

S3 会场:

2007-2008 年库姆塔格沙漠沙尘天气特征与天气分型

霍文¹ 周永东¹ 秦贺² 王式功³ 李耀辉⁴

(1、中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 新疆 乌鲁木齐 830002 2、新疆维吾尔自治区气象台, 新疆 乌鲁木齐 830002 3、兰州大学大气科学学院, 甘肃 兰州 730000 4、中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃 兰州 730020)

摘要: 库姆塔格是我国八大沙漠中唯一分布有羽毛状沙丘的沙漠, 沙漠气候、环境条件极其严酷, 2007年9月由中国林科院牵头, 16所中央和地方科研机构、高等院校的46名科学家、研究人员和15名后勤保障人员共计61人组成库姆塔格沙漠综合科学考察队, 是我国首次对该沙漠进行的一次综合性科学考察。首次对沙漠分布规律、沙丘类型与沙丘形态特征、沙漠形成时代及演化过程、气候环境特点、地表水文状况及古水文网的变迁、植被与土壤特点、资源与环境状况、生物多样性特征、沙漠对周边地区的影响等进行野外图片、数据信息采集。通过对库姆塔格沙漠的地质、地貌、气候、水文、土壤、植被、动物等自然环境要素的综合科考, 对于查清库姆塔格沙漠地区植被资源状况、揭示西北干旱区气候与环境形成演变历史以及对青藏高原隆升和全球变化的响应具有重要科学意义。本文利用这次综合考察的珍贵的气象资料, 分析了沙尘暴过境时库姆塔格沙漠气象要素的变化特征。以库姆塔格沙漠周边气象站点沙尘天气出现时间为依据, 选取2008年所有沙尘天气过程, 解读相应时间段内Micaps系统中各个层次的资料, 客观分析了驱动库姆塔格沙漠沙尘天气爆发的动力成因, 将天气形势分为四种类型: 冷空气翻山型; 冷空气东灌型; 锋前热低压发展型; 局地对流型, 其中冷空气翻山型与东灌型居多共7次, 锋前热低压发展型与局地对流型较少仅为2次。利用库姆塔格沙漠北部1号气象站以及南部2号气象站资料, 结合库姆塔格沙漠沙尘粒度分析资料, 初步讨论了风对库姆塔格沙漠沙丘形态的影响, 期待为库姆塔格沙尘暴的预报研究奠定一定的基础。

关键词: 库姆塔格沙漠; 沙尘天气; 翻山型; 东灌型; 发展型; 对流型;

中国第六大沙漠库姆塔格沙漠东接甘肃省敦煌市, 北抵天山山脉东段, 南以阿尔金山为界, 是塔克拉玛干沙漠的一部分。库姆塔格沙漠面积大约2.28万平方千米, 主要组成元素不是沙丘, 而是沙山, 库姆塔格在维吾尔语中就是“沙山”之意。位于亚洲干旱区, 是一个典型的内陆河盆地, 十余条重要地表径流曾穿过沙漠汇集于罗布泊洼地。在该沙漠中除了有一定面积的雅丹地貌、格状沙丘、新月形沙丘、蜂窝状沙丘、金字塔形沙丘、星状沙丘和线状沙丘等沙丘类型外, 还有世界上独有的“羽毛”状沙丘。鉴于沙漠气候恶劣、环境条件严酷及技术手段落后等客观原因, 考察和研究工作相对薄弱。上个世纪70-80年代以来, 中国科学院等就罗布泊变迁问题, 对该沙漠北缘及阿奇克堑谷地一带作过零星考察^[1], 继后有部分学者对库姆塔格沙漠的“羽毛状沙丘”的成因机制、沙尘粒度等方面做了相关研究, 屈建军, 夏训诚, 董治宝等通过野外观测、高精度航片解译和风洞模拟实验研究, 得出了羽毛状沙垄形成条件。其中魏怀东, 徐先英等研究表明组成金字塔沙丘、线形沙垄、格状沙丘、羽毛状沙丘羽轴的沙粒中0.25-0.063 mm颗粒占绝大多数, 其次是0.5-0.25 mm和1-0.5 mm的颗粒, 形成羽毛状沙丘羽枝的颗粒在暗带以2-0.5 mm的颗粒为主, 在明带以0.5-0.063mm 的颗粒为主, 各沙丘沙粒的分选性较好。屈建军, 郑本兴等研究指出晚更新世末至全新世库姆塔格沙

基金项目: 国家科技基础性工作专项 (2006FY110800); 新疆维吾尔自治区科技攻关项目 (200833119); 国家科技支撑计划课题 (2008BAC40B05-01); 中国沙漠气象科学基金 (Sqj2009002); 国家自然科学基金项目 (40975097) 联合资助。

作者简介: 霍文 (1981-), 男, 陕西绥德人, 硕士研究生, 助理研究员, 主要从事沙漠气象研究。Email: huowenpet@idm.cn

漠扩大，向北埋没了羽毛状断裂谷(风蚀谷)和雅丹垄脊，形成了世界上独特的羽毛状沙丘。屈建军，左国朝指出库姆塔格沙漠位于塔里木板块东部的阿尔金山北麓地带，受青藏高原新构造运动强烈隆升和贯穿本区的阿尔金断裂系发生左旋走滑变动的影 响，构筑了南高北低的地质构造变为盆山格局^[2-14]。2007年9月由中国林科院牵头，中国林科院林业研究所、森林保护与生态环境研究所、资源信息研究所，中国科学院寒区旱区环境工程研究所、新疆生态与地理研究所、植物研究所、地理研究所，甘肃省治沙研究所，兰州大学，南京大学，北京大学，北京师范大学，北京林业大学，中国气象局兰州干旱气象研究所、乌鲁木齐沙漠气象研究所等16所中央和地方科研机构、高等院校的46名科学家、研究人员和15名后勤保障人员共计61人组成库姆塔格沙漠综合科学考察队，是我国首次对该沙漠进行的一次综合性科学考察。首次对沙漠分布规律、沙丘类型与沙丘形态特征、沙漠形成时代及演化过程、气候环境特点、地表水文状况及古水文网的变迁、植被与土壤特点、资源与环境状况、生物多样性特征、沙漠对周边地区的影响等进行野外图片、数据信息采集。通过对库姆塔格沙漠的地质、地貌、气候、水文、土壤、植被、动物等自然环境要素的综合科考，对于查清库姆塔格沙漠地区植被资源状况、揭示西北干旱区气候与环境形成演变历史以及对青藏高原隆升和全球变化的响应具有重要科学意义。项目实施和研究成果，将为沙区资源开发利用、防沙止漠、生态保护等方面提供科学依据。“库姆塔格沙漠综合科学考察”项目是科技部批准的2006年度国家科技基础性工作专项“科学调查与考察类”九个重点项目之一。库姆塔格是我国八大沙漠中唯一分布有羽毛状沙丘的沙漠，沙漠气候、环境条件极其严酷，为我国目前唯一没有做过综合科考的沙漠。项目的实施，不仅将填补其综合科考之空白，还将在沙区资源开发利用、防沙止漠、生态保护等方面为政府决策部门提供科学依据。所以，这是一项基础性很强、应用广泛的科技工作。本文利用这次综合考察的珍贵的气象资料以及08年相关资料对库姆塔格沙漠沙尘天气特征及其天气分型等方面做了相关探讨，期待为库姆塔格沙尘暴的研究奠定一定的基础。

1 资料选取

2007年9月，考察队对库姆塔格沙漠进行了一系列的科学考察，并于9月11日至22日先后在库姆塔格沙漠1号营地、2号营地和多坝沟架设了Davis自动气象站，获取了一批宝贵的气象资料。本文通过统计学方法分析了9月两次沙尘暴过程中，库姆塔格沙漠地面气象要素的变化特征。

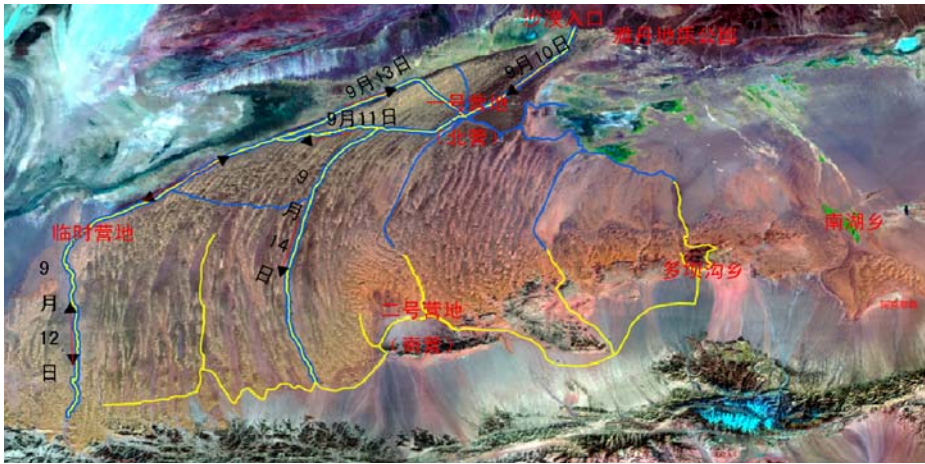


图1 库姆塔格沙漠科学考察路线图

库姆塔格沙漠 1 号站 (1 号营地): 纬度 $40^{\circ} 14' 48''$ N, 经度 $92^{\circ} 32' 49''$ E, 海拔高度 935m, 采集时段为 2007 年 9 月 11 日 8 点 58 分—16 日 8 点 45 分, 采集数据量 34656 个,

采集间隔 5min。4 号站 (1 号营地以西): 纬度 $39^{\circ} 46' 12''$ N, 经度 $90^{\circ} 57' 28''$ E, 海拔高度 1022m, 采集数据量 56568 个, 采集第一时段为 2007 年 9 月 11 日 18 点 20 分—13 日 8 点 05 分; 第二时段为 2007 年 9 月 13 日 8 点 10 分—13 日 14 点 40 分, 采集间隔第一时段 1 分钟, 第二时段 5 分钟。库姆塔格沙漠 2 号营地站: 纬度 $39^{\circ} 35' 38''$ N, 经度 $92^{\circ} 20' 33''$ E, 海拔高度 1497m, 采集数据量 133416 个, 采集时段为 2007 年 9 月 16 日 12 点 22 分—20 日 9 点 01 分, 采集间隔 1min。多坝沟站: 经纬度 $39^{\circ} 41' 10''$ N, 经度 $93^{\circ} 29' 30''$ E, 海拔高度 1694m, 采集数据量 48912 个, 采集时段 2007 年 9 月 20 日 18 点 41 分—22 日 9 点 09 分, 采集间隔 1min。采集要素包括 1. 地面温度、2. 最高温度、3. 最低温度、4. 相对湿度、5. 露点、6. 风向、7. 风速、8. 风的里程数、9. 最大风速、10. 最大风速的盛行风向、11. 热学指标、12. 温湿风合算指标、13. 气压、14. 降水量、风温指标、15. 雨强、16. 太阳辐射、17. 紫外辐射、18. 最大紫外辐射、19. 冷热舒适度指标、20. 仪器温度、21. 仪器相对温度、22. 风样、23. 风接效率、24. 采样时间间隔等。

2 考察期间典型天气过程分析

2.1 高空环流形势分析

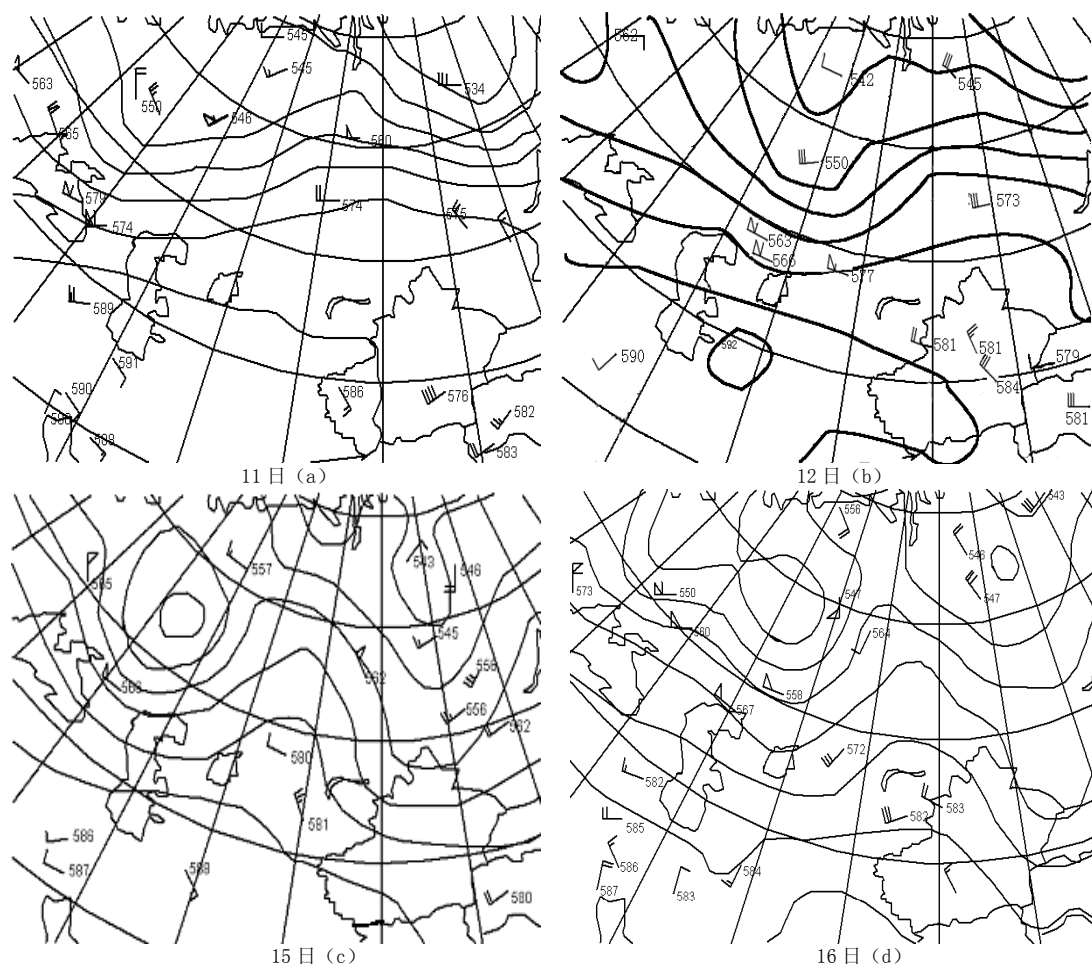


图 2 2007 年 9 月 11/12/15/16 日 500hPa 高空形势图

2007 年 9 月 9 日 08 时, 500hPa 高空形势场欧洲为槽, 里海到巴尔喀什湖为宽广的脊区, 新疆受短波槽控制, 槽内湿度较大。由于欧洲槽的东移和脊前不断南下的冷空气的影响, 高压脊开始向东北方向发展, 使影响新疆的槽东移南压且槽底向西南延伸, 影响到库姆塔格沙漠地区, 当槽转为东北-西南向后, 继续东移, 直到 12 日 08 时才移出库姆塔格沙漠。这次过程偏东地区高空 500hPa 风速并不大, 最大风速 16m/s 出现在 11 日 08 时若羌站。地面上高压整体偏北, 11 日移至内蒙西部时略加强, 新疆处于高压南缘, 东疆地区 10 日 20 时后加压较明显, 甘肃西部 11 日 08 时开始出现明显加压, 12 日系统继续东移南下。9 月 12 日

的短波槽移出后，欧亚范围以纬向环流为主，槽脊系统都很弱，新疆受浅脊控制，13 日里海和黑海脊开始发展，咸海至巴尔喀什湖槽加深，槽脊的经向度逐渐加大，槽前的湿度状况较好。随着脊的不断发展东移，咸海至巴尔喀什湖的槽于 14 日开始对新疆产生影响，与此同时南支伊朗高压的北端使得槽东移过程中在偏东地区南压，15 日 20 时偏东地区风速明显加大，若羌、哈密风速达 20m/s，酒泉达到 26m/s，敦煌达到 18m/s；16 日 08 时若羌达到 26m/s，酒泉达到 26m/s。并且 16 日 08 时槽基本移出新疆，槽线压在新疆与甘肃的交界处，20 时完全移出沙漠区。地面上，高压自西北方东移南下，高压完整且与低压成对出现，15 日 08 时十三间房风速增大至 20m/s，随后南疆开始出现气流东灌，15 日 20 时，南疆盆地出现扬沙、沙尘天气，甘肃西部也开始加压，敦煌出现浮尘，由于空气湿度条件较好，15 日偏东地区就开始出现降水天气。

2.2 考察期间沙尘暴过程中气象要素变化

2007 年 9 月 11—12 日气压较高，9 月 13 日以后迅速下降，到 14 日降幅达 15hPa；9 月 15 日随着天气系统过境，气压升高，升幅达 20hPa。9 月 11 日 13:20 分最大风速达 14.3m/s，瞬间风向为东北风。9 月 15 日短短 3h 左右，最大风速从 12:50 分的 1m/s 迅速增大到 15:50 分的 18.8m/s 左右，瞬间风向为西北风。与此同时，周边地区的酒泉出现阵雨、敦煌扬沙、哈密阵雨、若羌沙尘暴、塔中扬沙、且末扬沙。两次天气系统过境时，库姆塔格沙漠 1 号营地 9 月 11 日和 15 日均出现少量阵性降水，11 日累积降水量达到 1mm，15 日累积降水量达到 2mm。降水前，相对湿度基本保持在 30%左右，降水后最大相对湿度达到 100%。温度均有大幅下降，11 日从子夜至凌晨 8 点，温度降幅达 8℃，最低温度达到 13℃；15 日温度变化更为剧烈，从午后 3 点至子夜，温度降幅达 20℃，最低温度达到 8℃。通过比较地面气象要素的变化幅度，可以反映出 15 日较 11 日天气影响系统的强度更大，影响范围更广。

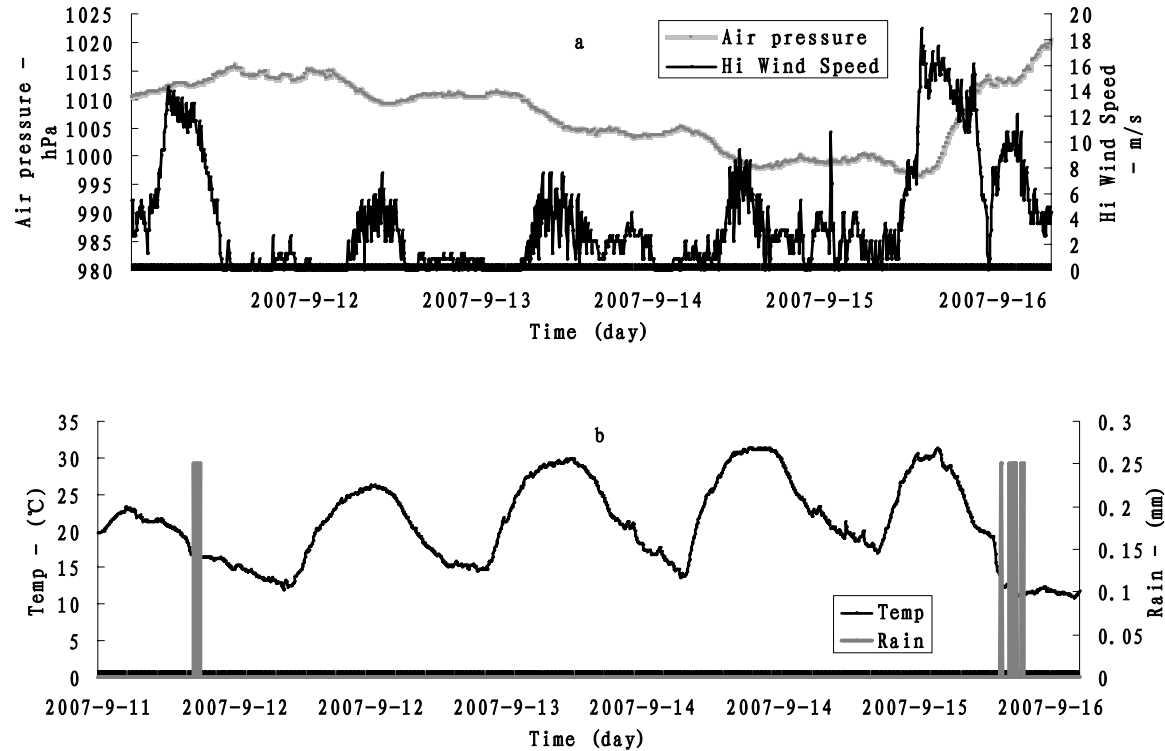


图3 2007 年 9 月库姆塔格沙漠沙尘暴过程期间最大风速、气压、温度、降水变化趋势图

纵观两次沙尘天气过程，库姆塔格沙漠近地面以西风和偏西风为主，其中 W 风 148 次，WNW 风 149 次，WSW 风 108 次，其它风向次数较为均匀，基本在 50 次左右。从侧面反映出库姆塔格沙漠所爆发的沙尘天气过程，主要动力来源于上游影响系统不断分裂冷空气东移南下，造成上游的气压梯度加大，空气翻过天山山脉进入南疆盆地，翻过天山山脉后气流下沉刮起西北风，因此在这两次沙尘天气过境前后的主导风向还是以偏西风和偏北风为主。

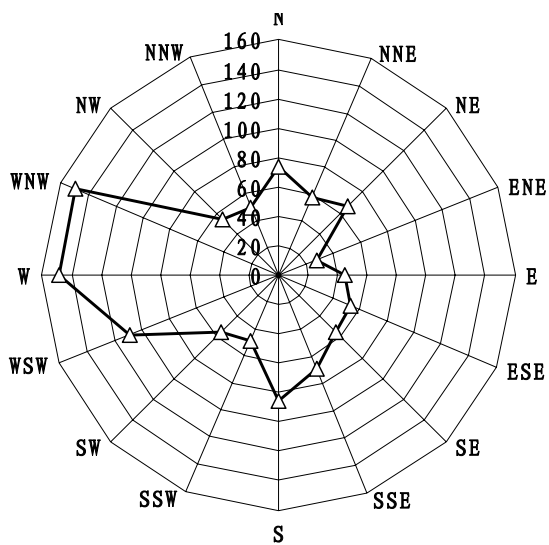
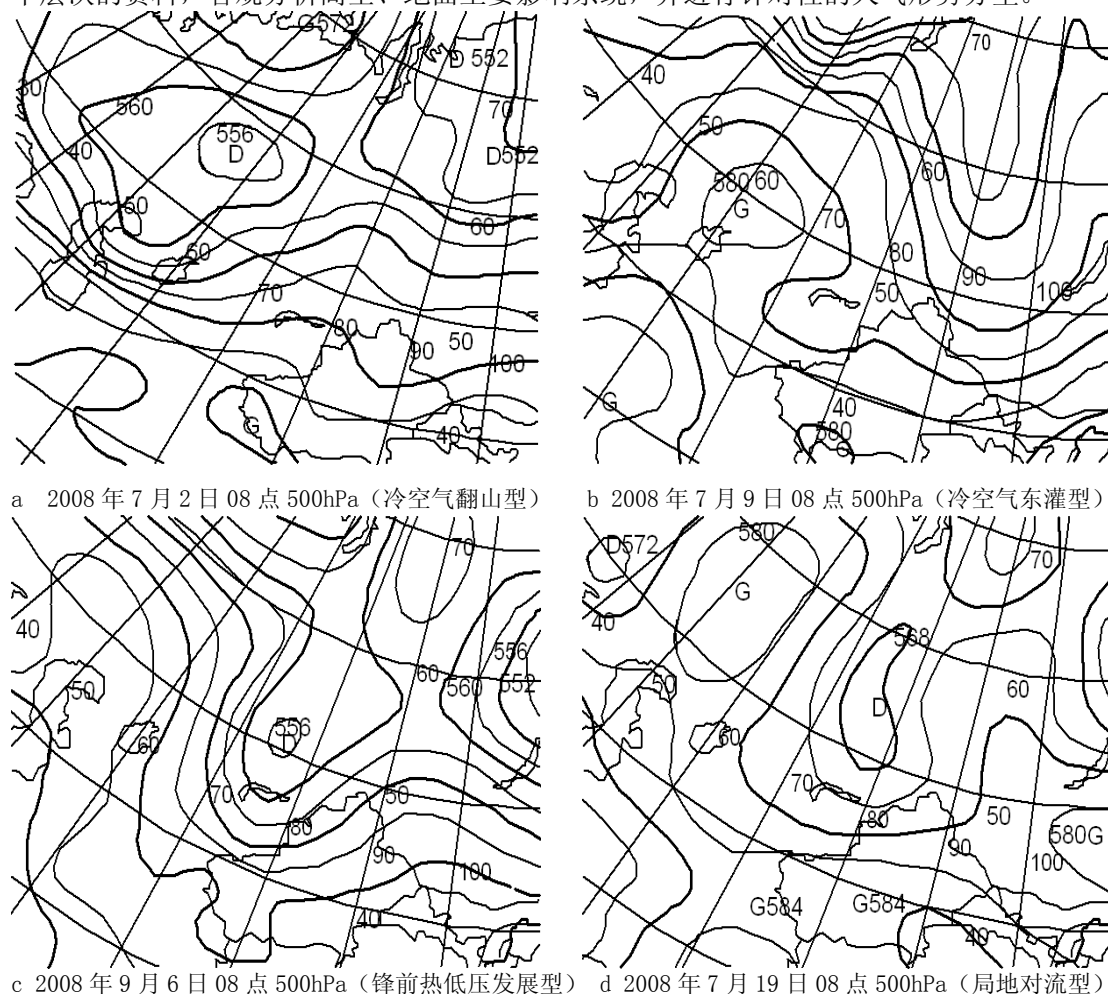


图 4 2007 年 9 月库姆塔格沙漠沙尘暴过程期间风向频率玫瑰图

3 2008 年沙尘天气过程分型分析

3.1 环流形势分析与天气形势分型

以库姆塔格沙漠周边气象站库米什、若羌、铁干里克、敦煌、哈密、塔中、且末沙尘暴出现时间为依据, 选取 2008 年所有沙尘天气过程, 通过解读相应时间段内 Micaps 系统中各个层次的资料, 客观分析高空、地面主要影响系统, 并进行针对性的天气形势分型。



3.1.1 第一型 冷空气翻山型沙尘天气

(1) 由图 5a 可见, 2008 年 7 月 2 日欧亚范围内为两支锋区型, 北支锋区偏北, 新疆主要受中纬度系统影响。前期 2008 年 7 月 1 日, 上游欧洲-乌拉尔山为低值系统, 中亚-咸海为弱高压脊, 巴尔喀什湖为低槽, 新疆处于槽前偏西风气流控制。7 月 2 日随着中亚气压系统的发展东移, 推动了巴尔喀什湖低槽东移南下, 造成了 7 月 2-3 日的北疆沿天山一带、东疆各地、巴州地区的降水和局地瞬时大风沙尘天气。从地面实况(图略)可看出, 前期 7 月 1 日地面高压中心在巴尔喀什湖, 下游东疆-甘肃青海为低压, 中心在甘肃境内。后期 7 月 2-3 日随着巴尔喀什湖地面高压的东移南下, 而同时下游地区低压系统稳定, 造成巴州、东疆的气压梯度加大, 在库姆塔格沙漠及周边地区形成冷空气翻山型沙尘天气。(2) 2008 年 8 月 19 日高空形势欧亚范围内为两支锋区, 北支锋区偏北, 新疆主要受中纬度系统影响。前期 8 月 18 日, 上游欧洲为低值系统, 里海-乌拉尔山为高压脊, 巴尔喀什湖为低槽, 新疆处于槽前偏西气流控制。随着乌拉尔山高压脊发展东移, 推动了巴尔喀什湖低槽东移南下, 造成北疆沿天山一带、东疆各地、巴州地区的降水和局地瞬时大风沙尘天气。前期 8 月 18 日在巴尔喀什湖有地面高压中心, 该中心所处的低槽区不断分裂冷空气东移南下, 造成巴州、东疆的气压梯度加大。巴尔喀什湖附近南下冷空气翻过天山山脉下沉刮起西北大风, 造成南疆东部的库姆塔格沙漠及周边地区出现北方冷空气翻山型沙尘天气。(3) 10 月 21 日, 欧亚范围为经向环流, 上游欧洲为低值系统, 乌拉尔山为高压脊, 西伯利亚至中亚为长波槽区, 新疆处于槽前偏西气流控制。随着上游乌拉尔脊的东移发展, 推动了中亚-西伯利亚低槽东移南下, 东移过程中槽底南伸至南疆盆地。地面气压场, 原处于巴尔喀什湖附近的冷空气翻过天山山脉进入南疆盆地, 翻过天山山脉后气流下沉刮起西北风, 从而在库姆塔格沙漠及周边地区形成冷空气翻山型沙尘天气。

3.1.2 第二型 冷空气东灌型沙尘天气

(1) 由图 5b 可见, 前期 7 月 9 日, 欧亚范围环流经向度较大, 上游欧洲为低槽区, 乌拉尔山-咸海为强盛的高压脊, 西伯利亚为深厚的低槽, 槽底伸至新疆偏东地区, 新疆大部分地区处于槽底偏西风气流控制。随着乌拉尔山脊的东扩, 推动了西伯利亚槽北段东移, 南段在新疆哈密地区停留。从 08 点地面气压场分布可看出, 随着高空槽脊系统的东移, 原处于西西伯利亚的地面高压东移南下至蒙古国-甘肃一带, 在气压场上形成了东高西低, 南高北低的高度场形势, 南疆大部分地区出现了 5 级左右偏东风, 并在库姆塔格沙漠及周边地区形成冷空气东灌型沙尘天气。(2) 2008 年 4 月 18 日, 欧亚范围为经向环流, 上游欧洲区域为低值系统, 乌拉尔山为强盛高压脊区, 西伯利亚-巴尔喀什湖为低槽区, 新疆处于槽前偏西北气流控制。随着乌拉尔山脊主体东移, 推动西伯利亚槽东移南下, 造成了新疆寒潮及沙尘天气。从地面气压场看, 随着地面高压的东南下, 地面高压中心移至北疆北部。19 日凌晨开始南疆东部出现了 6-7 级偏东风, 在库姆塔格沙漠及周边与南疆大部地区形成冷空气东灌型沙尘天气。(3) 5 月 1 日, 欧亚范围为经向环流, 上游欧洲区域为低值系统, 里海至乌拉尔山为狭窄的高压脊区, 西伯利亚广大地区为低值系统控制, 新疆处于低值系统底部偏西风气流控制。5 月 2 日随着乌拉尔山脊南段减弱东移, 脊前部分冷空气南下, 影响新疆天气。从地面气压场看, 原处于巴尔喀什湖的地面高压部分南下至东疆地区, 在气压场上形成了东高西低的形势, 造成南疆大部 5 级左右偏东风, 在库姆塔格沙漠及周边地区形成冷空气东灌型沙尘天气。(4) 6 月 12 日, 欧亚范围为经向环流, 呈两槽一脊型, 欧洲-西伯利亚地区为低槽活动区, 贝加尔湖为高压脊, 新疆处于西伯利亚低值系统底部。随着伊朗副高的南退, 北支系统略有南下, 使原处于巴尔喀什湖的短波槽快速东移至北疆偏东地区。从地面气压场看, 原先位于巴尔喀什湖的地面高压主体东移, 同时部分冷空气南下至北疆地区, 在气压场上形成了东北高西南低的形式, 造成南疆大部 5 级左右偏东风, 在库姆塔格沙漠及周边地区形成冷空气东灌型沙尘天气。

3.1.3 第三型 锋前热低压发展型沙尘天气

由图 5c 可见, 2008 年 9 月 6 日欧亚范围为经向环流, 上游里海-乌拉尔山为高压脊区, 西西伯利亚为低值系统, 新疆偏东-外蒙地区为高压脊区。随着上游乌拉尔脊东扩, 推动西

西伯利亚低槽东移南下, 由于受下游脊的阻挡, 低槽明显向南加深槽底至青藏高原。由于低槽向南伸到塔里木盆地的东部, 在塔里木盆地形成强烈的风切变, 有利于低层气流辐合上升和高层西南急流的辐散, 造成南疆盆地东部部分地区的大风沙尘天气。从地面气压场看出, 随着高空槽脊系统的东移南下, 原处于巴尔喀什湖的地面高压主体东移, 部分南伸至东疆地区, 在库姆塔格沙漠及周边地区形成锋前热低压发展型沙尘天气。

3.1.4 第四型 局地对流型沙尘天气

由图 5d 可见, 2008 年 7 月 19 日欧亚范围环流经向度加大, 北支锋区偏北, 新疆境内主要受中纬度西风气流控制。不稳定对流天气系统在库姆塔格沙漠及周边地区造成了局地对流型沙尘天气。一般局地对流型沙尘暴发生于盛夏期间, 多在午后发生, 过程持续时间短, 主要由垂直方向上的局地对流系统引起的, 温度梯度是主要的影响因素。

总之, 上述分析表明, 造成 2008 年库姆塔格沙漠及周边地区沙尘暴的主要天气形势类型分为: 冷空气翻山型; 冷空气东灌型; 局地对流型; 锋前热低压发展型四种。其中, 冷空气东灌型居多, 冷空气翻山型次之。

3.2 沙尘天气多发季节影响沙漠区的天气型分析

对 2007 年考察期间和 2008 年影响库姆塔格沙漠及周边地区的沙尘天气的天气类型进行了系统的总结分析, 不同季节影响沙漠区沙尘天气形成的主要天气型如下。

3.2.1 春季 (4-5 月)

春季是过渡季节, 是环流的调整时期, 冷空气残余势力与暖空气相互消长, 天气更替频繁, 温度变化幅度较大, 强天气系统移动速率很快, 寒潮天气也频频出现, 所以春季相对于其他季节风要更多、更强, 沙尘天气发生更频繁。库姆塔格沙漠春季主要以冷空气东灌型沙尘天气为主, 一般是由于南疆东部有冷空气东灌造成 5 级以上的偏东风引发的沙尘天气。此类型沙尘暴产生的环流形势演变的共同特征是: 影响新疆北部的 500hPa 高空低槽东移或东南下, 在气压场上形成了东高西低的形势。

3.2.2 夏季 (6-8 月)

夏季在库姆塔格沙漠及周边地区冷空气东灌型沙尘天气、冷空气翻山型沙尘天气、局地对流型沙尘天气、锋前热低压发展型沙尘天气均有发生。

1 冷空气翻山型沙尘天气: 冷空气翻山型沙尘天气, 主要是指冷空气从盆地的西侧喀什、克州地区和盆地北侧阿克苏地区进入盆地后造成的沙尘天气, 主要有西方冷空气翻山和北方冷空气翻山。此类型沙尘天气多是由于来自西方的冷空气在巴尔喀什湖附近或西北路径冷空气入侵北疆后加强并翻过天山山脉下沉刮起西北大风, 从而造成较强的沙尘暴天气。

2 局地对流型沙尘天气: 局地对流型沙尘暴多发生于盛夏午后, 持续时间短, 夏季近地面空气升温速度快, 随高度递增形成一个温差很大的温度梯度层, 造成垂直方向上的热对流不稳定, 对流不稳定, 近地层湍流加强, 梯度风就很容易形成局地的沙尘天气。

3 锋前热低压发展型沙尘天气: 随着上游乌拉尔脊东扩, 推动西西伯利亚低槽东移南下, 由于受下游蒙古脊的阻挡, 低槽明显向南加深槽底至青藏高原。由于低槽随南伸到塔里木盆地的东部, 在塔里木盆地形成强烈的风切变, 有利于低层气流辐合上升和高层西南急流的辐散, 易造成南疆盆地和东疆局部地区的大风沙尘天气。

4 冷空气东灌型沙尘天气: 里海和咸海脊、乌拉尔山脊、新地岛脊同位向叠加, 西西伯利亚横槽转竖南下, 引导泰米尔半岛强冷空气爆发直插新疆, 绕过天山东段后形成气流东灌, 往往造成大范围沙尘暴天气; 因此, 西西伯利亚地面冷高压爆发性南下并强烈发展是造成库姆塔格沙漠及周边地区沙尘天气的根本原因。

此外, 当沙尘暴发生时, 上述沙尘暴区上空各物理量场也有显著的变化特征: 螺旋度垂直分布低层为正值, 高层为负值, 配置构成低空强辐合、高空强辐散的上升运动区, 高层强的旋转上升运动是大范围沙尘暴发生的动力条件之一。高空急流入口区次级环流下沉导致高层的动量下传, 促使对流层中低层风力加大, 冷锋南压延伸, 是驱动沙尘天气发生发展的另一动力条件。

4 沙尘天气中风的变化以及风对沙丘形态的影响

利用 2008 年沙尘天气的统计结果, 并通过以库姆塔格沙漠北部 1 号气象站; ($40^{\circ}14'43.7$

39°32′32.2″N, 92°32′32.2″E, 935m), 沙漠南部 2 号气象站; (39°34′32.4″N, 92°15′6.9″E, 1522m) 风速资料分析得出: 在库姆塔格沙漠, 当天气过境时, 北部(1 号站)的极大风速和平均风速比南部(2 号站)要大, 春季库姆塔格沙漠位势高度场多呈现出东高西低型, 受地形的影响, 冷空气南下绕过天山东段后, 形成气流东灌, 风向多为偏东风; 4、5 月份为春季气团最活跃的季节, 致使库姆塔格沙漠平均风速增大。夏季多为冷空气翻山型沙尘天气和锋前热低压发展型沙尘天气多发季节, 风向多为偏西风。此外, 除了系统性天气控制下会导致沙尘天气发生外, 局地性的强对流天气也是导致沙尘天气发生发展的重要原因之一, 在夏季沙漠腹地, 受到下垫面热力性质的影响, 沙漠的增热效应明显, 加之局地热低压的发展, 对流作用很强, 而成为低压辐合区, 同时, 这一区域水汽含量很少, 因此, 常常产生局地热力风暴。风向多为西北风。冬季风速较小, 这是由于冬季沙漠区下垫面的冷却作用, 形成冷空气堆积, 垂直动量下传减弱, 致使平均风速减小。风是沙丘形态的塑造者, 不同季节风向、风速及其主导风向的变化以及日变化是库姆塔格沙漠不同沙丘形态形成的根本原因。沙尘从地表的释放及其传输决定于近地面风速的大小, 沙尘的扬起是一个非常复杂的物理过程, 是乱流扰动、大气热对流、系统性辐合上升和动力性强迫抬升等多种因素共同作用的结果。沙尘暴发生期间, 各种粒径的沙尘在风的强迫作用下形成风沙流。在风沙流中, 粒径大于 0.5mm 多为在地表滚动或滑动的蠕移砂粒; 粒径在 0.25mm—0.5mm 的多为跃移沙粒; 粒径小于 0.25mm 才能产生悬移运动。通过对库姆塔格沙漠中北部、北缘、西部、中间及南部、东南缘五组 20 个沙样粒度分析结果表明: 东南缘组的平均粒径最小, 最小粒径为 2.54 μm , 并且沙粒相对比较均匀, 粒度范围相差不到 70 μm ; 其次为位于中间及南部的、西部的、中北部的, 北缘的沙样, 其平均粒径为 295.37 μm ; 而且西部的粒径分布最不均匀, 粒度范围相差在 200 μm 以上^[17]。

库姆塔格沙漠常年偏北风和偏西风频次要大于偏东风, 整体具有向东南方向移动的趋势。在单风向地区一般以新月形沙丘及沙丘链为主。在沙丘移动过程中, 因其边缘部分受阻, 移动速度缓慢, 而中部受风力作用较强, 相对移动较快, 逐渐形成迎风坡凹进, 背风坡凸出, 两翼指向风之来向, 平面形态如同抛物线, 故称抛物线沙丘。金字塔沙丘则形成于多风向地区, 而且各向风力相差不大, 特别是主风向向前流动时遇到山势阻碍而产生折射时, 使气流受到干扰, 往往形成尖顶三角锥形沙体堆积, 故称之为金字塔沙丘。它具有三角形斜面, 一般坡度为 25°—30°左右, 丘体高大, 一般在 50—100m 左右。在两个风向相反, 但以一个风向为主, 地面有草丛或灌木生长的情况下, 常形成由隆起的弧状沙梁和半月形沙窝相间组成的固定或半固定沙丘, 称之为梁窝状沙丘。在沙丘和沙垄的迎风面, 坡度较缓; 而背风面, 坡度较陡。库姆塔格沙漠, 由于盛行风向多变, 空间分布较为复杂, 因此, 形成了特有的羽毛状沙丘。沙丘的形态变化也会因个体不同而形成不同变化, 例如, 当西北风吹来时, 东南走向沙丘对风有部分阻力, 使风向东南两侧下方运动, 将下方的沙子搬运至东西走向, 沙丘顶端的沙就会向下堆积, 沙丘形态东南走向延伸, 若风力较大, 持续时间较长, 沙丘整体还会向东南方向迁移。不同季节的盛行风向与沙丘走向对沙丘形态的变化都有着决定性的影响, 沙丘具有垂直增长特征, 沙丘形态变化主要发生在丘体 3/4 高度以上的部位, 沙丘运动主要通过沙丘臂的横(纵)向摆动来适应季节性的风向变化, 而沙丘的整体横向移动要因风况而定。

风力是沙丘形态变化的动力原因, 强天气系统过境时, 风速很大, 沙尘的垂直和水平搬运、堆积、降尘都直接受到风力强弱和地形的影响, 沙丘的形态变化和移动从宏观上说, 和盛行风向有着很好的对应关系, 但是从微观上说, 由于存在局地的小扰动和热对流等因素的影响, 加之下垫面的变化, 也具有局部的特殊性, 因而在库姆塔格沙漠形成了千姿百态的沙丘形态。

5 结论

1) 高空冷空气东移南下, 里—咸海脊、乌拉尔山脊、新地岛脊同位向叠加, 西西伯利亚横槽转竖南下形成东灌气流, 受地形影响, 引发地面上形成较大的偏东风, 随着影响系统

的深入, 气压场形成东高西低, 地面冷高压爆发性南下, 形成较强的偏东风, 并发展强烈, 这是库木塔格沙漠沙尘天气系统动力成因之一。

2) 从西西伯利亚侵入新疆的冷空气, 进入疆内后, 翻过天山, 继续东移南下, 并形成较强的下坡风, 动量不断下传, 气压梯度加大, 在进入库木塔格沙漠时, 有较强的西北大风, 这是导致库木塔格沙漠引起沙尘天气的又一动力成因。

3) 在特殊高空天气型情况下, 西西伯利亚低槽东移南下, 受下游脊的阻挡, 低槽明显向南加深槽底至青藏高原。由于低槽南伸到塔里木盆地的东部, 在塔里木盆地形成强烈的风切变, 有利于低层气流辐合上升和高层西南急流的辐散, 造成南疆盆地东部部分地区以及库木塔格沙漠部分地区形成大风沙尘天气。

4) 夏季近地面空气升温速度快, 近地层的空气升温较慢, 随高度递增形成一个温差很大的温度梯度层, 造成垂直方向上的热对流不稳定, 对流不稳定, 湍流加强, 梯度风就很容易形成局地的沙尘天气, 局地沙尘暴时间短, 多发生在午后的高温时段和傍晚。

5) 沙尘天气过境时, 库木塔格沙漠各个气象要素变化剧烈, 气压升幅高、风速速率大、前期周边部分地区伴有阵性降水, 风向以偏西风 and 偏东风为主。

参考文献

- [1] 俄有浩.库姆塔格沙漠综合科学考察成果初报[J]. 中国沙漠2006,26(5):693-697.
- [2] 屈建军.库姆塔格沙漠羽毛状沙垄形成机理研究[J].中国沙漠, 2007,27(3):349-353.
- [3] 魏怀东.库姆塔格沙漠沙丘的粒度特征[J].水土保持学报,2007,21(3):6-9.
- [4] 李江风.沙漠气候[M].北京.气象出版社, 2002.
- [5] 王涛.中国沙漠与沙漠化[M].石家庄: 河北科学技术出版社, 2003. 689—698.
- [6] 夏训诚.库姆塔格沙漠的基本特征[A]. 见: 中国科学院新疆分队, 罗布泊综合科学考察队. 罗布泊科学考察与研究(C). 北京: 科学出版社, 1987. 78—88.
- [7] 屈建军.库姆塔格沙漠图(说明书)[Z]. 北京: 中国地图出版社, 2004.
- [8] 赵澄林.沉积岩石学[M].北京: 石油工业出版社, 2001.48-72, 253-260.
- [9] Folk R L, Ward W C. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. Journal of Sedimentary Petrology,1957,(27):3-26.
- [10] 吉启慧.粒度分析在塔克拉玛干沙漠研究中的应用[J].中国沙漠,1996,(02):173-179.
- [11] 屈建军.罗布泊东阿奇克谷地雅丹地貌与库姆塔格沙漠形成的关系[J]. 中国沙漠,2004,24(3):294-300.
- [12] 中国地质学会.新疆第四纪地质及冰川地质论文集[A].新疆, 人民出版社, 1981.235-243.
- [13] 郭召杰.阿尔金山盆地群构造类型与演化[J].地质论评,1998, 44(4):357-364.
- [14] 屈建军.库姆塔格沙漠形成演化与区域新构造运动关系研究[J].干旱区地理, 2005, 28(4):424-428.
- [15] 张家宝, 史玉光.新疆气候变化及短期气候预测研究[M].北京.气象出版社, 2002.
- [16] 张家宝. 新疆短期天气预报指导手册[M].新疆.新疆人民出版社, 1986.
- [17] 何清, 杨兴华, 霍文等. 库姆塔格沙漠粒度分布特征及环境意义[J]. 中国沙漠, 2009, 29 (1): 18-22.