

文章编号:1673-8411 (2017) 01-0020-03

## 广西台风残涡暴雨发生特征分析

蒙昭臻<sup>1, 2</sup>, 陈见<sup>3</sup>, 韩慎友<sup>3</sup>, 赖珍权<sup>3</sup>, 翟丽萍<sup>3</sup>, 林开平<sup>3</sup>

(1.中山大学大气科学系, 广州 510070; 2.南宁市气象局, 南宁 530022; 3.广西气象台, 南宁 530022)

**摘要:**利用EC再分析资料(2.5°×2.5°)、台风年鉴资料及广西降水资料,统计分析了1970–2014年影响广西的台风残涡暴雨过程,采用逐例与合成分析方法,对发生日暴雨≥10站过程与弱降水过程的前24h环流特征进行对比分析。结果显示:(1)1970–2014年的45a中,共有18例台风残涡影响广西,约2–3年出现1次,造成广西日暴雨≥10站的暴雨过程15次,占83%;(2)5–9月均有台风残涡影响广西,其中8月有7例最多,7月有6例次之,9月有3例,5、6月均为1例;(3)依照广西台风影响路径分型,广西台风残涡暴雨共有3类4型,即第Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ类强降水型和第Ⅳ类弱降水型;(4)有利台风残涡维持并发生暴雨的环流条件有:200hPa高度场上,台风残涡移入南亚高压东侧强辐散区之下,500hPa高度场上,台风残涡移向高原槽前斜压锋区,台风残涡环流呈倒槽状与季风低压区环流相连,850hPa高度场上,季风急流伴随湿度大值区与台风残涡环流相连接,地面有弱冷空气扩散南下。

**关键词:**台风残涡;暴雨;特征分析;广西

**中图分类号:**P458.1+24

**文献标识码:**A

## Characteristic Analysis on Rainstorms of Typhoon Remnant Vortexes in Guangxi

**Abstract:** Based on the EC reanalysis data (2.5°×2.5°), typhoon data and precipitation data, the rainstorms of typhoon residual vortexes in Guangxi from 1970 to 2014 are statistically analyzed, and the circulation characteristics during the first 24 hours of the processes with more than 10 rainstorm stations and weak precipitation processes are comparatively analyzed by the method of cases and synthetic analysis. Results show that: (1) From 1970 to 2014, 18 typhoon debris impacted Guangxi, about one remnant vortex every 2–3 years, resulting in 15 rainstorm processes with more than 10 stations whose daily precipitation was above 50mm, accounting for 83%; (2) Every month from May to September, typhoon remnant vortexes impact Guangxi with seven vortexes in August, six in July, three in September and one in May and June separately. (3) According to the track of typhoon, the rainstorms can be divided into 3 classes and 4 types, namely heavy precipitation type of class I, II, III, and weak precipitation type of class IV. (4) The favorable circulation for maintaining typhoon remnant vortex and causing rainstorm are: the typhoon remnant vortex moves in the strong divergence area on the east side of South Asia High at 200hPa, at 500hPa, it moves to the baroclinic frontal zone in front of the plateau trough, the residual eddy appears inverted trough-like circulation, connecting with monsoon low pressure circulation, monsoon jet at 850hPa with large relative humidity links with typhoon remnant vortex circulation, and a weak cold air spreads southward on the ground.

**Keywords:** Typhoon remnant vortex; Rainstorm; Characteristic analysis; Guangxi

### 1 引言

台风残涡是指台风停编后或强度降至5级(含5级)以下时残存的低压环流中心,台风残涡暴雨是

指残涡造成的暴雨以上强降水。这类暴雨虽然较为少见,却是造成洪涝灾害的主要原因之一。如Ritchie<sup>[1]</sup>等对1992–2005年影响美国西南部的43个飓风残涡进行研究发现,81%的残余环流出现了

收稿日期:2016–12–30

基金项目:国家自然科学基金(41575051)、广西自然科学基金(2015jjAA50066)、华南区域气象中心科技攻关项目(GRMC2014M10)共同资助

作者简介:蒙昭臻,男,广西人,工程师,主要从事天气预报业务及相关研究。E-mail:338523310@qq.com

通讯作者:陈见,男,广西人,正研高工,主要从事天气预报及研究,E-mail:cjxqt001@163.com

明显降水,在地形的影响下甚至造成了超过当地30%的年降水量。而我国的0604号强热带风暴“碧利斯”,2006年7月15日在江西停编后,其残涡较长时间维持,在西移过程中与西南季风相互作用,造成了湖南省东南部、广西大部、云南局部出现了历史罕见的特大致洪暴雨<sup>[2-3]</sup>,酿成重大人员伤亡和财产损失。这类暴雨除了预报难度大、不确定性高以外,因发生在“抗台”工作后期,容易麻痹而导致暴雨漏报,因此需要重视并加强研究。

台风登陆后长时间维持机制的研究,国内外已有不少成果。Cowan<sup>[4]</sup>等通过对两个较高纬度TC残涡进行敏感性实验发现,涡度和水汽的输送是残涡重新发展和维持的重要原因。陈联寿<sup>[5-6]</sup>研究指出,登陆台风较长时间维持的环流条件有:(1)台风环流保持一定的水汽供给;(2)台风环流中存在活跃的中尺度对流活动;(3)弱冷空气侵入台风环流引起变性;(4)登陆台风环流移入一个高空辐散区之下。李英等<sup>[7]</sup>对登陆后长久维持热带气旋(LTC)和迅速消亡热带气旋(STC)的大尺度环流特征进行对比分析和动力诊断,表明LTC登陆后,在一个长波槽前有向偏北移动靠近中纬度斜压锋区的趋势,并与一支

低空急流水汽输送通道连结,LTC登陆后逐渐变性,获取斜压能量,其环境风垂直切变增强,而STC登陆后没有这样的特征。董美莹等<sup>[8-10]</sup>研究了北上路径类TC降水增幅原因后认为,导致登陆热带气旋复苏产生强降水的能量主要来自斜压有效位能释放和潜热释放,登陆热带气旋与中尺度西风槽相互作用获得斜压能,导致登陆台风环流出现半冷半暖结构,使不稳定层结加强和垂直运动加剧是降水增幅的主因,而与季风涌相互作用获得潜热能是其在陆地上持续维持强降水的另一主因。陈见等<sup>[11]</sup>研究了“尤特”台风残留涡旋引发的广西特大暴雨成因认为,大陆副高、西太平洋副高与赤道高压形成合围、弱的垂直风切变环境、季风急流与“尤特”残留涡旋长时间联结持续获得潜热能,是造成其复苏并促使降水增幅的主要原因。以上成果研究的登陆台风主

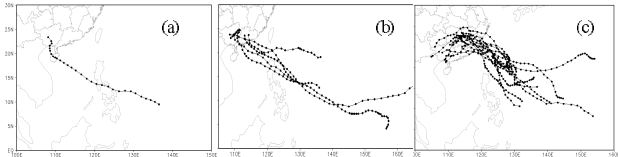


图1 三类台风残涡移动路径图(a:第Ⅰ类;b:第Ⅱ类;c:第Ⅲ类)

表1 1970–2014年进入广西台风影响区域的残涡统计表

台风编号	起编日期	登陆地点	停编日期	停编地点	停编日暴雨站数	停编后3天日暴雨站数	台风残涡类型	残涡消失地点
7106	5.24.02	北海	5.31.14	南宁	12	21、7、1	I类	南宁
8309	8.30.08	珠海	9.9.20	清远	0	18、25、2	II类	河池
9302	6.16.02	阳江	6.28.20	南宁	14	23、8、10	II类	崇左
0409	7.14.08	香港	7.16.20	东莞	0	0、13、25	II类	崇左
0906	7.16.20	深圳	7.19.20	来宾	18	16、1、1	II类	百色
1311	8.9.20	阳江	8.16.02	贺州	6	13、15、15	II类	防城港
8107	7.17.14	福州	7.21.08	韶关	1	6、20、25	III类	娄底
8212	8.8.08	东山	8.16.20	河源	0	7、16、23	III类	越南北
9413	8.1.08	厦门	8.5.20	衡阳	5	6、17、11	III类	越南北
9607	7.21.14	厦门	7.28.14	桂林	23	15、4、0	III类	百色
0414	8.8.02	台州	8.13.23	南昌	4	1、2、4	III类	桂林
0505	7.12.14	福州	7.20.17	鹰潭	3	1、4、8	III类	桂林
0513	8.27.08	莆田	9.2.07	赣州	0	0、0、0	III类	郴州
0604	7.9.14	霞浦	7.15.16	赣州	6	37、37、7	III类	百色
0709	8.13.02	泉州	8.20.02	三明	0	8、1、19	III类	百色
1011	9.15.08	东山	9.21.02	从化	5	21、16、1	III类	崇左
1209	7.28.08	宁德	8.3.21	抚州	0	3、10、7	III类	防城港
1312	8.18.11	莆田	8.23.14	衡阳	8	27、1、1	III类	防城港

要以登陆北上类台风为对象,样本选取区域从珠江口至福建一带,较少研究登陆西行类台风,尤其登陆西行移入广西的台风。广西地处低纬沿海,影响广西的台风主要为登陆西移类和北部湾二次登陆类,是我国登陆台风消失地之一。在以往针对广西区域台风的研究中,重点在登陆台风的路径、暴雨落区和强风影响<sup>[12]</sup>,对登陆后长久维持的台风残涡暴雨研究较少,涉及的研究仅有一些个例分析<sup>[13-14]</sup>,显然对提高该类暴雨的预报水平不利。因此有必要对登陆台风长时间维持并造成广西残涡暴雨的过程进行分析研究,归纳出其发生暴雨的基本环流特征,形成可供业务应用与借鉴的预报经验,提高暴雨预报准确率。

## 2 资料来源及方法

### 2.1 资料来源

(1) 中国气象局上海台风研究所整编的 1970~1988 年《台风年鉴》、1989~2014 年《热带气旋年鉴》。

(2) 1970~2014 年 5~9 月 EC 再分析资料( $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ ), 包括 850hPa、700hPa、500hPa、200hPa 风场、高度场、地面气压场、相对湿度等。

(3) 1970~2014 年 5~9 月广西降水资料。

### 2.2 台风残涡活动统计分析标准

关于台风残涡的定义,目前国内还没有比较一致的规定或标准。本研究将台风残涡定义为:台风停止编号或台风中心附近最大风力降至 5 级以下( $\leq 10.7\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )时,仍维持 24h 生命史以上的低压环流,该低压环流满足如下条件之一:(1)850hpa 存在

148dagpm 或以下等高线闭合环流;(2)地面存在 1000hPa 或以下等压线闭合低压;(3)非常规资料(自动站风场、雷达回波、卫星资料)显示有低压环流(风速风向辐合、有中心的螺旋回波带、有中心的螺旋云带等)。并继续移动时对途经区域造成降水过程,定为一次台风残涡影响过程。

台风残涡进入广西的统计区域:19N°以北,112E°以西。

广西大范围暴雨统计分析标准:广西日暴雨站数 $\geq 10$ 站(国家基本站,下同)。

### 2.3 台风残涡统计分类

台风残涡统计分类,基于广西台风影响路径的分类。根据广西气象台统计标准,影响广西的台风主要分三类路径,即:第Ⅰ类西路型,在湛江市以西(或以南)沿海登陆;第Ⅱ类中路型,在湛江市到珠江口以西之间沿海登陆;第Ⅲ类东路型,在珠江口以东沿海登陆。

因此,广西台风残涡分为与之对应的三类,即:第Ⅰ类台风残涡,第Ⅱ类台风残涡,第Ⅲ类台风残涡。

## 3 统计结果

经统计,1970~2014 年的 45a 中,共有 18 个台风残涡进入广西影响区域(图 1,表 1)。约 2~3a 有一个台风残涡影响广西。

按年代统计,70 年代 1 个(7106),80 年代 3 个(8107、8212、8309),90 年代 3 个(9302、9413、9607),00 年代 7 个(0409、0414、0505、0513、0604、0709、0906),10 年代 4 个(1011、1209、1311、1312)。表明 00 年代最多,10 年代次多。

按路径统计,第Ⅲ类台风残涡 12 个(图 1c),出现最多,约占 67%,第Ⅱ类台风残涡 5 个(图 1b),约占 28%,第Ⅰ类台风残涡 1 个(图 1a),最少约占 6%。

按月统计,5~9 月均有台风残涡影响广西,8 月最多有 7 个,占 39%,7 月有 6 个占 33%,9 月 3 个,占 17%,5、6 月均为 1 个,各占 6%,显示 7、8、9 月是台风残涡容易出现的月份。

按降水强度、范围统计,在 18 次台风残涡过程中,造成广西日暴雨 10 站以上(含 10 站)大范围暴雨过程 15 次,占 83%,显示一旦台风残涡较长时间维持,极易酿成暴雨灾害。

## 4 广西台风残涡暴雨发生前 24h 环流

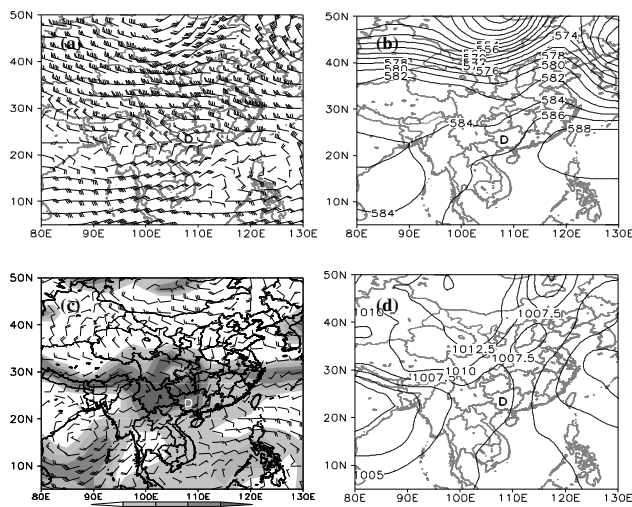


图 2 第Ⅰ类台风残涡暴雨发生前 24h 环流图(符号 D 为停编残涡位置)

(a:200hPa 流场;b:500hPa 高度;c:850hPa 流场叠加相对湿度;d:地面气压场)



## 形势特征

### 4.1 第 I 类台风残涡环流特征

第 I 类台风残涡仅有 1 例(7106), 停编后 24h 日暴雨 21 站, 为强降水型。从停编日 1971 年 5 月 31 日 20 时暴雨发生前 24h 环流形势(图 2)分析显示, 200hPa 南亚高压中心在孟加拉湾北部(图 2a), 正从低纬向高原移动过程中, 东侧强辐散气流位于华南西部, 台风残涡处于其覆盖范围内; 500hPa 副高位于南海东北部(图 2b), 缓慢减弱东移, 高原有小槽(浅槽)东移北收, 台风残涡向西北方向移动, 靠近槽前的斜压锋区, 850hPa 孟加拉湾季风低压发展加强, 其前侧西南气流逐日加大并向华南上空延伸(图 2c), 残涡在西南象限与季风气流相连接, 同时副高西南侧的东南气流也向华南上空输送, 两股偏南气流汇合到台风残涡环流中, 相对湿度大值区(阴影区大于 80%) 伴随季风气流输送到残涡环流中, 至 6 月 1 日, 季风气流加大到  $12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  以上, 达到急流强度; 地面图上, 弱冷空气从高原东侧南下, 1007.5、1010.0hPa 等压线在华南呈南北向(图 2d), 有利冷、暖空气在广西相遇, 产生暴雨。

因此, 第 I 类台风残涡暴雨发生的环流特征可概括为: 200hPa 高度场上, 广西处于南亚高压东侧, 台风残涡移入高空辐散区之下; 500hPa 高度场上, 台风残涡移向高原槽前斜压锋区, 850hPa 高度场上, 有伴随湿度大值区的季风急流与台风残涡环流相连接, 地面有弱冷空气南下。

### 4.2 第 II 类台风残涡环流特征

第 II 类台风残涡有 5 例, 2 例在广东停编后西移进入广西(8309、0409), 3 例移入广西后在本地停编(9302、0906、1311), 7 月有 2 例, 6、8、9 月各有 1 例。5 例台风停编后, 广西均出现 10 站以上暴雨, 均为强降水型。

逐例分析显示, 5 例台风的共同点是均受到 500hPa 副高引导向偏西北方向移动, 停编后台风残涡在广西与伴随湿度大值区的季风气流相连接, 200hPa 为南亚高压东侧强辐散气流覆盖。不同点是 8309、9302、0409 号台风残涡过程, 地面有弱冷空气从高原东部扩散南下, 0906、1311 号台风残涡过程地面无弱冷空气南下影响。

对第 II 类 5 个台风残涡暴雨发生前 24h 环流场进行取值平均, 得出平均环流场, 合成分析显示, 200hPa 高度场上, 南亚高压中心位于高原南部(图 3a), 东侧强辐散气流覆盖高原南部至华南, 台风残

涡移入其覆盖范围内; 500hPa 高度场上, 副高位于我国东南沿海, 呈方头状较稳定维持(图 3b), 高原槽东移北收, 台风残涡向西北移近槽前的斜压锋区; 850hPa 高度场上, 台风残涡平均位置在桂、粤、湘交界附近, 孟加拉湾至印度东部季风低压发展加强, 其前侧伴有湿度大值区的西南气流向华南上空延伸, 与残涡环流连接(图 3c); 地面图上, 从高原东侧有冷空气扩散南下, 1005、1007.5、1010hPa 等压线在华南呈南北向(图 3d), 较强的偏南风有利暖湿气流输送, 产生暴雨。

因此, 第 II 类台风残涡暴雨发生的环流特征为: 200hPa 高度场上, 广西处于南亚高压东侧, 台风残涡移入高空辐散区之下, 500hPa 高度场上, 台风残涡移近高原槽前的斜压锋区, 850hPa 高度场上, 有季风急流伴随湿度大值区与残涡环流相连接, 地面有弱冷空气扩散南下。

### 4.3 第 III 类台风残涡环流特征

第 III 类台风残涡有 12 个, 出现在后汛期的 7、8、9 月, 其中 7 月 4 个(8107、9707、0505、0604), 占 33%, 8 月 6 个(8212、9413、0414、0709、1209、1312), 占 50%, 9 月 2 个(0513、1011), 占 17%, 有 3 个在广东停编后西移进入广西(8107、8212、1011), 有 8 个(9413、0414、0505、0513、0604、0709、1209、1312) 在江西或湖南等省停编后, 向西南方向移动进入广西, 仅有 1 个(9607)在广西本地停编。与第 I、II 类相比, 第 III 类台风残涡移动路径前期偏北西行, 后期西南移, 呈倒抛物线状, 是登陆我国台风的一种独特路径。

从停编后 3 天逐日暴雨分析, 有 9 个台风残涡出现日暴雨 10 站以上强降水过程, 有 3 个台风残涡没有出现日暴雨 10 站以上强降水过程, 这也是所有 3 类台风残涡中, 仅有的弱降水残涡个例。

逐例分析显示, 第 III 类台风残涡均为台风登陆后受 500hPa 副高引导, 移入粤、赣、湘等地减弱而成, 后期副高与大陆高压合并, 强迫残涡西偏南移入广西。200hPa 南亚高压东侧强辐散气流覆盖江南北部至华南, 地面均无冷空气南下影响。而 850hPa 风场与水汽条件在强、弱降水过程中存在明显差别, 发生日暴雨 10 站以上强降水过程, 风场与水汽条件有利, 日暴雨 10 站以下过程, 风场与水汽条件不利, 因此将第 III 类台风残涡分为强降水和弱降水两型。

对第 III 类 9 例台风残涡强降水型暴雨发生前 24h 环流场进行取值平均, 得出平均环流场, 合成分

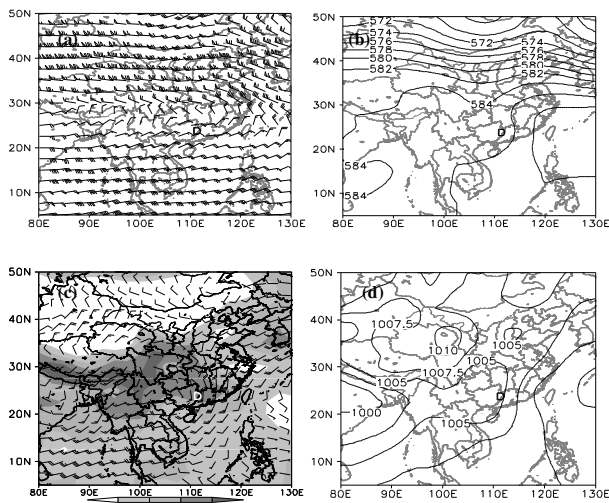


图3 第Ⅱ类5个台风残涡暴雨发生前24h平均环流合成图  
(符号D为停编残涡平均位置,下同)

(a:200hPa 流场;b:500hPa 高度;c:850hPa 流场叠加相对湿度;d:地面气压场)

析显示(图4),200hPa 高度场上,南亚高压位于高原中部,东侧强辐散区覆盖江南北部至华南(图4a);500hPa 高度场上,副高位于我国东部偏北沿海,脊线 $35^{\circ}\text{N}$ ,西脊点 $118^{\circ}\text{E}$ ,与西南地区大陆高压环流形成高压带,引导残涡西移(图4b),残涡环流中心584线呈东北西南向,形成倒槽状与季风低压区相连接;850hPa 高度场上,台风残涡环流中心位于湘、赣、粤交界附近,残涡环流中心有向西偏南延伸的辐合线,湿度大值区位于辐合线北侧,后期与辐合线重叠。孟湾季风气流靠近华南沿海与残涡环流连接(图4c);地面图上,台风残涡中心也有向西偏南延伸的辐合线(图4d),闭合等压线呈东北西南向伸向季风低压区。

第Ⅲ类3例日暴雨10站以下台风残涡停编日20时平均环流合成图分析显示(图5),200hPa 高度场上,南亚高压位于高原东部,覆盖范围比强降水型偏东,从高原至东海,江南、华南上空处于辐散区域(图5a);500hPa 高度场上,副高位于我国东部偏北沿海(图5b)。脊线 $36^{\circ}\text{N}$ ,西脊点 $117^{\circ}\text{E}$ ,与西南地区大陆高压环流形成高压带,引导残涡西移,但残涡环流中心位于闽赣皖交界附近,位置偏东、偏北,584线呈正圆形,西南方向无季风低压区,等压面比强降水型偏高;850hPa 高度场上,台风残涡环流中心无明显向西南延伸的辐合线,广西区域湿度小,西南季风气流风速小,沿华南近海与残涡环流连接(图5c);地面图上,台风残涡中心1000.0hPa 等压线范

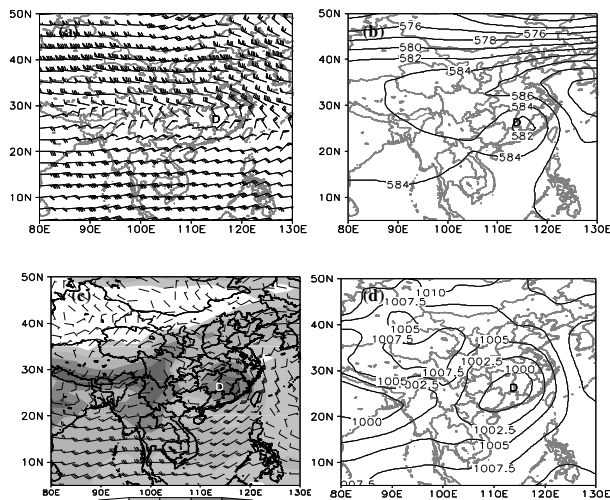


图4 第Ⅲ类9例日暴雨10站以上台风残涡停编日20时平均环流合成图

(a:200hPa 流场;b:500hPa 高度;c:850hPa 流场叠加相对湿度;d:地面气压场)

围比强降水型小(图5d)。

对比第Ⅲ类强、弱降水型的环流平均图分析显示,两者高低空环流系统配置基本相同,区别细微。但是通过主要环流系统位置、强度分析,仍可分辨出某些不同点,主要表现在:①地面图上残涡位置,强降水型过程位于粤、赣、湘交界附近,弱降水型过程位于闽、赣、皖交界附近;②200hPa 高度场上,强降水型过程南亚高压中心在高原中部,弱降水型过程南亚高压中心在高原东部;③500hPa 高度场上,强

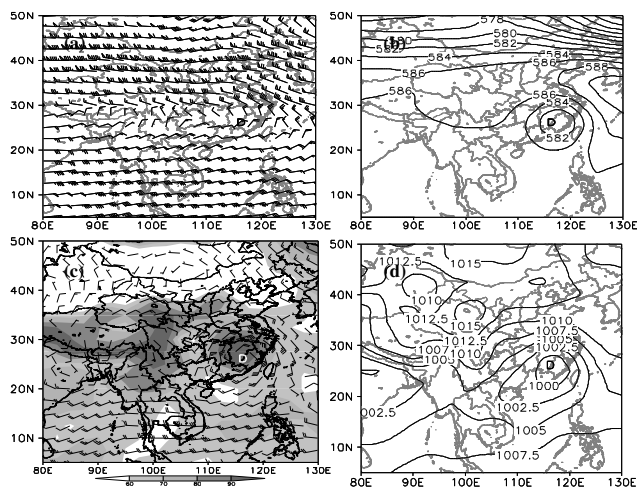


图5 第Ⅲ类3例日暴雨10站以下台风残涡停编日20时平均环流合成图

(a:200hPa 流场;b:500hPa 高度;c:850hPa 流场叠加相对湿度;d:地面气压场)

降水型过程台风残涡环流呈倒槽状与季风低压相连, 弱降水型过程台风残涡环流呈孤立的正圆型环流, 无季风低压区, 等压面偏高; ④850hPa 高度场上, 强降水型过程台风残涡环流中心有湿度大值区伴随的向西偏南延伸的辐合线, 残涡与季风急流水汽输送通道连结, 而弱降水型过程无季风急流水汽输送通道连结。

## 5 结论

通过对台风残涡暴雨前 24h 高低空环流形势逐例与合成分析, 以及第Ⅲ类强、弱降水型的环流平均图对比分析, 总结归纳出广西台风残涡暴雨发生的一些主要特征。

(1)1970–2014 年 45a 中, 共有 18 个台风残涡影响广西, 约 2–3a 出现 1 个。其中造成广西日暴雨 10 站以上大范围暴雨过程 15 次, 占 83%。5–9 月均有台风残涡影响广西, 其中 8 月最多, 7、9 月次之, 5、6 月最少。

(2)依照台风影响路径分型分析显示, 第Ⅰ、Ⅱ类台风残涡暴雨均为强降水型, 无弱降水型, 第Ⅲ类存在强降水型、弱降水型, 因此广西台风残涡暴雨主要有 3 类 4 型, 即“第Ⅰ类台风残涡强降水型, 第Ⅱ类台风残涡强降水型, 第Ⅲ类台风残涡强降水型, 第Ⅲ类台风残涡弱降水型”。

(3)从台风停编后残涡平均位置分析显示, 第Ⅲ类强降水型残涡平均位置位于粤、赣、湘交界附近, 第Ⅱ类残涡平均位置位于桂、粤、湘交界处附近, 第Ⅰ类残涡仅有 1 例位于广西内陆, 但不具有统计学意义。而第Ⅲ类弱降水型过程残涡平均位置位于闽、赣、皖交界附近, 距离广西较远。

(4)有利台风残涡长时间维持发生广西残涡暴雨的环流条件: ①200hPa 高度场上, 第Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ类台风残涡移入南亚高压东侧强辐散区之下; ②500hPa 高度场上, 第Ⅰ、Ⅱ类台风残涡过程, 副高引导台风残涡移向高原槽前, 靠近斜压锋区。第Ⅲ类强降水型残涡过程, 副高与大陆高压环流连通呈带状分布, 台风残涡环流呈倒槽状与季风低压区环流相连, 而第Ⅲ类弱降水型过程无此特征; ③850hPa 高度场上, 第Ⅰ、Ⅱ类台风残涡过程, 有季风急流伴随湿度大值区与台风残涡环流相连接。第Ⅲ类强降水型残涡过程, 台风残涡环流中心有向西南方向延伸

的辐合线, 湿度大值区与辐合线重叠, 有季风急流水汽输送通道连结。而第Ⅲ类弱降水型过程无此特征; ④地面图上, 第Ⅰ、Ⅱ类台风残涡过程, 有弱冷空气扩散南下, 第Ⅲ类台风残涡过程则无冷空气南下。

## 参考文献:

- [1] Liz Ritchie, Kimberly M., David S., et. The Influence of Eastern Pacific Tropical Cyclone Remnants on the Southwestern United States [J]. Monthly Weather Review, 2011, 139 (1): 192–210.
- [2] 钱传海, 路秀娟, 陈涛. 2009 引起“碧利斯”强降水的 MCS 数值模拟研究 [J]. 气象, 35 (4): 11–19.
- [3] 高安宁, 谭强敏. “碧利斯”引发广西异常暴雨的成因分析 [J]. 气象研究与应用, 2007, 28 (2): 7–10.
- [4] R. M.T.Cowan, J.R.Gyakum, Manhong Yau. The Impact of Tropical Remnants on Extratropical Cyclogenesis: Case Study of Hurricanes Danielle and Earl (1998) [J]. Monthly Weather Review, 2004, 132 (8): 1933–1951.
- [5] 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.
- [6] 陈联寿, 孟智勇. 我国热带气旋研究十年进展 [J]. 气象学报, 2001, 25 (3): 420–432.
- [7] 李英, 陈联寿, 王继志. 登陆热带气旋长久维持与迅速消亡的大尺度环流特征 [J]. 气象学报, 2004, 62 (2): 167–179.
- [8] 董美莹, 陈联寿, 郑沛群, 等. 登陆热带气旋暴雨突然增幅和特大暴雨之研究进展 [J]. 热带气象学报, 2009, 25 (4): 495–502.
- [9] 董美莹, 陈联寿, 程正泉, 等. 地形影响热带气旋“泰利”降水增幅的数值研究 [J]. 高原气象, 2011, 30 (3): 700–710.
- [10] 董美莹, 陈联寿, 李英, 等. 登陆热带气旋降水增幅的合成诊断分析 [J]. 气象学报, 2011, 69 (6): 964–977.
- [11] 陈见, 赖珍权, 罗小莉, 等. “尤特”超强台风残留低涡引发的广西特大暴雨成因分析 [J]. 暴雨灾害, 2014, 33 (1): 19–25.
- [12] 李艳兰, 欧艺, 唐炳莉, 等. 近 50 年影响广西的热带气旋变化特征 [J]. 气象研究与应用, 2009, 30 (2): 1–3, 45.
- [13] 吴兴国. 广西 9607 号热带气旋槽强降雨特征分析 [J]. 广西气象, 1996, 17 (4): 17–19.
- [14] 吴兴国. 两广登陆热带气旋暴雨增幅天气型落区的特征分析 [J]. 广西气象, 1994, 15 (2): 1–10.