

李玲萍,胡丽莉,刘维成,等.河西走廊东部夏季沙尘暴气象要素变化特征[J].干旱气象,2017,35(3):427-432. [LI Lingping, HU Lili, LIU Weicheng, et al. Variation Characteristic of Main Meteorological Elements During Summer Sand - Dust Storm Processes in East of Hexi Corridor[J]. Journal of Arid Meteorology, 2017, 35(3):427-432], DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2017)-03-0427

# 河西走廊东部夏季沙尘暴气象要素变化特征

李玲萍<sup>1</sup>,胡丽莉<sup>1</sup>,刘维成<sup>2</sup>,李岩瑛<sup>1</sup>,梁红霞<sup>1</sup>

(1. 甘肃省武威市气象局,甘肃 武威 733000;2. 兰州中心气象台,甘肃 兰州 730020)

**摘要:**利用河西走廊东部民勤和凉州站1971—2013年夏季(6—8月)地面常规气象日观测资料及民勤探空站同期逐日08:00和20:00探空资料,选取民勤和凉州同一天均出现沙尘暴天气的12个沙尘暴个例,统计分析河西走廊东部夏季沙尘暴过程中风向、风速和沙尘暴持续时间、出现时间以及过程前后高低空相关气象要素的变化特征。结果表明:(1)风向、风速对河西走廊东部夏季沙尘暴天气的发生具有重要影响,在西北、西西北、西3个风向下出现沙尘暴天气的频率达75%;(2)夏季沙尘暴持续时间较短,且有75%的夏季沙尘暴出现在下午到晚上(13:00—20:00)时段;(3)夏季沙尘暴发生前大气整层湿度较小、中低层增温明显、高层有冷平流、不稳定性加大、地面为热低压控制、气温高、相对湿度小。

**关键词:**河西走廊东部;夏季沙尘暴;气象要素

**文章编号:**1006-7639(2017)-03-0427-06 DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2017)-03-0427

**中图分类号:**P445+.4

**文献标识码:**A

## 引言

沙尘天气是指强风从地面卷起大量沙尘,使空气混浊,水平能见度明显下降的天气现象,可分为浮尘、扬沙、沙尘暴、强沙尘暴和特强沙尘暴5个等级<sup>[1-5]</sup>。其中沙尘暴天气水平能见度 $<1$  km,是危害极大的灾害性天气,它的频繁发生既是环境状况恶化的重要表现,又大大加快了土地沙漠化的进程,对我国工农业生产造成了严重危害<sup>[6-14]</sup>。甘肃河西走廊(以民勤为中心)是我国沙尘暴多发区之一,特别是在河西走廊东部,沙尘暴已经成为春夏季最严重的气象灾害。对河西走廊沙尘暴的天气气候学特征、时空分布、预报方法及沙尘暴发生时地面气象要素变化等方面已有大量研究<sup>[15-30]</sup>,而对于沙尘暴过境前后地面气象要素变化特征的研究相对较少<sup>[31]</sup>,夏季是河西走廊沙尘暴的次多发季节,民勤、凉州是河西走廊东部沙尘暴多发区,且灾情重。本文选取民勤和凉州作为代表站,利用地面常规气象观测资料和探空资料,对河西走廊东部夏季区域性沙尘暴天气过程前后高低空相关气象要素的变化特

征进行研究,试图揭示夏季沙尘暴发生特征和形成机理,以便为沙尘暴天气预报预警和防灾减灾气象服务提供参考。

## 1 研究区概况

河西走廊东部地处青藏高原北坡,南靠祁连山脉,北邻腾格里和巴丹吉林沙漠,东接黄土高坡西缘,深居内陆,远离海洋,青藏高原和祁连山脉阻挡了偏南暖湿气流的北上,降水稀少,大陆性干旱气候十分显著,大风、沙尘暴是本地一种危害极大的灾害性天气。民勤作为我国沙尘暴多发区之一,年均出现沙尘暴27 d,而凉州约为5 d(图1)。

## 2 资料与方法

所用资料包括:民勤、凉州常规气象观测站1971—2013年夏季(6—8月)的逐日沙尘暴、平均气压、平均气温、平均0 cm地温、平均相对湿度、最大风速、风向等资料;民勤探空站同期逐日08:00(北京时,下同)和20:00 850—150 hPa温度、露点温度、风向、风速等资料。

收稿日期:2016-04-14;改回日期:2017-01-09

基金项目:2016年甘肃省气象局“青年优秀科技人才”、气象关键技术集成与应用项目(CMAGJ2013Z09、CMAGJ2015M62)和中国气象局预报员专项(CMAYBY2015-080)共同资助

作者简介:李玲萍(1977-),女(汉族),甘肃定西人,硕士,高级工程师,主要从事天气预报和研究工作. E-mail:wwqxjllp@163.com

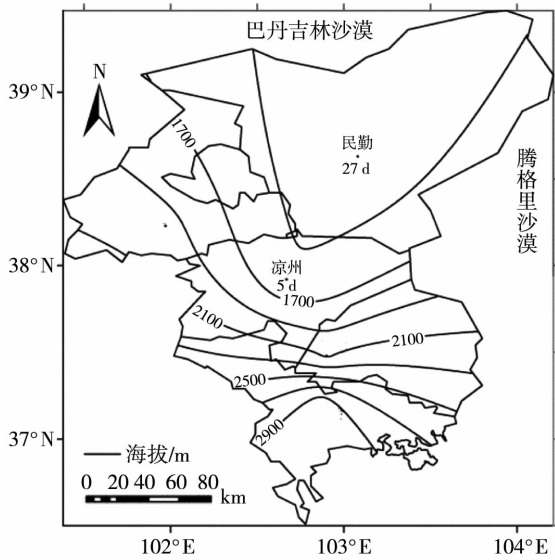


图1 河西走廊东部地形特征  
Fig.1 Terrain character in the east of Hexi corridor

选取 1971—2013 年夏季民勤和凉州同一天均出现沙尘暴天气(河西走廊东部有 2 站出现沙尘暴天气定为一次区域性沙尘暴天气过程)的 12 个沙尘暴个例为研究对象,运用天气统计学方法对沙尘暴过程中风向、风速及沙尘暴持续时间、出现时间以及高低空相关气象要素变化特征进行研究,进而分析夏季沙尘暴的发生机理。

### 3 风向、风速特征及沙尘暴持续、出现时间

#### 3.1 沙尘暴过程中风向特征

由凉州和民勤站夏季不同风向下沙尘暴发生频率(图 2)看出,风向对河西走廊东部夏季沙尘暴的发生具有重要影响,凉州和民勤站沙尘暴主要在西北(NW)、西西北(WNW)、西(W)3 个风向下出现,占沙尘暴天气总次数的 75%;在东(E)、东东南(ESE)、东南(SE)、南东南(SSE)、南(S)、西南(SW)、西西南(WSW)7 个风向上没出现过沙尘暴天气。这主要是因为造成河西走廊东部夏季沙尘暴的冷空气路径主要为西方路径和西北路径<sup>[25]</sup>,其次是河西走廊特殊地形的“狭管效应”使风向发生偏西或偏北方向变化。

#### 3.2 沙尘暴过程中风速特征

1971—2013 年河西走廊东部 12 个夏季区域沙尘暴天气个例中,2 站最大风速同时  $\geq 10.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  的沙尘暴天气有 4 次,民勤最大风速  $\geq 10.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  的沙尘暴天气有 7 次,凉州区最大风速  $\geq 10.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  的沙尘暴天气有 6 次,说明大风对沙尘暴的贡献很大,

河西走东部夏季出现沙尘暴时,常伴有大风天气。

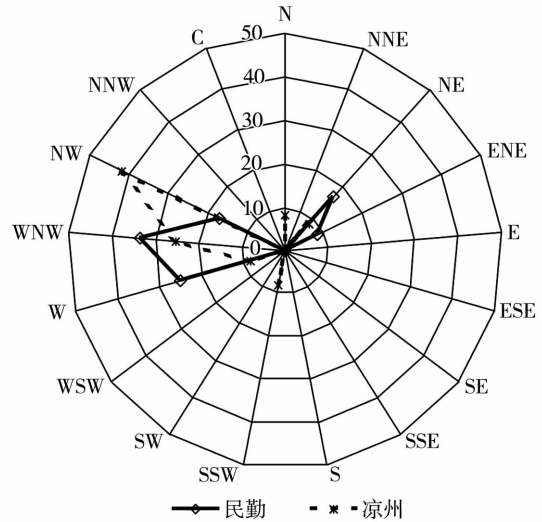


图2 1971—2013 年夏季民勤和凉州站不同风向下沙尘暴天气发生频率(单位:%)  
Fig.2 The frequencies of summer sand - dust storm occurring under different wind directions at Minqin and Liangzhou station in the east of Hexi corridor during 1971 - 2013 (Unit:%)

#### 3.3 沙尘暴天气持续时间

图 3 为 1971—2013 年夏季民勤和凉州站沙尘暴天气的持续时间。可以看出,12 个沙尘暴天气个例中,沙尘暴天气持续时间较短,最长持续时间为 258 min,最短只有 2 min。相比春季沙尘暴影响时间长、范围大、尺度大的特点<sup>[32]</sup>,夏季沙尘暴突发性强、影响时间短、范围小、尺度小,常和强对流天气同时发生。

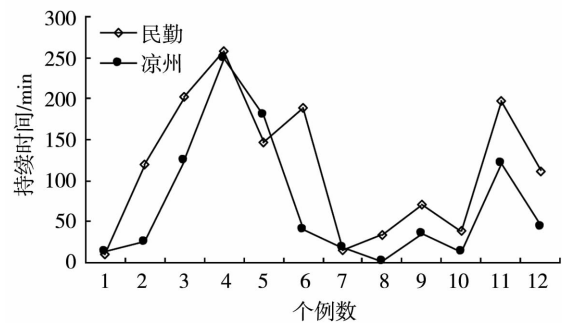


图3 1971—2013 年夏季民勤和凉州站沙尘暴天气持续时间  
Fig.3 Durations of summer sand - dust storm at Minqin and Liangzhou station in the east of Hexi corridor during 1971 - 2013

#### 3.4 沙尘暴天气出现时间

统计民勤和凉州夏季同时出现的 12 个沙尘暴

个例发生时间(图4),发现12个个例中,有3次开始时间在早晨到中午时间段(07:00—13:00),占25%,其余9次在下午到晚上时间段(13:00—20:00),占75%。说明夏季单纯的冷空气活动较难以起沙,须有热力条件配合;下午至晚上时间段地面增温最明显,易出现对流不稳定,所以这一时段沙尘暴出现较多。

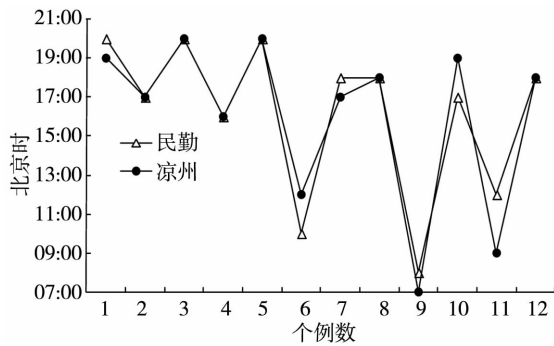


图4 1971—2013年夏季民勤和凉州站沙尘暴天气出现时间

Fig. 4 Occurring time of summer sand - dust storm at Minqin and Liangzhou station in the east of Hexi corridor during 1971 - 2013

### 4 气象要素的垂直变化

为了解夏季沙尘暴过程中及前、后期气象要素的垂直变化,统计分析12个区域性沙尘暴个例天气发生前一天、当天、后一天08:00和20:00 850—150 hPa 的温度、温度露点差、风向和风速变化。

#### 4.1 温度

图5为1971—2013年夏季民勤站沙尘暴天气发生当天及前、后一天08:00和20:00的温度垂直廓线。可以看出,沙尘暴发生当天08:00(图5a),即

沙尘暴爆发前(12个沙尘暴个例只有1次出现在07:00—08:00,其余均出现在09:00以后),中低层600 hPa以下温度明显较沙尘暴发生前一天、后一天08:00升高,特别是700 hPa温度出现明显增大,低层升温有利于对流发展。沙尘暴发生当天20:00(图5b),600 hPa以下温度明显低于沙尘暴发生前一天、后一天20:00的温度。

#### 4.2 温度露点差

图6为1971—2013年夏季民勤站沙尘暴天气发生当天及前、后一天温度露点差的垂直廓线。可以看出,沙尘暴发生当天08:00(图6a),整层大气温度露点差较沙尘暴发生前一天、后一天08:00的温度露点差大,特别是600—700 hPa之间增大明显,说明中低层大气干燥。沙尘暴发生当天20:00(图6b),整层大气温度露点差较沙尘暴发生前一天、后一天的20:00迅速减小,说明前期中低层干热状态有利于沙尘暴爆发,爆发或过境时湿度增加。

#### 4.3 风速、风向

图7为1971—2013年夏季民勤站沙尘暴天气发生当天及前、后一天08:00和20:00的风速、风向垂直廓线。可以看出,沙尘暴发生当天08:00(图7a),600—200 hPa,风速随高度升高而增大,200 hPa以上风速又迅速减小。沙尘暴发生当天20:00(图7b),近地面850 hPa风速较前一天、后一天20:00迅速增大,下午到晚上地面增温迅速,不稳定增强,因此在沙尘暴爆发时20:00前后出现风速激增现象,为起沙过程提供了必要的动力条件。

沙尘暴发生当天08:00(图7c),400 hPa以下风向呈明显顺时针旋转,400—300 hPa风向为逆时针旋转,即中低层为暖平流、高层为冷平流,高低空层结不稳定。沙尘暴发生前一天及当天20:00(图7d),

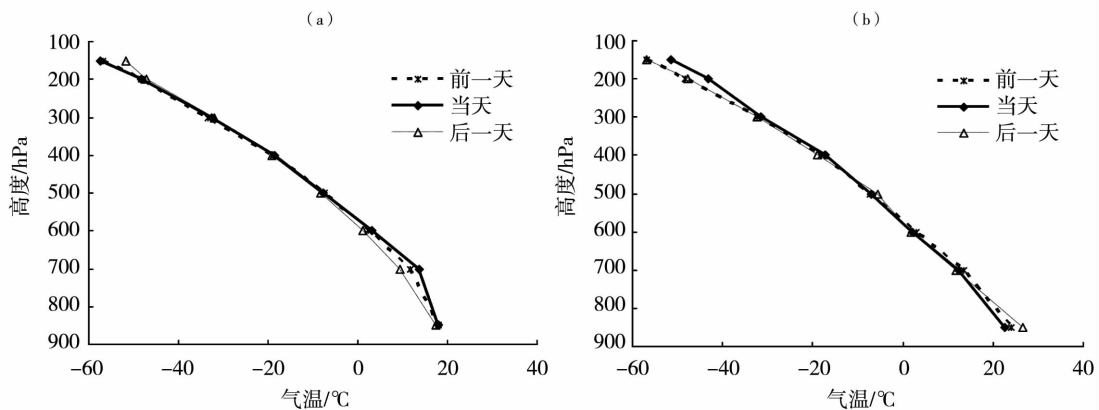


图5 1971—2013年民勤站夏季沙尘暴天气发生过程中08:00(a)和20:00(b)的气温垂直廓线  
Fig. 5 The vertical profiles of air temperature at 08:00 BST (a) and 20:00 BST (b) during summer sandstorm processes at Minqin station in the east of Hexi corridor from 1971 to 2013

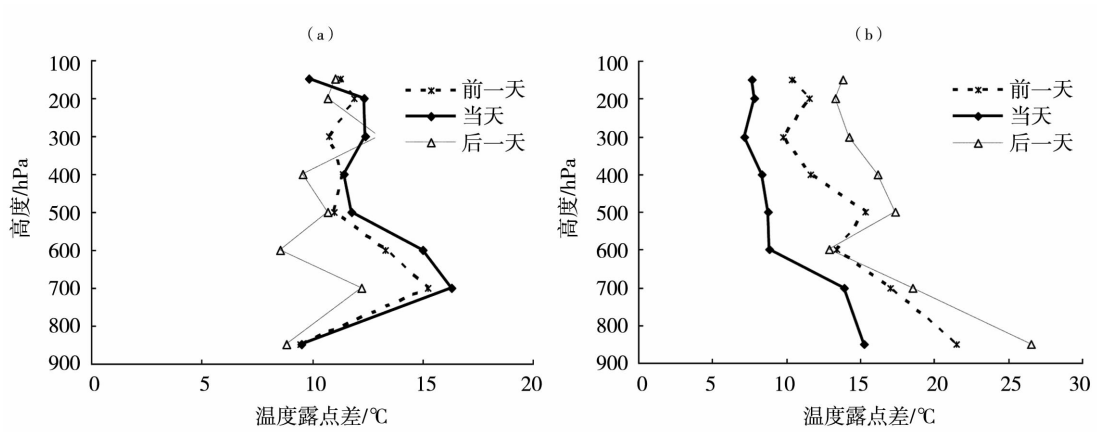


图6 1971—2013年民勤站夏季沙尘暴天气发生过程中08:00(a)和20:00(b)的温度露点差( $T - T_d$ )垂直廓线

Fig. 6 The vertical profiles of  $T - T_d$  at 08:00 BST (a) and 20:00 BST (b) during summer sandstorm processes at Minqin station in the east of Hexi corridor from 1971 to 2013

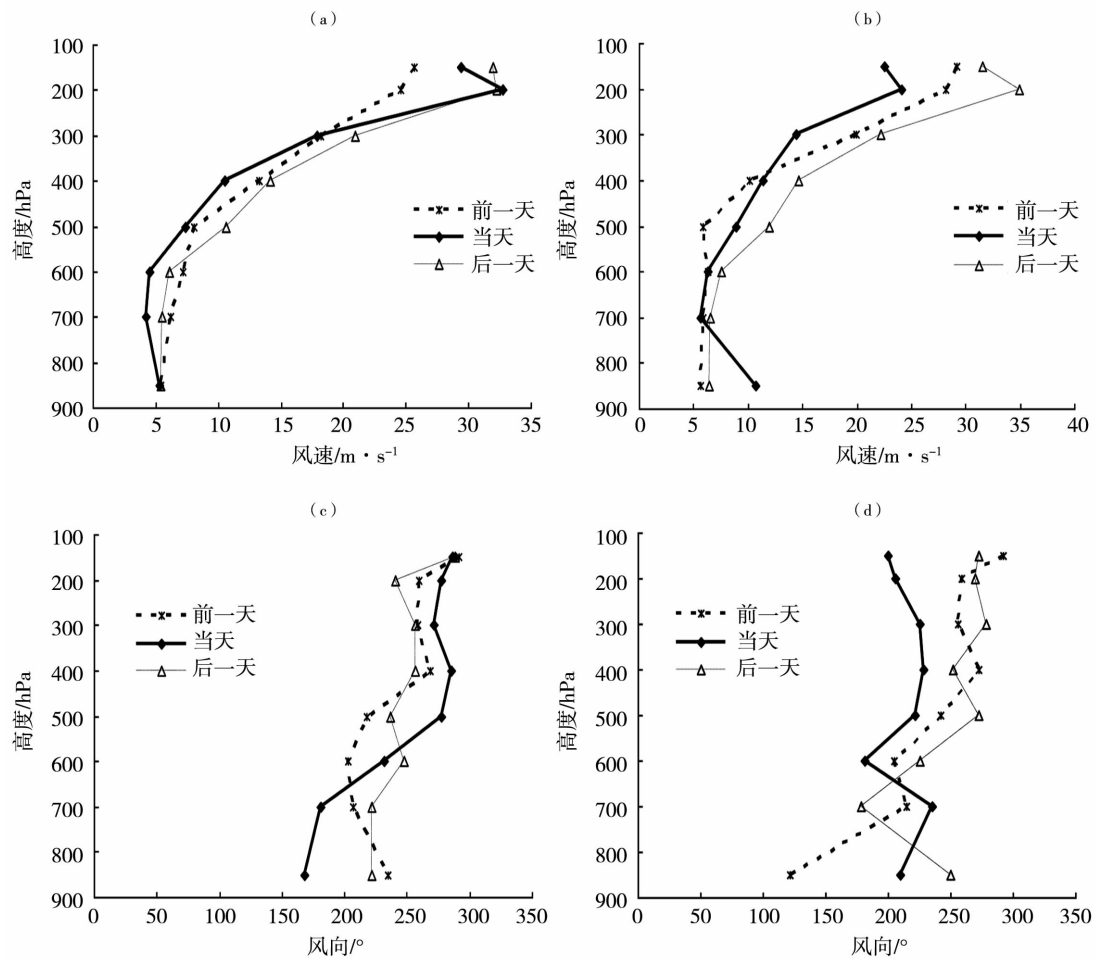


图7 1971—2013年夏季民勤站沙尘暴天气发生过程中08:00(a、c)和20:00(b、d)风速(a、b)及风向(c、d)的垂直廓线

Fig. 7 The vertical profiles of wind velocity (a, b) and wind direction (c, d) at 08:00 BST (a, c) and 20:00 BST (b, d) during summer sandstorm processes at Minqin station in the east of Hexi corridor from 1971 to 2013

700 hPa 以下为暖平流,700—600 hPa 为冷平流,中低层存在明显不稳定,而后一天 20:00 700 hPa 以下为冷平流,大气层结趋于稳定,沙尘暴结束。20:00 与 08:00 相比,中低层存在明显的不稳定层结,风速更大,这也是午后到夜间出现沙暴较多的重要原因。

## 5 地面气象要素变化

为了解河西走廊东部夏季沙尘暴过程中及前、后期地面气象要素的变化,统计分析 12 个区域性沙尘暴个例天气发生前 5 天后 3 天日平均地面气压、日平均气温、日平均 0 cm 地温、日平均相对湿度及日最大风速(图 8)。

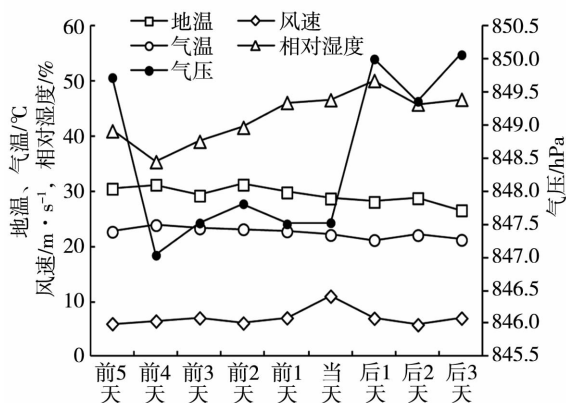


图 8 1971—2013 年夏季民勤站沙尘暴天气发生过程中地面气象要素变化

Fig. 8 Variations of surface meteorological elements during summer sandstorm processes at Minqin station in the east of Hexi corridor during 1971–2013

由图 8 可以看出,日平均气温和 0 cm 地温在沙尘暴出现前 4 天开始上升,沙尘暴出现后呈小幅下降趋势。夏季沙尘暴天气过程中冷空气较弱,天气影响系统主要是高空小槽、切变线等;而春季沙尘暴中的冷空气较强,影响系统是高空冷槽、蒙古冷涡和地面冷锋<sup>[33]</sup>。空气相对湿度在沙尘暴天气出现前有明显下降趋势,沙尘暴出现后又呈上升趋势。夏季沙尘暴主要发生在中小尺度天气系统引发的局地热对流中,沙尘暴出现后常伴有阵性降水。沙尘暴爆发当天风速出现骤升,沙尘暴结束后一天风速骤降。沙尘暴出现前 4 天地面气压开始下降,沙尘暴天气过境后一天,气压上升,但是前后期气压变化浮动较小。分析发现河西走廊东部春、夏季沙尘暴发生前后地面气压变化趋势相同,出现前期地面为热低压控制,过境后气压上升,但是春季沙尘暴的地面气压变化较夏季更加剧烈。

## 6 结论

(1) 风速、风向对河西走廊东部沙尘暴天气的发生有重要影响。在西北、西西北、西 3 个风向下出现沙尘暴天气的次数占沙尘暴天气总次数的 75%。其主要原因是河西走廊东部夏季沙尘暴的冷空气路径为西方路径和西北路径,以及河西走廊特殊地形的“狭管效应”。

(2) 河西走廊东部夏季沙尘暴 75% 出现在下午到晚上时段(13:00—20:00),且持续时间较短。夏季沙尘暴主要发生在中小尺度天气系统引发的局地热对流中,下午到晚上地面增温最明显,易出现对流不稳定,所以这一时段出现的沙尘暴较多,且持续时间较短。

(3) 夏季沙尘暴发生前后高空、地面要素变化明显。沙尘暴发生前大气整层湿度较小,中低层增温明显,高层有冷平流,不稳定度加大;地面为热低压控制,气温高、相对湿度小。

### 参考文献

- [1] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京:气象出版社,2003.
- [2] 朱炳海,王鹏飞,束家鑫. 气象学词典[M]. 上海:上海辞书出版社,1985.
- [3] 张凯,高会旺. 东亚地区沙尘气溶胶的源和汇[J]. 安全与环境学报,2003,3(3):7–12.
- [4] 王式功,王金艳,周自江,等. 中国沙尘天气的区域特征[J]. 地理学报,2003,58(2):193–200.
- [5] 周自江. 近 45 年中国扬沙和沙尘暴天气[J]. 第四纪研究,2001,21(1):9–17.
- [6] 方宗义,朱福康. 中国沙尘暴研究[M]. 北京:气象出版社,1997:1–10.
- [7] 王式功,杨德保,金炯,等. 我国西北地区黑风暴的成因和对策[J]. 中国沙漠,1995,15(1):19–20.
- [8] 王汝佛,冯强,尚可政. 2010 年春季我国一次强沙尘暴过程分析[J]. 干旱区地理,2014,37(1):31–44.
- [9] 李岩瑛,杨晓玲,王式功. 河西走廊东部近 50 a 沙尘暴成因、危害及防御对策[J]. 中国沙漠,2002,22(3):283–287.
- [10] 马建勇,何清,杨兴华,等. 塔克拉玛干沙漠区域性塔中局地性沙尘暴特征比较[J]. 沙漠与绿洲气象,2016,10(2):36–42.
- [11] 霍文,张广兴,秦贺,等. 塔城 3·12 东风沙尘暴天气模拟分析[J]. 沙漠与绿洲气象,2014,8(4):26–31.
- [12] 王柯,何清,王敏仲,等. 塔中一次强沙尘暴过程边界层风场变化特征[J]. 沙漠与绿洲气象,2013,7(1):6–11.
- [13] 宗志平,张恒德,马杰. 2009 年 4 月下旬蒙古气旋型大范围沙尘暴天气过程的诊断分析[J]. 沙漠与绿洲气象,2012,6(1):1–9.
- [14] 王金辉,刘海涛,王东,等. 克州地区春季一次强风沙天气成因分析[J]. 沙漠与绿洲气象,2012,6(1):41–45.
- [15] 李岩瑛,俞亚勋,罗晓玲,等. 河西走廊东部近 50 a 沙尘暴气候预测研究[J]. 高原气象,2004,23(6):851–856.

- [16] 江灏,吴虹,尹宪志,等. 河西走廊沙尘暴的时空变化特征与其环流背景[J]. 高原气象,2004,23(4):820-826.
- [17] 钱莉,薛生梁,杨永龙,等. 民勤“2010.4.24”黑风天气过程的稳定度分析[J]. 干旱区地理,2012,35(3):408-414.
- [18] 汤绪,俞亚勋,李耀辉,等. 甘肃河西走廊春季沙尘暴与低空急流[J]. 高原气象,2004,23(6):840-846.
- [19] 张强,王胜. 论特强沙尘暴(黑风)的物理特征及其气候效应[J]. 中国沙漠,2005,25(5):675-681.
- [20] 常兆丰,韩福贵,仲生年,等. 民勤沙尘暴分布的地理因素及其前期气象特征[J]. 干旱区地理,2009,32(3):412-417.
- [21] 郭萍萍,杨建才,殷雪莲,等. 甘肃省春季一次连续浮尘天气过程分析[J]. 干旱气象,2015,33(2):303-309.
- [22] 李玲萍,罗晓玲,王润元. 盛夏一次区域性强沙尘暴天气个例分析[J]. 灾害学,2007,22(4):81-85.
- [23] 杨吉萍,胡兴才,崔志强. 甘肃民勤“4.24”沙尘暴过程的数值模拟分析[J]. 干旱气象,2016,34(4):718-724.
- [24] 钱莉,李岩瑛,杨永龙,等. 河西走廊东部强沙尘暴分布特征及飏线天气引发强沙尘暴特例分析[J]. 干旱区地理,2010,33(1):30-36.
- [25] 杨晓玲,丁文魁,钱莉,等. 一次区域性大风沙尘暴天气成因分析[J]. 中国沙漠,2005,25(5):702-705.
- [26] 王劲松,李耀辉,康凤琴,等. “4.12”沙尘暴天气的数值模拟及诊断分析[J]. 高原气象,2004,23(1):89-96.
- [27] 董安祥,白虎志,陆登荣,等. 河西走廊强和特强沙尘暴变化趋势的初步研究[J]. 高原气象,2003,22(4):422-425.
- [28] 胡泽勇,黄荣辉,卫国安,等. 2000年6月4日沙尘暴过境时敦煌地面气象要素及地表能量平衡特征的变化[J]. 大气科学,2002,26(1):1-7.
- [29] 牛生杰,岳平,刘晓云,等. 2004年春夏季两次沙尘暴期间地面气象要素变化特征对比分析[J]. 中国沙漠,2007,27(6):1067-1071.
- [30] 赵明瑞,刘明春,钱莉,等. 民勤绿洲1971—2010年沙尘暴特征及影响因素分析[J]. 沙漠与绿洲气象,2013,7(5):35-39.
- [31] 李艳春,赵光平,胡文东,等. 宁夏中北部沙尘暴过程中气象要素变化特征及成因分析[J]. 高原气象,2005,24(2):212-217.
- [32] 王式功,董光荣. 沙尘暴研究的进展[J]. 中国沙漠,2000,20(4):349-356.
- [33] 徐国昌,陈敏莲,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.

## Variation Characteristic of Main Meteorological Elements During Summer Sand - Dust Storm Processes in East of Hexi Corridor

LI Lingping<sup>1</sup>, HU Lili<sup>1</sup>, LIU Weicheng<sup>2</sup>, LI Yanying<sup>1</sup>, LIANG Hongxia<sup>1</sup>

(1. Wuwei Meteorological Bureau of Gansu Province, Wuwei 733000, China;  
2. Lanzhou Central Meteorological Observatory, Lanzhou 730020, China)

**Abstract:** Based on conventional meteorological data of Liangzhou and Minqin stations, daily observed sounding data at 08:00 and 20:00 at Minqin radiosonde station in the east of Hexi Corridor in summer during 1971-2013, 12 sand storm cases occurring at the same day in Minqin and Liangzhou were selected to statistically analyze variation feature of wind direction and wind speed, duration and occurring time of sandstorm, and the related meteorological elements during sand - dust storm processes. The results are as follows: (1) The wind directions had an important effect on sand - dust storm weather forming. The frequency of sand - dust storm occurrence under three wind directions of NW, WNW and W was up to 75%. (2) Summer sandstorm lasted shorter, and 75% summer sandstorms appeared from 13:00 to 20:00. (3) Before sandstorm occurrence, there were small atmospheric humidity and cold advection in upper level, and warming significantly in mid - lower level. Above ground, there were thermal depression, high temperature and small relative humidity in summer.

**Key words:** the east of Hexi corridor; summer sand - dust storm; meteorological elements