

不同路径台风或热带风暴对海南尖峰岭强降水的影响

周光益^{1,2}, 邱坚锐¹, 邱治军¹, 吴仲民¹

(1. 中国林业科学研究院热带林业研究所, 广州 510520; 2. 中南林学院, 长沙 410004)

摘要:利用尖峰岭气象站数 10a 间观测的历史资料, 对尖峰岭暴雨特点、地形和不同路径台风和热带风暴对该地的暴雨量影响进行了分析。研究结果指出: 尖峰岭地区强降水主要来自台风和热带风暴的影响; 其路径移向以尖峰岭为界, 偏南和偏北台风所产生的雨量差异较大。尖峰岭暴雨产生除与天气系统密切相关外, 地形也起到重要作用, 而且暴雨量出现还与雨的来向有着密切的关系。

关键词:海南尖峰岭; 强降雨; 地形; 台风(或热带风暴)

Influences of typhoons or tropical storms with different pathways on the intense precipitation of Hainan's Jianfengling

ZHOU Guang-Yi^{1,2}, QIU Jian-Rui¹, QIU Zhi-Jun¹, WU Zhong-Min¹ (1. Research Institute of Tropical Forestry, CAF, Guangzhou, 510520, China; 2. Central South Forestry University, Changsha, 410004, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(12): 2723~2727.

Abstract: Based on available climatic data in Jianfengling region from 1972 to 1993, the characteristics of intense precipitation and their relationship to typhoons or tropical storms and topography were studied in this paper. First, in Jianfengling region, the rain distribution was uneven through the year, and there are two distinct periods: the rain period and the dry period. The rain period occurs from May to October, and the dry period begins in November and ends in April of the next year. Furthermore, 94 percent of the intense precipitations occur from July to September. Jianfengling lies between 18°23'N to 23°52'N, 108°36'E to 109°05'E, and belongs to tropical monsoon climate. Its precipitation events are associated with typhoons (or tropical storms). Most of the intense storms are related to typhoons or tropical storms. All the precipitation events exceeding 200 mm a day were caused by typhoons or tropical storms, and 56% precipitation events producing 100 mm a day were related to typhoons or tropical storms. Second, the pathway of typhoon or tropical storm affected precipitation significantly. In general, typhoon or tropical storm that passed through south side of Jianfengling (S-typhoon) brought little rainfall, but typhoon or tropical storm that passed through north side of Jianfengling (N-typhoon) brought abundant rainfall. From 1972 to 1993, there are 19 N-typhoons and 24 S typhoons. The former brought 8183.5 mm rainfall totally, but the latter brought only 2785.4 mm rainfall. Furthermore, among 19-N typhoons, there were 4 typhoons or tropical storms that brought rainfall exceeding 600 mm, 2 typhoons or tropical storms brought rainfall between 400 mm to 500 mm, 3 typhoons or tropical storms brought rainfall between 300 mm to 400 mm, but there were no S-typhoons that brought rainfall more than 300 mm. This can be explained mainly by Jianfengling's topography. There is a series of high mountains including the famous five-finger-mountain with elevation of 1867.1 m in the northeast that form a huge barrier, its southwest face the sea is the flat agricultural area. Therefore, if typhoon or tropical storm passes through its south side (S-typhoon), the currents flow

基金项目:国家科技部社会公益研究专项资助项目(2000DIB50161); 国家科技部和国家林业局全国重点野外科学观测站资助项目(2001-08)

收稿日期:2003-08-21; **修订日期:**2004-08-23

作者简介:周光益(1964~), 男, 湖南新宁人, 博士生, 研究员, 主要从事森林生态系统生态学、森林水文学和环境科学研究。E-mail: guangyiz@sti.gd.cn

Foundation item: National Scientific Institution's Social public welfare research project of the Ministry of Science and Technology (No. 2000DIB50161), National Key Field Observation Station of the Ministry of Science and Technology and State Forestry Administration (No. 2001-08)

Received date: 2003-08-21; **Accepted date:** 2004-08-23

Biography: ZHOU Guang-Yi, Ph. D. candidate, Professor, mainly engaged in forest ecosystem ecology, forest hydrology and environment science. E-mail: guangyiz@sti.gd.cn

primarily from north and Jianfengling region becomes the leeward, and there will be little rainfall in the region. However, if typhoon or tropical storm passes through the north side, most wind flow is from the south which brings plenty of moisture from the sea, and Jianfengling region becomes the windward side of the mountains. When the currents ascend with the mountain, abundant rainfall will occur. Third, the instantaneous rainfall has close relation to wind speed and wind direction of typhoon or tropical storm. Generally, when the wind direction turned to southeast or southwest, the wind speed became weaker, but the rainfall became the heaviest.

Key words: Jianfengling of Hainan Island; intense storm; topography; typhoon or tropical storm

文章编号:1000-0933(2004)12-2723-05 中图分类号:P426.615 文献标识码:A

位于海南岛西南部的尖峰岭,毗邻南海,是南海和西太平洋台风和热带风暴西行较多登陆并穿行本岛影响较严重地点之一,也是全国暴雨中心之一。但有关该地区强降水产生原因,特别是暴雨与地形及台风和热带风暴路径关系少见有详细分析和报道。为此,本文选用了 1972~1993 年 22a 间的历史资料,就尖峰岭产生的暴雨成因作一个简单的归纳。

1 研究地点及其地形特点

尖峰岭位于海南岛西南隅,18°23'~18°52'N,108°36'~109°05'E,横跨海南省东方、乐东两市县之间。山地为海南岛诸列 NE-SW 走向山系,整个山体大致呈 NE-SW 走,东北是 18 座 1000m 以上高度的山峰,处在海拔 1867.1m 五指山这座巨大屏障西侧。山体之东南坡缓而宽,明显地形面标高是 800、500、300、200m,西坡陡而窄,低山外围为低丘-高丘区,丘顶海拔多在 100~400m,相对高 50~200m,西南为开阔阶地,相对高不及 10m,开阔的喇叭口面向北部湾海区,水平距离海岸线不到 5km。海拔 820m 的天池气象站位于尖峰岭西北面,688m 的南崖气象站处在尖峰岭的东南面,热林气象站海拔 68m,位于西南面。

2 研究方法

暴雨按我国日降雨量 $\geq 50\text{mm}$ 的暴雨标准进行统计分析。本文所指的偏 N 路径与偏 S 路径,就是从尖峰岭北面与南面经过的台风和热带风暴走向而言。随机抽出南北交界二组穿越或靠近本岛的不同路径台风进行比较。分析所用的 4 个台风,其登陆时中心最大风速为 30m/s。资料全部以热林所气象站历年自计记录资料统计,过程雨量以 2h 合计雨量值为基础,如:6:00 雨量+7:00 雨量=6:00 雨量;风速合计后取 2 个时次平均值,风向取 8 个方位最多频率之方位为准,方位取法如 NNE 为 N,ENE 为 E,NE 及 E 原方位不变。

3 研究结果

3.1 暴雨特点

属低纬地区热带季风气候的尖峰岭,处在南半球副高压脊线之间经向哈得莱环流地带,因与季风低压槽、脊、辐合带、台风等和暖湿气团强盛活动有密切关系,易出现强降雨。尖峰岭地区暴雨具有集中、量大的特点,全年降雨量分布很不均匀,夏季至秋初雨量集中,暴雨多出现在 7~9 月份。

按我国日降雨量 $\geq 50\text{mm}$ 的暴雨标准,统计尖峰岭 1957~1995 年降水资料表明,11 月份到次年 4 月份(旱季),暴雨次数少。5~10 月份是多暴雨季节,暴雨次数占全年总次数的 94%,100~200mm 的大暴雨占暴雨次数的 19.3%, $\geq 200\text{mm}$ 的特大暴雨占暴雨次数的 10%(图 1)。从产生的暴雨量来看,主要是由台风和热带风暴产生的。39a 中, $\geq 200\text{mm}$ 的暴雨(总量为 5339.1mm)全部是由台风和强热带风暴带来的,其中台风暴雨占 91%;100~200mm 的暴雨(总量为 3358.3mm)中台风和强热带风暴引起的暴雨分别占 18%和 38%;50~100mm 的暴雨(总量为 7153.0mm)中台风和强热带风暴引起的暴雨分别占 12%和 40%。尖峰岭地区在 1983 年 7 月 16~18 日发生特大暴雨(过程降雨量达 987.1mm,24h 最大雨量达 965.0mm),目前列为全省暴雨之首,占全国第 5 位^[3]。这次暴雨主要与天气系统、地理与地形作用有关,并且还与雨的来向有密切的关系。

3.2 不同路径台风雨量比较

从表 1 看出,22a 中,影响尖峰岭的偏北台风(热带风暴)有 19 个,产生 $\geq 200\text{mm}$ 的暴雨占 15 个,占影响总数的 79%,其中 $\geq 400\text{mm}$ 的占 31%。最大过程雨量达 600mm 以上的共出现 4 次。22a 中平均每次台风雨量超过 400mm。偏 N 台风大多在琼海至文昌、万宁等县沿海地区登陆后向偏西或西北移动穿过本岛从临高、东方或岭头等沿海地区出海进入北部湾海面。

偏南路径台风多在三亚、陵水、万宁等沿海地区登陆后转向偏西南或西行出海,部分在 17°~18°N 之间经过本岛南部海面,

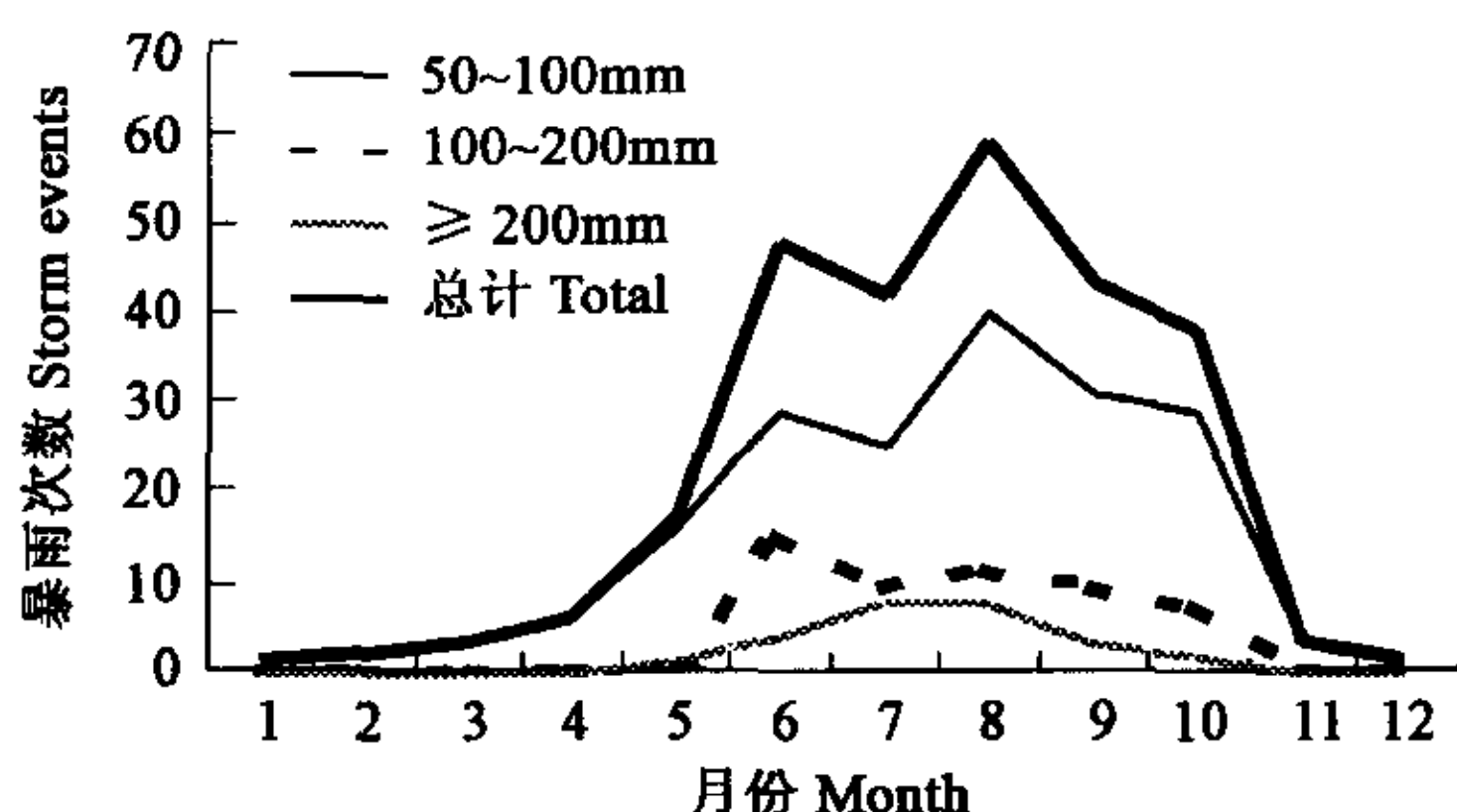


图 1 尖峰岭暴雨次数月分配(1957~1995 年)

Fig. 1 Monthly distribution of storm events in Jianfengling of Hainan Island

此类台风(热带风暴)共有 24 个。表 1 表明,偏 N 路径台风(热带风暴)的雨量是偏 S 路径台风(热带风暴)的近 4 倍。而从海南省其他各市县(包括雷州半岛的海康和徐闻)的雨量(以 19°N 为界)来看,19°N 以北市县的雨量(见表 2),偏 S 路径台风(热带风暴)都少于偏 N 路径。尖峰岭地区热林气象站偏 N 路径大于偏 S 路径雨量高达 423.5mm。由于天池站 1978 年资料缺,故没有参加统计,但从多年资料看(包括南崖站)偏 N 路径雨量均大于偏 S 路径雨量,可见地形与山体屏障效应是暴雨产生的关键。

表 1 尖峰岭热林气象站 1972~1993 年 22a 台风(或热带风暴)雨量级次数统计

Table 1 Statistics of storm occurrence and rainfall of typhoon (or tropical storm) in Jianfengling meteorological station (1972~1993)									
雨量级 Rainfall class(mm)	≥600	400~500	300~400	200~300	100~200	≤100	台风总数 Total account	雨量 Rainfall(mm)	
								合计 Sum	平均 Average
偏 N 路径台风数 N-typhoon account	4	2	3	6	2	2	19	8183.5	430.7
偏 S 路径台风数 S-typhoon account	0	0	0	3	8	13	24	2785.4	116.1

从 4 个台风雨量实况可知(表 2),尖峰岭地区的 3 个观测站的雨量都高于海南省部分市县台站的实测雨量。尽管在本岛北部地区穿行进入北部湾海面的 8007 号和 8014 号台风或 7817 号和 8105 号台风也同样经本岛南部沿海地区偏西移进北部湾南部海面,各市县台站的过程雨量差异都较大。从偏 N 台站过程雨量看,8007、8014 号台风的影响过程中,中部山区雨量比沿海地区大,而 19°N 以北台站的雨量平均值比 19°N 以南的台站实际平均雨量多 2~3 倍;7817 号与 8105 号台风的过程雨量中部山地大于周围沿海地区,尖峰岭地区南崖站居琼中县之后,排列第二,其他台站相差不大,陵水、海口名列最后两位。8105 号台风登陆后穿行乐东县境内后进入北部湾海面,尖峰岭地区雨量比 19°N 以北台站的雨量多 5~15 倍以上,而南崖站过程雨量比 19°N 以南的邻近台站多 2~8 倍。

表 2 部分市县气象站台风过程降水实况

Table 2 Precipitation of typhoons (or tropical storms) in different meteorological stations							
气象台站 Weather station		偏 N 路径的台风及雨量(mm) N-typhoon and the rainfall			偏 S 路径的台风及雨量(mm) S-typhoon and the rainfall		
		No. 8007	No. 8014	合计 Sum	No. 7817	No. 8105	合计 Sum
19°N 以北台站 Station of north of 19°N	海口 Haikou	198.4	198.0	396.4	90.9	92.4	183.3
	琼海 Qionghai	173.3	157.3	330.6	181.6	42.6	224.2
	那大 Nada	331.2	127.0	458.2	179.2	39.8	219.0
	东方 Dongfang	213.2	212.2	425.4	72.4	71.3	143.7
	琼中 Qiongzhong	251.4	70.3	321.7	366.8	149.6	516.4
	屯昌 Tunchang	291.3	194.0	485.3	171.2	87.6	258.8
	定安 Ding'an	199.8	207.2	407.0	104.9	33.2	138.1
	临高 Lingao	176.3	144.2	320.5	124.7	28.3	153.0
	白沙 Baisha	223.4	137.3	360.7	179.1	30.4	209.5
	昌江 Changjiang	342.4	221.3	563.7	130.4	23.3	153.7
	海康 Haikang	254.3	226.0	480.3	126.2	10.5	136.7
	徐闻 Xuwen	257.0	135.4	392.4	164.2	16.5	180.7
	平均 Average	242.7	169.2	411.9	157.6	52.1	209.7
19°N 以南台站 Station of south of 19°N	乐东 Ledong	239.2	53.4	292.6	202.7	176.1	378.8
	三亚 Sanya	118.6	34.2	152.8	135.7	192.1	327.8
	保亭 Baoting	161.5	62.9	224.4	280.5	126.1	406.6
	陵水 Lingshui	71.4	94.4	165.8	71.6	189.2	260.8
	平均 Average	147.7	61.2	208.9	172.6	170.9	343.5
尖峰岭地区 Jianfengling region	热林站 Relinzhan	396.8	417.6	814.4	178.4	211.5	389.9
	天池 Tianchi	686.0	386.4	1072.4	—	464.4	—
	南崖 Nanya	520.1	236.3	756.4	248.5	506.4	754.9
	平均 Average	534.3	346.8	881.1	213.5	394.1	572.4

3.3 暴雨与天气系统、风速风向

1960~1985 年的资料表明台风登陆前期的雨量大小与控制本岛的天气系统有密切关系。26a 中影响海南岛的台风和热带风暴共 67 个,其中海南建省前,本岛受 D 槽类(热带低压)与锋面影响的台风和热带风暴有 53 个,产生中度以上降水的有 49 个,4 个无降水量,受 G₁ 类(副热带高压)或 G₂ 类(变暖的高压背)控制的有 14 个,其中 6 个有小到中雨的降水过程,8 个无降水量。

偏西行的 8007 号台风(图 2)登陆前,海南岛 1500m 高空流场地多旋式偏 N 风,1d 后转 SE-NW 切变,3d 后 G₁ 西升北抬带

动台风快速西移, G_1 控制本区高空。本岛 SE 风为主, 该地区天气系统是 G_1 转为 S_{11} 控制, 7 月 19 日再次受 G_1 影响至 21 日受台风环影响, 尖峰岭地区有一中雨降水过程。地面吹偏 N 风, 22 日 14:00 以 NW 为主, 降水量逐渐加强, 12 时时段小时雨量达 67.3mm。18 时台风靠近本岛西北部沿海地区, 尖峰岭地区风向转 SW, 受暖湿气流影响, 风速稍减弱, 尖峰岭地区雨量也随之增加, 23 日 2:00 和 4:00 雨量分别达 58.2mm 和 113.5mm。6:00 台风移至 $107^{\circ}\sim 109^{\circ}\text{E}$ 之间后, 风向转 SE, 风速达 28.0m/s, 雨量明显减弱。从图 3(a) 对应过程关系可见, 当风速相对减少时, 即是雨量最大之际。8014 号台风(图 2)9 月 10 日在南海生成之后, 海南岛正受冷空气南下偏 EF 过程(冷空气偏东锋消过程), 1500m 高空吹反气旋式 NE 风。锋面过境后, 高空流场 E-W 切变, 系统为 S_{11} (南海低压槽)控制, 本岛地区吹偏 N 风, 西南地区以 NW 风为主。9 月 15 日 8 时左右在本岛文昌市沿海地区登陆, 登陆时风速达 26.7m/s, 10:00~12:00 时风速明显减弱(图 3(b))风向转 SW, 1h 降雨量达 37.4mm, 16:00 台风西行进入北部湾海面。尖峰岭地区转 WSW-SSE 为主, 风速在 18:00~20:00 后又一次回落。降雨量在风速不断减弱之际, 20:00~24:00 又一次加强, 1h 最大量达 42.7mm。8007 号台风影响尖峰岭地区, 热林站气象过程平均风速 14.7m/s, 最大风速 28.0m/s。8014 号台风平均风速为 16.3m/s, 最大为 26.7m/s。7817 号台风 9 月 19 日在西太平洋生成, 海南岛 23 日受冷空气南下偏 NE 过程。1500m 高空流场为 NE 风, 后转气旋式 SE 风。8105 号台风 7 月 1 日生成, 本岛天气系统由 St_1 控制; 1 日前高空流场为 SW 气流, 2 日以 SE-NW 切变, 后转气旋式 SE 风。这 2 个偏 S 路径台风影响海南岛时, 热林气象站过程平均风速为 16.3m/s 和 15.7m/s, 最大风速分别是 25.0m/s 和 24.7m/s。

从风向、风速的变化与雨量对应相关看, 8007 号和 8014 号这两个台风在尖峰岭地区产生的强降雨均是转 SW 风向时开始, 而且是对应风速相对减弱时雨量加大。这时段的雨量分别是过程总量的 67% 和 62%。

另外, 7817 号、8015 号台风的对应关系(图 3(c)、图 3(d))进一步证明, 风的来向与尖峰岭的强降水有密切关系。从风向、风速的变化与雨量对应相关图亦可看出, 这两个台风在尖峰岭地区产生的暴雨时段均是转 SW 或 SE 风向时开始, 而且也是对应风速减弱时雨量加大。

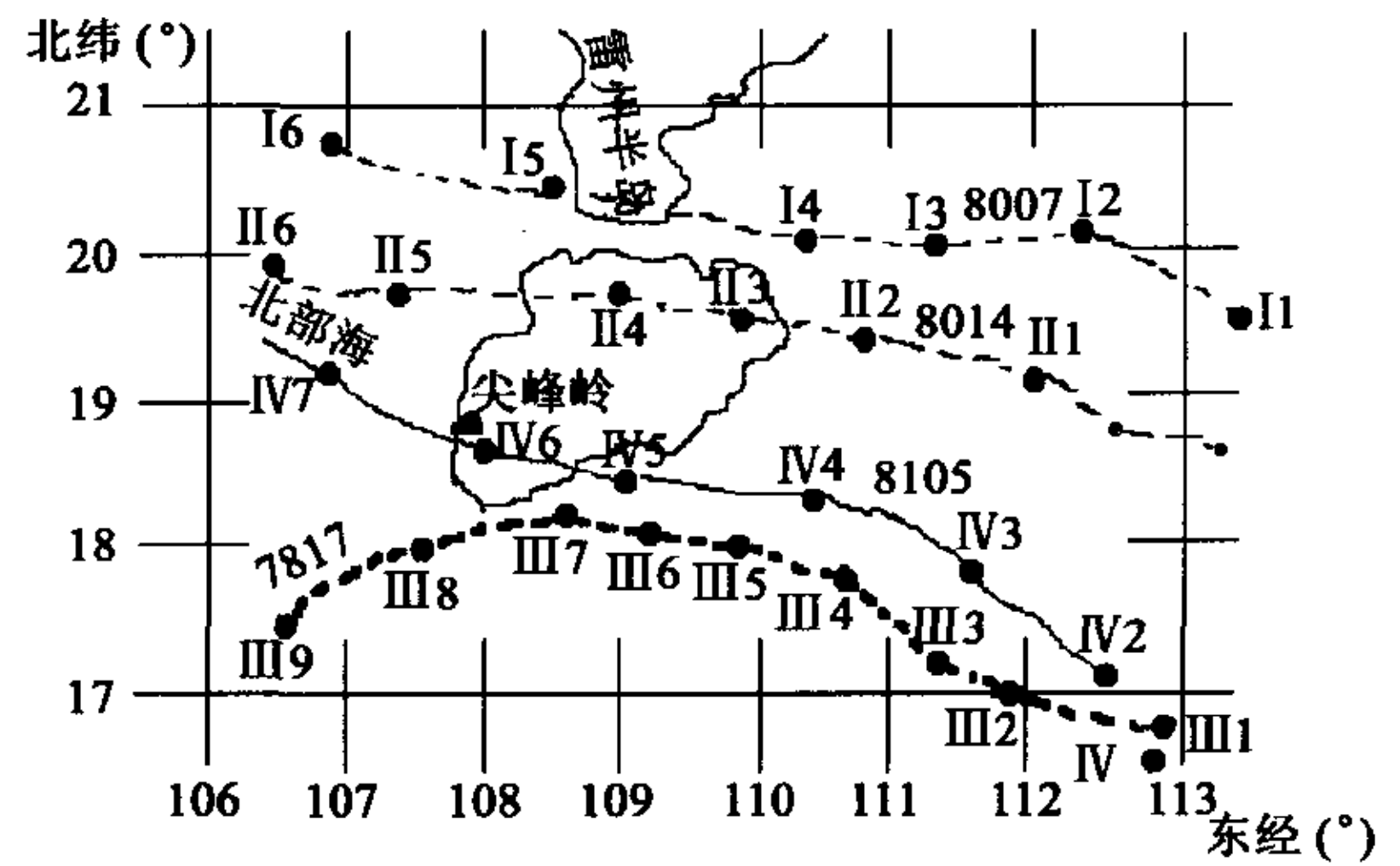


图 2 8007、8014、7817 和 8105 号台风路径示意图

Fig. 2 Pathways of No. 8007, 8014, 7817 and 8105 typhoon (or tropical storm)

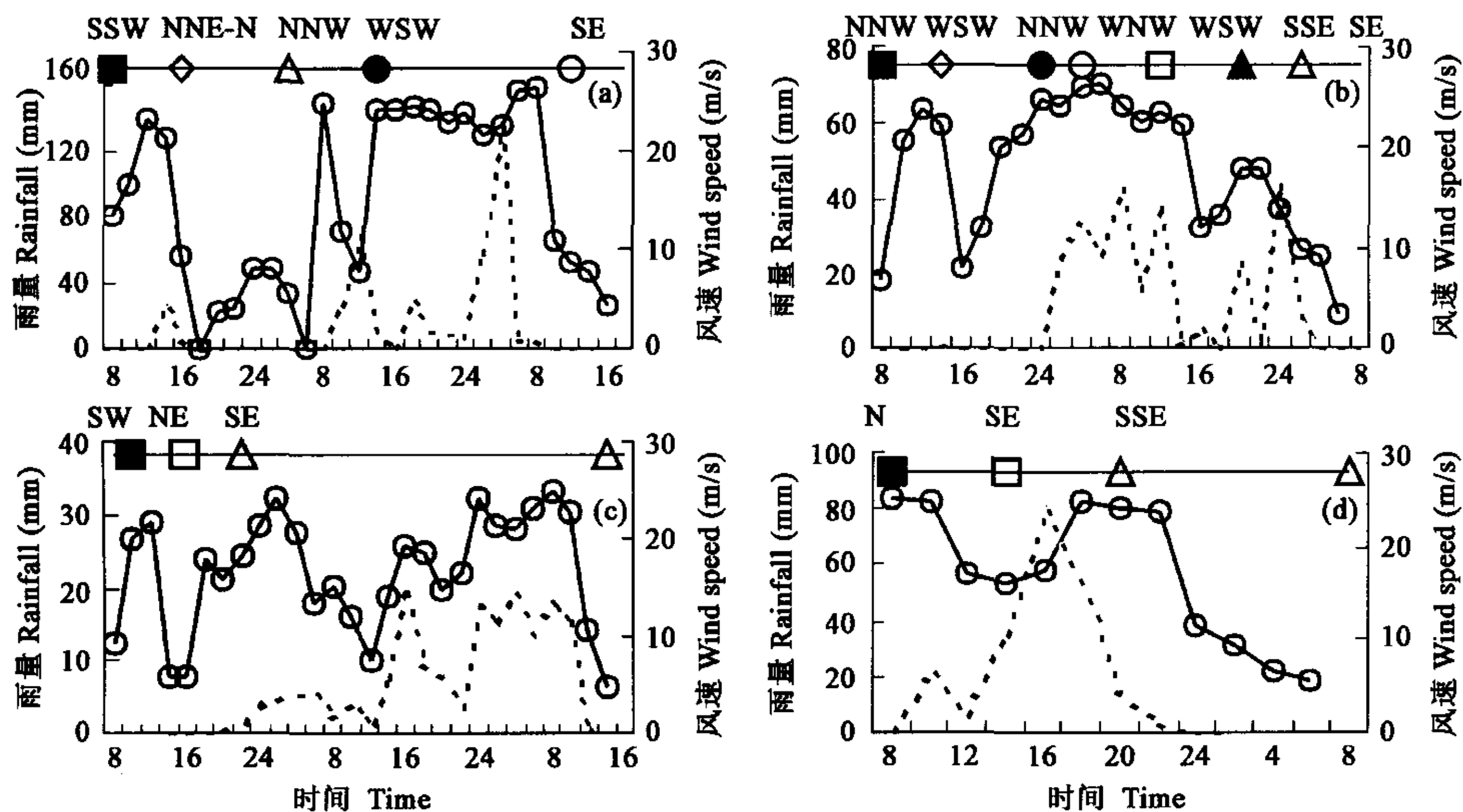


图 3 尖峰岭气象站 8007(a)、8014(b)、7817(c)和 8105(d)号台风 2h 雨量(虚线)与风速(实线)风向对应关系图

Fig. 3 Corresponding relations among 2-hour-rainfall (broken line), wind speed (real line) and wind direction of No. 8007 (a), No. 8014 (b), No. 7817 (c) and No. 8105 (d) typhoon (or tropical storm) in Jianfengling meteorological station

3.4 地形与暴雨

尖峰岭位于海南岛西南部, 在它的东北方有五指山、白石岭、白马岭, 北面有、英歌岭、黎母山、猴岭、雅加岭和坝王岭, 在它的东南面有吊罗山、三角山和七指岭, 这几座海拔都在 1000m 以上的大山成了台风和热带风暴穿行经过及影响尖峰岭地区

的巨大屏障。因此,尖峰岭降雨出现的强度除与天气因素有关外,显然受到地形的制约和影响,尖峰岭地区常为强降雨中心,明显地具有地方性特征。

8007、8014 号台风穿行海南北部沿海地区时,都远离中部山区,且均经过低丘、盆地进入北部湾北部海面;台风的右侧是平原、低丘与琼州海峡,左侧是数座海拔 1500m 以上高山(如英歌岭与雅加大岭),可见尖峰岭地区、琼中县及 19°N 以南的台站均处在背风坡。不同的是 8007 号台风登陆时在 20.2°N , 仅靠近海南陆地边缘,而 8014 号台风自文昌县地区登陆后,偏 W 穿行从本岛的临高县沿海地区进入北部湾海面。然而这 2 个台风在海南岛的降雨量,对海南北半部地区(平原低丘地区)和广东省雷州半岛 2 个测点而言,差异不大;但对中部山区的琼中与 19°N 以南的台站而言,8007 号台风带来的雨量是横穿本岛的 8014 号台风 3 倍多;尖峰岭地区的情况是两个台风带来的雨量相差不大,但和其它地区相比,差不多是其雨量的 2 倍(见表 2)。这两个台风占过程总雨量的百分率之大,除了与天气因素有关外,显然受到了地形的影响。当时尖峰岭地区处在台风的左侧,水平距离台风移动路径位置约 150km,约位于 9~10 级大风区的边缘。不同的是 8007 号台风的路径是横穿广东省徐闻县进入北部湾海面,水汽得到迅速的外流。8014 号台风在海南省北部沿海地区登陆后,在陆地偏西移动过程中,速度较 8007 号台风慢,经过边界层磨擦,大量消耗水能量和汽,强度减弱,位于背风坡的琼中及 19°N 以南县市雨量偏少, 19°N 以北台站基本差异不大,尖峰岭地区则比各台站多 3~9 倍。

7817 号、8105 号(图 2)这 2 个台风均在本岛南部沿海地区偏西外,尖峰岭地区处在它们的北面。当台风在海南岛南部沿海地区登陆后,7817 号台风路径改为 SW 方向移动进入北部湾南部海面,8105 号向 WNW 方向移入乐东县境内至英歌海一带进入北部湾海面。此时的风向由 NE 转为 SE-SSE,风向改变后的降水量是过程总雨量的 99% 和 98%。历年的观测资料表明,凡是从本岛近海面经过或沿海地区登陆的台风(热带风暴),在路径尚未移近 $108^{\circ}50'\text{E}$ 或转偏 S 之前,尖峰岭地区降水多为小雨为主,可见山体对低空气流的阻挡作用。

水平距离北部湾海面仅几公里的尖峰岭喇叭口,在台风移进海面后,海面的丰富水汽与强的偏 S 气流在迎风面的喇叭口、陡坡上的复杂地形、热带雨林界面等综合作用下,气流迅速地产生汇流与辐合效应,迎风面的山体或山地迫使气流沿山坡爬升,台风外围的热带云团和台风云团的叠加以及地形特征的屏障效应,给降水的强化作用创造了有利条件,这也是尖峰岭地区成为暴雨中心区的一个重要原因。其次,地形对降水的作用并非只是增强,由于背风坡气流的下沉作用,常使山后的降水大大减弱。第三,山地对降水时间的影响,不同的山地高岭,对降水的时间具有不同的特征,偏 S 路径的台风(热带风暴)对尖峰岭地区的降水时间的影响比较明显。

总之,地形对降水的影响是多方面的,是与大气条件的变化相耦合的,并非固定不变。

4 结语

尖峰岭地区暴雨具有量大而集中的特点,从暴雨次数看,94% 的暴雨出现在 5~10 月份。受天气系统的影响,该地的强降水主要来自台风和热带风暴。39a 中, $\geq 200\text{mm}$ 的特大暴雨全部由台风和强热带风暴引起的; $100\sim 200\text{mm}$ 和 $50\sim 100\text{mm}$ 的暴雨雨量中,台风和强热带风暴带来的暴雨量分别占 56% 和 52%。以尖峰岭为界,不同台风路径(偏南和偏北台风)所产生的雨量级差异较大,偏 N 路径的台风(8007 和 8014)产生的雨量均大于偏 S 路径台风(7817 号和 8105 号)产生的雨量,可见地形与山体屏障效应是暴雨产生的关键。由于山体地形的作用,对 19°N 以北台站,偏 S 路径台风的雨量都少于偏 N 路径的雨量;而对 19°N 以南台站,偏 S 路径台风的雨量都大于偏 N 路径的雨量。同时,对偏 N 台风, 19°N 以北台站的雨量平均值比 19°N 以南的台站实际平均雨量多 2~3 倍;而对偏 S 台风, 19°N 以南台站的雨量高于 19°N 以北台站的雨量。另外暴雨量出现还与雨的来向有着密切的关系,从台风的过程雨量与风的对应关系可见,当风速相对减少时,即是雨量最大之际。

References:

- [1] Luo H M. *Climatology*. Beijing: Weather Publishing House, 1980. 125~138.
- [2] Lin Z G. *Climatology of Topographic Precipitation*. Beijing: Science Press, 1995. 249~308.
- [3] Qiu J R, Lin M X, Zeng Q B, et al. Analysis of heavy storm in 24 hours at Jianfengling, Ledong County, Guangdong. *Tropical Forestry (Science and Technology)*, 1986, 3: 30~34.
- [4] Lin M X, Qiu J R, Zeng Q B. Statistical analysis of storm in Jianfengling. *Chinese Journal of Ecology*, 1998, 17(Supp.): 77~80.
- [5] Qiu J R, Lin M X, Zhou G Y, et al. Influences of mountain on rainfall distribution at Jianfengling, Hainan Island. *Chinese Journal of Ecology*, 1998, 17(Supp.): 68~72.

参考文献:

- [1] 罗汉民. 气候学. 北京:气象出版社, 1980. 125~138.
- [2] 林之光. 地形降水气候学. 北京:科学出版社, 1995. 249~308.
- [3] 邱坚锐, 林明献, 曾庆波等. 广东省乐东县尖峰岭 24 小时特大暴雨分析. 热带林业科技, 1986, 3: 30~34.
- [4] 林明献, 邱坚锐, 曾庆波. 尖峰岭暴雨统计分析. 生态学杂志, 1998, 17(增): 77~80.
- [5] 邱坚锐, 林明献, 周光益等. 海南岛尖峰岭山体对雨量分布的影响研究. 生态学杂志, 1998, 17(增): 68~72.