

福建地区春季暖区中的雷暴活动和辐合带的关系*

王德铨**

提 要

本文指出,我国东南沿海春季偏南气流中850毫巴辐合带的存在,对福建春季暖区中西南(西)一东北(东)向活动的雷暴有密切的关系,是这些雷暴发生、发展的动力条件之一。文中并对850毫巴辐合带进行了分类,统计了它们的移动速度。

一、引 言

我国春季暖区偏南气流中辐合带的存在,及其与雷暴和暴雨天气之间的关系,早已引起科学研究工作者和广大预报工作者们的注意。有人还进一步指出过辐合带可以作为某些暖区雷暴的触发机制。然而根据实际资料来说明辐合带的存在,阐述它们的基本性质以及和雷暴活动的关系,过去还研究得不够。深入研究这些问题,可以加深理解暖区中某些天气系统的规律性,及某些暖区雷暴发展的动力条件。在本文中,我们将应用实际资料对福建春季暖区中辐合带的活动和雷暴发生、发展间的关系作一初步分析。

二、850毫巴散度的计算及结果的分析

在等压面上的“水平”散度为:

$$D = \frac{\partial u}{\partial x_p} + \frac{\partial v}{\partial y_p}.$$

我们应用850毫巴的等压面图,用有限差分法,按上式计算了散度值。差分步长取220公里。所计算的范围为 $110^{\circ}\text{E}-125^{\circ}\text{E}$, $20^{\circ}\text{N}-35^{\circ}\text{N}$ 。

根据上述方法计算了15个过程,得到了散度分布图。这些图表明辐合区和辐散区是相间存在的,除了对应于切变线的辐合区外,还可以确定出明显而狭长的辐合带,这些计算所得的辐合区分布和高空图上定性分析所得的结果基本一致。

三、偏南气流中辐合带及其传播

福建春季暖区15次西南(西)一东北(东)雷暴活动的分析¹⁾(其中有2次自西南一东北发展到福州南面,福州无雷暴活动)表明,每次此类雷暴活动均和偏南气流中辐合带的移动有关(其中有1次是由于切变线北顶引起)。这种辐合带多在这样的天气形势下发生的:当春季一次较强的冷空气南下后,锋面及850毫巴切变线过福建地区后逐渐趋于消

* 本文于1965年2月12日收到。

** 本文是在章震越同志指导下完成的。

1) 1957—1960年3—6月福建地区春季暖区共发生了十五次西南(西)一东北(东)向雷暴活动,因有一次雷暴活动未搜集到高空资料,故未能进行计算,只计算了十四次过程。

失。此时,河套地区常为一温度脊所控制,残留的温度槽位于 115°E 以东,其后并无新的冷空气补充。冷高压主体入海变性,逐渐与副热带高压合并加强。于是,暖空气又开始活跃起来,逐渐从南宁的西南方开始建立西南气流,印度和缅甸低槽或西南低槽获得发展,偏南气流逐渐控制我国华南、华东广大地区。在这种西南气流的建立与发展过程中,出现某种形式的辐合带,随着西南气流的扩展,太平洋高压的东撤、北顶而逐渐向东北(东)方向移动发展。这就是偏南气流中辐合带的东北(东)传。随着系统的东北(东)传,河套以西地区又酝酿着一次新的冷空气南移,在 850 毫巴上的表现就有一切变线在河套以南地区静止少动或缓慢南下。当冷空气开始南下后,强烈的冷空气活动结束了暖区偏南气流中的天气系统在福建地区的活动。

偏南气流中辐合带的流场结构具有一定的形式。根据计算 15 次过程所得到的 49 条辐合带附近的风场分析,可将辐合带分成以下五种类型:

1. SW—NW 气流辐合带 (D_{NW} 型辐合带): 大多出现在小股冷空气活动之后,在主要冷空气南下之前,如果有小股冷空气活动,范围不大的西北气流便和它西南方的西南气流之间形成了辐合带(图 1)。

2. SW—SE 气流辐合带 (D_{SE} 型辐合带): 大多出现在小股冷空气活动过程的结尾,转成暖锋式切变(图 2)。

3. 单纯 SW 气流风速辐合带 (D_{SW} 型辐合带): 它具有较强的风速辐合(图 3)。

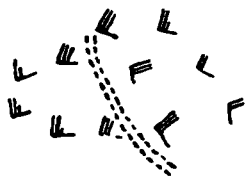


图 1 D_{NW} 型辐合带
(1957 年 5 月 11 日 20 时)



图 2 D_{SE} 型辐合带
(1957 年 5 月 12 日 20 时)



图 3 D_{SW} 型辐合带
(1958 年 6 月 25 日 20 时)

4. 带有反气旋性曲率的辐合带 (D_A 型辐合带): 此种辐合带的后部可以是 SW 气流,也可以是 SSW 气流,只要保证与其前部的气流形成辐合,而且带有反气旋性曲率。大多出现在冷高压缓慢东撤的时候(图 4)。

5. 带有气旋性曲率的辐合带 (D_C 型辐合带): 此类辐合带后部可以是 SW 气流,也可以是 WSW 或 W 风,与前部的气流形成辐合,带有气旋性曲率(图 5)。



图 4 D_A 型辐合带
(1960 年 4 月 12 日 08 时)



图 5 D_C 型辐合带
(1958 年 4 月 4 日 08 时)

表 1 各型辐合带出现次数统计

| 辐合带类型 | D_{NW} | D_{SE} | D_{SW} | D_A | D_C | 合计 |
|-------|----------|----------|----------|-------|-------|----|
| 出现次数 | 9 | 8 | 19 | 5 | 8 | 49 |

由表 1 可见, 出现次数最多的是 D_{sw} 型辐合带, 8 次 D_{se} 型辐合带有 5 次都转成了暖锋式切变。

统计表明, 辐合带一般开始于广州与南宁之间, 有规律地随着西南气流的扩展, 多半自西南往东北方向传播 (占 11 次), 但也有部分 (3 次) 是自西向东传播的。就移动速度而言, 快慢不一, 慢的在 150 公里/12 小时以下, 快的在 600 公里/12 小时以上 (1 次)。现将 35 条辐合带间的传播速度的出现频率分级列表如下:

表 2

| 次 数 类 型 | 速度 公里/12 小时 | | | | | | 合 计 |
|------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|------|-----|
| | 100—199 | 200—299 | 300—399 | 400—499 | 500—599 | >600 | |
| D_{NW} | 3 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| D_{SE} | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 |
| D_{sw} | 2 | 3 | 3 | 4 | 2 | 0 | 14 |
| D_A | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| D_C | 0 | 1 | 3 | 2 | 0 | 1 | 7 |
| 总 计 | 6 | 9 | 10 | 6 | 3 | 1 | 35 |

由此可见, 辐合带的移动速度有 89% (31/35) 在 500 公里/12 小时以下, 尤以 200—400 公里/12 小时居多, 占总数的 54% (19/35)。也就是说, 辐合带的移动速度和一般西风带中短波槽的移速差不多。其中, D_{NW} 型、 D_A 型辐合带移动较慢, 均在 400 公里/12 小时以下, 尤其在 D_{NW} 型辐合带中有 83% 在 300 公里/12 小时以下。而 D_{sw} 型及 D_C 型辐合带则移动较快, D_C 型辐合带有 86% 在 300 公里/12 小时以上, 最快的竟达 600 公里/12 小时以上。就不同移向的辐合带而言, 东西向传播的辐合带移动缓慢, 一般均在 300 公里/12 小时以下。

根据分析发现, 辐合带后部的温度脊越明显, 暖平流越强, 辐合带前部冷空气势力越弱, 冷高压东撤越快, 则辐合带移动越快; 反之, 移动就缓慢。由此就可以理解各类辐合带移动快慢不一的道理了。在 D_{NW} 型辐合带的前面由于有小股冷空气的活动, 使辐合带移动速度变慢。 D_A 型辐合带由于其前部的副热带高压 (冷高入海合并以后) 东撤、北顶缓慢, 也就是前一次的残余冷空气减弱缓慢, 因而辐合带也就移动缓慢。同样, 对 D_{sw} 型、 D_C 型以及 D_{se} 型辐合带移动较快的道理也可以这样理解。

辐合带的活动与暖空气的活动紧密相关, 也可以从辐合带附近的水平温度场结构来说明。在 14 次辐合带东北 (东) 传过程中, 有 10 次过程的辐合带都处于温度脊前, 略偏于温度槽一方, 即辐合带西南方气温高于东北方, 前后温差为 2—7°C。随着辐合带的东北 (东) 传, 辐合带后面的温度脊也逐渐东移。其余 4 次过程中, 有 3 次开始出现辐合带时仍然明显的处在温度脊前槽后, 但在东北 (东) 传过程中逐渐处在温度槽中, 甚至在温度槽前。另外 1 次 (1960 年 4 月 27 日) 由于辐合带很快就和北方下来的切变线合并了, 上述过程发展不明显。这些事实表明, 一般说来, 辐合带是处在温度脊前、温度槽后, 略偏于温度槽一方。

在上述事实的启发下, 可以对辐合带作如下的理解: 在本节开始所提到的天气形势

下,暖空气开始活跃,西南风逐渐向东北方扩展,在这股暖空气突然推进的时候,与其前部较冷空气相互作用,产生了辐合上升,在它的两旁则可能产生辐散。而辐合带又随着深厚的西南气流逐渐向东北移动,这也就是一次暖浪的天气过程。

从 850 毫巴辐合带与温度场的配置图上,可以看到二条辐合带都出现在温度脊的前面。不仅如此,有时还可以看到在 850 毫巴西南气流中同时出现三条辐合带的情况,这种辐合带先后一次又一次地向东北方向传播,表征了暖空气一次又一次的冲击作用,也就是暖浪一次又一次地往前推进。因此我们试将辐合带看成是暖区中的波动。崔树勋同志认为这是一种重力惯性波,这样,容易得到下列的传播速度公式:

$$C_r = U + \frac{1}{2\pi} \sqrt{f^2 L^2 + g S L_3^2}$$

其中, C_r 为辐合带的传播速度; U 为辐合带附近的平均风速; f 为地转参数; L 为水平波长; L_3 为垂直波长; S 为稳定度指标 $(\gamma_a - \gamma)/\bar{T}$, 其中 \bar{T} 为平均温度; γ_a 为干绝热垂直递减率; γ 为层结垂直递减率。

可见辐合带的传播速度随着平均风速、水平波长及垂直波长的增大而增大,随着层结趋向稳定而增大。从 850 毫巴散度分布图确定这种波动的水平波长在 500—700 公里间,计算得到的传播速度在 20—40 公里/小时。部分过程算得的传播速度与实际情况颇为接近。

四、辐合带传播与雷暴活动

近来,不少国内外文献注意了低空辐合对雷暴发展的重要作用^[1-2]。中低空的辐合不仅在一定的稳定度、湿度条件下,对雷暴的发展起着原始冲击力的作用,而且由它带来的垂直运动是将下层的水汽输送到较高的高空,使积雨云更易获得发展。可以认为,850 毫巴上的辐合带比较能够反映出中低空的上升运动情况。因此,辐合带必然会对雷暴天气的发展起着重要的影响。

从这许多个例的分析中看到,一般在辐合带附近都伴有不稳定天气出现,而且不稳定天气区亦随着辐合带的移动而移动。只要温湿条件有利(辐合带处在暖、湿舌的前方或在湿舌控制下),则辐合带附近都会有不稳定天气出现(或有降水)。在辐散区控制的地区则往往无降水,云层裂开,甚至少云。

在分析中还发现了这样的事实:辐合带在进入福建地区以前,有时有不稳定天气,有时并没有不稳定天气,但当辐合带进入福建地区后,大多发生雷暴。这可能和地形作用有关。辐合带在进入地形复杂的福建地区以后,强烈的地形抬举作用使 850 毫巴以下具有较强的上升运动,使动力条件更为有利。但是,对于尺度并不太小的辐合带而言,地形作用并不能完全解释此种现象。统计了辐合带进入福建,发生雷暴前后辐合带所在之处的散度变化后,发现仅仅 1959 年 6 月 7 日那次过程的散度是增加的,其余均为散度减小或者变化不大。正是这一次过程,辐合带过境时福州并无雷暴活动。可见辐合带对雷暴活动的作用还和辐合带的生命史有关,发展旺盛的辐合带使对流更易获得发展。但由于对散度的变化规律以及它和天气现象的关系未能仔细研究,对辐合带的生命史也不够清楚,因而还不能从这一点上来仔细讨论辐合带与雷暴活动的关系。

在本文所分析的 15 次过程中, 1 次属于切变线北顶, 并逐渐消失, 雷暴打到福州南面。2 次辐合带过境, 福州没有雷暴活动。其余的 12 次雷暴过程中, 自西往东发展的雷暴过程有 3 次, 自西南往东北发展的有 9 次。它们都和辐合带的活动紧密配合着。东传的辐合带对应着自西往东发展的雷暴活动; 东北传的辐合带对应着自西南往东北发展的雷暴活动。因此, 一般说来, 辐合带传播的方向和雷暴等时线扩展的方向基本上是一致的。从等时线和辐合带配置的分析中, 也发现辐合带经过测站的时间和出现雷暴的时间是一致的(个别例子出入几小时)。也就是说, 辐合带传播的速度和雷暴传播的速度也是基本上一致的。

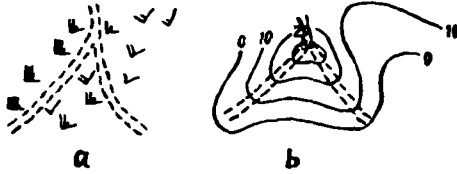


图 6 1958 年 6 月 25 日 20 时

在辐合带中, 有一种“入”字形的辐合带, 它所对应的流场和散度分布如图 6。图 6a 表示了辐合带和流场的配置, 图 6b 表示了对应于这种流场计算得到的散合分布, 等值线单位为 10^{-4} /秒。可以看出, 在两个辐合带的交点上有最大辐合值。

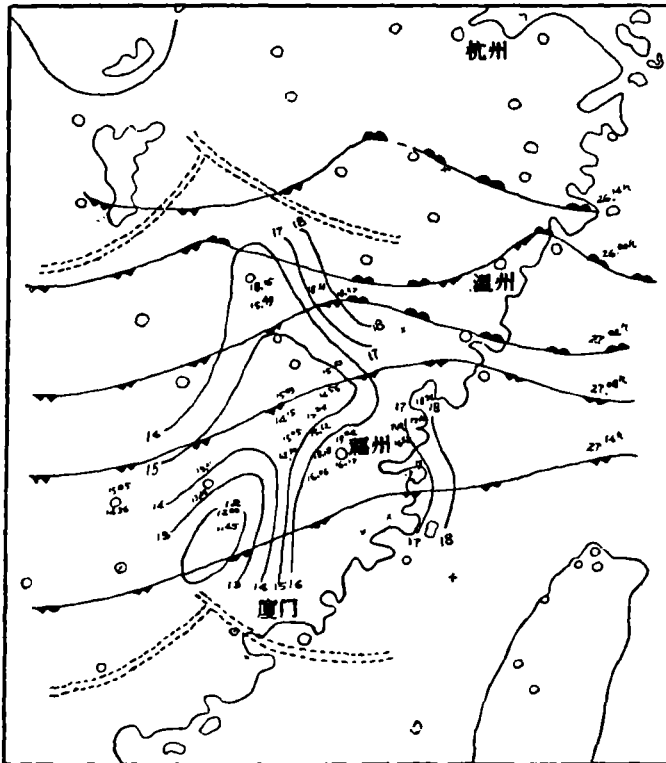


图 7 1959 年 5 月 26 日 08—20 时辐合带与等时线配置图

(—雷暴等时线 : : : : : 辐合带)

这种具有较强的辐合中心的形式, 比较明显的有 3 次, 这 3 次雷暴在传播过程中出现了雷暴早时中心。在本文所分析的 12 次雷暴过程中只有 4 次出现了雷暴早时中心, 而在这 4 次中竟有 3 次具有上述形式的辐合带。出现雷暴早时中心各种条件是复杂的, 但上

述事实应该说是出现雷暴早时中心的原因之一。为了说明这一点,我们以 1959 年 5 月 25—26 日为例,进行了分析。

1959 年 5 月 26 日 08 时出现了上述形式的辐合带,随着整个系统的北顶而往北传播。可以看出它和雷暴早时中心的出现及雷暴等时线的扩展有着密切的联系(图 7)。在这个例子中,锋面系统一直南下,然而雷暴却是自南向北活动。这说明雷暴发展的动力条件并不是锋面系统,而是和等时线配合较好的偏南气流中的辐合带。

在这 15 次过程中,其中有 3 次福建虽有辐合带过境,但无雷暴发生。分析探空资料后发现,这 3 次例子中一般都是稳定度或湿度条件较差。如 1959 年 6 月 6 日与 7 日的稳定度就不很有利;1960 年 4 月 27 日的湿度条件较差。这表明,虽然辐合带作为动力条件对雷暴活动的作用是重要的,但也不能孤立地强调动力条件的作用,必须有相应的稳定度、湿度条件的配合,才能更好地发挥其作用。

五、辐合带的云系

在表 3 中给出了各型辐合带过福州时的云系变化。

从表上可以看到辐合带前后有着一定宽度的云系分布,一般说来,在出现积雨云以前都有卷云、高积云,有的则出现层积云。只有一次是从淡积云、浓积云发展起来的,另一次则在发生雷暴前有碎云降水。可见它的云系变化并非经常由淡积云、浓积云发展起来的。对于这一点,可以这样来理解:辐合带除了有较强的辐合上升运动以外,仍然存在着较暖的空气往较冷空气上爬的现象。在辐合带到来之前一段距离内就可以看到高云或中云出现。但是它又不同于一般的暖锋云系,在云系的宽度上远不如暖锋云系宽。这可能是冷暖空气的规模不同,辐合带的垂直坡度较大所致,因而容易发生雷暴。但是,由于对辐合带的垂直结构了解还不够,因而目前很难对这些问题作出恰当的结论。

从各型辐合带的云系分布中,可以看到 D_{NW} 型的云系不宽,整个过程只有十几小时,且积雨云都紧跟着中、高云之后出现,雷暴都发生在白天。从这里,我们可以推测 D_{NW} 型辐合带的坡度较陡,它的活动对暖空气的依赖较大。而 D_C 型辐合带则云系很宽,在发生雷暴前常有碎云降水,发生雷暴时间短促(2 小时左右),多发生在夜晚。从这里也可以推测 D_C 型辐合带的坡度较小,它的活动对暖空气的依赖性也较小。 D_{SW} 型及 D_A 型辐合带过境前后常多出现层积云,出现雷暴的时间断断续续,常常同一天不止发生一次雷暴。辐合带过境,福州未发生雷暴的云系,一次为碎云降水(稳定度不够),另一次为满天的层积云,有闪电(湿度条件不够)。

通过上述分析,可以看出辐合带和暖锋系统有一定的相似性,事实上在辐合带传播发展过程中有时确有暖锋锋生的象征,往往在辐合带传到沿海,在地面图上产生了暖锋。但是从尺度、云系宽度以及从流场结构来看,辐合带并不是一般的暖锋系统,看来是冷锋南下前在暖锋形成以前的一种暖区中的天气系统;它须有发展条件,才能逐渐形成暖锋系统。

为了更进一步说明辐合带作为动力条件对雷暴活动的作用,对 12 次雷暴过程开始发生的时间作了统计。统计时把 10 时—22 时开始发生的雷暴叫白天雷暴,22 时—次日 10 时开始发生的叫夜间雷暴。从表 3 中可以看出,12 次福州雷暴活动过程中,白天雷暴和夜

间雷暴各占一半。1957—1960年3—6月福州暖区雷暴共有65次,而其中夜雷暴仅占16次,占暖区雷暴中的25%。而在这16次雷暴中有西南(西)—东北(东)辐合带过境的夜雷暴就占有6次(38%),这就是说,暖区雷暴大多发生在白天,这是因为白天的温湿条件对雷暴的发展往往更为有利。

通过上述分析,我们认为辐合带可以作为暖区雷暴的动力条件之一,象其他雷暴一样,只要具备一定的稳定度、湿度条件,则当850毫巴上有辐合带过境时,可以有雷暴发生发展。

六、举 例

我们先以1958年4月3日20时—4月5日08时辐合带北传过程作为例子来说明上述一些问题。

1958年4月2日北方冷空气南侵,17时冷锋压过福州。4月3日20时850毫巴高空图上,切变线已移到台湾以南,河套地区为一温度脊控制,温度槽位于 115°E 以东,其后无新冷空气补充。在风场上的表现为 30°N 以南沿海地区并无较强的西北气流,风场弱而零乱,而南宁以南地区却出现了12—14米/秒的强西南风,具有较强的暖平流,暖空气开始往前推进。在强西南风的前面风向零乱,风力微弱。从温度来看,海口850毫巴的气温为 22°C ,而广州气温仅 15°C ,二者相差达 7°C 之多。这说明南宁、海口的西南方和广州、桂林一带的空气冷暖程度差别较大。在暖空气猛烈推进的时候,在冷暖空气的交界处便产生了较强的辐合上升运动,这就是本文所研究的850毫巴偏南气流中的辐合带。在我们计算得到的散合分布图上,正对应着狭长的西北—东南向的辐合区(图8)。从湿度场来看,辐合带所在之处正是湿中心,在辐合带附近产生了一片阵雨区。在4月4日08时850毫巴图(图9)上,偏南气流已逐渐控制了华南、华东广大地区,12米/秒以上的西南风已推进到广州一带,而长汀、赣州一带只是8米/秒的偏南风,前后气温差为 5°C 。强烈的辐合区已移到广州、赣州、汕头之间。辐合带的位置和计算得到的散合分布图上所确定的辐合带位置完全一致(图10)。辐合带仍然处在温度脊前及湿中心附近,在辐合带附近出

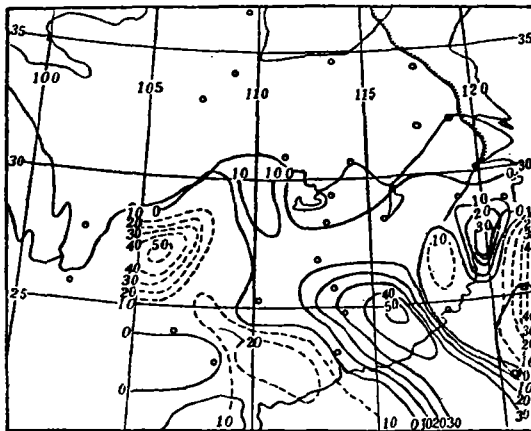


图8 1958年4月3日20时850毫巴散合分布图
(单位 10^{-4} 秒 $^{-1}$,下同;——辐合区,---辐散区)

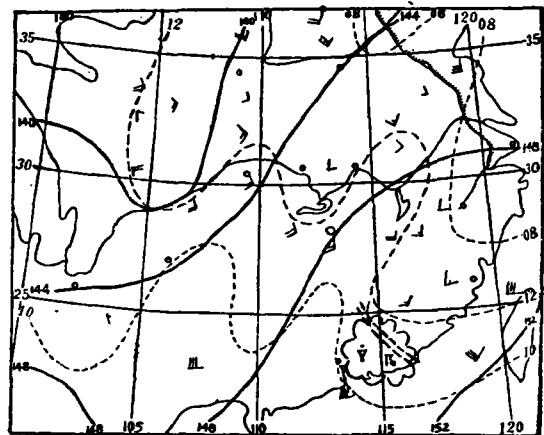


图9 1958年4月4日08时850毫巴
(---等温线, ·····辐合带,下同)

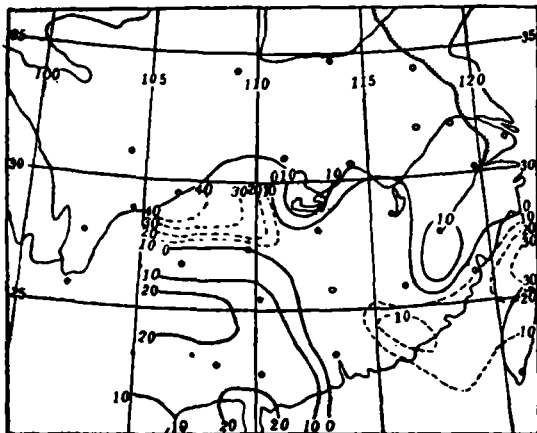


图10 1958年4月4日08时850毫巴散合分布图

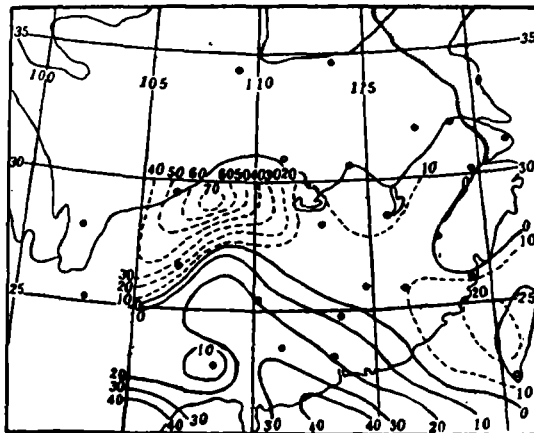


图11 1958年4月4日20时850毫巴散合分布图

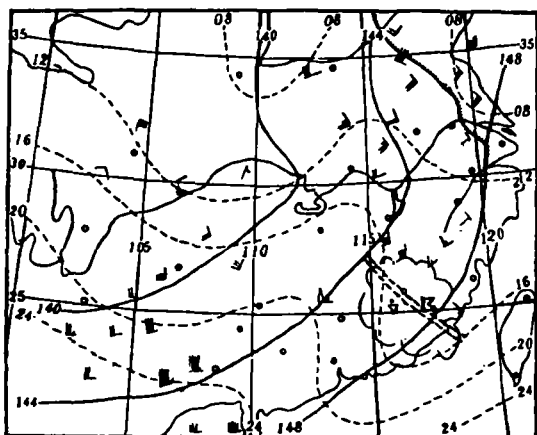


图12 1958年4月4日20时850毫巴

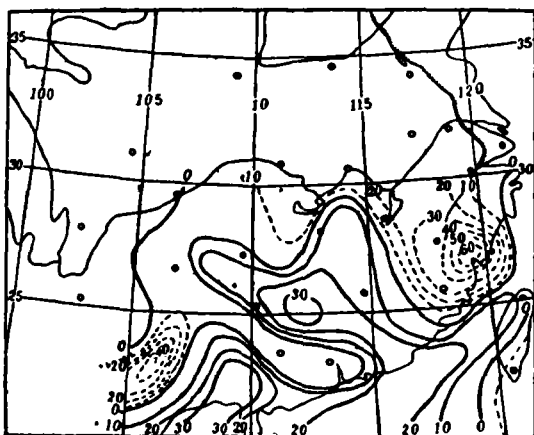


图13 1958年4月5日08时850毫巴散合分布图

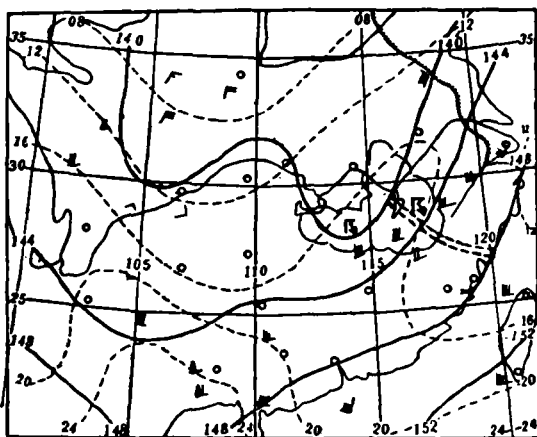


图14 1958年4月5日08时850毫巴

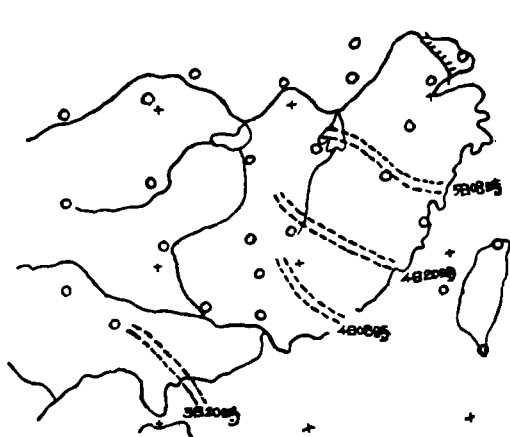


图15 1958年4月3日20时—5日08时850毫巴辐合带动态

现了一片阵雨区及雷暴区。4月4日20时散合分布图(图11)上表明,辐合带已移到赣州、厦门以北地区,此时偏南气流已全部控制华南、华东甚至华北广大地区,赣州西南有明显的西南大风,风速达18—22米/秒。而建瓯一带的风速只有6米/秒(图12)。在辐合带附近,雷暴、阵雨区配合很好。此时值得注意的是河套地区逐渐为温度槽所控制,酝酿着一次新的冷空气活动。相应的在 30°N 附近,重庆一带有一切变线缓慢南下。4月5日08时,从散合分布图(图13)上可以看出,辐合带已移到南昌、福州一线的东北方。从风场配置来看,辐合带的西南方西南风速已达20—28米/秒,而辐合带前风速为8米/秒及16米/秒,在辐合带附近配合着一大片雷雨区(图14)。此时大槽继续东移,北方切变线已逼近长沙、芷江一带,地面冷锋已压到黄山、南昌一带。6日20时冷锋压过了福州,结束了辐合带在东南沿海的活动。

为了更清楚地看出辐合带的东北传,我们作出了辐合带动态图(图15)及1480线的连续位置图(图16)。它们表明辐合带确实有规律地东北传。这些辐合带分别属于 D_{SE} 型 D_c 型及 D_{SW} 型辐合带,移动较快,平均移速为350公里/12小时。在辐合带东北传的过程中,冷高压逐渐东撤入海与副热带高压合并加强并北顶。在辐合带和不稳定天气区,东北传过程是随着温度脊、强西南风区推进的。

在4月4日20时—4月5日08时之间,辐合带经过了福州上空,福建地区发生了自

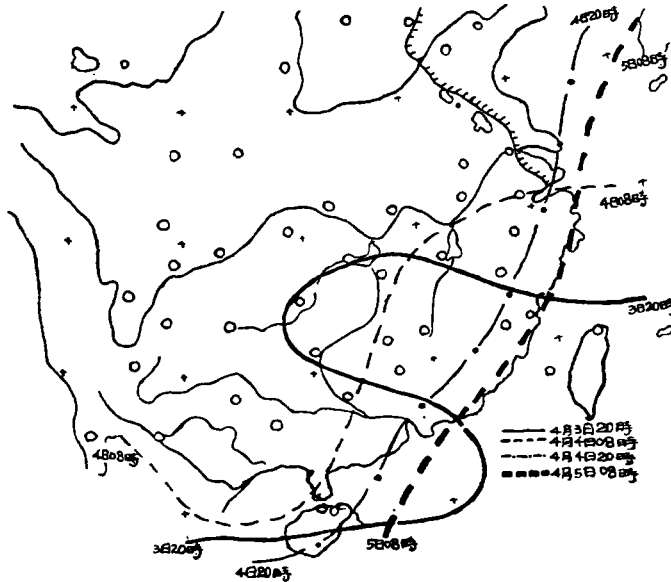


图16 1958年4月3日20时—5日08时850毫巴1480等高线的连续位置变化

西南往东北的雷暴活动。图17给出了这一次雷暴过程的等时线分析,并且画上了4日20时及5日08时的辐合带位置。我们可以很明显地看出辐合带的移向、移速和等时线的传播方向、速度是一致的;辐合带经过各测站和该测站出现雷暴的时间也是非常一致的。这说明了这一次雷暴活动和辐合带的动力作用有密切联系。

从云系来看,由于辐合带经过福州时属于 D_c 型,因此云系较宽(表4),在发生雷暴前后都有连续性的碎云降水,在夜间发生了历时短促的雷暴。

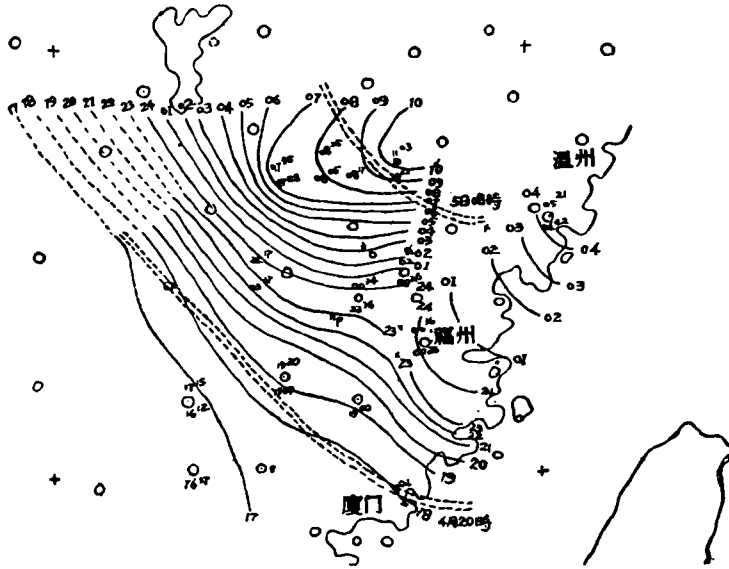


图 17 1958 年 4 月 4 日 20 时—5 日 08 时雷暴等时线与辐合带的配置

从这次辐合带活动过程中,也可以看到这样一个事实,即在辐合带进入福建以前,雷暴活动不多,而进入福建以后,就产生了较系统的雷暴活动。

在这个例子中,由于辐合带属于 D_C 型,容易使人误解为辐合带就是暖锋式切变。其实前面我们已经提到过,在辐合带中出现最多的是单纯西南气流中的风速辐合型。1958 年 3 月 12 日 08 时—14 日 08 时的例子就属于这种情况。在 3 月 13 日 08 时有一小股冷空气活动,形成了 D_{NW} 型辐合带,影响了辐合带的传播速度,由于冷空气势力不强,辐合带东北传过程并未结束,随着冷空气的减弱,辐合带又继续东北传。到 14 日 08 时,辐合带转成了暖锋式切变北顶,结束了辐合带的活动。在 13 日 20 时—14 日 08 时,辐合带东北传,经过福州,福建地区发生了自西南往东北的雷暴活动。

七、结 束 语

对于辐合带的研究,由于各方面条件的限制,工作做的不够细致,还存在着许多问题,尤其是以下几方面:

1. 由于测站密度较稀,测风记录以及计算方法本身的误差,散度计算有一定误差。
2. 由于计算各次的时间间隔太长,因此对辐合带的移动及辐合中心的演变情况了解不透。
3. 本文仅仅计算了 850 毫巴的散度水平分布,未作垂直积分求垂直速度,对表征垂直运动的情况有局限性,因此就不能排除个别情况下在辐散区中却出现了雷暴。
4. 本文的计算工作量大,对大天气背景及其与较小系统的关系研究不够。
5. 辐合带的生命史及其结构有待详细研究。

参 考 文 献

- [1] Kenneth, L. P., and London, J., The Low—level jet as Related to Nocturnal Thunderstorms over Midwest United States, *Journal of Applied Meteorology* March, 1962, Vol. 1, No. 1.
- [2] House, D. C., The Divergence Equation as Related to Severe Thunderstorm Forecasting, *Bulletin of the American Meteorological Society*, December, 1961, Vol. 42, No. 12.