

文章编号:1006 - 7639(2003) - 03 - 0008 - 06

秦岭邻近地区旬降水气候学及其大气环流特征

刘晓东¹, 方建刚², 杨续超¹, 李新周¹

(1. 中国科学院地球环境研究所, 陕西 西安 710075; 2. 陕西省气象局, 陕西 西安 710015)

摘要:利用秦岭及其邻近地区 76 个气象台 1961~2000 年的旬降水量和 NCEP/NCAR 850hPa 格点风场资料,分析了该地区的降水气候时空特征及其与大气环流变化的联系。结果表明,秦岭地区多年平均汛期出现在 6 月下旬至 10 月上旬,其间 7 月上旬和 9 月上旬先后出现两次降水峰值。该地区平均汛期降水量为 403mm,占年总降水量的 60%。秦岭南侧气候平均汛期降水量明显高于秦岭北侧,但秦岭南、北汛期降水年际变化基本一致。从流场分析看,秦岭及其邻近地区的汛期降水既受西南季风,又受到东南季风系统的影响。合成分析表明,汛期降水量偏多(少)的年份通常对应于同期对流层低层研究区南侧偏南气流的增强(减弱)。回归分析发现,汛期中旬雨量增加与超前 2 旬索马里急流和热带印度洋西南气流增强,以及超前 1 旬及同期台湾附近距平反气旋的发展密切相关。

关键词:秦岭;旬降水;大气环流

中图分类号:P434

文献标识码:A

引言

横亘黄土高原南部的秦岭山脉是来自热带海洋的偏南气流或来自高纬偏北气流的天然屏障,对东亚季风区夏季来自南方的暖湿气流,冬季来自偏北方向的干冷气流,均有巨大的障碍作用^[1]。由于秦岭及其邻近地区受季风影响^[2],降水季节分配不均,7~9 月降水量常占全年降水量的一半以上,且降水变率大。春季、夏初降水偏少,易造成干旱。例如,秦岭主体部分所在的陕西省,1995 年上半年发生了历史上罕见的大旱,降水量比正常偏少 6~8 成^[3]。另一方面,夏季来自南方的暖湿气流常会带来大量的水汽,因受秦岭等地形抬升作用,易形成局地暴雨。而且暴雨的成灾率极高,一旦遇到大暴雨很容易形成局地洪水、泥石流等灾害,对国民经济及人民生命财产造成重大损失^[4]。例如,在刚刚过去的 2002 年 6 月 8~9 日,秦岭南侧的陕西大面积地区遭受大暴雨袭击,局部地区出现了“千年一遇”的洪水*,可见降水变化对该地区水资源的补给和自然灾害的发生都有重大影响。

过去的有些研究工作已经涉及到秦岭邻近地区

的降水气候学及其大气环流状况。例如,《山区地形气候学》^[1]和《黄土高原气候》^[2]等著作中的有关章节编有秦岭地区降水时空分布和地形效应的讨论。数值模拟研究表明^[5],秦岭山脉和越山偏南气流对山脉南北两侧的降水分布有重要贡献。Hughes 等^[6]及刘洪滨等^[7]通过树木年轮重建分析了最近几百年华山及关中邻近地区初夏的降水变率。Wang and Li^[8] Yatagai and Yasunari^[9]等的观测分析研究指出,黄土高原地区近几十年的降水起伏与 El Nino/ Southern Oscillation (ENSO) 活动有关。延军平和郑宇^[10]比较了近几十年秦岭南北地区气温和降水变化趋势的差异,发现秦岭以北地区较秦岭以南地区气候干暖化趋势更加显著。

文中的研究区(105°~111°E, 31°~36°N, 以下简称秦岭地区,见图 1)位于中国中部。图 1 清楚地显示了秦岭山脉主体,海拔约 1 500~3 000m,平均高度 2 500m 左右,其最高峰太白山(3 767m)在研究区中心的西南方向。秦岭山脉北侧是关中平原,它由渭河及其众多支流冲积形成,因而又称渭河平原。关中平原的西北方向为六盘山。在秦岭山脉南侧,绵延于川、陕边境自西向东有大巴山和米仓山,

收稿日期:2003 - 06 - 03;改回日期:2003 - 09 - 02

基金项目:国家自然科学基金项目(40121303)、国家科技部项目(2001CCB00100、G1999043401)及中科院院长基金资助

作者简介:刘晓东(1963 -),男,研究员,博士生导师,主要从事气候学研究。E-mail:liuxd@loess.llqg.ac.cn

*2002 年 6 月 13 日中国气象报

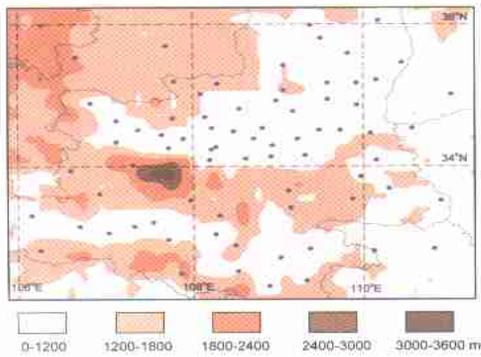


图1 研究区位置及选用气象站分布
(蓝色圆点指本文所用气象站、
黄色阴影区表示地形高度、绿线表示省界)

Fig.1 Area of study and locations of used weather stations. The blue dots indicate the weather stations. The yellow shade shows topography. The green lines are boundaries of provinces
海拔约 1 500 ~ 2 000m。在秦岭和大巴山之间为汉水谷地。这一研究区主要覆盖了陕西南部,同时包括邻近省份(自治区)的小部分地区。在文中我们将利用该区域 76 个气象站(台站分布见图 1),1961 ~

2000 年逐旬降水量资料,以及根据美国环境预测中心、国家大气研究中心(NCEP/NCAR)提供的,逐日再分析(Reanalysis)资料^[11],合成的同一时段 850hPa 逐旬风场资料(水平分辨率为 2.5°纬度 × 2.5°经度),进一步分析该地区旬降水气候学以及与之相关的大气环流特征。这一研究作为深入理解区域尺度的降水时空变化规律,以合理利用及保护水资源,探讨区域尺度降水的可预报性,预防和减轻洪涝灾害,最终为西部大开发及西部地区的可持续发展都将具有积极意义。

1 降水变化的时空分布特征

由秦岭地区区域平均多年(1961 ~ 2000 年)旬降水量的年变程(图 2)可知,该区每年主要有两个降水峰值,最高值出现在 7 月上旬(即一年当中的第 19 旬),次高值出现在 9 月上旬(即一年当中的第 25 旬)。图上这一双峰型降水特征虽然是区域平均结果,但经逐站检查,区域内大多数台站降水的年变程均具有这一特征。这意味着盛夏和初秋各有一次集中的降水期,在两次降水峰值前后应特别注意防汛工作。此外,4 月下旬(即第 12 旬)和 5 月中下旬

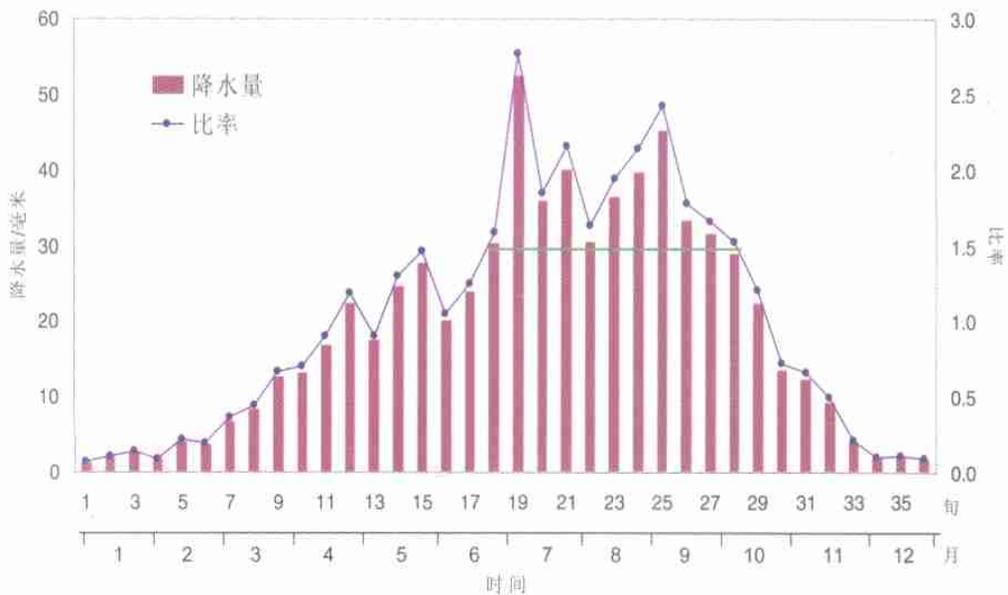


图2 区域平均多年(1961 ~ 2000 年)平均逐旬降水量及逐旬降水量与年平均旬降水量比率的年变程
图中的绿色线段表示由降水量比率 > 1.5 所确定的汛期时段

Fig.2 Annual cycles of 1961 ~ 2000 mean dekadal precipitation averaged for the area of study and ratio of dekadal precipitation to annual mean precipitation of dekadal. The green line indicates the flood period during that the ratio of precipitation exceeds 1.5

(即第 14、15 旬)是春季降水相对集中的时间。春季降水对该地区农作物的生长极为重要,但春季降水相对变率大,春旱问题值得深入研究。

基于以前的经验和研究^[2],通常把该地区台站旬降水量稳定大于其年总降水量的 1/24 (即超过年平均旬降水量的 1.5 倍)的时段定为汛期。据此,我们计算 40a 平均各站逐旬降水量与年平均旬降水量

的比率,最后再算出研究区所有台站的平均比率,结果可把该平均比率超过 1.5 的时段(图 2),即降水量最集中的 6 月下旬至 10 月上旬定为汛期。该地区多年平均年总降水量为 678mm,汛期降水量为 403mm,汛期降水约占年总降水量的 60%。

图 3a 给出 1961~2000 年平均汛期降水量分布。降水分布的总趋势是由南向北而递减。秦岭南

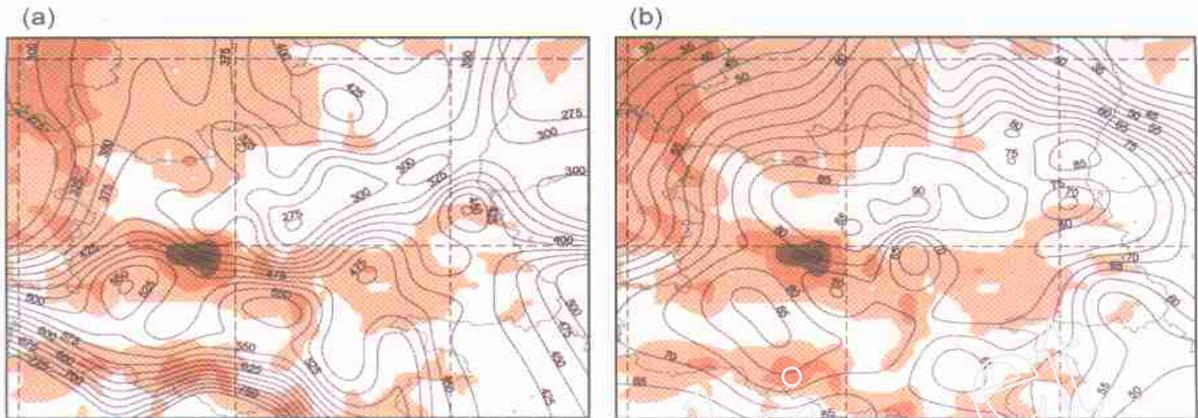


图 3 (a)秦岭地区最近 40a 平均汛期(6 月下旬至 10 月上旬)降水量(mm)分布、
(b)近 40a 区域平均汛期降水量与各台站汛期降水量的相关系数(绘图时放大了 100 倍)分布,
(蓝色圆点指本文所用气象台站、黄色阴影区表示地形高度、绿线表示省界)

Fig. 3 (a) Distribution of the flood period (from the third dekad of June to the first dekad of October) precipitation averaged for recent forty years in Qinling area (mm)、(b) Distribution of correlation coefficients between the regional - average precipitation and each station's precipitation for flood periods. The values are amplified 100 times for the purpose of plotting.

The rest of caption is same as in Fig. 1.

(北)侧的汛期雨量通常在 400mm 以上(下)。值得注意的是,在秦岭北侧的关中平原中东部地区,有一雨量中心低于 275mm 的极小区。这反映了秦岭山脉对其南侧偏南夏季风(参见图 5a)阻挡、抬升后可在其北侧造成地形性下沉气流,因而导致山后的降水减少。图 3b 给出秦岭地区 1961~2000 年区域平均汛期降水量与各台站汛期降水量的相关系数分布。可见区域平均与该地区多数台站降水的相关性都很高,大多数台站的相关系数都在 0.7 以上,且以秦岭北侧的关中平原及南侧的汉中谷地相关最高。由此说明这一地区的雨量变化具有整体的一致性,因而分析区域平均降水是有意义的。

从最近 40a 研究区区域平均的逐年汛期降水量(图 4)看,秦岭地区汛期降水存在显著的年际变化。值得注意的是,1985 年以后,秦岭地区的汛期雨量一直偏少,而我们知道,最近 10 余年正是全球显著变暖的时期^[12]。刘晓东等^[13]通过不同时间尺度气

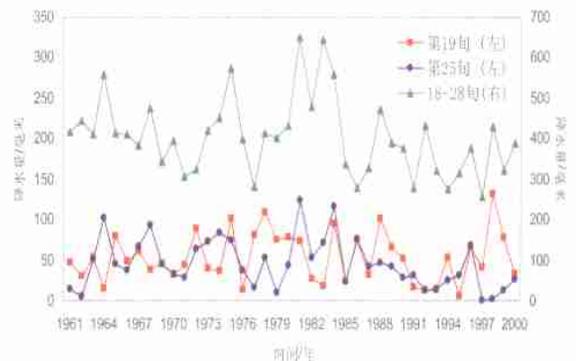


图 4 秦岭地区区域平均 1961~2000 年汛期(第 18~28 旬)、7 月上旬(第 19 旬)及 9 月上旬(第 25 旬)降水量的逐年变化

Fig. 4 1961~2000 year - to - year variations of precipitation of the floodperiod (18th~28th dekad), the firstdekad of July (19th dekad) and the firstdekad of September (25th dekad)

候变化的分析认为,在全球变暖条件下黄河中游地区的降水可能减少,这一论断似乎支持本文的结果。虽然秦岭南部各年的汛期降水量均比北部大,但南部和北部汛期降水年际变化特征非常相似(相关系数为 0.8,图略)。然而,在汛期不同时段内降水的年际变化却存在明显的差异。如图 4 所示,每年两个降水峰值所在的时段 - 7 月上旬(第 19 旬)及 9 月上旬(第 25 旬)雨量的逐年变化之间的相关性很低(40a 的相关系数仅为 0.12)。这可能暗示着,影响该地区汛期不同阶段的大气环流状况可能是不一样的(与降水相对应的环流分析见下一节),此外,从图 4 中三条曲线的对比还会发现,与 7 月上旬相比,9 月上旬与整个汛期降水的变化更为一致。9 月上旬(7 月上旬)降水与整个汛期降水变化的相关系数为 0.63(0.12),与汛期降水相似。1985 年以来,9 月上旬的降水也明显偏少,但 7 月上旬的降水不存在这种趋势性变化。刘晓东等^[13]最近的研究也表明,黄河中游一带降水量的异常主要由夏末秋初的降水变率所决定。

2 与汛期降水变化相联系的大气环流状况

图 5 给出 1961~2000 年平均的 850hPa 风场。在整个汛期气候平均的对流层低层流场上(图 5a),亚洲地区呈现出明显的夏季风环流形势。东非沿岸的强越赤道气流(索马里急流)从南半球进入北半球后,受地球‘自转影响而向东偏转形成西南季风,西南季风在青藏高原东侧北上,可以到达秦岭甚至更北的地区。所以,平均而言秦岭地区汛期主要受西南季风的影响。然而,在汛期的不同时段,大气环流状况并不完全相同。在图 2 所示的第 1 个降水峰值期(7 月上旬),环流特征(图 5b)与整个汛期平均形势比较相似,但风速明显增大。图 5b 上的最大风速为 20m/s 左右,而图 5a 上的最大风速才 10m/s 左右。由此可见,7 月上旬西南季风的强盛可能是造成同期秦岭地区一年中降水第 1 峰值出现的重要原因。但在图 2 所示的第 2 个降水峰值期(9 月上旬),环流状况(图 5c)与汛期平均或 7 月上旬有明显差异。9 月上旬西南季风已比 7 月上旬显著减弱,且已不能直接抵达秦岭地区。相反,秦岭地区主要受到来自西太平洋副热带高压西南边缘的东南风控制。这说明,秦岭地区盛夏和秋季两次降水峰值

可能分别与西南气流和东南气流的活动有关,其间的天气学过程和物理机制有待深入研究。了解这些环流场变化的气候特征对于该地区的天气气候预测也具有参考价值。

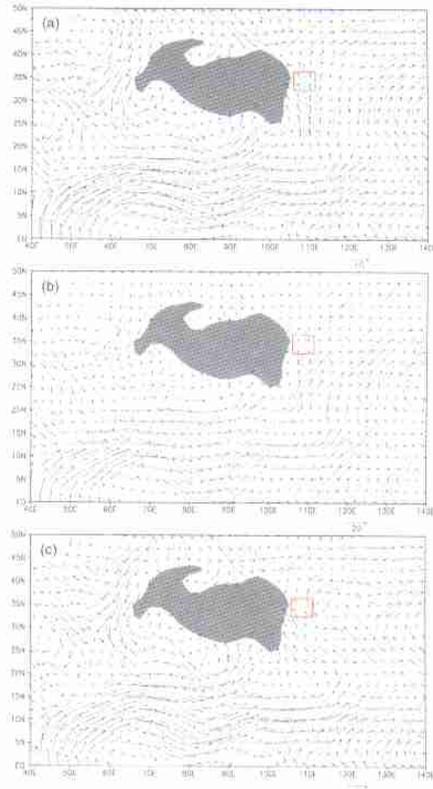


图 5 亚洲地区 1961~2000 年平均汛期(a)、7 月上旬(b)及 9 月上旬(c) 850hPa 风场。图中灰色阴影区为高度超过 850hPa 等压面的青藏高原地形、红色矩形框表示本文的研究区、横坐标下的矢量线是风速(m/s)的比例尺

Fig. 5 850 - hPa wind fields averaged for 1961~2000 flood periods(a), the first dekad of July, (b) and the first dekad of September. The shaded areas show the Tibetan Plateau above 850 hPa level. The red rectangles indicate the area of study in this paper. The arrows below each panels illustrate the scales of wind (m/s).

秦岭地区的汛期降水变化与大气环流异常存在着密切的联系。我们按图 4 所示的逐年汛期降水变化,选择了 5 个汛期多雨年(1964、1975、1981、1983、1984 年)和 5 个汛期少雨年(1977、1986、1991、1994、1997 年)进行环流场的合成分析。图 6 给出多雨年及少雨年平均的 850hPa 距平(相对 1961~2000 年)风场。多雨年的环流异常(图 6a)与少雨年的环流异常(图 6b)几乎完全相反。多雨年(少雨

年)对应于同期热带印度洋的西风(东风)距平和东亚地区的南风(北风)距平。这意味着秦岭地区的汛

期降水异常可能既与南亚季风也与东亚季风活动有关。

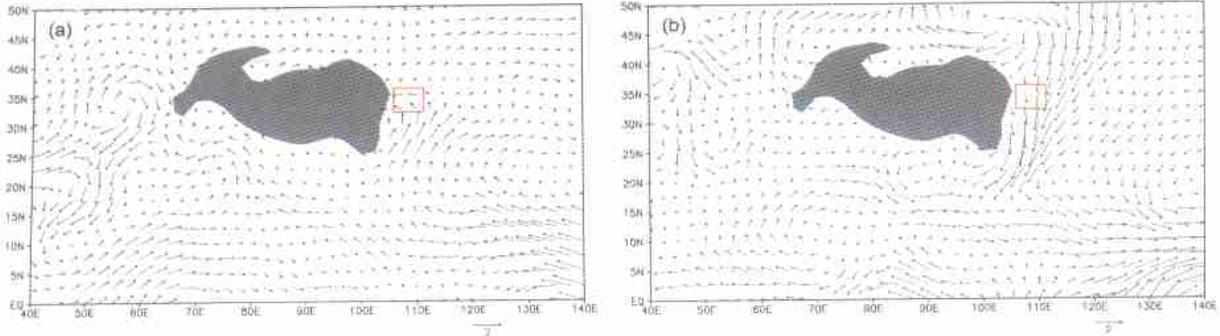


图 6 5 个汛期降水量偏多年(a)与 5 个汛期降水量偏少年(b)平均 850hPa 距平风场(图中灰色阴影区为高度超过 850hPa 等压面的青藏高原地形、红色矩形框表示本文的研究区、横坐标下的矢量线是风速(m/s)的比例尺)

Fig. 6 Composite 850 - hPa anomaly wind fields for 5 years with above - normal flood - period precipitation (a) , and for 5 years with below - normal flood - period precipitation (b) . The rest of caption is same as in Fig. 5.

为进一步探讨旬降水变化与旬平均环流异常之间的关系,我们以 1961~2000 年逐年汛期逐旬研究区平均雨量距平与同期及超前 1~2 旬的 850hPa 距平风场作线性回归分析,将汛期旬雨量距平为 100mm 的情况下通过回归分析所得的距平风场绘于图 7。结果发现,当汛期旬降水偏多时,超前于降水变化 2 旬的旬平均环流(图 7a)已出现异常征兆。东非沿岸及赤道西印度洋地区偏南的越赤道气流和热带西南季风均明显增强,从而在阿拉伯沿海地区激发出一个气旋式距平环流,南海和西太平洋地区偏西风也开始增强。在超前旬降水偏多 1 旬的旬平均距平环流场(图 7b)上,热带西太平洋地区出现了一个与副热带高压相联系的闭合的距平反气旋,使青藏高原东侧包括秦岭在内的中国中南部地区的偏南风距平开始形成,从而为后期秦岭地区的降水增多创造了水汽条件。与旬降水变化相对应的同期平均旬环流异常(图 7c)与超前 1 旬的情况(图 7b)相似,但距平反气旋中心更接近大陆,到达台湾附近。与此同时,秦岭地区南侧的偏南风距平显著加大,而北侧出现了北风距平,因而使该地区对流层低层成为辐合区,最终导致这里的降水偏多。由此可见,秦岭地区盛夏降水偏多与其前期印度洋上的越赤道气流和热带西南季风,以及西太平洋反气旋式距平环流的显著加强密不可分,至于其前期西太平洋地区的环流异常是否确因印度洋西南季风的异常而激发尚待进一步确定。

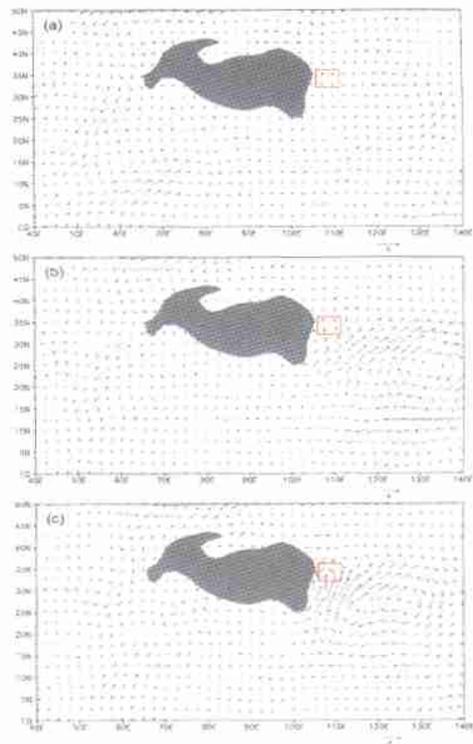


图 7 秦岭地区 1961~2000 年汛期旬降水量比正常偏多 100mm 时通过线性回归获得的超前 2 旬(a)、超前 1 旬(b)及同期(c) 850hPa 距平风场(图中灰色阴影区为高度超过 850hPa 等压面的青藏高原地形、红色矩形框表示本文的研究区、横坐标下的矢量线是风速(m/s)的比例尺)

Fig. 7 (a) The two - dekad preceding, (b) one - dekad preceding and (c) simultaneous 850 - hPa anomaly wind fields obtained with linear regression when the dekadyly precipitation is 100 mm more than the normal during 1961 - 2000 flood periods in Qinling area. The rest is same as in Fig. 5

3 结 论

3.1 秦岭地区多年平均汛期出现在 6 月下旬至 10 月上旬,其间 7 月上旬和 9 月上旬先后出现两次降水峰值,从而使降水年变程呈现双峰型分布。该地区平均汛期降水量为 403mm,占年总降水量的 60%。

3.2 受秦岭地形的影响,秦岭南侧气候平均汛期降水量明显高于秦岭北侧,且在秦岭北侧的关中平原中东部地区,有一雨量中心低于 275mm 的极小区,但秦岭南、北汛期降水年际变化基本一致。

3.3 秦岭及其邻近地区的汛期降水有明显的年际变化,但汛期中两次降水峰值期 - 7 月上旬和 9 月上旬降水的年际变化基本无关。与盛夏相比,夏末秋初降水与整个汛期降水年际变化更为相似。

3.4 从 850hPa 流场分布看,秦岭及其邻近地区汛期既受西南季风,又受到东南季风系统的影响,盛夏主要受来自印度洋的西南风控制,但初秋则来自西太平洋的东南气流影响为主。汛期降水量偏多(少)的年份通常对应于同期对流层低层研究区南侧偏南气流的增强(减弱)。

3.5 回归分析表明,汛期中旬雨量增加与超前 2 旬索马里急流和西南季风增强,以及超前 1 旬及同期台湾附近距平气旋的发展密切相关。

参考文献:

[1] 翁笃鸣,罗哲贤.山区地形气候[M].北京:气象出版社,1990.1-129.

- [2] 钱林清主编.黄土高原气候[M].北京:气象出版社,1991.1-369.
- [3] 扬新,李士高.1995年陕西特大干旱[J].灾害学,1997,12:77-79.
- [4] 张列锐,侯建忠,王川,等.陕西大暴雨时空分布特征及减灾对策[J].灾害学,1999,14:38-42.
- [5] 杜继稳,梁生俊.偏南气流翻越秦岭山脉的数值分析[J].西北大学学报(自然科学版),1997,27:141-145.
- [6] Hughes M K, Wu X D, Shao X M, et al. A preliminary reconstruction of rainfall in north - central China since A. D. 1600 from tree-ring density and width[J]. Quaternary Research, 1994, 42:88-99.
- [7] 刘洪滨,邵雪梅,黄磊.中国陕西关中及周边地区近 500 年来初夏干燥指数序列的重建[J].第四纪研究,2002,22:220-229.
- [8] Wang W C, Li K. Precipitation fluctuation over semiarid region in northern China and the relationship with El Nino/ Southern Oscillation[J]. Climate, 1990, 3:769-783.
- [9] Yatagai A, Yasunari T. Interannual variations of summer precipitation in the arid/ semiarid regions in China and Mongolia: Their regionality and relation to the Asian summer monsoon[J]. Journal of the Meteorological Society of Japan, 1995, 73:909-923.
- [10] 延军平,郑宇.秦岭南北地区环境变化响应比较研究[J].地理研究,2001,20:576-582.
- [11] Kalnay E, Coauthors. The NCEP/ NCAR reanalysis project[J]. Bull Amer Meteor Soc, 1996, 77:437-471.
- [12] Houghton J T, Ding Y, Griggs D J, et al. Climate Change 2001 The Scientific Basis [M]. UK: Cambridge University Press, 2001. 944.
- [13] 刘晓东,安芷生,方建刚,等.全球气候变暖条件下黄河流域降水的可能变化[J].地理科学,2002,22:513-519.

Climatology of dekady precipitation around the Qinling mountains and characteristics of its atmospheric circulation

LIU Xian - dong¹, FANG Jian - gang², YANG Xu - chao¹, LI Xin - zhou¹

(1. Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xian, 710075, China;

2. Meteorological Bureau of Shanxi Province, Xian 710015, China)

Abstract: Using 1961 ~ 2000 dekady precipitation from 76 weather stations in the Qinling mountains and the surroundings and large - scale grid winds at 850 hPa from NCEP/ NCAR, the climatology spatial - temporal characteristics of the precipitation and their associations with the atmospheric circulation have been analyzed in this paper. The results show that the flood season for the 40 - year average occurs in the period from the third dekad of June to the first dekad of October, during which there are two peaks of precipitation: the first dekad of July and the first dekad of September. The rainfall in the south side of the Qinling mountains is obviously higher than that in the north side, although the interannual variations of both are basically consistent. The Qinling mountains and the surroundings are mainly controlled by the southwesterly monsoon in the flood season, especially in the midsummer, but are mainly impacted by the southeasterly monsoon in the early autumn. The composite analyses show that when the precipitation is more (less) than normal, the southerly wind at the south boundary of the study area is often stronger (weaker) than normal in the flood season. By the regression analyses, it is found that the increased rainfall in a dekad in the flood season generally corresponds to the strengthened Somali Jet and southwesterly monsoon in the dekad with a two - dekad lead, and an anomaly anticyclone near Taiwan in the one - dekad lead dekad and the same dekad.

Key words: Qinling mountains; dekady precipitation; atmospheric circulation