

曲良璐,谭甜甜,王雨思. 阿克苏地区短时强降雨时空分布和卫星云图特征[J]. 陕西气象,2022(1):22-27.

文章编号:1006-4354(2022)01-0022-06

阿克苏地区短时强降雨时空分布和卫星云图特征

曲良璐¹,谭甜甜²,王雨思³

(1. 成都信息工程大学大气科学学院,成都 610225;2. 阿克苏地区气象局,新疆阿克苏 843000;
3. 新疆维吾尔自治区气候中心,乌鲁木齐 830002)

摘要:基于2012—2018年风云系列卫星云图资料(红外图像、水汽图像、TBB图像),区域自动站小时降雨资料,高空、地面常规观测资料,统计分析阿克苏地区短时强降雨的时空变化和卫星云图特征。结果表明:(1)短时强降雨主要出现于6—8月的16—20时,空间分布为北部山区最多、浅山区次之、平原及南部沙漠地区最少,降雨强度多为10.0~19.9 mm/h,小时最大降雨量出现在乌什北部山区;(2)区域性短时强降雨卫星云图环流分型为西南气流型和西北气流型;(3)主要影响云系为低槽锋面云系、雷暴云团(以此为主);(4)雷暴云团主要生成方式为低涡外围分裂以及多雷暴云单体,主要生成于拜城县北部山区、温宿县北部山区,生成时段集中在13—16时,形状大多呈团状,主要路径为自西向东,强降雨往往发生于云团发展的中后期;(5)水汽边界主要有斜压叶急流边界、底涌边界对应于西南气流和西北气流型;(6)强降雨多出现在TBB边缘密集带及TBB中心最低温度区域。

关键词:短时强降雨;时空分布;红外云图;水汽图像

中图分类号:P458.121

文献标识码:A

我国每年由于暴雨、山洪等气象灾害给国家和人民造成了很大的经济损失。随着气象事业的发展,尤其是近十年来自动气象站已基本覆盖人迹可去的绝大部分区域,因此,对降雨特征的研究也丰富起来。陈春艳等^[1]、杨莲梅等^[2]研究发现新疆降雨在量级、持续时间及区域分布上差异明显。唐冶等^[3]、赵克明等^[4]、热孜瓦古等^[5]分析了南北疆不同区域短时强降雨的变化特征。根据暴雨的形成特点可分为持续时间长、平均雨量小的长历时降雨过程,以及短时强降雨造成的暴雨。短时强降雨造成的暴雨有着突发性强、局地雨量大、持续时间短,致灾性强的特点,如何准确快速监测、预报短时强降雨是对气象预报工作者的要求与挑战。陈炯等^[6]、李萍云等^[7]、王玉龙等^[8]通过分析自动站逐小时资料,详细的阐述了当地短时强降雨的时空分布特征,秦贺等^[9]在对新疆暖

季降雨的研究中发现,南疆短时强降雨频次少于北疆,但是其降雨贡献率却大于北疆。杨莲梅^[10]在研究新疆极端降雨时指出阿克苏地区极端降雨量和频次自20世纪80年代以来有显著增多趋势。随着最新气候资料的不断累积,更有必要详细分析阿克苏地区短时强降雨的时空变化特点。

在对灾害性天气的监测与预警中,地球静止卫星获得的多通道云图资料已成为重要的信息来源。利用卫星遥感技术监测强对流具有速度快、信息量大的优势,可以监测局地小尺度对流云团至行星尺度天气系统的发生、发展和演变,因此准确识别强对流天气系统所在位置,对预测其发展、移动趋势,应对短时灾害性天气的工作有很大帮助^[11-12]。梁立为等^[13]根据元胞自动机的基本原理,结合云图发展、移动、衰减的特征,通过制定云图像素点的移动、发展和衰减的转换规则,预测短

收稿日期:2021-02-18

作者简介:曲良璐(1991—),女,汉族,河南唐河人,硕士研究生,主要从事中亚极端天气气候研究。

基金项目:中亚大气科学研究基金(CASS201723)

时(12 h内)的云图。周晓丽等^[14]通过构建多通道多阈值判识方法,分析强对流云团在红外通道、水汽通道的变化特征,识别和监测对流云团的活动。李延江等^[15]、曲良璐等^[16]结合天气形势对产生暴雨的卫星云图空间结构特征进行了分析,得出红外云图的云顶温度、温度梯度等与云的降雨强度有着明显的对应关系。目前新疆对于卫星云图资料研究应用较少,只是作为天气过程分析的辅助手段,但由于卫星资料高时空分辨率、连续性的特性,可以通过卫星资料同化应用,结合雷达与地面资料,进一步提高强对流天气的预报准确率和预警时间提前量。

1 资料与方法

所用资料包括2012—2018年高空、地面常规观测资料, FY系列卫星云图(红外图像、水汽图像、红外卫星黑体亮度温度(TBB)产品 $0.1 \times 0.1^\circ$)。卫星云图资料下载自中国气象局卫星气象中心的风云卫星遥感数据服务网(<http://satellite.com.gov.cn>,分辨率为 $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ 经纬度网格)。短时强降雨取1 h降雨量 ≥ 10.0 mm的样本,短时强降雨过程为相邻区域站同一时刻出现短时强降雨或同一站相邻两个时刻出现短时强降雨。从阿克苏地区195个自动气象站(含城区测站)2012—2018年5—9月逐小时降水量数据中挑出735个短时强降雨样本,97个短时强降雨过程。利用概率分布、统计检验等方法对发生短时强降雨站点的分布、频次及最大小时降雨量、降雨日变化等特征进行分析,利用天气学方法对短时强降雨过程进行分类,给出其时空分布及卫星云图特征。

2 短时强降雨时间变化特征

阿克苏地区共有区域自动站195个,其中185个区域站在2015年前完成建设并开始使用,2016年后建设站点仅为10个。通过分析逐年短时强降雨出现频次,2017年出现最多为164次,其次是2018年的156次,2016年152次,2013年101次,2014年82次,2015年63次,2012年最少,仅出现17次,近年短时强降雨出现频次有增多的迹象。6—8月(夏季)为短时强降雨高发期,出现频次占总数的89.7%。其中8月出现最多

达239站次,6月214站次,7月206站次。阿克苏地区短时强降雨也有明显的日变化特征。短时强降雨多发时段一般集中在午后16—20时,最多时次在18时,其次为19时(图1)。小时最大降雨量发生于2016年8月18日乌什北部山区的英阿瓦提北,22时小时降雨量63.2 mm,其次在2012年7月20日乌什北部山区的英阿特,18时小时降雨量达56.9 mm。

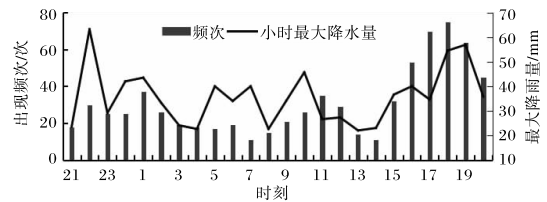


图1 2012—2018年阿克苏地区短时强降雨发生频次与小时最大降雨量日变化

夏季午后升温快,近地面最高气温一般出现在16—18时,此时近地层空气受热气温上升迅速,大气处于不稳定状态。此时若有天气系统配合,可产生初始抬升力,潮湿空气上升、遇冷凝结成云;同时在高层较冷的空气会下降,遇热后继续上升,由此循环,即可形成成片的对流云。对流云会产生短时强降水(即对流雨),有时伴有大风、雷暴、冰雹甚至龙卷风等中小尺度灾害性天气。不同于系统性降雨过程,对流云的能量主要来自于地表受热不均匀,具有尺度小、时间短、强度高,日变化明显等特征。从图中得知,短时强降雨日变化与典型的夏季午后对流天气出现特征相吻合。

3 短时强降雨空间分布特征

3.1 累计频次

阿克苏地区位于天山南麓,塔里木盆地北缘,短时强降雨空间分布为北多南少,强降雨多沿山分布,强降雨分布特征与地形分布相关明显。阿克苏地区7县2市及兵团第一师阿拉尔市的站点分布自北向南为:阿克苏地区北部靠山区县市为乌什县、拜城县;西部县市包括柯坪县、阿瓦提县、温宿县、一师阿拉尔市、阿克苏市;东部县市包括库车市、新和县、沙雅县。从发生短时强降雨的站点数及累计频次来看,阿克苏地区北部靠山区的

县市出现频次最多,西部县市次之、南部县市最少。从短时强降雨累计发生频次的空间分布(图2)可以看出:北部山区最多、浅山区次之、平原及南部沙漠地区最少。强降雨高发区主要集中在温宿北部山区,发生频次多于12次;其次是浅山区的乌什北部山区、柯坪北部山区,发生频次多于10次;平原及南部沙漠地区仅1~5次。全区出现6~10次的区域自动站站点有36个,占22.2%;68.5%的区域站不超过5次。

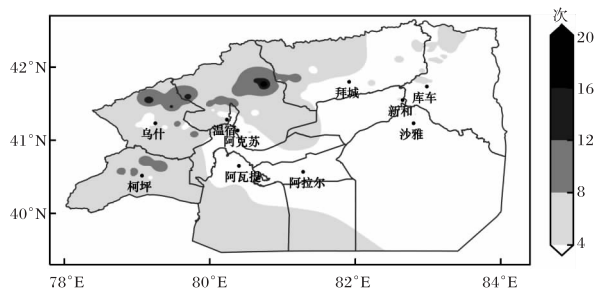


图2 2012—2018年阿克苏地区短时强降雨累计发生频次空间分布(审图号为新S(2019)085号)

3.2 最大小时雨强

阿克苏地区处于暖温带大陆性气候,气候干燥,降水量小,蒸发量大,年降水量为53.2~120.6 mm,夏季暴雨多由局地短时强降水引起,一次短时强降雨天气就可达到甚至超过年降雨量。分析自动站小时降雨量数据获得站点雨强,得到短时强降雨小时最大降雨量,从图3可以看出,乌什县北部山区小时雨强可达到50~60 mm/h,远远高于其他站点。温宿县、拜城县、库车市北部站点小时降雨量也达32.8~40.0 mm,平原地区站点小时雨强多为15~20 mm/h。

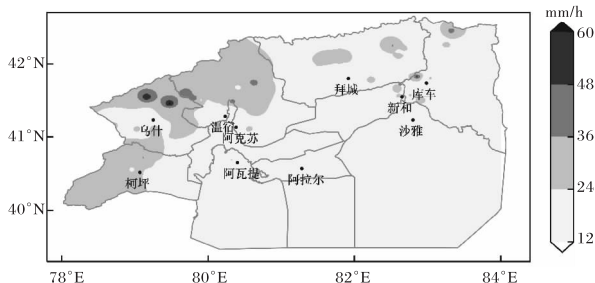


图3 2012—2018年阿克苏地区短时强降雨最大小时雨强空间分布(审图号为新S(2019)085号)

4 短时强降雨的卫星云图特征

4.1 环流分型

所有天气均发生在一定的大气环流条件下,从735个短时强降雨样本中筛选出97个短时强降雨过程,并基于大尺度天气环流背景,分析其影响系统,发现造成阿克苏地区短时强降雨过程的主要天气系统为200 hPa副热带高空急流、500 hPa的高空槽、850 hPa切变线及地面辐合线。200 hPa副热带高空急流北抬并维持在天山山脉,中心风速超过40 m/s。从500 hPa影响系统来分析,主要分为两大类:西南气流型和西北气流型。根据个例筛选和分析,97个个例共有69例为西南气流型,28例为西北气流型。西南气流影响的短时强降雨影响范围大,降雨强度强,造成的天气灾害性强;西北气流类型的短时强降雨多以局地性、突发性为主,强度较西南气流偏弱。

4.2 卫星云图特征

利用常规气象资料结合气象卫星数据对影响阿克苏地区短时强降雨天气过程的云系发生、发展、移动、消亡等特点进行分析,初步得到短时强降雨卫星云图的统计学特征。

4.2.1 红外云图 阿克苏地区短时强降雨局地性较强,多出现在山区,主要出现于午后至夜间。通过对2012—2018年夏季阿克苏地区的红外云图和降雨云团的相互关系进行分析可以得出,影响阿克苏地区出现短时强降雨的云系分为低槽锋面云系和雷暴云团(图4)。低槽锋面云系主要是由大尺度系统(低涡、低槽以及锋面)进入阿克苏,产生大范围、持续性降雨,主要特点是尺度大、影响范围广、低层到地面可分析出中尺度辐合线,出现时间由高空系统决定。低槽锋面云系以层云为主,中间夹杂中小尺度对流单体,多在上游地区生成逐渐东移影响阿克苏。雷暴云团多以单体云团或多个单体云团合并而成,产生小范围、突发性降雨,主要特点是尺度小、影响范围小、出现时间多在12时以后,14—16时云团快速增长并产生显著降雨。雷暴云团多为积云,并以本地生成为主。

统计2012—2018年短时强降雨个例与云团配合关系可以得出,低槽锋面云系共有36例,雷

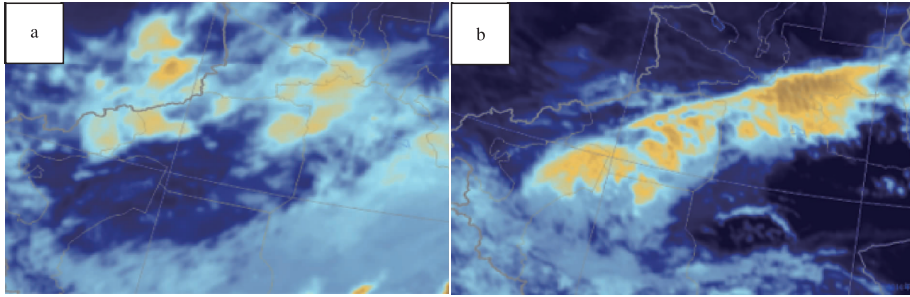


图4 阿克苏地区短时强降雨的主要云系(a 雷暴云团;b 低槽锋面云系)

暴云团发展 61 例,影响阿克苏地区的主要云系为本地生成的雷暴云团。分析雷暴云团的发生发展,可以看出雷暴云团形成类型主要有低涡外围、多雷暴云单体两类(图 5)。当低涡外围不断分裂冷空气,而中低层为西南气流控制,此时沿低涡槽前不断有小尺度积云产生,随着积云合并发展成熟,形成中尺度对流云系,从而造成短时强降雨。此型云系特点为,组织性强,持续时间长,影响范围相对较大,产生的降雨强度较强。多雷暴云单

体生成方式为:由于中低层弱干冷空气入侵,多在沿山地带受地形抬升,产生多个小尺度积云,并沿山排列,有时随中层引导气流向下游移动,有时产生降雨后逐渐本地消亡。此型云系特点为组织性弱、持续时间相比较短,影响多为局地性、突发性,产生的降雨强度较弱。影响阿克苏地区的雷暴云单体的生成源地主要有四个:温宿北部山区、拜城北部山区、乌什山区以及克州生成移入,以拜城北部山区以及温宿县北部山区两地较多。

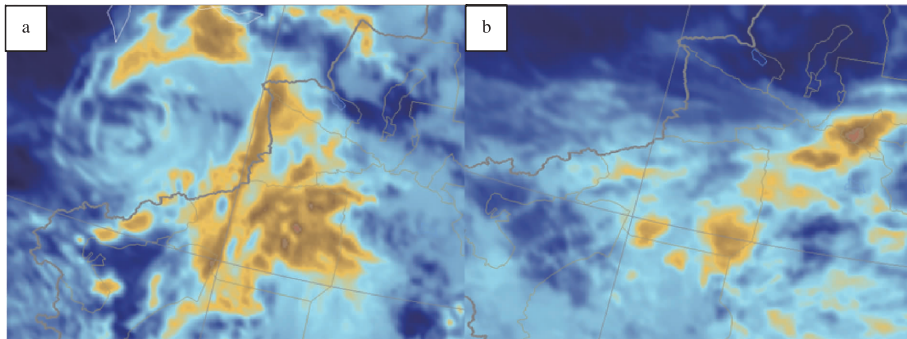


图5 阿克苏地区雷暴云团形成方式(a 低涡外围;b 多雷暴云单体)

雷暴云团生成时间及移动路径:雷暴云团生成时间集中在 12—16 时(61 次),形状大多呈团状,主要路径随高空引导气流(多为偏西或西南气流)向东移或东北移。对比自动站短时强降雨统

计特征,可发现短时强降雨出现时段多为雷暴云团最强时段后 1~2 h 之内。以 2016 年 5 月 30 日为例(图 6),对流云生成时间为 12:30,16 时达到最强。地面共有 7 个自动雨量站监测到短时强

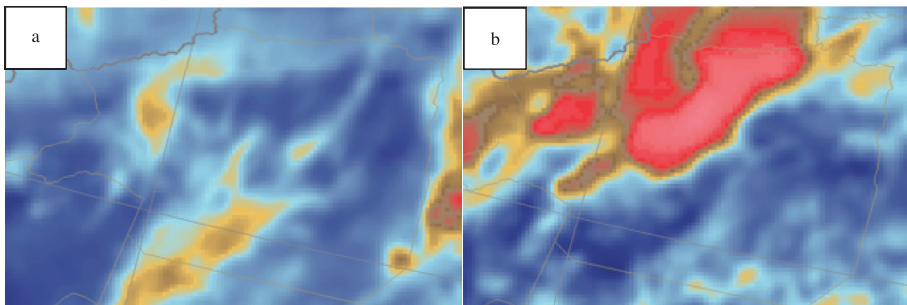


图6 2016-05-30 阿克苏短时强降雨云团演变特征(a 生成时刻;b 最强时刻)

降雨,强降雨起止时间为 18—20 时,小时降雨量为 11.9~34.1 mm。

4.2.2 水汽图像 降雨产生需要水汽的聚集和辐合,水汽图像表现的是对流层中上层的水汽情况,可以通过分析水汽云图大致追踪水汽的路径,了解产生短时强降雨水汽的输送和辐合。按照《卫星气象学》^[17]对于水汽图像的分类,对阿克苏地区强降雨个例进行分析,主要分为两类(图 7)。

①斜压叶急流边界。其主要特征是:水汽边界形成于急流的左侧,“S”型凸起的地方,边界较模糊,在该处,没有急流出现。在边界凹的下游地

方,边界清楚,急流穿过边界,凹的上游处,急流与边界平行重合。与环流分型中的西南气流型相对应。

②底涌边界,其主要特征是:暗黑的干区向南凸起,就是下沉运动区南边界,急流呈气旋性弯曲的边界。当高空脊前或槽后的偏北气流突然加大而形成,并伴有急流自北向南指向边界。在低涡东南部逆时针旋转的水汽羽的后边界出现水汽暗带,当低涡云系随着高空引导气流向东移动时,不断有干冷空气卷入,在水汽羽经过的区域产生多个团状对流单体,产生强对流天气。与环流分型中的槽后西北气流型相对应。

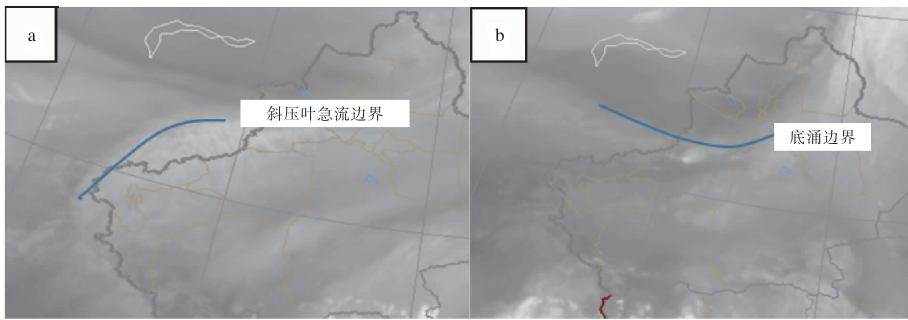


图 7 阿克苏地区短时强降雨水汽图像特征(a 斜压叶急流边界;b 底涌边界)

4.2.3 相当黑体亮度温度 分析阿克苏短时强降雨的相当黑体亮度温度(TBB)云图特征可以发现,强降雨多出现在两个区域。(1)TBB 边缘密集带(图 8a)。在 TBB 边缘密集带产生短时强降雨的特征为降雨点较为零散,降雨持续性较差。从对流云最强中心至降雨点 TBB 梯度值统计来

看,在 20 km 范围内有 6~8 K 的 TBB 梯度值。(2)TBB 中心温度最低区域(图 8b)。此类型的特征为降雨点较为集中,降雨有一定的持续性,中心 TBB 值多为 220~230 K,阿克苏地区的短时强降雨多为此类型。

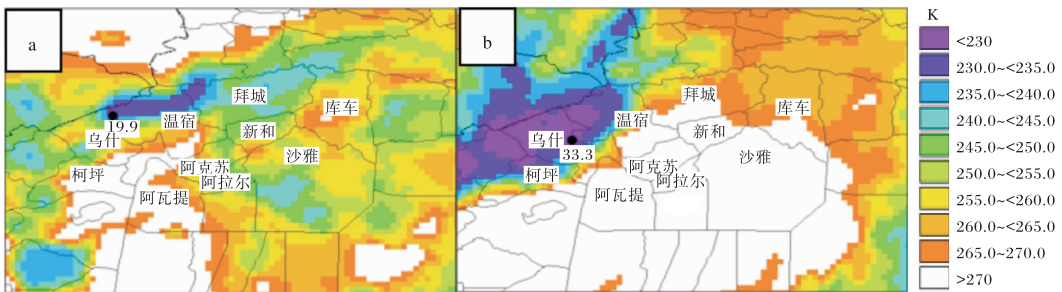


图 8 阿克苏短时强降雨 TBB 特征(a TBB 边缘密集带;b TBB 中心温度最低区域;黑点和数值为短时强降雨发生地和小时降雨量)

5 结论

(1)阿克苏地区短时强降雨发生频次年际变化比较大并呈增多趋势。6—8 月为短时强降雨

的高发期,其中 8 月出现最多,6、7 月次之。短时强降雨多发时段一般集中在午后 16—20 时,18 时最多,19 时次之。

(2)阿克苏地区短时强降雨累计出现频次北部山区最多、浅山区次之、平原及南部沙漠地区最少。强降雨高发区主要集中在温宿北部山区,其次是乌什北部山区、柯坪北部山区,乌什北部山区小时雨强远高于其他站。发生短时强降雨的站数及累计频次为北部县市最多、西部县市次之、南部县市最少。

(3)影响阿克苏地区产生短时强降雨的云系为低槽锋面云系和雷暴云团(以此为主)。雷暴云团主要生成方式为低涡外围分裂以及多雷暴云单体;雷暴云团主要生成于拜城县北部山区、温宿县北部山区,其次为乌什县以及克州移入;雷暴云团生成时间段集中在 13—16 时,形状大多呈团状,移动路径为自西向东;强降雨时段发生于云团发展的中期至消亡的初期,而在云团发展的初期和衰减期降雨对应的强度较弱。

(4)从水汽图像来看,影响阿克苏地区短时强降雨的水汽边界主要为:斜压叶急流边界和底涌边界,分别对应于西南气流型和西北气流型。

(5)从 TBB 云图特征来看,阿克苏地区短时强降雨多出现在 TBB 边缘密集带和云图中心 TBB 最低温度区域。

参考文献:

- [1] 陈春艳,赵克明,阿不力米提江·阿布力克木,等. 暖湿背景下新疆逐时降雨变化特征研究[J]. 干旱区地理,2015,38(4):692-702.
- [2] 杨莲梅,李霞,张广兴,等. 新疆夏季强降雨研究若干进展与问题[J]. 气候与环境研究,2011,16(2):188-198.
- [3] 唐冶,陈春艳,赵克明. 伊宁市 1991—2011 年降雨特征分析[J]. 沙漠与绿洲气象,2014, 8(6):41-46.
- [4] 赵克明,古丽格娜·海力力,美丽巴奴·艾则孜,等. 喀什市降雨的日变化特征分析[J]. 沙漠与绿洲气象,2016,10(2):31-35.
- [5] 热孜瓦古·孜比布拉,阿依谢姆古丽·孜比布拉,胡素琴. 喀什地区夏季降水特征及南亚高压对夏季大降水的影响[J]. 陕西气象,2020(2):18-23.
- [6] 陈炯,郑永光,张小玲,等. 中国暖季短时强降雨分布和日变化特征及其与中尺度对流系统日变化关系分析[J]. 气象学报,2013,71(3):367-382.
- [7] 李萍云,赵强,王楠,等. 2005—2018 年陕西短时强降雨时空分布特征[J]. 陕西气象,2019(5):34-39.
- [8] 王玉龙,张子涵. 2011—2018 年东营短时强降雨时空分布特征[J]. 陕西气象,2020(2):24-29.
- [9] 秦贺,陈春艳,阿不力米提江·阿布力克木,等. 新疆暖季短时强降雨特征[J]. 干旱区研究,2019,36(6):1040-1049.
- [10] 杨莲梅. 新疆极端降雨的气候变化[J]. 地理学报,2003,58(4):577-583.
- [11] 周毓荃,赵姝慧. CloudSat 卫星及其在天气和云观测分析中的应用[J],南京气象学院学报,2008,31(5):603-614.
- [12] 孙继松,陶祖钰. 强对流天气分析与预报中的若干基本问题[J]. 气象,2012,38(2):217-225.
- [13] 梁立为,杨秀洪,尹洁,等. 一种云图的短时预测新方法探讨[J]. 高原气象,2015,34(4):1186-1190.
- [14] 周晓丽,杨昌军. 基于 FY-2D 的新疆区域强对流云识别[J]. 沙漠与绿洲气象,2017,11(2):82-87.
- [15] 李延江,陈小雷,张宝贵,等. 基于卫星资料对干旱地区暴雨云团的监测预警分析[J]. 高原气象,2013,32(3):818-828.
- [16] 曲良璐,谭甜甜,周雪雁. 阿克苏地区一次强对流天气卫星云图及雷达特征分析[J]. 陕西气象,2017(6):6-12.
- [17] 陈渭民. 卫星气象学[M]. 3 版. 北京:气象出版社,2017:283-288.