

# 远距离台风影响下陕西省 2010 年一次大暴雨过程分析

胡皓, 侯建忠 (陕西省气象台, 陕西西安 710015)

**摘要** 应用常规气象观测资料、地面自动站资料, 运用天气学、动力诊断等方法, 通过对 2010 年 7 月 22~25 日陕西省大暴雨天气的特点、环境场条件和物理量等特征进行分析。结果表明, 近海台风活动是影响这次陕西出现大暴雨的一个关键因子, 台风“灿都”前部与副高西部环流之间为一股强劲的偏南气流, 形成了从南海到陕西地区的水汽通道; 此次大暴雨高层纬向急流较短, 高空急流在陕西与甘肃东部有一个小的反气旋环流形成; 低空急流从台风“灿都”环流的东侧一直北伸越过秦岭直至陕西北部, 为这次暴雨过程输送了充足的水汽; 此次大暴雨过程是位于黄河河套地区的深厚的低压系统云系原地发展、加强和东移所造成; 暴雨和台风所在区域为较大范围的上升运动区, 而 2 个上升区之间则为宽广的下沉区域; 台风低压系统的维持、发展和加强对副热带高压有一定的维稳作用进而使强降水形势能够稳定的维持。

**关键词** 台风; 暴雨; 环境场条件; 物理量

**中图分类号** S161.6 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)01-146-03

暴雨是陕西一种严重的灾害性天气, 其特点是历时短、强度大、局地性强<sup>[1]</sup>, 易造成严重的或毁灭性的洪涝灾害, 给设施农业、交通运输、人民生命财产安全等带来不利影响。近年来许多气象学者对于陕西的暴雨与台风的关系的研究已经做了不少工作, 如侯建忠等分析了台风与高原东北侧冷锋暴雨的环境场及云图特征<sup>[2]</sup>、台风活动与陕西极端暴雨的相关及动力特征<sup>[3]</sup>、热带气旋活动对陕西 2007 年 2 次暴雨的影响<sup>[4]</sup>, 李明等对远距离台风影响下的陕西大暴雨分析<sup>[5]</sup>。笔者应用常规气象观测资料、地面自动站资料, 运用天气学、动力诊断等方法, 对 2010 年 7 月 22~25 日陕西省大暴雨天气的特点、环境场条件和物理量等特征进行分析, 以期对陕西省以后暴雨预报提供一定思路和参考价值。

## 1 降水实况与灾情

**1.1 降水实况** 2010 年 7 月 22 日 08:00~26 日 08:00, 全省出现一次明显降水天气过程, 过程降水量陕北 0~200.1 mm, 最大黄陵; 关中 18.8~248.4 mm, 最大陇县; 陕南 19.8~241.6 mm, 最大略阳; 全省 100 mm 以上 27 县(市), 其中有 9 县(市)大于 200 mm; 44 个乡镇 200~300 mm, 5 个乡镇 300~400 mm, 4 个乡镇超过 400 mm, 分别是汉中市黄坝驿 476.6 mm、广坪 409.3 mm、巨亭 402.8 mm 和宝鸡市的东风镇 407.7 mm(图 1)。降水期间延安以南地区连续 3 d 出现大范围暴雨和大暴雨。

**1.2 灾情** 此次降水过程的特点是范围广、强度大、持续时间长, 许多地方交通受阻, 河流冲毁, 据水文部门监测, 暴雨致使渭河支流和汉江干流等许多水文站等超过保证洪峰流量和警戒流量。2010 年 7 月 22~25 日灾情统计(来自省民政厅), 此次强降雨造成安康、汉中、商洛、渭南、咸阳、宝鸡、铜川、西安、延安 9 个市 58 县(区)248 万人受灾, 紧急转移安置 49 万人, 因灾死亡 38 人, 因灾失踪 47 人, 倒塌房屋 34 574 户 107 133 间, 损坏房屋 153 282 间, 农作物受灾面积 11.901 万  $\text{hm}^2$ , 绝收面积 1.79 万  $\text{hm}^2$ , 灾害造成直接经济损失 66.45 亿元。

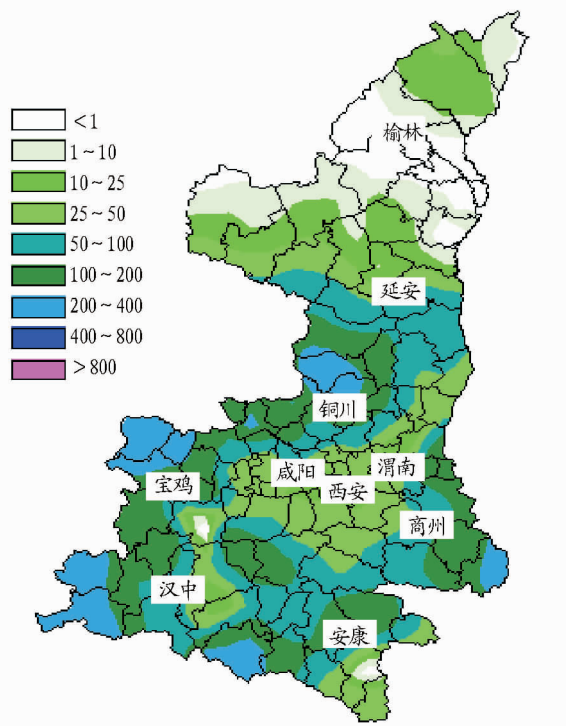


图 1 2010 年 7 月 22 日 08:00~26 日 08:00 陕西省自动站总降水量

## 2 大暴雨过程近海台风活动特征和影响

台风“灿都”于 19 日在我国南海区域生成, 路径以西行略有北上, 22 日 13:00 在广东吴川登陆后继续西行进入广西境内。分析与历史个例对比发现, 正是“灿都”台风在我国南海海域活动和在海南、广东一带登陆背景影响下, 使得陕西在 7 月 22~25 日出现了全省罕见的大暴雨天气过程。验证了近海台风活动是影响陕西这次大暴雨的一个关键因子。

## 3 形势特征分析

**3.1 500 hPa 形势** 7 月 22 日 08:00 500 hPa, 欧亚中高纬度呈两槽一脊形势, 巴尔喀什湖和贝加尔湖以东分别为一低槽, 在两低槽之间从贝湖到河套地区北部为一高压脊; 西太平洋副热带高压维持在我国东部沿海一带, 副高西侧到达  $112^{\circ}\text{E}$ , 副高脊线位于  $30^{\circ}\text{N}$  附近。1003 号台风“灿都”在广东沿海登录后西行, “灿都”前部与副高西部环流之间为一股

强劲的偏南气流,形成了从南海到陕西地区的水汽通道。河套上空弱脊存在,在甘南至关中形成了一个由副高外围西南气流与河套弱脊底部偏东北气流的横切变。22 日 20:00(图 2),副高加强北抬,台风到达两广地区继续向西北移动,两者合并的西南气流一直沿着副高外围到达陕西。河套地区的弱脊发展形成一闭合的高压,高压底部偏东气流和西南气流在河套地区形成一低涡,这也是陕西此次降水的主要影响系统;23 日 20:00,河套地区低涡一直维持,从南海—贵州—四川—陕西有一支非常明显的水汽通道,水汽在河套地区堆积并抬升,陕西降水加强;25 日 20:00,低涡中心完全移出陕西境内,此次陕西省降水结束。

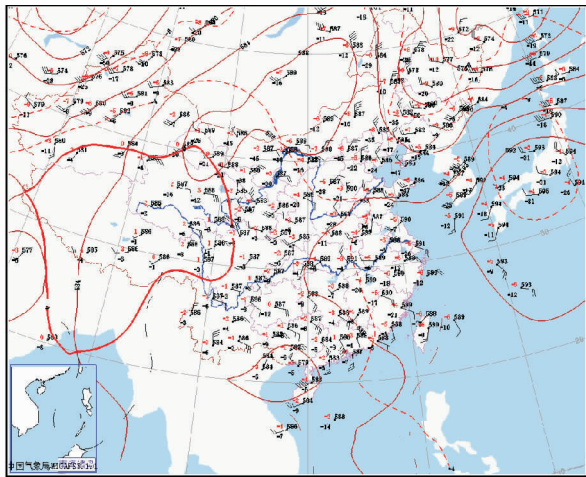


图 2 2010 年 7 月 22 日 20:00 500 hPa 形势分析

**3.2 700 hPa 形势** 7 月 22 日 20:00 低压中心还在黄河源头一带,从该低压中心到陕西境内为一个东西向低压横槽区域,23 日 08:00 横槽区域东部出现加深南压,陕西西南部已受低槽控制、影响。23 日 20:00 ~ 24 日 08:00 横槽继续东移、加深发展成与高层环流相对应的一个完整深厚低压系统,此时段为陕西此次降水最强的时段,多站降水突破日最大降水记录。

#### 4 高低空急流特征

300 hPa 反气旋环流形势和高空急流相配合的特征不明显,其急流轴是以南北向和东西向(纬向)两段构成(图 3a),反气旋环流形势和高空急流出现较以往偏高,在 200 hPa 可分析到一些特征。若以实测风资料分析,高层急流仍清晰可辨,但此次高层纬向急流较短。以延安、西安、郑州站实测风为例,22 日 20:00 延安、西安、郑州 3 站分别是 16、10 和 14 m/s 的西北风,23 日 08:00,上述 3 站演变成 16、14 和 14 m/s 的西南风和偏西风,出现急流轴南压,并在陕西与甘肃东部有一个小的反气旋环流形成。

22 日 20:00 700 hPa,约 20 m/s 的低空急流从台风“灿都”环流的东侧一直北伸越过秦岭直至陕西北部,风速仍维持在 10 m/s 以上;23 日 08:00 在四川东部、陕西西南部一带形成一个强的风速辐合中心(图 3b);23 日 20:00 该辐合中心略有东移,在关中地区形成东西向的辐合带,此时该辐合带北侧的延安以北地区偏东风风速已剧增至 12 ~ 16 m/s。850 hPa 风速演变和分布特征与 700 hPa 相一致。低空急流为这次大暴雨过程输送了充足的水汽。

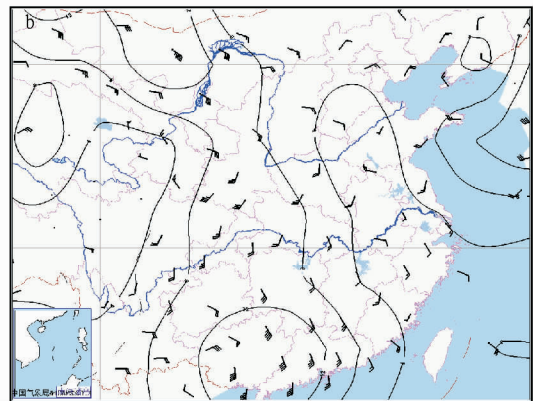
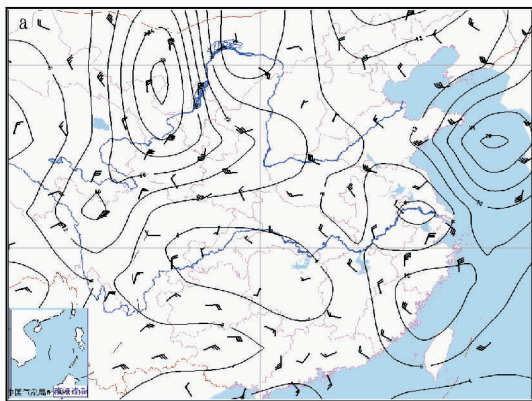


图 3 2010 年 7 月 23 日 08:00 300 hPa(a)和 700 hPa(b)风场和全风速场叠加

#### 5 云图特征分析

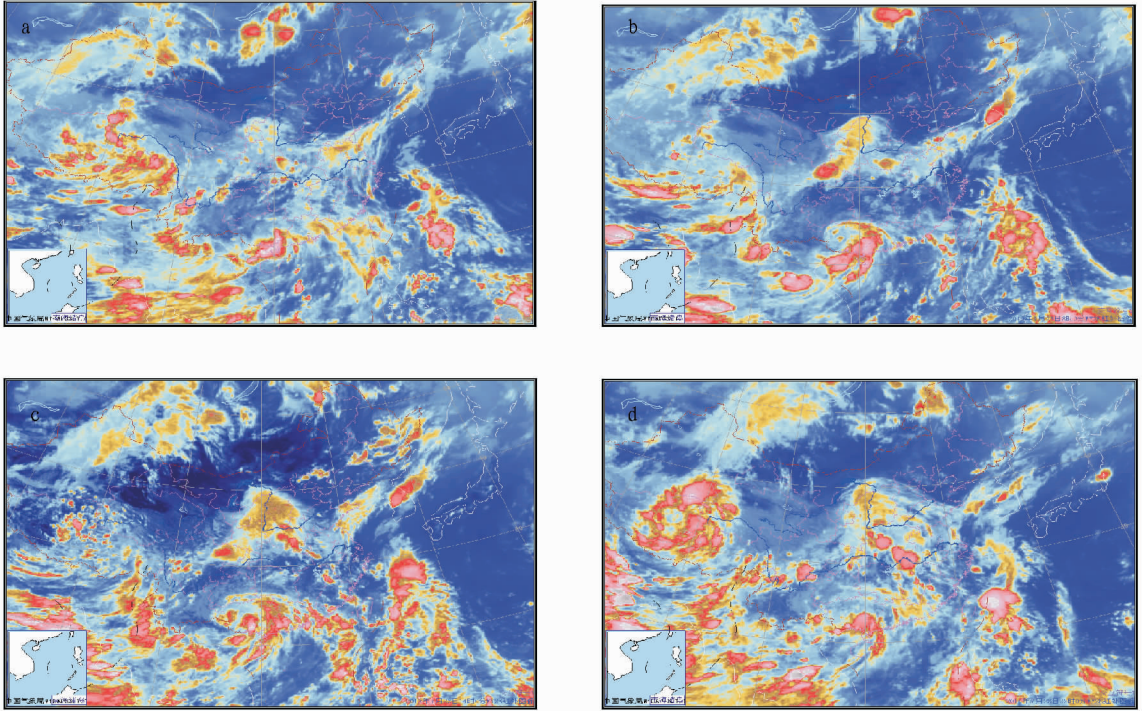
此次大暴雨过程是位于黄河河套地区的深厚的低压系统云系原地发展、加强和东移所造成。低涡云系在 23 日 00:00 已清晰可辨(图 4a),随着低涡云系在原地不断加强、发展,03:00 已发展成为一个以南北向特征为主的由多个对流云团组成的云系,云系内对流云团的云顶亮温在  $-50 \sim -55$   $^{\circ}\text{C}$ ;04:00 云系发展、形成一个完整南北向的云带,最强的云团不在低涡云系附近,是在云带南段,生成一个尺度约 200 km 左右的云团,云顶亮温为  $-75$   $^{\circ}\text{C}$ ,而在河套地区的低涡云系特征依然明显;08:00(图 4b),整个影响云带南北向整体性更加完整,南段的对流云团稳定维持并略有发展,北段的低

涡云系出现明显的发展加强和范围扩大特征,但云顶亮温下降现象不明显,维持在  $-50 \sim -55$   $^{\circ}\text{C}$ ;09:00 ~ 16:00(图 4c),影响云系主体移动十分缓慢,只是云系前部出现东移和加强,云顶亮温在  $-55 \sim -61$   $^{\circ}\text{C}$ ;直至 22:00 云系相对有所减弱(图 4d),随后又在次日凌晨再次发展加强,豫西出现大暴雨,造成陇海线中断。此次河套低压影响云带在河套原地能维持约 30 h,这在陕西暴雨过程是非常少见的。

#### 6 能量和垂直运动分析

热力(能量)条件是暴雨形成、发生的一个必要条件。假相当位温  $\theta_{se}$  是大气中温、压、湿的综合特征的反映,对  $\theta_{se}$  值分布分析发现,此次暴雨与 700 hPa 的  $\theta_{se}$  高能中心对应较





注:a.00:00;b.08:00;c.14:00;d.20:00。

图4 2010年7月23日各时次红外云图

好。23日08:00 700 hPa(图5a),高能脊控制影响河套地区,高原东侧为一高能中心;到了23日20:00(图5b),河套地区能量场呈Ω型,陕西省大部分地区处在 $\theta_{se}$ 的高值区,从四川有一明显的暖舌伸向西北地区东部,华北地区为 $\theta_{se}$ 的低值区,其对应为干冷空气,从华北南部到河南有一条倾斜的冷舌,同时在河套地区西北侧也有一条冷舌伸向陕西省。整个陕西处在 $\theta_{se}$ 线密集区,锋区明显,说明干冷空气从河套西北侧和华北扩散南下,与暖湿空气在陕西交汇,产生暴雨。

分析500 hPa水平面的垂直运动分布可知,在暴雨和台风所在区域为较大范围的上升运动区,而2个上升区之间则为宽广的下沉区域(恰好是副热带高压所在位置),由此可见台风低压系统的维持、发展和加强对副热带高压有一定的维稳作用进而使强降水形势能够稳定的维持;这点在卫星云图分析中得到验证,即随着台风登陆西移,台风与影响云系之间的带状晴空区趋于明显,且晴空区的对流云团出现了减弱和减少的现象,表明副热带高压在加强。

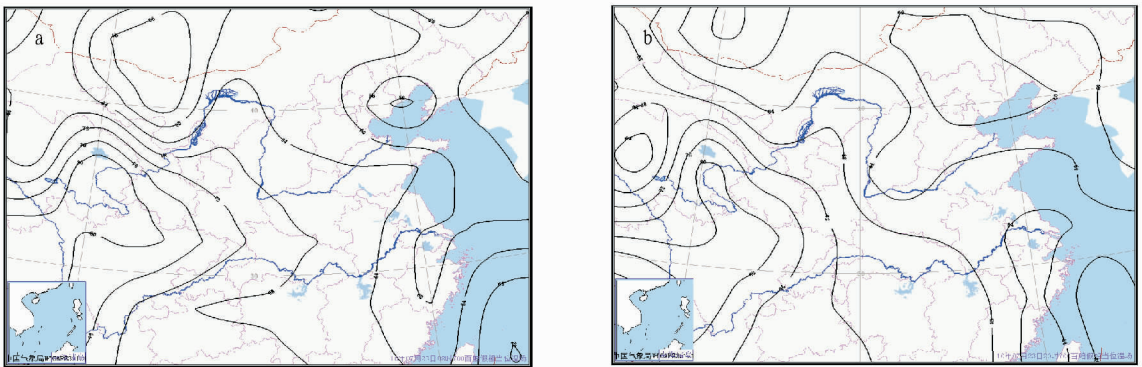


图5 2010年7月23日08:00(a)和20:00(b)700 hPa假相当位温场

### 7 结论

(1) 近海台风活动是影响这次陕西出现大暴雨的一个关键因子,台风“灿都”前部与副高西部环流之间为一股强劲的偏南气流,形成了从南海到陕西地区的水汽通道。

(2) 此次大暴雨高层纬向急流较短,高空急流在陕西与甘肃东部有一个小的反气旋环流形成。低空急流从台风“灿都”环流的东侧一直北伸越过秦岭直至陕西北部,为这次暴雨过程输送了充足的水汽。

(3) 此次大暴雨过程是位于黄河河套地区的深厚的低压系统云系原地发展、加强和东移所造成。

(4) 暴雨和台风所在区域为较大范围的上升运动区,而2个上升区之间则为宽广的下沉区域。台风低压系统的维持、发展和加强对副热带高压有一定的维稳作用进而使强降水形势能够稳定的维持。

(下转第156页)

来看,阿坝地区农业人口大部集中在干旱河谷和中部高山峡谷地区,气候特点是日照丰富、气候干燥,无霜期 200 ~ 250 d、昼夜温差大、气候垂直分布差异大,这一地区主要耕

地为退耕还林还草区,主要种植玉米、胡豆、洋芋、青稞等经济效益差的作物,大力发展中药材和小杂粮、优质豆类、优质饲草、花椒等种植业。

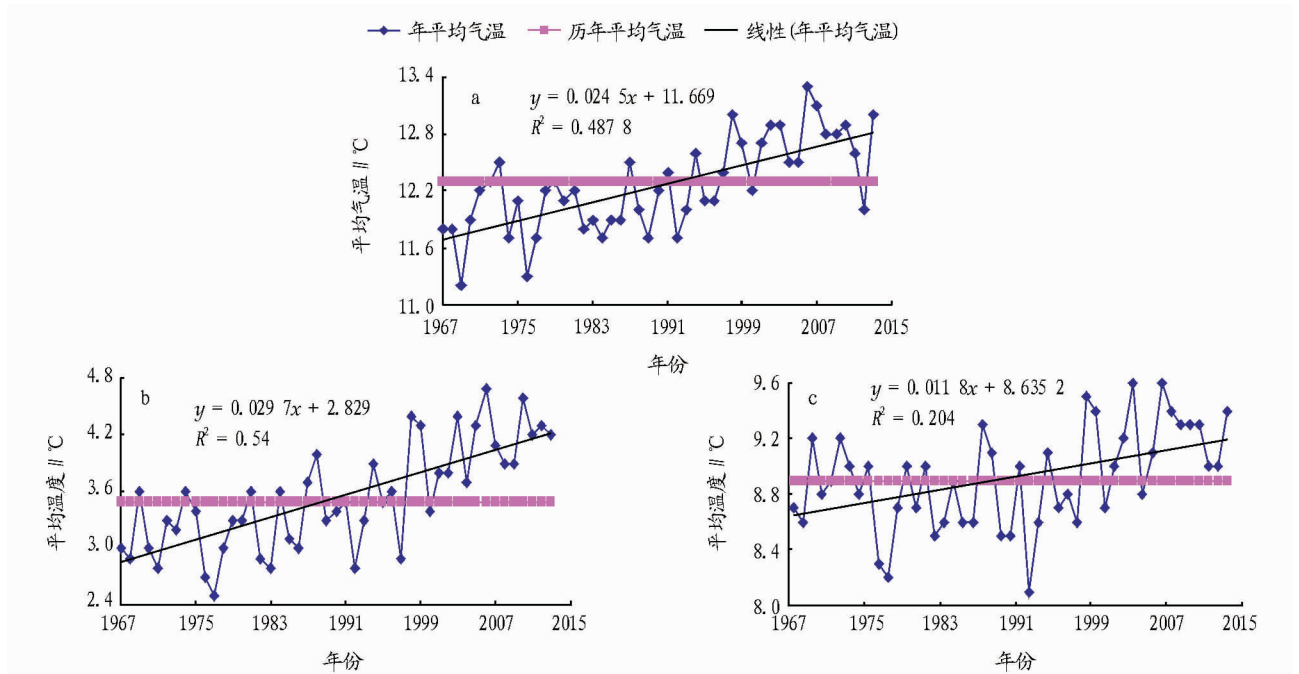


图4 1967 ~ 2013 年干旱河谷地区(a)、丘状高原地区(b)、高山峡谷地区(c)年平均气温变化

3 结论

(1)阿坝州近 47 年平均气温总体呈上升趋势,上升倾向率为 0.228 °C/10a,且从 1998 年开始气温上升趋势明显,最近 17 年平均气温比前 30 年平均值偏高 0.7 °C,进入明显增暖期。其中干旱河谷地带气候变化倾向率为 0.245 °C/10a、丘状高原地带为 0.297 °C/10a、高山峡谷地区为 0.118 °C/10a。从年平均气温年代际资料统计看出,阿坝地区 20 世纪 60 年代、70 年代偏低 0.3 °C,80 年代偏低 0.2 °C,90 年代正常,21 世纪初偏高 0.4 °C,2010 ~ 2013 年偏高 0.5 °C,表明近 14 年增温明显,增温主要贡献是阿坝州西北部海拔 3 000 m 以上的丘状高原地区。

(2)阿坝地区年平均最低气温的方差最大,表明最低气温的变化离开平均值较远,对阿坝地区气温上升贡献较大。

(3)近 47 年阿坝地区冬季气温线性增幅最大(0.317 °C/10a),夏季增幅最小(0.232 °C/10a),而春季和秋季气温

增长率介于冬夏之间,气候变暖最大的贡献者是冬季变暖。

(4)近 47 年阿坝地区冬季气温变幅较大,其中 12 月气温变幅最大,表明气温变化在冬季有着非常明显的波动。阿坝地区 3 个区域气温变幅大小趋势也与整体一致,其中丘状高原变幅大小对阿坝高原整体影响最大。

(5)阿坝地区年平均气温自东南向西北随海拔由低到高而相应降低,不同海拔平均气温总体上呈明显增温趋势,海拔越高,变暖趋势越明显。

参考文献

[1] 孙成权,高峰,曲建升. 全球气候变化的新认识[J]. 自然杂志,2001,4(2):114-122.  
 [2] 宋连春,邓振镛,董安祥. 干旱[M]. 北京:气象出版社,2003:54-55.  
 [3] 王绍武. 近百年气候变化与变率的诊断研究[J]. 气象学报,1994,52(3):261-273.  
 [4] 李川,陈静,朱燕君. 川西高原近五十年气候变化的初步研究[J]. 高原气象,2003,22(S1):138-144.  
 [5] 周幼祥,苏钰林,王盛繁,等. 贵港市半个世纪气温变化特征分析[J]. 气象研究与应用,2011,32(S2):107-108.  
 [3] 侯建忠,王川,鲁渊平,等. 台风活动与陕西极端暴雨的相关及动力特征分析[J]. 热带气象学报,2005,25(2):203-207.  
 [4] 侯建忠,许新田,张小玲,等. 热带气旋活动对陕西 2007 年两次暴雨影响的综合分析[J]. 成都信息工程学院学报,2007,23(5):537-542.  
 [5] 李明,高维英,杜继稳,等. 远距离台风影响下的陕西大暴雨分析[J]. 干旱区研究,2011,28(3):515-517.

(上接第 148 页)

参考文献

[1] 杜继稳,侯明全,梁生俊,等. 陕西省短期天气预报技术手册[M]. 北京:气象出版社,2007:65-69.  
 [2] 侯建忠,张弘,杜继稳,等. 台风与高原东北侧冷锋暴雨的环境场及云图特征[C]//青藏高原东北侧突发性暴雨分析研究与应用. 北京:气象出版社,2005:92-98.