

局地强风暴云团与中尺度锋面波动*

李献洲

(广州中心气象台, 510080)

提 要

本文分析了1982—1988年2—5月份的41例与中尺度锋面波动相关联的局地强风暴云团的活动和演变特征, 给出了其强盛期天气系统配置模式及其在天气尺度云系演变中的表现型式, 最后对其移动做了一般性讨论。

关键词: 强风暴云团; 云系; 锋面波动。

一、前 言

本文把产生冰雹、龙卷和八级以上雷雨大风的天气现象称做局地强风暴, 产生局地强风暴的强对流云团称做局地强风暴云团。普查云图资料发现: (1) 局地强风暴是中尺度强对流云体(包括强对流块体、条体和云团)产生的, 这与近些年来我国有关卫星云图的分析研究结果相一致^[1,2,3]; (2) 广东前汛期局地强风暴云团多数产生在西风槽尾部的地面锋中尺度波动上, 它的相继产生往往造成较大范围灾害天气。为探讨用云图资料做局地强风暴预报的思路和方法, 作者拟先分析这一类型局地强风暴云团。

本文是在过去工作的基础上^[4], 利用卫星云图、天气图和探空等气象资料, 普查分析了1982—1988年2—5月份41个锋面上的局地强风暴云团, 归纳出其活动和演变特征、强盛期天气系统配置模式及其在天气尺度云系演变中的表现等, 试图从中探讨其预报思路和方法。

二、局地强风暴云团活动的基本特征

1. 基本云型特征

根据普查分析结果, 广东局地强风暴云团多满足以下主要特征: 1) 外部形态常呈三角形, 有强而光滑的上风端和卷云伸展明显的下风端; 2) 生命史 ≥ 4 h, 移速 ≥ 40 km/h; 3) -46.7°C 的冷云区面积 $\geq 15 \times 10^3$ km², 其最冷云顶温度和冷云区面积随月份而降低和增大。它与以强降水为主的暴雨云团的主要区别是: 非准圆形, 移速快, 卷云伸展明显, 其西南部强冷云区前沿与地面飑锋相对应。但有时二者也相互转换: 当局地强风暴云团向准圆形转变, 其强中心向圆形中心收缩和移速减慢时则变为暴雨云

1991年11月5日收到, 1992年6月8日收到再改稿。

* 国家气象局“七五”攻关珠江片课题项目——“用云图资料做局地强风暴预报”的一部分。

团;当暴雨云团拉长,其强中心前移和移速加快时则变为局地强风暴云团(多见于5月份,其实例图略)。

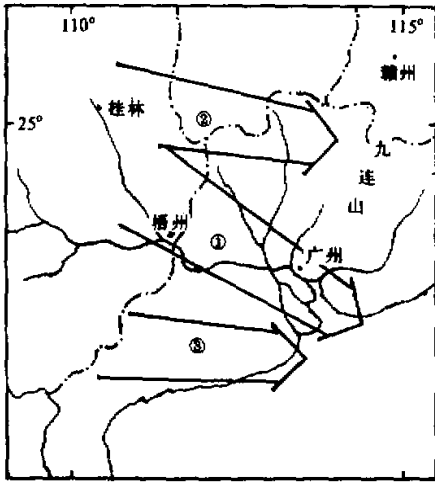


图1 局地强风暴云团移动路径示意图

双箭头——移动路径,点划线——省界

2. 生成源地和路径

广东珠江流域局地强风暴云团的地理分布呈西多东少形势。主要源地有两个:以桂林为中心的桂东北山区和河谷地带;粤西南桂粤交界处的山区和丘陵地带。其移动路径大致有三条(如图1所示):1)从桂林附近向东南移动,危害于珠江三角洲地区后减弱东移或出海,这类路径约占65%;2)从桂林附近向东或东南东移动,危害于粤北,一般过九连山后减弱,这类路径约占15%;3)从粤西南的桂粤交界处向东或东南东移动,危害于粤西南后出海或过珠江口后减弱,这类路径约占20%。

3. 生命史和生成时段

生命史 ≥ 4 小时,平均6小时,最长达11小时。生成时段:如果以过程的第一个局地强风暴云团统计,约70%生成于00—11时(北京时,以下同),30%生成于14—22时。

4. 天气现象

以飚线天气为主,常在产生八级以上雷雨大风时伴有冰雹,个别伴有龙卷;雨强虽然很大,但总雨量一般不大,多数为中到大雨量级,个别达暴雨量级。

三、局地强风暴云团的发展阶段 及其强盛期天气系统配置模式

1. 发展阶段

图2是局地强风暴云团发展演变过程示意图。大致可分为酝酿形成、强盛和消亡三个阶段。强盛阶段符合局地强风暴云团的基本云型特征,而其他两阶段不符合。

(1) 酝酿形成阶段(图2a)

有三种酝酿生成方式:1)如图2a₁所示,西南-东北向排列的对流块体,在转向东南移动的过程中发展合并成新云团,其前面的对流体减弱东北移去;这样的更替过程往往要反复2—3次才能形成局地强风暴云团;2)如图2a₂所示,不同走向排列的对流块

体相交汇，迅猛发展合并成局地强风暴云团；3)如图2a₃所示，向东北伸展的西南气流低云系与对流云团西南尾端的低云边界或低云线相交汇而发展成局地强风暴云团。在这三种生成方式中，以第1和第3种出现机会最多，第2种发展最迅速，而第3种是云团更替和相继产生的主要方式。

(2) 强盛阶段(图2b)

本阶段符合局地强风暴云团的基本云型特征，是产生灾害天气的主要阶段；其西南前沿的强温度梯度区与雷达上的雷暴回波带和地面飑锋相对应。由于近地面层各组成系统的强度和云团本身发展时段的不同，呈现出b₁、b₂和b₃三种云型。在这三种云型中，b₂和b₃的灾害天气最剧烈，它们往往是b₁发展的结果；但在某一具体的发展演变过程中，b₁并不都能发展成b₂或b₃，有的只出现b₂或b₃云型。这三种云型在图4—6中都可以找到相应实例。

(3) 消亡阶段(图2c)

当强风暴云团发展到不符合其基本云型特征时则进入消亡阶段。虽然图2c₁仍较强大，但已转变成暴雨云团。一般情况下，消亡阶段强对流云区减弱分裂，并趋于向边缘破碎的团块状转变(见图2c₂)。

2. 强盛期天气系统配置

图3是局地强风暴云团强盛期天气系统配置图。从图中可以看出：1)局地强风暴云团产生在南伸地面高压脊与地面倒槽交汇处的锋区上，其强盛期产生中尺度锋面波动(≤ 300 km)，并伴有中尺度的3小时变压偶出现(其中心变压差 > 4 hPa)；波动的冷锋段(即飑锋)处于正变压中心前的变压梯度最大处(即强风暴云团前沿)，其相对静止锋段处于负变压中心东北侧的云团下风端(见图3a)；2)此处位于850hPa锋区切变低涡东南侧的暖湿舌和西南急流之中或其北侧，对应着中低层不稳定梯度最大区和中高层槽前急流或其南侧(见图3b和3c)。

从上述天气系统的配置看，局地强风暴云团形成发展的过程可能是：中纬冷槽与南支槽配合东移，在与其相应的地面锋和倒槽的交汇区产生中尺度锋面波动；诊断结果表明，在此波动的启动下，由上述天气系统配置而造成的环境条件满足 $\Delta T_{850}^{500} \geq 23^\circ\text{C}$ 、 $\Delta \theta_{850}^{500} \geq 6^\circ\text{C}$ 时，局地强风暴云团形成发展，当锋面波动减弱和环境条件不满足时则消亡。在图2b中，b₁和b₂强而光滑的上风端，是3小时变压梯度最大和地面辐合最强处；其弧状前沿是飑锋后中冷高压和雷暴高压增强的表现，b₃南侧的东南—西北向排列的对流块体，是中尺度锋面波动的暖区发展和东南气流辐合增强的云图特征。

统计表明，广东前汛期约有70%的局地强风暴云团产生在锋面附近，然而并不是

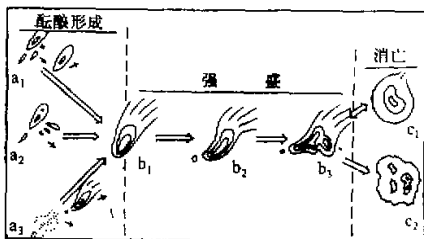


图2 局地强风暴云团各阶段云型特征示意图

毛状区为卷云区，点阴区为低云区，

单箭矢：对流体移向，双箭矢：对流体发展趋向，

细实线：云顶温度为 -32.7° ， -46.7° ， -60.6°C 的等值线

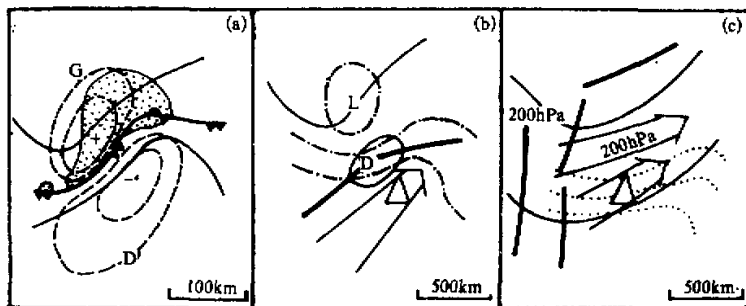


图3 局地强风暴云团强盛期天气系统配置模式

阴影区：局地强风暴云团云区， Δ ：局地强风暴云团产生区，双箭矢：急流，粗实线：切变线和槽线，细实线：等高线和等压线，断线：3小时变压线，点划线：等温线，点线： $\Delta\theta_{500}$ 等值线。(a) 中尺度地面，(b) 850 hPa，(c) 500 hPa

所有锋面都能产生；即使是能产生的锋面，也不是在整条锋面上都能产生，而往往是产生在由于高低层和中低纬天气系统配置而产生的中尺度锋面波动上，属于某一时段的某一中尺度的锋段。中尺度锋面波动是产生广东局地强风暴云团的重要中尺度系统之一。

四、局地强风暴云团在天气尺度 云系演变中的云型分类

普查统计发现，局地强风暴云团常常处于西风槽云系尾部，构成该云系新陈代谢的关键部分；同时，它的生消演变又影响着该云系的形态和生命史。这说明两者的密切关系。因此，跟踪分析局地强风暴云团的重要途径是跟踪分析与之相关联的天气尺度云系。现将有关天气尺度云系的演变型式分类如下：

1. 聚合型

槽前西南气流云系在向东北伸展移动时，随着西北方低槽云系的逼近，云系聚拢合并并转向东南移动，产生局地强风暴云团，这种过程称做聚合型。其典型的天气背景是：中纬冷槽在与南支槽配合东移过程中超前东南压。由于南支槽的影响，华南地面倒槽发展东北伸，西南气流云系活跃；由于中纬冷槽及其相应的冷空气东南压，使西南气流云系发展合并并转向东南移，局地强风暴云团就产生在地面锋进入倒槽时产生的中尺度锋面波动上。这类过程有9例，包括16个局地强风暴云团，图4（见图版1）是其中之一例。从图4中可以看出以下两点：

(1) 局地强风暴云团始终在天气尺度云系尾端生消演变和更替。在图4a中，东南沿海的短波槽云系即将出海减弱，在 33°N 和 102°E 东南是另一结构松散宽广的西风槽云系。该云系的北界和西界与高空切变线和槽线相对应，其南边界处的A、B云块处于南

伸地面高压脊和倒槽间的锋区附近。此后 A 云块减弱东北移, B 云块吞并附近小块体后发展并转向东南移动, 在图 4b 中形成局地强风暴云团 B。到图 4e 时, 由于冷空气东路南下而使东南气流增强, 这时 C 云团生成并取代了 B 云团, 到图 4f 时它消亡于台湾省。B 云团的发展型式是由图 2a₁ 到图 2b₁ 和 2b₂ 的型式; C 云团是由图 2a₂ 到图 2b₃ 的型式。

(2) 天气尺度云系由弱而松散聚合发展成强而集中的过程, 是其他云系减弱和局地强风暴云团形成发展及其新陈代谢的过程 (即老云团减弱并沿高空风东北移, 而新云团持续生成于其西南上风端, 这种过程的继续就组合成强而集中的西风槽云系)。这说明局地强风暴云团的作用。

2. 交叉型

这一类型的云系演变特征是交叉, 即前一出海云系尾留一锋面云带在广东, 此后上游又移来一短波槽云系与之相交叉, 在交叉点附近形成局地强风暴云团。其典型天气背景是: 短波槽叠置在地面锋上时在其叠置处产生中尺度锋面波动。本类过程有 10 例, 包括 13 个局地强风暴云团, 图 5 (见图版 I) 是其中之一例。从图 5 可以看出: (1) A 云团在两云系的交叉处以图 2a₁ 的生成方式生成, 其强盛期呈现出图 2b₁ 和 2b₂ 的云型; 图 5e 以后, B 云团以图 2a₂ 的生成方式取代了 A 云团而呈现出图 2b₂ 的云型; (2) 短波槽云系形态和强度的变化, 是 A、B 云团在其尾部活动和更替的结果。

3. 人字型

边界层入海高压后部形成的东南风急流或其与倒槽东南侧的西南风交汇而产生的暖切变, 当它们处于高空槽前时往往产生东南-西北向排列的中尺度对流体; 如果这些对流体与西北方移来的低槽锋面云系相交汇, 在其交汇处易产生局地强风暴云团, 这类过程称做人字型过程。该类型的一般天气形势是: 地面高压脊出海造成回流, 地面倒槽发展东北伸, 此后锋面又从西北方移来, 从而在其交汇处形成中尺度锋面波动。本类型有 6 例, 包括 12 个局地强风暴云团, 图 6 (见图版 II) 是其中之一例。从图 6 可以看出: 西风槽云系聚合增强的过程是由中纬冷槽及其相应的冷空气快速南压引起的, 是由 6 个局地强风暴云团 (可粗分为 3 个云团, 因为云团 1—3 和云团 5 间的传播接近于连续传播, 故可以将它们合并成一个云团) 的相继发展和新陈代谢来完成的; 在这 6 个云团的发展过程中, 4 个暖切变云团及许多东南-西北向排列的对流体起了推动的作用。与图中几种走向对流体相应的边界层的偏北、西南和东南三股气流相交汇, 促进了中尺度锋面波动的发展和更新。另外, 6 个局地强风暴云团主要是以图 2a₂ 和 2a₃ 的方式生成, 其强盛期所呈现的云型, 包括了图 2b 中的三种云型。

五、局地强风暴云团的移动

局地强风暴云团的移动情况相当复杂, 它既受引导气流影响, 又受锋面波动和雷暴高压等因素的制约。其移动可分为平移 (包括连续传播) 和跳跃 (不连续传播) 两种情况。在平移的情况下, 根据其强盛期的稳定性, 参照其可能移向上的温压场、辐合场、

稳定性和地形等因素,用平移外推法可做短时预报。如果参照局地强风暴云团的基本活动特征、天气系统配置模式及其在天气尺度云系演变中的型式等,还可以在跟踪天气尺度云系的基础上来做短期展望预报。另外,在跟踪局地强风暴云团时要注意:(1)分析在其上风侧有无符合图 2a 的条件,在其移向上有无东南-西北向排列的对流体将与之相交汇等能引起云团更替和跳跃的重要关键条件;(2)分析局地强风暴云团有无向暴雨云团转变的征兆和已有的暴雨云团有无向局地强风暴云团转变的征兆等。这些条件与征兆将是能直接反映强天气性质变化的重要趋势。

六、小 结

(1) 局地强风暴云团多处于西风槽云系尾部的中尺度锋面波动上,它在桂粤交界处酝酿生成后东移发展,在广东珠江流域造成飑线天气。它与暴雨云团的主要区别是:非准圆形,强中心处于西南端,移速快,卷云伸展明显。

(2) 局地强风暴云团生命史分为酝酿形成、强盛和消亡三个阶段,灾害天气主要产生在强盛阶段。其形成发展的过程可能是:中纬冷槽与南支槽配合东移,在与其相应的南伸地面高压脊和倒槽间的锋区上产生中尺度锋面波动;在此波动的启动下,在由各层天气系统配置造成的有利环境中,局地强风暴云团形成发展。

(3) 相应天气尺度云系的演变型式归纳为三种:聚合型、交叉型和人字型。当西风槽云系移来时,根据云系演变型式及其天气系统配置等,可做短期展望预报。利用局地强风暴云团强盛阶段的稳定性平移外推,可做短时预报。

致 谢:王静渊、余勇和刘运策同志给予本文以指导和帮助,特此致谢。

参 考 文 献

- [1] 陶诗言、方宗义、李玉兰, 1983, 四年来我国气象卫星资料应用研究, 气象学报, 41, 3, 263—274。
- [2] 肖稳安, 1982, 用地球静止卫星分析我国几类强风暴天气, 大气科学, 5, 4, 389—406。
- [3] 蔡则怡、李鸿洲、李焕安, 1988, 华北飑线系统的结构与演变特征, 大气科学, 12, 2, 191—199。
- [4] 李献洲, 1987, 广东前汛期飑线天气过程的云型及其演变, 气象, 13, 5, 9—13。

Severe Local Storm Clusters Associated with Meso-Scale Frontal Waves

Li Xianzhou

(Guangzhou Central Meteorological Observatory, Guangzhou 510080)

Abstract

In this paper, based on the analyses of 41 severe local storm clusters which were associated with meso-scale frontal waves between February and May from 1982 to 1988, their behavior and evolution characteristics, the weather system model during clusters' strong stage and the evolution patterns of corresponding synoptic-scale cloud systems are given; finally, cluster movements are discussed.

Key words: severe local storm cluster; cloud system; frontal wave.

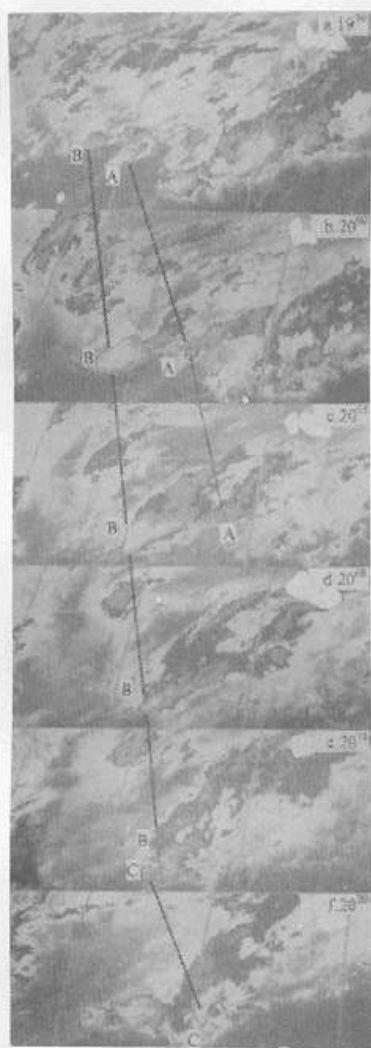


图4 1986-04-19-20—1986-04-20-20
云系演变过程
细实线为强风暴云团连线

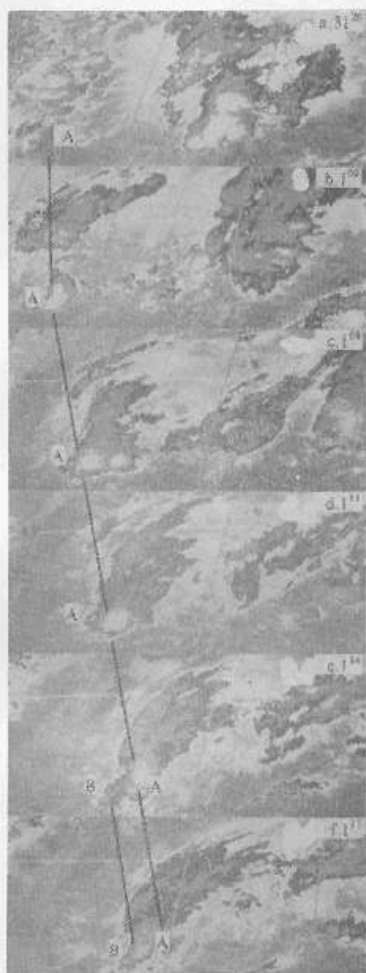


图5 1984-03-31-20—1984-04-01-17
云系演变过程
细实线为强风暴云团连线

514

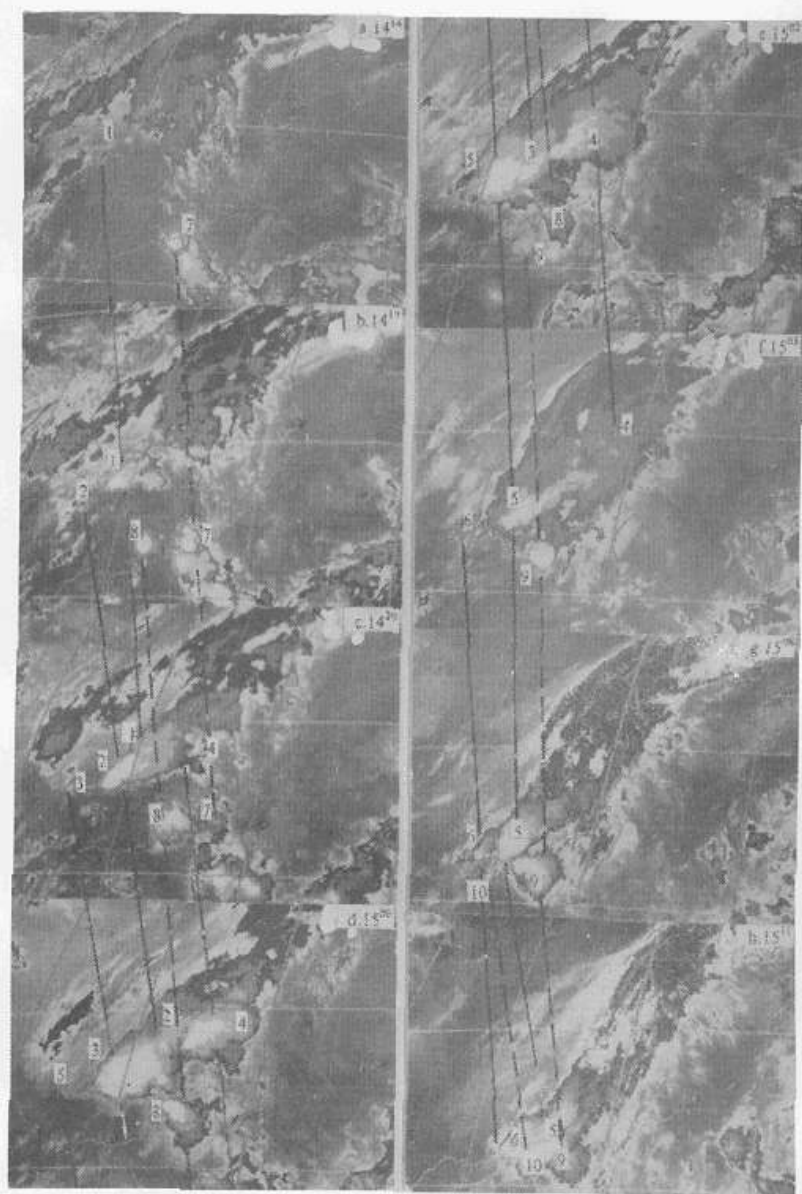


图6 1983-05-14-14~1983-05-15-11 云系演变过程
即实线为锋面上的局地强风暴云团连线，断线为暖区强对流云团连线