 h 37 min, 两地直线距离 563 km, 干飚线平均移速约为 100 km/h。

强沙尘暴和黑风暴发生时气压、温度和相对湿度的跃变值不同。七角井强沙尘暴先于黑风暴 18 min 发生, 强沙尘暴出现后 10 min 气温骤降 7.1 °C, 气压涌升 1.8 hPa, 相对湿度上升 8%; 黑风暴出现后 10 min 气温再度下降 2.2 °C, 气压上升 0.6 hPa, 相对湿度上升 8%。木垒 16:30 出现黑风暴后 10 min 气温骤降 10.5 °C, 气压涌升 3.0 hPa, 相对湿度上升 18%。压、温、湿的跃变幅度黑风暴远大于强沙尘暴, 黑风暴嵌于强沙尘暴时变化幅度比强沙尘暴弱。

出现沙尘壁的奇台和巴里坤, 在温度自记曲线上黑风暴出现前 45 min (15:15—16:00) 海拔高度低于 1 km 的奇台出现温度围绕 34.2 °C 的小扰动, 扰动的周期 10 min 左右, 振幅小于 0.5 °C (图 7c)。海拔高度大于 1 km 的巴里坤没有出现这种小扰动。这种扰动表明黑风暴发生前大气边界层低层不稳定, 湍流活动剧烈。黑风暴出现后奇台 (16:02—16:04)、巴里坤 (18:45—18:50) 气温维持 2.5 min 不变, 两站平均风速为 38、30 m/s, 计算得到奇台、巴里坤黑风暴过境时, 等温的水平厚度分别为 4.6、9.0 km。这一等温厚度应为黑风暴前沿沙尘壁的厚度, 但需要进一步实测证实。等温过程中气压和相对湿度发生跃变, 等温之后气温骤降。强沙尘暴起源于西部高湿地区, 并快速向东部干燥地区移动, 黑风暴前沿的沙尘壁中含有大量颗粒物质, 而前沿的剧烈扰动同近

地层进行了充分热量交换, 这就使得沙尘壁过境时出现短暂的等温和气压、相对湿度涌升的现象。

## 4 干飚线的特征

采用 18 日 1 h 间隔的 GMS-5 红外增强云图和高空、地面观测资料, 对此次造成天山北麓偏东地区黑风暴天气的干飚线特征做进一步分析。云图采用兰勃托投影, 水平垂直分辨率为 13.22 km × 13.02 km。

### 4.1 干飚线的静止卫星云图特征

由图 8 可见, 干飚线于 18 日 14 时左右形成于天山北麓中部, 以后迅速发展并沿天山东移, 17 时趋于成熟。若以  $< -41$  °C 云顶亮温为其云区边界, 则它长约 360 km, 宽约 80 km; 若以内嵌的  $< -51$  °C 云顶亮温区为其云区边界, 则它长约 310 km, 宽约 50 km, 干飚线的生命史 6 h。

在大尺度云场上, 飚线是冷锋强迫出的对流单体群与冷锋云系中分裂出的云区合并发展的结果。18 日 12 时西部的强冷锋云系在其东南方强迫出 TBB  $< -30$  °C 的对流单体群合并发展, 其亮温  $-41 \sim -50$  °C 的主体与冷锋云系相连。冷锋云系 14 时强烈向前突出, 激发其前部的对流单体群发展为飚线。到 17 时飚线云系达到最强, 20 时后飚线云系逐渐减弱消散。

### 4.2 有利于干飚线形成的环境场特征

常规资料分析表明, 这次飚线的初生也有明显特征。如图 9 所示, 18 日 14 时地面风场和湿度场

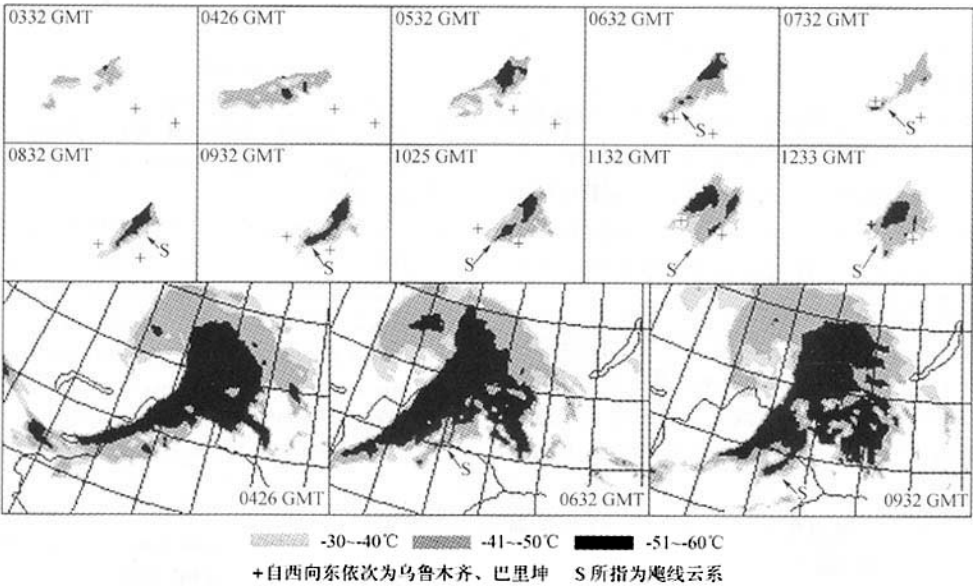


图 8 1998-04-18 干飚线发生发展演变逐时 GMS5 云顶亮温增强图

Fig.8 Enhanced satellite images from GMS-5 for dry squall line on April 18, 1998

中,乌鲁木齐东南部为  $T_a \leq -4\text{ }^{\circ}\text{C}$  的干区,中部地区为  $T_a \geq 4\text{ }^{\circ}\text{C}$  的南北向湿区,有一条明显的偏西风 and 偏东风的辐合线,两侧风速达到 6 级。这种较强的湿空气辐合,代表着锋前的强迫作用。

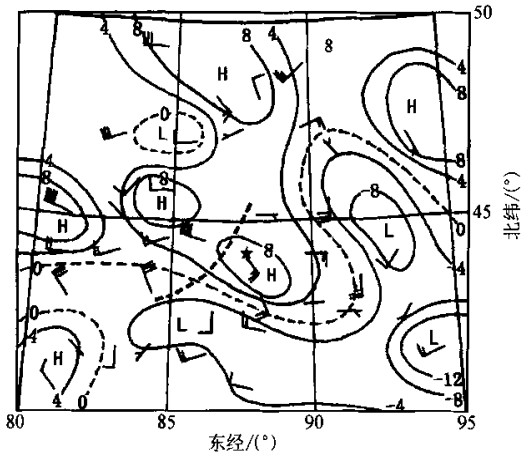


图 9 1998-04-18 14:00 地面流线(实线)和露点温度等值线(虚线)

Fig.9 Surface streamlines (solid lines) and dew-point temperatures (dashed-lines) at 14 BST, April 18, 1998

在地面场上,干飚线形成于地面高能量中心北侧的能量密集区( $T_a$ 、 $\theta_{se}$ 的梯度最大区)和  $\Delta T_{24}$  的梯度最大区,干飚线的移动实际上是地面能量密集区的移动,并沿地面  $\Delta P_{24}$  最大轴线方向向前移动,大体与地面冷锋的移动方向一致。

18 日 08 时 850 hPa 上的偏南低空急流向东部地区输送暖空气,东部明显增温增干,使得对流层低层大气绝对稳定,为干飚线的形成和发展积聚能量。08—20 时,700 ~ 500 hPa 有一短波槽从巴尔喀什湖向东移过北疆,其温度槽落后于高度槽,温度槽后有很强的冷平流入侵中东部地区,触发飚线天气。干飚线的移动大体与 700 ~ 500 hPa 的平均气流方向一致。

5 结 论

(1) 1998-04-18 由于南支低槽和南支高压的爆发性发展,南支冷锋锋区在乌鲁木齐地区强迫出干飚线,造成吉木萨尔—伊吾的黑风暴天气。黑风暴天气始于午后,历时 4 h 50 min,干飚线平均移速约为 100 km/h。黑风暴经过奇台和巴里坤时出现沙尘壁,壁高 300 ~ 500 m。

(2) 强沙尘暴和黑风暴过境时风、压、温、湿在短时间内出现突变,跃变幅度黑风暴远大于强沙尘暴,黑风暴嵌于强沙尘暴时变化幅度比强沙尘暴弱。前期相对湿度的高低、地面加热时间的长短、低层有无干暖空气的输送、沙尘暴发生时风速的大小、天气系统的强弱是造成天山北麓沙尘暴强度差异的主要原因。沙尘壁移过奇台和巴里坤时气温维持 2、5 min 不变,沙尘壁的水平厚度达 4 ~ 9 km。低海拔地区沙尘壁过境前 1 h 内温度出现明显小扰动,表明近地层大气不稳定,湍流活动剧烈。

(3) 强冷锋固有的动力学特点使其能够同时满足强沙尘暴产生要求的强地面风和强抬升,导致冷锋成为重要和直接的强沙尘暴激发系统。地面大风形成的原因主要是冷锋的加强和锋后强冷平流,高空急流下沉支造成的高空动量的有效下传是另一个重要原因。地面加热形成的深厚混合层是干旱环境下有利黑风暴发生的大气层结,深厚混合层有利于深厚对流形成,导致冷锋过境触发深厚干对流并引发天山北麓的黑风暴天气。

(4) 低空急流输送的干暖空气使得对流层低层绝对稳定,为干飚线的形成和发展积聚了能量,短波槽后较强的冷平流触发干飚线。干飚线发生于地面增温梯度最大和能量密集区,沿地面  $\Delta P_{24}$  最大轴线向前移动。

(5) 在静止气象卫星红外云图上,冷锋云系强迫出的对流单体群与冷锋云系中分裂出的云区合并后形成干飚线云系,其长约 360 km,宽约 80 km。

### 参 考 文 献

1 Brazel A J. The Relationship of Weather Types to Dust Storm

Generation in Arizona (1965-1980). *J Climat*, 1986, 6: 255-275

2 王式功,董光荣,陈惠忠,等.沙尘暴研究的进展.中国沙漠,2000,20(4):349-356

3 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.气象学报,2003,61(5):606-620

4 郑新江,徐建芬,罗敬宁,等.1998年4月14-15日强沙尘暴过程分析.高原气象,2001,20(2):180-185

5 Barenblatt G I, Goltsyn G S. Local Structure of Mature Dust Storms. *J Atmos Sci*, 1974, 31:1917-1933

6 Takemi T. Structure and Evolution of a Severe Squall Line over the Arid Region in Northwest China. *Mon Wea Rev*, 1999, 127:1301-1309

7 杨国祥,何齐强,陆汉城.中尺度气象学.北京:气象出版社,1991.103-115

8 Anthes R A, Warner T T. Development of Hydrodynamics Models for Air Pollution and Mesometeorological Studies. *Mon Wea Rev*, 1978, 106: 1045-1078

9 Crespi S N, Artinano B, Cabal H. Synoptic Classification of the Mixed-Layer Height Evolution. *J Atmos Sci*, 1995, 34: 1666-1676

\* \* \* \* \*

### 校内要闻

## 回眸北大“211工程”—— 为北大的速度加速

2004年9月,又一个神秘的设备走进了北大加速器楼。这就是备受瞩目的小型加速器质谱仪。北大“十五”“211工程”大型公共仪器设备建设中,作为重要组成部分的小型加速器质谱仪的购置在国内引起了广泛关注。

加速器质谱法是一种基于加速器的现代核分析技术。这种技术实现了对放射性碳丰度比的精确测试,从而使精确定年成为可能。正如北大加速器质谱筹备小组的一位骨干——考古文博学院的吴小红副教授所说,“放射性碳年代学方法的确立是考古学的一场革命,而加速器质谱是这场革命中的革命。”

近年来,随着研究的深入和新的应用方向不断出现,加速器质谱学在国际上的发展更加迅速,世界上加速器质谱仪的数量已近60台。参与这一项目建设的环境学院“长江计划”特聘教授周力平老师说:“我国惟一能进行批量测量的北京大学加速器质谱实验室今后的发展方向是一个关系到加速器质谱这项超灵敏度分析技术的研究与应用能否在我国发展,能否在国际上占有一席之地的问题。”从应用的前景上讲,我国有大量的地球科学、考古、古人类,环境科学和生物医学等领域内的科学问题亟待应用加速器质谱方法解决。这些北大承担的重要研究项目的成功以及达到国际高水平 and 较高显示度的可能性在很大程度上取决于北大加速器质谱的运行状态。

“十五”“211工程”实施期间,北京大学 $^{14}\text{C}$ 测量加速器质谱大型公用仪器设备技术平台建设不仅对不同学科的发展作出了重要贡献,而且促进了物理、化学、考古、地球科学和环境科学等学科的交叉,形成了一支多学科密切合作的研究队伍。展望未来,放射性碳加速器质谱仪必将发挥更大的作用,将北大的科研推进到更加深入和广泛的领域。

(摘自北大新闻网 2006-04-17)