

南海季风槽影响下热带气旋暴雨增幅的研究

卢 山 吴乃庚 薛登智

(广州中心气象台, 510080)

提 要: 使用 NASA 的热带测雨卫星 TRMM 资料、常规气象观测降水资料、NCAR/NCEP-2 再分析资料及 NCEP 全球数据同化系统(GDAS)资料,分析研究南海季风槽伴随热带气旋登陆华南而导致热带气旋暴雨强烈增幅的事实,并根据观测事实提出季风槽伴随热带气旋登陆华南的定义。结果表明:(1)南海季风槽伴随热带气旋登陆导致热带气旋降水强烈增幅的天气现象发生在盛夏季节;(2)环流背景表现为副热带高压带状西伸,稳定控制华中一带;同时,西南季风活跃,南海季风槽位于南海北部之时;(3)热带气旋登陆后的填塞消亡时间因为季风槽的伴随而大大延长,热带气旋云系有再生、加强和扩展现象;(4)伴随登陆的季风槽对热带气旋暴雨无论是空间,时间,还是强度上均有强烈增幅作用,热带气旋暴雨在季风槽南侧延伸,尺度可达 1500~2500km。

关键词: 季风槽 热带气旋 TRMM 暴雨 增幅

Research on the Enhancement of Tropical Cyclone Rainstorm Influenced by Monsoon Trough of South China Sea

Lu Shan Wu Naigeng Xue Dengzhi

(Guangzhou Central Meteorological Observatory, 510080)

Abstract: The TRMM data, conventional observation data, NCAR/NCEP-2 reanalysis data and global data assimilation system (GDAS) data are taken to investigate the strong enhancement of tropical cyclone rainstorm when tropical cyclone accompanied with South China Sea monsoon trough lands in South China. Based on the observational facts, the event that the tropical cyclone accompanied with a monsoon trough lands in South China is defined. The results show that strong enhancement of tropical cyclone rainstorm usually happened in July to September. The synoptic-climatic characteristics are that subtropical high intensifies zonal spreading westerly and dominates over middle China. Meanwhile, South China Sea monsoon is in its active period, South China Sea monsoon trough locates over north of South China Sea. The lifetime of tropical cyclone after its

广东省科技厅项目“登陆或严重影响广东台风的预报预警技术研究”(编号:2007B30604016)资助

收稿日期:2007年11月12日; 修定稿日期:2008年1月26日

landing is prolonged due to the accompanying South China Sea monsoon trough. Cloud system of tropical cyclone has a process of regeneration, strengthening and spreading. Tropical cyclone rainstorm gains strong increment on rainfall intensity and tropical cyclone lifetime. The rainfall area stretches on the south of the monsoon trough about 1500~2500km.

Key Words: monsoon trough tropical cyclone TRMM rainstorm enhancement

引 言

夏季南海季风槽是南海主要的天气系统,它具有热带季风辐合带的典型结构,低层辐合,高层辐散,对流云系发展旺盛^[1-2]。盛夏时节,南海中北部季风槽活跃,与华南天气息息相关,季风槽中发展深厚的热带云团北上时常给华南带来充沛雨水^[3-4]。观测事实表明,热带气旋登陆后,强度迅速减弱,单一系统造成的强降水主要分布在登陆点附近,受灾面积不大;但当季风槽伴随热带气旋登陆华南时,热带气旋暴雨可剧烈增幅,且维持时间长,暴雨落区广,时空尺度均大为增长,常导致重大灾害。如 2006 年登陆华南的 0604 号热带气旋(Bilis),给华南周边六省带来连续性强降水及洪涝灾害,成灾面之广、持续时间之长及灾情之重,为多年罕见。热带气旋登陆所带来的暴雨是台风预报中的重要部分,对它的研究较多,也较深入和全面,如登陆点附近和外围暴雨分布^[5-9],台风和西风槽共同作用以及地形对台风暴雨的影响等^[10-12]。但是,迄今国内外有关季风槽伴随热带气旋登陆导致洪涝灾害的专题研究不多,深入分析研究季风槽伴随热带气旋登陆导致连续性强降水的形成和增幅机理,以及其环流特征,对进一步提高热带气旋暴雨预报水平、提高防灾减灾能力有重要的社会意义和经济价值。

1 资料说明

本文使用的资料包括:

(1) NCAR/NCEP-2 再分析全球逐日的平均资料^[13],网格分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$,包括 500hPa 位势高度场和 850hPa 水平风场。

(2) 统计部分用到了中国气象局台风年鉴资料、广东省气象台台风档案资料和常规天气图资料。

(3) 降水资料使用常规气象观测站降水资料以及 NASA 的热带测雨卫星 TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) 第 6 版本 3 级产品 (V6-3B42) 的 3 小时降水资料,覆盖范围 $0 \sim 360^{\circ}$ 、 $60^{\circ}S \sim 60^{\circ}N$,分辨率 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$; 本文将 TRMM 的 3 小时降水资料处理为日降水资料,然后将站点资料插值到 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ 的格点场中与 TRMM 资料进行分析和比较。

(4) TRMM 降水的背景场采用 NCEP 全球数据同化系统 (GDAS) 的逐日 4 次的 850hPa 水平风场,资料网格分辨率为 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 。

2 季风槽伴随热带气旋登陆华南的定义及其环流特征

根据多年观测事实,本文季风槽伴随热带气旋登陆华南的定义是:当热带气旋登陆华南陆地时,南海季风槽伴随北抬登陆华南;同时,南海季风活跃,850hPa 至 500hPa 南海北部和华南南部区域(厦门以南)转西南或西南西风,季风槽北侧为偏东风场,季风槽尺度超过 1000km。

通过对中国气象局台风年鉴资料、广东省气象台台风档案资料、常规天气图资料和

云图资料的甄别分析,我们发现 1997—2006 年登陆华南陆地(福建以南)的 41 个热带气旋中(热带风暴以上等级),有 8 个热带气旋有季风槽伴随登陆,它们分别是 9910 (York)、0013 (Maria)、0103 (Durian)、0104 (Utor)、0212 (Kammuri)、0218 (Hagupitr)、0604 (Bilis)、0605 (Gemei)。

本文通过对这 8 个热带气旋及季风槽的活动情况、大气环流、降水实况、灾害状况等的研究分析,发现如下特征:① 8 个例均发生在 7、8、9 月份内,连续降水时间为 4~6 天,洪涝灾害一般出现在广东、江西、福建、湖南、广西;② 这 8 个热带气旋登陆前的环流形势共同特征表现为:东环副高位置偏北,脊线在 28~32°N 间,稳定控制华中一带,华南盛行夏季风,季风槽位于南海北部,西南季风活跃(图 1);③ 季风槽登陆后,可北推至 27°N,一般呈东北西南走向,季风槽南侧有显著的西南风急流;④ 这 8 个热带气旋都没有达到强台风级别,中心最大风力 25~40m·s⁻¹,且南海台风占多数(6/8);⑤ 连续性暴雨降水随季风槽减弱南落而结束。

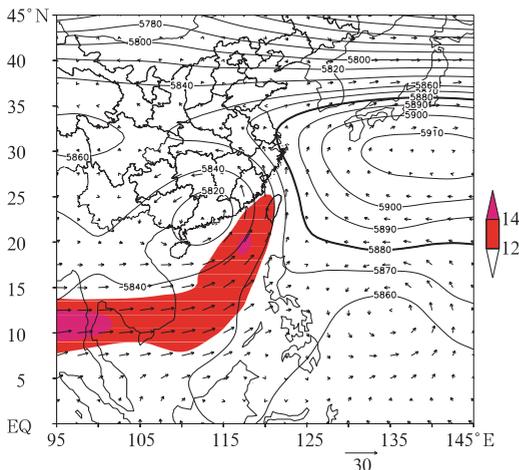


图 1 8 个有伴随季风槽登陆的热带气旋登陆当天平均 500hPa 位势高度场和 850hPa 水平风场阴影区为风场大于 12m·s⁻¹ 区域,加粗线为 5880 线,位势高度单位:gpm,风速单位:m·s⁻¹

本文以季风槽伴随 0604 号(Bilis)热带气旋(下称“碧利斯”)登陆华南导致降水强烈增幅的天气过程为例,并比较无季风槽伴随 0510 号热带气旋(Sanvu,珊瑚)登陆的情况进行分析和研究,试图揭示季风槽和热带气旋共同作用下产生连续性强降水的环流特征、降水结构、增幅机制和预报指导。

3 南海季风槽对热带气旋暴雨增幅机理分析

3.1 “碧利斯”概况

“碧利斯”2006 年 7 月 9 日生成于西太平洋西部洋面,向西北到西北西方向移动并逐渐加强为强热带风暴,2006 年 7 月 14 日在福建省霞浦沿海地区登陆,登陆后继续偏西行进入江西南部,15 日 17 时减弱成低压区。“碧利斯”引发的强降水从 14 日始至 18 日结束,共持续了 5 天。其中,14—15 日白天主要是“碧利斯”云系降水,暴雨落区主要位于“碧利斯”中心附近及其南侧;15 日夜间到 18 日强降水是季风槽支持下的“碧利斯”再生加强云带,也可说是季风槽云系。暴雨落区位于南岭附近及其南面的广东、广西;广东的北部和东部、湖南南部、广西东部以及浙江南部沿海、福建沿海的过程雨量达 200~500mm(雨量图略)。连续性强降水引发的洪水以及山体滑坡、泥石流等地质灾害给广东、广西、福建、江西、湖南、浙江 6 省带来了重大经济损失和人员伤亡,因灾死亡 612 人,失踪 208 人,因灾直接经济损失 266 亿元。

3.2 环流形势特征

2006 年 7 月 14—17 日,副热带高压脊线在 32°N 附近,呈带状西伸,西脊点位于 105°E;中高纬无明显西风槽东移,副高稳定控制华中一带,其南侧东风盛行;而南海南部

赤道高压的存在,标志着西南季风活跃和南海季风槽位置的偏北,季风槽从南海中部向东北东延伸至西太平洋关岛西北侧(图 2a)。“碧利斯”就是在季风槽东北端生成并发展,并循副热带高压南侧偏东南气流移动,季风槽也随“碧利斯”的西北移而整体北抬,并随“碧利斯”登陆福建而进入华南大陆;东北—西南走向的季风槽 14、15 日在广东境内,15 日后已经进入江西北部部和湖南南部(图 2b),季风槽南侧强盛西南急流深入至南岭。从天气图分析可知(图略),季风槽发展十分深厚,从低层至 200hPa 均清楚可见。正是这宽广而深厚的季风槽内季风扰动下不断地有强对流云团参合进“碧利斯”云系,从而使“碧利斯”降水范围扩大,降水时间延长,雨强加剧,给华南等地带来严重洪涝和地质灾害。

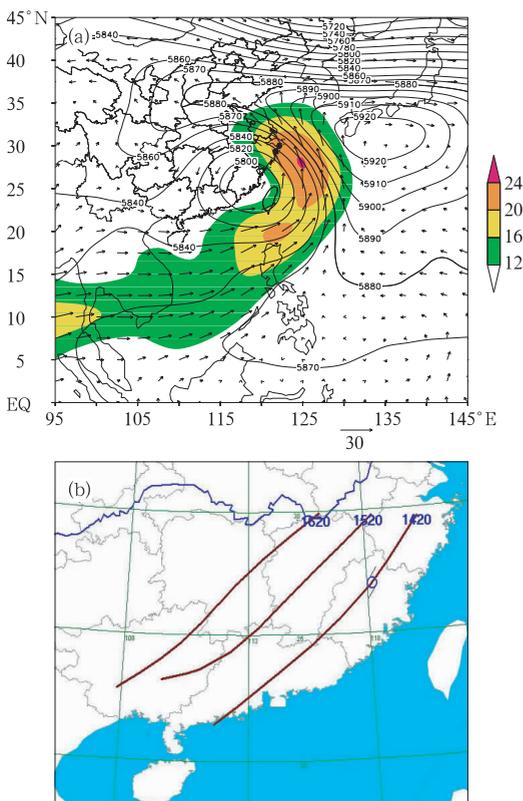


图 2 2006 年 7 月 14—16 日平均的 850hPa 风场和 500hPa 位势高度场(a)以及季风槽北进轨迹(b)

3.3 降水结构及增幅机理

TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) 是美国 NASA 和日本 NASDA 为探测热带地区降水和能量交换的一个合作项目。在国外,TRMM 卫星资料已被应用在热带气旋的结构诊断以及变分反演研究当中^[14-15];在国内,近几年也有学者应用 TRMM/PR 资料分析热带气旋结构、降水特征以及数值模拟,也都取得了较好的效果^[16]。其中的 3B42 资料是 TRMM 卫星与其他卫星和观测联合反演的降水产品^[17],其提供全球格点降水资料,该产品首先订正 TRMM/TMI 资料,并联合 SSM/I、AMSRE、AMSU-B 资料估值降水,其次利用全球降水气候计划(GPCP)的红外降水估值订正微波降水,再进行微波和红外资料联合估值。此外,3B42 还融合了地面的雨量计资料。所以该产品最大限度地利用了已有的探测资料,提供了每个标准观测时次每个网格降水的最优估值。本文利用 TRMM 提升轨道高度扩大范围后的第 6 版本的 3 级产品 3B42 (V6)(覆盖范围 0~360°、60°S~60°N,分辨率 0.25°×0.25°)并结合 NCEP 全球同化系统(GDAS)资料(分辨率 1.0°×1.0°)对“碧利斯”的结构和降水特征进行分析,以揭示季风槽对热带气旋降水的增幅作用。

透过 2006 年 7 月 13 日 12 时的红外云图(图略)和 TRMM 3B42 降水分布图(图 3)，“碧利斯”的云系结构清晰可辨：“碧利斯”中心密蔽云区不显著,三部分组织较好的螺旋云带组成“碧利斯”的不对称结构,分别为北支的逗状螺旋云带,东侧和南侧厚实的带状螺旋云带;整个云系结构呈南强北弱、东西不对称排列,分布范围 800~1000km 左右。此时南海季风槽呈东北—西南走向,“碧利斯”位于季风槽东北端。“碧利斯”横过台湾,登陆福建后,由于地形影响等原因快速减弱,

云系结构被破坏,北支和东侧螺旋云带消散,南支螺旋云带减弱;此时,南海西南季风活跃北上,西南急流涌入华南沿岸,季风槽进入华南东南部,“碧利斯”的南支螺旋云带由于季风槽南侧的西南急流卷入而再生加强,且其延伸线上季风槽云系迅速发展,降水云系东西向延伸达 2000~2500km,南北跨度 400~600km;季风槽内强对流云团发展强盛期是 15—17 日,带状季风槽云系覆盖整个华南及华东南部(图 4b1、b2、b3)。

TRMM 3B42 降水资料较精确地描述了季风槽伴随“碧利斯”登陆造成降水增幅过程

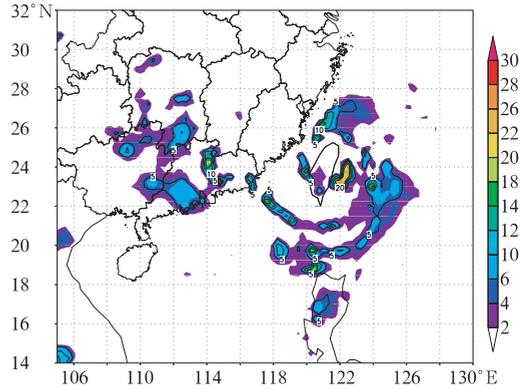


图3 2006年7月13日12时(UTC) TRMM(3B42)降水分布(单位:mm)

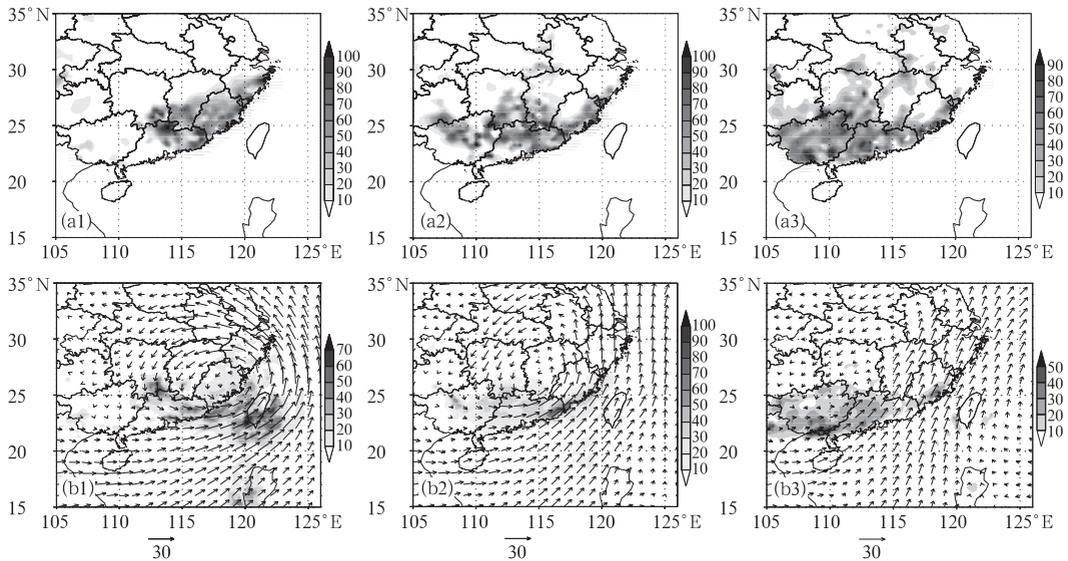


图4 2006年7月14—16日中国大陆观测站点逐日降水(a1,a2,a3)、TRMM逐日降水和850hPa水平风场(b1,b2,b3)分布(风速单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$;降水单位:mm)

和降水分布特征。图4给出了2006年7月14—16日“碧利斯”登陆后地面实测降水量和TRMM资料对应时间的逐日累计降水。分析结果表明,与地面实测雨量比较,尽管对于单点降水而言,实际降水量大于TRMM 3B42提供的格点24小时累计降水;但对于区域降水分布而言,TRMM资料提供的地表降水水平分布与实际降水落区基本一致,极值范围也有较好的对应,且降水随时间演变

也较为一致。如14日降水落区在广东东部、西北部和湖南南部(图4a1、b1),此时段是“碧利斯”系统云系降水为主导,中心降水达60~70mm;15日季风槽南侧降雨云带向西向北扩展,中心降水也加强至90~100mm,降水最大区域位于广东、湖南和江西交界附近(图4a2、b2);说明在季风槽作用下,“碧利斯”降水强度和范围正增幅是显著的;16日降水落区西移,降水中心位于广东西部和广

西南部(图 4a3、b3)中心减弱至 50mm 左右。由此可见,15、16 日的强降水是季风槽系统扮演主要角色,暴雨雨带落在季风槽南侧,并随季风槽西北移而整体西北移;其次,由于季风槽的伴随登陆,“碧利斯”降水过程无论是时间上,空间上,还是强度上都强烈正增幅:由于西南急流强盛北上,季风槽登陆后强势维持,“碧利斯”南支螺旋云带得以再生、加强、扩展,从而造成连续 4 天、横跨 6 省的连续性致灾暴雨。

对比 0510 (Sanvu) 热带气旋(下称“珊瑚”)登陆华南的降水过程,尽管“珊瑚”登陆

时热带气旋强度与“碧利斯”相近,密蔽云区和外围云带甚至比“碧利斯”还宽广(图略),但由于登陆时南海季风槽没有伴随北上(图 5),“珊瑚”登陆后快速填塞,降水仅维持一天左右;且“珊瑚”中心附近降水强度快速减弱:从海上时的 70~90mm(图 5a),登陆后迅速减弱至 40~60mm(图 5b),24 小时后仅剩零散云块(图 5c),强降水范围也局限在其东半圆。可见,在失去海洋暖湿气流和暖洋面的支撑后,孤立的热带气旋登陆后消亡速度是很快的。

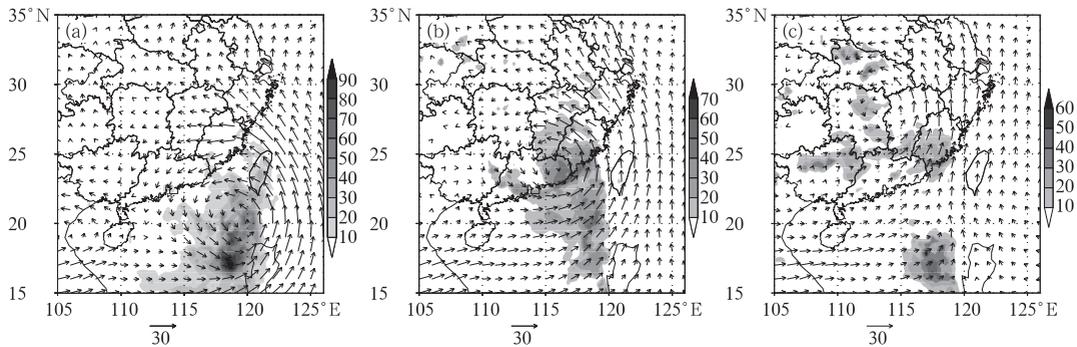


图 5 2005 年 8 月 12—14 日 850hPa 水平风场和 TRMM 逐日降水分布

(风速单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; 降水单位: mm)

事实表明,季风槽伴随热带气旋登陆造成的降水无论是强度、范围、持续时间都比孤立热带气旋带给大陆的降水为强。从天气学原理上,我们认为其原因主要有以下几点:热带气旋登陆后快速减弱的原因主要是原有的暖性洋面变成大摩擦的陆地,特别华南沿海的丘陵山区;其次是水汽输送被切断,CISK 机制中断。而当南海季风槽伴随热带气旋登陆华南时,季风槽南侧强盛的西南气流将南海暖湿气流带入热带气旋,维持了水汽输送;而且,季风槽是辐合对流系统,季风槽内垂直切变小,所以,热带气旋受到的削弱因素少,减弱的速度变缓,降水时间延长;另外,季风槽内季风扰动活跃,在强盛西南急流加入情

况下,热带云团强烈发展,雨强加剧,降水范围也大为扩展,因此热带气旋暴雨强烈增幅。值得一提的是,只有在利于南海季风槽北上和维持的大气环流背景稳定少动情形下,强降水才可以持续,而当此环流形势被破坏或发生变化时,强降水趋于结束。

4 结 论

本文在统计分析 1997—2006 年热带气旋降水资料基础上分离出季风槽伴随热带气旋登陆导致降水强烈增幅现象的个例,研究这一天气现象的环流背景,并以南海季风槽伴随“碧利斯”登陆过程为例,研究了这一现

象的环流形势,降水特征,增幅机理等。初步结果表明:

(1) 季风槽伴随热带气旋登陆导致降水强烈增幅发生在盛夏的7、8、9月份;

(2) 环流背景表现为副热带高压带状西伸,稳定控制华中一带;同时,西南季风活跃,南海季风槽位于南海北部;

(3) 热带气旋登陆后的填塞消亡时间因为季风槽的伴随而大大延长,热带气旋云系有再生、加强和扩展现象;

(4) 伴随登陆的季风槽对热带气旋暴雨无论是空间、时间,还是强度上均有强烈增幅作用,热带气旋暴雨在季风槽南侧延伸,尺度可达1500~2500km,降水时间可持续3~5天。

季风槽伴随热带气旋登陆华南的事实并非罕见现象,它带来的洪涝灾害是严重的,所以,在做热带气旋暴雨预报预测时,需非常关注这一天气现象出现的可能性。本文的结论提示了季风槽伴随热带气旋登陆的季节特点、环流背景和热带气旋暴雨分布特征,对预报业务有一定参考意义。需要指出的是本文的结果还是比较初步的,有关南海季风槽对热带气旋暴雨的增幅作用和深入机理今后将作进一步探讨。

参考文献

- [1] 伍荣生等. 现代天气学原理[M]. 北京:高等教育出版社,1999:195-200.
- [2] 潘静,李崇银. 夏季南海季风槽与印度季风槽的气候特征之比较[J]. 大气科学,2006,30(3):377-390.
- [3] 林良勋,冯业荣,黄忠,等. 广东省天气预报技术手册[M]. 北京:气象出版社,2006:86-93.
- [4] 黄忠,张东,林良勋. 广东后汛期季风槽暴雨天气形势特征分析[J]. 气象,2005,31(9):19-24.
- [5] Rodgers E B, Pierce H F. Environmental influence on typhoon Bobbie's precipitation distribution[J]. Journal of Applied Meteorology, 1995, 34(11): 2513-2532.
- [6] Kummerow C, Olsen W S, Giglio L. A simplified scheme for obtaining precipitation and vertical hydrometeor profiles from passive microwave sensors[J]. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., 1996, 34(5): 1213-1232.
- [7] 林爱兰,万齐林,梁建茵. 登陆华南热带气旋过程降水分析[J]. 热带气象学报, 2003,19(增):65-73.
- [8] 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.
- [9] 朱官忠,赵从兰. 登陆北上热带气旋的特大暴雨落区探讨[J]. 气象,1998,24(11):16-21.
- [10] 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):541-548.
- [11] 朱洪岩,陈联寿,徐祥德. 中低纬度环流系统的相互作用及其暴雨特征的模拟研究[J]. 大气科学,2000,24(5):669-675.
- [12] 郑庆林,吴军,蒋平. 我国东南海岸线分布对9216号台风暴雨增幅影响的数值研究[J]. 热带气象学报,1996,12(4):304-313.
- [13] Kanamitsu M, Ebisuzaki W, Woollen J, et al. NCEP-DOE AMIP-II Reanalysis (R-2)[J]. Bull. Amer. Meteor. Soc., 2002, 83: 1631-1643.
- [14] Rodger S, Olson E W, Halverson J, et al. Environmental forcing of Super typhoon Paka's(1997) latent heat structure[J]. J Appl Meteor, 2000, 39: 1983-2006.
- [15] Marecal, Mahfouf. Variational retrieval of temperature and humidity profiles from TRMM precipitation data[J]. Mon Wea Rev, 2000, 128: 3853-3866.
- [16] 马雷鸣,端义宏. 利用TRMM资料对热带气旋“威马逊”结构及其降水特征的研究[J]. 海洋学报, 2005(1):36-44.
- [17] George H, Adler R F, Bolvin D T, et al. The TRMM multi-satellite precipitation analysis (TMPA): quasi-global, multi-year, combined-sensor precipitation estimates at fine scales[J]. J Hydrometeorol, 2007, 8: 38-55.