doi:10.11676/qxxb2013.054 气象学报

横断山脉中西部降水的季节演变特征*

肖 潺[1,2,3] 宇如聪[1,4] 原韦华[1] 李 建[4]
XIAO Chan[1,2,3] YU Rucong[1,4] YUAN Weihua[1] LI Jian[4]

1. 中国科学院大气物理研究所大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室,北京,100029
2. 中国气象局,北京,100081
3. 中国科学院大学,北京,100049
4. 中国气象科学研究院,北京,100081
1. *National Key Laboratory of Numerical Modeling for Atmospheric Sciences and Geophysical Fluid Dynamics, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100029, *China*
2. *China Meteorological Administration, Beijing* 100081, *China*
3. *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100049, *China*
4. *Chinese Academy of Meteorological Sciences, China Meteorological Administration, Beijing* 100081, *China*

2012-12-02 收稿,2013-03-21 改回.

肖潺,宇如聪,原韦华,李建. 2013. 横断山脉中西部降水的季节演变特征. 气象学报, 71(4): 643-651

Xiao Chan, Yu Rucong, Yuan Weihua, Li Jian. 2013. Characteristics of the seasonal evolution of precipitation over the central western part of the Hengduan Mountain. *Acta Meteorologica Sinica*, 71(4): 643-651

Abstract Using the station rain gauge data, the seasonal evolution of precipitation over the central western part of the Hengduan Mountain has been analyzed. Characteristics of the seasonal evolution over this region are unique. Firstly, the rainy season starts early: rainfalls over this region greatly increase from Pentad 10 and get the first maximum at Pentad 19. Secondly, the rainy season lasts long, which covers the period from Pentad 10 to Pentad 60, for about eight months. Thirdly, the rainy season has three peaks, which occurs at Pentad 19, 35 and 55. By investigating the reanalysis data, the seasonal rainfall evolution is found to be closely linked to the wind fields. The first peak of the rainy season can be attributed to the enhanced westerly and southerly, especially the westerly. The second and third peaks of the rainy season are linked to the southwesterly, especially its south wind components. When the rainfall gets the first peak, the geopotential height at 500 hPa is characterized by the little zonal difference. The variation of rainfall system is greatly influenced by the westerly. The second (third) peak is associated with the western extension (eastern retreat) of subtropical high, when the geopotential height at 500 hPa shows negative zonal gradient. In these two periods, the middle troposphere over this region is controlled by the southwesterly and the rainfall systems are greatly influenced by the southerly.

Key words Hengduan Mountain, Precipitation, Seasonal evolution

摘 要 利用台站观测逐日降水资料,对横断山脉中西部地区的降水季节演变特征进行了分析,发现该地区降水具有独特的季节变化特征:雨季开始早,从第10候前后降水开始迅速增加,至第19候前后就达到第1个峰值;雨季时间长,从第10候前后雨季开始,至第60候雨季结束,雨季持续长达8个月;多峰值特征明显,雨季先后经历3个降水峰值,分别在第19、35、55候前后。通过再分析资料对这一地区风场的季节变化进行分析发现,这些降水的季节演变特征与这一地区独特地形下风场季节演变密不可分。雨季开始早与第10候起低层西风、南风迅速加强,特别是西风加强有关;第2、3个降水峰值则与西南风,特别是经向南风增强有关。对3个降水峰值时刻的环流背景进行了分析,第1个降水峰值发生时,位势高度东西方向水平差异

* 资助课题:国家重点基础研究发展计划项目(2010CB951900)、国家自然科学基金创新研究群体科学基金项目(41221064)。
作者简介:肖潺,主要从事气候分析与诊断工作。E-mail: xiaochan@cma.gov.cn

小,降水主要受西风系统影响,与西风系统的季节变化密切相关;而第2、3个降水峰值分别发生在西太平洋副热带高压西伸、东退进程中,位势高度场东高西低,降水主要受西南风控制,并伴有南风辐合,与南风的季节变化相关。

关键词 横断山脉,降水,季节演变

中图法分类号 P463.21+3

1 引 言

横断山脉地处中国西南地区,位于青藏高原东南缘,呈南北走向,广义上的横断山脉为四川省西部、云南省西北部和西藏自治区东部南北向山脉的总称,位于(22°—32°N,97°—103°E)。横断山脉西侧是海拔较低的平原,地面常年受西风、西南风气流控制,气流经过平原地区后,在横断山脉西部爬坡,往往形成丰沛的降水,是中国年降水量大的地区之一。这一地区的降水季节演变特征有其独特性,表现在横断山脉中西部在春季有一个季节性降水中心出现并维持,形成全年降水的第1个峰值,当地称为"桃花汛"(张克映等,1992;鲁亚斌等,2008;许美玲等,2011)。有的台站观测到这一时期降水量(春季降水量)甚至超过了夏季降水量,比如贡山站,使得春季成为其降水量最大的季节。同时,由于这一地区地形复杂,横断山脉中西部地区降水特征与中东部地区差异显著。横断山脉中西部的"桃花汛"期,横断山脉中东部却存在着一个季节性的干旱中心,主体位于云南中北部(Li, et al, 2011)。另外,该区域的降水日变化特征也存在东西方向显著的差异(王夫常等,2010)。可以说,在横断山脉地区,中东部与中西部降水特征差异明显,是典型的山地地区十里不同天。事实上,造成这一地区复杂独特降水季节演变特征,与在该地区特殊的地形下,风场随地形辐合强度的季节性变化密不可分。该地区常年盛行西南风,盛行风向与地形的走向夹角大,地形对于降水的作用显著(廖菲等,2007)。Johansson 等(2003)研究了风和斯堪的纳维亚山脉地形对瑞典降水的影响,毕宝贵等(2006)研究了秦岭大巴山地形对陕南强降水的影响,均表明大地形和风场的相互作用能够对降水带来重要影响。针对中国西南复杂地形,有关研究较多集中在青藏高原东侧的四川盆地地区。彭贵康等(1994)、宇如聪等(1994)、曾庆存等(1994)在系统研究"雅安天漏"现象时发现,当低层为偏东气流时,地形对降水的正贡献最大。何光碧(2006)、李川等(2006)还以强对流过程为例分析了高原东侧地形对四川盆地中尺度系统的影响。而横断山脉地区山高谷深,地形复杂,降水引发的山洪、滑坡和泥石流等自然、地质灾害频繁发生,但相应的研究较少,因此,深入研究该地区的降水季节演变特征显得尤为重要。本研究利用气象台站观测的降水资料对横断山脉中西部地区降水季节演变特征进行了全面分析,然后利用美国国家环境预测中心/美国国家大气研究中心(NCEP/NCAR)再分析资料对风场的季节演变在地形作用下与降水季节演变的关系进行了阐述。

2 资 料

本研究所用的降水资料来自中国气象局国家气象信息中心整编的1951—2005年全中国2467站逐日降水资料,由于横断山脉中西部地区站点稀疏且部分站建站时间较短,考虑到尽可能使用更多站点并兼顾资料记录的完整性,本研究选取了1980—2005年这一地区的台站资料进行分析,台站分布如图1中白色圆点所示。在横断山脉的中西部地区,有西藏的波密、察隅,云南的贡山、福贡这4个代表台站,文中涉及横断山脉中西部地区,均以上述4个站为基础。另外,在分析地形对降水的影响时,还使用到了青藏高原东南部的其他一些台站,根据在图中的标注,从左至右分别是西藏的错那、隆子、加查、米林、林芝、八宿、左贡、芒康站和云南的德钦站。此外,还用了美国国家环境预测中心/美国国家大气研究中心再分析数据集环流场资料(Kalnay, et al, 1996)。

3 横断山脉中西部降水季节演变特征

图2给出了横断山脉中西部波密、察隅、贡山、福贡4个站1980—2005年逐候平均降水演变情况,其中,黑色实线为4个站平均结果,黑色点线为5候滑动平均结果。从平均结果可以看出,在横断山脉中西部地区,降水具有雨季开始时间早、雨季持续时间长、多峰值特征突出的共同特点。

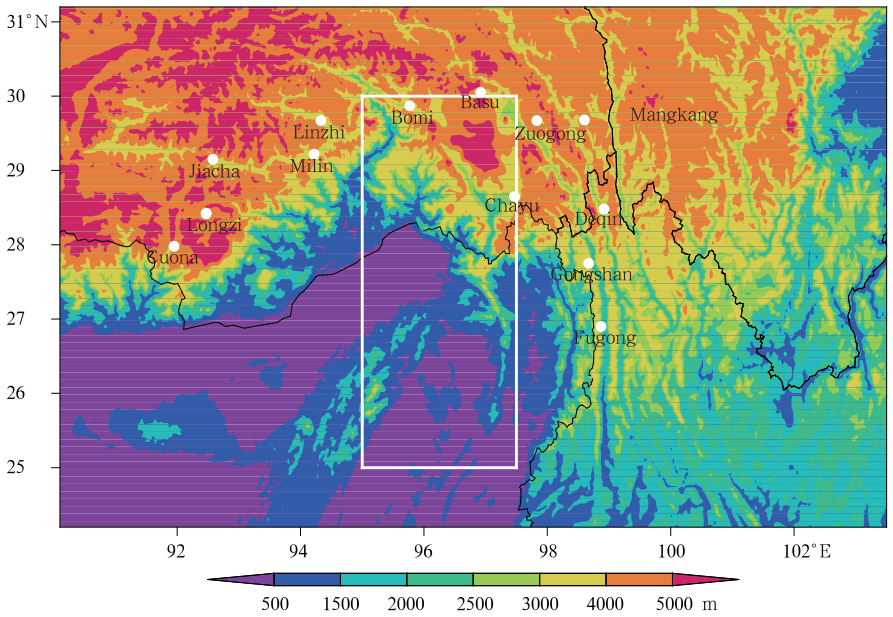

图 1　中国西南横断山脉周边地形及气象台站分布

Fig. 1　Topography and locations of the stations over the Hengduan Mountain

(A subregion (25°－30°N, 95°－97.5°E) is outlined which is used for the regional averaging)

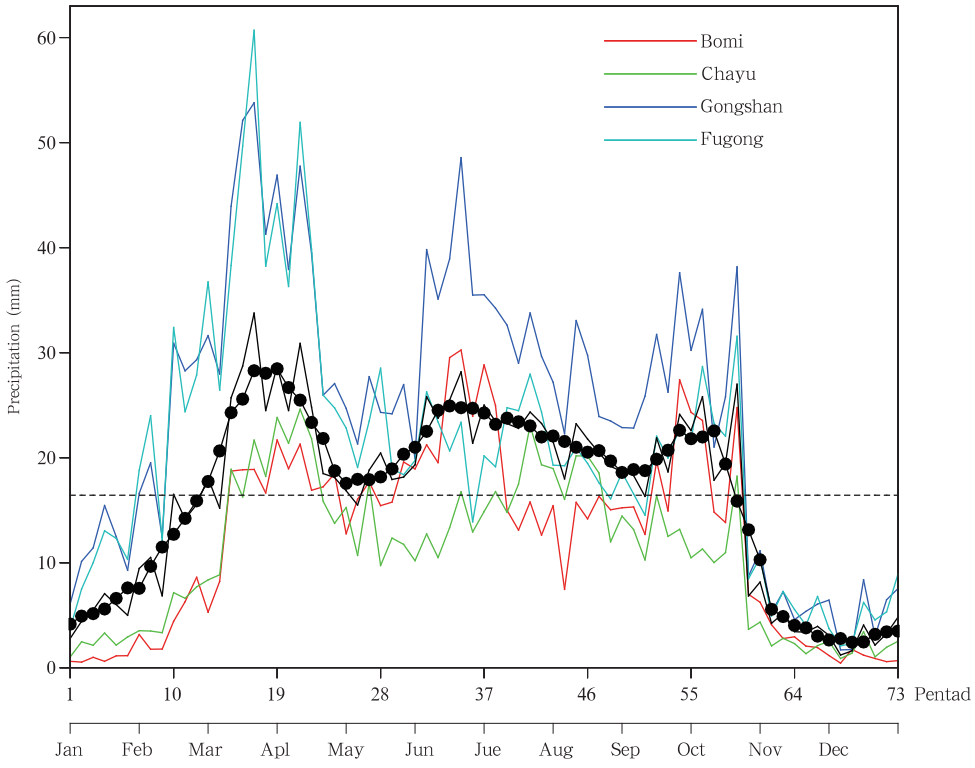

图 2　波密、察隅、贡山、福贡站 1980—2005 年平均降水逐候演变和 4 个站平均降水逐候演变(黑色实线)及其 5 候滑动平均(黑色点线,图中虚线位置是多年平均降水量)

Fig. 2　Pentad-mean rainfall evolution at Bomi, Chayu, Gongshan and Fugong during 1980－2005 (The pentad-mean (thin black line) and five-pentad-running-mean (thick black dotted line) rainfall evolution for the four stations during 1980－2005 are shown. The dashed line represents the multi-year mean rainfall amount)

通常,以降水大于多年平均降水量的时段定义为雨季。这一地区雨季开始时间早:从第 10 候前后,降水开始迅速增加,至第 13 候,滑动平均降水就稳定超过年平均降水量;至第 19 候前后就达到全年第 1 个峰值降水时期,即 2 月底至 3 月就迎来了第 1 个汛期,而中国大部分地区的汛期是在 5 月南海季风爆发后才陆续开始,雨季比中国大部分地区要早 2—3 个月。雨季持续时间长:降水量从第 10 候前后开始,至第 60 候前后降水迅速减少,降水量低于年平均降水量,雨季约持续 8 个月,比中国大部分地区雨季持续时间长得多。具有多峰值特征:雨季降水先后经历了 3 个降水集中的阶段,从时间上来看,第 1 和第 3 阶段降水峰值比较显著,降水峰值分别在第 19 和 55 候前后,第 2 阶段降水峰主体位于 31—41 候,即 6—8 月,与中国夏季大部分地区主汛期时间基本一致;从峰值降水量来看,第 1 阶段降水峰值最大,第 2 阶段次之,第 3 阶段最小。与 3 个降水峰值对应的是 3 个降水低谷时期,如图 2 所示,第 1 个低谷时期为第 26—28 候,第 2 个低谷时期发生在第 44 候前后,第 3 个低谷时期在第 60 候前后。

4 横断山脉中西部上游低层风场季节演变特征与降水季节演变的关系

低层风的演变对于降水有重要的影响,赵平等(2008)分析了中国东部低层风的季节变化与降水气候特征的关系,指出 850 hPa 风场(尤其是南风)演变与中国东部副热带地区降水开始和北移有密切的对应关系。在本文中,考虑到横断山脉中西部地区平均海拔在 2000 m 以上,因此,以 700 hPa 作为低层进行分析,在选取上游地区时,考虑美国国家环境预测中心格点资料,将横断山脉中西部地区上游区域选定为(25°—30°N,95°—97.5°E)区域(图 1 中白色矩形区域)进行分析。图 3 给出了由美国国家环境预测中心再分析资料得到的横断山脉中西部地区上游低层(700 hPa)1980—2005 年平均风场季节演变,红(蓝)线为(25°—30°N,95°—97.5°E)区域平均

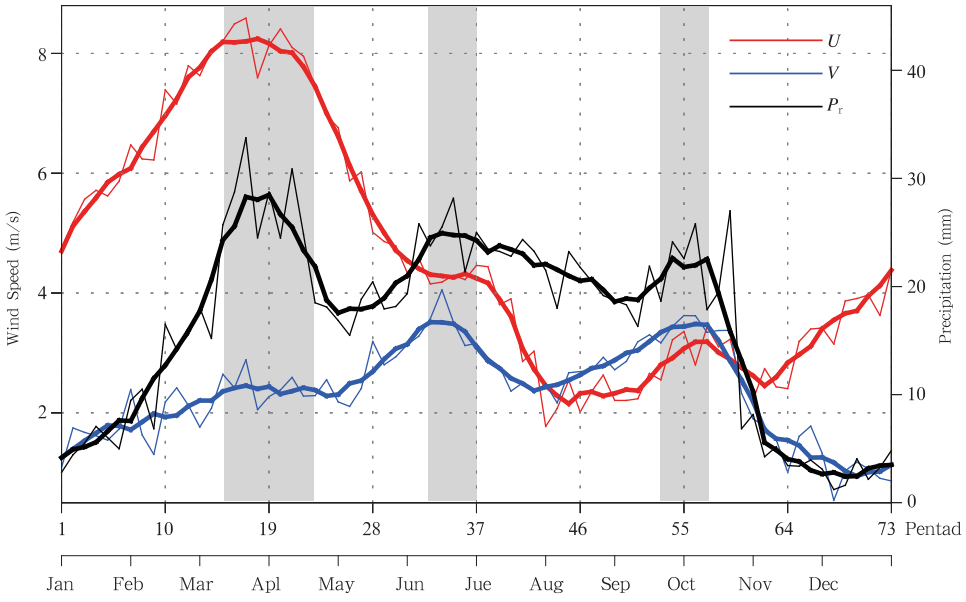

图 3 横断山脉中西部地区上游低层(700 hPa)1980—2005 年平均风场逐候演变
(红(蓝)线为(25°—30°N,95°—97.5°E)区域平均纬(经)向风;
细黑线为 1980—2005 年波密、察隅、贡山、福贡 4 个站平均降水逐候演变,
粗黑线为其 5 候滑动平均结果;灰色部分分别表示 3 个降水峰值阶段)

Fig. 3 Pentad-mean (thin lines) and five-pentad-running-mean (thick lines) zonal (red) and meridional (blue) winds averaged over (95° – 97.5°E, 25° – 30°N) at 700 hPa during 1980 – 2005
(The pentad-mean (thin lines) and five-pentad-running-mean (thick lines) precipitation (black) for Bomi, Chayu, Gongshan and Fugong during 1980 – 2005 are presented. Three rainfall peaks are marked by gray bars)

纬(经)向风。可以看出,在横断山脉中西部地区上游的低层(700 hPa)常年盛行西南风(祁莉等,2001),且该地区水汽充沛,图 4 是横断山脉中西部上游(25°—30°N,95°—97.5°E)区域平均低层(700 hPa)相对湿度的季节演变,该区域相对湿度大,虽然夏秋季节湿度比冬春季节湿度略大,但是无明显的干季,相对湿度常年在 60%以上,雨季在 65%以上,水汽充沛。低层湿润的西南风遇到横断山脉后,气流在地形作用下爬坡抬升,因此,易在横断山脉的中西部地区形成降水,这也是该地区雨季时间长的原因。由于水汽的季节变化幅度小于风的季节演变幅度,因此,在该区域水汽输送的季节演变中,风的季节演变扮演了十分重要的角色。随着西南风的季节演变,不同的时期由于风速、风向的不同,使得气流在地形作用下的爬坡辐合抬升强度也有差异,降水也有差异。

为了便于降水和风场季节演变特征的对比,图 3 还给出了 1980—2005 年波密、察隅、贡山、福贡 4 个站平均降水逐候演变,灰色部分分别表示 3 个降水峰值阶段。可以看出,在第 1 降水峰值阶段,对应于西风的一个峰值时期;在第 2 降水峰值阶段,对应于南风的一个峰值时期;在第 3 降水峰值阶段,对应于南风的另一个峰值时期。同样,降水的低谷时期,与风速的对应也很好,第 1 个降水低谷时期为第 26—28 候,此时西风风速锐减,而南风还没有开始大幅度增大;第 2 个降水低谷时期发生在第 44 候前后,此时西风风速和南风风速都在低谷时期;第 3 个降水低谷时期在第 60 候前后,此时西风在最低谷位置,而且南风处在不断减弱的时期。降水与风场季节演变的良好对应关系初步表明,横断山脉中西部地区降水季节演变的 3 个峰值特征,第 1 个峰值形成主要与西风峰值相关,第 2 个峰值和第 3 个峰值形成可能与南风、西南风峰值均有一定联系。

从图 3 中的纬向风和经向风演变可以看出,1 月开始,纬向西风显著增大,同时经向南风也略有所增大,只是幅度远没有纬向西风增幅大,在第 15—21 候,纬向西风达到全年中最大,此时全风速也是全年最大的时候,气流的爬坡抬升作用也是最强的时候,图 2 中给出的波密、察隅、贡山、福贡这 4 个站(地理位置示意图见图 1),正好都处在西南风的迎风坡上,此时降水迅速增加,形成了全年降水的第 1 个峰值。

图 4　横断山脉中西部地区上游低层(25°—30°N,95°—97.5°E)区域 1980—2005 年平均 700 hPa 相对湿度逐候演变

Fig. 4　Pentad-mean relative humidity averaged over (25° – 30°N, 95° – 97.5°E) at 700 hPa during 1980 – 2005

为了更好地说明地形对风场的抬升作用并进而影响降水,图 5 给出了林芝、米林、德钦、错那站的降水季节演变,这几个站在第 10 候之后,降水也有比较明显的增大,特别是德钦和错那两个站,降水在第 19 候前后的峰值还比较明显。德钦站是处在横断山脉的中西部地区的中部,但也还是处于整个山脉主体的迎风坡上,由此可见,此时迅速增大的西风辐合上升带来的显著降水能够影响到德钦站,形成一个降水的峰值。错那站是一个高原站,海拔达 4282 m,但由于其处在喜马拉雅山脉的南麓,且其西南面没有更高的山脉阻挡,因此,这一阶段的西南风增强对其降水增加影响也比较明显。林芝和米林站的降水在这一阶段虽然没有明显的峰值,但是在第 10 候之后降水量还是表现出显著增大,这是由于此时低层西南风增大,西南风能够顺着雅鲁藏布江河谷深入到更远的地区,给河谷两岸带来水汽的辐合上升,导致降水增大。林芝和米林站是在河谷的西侧,而波密站是在河谷的东侧,因此,波密站处于更有利于水汽辐合抬升的位置,这也是在第 1 个峰值即第 9 候前后波密站的降水峰值(图 2)要比林芝和米林站的峰值显著、降水量大的原因所在。而图 6 给出的左贡、芒康、八宿、加查、隆子这 5 个站的降水季节演变,在第 19 候前后降水并没有较显著的增大,这 5 个站都地处高原腹地,表明低层西南风的辐合抬升带来降水增加的效果还无法深入影响到这些站所在的地区。对比最为明显的是同为高原站的错那站和隆子

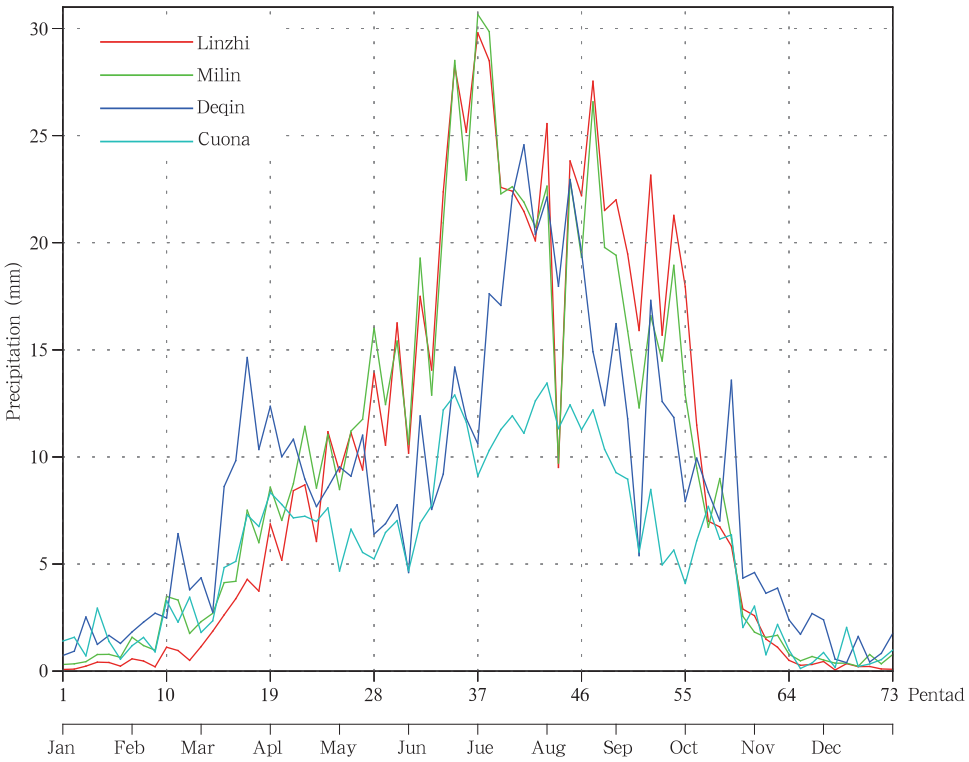

图 5 林芝、米林、德钦、错那站 1980—2005 年平均降水逐候演变

Fig. 5 Pentad-mean rainfall evolution at Linzhi, Milin, Deqin and Cuona during 1980－2005

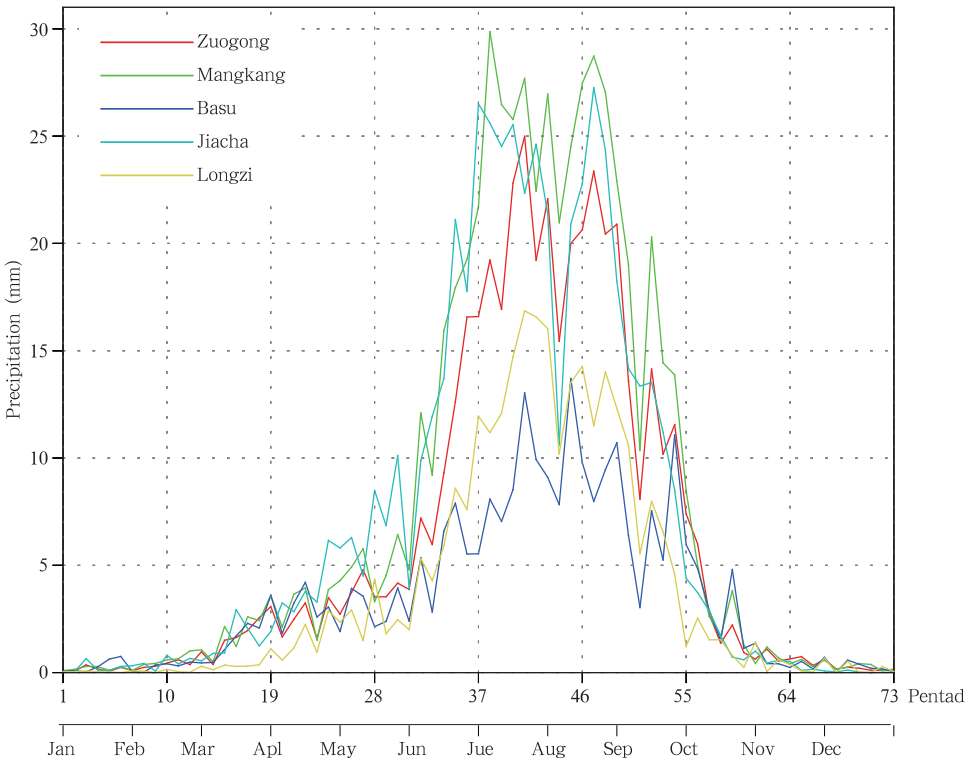

图 6 左贡、芒康、八宿、加查、隆子站 1980—2005 年平均降水逐候演变

Fig. 6 Pentad-mean rainfall evolution at Zuogong, Mangkang, Basu, Jiazha and Longzi during 1980－2005

站,错那站位于山脉南麓,是迎风坡位置,而隆子站位于山脉主峰背面,是背风坡位置,两个站直线距离仅 70 km,但是,随着第 10 候低层西风开始迅速增大后,降水特征却差异十分明显,错那站(图 5)第 1 个降水峰值十分明显,而隆子站(图 6)却没有任何显著增大,降水十分稀少。

为了更好地说明低层水平风场季节演变与降水季节演变的关系,考虑到横断山脉中西部地区探空站稀少,将美国国家环境预测中心再分析资料中风场资料通过双线性插值到各站点上,作为各站高空风参考,用插值得到的 700 hPa 风场与降水求相关。表 1 是横断山脉中西部地区波密、察隅、贡山、福贡 4 个站在第 1 个降水峰值阶段(第 15—23 候)降水与同时期插值到台站上空 700 hPa 风场的相关系数。

可以看出,在第 1 个降水峰值阶段(第 15—23 候),纬向风和经向风均与降水有较强的相关,特别是纬向风,各站相关系数均通过了 99%显著性检验。考虑到这一阶段盛行西南风,因此,也用西南全风速和降水求相关,得到了更强的相关,均通过了 99%显著性检验。由此充分说明了第 1 个降水峰值与对流层低层风场极为紧密的关系。西风、南风越强,这一阶段的降水量就越大。

表 1　1980—2005 年波密、察隅、贡山、福贡站第 15—23 候(第 1 个峰值阶段)降水与同期美国国家环境预测中心资料插值到站点上 700 hPa 风场的相关系数

Table 1　The correlation coefficients between the rainfall and zonal wind (U), meridional wind (V), and wind speed (v) on 700 hPa at Bomi, Chayu, Gongshan and Fugong averaged over Pentad 15－23 during 1980－2005. The stars (double stars) represents for the correlation coefficients are significant at the 5% (1%) confidence level

风速	波密	察隅	贡山	福贡
U	0.46**	0.55**	0.55**	0.55**
V	0.21	0.28	0.42*	0.33
v	0.45**	0.55**	0.60**	0.60**

注:U、V、v 分别表示纬向西风、经向南风、西南全风速;** 表示通过 99%显著性检验,* 表示通过 95%显著性检验。

表 2、3 分别给出了横断山脉中西部地区波密、察隅、贡山、福贡 4 个站在第 2 个降水峰值阶段(第 33—37 候)和第 3 个降水峰值阶段(第 53—57 候)降水与同时期插值到台站上空 500 hPa 风场的相关系数。可以看出,在第 2、第 3 个峰值阶段,南风与降水相关性较好,西风、西南风与降水的相关也存在,只是相关稍弱。在第 2、第 3 个峰值阶段,贡山、福贡这两个偏南一些的站点相关要明显强于波密和察隅这两个偏北一些的站点,这也说明,南风在遇到地形后,对气流爬坡辐合抬升作用越往北越弱。

表 2　1980—2005 年波密、察隅、贡山、福贡站 33—37 候(第 2 个峰值阶段)降水与同期美国国家环境预测中心资料插值到站点上 500 hPa 风场的相关系数

Table 2　As in Table 1 but over Pentad 33－37

风速	波密	察隅	贡山	福贡
U	0.29	0.07	0.37	0.30
V	0.34	0.23	0.46**	0.47**
v	0.32	0.13	0.41*	0.37

注:U、V、v 分别表示纬向西风、经向南风、西南全风速;** 表示通过 99%显著性检验,* 表示通过 95%显著性检验。

表 3　1980—2005 年波密、察隅、贡山、福贡站第 53—57 候(第 3 个峰值阶段)降水与同期美国国家环境预测中心资料插值到站点上 500 hPa 风场的相关系数

Table 3　As in Table 1 but over Pentad 53－57

风速	波密	察隅	贡山	福贡
U	0.01	－0.06	0.43*	0.50**
V	0.27	0.38*	0.51**	0.42*
v	0.08	0.01	0.47**	0.53**

注:U、V、v 分别表示纬向西风、经向南风、西南全风速;** 表示通过 99%显著性检验,* 表示通过 95%显著性检验。

5　横断山脉中西部地区季节降水峰值的环流背景

如前分析,横断山脉中西部地区雨季长、降水量大与这一地区盛行的西风、西南风在遇到青藏高原、横断山脉等大地形后,气流在地形作用下辐合抬升有关;而其具有独特的多峰值降水季节变化特征,也与这一地区风场的季节变化特征(图 3)有关。

从横断山脉中西部地区多年平均 500 hPa 位势高度沿 28°N 经向演变(图 7)可以看出,在季节演变的进程中,东西方向位势高度差异的演变大致可分为平直型和高低高型两种型态。平直型维持在第 64 候之后至第 2 年的第 24 候前后,东西向环流差异小,位势高度等值线走向为纬向型,比较平直,降水的第 1 个峰值就发生在平直型的背景下。高低高型维持在第 24—64 候,东西向位势高度差异大,西边是主体位于伊朗附近的伊朗高压,东边是主体位于西太平洋的副热带高压,呈现高低高型态,降水的

第 2 个和第 3 个峰值都是发展在高低高的环流背景下。

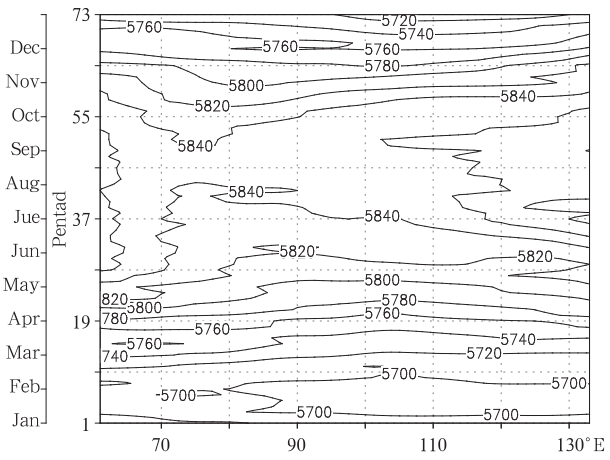

图 7 1980—2005 年平均 500 hPa 位势高度(gpm)沿着 28°N 经向演变

Fig. 7 Time-longitudinal diagram of geopotential height (unit: gpm) on 500 hPa at 28°N averaged over 1980 - 2005

从第 1 个降水峰值阶段(第 15—23 候)多年平均的 500 hPa 环流场(图 8)上可以更清楚看出,位势高度等值线和风向的纬向型结构,说明这一阶段主要是受西风急流影响(刘义军等,1999),因此,也可以表明降水的第 1 个峰值主要受西风强弱的影响,与西风有很好的相关;同时,在西风主导的背景下,南支槽的活动,引起南风分量的变化,反映出南

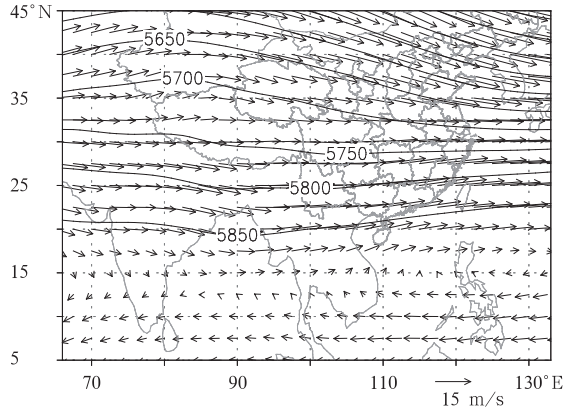

图 8 1980—2005 年第 1 个降水峰值阶段(第 15—23 候)多年平均的 500 hPa 高度(等值线,gpm)和环流场

Fig. 8 Spatial distributions of geopotential height (unit: gpm) and wind fields (vector) at 500 hPa averaged over Pentad 15 - 23 in 1980 - 2005

风对这一阶段降水亦有贡献,故第 1 峰值阶段降水与南风也有较好相关。

第 24—64 候,随着季节演变进程推进,横断山脉中西部地区东西方向位势高度差异逐渐增大,西边是主体位于伊朗附近的伊朗高压不断发展维持,东边是主体位于西太平洋的副热带高压不断发展西伸,在第 2 个降水峰值阶段(第 33—37 候),横断山脉中西部地区(波密、察隅、贡山、福贡,位于 96°—99°E)500 hPa(图 9)正好位于孟加拉湾低槽和西太平洋副热带高压之间(韦晋等, 2008),位势高度等值线处在 5840 gpm 附近,走向呈由南往北再向东,从风场看,平均风场受到西南风控制,并有南风在此辐合,槽前大量暖湿气流沿南风爬坡,在横断山脉中西部地区地形作用下辐合,形成降水峰值,这样的环流背景表明了南风、西南风在横断山脉中西部地区对降水的重要影响;发展至盛夏时(第 44 候前后),横断山脉中西部地区 500 hPa 平均纬向风达到最低,西风风速在 0 附近(图略),表示此时西太平洋副热带高压西伸达到最强,此时,横断山脉中西部地区乃至青藏高原部分地区完全受副热带高压控制和影响(巩远发等, 2006; 论珠群培等,2008),表现在降水上就是横断山脉中西部地区大多数台站在第 44 候出现明显降水低谷(图 2、5、6);盛夏过后,伊朗高压逐渐减弱,东边的西太平洋副热带高压逐渐减弱东退,在第 3 个降水峰值阶段(第 53—57 候),横断山脉中西部地区 500 hPa 的形势(图 10)处于西太平洋副热带高压的西北侧,位势高度等值线处在 5860 gpm 附近,走向也呈由南往北再向东,在横断山脉中西部地区平均风场受到西南风控制,并有南风

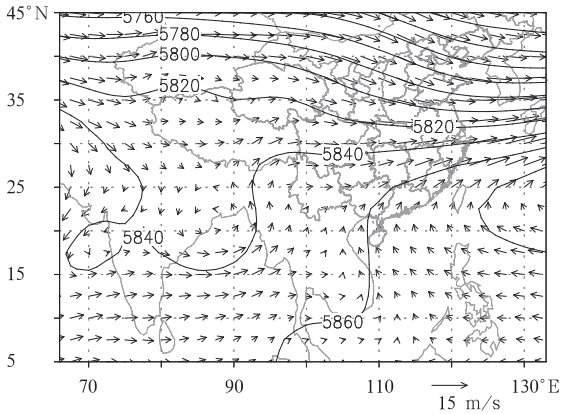

图 9 1980—2005 年第 2 个降水峰值阶段(第 33—37 候)多年平均的 500 hPa 高度(等值线,gpm)和环流场

Fig. 9 As in Fig. 8 but over Pentad 33 - 37

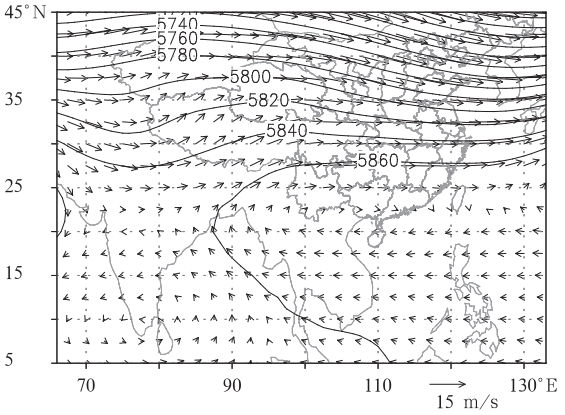

图 10　1980—2005 年第 3 个降水峰值阶段(53—57 候)多年平均的 500 hPa 高度(等值线,gpm)和环流场

Fig. 10　As in Fig. 8 but over Pentad 53－57

辐合,有利于南方、东南方的水汽沿西太平洋副热带高压西北向横断山脉中西部地区辐合,形成降水峰值,反映出南风、西南风在横断山脉中西部地区对降水的重要影响。

6　结　语

通过研究发现,中国西南地区的横断山脉中西部地区,有着独特的降水季节演变特征,突出表现在以下 3 个方面:(1)雨季开始早,在第 10 候前后,降水开始迅速增大,至第 19 候前后(3 月)就达到第 1 个峰值;(2)雨季时间长,从第 10 候前后降水开始迅速增大,至第 60 候前后降水迅速减少,雨季持续达 8 个月;(3)多峰值特征明显,雨季期间先后经历了 3 个降水峰值,分别在第 19 候、35 候、55 候前后。

进一步研究发现,该区域低层常年受西风、西南风影响,呈现迎风坡降水,因此降水季节演变与风场季节演变密不可分。形成降水第 1 个峰值主要与第 10 候起低层西风、南风迅速加强,特别是西风加强,并且,带来较强的西南气流辐合上升有关。形成降水第 2、3 个峰值,则主要与此时的南风变化有关;这两个降水峰值分别发生在西太平洋副热带高压西进和东退过程中,当横断山脉中西部地区 500 hPa 高度场呈现东高西低,位势高度等值线表现出由南往北再向东的走向,此时平均风场受到西南风控制,并有明显的南风辐合,这样的环流背景下,达到第 2(第 3)个降水峰值。

本研究利用台站观测和再分析资料,分析研究了横断山脉中西部地区的降水季节演变特征及其大尺度环流背景。然而该地区地形复杂,观测站点稀疏,缺乏基础研究数据资料,这是制约该区域研究深入的重要因素。随着国家气象观测站网的不断完善和遥感观测技术能力不断提升,下一步将可能利用更丰富的观测资料和高分辨率数值模式深入开展研究,深入揭示高原复杂地形与环流相互作用及其对降水的影响,对于进一步认识中国西南复杂地形下区域降水变化成因,提高降水预报能力,完善数值模式以及防灾、减灾都有重要意义。

参考文献

毕宝贵, 刘月巍, 李泽椿等. 2006. 秦岭大巴山地形对陕南强降水的影响研究. 高原气象, 25(3): 485-494

巩远发, 许美玲, 何金海等. 2006. 夏季青藏高原东部降水变化与副热带高压带活动的研究. 气象学报, 64(1): 90-99

何光碧. 2006. 高原东侧陡峭地形对一次盆地中尺度涡旋及暴雨的数值试验. 高原气象, 25(3): 430-441

李川, 陈静, 何光碧. 2006. 青藏高原东侧陡峭地形对一次强降水天气过程的影响. 高原气象, 25(3): 442-450

廖菲, 洪延超, 郑国光. 2007. 地形对降水的影响研究概述. 气象科技, 35(3): 309-316

刘义军, 李林. 1999. 西藏高原降水、气温气候特征分析. 成都气象学院学报, 14(1): 97-101

鲁亚斌, 解明恩, 范菠等. 2008. 春季高原东南角多雨中心的气候特征及水汽输送分析. 高原气象, 27(6): 1189-1194

论珠群培, 红梅, 建军等. 2008. 夏季西太平洋副热带高压对青藏高原降水影响. 西藏科技, (12): 63-65

彭贵康, 柴复新, 曾庆存等. 1994. "雅安天漏"研究Ⅰ: 天气分析. 大气科学, 18(4): 466-475

祁莉, 何金海. 2011. 青藏高原东南侧南风的季节演变特征分析. 高原气象, 30(5): 1139-1147

王夫常, 宇如聪, 陈昊明等. 2011. 我国西南部降水日变化特征分析. 暴雨灾害, 30(2): 117-121

韦晋, 何金海, 钟珊珊等. 2008. 高原南侧地形槽与孟湾槽的形成演变特征及其与南海夏季风建立的关系. 高原气象, 27(4): 764-771

许美玲, 段旭, 杞明辉等. 2011. 云南省天气预报员手册. 北京: 气象出版社, 301pp

宇如聪, 曾庆存, 彭贵康等. 1994. "雅安天漏"研究Ⅱ: 数值预报试验. 大气科学, 18(5): 535-551

曾庆存, 宇如聪, 彭贵康等. 1994. "雅安天漏"研究Ⅲ: 特征、物理量结构及其形成机制. 大气科学, 18(6): 649-659

张克映, 马友鑫, 李佑荣等. 1992. 独龙江流域及其邻区的水湿气候特征. 云南地理环境研究, 4(1): 77-86

赵平, 周秀骥, 陈隆勋等. 2008. 中国东部西太平洋副热带季风和降水的气候特征及成因分析. 气象学报, 66(6): 940-954

Johansson B, Chen D L. 2003. The influence of wind and topography on precipitation distribution in Sweden: Statistical analysis and modelling. Int J Climatol, 23(12): 1523-1535

Kalnay E, Coauthors. 1996. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. Bull Amer Meteor Soc, 77(3): 437-471

Li J, Yu R C, Yuan W H, et al. 2011. Early spring dry spell in the southeastern margin of the Tibetan Plateau. J Meteor Soc Japan, 89(1): 1-13