

中南半島和南海地区 热带辐合带的初步分析

广西壮族自治区气象局气象台研究室
中山大学地理系气象教研室

热带辐合带是热带地区的一个行星尺度系统，它与低纬度地区的天气和天气系统的活动，特别与台风的活动有密切关系。因此，近年来人们对它进行了较多的研究，但对中南半岛和南海地区的热带辐合带目前还研究得不多。本文试图利用现有的一些资料对该地区的热带辐合带进行初步的探讨。

所用资料主要是1956—1973年（其中缺1965—1968和1972年资料）的历史天气图和1962—1966年的各层平均合成风统计结果。着重分析了热带辐合带的活动概况、形成、结构与天气，最后还给出了热带辐合带活动的个例分析。

一、热带辐合带的活动概况

普查十三年的地面图和850，700，500毫巴高空图，初步发现热带辐合带的活动与太平洋副高、赤道西风、印度季风槽、台风、热带低压的活动有密切的关系，特别是副高的变化更直接影响辐合带强度与位置的变化。在中南半岛和南海地区的辐合带是由赤道西风或西南季风与太平洋副高南侧的热带东风组成的。由于赤道地区偏西风常年存在，而副高又是一个半永久性的活动中心，所以热带辐合带全年都存在，并且随着季节而移动。但由于西南季风的稳定度较小，同时在中南半岛的北部一带又经常受副热带西风槽南端和太平洋副高脊的影响，因此，该地区辐合带的位置常不很稳定，甚至不清楚。在五月—十月850毫巴图上， 90° — 130° E， 5° N以北的范围内所出现的128次辐合带在各月中的活动情况列于表I中。

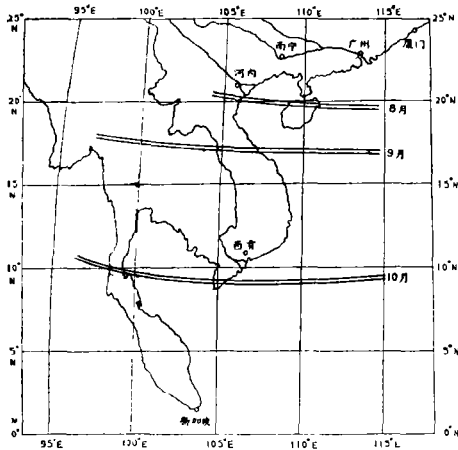
由表I可见，在中南半岛和南海地区，热带辐合带活动的大致情况是：五月份出现较少，持续天数最短；六月、十月次之；七、八、九月出现最多，持续天数较长，位置也较北。为了较确切地描述中南半岛和南海地区热带辐合带的活动情况，我们应用1962—1966年各高度层（850毫巴、700毫巴、6千米、7千米以及300毫巴）

表 I 热带辐合带活动概况

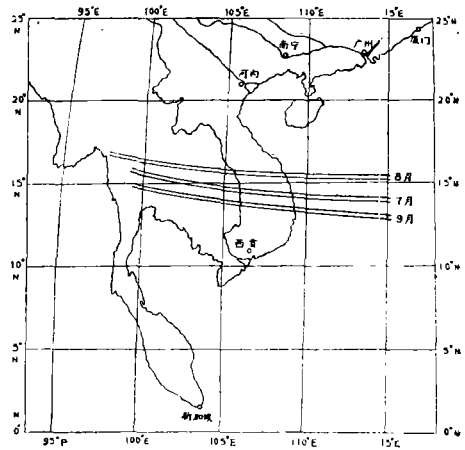
项 目 \ 月 份	5	6	7	8	9	10
各月出现次数与5—10月出现总次数比	6%	17%	20%	23%	19%	15%
平均位置	15°N	17.5°N	18°N	18.6°N	16.8°N	12.9°N
最北位置	21°N	23°N	25°N	26°N	23°N	20°N
平均持续天数	3.6天	5天	7天	9天	10天	10天

的平均合成风来进一步分析,发现五、六月份在中南半岛地区并无辐合带存在,七月份在低层为一致的西南气流,辐合带只在6千米高空出现,而八、九、十月辐合带在中南半岛地区表现较为明显(图一)。

下面根据各层平均合成风分析所得结果,对该地区各月辐合带的活动作些说明。



图一(a) 8—10月850毫巴图上热带辐合带的平均位置



图一(b) 7—9月500毫巴图上热带辐合带的平均位置

五、六月份:

在六月以前,副热带高压脊线在20°N以南^[1]。五、六月,虽然东北季风已逐步北撤,副高缓慢北移,但副高位置仍偏南,大约位于中南半岛东南侧的海洋上。在中南半岛,低层主要为西南气流影响,而在700毫巴以上的高空为西太平洋副高的环流所影响,且越高层越明显^[2]。所以就平均合成风而言,五、六月份中南半岛并没有热带辐合带存在。

七月份:

七月,赤道西风显著北移扩大,基本上控制了中南半岛,这与副高北跳紧密联系。但副高还位于中国沿海,脊线一般位于 25° — 30° N左右,中南半岛低层盛行西南气流,只有在6千米的高空才有东西向气流的辐合,热带辐合带大约位于 15° — 16° N左右。6千米以上的高空为偏东气流所控制。

八月份:

八月,副高更向北移,脊线大约位于 30° — 35° N之间。由于副高北移,赤道西风向北推进,辐合带的位置也就较偏北,在850毫巴图上,其平均位置在 20° N左右。由于八月份西南气流盛行,气温较高,对流旺盛,有利于气流辐合的增强,致使在 15° — 20° N的太平洋、南海到中南半岛地区不断产生热带辐合带以及热带低压、台风等系统。850毫巴图上平均合成风表示的辐合带位置在 20° N左右,在700毫巴图上位于 19° N左右,在6千米高空图上位于 16° N左右,这说明辐合带随高度增加而向南倾斜。在850毫巴以下,坡度较大,达 $1/100$ 左右,而在高层较小。辐合带平均伸展高度达450毫巴左右。

九月份:

九月,副高逐渐减弱,中心向东南移,赤道西风也南撤,在850和700毫巴图上,辐合带的平均位置都在 17° N左右,6千米高空则位于 14° — 15° N左右,这说明在700毫巴以下辐合带几乎是垂直的,700毫巴以上则随高度增加而向南倾斜,坡度减少。九月在中南半岛和南海地区气温仍较高,西南气流也较强,有利于辐合带的维持和增强。其平均坡度达 $1/100$,平均伸展高度达450毫巴左右。

十月份:

十月,东亚地区冷空气活动渐逐增强,我国东南沿海和中南半岛大部分地区为东北季风控制,西太平洋副高向东南撤退,脊线位于 20° N以南。在850毫巴图上,辐合带的平均位置在 8° — 10° N,在700毫巴图上位于 5° — 7° N,由于赤道西风和热带东风的减弱,所以辐合带也减弱,坡度较小,约为 $7/1000$ 。而在6千米以上的高空则为一致的偏东风,辐合带已不明显。

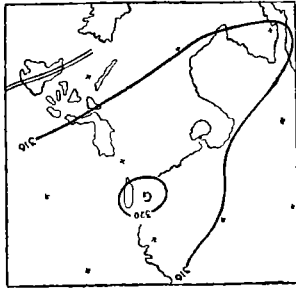
二、热带辐合带的形成和来源

前面已经指出,中南半岛和南海地区的辐合带是由赤道西风和副高南侧的热带东风辐合而成,因此,它的形成、强弱以及消失均与赤道西风和热带东风密切相关。普查表明,该地区辐合带的形成和来源可有以下五种类型:

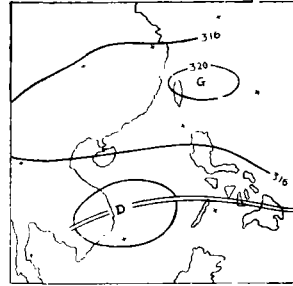
(一) 辐合带的北移

这类辐合带来自半岛南面的海洋。由于赤道西风是低纬度地区的一支基本风系,而副高是一个半永久性的活动中心,所以,辐合带常年存在。随着季节的推移,控

制着半岛和南海地区的副高北移,辐合带也随之北上侵入中南半岛和南海地区。如1963年9月19日700毫巴图上,5°—10°N的太平洋上,有一条热带辐合带(图二a)这时太平洋副高(以316线代表)往西伸,控制着南海和整个半岛。由于副高的北移,二十一日副高的南界位于中南半岛中部,辐合带也北抬西伸,二十二日副高继续北移,其南界位于20°N左右,这样辐合带也随之北上侵入中南半岛地区(图二b)。



(a) 1963年9月19日08时700毫巴图



(b) 1963年9月22日08时700毫巴图

图二 热带辐合带的形成与副热带高压活动的关系

(二) 印度季风槽的东伸

当印度季风槽加强并向东扩展时,往往会促使控制半岛的副高东退,这样,季风槽内的辐合带也随之伸展到中南半岛。如1962年九月九日——十九日活动于印度到中南半岛的辐合带。在九日700毫巴图上,印度有一低压槽存在,中南半岛主要为一高压控制,十日,低压槽东伸,十三日副高东移至115°E以东,这时从印度到中南半岛南部、南海为一低压槽带,辐合带也就从印度伸到半岛南部和南海地区。

(三) 台风或低压的西进

当太平洋上有热带辐合带存在,而且在它上面形成的台风或低压沿着辐合带向西移入南海或半岛附近时,辐合带也随之延伸至南海和半岛地区(参看本文最后的个例分析)。

(四) 副高的西伸

当太平洋副高脊位于25°—30°N左右,并加强西伸至我国华南一带时,副高南面的偏东气流可在中南半岛和南海地区加强,它同该地区盛行的赤道西风汇合可使辐合带形成。如1963年八月十八日——二十二日一次辐合带活动过程。十八日20时500毫巴图上,副高西伸到我国华南,脊西端在105°E,孟加拉湾有一低压,这时中南半岛主要为偏南风。二十日副高加强西伸南压,西伸到90°E,并控制半岛北部。同时半岛南部的低压区得到发展,从而形成一条由孟加拉湾经中南半岛到南海的辐合带,直到二十二日,由于副高减弱东退,它才逐渐消失。

(五)东风层的下降

原先低层为一致的赤道西风,其上为东风,以后,北面高空的东风气流加强,上层东风下传,东风层逐渐降低到达地面,辐合带也随之生成。

以上几种过程往往不是孤立的,而是互相联系的。例如,当第二、三种过程同时进行时,常可形成横贯南亚、东南亚、南海到太平洋地区长达几千公里的连续的辐合带。

显然,辐合带的减弱和消失也与赤道西风和热带东风紧密联系。在中南半岛和南海地区辐合带的减弱与消失过程主要有:①副高加强西伸控制南海和中南半岛,使辐合带消失或移出半岛和南海;②大陆低槽东移,使副高明显减弱东撤,偏东气流减弱消失,辐合带也随之减弱和消失;③辐合带随着台风或热带低压登陆北上消失而消失;④辐合带随着印度季风槽的北上或向西收缩而减弱消失;⑤辐合带北移到我国大陆消失或变性为切变线。

三、热带辐合带的结构和天气

关于热带辐合带的结构曾有过一些研究,有人提出热带辐合带呈“鼻状结构”,并具有锋面特性^[3]。也有人认为由于地理区域上的特点不同,辐合带在海洋上和陆地上具有不同的结构特点^[4]。本文主要是根据中南半岛的资料,对该地区辐合带的结构与天气特点做一概略分析。

(一)辐合带随高度的变化

从半岛地区105°E的垂直剖面图和有辐合带活动时期的每日天气图中可以看到,辐合带绝大多数是随高度向南倾斜的,也有的是几乎近于垂直的,向北倾斜的极少见。据22个辐合带的统计分析,向南倾斜的约占70%左右,20%基本上是垂直的。其最大坡度为近于垂直状态,最小坡度为 $\frac{1}{170}$,由此可见,辐合带的坡度比锋面坡度要大得多。所有个例分析表明,这一地区的辐合带并不存在“鼻状结构”。

根据一些个例分析,我们也发现,当辐合带的纬度位置不同时,其随高度变化亦有所不同。一般是当它向北移时,其倾斜度变大,而且通常是首先随高度向南倾斜,以后逐渐近于垂直。至较高纬度时甚至可向北倾斜。另外,还可以看到,辐合带在低层坡度较大,高层坡度较小。

在中南半岛和南海地区的辐合带伸展高度同太平洋副热带高压和赤道西风的位置及其强弱变化有关。一般是当赤道西风较强,副高南侧的东风气流较弱时,所达高度较高;反之,伸展高度较低。据统计,其最大伸展高度可达160毫巴附近,最低也可达660毫巴附近。

(二)温湿场结构

分析辐合带的三度空间温度场可知,高空(150毫巴以上)冷中心通常位于辐

合带的南侧,而且它往往与高空东风急流中心相配合,这就不难理解为什么它是随高度向南倾斜的。也有的辐合带是位于高空冷中心和东风急流轴的下面,所以它的垂直变化轴线有时是近于垂直的。

另外,根据我们的分析,中南半岛和南海地区的辐合带并不具有明显的锋面性质。依据统计分析,该地区辐合带两侧的温差很小,一般都小于 3°C ,特别是500毫巴以上两侧温度仅差 $1^{\circ}\text{—}2^{\circ}\text{C}$,甚至无温差。此外,辐合带两侧温度分布多是南侧温度比北侧稍低些,只是在低层有时南侧温度稍高于北侧。这种不同于温带锋面温度分布的现象,我们认为主要是由于两侧气流的来源不同而造成的,其南侧是来自印度洋上的西南气流,而北侧是来自太平洋副高南侧的偏东气流,相对而言,北侧温度要高些。同时,也因为副高南侧在低空有下沉辐散气流存在^[2],温度垂直梯度较小,所以在该地区上空辐合带北侧温度要比南侧略高些。

为了说明辐合带的湿度场结构,我们用温度露点差来表示湿度的分布。分析垂直剖面图上的 4°C (温度露点差值)线发现,两侧的湿度场多呈舌状分布,而且一般都是南侧的湿度大于北侧,但湿舌伸展高度往往是北侧大于南侧,其最大伸展高度可达300毫巴左右。根据湿舌所处位置不同,我们可以将辐合带湿度场结构分为三种类型:

①湿舌居后类:湿度舌状线位于辐合带的南侧,这类较多,占50%以上。

②湿舌居中层:湿舌沿辐合带分布,此类型约占30%左右。

③湿舌居前类:湿舌分布在辐合带北侧,此类结构较少,仅占5%左右。

随着辐合带所处位置和强度变化不同,其湿度场结构也有所不同。一般而言,辐合带形成初期,位置较南,强度也较弱,其湿舌多分布在南侧,这显然同其南侧盛行暖湿的西南气流有关;随着辐合带北移,强度加强,湿舌多沿辐合带分布;当辐合带进一步往北移,强度减弱时,则湿舌也往往北伸,以至演变为湿舌居前类。

(三)散度场与涡度场

我们知道,当辐合带处在形成加强过程中,低层总是辐合明显,而高层(100毫巴附近)往往是东风急流所在位置,也就是说高层是辐散的。当然,这仅仅是一般情况。这里我们利用实测风的分量对热带辐合带的一些个例计算其水平散度和铅直相对涡度。

从计算结果可以看到,在辐合带附近高层与低层的散度场配置是相反的。在高层(以200毫巴代表)基本上是正值,且正散度中心多位于辐合带的北侧,量级为 $1 \times 10^{-5}\text{秒}^{-1}$,当有台风在辐合带上发展时,可达 $4 \times 10^{-5}\text{秒}^{-1}$ 以上。在低层(以850毫巴代表),水平散度则以负值为主,量级为 $-1 \times 10^{-5}\text{秒}^{-1}$,有台风发展时,可达 $-3 \times 10^{-5}\text{秒}^{-1}$ 。这种高层辐散和低层辐合的垂直配置,有利于低层上升运动的发展,可促使辐合带的维持与加强。

辐合带附近的涡度场结构无论高层或低层都是以正涡度为主,量级为 2×10^{-5}

秒⁻¹，涡度中心多在辐合带的南侧。值得注意的是，当辐合带北移趋于减弱消失时，虽然低层仍然有气流辐合，但正涡度却逐渐为负涡度所代替。

必须指出，上述涡度与散度场的这种配置并非辐合带沿线都是一致的，有时候有些地方呈相反的配置。正因如此，辐合带上的天气现象也各处不同。

(四) 天气分布

鉴于热带辐合带低层辐合总是存在的，而且它上面常常有低涡或台风形成和发展，所以辐合带上常有很活跃的天气现象出现。中南半岛和我国华南一带的降水常常同它的活动相联系。

在辐合带附近经常有积云、积雨云发展，并常伴有暴雨和雷暴出现，特别是在它上面有低涡或台风发展时，更可带来狂风暴雨。在强烈发展的云团中还可有猛烈的湍流出现。在积云的上部常扩展为高积云和高层云，更高处有卷层云。

辐合带带来的降水区范围通常可达200—800公里。主要降水区一般位于辐合带附近两侧，尤以东北侧和西南侧较为明显。最大降水区位于辐合最强的气旋性环流区域，24小时降水量可达100毫米以上。在半岛南部和沿海地区，降水中心往往位于低层辐合带的南侧，降水强度也特别大，24小时降水量可达200毫米以上，这可能和西南季风的加强以及地形的影响有关。前面曾经指出，辐合带的天气分布并不是连续的，明显的降水一般只出现在有风场辐合的地区，而有风切变但无气流辐合，甚至是辐散的地区，并无降水出现，最多只有一些积状云出现。

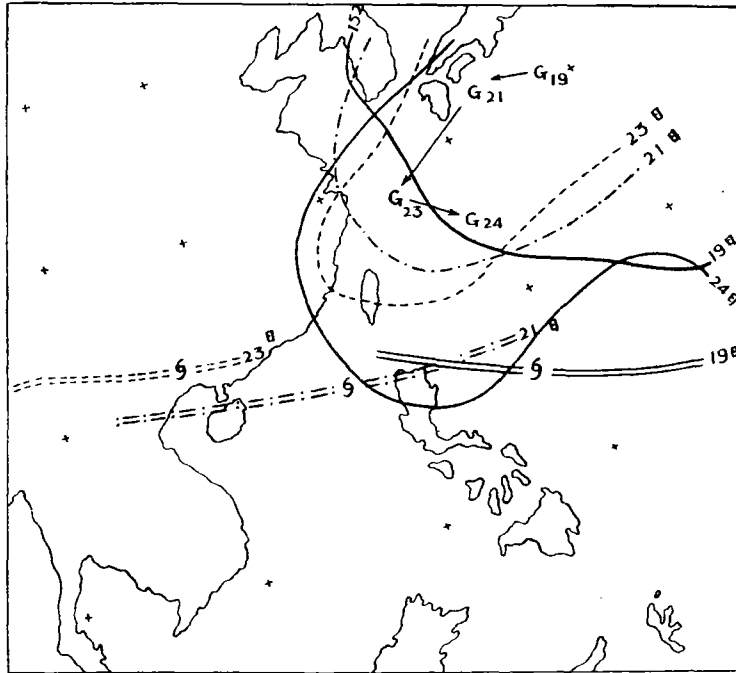
四、个例分析

为了进一步说明辐合带的发生发展、结构与天气，我们对1963年七月十九日—二十四日活动于南海和中南半岛地区的一次热带辐合带过程进行了分析。

(一) 活动概况

十九日在菲律宾东部的西太平洋上有一条辐合带，并有一台风发生于其上。在850毫巴上，台风位于128°E、17°N，由于西太平洋副高的加强西伸，辐合带也明显北抬西伸（见表Ⅰ和图三）。

由表Ⅰ可见，十九日辐合带位于太平洋上，平均纬度位置约16°N，随着副高的加强西伸（以副高152线所在经纬度以及宜昌、汉口、衢州、上海四站高度和的变化为代表），辐合带也不断北抬西移；二十日辐合带西伸到中南半岛，其平均纬度位置在20°N，它上面的台风也沿着它西移进入南海；二十三日副高继续加强西伸到我国福建省，台风沿着辐合带继续西行，穿过雷州半岛进入广西，这时辐合带和台风均已移到22°N；由于台风登陆，势力大为减弱，二十四日变为热带低压，同时副高也向东南撤，偏东气流不明显，辐合带也随之消失。由此可见，热带辐合



图三 850毫巴图上副热带高压(以152线为代表)与热带辐合带位置的关系

表 I 850毫巴上副高与热带辐合带的关系

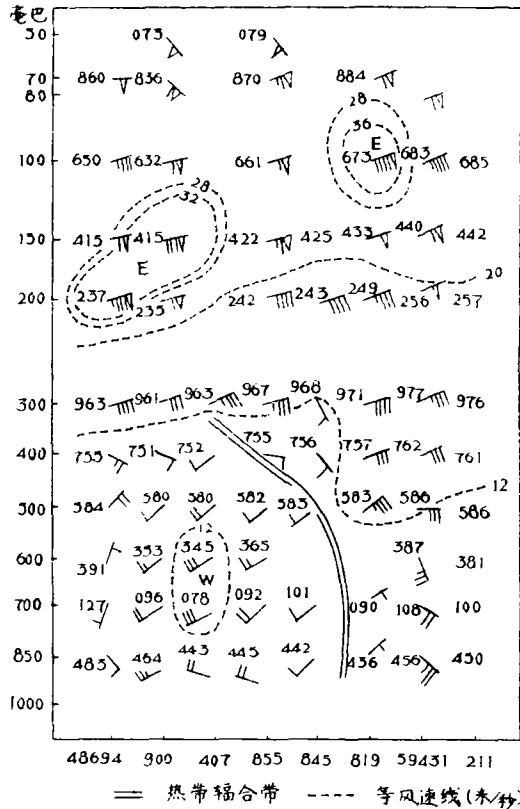
日期		19	20	21	22	23	24	25
副 高 (152 线)	脊西端所在 经度	126°E	123°E	121°E	120°E	119°E	119°E	121°E
	脊西端所在 纬度	27°N	27°N	27°N	27°N	25°N	20°N	18°N
	宜昌等四站 高度和*	571	587	597	599	597	596	589
辐合带的平均位置		16°N	17°N	20°N	21°N	21°N	消失	
台风中心位置		17°N	18°N	19°N	21°N	22°N	减弱为低压	

* 表示宜昌、汉口、衢州、上海四站高度和。

带、台风与副高的关系是很密切的，它们随着副高的加强西伸而北抬西移，而又随着副高的东撤而减弱。另外，台风与辐合带的关系也是很紧密的，后者有利于前者的西行，同时前者的减弱或消失也影响着后者的强度。

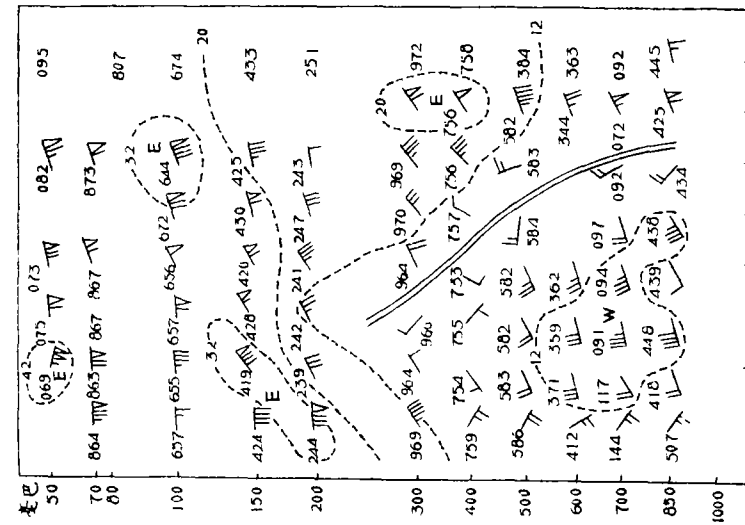
(二) 结构与天气

从105°E垂直剖面图(图四 a. c)可以看出,辐合带结构的主要特点是低层(700毫巴以下)气流辐合与高层(200毫巴以上)气流辐散。在低层为低压区,东西风气流辐合,而高层为东风急流,东风急流的北侧为反气旋区,气流的辐散有利于辐合带的发展。辐合带的温湿场结构是它产生激烈天气的一个重要因素,由图四b. d可见它南侧的温度比北侧稍低,这是使对流云发展旺盛的一个有利条件。其湿度场用温度露点差值(4°C线)表示,湿舌居后稍明显,这主要是由于辐合带南侧是来自赤



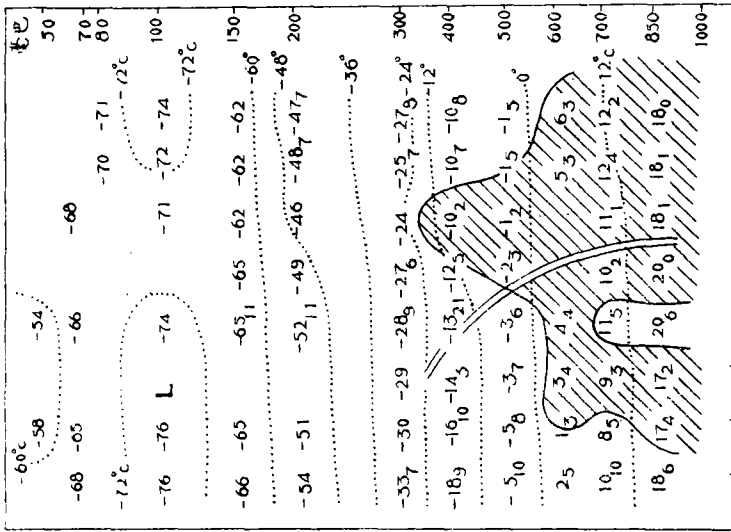
图四 沿105°E经度上的垂直剖面图

(a) 1963年7月21日08时热带辐合带两侧的风场与高度场



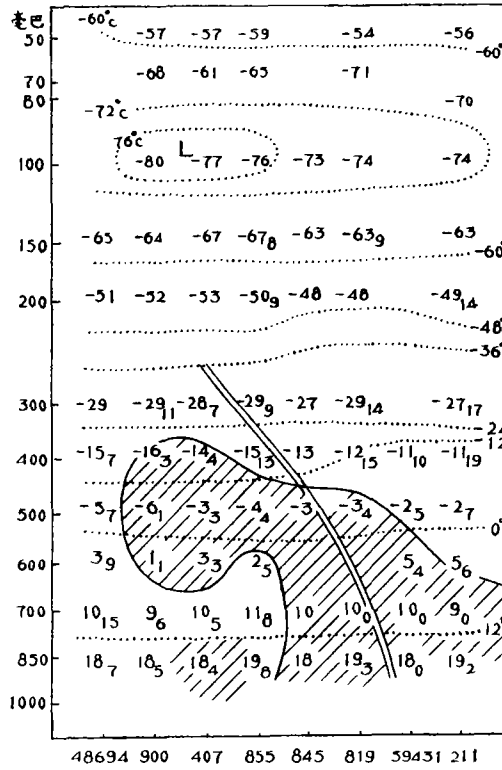
(图例同上)

(c) 1963年7月23日08时热带辐合带
两侧的风场与高度场



..... 等温线(°C) // T-Td < 4°C区

(b) 1963年7月21日08时热带辐合带
两侧的温湿场



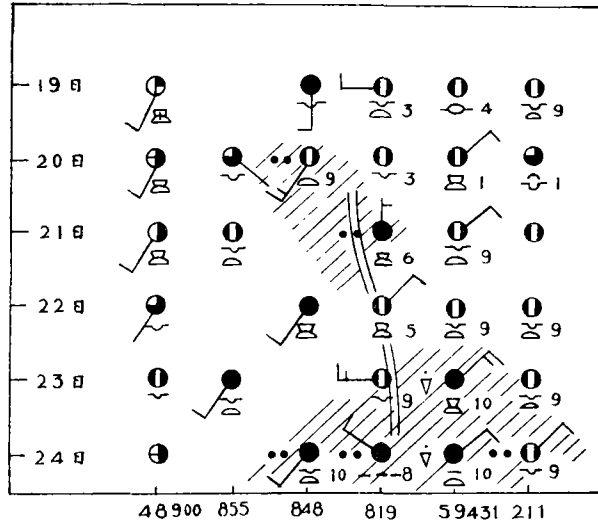
(图例同上)

(d) 1963年7月23日08时热带辐合带两侧的温湿场

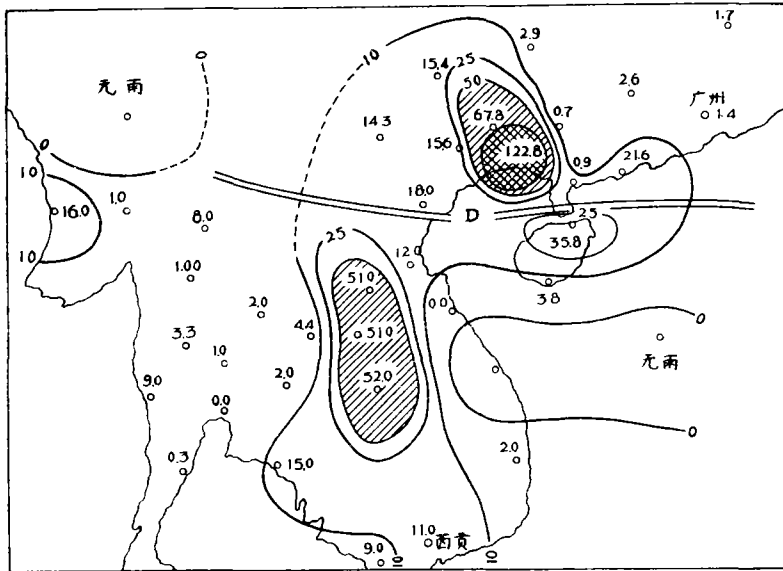
道海洋上的西风 and 季风低压的西南气流，所以湿度比较大。此外，辐合带具有一定的坡度，表现为向南倾斜，低层坡度较大，高层（700毫以上巴）坡度较小。本次过程，辐合带平均伸展高度达330毫巴左右，且随西风风速的增大而增高，最大伸展高度达280毫巴，如表Ⅲ所示。

表Ⅲ 辐合带伸展高度与最大西风风速的关系

目 项	日期	19	20	21	22	23	24
西风最大风速 (米/秒)		14	14	12	16	18	18
辐合带伸展高度 (毫巴)		300	320	320	450	280	280



图五 850毫巴图上热带辐合带位置与地面天气的关系



图六 1963年7月20²⁰-21²⁰24小时雨量图

符号: = 850MB 辐合带位置 雨量单位: 毫米 // > 500 〰 > 1000

由图五可以看到辐合带两侧云层分布的情况。在辐合带附近多为对流性的积云、积雨云,而较远的地方多为层状云或普通积云,这是因为在辐合带附近气流的辐合较强所致。由于这样的云层结构所造成的天气区分布也较明显,天气区主要分布于辐合带的两侧,多为积云、积雨云、雷暴和阵性降水等,且东北侧和西南侧较为明显(见图六)。辐合带上的气流呈反时针方向流动,其北侧为副高,所以它的东北侧气流辐合较强,天气较激烈,降雨明显,24小时降水量达100毫米以上,最大中心达122.8毫米;在西南侧,由于来自季风低压和赤道海洋上的大量暖湿空气,表现为湿舌居后,所以辐合带西南侧降雨也明显;此外,在中南半岛的西海岸,由于西南气流受地形抬升作用,降雨也较明显。

参 考 文 献

- [1] 陶侍言等,《中国夏季副热带天气系统若干问题的研究》(1963) 106—123。
- [2] 黄士松等,气象学报 31 (1962) 339—369。
- [3] Sawyer, J.S., 1947, The Structure of the Intertropical Front over N.W. India during the S.W. Monsoon.
Quart. J. Roy. Met. Soc. 73. 346—369.
- [4] 中国科学院地球物理研究所,《东南亚和南亚的大气环流和天气》(1966) 142—144。