0577-6619/2009/67(1)-0122-32 *Acta Meteorologica Sinica* 气象学报

2006年夏季西南地区东部特大干旱及其大气环流异常*

李永华[1,2] 徐海明[1] 刘 德[3]
LI Yonghua[1,2] XU Haiming[1] LIU De[3]

1. 南京信息工程大学大气科学学院,南京,210044
2. 重庆市气象科学研究所,重庆,401147
3. 重庆市气象台,重庆,401147
1. *Institute of Atmospheric Sciences, NUIST, Nanjing* 210044, *China*
2. *Chongqing Institute of Meteorological Sciences, Chongqing* 401147, *China*
3. *Chongqing Weather Office, Chongqing* 401147, *China*

2007-10-17 收稿,2008-03-31 改回.

Li Yonghua, Xu Haiming, Liu De. 2009. Features of the extremely severe drought in the east of Southwest China and anomalies of atmospheric circulation in summer 2006. *Acta Meteorologica Sinica*, 67(1):122－132

Abstract The spatial-temporal distributive features of the extremely severe drought and the anomalous atmospheric circulation in summer 2006 are analyzed based on the NCEP/NCAR reanalysis data, the circulation characteristic index values given by the National Climate Center, and the daily precipitation data of the 20 stations in the east of southwest China from 1959 to 2006. Results show that the rainless period in summer 2006 started from early second dekad of June and ended in middle and late first dekad of September, totally more than 80 days, and the rainfall was especially scarce from middle third dekad of July to middle first dekad of September. Precipitations for the whole summer or each month were all less than normal level, and precipitation indexes show that the summer precipitation in 2006 was the least one since 1959. The extremely severe drought in the east of southwest China in summer 2006 has close relationship with persistent anomalies of the atmospheric circulation in the same period, i. e. anomalies of mid-high latitude atmospheric circulation, Western Pacific Subtropical High(WPSH), westerlies circulation, south Asia high, lower-level flow, water vapor transport, vertical movement and so on. The extremely severe drought could occur in the east of southwest China when the WPSH lies anomalously to the north and west of normal position or when it is anomalously weak and lies to the east. The cause for the high temperature and extreme drought in summer 2006 belongs to the former. The WPSH became stronger and shifted to the north and west of normal position, and meanwhile the south Asia high was also strong and lay to the east of normal position. The downdraft prevailed over the east area of southwest China under the control of the WPSH, and suppressed the water vapor transfer towards this area. At the same time, the disposition of the westerlies circulation and the mid-high latitude circulation was disadvantageous to the southward invasion of cold air. All those jointly resulted in the extremely severe drought event in the east of southwest China in the summer of 2006. The weak heating over the Tibetan Plateau and the vigorous convection activities over Philippine area are likely responsible for a strong WPSH and it's northwest shift in summer 2006.

Key words Eastern southwest China, Extremely severe drought, Anomalous atmospheric circulation

摘 要 利用1959—2006年西南地区东部20个测站的逐日降水资料、NCEP/NCAR再分析资料以及国家气候中心提供的

* 资助课题:重庆市科技攻关计划项目(CSTC,2006AC7053)、中国气象局省所科技发展专项(CMATG2008S09)、国家自然科学基金重点项目(40633018)。
作者简介:李永华,研究方向:区域气候变化及短期气候预测。E-mail:lyhcq@163.com.

环流特征量资料,分析了2006年夏季西南地区东部特大干旱的时空分布及其同期大气环流的异常特征。结果表明,2006年夏季西南地区东部少雨时段从6月中旬初开始一直持续到9月上旬中后期,达80多天,其中7月下旬中期到9月上旬中期降水尤其稀少。西南地区东部区域6、7、8月及整个夏季(6—8月)降水都偏少,降水指数显示2006年是西南地区东部1959年以来夏季降水最少的年份。2006年夏季西南地区特大干旱与大气环流异常有很大的关系,中高纬度环流及西太平洋副热带高压、西风带环流、南亚高压、低层流场、水汽输送以及垂直运动等都持续异常。西太平洋副高异常偏北且偏西和副高异常偏弱且偏东时,西南地区东部都可能出现严重干旱,2006年夏季属于副高控制性高温伏旱。西太平洋副高偏强偏北偏西,同时伴随南亚高压偏强偏东,西南地区东部在副高控制下,盛行下沉气流,同时也抑制了向该地的水汽输送,再加上西风带环流以及中高纬环流配置不利于冷空气南下,因而2006夏季西南地区东部少雨干旱。青藏高原热源偏弱,菲律宾附近地区对流非常活跃,是引起2006年夏季西太平洋副高偏强偏北偏西的重要原因。

关键词 西南地区东部,特大干旱,大气环流

中图法分类号 P461

1 引 言

2006年夏季,中国西南地区东部大部分地区遭受了有气象资料记录以来最严重的干旱事件。这次干旱持续时间长、范围较广,给该地区造成了非常严重的经济损失。西南地区东部是干旱发生频率较高的地区之一,认识该地区干旱的特征以及研究该地区干旱成因,对于提高干旱预测水平,进而为防御干旱灾害提供科学决策依据具有十分重要的意义。

研究旱涝的最重要目的之一是弄清旱涝成因及物理机制,从而更好地作出预测,由于在全球变暖背景下旱涝等极端天气气候事件发生更为频繁,因此旱涝成因及预测研究备受关注(Filippo,et al,1996;Siegfried,et al,2004;Michelle,et al,2007;Ricardo,et al,2007;Diriba,2007;陶诗言等,1962;Huang,et al,1989;吴国雄等,2005;丁一汇等,2003;罗绍华等,1985;杨义文等,2002;孙力等,2003;魏凤英,2006;梁平德等,2006;牛宁等,2007)。中国对旱涝成因及预测方面的研究已有很多,许多专家、学者已做了大量有意义的工作(陶诗言等,1962;Huang,et al,1989;吴国雄等,2005;丁一汇等,2003;罗绍华等,1985;杨义文等,2002;孙力等,2003;魏凤英,2006;梁平德等,2006;牛宁等,2007),这些研究主要针对中国东部地区的旱涝,对于近年来旱涝等极端气候事件发生较为频繁的中国西南地区,一些专家也进行了分析研究(马振锋,2002;李跃清,2003;刘德等,2005),但相对于中国其他地区尤其是东部地区而言,类似的研究还是比较少的。对2006年夏季西南地区特大干旱事件目前有一些研究:如彭京备等(2007)探讨了这次干旱的特征及成因机理,重点分析了西太平洋副热带高压和大陆副热带高压的异常活动以及西风带与热带环流的特征;邹旭恺等(2007)的分析指出,2006年盛夏西南地区东部的异常高温干旱事件可能是受全球变暖和天气扰动共同作用的结果,但以天气扰动的影响为主,大气环流异常,北方南下冷空气活动偏弱,西北太平洋副热带高压脊线偏北以及冬季青藏高原积雪偏少是导致该地区严重高温干旱的直接原因;鲍媛媛等(2007)研究了前期海温与西南地区东部夏季旱涝的关系,指出2006年1—3月赤道东太平洋海温呈显著负距平、南太平洋20°—40°S海域海温呈显著正距平,利于西南地区东部出现严重干旱。以上的研究对认识2006年夏季西南地区东部特大干旱有很好的借鉴和参考作用,但其研究都各有其侧重点,而这次干旱事件应该是多种因素综合作用造成的,因此其成因和物理机制还有待进一步深入研究。本文拟在借鉴已有研究的基础上,对发生在西南地区东部的典型的2006年夏季特大干旱及其同期环流特征进行较为全面的分析,并初步分析其成因,以期利用这样的典型事例得到更多的信息和线索,同时也为进一步深入研究其成因和物理机制以及前兆预测信号奠定基础。

2 资料和方法

本文所指的西南地区东部是指27°—32°N、105°—110°E地区,主要包括四川东部、重庆、贵州北部以及湖南西部局部和湖北西部的局部地区。

本文所使用的资料包括1959—2006年6—8月的NCEP/NCAR全球逐月的2.5°×2.5°再分析资料(部分为逐日资料),西南地区东部20个台站(测站见表1)逐日降水资料以及国家气候中心提供的环流特征量资料。在本文中,除特别说明外,均采用1971—2000年的平均值作为气候平均态。

为了反映2006年西南地区东部夏季降水的总体状况及便于和历史状况对比,我们按照中国气象

表 1 西南地区东部 20 个测站

Table 1 List of 20 meteorological stations in the east of Southwest China

站名	经度(E)	纬度(N)	站名	经度(E)	纬度(N)	站名	经度(E)	纬度(N)
阆中	105°58′	31°35′	万州	108°24′	30°46′	酉阳	108°46′	28°48′
巴中	106°46′	31°51′	恩施	109°28′	30°17′	吉首	109°44′	28°19′
达州	107°30′	31°12′	沙坪坝	106°28′	29°35′	遵义	106°53′	27°42′
奉节	109°30′	31°03′	涪陵	107°25′	29°45′	湄潭	107°28′	27°46′
遂宁	105°35′	30°30′	来凤	109°25′	29°31′	思南	108°15′	27°57′
南充	106°06′	30°47′	口梓	106°50′	28°08′	黔西	106°01′	27°02′
梁平	107°48′	30°41′	习水	106°13′	28°20′			

局国家气候中心气候预测室所采用的方法计算了1959—2006 年区域降水指数

$$\gamma = \left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{R_i}{\overline{R_i}} + \frac{n^+}{n}\right) \times 100\% \qquad (1)$$

式中 n 为测站数，R_i 为 6—8 月总降水量，$\overline{R_i}$ 为降水多年平均值，i 为测站序号($i=1,2\cdots n$)，n^+ 表示 n 个测站中降水量距平 $\Delta R \geqslant 0$ 的站数。降水指数 γ 可以较好地刻画区域降水的多寡，其值越大，表示区域降水越多，正常值为 150。在计算的测站中有个别站资料部分年份缺测，采用比值订正法进行了序列插补。

3 2006 年夏季西南地区东部降水特征

3.1 空间分布特征

从 2006 年西南地区东部 6、7、8 月及夏季(6—8 月)降水距平百分率的空间分布(图1)可见，6、7、

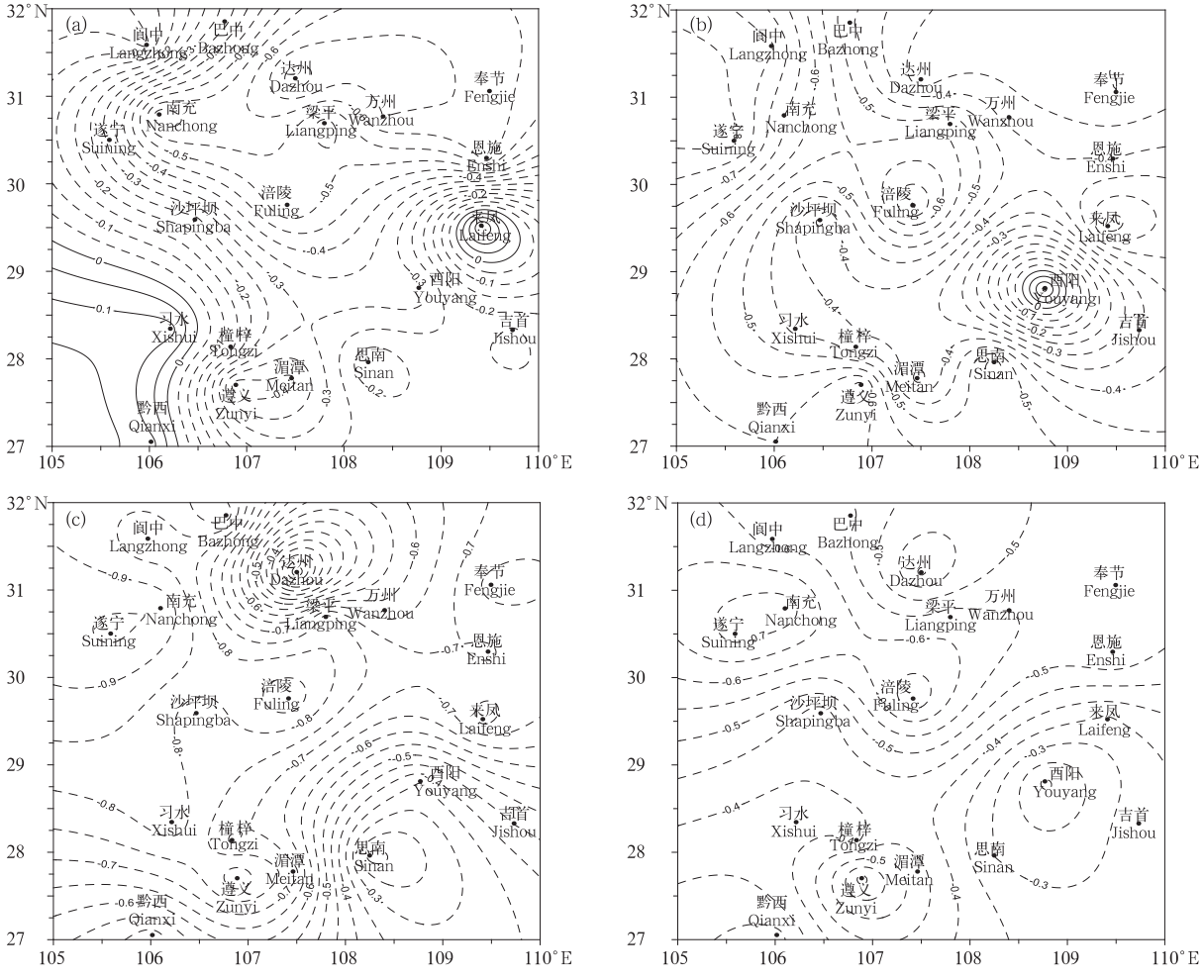


图 1 2006 年西南地区东部 6—8 月降水距平百分率的空间分布

(a. 6 月，b. 7 月，c. 8 月，d. 6—8 月；图中虚线表示负距平，实线表示“0”或正距平)

Fig. 1 Spatial distributions of precipitation anomaly percentages in the east of southwest China from Jun to Aug 2006

(a. June, b. July, c. August, d. summer(JJA); Dash lines are negative contours and solid lines are zero or positive contours)

8 月及整个夏季(6—8 月)降水都总体偏少。6 月(图 1a),西南地区东部除贵州习水和黔西以及湖南来凤的部分地区降水略偏多外,其余地区均偏少,在四川及重庆东北部和贵州北部出现两个负距平大值区,分别以达州、万州和遵义、湄潭为中心,其中达州降水偏少超过 7 成。7 月(图 1b),除重庆酉阳降水略偏多外,其余地区均偏少,其中四川遂宁偏少超过 8 成,而四川阆中和重庆涪陵偏少超过 7 成。8 月(图 1c)整个西南地区东部降水都偏少,大部地区偏少超过 5 成,其中四川遂宁、南充和巴中偏少超过 9 成,除此之外,重庆涪陵、贵州遵义和习水以及四川阆中偏少超过 8 成。夏季 6—8 月(图 1d)整个西南地区东部降水都是偏少的,其中四川南充、遂宁至重庆涪陵一带为低值中心,较常年偏少 7 成左右。

2006 年夏季西南地区东部降水是偏少的,大部分地区夏季 3 个月均一致偏少,而且偏少的幅度较大,因此造成了西南地区特大干旱的发生。

3.2 时间变化特征

为了反映 2006 年夏季西南地区东部区域降水的总体特征,进一步分析其时间变化特征。

图 2a 是按式(1)计算的西南地区东部夏季 1959—2006 年的区域降水指数序列,可见,1998、1980 和 1993 年是西南地区东部降水明显偏多的年份,而 2006 和 1972 年是该地区降水偏少最为明显的年份,其中 2006 年是西南地区东部 1959 年以来降水最少的年份。

为了进一步分析特大干旱的具体时段和持续时间,计算了西南地区东部各站 6—9 月逐日平均雨量(图 2b),可以看出,2006 年西南地区东部少雨时段主要集中在 6 月中旬初到 9 月上旬中后期,持续 80 多天,其中 7 月下旬中期到 9 月上旬中期,降水尤其稀少。

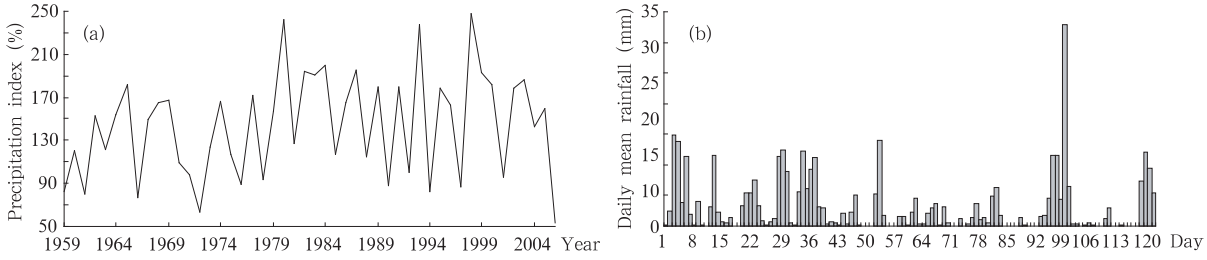


图 2 西南地区东部 1959—2006 年降水指数变化(a)及 2006 年 6—9 月逐日平均降水量(b)

Fig. 2 Temporal evolution of precipitation index (a) in the east of southwest China from 1959 to 2006 and daily mean rainfall (b) from June to September in 2006

4 2006 年夏季东亚环流特征分析

干旱过程常常是不利于降水的异常环流持续发展和长期维持的结果。对于 2006 年夏季西南地区东部的特大干旱,必然与同期的大气环流形势持续异常有关,下面从中高纬度环流及西太平洋副热带高压、西风带环流(冷空气活动)、南亚高压、低层流场、水汽输送以及垂直运动等几个方面进行分析讨论。

4.1 中高纬度环流及西太平洋副热带高压特征

西南地区东部的降水受西太平洋副热带高压和中高纬环流等对流层中层环流系统的影响较大。2006 年整个夏季 500 hPa 位势高度场实况(图 3a)及距平图(图 3b)显示,中高纬环流都比较平直,常年出现的乌拉尔山附近的脊和欧洲浅槽都不明显,中国北方地区环流也比较平直,东亚大槽比较浅,东亚地区盛行纬向环流,西太平洋副热带高压较常年明显偏强,面积偏大,脊线偏北,西伸明显,西南地区东部大部分时间在西太平洋副热带高压的控制之下。

由于西太平副热带高压是影响西南地区东部降水非常重要的系统,我们列出了 2006 年夏季西太平洋副热带高压特征指数与多年平均值(表 2),可以看到,2006 年 6 月和 7 月,与常年相比,西太平洋副热带高压的面积都偏大,强度明显偏强,脊线偏北,且较常年偏西,8 月面积略偏大,但强度略偏弱,脊线偏北,且较常年明显偏西。整个夏季(6—8 月),西太平洋副热带高压面积偏大,强度偏强,偏北偏西,使得西南地区东部长期受其控制,盛行下沉气流,酷热少雨。

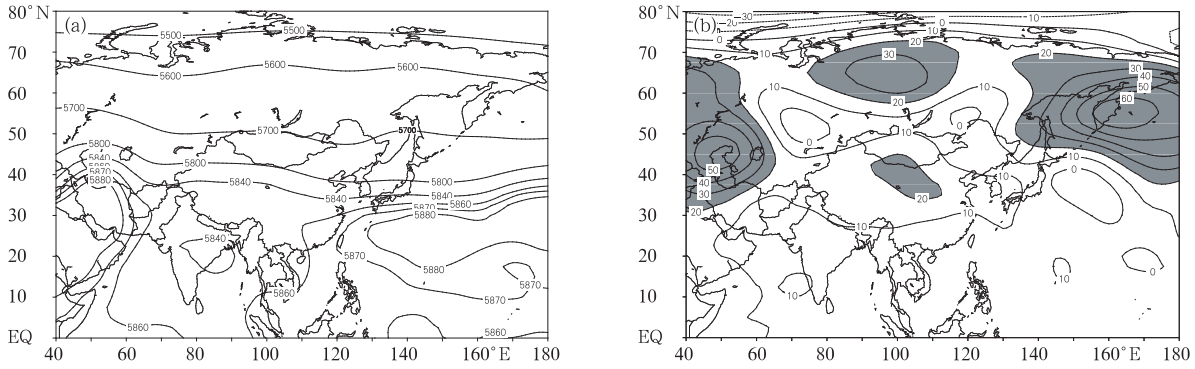


图 3 2006 年夏季 500 hPa 位势高度场(a)及其距平(b)

(单位:gpm,阴影区表示正距平)

Fig. 3 500 hPa geopotential height field (a) and it's anomalies (b) in summer 2006 (gpm)

(Positive contours are shaded)

表 2 2006 年夏季西太平洋副热带高压特征指数与多年平均值比较

Table 2 Comparison of the average characteristic index values of WPSH in summer 2006 with their climatological means over 1971—2000

指数类型	6 月		7 月		8 月		6—8 月	
	多年平均	2006 年	多年平均	2006 年	多年平均	2006 年	多年平均	2006 年
面积指数	22	32	22	32	22	30	22	31
强度指数	45	60	40	89	38	31	41	60
脊线指数(°N)	21	21	25	26	27	29	24	25
北界指数(°N)	26	25	31	31	32	33	30	30
西伸脊点(°E)	118	110	124	120	124	100	122	110

4.2 西风带环流系统特征

冷空气活动强弱是西南地区东部夏季旱涝的一个重要影响因素,而西风带中冷空气的南下会直接关系到长江流域梅雨锋的维持以及降水的产生,也对西南地区东部的旱涝产生直接影响。

从图 4 可以看到,2006 年夏季西风活动区比常年范围大而且偏北,西风带比较平直且明显北缩,高空急流北缩 5 个纬度左右,2006 年纬向环流偏强,致使冷空气活动较少且偏北,无法到达长江流域及西南地区东部,因而干旱少雨。

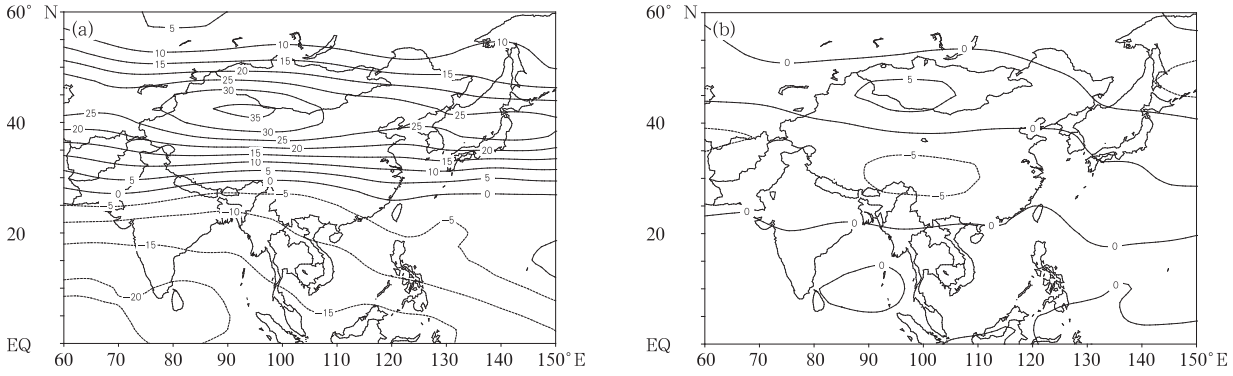


图 4 2006 年夏季 200 hPa 纬向风场(a)及其距平(b)(单位:m/s)

Fig. 4 The 200 hPa *U*-wind field (a) and it's anomalies (b) in summer 2006 (unit: m/s)

4.3 南亚高压特征

夏季南亚高压是对流层上部强大的大气活动中心,在 100 hPa 最强,它对北半球大气环流和中国天气气候,特别是对中国夏季大范围旱涝分布及亚洲的天气气候均有重要影响。从 2006 年夏季 100 hPa 位势高度场实况(图 5a)及距平图(图 5b)可见,南亚高压脊线位于 32°N 附近,较常年偏北,强度明显偏强,位置较常年偏东,其主体控制了西亚至中国的大部分地区。西南地区东部整个夏季都几乎受南亚高压的持续控制,由于南亚高压与西太平洋副热带高压进退具有一定的制约关系,具有相向而行、相背而去的特点(张琼等,2001;陶诗言等,1964),2006 年夏季南亚高压偏强且位置偏北偏东,这也有利于西太平洋副热带高压偏北偏西,从而持续控制西南地区东部,使得该地降水明显偏少,出现特大干旱。

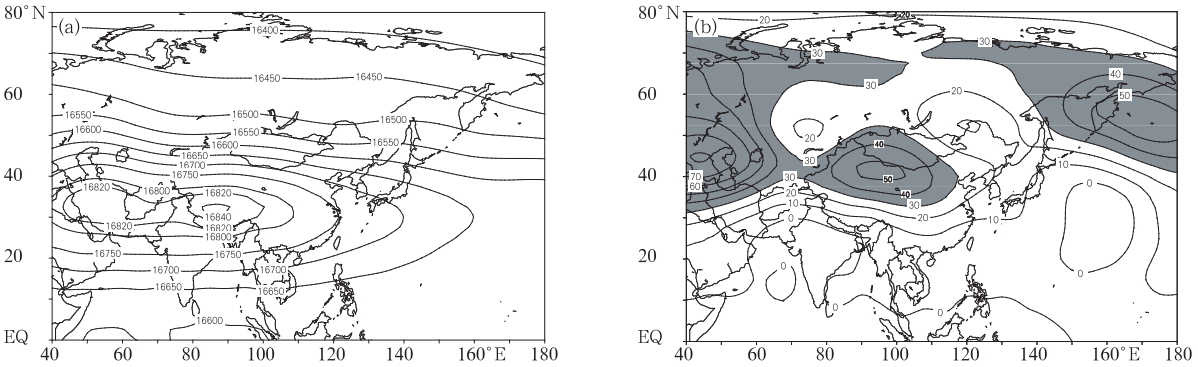


图 5 2006 年夏季 100 hPa 高度场(a)及其距平(b)(单位:gpm)

Fig. 5 The 100 hPa geopotential height field (a) and it's anomalies (b) in summer 2006 (unit:gpm)

4.4 低层流场特征

2006 年夏季(图 6a),西南地区东部气流主要来自于越赤道气流和印度洋气流汇合后,经孟加拉湾或经中南半岛、南海流入,汇合成近似南—北向的气流,这支气流分成了两支,一支流向青藏高原地区,并在那里辐合,而另一支则流向东北方向。在距平图(图 6b)上,在蒙古地区有一个异常反气旋式环流,而在华南地区也有一个异常气旋式环流,西南地区东部处于它们异常气流的共同控制之下,呈现由北向南的异常气流,表明到达该地南方的暖湿气流输送较常年偏弱。由此可见,2006 年夏季低层环流形势不利于由南向北的暖湿空气的输送,与常年相比,这种环流形势不利于冷暖空气在西南地区东部相遇,而且水汽输送也大大减弱,因此降水较

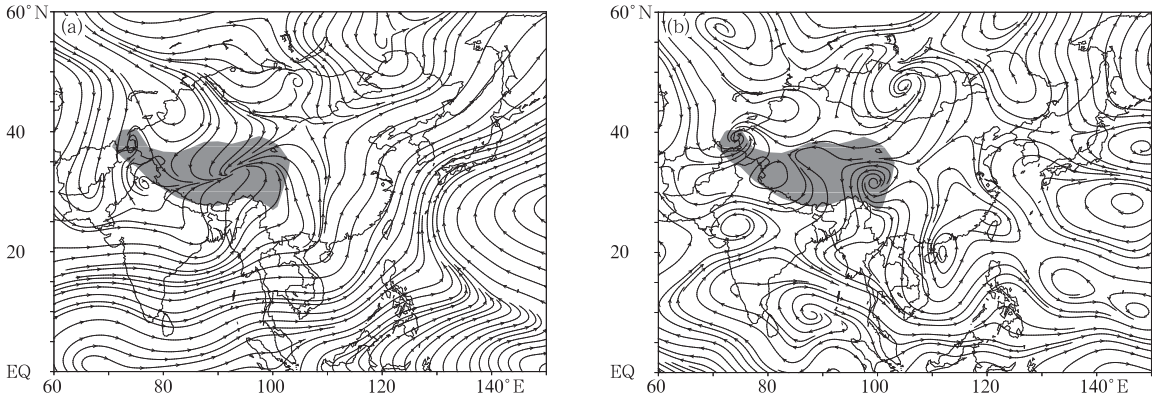


图 6 2006 年 6—8 月 850 hPa 流场(a)及其距平场(b)

Fig. 6 The 850 hPa streamline field (a) and its anomalies (b) in summer 2006

常年偏少。

4.5 水汽输送特征

大气中水汽输送和收支是研究全球大气环流持续和变化的一个重要方面,因为水汽是形成降水的必要条件之一。

从夏季多年平均整层水汽输送通量矢量场(图7a)可以看到,常年西南地区东部的水汽主要来自于印度洋经孟加拉湾和中南半岛到达,还有一部分是来自于南海以及西太平洋,它们汇合在西南地区形成西南—东北向的水汽输送。在2006年夏季距平图(图7b)上,西南地区东部出现了微弱的东北—西南向的矢量距平,表明与常年相比,该地自南向北的水汽输送有所减弱,从而造成降水的水汽供应减弱。由低层850 hPa夏季平均水汽输送通量矢量图(图7c)可见,西南地区东部的水汽输送与整层水汽输送类似,也主要来自于印度洋经孟加拉湾和中南半岛以及印度洋向东输送至南海,和南海的水汽输送汇合后向北输送至西南地区东部,而直接由西太平洋输送来的水汽较少,在2006年夏季低层850 hPa距平图(图7d)上也可以看到,西南地区东部出现近似由北向南的水汽输送异常,表明与常年相比,西南地区东部来自南方的暖湿水汽输送有所减弱。

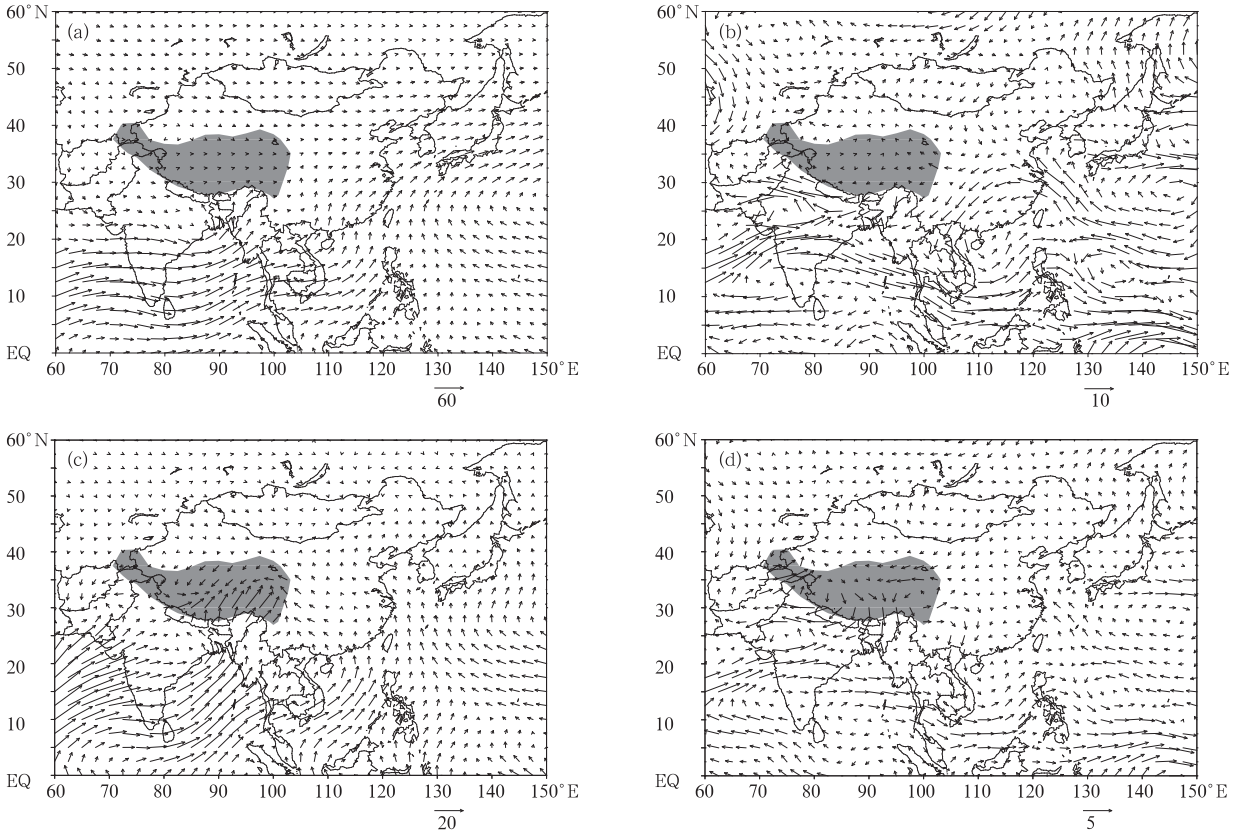


图7 多年平均整层水汽输送通量场(a)及其2006年夏季距平场(b)以及850 hPa等压面上水汽通量矢量平均场(c)及其距平场(d)(单位:kg/(cm·s))

Fig. 7 Climatological entire layer/850 hPa moisture flux field (a/b) and its anomalies (c/d) in summer 2006, respectively (unit: kg/(cm·s))

4.6 垂直运动特征

从2006年夏季逐日西南地区东部平均垂直速度时间-高度剖面图(图8a)及850 hPa多年平均垂直速度场(图8b)和2006年夏季垂直速度距平场(图8c)可见,2006年夏季西南地区东部盛行下沉气流(图中阴影区表示下沉气流区),因而整个夏季西南地区东部是少雨的(图8a),与图2b对比发现,其垂直速度与平均雨量有很好的对应关系,即上升气流容易产生降水,而盛行下沉气流时则不易降水,在2006年6月上旬,降水比较集中,而此时也盛行上

升气流,其余时间以下沉气流为主,因而少雨。常年夏季(6—8 月)(图 8b),受青藏高原大地形及热力影响,西南地区东部主要位于上升下沉运动的过渡地带,但主要为微弱的上升运动,而 2006 年夏季距平图(图 8c)上,在西南地区东部出现了一个正距平中心,表明该地夏季盛行下沉运动,或者说下沉运动明显加强,而上升运动明显减弱,所以总的说来是不利于夏季降水的。

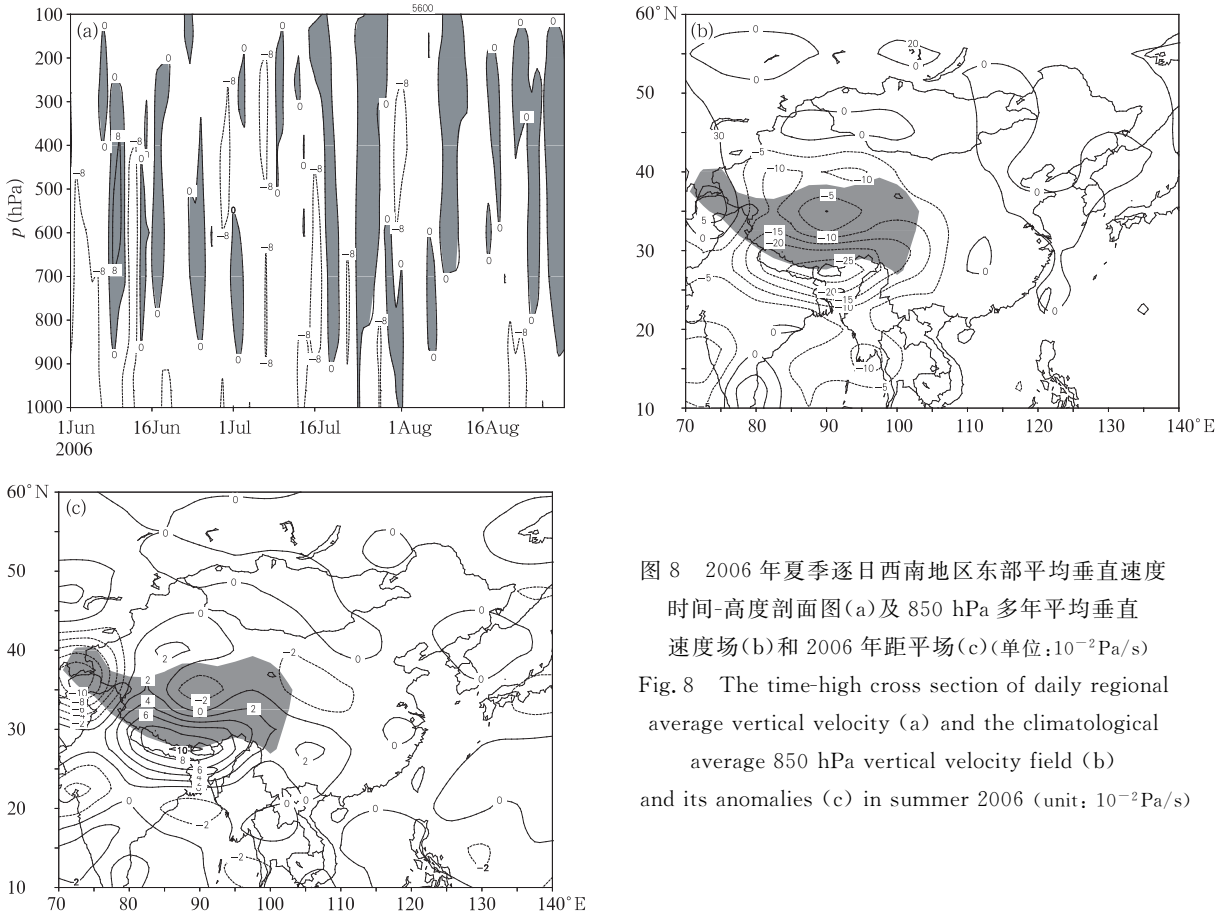


图 8 2006 年夏季逐日西南地区东部平均垂直速度时间-高度剖面图(a)及 850 hPa 多年平均垂直速度场(b)和 2006 年距平场(c)(单位:10^{-2}Pa/s)

Fig. 8 The time-high cross section of daily regional average vertical velocity (a) and the climatological average 850 hPa vertical velocity field (b) and its anomalies (c) in summer 2006 (unit: 10^{-2}Pa/s)

5 成因初步分析

2006 年夏季中高纬度环流及西太平洋副热带高压、西风带环流(冷空气活动)、南亚高压、低层流场、水汽输送以及垂直运动等几个方面是相互联系的,这种环流形势稳定且持续时间长,不利于西南地区东部夏季降水。2006 年夏季异常强大的西太平洋副热带高压持续控制西南地区东部,作为北半球副热带地区的主要大气活动中心,其不仅对副热带地区的环流调整起重要作用,也对北半球西风带环流有重要影响,其强度和位置变化决定着南方暖湿气流和北方冷空气交汇的位置和方式,从而决定夏季降水趋势,它无疑是造成这次特大干旱最直接的原因,正是在它的持续控制之下,减少了向该地的水汽输送,使得这里盛行下沉气流,南方暖湿空气和北方冷空气在该地的交汇受到抑制,因而造成了特大干旱。实际上,影响西南地区东部夏季旱涝的环流形势非常复杂,其复杂性不仅在于典型旱涝年环流背景不同,还在于同样是夏季干旱(或洪涝),其环流形势也不是单一的,仅就西太平洋副热带高压而言,其形态特征也是非常复杂的。由西南地区东部夏季严重干旱年所对应的同期西太平洋副高特征指数(表 3)可以看出,在这些严重的西南地区东部夏季干旱年,副热带高压脊线位置无一例外的偏北或正常,但副热带高压强度和西伸脊点却有差别,当副热带高压偏北且偏西和副热带高压异常偏弱且偏东时,西南地区东部都可能出现严重干旱,这是引起西南地区东部夏季干旱的两种主要的副热带高压形

态。前者属于副热带高压控制性高温伏旱,由于副热带高压偏北且偏西,西南地区东部处在副热带高压的控制之下,容易出现高温少雨的天气,2006 年就是属于这类环流控制下出现的特大干旱;后一种情形属于低温干旱,西太平洋副热带高压异常偏弱偏东,再加上中高纬度的环流配置,不利南方暖湿气流北上和北方冷空气南下,也会造成西南地区东部夏季少雨干旱,如 1972 年就是属于这类环流,低温干旱在 20 世纪 70 年代比较典型,在西南地区东部由此类环流引起的夏季干旱少于前者,也就是说,西南地区东部夏季干旱大部分属于副高控制性高温干旱。这些分析结果与以往的研究结论一致(宋文玲等,2003)。

表 3 西南地区东部夏季严重干旱年的西太平洋副热带高压特征

Table 3 Values of WPSH characteristic indices in the drought summersfor the east of Southwest China

干旱年	强度指数	脊线指数(°N)	西伸脊点(°E)	副高特征
1959	34	24	117	偏弱偏西,脊线正常
1961	39	27	112	偏弱偏北偏西
1966	50	25	107	偏强偏北偏西
1971	29	27	126	偏弱偏北偏东
1972	19	24	135	偏弱偏东,脊线正常
1976	23	26	130	偏弱偏北偏东
1978	22	25	130	偏弱偏北偏东
1990	34	25	125	偏弱偏北偏东
1992	63	25	123	偏强偏北偏东
1994	82	27	112	偏强偏北偏西
1997	30	25	117	偏弱偏北偏西
2001	27	26	120	偏弱偏北偏西
2006	60	25	110	偏强偏北偏西
多年平均	41	24	122	

从以上的分析可以看到,西南地区东部夏季偏旱的年份西太平洋副热带高压的脊线大部分年份是偏北的,但强度指数和西伸脊点指数却没有这样的对应关系。事实上,根据西南地区东部降水指数与西太平洋副热带高压 5 个特征指数的相关分析发现,其与副热带高压脊线指数的关系最好,相关系数为−0.47,达到 0.001 的信度检验,但与其他指数的相关系数却不能通过较高信度检验,这与表 3 和实际情况均相吻合。西太平洋副热带高压的位置决定了冷暖空气交汇的位置和方式,当副热带高压偏西且偏北,或者副热带高压异常偏弱且偏东,都不利于冷暖空气在西南地区东部交汇。而从上面的分析可知 2006 年夏季西太平洋副热带高压较常年是偏北偏西的,属于典型的副热带高压控制性高温伏旱,随着西太平洋副热带高压的一次次西伸加强,也伴随着南亚高压的一次次向东扩展加强(彭京备等,2007),西南地区东部在副热带高压和南亚高压的共同控制之下,该地盛行下沉气流,也不利于水汽在该地辐合,不利于降水的形成。在副热带高压控制下,地面摩擦效应使边界层内副热带高压脊线位置与边界层顶的对流层下沉运动的位置重合,与边界层下沉相伴随的是上层辐合和低层辐散,由于低层辐散抑制了低云的发展,另外因为下沉绝热增温会引起相对湿度减小,所以边界层副热带高压脊附近多为干燥晴好的天气(吴国雄等,2004)。

2006 年夏季西太平洋副热带高压为何偏强偏北且偏西呢?下面从热力异常的角度作简要的分析。黄荣辉等(1994)的研究表明,在菲律宾周围对流强的夏季,西太平洋副热带高压位置偏北偏强,相反,在菲律宾周围对流弱的夏季,西太平洋副热带高压偏南偏弱。除了热带对流活动对西太平洋副热带高压有影响外,青藏高原热源对其也有一定的影响。夏季青藏高原作为一个隆起在对流层中层的巨大热源,对大气环流的影响除了机械强迫外,热力强迫的作用也很重要,青藏高原夏季加热可以通过激发大气波动影响东亚乃至全球大气环流(吴国雄等,2005;段安民等,2003;刘新等,2002),数值模拟表明(赵声蓉等,2003),当青藏高原凝结潜热减弱时,西太平洋副热带高压偏强且位置偏北偏西,反之,当凝结潜热增强时,西太平洋副高偏弱且位置偏南。

射出长波辐射(Outgoing Longwave Radiation,简称 OLR)的大小主要取决于云顶温度和下垫面温度,在高原地区 OLR 主要反映高原的热力状况,而在低纬度的热带地区,OLR 则主要表征对流活动的强弱。从 2006 年夏季 OLR 距平场(气候平均态采用 1979—2006 年的平均值,图中阴影区为负距平区)(图 9)可以看到,在菲律宾附近为 OLR 负距平区,表明 2006 年夏季在菲律宾附近地区对流非常活跃,西太平洋暖池上空对流活动强,这就使得位于热带西太平洋热源增强,从而使得 Hadley 环流增强,并且,它的下沉区偏北偏西,从而造成了西太平洋副热带高压偏强偏北偏西。从图 9 还可以看到,2006 年夏季青藏高原地区总体为 OLR 正值区,尤其在高原东部地区,表明凝结潜热较常年是减弱的,根据

数值模拟结果,当青藏高原凝结潜热减弱时,西太平洋副热带高压偏强且位置偏北偏西,这与 2006 年夏季西太平洋副热带高压特征是吻合的。由此可见,夏季青藏高原热源以及西太平洋暖池上空对流活动异常可以引起夏季西太平洋副热带高压异常,2006 年夏季青藏高原热源偏弱,菲律宾附近地区对流非常活跃,从而引起西太平洋副热带高压偏强且位置偏北偏西,造成西南地区东部特大干旱的发生。

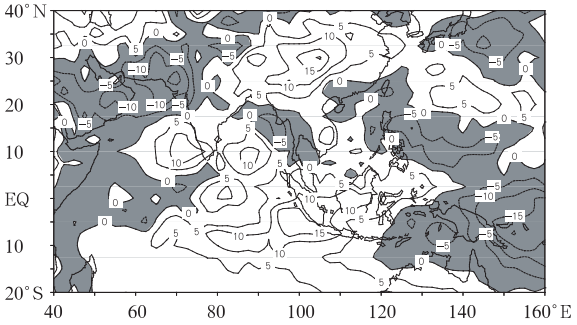


图 9 2006 年夏季 OLR 距平场(单位:W/m²)

Fig. 9 The OLR anomaly (W/m²) field in summer 2006

6 结 论

本文对 2006 年夏季发生在西南地区东部的特大干旱事件进行了分析,指出 2006 年夏季是西南地区东部 1959 年以来降水最少、干旱程度最严重的年份。2006 年夏季西南地区特大干旱与大气环流异常有很大的关系,中高纬度环流及西太平洋副热带高压、西风带环流(冷空气活动)、南亚高压、低层流场、水汽输送以及垂直运动等都持续异常,不利于该地的降水产生。分析表明,2006 年夏季西南地区东部属于副高控制性高温伏旱,有这样的一个物理过程:青藏高原热源偏弱以及菲律宾附近地区对流活跃使得西太平洋副热带高压偏强偏北偏西,同时伴随南亚高压偏强偏东,西南地区东部在副高控制下,盛行下沉气流,同时也抑制了向该地的水汽输送,再加上西风带环流以及中高纬环流配置不利于冷空气南下,因而西南地区东部少雨干旱。

本文得到的结果只是初步的,且只对同期大气环流特征进行了初步分析,实际上高、中、低纬环流系统的相互作用的动力和热力作用的物理过程十分复杂,由于所处的特殊地理位置,使得西南地区东部的旱涝成因和预测显得更加困难,作者将对 2006 年夏季西南地区东部特大干旱的特征及其物理成因作进一步的分析研究,同时找到具有预报意义的物理因子,从而最终为提高该区域旱涝短期气候预测水平提供更多的线索。

References

Bao Yuanyuan, Kang Zhiming, Jin Ronghua, et al. 2007. Analysis of floods and droughts in Chongqing and east Sichuan. Meteoro Mon (in Chinese), 33:89-93

Ding Yihui, Hu Guoquan. 2003. A study on water vapor budget over China during the 1998 severe flood periods. Acta Meteor Sinica (in Chinese), 61(2):129-145

Diriba K, Anthony G B. 2007. Predictability of June－September rainfall in Ethiopia. Mon Wea Rew, 2:628-650

Duan Anmin, Liu Yimin, Wu Guoxiong. 2003. The sensible heat pattern over the Tibetan Plateau with the rainfall and circulation in eastern Asia in summer. Sci China (D)(in Chinese), 33(10): 997-1004

Filippo G, Linda O M, Christine S, et al. 1996. A regional model study of the importance of local versus remote controls of the 1988 drought and the 1993 flood over the central United States. J Climate, 9:1150-1162

Huang Ronghui, Sun Fengying. 1994. Impacts of the thermal state and the convectives in the Tropical Western Warm Pool on the summer climate anomalies in East Asia. Scientic Atmospherica Sinica (in Chinese), 18:141-151

Huang Ronghui, Wu Yifang. 1989. The influence of ENSO on the summer climate change in China and its mechanisms. Adv Atmos Sci , 6:202-214

Li Yueqing. 2003. Surface heating in the Tibetan Plateau and general circulation over it and their relations with the preiction of dought-flood at it's eastern side. Chinese J Atmos Sci (in Chinese), 27:107-114

Liang Pingde, Duan Liyao, Zhou Mingshen, et al. 2006. Circulation patterns for mid-summer drought/flood in North China and their early-summer precursers. Acta Meteor Sinica (in Chinese), 64: 385-391

Liu De, Li Yonghua, Gao Yanghua, et al. 2005. Analysis on Eurasian circulation of drought and flood in summer of Chongqing. Plateau Meteor (in Chinese), 24:275-279

Liu Xin, Li Weiping, Wu Guoxiong. 2002. Interannual variation of the diabatic heating over the Tibetan Plateau and the northern menispheric circulation in summer. Acta Meteor Sinica (in Chinese), 60:267-277

Luo Shaohua, Jin Zuhui, Chen Lieting. Alalysis on relationships of sea temperature between the Indian Ocean and the South Sea. Scientic Atmospherica Sinica (in Chinese),1985,9:314-320

Ma Zhenfeng. 2002. Forecasting of summer precipitation over Southwest region of China. Meteor Mon (in Chinese), 28:29-33

Michelle H-A, David W W J. 2007. Annual and warm season drought intensity-duration-frequency analysis for Sonora Mexico. J Climate,9:1897-1909

Niu Ning, Li Jianping. 2007. The features of the heavy drought occuring to the south of the Yangtze river in China as well as the anomalies of atmospheric circulation in autumn 2004. Chinese J Atmos Sci(in Chinese), 31:254-264

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. Climatic Environ Res (in Chinese), 12:464-474

Ricardo G-H, Daniel P, Ricardo M T, et al. The outstanding 2004/05 drought in the Iberian Peninsula: Associated atmospheric circulation. J Hydrometeorology,2007,3:483-498

Siegfried D S, Max J S, Philip J P,et al. 2004. Causes of long-term drought in the U. S. Great Plains. J Climate, 17:485-503

Song Wenling, Yang Yiwen. 2003. Characteristics of drought/flooding in the Yangtze Gorges and clmates prediction. Meteor Mon (in Chinese), 29:13-18

Sun Li, An Gang. 2003. The effect of north pacific sea surface temperature anomaly on the summer precipitation in Northeast China. Acta Meteor Sinica (in Chinese), 61:346-353

Tao Shiyan, Xu Shuying. 1962. Some aspects of the circulation during the period of the persistent drought and flood in Yangtze and Huaihe valleys in summer. Acta Meteor Sinica (in Chinese), 32:1-10

Tao Shiyan, Zhu Fukang. 1964. The 100 mb flow patterns in Southern Asia in summer and its relation to the advance and retreat of the West-Pacific subtropical anticyclone over the Far East. Acta Meteor Sinica (in Chinese), 34 :385-395

Wei Fengying. 2006. Relationships between precipitation anomaly over the middle and lower reaches of the Changjiang River in summer and forcing factors. Chinese J Atmos Sci (in Chinese), 30:202-211

Wu Guoxiong, Liu Yimin, Liu Xin, et al. 2005. How the heating over the Tibetan Plateau affects the Asian climate in summer. Chinese J Atmos Sci (in Chinese), 29:47-56

Wu Guoxiong, Liu Yimin, Ren Rongcai, et al. 2004. Relation between subtropical anticyclone and vertical motion in steady state. Acta Meteor Sinica (in Chinese), 62:587-597

Yang Yiwen. 2002. Relationship between summer drought/flood pattern in China and Meiyu of mid-lower reaches of Changjiang river. Meteor Mon (in Chinese), 28:11-16

Zhao Shengrong, Song Zhengshan, Ji Liren. 2003. Heating effect of the Tibetan Plateau on rainfall anomalies over North China during rainy season. Chinese J Atmos Sci (in Chinese), 27:881-893

Zhang Qiong, Wu Guoxiong. 2001. The large area flood and drought over Yangtze river valley and its relation to the South Asia High. Acta Meteor Sinica (in Chinese), 59:569-577

Zou Xukai, Gao Hui. 2007. Analysis of severe drought and heat wave over the Sichuan Basin in the summer of 2006. Adv Climate Change Res (in Chinese), 3:149-153

附中文参考文献

鲍媛媛,康志明,金荣花等. 2007. 川渝地区夏季旱涝与海温异常浅析. 气象, 33(5):89-93

丁一汇,胡国权. 2003. 1998 年中国大洪水时期的水汽收支研究. 气象学报,61(2):129-145

段安民,刘屹岷,吴国雄. 2003. 4—6 月青藏高原热状况与盛夏东亚降水和大气环流的异常. 中国科学(D 辑),33(10):997-1004

黄荣辉,孙凤英. 1994. 热带西太平洋暖池的热状态及其上空的对流活动对东亚夏季气候异常的影响. 大气科学,18(2):141-151

李跃清. 2003. 青藏高原地面加热及上空环流场与东侧旱涝预测的关系. 大气科学,27(1):107-114

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. 气象学报,64(3):385-391

刘德,李永华,高阳华等. 2005. 重庆夏季旱涝的欧亚环流特征分析. 高原气象,24(2):275-279

刘新,李伟平,吴国雄. 2002. 夏季青藏高原加热和北半球环流年际变化的相关分析. 气象学报,60(3):267-277

罗绍华,金祖辉,陈烈庭. 1985. 印度洋和南海海温与长江中下游降水的相关分析. 大气科学,9(3):314-320

马振锋. 2002. 西南地区夏季降水预测模型. 气象,28(11):29-33

牛宁,李建平. 2007. 2004 年中国长江以南地区严重秋旱特征及其同期大气环流异常. 大气科学,31(2):254-264

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. 气候与环境研究,12(3):464-474

宋文玲,杨义文. 2003. 长江三峡地区夏季旱涝特征及气候预测. 气象,29(7):13-18

孙力,安刚. 2003. 北太平洋海温异常对中国东北地区旱涝的影响. 气象学报,61(3):346-353

陶诗言,徐淑英. 1962. 夏季江淮流域持久性旱涝现象的环流特征. 气象学报,32(1):1-10

陶诗言,朱福康. 1964. 夏季亚洲南部 100 毫巴流型的变化及其与太平洋副热带高压进退的关系. 气象学报,34(4):385-395

魏凤英. 2006. 长江中下游夏季降水异常变化与若干强迫因子的关系. 大气科学,30(2):202-211

吴国雄,刘屹岷,刘新等. 2005. 青藏高原加热如何影响亚洲夏季的气候格局. 大气科学,29(1):47-56

吴国雄,刘屹岷,任荣彩等. 2004. 定常态副热带高压与垂直运动的关系. 气象学报,62(5):587-597

杨义文. 2002. 长江中下游梅雨与中国夏季旱涝分布. 气象,28(11):11-16

赵声蓉,宋正山,纪立人. 2003. 青藏高原热力异常与华北汛期降水关系的研究. 大气科学,27(5):881-893

张琼,吴国雄. 2001. 长江流域大范围旱涝与南亚高压的关系. 气象学报,59(5):569-577

邹旭恺,高辉. 2007. 2006 年夏季川渝高温干旱分析. 气候变化研究进展,3(3):149-153