

文章编号: 1004-4574(2009) 01-0199-05

# 一次强热带风暴引发的阶段性强降水分析

陈艺芳<sup>1,2</sup>, 吴丽娟<sup>2</sup>, 许金洪<sup>2</sup>

(1 南京信息工程大学 大气科学系, 江苏 南京 210044; 2 福建省莆田市气象局, 福建 莆田 351100)

**摘要:** 2006年强热带风暴“碧利斯”引发了莆田市 7月 14- 17日的持续强降水过程, 这次强降水过程虽持续时间较长, 但其发生的阶段性很明显。从不同阶段的强降水引发机制出发, 利用湿焔平流、总能量、假相当位温等进行了详细分析, 结果表明, 强降水第一阶段是由热带风暴外围螺旋云系带来的, 第二阶段是西南低空急流促发的结果, 第三阶段主要是位势不稳定引发的局地强降水。

**关键词:** 强降水; 螺旋云系; 中小尺度雨带; 湿焔平流; 位势不稳定

中图分类号: P458.1+2L.1 文献标识码: A

## Analysis of a staged heavy precipitation caused by severe tropical storm

CHEN Yi-fang<sup>1,2</sup>, WU Li-juan, XU Jin-hong

(1. Department of Atmospheric Science, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China; 2. Putian Meteorological Office, Putian 351100, China)

**Abstract** The 2006 strong tropical storm “Bilis” brings lasting heavy rain in Putian from July 14 to July 17. Though the rain lasts long, its staged character is rather distinct. Starting from the triggering mechanism of different stages of the rain, this article makes a detailed analysis with wet enthalpy advection, total energy, pseudo-equivalent potential temperature etc. The analysis result shows the first stage is brought by spiral clouds band circled outside the tropical storm, the second stage is the result of the southwesterly low-level jet, the third stage’s local strong precipitation is caused by the potential instability.

**Key words** heavy precipitation; spiral cloud system; mesoscale/microscale rain belt; wet enthalpy advection; potential instability

2006年 0604号强热带风暴“碧利斯”生成后路径稳定, 向西北方向移动, 7月 13日 23时许在台湾宜兰附近登陆, 14日 12时 50分在福建霞浦再次登陆。登陆后风暴中心偏西移动, 逐渐减弱为热带风暴, 并于 15日 01时进入江西境内。15日 15时进一步减弱为热带低压后西南移动影响湖南南部 (如图 1)。“碧利斯”所经之处都出现强风暴雨, 给福建、江西、湖南 3省带来了极大的灾害。

受其影响, 莆田市出现长达 4d出现强降水, 山区涝灾、局地山体滑坡、崩塌严重。综合统计气象观测站、自动气象站及水文雨量站降水资料, 绘制如图 2。可见, 莆田全市过程降雨量均大于 100mm, 其中仑尾雨量达到 604mm, 是过程最大值。雨量分布呈现

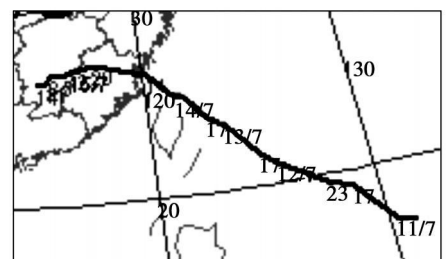


图 1 “碧利斯”路径图

Fig 1 Path of “Bilis”

收稿日期: 2007- 07- 19 修订日期: 2007- 10- 23

作者简介: 陈艺芳 (1981- ), 女, 工程师, 主要从事气象预报方面研究. E-mail: chen yifang1121@126.com

东南—西北走向, 有序地从东南沿海向西北山区有序递增。西部、西北部山区的过程雨量都超过 250 mm, 是全市的降水集中区, 包括有 2 个站雨量大于 500 mm, 5 个站超过 400 mm。

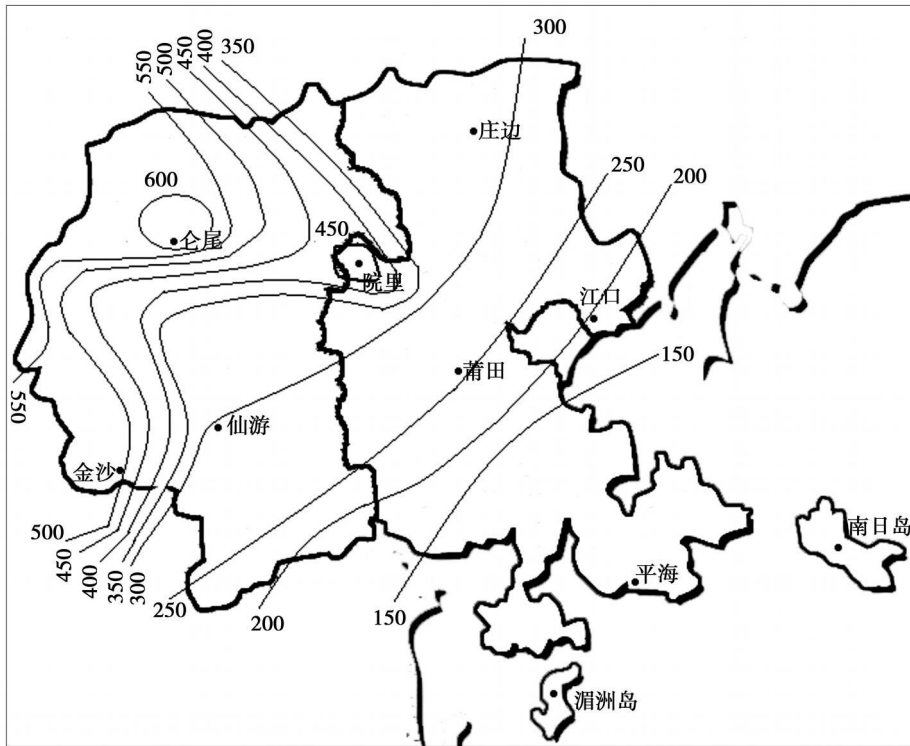


图 2 14日 08时至 17日 08时莆田市雨量分布图(单位: mm)

Fig 2 Rainfall distribution in Putian from  
& 00 on 14th to 8: 00 on 17th( unit mm)

# 1 成因分析

此次持续性强降水过程总体上可分为 3 个阶段: 第 1 阶段为强热带风暴外围螺旋云系降水过程 (14日 08时至 16时); 第 2 阶段为西南急流引发的强降水过程 (15日 02时至 16日 02时); 第 3 阶段为加强的副热带高压边缘局地不稳定强降水过程 (16日 11时至 17日 08时)。下面就这 3 个阶段的降水成因逐一进行分析。

## 1.1 登陆前后 4h (14日 08时至 16时) 属螺旋云带降水

由于“碧利斯”在洋面上移动、发展时, 其西北侧的螺旋云系没有得到充分的发展, 是降水弱区。然而它在 13日 23时许登陆台湾宜兰后, 其西南、南侧的卷云流出逐渐减弱, 东南部、东部及东北侧的卷云流出反而更加明显, 说明强热带风暴 1, 2 限象内的辐散在快速加强, 预示着“碧利斯”东侧到北侧的螺旋云系将有所发展, 这可能也是“碧利斯”经过台湾岛而强度却没有衰减的原因之一。在 14日 02时的 R 图上, 强热带风暴东北侧螺旋云带中已有强对流云团生成, 而且随着强热带风暴登陆霞浦, 对流云团也给莆田带来第一阶段的降水。

因为此对流云团发展得较晚且范围小, 移进大陆影响福建时中心位置已略偏西, 强度减弱快, 所以这一阶段的降水特点是: 分布均匀, 总降水量少。阶段总雨量在 20~ 30 mm 之间, 是 3 个降水时段中最少的。

## 1.2 低空西南急流下的中小尺度雨带降水 (15日 02时至 16日 02时)

### 1.2.1 主要影响雨带分析

15日 01时强热带风暴减弱为热带风暴, 进入江西境内, 风暴中心开始转向西南移动。在福建省上空

700hPa 850hPa均受西南急流控制, 闽中南沿海低层有明显的风速辐合, 这样的环流配置极易在低层诱生中小尺度降水云团<sup>[1]</sup>。分析这一时段的雷达图可见, 15日 15时海峡西侧强回波带呈北北东—南南西向 (a1), 与低层的东南偏南风相对应; 在广东东部到莆田一带沿海地区有另一强回波带 (a2), 呈东北—西南向, 与低层的西南风相对应, 两条回波带北段在莆田汇聚, 说明 15—16时在莆田上空有东南风与西南风的切变。

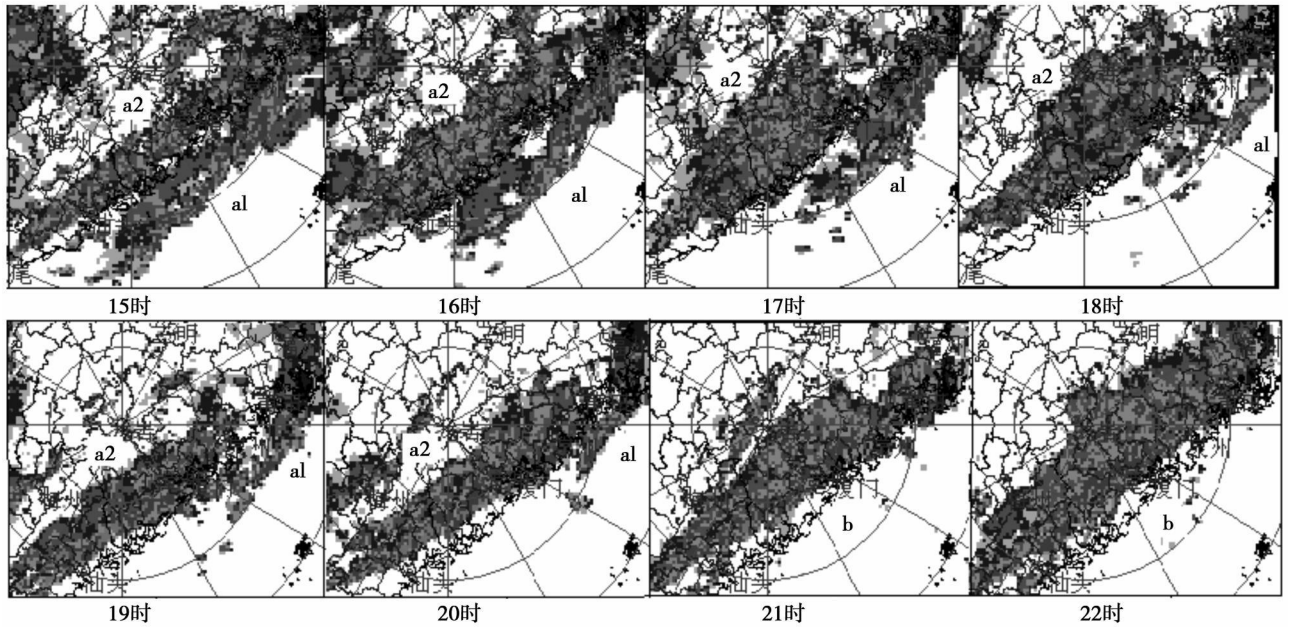


图 3 15日 15时至 22时 CR(38)雷达图

Fig 3 Tadarmp ap ofCR(38) from 15: 00 to 22: 00 on 15th

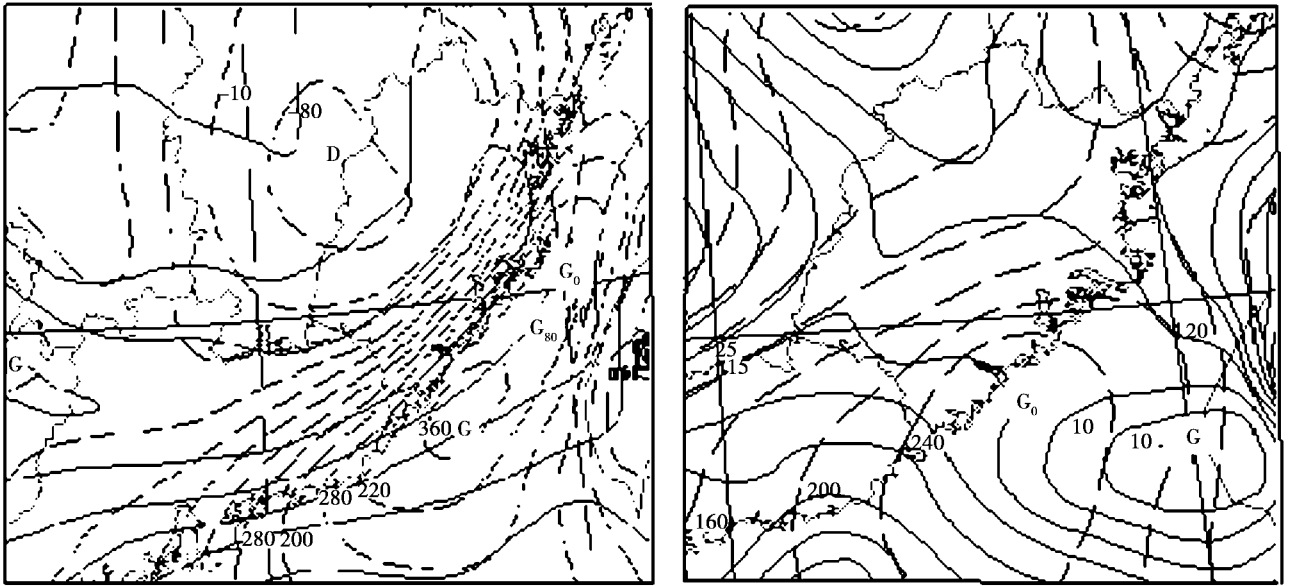
a1雨带: 15时 58分雨带上 45~50dbz的强对流单体开始从海峡南部往东北偏北方向移动进入平海、南日岛等沿海地区, 17时后雨带在移动的同时, 其上的强对流单体却向东北方向发展, 以至于 a1雨带上的强对流回波逐渐向其东部边缘发展, 雨带主体偏移到海上, 莆田沿海地区的降水开始减弱。

a2雨带: 自 15日 15时形成后, 在低空西南急流下强对流单体不断生成、合并, 到 17时强回波中心一直维持在广东东部到厦门一带沿海地区, 以原地生消、更替为主。20时起 45~50dbz的强对流单体逐渐向东北伸展, 影响莆田的东南部地区。20时 56分与北上的 a1雨带南段连接, 合并成一条宽约 50km 强度在 35~55dbz之间的强回波带 (b)。b雨带形成后在莆田中部到沿海地区继续发展加宽, 22时的强回波带宽度已达 80km。23时起 b雨带开始从莆田市的东南部向西北纵向移动, 由于雨带上的强对流单体随着低空急流是往东北方向发展, 两者方向不一致, 故 b雨带在移动中减弱甚快, 16日 01时移入西北山区时强度只有 30~35dbz, 02时减弱的 b雨带对莆田市的影响结束。据莆田城关观测站降水资料, b雨带在莆田市中部维持了将近 5h(15日 21时至 16日 00时), 总降水量 97mm, 其中短时强降水更为明显, 23时仅 1h降水量达 44mm。

此阶段的降水特点: 分布不均, 主要落区在莆田市的沿海地区和莆田市中部。

### 1.2.2 压能、湿焔场综合分析

由图 4可见, 15日 08时在“碧利斯”的东南侧即广东东部到福建沿海有一压能密集带, 平行于海岸线, 压能高值中心在台湾海峡上空成狭长的带状。高湿焔中心位于我国的西南地区, 高湿焔舌从贵州沿广西、广东往东北伸至福建、浙江沿海, 故在福建境内是一个高湿焔区。但此时在福建中部沿海的湿焔密集带与压能密集带几乎平行, 因而无明显降水。08时后高湿焔区逐渐向北拓展, 等湿焔线走向也由原来的东北—西南向逐渐顺时针转为西北—东南向, 逐渐与海岸线垂直。同时, 压能高值中心逐渐南压, 福建中南部压能密集带与等湿焔线的交角愈来愈接近 90°, 湿焔平流增大<sup>[2]</sup>, 莆田上空的斜压不稳定能量增强, 强降水也就越来越明朗。



(a) 7月15日08时

(b) 7月16日08时

图 4 850hPa压能、湿焔图 (虚线为压能线, 实线为湿焔线, 单位为  $^{\circ}\text{C} \cdot \text{g K} \cdot \text{J}^{-1}$ )

Fig. 4 Diagram of pressure energy and wet enthalpy for 850 hPa

(dashed line pressure energy, real line wet enthalpy, unit  $^{\circ}\text{C} \cdot \text{g K} \cdot \text{J}^{-1} = 144$ )

### 1.3 偏南气流下的不稳定局地强降水 (16日 11时至 17日 08时)

随着“碧利斯”减弱为热带低压并进入湖南境内, 海上的副热带高压迅速跟进, 高空三层均为一致的偏南气流。从雷达图上可以看出, 这一阶段的降水主要是由强度为 45~ 55bdz 的强中小尺度雨带纵向移动影响西北山区, 属于副热带高压边缘不稳定降水。因此, 这一阶段的降水特点是: 分布更不均匀, 主要落区在莆田市的西南部、西部及西北部山区。

#### 1.3.1 主要影响雨带分析

16日 11时闽中南沿海数条东北—西南向的细条状雨带发展, 雨带在往东北移动时逐渐合并, 14时在莆田市中部 (雨带 c1, 东圳库区) 和西北山区 (雨带 c2, 西苑、度尾一线) 各形成一雨带。随着 c1 雨带以 10km/h 左右的速度西北移动后, c1, c2 雨带 16时在西北山区 (西苑、度尾一带) 合并成一条约 20km 的强回波带 (c), 单体强度可达 55dbz, 而后, c 雨带向西北纵向移动, 时速达 10km, 19时便移出莆田市。受雨带上的强对流单体影响, 短时降水强度强, 仙游钟山镇观测站 5h (16日 11—16时) 雨量达 86mm。

19时后, 西北山区仍不断有零星的对流单体生成, 单体强度均可达 55~ 60dbz 故局地强降水更为突出。据钟山站观测, 17日 01时 1h 降水量达 41.4mm。

#### 1.3.2 假相当位温及总温度分析

通常  $850\text{hPa}\theta_{se} > 340\text{K}$  就表示高能量区,  $\theta_{se}$  的垂直分布可表示大气层结的位势不稳定性, 因此分析低空  $\theta_{se}$  的值及相应的垂直不稳定性便可找到不稳定降水的大致区域<sup>[3]</sup>。从 16日 20时和 17日 08时 850hPa 假相当位温场上看, 福建境内  $\theta_{se}$  在 354~ 360K 之间, 均大于 340K, 故在副热带高压西南侧偏南气流控制下的低层水汽极其充足。分析 17日 08时的  $\Delta\theta_{se} = \theta_{se, 700} - \theta_{se, 850}$  (如图 5(a)) 在厦门的北部、泉州沿海地区和莆田市存在一负值中心, 负值达 -12K, 这表明对流层中低层气层之间非常不稳定。在高能量区内层结的不稳定促发了此时段的局地强降水。

用总温度反映总能量的大小具有准保守性, 如果高空上下层总温度差异大, 即存在高能管, 则将有利于台风暴雨的发生, 台风暴雨通常出现在高能管的地区<sup>[2]</sup>。从 17日 08时  $\Delta T_t = T_{t, 700} - T_{t, 850}$  场 (图 5b) 可以看出, 莆田市 700hPa 与 850hPa 的总温度差值达 10 $^{\circ}\text{C}$ , 在中、低层之间形成了高能管, 这也是这一阶段局地暴雨出现的原因之一。

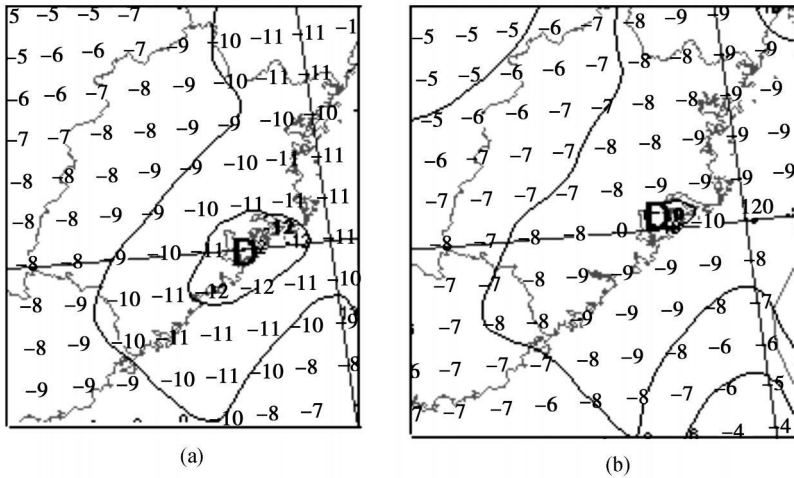


图 5 17日 08时 700hPa 850hPa假相当量位温差 ((a), 单位: K)和总温度差 ((b), 单位: °C)

Fig 5 Difference of pseudo-equivalent potential temperature ((a), unit K) and difference of total temperature((b), unit °C) between 700hPa and 850hPa at 17 T 8: 00

## 2 结语

(1)从雷达回波分析来看,莆田市连续 4d的强降水出现时间界限比较明显,而不是持续性的。整个降水过程主要包括登陆前后螺旋云系降水(第 1阶段)、低空西南急流下的中小尺度降水(第 2阶段)和副热带高压边缘偏南气流下的局地强降水(第 3阶段)。

(2)第 1阶段降水比较单纯,主要是热带风暴外围螺旋云系的作用,而后两个阶段的暴雨引发机制较为复杂且明显不同,第 2阶段降水是由低空西南急流促发,第 3阶段则是中低层位势不稳定作用的结果。

## 参考文献:

[ 1 ] 沈浒英,姜彤,吴宜进. 1998年长江流域暴雨洪水环流背景分析 [ J ]. 自然灾害学报, 2000, 9(1): 7- 12  
 [ 2 ] 陈瑞闪. 台风 [ M ]. 福建科学技术出版社, 2002 575- 580  
 [ 3 ] 朱乾根等. 天气学原理 [ M ]. 气象出版社, 2000 440-444