

康岚,牛俊丽,徐琳娜,等. 2013. 台风对四川暴雨影响的环境场对比分析. 气象, 39(4):427-435.

# 台风对四川暴雨影响的环境场对比分析<sup>\*1</sup>

康 岚 牛俊丽 徐琳娜 肖红茹 陈 莹

四川省气象台,成都 610071

**提 要:** 通过统计 2000—2010 年 5—9 月在 15°~35°N、103°~130°E 区域内活动的台风与相应时段四川逐日降水量之间的关系,指出与四川暴雨统计关系最密切的台风路径分别为偏西路径、转向路径和西北路径。对比相似台风路径背景下四川有无明显暴雨出现的环境场特征,指出西风带低槽在 40°N 以北活动,中亚地区为高脊,中纬度大陆高压控制西藏东部到四川大部或我国中东部为宽广低槽是不利四川产生明显暴雨的环境场特征;巴尔克什湖到贝加尔湖为宽广低槽,副热带锋区密集,到达 36°N 附近,中纬度带状高压脊线位于 30°N 以南以及我国中高纬度呈现出东高西低的态势,西部为经向度大的斜压性低槽是有利四川产生暴雨的环境场特征。分析指出:台风对四川天气的影响主要有三方面,一是通过影响副热带高压(大陆高压)产生间接影响;二是台风低压外围环流直接影响;三是作为载体向四川输送暖湿空气,与中高纬低值系统及副热带高压相互作用共同影响。

**关键词:** 台风,暴雨,环境场,对比分析

**中图分类号:** P466

**文献标识码:** A

**doi:** 10.7519/j.issn.1000-0526.2013.04.004

## Comparative Analysis on the Ambient Field of Torrential Rains Impacted by Typhoon in Sichuan

KANG Lan NIU Junli XU Linna XIAO Hongru CHEN Ying

Sichuan Provincial Meteorological Observatory, Chengdu 610071

**Abstract:** By working on the relations between the typhoons seen in the region of 15°—35°N and 103°—130°E from May to September, 2000—2010 and the daily precipitation amount in Sichuan in the corresponding period, this paper points out the typhoon tracks most closely related to the recorded torrential rains in Sichuan were the west track, shift track and northwest track. Comparing the ambient field of clearly-seen heavy rains and not clearly-seen heavy rains under the background of similar typhoon tracks, it is found that the westerlies trough was active to the north of 40°N, a high ridge was in the Central Asian region, the high pressure over the mid-latitude continent controlled the area from eastern Tibetan Plateau to much of Sichuan or in the central and eastern part of China was a broad trough, which shows an unfavorable ambient field for the occurrence of obvious torrential rains in Sichuan. However, over the area between Balkhash Lake and Baikal Lake there was a broad low trough, subtropical fronts were dense and reached the area around 36°N, the mid-latitude ribbon ridge line was found over the area to the south of 30°N, and moreover, the mid-high latitudes in China presented a posture of east high and west low and the meridional baroclinic trough in West China was the ambient field, favorable for the breakout of rainstorms in Sichuan. The analysis results suggest that the impact of typhoons on the weather in Sichuan mainly include three aspects: the first is the indirect influence through affecting subtropical high, the second is the

<sup>\*</sup> 西南区域气象中心重大科研业务项目(2010-5)、公益性行业(气象)科研专项(GYHY200906001)、中国气象局预报员专项(CMAY-BY2011-046)和川气课题-2010-青年-3 共同资助  
2012 年 1 月 29 日收稿; 2012 年 12 月 9 日收修定稿  
第一作者:康岚,主要从事天气预报及预报技术研究. Email:kanglan\_330@163.com

direct influence of the circulation in the outer area of low pressure of typhoon, and the third is that typhoon plays the role of a carrier to convey the warm and moist air to Sichuan region, interacting with the low value systems in mid-high latitudes and subtropical high.

**Key words:** typhoon, torrential rains, ambient field, comparative analysis

引    言

台风是最强的暴雨天气系统,国内不少极端暴雨记录都与台风活动密切相关(陈联寿,2006;刘还珠,1998;江吉喜等,1997;杜青文等,1999)。台风活动不仅直接给东南沿海省份带来强烈的风雨天气,而且也能直接或间接影响造成我国北方和内陆省份的极端暴雨天气。大量研究结果(孟智勇等,2002;蒋尚城等,1983;陈忠明等,2002;孙寿全等,1995;杨文霞,2013;张清华等,2012)表明,在有利的大尺度环流背景下,台风通过与中纬度系统相互作用可使得中纬度地区的暴雨增幅,且影响范围大、持续时间较长,如“75.8”河南特大暴雨、“63.8”海河流域特大暴雨,“77.7”延河大暴雨都有台风的参与和影响。

近十多年来,随着观测事实的增多,台风远距离暴雨越来越受到我国许多气象学者及一线预报员的关注。卓嘎等(2000)在登陆台风与我国降水的统计关系一文中指出:降水和台风活动统计最密切区域不仅在我国东南沿海省份,也与青藏高原东侧附近、

华北地区及东北地区密切相关。侯建中等(2006;2008)、井喜等(2005)从统计、诊断分析多方面研究了远距离台风和陕西暴雨的关系。陈忠明等(2002)通过热带气旋与西南低涡相互作用的个例研究,揭示了两者的远距离相互作用对西南低涡发展和暴雨发生的影响。

四川预报员在实践中发现,在有台风的背景下,四川可能出现重大暴雨天气过程,也可能维持晴好天气。因此,研究有台风背景下出现不同天气现象的环境场特征,弄清台风在其中所起的作用,对深入认识这类暴雨和提高预报水平具有积极意义。

下面,通过统计和对比分析,总结相似台风路径背景下有利和不利四川出现暴雨的环境场特征。

1    统计分析

本文统计了 2000—2010 年 5—9 月在 15°~35°N、103°~130°E 范围内活动的台风。11 年间共出现了 183 个台风,在统计范围内活动的台风有 111 个,占总个数的 61%,平均每年达 10 个。

表 1    不同路径台风与四川对应暴雨站数统计表  
Table 1    Statistics of typhoons in different tracks and the number of  
                  corresponding rainstorm stations in Sichuan

| 日暴雨站数 | 台风路径 |       |        |       |      |       |
|-------|------|-------|--------|-------|------|-------|
|       | I 偏西 | II 西北 | III 转向 | IV 偏北 | V 东北 | VI 其他 |
| 0     | 7    | 1     | 3      | 2     | 3    | 1     |
| 1~3   | 10   | 1     | 5      | 0     | 4    | 0     |
| 4~9   | 14   | 6     | 11     | 0     | 1    | 0     |
| ≥10   | 18   | 6     | 15     | 4     | 1    | 0     |
| 总计    | 49   | 14    | 34     | 6     | 9    | 1     |

参照天气学书中分类,将台风路径分为偏西、西北、转向、偏北、东北 5 种,不能纳入上述路径的定为其他路径。根据以上规定,在统计范围内 11 年间不同路径的台风个数如表 1 所示,113 个台风中偏西路径最多,有 49 个,占总个数的 43%,转向路径次之,占 30%,西北路径第三,占 12%。将台风出现时段与相应时段内四川省日雨量资料做比较,统计出

相应时段内四川出现的日暴雨站次。为保证资料的连续性,以大监站资料作为统计对象。将日暴雨站数分为无暴雨、1~3 个暴雨站点、4~9 个暴雨站点、10 个及以上暴雨站点 4 个等级,其中偏西、西北、转向路径中有 65%以上台风对应 3 个站点以上暴雨出现,37%以上对应 10 个站点以上暴雨出现。据此推断,偏西、西北、转向路径台风与四川暴雨统

计关系最为密切，它们可能通过某种方式影响四川暴雨。

2 环境场对比分析

针对转向、西北、偏西 3 种台风路径，分别选取相似路径下四川有无明显暴雨出现的台风个例环境场进行对比，分析两种情况下环境场的差异。

2.1 转向路径

图 1 是台风路径图。图 1a 显示，0419、1009 和

0603 号台风在方框区域内均是从西太平洋西北行到东海，在 30°N 附近转向东北方向行进。其中 0419、1009 号台风行进到 130°E 附近四川盆地出现了大范围暴雨天气，而 0603 号台风在方框区域内行进时四川盆地内无明显暴雨天气出现。

首先分析 0419 号台风在方框区域内行进时 500 hPa 环境场特征。2004 年 9 月 3—5 日 500 hPa 平均环流(图 2a)显示，欧亚大陆中高纬度为一槽一脊，巴尔克什湖到贝加尔湖为高脊，鄂霍次克海上空为宽广的低槽区，副热带锋区位于 35°~45°N 之间。中纬度地区存在大陆高压和副热带高压(以下简称

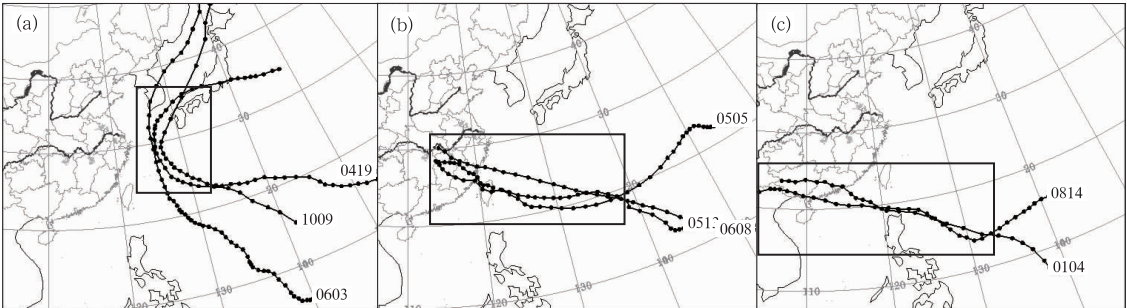


图 1 台风路径图  
(a)转向路径,(b)西北路径,(c)偏西路径

Fig. 1 The tracks of typhoon  
(a) shift path, (b) northwest path, (c) west path

副高)两个高压环流，台风在两个高压环流间行进。大陆高压脊线平均位于 26°N，其北侧有小槽活动。由 588 线与台风路径动态图(图 2b)可以看出，随着台风向西北偏北方向行进，高压带断裂成大陆副高和海上副高。追踪 500 hPa 系统演变，不断有高原扰动沿副高北侧东移，在盆地北部移动缓慢。经过台风到盆地暴雨区所做的环流与垂直速度高度剖面(图 2c)显示，四川出现较强降水时的 3 日 12 时(世界时，下同)，台风上升气流在对流层中高层有一部分折而向西，并入大陆高压下层气流中，下沉气流的加强使大陆高压更加稳定，对东移系统有阻塞作用。同时刻的 850 hPa 风场、300 hPa 高空急流合成图(图 2d)显示，高空急流位于 36°~45°N 之间，四川盆地正好处于高空急流右侧的辐散区下方，配合低层的低涡辐合，形成另一支上升气流。除了各系统的相互作用外，台风对本次过程水汽输送是否有贡献呢？水汽图(图 3a)显示，本次过程水汽输送主要来源于孟加拉湾，台风外围携带的西太平洋水汽经

两湖有一部分到达盆地上空，对盆地水汽有一定贡献。上述分析表明，在副热带锋区偏南，带状副高脊线偏南的前提下，一方面有利于西风带分裂扰动沿大陆高压北侧东移，另一方面台风位于大陆高压东侧有利于大陆高压稳定维持，大陆高压稳定对其北侧系统移动有阻塞作用，有利于降水维持，台风通过影响大陆高压对盆地暴雨产生影响。

1009 号台风在方框区域行进时环境场特征和 0419 号台风比较类似(图略)，主要表现为巴尔克什湖至贝加尔湖间为斜压性低槽，青藏高原上空伴有低值系统活动，副热带锋区偏南，到达 32°N 附近；台风在大陆高压和副高间行进，有利于大陆高压稳定维持，大陆高压稳定维持对系统东移有阻塞作用；台风同样通过影响大陆高压对盆地西部斜压系统形成阻塞而对盆地暴雨产生影响。

0603 号台风在方框区域内行进期间，四川没有出现明显暴雨，它的环境场特征又是怎样的呢？2006 年 7 月 7—10 日 500 hPa 平均环流图(图 4a)

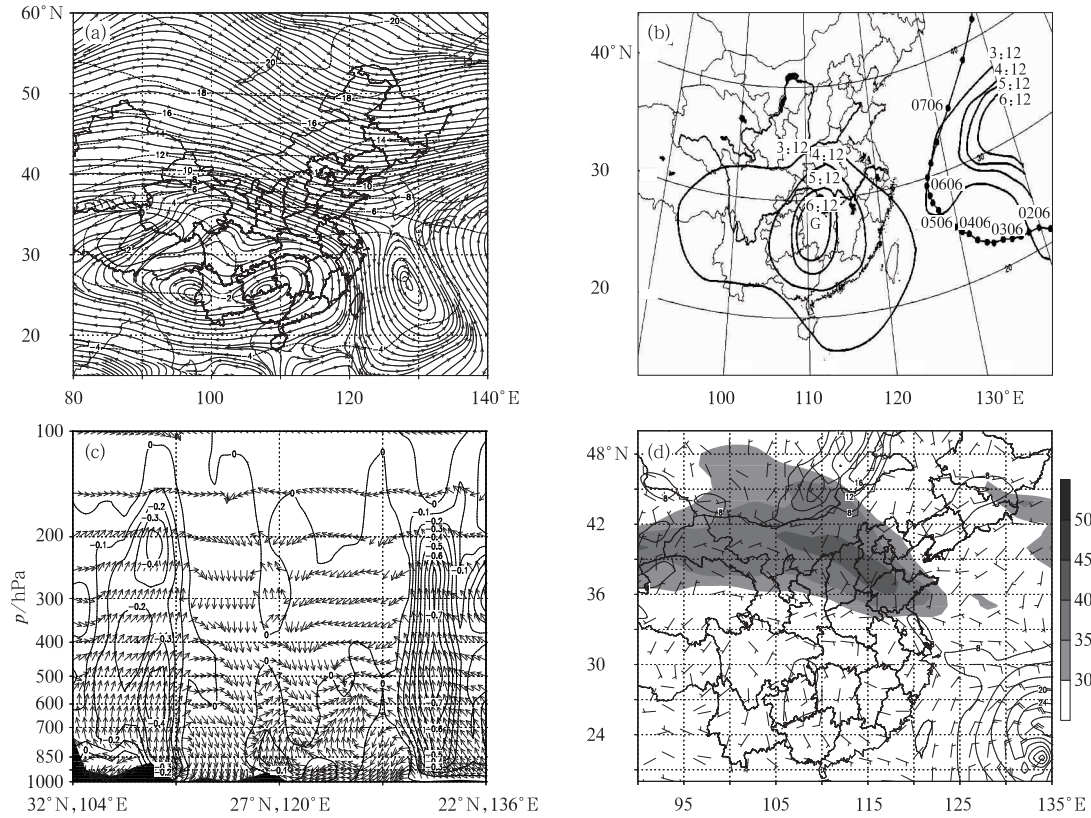


图 2 2004 年 9 月 (a)3—5 日 500 hPa 平均流线与温度(单位:℃), (b)3—6 日 588 线与 0419 台风路径, (c)3 日 12 时台风-盆地环流(箭头)与垂直速度(等值线,单位:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )高度剖面, (d)3 日 12 时 850 hPa 风场与风速(等值线,单位:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )及 300 hPa 高空急流(阴影,单位:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )

Fig. 2 (a) The average streamlines and temperature (unit:  $^{\circ}\text{C}$ ) at 500 hPa in 3—5, (b) the 588 line and 0419 Typhoon path in 3—6, (c) the typhoon-basin circulation (arrow) and vertical speed (contour line, unit:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) at 12 UTC 3, (d) the 850 hPa wind field and wind speed (contour line, unit:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) and 300 hPa upper level jet (shadow, unit:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) at 12 UTC 3 September 2004

显示,欧亚大陆中高纬度为两槽一脊,巴尔克什湖和鄂霍次克海上空分别有冷槽,我国中东部维持经向度大的低槽区,西藏东部到四川处于低槽的后部,基本维持偏北气流。台风沿副高西部边缘活动。结合逐 6 小时的环流形势(图略)以及 588 线与台风移动路径动态图(图 4b)可以看出,前期巴尔克什湖冷槽底部不断有扰动分裂,沿槽后偏北气流下滑进入我国中东部宽槽中,宽槽维持,斜压性加强。台风在副高西侧偏南气流引导下沿副高边缘北上,逐渐并入宽槽,四川始终处于宽槽后部的偏北气流中。以 9 日 06 时为例,从图 4d 可以看出,台风环流已经和低槽合并,形成大范围的低层辐合区,与图 3c 中经过台风到盆地以东宽广的上升气流支相对应,上升气流支中有一部分在对流层中低层折而向西,并入盆地的下沉气流中。分析表明,在西藏东部无明显低

值系统活动以及我国中东部维持宽广低槽的背景下,有台风向偏北方向移动是四川少暴雨的一种环流形势。

2.2 西北路径

图 1b 显示,0513、0608、0505 号台风在方框区域内均是从西太平洋向西北方向行进到达江西—鄂东南一带。其中 0608 及 0513 号台风行进期间四川盆地没有出现大范围的降水天气,而 0505 号台风行进期间四川盆地中西部出现了暴雨或大暴雨天气。

分析 0513 号台风进入  $130^{\circ}\text{E}$  以西区域后 500 hPa 环境场特征。2005 年 8 月 30 日到 9 月 2 日 500 hPa 平均环流(图 5a)显示,欧亚地区中高纬度维持两槽一脊,巴尔克什湖至贝加尔湖间为高压脊,西藏东部—四川以及华东沿海洋面分别有两个

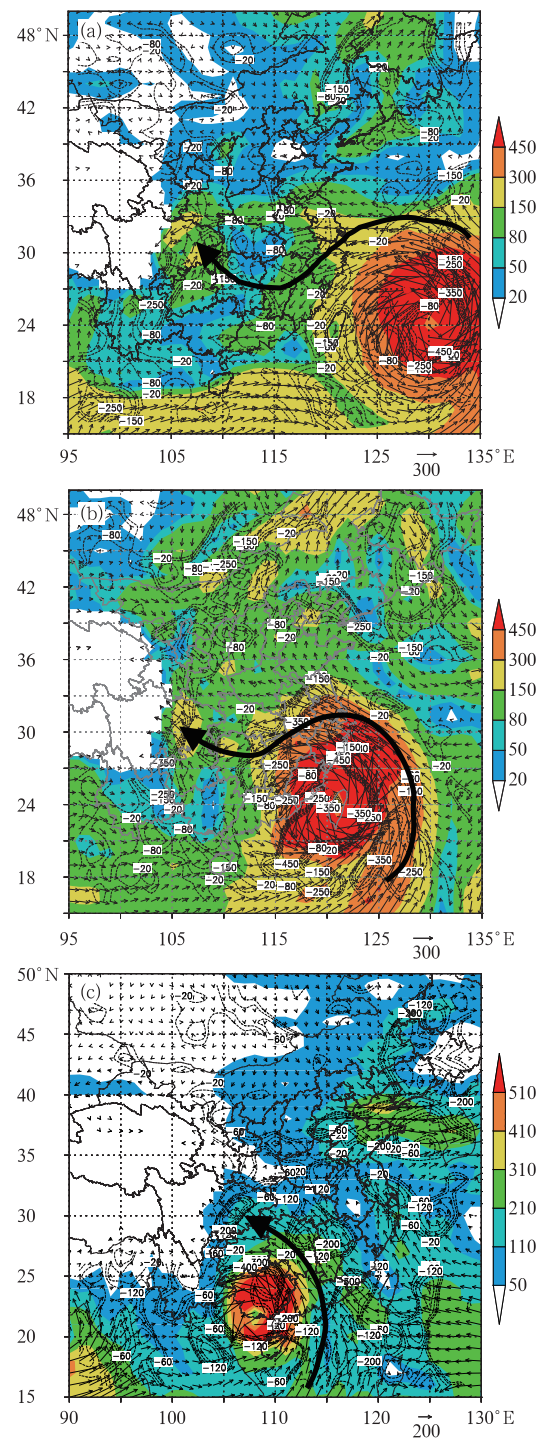


图 3 700 hPa 以下层水汽通量(阴影, 单位:  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ )、水汽通量矢量、水汽通量散度图(虚线, 单位:  $10^{-6} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ )和台风输送水汽路径(黑箭头)  
(a)2004 年 9 月 4 日 12 时, (b)2005 年 7 月 18 日 12 时, (c)2008 年 9 月 24 日 12 时  
Fig.3 Water vapor flux (shadow, unit:  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ), vector and divergence of water vapor flux (dotted line, unit:  $10^{-6} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ) and the tracks for typhoons to convey water vapor (black arrow) under 700 hPa (a) at 12 UTC 4 September 2004, (b) at 12 UTC 18 July 2005, (c) at 12 UTC 24 September 2008

高压环流,四川处于大陆高压东侧的偏北气流中,台风沿副高西南侧移动。结合逐 6 小时形势变化(图略)和 500 hPa 主要系统、台风路径(图 5b)分析,在两槽一脊环流背景下,低槽稳定在巴尔克什湖以西,高原上空高压环流维持。随着两高之间切变线向东北方向收缩,海上副高逐渐西伸,其西南侧的东南气流引导台风向西北方向移动,台风西侧偏北气流和青藏高压东侧偏北气流叠加下沉,有利于青藏高压稳定维持。以 9 月 1 日 12 时为例,从台风到盆地的环流与垂直速度高度剖面(图 5c)以及 850 hPa 风场与 300 hPa 高空急流合成图(图 5d)可以看出,高空急流位于  $39^{\circ}\text{N}$  以北,台风环流位于我国浙闽一带,台风环流西侧偏北气流进入四川盆地,叠加在青藏高压脊前偏北下沉气流中,形成较为宽广的下沉气流,有利于维持晴好天气。

0608 号台风活动期间(图略),副热带锋区平直且位于  $40^{\circ}\text{N}$  以北,低值系统也在  $40^{\circ}\text{N}$  以北活动。中纬度环流特征和 0513 号台风比较一致,西藏东部到华中以及我国华东沿海洋面上分别有高压环流,两个高压环流间为狭窄的低槽区,台风位于海上副高的西南侧,和南海洋面低压构成热带辐合带。随着低槽向副高东北侧收缩,大陆高压和副高于 9 日 00 时打通,呈东西带状,热带辐合带北侧偏东气流和副高南侧偏东气流的叠加有利于带状高压的稳定维持,使盆地维持少雨天气。

综上分析表明,副热带锋区位于  $40^{\circ}\text{N}$  以北或中高纬度存在中亚高脊,中纬度大陆高压控制西藏东部到四川大部,台风向西北方向行进,是不利于四川出现暴雨的环流特征。

0505 号台风进入  $130^{\circ}\text{E}$  以西区域后 500 hPa 环境场特征和前两个台风显著不同。16—20 日 500 hPa 平均环流形势(图 6a)显示:巴尔克什湖到新疆为长波低槽,西藏到四川有多个小槽活动,副高呈现为西北—东南向。台风在副高西南侧活动。对比逐 6 小时形势演变(图略)与低槽、588 线与台风路径合成图(图 6b)可以看出,一方面西部不断有低值系统东移,副高西伸受阻,台风西北行时副高主要表现为脊线北抬,另一方面台风西北行有利于副高的稳定,对西部系统东移起到阻塞作用。以 18 日 06 时为例,850 hPa 风场与 300 hPa 高空急流图(图 6d)显示,盆地西部为宽广辐合区,辐合区东侧是超过  $8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  的强东南气流,与 500 hPa 上空不断东移的低值系统相耦合,形成图 6c 中盆地西部旺盛的

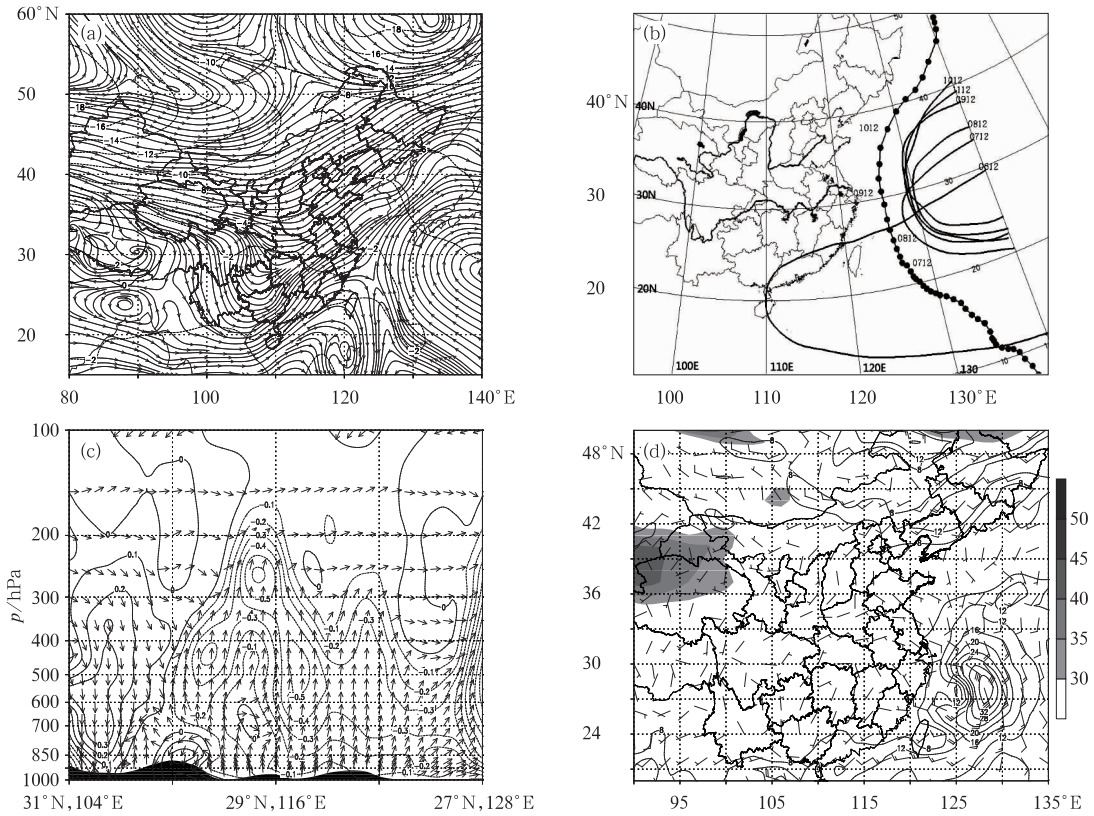


图 4 2006 年 7 月 (a) 7—10 日 500 hPa 平均流场与温度(单位:  $^{\circ}\text{C}$ ), (b) 7—11 日 588 线  
与 0603 台风路径, (c) 9 日 06 时台风-盆地环流(箭头)与垂直速度(等值线,  
单位:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) 高度剖面, (d) 9 日 06 时 850 hPa 风场、风速(等值线,  
单位:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) 与 300 hPa 高空急流(阴影, 单位:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )

Fig. 4 (a) The average streamlines and temperature (unit:  $^{\circ}\text{C}$ ) at 500 hPa in 7—10, (b) the 588 line  
and 0603 Typhoon path in 7—11, (c) the typhoon-basin circulation (arrow) and vertical speed  
(contour line, unit:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) at 06 UTC 9, (d) the 850 hPa wind field and wind speed (contour line,  
unit:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) and 300 hPa upper level jet (shadow, unit:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) at 06 UTC 9 July 2006

上升气流支。另外一支上升气流位于台风上空,在空中一部分折向西,并入副高下沉气流中,有利于副高稳定。除与中高纬系统和副高相互作用外,台风对盆地水汽的输送也有贡献。图 3b 显示,台风外围的偏南气流将来自南海和东海的水汽卷入,汇同副高南侧偏东气流带来的西太平洋水汽一起向西输送进入四川,在盆地西部形成中心超过  $-400 \times 10^{-6} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$  的水汽通量散度辐合区,向盆地输送丰沛的水汽。在中高纬低值系统、副高以及台风等多个系统的相互作用下,系统稳定于四川,给四川盆地中西部带来了大范围持续性降水。

2.3 偏西路径

图 1c 给出了 0104 及 0814 号台风移动路径。

两个台风在方框区域内均是从西太平洋西北行到南海,至广东登陆后继续向偏西方向行进。0814 号台风行进期间,四川盆地西部出现了持续性暴雨天气。0104 号台风行进期间,四川仅于 7 日夜間在南部出现了局地暴雨天气。

0104 号台风行进期间,2001 年 7 月 4—8 日 500 hPa 平均环流图(图 7a)显示,欧亚大陆中高纬度为两槽一脊,西风带低槽在  $40^{\circ}\text{N}$  以北活动,中纬度由青藏高原和副高构成高压带,高压脊线位于  $34^{\circ}\text{N}$  附近,四川大部处于青藏高原控制下;低纬度由台风环流和热带低压构成热带辐合带。与之相对应,盆地中低层大部维持反气旋环流。经过台风到四川所做的环流与垂直速度高度剖面图(图略)显示,台风上升气流以西以北地区维持宽广下沉气流,

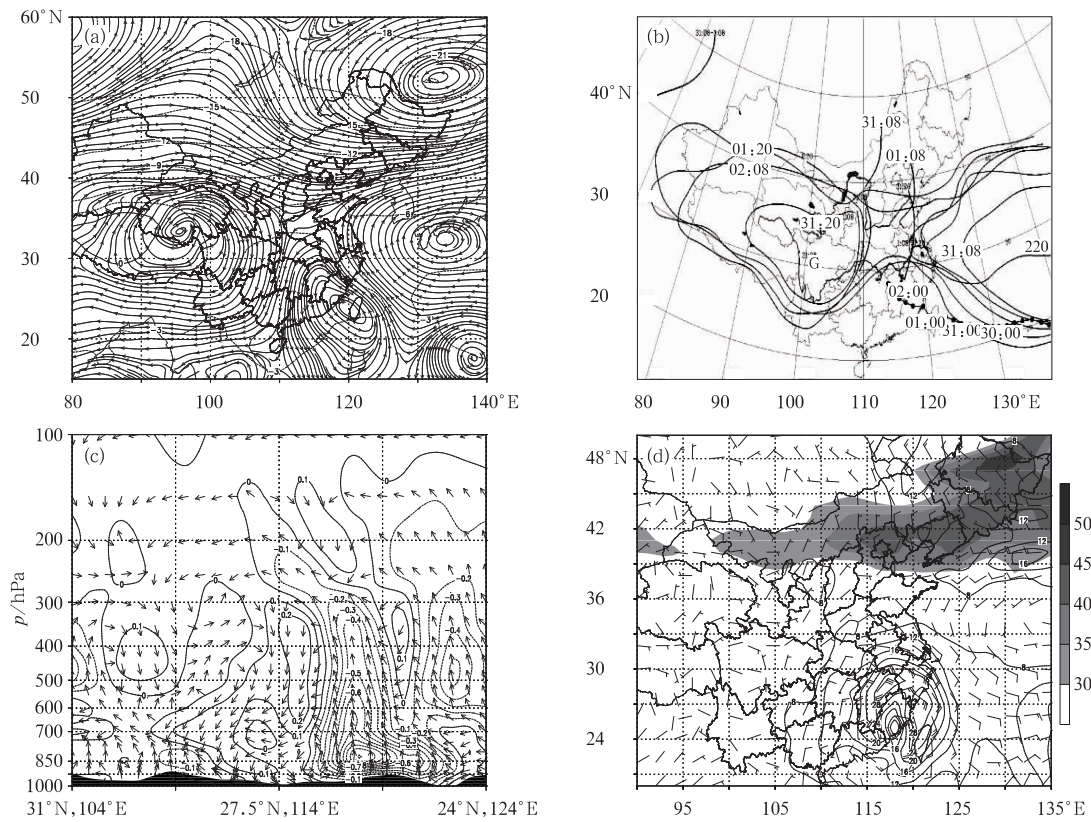


图 5 (a)2005 年 8 月 30 日至 9 月 2 日 500 hPa 平均流场与温度(单位:℃),  
(b)8 月 31 日至 9 月 2 日低槽、副高演变与 0513 台风路径,(c)9 月 1 日 12 时  
台风-盆地环流(箭头)与垂直速度(等值线,单位:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )垂直剖面,  
(d)9 月 1 日 12 时 850 hPa 风场、风速(等值线,单位:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )与  
300 hPa 高空急流(阴影,单位:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )

Fig. 5 (a) The average streamlines and temperature (unit:  $^{\circ}\text{C}$ ) at 500 hPa from 30 August to 2 September, (b) the evolution of low trough and subtropical high and 0513 Typhoon path from 31 August to 2 September, (c) the typhoon-basin circulation (arrow) and vertical speed (contour line, unit:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) at 12 UTC 1 September, (d) the 850 hPa wind field and wind speed (contour line, unit:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) and 300 hPa upper level jet (shadow, unit:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) at 12 UTC 1 September 2005

盆地天气晴好。在台风环流沿高压带南侧向西偏北方向移动过程中,台风低压外围环流进入四川南部,给南部带来小范围降水。该降水直接由台风低压外围环流造成,没有中高纬系统的参与。

0814 号台风行进期间,2008 年 9 月 22—26 日 500 hPa 平均环流图(图 7b)显示,中高纬低槽宽广、锋区密集,位置偏南,新疆西部—青藏高原西部有经向度大的冷槽,副高脊线平均位于  $30^{\circ}\text{N}$ ,台风在副高南侧活动。西风带低槽在东移过程中分裂波动从西北区东南方向移动下和高原扰动相结合。中低层环流演变(图略)显示,盆地大部维持东南气流,遇西部陡峭地形抬升,与高层扰动系统前上升气流叠置

在一起,形成从台风到盆地暴雨区垂直速度高度剖面图上(图略)盆地西部旺盛的上升气流支;另一支上升气流位于台风上空,有一部分在中高层折而向北,并入副高下沉气流中,有利于副高稳定。与西北路径台风相似,偏西路径台风除与中高纬系统、副高相互作用外,对盆地水汽输送也有显著贡献,图 3c 显示,台风在向西偏北方向移动过程中,台风东侧的偏南气流和副高西南侧的偏南气流叠加,形成一支强偏南气流,偏南气流上有超过  $-200 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$  的水汽通量大值区,共同将来自南海、东海以及西太平洋的暖湿水汽源源不断地输送到四川,在四川盆地中西部形成超过  $-200 \times 10^{-6} \text{ g} \cdot$

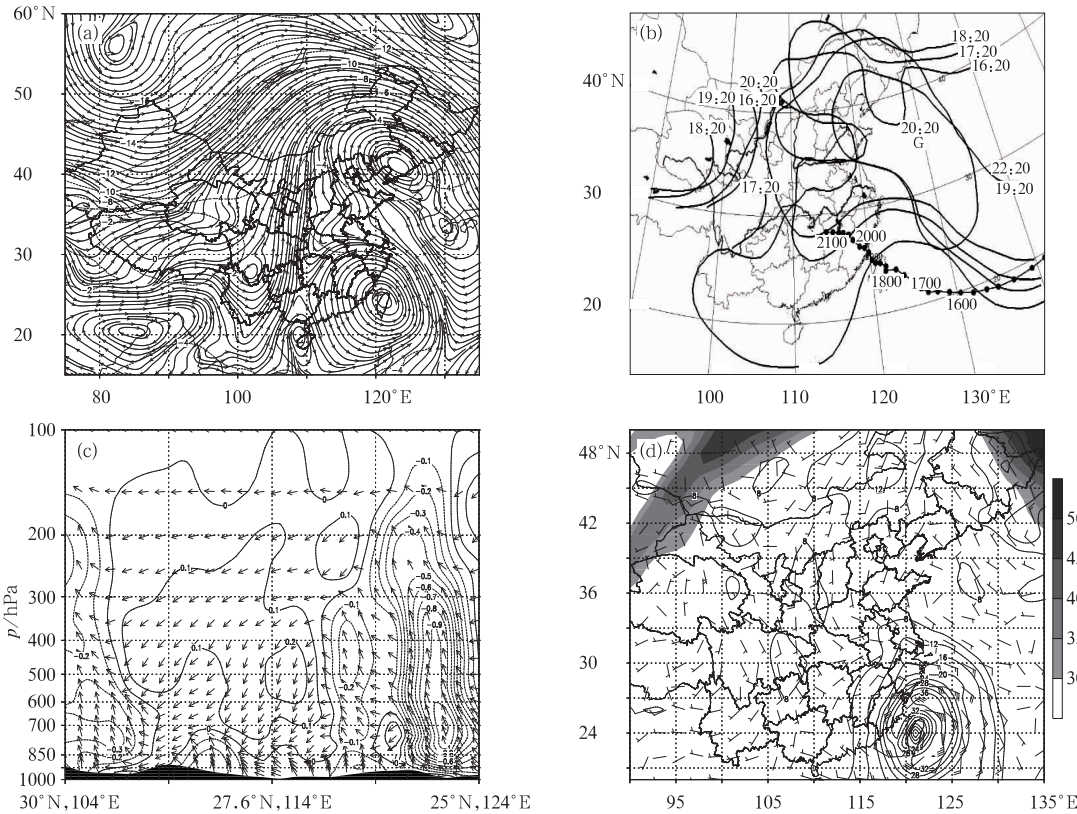


图 6 2005 年 7 月 (a) 16—20 日平均流场与温度 (单位:  $^{\circ}\text{C}$ ), (b) 16—20 日低槽、588 线与 0505 台风路径, (c) 18 日 06 时台风-盆地环流 (箭头) 与垂直速度 (等值线, 单位:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) 垂直剖面, (d) 18 日 06 时 850 hPa 风场、风速 (等值线, 单位:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) 与 300 hPa 高空急流 (阴影, 单位:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )

Fig. 6 (a) The average streamlines and temperature (unit:  $^{\circ}\text{C}$ ) at 500 hPa in 16—20, (b) the evolution of low trough and subtropical high and 0505 Typhoon path in 16—20, (c) the typhoon-basin circulation (arrow) and vertical speed (contour line, unit:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) at 06 UTC 18, (d) the 850 hPa wind field and wind speed (contour line, unit:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) and 300 hPa upper level jet (shadow, unit:  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) at 06 UTC 18 July 2005

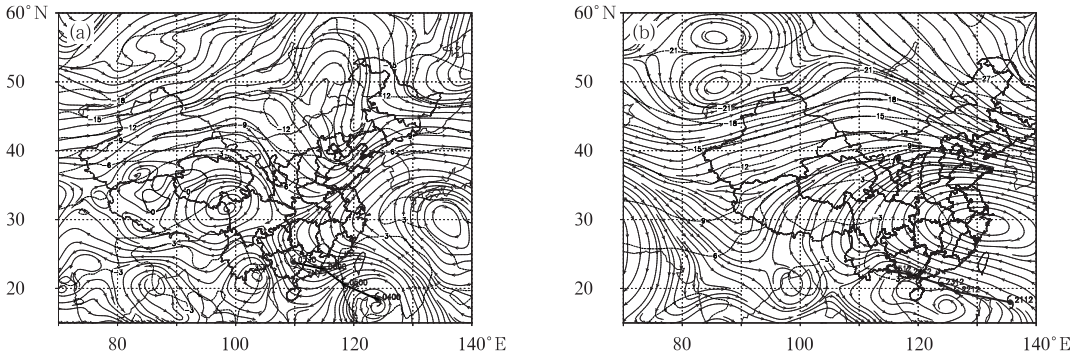


图 7 (a) 2001 年 7 月 4—8 日 500 hPa 平均流场、温度 (单位:  $^{\circ}\text{C}$ ) 和 0104 台风路径, (b) 2008 年 9 月 22—26 日 500 hPa 平均流场、温度 (单位:  $^{\circ}\text{C}$ ) 和 0814 台风路径

Fig. 7 (a) The average streamlines and temperature at 500 hPa (unit:  $^{\circ}\text{C}$ ) and the 0104 Typhoon path in 4—8 July 2001, (b) the average streamlines and temperature at 500 hPa (unit:  $^{\circ}\text{C}$ ) and the 0814 Typhoon path in 22—26 September 2008

$\text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 的水汽辐合区,为暴雨的形成提供了丰富的水汽资源。

对比两者的环境场特征,当大陆高压控制青藏高原东部到四川大部,西风带系统在  $40^{\circ}\text{N}$  以北活动,台风向偏西方向行进时,有利于副高西伸和大陆高压打通,台风通过影响副高进而影响四川天气。当中高纬低槽宽广、锋区密集,位置偏南,新疆西部—青藏高原西部有经向度大的冷槽,台风向偏西方向行进时一方面有利于副高稳定,对东移的西部系统形成阻塞,另一方面汇同副高起到载体作用向四川输送暖湿水汽。台风对四川降水的作用主要通过副高以及西部系统的相互作用共同完成。

### 3 结 语

通过统计 2000—2010 年间 5—9 月台风活动与相应时段四川降雨量之间的关系,对比相似台风路径背景下四川有无明显暴雨出现的环境场特征,获得以下几点结论。

(1)与四川暴雨统计关系最密切的台风路径为偏西路径、转向路径和西北路径。

(2)台风对四川天气的影响主要表现为三方面,一是通过影响副高或大陆高压的间接影响;二是台风低压外围环流直接影响;三是作为载体向四川输送暖湿气流与副高以及中高纬低值系统相互作用共同影响。

(3)副热带锋区平直且位于  $40^{\circ}\text{N}$  以北,低值系统也在  $40^{\circ}\text{N}$  以北活动,中亚地区为高脊,中纬度大陆高压控制西藏东部到四川大部或我国中东部为宽广低槽是不利于四川出现明显暴雨天气的环境场特征;巴尔克什湖到贝加尔湖为宽广低槽,副热带锋区密集,到达  $36^{\circ}\text{N}$  附近,中纬度带状高压脊线位于  $30^{\circ}\text{N}$  以南,是有利于四川出现暴雨天气的环境场特

征。

(4)我国中高纬度呈现出东高西低的态势,西部为经向度大的斜压性低槽,东部为南北向高压坝,台风位于副高西南侧(或大陆高压东南侧),有利于对西部东移的系统形成阻塞,是有利四川出现暴雨的环流场特征。

### 参考文献

- 陈联寿. 2006. 热带气旋研究和业务预报技术的发展 1. 应用气象学报, 17(6): 673-681.
- 陈忠明, 黄福军, 何光碧. 2002. 热带气旋与西南低涡相互作用的个例研究 I. 诊断分析. 大气科学, 26(3): 352-360.
- 杜青文, 任采荣, 康锡言. 1999. “96.8”河北特大暴雨地面中尺度系统分析. 气象, 25(7): 25-28.
- 侯建忠, 王川, 鲁渊平, 等. 2006. 台风活动与陕西极端暴雨的相关特征分析. 热带气象学报, 22(2): 203-208.
- 侯建忠, 许新田, 张小玲, 等. 2008. 热带气旋活动对陕西 2007 年两次大暴雨影响的综合分析. 成都信息工程学院学报, 23(5): 537-543.
- 江吉喜, 项续康. 1997. “96.8”河北特大暴雨成因初探. 气象, 23(7): 19-23.
- 蒋尚城. 1983. 远距离台风影响西风带特大暴雨的过程模式. 气象学报, 41(2): 147-158.
- 井喜, 贺文彬, 毕旭, 等. 2005. 远距离台风影响陕北突发性暴雨成因分析. 应用气象学报, 16(5): 655-662.
- 刘还珠. 1998. 台风暴雨天气预报的现状和展望. 气象, 24(7): 5-9.
- 孟智勇, 徐祥德, 陈联寿. 2002. 9406 号台风与中纬度系统相互作用的中尺度特征. 气象学报, 60(1): 31-38.
- 孙寿全, 魏文秀. 1995. 热带气旋与河北特大暴雨. 气象, 21(7): 34-37.
- 杨文霞. 2013. 台风螺旋雨带云结构和降水形成机制研究. 气象, 39(2): 194-202.
- 张清华, 吴建成, 刘蕾, 等. 2012. 热带风暴莲花外围特大暴雨的成因分析. 气象, 38(5): 543-551.
- 卓嘎, 谢金南, 马镜娴. 2000. 登陆台风与我国降水的统计关系. 高原气象, 19(2): 260-264.