

方哲卿,黄宁立,王琳玮,等. 太阳光度计和微波辐射计资料在盛夏午后强对流预报中的应用[J]. 干旱气象,2017,35(1):157-163, [FANG Zheqing, HUANG Ningli, WANG Linwei, et al. Application of Sun-Photometer and Microwave Radiometer Data to Improve Forecast Ability About Afternoon Severe Convection in Summer[J]. Journal of Arid Meteorology, 2017, 35(1):157-163], DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2017)-01-0157

太阳光度计和微波辐射计资料 在盛夏午后强对流预报中的应用

方哲卿^{1,2},黄宁立²,王琳玮³,傅颖³

(1. 南京大学大气科学学院,江苏 南京 210023;2. 上海海洋中心气象台,上海 201300;
3. 上海市公共气象服务中心,上海 201300)

摘要:上海市气象局在上海世博园区布设型号 CE-318 太阳光度计和 MP-3000A 微波辐射计,测量可见光和近红外各个波段的辐射亮度以及垂直方向的温度廓线。选取 2010 年夏季发生的强对流个例,讨论太阳光度计和微波辐射计非常规观测资料在盛夏午后强对流预报中的应用。统计表明,同样光照条件下,如果 09:00 太阳光度计各波段测量的辐射亮度值普遍偏低,则午后出现强对流的概率偏高;降水发生前半小时内,微波辐射计反演温度廓线在 1 km 高度处可探测到异常增温现象。根据统计结果得到经验指标,与传统的对流有效位能(CAPE)和能见度进行对比,太阳光度计和微波辐射计资料在盛夏午后强对流的预报中取得更好的效果。

关键词:太阳光度计;微波辐射计;强对流

文章编号:1006-7639(2017)-01-0157-07 DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2017)-01-0157

中图分类号:P457.6

文献标识码:A

引言

由于我国东部地区人口密度和经济总量相对较高,强对流天气经常会造成严重的经济损失和人员伤亡。如 2013 年 9 月 13 日上海浦东地区 2 h 141 mm 的降雨造成轨道交通几近瘫痪;2016 年 6 月 24 日江苏盐城遭受龙卷风、冰雹灾害,造成重大人员伤亡等。

强对流发生的天气类型有很多,如丁一汇等^[1]提出 4 种天气形势类型:槽后型、槽前型、高压后部型、台风倒槽型;陈立祥等^[2]根据垂直风切变把广州地区强对流天气分为 2 类 4 型;郑媛媛等^[3]将安徽省强对流天气形势分为冷涡槽后型和槽前型;王艳兰等^[4]总结了广西省的 3 种强对流天气类型;许爱华等^[5]对 2000 年以来近百次强对流天气个例的环境场进行分析,将中国中东部地区的强对流分为 5 种基本类别。然而对盛夏午后强对流而言,其天气形势并不明显,通常是西风带槽脊系统位置偏北,仅受副热带高压控制的局地热对流,由于海风锋、地面辐合线等中小尺度的动力条件不易捕捉,而热力

条件始终充沛,使得预报员难以从常规的天气学分析中做出预判。现有的监测预报手段以多普勒天气雷达监测^[6-8]和中尺度数值预报^[9]为主,但天气雷达的监测和外推仅在 0~2 h 内相对准确,而中尺度数值预报的降水落区存在较大误差^[10]。因此,本文尝试借助新的探测设备,针对盛夏午后强对流的监测预报技术进行补充。

太阳光度计通常用于测量可见光和近红外的不同波段、不同方向、不同时间的辐射亮度。近年来,我国气象学者已经开始研究太阳光度计在多方面的应用,如张文煜等^[11]研究了利用太阳光度计资料反演大气柱水汽总量的方法;高伟等^[12]应用太阳光度计资料计算出上海地区整层大气气溶胶的光学厚度;周碧等^[13]对比太阳光度计和激光雷达资料,分析了兰州地区气溶胶光学厚度的分布特征。本文则关注太阳光度计资料在分析大气潜在对流能量中的应用。微波辐射计通常用于测量大气温度、湿度廓线^[14-16],由于其 1 min 一次的观测频率,使得捕捉降水发生前中小尺度环境要素的突变成为可能。本

文结合太阳光度计和微波辐射计资料,分析午后强对流发生前所具有的特征,并将其与传统的预报方法进行对比。

1 设备及资料介绍

1.1 太阳光度计

布设于上海世博园区气象站内的全自动太阳光度计,型号 CE318,是目前世界上应用最广、性能最佳的太阳光度计仪器。该仪器在可见光至近红外波段设有 10 个观测通道,分别是:340 nm, 380 nm, 440 nm, 500 nm, 670 nm, 870 nm, 936 nm, 1 020 nm, 1 020i nm, 1 640 nm, 其中 1 020i nm 是偏振通道,观测值均为辐射亮度。

太阳光度计数据显示界面如图 1 所示,每一种颜色代表不同的观测通道。该产品每日逐小时实时更新,如果是晴天的辐射条件,通常其观测的辐射亮度值都会随着日照强度的变化而在正午前后达到峰值。通过页面控件,可查询每一个数据点的具体数值(<http://172.21.1.62/expo/data.php?PID=2112>)。太阳光度计仅在无降水条件下工作,从 06:00 (北京时,下同)左右开始每 15 min 进行一次观测,直观的曲线判断或者固定时刻的数据分析,都可以应用于实际业务中。

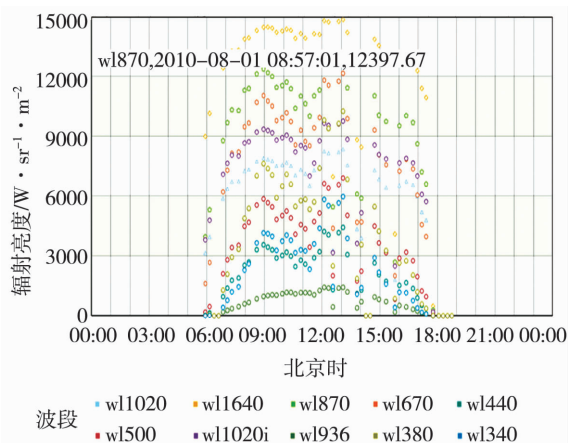


图 1 2010 年 8 月 1 日太阳光度计数据显示界面
(不同颜色表示不同的辐射通道)

Fig. 1 Sun-photometer's product interface on August 1, 2010
(the different colors for different radiation channels)

1.2 微波辐射计

布设于上海世博园区气象站的微波辐射计,型号为 MP-3000A,提供从仪器安装地水平面到 10 km 大气层高时空分辨率的温度、相对湿度和水汽廓线^[17](<http://172.21.1.62/expo/wave.php>)。其中,温度廓线子系统选择 51—59 GHz 之间 7 个频

率的氧气吸收带进行天空亮温观测^[18]。由亮温值推算温度廓线的反演方法,主要分为正向模拟反演算法、数理统计算法和神经网络反演算法,研究表明神经网络反演算法比其他方法更优^[19]。因此,上海世博园气象站的微波辐射计采用神经网络方法反演温度廓线,利用宝山气象站探空廓线的历史资料来模拟反演微波辐射量。

微波辐射计资料有很高的时空分辨率,1 min 输出 1 次;0—500 m 高度每 50 m 输出 1 个数据,500—2 000 m 每 100 m 输出 1 个数据,2 000—10 000 m 每 250 m 输出 1 个数据,共 58 个反演层。此外微波辐射计还提供湿度和液态水廓线,是分析垂直空间环境变化的有力工具。

2 太阳光度计资料分析

根据李桑等^[20]对 1980—2010 年中国南方雷暴和陈雷等^[21]对 2004—2013 年长三角地区雷暴的统计分析,雷暴发生频次最高的月份是 7、8 月,一天中 14:00—18:00 最易发生强对流。总体来看,太阳辐射的季节性变化和日循环是导致雷暴季节变化和日变化的根本原因^[21]。随着经济和城市化发展,气溶胶的排放与日俱增,其对太阳辐射能的吸收会对雷暴的发生条件产生一定影响。原本由太阳短波辐射加热地表再间接加热大气的热传输过程,由于气溶胶充分吸收太阳辐射能,直接增加了气团内部的能量,更有利于午后热对流的出现。

2.1 资料样本选取

在日照条件相同的情况下,探索太阳辐射被气溶胶吸收的程度和午后强对流的对应关系。而定量判断辐射能被气溶胶吸收的程度,就需要利用高精度太阳光度计对辐射亮度进行测量,测量的数值越低,说明辐射被气溶胶吸收的程度越高。

为了确保太阳辐射条件相同,需要寻找合适的日期,2010 年上海世博园气象站维护频率高,数据连续性和可靠性最佳,因此以 2010 年 8 月作为选取时段,以上午天空晴朗少云作为选取条件,入选样本的共有 19 d,具体如下:

2010 年 8 月 1—5 日,均出现高温,其中 3 日、4 日上海有局地午后热对流发生;8 月 6—8 日受台风“电母”影响,海上东风带来的平流低云较多,日照不充分,故未纳入太阳光度计的资料统计;8 月 9—16 日,随着台风北上,副热带高压增强,上海迎来新一轮高温热浪,8 月 13 日极端最低气温高达 32.1 °C。这 8 d 内,12 日和 15 日出现午后热对流,13 日太阳光度计因设备维护而缺测;

8月17—21日,最高气温均在35℃左右,17日、18日出现较强的局地热对流。8月25日出现局地热对流,26日上海处于副热带高压边缘,为西风槽和地面锋过境造成的系统性强对流。

综上所述,以上午天空晴朗少云作为条件,2010年8月选入统计的共有19d,其余12d除了设备维护缺测外,都是上午云量较多,日照条件不充分而未纳入。以上海市中心气象台发布雷电黄色预警信号为出现强对流的依据,选入统计的19d中,3日、4日、12日、15日、17日、18日、25日、26日出现了午后强对流。

2.2 观测结果

直接观察太阳光度计的辐射亮度产品,发现强对流发生前辐射亮度值异常偏低。2010年8月4日的太阳光度计产品(图2),13:00和14:00没有数据,而13:00—14:00正好是午后对流降水的时间段。08:00—12:00,对比图1可以发现,图2中每种颜色所对应的辐射亮度值都比图1有显著降低,即便是870nm波段和1640nm波段,辐射亮度值也低于8月1日。

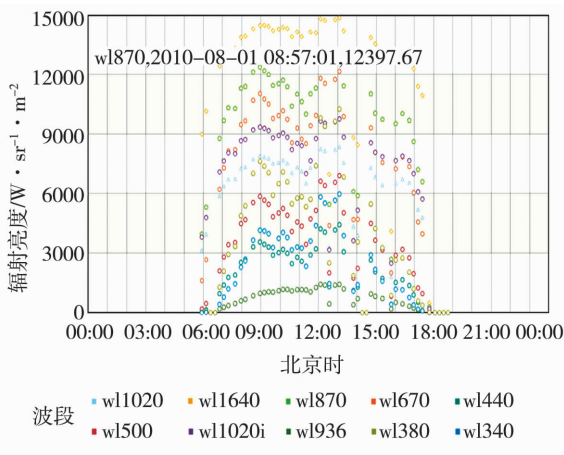


图2 2010年8月4日太阳光度计数据显示界面(不同颜色表示不同的辐射通道)

Fig. 2 Sun-photometer's product interface on August 4, 2010 (the different colors for different radiation channels)

针对选取的19d,按照有午后强对流和没有强对流分别计算太阳光度计每个波段(共10个波段)辐射亮度的平均值,为了尽可能提前捕捉强对流发生的征兆,选取09:00的数据绘制分布曲线(图3)。

可以看出,图3中发生强对流的8d各波段的辐射亮度平均值,明显低于没有发生强对流的11d各波段辐射亮度的平均值。因此,当日是否出现强对流会在09:00的辐射亮度数值上有很大区别。

由于有无强对流时辐射亮度值差异明显,应用

到预报业务中不需要特别复杂的阈值,因而分别选用7000、10000、13000等千位整数可以方便预报员记忆。尽管这种阈值选取方法缺乏统计依据,但由于有10个不同波段,可以整合成阈值曲线,来减少某一波段阈值偏低或偏高的影响。在日常业务中,只需要大部分位于阈值曲线之下,就应当关注强对流发生的概率。

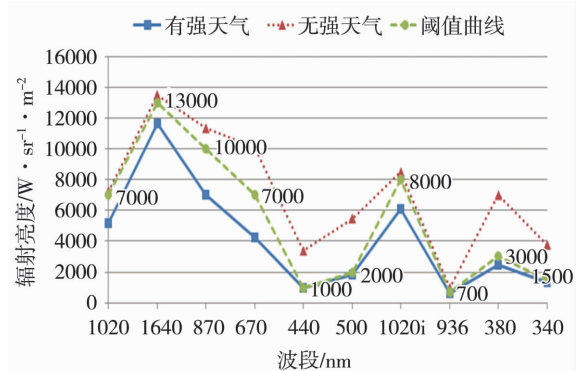


图3 太阳光度计09:00各波段辐射亮度平均值分布
Fig. 3 Average solar radiance of each observation channel of Sun-photometer at 09:00 BST

2.3 与传统预报指标的对比

据统计,中国东南部地区夏季能见度的降低往往伴随着强的副热带高压^[22]。由于副热带高压形成的下沉逆温,抑制了空气的垂直运动,大量气溶胶聚集在逆温层下,造成能见度降低,形成霾或者轻雾,同时也为午后对流的爆发积聚能量。因此,在主观天气分析中,预报员观察到此类低能见度时,会警惕强天气的爆发。除了能见度的直观判断外,对流有效位能(CAPE)几乎是最常用的诊断强天气的指标。

太阳光度计测量的辐射亮度资料可以作为诊断夏季强天气的经验指标,将其与传统的预报指标如CAPE和能见度进行对比,展现出一定优势。

针对所选取的19d,将09:00440nm波段的辐射亮度与09:00徐家汇站能见度以及08:00宝山站探空CAPE值进行对比(其他波段情况基本一致),结果如图4所示。可以看到,对比440nm波段的辐射亮度和主观阈值,当辐射亮度低于阈值时皆对应强天气的发生,无空报;仅有2次强天气(8月15日和25日),440nm的辐射亮度高于阈值,发生了漏报。若以此主观阈值进行预报,强对流的命中率达到75%。对比辐射亮度和能见度曲线,发现它们的变化形态有较好的一致性;而CAPE曲线和强天气的有无没有显著相关。进一步分析低辐射亮度和低能见度,两者的物理意义是一致的,都表明辐射能量被大气吸收,易于强对流的发生,但由于能见度阈值

范围较大,对强对流并不敏感,因此太阳光度计的观测数据具有精确可靠的优势。

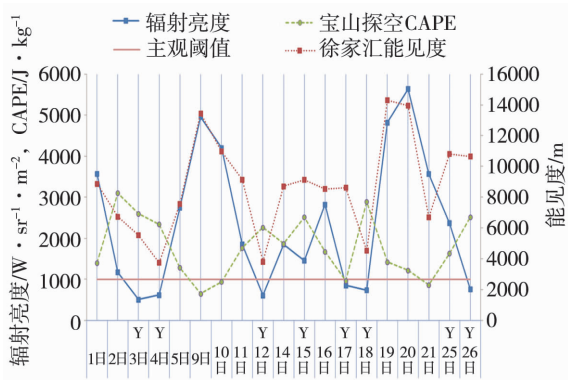


图4 2010年8月19个样本09:00 440 nm波段辐射亮度、徐家汇能见度、08:00宝山探空CAPE值以及440 nm波段主观的辐射亮度阈值(Y代表当天有强对流发生)

Fig. 4 The solar radiance at 440 nm wavelength and visibility of Xujiahui station at 09:00 BST, CAPE of Baoshan station at 08:00 BST and the subjective solar radiance threshold at 440 nm wavelength for selected 19 days (Y indicates that convection occurred on that day)

尽管在440 nm波段上,2010年8月15日和25日的午后强对流被漏报,但如果分析太阳光度计10个波段的辐射亮度分布,仍然能够判断出强对流的潜势。如图5所示,8月15日10个波段中有8个波段辐射亮度值位于主观阈值之下,仅440 nm、500 nm波段略高;25日5个波段的辐射亮度值接近阈值曲线,670 nm、500 nm、440 nm、380 nm和340 nm波段的辐射亮度值较高。

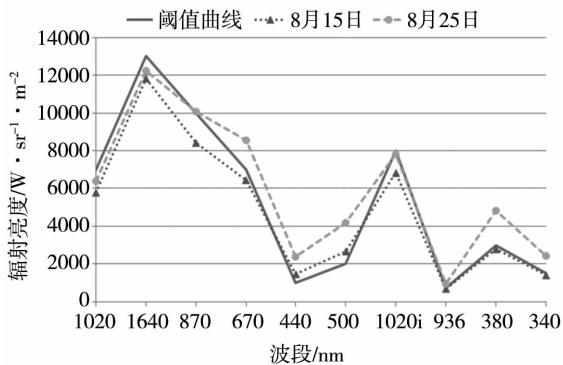


图5 8月15日、25日09:00辐射亮度各波段分布
Fig. 5 The solar radiance of each observation channel at 09:00 BST on 15 and 25 August 2010

以8月25日为例,传统预报中可参考的资料都难以提前做出强对流预报。受副热带高压控制,无明显短波槽和切变线,作为触发对流的地面辐合线

11:00才在自动站上看出,而08:00的CAPE值只有 $1476 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$,中尺度模式也没有预报出降水,以上这些资料都难以引起预报员对强对流的警觉。而当天的实况,上海闵行区出现冰雹(最大直径15 mm),宝山区吴淞口出现 $28.4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 大风,最大3 h累计雨量83.2 mm,都有致灾的可能性。因此利用太阳光度计资料对强对流预报的改善具有潜在的社会效益。

3 微波辐射计资料分析

无线电探空因为每日2次的观测频率,难以针对强对流进行温度廓线的精密观测。相比之下,微波辐射计不仅具有更高的探测频次,其探测性能也较为稳定。Ware R等^[23]对微波辐射计反演廓线的性能做了分析,认为微波辐射计反演温度、湿度与探空曲线相比误差很小,反演温度性能更优于湿度。

利用微波辐射计观测资料,分析降水前的温度廓线变化。事实上,位于上海世博园气象站的微波辐射计自运作以来,降水前微波辐射计的温度廓线都会出现低层增温、中高层降温现象,只是不同的降水个例中,增温幅度和增温开始时间有所不同。为了排除降水类型(对流和非对流)对分析结果的影响,并量化分析雨强和增温幅度之间的关系,选取强对流降水、零星降水和连续性降水的3次个例进行分析,分别是2010年9月1日上海的突发性大暴雨过程、9月29日的零星阵雨和10月12日的大尺度连续性降水过程。

(1) 对流性降水

2010年9月1日夜間,上海发生了一场突发性大暴雨天气,主要降水时段在18:00—21:00。白天由于云系较多,09:00太阳光度计的辐射亮度尽管低于阈值,但无法分辨是云顶辐射还是气溶胶吸收导致辐射亮度偏低,所以无法用于强对流潜势判断。当日降水集中在中心城区,徐家汇单站雨量达139.5 mm,上海世博园气象站17:44开始降水,过程累积雨量达74.4 mm,而17:30微波辐射计的温度廓线出现低层增温、中高层降温现象(图6)。在临近对流降水前,500 m有10 min内处 $5 \text{ }^\circ\text{C}$ 的增温,而3000—4000 m处10 min内有近 $8 \text{ }^\circ\text{C}$ 的降温。

(2) 零星降水

2010年9月29日04:21,世博园区出现了一次弱降水,降雨量只有0.2 mm,对应的微波辐射计温度廓线,低层没有出现明显的逆温形态。从降水前40 min 800 m高度的温度时序图(图7a)上可以看到,从降水前20 min开始,温度上升约 $2.5 \text{ }^\circ\text{C}$,从图7b

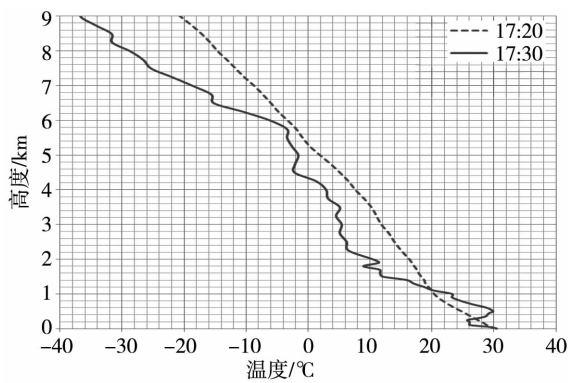


图 6 2010 年 9 月 1 日 17:20、17:30 上海世博园站微波辐射计观测的温度廓线

Fig. 6 Temperature profilers of microwave radiometer at Shibo meteorological station at 17:20 BST and 17:30 BST on September 1, 2010

上可以看到,4.75 km 的高空温度降低约 3 °C。尽管是零星降水,但低层增温和高层降温现象仍然存在,只是温度变化幅度小于对流性降水,表明温度变化幅度可能与雨强有对应关系。

(3) 连续性降水

为了进一步研究雨强与增温的对应关系,对比在连续性降水过程中,800 m 高度的温度和逐分钟雨强的时间序列。以 2010 年 10 月 12 日的层云降水过程为例,如图 8 所示,雨强与 800 m 高度的温度时间序列在形态上极为相似,都存在 2 个峰值;并且雨强的峰值在时间上略滞后于温度峰值,这对应了上面所述增温发生在降水前的现象;而温度的第 1 个峰值高于第 2 个峰值,同样雨强的峰值也是前者高于后者,可以认为低层温度增加越高,随后降雨也越强。

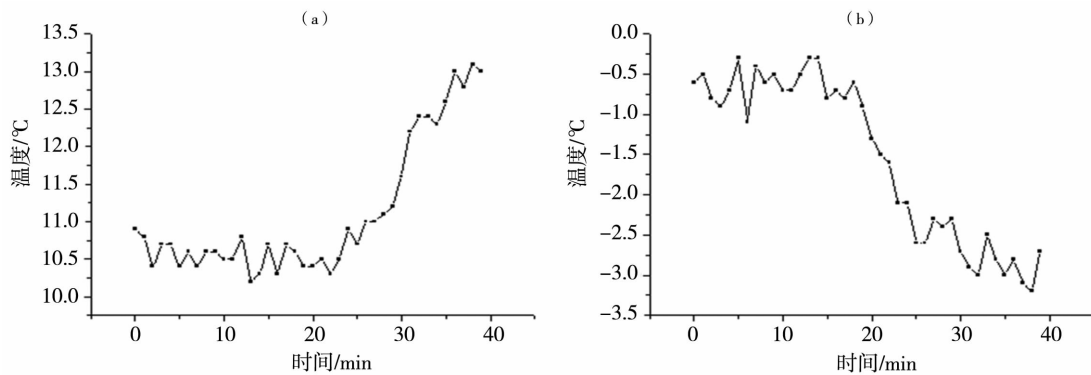


图 7 2010 年 9 月 29 日降水前 40 min 0.8 km(a) 与 4.75 km(b) 高度温度变化

Fig. 7 The time series of temperature at the level of 0.8 km (a) and 4.75 km (b) 40 minutes before precipitation beginning on September 29, 2010

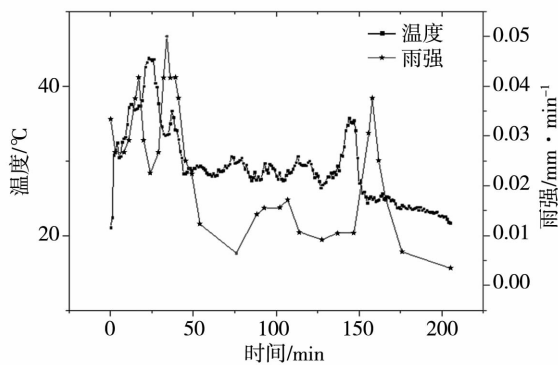


图 8 2010 年 10 月 12 日降水过程中上海世博园气象站微波辐射计的 800 m 高度温度与逐分钟雨强的时间序列

Fig. 8 The time series of temperature at the level of 800 m and precipitation intensity during the rainfall process on 12 October, 2010

4 结论与讨论

利用太阳光度计和微波辐射计资料对盛夏午后强对流进行研究,在日照条件相同的情况下,利用高精度太阳光度计对辐射亮度进行测量,探索太阳辐射被气溶胶吸收的程度和午后强对流的对应关系。利用微波辐射计高频次的温度廓线资料,了解临近降水前大气层结稳定性的变化。

对 2010 年夏季 2 种设备的观测资料进行统计,结果发现:(1) 若有午后热对流发生,则该日 09:00 太阳光度计测得的辐射亮度值偏低;(2) 临近降水前 20 min,微波辐射计反演的温度廓线 1 km 以下出现增温、3 km 以上出现降温。利用上述规律,建立新的预报指标,与传统的 CAPE 等强天气指标进行对比,显示了新预报方法的优势。

利用太阳光度计对辐射亮度的观测可以在夏季

晴朗无云的日照条件下,提前数小时捕捉到午后对流发生的潜势。而在有云条件下可以利用微波辐射计来捕捉强降水之前的层结不稳定,改善现有的短临预报。

传统的气象预报业务重视与大尺度天气系统有关的动力过程,诸如斜压、准地转、温带气旋等,其研究早已遍及 20 世纪初以来的科学文献,形成了天气预报的基础^[24]。然而尺度相对小的诸如云微物理、辐射过程,虽然与降水联系更为紧密,但受限于探测资料的匮乏而难以分析。本文在太阳光度计观测辐射亮度值偏低和微波辐射计观测低层异常增温这 2 种现象的基础上,提供了新的盛夏季节强对流降水的预报思路,即分析能量的积蓄和捕捉能量的爆发,改善传统预报指标的不足。其明确的物理意义和精确可靠的数据,为预报员理解眼前发生的天气并做出判断提供了有效途径。

参考文献

- [1] 丁一汇,李鸿州,章名立,等. 我国飊线发生条件研究[J]. 大气科学,1982,6(1):18-27.
- [2] 陈立祥,刘运策. 广州地区强对流统计特征和分类特征[J]. 气象,1989,5(2):170-178.
- [3] 郑媛媛,姚晨,郝莹,等. 不同类型大尺度环流背景下强对流天气的短临预报预警研究[J]. 气象,2011,37(7):795-801.
- [4] 王艳兰,王军君,伍静,等. 广西 3 次不同类型强对流天气对比分析[J]. 干旱气象,2015,33(4):635-643.
- [5] 许爱华,孙继松,许东蓓,等. 中国中东部强对流天气的天气形势分类和基本要素配置特征[J]. 气象,2014,40(4):400-411.
- [6] 陈明轩,俞小鼎,谭晓光,等. 对流天气临近预报技术的发展与研究进展[J]. 应用气象学报,2004,15(6):754-766.
- [7] 俞小鼎,周小刚,王秀明. 雷暴与强对流临近天气预报技术进展[J]. 气象学报,2012,70(3):311-327.
- [8] 刘维成,杨晓军,史志娟,等. 一次超级单体风暴的雷达回波特征分析[J]. 干旱气象,2009,27(4):320-326.
- [9] 曾明剑,王桂臣,吴海英,等. 基于中尺度数值模式的分类强对流天气预报方法研究[J]. 气象学报,2015,73(5):868-882.
- [10] 郑永光,张小玲,周庆亮,等. 强对流天气短临预报业务技术进展与挑战[J]. 气象,2010,36(7):33-42.
- [11] 张文煜,高润祥,郭军,等. 利用太阳光度计反演大气柱水汽总量方法研究[J]. 高原气象,2006,25(6):1107-1110.
- [12] 高伟,贺千山,潘亮,等. 利用太阳光度计观测研究上海地区城市气溶胶特征[A]. 第六届长三角气象科技论坛文集[C]. 2009.
- [13] 周碧,张镭,蒋德明,等. 利用激光雷达观测资料研究兰州气溶胶光学厚度[J]. 干旱气象,2013,31(4):666-671.
- [14] 刘红燕,王迎春,王京丽,等. 由地基微波辐射计测量得到的北京地区水汽特性的初步分析[J]. 大气科学,2009,33(2):388-396.
- [15] 党张利,张京朋,曲宗希,等. 微波辐射计观测数据在降水预报中的应用[J]. 干旱气象,2015,33(2):340-343.
- [16] 周嵬,吴宏议,田海军. 基于微波辐射计资料浅析对流降水云内与环境温差[J]. 干旱气象,2011,29(1):10-16.
- [17] 赵玲,马玉芬,张广兴,等. 地基 35 通道微波辐射计观测资料的初步分析[J]. 沙漠与绿洲气象,2010,4(1):56-58.
- [18] 姚志刚,陈洪滨. 七通道微波辐射计遥感大气温度廓线的性能分析[J]. 气象科学,2005,25(2):133-141.
- [19] 刘亚亚,毛节泰,刘钧,等. 地基微波辐射计遥感大气廓线的 BP 神经网络反演方法研究[J]. 高原气象,2010,29(6):1514-1523.
- [20] 李桑,龚道溢. 1980-2010 年中国南方雷暴频次的统计特征及其变化[J]. 高原气象,2015,34(2):503-514.
- [21] 陈雷,戴建华,汪雅. 近 10 年长三角地区雷暴天气统计分析[J]. 暴雨灾害,2015,34(1):80-87.
- [22] Qu W, Wang J, Gao S, et al. Effect of the strengthened western Pacific subtropical high on summer visibility decrease over eastern China since 1973 [J]. Journal of Geophysical Research Atmospheres, 2013,118(13):7142-7156.
- [23] Ware R, Cimini D, Herzegh P. Ground-Based Passive Microwave Profiling during Precipitation [A]. Presented at the 8th Specialist Meeting on Microwave Radiometry [C]. Rome, 2004.
- [24] Doswell C A I. The Distinction between Large-Scale and Mesoscale Contribution to Severe Convection: A Case Study Example [J]. Weather & Forecasting, 1987,2(1):3-16.

Application of Sun – Photometer and Microwave Radiometer Data to Improve Forecast Ability About Afternoon Severe Convection in Summer

FANG Zheqing^{1,2}, HUANG Ningli², WANG Linwei³, FU Ying³

(1. Department of Atmospheric Science, Nanjing University, Nanjing 210023, China; 2. Shanghai Marine Meteorological Center, Shanghai 201300, China; 3. Shanghai Meteorological Service Center, Shanghai 201300, China)

Abstract: It is discussed about the application of sun – photometer and microwave radiometer’s unconventional observations for summer afternoon severe convection forecast. The CE – 318 sun – photometer and MP – 3000A microwave radiometer, which observes solar radiance (visible light and near infrared band) and vertical temperature profile, respectively, have been operated in Shibo meteorological station by Shanghai Meteorological Bureau. By using severe convection cases occurring in summer of 2010, these new observations’ application was analyzed. Statistics show that under the same sunshine condition, severe convection would happen if the sun – photometer measurement of solar irradiance became lower than the fixed value at 09:00 BST in most wavebands. Meanwhile, the anomalous warming at 1 km height could be detected by microwave radiometer when it was about half hour before raining. Compared with high CAPE or low visibility in traditional diagnosis, through these unconventional observations a better prediction of severe convection could be made.

Key words: sun – photometer; microwave radiometer; severe convection

欢迎订阅 2017 年《干旱气象》

《干旱气象》由中国气象局兰州干旱气象研究所、中国气象学会干旱气象学委员会主办,是我国干旱气象领域科学研究的专业性学术期刊,反映有关干旱气象监测、预测和评估的最新研究成果,充分展示干旱气象领域整体的研究和应用水平。期刊主要刊载干旱气象及相关领域有一定创造性的学术论文、研究综述、简评,国内外干旱气象发展动态综合评述、学术争鸣以及相关学术活动。具体包括:国内外重大干旱事件分析、全球及干旱区气候变化、干旱气象灾害评估及对策研究、水文、生态与环境、农业与气象、可再生能源开发与利用、地理信息与遥感技术的应用等。本刊还免费刊载干旱气象研究成果、研究报告、学术活动、会议消息等。《干旱气象》已被《中国学术期刊(光盘版 CAJ – CD)》、万方数据 – 数字化期刊群、中国核心期刊(遴选)数据库、中国科技论文统计源期刊、重庆维普中文科技期刊数据库、教育阅读网、台湾华谊线上图书馆等全文收录。

《干旱气象》内容丰富、信息量大、研读性强,适合广大气象科研业务工作者、各相关专业技术人员、大专院校师生阅读。

《干旱气象》为双月刊,国内外公开发行。2017 年正刊 6 期,每期定价 36 元,全年 216 元。欢迎广大读者订阅,并可以随时邮局款汇购买,款到开正式发票。

编辑部地址:甘肃省兰州市东岗东路 2070 号 中国气象局兰州干旱气象研究所 《干旱气象》编辑部

邮政编码:730020 联系电话:0931 – 2402270 电子信箱:ghs_ghqx@sina.com

银行汇款:兰州市工商银行拱星墩分理处 户 名:中国气象局兰州干旱气象研究所

帐 号:2703001509026401376

邮 汇:兰州市东岗东路 2070 号 中国气象局兰州干旱气象研究所 《干旱气象》编辑部