

高原低涡移出高原的观测事实分析^{*}

郁淑华 高文良

中国气象局成都高原气象研究所, 成都, 610072

摘 要

应用天气学、统计学原理, 结合 TRMM 资料, 分析了 1998—2004 年 5—9 月移出高原的低涡的活动特征。结果指出: 6—8 月是高原低涡移出高原影响中国东部天气的主要时段, 它与高原低涡在高原上的活动特征及西南低涡移出高原特征均不同; 移出高原的高原低涡的涡源主要在曲麻莱附近、德格附近, 这与高原上产生低涡的涡源不同; 移出高原的高原低涡的移动路径多数是随低槽的活动而向东、向东南移动, 这与高原低涡在高原上多数是沿切变线移向东北不同, 高原低涡移出高原后, 不仅影响中国的范围广, 还可能影响到朝鲜半岛、日本; 高原低涡移出高原后涡的强度、性质会有变化, 在高原以东活动时间长(≥ 36 h)的高原低涡, 移出高原前多数为暖性低涡, 移出高原后多数为斜压性低涡, 低涡加强、多数可产生暴雨、大暴雨; 高原低涡移出高原后移到海洋上, 往往因下垫面不同而变化, 出海后都有降水加强、多数位势高度下降的现象; 移出高原后的高原低涡因东面海上热带气旋活动而少动, 与其南面热带气旋活动相向而行, 因季风低压少动而少动的现象。

关键词: 高原低涡, 移出高原, 观测事实。

1 引 言

夏季青藏高原常有低涡生成, 它一般在高原的西半部产生, 消失于高原的东半部。也有些高原低涡向东移出高原主体, 使中国广大地区产生暴雨、大暴雨, 造成灾害性天气。如 1998 年 8 月长江流域‘二度梅’出梅后, 高原上连续有 3 个低涡移出高原, 造成了四川大暴雨, 导致长江 1998 第 5—7 次大洪峰。1998 年 7 月的长江第 3 次大洪峰, 也是由高原低涡东移造成的^[1]。1998 年长江出现 1954 年以来全流域严重洪涝, 与青藏高原的 MCS 向东移出高原, 加入到梅雨锋中并引起降水有关^[2]。2003 年 7 月有高原低涡移出高原主体造成黄淮流域大水。因而, 高原低涡东移对中国东部的长江、黄淮流域严重洪涝影响很大。

高原低涡的研究, 已引起气象工作者的重视, 自 1972 年“高原气象科学研究协作组”组织的多次集

体研讨会, 及经过第一次青藏高原科学试验, 已取得了重要进展。对此的研究较多^[3-6], 得出了高原低涡的活动规律、影响高原低涡生成的因子、高原低涡的结构、地形对高原西部低涡的影响等认识。叶笃正、高由禧^[7]在 1979 年指出: 高原边界层内浅薄系统遇有适宜的高空条件, 它们也会发展移出高原。在近年来的研究中, 陈联寿等^[8]指出大地形对涡旋运动有影响。李国平^[9]指出在一定的引导条件下可使低涡移出高原。宋敏红等^[10]指出高原中东部气柱平均厚度可指示高原低涡的移动。这些研究反映: 自第二次青藏高原科学试验以来, 对高原低涡的动力研究加强了, 开始关注东移出高原的高原低涡的研究^[11-26]。但对东移出高原低涡的研究多数是个例分析。

文中从天气学、统计学角度出发, 结合 TRMM 资料, 分析 1998—2004 年夏季青藏高原低涡东移出高原的观测事实与主要的活动特征。

* 初稿时间: 2005 年 7 月 4 日; 修改稿时间: 2005 年 10 月 12 日。

资助课题: 国家自然科学基金项目(40475020)。

作者简介: 郁淑华, 女, 1943 年生, 浙江宁波人, 研究员, 主要从事高原及其邻近地区灾害性天气的研究。

E-mail: shuhuayu@mail.sc.cninfo.net

2 移出高原的高原低涡活动特征

移出高原的高原低涡(以下简称低涡)是指 500 hPa 等压面上反映的生成于青藏高原,后移出青藏高原的有闭合等高线的低压或有 3 个站风向呈气旋式环流的低涡。

2.1 移出高原的低涡活动频次

从 1998—2004 年 5—9 月各年、月移出高原的低涡的活动次数(表 1)可以看出:(1)在近 7 年中,1998 和 1999 年夏季高原低涡移出高原的次数最多(12 次)。其次是 2003 年(10 次)。高原低涡移出高原的次数最少的年份是 2000 年(3 次)。1998, 1999, 2003 年移出高原的低涡的活动次数多,分别造成了长江流域严重洪涝、中国西南地区洪涝、黄淮大水,说明移出高原的高原低涡是影响中国夏季大水的重要天气系统之一。(2)6—8 月是高原低涡移出高原影响中国东部天气的主要时段,各月高原低涡移出个数相近,这与低涡在高原上活动过程不同,在高原上活动的是 5 月最多,8 月份较少^[4]。也与西南涡移出是不同的,西南涡 7 月份移出的比 8 月份移出的增多约一倍^[27]。

表 1 移出高原低涡各月活动次数
Table 1 Monthly number of the vortices moving out the Tibetan Plateau from May to September in 1998—2004

年份	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	总次数
1998	0	2	4	4	2	12
1999	1	5	3	2	1	12
2000	1	0	2	0	0	3
2001	1	2	0	3	1	7
2002	1	1	2	2	0	6
2003	0	3	1	3	3	10
2004	1	1	1	0	0	3
总次数	5	14	13	14	7	53

2.2 移出高原的低涡源

1998—2004 年 5—9 月移出高原的高原低涡的初生地点在 2 次以上的分布,表明:在近 7 年中,移出高原的低涡初生地绝大多数在高原东部(92°E 以东),主要涡源在曲麻莱附近与德格附近。这与高原上产生低涡的涡源不同,高原低涡主要产生在羌塘、那曲、柴达木、松潘^[27]。

2.3 移出高原的低涡的移动路径

由 1998—2004 年 5—9 月移出高原的高原低涡的移动路径统计(表 2)表明:在近 7 年中,移出高原的高原低涡的移动路径多数是向东移动,其次向东北移动、向东南移动,极个别的向北移。这与高原低涡在高原上活动的移向不同,在高原上活动的高原低涡 5—8 月移向东北机率最大(30%)^[9]。由对各月移出高原的低涡的移动路径分析看出(表略),6 月份以向东、向东北方向移动为主,7—8 月以向东、向东南方向移动为主,9 月份以向东移动为主。

表 2 移出高原低涡的移动路径统计
Table 2 Statistics of the track of the vortices moving out the Tibetan Plateau from May to September in 1998—2004

年份	北(次数)	东北(次数)	东(次数)	东南(次数)
1998		4	5	3
1999		5	6	1
2000			2	1
2001		1	5	1
2002	1	2		3
2003		1	7	2
2004			2	1
合计	1	13	27	12

2.4 高原低涡移出高原后的活动期分析

统计 1998—2004 年 5—9 月高原低涡移出高原后的活动期(表 3)表明:(1)高原低涡移出高原后有 55% 在 12 h 内减弱消失,有些可持续 60 h。(2)个别移出高原后活动时间超过 100 h,最长 192 h。

表 3 高原低涡移出高原后的活动期统计

Table 3 Life spans of plateau vortices after moving out the Tibetan Plateau from May to September in 1998—2004

年份	12 h	24 h	36 h	48 h	60 h	72 h	84 h	96 h	108 h	192 h
1998	10	0	2	0	0	0	0	0	0	0
1999	8	0	0	3	1	0	0	0	0	0
2000	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0
2001	2	1	2	0	1	0	0	1	0	0
2002	1	4	0	0	0	0	0	0	0	1
2003	6	2	2	0	0	0	0	0	0	0
2004	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0
总数	29	7	8	4	2	0	0	1	1	1

3 高原低涡移出高原后的活动特征

高原低涡移出高原后有的减弱,有的加强。究竟高原低涡移出高原后强度、涡的性质、路径上有什么变化,下垫面对高原低涡移动有无影响等,高原低涡移出高原后的变化现象还不清楚。

3.1 高原低涡移出高原后的性质、强度变化

按低涡区温度场的特征,将位于 500 hPa 暖脊区无冷空气入侵的低涡称为暖性低涡;相反,将位于 500 hPa 温度槽内或锋区内有明显冷空气入侵的低涡称为斜压性低涡。

比较 1998—2004 年 5—9 月高原低涡移出高原 12 h 与移出前的特征(表 4)可以看出,移出高原前、

后的低涡性质、强度及中心最大风速特征:(1)在高原以东活动时间长(≥ 36 h)的高原低涡移出高原前为暖性低涡的占 60%。在高原以东活动时间短(≤ 24 h)的高原低涡移出高原前多数为斜压性低涡。(2)移出高原后的低涡多数为斜压性低涡,其中移出后持续 24 h,36 h 以上的斜压性低涡占 83%,67%。(3)在高原以东活动时间 ≥ 24 h 的低涡移出高原 12 h,涡中心或涡区一般位势高度下降,低涡加强;而在高原以东活动时间只有 12 h 的低涡移出高原后,涡中心或涡区的位势高度增加,低涡减弱。(4)在高原以东活动时间长(≥ 36 h)的低涡移出高原 12 h,风速增大的占 60%;在高原以东活动时间短(≤ 24 h)的高原低涡,移出高原后,风速一般为减少。

表 4 高原低涡移出高原 12 h 与移出前的特征

Table 4 Characteristics of the plateau vortices before and after moving out the Tibetan Plateau

持续时间	位势高度变化		低涡内最大风速变化			移出前		移出后 12 h	
	下降	增加	增加	不变	减少	暖性	斜压性	暖性	斜压性
36 h	46%	54%	60%		40%	60%	40%	33%	67%
24 h	67%	33%	33%	17%	50%	33%	67%	17%	83%
12 h	36%	64%	34%	14%	52%	32%	68%	56%	44%

由上看出对在高原以东活动时间长、短不同的高原低涡,其移出高原前、后的性质、强度有不同的变化。高原低涡移出后多数为斜压性低涡,在高原以东活动时间 ≥ 24 h 的高原低涡,移出高原 12 h,涡中心或涡区一般位势高度下降,低涡加强,说明高原低涡活动与冷空气影响有关,这可能是由于冷空气作用使低涡在活动中斜压性加强,引起有效位能向动能转换,使低涡在活动中获得新的能量,得以持续。在高原以东活动时间长(≥ 36 h)的高原低涡在移出高原前多数为暖性低涡,说明高原低涡移出高原的条件不单是冷空气作用,还有其他因素的影响,

诸如低值系统逼近低涡,涡度平流的作用等。

3.2 高原低涡移出高原后降水强度的变化

高原低涡移出高原前降水强度一般较小,而移出高原后对降水影响较大(表 5):(1)无论移出高原后活动时间的长、短,高原低涡移出高原后多数($\geq 70\%$)使降水强度加大,其中移出高原后活动时间长(36 h 以上)的低涡移出高原后使降水增强的占 93%。(2)一般高原低涡移出高原后造成中雨以上降水,有的还可产生暴雨、大暴雨,其中移出高原后活动时间长(≥ 36 h)的有 60%会产生暴雨或大暴雨。

表 5 高原低涡移出高原后降水强度

Table 5 Changes in the precipitation intensity of the plateau vortices before and after moving out the Tibetan Plateau

持续时间	日降水强度变化		小雨	中雨	大雨	暴雨	大暴雨
	减弱	增强	(<10 mm)	(10—29.9 mm)	(30—49.9 mm)	(50—99.9 mm)	(≥ 100 mm)
36 h	7%	93%		20%	20%	33%	27%
24 h	29%	71%		71%	14.5%	14.5%	
12 h	29%	71%	17%	29%	17%	29%	8%

3.3 高原低涡移出高原后下垫面不同引起的变化

分析 1998—2004 年 5—9 月高原低涡移到海上的情况发现,这期间有 4 次高原低涡移到了海上,有的还影响到了朝鲜半岛、日本。例如:2001 年 8 月 29 日 8 时—9 月 3 日 8 时(北京时,下同)高原低涡活动

过程,其中 9 月 1 日 8 时以后移到海上,9 月 3 日 8 时已移过朝鲜半岛,接近日本,影响到了日本(图 1)。

分析雨量分布还发现,这 4 次高原低涡出海后都有降水加强的现象。例如:1998 年 9 月 3 日 8 时—9 月 6 日 8 时高原低涡活动过程,9 月 5 日 20 时高原低

涡移到了杭州湾出海口,以后移到海上。TRMM 反演的高原低涡活动区 3 h 最大降雨率:高原低涡出海前,9 月 5 日 15—17 时为 9 mm/h,高原低涡移近海岸时,降水已影响到海上,18—20 时为 18 mm/h,高

原低涡到海上后,21—23 时为 27 mm/h,9 月 6 日 00—02 时为 24 mm/h,≥18 mm/h 的区域扩大,03—05 时为 25 mm/h,06—08 时、9—11 时为 27 mm/h(图略)。可见此次高原低涡移出海岸后降水明显增强。

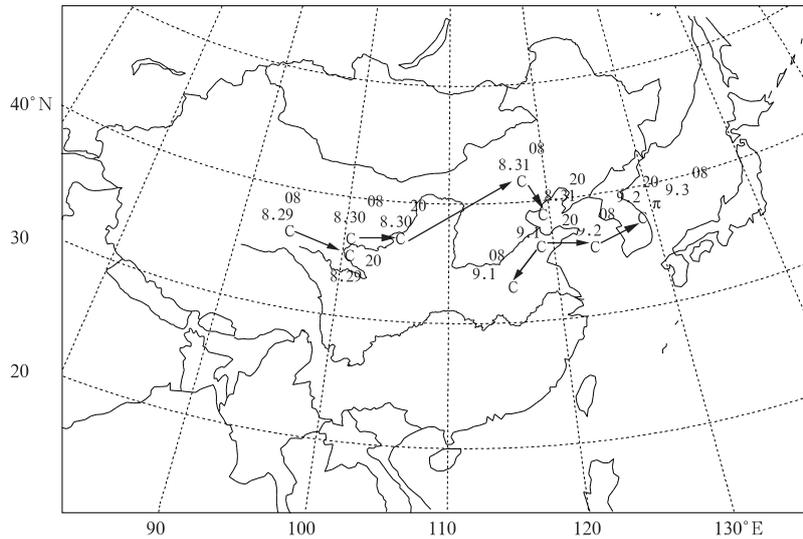


图 1 2001 年 8 月 29 日 8 时—9 月 3 日 8 时高原低涡活动过程
(图中所标 C 代表高原低涡)

Fig. 1 The track of a plateau vortex from 08:00 BST 29 August to 08:00 BST 3 September 2001
(The position of the vortex is marked with letter C)

由高度场分析还发现,这 4 次高原低涡移到海上后,有 3 次移到海上后位势高度下降。例如:2001 年 6 月 1 日 8 时—6 月 5 日 8 时高原低涡活动过程,

6 月 4 日 8 时高原低涡移到安徽省嘉山,涡中心位势高度为 573 dagpm,5 日 8 时在海上,涡中心位势高度为 570 dagpm(图 2)。

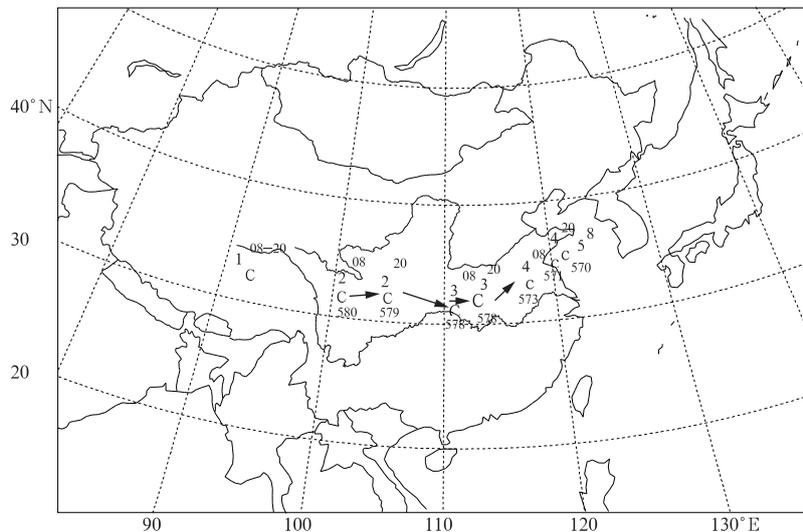


图 2 2001 年 6 月 1 日 8 时—6 月 5 日 8 时高原低涡活动过程
(图中 C 表示高原低涡)

Fig. 2 Same as Fig. 1 but for the plateau vortex from 08:00 BST 1 to 08:00 BST 5 June 2001

从上面分析知,高原低涡由陆地到海洋下垫面,会一度使高原低涡加深,位势高度下降,降水加强,出现与台风进入陆地后减弱的相反现象。

3.4 高原低涡移出高原后受不同天气系统影响的路径变化

由对 1998—2004 年 5—9 月影响高原低涡移出高原的天气系统分析发现:高原低涡移出高原、移出高原后,有近一半(43%)随其北面、东面槽的东移而东移、槽向东北收缩而东北移、槽向东南伸而东南移;其次是在切变环境场中向偏东方向移动,占 29%(其中少数沿切变线东移);有少数沿脊前西北气流而东南移,占 17%;也有极少数随副高活动方

向而移动,占 9.5%;个别随南支槽活动而移动的。这与高原低涡在高原上移动多数是沿切变线而东移不同^[4]。分析发现:高原低涡移出高原后,因东面海上热带气旋活动而少动。例如 2000 年 7 月 2 日 20 时—7 日 20 时高原低涡活动过程(图 3),在 5 日 20 时—6 日 20 时中国大陆以东、日本以南洋面上有热带气旋少动,高原低涡在陕西省与河南省交界处少动;在 7 日 8—20 时热带气旋在日本附近少动,高原低涡在山西省南部少动。可以看出热带气旋在中国以东海上活动对高原低涡活动有阻塞作用。分析还发现:高原低涡移出高原后,因季风低压少动而少动;与其南面热带气旋活动相向而行。例如 2002 年

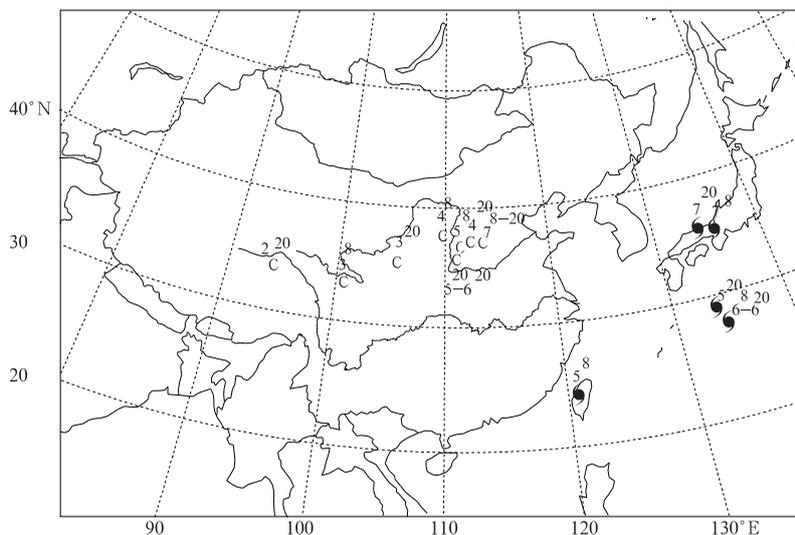


图3 2000年7月2日20时—7月7日20时高原低涡与热带气旋活动情况
(图中所标C表示高原低涡,●表示热带气旋)

Fig. 3 Movement of plateau vortices and tropical cyclones in
20: 00 BST 2 to 20: 00 BST 7 July 2000
(Letter C denotes the plateau vortex and ● the tropical cyclone)

8月12日8时—20日8时高原低涡活动过程(图4),在2002年8月14日8—20时与15日8时—16日8时印度季风低压少动,高原低涡分别在甘肃、陕西省少动;在2002年8月18日20时—19日20时,南海的热带气旋向西北移近大陆,高原低涡由重庆稍向西南移到了贵州。以后热带气旋、高原低涡继续相向而行,20日8时在广西省北部合并,台风演变成热带低压在陆地上持续。

综合以上分析,将高原低涡在高原上与移出高原的活动特征进行归纳比较(表6)。两者的差异主要表现在夏季活动次数、季节特征、涡源、移动路径、

涡的性质、对降水的影响、高原低涡移动的主导天气系统及在路径上的特殊变化等方面。

4 结论

(1) 6—8月是高原低涡移出高原影响中国东部天气的主要时段,与西南涡移出时间分布不同,西南涡7月份移出比8月份的多1倍多。移出高原的高原低涡的涡源主要在曲麻莱附近、德格附近。这与高原上产生低涡的涡源是不同的。

(2) 移出高原的低涡移动路径多数是随其北面、东面低槽的活动而向东、向东南移动。这与高原

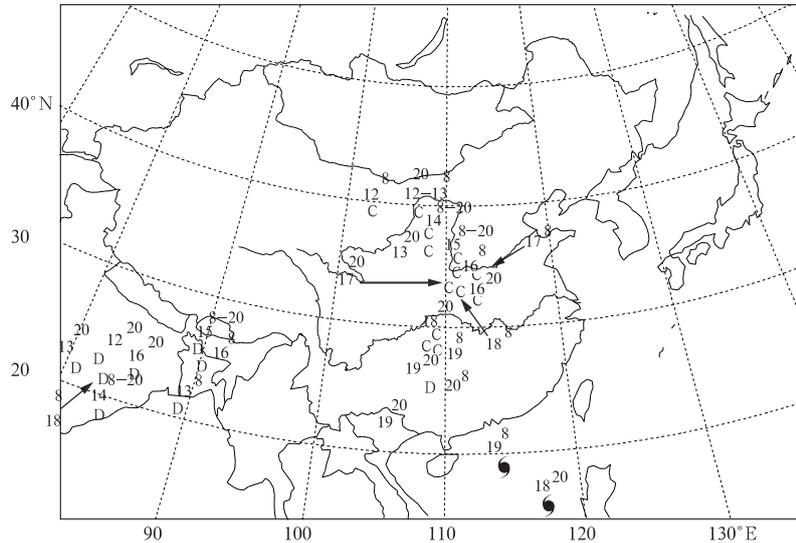


图4 2002年8月12日8时—8月20日8时高原低涡与季风低压、热带气旋活动情况

(图中C表示高原低涡, ●表示热带气旋, D表示低压)

Fig.4 Movement of plateau vortex, monsoon low and tropical cyclone from 08:00 BST 12 to 08:00 BST 20 August 2002

(C, D, and ● denote the plateau vortex, monsoon low, and tropical cyclone, respectively)

表6 高原低涡在高原上与移出高原的活动特征

Table 6 Movement characteristics of the plateau vortices before and after moving out the Tibetan Plateau

	高原低涡在高原上活动特征	高原低涡移出高原活动特征
5—8月活动情况	5月最多,8月份较少	5月最少,6—8月各月高原低涡移出个数相近
涡源	主要在羌塘、那曲、柴达木、松潘	主要在曲麻莱附近与德格附近
移动路径	移向东北机率最大	多数是向东移动、向东南移动
涡的性质	暖性涡机率比斜压性的大	移出高原持续在24 h以上,多数为斜压性涡
产生大降水级别	大雨	暴雨、大暴雨
天气系统影响	多数是沿切变线移动	随低槽东移的机率最大
路径上特殊变化	无	会因东面海上热带气旋活动而少动;会与其南面热带气旋活动相向而行;会因季风低压少动而少动

低涡在高原上多数是沿切变线移向东北是不同的。

(3) 高原低涡移出高原后,多数在12 h内减弱消失,有些可持续60 h,最长达192 h。它不仅影响中国的范围广,还可影响到朝鲜半岛、日本。

(4) 高原低涡移出高原后涡的强度、性质会有变化:对在高原以东活动时间长(≥ 36 h)的高原低涡,移出高原前多数为暖性低涡,移出高原后多数为斜压性低涡,低涡加强,多数可产生暴雨、大暴雨。

(5) 高原低涡移出高原后的一些特殊变化现象:高原低涡移出高原后移到海洋,因下垫面改变而变化,出海后都有降水加强,多数位势高度下降的现象。移出高原后的高原低涡因东面海上热带气旋活动而少动;与其南面热带气旋活动相向而行;因季风低压少动而少动的现象。

参考文献

- [1] 郁淑华. 高原天气系统活动对1998年长江大洪峰影响的初步分析. 见:《1998年长江嫩江流域特大暴雨的成因及预报应用研究》编委会. 1998年长江嫩江流域特大暴雨的成因及预报应用研究. 北京:气象出版社,2001. 359-364
Yu Shuhua. Primary study on the impact of Tibetan Plateau weather systems on the big flood peaks of the Changjiang River in 1998. In: Genesis Mechanism of 1998 Heavy Rain in the Changjiang and Nunjiang River Valley and Its Prediction. Beijing: China Meteorology Press, 2001. 359-364
- [2] 张顺利,陶诗言,张庆云等. 1998年夏季中国暴雨洪涝灾害的气象水文特征. 应用气象学报,2001, 12(4):442-457
Zhang Shunli, Tao Shiyan, Zhang Qingyun, et al. Meteorological and hydrological characteristics of severe flooding in

- China during the summer of 1998. *Quart J Appl Meteor* (in Chinese), 2001, 12(4): 442-457
- [3] 章基嘉, 朱抱真等. 青藏高原气象学进展. 北京: 科学出版社, 1988. 268pp
Zhang Jijia, Zhu Baozheng, et al. *Progresses in Tibetan Plateau Meteorology*. Beijing: Science Press, 1988. 268pp
- [4] 青藏高原气象科学研究拉萨会战组. 夏半年青藏高原 500 hPa 低涡切变线的研究. 北京: 科学出版社, 1981. 122pp
Lhasa group for Tibetan Plateau meteorology research. Research of 500 hPa Shear Lines over the Tibetan Plateau in Summer. Beijing: Science Press, 1981. 122pp
- [5] 钱正安, 单扶民, 吕君宁等. 1979 年夏季青藏高原低涡的统计分析及其产生的气候因子探讨. 见:《青藏高原气象科学实验文集》编辑组. 青藏高原气象科学实验文集(二). 北京: 科学出版社, 1984. 182-194
Qian Zhengan, Shan Fumin, Lü Junning, et al. The discuss on climate factors and statistic analysis of the Tibetan Plateau vortex in 1979 summer. In: *The Tibetan Plateau Meteorological Experiment Corpus II*. Beijing: Science Press, 1984. 182-194
- [6] 《夏半年青藏高原对我国天气的影响》编辑组. 夏半年青藏高原对我国天气的影响. 北京: 科学出版社, 1987. 226pp
The Research Group of Influence of Tibetan Plateau in Summer. *The Influence of Tibetan Plateau in Summer*. Beijing: Science Press, 1987. 226pp
- [7] 叶笃正, 高由禧等. 青藏高原气象学. 北京: 科学出版社, 1979. 122-126, 145-146
Ye Duzheng, Gao Youxi, et al. *The Tibetan Plateau Meteorology*. Beijing: Science Press, 1979. 122-126, 145-146
- [8] 陈联寿, 马镜娴, 罗哲贤. 大地形对涡旋运动的影响. 见: 陶诗言, 陈联寿, 徐祥德等. 第二次青藏高原大气科学理论研究进展(三). 北京: 气象出版社, 2000. 90-97
Chen Lianshou, Ma Jingxian, Luo Zhexian. The influence of big land terrain to vortex movement. In: Tao Shiyuan, Chen Lianshou, Xu Xiangde, et al. *The Second Theoretic Research Advance of Tibetan Plateau Atmosphere III*. Beijing: China Meteorological Press, 2000. 90-97
- [9] 李国平. 青藏高原动力气象学. 北京: 气象出版社, 2002. 251pp
Li Guoping. *The Dynamic Meteorology Study of Tibetan Plateau*. Beijing: China Meteorological Press, 2002. 251pp
- [10] 宋敏红, 钱正安. 高原及冷空气对 1998 和 1991 年夏季西太副高及雨带的影响. 高原气象, 2002, 21(6): 556-564
Song Minhong, Qian Zhengan. Impact of Plateau and cold air on SHWP and rain belt summer in 1998 and 1991. *Plateau Meteor* (in Chinese), 2002, 21(6): 556-564
- [11] 丁一汇. 1991 年江淮流域持续性特大暴雨研究. 北京: 气象出版社, 1993. 255pp
Ding Yihui. *The Research of Severe Geavy Rainfall Storm of Jiang-hui River Valley in 1991*. Beijing: China Meteorological Press, 1993. 255pp
- [12] 罗四维. 青藏高原及其邻近地区几类天气系统的研究. 北京: 气象出版社, 1992. 205pp
Luo Siwei. *The Researches of Several Synoptic Systems of Tibetan Plateau and Nearby Areas*. Beijing: China Meteorological Press, 1992. 205pp
- [13] 刘富明, 伏梅娟. 东移的青藏高原低涡的研究. 高原气象, 1986, 5(2): 125-134
Liu Fuming, Fu Meijuan. A study on the moving eastward Lows over Qinghai-Xizang Plateau. *Plateau Meteor* (in Chinese), 1986, 5(2): 125-134
- [14] 郭锦钊. 夏季青藏高原低涡东移的初步普查. 高原气象, 1986, 5(2): 184-188
Guo Mianzhao. General investigation of the moving eastward Lows over Qinghai-Xizang Plateau. *Plateau Meteor* (in Chinese), 1986, 5(2): 184-188
- [15] 罗四维, 何梅兰, 刘晓东. 关于青藏高原低涡的研究. 中国科学(B辑), 1993, 23(7): 778-784
Luo Siwei, He Meilan, Liu Xiaodong. The study on the Lows over Qinghai-Xizang Plateau. *Sci in China(Series B)* (in Chinese), 1993, 23(7): 778-784
- [16] 陈伯民, 钱正安, 张立盛. 夏季青藏高原低涡形成和发展的数值模拟. 大气科学, 1996, 20(4): 491-502
Chen Bomin, Qian Zhengan, Zhang Lisheng. Numerical simulation of formation and development of vortices over the Qinghai-Xizang Plateau in summer. *Sci Atmosph Sinica* (in Chinese), 1996, 20(4): 491-502
- [17] 陶诗言, 陈联寿, 徐祥德等. 第二次青藏高原大气科学试验研究进展(一). 北京: 气象出版社, 1999. 348pp
Tao Shiyuan, Chen Lianshou, Xu Xiangde, et al. *The Second Theoretic Research Advance of Tibetan Plateau Atmosphere Science Experiment I*. Beijing: China Meteorological Press, 1999. 348pp
- [18] 高守亭. 陶诗言先生及其指导下的中尺度天气动力学研究. 见: 东亚季风和中国暴雨. 北京: 气象出版社, 1998. 150-156
Gao Shouting. Tao Shiyuan and the meso-scale dynamic research under their guidance. In: *The Eastern Asia Monsoon and Heavy rain Storm in China*. Beijing: China Meteorological Press, 1998. 150-156
- [19] 程麟生, 冯伍虎. 中纬度中尺度对流系统研究的若干进展. 高原气象, 2002, 21(4): 337-347
Cheng Linsheng, Feng Wuhu. A number of advances of the research on midlatitude mesoscale convective systems. *Plateau Meteor* (in Chinese), 2002, 21(4): 337-347
- [20] 郁淑华, 何光碧. 对流层中上部水汽对高原低涡形成影响的数值试验. 南京气象学院学报, 2001, 24(4): 553-559
Yu Shuhua, He Guangbi. Numerical experiment of influence of water vapor in the middle and upper troposphere on the formation of vortex over the Tibetan Plateau. *J Nanjing Inst Meteor* (in Chinese), 2001, 24(4): 553-559

- [21] 郁淑华. 高原低涡东移的水汽图象. 高原气象, 2002, 21(2): 199-204
Yu Shuhua. Water vapor imagery of vortex moving process over Qinghai-Xizang Plateau. Plateau Meteor(in Chinese), 2002, 21(2):199-204
- [22] Kuo Y H, Bao J W. Numerical simulation of the 1981 Sichuan flood, part I: Evolution of a mesoscale southwest vortex. Mon Wea Rev, 1988, 116: 2481-2504
- [23] Wang Bin. The development mechanism for Tibetan Plateau Warm vortices. J Atmos Sci, 1987, 44:2978-2994
- [24] Chang C P, Lan Yi. A numerical simulation of vortex development during the 1992 East Asian summer monsoon onset using Navy's regional model. Mon Wea Rev, 2000, 128:1604-1631
- [25] Wang Bin, Isidoro Orlanski. Study of a heavy rain vortex formed over the eastern flank of the Tibetan Plateau. Mon Wea Rev, 1987, 115:1370-1393
- [26] Hideo Tadahashi. Observational study on the initial formation process of the mei-yu frontal disturbance in the eastern foot of the Tibetan Plateau in middle-late June 1992. J Soc Jap, 2003, 81(6):1303-1327
- [27] 孙国武. 青藏高原气象科学研究成果在天气预报工作中的应用. 见:《夏半年青藏高原对我国天气气候影响》编辑组. 夏半年青藏高原对我国天气气候影响. 北京:科学出版社, 1987. 1-11
Sun Guowu. The applications in weather forecast of Tibetan Plateau meteorological researches. In: The Influence of Tibetan Plateau to China in Summer. Beijing: Science Press, 1987. 1-11

OBSERVATIONAL ANALYSIS ON THE MOVEMENT OF VORTICES BEFORE/AFTER MOVING OUT THE TIBETAN PLATEAU

Yu Shuhua Gao Wenliang

The Institute of Plateau Meteorology, China Meteorological Administration, Chengdu 610072

Abstract

Characteristics of the activities of the plateau low vortices moving out the Tibetan Plateau during May to September in 1998—2004 are analyzed base on the TRMM data by using the synoptic/statistic methods. The following movement characteristics and observational facts of the intensity change of the plateau low vortices moving off the Tibetan Plateau have been obtained.

(1) The major time period in a year for plateau low vortices moving out the Tibetan Plateau and then influencing weather in eastern China is from June to August, and their movement characteristics after moving out the plateau differ from those before moving out, and also from those of Southwest low vortices.

(2) The major origin of the plateau vortices which move out the Tibetan Plateau is in the vicinity of Qumalai and Dege, different from the origin of plateau vortices which remain over the plateau.

(3) The plateau vortices moving out the plateau are usually move eastwards or southeastwards with troughs, while those remaining over the plateau frequently move northeastwards along the shear-line. After moving off the plateau, the plateau vortex may not only impacts weather in a large stretch of downstream areas in China, but also in the Korea peninsular and Japan.

(4) The characteristic and intensity of the vortices will change after moving out the plateau. The vortices, which remain active for 36 h after moving out, are mostly warm low vortices before and mostly become baroclinic after moving out, and then strengthen, bring about torrential rain or heavy torrential rain.

(5) After moving out the plateau, the vortex may change its behavior: When moving over the sea surface, its precipitation will mostly strengthen, and its central geopotential height decrease; the vortex may remain stationary, when there are activities of tropical cyclones in the East China Sea or its vicinity; it moves southwards when there is the tropical cyclone in the South China Sea; and it may move slowly or remain stationary when the monsoon low system is inactive in India and the Bay of Bengal.

Key words: Plateau low vortex, Moving out the Tibetan Plateau, Observational facts.