

刘国忠,黄开刚,罗建英,等. 2013. 基于概念模型及配料法的持续性暴雨短期预报技术探究. 气象, 39(1):20-27.

基于概念模型及配料法的持续性 暴雨短期预报技术探究^{*1}

刘国忠¹ 黄开刚¹ 罗建英² 农孟松²

1 广西百色市气象局,百色 533000

2 广西气象台,南宁 530022

提 要: 通过统计学、天气气候分析等方法,利用 2000—2009 年 10 年常规观测资料结合 ECMWF $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 初始场客观分析资料,对桂西北主汛期(5—8 月)持续性暴雨进行分析得出:桂西北持续性暴雨的出现有明显的时间窗,主要发生在 6—7 月,重点在 6 月上旬;引起持续性暴雨的主要天气系统有高空槽、切变线、锋面、低空急流、副热带高压及台风减弱低压等;根据天气系统的相互配置可将持续性暴雨分为高空槽配合切变线或锋面型、副热带高压边缘配合深槽型、台风减弱低压型、中低空切变配合型 4 种天气模型,其中以台风减弱低压型的降雨强度最强、影响范围最广。基于概念模型和配料法,建立了各天气型的概念模型和特定阈值的决策树。基于 ECMWF 和 T639 产品,建立了预报准确率(TS)达 10% 以上的桂西北持续性暴雨过程 24 小时短期客观预报工具。

关键词: 桂西北,持续性暴雨,概念模型,配料法,预报技术

中图分类号: P456

文献标识码: A

doi: 10.7519/j.issn.1000-0526.2013.01.003

Research on the Short-Term Forecasting Technique of Persistent Rainstorm with Conceptual Model and Ingredients-Based Method

LIU Guozhong¹ HUANG Kaigang¹ LUO Jianying² NONG Mengsong²

1 Baise Meteorological Office of Guangxi, Baise 533000

2 Guangxi Meteorological Observatory, Nanning 530022

Abstract: Using ten years of observation data and EC $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ objective analysis data from 2000 to 2009, persistent rainstorms in northwest Guangxi in main flood period (May to August) were analyzed with the methods of statistics and synoptic climatology. The results showed that persistent rainstorms obviously occurred in the time window which mainly appeared in June and July, especially in early June. The major weather systems causing persistent rainstorm are upper trough, shear line, frontal surface, low-level jet, subtropical high and tropical cyclone, etc. According to the weather system configuration, persistent rainstorms can be divided into four weather patterns, including the type of upper trough cooperating with shear line or frontal surface, the type of deep trough on the edge of subtropical high, the type of tropical cyclone, the type of middle-level shear line cooperating with low-level shear line. It was the type of tropical cyclone that rainfall intensity was the strongest as well as influence range was the most extensive. Based on the conceptual model analysis and ingredients method, four kinds of weather conceptual models and the specific threshold value of decision trees were established. As well as, a 24 h short-term forecasting tool with forecast accuracy (TS) of persistent rainstorm in northwest Guangxi more than 10% was established by using the products of EC and T639 model.

Key words: northwest Guangxi, persistent rainstorm, conceptual model, ingredients-based method, forecasting technique

* 中国气象局预报员专项(CMAYBY2012-043)及广西区气象局重点科研项目(桂气科 200904 和桂科攻 0993002-1)共同资助
2011 年 9 月 6 日收稿; 2012 年 8 月 13 日收修定稿
第一作者:刘国忠,主要从事短期预报业务研究. Email: baisalgz@sina.com

引 言

持续性暴雨又称连续性暴雨、连场暴雨等,是某一区域内持续出现 2 或 2 天以上的暴雨天气,由于其降雨时间长、降雨总量大,往往会造成严重的气象及其衍生灾害。持续性暴雨在暴雨发生地均有可能发生,中国的持续性暴雨多发生在江南、华南及西南地区等(鲍名等,2007)。广西西北部区域是华南地区持续性暴雨的多发区之一,由于该区域复杂的山区地形地貌,持续性暴雨往往会造成严重的山体滑坡、泥石流等次生灾害,带来重大财产损失和人员伤亡。由于持续性暴雨的危害性极大,气象工作者十分重视对它的研究。目前,国内关于持续性暴雨的研究主要集中在气候特征分析(鲍名等,2007;谢炯光等,2006)、环流背景分析(林爱兰等,2007;张庆云等,2001)、个例要素场特征分析(江吉喜等,1998;李英等,2002;胡亮等,2007)、个例成因分析(宗志平等,2005;黄忠等,2008;陈添宇等,2009)、个例数值模拟(何编等,2010;陈业国等,2010)等,但对持续性暴雨缺乏系统性的分析研究,针对这类天气的相关预报方法还很少见。概念模型及配料法是常用的预报分析法,在暴雨分析预报中得到了广泛的应用(吴蓁等,2011;俞小鼎,2011),是现阶段行之有效的分析预报方法之一,但利用概念模型结合配料法系统地作持续性暴雨分析预报还较少见。该课题首先通过统计学、天气气候分析等方法,利用 2000—2009 年 10 年常规观测资料,结合 ECMWF $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 初始场客观分析资料,对广西西北部主汛期(5—8 月)持续性暴雨进行分析,得出持续性暴雨发生的天气气候特征,并根据主要影响天气系统配置对持续性暴雨进行综合分型,在此基础上,利用概念模型结合配料法对各分型进行分析,获取预报信息,建立 24 小时短期预报关键技术。

1 资料和方法

1.1 资料来源

(1) 2000—2009 年 5—8 月广西 89 个国家地面观测站降雨量资料。

(2) 2000—2009 年 5—8 月实况资料,主要包括:地面图、高空图及探空资料等。

(3) 2000—2009 年 5—8 月地面、探空观测计算物理量场和 2010—2011 年 5—8 月 T639 物理量预

报场资料,分别用于分析和预报。主要包括:水汽通量、水汽通量散度、涡度、散度、垂直速度、 SI 、 Ki 、 θ_{se} 及相对湿度等。

(4) ECMWF $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 数值预报产品 2000—2009 年 5—8 月初始场和 2010—2011 年 5—8 月预报场资料,分别用于分析和预报。主要包括:500 hPa 高度场、850~200 hPa 风场及流场、850~700 hPa 相对湿度场、850 hPa 气温场及地面气压场等。

1.2 方法

(1) 通过统计筛选的方法,按照持续性暴雨的定义,利用雨量资料,筛选出个例。

(2) 通过天气学原理结合统计学分类的方法,利用 ECMWF 数值预报初始场分析结合实况资料,对持续性暴雨个例进行分型。

(3) 通过概念模型分析法,利用 ECMWF 数值预报初始场结合实况资料,以持续性暴雨发生前、第一暴雨日、第二暴雨日的主要天气系统三维配置为线索,建立概念模型。

(4) 通过配料法(张庆云等,2011),利用地面、探空观测及计算物理量特征指数等,对概念模型进行配料,建立持续性暴雨过程 24 小时短期客观预报工具。

(5) 将 ECMWF 和 T639 预报场资料套用于预报工具中,从而建立日常业务化的 24 小时短期客观预报工具。

2 相关定义

2.1 桂西北区域、持续性暴雨及降雨落区定义

桂西北区域:桂西北是指广西西北部地区,包括百色及河池两市,该区域共有 22 个国家地面观测站。

桂西北持续性暴雨:桂西北区域内连续 2 或 2 天以上出现暴雨,且两日的暴雨站数一日要大于 10%(2 个),另一日要大于 20%(4 个)。

降雨落区:为了分析天气系统位置与降水落区的关系,根据桂西北的地理分布和降雨特征,将桂西北区域再细分为西北部、北部、东北部、中部、东部及南部 6 个区域(图略),其中西北部为百色市的西北部,北部为百色市北部和河池市西部,东北部为河池市中东部及西北部,中部为百色市右江河谷,东部为百色市东部和河池市南部,南部为百色市南部。

2.2 影响天气系统关键区的定义

对持续性暴雨发生期间的主要影响天气系统进

行普查分析,定义出天气系统影响的关键区:

高空槽影响关键区:第一暴雨日槽影响关键区为(25.0°~27.5°N、100°~112.5°E)(图 1a),第二暴雨日槽影响关键区为(25.0°~27.5°N、102.5°~115.0°E)(图 1b)。

切变线及锋面影响关键区:(22.5°~25.0°N、

105.0°~107.5°E)(图 1c),关键区中地面任一点升压 1~2 hPa 为弱升压,2~4 hPa 为升压,大于 4 hPa 为强升压。

低空急流或南风影响关键区:(22.5°~25.0°N、107.5°~110.0°E)(图 1d),关键区中 850 hPa 任一格点偏南风大于 $12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,定义为有急流影响。

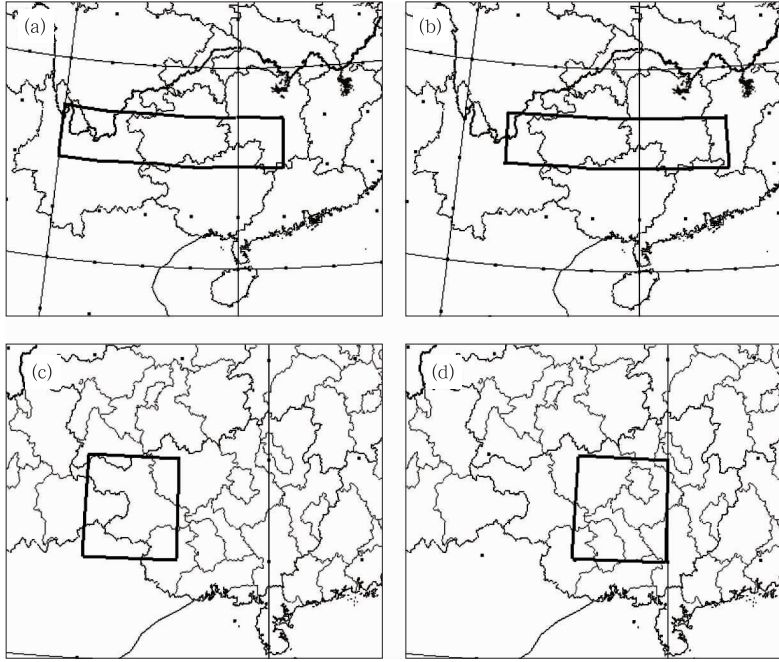


图 1 天气系统影响关键区

(a)第一暴雨日槽区, (b)第二暴雨日槽区, (c)切变和锋面区, (d)南风区

Fig. 1 The key areas of influence weather system

(a) the key area of trough on the first occurring day of heavy rain,

(b) the key area of trough on the second occurring day of heavy rain,

(c) the key area of shear line and frontal surface on the occurring days of heavy rain, and (d) the key area of south wind on the occurring days of heavy rain

3 桂西北持续性暴雨的天气气候分析

3.1 桂西北持续性暴雨天气气候特征

按照桂西北持续性暴雨定义,普查 2000—2009 年 5—8 月广西 89 个国家地面观测站降雨量资料发现,这期间共出现了桂西北持续性暴雨 41 次(表略),平均每年 4.1 次,最多年份(2001 年)出现 7 次,最少年份(2003 年)出现 1 次。在月分布上(图 2a),6 月出现 19 次,占 46.3%,为最多月份,7 月出现 10 次,占 24.4%,为次多月份,5 和 8 月各出现 6 次,各占 14.6%,为最少月份。从旬分布来看(图 2b),6 月上旬出现 8 次,占 19.5%,为最多旬;6

月中旬、下旬和 7 月上旬各出现 6、5 和 5 次,分别占 14.6%、12.2%和 12.2%,为次多旬。可见,桂西北持续性暴雨的出现有明显的时间窗,重点在 6 和 7 月份,特别是 6 月上旬时间段,预报中应重点关注该时间窗。

3.2 引起持续性暴雨的主要天气系统

利用 2000—2009 年 5—8 月 ECMWF $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 初始场结合实况资料,综合分析发现 500 hPa 高空槽、850 hPa 切变线、地面锋面、低空急流、副热带高压和台风减弱低压 6 个天气系统是造成桂西北持续性暴雨的主要天气系统(图 3)。在 41 次持续性暴雨个例中,高空槽参与的为 35 次,占 85.4%,切变线参与的为 21 次,占 51.2%,地面锋面参与的

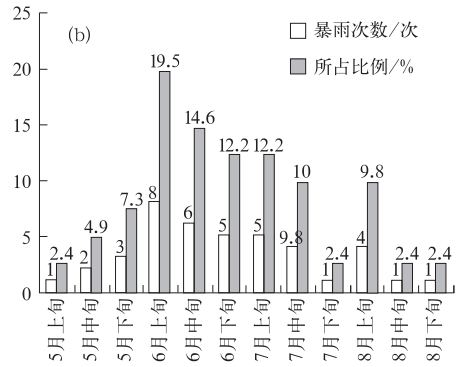
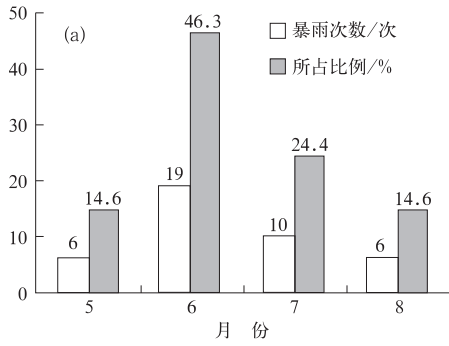


图 2 2000—2009 年桂西北持续性暴雨月分布(a)和旬分布(b)

Fig. 2 Distributions of persistent rainstorm in northwest Guangxi during 2000—2009 (a) monthly distribution, (b) dekad distribution

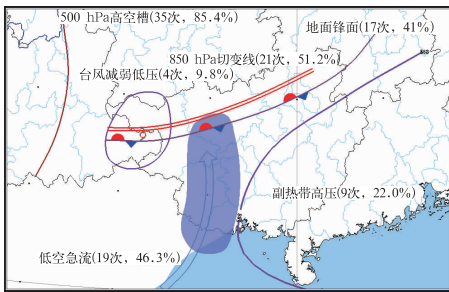


图 3 造成桂西北持续性暴雨的主要天气系统分布

Fig. 3 Distribution of major weather systems leading to persistent rainstorm in northwest Guangxi

为 17 次,占 41.5%,低空急流参与的为 19 次,占 46.3%,副热带高压边缘参与的为 9 次,占 22.0%,台风减弱低压参与的为 4 次,占 9.8%。进一步分析发现,有 24 次连续两日暴雨总站数大于 10 站,属于较大范围的持续性暴雨过程,其余个例暴雨总站

数小于 10 站。同时统计发现在 24 次较大范围的持续性暴雨过程中有 17 次伴随有低空急流,可见较大降水与低空急流密切相关。

3.3 持续性暴雨综合分型

利用 2000—2009 年 5—8 月 ECMWF 2.5°×2.5°初始场(0 h 场)结合实况资料,找出每次持续性暴雨发生期间的主要影响天气系统,根据主要影响天气系统的相互配置对持续性暴雨进行综合分型,得出高空槽配合切变线或锋面型、副热带高压边缘配合深槽型、台风减弱低压型及中低空切变配合型 4 种类型(表 1)。高空槽配合切变线或锋面型为 5—6 月持续性暴雨的模式,出现了 21 次(占 51.2%)。副热带高压边缘配合深槽型、台风减弱低压型和 中低空切变配合型为 6—8 月的模式,分别出现了 12 次(占 29.2%)、4 次(占 9.8%)、4 次(占 9.8%)。台风减弱

表 1 2000—2009 年 5—8 月桂西北持续性暴雨个例分型

Table 1 Typical cases of persistent rainstorm in northwest Guangxi during May to August in 2000—2009

类型	高空槽配合切变线或锋面型		副热带高压配合深槽型	中低空切变配合型	台风减弱低压型	
	2005—2009 年	2000—2004 年				
发生时段	2009.7.3—4	2004.7.4—5	2008.7.6—7	2008.8.3—4	2007.8.23—24	
	2009.6.21—22	2003.6.9—10	2007.7.26—27	2005.6.16—17	2006.7.16—17	
	2009.6.9—10	2002.6.29—30	2007.6.26—27	2002.6.10—11	2006.8.5—6	
	2008.8.17—18	2001.5.25—26	2004.7.9—10	2001.7.15—16	2001.7.3—4	
	2008.6.15—16	2001.5.24—25	2004.7.18—19			
	2008.6.8—9	2000.6.10—11	2004.7.19—20			
	2007.6.8—9	2000.6.9—10	2002.6.15—16			
	2006.6.13—14	2000.6.8—9	2001.6.20—21			
	2006.5.10—11	2000.5.26—27	2001.8.1—2			
	2005.6.5—6		2001.8.2—3			
	2005.6.4—5		2000.6.25—26			
	2005.5.19—20		2000.5.7—8			
	合计/%	21 次(51.2%)		12 次(29.2%)	4 次(9.8%)	4 次(9.8%)

低压型和中空低空切变配合型发生几率较小,台风减弱低压型的降雨强度最强、范围最大(2001年3号台风榴莲),中低空切变配合型降水强度最弱、范围最小。高空槽配合切变线或锋面型、副热带高压边缘配合深槽型和台风减弱低压型是持续性暴雨发生最常见的3种模式,占到持续性暴雨的90.2%,因此对3种常见模型在预报中应给予重点关注。

4 概念模型及配料

4.1 台风减弱低压型

台风减弱低压影响桂西北主要有两条路径(图4),一条是经广东东北或湖南或贵州进入广西的偏北路径,一条是经广东西南进入广西的偏南路径,产生持续性暴雨的形势须满足以下条件:第一暴雨日(图4c)850 hPa存在低压环流,中心位于桂林与河池或兴义与河池或越南北与南宁或普洱与越南北之间,低压槽基本呈南北向;暴雨前24小时,在地面

图上,偏北路径低压要到达湖南与江西交界,偏南路径要过雷州半岛。在与850 hPa基本相同的位置,700 hPa存在低压环流或槽,两层环流大体上呈垂直结构(图4b)。500 hPa存在低压环流,与低层环流位置垂直或向南倾斜,低压槽呈南—北向或东北—西南向,当与低层环流垂直且槽呈南北向时降雨量较大(图4c)。第二暴雨日(图4f)850 hPa低压环流仍然存在,中心位于兴义与河池或越南北与南宁或普洱与越南北之间,倒槽呈南—北或东北—西南或东—西向等,呈东北—西南或南—北向时降雨落区在中东部,呈东西向时在南部,与第一暴雨日比,低压环流向西或南移。700与850 hPa环流基本一致(图4e)。500 hPa低压环流为向西或西南开口的倒槽,与低层环流位置比向西或西南倾斜得更远,低压环流离关键区越近降雨越大(图4d)。200 hPa华南上空均为反气旋环流,广西、贵州为东到东北大风控制。

利用2000—2009年5—8月地面、探空观测及计算的物理量场进行配料,具体方法参见表2。

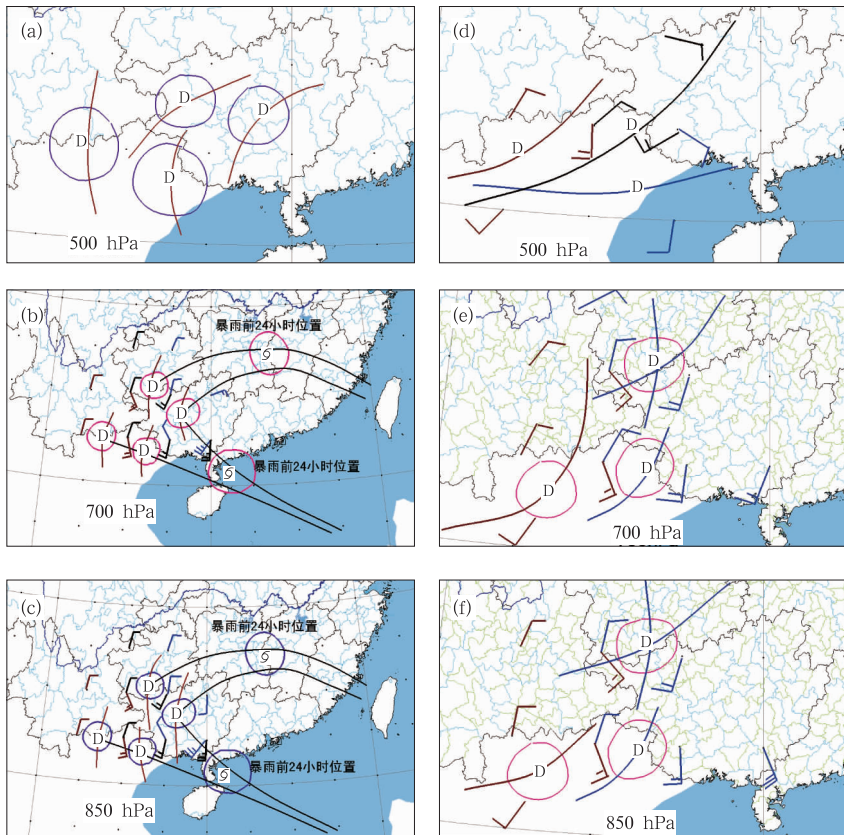


图4 台风减弱低压型暴雨日主要天气系统配置
(a)~(c) 第一暴雨日, (d)~(f) 第二暴雨日

Fig. 4 Configuration of major weather systems in the type of tropical cyclone
(a-c) the first occurring day of heavy rain, (d-f) the second occurring day of heavy rain

表 2 台风减弱低压型动力抬升、不稳定能量和水汽条件的配料

Table 2 Ingredients of dynamic lifting, instability energy and moisture in the type of tropical cyclone

条件	指标	阈值
动力抬升	700 hPa 的 4 个关键点至少有一个点的涡度值	$\geq 4 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$
	700 或 850 hPa 的 4 个关键点的垂直速度平均值	$< 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
	850 hPa 的 4 个关键点至少有一个点的 θ_{se} 值	$\geq 74 \text{ }^\circ\text{C}$
不稳定能量	K 指数	$\geq 34 \text{ }^\circ\text{C}$
	Ky 指数	$\geq 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$
	SI	$< 0 \text{ }^\circ\text{C}$
	850 hPa 的 4 个关键点至少有一个点的相对湿度值	$\geq 80\%$
水汽条件	925 或 850 hPa 比湿值	≥ 15 或 $\geq 13 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$
	850 hPa 水汽通量值	$\geq 4 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
	925 hPa 的水汽通量散度值	$< 0 \text{ g}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
	850 hPa 南风区平均南到西南风速度(水汽输送)	$> 5.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

4.2 高空槽配合切变线或锋面型

此型(图略)在第一暴雨日 850 hPa 有切变线或地面有锋面进入关键区,500 hPa 第一关键区有槽进入;第二暴雨日 850 hPa 切变线或地面锋面正处于关键区中或南移切变残留于关键区中,500 hPa 槽缓慢东移位于第二关键区中,两暴雨日 200 hPa 南亚高压东扩,脊线位于南海北部或华南地区或西南地区东部一带,广西上空为北风或东北风或东风。从配料(表略)来看,两暴雨日物理量的配料主要集中于地面及 850~500 hPa。

4.3 副热带高压边缘配合深槽型

此型(图略)在第一、第二暴雨日 850 hPa 都以南风到西南风为主,从 500~700 hPa 分别在第一关键区和第二关键区有槽,与此同时 500 hPa 副热带高压边缘在广西中部,高压区最好呈方头型,东高西低的形势明显。其配料(表略)主要反映在 500~700 hPa 中高层。

4.4 中低空切变相互配合型

此型(图略)两暴雨日从 700~850 hPa 中低空关键区均出现相互配置的切变线,500 hPa 以西风或西南风为主,关键区没有明显槽,此类型降雨范围较小。其配料(表略)主要反映在中低层。

5 预报工具流程

预报工具流程为:首先使用数值预报的风场、高度场和气压场等资料进行指标卡形势定出所属类型。其次,根据不同模型的特点,用相对湿度、比湿、

水汽通量和水汽通量散度进行水汽条件诊断,用涡度、散度和垂直速度进行动力条件诊断,用 SI 、 K_y 、 θ_{se} 作为能量、不稳定条件的判据。现就“台风减弱低压型”预报工具流程详述如下(其他类型类似,此处不再累述)。

(1)“台风减弱低压型”指标卡形势法概念模型的确立

700 hPa 低压切变线位于关键区 ($22.5^\circ \sim 27.5^\circ\text{N}$ 、 $105^\circ \sim 107.5^\circ\text{E}$) 内,且满足以下条件之一:

①河池点、南宁点为偏南风且毕节点、隆林点为偏北风,具体值:毕节附近的 ECMWF 格点 (27.5°N 、 105°E) 和隆林附近的 ECMWF 格点 (25°N 、 105°E) 为风向 $20^\circ \sim 80^\circ$ 的偏北风;河池附近的 ECMWF 格点 (25°N 、 107.5°E) 为风向 $100^\circ \sim 230^\circ$ 且风速 $\geq 4.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的偏南风,南宁附近的 ECMWF 格点 (22.5°N 、 107.5°E) 为风向 $100^\circ \sim 250^\circ$ 且风速 $\geq 4.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的偏南风。

②河池点、南宁点为偏南风同时隆林点、越南北点为偏北风,具体值:隆林附近的 ECMWF 格点和越南北部附近的 ECMWF 格点为偏北风;河池附近的 ECMWF 格点为风向 $100^\circ \sim 230^\circ$ 且风速 $\geq 4.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的偏南风,南宁附近的 ECMWF 格点为风向 $100^\circ \sim 250^\circ$ 且风速 $\geq 4.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的偏南风。

850 hPa 低压切变线位于关键区 ($22.5^\circ \sim 27.5^\circ\text{N}$ 、 $105^\circ \sim 107.5^\circ\text{E}$) 内,且满足以下条件之一:

①河池点、南宁点为偏南风且毕节点、隆林点为偏北风,具体值:毕节附近的 ECMWF 格点为偏北风,隆林附近的 ECMWF 格点为风向 $20^\circ \sim 80^\circ$ 的偏北风;河池附近的 ECMWF 格点和南宁附近的 ECMWF 格点为风向 $100^\circ \sim 230^\circ$ 且风速 $\geq 5.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 偏南风。

②河池点、南宁点为偏南风同时隆林点、越南北点为偏北风,具体值:隆林附近的 ECMWF 格点和越南北部附近的 ECMWF 格点为偏北风;河池附近的 ECMWF 格点和南宁附近的 ECMWF 格点为风向 $100^{\circ}\sim 230^{\circ}$ 且风速 $\geq 5.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 偏南风。

700 与 850 hPa 满足了指标卡出的天气形势即为“台风减弱低压型”概念模型。

(2)“台风减弱低压型”配料

①水汽条件:关键区内至少有一个关键点 850 hPa 的相对湿度 $\geq 80\%$, 925 hPa 比湿 $\geq 15 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 或 850 hPa 比湿 $\geq 13 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 850 hPa 水汽通量 $\geq 4 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$, 925 hPa 的水汽通量散度为负值。

②能量、不稳定条件:关键区内至少有一个关键点 850 hPa 的 $\theta_{se}\geq 74^{\circ}\text{C}$, K 指数 $\geq 34^{\circ}\text{C}$, K_y 指数 $\geq 0.5^{\circ}\text{C}$, $SI < 0^{\circ}\text{C}$ 。

③动力条件:关键区内至少有一个关键点 700 hPa 的涡度 $\geq 4\times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, 700 或 850 hPa 的垂直速度为负值。

满足以上概念模型及配料即可预报有一次“台风减弱低压型”的桂西北持续性暴雨天气过程。

6 预报工具检验及应用效果分析

6.1 预报工具检验

利用 2000—2009 年 5—8 月 ECMWF $2.5^{\circ}\times 2.5^{\circ}$ 初始场和地面、探空观测资料及计算的物理量对客观预报工具进行回代检验,结果显示(表 3),最高正确率为 37.5%(2004 年),最低正确率为 0(2003 年),平均正确率为 20.5%;最低空报率为 30%(2001 年),最高空报率为 80%(2003 年),平均空报率为 59.0%;最低漏报率为 0(2009 年),最高漏报率为 60%(2001 年),平均漏报率为 20.5%。

6.2 应用效果分析

利用 2010—2011 年 5—8 月 ECMWF 预报场及 T639 物理量预报场资料逐日进行了试预报,并与日本、德国模式降雨预报和中央气象台降雨主观指导预报进行比较(表 4)。日本、德国模式降雨预报的正确率(TS)两年均为 0%,可见模式降雨预报对桂西北区域的持续性暴雨基本无预报能力。客观预报工具与中央气象台降雨主观指导预报正确率

(TS)两年均稳定在 10%以上,两年评分正确率分别为 12.5%和 20%,中央气象台降雨主观预报正确率略高,客观预报工具的空报率高于中央气象台降雨主观预报的空报率,中央气象台降雨主观预报的漏报率高于客观预报工具的漏报率,在空漏率方面各有所长。由此可见,客观预报工具对桂西北持续性暴雨过程的短期预报有稳定的预报能力,结果有参考作用。客观预报工具是建立在模式预报基础之上

表 3 2000—2009 年 5—8 月桂西北持续性暴雨回代检验结果

Table 3 The inspection results of persistent rainstorm by inverting calculation in northwest Guangxi during May to August in 2000—2009

年份	实际 个例	正确 个例	空报 个例	漏报 个例	正确 率/%	空报 率/%	漏报 率/%
2009	3	3	8	0	27.3	72.7	0
2008	5	4	12	1	23.5	70.6	5.9
2007	4	2	7	2	18.2	63.6	18.2
2006	4	1	4	3	12.5	50.0	37.5
2005	4	2	4	2	25.0	50.0	25.0
2004	4	3	4	1	37.5	50.0	12.5
2003	1	0	4	1	0	80.0	20.0
2002	3	—	—	—	—	—	—
2001	7	1	3	6	10.0	30.0	60.0
2000	6	—	—	—	—	—	—
合计	41	16	46	16	—	—	—
平均	4.1	2.0	5.75	2.0	20.5	59.0	20.5

注:2000 年和 2002 年因 ECMWF 资料不全,不做回代检验。

表 4 2010—2011 年 5—8 月桂西北持续性暴雨应用效果比较

Table 4 Comparison of application effects to persistent rainstorm during May to August in 2010—2011 in northwest Guangxi

年份	产品	实际 个例	正确 个例	空报 个例	漏报 个例	正确 率/%	空报 率/%	漏报 率/%
2011	工具		1	5	0	16.7	83.3	0
	日本		0	0	1	0	0	100
	德国	1	0	0	1	0	0	100
	中央 气象台		1	2	0	33.3	66.7	0
2010	工具		1	7	2	10	70	20
	日本		0	0	3	0	0	100
	德国	3	0	1	3	0	25	75
	中央 气象台		1	4	2	14.3	57.1	28.6
两年 评分	工具		—	—	—	12.5	75	12.5
	日本		—	—	—	0	0	100
	德国	—	—	—	—	0	20	80
	中央 气象台		—	—	—	20	60	20

的预报工具,模式预报准确率会直接影响到工具的预报能力,随着数值模式预报准确率的提高,客观预报工具的预报能力也将会得到进一步提高。另外,由于持续性暴雨发生概率较小,加之只有两年试验预报,样本偏少,有必要进行后续的研究完善。

7 小 结

综上所述,经过对桂西北持续性暴雨的分析可以得到以下结论:

(1)桂西北持续性暴雨的出现有明显的时间窗,主要出现在6和7月,重点在6月上旬,在预报中应关注时间窗的临近。引起桂西北持续性暴雨的主要天气系统包括高空槽、切变线、锋面、低空急流、副热带高压、台风减弱低压等;根据天气系统的相互配置可以将持续性暴雨分为高空槽配合切变线或锋面型、副热带高压边缘配合深槽型、台风减弱低压型、中低空切变配合型4种类型。高空槽配合切变线或锋面型、副热带高压边缘配合深槽型、台风减弱低压型是持续性暴雨发生最常见的3种模式,占到持续性暴雨的90.2%,其中台风减弱低压型的降雨强度最强、范围最大,预报中应予以重点关注。

(2)基于概念模型及配料法建立的客观预报工具也是对数值预报产品的一种解释应用,所建立的桂西北持续性暴雨24小时短期客观预报工具按年计算的预报正确率(TS)可以稳定在10%以上,略低于中央气象台降雨主观指导预报正确率,在空漏率方面各有所长。客观预报工具预报能力明显强于日本、德国模式降雨预报,预报工具有参考作用。客观预报工具是建立在模式预报基础之上的预报工具,模式预报准确率会直接影响到工具的预报能力,随着数值模式预报准确率的提高,客观预报工具的预

报能力也将会得到进一步提高。

(3)课题的研究加深了对桂西北区域持续性暴雨的认识,为桂西北持续性暴雨24小时短期预报提供了依据。

参考文献

- 鲍名. 2007. 近50年我国持续性暴雨的统计分析及其大尺度环流背景. 大气科学, 31(5): 779-792.
- 陈添宇, 陈乾, 付双喜, 等. 2009. 西北地区东部一次持续性暴雨的成因分析. 气象科学, 29(1): 115-120.
- 陈业国, 农孟松. 2010. 2008年6月广西持续性暴雨的诊断与数值模拟. 气象科学, 30(2): 250-255.
- 何编, 孙照渤. 2010. “0806”华南持续性暴雨诊断分析与数值模拟. 气象科学, 30(2): 164-111.
- 胡亮, 何金海, 高守亭. 2007. 华南持续性暴雨的大尺度降水条件分析. 南京气象学院学报, 30(3): 345-351.
- 黄忠, 吴乃庚, 冯业荣, 等. 2008. 2007年6月粤东持续性暴雨的成因分析. 气象, 34(4): 53-60.
- 江吉喜, 范梅珠, 吴晓. 1998. 我国南方持续性暴雨成因的TBB场分析. 气象, 24(11): 26-31.
- 李英, 张腾飞, 郭荣芬. 2002. 云南一次持续性暴雨过程的非地转湿Q矢量分析. 南京气象学院学报, 25(2): 259-264.
- 林爱兰, 梁建茵, 李春晖, 等. 2007. “0506”华南持续性暴雨的季风环流背景. 水科学进展, 18(3): 424-432.
- 吴秦, 俞小鼎, 席世平, 等. 2011. 基于配料法的“08.6.3”海南强对流天气分析和短时预报. 气象, 37(1): 48-58.
- 谢炯光, 纪忠萍, 谷德军, 等. 2006. 广东省前汛期连续暴雨的气候背景及中期环流特征. 应用气象学报, 17(3): 354-362.
- 俞小鼎. 2011. 基于构成要素的预报方法——配料法. 气象, 37(8): 913-915.
- 张庆云, 陶诗言, 张顺利. 2001. 1998年嫩江、松花江流域持续性暴雨的环流条件. 大气科学, 25(4): 567-576.
- 宗志平, 张小玲. 2005. 2004年9月2—6日川渝持续性暴雨过程初步分析. 气象, 31(5): 37-41.