

0604 号强热带风暴“碧丽斯”演变特征及灾害成因初步研究

Primary Research of the Evolvement Characteristics and Disaster Reasons of Strong Tropical Storm BILIS (0604)

周丽峰/ZHOU Li-feng

陕西省气象台, 西安 710015

Meteorological Observatory of Shaanxi Province, Xi'an 710015, China

[摘要] 0604 号强热带风暴“碧丽斯”是一个怪异的热带气旋, 具有“偏心结构”, 外围风速远大于中心附近、登陆后残留低压长时间维持、登陆西行过程中引发华南和江南南部地区持续强降水等特点, 强降水给南方六省(区)造成重大灾害。分析表明, 风暴中心与北侧副热带高压之间的强气压梯度造成外围更大的梯度风, 华南和江南南部地区持续性强降水是风暴残留低压与外围螺旋云带、季风云涌相互作用所致; 而小流域洪水、泥石流等灾害正是由于持续性强降水所造成的。

[关键词] 热带气旋; 演变特征; 灾害; 成因分析

[中图分类号] P444

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2006)09-0016-05

Abstract: The strong typical storm BILIS (0604) is a oddball typical cyclone. Its structure is eccentricity, and the wind speed in its periphery is greater than that in its center. The storm persisted for a long time after landfall, and it gave birth to heavy rain for a long time in southern China and the southern Yangtze River basin, which produces severe disasters in six provinces. The analysis finds that the greater pressure gradient between the storm center and its northern subtropical pressure, the stronger gradient wind in the storm's periphery. The durative rainstorm in southern China and the southern Yangtze River basin in longer period is the action production one another among remnant low pressure, twist cloud zone and monsoon cloud surge; moreover, it is the heavy rainfall that caused the disasters, such as flood, mud-rock flow, landslide of the mountains, falling and the downthrow of the earth etc. in some smaller valleys.

Key Words: typical cyclone; evolvement characteristics; disaster; reasons analysis

CLC Number: P444

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2006)09-0016-05

1 引言

2004-2005 年东南沿海地区受到热带气旋的严重影响, 带来的强降水和大风造成了严重灾害。这些热带气旋的演变也很有特点, 如 0407 号“蒲公英”建国后在浙江登陆最早记录; 0428 号“南玛都”创浙江最晚受影响记录。2004 年 7 个热带气旋影响影响最多记录, 0418 号“艾利”登陆福建沿海后, 沿海岸线折向西南移动; 0414 号“云娜”和 0515 号“卡努”在浙江大陈站分

别创造 58.7 m/s 和 59.5 m/s 最大风记录; 0514 号“泰利”深入内陆与西风带系统结合, 在庐山、大别山区产生强降水。2005 年在南海和西太平洋生成的热带气旋总数偏少, 却有 5 个登陆闽、浙, 它们的共同特点就是带来强降水^[1-2], 很值得关注^[3-5]。

2006 年 5 月至 8 月上旬, 热带气旋活动同样很有特点。“珍珠”于 5 月 9 日生成, 18 日登陆广东, 初台生成时间虽较常年偏迟, 却创造建国后登陆大陆的最早记录;

“碧丽斯”、“格美”登陆后西行, 在华南和江南南部造成强降水。热带气旋登陆大陆比例偏高, 至 8 月上旬生成的 9 个热带气旋中, 有 6 个登陆。造成严重影响的“碧丽斯”至登陆仍未加强为台风; “派比安”只用不到 2 d 就从一个热带低压发展成为台风; “桑美”从 8 月 8 日 23 时起仅用 21 h 风速就由 35 m/s 增强到 60 m/s, 这些都与特定的环流背景密切相关。

“碧丽斯”的强度与路径演变、风力及

收稿日期: 2006-08-13

作者简介: 周丽峰, 女, 陕西省气象台, 高级工程师, 主要从事天气分析研究与预报; E-mail: lifeng2008@sohu.com

人民出版社, 1980: 40-46.

[4] 胡明宝, 高太长, 汤达章. 多普勒天气雷达资料分析与应用[M]. 北京: 解放军出版社, 2000: 180-185.

[5] 俞小鼎, 姚秀萍, 熊延南, 等. 新一代天气雷达原理与应用讲义[M]. 北京: 中国气象局培训中心, 2000: 165.

[6] 张沛源, 陈荣林. 多普勒速度图上的暴雨判据研究[J]. 应用气象学报, 1995, 6(3): 373-378.

[7] 俞小鼎, 姚秀萍, 熊延南, 等. 新一代天气雷达原理与应用讲义[M].

北京: 中国气象局培训中心, 2000: 236-240.

[8] 戴建华, 徐秀芳, 王坚捍. 用 WSR-88D 多普勒雷达资料分析上海的飑线[C]//中美强对流天气临近预报技术国际研讨会文集. 北京: 气象出版社, 2004: 86.

[9] 郑媛媛, 等. 2002 年两次强对流天气多普勒雷达资料分析和临近预报[C]//中美强对流天气临近预报技术国际研讨会文集. 北京: 气象出版社, 2004: 85.

(责任编辑 黄永明)



图1 U604号强热带风暴“碧利斯”路径图

注: 资料来源于国家气象中心(NMC)
“碧利斯”强热带风暴分析材料

Fig. 1 The trace of strong typical storm BILIS (0604)

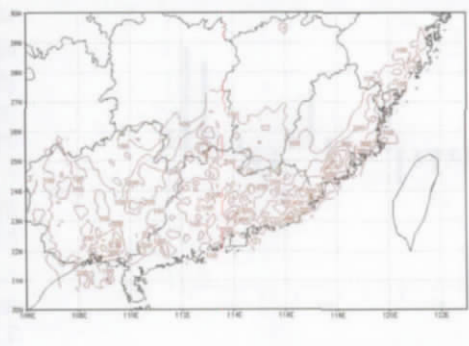


图2 7月14日08时-19日08时降水总量
(单位: mm)

Fig. 2 The total precipitation amount from 08:00, 14 July to 08:00, 19 July (unit: mm)

降水分布表现异常, 特别是在其强度逐渐减弱并西进过程中与其他系统结合引发了持续性强降水, 在华南和江南南部地区造成严重洪涝灾害。本文在分析其灾害特点和演变特征的基础上, 对灾害成因进行了初步研究。

2 强热带风暴“碧利斯”活动概况

2.1 “碧利斯”基本情况

0604号强热带风暴“碧利斯”(BILIS)于2006年7月9日14时(北京时间,下同)在菲律宾以东太平洋洋面上生成(图1),并缓慢西北行;11日14时加强为强热带风暴;13日22时20分登陆台湾宜兰县(975 hPa, 30 m/s, 第一次登陆),接着穿过台湾岛北部;14日03时进入台湾海峡;14日12时50分在福建霞浦县再次登陆(975 hPa, 30 m/s)。接着转偏西行,14日16时在闽侯县境内减弱为热带风暴(982 hPa, 23 m/s);15日01时进入江西,16时减弱为热带低压(989 hPa, 16 m/s)。此后,其强度虽继续减弱,但仍维持低压环流,同时转为西偏南移动;15日晚上进入湖南省南部,后又进入广西北部;18日消失在云南省东部。“碧利斯”登陆前后及沿途在闽、浙、粤、赣、湘和桂六省(区)都造成了强降水(图2),东南沿海地区还伴有12级以上大风。强降水和大风造成了严重的灾害。

2.2 主要灾害特点

“碧利斯”的影响较复杂,登陆前后在福建、粤东北和浙东南有强降水,浙江沿海持续12级以上大风;登陆后,螺旋云带中的对流云团在闽、浙、赣和粤等省造成强降水;西进过程中,螺旋云带、残留低压与季风云涌相结合,在湘中南、粤中北和桂东北产生强降水,这时闽中南至浙东南则受到外围后续云团影响而维持强降水。至7月24日16时的不完全统计,大风和强降水共

造成闽、浙、赣、湘、粤和桂六省(区)2 962.2万人受灾,因灾死亡612人,失踪208人;农作物受灾面积115.8万 hm^2 ,绝收26.2万 hm^2 ;倒塌房屋26.5万间,损坏房屋32万间;直接经济损失266亿元。其中湘、粤、闽和桂四省(区)尤为严重。

受其直接影响,7月13-14日(登陆前后)福建北部有强降水,其中长乐、福鼎和柘荣分别为203 mm、312 mm和317 mm;15日凌晨至19日为后续影响,15日08时至16日08时,漳浦、平和分别为429 mm和409 mm;7月16日08时至17日08时,同安、安溪分别为306 mm和335 mm。

由于外围强气压梯度存在,浙江省7月14-15日自南向北出现持续性大风;登陆前后降水主要来自螺旋云带中的对流云团,后续影响阶段降水主要来自于外围螺旋云带与季风云涌的叠加。最大过程降水量在碓头站,超过500 mm。

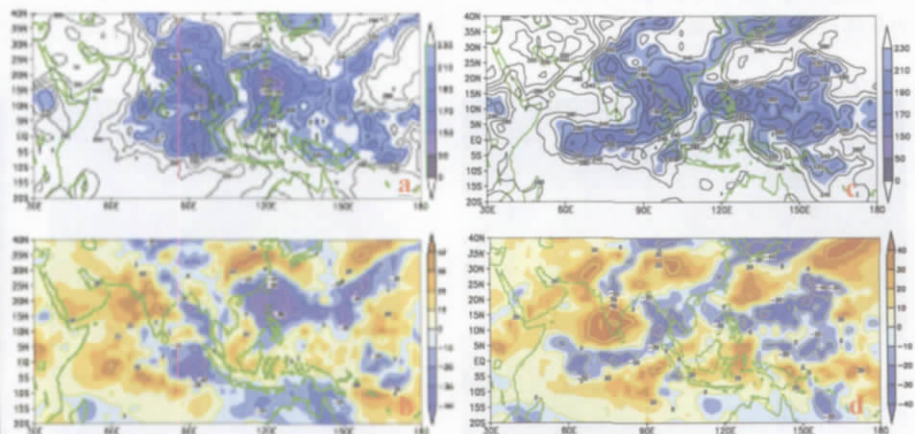


图3 候平均射出长波辐射量(上)及距平(下)

注: 左为7月11-15日,右为7月16-20日;资料来源于国家气候中心(NCC)

Fig. 3 Pentadly outgoing longwave radiation (OLR, top) and anomalies (bottom),

Left: 11-15 July, Right: 16-20 July

江西省受到“碧利斯”移经的直接影响及后续两种云团影响,大部地区有强降水,14-16日全省共有66个自动站雨量超过100 mm,其中5个站超过200 mm,定南站最大有239 mm。强降水引发小流域洪涝和地质灾害。

14日08时至17日08时,湖南湘南、湘东南雨量超过100 mm,永兴和郴州最大超过400 mm,其中14日永兴、资兴县分别为185.9 mm、191.5 mm,15日永兴、郴州、宜章县都超过200 mm。强降水引发严重洪涝和地质灾害,东江水库出现建库以来入库最大洪水,为百年一遇。

14日至17日晨约72 h内,广东粤东、粤北和珠江三角洲普遍出现了200~400 mm强降水,惠来等27站次雨量超过400 mm,其中潮州凤凰镇最大过程雨量587.4 mm,饶平等站1 h雨量超过100 mm。粤北、粤东的部分市县日雨量超历史记录,达百年一遇。

15日14时至19日08时,广西出现1960年以来7月最强暴雨,其中浦北、金秀、阳朔等县日雨量刷新当地历史记录,全区12个县超过250 mm,其中最大浦北站为476.8 mm。

2.3 环流形势背景

图3为7月第3候与第4候的平均射出长波辐射量及其距平的分布。两者相比,既有相似之处,又有明显差异。图3a与图3c相比,后者西太平洋的高值区有所加强,这与西太平洋副高加强有关,对“碧利斯”登陆后向偏西方向移动有利;两候相比,第4候南亚至印度洋地区的低值中心强度有所减弱,反映了该地区季风的加强。与此相伴的就是云涌的发展,这些云涌发展并东移时,在我国华南地区产生了强降水。图3b与图3d的距平值对比表明,7月第4候

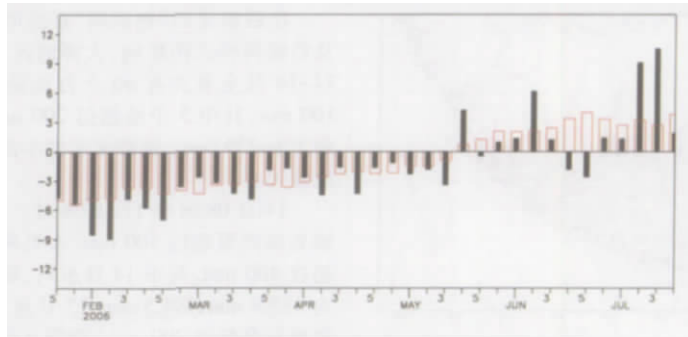


图4 南海监测区纬向风强度指数变化图

注: 方框为气候平均值, 单位: m/s

Fig. 4 Variation of zonal wind index over the South China Sea in China monitoring region

Note: the pane represents climate average, unit: m/s

从印度洋至华南地区低 OLR 区打通, 这意味着水汽和云涌通道的建立。

图 4 为南海地区纬向风的强度指数变化情况。从图中可以看到, 从 7 月第 2 候开始, 纬向风有强烈爆发。这是一个重要特征, 这种纬向环流的强烈爆发有其多方面的作用, 主要表现在: 向华南地区输送大量水汽, 这是“碧丽斯”登陆西进过程中产生强降水的重要原因之一; 强纬向气流的维持对“碧丽斯”登陆后西进过程中强度的维持发挥着作用, 其登陆后能够维持长达 5 d (120 h) 的时间, 就是与这支强偏西气流有一定的关系, 基本机制就是这支偏西气流与残留低压以北大陆高压的偏东气流加剧了低压环流, 这有利于低压环流维持。

3 演变特征

“碧丽斯”的演变与引发的灾害表现异常, 突出表现在其自身强度不强, 但影响范围广, 造成的灾害严重; 登陆后前期减弱较快, 但残留低压却长时间维持, 直至深入云南东部; 与强热带风暴相伴随的风力不大,

但在远离风暴中心的浙江沿海却造成了大风; 不仅风暴登陆前后在沿海地区有较强降水, 随着风暴中心西进, 沿途产生了更强的降水, 等等, 都有着不同于一般热带风暴的特征^[9]。

3.1 强度变化

“碧丽斯”最强时仅达到强热带风暴强度。与以往热带气旋经过台湾岛时其强度明显减弱不同的是^[7], 其经过台湾时强度未发生变化 (维持 975 hPa, 30 m/s), 经过台湾海峡时继续维持该强度直至登陆。登陆以后在福建境内, 用 3 h 便减弱为热带风暴, 但此后其强度减弱速度就明显减慢, 大约经过 24 h 至 15 日 16 时才减弱为热带低压。期间正是赣南、湘南、粤北地区第一个强降水集中期。

3.2 “偏心”结构

“碧丽斯”表现为明显的“偏心”结构。图 5a 为“碧丽斯”登陆台湾前的红外云图, 可看到明显的“偏心”结构, 表现为中心以北云系发展不旺。造成这种“偏心”结构的原因在于北侧副高旺盛, 下沉气流不利于

风暴云系发展, 当螺旋云带沿着风暴中心旋转至第一、二象限时, 受这支下沉气流抑制而减弱。图 5b 为 13 日的红外云图, 离初次在台湾东部登陆不到 1 h, 仍可看到这种明显的“偏心”结构。图 5c 为 14 日凌晨的红外云图, 这时风暴中心还在海峡, “偏心”结构继续维持, 风暴中心云系发展不明显, 但云系结构有新的变化, 就是风暴中心附近开始出现云团发展。图中红色箭头处就是正在发展中的对流云团。

3.3 风力分布

“碧丽斯”中心附近的风力不大, 最强阶段仅为 30 m/s , 但登陆前后及其深入到内陆后沿海地区却维持 12 级以上大风。受其外围影响, 13-14 日福建中北部沿海地区出现 12 级东北大风 (北部沿海西洋海岛站 38.9 m/s)。登陆前后, 浙江沿海海面风力普遍达到了 10-12 级大风, 其中南部沿海海面达到 13-14 级 (洞头县小门站 43.1 m/s , 玉环站为 42.0 m/s)。可见, 大风区主要分布在离该风暴中心 50-200 km 的范围内, 强度明显强于风暴中心附近。

3.4 低压维持

“碧丽斯”13 日晚在台湾东部首次登陆, 14 日中午在福建沿海再次登陆, 此后其残留低压维持至 18 日, 出现了罕见的长生命史。以往登陆后深入内陆并长时间维持的台风多数登陆于浙江沿海, 且大多未经过台湾而没有受到减弱, 有利于其往内陆移动。5207 号、7503 号和 7504 号台风登陆后的持续时间分别为 129 h、101 h 和 119 h^[10], 且都为登陆后向西北方向移动^[9]。与此不同, “碧丽斯”登陆后则基本向西南移动, 且维持时间长达 120 h。

3.5 低压西行

“碧丽斯”自 7 月 9 日生成至 13 日晚在台湾东部登陆, 14 日下午在福建登陆, 其移动方向都较为稳定, 且移动速度也较接

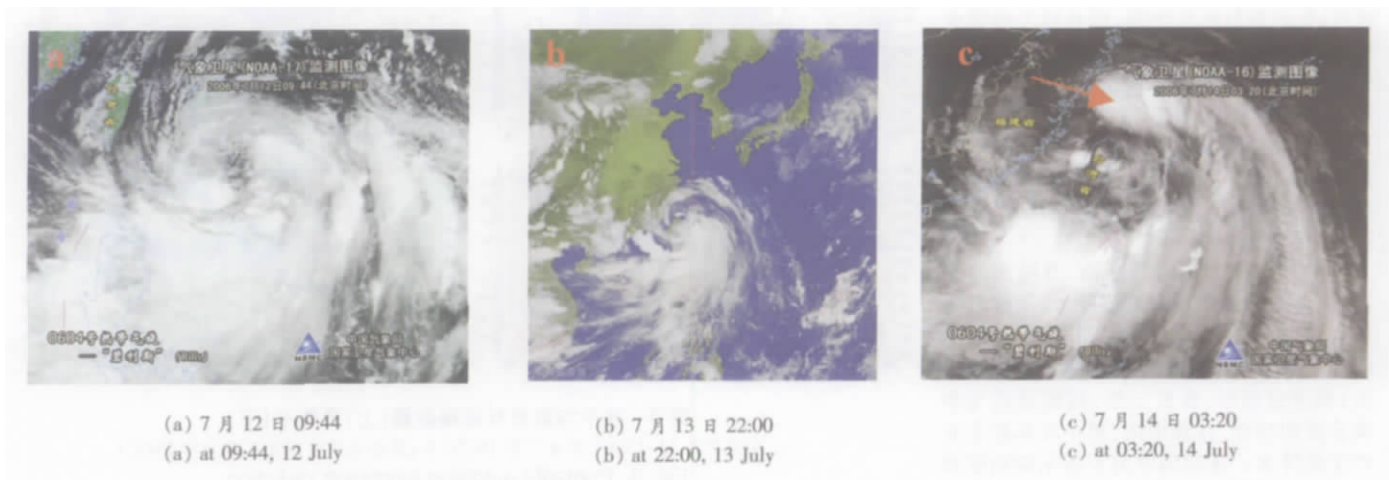


图5 0604 号“碧丽斯”红外云图

Fig. 5 The IR cloud image of BILIS (0604)

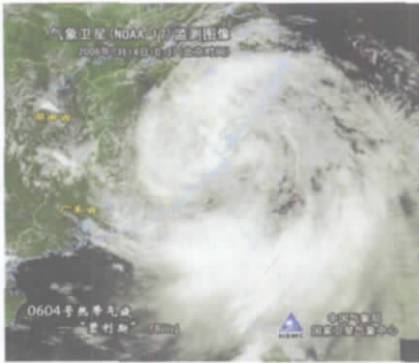


图6 7月14日10:37“碧利斯”
的红外云图

Fig. 6 The IR cloud image of BILIS
at 10:37, 14 July

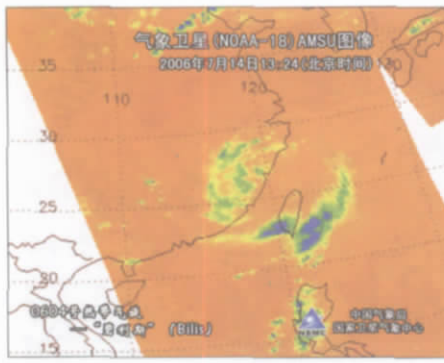


图7 7月14日13:24“碧利斯”
微波亮温图像

Fig. 7 The AMSU image of BILIS
at 13:24, 14 July

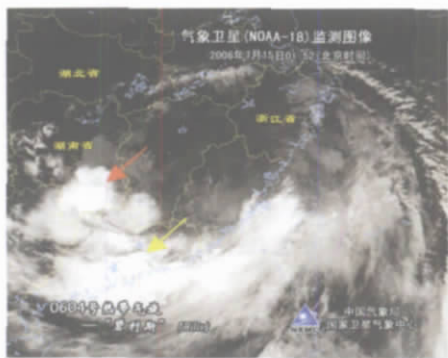


图8 7月15日01:52 NOAA-18
获得的红外云图

Fig. 8 The NOAA-18 IR image of
BILIS at 01:52, 15 July

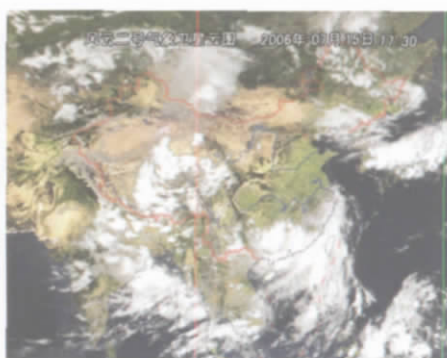


图9 7月15日17:30风云-2C
获得的红外云图

Fig. 9 The FY-2C IR image of BILIS
at 17:30, 15 July

近于热带风暴登陆后在大陆上的平均速度。然而,在其登陆大陆后,其移向基本稳定为西偏南,穿越福建后经过江西中南部、湖南南部、广西北部,直至云南东部。分析发现,这种比较稳定向西偏南移动的原因,主要在于风暴环流北侧副热带高压的阻挡,它迫使风暴自东向西移动而无法北移。

4 灾害成因的基本分析

4.1 大风成因

“碧利斯”登陆前后,外围的风速(12级以上)远比风暴中心附近(30 m/s)为大,这与当时特定的环流背景有关。该强热带风暴本身带来的大风是基本原因。随着风暴

向大陆靠近,浙闽沿海地区风力逐步加大。在西进过程中,正好与北侧加强和西伸的副高间形成强气压梯度,正是这一气压梯度造成了沿海地区强而持续的大风。福建北部和浙江、上海沿海海面以及沿海地区的大风就是在上述两种因素的共同作用下形成的。此外,当该风暴离开福建继续西行时,其中心附近风力减弱较慢,也是与这一气压梯度的维持有密切关系。

4.2 强降水成因

热带气旋登陆并深入内陆过程中,与西风带系统相遇而引发强降水的现象在我国多有发生,如河南“75.8”暴雨就是7503号台风的残留低压深入到河南境内与西风带弱冷空气结合造成的。与此不同,在“碧利斯”低压环流的组织下,它所带来的云团与季风云涌结合,在华南、江南南部产生了强降水。这种相互作用的形式包含着以下3种因素:“碧利斯”残留低压的气旋性环流,这对季风云涌起着重要的组织作用;

“碧利斯”螺旋云带中所包含的大量对流云团,这些云团本身也可以产生较强的降水;来之南海和西南方向的季风云涌,其中包含有大量水汽和对流云团,与“碧利斯”低压和螺旋云带中的对流云团相结合,通过这种有效配置和共同作用,华南和江南南部地区自东向西产生了持续性的强降水。

图6和图7为“碧利斯”登陆前后的极轨卫星红外云图和微波亮温图像,可以看到2个时刻强降水都集中于风暴中心东南侧,而降水的次强区则位于风暴西侧,这时南海季风云团已被卷入了风暴环流中,并被组织成为螺旋云带,但西南季风云团的发展不明显。这表明,西南季风云团与“碧利斯”残留低压的作用是在其登陆西进以后开始的。

图8为7月15日01:52由NOAA-18获得的红外云图。与图6不同,这时西南季风云涌东移,已与低压环流云团结合,这是

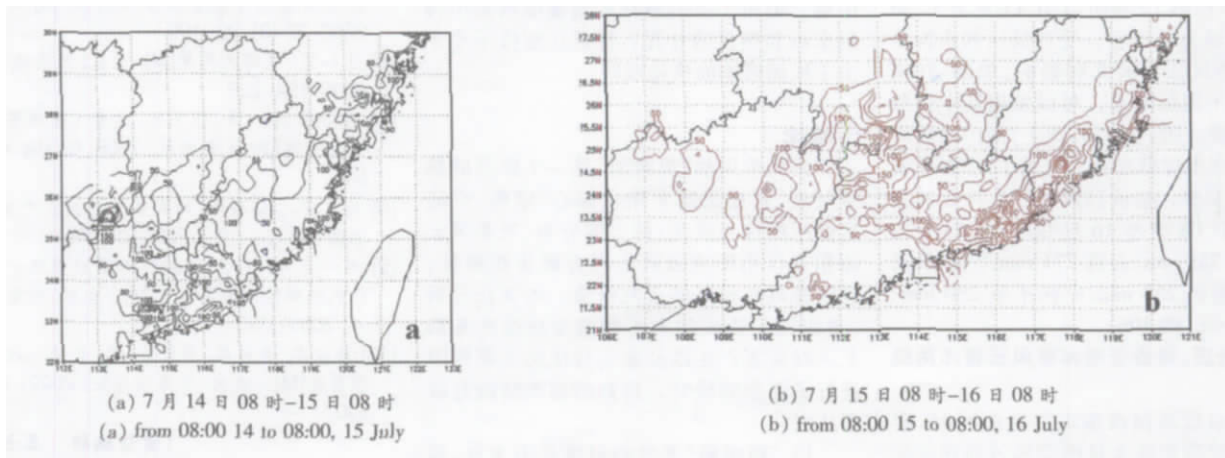


图10 24小时降雨量

Fig. 10 The precipitation amount in 24 hours

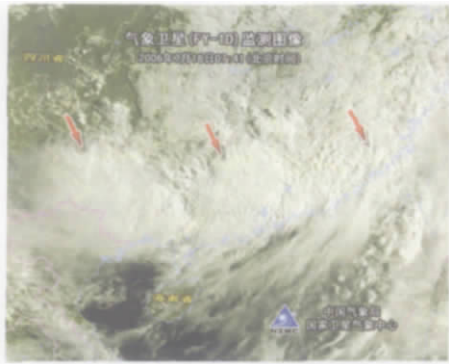


图 11 7 月 16 日 07:41 “碧丽斯”的
FY-1D 可见光云图

注: 红色箭头为对流云团所在位置。

Fig. 11 The BILIS's FY-1D visible light
cloud image at 07:41, 16 July

Note: the red arrowhead represents
convection cloud system position.

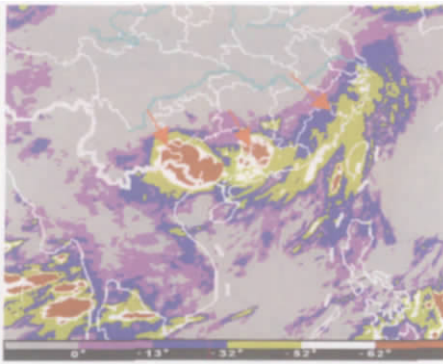


图 12 7 月 16 日 08:00 “碧丽斯”的
FY-2C TBB 图像

注: 红色箭头为对流云团所在位置。

Fig. 12 The BILIS's FY-2C TBB
image at 08:00, 16 July

Note: the red arrowhead represents
convection cloud system position.

很重要的变化, 相应地在赣西南、湘东南和粤北出现强降水。图 9 为 15 日 17:30 的红外云图, 上述不同系统的作用已显清晰, 有 3 支气流共同作用于华南和江南南部地区, 它们分别为: 西南季风气流, 其特点是与强烈发展的季风云团紧密地耦合在一起;

来之南海的偏南气流, 携带大量的对流云团; 副热带高压南侧的偏东北气流。在上述 3 支气流共同作用下, 华南地区中尺度系统强烈发展。从图 8 可以看到, 湘、粤、赣三省交界地区对流云团的强烈发展 (图中红色箭头所指), 表现为对流云团云系白亮、结构密实、云团范围较宽的特点。其中湘东南云团发展尤为旺盛, 这与该地区地面强降水出现的时间相对应。同时, 在广东沿海地区还有对流云团在强烈发展 (图中黄色箭头所指), 这时地面有强降水出现, 其中 14 日 08 时至 15 日 08 时, 广东东部、北部出现强降水, 最大的博罗县泰美镇和乐昌县白石镇雨量分别达到 388.3 mm 和 346.8 mm (图 10a)。

图 11 和图 12 表明, 7 月 15 日下午“碧丽斯”减弱为低压后, 受到低压和南海季风、西南季风云涌的共同影响, 华南、江南南部持续出现强降水, 可以发现其中强烈发展的对流云团。在 TBB 图上, 两广地区对流云团云顶温度低于 -62°C (图 12)。对流云团的强烈发展, 造成该区域发生持续的强降水, 15 日 08 时至 16 日 08 时的 24 h 内福建长太 358 mm、云霄 271 mm、广东揭西 319 mm、潮州 258 mm、广西平乐 250 mm、阳朔 207 mm (图 10b)。

4.3 残留低压、螺旋云带和季风云涌作用机制

在残留低压向西偏南移动的同时, 南海和孟加拉湾地区大量的季风云涌相应地向东移动, 恰与该低压相遇, 通过低压的辐合作用, 加强了上升运动。同时, 把上述残

留螺旋云带和季风云涌合并起来, 不仅为强暴雨的发生提供了充分的水汽, 而且这些系统中本身带有大量的对流云团, 通过不同尺度对流云团的合并、不同高度层对流系统的叠加等集聚机制, 配合一定的地形条件, 使中尺度的对流系统强烈发展, 从而使新生的对流云团强烈发展, 最后导致了台降水的发生^[10]。岭南地区强降水来之于上述该区域强烈发展的对流云团, 这些对流云团的生成和发展是在有利地形条件下多个系统相互作用的产物。可以简单地分析一下这种相互作用的机制。西南季风、南海季风云涌中虽有对流云团组织起来, 但其组织性不够。在“碧丽斯”低压组织下, 增强该区域的上升运动, 使这些原有的云团聚集、合并起来, 最终有利于对流云团强烈发展; 西南季风和南海季风除了提供大量的对流云团外, 还输送了大量的水汽, 这对于残留低压长时间的维持有着重要的作用。这些作用的结果, 使得该风暴虽然沿途经过的是闽-赣山地、粤-湘-桂地区的南岭山地, 但由于及时地从西南暖湿气流中得到水汽和热量的补充, 使低压强度不至于由于地面摩擦而快速减弱。

5 结论

强热带风暴“碧丽斯”是一个怪异的热带气旋, 它在强度变化、“偏心”结构、登陆后低压维持与移动、风力圈分布、与季风云涌相互作用形成强降水等方面表现独特, 这些都具有很好的研究价值。本文在分析“碧丽斯”造成的灾害和演变特征的基础上, 对灾害产生以及演变特征的主要成因进行了初步的研究, 得到的初步结论有以下几点。

1) “碧丽斯”本身的强度并不太强, 最强时仅达到强热带风暴的强度, 但由于外围风力大引起的风灾, 特别是其登陆前后

及西偏南行进过程中的持续性强降水引起的小流域洪水与地质灾害等, 都造成了重大的人员伤亡和财产损失。

2) “碧丽斯”强热带风暴登陆后的残留低压长时间维持属历史罕见。它的维持有多方面的原因, 其中西南季风和南海季风所带来大量水汽凝结潜热的释放, 对于低压的维持起着重要的作用。

3) “碧丽斯”登陆先是偏西移动, 后折向西偏南方向, 主要受到了大陆高压的牵制。登陆后其强度在减弱, 加之本身强度不强, 而这一时期大陆高压却较强盛, 因此登陆后的移动主要是在大陆高压南侧气流引导下向西偏南移动。

4) “碧丽斯”登陆前后, 离风暴中心 50~200 km 范围内的风力远大于风暴中心附近, 这是由于风暴中心与其北侧的副高之间形成的强气压梯度所造成的。

5) 华南和江南南部地区持续的强降水是风暴残留低压与季风云涌相互作用所致。该低压对其外围的残留螺旋云带和季风云涌起着重要的组织作用, 不仅起到对对流云团的集聚作用, 而且也加强了上升运动, 有利于强降水的发生, 同时, 凝结潜热的释放所发生的减压作用有利于它自身的维持。

参考文献 (References)

- [1] 陈联寿, 罗哲贤, 李英. 登陆热带气旋研究的进展[J]. 气象学报, 2004, 62 (5): 541-549.
- [2] 李英, 陈联寿, 徐祥德. 水汽输送影响登陆热带气旋维持和降水的数值试验[J]. 大气科学, 2005, 29 (1): 91-98.
- [3] 林惠娟, 张耀存. 影响我国热带气旋活动的气候特征及其与太平洋海温的关系[J]. 热带气象学报, 2004, 20 (2): 218-224.
- [4] 端义宏, 余晖, 伍荣生. 热带气旋强度变化研究进展[J]. 气象学报, 2005, 63 (5): 636-645.
- [5] 何立富, 尹洁, 陈涛, 等. 0509 号台风麦莎的结构与外围暴雨分布特征[J]. 气象, 2006, 32 (3): 93-100.
- [6] 丁一汇. 高等天气学[M]. 北京: 气象出版社, 2005: 194-298.
- [7] 端义宏, 余晖, 伍荣生. 热带气旋强度变化研究进展[J]. 气象学报, 2005, 63 (5): 636-645.
- [8] 端义宏. “碧丽斯”的灾害为何这么严重[N]. 中国气象报 (一版), 2006-07-22.
- [9] 李英, 陈联寿. 湿地边界层对登陆台风维持机制影响的数值试验[M]. 北京: 气象出版社, 2003: 313.
- [10] 陈联寿, 徐祥德, 罗哲贤, 等. 热带气旋动力学引论[M]. 北京: 气象出版社, 2002: 211-290.

(责任编辑 王士泉)