

广西强天气分布特征及物理量诊断分析*

Analysis on Characteristics of Spatio-temporal Distribution and Physical Parameters of Severe Weather in Guangxi

赵金彪, 黄荣成, 梁维亮

ZHAO Jin-biao, HUANG Rong-cheng, LIANG Wei-liang

(广西气象台, 广西南宁 530022)

(Guangxi Meteorological Observatory, Nanning, Guangxi, 530022, China)

摘要:【目的】分析研究广西强天气的时空分布特点和变化特征,在天气形势分型的基础上统计提供强天气发生的物理量诊断阈值。【方法】采用长时间序列、大批量样本进行分类统计和合成分析方法。【结果】雷暴南部多,北部少,其中桂东南和沿海地区是雷暴的高发区;冰雹主要出现在北部,桂南降雹少;广西东部和沿海地区为大风频发区;历年龙卷风天气发生次数不多,且集中在涠洲岛及沿海地区;强降水呈南北两个高频带。雷暴、降雹和强降水的月变化都具有“单峰型”特征,大风月分布具有“双峰型”特征。强降水主要出现在夜间至次日8:00,大风、雷暴和冰雹天气则主要出现在午后至傍晚。【结论】广西强天气具有明显的地域分布特征,不同地域及不同天气系统影响下的温度层结和不稳定能量等特征物理量都有较大差异。

关键词:强天气 分布特征 分型 物理量

中图分类号:P445 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-7378(2014)03-0190-06

Abstract:【Objective】The characteristics of spatio-temporal distribution of severe weather were analyzed. Base on Synoptic classification, the threshold value of physical parameters for occurrence of severe weather are determined. 【Methods】Statistical method and composite analyzing were used in this paper. 【Results】Thunderstorm occurs more in south than that in north. The southeast and coastal areas are the frequent thunder areas. Hail occurs more in south than that in north. The eastern and coastal areas are the frequent gale areas. Tornado weather is rare in history, and mainly occurred near the Weizhou Island and coastal areas. The heavy rain mainly occurred in southern and northern areas. The monthly variations of thunderstorms, hail and strong rain all show "single-peak" pattern, but the variations of gale is "double-peak". The heavy rain mainly happened between nighttime to 8 am. The gale, thunderstorms and hail primarily occurred between afternoon to toward evening. 【Conclusion】The severe weather in Guangxi has obvious characteristic of regional distribution and the physical parameters, such as temperature stratification and instability energy, show difference in different district and weather system.

Key words: severe weather, characteristics of spatio-temporal distribution, classification, physical parameters

【研究意义】广西地处低纬度,丘陵错落,河谷纵

横,丘陵地占总面积的65%;北依南岭山脉,西靠云贵高原;北回归线横贯中部,夏季太阳直射天顶,太阳辐射强,热量丰富;南部濒临北部湾,水汽充沛。这些自然地理环境给强对流天气的发生提供了有利的热力条件和水汽条件,每年冰雹、雷雨大风和局地短时暴雨等强对流天气十分活跃^[1],给广西造成严重的经济损失。据近5年的统计,广西每年仅冰雹

收稿日期:2014-02-24

修回日期:2014-07-01

作者简介:赵金彪(1969-),男,硕士,高级工程师,主要从事天气气候研究与预报工作。

* 广西自然科学基金项目(2011GXNSFN018011),广西科学研究与技术开发计划项目(桂科攻10123009-8)资助。

和龙卷风造成的直接经济损失已占年平均自然灾害的 9.6%,另外,强降水常造成局地山洪、地质灾害。强天气带来的城市气象灾害日益频繁,但在降低空气污染物浓度和改善空气质量等方面却有很好的作用^[2~4],因此,社会对强天气(Severe weather)的预报预警越来越关注。【前人研究进展】对广西强对流天气的研究,近年也做过大量的工作。覃卫坚等^[5]用小波分析了历年雷雨大风的分布及变化规律,分析结论表明 2006 年之后的几年广西处于多雷区。李向红等^[6]对 2004 年后广西强对流天气的天气形势和雷达产品特征进行过统计和分类。针对强对流天气一般都是由中小尺度天气系统直接产生,一些学者^[7~10]对造成强对流天气的环境条件、能量参数和动力结构进行过深入研究。【本研究切入点】目前,分析研究广西强天气时空分布特点和变化特征,并在天气形势分型的基础上统计强天气发生的物理量诊断阈值的研究还不多见。【拟解决的关键问题】通过统计广西历年实况资料,得出广西强天气的时空分布特征及其变化规律,然后在天气形势分型基础上利用大量样本的探空资料计算有利于强天气发生的特征物理量和分析,为广西强天气的潜势预报提供依据。

1 观测数据与方法

1.1 观测数据来源

强天气包括强对流天气和强降水天气。本文分析的强天气有雷暴、冰雹、大风、龙卷风、短时强降水(1h 降水量 25mm 以上)等 5 类,所用的观测数据由广西气象档案馆提供。其中,雷暴、冰雹、大风、龙卷风观测数据时段为 1951~2012 年;短时强降水观测数据时段为 1991~2012 年。

1.2 方法

强天气时空分布特征分析:一天中气象台站只要有一次以上的雷暴、大风等天气记录,这一天就称为一个雷暴日或大风日。逐站统计历年强天气出现的总次数(日数)及年平均次数,分析其地域分布情况。按月和日逐时刻统计全区所有气象站出现强天气的总次数及年平均次数,即可了解其月分布和日变化情况。

特征物理量诊断分析:选取 2000~2012 年典型强天气个例,冰雹和大风按地域分类、强降水按主要影响天气系统进行分类,利用广西 6 个探空气象站的探空资料计算出能反映天气尺度系统结构与大气垂直稳定度综合特征的常用物理因子^[11],并进行对

比分析,提供物理量诊断阈值。

2 结果与分析

2.1 强天气时空分布特征

2.1.1 地域分布特征

由图 1a 可见,广西雷暴地域分布特征主要为南部多,北部少;桂东南的玉林、贵港、梧州市的南部地区及沿海的防城港、钦州平均年雷暴日数 ≥ 90 d,其中东兴市最高为 103d,均达到了强雷区的国家标准(年雷暴日数大于 90d),桂林市北部山区和河池市北部雷暴日数相对较少,平均年雷暴日数不足 60d,但也达到了多雷区的国家标准(年雷暴日数大于 40d)。其余地区的年平均雷暴日数在 60~90d。桂东南和沿海地区地势相对平坦且易受来自海洋上的西南暖湿气团影响,加上海陆地形差异的作用,成为广西雷暴的高发区。

图 1b 可见,广西西北部是冰雹的高发区,各站降雹总次数大于 20 次,其中隆林、乐业、南丹分别达到 53、46、45 次,平均一年降雹 1 次。东北部是广西另一个冰雹相对多发区,兴安总降雹次数达 31 次,其它县市总降雹次数在 10~20 次。而广西南部降雹次数较少,大部地区总降雹次数在 10 次以下,平均 10 年降雹才 1 次。

由图 1c 可见,广西东部和沿海地区为大风频发区,大风总日数普遍大于 200d,有 3 个中心。一是桂东北地区,桂林大风总日数为 558d,年平均约 10 日数;二是沿海地区,涠州岛、北海分别达到 1068d 和 528d,年平均出现大风天气约 20d 和 10d;三是桂东南地区,梧州、玉林两市大部地区大风总日数超过 300d,梧州本站达到 383d,年平均出现大风日数为 7d。

广西强降水分布呈南北两个高频区(图 1d)。以 1h 降雨量 ≥ 25 mm 为强降水统计,广西沿海到玉林市南部地区的强降水次数年平均大于 8 次,其中东兴市是广西强降水次数之最达 20 次。北部则以凌云至都安、融安到永福为中心的一条东北西南向强降水频发区,年平均在 8~10 次。广西其它地区的强降水年均大部 2~6 次。

广西的龙卷风天气发生次数不多,且集中在涠州岛及沿海地区。自建站记录以来,广西只观测到龙卷风共 90 站次,其中涠州岛、北海分别记录 42 和 23 次,合浦站也观测到 10 次。而广西内陆观测到龙卷风的站点并不多,其中南宁、玉林、武鸣等站分别观测到 2 次,桂林、忻城、桂平、宜州、博白等站各

观测到1次。

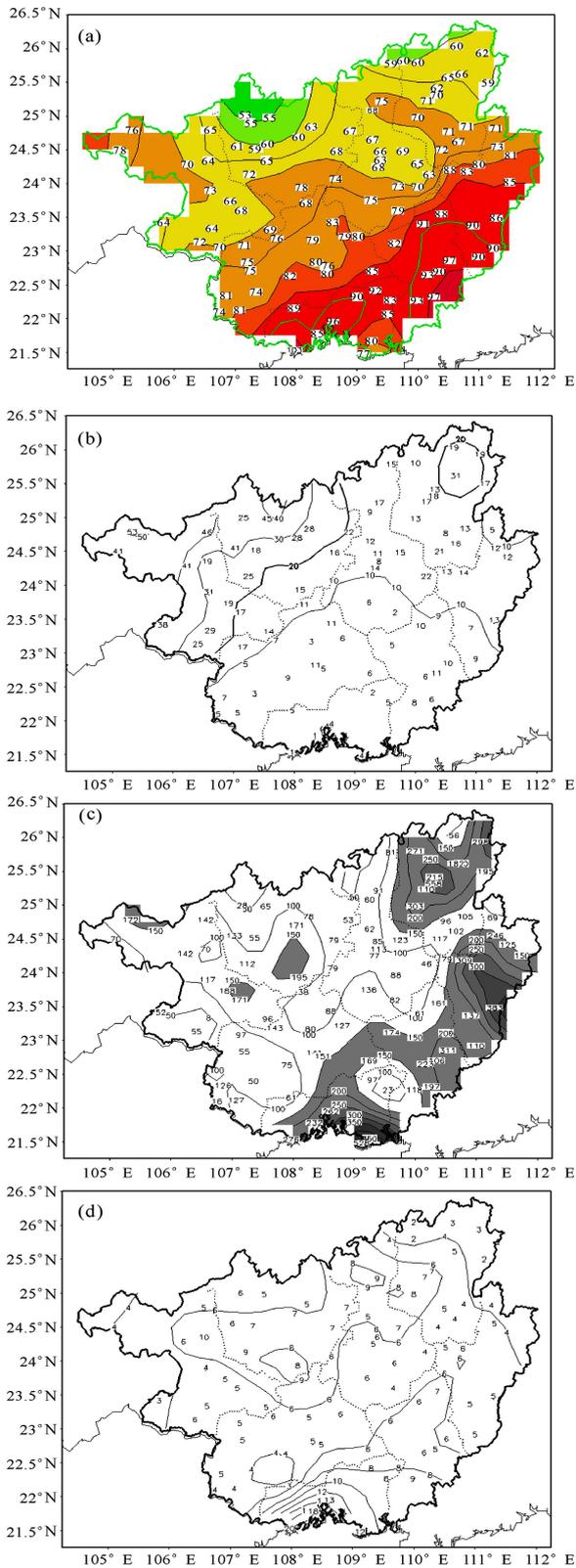


图1 广西年雷暴日数(a)、总降雹次数(b)、总大风日数(c)和年强降水次数(d)地理分布

Fig. 1 Spatial distribution of mean annual thunderstorm days(a) and total number of hail(b) and total strong Wind days (c) and number of mean annual heavyrain in Guangxi

2.1.2 月分布特征

根据广西 89 个气象站的历年逐日资料统计,绘制了历年月平均雷暴站数、降雹总站数、大风总站数及强降水总站数的月分布曲线(图 2a),可见广西的雷暴、降雹和强降水的月分布均具有“单峰型”的特征;从 1 月上升到一定高峰后下降;雷暴主要出现在主汛期(4~9 月),高峰期出现在 7~8 月份,月平均达 1175 站次;冰雹从 2 月份开始明显增多,4 月最活跃,月平均达 8 站数,5 月份明显减少,6 月份后就极少出现冰雹天气;进入汛期后,1h 降水量 $\geq 25\text{mm}$ 的强降雨天气逐月明显增多,6 月达到高峰,月平均达 148 个站数;7~8 月缓慢减少,10 月份后很少出现强降雨天气。而广西的大风月分布具有“双峰型”的特征:从 1 月上升至 4 月达到高峰后略有下降,又上升至 7 月份达到另一高峰,之后逐步下降;其中,4、7 月的大风总站数分别达到 1678、2449 次。

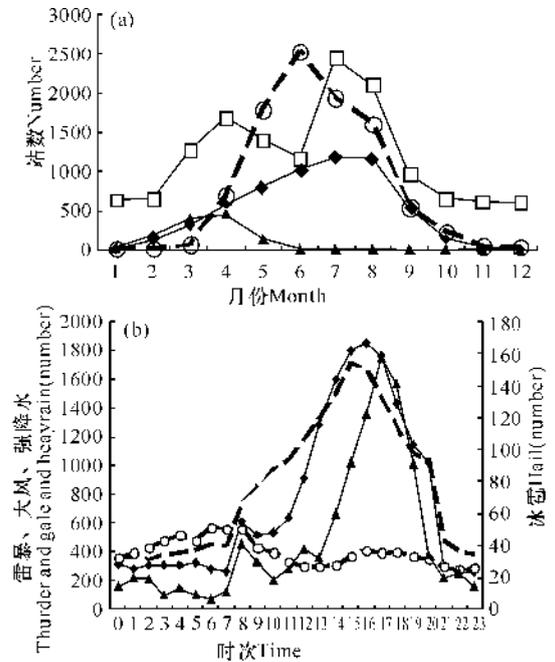


图2 广西强天气月分布(a)和日变化(b)曲线图
 Fig. 2 Curves for monthly distribution(a) and diurnal variation(b) of severe weather occurring in Guangxi
 (a) —◆—:月平均雷暴站数 Monthly mean thunder,
 —□—:月大风总站数 Monthly amount gale,
 —▲—:月冰雹总站数 Monthly amount hail,
 —○—:月强降水总站数 Monthly amount heavy rain.
 (b) —◆—:雷暴 Thunder, —■—:大风 Gale,
 —○—:强降水 Heavy rain, —▲—:冰雹 Hail.

2.1.3 日变化特征

根据广西各站历年逐日各时段资料统计分析,发现各类强天气活动的日变化比较明显。从图 2b 可看出,强降水主要出现在夜间至次日 8:00,特别是 1h 降水量 $\geq 50\text{mm}$ 的强降水在 3:00~8:00,7:00~8:00 为最频发时段;另外,15:00~20:00 也是

强降水较频发的时段,其它时段强降水的次数较少。大风、雷暴和冰雹天气则主要出现在午后至傍晚,都占总次数的70%以上,高峰时段则分别出现在15:00、16:00、17:00时。另外,8:00是另一个多雷暴、降雹时段。

2.2 强天气的天气形势分型

强天气是在一定大尺度环流背景下,由各种中小尺度天气系统相互作用产生的,天气形势分析是强天气预报的基础^[1,12]。根据广西产生强天气的天气尺度系统,大致可分为以下4类。

2.2.1 锋面低槽型

这一类天气型主要出现在春季和初夏,是西风槽最活跃的季节,来自孟加拉湾和南海的暖湿气流和西风带南下的冷空气在华南、江南地区交汇,广西常受锋面、低槽、切变线等系统的影响,而西南低空急流则输送了大量的水汽和热量;强天气是在冷暖平流不稳定条件下,由冷空气南下或静止锋上有波动时发生的,往往带来大范围雷暴大风和局地冰雹。

2.2.2 低涡型

该型的主要影响系统是产生在西南地区(25°~35°N、100°~110°E)的西南涡,为700hPa或850hPa上至少有一条闭合等高线的气旋性环流^[1]。西南低涡向东南方向移动过程中其右前方,最大比湿中心之北侧,最大风速轴的左侧往往出现强降雨及大风天气。有时候500hPa四川盆地上空有 ≤ 584 dagpm的低涡中心东移,与南支槽叠加,也会引起桂北雷暴天气。

2.2.3 副高边缘型

到了夏季,江南地区和东海受西太平洋副热带高压(以下简称副高)控制,广西常处于副高的边缘,当副高的西北部边缘有西风带低槽东移时,由于下垫面温度高,具备了更有利的热力和能量条件,广西易出现强雷电、雷雨大风等强对流天气。当副高加强西伸时,西南气流由于受副高的阻挡而发生气旋性转向并与副高西南侧的东南气流叠加而形成东南风急流,使桂东特别是沿海地区出现较强的辐合上升运动,加上午后热对流的作用,容易造成强降雨或雷暴大风天气。

2.2.4 热带低值系统型

在后汛期,当副高脊线北抬到32°N以北,广西处在偏东气流中,常受热带低值系统的影响,云图上有热带云团活动。热带低值系统包括:热带气旋、热带低压、赤道辐合带、东风扰动等。当热带气旋(低

压)经过或热带东风波及低压倒槽系统与西风带低值系统相遇(靠近)时,中低纬度系统相互作用,会造成大范围强降雨和强对流天气。另外,热带气旋外围常形成飏线,造成雷暴、大风天气。

2.3 特征物理量诊断分析

由以上分析可知,广西的冰雹、大风等强天气具有明显的地域特征分布,与不同季节的大气环流演变相对应,而不同尺度天气系统相互作用产生的强降雨差异非常大,因此,环境条件的诊断对于强天气预报十分重要^[12]。由表1可看出,2~5月冰雹发生前,一般都具有极其不稳定的温度层结和不稳定能量的积累,其中桂西平均的CAPE值为950.3 J·kg⁻¹、LI为-2.7K、W_CAPE为39.2m·s⁻¹,明显比桂东的偏高和偏强;桂西K指数和TT值也比桂东的大。另外,这一时期桂西北也经常出现雷雨大风,其平均的CAPE、LI、W_CAPE和K指数等探空物理量值与冰雹的统计值大体相当。这是由于在这一时期桂西经常受地面西南暖低压发展影响,下垫面气温明显比桂东偏高,获得更多的不稳定能量积累,遇空气入侵触发释放形成对流,易产生冰雹、雷雨大风等强对流天气。盛夏是广西东部、南部雷雨大风的频发期,其平均的CAPE达1600.5 J·kg⁻¹、SI为-1.4K、LI为-3.8K。

4~9月,当冷空气南下时易造成锋面强降雨,过程前其平均的K指数、LI、CAPE分别达到了38K、-4.2K和1800.0 J·kg⁻¹、IQ为5700 g·cm⁻²、ZH达5000m。而当中低层有低涡系统南移影响时,K指数达39K,CAPE值达到2100 J·kg⁻¹、IQ为6100 g·cm⁻²、W_CAPE为66.3m·s⁻¹,比锋面强降雨过程的值要高一些,因此相比较而言,低涡影响时广西可能伴有更强的对流不稳定能量重建和释放过程,往往比有锋面影响时更容易诱发大范围的强降雨天气,造成洪涝及山体滑坡等次生灾害。而在后汛期,广西主要受台风等热带系统影响,过程前平均CAPE值达到1900 J·kg⁻¹、IQ为5650 g·cm⁻²,与锋面系统影响时大体相当,但ZH较高达到5200m,K指数较小为36.5K。另外,从TT等其它物理特征量的统计结果来看,差别不是很大。

由此可见,当有锋面、低涡和台风等天气系统影响时,广西的中尺度对流环境条件略有不同,但都有可能造成大范围雷雨大风、短时强降雨等强天气的发生,要注意做好跟踪监测^[13,14],加强中尺度环境条件综合图分析,才能提高强天气的预报预警能力。

表1 2000~2012年典型强天气过程发生前1时次探空特征物理量统计

Table 1 Statistics of sounding physical parameters before onset time of typical severe weather events during 2000~2012

| 强天气类型 Type of severe weather | 月份 Month | 物理量 Physical parameters | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------------|-------------------------|------|------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------|------|
| | | K/K | SI/K | LI/K | CAPE (J·kg ⁻¹) | CIN (J·kg ⁻¹) | IQ (g·cm ⁻²) | W_CAPE (m·s ⁻¹) | ZH/m | TT/K |
| 桂西冰雹 Hail in west | 2~5 | 35.3 | -2.1 | -2.7 | 950.5 | 231.6 | 4200 | 39.2 | 4650 | 48 |
| 桂东冰雹 Hail in east | 2~5 | 32.5 | -0.5 | 4.2 | 500.6 | 155.5 | 3800 | 10.9 | 4200 | 45 |
| 桂西北大风 Gale in northwest | 2~5 | 34.5 | -1.6 | -2.7 | 783.4 | 200.8 | 3900 | 37.9 | 4200 | 48 |
| 桂东南大风 Gale in southeast | 6~9 | 36.5 | -1.4 | -3.8 | 1600.5 | 150.3 | 5100 | 56.6 | 4900 | 45 |
| 锋面强降水 Frontal heavyrain | 4~9 | 38.0 | -1.3 | -4.2 | 1800.0 | 144.0 | 5700 | 60.5 | 5000 | 45 |
| 低涡强降水 Vortex heavyrain | 6~9 | 39.0 | -1.6 | -4.7 | 2100.0 | 117.0 | 6100 | 66.3 | 5010 | 45 |
| 台风强降水 Typhoon heavyrain | 7~10 | 36.5 | -1.0 | -4.4 | 1900.0 | 192.0 | 5650 | 62.3 | 5200 | 45 |

注:K:K指数;SI:沙氏指数;LI:抬升指数;CAPE:对流有效位能;CIN:对流抑制能量;IQ:整层水汽积分;W_CAPE:最大上升速度;ZH:0℃层位势高度;TT:总能量指数。

Note:K:K-index;SI:Showater Index;LI:Lifted Index;CAPE:Convective Available Potential Energy;CIN:Convective Inhibition Energy;IQ:Integrated Water Vapor;W_CAPE:Maximal Vertical Velocity;ZH:0℃ Layer Height;TT:All Energy Index.

3 结论

(1)广西强天气有明显的地域分布特征,主要表现为:雷暴南部多,北部少,其中桂东南和沿海地区是雷暴的高发区;广西冰雹主要出现在北部,其中桂西北局部年平均降雹可超过1次,而桂南降雹平均10年才1次;广西东部和沿海地区为大风频发区,中心在桂林、梧州、北海等市;历年龙卷风天气发生次数不多,且集中在涠州岛及沿海地区;强降水呈南北两个高频区。

(2)广西的雷暴、降雹和强降水的月变化都具有“单峰型”特征:雷暴高峰期出现在7~8月份;冰雹2月份开始明显增多,4月最活跃;短时强降水6月达到高峰,7~8月缓慢减少。而广西的大风月分布具有“双峰型”的特征:从1月上升至4月达到高峰后略有下降,又上升至7月份达到另一高峰,之后逐步下降。

(3)广西强天气活动的日变化比较明显:强降水主要出现在夜间至次日8:00。大风、雷暴和冰雹天气则主要出现在午后至傍晚,高峰时段则分别出现在15:00、16:00、17:00时。

(4)广西强天气的天气形势大致可分为锋面低槽、低涡、副高边缘和热带低值系统等4型,不同天气形势下强天气的种类和强度都有所不同;其中大范围强降水主要受锋面、低涡和台风等天气系统影响。

(5)通过探空特征物理量分析表明,广西在不同

地域的温度层结和不稳定能量积累有较大差异;2~5月,桂西的对流有效位能和抬升条件比桂东更有利于冰雹、雷雨大风等天气的产生,盛夏则是广西东部、南部雷雨大风的频发期。

参考文献:

- [1] 蒙远文,蒋伯仁,韦相轩,等.广西天气及其预报[M].北京:气象出版社,1989.
Meng Y W, Jiang B R, Wei X X, et al. Guangxi weather and forecasting [M]. Beijing: Meteorological Press, 1989.
- [2] 唐利利,何莉,陈家宝,等.南宁市一次严重空气污染期间颗粒污染物特征及气象条件分析[J].广西科学院学报,2012,28(4):302-305.
Tang L L, He L, Chen J B, et al. Analysis on spatial-temporal characteristics of particulate pollutant and meteorological condition during a serious air pollution in Nanning [J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2012, 28(4): 302-305.
- [3] 刘传,韦进进,庞晓明.南宁市灰霾天气预警方案研究[J].广西科学院学报,2013,29(4):235-238.
Liu C, Wei J J, Pang X M. Study on early warning scheme of haze weather in Nanning city [J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2013, 29(4): 235-238.
- [4] 李华玲,周莉,桓桂香.南宁市空气负离子浓度变化初探[J].广西科学院学报,2012,28(4):309-311.
Li H L, Zhou L, Huan G X. Preliminary study on the variation of negative aeroions concentration in Nanning [J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2012, 28

- (4):309-311.
- [5] 覃卫坚,寿绍文,王咏青,等. 广西雷暴分布特征及灾害成因分析[J]. 自然灾害学报,2009,18(2):131-138.
Qin W J, Shou S W, Wang Y Q, et al. Analysis of distribution characteristics and damage causes of thunderstorm in Guangxi[J]. Journal of Natural Disasters, 2009,18(2):131-138.
- [6] 李向红,唐伍斌,李垂军,等. 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,2009,24(2):46-50.
Li X H, Tang W B, Li C J, et al. Analysis on Guangxi convective weather situation and radar early warning [J]. Journal of Catastrophology, 2009,24(2):46-50.
- [7] Charles A. Doswell III. Severe Convective Storms[M]. USA:Published by the American Meteorological Society, 2001,71-90.
- [8] 巩敏莹,靳英燕. 西北区东部一次雷暴天气过程的诊断分析[J]. 高原气象,2009,28(1):203-208.
Gong M Y, Jin Y Y. Diagnosis analysis on a thunderstorm event in the east of northwest China[J]. Plateau Meteorology, 2009,28(1):203-208.
- [9] 廖晓农,俞小鼎,王迎春. 北京地区一次罕见的雷暴大风过程特征分析[J]. 高原气象,2008,27(6):1350-1363.
Liao X N, Yu X D, Wang Y C. Analysis on an exceptionally strong wind gust event in Beijing[J]. Plateau Meteorology, 2008,27(6):1350-1363.
- [10] 唐小新,廖玉芳. 湖南省永州市 2006 年 4 月 10 日龙卷分析[J]. 气象,2007,33(8):23-28.
Tang X X, Liao Y F. An analysis of a tornado in Yongzhou Hunan province[J]. Meteorological Monthly, 2007,33(8):23-28.
- [11] 刘健文,郭虎,李耀东,等. 天气分析预报物理量计算基础[M]. 北京:气象出版社,2005:15-217.
Liu J W, Guo H, Li Y D, et al. Weather forecasting on physical quantity calculation basis[M]. Beijing: Meteorological Press, 2005:15-217.
- [12] 章国材. 强对流天气分析与预报[M]. 北京:气象出版社,2011:58-195.
Zhang G C. Strong convective weather analysis and forecasting[M]. Beijing: Meteorological Press, 2011:58-195.
- [13] 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):756-760.
Chen M X, Yu X D, Tan X G, et al. A brief review on the development of nowcasting for convective storms [J]. Journal of Applied Meteorological Science, 2004,15(6):756-760.
- [14] 王改利,刘黎平. 多普勒雷达资料在暴雨临近预报中的应用[J]. 气象,2005,31(10):12-16.
Wang G L, Liu L P. Application of doppler radar observation to rainfall nowcasting [J]. Meteorological Monthly, 2005,31(10):12-16.

(责任编辑:竺利波)