

罗小莉, 韦晨, 覃卫坚. 2015. 2011 年盛夏广西西北部特大干旱的环流异常特征 [J]. 气候与环境研究, 20 (3): 257–268, doi: 10.3878/j.issn.1006-9585.2014.14005. Luo Xiaoli, Wei Chen, Qin Weijian. 2015. Feature of atmospheric circulation anomalies of the extremely severe drought in northwestern Guangxi from July to August 2011 [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 20 (3): 257–268.

## 2011 年盛夏广西西北部特大干旱的环流异常特征

罗小莉<sup>1</sup> 韦晨<sup>2</sup> 覃卫坚<sup>3</sup>

1 广西壮族自治区气象服务中心, 南宁 530022

2 广西壮族自治区师范学院, 南宁 530001

3 广西壮族自治区气候中心, 南宁 530022

**摘要** 利用 1960~2011 年广西西北部 16 个气象观测站逐月降水资料、NCEP/NCAR 再分析月平均资料、NOAA 向外长波辐射资料和国家气候中心提供的环流特征量资料, 分析了广西西北部地区以往盛夏干旱年的中高纬环流、西太平洋副热带高压和水汽输送特征, 重点探讨了 2011 年盛夏 (7~8 月) 广西西北部特大干旱大气环流的异常特征。结果表明, 2011 年是 1960 年以来广西西北部盛夏降水最少的年份。广西西北部 2011 年盛夏大气环流与以往盛夏干旱年明显不同的是, 西太平洋副热带高压较常年异常偏弱偏东, 脊线位置明显偏北, 中高纬环流平直, 乌拉尔山地区和东北亚区域没有明显阻塞高压形势, 冷空气活动比常年弱; 印缅槽活动较常年偏弱, 由南向北的水汽输送明显偏弱, 广西西北部上空存在有弱的水汽通量辐散, 垂直运动和对流活动均较常年偏弱, 这些环流特征均不利于产生降水, 造成 2011 年盛夏广西西北部地区出现特大干旱。

**关键词** 广西西北部 特大干旱 大气环流异常

文章编号 1006-9585 (2015) 03-0257-12

中图分类号 P429

文献标识码 A

doi: 10.3878/j.issn.1006-9585.2014.14005

## Feature of Atmospheric Circulation Anomalies of the Extremely Severe Drought in Northwestern Guangxi from July to August 2011

LUO Xiaoli<sup>1</sup>, WEI Chen<sup>2</sup>, and QIN Weijian<sup>3</sup>

1 *Guangxi Meteorological Service Center, Nanning 530022*

2 *Guangxi Teachers Education University, Nanning 530001*

3 *Guangxi Climate Center, Nanning 530022*

**Abstract** On the basis of the NCEP/NCAR monthly mean reanalysis data, NOAA outgoing long-wave radiation data, circulation feature data given by the National Climate Center, and the monthly precipitation data of the 16 stations in northwestern Guangxi from 1960 to 2011, the characteristics of the middle–high latitude circulation, the western Pacific subtropical high (WPSH), and the moisture transport for all the drought years are studied. In particular, the anomalous atmospheric circulation of the extremely severe drought occurring from July to August 2011 is examined. The results show that the midsummer precipitation in 2011 was the least since 1960. The extremely severe drought of northwestern Guangxi in midsummer 2011 is obviously different from other drought events. The WPSH was weaker and was eastward and shifted northward, and the straight flow prevailed over mid-high latitude region. In addition, no obvious blocking high over the Ural Mountains and Northeast Asia was noted. Moreover, the cold air activities, the activities of the India–Burma trough, water vapor transport from south to north with weak positive moisture flux divergence, vertical movement, and

收稿日期 2014-01-03; 网络预出版日期 2014-10-28

资助项目 国家自然科学基金 41365002, 广西科技攻关项目桂科攻 1355010-4, 广西自然科学基金 2013GXNSFAA019273

作者简介 罗小莉, 女, 1984 年出生, 硕士, 工程师, 主要从事大气环流异常与短期气候预测研究。E-mail: xlpeace2003@126.com

convective activities in midsummer 2011 were all weaker than normal. All of these features are not conducive to precipitation and jointly resulted in the extremely severe drought event in northwestern Guangxi.

**Keywords** Northwestern Guangxi, Extremely severe drought, Atmospheric circulation anomaly

## 1 引言

干旱是我国最常见、影响最大的气候灾害, 据统计, 在各类自然灾害造成的总损失中, 气象灾害引起的损失约占 85%, 而干旱又占气象灾害损失的 50% 左右。根据黄荣辉和周连童 (2002) 的研究结果, 全国各地均可能发生干旱, 全国每年平均受旱面积达  $0.2 \times 10^8 \text{ hm}^2$  (约 3.0 亿亩), 干旱灾害发生频率最高的为华北和西南地区。近几年, 随着全球变暖, 干旱灾害更加严重。

许多气象学者已经对干旱进行了广泛的研究, 得到许多有意义的研究成果 (梁平德等, 2006; 彭京备等, 2007; 简茂球等, 2008; 刘晓冉等, 2009; 张葵, 2009; 陶诗言等, 2009; 乔云亭等, 2010; 王晓敏, 2012; 杨辉等, 2012; 尹晗和李耀辉, 2013; 熊光洁, 2013)。由于华北地区干旱受东亚夏季风影响显著, 故关于华北地区干旱的成因研究较多 (黄荣辉等, 1999, 2006; 周连童, 2009)。然而, 广西地处低纬, 濒临云贵高原, 岩溶地貌面积广, 石多土少, 引起广西干旱灾害的成因比较复杂, 但关于广西干旱成因的研究还不是太多。大部分学者的研究侧重于广西干旱的总体特征 (赵运峰等, 2005; 李耀先等, 2009) 和秋、冬、春旱的成因研究 (古文保和施能, 1994; 覃卫坚等, 2010), 对于出现在盛夏的汛期干旱研究甚少。通常汛期是降水最主要的时段, 但 2011 年入汛以来广西西北部 (以下简称桂西北) 降水明显偏少, 到了 7、8 月降水仍然持续偏少, 对旱情的缓和作用不明显, 原本旱涝的“跷跷板”趋势被打破, 局地旱情有发展趋势, 造成了桂西北有气象资料记录以来最严重的干旱事件, 这次干旱天气属于极端气候事件, 其持续时间长、范围广, 给该地区造成了严重的经济损失。影响降水的因素比较复杂, 以往的研究表明, 干旱过程通常是某种状态的异常环流型持续发展和长期维持的结果 (刘银峰等, 2009; 李永华等, 2009; 陈权亮等, 2010; 王红军和白爱娟, 2010; 黄荣辉等, 2012; 尹晗, 2013)。由于 2011 年桂西北严重干旱发生在盛夏主汛期, 其形成原因可能不

同于广西的秋、冬、春旱的成因, 因此有必要从大气环流异常来分析此次严重干旱的成因, 对认识该地区干旱特征及其成因、提高同类型干旱事件的预测水平有十分重要的意义。

本文首先用桂西北所辖的 16 个县 (区) 的降水资料来确定该地区的旱涝异常年份; 再对该地区以往盛夏干旱年份的 500 hPa 高度距平场以及 850 hPa 风距平场、水汽通量场等进行合成分析, 探讨以往干旱年 500 hPa 高度距平场的高中纬环流型、西太平洋副热带高压以及 850 hPa 水汽输送等特征量的异常; 最后重点分析 2011 年盛夏桂西北地区特大干旱与以往干旱年环流特征的异同, 探讨 2011 年盛夏桂西北地区极端干旱事件的关键环流特征及其造成干旱的关键环流因子。

## 2 资料和方法

### 2.1 资料

本文桂西北地区指的是百色市北部和河池市西部的 16 个县 (区) (分布如图 1 所示), 所用资料包括:

(1) NCEP/NCAR 再分析月平均数据资料集, 包括纬向风、经向风、地面气压、气温、位势高度、比湿、垂直速度等资料, 水平分辨率为  $2.5^\circ$  (纬度)  $\times$   $2.5^\circ$  (经度);

(2) 国家气候中心提供的环流特征量资料;

(3) 广西区气候中心整编的桂西北地区 16 个台站 1960~2011 年逐月平均降水资料;

(4) NOAA 全球逐月射出长波辐射 (Outgoing Long-wave Radiation, OLR) 资料, 空间分辨率为  $2.5^\circ$  (纬度)  $\times$   $2.5^\circ$  (经度)。

### 2.2 方法

为了反映桂西北地区盛夏降水的总体状况以及便于与历史状况对比, 本文参考简茂球和乔云亭 (2012) 的研究成果, 以 16 个站 7、8 月的降水总量的标准化降水距平作为桂西北地区的旱涝指数, 计算公式为

$$\gamma = \frac{R_i - \overline{R_i}}{\sigma_i} \times 100\%, \quad (1)$$

其中,  $R_i$  为 7~8 月的总降水量,  $\overline{R_i}$  为降水的多年

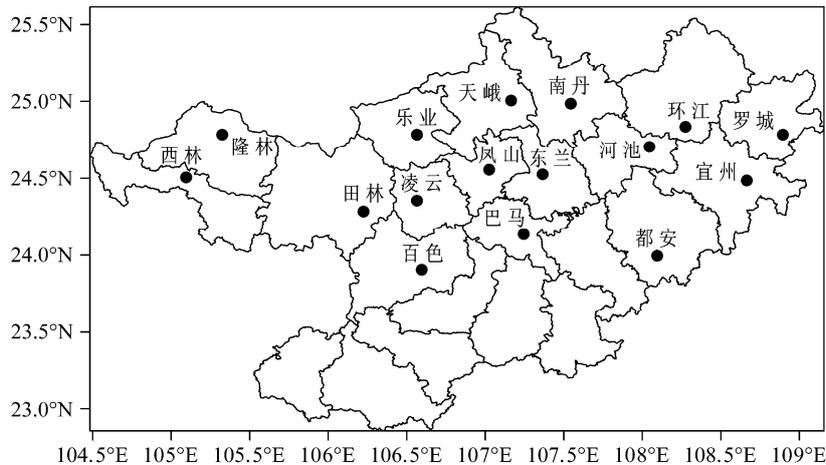


图 1 广西西北部地区 16 个测站分布

Fig. 1 Distribution of 16 meteorological stations in northwestern Guangxi

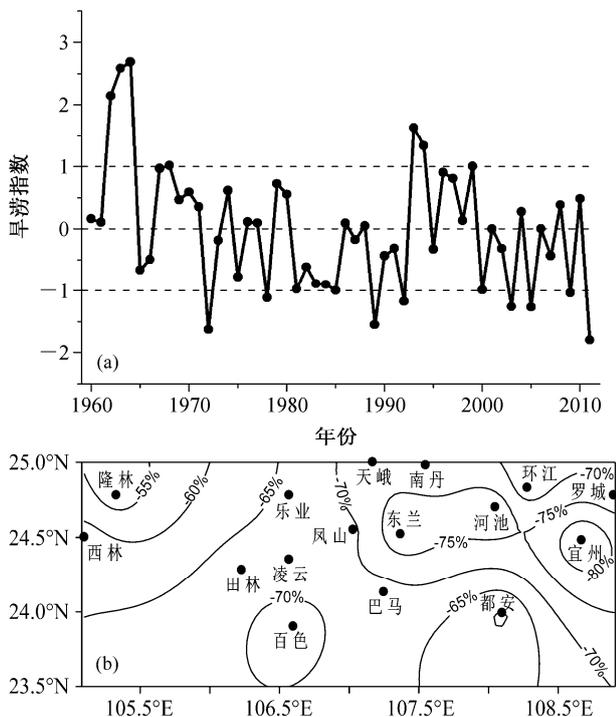


图 2 广西西北部地区盛夏(7~8月)(a) 1960~2011 年旱涝指数的年际变化及 (b) 2011 年降水距平百分率的空间分布

Fig. 2 (a) Interannual variations of drought-flood index (from Jul to Aug) during 1960-2011 and (b) spatial distribution of precipitation anomaly percentages in 2011 in midsummer in northwestern Guangxi

平均值,  $\sigma_i$  为降水的标准差。由公式 (1) 计算得到的桂西北地区盛夏 1960~2011 年的区域旱涝指数序列 (图 2a), 定义旱涝指数小于 -1 的为降水偏少年 (干旱年), 大于 1 的为降水偏多年 (洪涝年), 得到异常年份如下: 干旱年: 1972 年、1978

年、1989 年、1992 年、2003 年、2005 年、2009 年、2011 年; 洪涝年: 1962 年、1963 年、1964 年、1968 年、1993 年、1994 年、1999 年。

在本文中, 除特别说明外, 均采用 1981~2010 年的平均值作为气候平均态。由于该地区有的站建站比较晚, 为了资料的完整, 降水资料分析时段取 1960~2011 年, 即考虑 20 世纪 60 年代以后桂西北地区的降水异常。

由图 2a 可见, 桂西北地区盛夏降水的年际和年代际变化特征非常明显, 旱涝发生十分频繁, 1972 年、1989 年、2011 年是该区域降水偏少最明显的年份, 其中 2011 年是桂西北地区自 1960 年以来盛夏降水最少的一年, 造成该地区出现了严重干旱。旱情的发展非常不利于当地的甘蔗生长和旱地作物的正常播种出苗以及其它农作物的生长发育, 给当地造成较大的经济损失。从 2011 年盛夏桂西北降水距平百分率的空间分布 (图 2b) 可知, 该地区整个盛夏降水总体偏少, 而且大部偏少 5 成以上, 在宜州、河池、东兰、百色、都安各有一个负距平大值区, 其中宜州偏少超过 8 成, 由于整体降水偏少的幅度较大, 因此造成了桂西北地区特大干旱的发生。

### 3 干旱年的环流特征

根据 2.2 节分析得出的干旱年 (1972 年、1978 年、1989 年、1992 年、2003 年、2005 年、2009 年), 合成了相应的 500 hPa 高度距平以及 850 hPa 风距平、水汽通量等要素场, 探讨以往干旱年 500 hPa

高度距平场的中高纬环流型、西太平洋副热带高压（以下简称副高）以及 850 hPa 水汽输送等特征量的异常。

### 3.1 中高纬度环流及西太平洋副热带高压特征

从多年平均的 500 hPa 位势高度场（图 3a）可以看出，整个欧亚大陆中高纬地区环流平直，呈弱的“一槽一脊”型，副高主体位于海上，586 dagpm 线西伸至 110°E 以西，脊线位于 28°N 左右。从桂西北地区盛夏干旱年 500 hPa 位势高距平场（图 3b）可见，乌拉尔山至贝加尔湖一带有一个大的正距平中心，在东北北部有一个大的负距平中心，表明欧亚大陆中高纬地区的环流更平直，不利于冷空气南

下；另外，长江中下游有一弱的正距平中心，表明副高较常年偏强、偏西，故桂西北会出现高温少雨的干旱天气。

### 3.2 850 hPa 水汽输送特征

由于水汽是形成降水的 3 个必要条件之一，因此大气中的水汽输送和收支成为了研究某一地区大气环流异常变化从而导致旱涝发生的一个重要方面（李永华等，2009）。由低层 850 hPa 盛夏平均水汽输送通量矢量图（图 4a）可知，桂西北地区的水汽输送主要来自于印度洋经孟加拉湾和中南半岛向东输送与南海的水汽输送汇合后向北输送至桂西北地区，而很少有水汽直接来自西太平洋。从

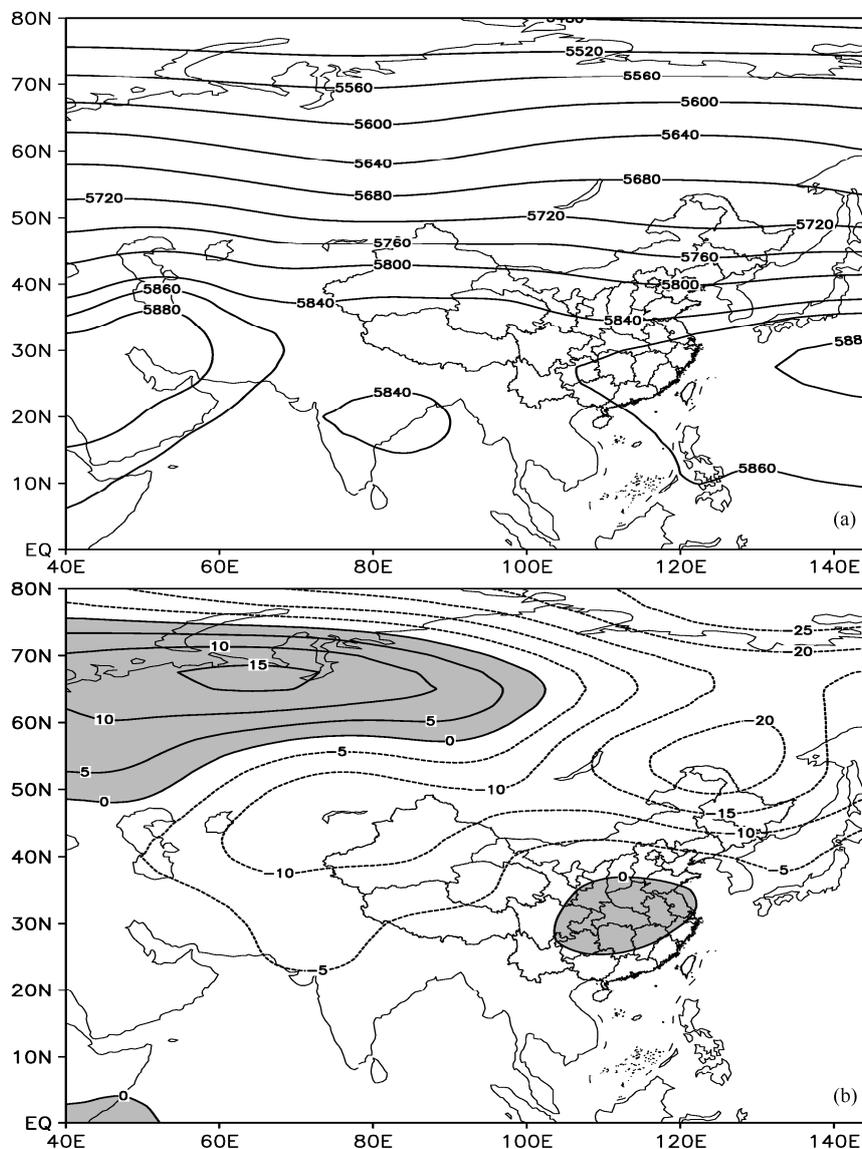


图 3 (a) 亚欧地区盛夏多年平均 500 hPa 位势高度场及其 (b) 广西西北部地区盛夏干旱年合成的距平（单位：gpm；b 中阴影区距平  $\geq 0$ ）

Fig. 3 (a) Climatological average 500-hPa geopotential height field of Asia-Europe from Jul to Aug and (b) composite mean anomalies for all the years with drought summers in northwestern Guangxi (units: gpm, positive-value areas are shaded in Fig. 3b)

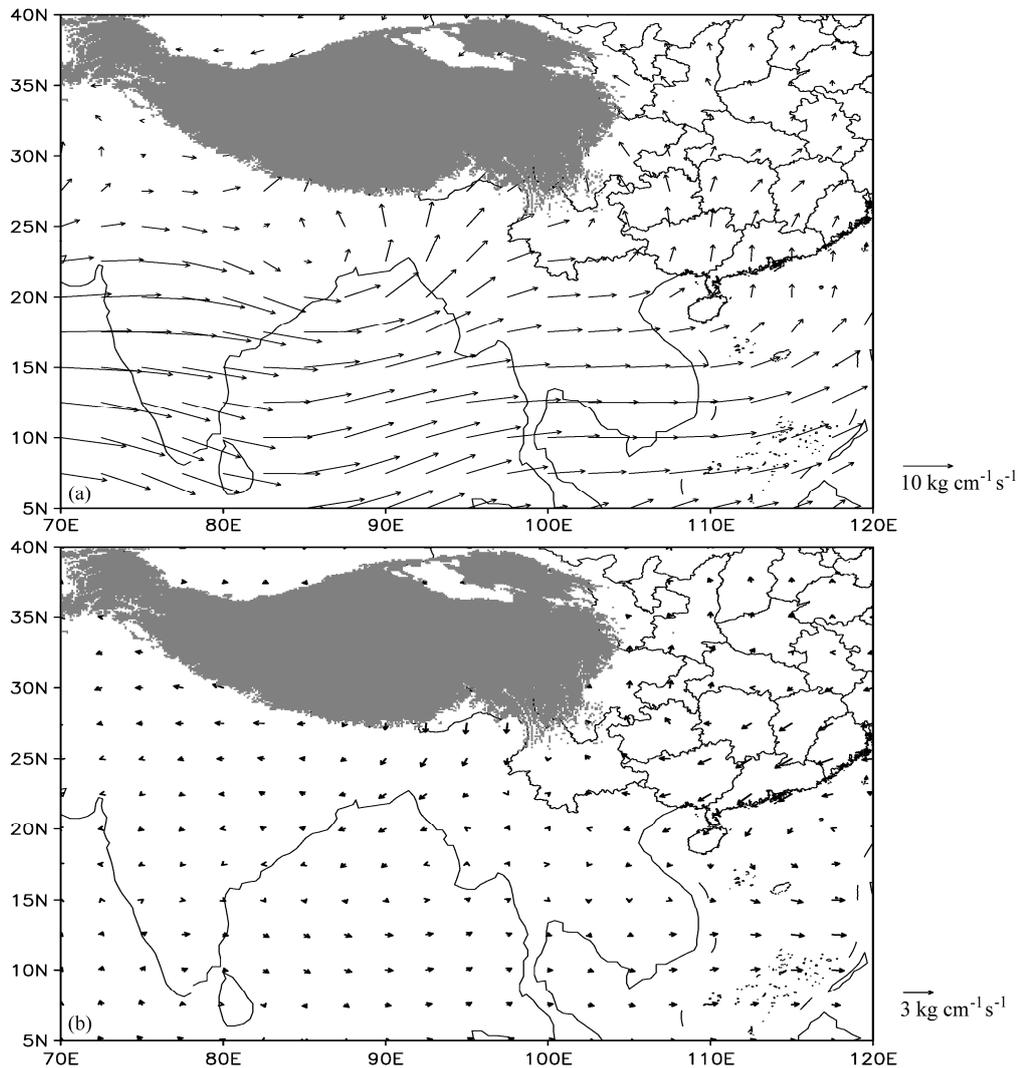


图4 盛夏 (a) 多年平均 850 hPa 水汽通量矢量场及其 (b) 桂西北地区干旱年合成的水汽通量矢量

Fig. 4 (a) Climatological average 850-hPa moisture flux field from Jul to Aug and (b) composite mean anomalies for all the years with drought summers in northwestern Guangxi

桂西北盛夏干旱年低层 850 hPa 水汽通量距平场(图 4b) 看, 桂西北地区上空出现了比较强的东—西向的水汽输送偏差, 表明与常年相比, 桂西北地区上空来自南方的暖湿气流水汽输送减弱, 从而造成降水的水汽供应减弱, 推进了桂西北地区盛夏干旱的发展。

#### 4 2011 年特大干旱的大气环流异常特征

从第 3 节的分析可以看出, 桂西北地区的盛夏干旱与大气环流异常有密切联系, 下面从中高纬度

环流、西太平洋副热带高压、水汽输送、垂直运动以及对流活动几个方面对 2011 年盛夏桂西北地区的异常干旱加以分析讨论, 以期找出 2011 年盛夏干旱与以往干旱的异同。

##### 4.1 中高纬度环流及西太平洋副热带高压特征

从 2011 年盛夏 500 hPa 位势高度场(图 5a) 及距平场(图 5b) 上可以看出, 欧亚大陆中高纬度的环流以纬向型为主, 环流平直, 欧亚大陆呈现弱的“一槽一脊”型, 东亚大槽也比较浅, 常年出现在乌拉尔山附近的高压脊很不明显, 没有明显的阻塞形势。距平图上在中高纬度南北和东西向均呈现出“正—负”相间的距平结构, 以贝加尔湖为界, 以

东地区为高于 30 gpm 的正距平中心, 以西地区为强的负距平区, 且正负距平梯度锋区位于 65°N 附近, 较常年同期偏北且锋区近似于纬向, 不利于冷空气南下。另外, 副热带高压呈带状分布, 588 dagpm 线控制的范围小, 脊线越过 30°N, 位置偏北, 西伸脊线偏东, 强度较常年偏弱。

表 1 给出了桂西北地区严重干旱年的西太平洋副热带高压特征, 分析表明, 在这些严重的桂西北地区干旱年, 副热带高压脊线位置大部分都是偏北或者正常, 只有 1989 年副热带高压脊线位置是偏南的, 但副热带高压强度、面积、北界和西伸脊点却有较大的差别, 从历年桂西北地区盛夏干旱副热带高压的特征来看, 大致可分为 3 种情况, 第一类副热带高压偏强、偏北、偏西, 属于副热带高压控制性高温伏旱, 由于副热带高压偏强、偏北且偏西, 桂西北地区处于副热带高压的控制之下, 容易出现高温少雨的天气, 2003 年、2009 年就是属于这类环流控制下出现的特大干旱; 第二类是副热带高压偏强、偏北、偏东, 这一类主要副热带高压虽然很强, 但由于其偏北、偏东, 对桂西北地区来说是少了副热带高压的阻挡作用, 中低纬的短波槽移动较快, 系统停留时间不长, 不利于产生较强的降水, 1992 年、2005 年就是属于这类环流形势下出现的干旱; 第三类是西太平洋副热带高压异常偏弱、偏北、偏东, 属于低温干旱, 一方面也是中低纬的短波槽移动较快, 另一方面结合中高纬度的环流配置, 中高纬的纬向型环流平直不利于南方暖湿气流北上和北方冷空气南下, 也会造成桂西北地区盛夏少雨干旱, 如 2011 年就属于这类环流形势下出现的干旱, 这

表 1 广西西北部地区盛夏严重干旱年的西太平洋副热带高压特征

Table 1 Characteristics of western Pacific subtropical high (WPSH) in the drought midsummer in northwestern Guangxi

年份	面积 指数	强度 指数	脊线 指数	北界 位置	西伸脊 点位置	描述
1972 年	12	18	26	31°N	139°E	偏弱偏东, 脊线正常
1978 年	13	18	26	31°N	135°E	偏弱偏东, 脊线正常
1989 年	19	31	22	27°N	134°E	偏弱偏南偏东
1992 年	30	69	28	34°N	125°E	偏强偏北偏东
2003 年	37	94	27	33°N	95°E	偏强偏北偏西
2005 年	35	68	27	33°N	120°E	偏强偏北偏东
2009 年	36	72	27	33°N	105°E	偏强偏北偏西
2011 年	25	40	30	33°N	128°E	偏弱偏北偏东
多年平均	26	52	26	32°N	119°E	

一类低温干旱在 20 世纪 70 年代比较典型, 在桂西北地区由此类环流引起的盛夏干旱少于第一类。

#### 4.2 水汽输送特征

统计表明, 印缅槽与华南汛期降水有密切的关系 (吴恒强, 1989)。表 2 给出了 2011 年盛夏印缅槽指数 [(15°N~20°N, 80°E~100°E) 区域内各格点高度值减去 580 dagpm 的累计值]。从印缅槽指数分布来看, 20 世纪 90 年代以前的干旱都属于印缅槽比较活跃, 槽比较深, 但是由于西太平洋副热带高压是偏弱、偏东的, 当有印缅槽出现时, 槽位于孟加拉湾, 其后部的阿拉伯海有一副热带高压, 会推动槽快速东移, 这样的形势降水持续时间不长, 而且以阵雨天气为主。而 20 世纪 90 年代以后的干旱, 印缅槽活动偏弱, 不利于印度洋的水汽经孟加拉湾和中南半岛输送到我国, 2011 年干旱就是属于这一类。从 2011 年盛夏印缅槽指数来看, 2011 年 7 月和 8 月, 印缅槽活动均较常年同期偏弱, 不利于印度洋的水汽经孟加拉湾和中南半岛输送到我国。综上分析, 可以认为只有单一的冷空气、印缅槽过程, 没有西太平洋副热带高压的阻挡作用, 桂西北地区只会出现一般的降温或阵雨天气; 而强降雨天气则是由高、低纬系统配合影响, 势力强大, 系统移速缓慢, 影响时间长共同作用产生。

表 2 广西西北部地区盛夏严重干旱年印缅槽指数

Table 2 Indian and Burma trough characteristic indices in the drought midsummer in northwestern Guangxi

年份	印缅槽指数		
	7 月	8 月	7~8 月平均
1972 年	12.0	10.0	11.0
1978 年	12.0	7.0	9.5
1989 年	23.0	21.0	22.0
1992 年	25.0	25.0	25.0
2003 年	31.0	31.0	31.0
2005 年	26.0	24.0	25.0
2009 年	23.0	30.0	26.5
2011 年	25.0	26.0	25.5
多年平均	23.5	24.2	23.9

从 2011 年盛夏低层 850 hPa 水汽通量矢量距平 (图 6a) 可知, 整个华南地区均有自北向南的水汽输送距平, 说明桂西北地区的水汽输送较常年偏弱, 与干旱年桂西北地区的东—西向水汽输送距平 (图 4b) 相比, 2011 年盛夏桂西北地区有自北向南的水汽输送距平, 说明 2011 年盛夏水汽输送较以往干旱年减弱更明显。同时, 从 2011 年盛夏低

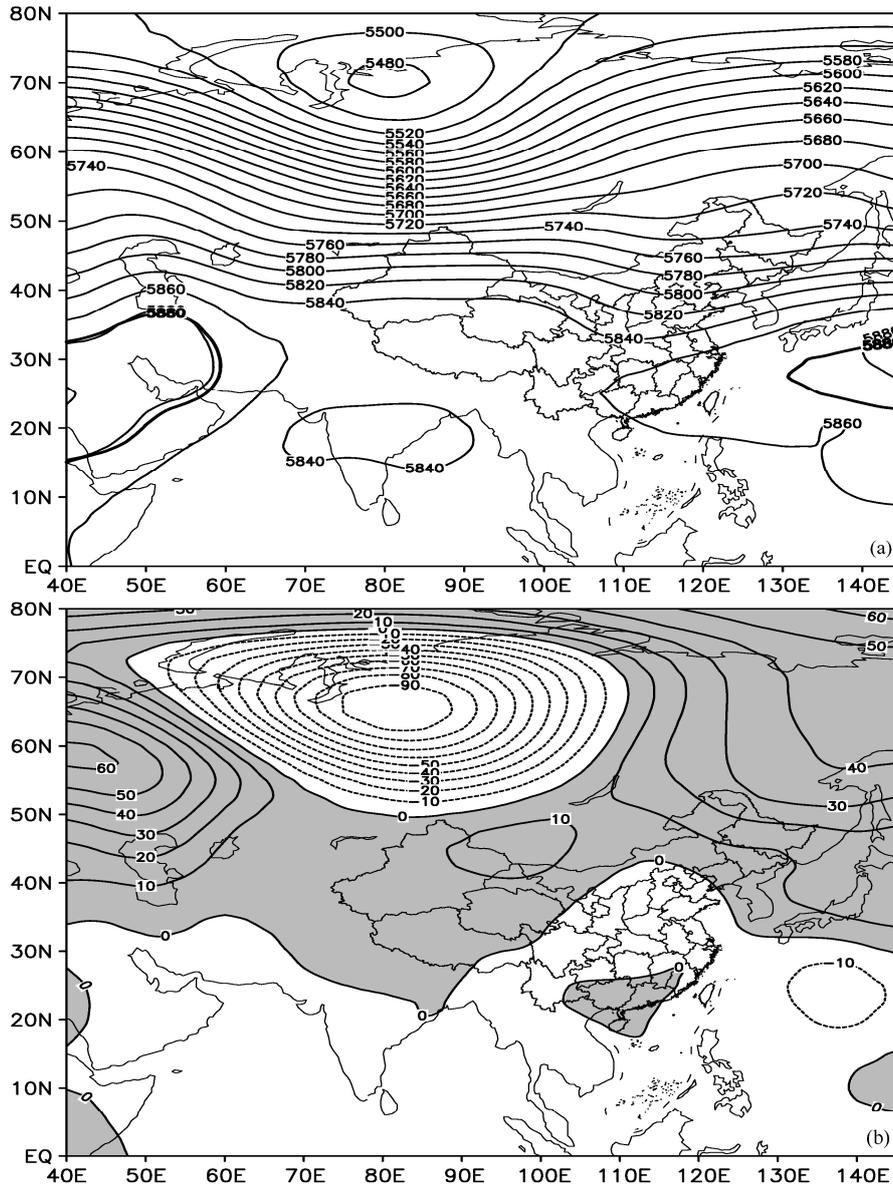


图 5 2011 年盛夏 500 hPa (a) 位势高度场及其 (b) 距平 (单位: gpm)。(a) 中 5880 线(粗线)为多年平均值, (b) 中阴影区距平  $\geq 0$   
 Fig. 5 (a) 500-hPa geopotential height field and (b) its anomalies in midsummer 2011 (units: gpm, thick contour of 5880 is the climatological mean over 1981-2010 in Fig. 5a and the positive-value areas are shaded in Fig. 5b)

层 850 hPa 水汽通量散度(图 6b)也可以看出, 2011 年盛夏整个广西均为弱的水汽通量辐散区, 不利于该地区降水的发生; 而由 2011 年水汽通量散度距平场(图 6c)可知, 桂西北出现了一个水汽通量散度的正距平中心, 结合图 6b 分析, 表明该地区 2011 年盛夏的水汽通量散度较常年同期偏大, 主要以水汽通量辐散为主, 直接导致桂西北地区的降水较常年同期明显偏弱。

### 4.3 垂直运动特征

许多研究表明, 垂直速度与平均雨量有很好的

对应关系, 即上升气流区容易产生降水, 而盛行下沉运动区则不利于降水(刘银峰等, 2009; 陶诗言等, 2009)。从常年盛夏平均(图 7a)可见, 盛夏受青藏高原大地形的动力和热力影响, 桂西北地区位于上升下沉运动的过渡地带, 但总体以微弱的上升运动为主; 而从 2011 年盛夏垂直速度距平场(图 7b)可知, 桂西北出现了一个垂直速度的正距平中心, 表明该地区盛夏主要以下沉运动为主, 或者说本来很微弱的上升运动受到了抑制, 下沉运动的加强不利于该地区的降水。

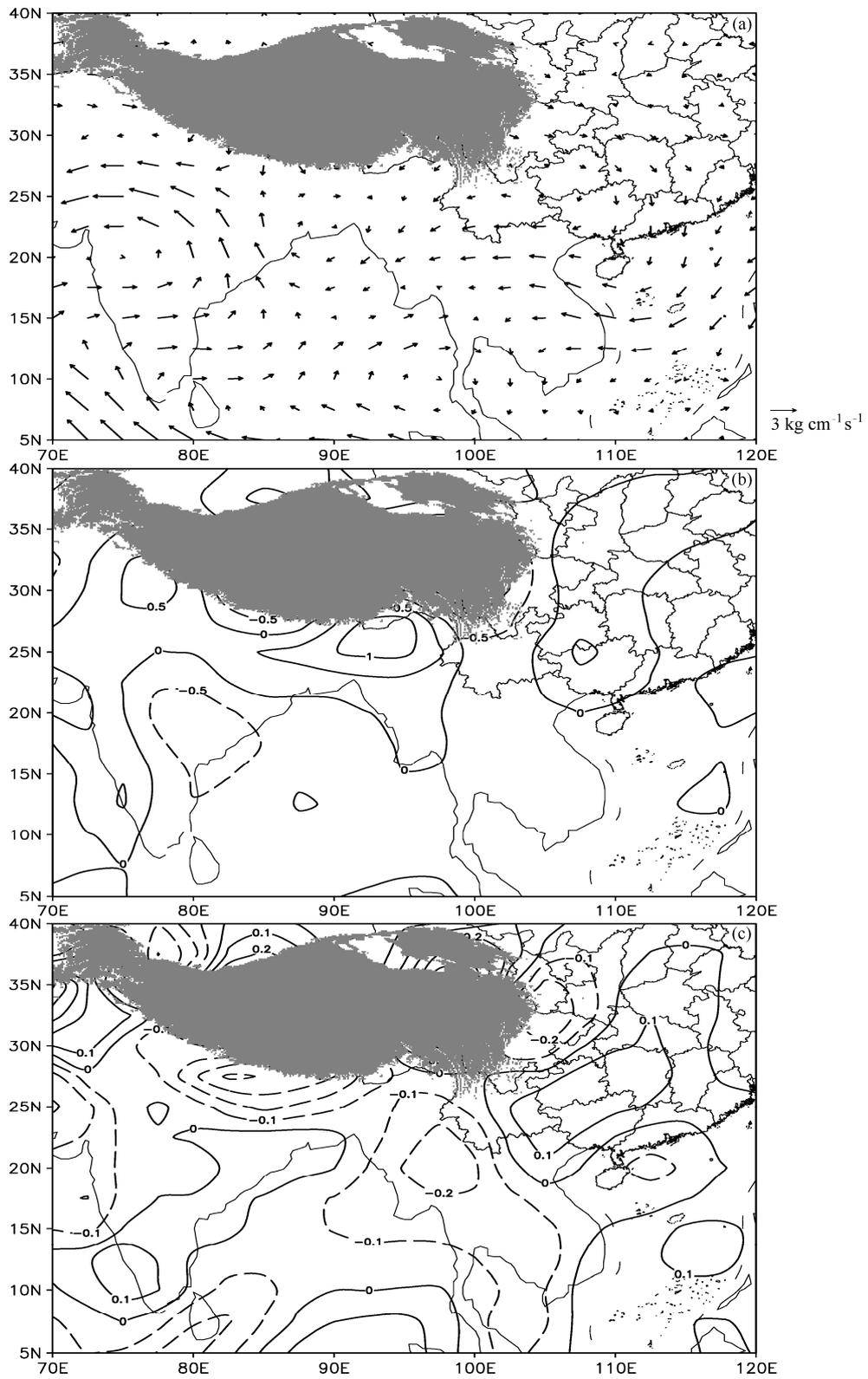


图6 2011年盛夏850 hPa水汽通量 (a) 矢量距平场、(b) 散度场及其 (c) 距平场 (单位:  $\text{kg cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ hPa}^{-1}$ )  
Fig. 6 (a) Moisture flux anomalies field and (b) the moisture flux divergence field and (c) its anomalies (units:  $\text{kg cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ hPa}^{-1}$ ) at 850 hPa in midsummer 2011

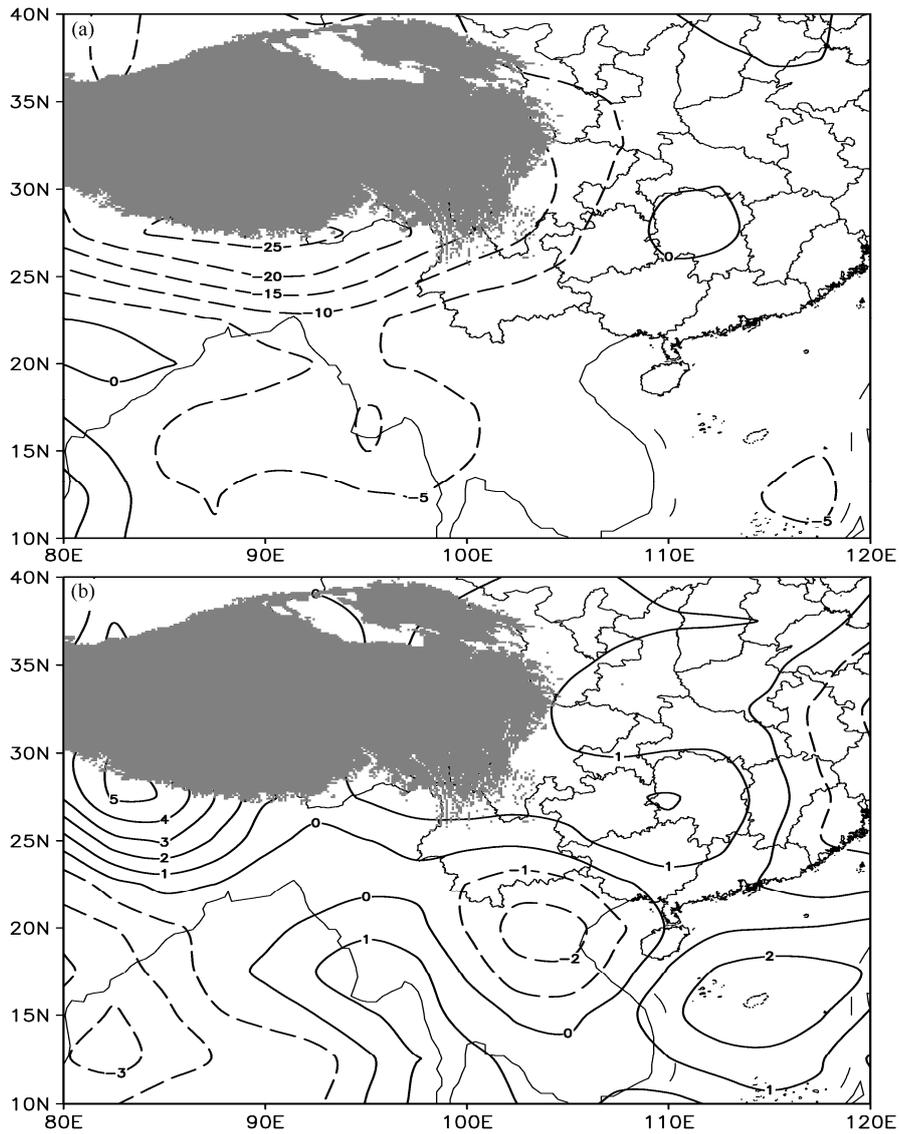


图 7 850 hPa 盛夏 (a) 多年平均垂直速度场及 (b) 2011 年距平场 (单位:  $10^{-2} \text{ Pa s}^{-1}$ )

Fig. 7 (a) Climatological average vertical velocity field and (b) its anomalies in 2011 at 850 hPa in midsummer (units:  $10^{-2} \text{ Pa s}^{-1}$ )

### 4.4 对流活动分布特征

对流性降水在桂西北后汛期降水中占有很大的比例，卫星观测的地气系统的 OLR 是地气系统辐射收支中的重要分量，也是红外云图的观测基础。OLR 的值越小，云顶温度低，对流发展越强；反之，对流则弱。此外，OLR 还能反映大气的垂直运动和散度风，一般在 OLR 值小的地区，对流发展较高，上升运动强，低层辐合、高层辐散；OLR 大的地区为下沉运动。从多年平均盛夏 OLR (图 8a) 可以看出，菲律宾及东部洋面以及阿拉伯半岛到印度洋及中南半岛、南海南部海面、青藏高原大部分地区属于 OLR 的低值区，说明这些地区对流

十分活跃，而由 2011 年盛夏 OLR 距平场 (图 8b) 可知，菲律宾以东洋面对流较常年同期偏强，范围较大，同时，阿拉伯半岛和印度洋面的对流较同期旺盛，青藏高原主体对流活动也较同期明显减弱，尤其是在青藏高原的东部甚至到整个华南地区都是 OLR 的正距平区，说明这些区域的对流活动都较常年同期偏弱，对流性降水也相应比常年同期偏弱，使得桂西北盛夏降水偏少。

### 5 结论

综合以上分析，得到以下主要结论：

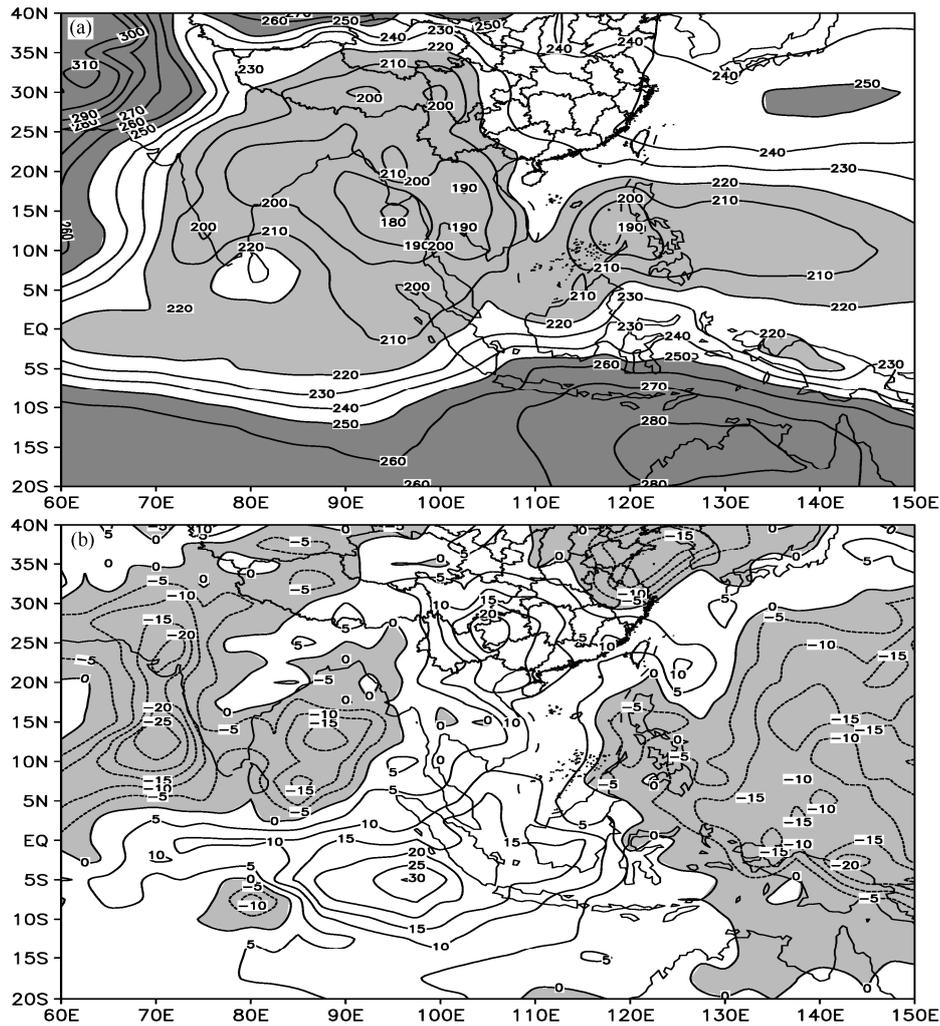


图 8 盛夏射出长波辐射场的 (a) 多年平均 [深(浅)阴影 $\geq 250$  ( $\leq 220$ )] 和 (b) 2011 年距平场 (阴影 $\geq 0$ )。单位:  $\text{W m}^{-2}$   
Fig. 8 (a) The climatological average outgoing long-wave radiation (OLR) field and (b) its anomalies in midsummer 2011 (units:  $\text{W m}^{-2}$ ). (a) dark (light) shaded areas:  $\text{OLR} \geq 250$  ( $\leq 220$ ); (b) shaded areas:  $\text{OLR} \geq 0$

(1) 桂西北地区以往盛夏干旱年 500 hPa 欧亚地区中高纬度环流平直, 副高脊线位置大部偏北或正常, 但较常年同期偏强、偏西或偏东, 不利于冷空气南下至桂西北地区, 低层 850 hPa 桂西北地区有自东向西的水汽输送距平, 水汽输送较常年偏弱。

(2) 2011 年盛夏桂西北地区干旱与以往干旱年明显不同的是, 西太平洋副热带高压较常年异常偏弱、偏东, 脊线位置明显偏北, 中高纬的纬向型环流平直, 乌拉尔山地区和东北亚区域没有明显阻塞高压形势, 不利于南方暖湿气流北上和北方冷空气南下, 冷空气较常年偏弱; 印缅槽活动较常年偏弱, 不利于水汽经孟加拉湾和中南半岛输送至桂西北地区, 低层 850 hPa 桂西北地区有自北向南的水

汽输送距平, 水汽输送较常年明显偏弱, 并且桂西北上空存在弱的水汽通量辐散, 不利于水汽的堆积。另外, 2011 年盛夏桂西北地区处于上升和下沉运动的过渡地带, 有弱的异常下沉运动, 本来很弱的上升运动受到抑制, OLR 值较常年偏高, 对流活动较常年偏弱, 这些因子都不利于降水的发生, 导致 2011 年盛夏桂西北地区出现特大干旱。

#### 参考文献 (References)

- 陈权亮, 华维, 熊光明, 等. 2010. 2008~2009 年冬季我国北方特大干旱成因分析 [J]. 干旱区研究, 27 (2): 182-187. Chen Quanliang, Hua Wei, Xiong Guangming, et al. 2010. Analysis on the causes of severe drought in North China in winter of 2008-2009 [J]. Arid Zone Research (in Chinese), 27 (2): 182-187.

- 古文保, 施能. 1994. 广西早春旱大气环流特征及其成因分析 [J]. 南京气象学院学报, 17 (4): 482–487. Gu Wenbao, Shi Neng. 1994. Analysis of atmospheric circulation anomaly of early spring drought in Guangxi and its cause [J]. Journal of Nanjing Institute of Meteorology (in Chinese), 17 (4): 482–487.
- 黄荣辉, 周连童. 2002. 我国重大气候灾害特征、形成机理和预测研究 [J]. 自然灾害学报, 11 (1): 1–9. Hunag Ronghui, Zhou Liantong. 2002. Research on the characteristics, formation mechanism and prediction of severe climatic disasters in China [J]. Journal of Natural Disasters (in Chinese), 11 (1): 1–9.
- 黄荣辉, 徐予红, 周连童. 1999. 我国夏季降水的年代际变化及华北干旱化趋势 [J]. 高原气象, 18 (4): 465–476. Huang Ronghui, Xu Yuhong, Zhou Liantong. 1999. The interdecadal variation of summer precipitations in China and the drought trend in North China [J]. Plateau Meteorology (in Chinese), 18 (4): 465–476.
- 黄荣辉, 蔡榕硕, 陈际龙, 等. 2006. 我国旱涝气候灾害的年代际变化及其与东亚气候系统变化的关系 [J]. 大气科学, 30 (5): 730–743. Huang Ronghui, Cai Rongshuo, Chen Jilong, et al. 2006. Interdecadal variations of drought and flooding disasters in China and their association with the East Asian climate system [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 30 (5): 730–743.
- 黄荣辉, 刘永, 王林, 等. 2012. 2009 年秋至 2010 年春我国西南地区严重干旱的成因分析 [J]. 大气科学, 36 (3): 443–457. Hunag Ronghui, Liu Yong, Wang Lin, et al. 2012. Analyses of the causes of severe drought occurring in Southwest China from the fall of 2009 to the spring of 2010 [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 36 (3): 443–457.
- 简茂球, 乔云亭. 2012. 华南秋旱的大气环流异常特征 [J]. 大气科学, 36 (1): 204–214. Jian Maoqiu, Qiao Yunting. 2012. Characteristics of general circulation anomalies related to the drought events in fall in South China [J]. Chinese Journal of Atmospheric Science (in Chinese), 36 (1): 204–214.
- 简茂球, 乔云亭, 温之平. 2008. 华南季节干旱及连旱特征分析 [J]. 中山大学学报 (自然科学版), 47 (4): 118–121. Jian Maoqiu, Qiao Yunting, Wen Zhiping. 2008. Analysis on characteristics of seasonal and inter-seasonal drought events in South China [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni (in Chinese), 47 (4): 118–121.
- 李耀先, 陈翠敏, 林墨. 2009. 广西区域干旱的分析研究 [J]. 热带气象学报, 25 (S1): 125–131. Li Yaoxian, Chen Cuimin, Lin Mo. 2009. Analysis of regional drought in Guangxi [J]. Journal of Tropical Meteorology (in Chinese), 25 (S1): 125–131.
- 李永华, 徐海明, 刘德. 2009. 2006 年夏季西南地区东部特大干旱及其大气环流异常 [J]. 气象学报, 67 (1): 122–132. Li Yonghua, Xu Haiming, Liu Dei. 2009. Features of the extremely severe drought in the east of Southwest China and anomalies of atmospheric circulation in summer 2006 [J]. Acta Meteorologica Sinica (in Chinese), 67 (1): 122–132.
- 梁平德, 段丽瑶, 周鸣盛, 等. 2006. 华北盛夏旱涝的环流型特征及其在初夏的预兆 [J]. 气象学报, 64 (3): 385–391. Liang Pingde, Duan Liyao, Zhou Mingsheng, et al. 2006. Circulation patterns for mid-summer drought/flood in North China and their early-summer precursors [J]. Acta Meteorologica Sinica (in Chinese), 64 (3): 385–391.
- 刘晓冉, 程炳岩, 杨茜, 等. 2009. 川渝地区夏季高温干旱变化特征及其异常年环流形势分析 [J]. 高原气象, 28 (2): 306–313. Liu Xiaoran, Cheng Bingyan, Yang Qian, et al. 2009. Changing characteristics of high temperature and drought of Sichuan–Chongqing regions in summer and its analysis of circulation patterns in anomalous years [J]. Plateau Meteorology (in Chinese), 28 (2): 306–313.
- 刘银峰, 徐海明, 雷正翠. 2009. 2006 年川渝地区夏季干旱的成因分析 [J]. 大气科学学报, 32 (5): 686–694. LiuYinfeng, Xu Haiming, Lei Zhengcui. 2009. Possible causes for drought in Sichuan Chongqing region in summer 2006 [J]. Transactions of Atmospheric Sciences (in Chinese), 32 (5): 686–694.
- 彭京备, 张庆云, 布和朝鲁. 2007. 2006 年川渝地区高温干旱特征及其成因分析 [J]. 气候与环境研究, 12 (3): 464–474. Peng Jingbei, Zhang Qingyun, Bueh Cholaw. 2007. On the Characteristics and possible causes of a severe drought and heat wave in the Sichuan–Chongqing region in 2006 [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 12 (3): 464–474.
- 乔云亭, 周鑫, 简茂球, 等. 2010. 华南春旱特征及其与水汽输送的关系 [J]. 中山大学学报 (自然科学版), 49 (2): 125–129. Qiao Yunting, Zhou Xin, Jian Maoqiu, et al. 2010. Characteristics of droughts in spring and its relationship with water vapor transportation in South China [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni (in Chinese), 49 (2): 125–129.
- 覃卫坚, 覃志年, 陆虹, 等. 2010. 2009 年夏末秋初广西持续干旱成因分析 [J]. 热带地理, 30 (5): 466–470. Qin Weijian, Qin Zhinian, Lu Hong, et al. 2010. An analysis on the causes of the drought in late summer and early autumn of 2009 in Guangxi [J]. Tropical Geography (in Chinese), 30 (5): 466–470.
- 陶诗言, 卫捷, 孙建华, 等. 2009. 2008/2009 年秋冬季我国东部严重干旱分析 [J]. 气象, 35 (4): 3–10. Tao Shiyang, Wei Jie, Sun Jianhua, et al. 2009. The severe drought in East China during November, December and January 2008–2009 [J]. Meteorological Monthly (in Chinese), 35 (4): 3–10.
- 王红军, 白爱娟. 2010. 2008/2009 年冬季大气环流异常对我国东部严重干旱的影响 [J]. 干旱区资源与环境, 24 (11): 104–109. Wang Hongjun, Bai Aijuan. 2010. The severe drought in eastern China by the anomalies atmospheric circulation in winter 2008 [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment (in Chinese), 24 (11): 104–109.
- 王晓敏. 2012. 中国干旱化趋势及西南极端干旱成因研究 [D]. 南京信息工程大学硕士学位论文, 2–53. Wang Xiaomin. 2012. Drying trend over China and the possible cause of extreme drought in Southwest China [D]. M. S. thesis (in Chinese), Nanjing University of Science and Technology, 2–53.
- 吴恒强. 1989. 越赤道气流对印缅槽移动的影响 [J]. 热带气象, 5 (1): 85–90. Wu Hengqiang. 1989. Influence of cross-equatorial flow on the motion of the trough over India and Burma [J]. Journal of Tropical Meteorology (in Chinese), 5 (1): 85–90.
- 熊光洁. 2013. 近 50 年中国西南地区不同时间尺度干旱气候变化特征及成因研究 [D]. 兰州大学硕士学位论文, 1–37. Xiong Guangjie. 2013. Studies on characteristics and cause of drought climate change with different time scales in Southwest China in the past 50 years [D]. M. S. thesis (in Chinese), Lanzhou University, 1–37.
- 杨辉, 宋洁, 晏红明, 等. 2012. 2009/2010 年冬季云南严重干旱的原因分

- 析 [J]. 气候与环境研究, 17 (3): 315-326. Yang Hui, Song Jie, Yan Hongming, et al. 2012. Cause of the severe drought in Yunnan Province during winter of 2009 to 2010 [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 17 (3): 315-326.
- 尹晗, 李耀辉. 2013. 我国西南干旱研究最新进展综述 [J]. 干旱气象, 31 (1): 182-193. Yin Han, Li Yaohui. 2013. Summary of advance on drought study in Southwest China [J]. Journal of Arid Meteorology (in Chinese), 31 (1): 182-193.
- 尹晗. 2013. 中国西南地区干旱气候特征及2009~2012年干旱分析 [D]. 兰州大学硕士学位论文, 1-51. Yin Han. 2013. Research on the characteristics of drought climate and the formation analysis for the extreme drought event from 2009 to 2012 in Southwest China [D]. M. S. thesis (in Chinese), Lanzhou University, 1-51.
- 张葵. 2009. 川渝地区夏季干旱研究 [D]. 兰州大学硕士学位论文, 1-45. Zhang Kui. 2009. Study on summer drought in Sichuan and Chongqing region [D]. M. S. thesis (in Chinese), Lanzhou University, 1-45.
- 赵运峰, 赵见海, 陈秀清. 2005. 2004年广西秋旱的气候特征 [J]. 广西气象, 26 (1): 28-30. Zhao Yunfeng, Zhao Jianhai, Chen Xiuqing. Climatic characteristic of autumn drought in Guangxi 2004 [J]. Journal of Guangxi Meteorology (in Chinese), 26 (1): 28-30.
- 周连童. 2009. 引起华北地区夏季出现持续干旱的环流异常型 [J]. 气候与环境研究, 14 (2): 120-130. Zhou Liantong. 2009. Circulation anomalies pattern causing the persistent drought in North China [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 14 (2): 120-130.