

长时间维持和迅速减弱的华南登陆热带气旋对比分析

黄滢^{1,2}, 彭俊龙², 郭亮²

(1. 南京大学, 大气科学, 江苏 南京 210008; 2. 广西省防城港市气象局, 广西 防城港 538001)

摘 要:将登陆华南影响广西的热带气旋分为长时间维持(LTC)和维持时间短(STC)两类,并应用NCEP再分析资料,对这两类热带气旋的影响系统和物理量场进行对比分析,结果表明,两类热带气旋的影响系统和物理量场存在明显的差异。影响两类热带气旋的天气系统差异显著:影响LTC的200 hPa南亚高压强度一般在1252 hPa以上,而影响STC的南亚高压强度较弱;200 hPa高空槽距离LTC有一定的距离,高空槽前的辐散气流有利于热带气旋的维持,而STC距离高空槽很近,由于垂直切变增大,热带气旋将迅速减弱;副高和LTC的位置配置使得LTC东侧的急流将海上的水汽输送到热带气旋内部,有利于其维持,而当副高太强时,STC垂直环流会受到抑制,不利于其维持;LTC期间强的西南季风槽带来热带云团输送减缓了其环流的衰减,而影响STC西南季风较弱。物理量场方面,LTC高空辐散较STC明显偏强;登陆后LTC的两个水汽通道的水汽输送较STC均明显偏强;另外,Q矢量分析表明,Q矢量辐合辐散中心的强度变化在一定程度上反映出热带气旋衰减的过程。

关键词:热带气旋;强度衰减;对比分析;合成分析

中图分类号:P444 **文献标志码:**A **文章编号:**1003-0239(2013)02-0068-07

1 引言

热带气旋(简称TC,下同)登陆后,由于陆地摩擦、水汽减少,会逐渐衰亡。但有的TC登陆后不久就减弱消失,有的却能在陆地上维持很长时间,TC引起的重大灾害往往与其在陆地上维持有关,如0604“碧利斯”登陆后维持了4天,深入内陆行经6个省份,一路狂风骤雨,引发山洪暴发、滑坡、泥石流等灾害,造成2016.7万人受灾,死亡164人,失踪140人,直接经济损失118.7亿元的巨大损失。因此,研究TC登陆后的维持时间具有重要的意义。李英等^[1]用中尺度模式MM5对Bilis陆上维持过程进行模拟,并通过多个敏感性试验,研究不同方向水汽输送对TC在陆上维持和降水的影响。于玉斌等^[2]对超强台风“桑美”在中国近海急剧增强的特征及机理进行分析。郭丽霞等^[3]分析了TC登陆后进入黄渤海加强的环境场特征。黄荣成等^[4]采用动态

合成分析法对近海突然加强和突然减弱两类TC的环境场进行对比分析。尽管近年来国内外在TC衰减变化研究方面取得了一定的进展,但还有许多问题未解决,TC的强度变化仍是大气科学领域尚未解决的科学问题之一^[5]。而且TC的衰减研究,在登陆北上影响华东、华北地区方面的成果较多,而研究登陆西移影响华南的TC陆上强度变化、结构演变特征较少。华南是受登陆TC灾害影响较重的地区之一,因此研究华南登陆TC衰减问题具有重要的意义。本文通过寻找长时间维持TC与迅速减弱TC的环境场、物理量场特征及其差异,以提高对登陆华南TC衰减的认识,为提高预报能力和减少热带气旋灾害提供有益的参考依据。

2 选例及方法

为了找出影响登陆TC强度维持的大尺度环境场特征,对比分析登陆后长时间维持和迅速减弱的

收稿日期:2012-04-06

作者简介:黄滢(1981-),女,工程师,主要从事热带气旋方面的研究。E-mail:huangying100@sina.com

两类TC的影响系统。从1980—2010年登陆华南的TC个例中,选出7个登陆后长时间维持的热带气旋(简称LTC,下同),分别为8515、8607、9903、0103、0104、0312和0606,选出10例维持时间短的热带气旋(简称STC,下同),分别为8314、8903、9302、9509、9615、0107、0214、0313、0906和0915。选取的个例移动路径基本相似(见图1),登陆地点都在两

广地区。LTC登陆时中心最大风力为25—35 m/s,登陆后平均维持的时间为48.4 h,均 ≥ 40 h;STC登陆的强度为25—50 m/s,TC登陆时强度很强,衰减时间却 < 20 h。为研究两类TC环境场的不同,采用每天4个时次、经纬网格距 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 、垂直方向17层的NCEP再分析格点资料,对比分析了两类TC的天气形势和物理量场特征。

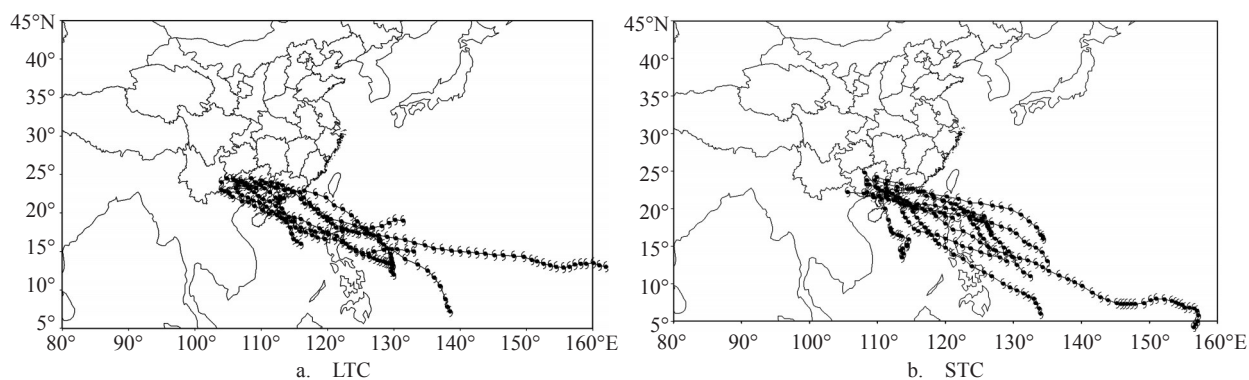


图1 两类TC的移动路径

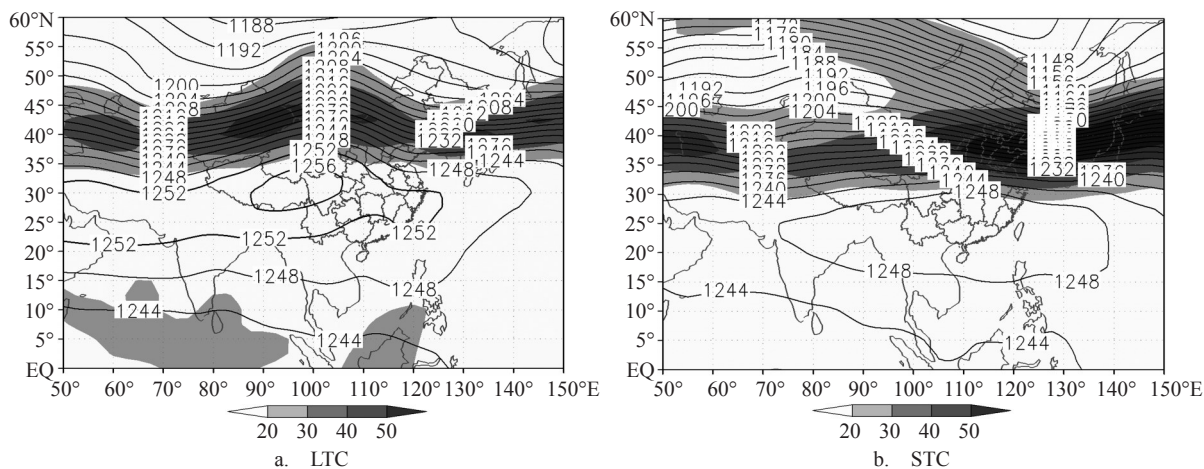


图2 两类TC登陆后200 hPa气压等值线和风速阴影图

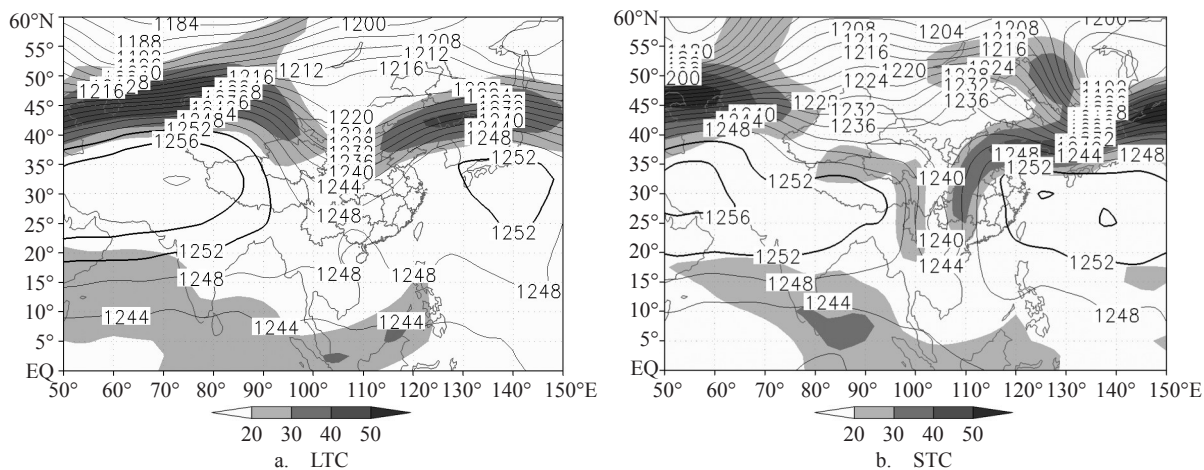


图3 两类TC登陆后200 hPa气压等值线和风速阴影图

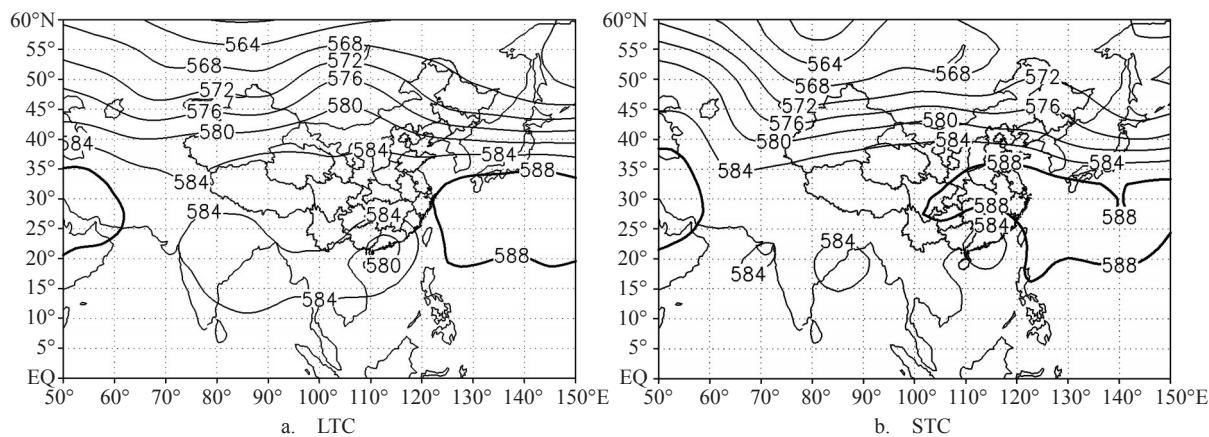


图4 两类TC登陆后500 hPa等值线图

3 影响系统对比分析

研究两类TC从登陆后直至消失的动态演变情况,并对不同影响系统进行合成分析,以研究其差异,发现200 hPa的南亚高压和高空槽、500 hPa的副高、低层的季风槽和TC登陆后的衰减相关最密切,是其最重要的影响系统,当200 hPa、500 hPa、850 hPa三层均为有利形势时,TC会维持较长时间。

3.1 200 hPa南亚高压

200 hPa气压图上(见图2),当影响系统为南压高压时,LTC登陆后的0—72h南亚高压中心始终稳定位于20—30°N,50—120°E的范围内,在其上空形成明显的反气旋式环流,南亚高压强度一直维持在1256 hPa,1052 hPa的范围覆盖整个华南地区,高空辐散强,有利于低层辐合上升运动的维持,对TC环流的维持提供了有利的条件。8515、8607、9903、0104、0312都属于这种情况。由图2右图可看出,STC登陆后,南亚高压强度明显偏弱时,高空辐散弱,不利于TC登陆后维持,8314、8903、9615均属于这种情况。

3.2 200 hPa高空槽

DeMaria等^[6]用TC高空的涡动角动量通量的大小来判断TC是否与槽相互作用,并将高空槽分为两类:一类是有利于TC增强的槽,另一类是不利于TC增强的槽,在TC中心诱生出太大的垂直切变使TC暖心通风而减弱。对这17个TC个例的研究也发现类似的情况。当200 hPa的影响系统为高空槽时(见图3),LTC登陆后至24h,200hPa南亚高压分

为两个中心,分别位于青藏高原和日本海,我国的中部为一槽,槽底离TC中心有一段距离,华南地区位为高空槽前的辐散区域,有利于低层的TC环流的维持,0103、0606属于这种情况。而影响STC的高空槽比影响LTC的要深得多,高空槽深入到华南的南部,槽底南压到TC中心附近,并且槽前和西太平洋高压形成很强的气压梯度,TC中心附近的高空风速形成超过20 m/s的急流,研究表明^[7]当TC靠近西风急流但还有一定距离时,急流给TC环流的高层流出提供了高速气流以及一个高层反气旋切变的环境,可使TC发展。当TC与西风急流距离非常近时,由于垂直切变增大或急流造成的高层气旋性切变流场,TC的发展将受到显著抑制或迅速减弱。因此这种类型的槽不利于STC环流的维持,0214属于这种情况。

3.3 500 hPa副高

500 hPa高度场(见图4),LTC在位于副高西侧,随着TC的登陆,副高从120°以东逐渐加强西伸,副高和TC环流之间维持较强的气压梯度,因此TC东侧的东南风风速增强,产生了东南风急流,海上低空东南急流源源不断地向华南沿海输送水汽,因此这种副高和TC的位置配置,有利于形成气压梯度和水汽输送,有利于低压环流的维持。而STC开始登陆时,西太平洋副高西脊点西伸超过110°E,并且从TC的北部、东部到西北部对TC形成了包围,TC进入副热带高压内部或向强的高压脊前进,副高的热力结构不利于TC的维持,TC的垂直环流会受到抑制,对流减弱,因此这种形势不利于TC强度的维持。9302、9509、0107、0906、0915号均属于这种情

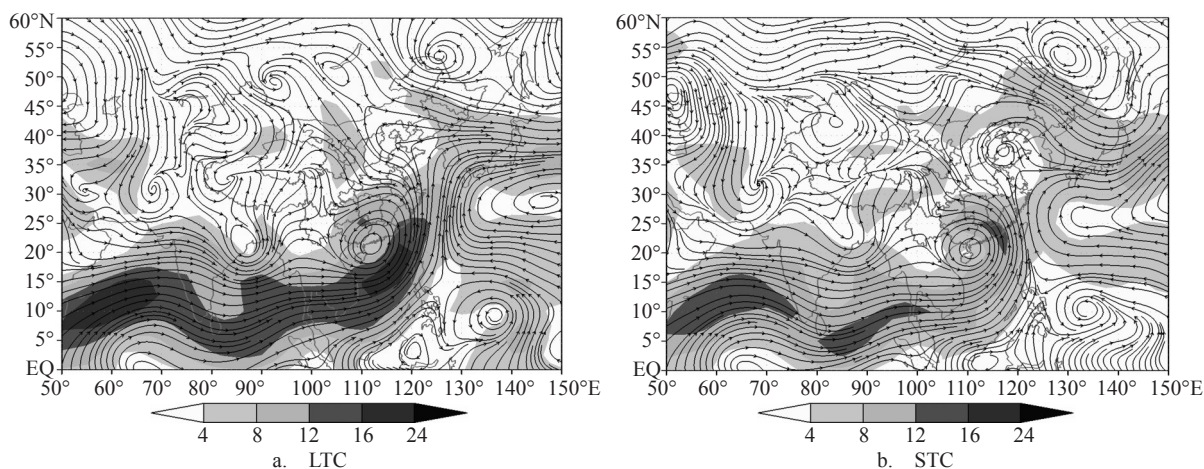


图5 两类TC登陆后850 hPa流线和风速阴影图

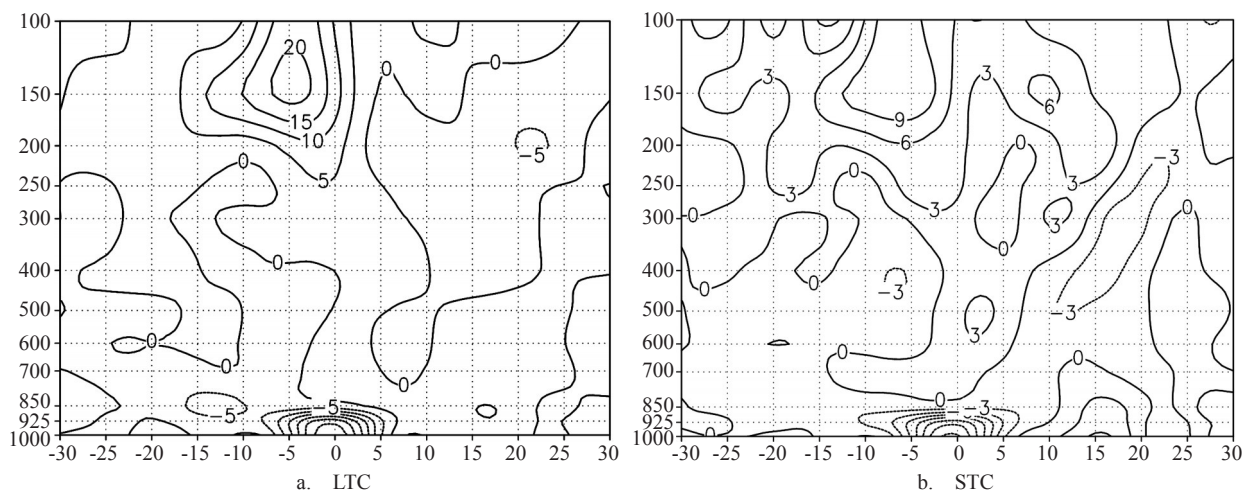
(横坐标为相对于TC中心的纬度,纵坐标为高度,单位/ 10^{-7}s^{-1})

图6 两类TC登陆后穿过TC中心的南北向散度垂直剖面图

况,以0915为例,登陆时中心附近最大风力12级,但是副高对TC形成一个包围的形势,副高的下沉气流对TC的维持产生不利的影响,这个TC登陆后迅速减弱,仅维持了19 h。

3.4 850 hPa西南季风

850 hPa图中(见图5),所有的LTC登陆期间,850 hPa低层印缅地区均稳定存在一个季风槽,季风槽深厚,有 $\geq 12\text{ m/s}$ 的西南风低空急流源源不断地向华南地区输送水汽,局部的风速还超过了 24 m/s ;TC的东侧,由于TC和西太平洋高压形成强的气压梯度,TC东侧的偏南风也较强,登陆时和登陆后24 h,均达到 $12\text{--}16\text{ m/s}$,登陆后48—72 h才减弱。低空急流和水汽输送是TC能够在登陆后长久维持的重要环境条件。而STC登陆后,孟加拉湾季风槽较弱,登陆后 24 h $\geq 8\text{ m/s}$ 的西南风在输送到华南地

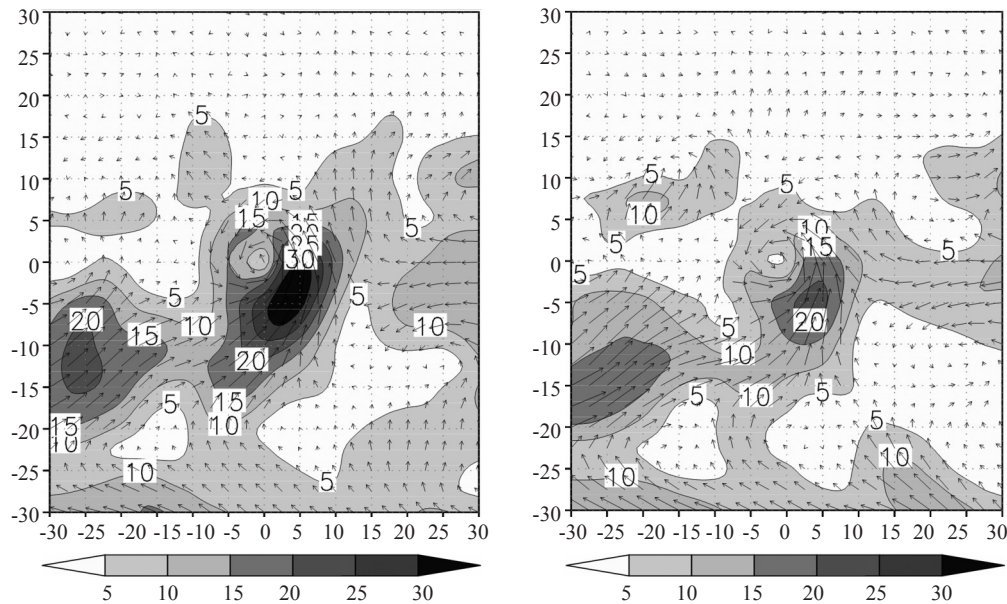
区时中断,水汽输送被切断,TC东侧的风速也不大,水汽输送弱,TC迅速减弱。8314、8903、9615、0107、0915均属于这种情况。

4 物理量动态合成分析

对LTC和STC两类TC,采用动态合成分析方法进行诊断分析,诊断分析数据采用NCEP的客观再分析资料,每天4个时次(02、08、14、20),分辨率为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$,垂直方向17层。以各时次各TC中心位置为中心、南北、东西各30个格点、 $60^\circ \times 60^\circ$ 的经纬距范围区域分别对LTC和STC进行动态求和平均,代表该时次此类TC的物理量场。

4.1 散度

从图6可以看出,在TC中心附近,两类TC散度



(横坐标为相对于TC中心的经度,纵坐标为相对于TC中心的纬度,单位/($\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\text{hPa}^{-1}\text{s}^{-1}$))

图7 两类TC登陆后穿过TC中心的从地面到300 hPa的整层水汽通量图

均在低层为辐合,高层为辐散;但可以看出LTC高空辐散明显比STC强,LTC在登陆时和登陆后24 h,TC中心上空高层辐散平均维持在 $15\text{--}20\times 10^{-7}\text{s}^{-1}$,而STC登陆时,TC上空的辐散在 $9\times 10^{-7}\text{s}^{-1}$ 以下,并且很快减弱。对比前面所述LTC的高空形势场知道,LTC登陆后华南上空为强的南亚高压控制或处于高空西风槽前,TC移入一个高空辐散区中,高空辐散是维持低层辐合的补偿机制,在高空辐散的抽吸作用下,使得低层辐合上升运动得到加强和维持,对TC环流的长时间维持提供了有利的条件,而STC的高空辐散较弱,不利于TC登陆后的维持。

4.2 整层水汽通量

大量研究表明,登陆后TC的衰减主要是热量和水汽供应减少,从而导致对流活动的减弱^[8]。为显示登陆TC的水汽环境变化,计算了整层水汽积分,即计算水汽通量从地面到300 hPa的积分。从图7上看,水汽通量图上有两个中心,表明登陆华南TC的水汽来源主要是来自西南季风和登陆后TC东南侧的海上水汽的输送。对比天气形势也可以发现,LTC登陆期间,印缅季风槽强,形成西南风急流,水汽输送强盛,LTC在登陆后0—72h在季风区均维持一个 $20\text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\text{hPa}^{-1}\text{s}^{-1}$ 以上大的水汽通量中心,LTC的水汽通量中心强度比STC明显偏强,此

外,副高和LTC的位置配置,使得TC后部和副高之间形成较大的气压梯度,因此LTC后部的东南风急流,在LTC东南部形成水汽通量强中心,将水汽从海面源源不断输送到TC中。TC热量主要来源于水汽凝结潜热的释放,所以充足、持续的水汽输送使登陆TC获得水汽凝结潜热的补充,有利于LTC气旋性环流在陆地上维持,减缓其登陆后的强度衰减,而STC的水汽通量中心强度明显偏弱。

4.3 Q矢量

自从Q矢量被提出后,Q矢量一直不断得到改进与完善,是天气诊断分析的一种重要的方法。以Q矢量散度为强迫项的非地转w方程^[9]为:

$$\nabla_h^2(\delta\omega) + f^2 \frac{\partial^2 \omega}{\partial p^2} = -2 \nabla \cdot \vec{Q} \quad (1)$$

Q矢量散度表示的是产生垂直运动的强迫机制的强弱^[10],从(1)式可以看出,当w具有波状特征时,式(1)左边与-w成正比,从而 $\nabla \cdot \vec{Q}$ 与w成正比。当 $\nabla \cdot \vec{Q} < 0$ 即Q矢量辐合时,则 $w < 0$,非地转上升运动会在一定时间尺度内得以维持,持续一定强度的上升运动,有利于TC环流的维持;反之 $w > 0$,垂直方向上为下沉运动。从两类TC穿过TC中心的850 hPa Q矢量散度图(图略)可以看出,闭合的Q矢量正负中心呈相间分布,即辐合和辐散区相间,LTC

登陆后0—24 h, TC中心附近有一对正负Q矢量散度中心, TC中心位于为鞍形结构中, 登陆后48 h, 正负速度中心移动到TC中心的西北侧, 且正负中心的强度梯度减弱。STC登陆时, 在TC中心附近也有一正负强度中心, 但其梯度比LTC的小, 且在登陆24 h后就迅速减弱。这表明Q矢量辐合辐散中心的强度变化在一定程度上反映出TC衰减的过程。

5 结论及讨论

对LTC和STC两类TC的影响系统和物理量场进行了对比分析, 结果表明, 两类TC的影响系统和物理量场存在明显的差异:

(1)影响两类TC的天气系统差异显著: 影响LTC的南亚高压强度较STC明显偏强; 当200 hPa高空槽距离TC有一定的距离时, 其高空槽前的辐散气流有利于TC的维持, 而当槽底距离TC很近时, 由于垂直切变增大, TC将迅速减弱; 副高和登陆后TC的位置配置有利时, 在TC的东部形成急流, 急流将海上的水汽输送到TC内部, 有利于TC的维持, 而当副高较强时, TC的垂直环流会受到抑制, 不利于其环流的维持; 强的西南季风槽带来热带海洋上源源不断的水汽输送, 减缓了TC环流的衰减;

(2)物理量场方面, LTC上空存在较强高空强辐散, 高空辐散的抽吸作用有利于维持低层辐合, 从而有利于TC的维持。水汽条件是TC能维持的重要环境条件, 从水汽条件的物理量诊断分析看出, 华南登陆TC有两个水汽通道, 即西南季风及TC东侧的水汽通道。登陆期间, LTC两个水汽通道的水汽通量均较STC明显偏强。Q矢量分析表明, Q矢量辐合辐散中心的强度变化在一定程度上反映出TC衰减的过程;

(3)影响登陆华南TC陆上衰减的天气系统和物理量场是相互联系的。高空影响LTC的天气系统——强南压高压和高空槽前, 会导致LTC高空的辐散明显偏强; 强的季风槽输送热带海洋上强盛的水汽, LTC水汽通道的水汽通量就会明显偏强。物理量场是天气系统是否有利及其有利程度的佐证, 并反映了其物理本质;

(4)南压高压强大或处于高空槽前的辐散区域, 适当的副高位置配置, 强盛的季风槽, 这种形势下, 容易出现登陆后长久不消的热带气旋。而当影响系统出现以下之一的不利条件: 200 hPa南亚高压中心强度弱; TC距离高空槽强度太近; 副高太强; 季风槽弱, 这时TC登陆后的维持时间就会大大减少。TC的维持与南亚高压、高空槽、副热带高压、季风槽密切相关, 相对应的物理量对TC强度的维持也具有很好的预报意义, 可以作为TC强度预报的重要参考, 分析表明, 当48—72 h预报出现有利TC维持的影响系统和物理量场时, 就要考虑登陆TC长时间维持和出现灾害的可能性, 提高警惕, 采取各种积极的措施避免灾害的发生。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 于玉斌, 陈联寿, 杨昌贤. 超强台风“桑美”(2006)近海急剧增强特征及机理分析[J]. 大气科学, 2008, 32(2): 405-416.
- [3] 郭丽霞, 陈联寿, 李英. 登陆热带气旋入黄渤海强度变化的环境场特征[J]. 应用气象学报, 2010, 21(5): 570-579.
- [4] 黄荣成, 雷小途. 环境场对近海热带气旋突然增强与突然减弱影响的对比分析[J]. 热带气象学报, 2010, 26(2): 129-137.
- [5] Krishnamurti T N, Pattnaik S, Stefanova L, et al. The hurricane intensity issue. Mon. Wea. Rev., 2005, 133: 1886-1911.
- [6] Demaria M, Kaplan J. An updated statistical hurricane intensity prediction scheme(SHIPS) for the atlantic and Eastern North Pacific Basins[J]. Weather and Forecasting, 1999, 14(3): 326-337.
- [7] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文, 等. 天气学原理和方法(3版)[M]. 北京: 气象出版社, 2000: 547-549.
- [8] 陈联寿, 徐祥德, 罗哲贤, 等. 热带气旋运动研究进展的综述[c]. 全国热带气旋科学讨论会议论文集. 北京: 气象出版社, 2000: 1-9.
- [9] 朱健, 沈晓玲. 2004年几次台风暴雨Q矢量诊断的比较分析[J]. 灾害学, 2006, 21(2): 91-94.
- [10] 杨小艳, 曹希孝. 准地转Q矢量诊断场与暴雨关系的分析[J]. 气象, 1995, 21(11): 17-21.

Comparison between long-time maintained tropical cyclone and rapidly weakened tropical cyclone landed in the South China

HUANG Ying^{1,2}, PENG Jun-long², GUO Liang²

(1.Nanjing University, Nanjing 210008 China; 2.Fangchenggang Meteorological Bureau, Fangchenggang 538001 China)

Abstract: The tropical cyclones (TC) which landed in the South China were divided into two categories, long time maintained tropical cyclones (LTC) and that maintained short time (STC). The NCEP reanalysis data were used to comparative analyze the synoptic situation and the physical field of the two types of TC. The results showed that the two types of TC had significant differences in synoptic situation and physical field. The strength of South Asia High that affected LTC was strong, generally larger than 1252hPa, while it was weak to STC. The trough had some distance away from the LTC centers. Because of the increase of vertical shear, the trough that was very close to the STC was unfavorable for maintenance. Due to the location of LTC and the subtropical high, the jet which formed in the east of LTC was in favor of the maintenance. When the subtropical high was too strong, the vertical circulation of STC would be suppressed and the maintenance of STC was not conducive. The strength of the southwest monsoon which affected LTC was stronger than that influenced STC. The upper-level divergence of LTC was significantly stronger than that of STC. The water vapor transports of two channels were sufficient during LTC. In addition, the Q-vector analysis showed that the centers of convergence and divergence certain extent reflect the process of tropical cyclone attenuation.

Key words: tropical cyclone; strength degradation; comparative analysis; composite analysis