

# Statistical Analysis of Shear Line in Qinghai-Xizang Plateau Activity Characteristics from 1998 to 2013

Lin Wang<sup>1</sup>, Tiangui Xiao<sup>1\*</sup>, Kairong Zhang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Plateau Atmosphere and Environment Key Laboratory of Sichuan Province, College of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu Sichuan

<sup>2</sup>Yalong River Hydropower Development Co., Ltd., Chengdu Sichuan

Email: [xiaotiangui@cuit.edu.cn](mailto:xiaotiangui@cuit.edu.cn)

Received: Sep. 30<sup>th</sup>, 2015; accepted: Oct. 16<sup>th</sup>, 2015; published: Oct. 19<sup>th</sup>, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

This paper analyzes the activity characteristics of the Plateau shear lines with The Tibetan Plateau Vortex and Shear Line Yearbook from 1998 to 2013. The results show that Tibetan Plateau shear lines mainly generated at eastern plateau and located at 27° - 39°N. The plateau shear line mainly occurred at the Northwest of Qamdo. The shear line can reach Hunan when moving eastwards, reach Guangxi when moving southwards and can reach Inner Mongolia when moving northwards. The occurrence and moving out times of plateau shear lines have increased during the past 16 years. The total number of Plateau shear lines is 571 during 1998-2013, moving out 92 times. The activities of plateau shear lines summer-half years more than winter-half years. The summer half-years plateau shear lines mostly appear in August and winter half-years appear in April. Quasi-longitudinal eastern shear lines are majority. 93.8% of the shear lines lifetime is within 48 h. The main weather systems influencing the moving out of plateau shear lines are west wind trough, Tibet high pressure and subtropical high pressure. The main causes leading the differences between plateau shear lines statistical results are the length of selected data and sample, the scarcity of station in western Qinghai-Xizang Plateau and the different definition standard of plateau shear lines.

## Keywords

Plateau Shear Line, Shear Line Moving out of the Plateau, Influence System, Precipitation

---

\*通讯作者。

# 1998~2013年青藏高原切变线活动特征统计分析

王琳<sup>1</sup>, 肖天贵<sup>1\*</sup>, 张凯荣<sup>2</sup>

<sup>1</sup>成都信息工程大学大气科学学院, 高原大气与环境四川省重点实验室, 四川 成都

<sup>2</sup>雅砻江流域水电开发有限公司, 四川 成都

Email: [xiaotianguai@cuit.edu.cn](mailto:xiaotianguai@cuit.edu.cn)

收稿日期: 2015年9月30日; 录用日期: 2015年10月16日; 发布日期: 2015年10月19日

## 摘要

本文运用1998~2013年青藏高原低涡切变线年鉴分析高原切变线的活动特征。结果表明, 高原切变线主要生成于高原东部, 位于27°~39°N, 高频中心位于昌都地区西北部。切变线向东移可到达湖南, 向北移可到达内蒙古, 向南移可到达广西等地。近16年来高原切变线的出现次数和移出次数均成增加趋势, 1998~2013年高原切变线共生成571次, 移出92次。夏半年高原切变线的活动次数高于冬半年, 夏半年主要位于8月份, 冬半年主要位于4月份, 东部横切变线为主。93.8%的高原切变线的生命史在48 h内。影响高原切变线移出的主要系统有西风槽、青藏高压、西藏高压、副热带高压。早期青藏高原西部测站稀少, 统计时选取的资料和样本长度以及对于高原切变线的定义标准不同是导致统计结果存在差异的主要原因。

## 关键词

高原切变线, 移出切变线, 影响系统, 降水

## 1. 引言

青藏高原是产生高原天气系统的源地, 高原切变线就是它创造的产物。高原切变线的发生、发展和移动与我国夏季广大地区的暴雨、冰雹等灾害性天气相关[1]。早在50年代后期杨鉴初等[2]对高原切变线的个例进行了分析, 指出高原切变线是向北倾的。徐国昌[3]利用1960~1969年的高空气候平均资料研究指出高原切变线是夏季高原地面加热使高原北侧西风加大, 高原主体风减弱的基础上, 由地形绕流等动力作用形成的。低涡切变线降水是影响我国高原下游降水主要的天气系统[4], 1995年郁淑华等[5]分析了高原切变线对长江上游突发性暴雨的影响。胡长元[6]对1998~2009年夏半年影响青海地区的高原切变线进行统计分析, 指出24.2%的切变线造成青海地区大降水, 主要是以局地性大降水为主。曾皓[7]对川西高原南部暴雨的初步研究指出造成甘孜州暴雨的天气系统中高原切变线最为主要, 占总暴雨次数的47.2%。普贵明等[8]对2007年云南7次强降水过程的分析研究, 指出高原切变线与西南急流的有利配置是7次持续性强降水过程必不可少的条件。

关于切变线的统计研究前人已经有了一定的成果, 四川乐山地区气象局[9]对1959~1974年7~8月份的历史天气图资料进行了普查和个例分析, 指出高原切变及其大片雨区对乐山地区夏季降水有显著影响。青藏高原气象科学研究拉萨会战组, 刘福明, 师锐, 何光碧, 郁淑华等人[1][10]-[13]分别对1969~1976

年, 1977~1981, 2000~2004, 2000~2007 年的 5~9 月高原切变线活动进行了普查分析以及对 1998~2010 年逐月的高原切变线活动进行了统计研究。

从以上的研究可以看出对于高原切变线的统计工作年限并不连续, 统计时段主要集中在每年夏季, 关于这些统计结果之间存在怎样的差异以及造成差异的原因究竟是什么? 在高原切变线中, 西横、竖切变线的分布情况如何? 高原切变线主要是在什么系统的影响下东移的? 这都是需要研究的问题。本文利用中国气象局成都高原气象研究所出版的《青藏高原低涡切变线年鉴》对 1998~2013 年高原切变线活动进行更加全面的普查分析并探究各种统计结果造成差异的原因, 为下一步研究高原切变线东移对我国异常降水的影响研究奠定基础。

## 2. 资料选取和相关定义

资料来源于中国气象局成都高原气象研究所出版的《青藏高原低涡切变线年鉴》以下简称“年鉴”[14]。

为了方便描述高原切变线的活动特征, 给出以下相关定义。

高原切变线: 500 hPa 等压面上反映在青藏高原上, 温度梯度小、三站风向对吹的辐合线或二站风向对吹的辐合线长度大于 5 个经/纬距。

高原切变线过程: 在每日 08 时或 20 时的 500 hPa 图上, 从切变线生成或连续出现直至消失或移出高原为止, 无论其维持时间长短均定为一次高原切变线过程。一次高原切变线过程可以有 multiple 高原切变线出现, 出现一次记为 12 h, 依此类推。

高原横(竖)切变线出现几率: 高原横(竖)切变线出现次数与高原横(竖)切变线总数之比。

高原横(竖)切变线移出几率: 高原横(竖)切变线移出次数与高原横(竖)切变线总数之比。

## 3. 高原切变线活动的空间分布

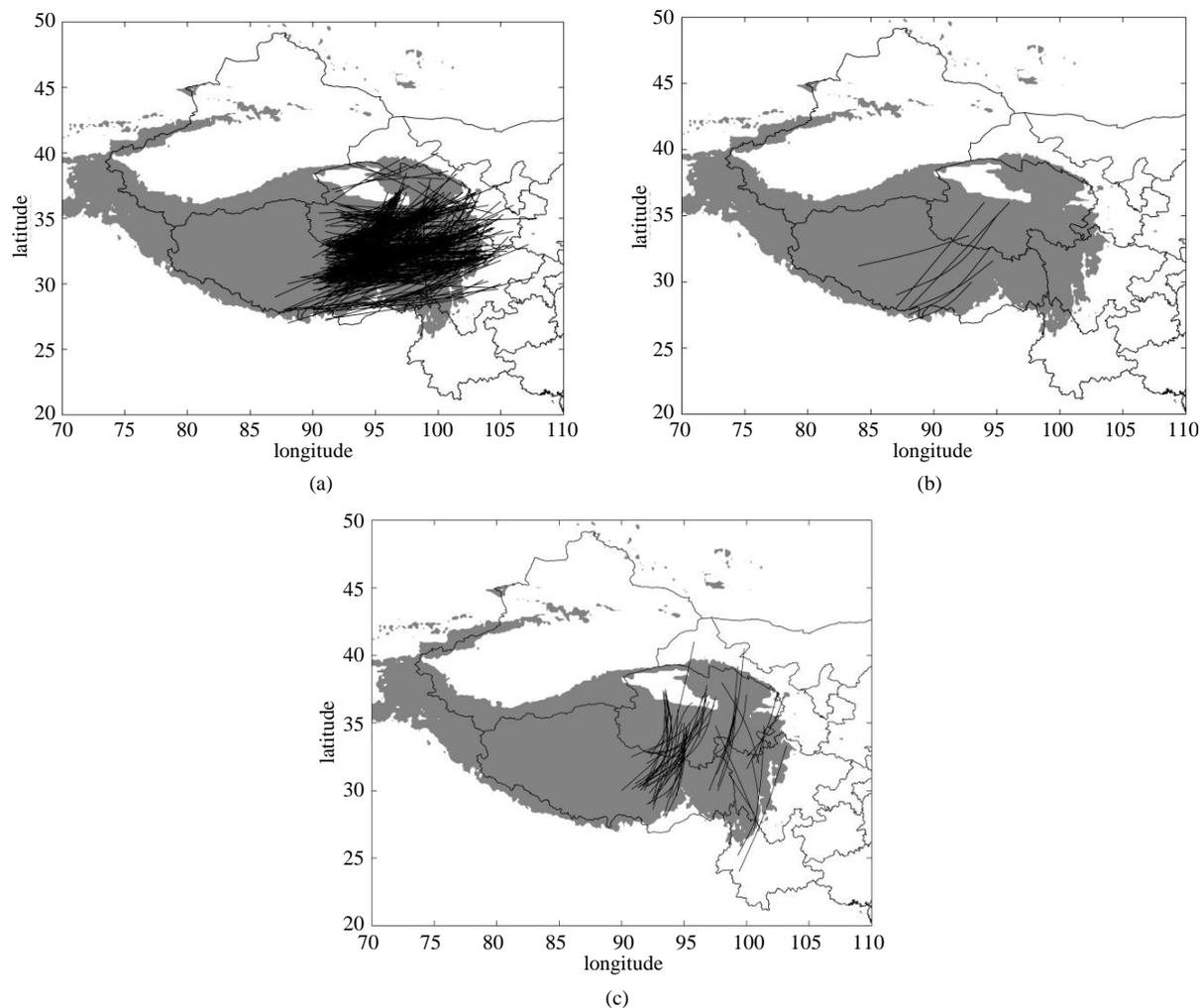
根据切变线生成时刻中点的位置分别在 92.5°E 以东(西), 将切变线分为东(西)部切变线。将切变线生成时刻于经线的夹角  $< 45^\circ$  的高原切变线, 为竖切变线, 否则为横切变线[14]。可以将切变线分为四类: 东(西)部横切变线、东(西)部竖切变线。由图 1 结合表 1 可以看出, 1998~2013 年高原切变线共生成 571 次, 其中东部横切变线共 512 次, 主要位于青海南部以及西藏东北部地区, 西部横切变线 7 次, 主要位于西藏中部地区, 东部竖切变线 52 次, 主要位于唐古拉山的东段, 西部竖切变线 0 次。高原切变线源地主要位于高原的东部, 介于 27°~39°N, 高原切变线高频中心位于昌都地区的西北部。

高原切变线中点移出海拔高度  $\geq 3000$  m 的青藏高原区域称之为高原切变线的移出[14]。由图 2 结合表 2 可知, 生成的 571 次切变线中有 92 次移出了高原, 移出几率为 16.1%, 低于同期高原低涡的移出几率[15]。其中, 高原东部横切变线移出 77 次, 占 83.7%, 西部横切变线移出 1 次, 占 1.1%, 东部竖切变线移出 14 次, 占 15.2%, 西部竖切变 0 次。高原切变线的移出主要以东部横切变线为主, 其次是东部竖切变, 生成于高原西部的切变线仅有 1 次移出。高原东部横切变线的移出可到达中国东部的湖南, 北部的甘肃、内蒙古, 南部的广西、云南等地。东部竖切变的移出到达四川的中东部、甘肃南部、云南东北部。高原西部唯一移出的横切变线向东移动可达四川东北部。

## 4. 高原切变线活动的时间分布

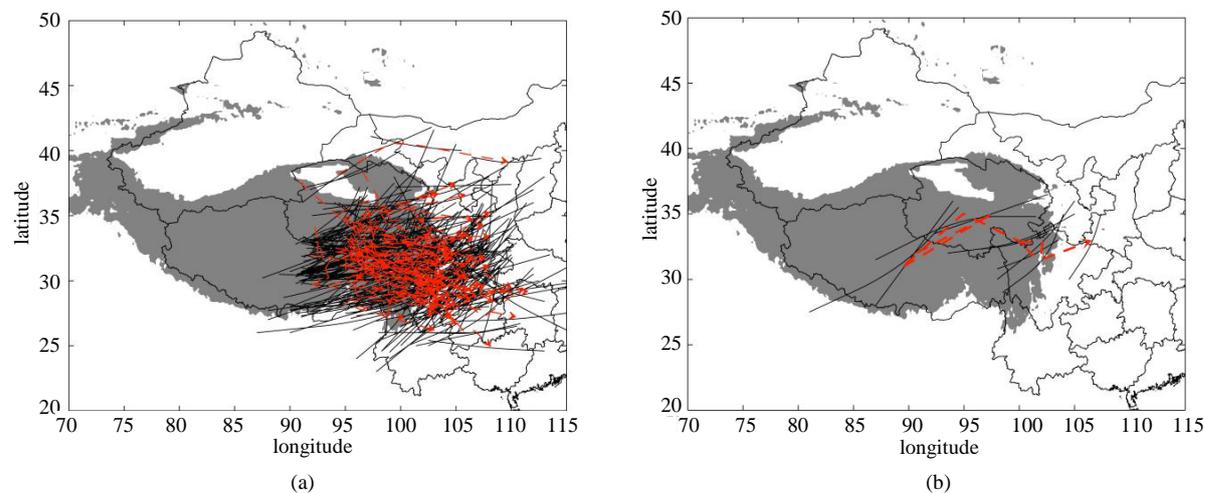
### 4.1. 高原切变线年变化特征

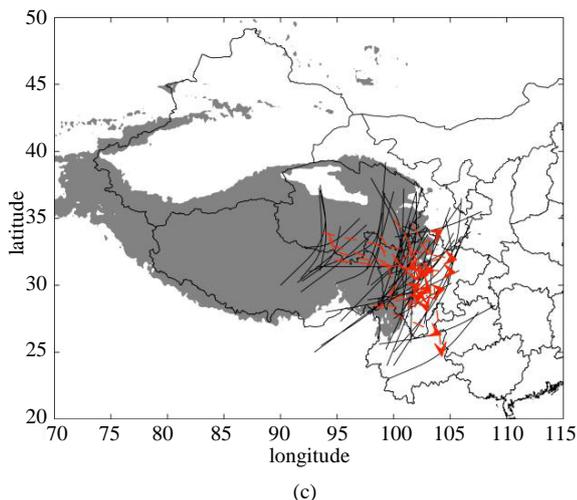
由图 3, 图 4 可知, 近 16 年来高原切变线的出现次数和移出次数均成增加趋势, 高原切变线活动主要是以东部横切变线为主, 所以东部横切变线出现、移出次数和总的切变线出现、移出次数趋势相一致。



**Figure 1.** The distribution of source region of the plateau shear lines from 1998 to 2013, the shaded area is the region with height more than 3000 m above sea level, (a) quasi-zonal eastern shear lines, (b) quasi-zonal western shear lines, (c) quasi-longitudinal eastern shear lines

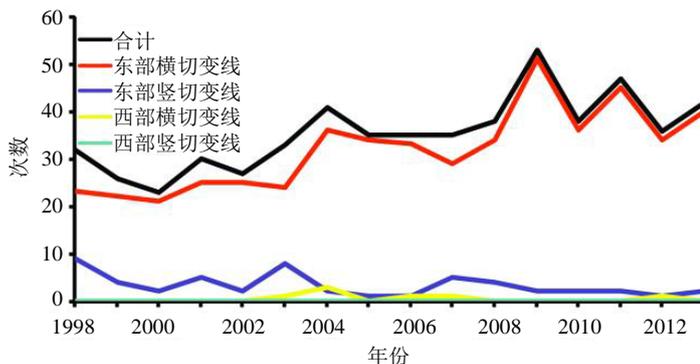
**图 1.** 1998~2013 年高原切变线源地分布，阴影区表示海拔高度  $\geq 3000$  m，(a) 东部横切变线，(b) 西部横切变线，(c) 东部竖切变线





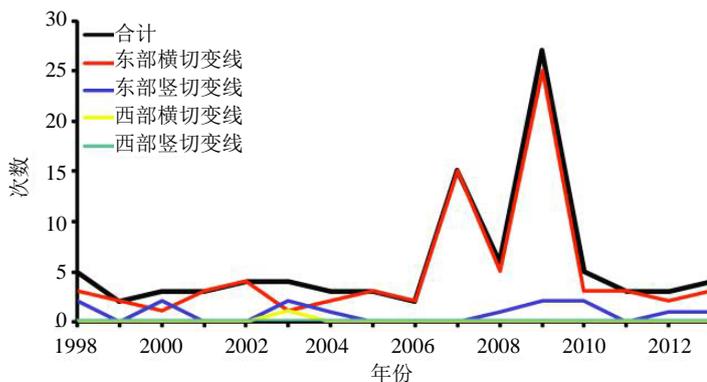
**Figure 2.** The distribution of plateau shear lines moving out of the plateau from 1998 to 2013, Red dashed line is the middle point linking of the plateau shear lines at different times, which demonstrate the moving of the shear lines. The shaded area is the region with height more than 3000 m above sea level, (a) quasi-zonal eastern shear lines, (b) quasi-zonal western shear lines, (c) quasi-longitudinal eastern shear lines

**图 2.** 1998~2013 年高原切变线移出分布, 红色虚线为高原切变线过程中各切变线中点的连线表示切变线的移动情况, 阴影区表示海拔高度  $\geq 3000$  m, (a) 东部横切变线, (b) 西部横切变线, (c) 东部竖切变线



**Figure 3.** The interannual changes of plateau shear lines occurrences from 1998 to 2013

**图 3.** 1998~2013 年高原切变线出现次数年变化



**Figure 4.** The interannual changes of plateau shear lines moving out of the plateau occurrences from 1998 to 2013

**图 4.** 1998~2013 年高原切变线移出次数年变化

**Table 1.** The occurrence times of plateau shear lines from 1998 to 2013  
**表 1.** 1998~2013 年高原切变线出现次数

| 年份   | 类型    | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 合计 |
|------|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|----|
| 1998 | 东部横切变 | 0  | 1  | 2  | 2  | 5  | 1  | 4  | 4  | 3  | 0   | 1   | 0   | 23 |
|      | 东部竖切变 | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 0   | 0   | 9  |
|      | 西部横切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  |
|      | 西部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  |
| 1999 | 东部横切变 | 0  | 0  | 1  | 1  | 4  | 4  | 3  | 5  | 3  | 1   | 0   | 0   | 22 |
|      | 东部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1  | 1   | 0   | 0   | 4  |
|      | 西部横切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  |
| 2000 | 西部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  |
|      | 东部横切变 | 0  | 0  | 2  | 1  | 1  | 3  | 3  | 5  | 4  | 1   | 0   | 1   | 21 |
|      | 东部竖切变 | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0   | 0   | 0   | 2  |
| 2001 | 西部横切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  |
|      | 西部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  |
|      | 东部横切变 | 1  | 1  | 2  | 1  | 4  | 3  | 5  | 5  | 1  | 1   | 1   | 0   | 25 |
| 2002 | 东部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 3  | 0  | 0  | 2  | 0  | 0   | 0   | 0   | 5  |
|      | 西部横切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  |
|      | 西部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  |
| 2003 | 东部横切变 | 0  | 1  | 1  | 0  | 3  | 3  | 7  | 3  | 5  | 1   | 0   | 1   | 25 |
|      | 东部竖切变 | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0   | 0   | 0   | 2  |
|      | 西部横切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  |
| 2004 | 西部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  |
|      | 东部横切变 | 2  | 0  | 0  | 2  | 7  | 2  | 2  | 4  | 4  | 0   | 0   | 1   | 24 |
|      | 东部竖切变 | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 2  | 1  | 1   | 0   | 0   | 8  |
| 2005 | 西部横切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 1  |
|      | 西部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  |
|      | 东部横切变 | 0  | 1  | 2  | 2  | 3  | 6  | 9  | 6  | 2  | 4   | 1   | 0   | 36 |
| 2006 | 东部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0   | 0   | 0   | 2  |
|      | 西部横切变 | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1   | 0   | 0   | 3  |
|      | 西部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  |
| 2007 | 东部横切变 | 1  | 0  | 3  | 3  | 4  | 6  | 2  | 4  | 7  | 4   | 0   | 0   | 34 |
|      | 东部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0   | 0   | 0   | 1  |
|      | 西部横切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  |
| 2008 | 西部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  |
|      | 西部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  |

## Continued

|      |       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |     |
|------|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|-----|
|      | 东部横切变 | 0  | 3  | 2  | 1  | 6  | 8  | 3  | 4  | 2  | 3  | 0  | 1 | 33  |
| 2006 | 东部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0 | 1   |
|      | 西部横切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 1   |
|      | 西部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0   |
| 2007 | 东部横切变 | 1  | 2  | 1  | 3  | 2  | 3  | 3  | 7  | 3  | 1  | 2  | 1 | 29  |
|      | 东部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 2  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0 | 5   |
|      | 西部横切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 1   |
| 2008 | 西部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0   |
|      | 东部横切变 | 1  | 1  | 2  | 2  | 9  | 1  | 6  | 4  | 4  | 3  | 1  | 0 | 34  |
|      | 东部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 2  | 2  | 0  | 0  | 0 | 4   |
| 2009 | 西部横切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0   |
|      | 西部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0   |
|      | 东部横切变 | 3  | 3  | 7  | 2  | 5  | 5  | 4  | 9  | 6  | 4  | 2  | 1 | 51  |
| 2010 | 东部竖切变 | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 2   |
|      | 西部横切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0   |
|      | 西部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0   |
| 2011 | 东部横切变 | 1  | 2  | 0  | 3  | 4  | 6  | 5  | 5  | 3  | 5  | 2  | 0 | 36  |
|      | 东部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0 | 2   |
|      | 西部横切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0   |
| 2012 | 西部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0   |
|      | 东部横切变 | 2  | 2  | 1  | 6  | 5  | 3  | 9  | 6  | 5  | 5  | 1  | 0 | 45  |
|      | 东部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0 | 2   |
| 2013 | 西部横切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0   |
|      | 西部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0   |
|      | 东部横切变 | 1  | 3  | 1  | 5  | 3  | 4  | 4  | 4  | 6  | 1  | 2  | 0 | 34  |
| 合计   | 东部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 1   |
|      | 西部横切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0 | 1   |
|      | 西部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0   |
| 合计   | 东部横切变 | 2  | 1  | 6  | 2  | 3  | 6  | 6  | 4  | 4  | 6  | 0  | 0 | 40  |
|      | 东部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 2   |
|      | 西部横切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0   |
| 合计   | 西部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0   |
|      | 东部横切变 | 15 | 21 | 33 | 36 | 68 | 64 | 75 | 79 | 62 | 40 | 13 | 6 | 512 |
|      | 东部竖切变 | 1  | 3  | 3  | 3  | 9  | 2  | 6  | 15 | 7  | 3  | 0  | 0 | 52  |
| 合计   | 西部横切变 | 0  | 0  | 1  | 0  | 2  | 0  | 1  | 1  | 0  | 2  | 0  | 0 | 7   |
|      | 西部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0   |

**Table 2.** The occurrence times of plateau shear lines moving out of Plateau from 1998 to 2013  
**表 2.** 1998~2013 年高原切变线移出次数

| 年份   | 类型    | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 合计 |
|------|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|----|
| 1998 | 东部横切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0   | 0   | 0   | 3  |
|      | 东部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0   | 0   | 0   | 2  |
|      | 西部横切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  |
|      | 西部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  |
| 1999 | 东部横切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 2  |
|      | 东部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  |
|      | 西部横切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  |
| 2000 | 西部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  |
|      | 东部横切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0   | 0   | 0   | 1  |
|      | 东部竖切变 | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0   | 0   | 0   | 2  |
|      | 西部横切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  |
| 2001 | 西部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  |
|      | 东部横切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 2  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 3  |
|      | 东部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  |
|      | 西部横切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  |
| 2002 | 西部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  |
|      | 东部横切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 2  | 0  | 1  | 1  | 0   | 0   | 0   | 4  |
|      | 东部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  |
|      | 西部横切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  |
| 2003 | 西部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  |
|      | 东部横切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0   | 0   | 0   | 1  |
|      | 东部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0   | 0   | 0   | 2  |
|      | 西部横切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 1  |
| 2004 | 西部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  |
|      | 东部横切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1   | 0   | 0   | 2  |
|      | 东部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0   | 0   | 0   | 1  |
|      | 西部横切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  |
| 2005 | 西部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  |
|      | 东部横切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 2  | 1  | 0   | 0   | 0   | 3  |
|      | 东部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  |
|      | 西部横切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  |
|      | 西部竖切变 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   | 0  |

## Continued

|      |       |   |   |   |   |    |    |    |    |    |   |   |   |    |
|------|-------|---|---|---|---|----|----|----|----|----|---|---|---|----|
| 2006 | 东部横切变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 2  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 2  |
|      | 东部竖切变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  |
|      | 西部横切变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  |
|      | 西部竖切变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  |
| 2007 | 东部横切变 | 0 | 1 | 0 | 2 | 1  | 2  | 3  | 2  | 2  | 0 | 2 | 0 | 15 |
|      | 东部竖切变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  |
|      | 西部横切变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  |
|      | 西部竖切变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  |
| 2008 | 东部横切变 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 5  |
|      | 东部竖切变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 0 | 0 | 0 | 1  |
|      | 西部横切变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  |
|      | 西部竖切变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  |
| 2009 | 东部横切变 | 1 | 2 | 2 | 1 | 4  | 1  | 2  | 4  | 5  | 1 | 2 | 0 | 25 |
|      | 东部竖切变 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 2  |
|      | 西部横切变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  |
|      | 西部竖切变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  |
| 2010 | 东部横切变 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0 | 0 | 0 | 3  |
|      | 东部竖切变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0 | 0 | 0 | 2  |
|      | 西部横切变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  |
|      | 西部竖切变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  |
| 2011 | 东部横切变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0 | 0 | 0 | 3  |
|      | 东部竖切变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  |
|      | 西部横切变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  |
|      | 西部竖切变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  |
| 2012 | 东部横切变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0 | 0 | 0 | 2  |
|      | 东部竖切变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 1  |
|      | 西部横切变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  |
|      | 西部竖切变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  |
| 2013 | 东部横切变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 1  | 0  | 1  | 1  | 0 | 0 | 0 | 3  |
|      | 东部竖切变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 1  |
|      | 西部横切变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  |
|      | 西部竖切变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  |
| 合计   | 东部横切变 | 1 | 3 | 3 | 4 | 13 | 10 | 11 | 15 | 11 | 2 | 4 | 0 | 77 |
|      | 东部竖切变 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1  | 2  | 2  | 4  | 2  | 0 | 0 | 0 | 14 |
|      | 西部横切变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 1  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 1  |
|      | 西部竖切变 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0 | 0 | 0 | 0  |

东、西部竖切变线活动较少，这与李跃清指出的竖切变活动只占高原切变线活动过程的 10% 的研究结果相近[14]。从高原东部横切变线变化趋势可知，东部横切变线出现、移出次数呈增加趋势，分别以每 10 年 14.5 次和 3.3 次增加。各类切变线在各年生成、移出次数存在明显差异，图 3，图 4 结合表 1，表 2 可知在 2009 年高原切变线生成的最多为 53 次，其中高原东部横切变线为 51 次，高原东部竖切变线为 2 次。2000 年为最少 23 次，包括高原东部横切变 21 次，东部竖切变 2 次。2009 年高原切变线移出的最多为 27 次，其中高原东部横切变线为 25 次，高原东部竖切变线为 2 次。这与其该年生成的基数大有关，1999、2006 年最少 2 次，全是东部横切变线的移出。2006 年川渝持续干旱，这可能与该年切变线活动不活跃有关[12]。东亚大槽、副热带高压西伸、北抬或南退的位置和南亚高压的强度、形状、走向，季风低压、新疆东移的高压脊以及高空急流、高空暖平流的强度、高原上空的正涡度平流都与高原切变线的移出相关[13][16]-[18]。

高原切变线的移出往往会给下游地区带来暴雨，那么近 16 年高原切变线的移出几率究竟是怎样的一个状况呢？从高原切变线移出几率逐年变化可知(图 5)，高原东部竖切变线虽然没有高原东部横切变线生成的次数多，但是高原东部竖切变线的年平均移出几率明显高于东部横切变线的移出几率。结合表 1，表 2 可知高原东部竖切变线在 2000、2009、2010、2012 年的移出几率为 100%，2000 年移出的东部竖切变线分别位于 3 月和 8 月，2009 年位于 1 月和 4 月，2010 年位于 7 月和 8 月，2012 年位于 6 月。这说明东部竖切变线的移出和所处月份无直接联系。东部横切变线的移出几率呈“M”型变化，2007 年、2009 年为波峰，移出几率分别达到 51.7%，49.0%。2006 年以前和 2010 年之后移出几率都较小维持在 16% 以下。西部横切变线的只有在 2003 年的 7 月份的移出几率是 100% 其余年份为 0%，西部竖切变近 16 年来均无移出。

#### 高原切变线冬、夏半年变化特征

将冬半年定义为 11 月至次年 4 月，夏半年为 5 至 10 月，从表 1 可以看出，冬半年东部横切变为 124 次，占全年的 24.2%，3、4 月份居多，11、12 月份居少。夏半年东部横切变线为 388 次，占全年的 75.8%，8 月份最多为 79 次，10 月份最少为 40 次。冬半年东部竖切变为 10 次，占全年的 19.2%，主要集中在 2~4 月份，夏半年东部竖切变为 42 次，占全年的 80.8%，8 月份最多为 15 次，6 月份最少为 2 次。冬半年西部横切变为 1 次，出现在 3 月份，夏半年为 6 次，5、10 月份各 2 次，7、8 月份各 1 次。夏半年高原西部横切变出现的次数远远高于冬半年。西部竖切变线无论是冬半年还是夏半年均无生成。

高原切变线移出高原的次数不到生成次数的 1/6，冬半年东部横切变线移出次数为 15 次，占全年的 19.4%，4、11 月份居多，1、12 月份居少。夏半年东部横切变线移出次数为 62 次，占全年的 80.5%，8 月份最多为 15 次，10 月份最少为 2 次。冬半年东部竖切变为 3 次，占全年的 21.4%，1、3、4 月份各 1 次，夏半年东部竖切变为 11 次，占全年的 78.6%，8 月份最多为 4 次，10 月份最少为 0 次。西部横切变线全年仅移出 1 次，出现在夏半年的 7 月份。西部竖切变线无论是冬半年还是夏半年均无移出。

由此可见，从上述分析中可知横切变线所占的地位举足轻重，是夏季高原变界层中最重要的天气气候系统，同时也是高原低值系统中唯独可以在平均流场上清楚观察到的系统[1]。无论是高原东部横、竖切变线还是高原西部横切变线都存在夏半年生成、移出次数高于冬半年，高原东部横切变线高于东部竖切变线高于西部横切变线。各类切变线冬夏半年出现次数最多的月份不尽相同，冬半年主要集中在 4 月份，夏半年主要出现在 8 月份。

#### 4.2. 高原切变线月变化特征

如图 6 所示，高原切变线出现次数的月变化呈先增加后减小的变化趋势，月平均出现 47.58 次，低于高原涡的月平均次数[15]。高原切变线主要集中在 5~9 份出现，为 391 次，占全年的 68.5%，其中 8 月次数最多为 95 次，6 月次数最少为 66 次。这与拉萨会战组[1]指出的 6 月最多，9 月最少的结果不同，与

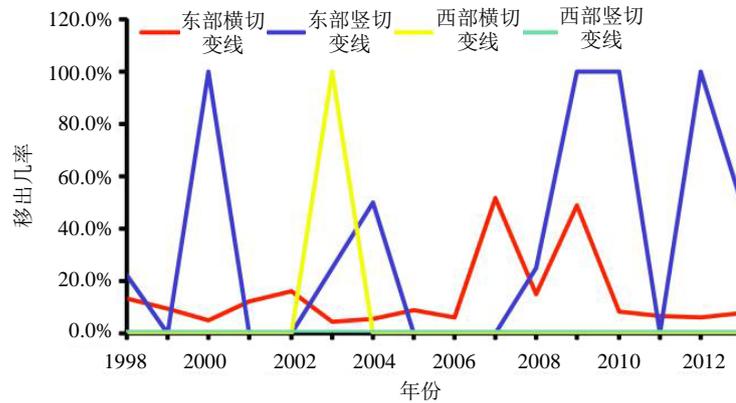


Figure 5. The moving out rate of plateau shear lines from 1998 to 2013  
图 5. 1998~2013 年高原切变线移出几率

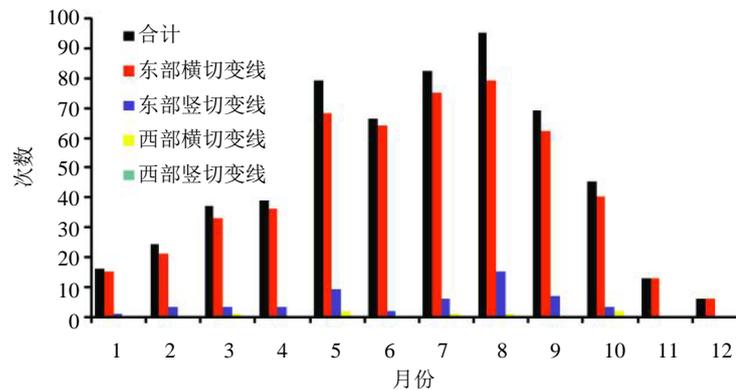


Figure 6. The monthly changes of the plateau shear lines occurrences from 1998 to 2013  
图 6. 1998~2013 年高原切变线出现次数月变化

何光碧[12]指出的5月最多,7月最少的结果也不同,与师锐[13]指出的5~9月份是高原切变线活动旺盛(特别是8月)的月份相同,是由早期高原西部站点稀少、统计标准以及样本长度不同造成的统计结果存在差异。高原切变线移出的月变化呈现出先增加再减少趋势,除12月份外,其他月份都有高原切变线移出高原。移出次数同样集中在5~9月份,为72次,占全年移出次数的78.3%。移出最多8月份19次,最少为6月份12次,如图7所示。由此可见高原切变线的生成、移出次数主要以5~9月份为主,主要是因为初夏5,6月份的切变线生成主要是由于东亚长波槽脊的调整而产生的,盛夏7,8月份大多是西风带短波槽东移造成的。

### 5. 高原切变线的生命史

各类切变线所存在的生命史不同,切变线生命史的不同对下游地区造成的降水范围和强度不同[10]。从图8中可知,在生成的东部横切变线中,主要是以12h生命史的切变线为主,为263次,占51.4%,24h的有106次,占20.7%,36h的有74次,占14.5%,48h的有37次,7.2%,48h以上的有32次,占6.2%,其中96h、108h、120h的各1次,生命史最长的为120h。在生成的东部竖切变线中,主要以生命史12h为主有27次,占51.9%,24h的有14次,占26.9%,36h,48h,60h分别为5,4,2次。生命史最长的为60h。生成的西部横变线中,12h,24h,36h,48h分别为2,1,1,2次,生命史最长的为120h,1次。

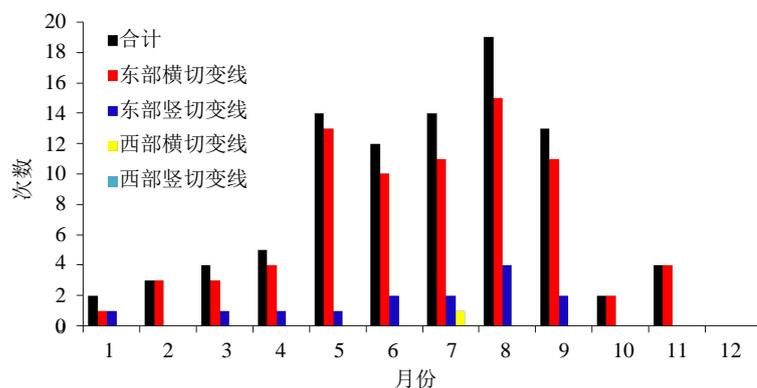


Figure 7. The monthly changes of the plateau shear lines moving out of the plateau from 1998 to 2013

图 7. 1998~2013 年高原切变线移出次数月变化

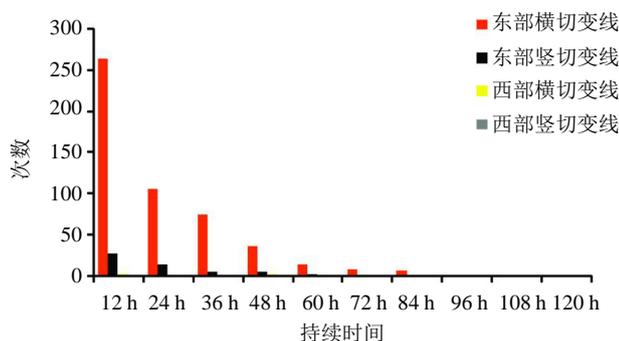


Figure 8. The distribution map of the plateau shear lines lifetime from 1998 to 2013

图 8. 1998~2013 年高原切变线生命史的统计分布图

移出的东部横切变线主要是以生命史 36 h 为主，有 27 次，其次是生命史 48 h 的有 16 次，生命史 24 h 的有 14 次，东部横切变线生命史为 12 h 的生成次数最多的只移出了 2 次。生命史 60 h 以上的共 18 次，生命史为 108 h，120 h 的全部移出。移出的东部竖切变线与东部横切变线的主要生命史不同，主要集中在生命长为 24 h~60 h 之间，其中，以生命史 24 h 为主有 5 次，其次是生命史 48 h，36 h，60 h 分别为 4 次，3 次，2 次。西部横切变只有 1 次移出，它的生命史为 120 h，西部竖切变既无生成也无移出，见图 9。

## 6. 影响高原切变线东移的系统

根据年鉴统计出影响高原切变线移出的主要系统，从表 3 中可以看出影响高原横切变线移出高原的主要系统有 13 类，影响最大的前 3 类分别为西风槽(32.1%)、青藏高原(16.7%)、西藏高压(9.0%)。影响竖切变移出高原的系统主要有 6 类，西风槽(21.4%)，青藏高原(28.6%)，副热带高压(28.6%)，北槽南切变、新疆高压以及西藏高压(7.1%)。高原的东部是伊朗高压，西部是西太平洋副高，北部是西风槽，南部是上空是南亚高压，所以切变线的活动必然与这些环流系统的演变和维持相关。副热带高压和伊朗高压是影响我国夏季天气的主要副热带天气系统，副高的进退对高原天气影响较大，盛夏西太平洋副高越偏东越有利于切变线的活动，高原切变线主要位于南亚高压的北侧和东侧，对切变线的移动有着重要影响。虽然切变线的移动与上述系统有一定的联系，但最根本的是受到高纬西风带以及低位天气系统的影响，往往各个系统之间是互相影响的，必须综合的研究高原切变线与周围重要环流系统的关系。

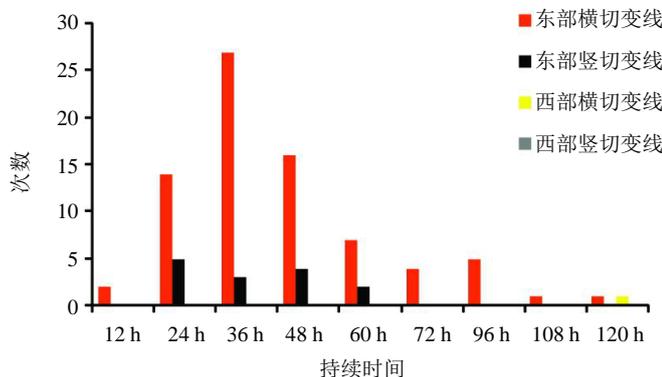


Figure 9. The distribution map of the plateau shear lines lifetime moving out of the plateau from 1998 to 2013

图 9. 1998~2013 年移出高原的高原切变线生命史统计分布图

Table 3. The major system influencing the moving out of Qinghai-Xizang Plateau shear lines from 1998 to 2013

表 3. 1998~2013 影响高原切变线移出的系统

| 影响系统  | 横切变线/次 | 竖切变线/次 |
|-------|--------|--------|
| 西风槽   | 25     | 3      |
| 青藏高压  | 13     | 4      |
| 副热带高压 | 12     | 4      |
| 西藏高压  | 7      | 1      |
| 新疆高压  | 5      | 1      |
| 青海高压  | 4      | 0      |
| 中亚高压  | 3      | 0      |
| 河套高压  | 3      | 0      |
| 伊朗高压  | 1      | 0      |
| 塔什干高压 | 1      | 0      |
| 北槽南切变 | 1      | 1      |
| 东北低槽  | 2      | 0      |
| 随槽南移  | 1      | 0      |
| 合计    | 78     | 14     |

## 7. 结论

本文利用高原切变线年鉴资料研究了 1998~2013 年各类高原切变线活动的空间分布、时间变化特征、生命史以及影响高原切变线东移的系统，主要得到以下结论

1) 高原切变线源地主要位于高原的东部，位于 27°~39°N，高频中心位于昌都地区的西北部。高原切变线的移出可到达我国东部的湖南，北部的甘肃、内蒙古，南部的广西、越南等地。

2) 近 16 年来高原切变线的出现、移出次数均成增加趋势，1998~2013 年来高原切变线过程共生成 571 次，移出 92 次。其中东部横切变线 512 次，移出 77 次，东部竖切变线 52 次，移出 14 次，西部横切变线 7 次，移出 1 次，西部竖切变线 0 次，移出 0 次。

3) 高原切变线的活跃期集中 5~9 月, 生成次数 8 月最多, 6 月最少; 移出次数 8 月最多, 6 月最少。竖切变线的移出几率高于横切变线。生成的切变线主要以生命史 12 h 为主, 最长为 120 h。在移出的切变线中, 不同类型的切变线生命史不同, 东部横切变线以 36 h 为主, 东部竖切变则以 24 h 为主。

4) 影响高原横切变线移出高原的系统中, 需重点关注西风槽、青藏高压、西藏高压对其的影响, 对于影响高原竖切变线的移出, 则需要关注西风槽, 青藏高压以及副热带高压。

5) 对比各位学者对高原切变线活动的统计工作, 不难看出在某些方面得到的研究结果类似, 有些却又不尽相同。最初高原西部测站的缺少、不同资料的选取、样本长度以及选取切变线的标准不同是导致研究结果不同的主要原因。

## 基金项目

国家自然科学基金(91337215)、国家重点基础研究发展计划 973 项目(2012CB417202)、四川省科技项目(2013JY0063)资助。

## 参考文献 (References)

- [1] 青藏高原气象科学研究拉萨会战组 (1981) 夏半年青藏高原 500 毫巴低涡切变线的研究. 科学出版社, 北京, 1-122.
- [2] 杨鉴初, 陶诗言, 叶笃正, 等 (1960) 西藏高原气象学. 科学出版社, 北京.
- [3] 徐国昌 (1984) 500 毫巴高原切变线的天气气候特征. *高原气象*, **1**, 36-41.
- [4] Tao, S.-Y. and Ding, Y.-H. (1981) Observational evidence of the influence of the Qinghai-Xizang (Tibet) plateau on the occurrence of heavy rain and severe convective storms in China. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **62**, 23-30. [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0477\(1981\)062<0023:OEOTIO>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0477(1981)062<0023:OEOTIO>2.0.CO;2)
- [5] 郁淑华, 何光碧, 滕家谟 (1997) 青藏高原切变线对四川盆地西部突发性暴雨影响的数值试验. *高原气象*, **3**, 83-88.
- [6] 胡长元, 肖宏斌 (2013) 夏半年青藏高原切变线对青海高原影响研究. *安徽农业科学*, **28**, 11456-11457.
- [7] 曾皓 (1995) 川西高原南部暴雨的初步研究. *四川气象*, **1**, 15-22.
- [8] 普贵明, 鲁亚斌, 周国莲, 等 (2008) 2007 年云南 7 次强降水过程的分析研究. *气象科学*, **6**, 683-688.
- [9] 四川乐山地区气象局 (1976) 高原切变和乐山地区的降水. *气象*, **8**, 10-12.
- [10] 郁淑华, 高文良, 彭骏 (2013) 近 13 年青藏高原切变线活动及其对中国降水影响的若干统计. *高原气象*, **6**, 1527-1537.
- [11] 刘福明 (1987) 青藏高原横切变线南移的研究. *高原气象*, **1**, 56-64.
- [12] 何光碧, 高文良, 屠妮妮 (2009) 2000-2007 年夏季青藏高原低涡切变线观测事实分析. *高原气象*, **3**, 449-555.
- [13] 师锐, 何光碧 (2011) 移出与未移出高原的高原切变线背景环流对比分析. *高原气象*, **6**, 1453-1461.
- [14] 李跃清, 郁淑华, 彭骏, 等 (1998-2013). 青藏高原低涡切变线年鉴. 科学出版社, 北京.
- [15] 张凯荣, 肖天贵, 魏海宁, 等 (2015) 气候变化研究快报. 2003~2012 年高原低涡活动特征统计分析. *气候变化研究快报*, **4**, 106-115.
- [16] 许习华 (1987) 影响准东西向切变线运动的一些因子分析. *成都气象学院学报*, **2**, 80-87.
- [17] 郁淑华, 高文良 (2008) 青藏高原低涡移出高原的大尺度条件. *高原气象*, **6**, 1276-1287.
- [18] 周小兰, 王登炎 (2005) 南亚高压的东西振荡与极端暴雨事件. *中国气象学会 2005 年年会论文集*, 苏州, 2005 年 10 月 1 日, 6690-6702.