

黄艳, 俞小鼎, 陈天宇, 等, 2018. 南疆短时强降水概念模型及环境参数分析[J]. 气象, 44(8): 1033-1041.

南疆短时强降水概念模型及环境参数分析^{*}

黄 艳¹ 俞小鼎² 陈天宇¹ 唐 鹏¹

¹ 新疆和田地区气象台, 和田 848000

² 中国气象局干部培训学院, 北京 100081

提 要: 利用南疆 2010—2016 年自动气象站及区域自动气象站逐小时降水量资料, NCEP/NCAR $1^\circ \times 1^\circ$ 再分析资料以及探空资料, 分析不同强度的短时强降水的时空分布, 得出南疆短时强降水事件的天气型有明显的季节性特点和区域性特征。总结了典型短时强降水过程的环境背景场特征, 建立了短时强降水的三种概念模型: 中亚低槽(涡)型、西伯利亚低槽(涡)型和西风短波型。通过 7 个探空站的温湿廓线形态、地面露点温度、 $T_{850} - T_{500}$ 、 $T_{700} - T_{500}$ 、对流有效位能(CAPE)、对流抑制能量(CIN)、抬升凝结高度、0~6 km 垂直风切变等分析了南疆短时强降水的环境背景: 短时强降水 I 型(整层湿)、短时强降水 II 型(上湿下干)和短时强降水 III 型(上干下湿)发生前大气水汽含量充沛、存在一定的 CAPE 和较明显的垂直风切变以及 0℃ 层高度偏低、暖云层厚度偏厚等特征, 而合适的 CIN, 有利于对流不稳定能量的积聚和爆发, 促进短时强降水的发生; 短时强降水 IV 型(干绝热型)存在大气层结较干和较大的 $T_{850} - T_{500}$ 、 $T_{700} - T_{500}$; I 型和 II 型是南疆短时强降水的主要类型, 常出现在南疆中部、西部地区的盛夏和夏末, 多为西伯利亚低值系统(低涡、低槽)型和中亚低值系统(低涡、低槽)型影响。

关键词: 短时强降水, 概念模型, 环境参数, 南疆

中图分类号: P456, P445

文献标志码: A

DOI: 10.7519/j.issn.1000-0526.2018.08.005

Analysis of Conceptual Models and Ambient Parameter of Short-Time Severe Rainfall in South Xinjiang

HUANG Yan¹ YU Xiaoding² CHEN Tianyu¹ TANG Peng¹

¹ Hotan Meteorological Office of Xinjiang, Hotan 848000

² China Meteorological Administration Training Centre, Beijing 100081

Abstract: The spatio-temporal distribution of short-time severe rainfall with different intensities was analyzed by using the hourly precipitation data of automatic weather station and regional automatic weather station, the NCEP/NCAR $1^\circ \times 1^\circ$ reanalysis data and the sounding data during 2010—2016. It is concluded that the weather pattern of the short-time severe rainfall events in South Xinjiang has seasonal and regional characteristics obviously. Based on the characteristics of the environmental background of typical short-time severe rainfall, three conceptual models of short-time severe rainfall were established: Central Asia low-trough (vortex) type, Siberian low-trough (vortex) type and westerly short-wave type. The ambient background of the short-time severe rainfall events in South Xinjiang was analyzed by the temperature and humidity profiles of seven sounding stations, ground dew point temperature, $T_{850} - T_{500}$, $T_{700} - T_{500}$, convective available potential energy (CAPE), convective inhibition (CIN), uplift condensation height, 0—6 km vertical wind shear etc. For short-time severe rainfall Type I (whole layer wet), short-time severe rainfall Type II (under the wet dry) and short-time severe rainfall Type III (upper dry wet), before

^{*} 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(IDM2016001)和新疆维吾尔自治区青年科技创新人才培养工程(QN2016JC0771)共同资助

2017 年 9 月 13 日收稿; 2018 年 2 月 12 日收修定稿

第一作者: 黄艳, 主要从事短时临近天气预报. Email: 1085858493@qq.com

the occurrence, there are abundant atmospheric water vapor, a certain CAPE obvious vertical wind shear as well as low 0°C layer height, thick warmth cloud thickness and other characteristics. The appropriate CIN is favorable for the accumulation and explosion of the convective unstable energy, promoting the occurrence of short-time severe rainfall. For the short-time severe rainfall Type IV (dry adiabatic), the atmospheric stratification is relatively dry, and the $T_{850} - T_{500}$ and $T_{700} - T_{500}$ are relatively high. The Type I (low vortex) and Type II (low trough) are the main types of short-time severe rainfall events in South Xinjiang which are often seen in the central and western parts of South Xinjiang, from mid summer to the end of summer, due to the influence of the Siberian low-value system (low vortex, low trough) type and low-value system in Central Asia (low vortex and low trough) type in the middle and southern regions of the southern part of China.

Key words: short-time severe rainfall, conceptual model, ambient parameter, South Xinjiang

引 言

南疆地处天山以南,昆仑山以北,幅员辽阔约 108万 km^2 ,是我国向西开放的大通道和“桥头堡”。南疆以农业为经济主体,拥有全国最大的地级商品棉基地和名优瓜果之乡,近年来随着全球气候变化的背景,造成地处沙漠、绿洲、戈壁交界地带的南疆频发短时强降水。短时强降水虽然发生范围小,时间短,但来势猛烈、强度大,并常伴随狂风、冰雹,给当地的农牧业生产造成严重损失,如 2016 年 9 月 1—6 日南疆 5 地(州)59 站次先后发生了短时暴雨,造成直接经济损失近 7 亿元。因此做好南疆短时强降水预报,对当地防灾减灾意义重大。

近年来国内外许多学者(Doswell, 1987; 俞小鼎等, 2005; 2006; 2012; 2016; 田付友等, 2015; 郑永光等, 2017; 郑媛媛等, 2011; 雷蕾等, 2011; 王丛梅等, 2017; 2018; 韩宁和苗春生, 2012; 樊李苗和俞小鼎, 2013; 陈秋萍等, 2010; 郝莹等, 2012; 孙继松等, 2015; 杨波等, 2016; 俞小鼎, 2013; 刘献耀等, 2009; 陈元昭等, 2016; 韩宁, 2012; 李向红等, 2009; 何晗等, 2015; 秦丽等, 2006; 廖晓农等, 2008; 周后福等, 2006; 闵晶晶, 2012; 蔡义勇等, 2012; 张之贤, 2013; 白晓平等, 2016; 姚莉等, 2009; 陈春艳等, 2010)对短时强降水的发展机理、气候特征和环境背景进行了分析,得出了一些具有启发性的结论。陈秋萍等(2010)利用中尺度模式和探空资料在短时潜势预报方面进行了分析。郑媛媛等(2011)提出安徽省短时强降水形势可分为冷涡槽前型和冷涡槽后型。白晓平等(2016)对西北地区东部天气形势分析结果显示,该区天气型可分为低涡型、低槽型、两高切变型、

西北气流型、高压脊控型和西南气流型等 6 类。一些作者(周后福等, 2006; 郝莹等, 2012; 樊李苗和俞小鼎, 2013)通过研究表明,很多环境参数特征对于强对流天气发生的物理机制,有一定的预报指示意义。周后福等(2006)利用强对流天气过程计算了不稳定指标(A 指数、K 指数等)和能量指标(湿对流位能 CAPE 等)以作为强对流天气预报的潜势指标。雷蕾等(2011)指出 0°C 层高度、 -20°C 层高度、 $T_{850} - T_{500}$ 、低空风切变等有助于区分北京地区强对流天气的类别。郝莹等(2012)通过分析发现中等强度的对流有效位能和高的 K 指数值有利于高降水效率的产生。杨诗芳等(2010)提出,短时强降水天气发生时短时强降水中心与大气对流参数场中心对应较好。Wu and Luo(2016)对华南特大暴雨个例的分析得出:环境大气的 CIN 很小, LFC 很低,造成该浅薄边界的抬升触发了新的对流。

Doswell(1987)曾经论述了大、中尺度天气系统相互作用对强对流天气的影响,提出了大尺度系统与准地转过程的相互联系,为强对流天气发生提供了有利的热力环境,而中尺度系统提供了触发强对流天气所必需的抬升力。大多数的强降水是对流性的,因此短时强降水的预报,理解对流降水的物理机制所需的关键条件是必要的(Liu, 1986; 陶诗言等, 1979; 李耀东等, 2014; 王秀明等, 2014; 郑永光等, 2010; 郑仙照等, 2006)。然而,在新疆尤其是南疆由于站点稀少、观测资料少的因素,短时强降水的研究几乎空白,因此本文利用南疆 842 个气象观测站,应用 2010 年以来短时强降水个例,充分利用各类多源高时空分辨率资料,对南疆地区短时强降水发生环境场特征进行分析,总结得出南疆地区短时强降水的气候特征、大尺度背景场概念模型、主要影响系统

分型及主要环境参数特征。同时,本文还根据天气个例所对应的有效探空站点,对其探空资料进行分析,得出直观、形象的 $T\text{-}\log p$ 图,以期对认识南疆短时强降水过程的综合物理机制提供参考依据。

1 研究资料及方法

本文利用南疆5地州43个县(市)2010—2016年5—10月逐小时降水资料统计以及847个气象观测站(含区域气象自动站)小时降水资料(图1)。定义若同一区域某降水日有两个相邻站点出现小时降水 $\geq 10\text{ mm}$ 或以上,或者同一站点小时降水 $\geq 10\text{ mm}$ 连续2 h或以上的则为一次系统性短时强降水天气。选取南疆7个探空站的每日08、20时(北京时间,下同)的探空数据,时序为与强降水发生前的时间,所取观测站为临近短时强降水发生区域100 km范围内的探空站。

根据上述资料约定,建立了南疆近7年来1719个短时强降水天气资料数据库,采用线性回归分析短时强降水的多时间尺度变化特征,并对247个系统性短时强降水天气过程逐个进行分析其大尺度环流特征。根据环流特征,提炼出了3类短时强降水中尺度概念模型。根据探空资料 $T\text{-}\log p$ 图温湿廓线的不同形态,将其进行分类,同时对每种类型的各种环境参数进行分析,统计其特征。

2 短时强降水的气候特征

本文在分析 $\geq 10\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ (1719时次)短时强降水的时空分布的基础上,对 $\geq 20\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ (296时次)和 $\geq 30\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ (79时次)更强的降水分别

进行统计分析。

2.1 空间分布

南疆短时强降水的高发区基本位于西天山南坡和昆仑山北坡的浅山地,与山脉走向基本一致(图2)。其中西天山南坡的库尔勒西部山洪沟、阿克苏中、东部山洪沟、克州中、北部山洪沟为不同强度短时强降水的频发区域,昆仑山北坡的于田南部山洪沟、叶城南部山洪沟、莎车南部山洪沟为次多地区。可以看出地形增幅及下垫面性质对短时强降水的发生有一定作用。 $\geq 30\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 较为极端的短时强降水主要出现在8月,8月西太平洋副热带高压(以下简称副高)西伸北挺,脊前暖湿气流输送至西天山南坡和昆仑山北坡,冷暖气流剧烈交汇,产生较强的对流性短时强降水。

2.2 时间分布

经统计分析,南疆短时强降水的月分布,呈双峰型特征(图3)。8月和6月是短时强降水最频繁的月份,5月较少。 $\geq 10\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 短时强降水更易出现在盛夏末,6月出现次数比7月多,9月出现次数比5月多; $\geq 20\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 和 $\geq 30\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 强度较强的短时强降水夏末出现的频次比夏初略多,5和10月出现次数相当,且随着强度增强,7月出现频次越接近9月。

南疆西部短时强降水的旬分布,呈双峰型特征(图4)。7月上旬、8月下旬和9月上旬出现次数频繁,5月上中旬、7月中下旬和9月中下旬较少。 $\geq 10\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$, $\geq 20\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 短时强降水此种特征较为明显; $\geq 30\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 强度强的短时强降水则多出现8月上旬,其次是6月中旬和7月上旬,5月上旬和10月上旬未出现。

经统计分析,南疆短时强降水的日变化为明显的双峰型特征,在凌晨、午后到傍晚较易发生,而中午、夜间到清晨是短时强降水的低发时段。04—11时较少发生(图5),最多出现时间为18时前后。随着强度的增强,这种特征越发明显。文献表明(丁一汇,2005),低空急流的最大值出现在凌晨,这可能是南疆短时强降水在凌晨易发的原因之一。另外,午后下垫面受日射剧烈升温后,因南疆地区短时强降水易发区域地形坡度和不均匀下垫面的存在,往往造成低层的水平热力分布不均匀,在戈壁与绿洲的交界、山区、沙漠与绿洲的交界近地层形成强的水平

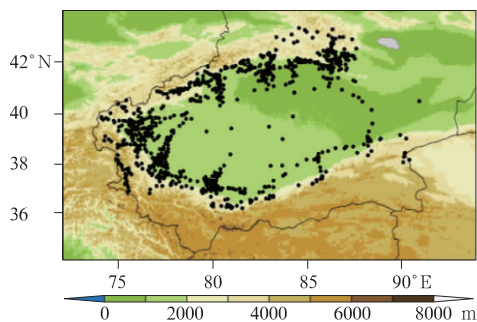


图1 南疆847个观测站点分布

Fig. 1 The 847 stations in South Xinjiang of China

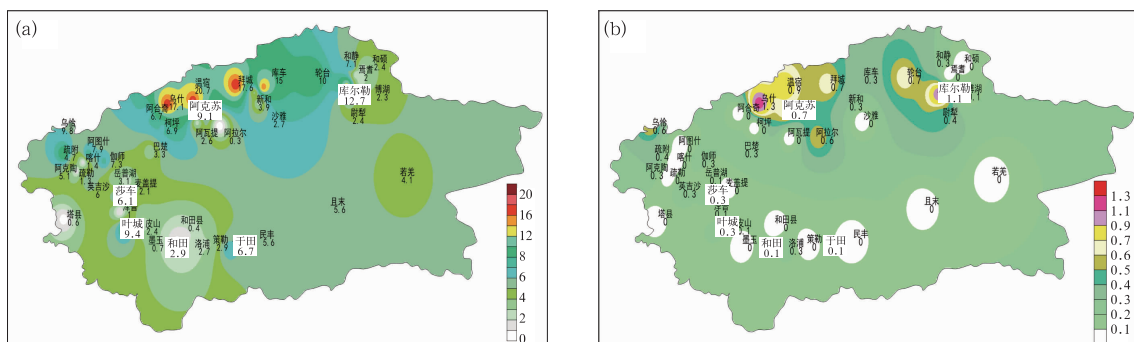


图2 2010—2016年 $\geq 10 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ (a)和 $\geq 30 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ (b)短时强降水年平均次数

Fig. 2 Annual average number of short-time severe rainfall with intensity

(a) $\geq 10 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$, (b) $\geq 30 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ from 2010 to 2016

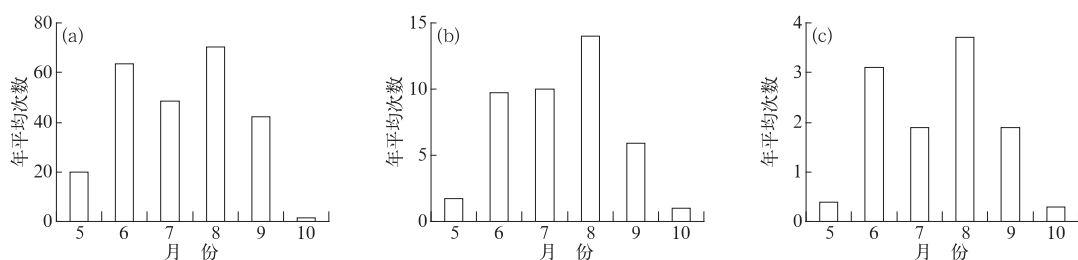


图3 2010—2016年 $\geq 10 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ (a), $\geq 20 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ (b)和 $\geq 30 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ (c)短时强降水月分布特征

Fig. 3 Monthly distribution characteristics of short-time severe rainfall with intensities

(a) $\geq 10 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$, (b) $\geq 20 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$, (c) $\geq 30 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ from 2010 to 2016

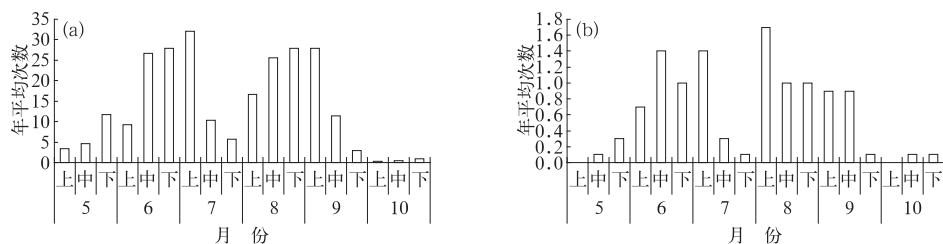


图4 2010—2016年 $\geq 10 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ (a)和 $\geq 30 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ (b)短时强降水旬分布特征

Fig. 4 Meadow distribution characteristics of short-time severe rainfall with intensities

(a) $\geq 10 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$, (b) $\geq 30 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ from 2010 to 2016

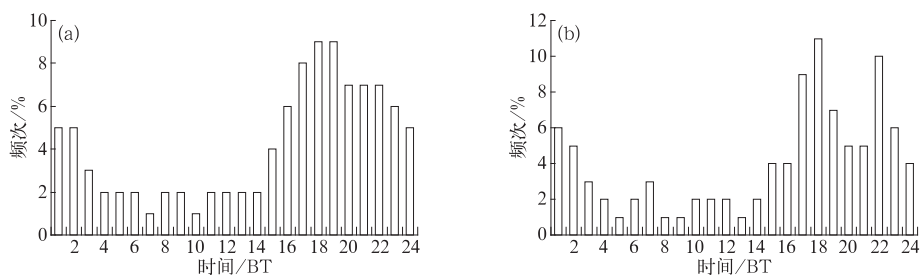


图5 同图4,但为日分布特征

Fig. 5 Same as Fig. 4, but for daily distribution

温度梯度和局地环流,有利于对流触发,加之西天山背风波、昆仑山迎风坡的抬升作用,易造成对流发展,配合山前堆积的低层水汽,有利于傍晚到凌晨的短时强降水发生。

3 短时强降水的概念模型

天气尺度系统的演变过程是强对流酝酿和发生的重要基础条件之一,对天气系统的配置和理解是强对流预报成功的前提和基础(孙继松等,2015)。本文通过对南疆短时强降水过程影响系统分型,分析其热力、动力条件和高低空配置,运用中尺度分析技术得出南疆短时强降水的概念模型一般有三种类型(图6):西伯利亚低值系统(低涡、低槽)型,占29%;西风带短波型(含西北气流下产生的短时强降水过程),占15%;中亚低值系统(低涡、低槽)型,占56%。

中亚低值系统(低涡、低槽)型是南疆短时强降水发生的最主要类型,主要集中在6、7月。南疆上空基本为“前倾槽”的配置,中亚低槽(涡)主要以西北路径发展东移,仅为一根闭合线或存在一风向切变的浅薄性低涡(秦贺等,2013)较为常见,南疆大部位于较强负变高区域内,高中层有明显的偏西急流或西南急流,中层的西南气流源源不断向南疆输送暖湿气流,低层有明显的偏东风垫高地形,配合中低层的切变线,低槽移动缓慢,南疆大部有降水天气,局地出现短时强降水,降水落区位于槽前或冷式切变线以南区域。

西伯利亚低值系统(低涡、低槽)型是南疆短时强降水事件的主要类型,主要集中在8月。该型西伯利亚(主要表现在中西伯利亚一带)为槽区或低涡,多数情况下槽线为东北—西南向,副高势力较

强,西太平洋副高和伊朗副高的前沿位于南疆东、西两侧,同时高层200 hPa偏西急流,配合低层上游偏东风或切变线,强降水大部处在槽底前部、切变线的两侧。

西风带短波型是南疆短时强降水发生的常见类型,主要集中在9月。受冷空气影响副高西退,北方有冷空气补充南下,西风带上有短波东移过境,高层、低层有较大西风、东风出现,多数未达到急流标准,中层有冷空气侵入,低层有切变线,系统移动较快。

4 短时强降水的环境参数分析

4.1 温湿廓线形态分析

根据213份探空数据进行统计分类,得到四种短时强降水天气的 $T\text{-}\log p$ 图(图7)。各类探空曲线特征如下:(1)短时强降水Ⅰ型(整层湿)为主要类型有88个,占个例总数的41%;Ⅰ型多为西伯利亚低值系统(低涡、低槽)型和西风带短波型,主要出现在南疆中部、西部地区,8月中、下旬和9月上旬多发,午后到傍晚较易发生。在Ⅰ型的短时强降水天气过程中,整层大气比较湿润,水汽含量均匀,抬升凝结高度(LCL)和自由对流高度(LFC)较低,对流有效位能(CAPE)较大,中低层常有明显的垂直风切变。(2)短时强降水Ⅱ型(上湿下干)有95个,是南疆短时强降水最主要类型,占个例总数的45%。Ⅱ型多为中亚低值系统型和西风带短波型,南疆中部、西部地区较多出现,6月中、下旬和7月上旬频发,午后到傍晚较易发生。探空温湿廓线呈倒“V”型,500 hPa以上有较湿润层结,LFC和CAPE较Ⅰ型高,低层为偏东风,且风向随高度升高顺转,风速

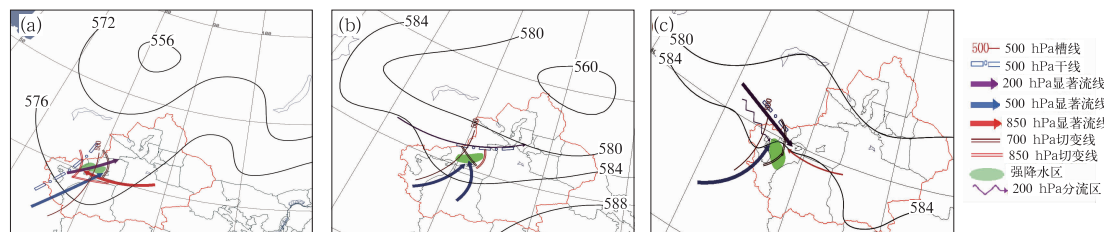
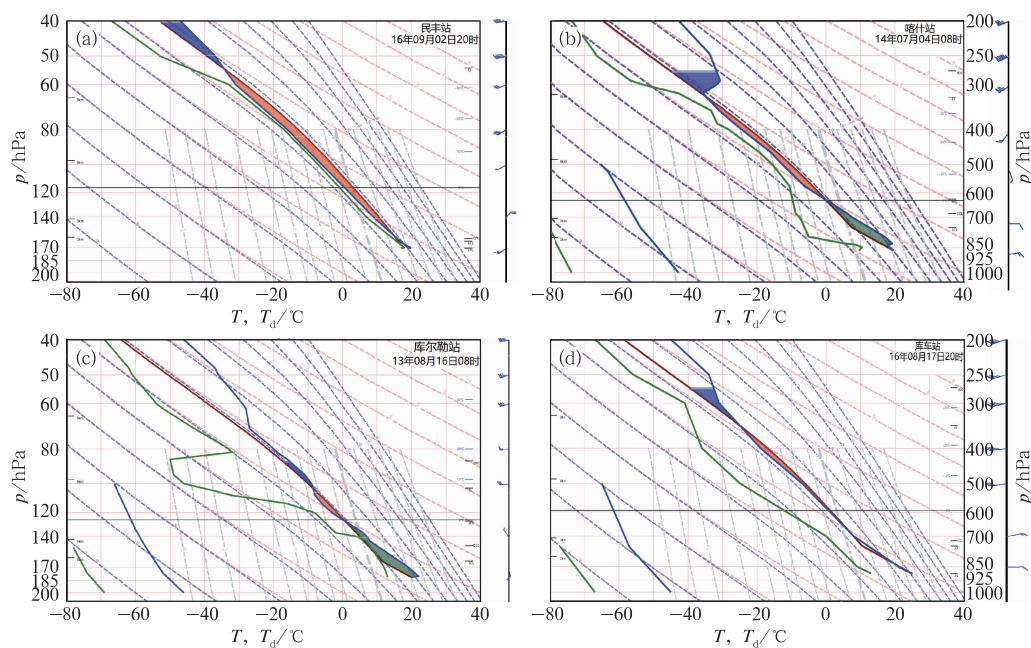


图6 南疆短时强降水概念模型

(a)中亚低值系统型,(b)西伯利亚低值系统型,(c)西风带短波型

Fig. 6 Conceptual model diagrams of short-time heavy rainfall in South Xinjiang

(a) low value system in Central Asia, (b) Siberian low-value system, (c) westerly short-wave type

图7 四种短时强降水天气的 T - $\log p$ 图

(a) I 型, (b) II 型, (c) III 型, (d) IV 型

Fig. 7 T - $\log p$ diagram of four kinds of short-time heavy rainfall weather in South Xinjiang

(a) Type I, (b) Type II, (c) Type III, (d) Type IV

随高度升高而增加,有明显的垂直风切变;低层对流抑制能量(CIN)大。(3)短时强降水Ⅲ型(上干下湿)有15个,占个例总数的7%。Ⅲ型以中亚低值系统型为主,主要出现在南疆中部地区,6月中旬、8月中旬频发,午后到傍晚较易发生。Ⅲ型的探空温湿廓线呈典型的“漏斗状”,500 hPa以下大气层结较湿润,低层、高层大气比较干燥。200~500 hPa附近有干空气卷入,“上干冷、下暖湿”特征明显,垂直风切变明显,有一定的CAPE和CIN;LCL在2.2 km附近,略高于I型。(4)短时强降水Ⅳ型(干绝热型)有15个,占个例总数的7%。Ⅳ型多为西伯利亚低值系统型,主要出现在南疆中部和东部地区,7月上旬频发,傍晚较易发生。大多表现为低层或者高层为浅薄湿层,中层有较明显干冷空气侵入;或者无明显湿层,CAPE小,CIN很小,LCL和LFC较前三种类型偏高;或者中层大气层结较为湿润,大多个例有明显的垂直风切变。

4.2 关键环境参数

考虑CAPE和CIN在短时强降水发生前4小时内有一定指示意义,故利用上海探空订正软件(高原版)对部分不在时效内的过程进行探空订正

(表1),分析发现南疆四种探空温湿廓线类型短时强降水部分关键环境参数有以下异同特征:(1)有一定的CAPE和CIN,各型CAPE大于CIN,其中I型和II型主要类型的CIN均在 $45 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ 以上,说明CIN为较合适的值时,有利于对流不稳定能量在低层积聚,造成强对流天气发生。CAPE适中,有17%的个例超过 $1500 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。(2)K指数较大,其中I型最大。29%的个例超过 35°C ,最高可达 42°C 。(3)SI指数和抬升指数较小,其中I型和III型的SI指数有一定参考意义,而II型和IV型表现为中性层结,这可能与对流层底层的热力状况有关。各型抬升指数均 $< -1^\circ\text{C}$,III型和IV型对流层中层存在较深厚热力不稳定层结。(4)暖云层偏厚,在1.3~2.3 km(近10年同期为1.4 km),I型平均厚度达2.3 km,厚的暖云层有利于提高降水率,造成短时强降水的发生。(5) 0°C 层高度偏低在4.2~4.4 km(近10年同期为4.4 km),IV型 0°C 层高度高于其他型。(6)垂直风切变以中等偏强为主,平均切变值在 $2.3 \times 10^{-3} \sim 3.1 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$; $\geq 2.5 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ 有109例,占总个例数的51%,其中I型达48例,占中等强度风切变的44%; $\geq 3.3 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ 有64例,其中II型有30例,占强垂直风切变的47%。

表 1 各型短时强降水天气主要参数的平均值

Table 1 Average values of parameters of four kinds of short-time severe rainfall weather

分型	T_d , 地面 /°C	$T_{850}-T_{500}$ /°C	$T_{700}-T_{500}$ /°C	K 指数 /°C	SI 指数 /°C	0°C 层 高度 /km	LCL /km	LFC /km	CAPE /J·kg ⁻¹	CIN /J·kg ⁻¹	抬升指数 /°C	垂直风 切变 /10 ⁻³ s ⁻¹
I 型	15.0	28.8	17.0	33.9	-0.5	4.3	2.0	3.6	870	45	-1.1	2.5
II 型	13.6	32.3	19.2	29.0	0.2	4.3	2.4	3.9	825	49	-1.0	2.3
III 型	14.4	29.7	17.4	33.7	-1.2	4.2	2.2	3.4	869	21	-1.5	2.5
IV 型	14.4	31.5	18.3	28.9	0.3	4.4	3.1	4.0	614	8	-1.6	3.1

4.3 静力稳定度分析

大气静力稳定度分为绝对稳定、条件性不稳定和绝对不稳定,在预报实践中,常用 $T_{850}-T_{500}$, $T_{700}-T_{500}$ 来表示大气中下层的温度直减率,以表示静力稳定度状况。从南疆短时强降水探空湿温廓线各型的 $T_{850}-T_{500}$, $T_{700}-T_{500}$ 和地面露点散点分布图(图 8)可以看出, I 型露点温度明显高于其他各型,而温度直减率明显低于 II 型和 IV 型,与 III 型的温度直减率差异不是非常明显。图 8a 所示, I 型中, $T_{850}-T_{500}$ 最小为 21°C, 最大为 36°C。 $T_{850}-T_{500} \leq 29^\circ\text{C}$ 的有 47 个, 占 I 型个例的 53%, 而 $\geq 32^\circ\text{C}$ 的仅有 11 个, 占 13%, 只有 3 个站 $\geq 35^\circ\text{C}$; $T_{700}-T_{500}$ 最小为 11°C, $T_{700}-T_{500} \leq 17^\circ\text{C}$ 的个例有 50 个, 占 57%, $\geq 20^\circ\text{C}$ 的仅有 13 个, 占 15%。结合 $T_{850}-T_{500}$, $T_{700}-T_{500}$ 分布情况, 表明南疆短时强降水 I 型发生前存在条件不稳定, 但条件不稳定性不高。

II 型(图 8b)天气中, $T_{850}-T_{500}$ 最小为 27°C, 最大为 38°C。 $T_{850}-T_{500} \geq 30^\circ\text{C}$ 的有 81 例, 占 II 型个例的 85%, 而 $\geq 32^\circ\text{C}$ 的有 57 个, 占 60%, $\geq 35^\circ\text{C}$ 的有 17 个站, 占 II 型个例的 18%; $T_{700}-T_{500}$ 最小为 16°C, 最大为 25°C。 $T_{700}-T_{500} \geq 18^\circ\text{C}$ 的个例有 82

个, 占 86%, $\geq 20^\circ\text{C}$ 的有 40 个, 占 42%。由此可见, 短时强降水 II 型的发生前, 高低层温差很大, 且需要很大的条件不稳定性。

III 型 $T_{850}-T_{500}$, $T_{700}-T_{500}$ 的分布和地面露点温度大小与 I 型较为相似(图略), 即 III 型发生前存在条件不稳定, 但条件不稳定性不高。

在图 8c 所示的 IV 型中, $T_{850}-T_{500}$ 最小为 24°C, 最大为 36°C。 $T_{850}-T_{500} \geq 30^\circ\text{C}$ 的有 12 例, 占 II 型个例的 80%, 而 $\geq 32^\circ\text{C}$ 的有 9 个, 占 60%, $\geq 35^\circ\text{C}$ 的占 13%; $T_{700}-T_{500}$ 最小为 12°C, 最大为 22°C。 $T_{700}-T_{500} \geq 18^\circ\text{C}$ 的个例有 10 个, 占 67%, $\geq 20^\circ\text{C}$ 的有 7 个, 占 47%。由此可见, 短时强降水 IV 型的发生需要相对较大的条件不稳定性。

5 结论与讨论

通过对南疆 213 场短时强降水的时空分布特征、高低空环流特征、环境参数特征的分析, 得出一些有意义的结论。

(1) 南疆短时强降水的高发区基本位于西天山南坡和昆仑山北坡的浅山地, 与山脉走向基本一致, 西天山南坡的库尔勒西部山洪沟、阿克苏中、东部山

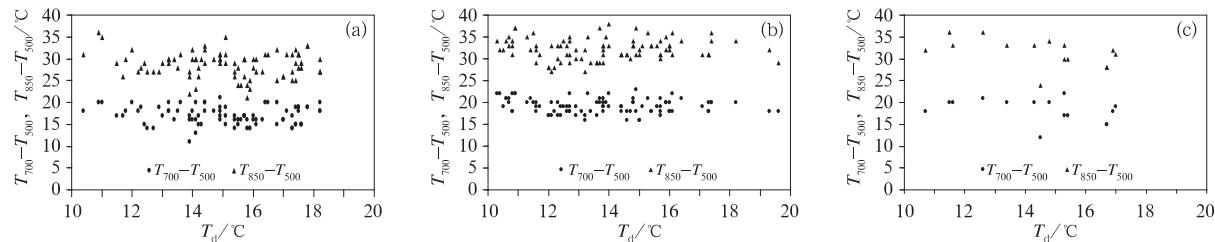


图 8 短时强降水 I 型(a)、短时强降水 II 型(b)和短时强降水 IV 型(c)的 $T_{850}-T_{500}$,

$T_{700}-T_{500}$ 及 T_d 散点分布

Fig. 8 Scatter diagrams of $T_{850}-T_{500}$, $T_{700}-T_{500}$ and T_d in various types of short-time severe rainfall events

(a) Type I, (b) Type II, (c) Type IV

洪沟、克州中、北部山洪沟为不同强度短时强降水的频发区域。8月和7月上旬出现次数频繁,南疆短时强降水的日变化为明显的双峰型特征,在凌晨、午后到傍晚较易发生,午后多发与下垫面不均匀以及西天山背风波、昆仑山迎风坡的抬升有密切连系。

(2) 南疆短时强降水的概念模型一般有西伯利亚低值系统(低涡、低槽)型、西风带短波型、中亚低值系统(低涡、低槽)型三种类型,其中中亚低值系统(低涡、低槽)型是南疆短时强降水发生的最主要类型,主要集中在6、7月。普遍存在中层干线和西南气流、低层切变线以及低层偏东风的共同特征。

(3) 从 $T\text{-}\log p$ 的温湿曲线形态分析,南疆短时强降水分为短时强降水 I 型(整层湿)、短时强降水 II 型(上湿下干)、短时强降水 III 型(上干下湿)和短时强降水 IV 型(干绝热型)。I 型、II 型、III 型发生前大气层结水汽含量充沛、存在一定的 CAPE 和暖云层厚度、弱的垂直风切变和较低的 0°C 层高度等特征,而合适的 CIN,有利于对流不稳定能量的积聚和爆发,促进短时强降水的发生。IV 型与其他三型不同,存在较大的 CAPE、很小的 CIN 以及较干的大气层结和较大的 $T_{850} - T_{500}$ 、 $T_{700} - T_{500}$ 。

(4) 南疆中部、西部地区的8月中旬至9月上旬常发生南疆短时强降水 I 型,多为西伯利亚低值系统(低涡、低槽)型和西风带短波型;南疆中部、西部地区的6月中旬至7月上旬多为 II 型,以中亚低值系统(低涡、低槽)型和西风带短波型为主;南疆中部地区常出现 III 型,以中亚低值系统(低涡、低槽)型为主,主要在6月中旬、8月中旬多发;IV 型主要出现在南疆中部和东部地区,多为西伯利亚低值系统(低涡、低槽)型,7月上旬频发。

本文的分析方法尚有一定的局限性,南疆短时强降水多出现在凌晨、午后到傍晚,时空分辨率较粗远超过 4 h;另外由于南疆短时强降水多出现在区域自动气象站,受资料的局限性,无法观测到短时强降水发生的同时是否伴有冰雹、雷雨大风等其他强对流天气,上述强对流天气的环境参数还需进一步细致分析。

参考文献

- 白晓平,王式功,赵璐,等,2016. 西北地区东部短时强降水概念模型[J]. 高原气象,35(5):1248-1256.
- 蔡义勇,王宏,余永江,2012. 1991—2008 年福建省强对流天气特征[J]. 气象与环境学报,28(6):38-43.
- 陈春艳,孔期,李如琦,2010. 天山北坡一次特大暴雨过程诊断分析

- [J]. 气象,38(1):72-80.
- 陈秋萍,冯晋勤,李白良,等,2010. 福建强天气短时潜势预报方法研究[J]. 气象,36(2):28-32.
- 陈元昭,俞小鼎,陈训来,2016. 珠江三角洲地区重大短时强降水的基本流型与环境参量特征[J]. 气象,42(2):144-155.
- 丁一汇,2005. 高等天气学:第2版[M]. 北京:气象出版社:324-325.
- 樊李苗,俞小鼎,2013. 中国短时强对流天气的若干环境参数特征分析[J]. 高原气象,32(1):156-165.
- 韩宁,2012. 陕甘宁地区汛期强降水统计特征与一次典型个例的综合分析[D]. 南京:南京信息工程大学.
- 韩宁,苗春生,2012. 近6年陕甘宁三省5—9月短时强降水统计特征[J]. 应用气象学报,23(6):691-701.
- 郝莹,姚叶青,郑媛媛,等,2012. 短时强降水的多尺度分析及临近预警[J]. 气象,38(8):903-912.
- 何晗,湛芸,肖天贵,等,2015. 冷涡背景下短时强降水的统计分析[J]. 气象,41(12):1466-1476.
- 雷蕾,孙继东,魏东,2011. 利用探空资料判别北京地区夏季强对流的天气类别[J]. 气象,37(2):136-141.
- 李向红,唐伍斌,李垂军,等,2009. 广西强对流天气的天气形势分析与雷达临近预警[J]. 灾害学,24(2):46-50.
- 李耀东,刘健文,吴洪星,等,2014. 对流温度含义阐释及部分示意图隐含悖论成因分析与预报应用[J]. 气象学报,72(3):628-637.
- 廖晓农,俞小鼎,王迎春,2008. 北京地区一次罕见的雷暴大风过程特征分析[J]. 高原气象,27(6):1350-1362.
- 刘献耀,许爱华,刘芳,2009. 江西省春夏季强对流天气气候特征[J]. 气象与减灾研究,32(4):50-56.
- 闵晶晶,2012. 京津冀地区强对流天气特征和预报技术研究[D]. 兰州:兰州大学.
- 秦贺,杨莲梅,张云慧,2013. 近40年来塔什干低涡活动特征的统计分析[J]. 高原气象,32(4):1042-1049.
- 秦丽,李耀东,高守亭,2006. 北京地区雷暴大风的天气-气候学特征研究[J]. 气象与环境研究,11(6):754-762.
- 孙继松,雷蕾,于波,等,2015. 近10年北京地区极端暴雨事件的基本特征[J]. 气象学报,73(4):609-623.
- 陶诗言,丁一汇,周晓平,1979. 暴雨和强对流天气的研究[J]. 大气科学,3(3):227-238.
- 田付友,郑永光,张涛,等,2015. 短时强降水诊断物理量敏感性的点对点检验[J]. 应用气象学报,26(4):385-396.
- 王丛梅,俞小鼎,李芷霞,等,2017. 太行山地形影响下的极端短时强降水分析[J]. 气象,43(4):425-433.
- 王丛梅,俞小鼎,刘瑾,等,2018. 弱天气尺度背景下太行山极端短时强降水预报失败案例剖析[J]. 气象,44(1):107-117.
- 王秀明,俞小鼎,周小刚,2014. 雷暴潜势预报中几个基本问题的讨论[J]. 气象,40(4):389-399.
- 杨波,孙继松,毛旭,等,2016. 北京地区短时强降水过程的多尺度环流特征[J]. 气象学报,74(6):919-934.
- 杨诗芳,郝世峰,冯晓伟,等,2010. 杭州短时强降水特征分析及预报研究[J]. 科技通报,26(4):494-500,545.
- 姚莉,李小泉,张立梅,2009. 我国1小时雨强的时空分布特征[J]. 气象,35(2):80-87.
- 俞小鼎,2013. 短时强降水临近预报的思路与方法[J]. 暴雨灾害,32

- (3):202-209.
- 俞小鼎,王迎春,陈明轩,等,2005.新一代天气雷达与强对流天气预报[J].高原气象,24(3):456-464.
- 俞小鼎,郑媛媛,张爱民,等,2006.安徽一次强烈龙卷的多普勒天气雷达分析[J].高原气象,25(5):915-924.
- 俞小鼎,周小刚,王秀明,2012.雷暴与强对流临近天气预报技术进展[J].气象学报,70(3):311-337.
- 俞小鼎,周小刚,王秀明,2016.中国冷季高架对流个例初步分析[J].气象学报,74(6):902-918.
- 张之贤,2013.陇东南地区短时强降水时空分布特征及短时临近预报技术研究[D].兰州:兰州大学.
- 郑仙照,寿绍文,沈新勇,2006.一次暴雨天气过程的物理量分析[J].气象,32(1):102-106.
- 郑永光,陶祖钰,俞小鼎,2017.强对流天气预报的一些基本问题[J].气象,43(6):641-652.
- 郑永光,张小玲,周庆亮,等,2010.强对流天气短时临近预报业务技术进展与挑战[J].气象,36(7):33-42.
- 郑媛媛,姚晨,郝莹,等,2011.不同类型大尺度环流背景下强对流天气的短时临近预报预警研究[J].气象,37(7):795-801.
- 周后福,邱明艳,张爱民,等,2006.基于稳定度和能量指标作强对流天气的短时预报指标分析[J].高原气象,25(4):716-722.
- Doswell III C A,1987. The distinction between large-scale and mesoscale contribution to severe convection; a case study example [J]. Wea Forecasting,2(1):3-16.
- Liu W T,1986. Statistical relation between monthly mean precipitation water and surface-level humidity over global oceans[J]. Mon Wea Rev,114(8):1591-1602.
- Wu Mengwen, Luo Yali, 2016. Mesoscale observational analysis of lifting mechanism of a warm-sector convective system producing the maximal daily precipitation in China mainland during pre-summer rainy season of 2015[J]. J Meteor Res,30(5):719-736.