

文章编号:1673-8411 (2017) 03-0013-10

西江流域台风暴雨面雨量分布特征及天气概念模型

钟利华, 李仲怡, 李勇, 罗小莉, 史彩霞

(广西区气象服务中心, 南宁 530022)

摘要:通过对 1971–2015 年登陆华南的台风与西江流域暴雨落区的关联分析,将造成西江流域暴雨的台风按路径分为四类,对每类路径的台风暴雨时空分布特征进行分析研究;通过对台风暴雨典型个例合成分析,建立各类路径台风暴雨天气概念模型。结果表明:(1)西江流域台风暴雨出现在每年 6–11 月,8 月最多,11 月最少,6 月、9 月以 II 类路径为主,7 月 II 类、III 类和 IV 类路径较多,8 月以 IV 类路径为主,10 月、11 月以 I 类路径为主;(2) I 类路径台风暴雨集中出现在郁江干流,II 类路径在黔浔江河段和郁江干流,III 类路径在红水河河段、黔浔江河段和郁江干流、桂江干流,IV 类路径在红水河河段;(3) I、II 类路径台风暴雨强度最强,范围较大,III 类路径台风暴雨范围最大,强度较 I、II 类稍弱,IV 类路径台风暴雨范围和强度都比其他类型要小(弱)。

关键词:西江流域;台风;暴雨面雨量;分布特征;概念模型

中图分类号:P46

文献标志码:A

Areal rainfall distribution characteristics of typhoon torrential rain and weather concept model of Xijiang basin

Zhong Li-hua, Li Zhong-yi, Li Yong, Luo Xiao-li, Shi Cai-xia

(Guangxi Meteorological Service Centre, Nanning 530022)

Abstract: Based on the correlation analysis of Xijiang river basin rainstorm falling area and typhoon landing in south China during 1971–2015, the typhoon were divided into four categories according to the path of rainstorm in Xijiang river basin. The spatial and temporal characteristics were studied and the weather concept models of all kinds of typhoon rainstorm were established by the synthetic analysis of classic examples. The results show that: (1) the Xijiang river basin typhoon torrential rain mainly appeared during June ~ November with the most in August and least in November. June and September are given priority to rainstorm of II class path, II, III and IV class path is more July, and August is given priority to ones of IV class path, the rainstorm of October and November are mainly the ones of I class path; (2) type I focus in main stream of Yu river, type II happens in main stream Qianxun river and Yu river, type III appears in Hongshui river, Qianxun river and mian streams of Yu river and Gui river, type IV occurred in Hongshui river; (3) the intensity of type I and II rainstorm is the strongest and the range is rather large while the type III has the largest raining area but weaker intensity. By contrast, the type IV has the weaker intensity and smaller range.

Key words: Xijiang basin; typhoon; rainstorm areal rainfall; distribution characteristic; concept model

引言

西江流域流经西南和华南地区,是我国受台风

影响最严重的流域之一;暴雨是台风的主要灾害之一,台风暴雨对西江流域梯级电站有两方面的作用,一方面会造成西江流域支流水电站库区洪峰流量迅

收稿日期:2017-01-29

基金项目:广西科学研究与技术开发计划项目(桂科攻 1598017-15)

作者简介:钟利华(1962-),女,广西恭城人,主要从事天气预报研究与服务。Email:1427962612@qq.com

增而接近汛限水位,使得水电站发电受阻或对防洪堤坡、块石护坡、穿堤建筑物等造成损害;另一方面台风暴雨也是西江流域梯级水电站库区蓄水的重要来源,对汛末梯级水电厂开展水库优化调度、水电站群的联合调度和库区排蓄水决策具有重要作用。

针对台风暴雨研究由来已久,许多专家从多个方面对台风暴雨强度和落区进行了详细分析,陈联寿^[1-2]指出:台风暴雨区大体可分两个区域,即台风环流本身的暴雨区(包括其眼壁暴雨、内外螺旋雨带降水、台风倒槽内暴雨、台风内切变暴雨及台前飚线雨)与遥远降雨(即台风远距离暴雨区);程正泉等^[3]、刘晓波等^[4]、李彩玲等^[5]研究指出:台风暴雨强度和落区与台风结构、台风路径、水汽输送、地形等密切相关;王谨等^[6]研究了 0509 号台风"麦莎"暴雨落区非对称分布,指出台风中心附近的垂直速度场、涡度场、假相当位温等能很好地解释台风云系的非对称分布;同时,大量观测事实和研究表明^[7-16],台风远距离暴雨是台风与其相邻的中纬度系统(包括西风槽、东北冷涡、西南涡、弱冷空气、高低空急流及副热带高压等)相互作用的结果,台风与这些系统的相互作用,增强了台风暴雨形成的复杂性,也增加了其预报的不确定性;许多学者根据台风影响情况,总结归纳出台风暴雨概念模型,黄海洪等^[17]分析了 1971-2008 年影响广西台风的路径及暴雨区分布特征、台风与其相邻天气系统相互作用及物理量场特征,并通过对严重影响广西的台风个例天气形势进行合成分析,建立了台风暴雨天气概念模型;杨德南等^[18]统计 2000-2014 年南海台风登陆粤东至闽南台风大暴雨个例,归纳总结出东高北槽型、东西两高型和东高西低型等 3 种概念模型;郑艳等^[19]通过对 1960-2013 年在越南登陆或登陆前停编后海南岛出现暴雨的秋冬季台风历史个例的分析,总结了秋冬季远距离台风暴雨概念模型;这些研究对提高台风暴雨

形成机理的认识和提高台风暴雨预报准确率起到积极的推动作用。

上述研究从台风暴雨强度和落区、台风与其相邻天气系统相互作用、台风暴雨天气概念模型等多方面展开了系统、全面的分析和研究,但针对西江流域各支流梯级水电站集雨区台风暴雨气候特征和预报方面的研究较少;钟利华等^[20]基于 GIS 技术,根据西江中上游区域中小河流与各梯级水电站分布特征,开展了 22 个流域区间区划(子流域分区),并利用 Lamb-Jenkinson 大气环流分型方法,对西江流域区域 850hPa 高度场、500hPa 高度场进行了环流型定量划分,探讨主导环流型对西江流域总面雨量和子流域面雨量的贡献率及环流型配置与降水的关系。本文拟在文献^[20]给出的西江子流域分区基础上,通过开展西江流域台风暴雨面雨量分布特征研究,建立台风暴雨天气概念模型,期望能揭示西江流域各梯级水电站库区流域台风暴雨变化规律及天气学模型,为广西电力部门和西江各支流梯级水电厂针对台风暴雨洪涝过程,开展上下游水电站排蓄水优化调度、防洪调度等决策提供参考依据。

1 资料及定义

1.1 资料

采用 NCEP/NCAR 1971-2015 年 1-12 月逐日平均 500 hPa 位势高度场、海平面气压场,及 200 hPa 和 850 hPa U 风场、V 风场再分析格点资料(分辨率为 2.5°×2.5°),台风路径和中心强度数据来自中央气象台台风网。

西江流域范围内(102.2°E-112.1°E、21.5°N-27.0°N)122 个气象台站(其中广西 77 个、云南 23 个、贵州 22 个)逐站降水量资料,取自全国综合气象信息共享平台(简称 CIMISS 平台)的 1971-2015 年逐日数据。

表 1 西江流域 22 个子流域分区序号及子流域名称

要支流	南盘江河段				北盘江支流				郁江支流			红水河		柳江支流		黔浔江河段				桂江支流		
河段)																						
序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
流域名	南	南	南	北	北	龙	右	右	左	郁	西	红	红	融	龙	柳	洛	清	西	桂	桂	贺
	盘	盘	盘	盘	盘	滩	江	江	江	江	津	水	水	江	江	江	清	水	江	江	江	江
	江	江	江	江	江	近	上	流	流	流	流	河	河	流	流	流	江	河	汇	上	中	流
	上	中	下	上	下	库	游	域	域	域	域	上	下	域	域	域	流	流	流	游	下	域
	游	游	游	游	游	区						游	游				域	域		游		游

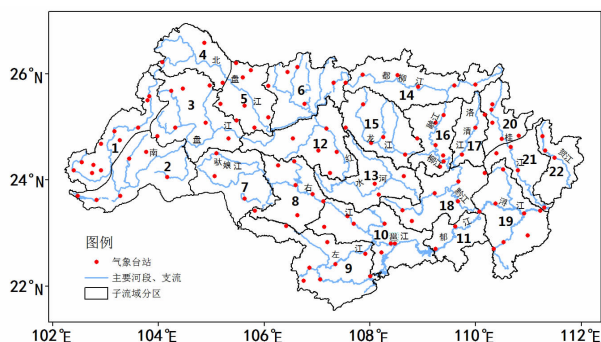


图1 西江流域主要河段、支流与22个子流域分区和122个气象站点分布(图中数字表示第1~22子流域分区序号)

1.2 西江流域子流域分区

西江流域水系涉及滇、黔、桂、粤、湘及越南,由南盘江、红水河、黔江、浔江及西江等河段所组成,主要支流有北盘江、柳江、郁江、桂江及贺江等,采用文献^[20]提出的西江流域(西江中上游区域,下同)子流域区划方法,将西江流域分为22个子流域(图1);其中南盘江河段3个子流域,北盘江支流3个子流域,郁江支流5个子流域,红水河河段2个子流域,柳江支流3个子流域,黔江、浔江、西江河段(简称:黔浔江河段,下同)3个子流域,桂江、贺江支流(简称:桂江支流,下同)3个子流域(表1)。

1.3 西江流域影响台风及台风暴雨定义

本文所统计的台风个例是指台风中心或其减弱的低压环流进入19°N以北、112°E以西地区,并使得西江流域出现暴雨天气的台风影响过程。

首先,采用泰森多边形法^[21],统计出西江流域历年22子流域面雨量并建立时间序列。根据文献^[22]给出的流域面雨量等级划分标准,定义:面雨量0.1~14.9mm为小到中雨,面雨量15.0~29.9mm为大雨,面雨量30.0~60.0mm为暴雨,面雨量60.0~100.0mm为大暴雨,面雨量≥150.0mm为特大暴雨;前一日20时至当日20时有一个或以上的子流域24h面雨量≥30.0mm定义为一个暴雨日;西江22个子流域任意一个子流域出现暴雨,记为1个台风暴雨日,南北盘江支流(河段)、郁江支流有2个及以上子流域出现暴雨,红水河河段、柳江支流、黔浔江河段、桂江支流有1个及以上子流域出现暴雨,定义为一次台风暴雨过程,持续时间在2d以上定义为一次持续暴雨天气过程。按照上述标准进行筛选、普查,1971~2015年西江流域共出现74个台风暴雨过程,其中连续3天出现暴雨的台风有3个("9412"、"1111"、"

1119"),连续2天出现暴雨的台风24个,其余47个台风仅出现1个暴雨日。

2 影响西江流域台风暴雨的路径分类

从1971~2015年影响西江流域的74个台风暴雨过程中,通过对登陆华南的台风与西江流域暴雨落区的关联分析,将影响西江流域的台风暴雨分为四类路径(图2),即:

第Ⅰ类路径(西路型):台风在湛江市以西(或以南)沿海登陆,登陆点多数情况下出现在珠江口以西到海口之间,中心进入西江流域区域,或沿着21°N以北的北部湾北部海面西行,在防城港至越南北部再次登陆。

第Ⅱ类路径(中路型):台风在湛江市到珠江口以西之间沿海登陆,登陆后继续向西北行,台风中心越过21.5°N以北地区深入到西江流域区域。

第Ⅲ类路径(东路型):台风在珠江口以东至福州之间沿海登陆,分成两条路径,一条路径在珠江口附近沿海登陆后西行深入到西江流域区域,另一条路径登陆后减弱为热带低压,然后西行至江西省时,折向西南方向移动,经湖南省南部进入西江流域中游区域。

第Ⅳ类路径(辐合带型):台风在福州到浙江之间沿海登陆,登陆后减弱成为热带低压,然后继续西行至江西省或湖南省时,之后折向北偏东方向移动,以台风辐合带的形式影响西江流域。

3 西江流域台风暴雨统计特征

为了了解西江流域台风暴雨的气候特征,采用合成分析方法,首先统计1971~2015年西江流域74个台风暴雨过程各月出现情况,然后分别对西江流域全流域(22个子流域累计)台风暴雨过程月分布和西江子流域台风暴雨空间分布特征进行分析。

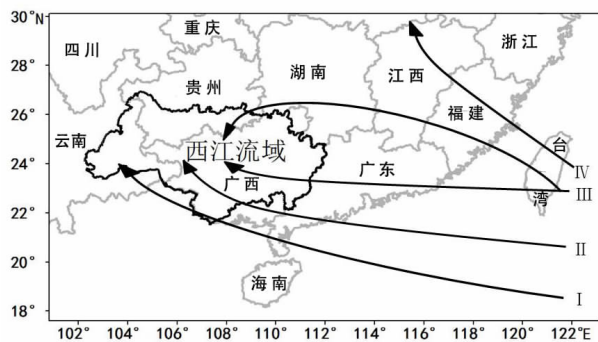


图2 影响西江流域台风暴雨的四类路径

3.1 西江流域台风暴雨月分布特征

表 2 给出 1971–2015 年西江流域台风暴雨(面雨量 $\geq 30.0\text{mm}$)过程四类路径 6–11 月出现次数及占总数百分率,从表 2 可见,西江流域台风暴雨过程出现在每年 6–11 月,集中出现在 7–10 月,占影响总次数的 94.6%,主要出现在 7–8 月,占 63.5%,其次 9–10 月,占 31.1%。其中 6 月 3 个,占 4.1%,平均每年约 0.1 个,最多年是 1 个;7 月 22 个,占 29.7%,平均每年 0.5 个,最多年是 2 个,出现在 1982 年和 2001 年;8 月 25 个,占 33.8%,平均每年 0.6 个,最多年有 2 个,分别出现在 1972 年、1976 年、1993 年、1994 年和 2013 年;9 月 10 个,占 13.5%,平均每年 0.2 个,最多年是 1 个;10 月 13 个,占 17.6%,平均每年 0.3 个,最多年是 2 个,分别出现在 1983 年、1988 年、1995 年和 2011 年;11 月 1 个,占 1.4%。

台风暴雨主要以 II 类路径和 IV 类路径为主,占总次数 28.4%,其次为 I 类路径,占 24.3%,最少为 III 类路径,占 18.9%。6 月台风暴雨为 II 类路径,7 月以 II 类路径、III 类路径和 IV 类路径为主,占 90.1%,8 月以 IV 类路径为主,占 56.0%,9 月以 II 类路径为主,占 50.0%,10 月以 I 类路径为主,占 84.6%,11 月为 I 类路径。

3.2 西江子流域台风暴雨空间分布特征

3.2.1 西江子流域台风暴雨频次分布特征

表 3 给出 1971–2015 年四类路径台风暴雨过程 22 个子流域出现频次及平均频次(这里的频次,是指台风暴雨过程各子流域出现暴雨的日数),从表 3 可见,台风影响造成西江子流域出现各等级暴雨的平均总频次,以 III 类路径最多(10.22 次),其次是 I 类路径(8.23 次),然后是 II 类路径(7.91 次),IV 类路径最少(7.19 次);台风影响造成西江子流域出现暴雨的平均频次,III 类路径最多(7.79 次),其次是 IV 类路径(6.14 次),然后是 II 类路径(5.29 次),I 类路

径最少(5.06 次);台风影响造成西江子流域出现大暴雨的平均频次,I 类路径最多(3.06 次),其次是 II 类路径(2.57 次),然后是 III 类路径(2.36 次),IV 类路径最少(1.05 次);台风影响造成西江子流域出现特大暴雨的平均频次,I 类路径最多(0.11 次),其次是 III 类路径(0.07 次)、II 类路径(0.05 次),IV 类路径无子流域出现特大暴雨。

以上分析表明,四类路径台风影响过程,造成西江子流域出现暴雨量级以上降水的子流域平均出现频次,以 III 类路径最多,其次 I 类路径,IV 类路径最少,其中,特大暴雨量级降水的子流域平均出现频次,以 I 类路径最多,其次 III 类路径,IV 类路径为 0。

3.2.2 西江子流域台风暴雨概率空间分布特征

图 3 给出 1971–2015 年西江 22 个子流域台风暴雨(面雨量 $\geq 30\text{mm}$)过程出现概率(这里所述概率,是指暴雨过程各子流域出现暴雨的频繁程度,用百分比(%)表示)。从图 3 可见:

I 类路径台风暴雨主要出现在左江流域、郁江流域和西津流域,出现概率在 72.2%,其次在清水河流域,出现概率为 61.1%,然后是红水河上游、右江上游、西江汇流和贺江流域,出现概率为 50.0%,出现概率最小的是南盘江上游、南盘江中游、北盘江上游,只有 5.6%;其余子流域出现概率在 16%–44%。

II 类路径台风暴雨主要出现在清水河流域和西津流域,出现概率在 76%–81%,其次在红水河上游、红水河下游、郁江流域、左江流域、右江流域和龙江流域,出现概率在 52%–67%,北盘江上游、龙滩近库区和融江流域,出现概率在 4.7%–4.8%,而南盘江上游和南盘江中游出现概率为 0,其余子流域出现概率在 14%–48%。

III 类路径台风暴雨主要出现在郁江流域、红水河上游、西津、清水河和桂江中下游,出现概率在 71%–79%,其次在红水河下游、柳江流域、西江汇流

表 2 1971–2015 年西江流域台风暴雨过程四类路径 6–11 月出现次数及占总数百分率(单位:%)

台风暴雨四类路径	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	年合计	占总数百分率
I 类路径(西路型)	0	2	2	2	11	1	18	24.3
II 类路径(中路型)	3	7	4	5	2	0	21	28.4
III 类路径(东路型)	0	7	5	2	0	0	14	18.9
IV 类路径(辐合带型)	0	6	14	1	0	0	21	28.4
小计	3	22	25	10	13	1	74	100
累年平均	0.07	0.49	0.56	0.22	0.29	0.02	1.6	
占总数百分率	4.1	29.7	33.8	13.5	17.6	1.4	100	

表 3 1971–2015 年四类路径台风暴雨过程 22 子流域出现频次及平均频次(单位:次)

台风路径	台风暴雨	西江 22 子流域出现频次及		暴雨出现频	大暴雨出现	特大暴雨出	暴雨及以上总频次
	总过程	平均频次		次	频次	现频次	
径(西路型)	18	子流域频次		91	55	2	148
		子流域平均频次		5.06	3.06	0.11	8.23
径(中路型)	21	子流域频次		111	54	1	166
		子流域平均频次		5.29	2.57	0.05	7.91
径(东路型)	14	子流域频次		109	33	1	143
		子流域平均频次		7.79	2.36	0.07	10.22
径(辐合带型)	21	子流域频次		129	22	0	151
		子流域平均频次		6.14	1.05	0	7.19

和桂江上游,出现概率为 64.3%,出现概率最小的是南盘江上游、南盘江中游和北盘江上游,只有 7.1%;其余子流域出现概率在 14%–57%。

Ⅳ类路径台风暴雨主要出现在红水河下游,出现概率在 85.7%,其次在右江流域、清水河流域,出现概率在 52%–62%,龙滩近库区、融江流域出现概率为 4.8%和 9.5%,而南盘江上游、北盘江上游和北盘江下游出现概率为 0,其余子流域出现概率在 23%–48%。

以上分析表明,Ⅰ类路径台风暴雨集中出现在郁江干流的左江流域、郁江流域和西津流域,Ⅱ类路径台风暴雨集中出现在黔浔江河段的清水河流域和郁江干流的西津流域,Ⅲ类路径台风暴雨集中出现在郁江干流的郁江流域、西津流域,红水河河段的红水河上游,黔浔江河段的清水河流域,及桂江干流的桂江中下游,Ⅳ类路径台风暴雨集中出现在红水河河段的红水河下游,这些子流域暴雨出现概率在 71%–86%;四种类型台风暴雨在南盘江河段和北盘江支流出现概率最小,大部子流域暴雨出现概率小于 7.1%,说明台风对位于贵州、云南一带的南、北盘江支流出现暴雨天气的影响较小。

3.2.3 影响西江流域的台风暴雨平均面雨量空间分布特征

图 4(见彩页)给出影响西江流域的四类路径台风暴雨平均面雨量分布,从图 4a 可见,对于Ⅰ类路径台风,西江流域平均面雨量为暴雨量级及以上降水的范围在中部和南部的郁江干流和红水河河段,及黔浔江河段、柳江支流和桂江支流的南部子流域,其中,面雨量为大暴雨量级(60–100mm,下同)的有 3 子流域,分别出现在左江、郁江和西津流域,其中

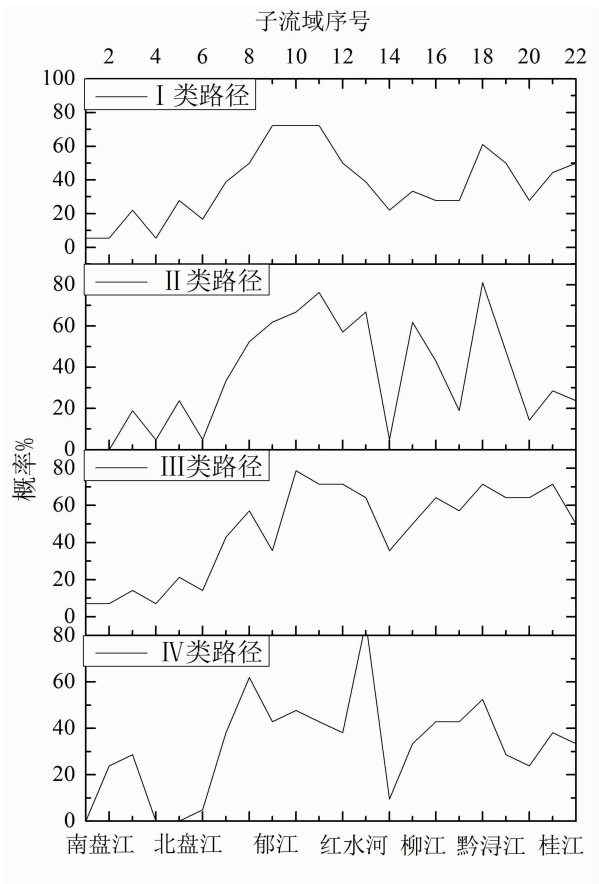


图 3 1971–2015 年西江 22 个子流域台风暴雨(面雨量≥30mm)出现概率(单位:%)

最大值在郁江流域,达到 80.7 mm;面雨量为暴雨量级(30–60mm,下同)的有 8 子流域,出现在右江流域、红水河上游、红水河下游、龙江流域、清水河流域、西江汇流、桂江中下游和贺江流域;南盘江上游、南盘江中游和北盘江上游面雨量在 8.0–14.5mm(小到中雨),其它 8 个子流域面雨量在 20–30mm(大

雨)。

从图 4b 可见,对于Ⅱ类路径台风,西江流域平均面雨量为暴雨量级及以上降水的范围在中部和南部的郁江干流和红水河河段,及黔浔江河段、柳江支流和桂江支流的南部子流域,其中,西江各子流域面雨量为大暴雨量级的有 1 子流域,出现在西津流域,面雨量为 77.2mm;面雨量为暴雨量级的有 10 子流域,出现在右江流域、左江流域、郁江流域、红水河上游、红水河下游、龙江流域、柳江流域、清水河流域、西江汇流和贺江流域;南盘江上游、南盘江中游和北盘江上游面雨量在 7.6–12.8mm(小到中雨),其它 8 个子流域面雨量在 15.0–25.1mm(大雨)。

从图 4c 可见,对于Ⅲ类路径台风,西江流域平均面雨量为暴雨量级及以上降水的出现在中东部的所有子流域,范围为最大,其中,西江各子流域面雨量为大暴雨量级的有 3 子流域,在红水河下游、清水河流域和西津流域,最大值出现在红水河下游(66.7mm);面雨量为暴雨量级的 12 子流域,出现在右江流域、左江流域、郁江流域、红水河上游、融江流域、龙江流域、柳江流域、洛清江流域、桂江上游、桂江中下游、西江汇流和贺江流域;南盘江上游和北盘江上游面雨量在 12.8–14.6mm(小到中雨),其它 4 个子流域面雨量在 21.2–29.7mm(大雨)。

从图 4d 可见,对于Ⅳ类路径台风,西江流域平均面雨量为暴雨量级及以上降水的范围在南部的郁江干流,及红水河河段、黔浔江河段、柳江支流的南部子流域,其中,面雨量为暴雨量级的有 7 子流域,出现在右江流域、郁江流域、西津流域、红水河下游、柳江流域、洛清江流域和清水河流域;南盘江上游、北盘江上游、北盘江下游和龙滩近库区面雨量在 6.6–13.2mm(小到中雨),其它 11 个子流域面雨量在 17.4–29.8mm(大雨)。

以上分析表明,面雨量为暴雨量级及以上降水的子流域,Ⅲ类路径范围为最大,出现在西江流域中东部的所有子流域,其次Ⅰ类路径和Ⅱ类路径,出现在西江流域中南部子流域,Ⅳ类路径范围为最小,出现在西江流域中南部部分子流域,其中,Ⅰ类路径大暴雨面雨量的强度最强,其次是Ⅱ类路径,然后是Ⅲ类路径,Ⅳ类路径无子流域达到大暴雨量级。

4 西江流域台风暴雨天气概念模型

通过对影响西江流域的 74 个台风暴雨过程气候特征分析,结合本文给出的影响西江流域台风暴

雨路径分类,针对每类路径选取多个典型个例,对典型个例台风暴雨出现前日和当日高低空环流形势或风场进行合成分析,建立了各类路径的台风暴雨天气概念模型。

4.1 第Ⅰ类路径台风暴雨天气概念模型

图 5 给出第Ⅰ类路径台风暴雨天气概念模型,在暴雨出现前日 500hPa 平均高度场上(图 5a),副热带高压主体完整强大(高压中心平均强度达 591dagpm),呈方头块状,脊线位于 300N 附近,588dagpm 特征线西端点伸到 110°E,距台风中心的距离 ≥ 10 个纬距,台风中心与副高之间有密集的等高线,受副高西侧东南气流引导下,台风稳定向西偏北方向移动。在暴雨出现当日 500hPa 平均高度场上(图 5b),台风中心进入越南北部或中越边界,副高南落西伸,588dagpm 特征线西端点位于 108°E,在台风中心与副高之间仍有密集的等高线,台风后部(广西东南部)产生偏南风急流,带来大量不稳定能量,造成西江流域出现暴雨或大暴雨天气。

在暴雨出现前日海平面平均气压场上(图 5c),台风中心位于 110°E,20°N,中心平均气压 ≤ 997.5 hPa,海平面气压场表现为东高西低的形势,华南西部为向西开口的气压槽内,有利于风暴中心向偏西方向移动。在暴雨出现当日海平面平均气压场上(图 5d),台风中心进入越南北部或中越边界,中心平均气压在 1000.0–1002.5hPa,表明其登陆后很快减弱,其东侧流场呈西北–东南向,而且等压线密集,有利于向广西南部地区输送充沛的水汽。

在台风暴雨出现当日 850hPa 平均流场上(图 5e),距台风中心东南侧 500–1000km 范围有一支强劲的偏南风急流,平均风速在 12–14m·s⁻¹,同时,南海季风处于活跃期,西南风异常强盛,在台风中心南侧,从孟加拉湾经中南半岛到南海北部一带有一支风速 12–16m·s⁻¹的西南低空急流卷入台风环流,使台风环流得以维持或进一步加强,并为台风输送大量的水汽和不稳定能量。

在台风暴雨出现当日 200hPa 平均流场上(图 5f),反气旋环流中心位于广西东北部,与 850hPa 的气旋环流中心位置较为接近(小于 1000km),表明台风中心高低层垂直对称结构较好,由于高层反气旋环流的辐散抽吸作用,对低层气旋环流的辐合有加强作用,利于台风加强和维持。

由于此类台风中心位置偏南(22°N 以南),暴雨或大暴雨天气主要出现在西江流域中南部子流域,

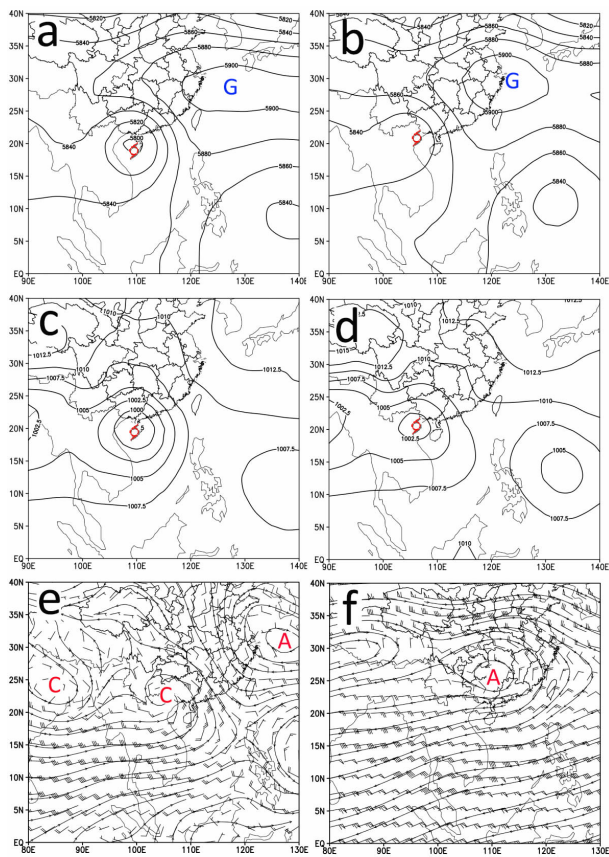


图5 第Ⅰ类路径台风暴雨天气概念模型

(a、b 分别为暴雨前日和当日 500hPa 平均高度场(单位: dagpm), c、d 分别为暴雨前日和当日海平面平均气压场(单位: hPa), e、f 分别为暴雨当日 850hPa、200hPa 平均流场(单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$))

另外, 台风高低层配合最好, 且台风中心的登陆点离广西沿海最近, 台风登陆后仍然维持较强的强度, 因而, 该类路径台风暴雨强度为最强。

4.2 第Ⅱ类路径台风暴雨天气概念模型

图6给出第Ⅱ类路径台风暴雨天气概念模型。在暴雨出现前日 500hPa 平均高度场上(图6a), 副热带高压主体完整强大(高压中心平均强度达 591 dagpm), 呈方头块状, 脊线为东西向的带状分布, 平均位于 30°N 附近, 副高西脊点位于 108°E , 距台风中心的距离 ≥ 10 个纬距, 台风中心与副高之间有密集的等高线, 在副高西侧东南气流引导下, 有利于台风稳定向西北方向移动; 同时, 在河套地区有小槽东移, 使得副高西脊点略有东退, 有利于台风西行北翘, 当台风中心进入 115°E 以西, 19°N 以北时, 台风中心越过 21°N 以北进入桂南、甚至深入到桂中内陆。在暴雨出现当日 500hPa 平均高度场上(图6b), 台风中心进入广西内陆后, 副高西脊点位

于 112°E , 在台风中心与副高之间有密集的等高线, 台风后部(广西东部)产生偏南风急流, 带来大量不稳定能量, 造成西江流域出现暴雨或大暴雨天气。

在暴雨出现前日海平面平均气压场上(图6c), 台风中心位于 112°E , 20°N , 中心平均气压 ≤ 1000.0 hPa, 海平面气压场表现为东高西低的形势, 华南西部为向西开口的气压槽内, 有利于风暴中心向偏西方向移动。在暴雨出现当日海平面平均气压场上(图6d), 台风登陆后西移开始影响广西东部, 中心气压平均在 1000.0–1002.5 hPa, 台风东侧的流场等压线密集, 有利于向广西南部地区输送充沛的水汽。

在暴雨出现当日 850hPa 平均流场上(图6e), 距台风中心东南侧 500km–800km 范围有一支强劲的偏南风急流, 平均风速在 $12\text{--}16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 同时, 西南风异常强盛, 在台风中心南侧孟加拉湾经中南半岛到南海北部一带有一支风速为 $10\text{--}12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的西南风卷入台风中心, 使大量水汽集中汇集到西江流域上空, 使台风环流得以维持或进一步加强, 并为台风输送大量水汽和不稳定能量。

在暴雨出现当日 200hPa 平均流场上(图6f), 华南南部到南海北部一带为反气旋环流控制, 反气旋环流中心位于湖南一带, 距离 850 hPa 的气旋环流中心约 800km, 表明台风中心高低层垂直对称结构较好, 由于高层反气旋环流的辐散抽吸作用, 对低层气旋环流的辐合有加强作用, 利于台风加强和维持。由于此类台风中心位置偏南(23°N 以南), 暴雨或大暴雨天气主要出现在西江流域中南部子流域, 另外, 台风登陆点在粤西, 登陆后再进入广西其强度很快减弱, 因而, 该类路径暴雨强度较第Ⅰ类路径偏弱。

4.3 第Ⅲ类路径台风暴雨天气概念模型

图7给出第Ⅲ类路径台风暴雨天气概念模型。在暴雨出现前日 500hPa 平均高度场上(图7a), 副热带高压脊线异常偏强(高压中心平均强度达 593 dagpm)、偏北(达到 $33\text{--}34^{\circ}\text{N}$), 西脊点偏东(116°E), 台风在福建登陆减弱成为热带低压的同时, 西太平洋高压与河套地区的大陆高压合并, 在热带低压北侧形成一强大的高压坝, 阻挡了热带低压继续向西北方向移动的势头, 在东环副热带高压南侧偏东气流引导下, 热带低压先转向偏西方向移动, 后期在大陆高压东侧的东北气流引导下, 减弱的热带低压逐渐向西偏南方向移动。在暴雨出现当日 500hPa 平均高度场上(图7b), 台风低压中心位于桂粤湘三

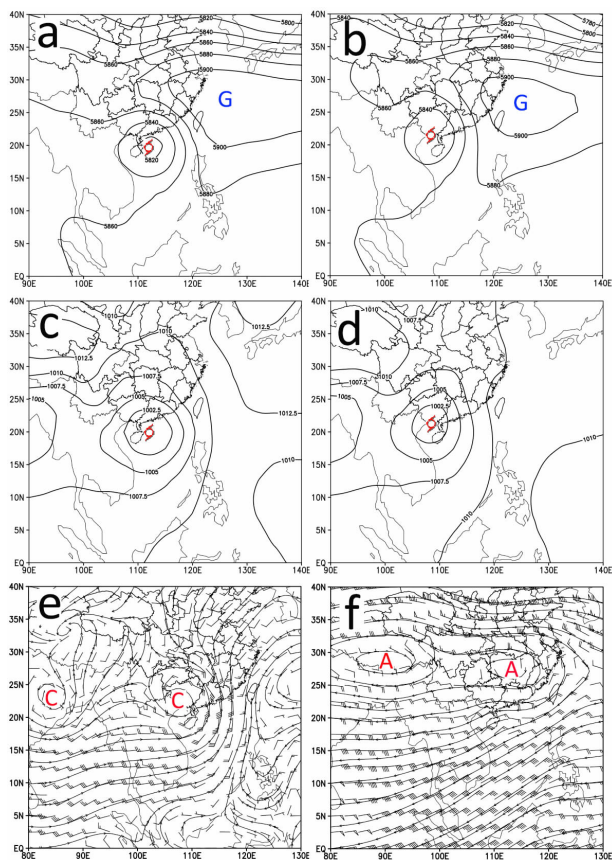


图6 第Ⅱ类路径台风暴雨天气概念模型

(a、b分别为暴雨前日和当日500hPa平均高度场(单位: dagpm), c、d分别为暴雨前日和当日海平面平均气压场(单位: hPa), e、f分别为暴雨当日850hPa、200hPa平均流场(单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$))

省交界处, 低压环流本体与其东南侧的偏南气流, 带来大量不稳定能量, 造成西江流域暴雨或大暴雨天气。

在暴雨出现前日海平面平均气压场上(图7c), 台风中心进入 23.0°N 以北地区, 中心平均气压 $\leq 997.5\text{hPa}$, 台风中心东侧等压线密集且有气流的辐合。在台风暴雨出现当日地面图上(图7d), 台风中心进入 25.0°N 以北地区, 最低气压 $\leq 1000\text{hPa}$, 台风中心东侧等压线密集且有气流的辐合, 有利于台风偏南急流输送充沛水汽。

在暴雨出现当日850hPa平均流场上(图7e), 距台风中心东南侧500km–1000km范围有一支强劲的偏南风急流, 平均风速在 $12\text{--}16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。同时, 在台风中心南侧孟加拉湾经中南半岛到南海北部一带有一支风速 $12\text{--}18\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 西南风卷入台风中心。

在暴雨出现当日200hPa平均流场上(图7f), 反气旋环流中心位于 32°N , 西江流域在其东南侧, 为

偏东的辐散气流, 对低层的辐合上升运动有一定加强作用。

由于此类台风中心位置偏北(23°N 以北), 暴雨或大暴雨天气主要出现在西江流域的东部子流域, 另外, 台风从广东或福建登录后, 到达西江流域范围后很快减弱, 因而, 西江流域暴雨强度较第Ⅰ类、第Ⅱ类路径偏弱。

4.4 第Ⅳ类路径台风暴雨天气概念模型

图8给出第Ⅳ类路径台风暴雨天气概念模型。在暴雨出现前日500hPa平均高度场上(图8a), 中高纬度低槽在东亚上空发展加深, 河套到高原地区有深槽, 冷空气侵袭副热带高压, 使副高明显减弱东退, 西脊点位于 120°E , 西侧为稳定的偏南气流, 台风在福建登陆后很快减弱为低压, 其环流受副高西侧偏南气流引导, 转向北或偏东北方向移动, 与之相伴的辐合带北抬到华南地区。在暴雨出现当日500hPa高度场上(图8b), 台风减弱后的低压环流已消失, 广西主要受其减弱后的辐合线影响。

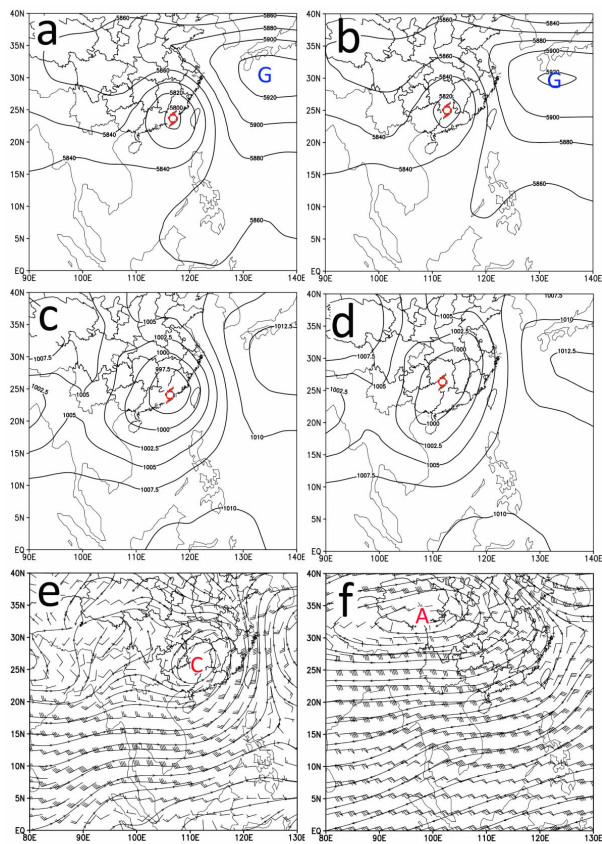


图7 第Ⅲ类路径台风暴雨天气概念模型

(a、b分别为暴雨前日和当日500hPa平均高度场(单位: dagpm), c、d分别为暴雨前日和当日海平面平均气压场(单位: hPa), e、f分别为暴雨当日850hPa、200hPa平均流场(单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$))

在暴雨出现前日海平面平均气压场上(图 8c), 台风减弱后的低压中心进入 $25.0^{\circ}\text{N}, 115^{\circ}\text{E}$, 最低气压 $\leq 1000\text{hPa}$, 在暴雨出现当日海平面平均气压场上(图 8d), 台风低压北移过程中继续减弱, 最低气压 $1000.0\text{--}1002.5\text{hPa}$, 广西处于两个高压之间的低值区, 等压线呈西南-东北向, 东侧有气流的辐合, 有利于输送充沛水汽。

在暴雨出现当日 850hPa 平均流场上(图 8e), 随着台风北移, 辐合带随之北抬到贵州至湖南一带, 在辐合带南侧 $500\text{--}1000\text{km}$ 范围有一支偏南风气流, 平均风速在 $10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 它与孟加拉湾和南海的西南风相连接, 广西中南部位于辐合带南侧的偏南气流辐合区域, 暴雨即出现在该地区。

在暴雨出现当日 200hPa 平均流场上(8f), 反气旋环流位于 33°N 附近, 对低层的气流辐合上升运动具有加强作用。

此类台风中心位置偏北 (25°N), 主要受台风辐合带影响, 西江流域降水强度和范围均为最小, 暴雨主要出现在广西中南部地区。

以上分析可知, 第 I 类和第 II 类路径台风登陆地段多数在 23°N 以南的粤西或桂南沿海, 由于副热带高压脊线位置偏南, 台风中心进入 115°E 以西时, 向北移动的分量受到牵制, 多数都是沿着 $20^{\circ}\text{N}\text{--}23^{\circ}\text{N}$ 偏西北行, 主要造成西江流域中南部子流域出现暴雨天气, 但因台风中心的登陆点离广西最近, 台风强度偏强, 所以大暴雨强度偏强。第 III 类路径台风登陆地段多在 23°N 以北的粤东至福州沿海, 这类台风登陆后, 强度迅速减弱, 以热带风暴或热带低压的强度从广西东北部进入并影响西江流域, 造成西江流域东部子流域出现暴雨天气, 暴雨出现范围最大, 但因台风强度较第 I 类路径和第 II 类路径弱, 所以大暴雨强度偏弱。第 IV 类路径台风登陆地段多在 25°N 以北的福州到浙江沿海, 进入江西、湖南省后向偏北方向移动, 以台风南部的辐合带影响西江流域, 降水强度和范围在四种路径中为最弱(小)。

5 小结

从 1971–2015 年影响西江流域台风暴雨过程中, 通过对登陆华南的台风与西江流域暴雨落区的关联分析, 将影响西江流域的台风暴雨分为四类路径, 并归纳出台风暴雨天气概念模型, 分析台风暴雨分布特征, 选取四类路径台风暴雨的相似个例, 对暴雨出现前日和当日 500hPa 平均高度场、海平面平均

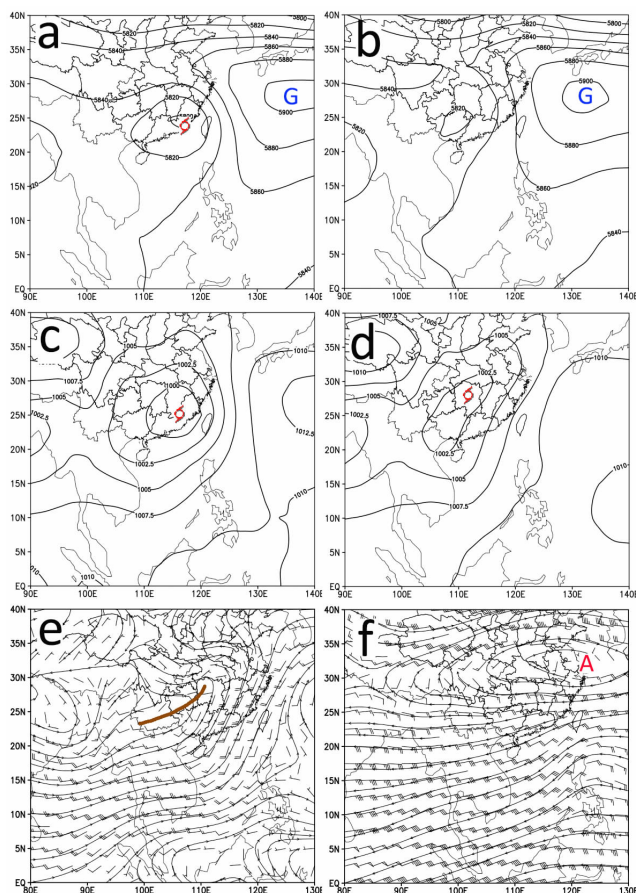


图 8 第 IV 类路径台风暴雨天气概念模型

(a、b 分别为暴雨前日和当日 500hPa 平均高度场(单位: dagpm), c、d 分别为暴雨前日和当日海平面平均气压场(单位: hPa), e、f 分别为暴雨当日 850hPa 、 200hPa 平均流场(单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$))

气压场、 200hPa 和 850hPa 平均流场进行合成分析, 得到四种概念模型高低空的环流特征。主要结论如下:

(1) 西江流域台风暴雨出现在每年 6–11 月, 集中出现在 7–10 月, 8 月最多, 其次是 7 月, 11 月最少; 6 月、9 月台风暴雨以 II 类路径为主, 7 月以 II 类路径、III 类路径和 IV 类路径为主, 8 月以 IV 类路径为主, 10 月、11 月以 I 类路径为主。

(2) I 类路径台风暴雨集中出现在郁江干流, II 类路径在黔江江河段和郁江干流, III 类路径在红水河河段、黔江江河段、郁江干流和桂江干流, IV 类路径在红水河河段, 出现概率在 71%–86%; 四种类型台风暴雨在南盘江河段和北盘江支流出现概率最小, 大部子流域暴雨出现概率小于 7.1%, 说明台风对位于贵州、云南一带的南盘江河段、北盘江支流出现暴雨天气的影响较小。

(3) I类路径和II类路径台风登陆地段多数在 23°N 以南的粤西或桂南沿海,主要造成西江流域中南部子流域出现暴雨天气,大暴雨强度最强;III类路径台风登陆地段多在 23°N 以北的粤东至福州沿海,以热带风暴或热带低压的强度从广西东北部进入并影响西江流域,造成西江流域东部子流域出现暴雨天气,暴雨出现范围最大,但大暴雨强度较I类路径和II类路径偏弱;IV类路径台风登陆地段多在 25°N 以北的福州到浙江沿海,以台风南部的辐合带影响西江流域,造成西江流域中南部部分子流域出现暴雨天气,其暴雨范围和强度在四种路径中最小(弱)。

参考文献

- [1] 陈联寿.登陆热带气旋台风暴雨的研究和预报 [C].第十四届全国热带气旋科学讨论会论文摘要集, 2007: 3-7.
- [2] 陈联寿.热带气旋研究和业务预报技术的发展 [J].应用气象学报, 2006, 17 (6): 673-681.
- [3] 程正泉, 陈联寿, 徐翔德, 等.近 10 年中国台风暴雨研究进展 [J].气象, 2005, 31 (12): 3-9.
- [4] 刘晓波, 邹兰军, 夏立.台风罗莎引发上海暴雨大风的特点及成因 [J].气象, 2008, 34 (12): 72-78.
- [5] 李彩玲, 寿绍文, 陈艺芳.台风"风神"暴雨落区的诊断分析 [J].热带气象学报, 2010, 26 (2): 250-256.
- [6] 王瑾, 柯宗建, 江吉喜."麦莎"台风暴雨落区非对称分布的诊断分析 [J].热带气象学报, 2007, 23 (6): 563-568.
- [7] 赖珍权, 翟丽萍, 古文保.1415 号台风"海鸥"的卫星云图及雷达资料分析 [J].气象研究与应用, 2017, 38 (2): 10-13+115-116.
- [8] 蒙绍臻, 陈见, 韩慎友, 等.广西台风残涡暴雨发生特征分析 [J].气象研究与应用, 2017, 38 (2): 20-25.
- [9] 陈秋萍, 陈敏艳, 刘爱鸣, 等.登陆福建热带气旋短时强降水特征 [J].气象研究与应用, 2016, 37 (3): 24-28+136.
- [10] 周渭, 蒋平凡, 黎馨.2015 台风"彩虹"强降雨过程分析 [J].气象研究与应用, 2016, 37 (2): 16-19.
- [11] 李华实, 廖胜石, 李露芳.1409 超强台风"威马逊"近海急剧加强特征及成因分析 [J].气象研究与应用, 2016, 37 (1): 47-51+132.
- [12] 何如, 周绍毅, 苏志.广西钦州湾台风"启德"风场特征实测研究 [J].气象研究与应用, 2015, 36 (4): 34-37+130.
- [13] 李施颖, 肖天贵.近 35 年云贵高原暴雨特征分析 [J].高原山地气象研究, 2016, 36 (3): 21-26.
- [14] 周长春, 吴蓬萍.青藏高原东坡两次暖区强降水的对比分析 [J].高原山地气象研究, 2015, 35 (1): 1-8.
- [15] 佳津, 陈朝平, 龙柯吉, 等.四川区域暴雨过程中短时强降水时空分布特征 [J].高原山地气象研究, 2015, 35 (1): 16-20.
- [16] 屠妮妮, 何光碧.2012 年夏季四川东部一次大暴雨过程分析 [J].高原山地气象研究, 2015, 35 (3): 1-8.
- [17] 黄海洪, 林开平, 高安宁, 等.广西天气预报技术与方法 [M].北京: 气象出版社, 2012.
- [18] 杨德南, 吴建成, 洪晓湘等.南海台风登陆粤东-闽南引发漳州大暴雨的特征和概念模型 [J].应用海洋学报, 2017, 36 (2): 260-268.
- [19] 郑艳, 符式红, 赵付竹.秋冬季远距离台风海南岛暴雨特征及概念模型 [J].气象研究与应用, 2014, 35 (4): 11-15.
- [20] 钟利华, 曾鹏, 史彩霞, 等.西江流域面雨量与区域大气环流型关系 [J].应用气象学报, 2017, 28 (4): 470-479.
- [21] 徐晶, 林建, 姚学祥, 等.七大江河流域面雨量计算方法及应用 [J].气象, 2001, 11 (27): 13-16.
- [22] 张存, 李飞, 米鸿涛, 等.江河流域面雨量等级 [M].北京: 中国标准出版社, 2006.