

文章编号: 1004-4965 (2006) 02-0203-06

台风活动与陕西极端暴雨的相关特征分析

侯建忠¹, 王川¹, 鲁渊平¹, 宁志谦¹, 杜继稳²

(1. 陕西省气象台, 陕西 西安 710015; 2. 陕西省气象局, 陕西 西安 710015)

摘 要: 利用 1970~2003 年 35 年间出现在陕西的极端暴雨与近海台风活动的资料, 对其进行时空分布统计分析和天气学、动力学诊断以及卫星云图等综合分析, 结果表明: 两者的相关率接近 87%; 7、8 两个月台风影响最为显著。与华北、东北地区比较, 陕西的极端暴雨以远距离影响的台风活动为主。影响台风有两类, 一类是台风在台湾岛附近登陆或以北海域活动的, 其水汽、能量主要以 850 hPa 层输送尤为明显, 这类台风云系与暴雨区之间的晴空区明显。另一类是台风在海南、广东或广西一带登陆或移动, 该类水汽、能量主要以 700 hPa 层输送最为显著。当台风在 125°E 以西, 且在 13~33°N 的范围内活动时, 该类台风活动对陕西的强降水作用明显, 是造成陕西极端暴雨的一个重要的因素。300 hPa 高空急流的先兆性对陕西极端暴雨具有一定的预报意义。影响台风的位置与影响云系对极端暴雨落区预报有帮助。

关键词: 台风; 陕西; 极端暴雨; 相关分析

中图分类号: P434.4

文献标识码: A

1 引言

台风是最强的暴雨天气系统, 国内不少极端暴雨记录都与台风活动有关。而且我国几次 24 h 降雨量超过 1 000 mm 的极端暴雨都是由台风引起的, 在我国内陆和北方, 虽然台风暴雨较少, 但一旦出现, 往往成为当地的极端暴雨。如著名的“75.8”河南特大暴雨以及“62.8”辽宁特大暴雨等^[1-3]。调查发现, 青藏高原东北侧的陕西地区也不例外, 多数极端暴雨和造成严重洪涝灾害的暴雨基本都有台风参与和影响, 如“77.7”延河大暴雨, “02.6”特大暴雨。可见台风活动不仅直接影响东南沿海省份大降水的强度及分布, 也能直接或间接影响造成我国北方和内陆省份的极端暴雨天气, 研究表明, 降水和台风活动统计最密切的区域不仅在我国东南沿海省份, 也与青藏高原的东侧附近区域密切相关^[4]。夏季发生在陕西的区域性暴雨与台风的路径和频次相关性较好^[5]。因此分析研究台风活动与陕西极端暴雨关系及其环流特征是十分有意义的。

2 影响台风与陕西极端暴雨事件的定义

考虑到陕西地处内陆, 将南海区域生成或从西北太平洋

生成并能西移至 128°E 附近及以西的台风定义为影响陕西极端暴雨降水的台风, 简称为影响台风。为分析方便, 把在西太平洋西部出现的台风、强热带风暴、热带低压统称为影响台风。当台风西行移过 120°E, 且继续西行时则称该台风为西行台风。在 125°E 和 23°N 附近登陆或转向北上的台风, 称为北上台风。在南海生成发展的台风, 台风路径西行的计为西行, 台风路径北上的计为北上。

以 1970~2003 年 35 年间, 陕西 97 个气象站降水记录 (20~20 h) 为基础, 对所有暴雨降水过程进行统计分析, 当陕西境内三个区域内 (陕南、关中和陕北) 任意区域有 10 个以上的测站 (县市) 出现了日降水大于等于 50 mm 的降水, 且本区内有 2 站日降水大于等于 100 mm, 其中有至少 1 个测站超过了 35 年的日降水纪录时, 称为陕西发生了一次极端暴雨降水过程。对于某一区域内暴雨站数小于 10 站, 也有测站创了 35 年的日降水纪录时, 或单独的测站出现的极端暴雨降水过程。本文将不作讨论和分析。

3 陕西极端暴雨的年月分布特征

3.1 年分布特征

按照上述定义的标准, 在过去的 35 年中, 陕西发生的极端暴雨降水事件共有 22 次, 年均仅有 0.6 次, 其中有台风

收稿日期: 2004-11-22; 修订日期: 2005-09-08

基金项目: 科技部社会公益基金研究项目 (2001DIB20095) 资助

作者简介: 侯建忠 (1960-), 男, 陕西澄城人, 高工, 学士, 主要从事天气气候预测及研究。E-mail: hhouljianzhong@sina.com

影响和参与的多达 19 次,相关率接近 87%,足见陕西极端暴雨降水过程与近海台风关系极为密切。极端暴雨最多的年份为 1978、1981 和 2003 年,各 2 次,最少的是 1970~1973、1976、1984、1985、1993、1994 等年份均未出现。最早出现的是 1978 年 5 月 29 日,最晚的是 1986 年 9 月 8 日;就年代而言,1970 年代末~1980 年代中期为高峰时期,1990 年代末~本世纪初有明显增加之势。如 2001、2002、2003 年均有出现。这一点与陕西区域性暴雨和大暴雨的年代分布特征具有一致性。

3.2 月、旬分布特征

统计分析发现,陕西极端暴雨降水过程的月分布为,5~9 月均可出现,其中 5、6 月各 1 次,9 月 1 次,其余的极端暴雨降水过程则均集中在 7、8 两个月,达 19 次之多,占了 87%。7、8 两个月基本上平分秋色,分别是 10 次和 9 次。在旬分布上 7 月下旬最多,共 5 次,7 月上旬和 8 月下旬各 4 次,这从另一方面提示我们在 7 月上旬、下旬和 8 月下旬期间,应该高度关注近海台风的活动对陕西出现极端暴雨的影响。而 7、8 两个月这个峰值正好与西太平洋台风活动最盛期同步,再次说明台风与陕西极端暴雨关系甚密。

3.3 影响台风活动的移动路径及区域

对比分析表明,当陕西出现极端暴雨时,影响台风多在 125°E 以西,15°N 以北区域内活动或在在该区域登陆,即影响台风活动在我国东南沿海范围内活动情况居多(表 1)。在 19 次有台风参与和影响极端暴雨的过程可归两大类,一类是:从西北太平洋偏西区域生成移入或在南海区域生成后北上进入该区,即影响台风大约在 120°E 以西和 20°N 以北的范围活动或在海南岛附近登陆的,共有 16 次,此类影响台风的活动位置整体偏西,移动路径以西行特征为主。值得一提的是这 16 次有台风参与和影响的极端暴雨降水过程中,有 7 次在 128°E 及 20°N 附近还另有一个台风存在(可称双台风型),如 1981.08.15、2001.07.27 等,这一特点也应引起重视。另一类影响台风活动基本位于我国台湾岛附近或以北区域,这类影响台风路径以北上特征较明显,其过程仅有 3 次,但此类台风活动范围较前一类纬度偏高,一般在 25°N 附近活动,最北可达 30°N 以北。巧合的是这 3 次过程强降水落区均集中在我国南北气候分界线秦岭山脉北侧的关中地区。分析还发现,对于台风在海南附近登陆 2 天后,陕西境内也能出现大范围区域性暴雨且有极端暴雨相伴的过程。这种出现大降水滞后现象,多发生在 8 月份,连阴雨形势中较为常见,如 2003.08.22~09.08 等。

上述分析结果,为我们揭示和提供了地处内陆的陕西极端暴雨与影响台风活动的相关气候特征以及影响台风活动路径特点。而影响台风的西行、北上或登陆使陕西地区处在一个十分有利的环境中,同时台风也为极端暴雨的发生、加强提供了必需的能量和水汽条件。这一点在下面的云图和动

力学分析中可得到印证。因此可以说影响台风的作用是造成陕西极端暴雨不可否认的一个非常重要的因素。

表 1 台风与陕西极端暴雨的相关统计简表

年月日	影响台风编号	台风位置(°N, °E)	暴雨落区和极大值站点	暴雨站数	极端暴雨站数	最大降水值/mm	台风活动情况
19770705	7705	24, 110	陕北, 安塞	12	3	102	西行登陆
19780704	7804	17, 102	关陕, 西乡	20	3	152	登后 2 日
19810815	8117	16, 116	陕北, 延安	13	2	140	西行, 双
19810821	8118	21, 105	关中, 太白	20	1	109	西行, 双
19820731	8210	31, 113	关中, 华阴	17	2	158	北上, 双
19910728	9109	28, 126	关中, 户县	13	3	130	北上, 双
19980707	9801	20, 118	关陕, 洋县	28	5	145	北上
20010727	0108	22, 108	陕北, 黄陵	15	2	177	北上, 双
20020609	0204	20, 123	关陕, 佛坪	37	3	210	北上
20030829	0313	22, 105	关陕, 宁陕	44	3	195	登后 2 日

注:关陕即关中和陕南。

4 影响台风与极端暴雨时的环流、水汽特征分析

4.1 影响台风与极端暴雨时的环流特征分析

在多数极端暴雨发生的前一时次的 500 hPa 环流形势图上,中纬度地区环流形势以东高西低型特征居多,有时上游地区仅有一短波槽存在;而陕西以东的广大区域为副热带高压所控制,副高脊线一般在 29°N 附近,副高中心则在长江流域的汉口-上海之间移动。仅有 1992.08.12 这一次极端降水过程,副热带高压极强,副热带高压合并加强西伸控制了甘肃大部地区(即与青藏高原打通)。足见发生在陕西的极端性暴雨与副热带高压的关系相当密切,极端性暴雨落区一般多出现在副热带高压的西北侧或西侧;副热带高压的位置和强度此时则多受从西北太平洋偏西区域生成西移或在南海区域生成后北上的台风影响明显,使副热带高压向有利于青藏高原东北侧的陕西出现极端降水的环流形态调整。即影响台风的出现可使副热带高压西伸、北抬、东撤和南压或稳定、加强和减弱。

进一步分析表明,虽然上述两类影响台风路径和活动区域不同,500 hPa 环流特征不完全统一,但陕西出现极端暴雨时对流层高层的 300 hPa 环流特征更具有有一定规律性。那就是几乎所有的极端暴雨降水过程中,在前一日的 300 hPa 图上与极端暴雨落区相对应的均为高压环流区(即反气旋环流),这充分说明高层的高压环流是陕西极端暴雨发生的必要条件。与此同时,在高压环流区北侧有一急流带存在,当日 08 时的 300 hPa 风矢量图上(图略),在 33~38°N 均存在一个自南向北递增,并且沿纬向的 15~25 m/s 急流带。在急流带以南的广大地区多数为小风速区域,有时接近无风速区域。特别值得注意的是,当上述急流带位置偏南,则极端暴雨降水落区偏南。反之,急流带位置偏北,暴雨落区相应

北移。可见 300 hPa 的急流带,在陕西极端暴雨降水过程发生前期起着重要的引导性作用,这与我们日常的天气预报业务中发现的 300 hPa 超前暴雨出现的结论是一致的。而这支偏西风急流的存在和维持,可以使极端暴雨区高层存在和维持强烈辐散。因此,在陕西的极端暴雨降水过程产生时该急流带为极端暴雨提供高层抽吸作用,增加了暴雨的对流强度,既促使垂直环流的发展,又可把极端暴雨区上空的凝结热迅速带走,使暴雨区的不稳定得以不断重建,而使暴雨得以加强与维持。这与一些远距离台风暴雨降水出现在高空激流入口区右侧强辐散的下方处的研究成果相一致^[6-9]。

对流层中低层的 700 hPa 流场上同样存在着一个东高西低的共同特征,即在河套地区南端的西安、汉中一带以南广大地区几乎均为低值区域(低压区)或有切变存在;位于黄河中下游及陕西东部的河南、山西和湖北西部为高值区域(高压区)(图 1)。多数情况下,随着台风西行移入海南附近或登陆,台风倒槽不断加深,受其影响,环流演变使上述低压区和切变向有利于降水的形式演变,在南海的 110°E 附近的偏南急流明显加强,急流不断向北延伸,此急流的加强、北伸与台风活动紧密相联系。再将极端暴雨的前一日 08 时和当日 08 时的风场比较发现,对于极端暴雨产生时,急流演变的特征较统一,即西安、汉中、安康均为一致的偏南气流或偏西南气流(影响台风在海南附近),有时甚至有偏东南气流存在(影响台风在台湾岛附近)。在大范围的极端暴雨的当日 08 时 700 hPa 风场中的风速较前一时次明显加强,不少情况下在风向相同时,风速甚至可以增加一倍之多。这足以说明是由台风影响造成的,来自东南沿海的偏东南或偏南急流在陕西极端暴雨发生时起到了关键的一个环节,即触发作用^[10]。

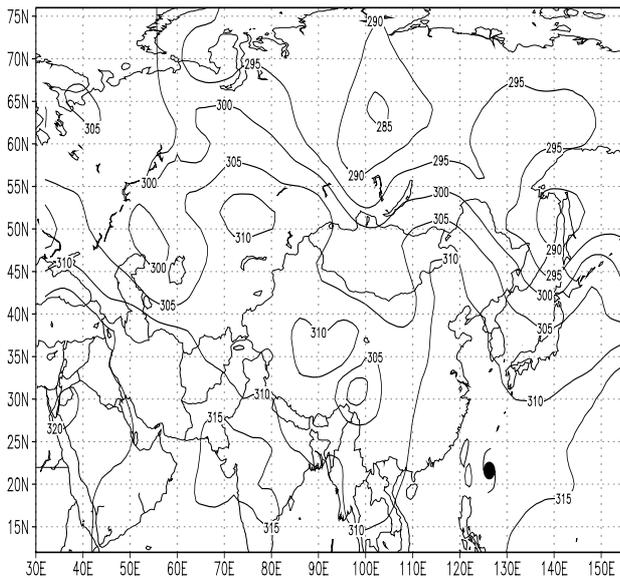


图 1 2002 年 6 月 8 日 20 时 700 hPa 形势

4.2 影响台风与极端暴雨间的水汽输送特征分析

通过对陕西极端暴雨时的水汽输送分析发现,一类是影响台风在海南附近,水汽、能量主要以 700 hPa 输送最为显著,另一类影响台风在台湾岛附近,水汽、能量则以 850 hPa 甚至在更低层的 925 hPa 输送最为显著。以“02.6”极端暴雨为例,6 月 8 日 20 时,850 hPa 图上福州、上海两测站分别由原来的 6 m/s 东北风和静风猛增为 8 m/s 和 12 m/s 的东南风,甚至地处内陆的郑州站也由原来 8 m/s 的东南风迅速增为 18 m/s,正是这支较强东南暖湿气流为陕西“02.6”极端暴雨提供了充沛的水汽来源和强烈的低层动力辐合条件。这也可从 8 日 08~20 时客观诊断分析的水汽通量图中直接清楚地看出来(图略)。图中在陕西东侧有明显的偏东暖湿气流存在,在台风活动的台湾岛附近也有明显的强偏东南暖湿气流向大陆输送。同时还可利用 8 日 20 时 850 hPa 的流场分布图进一步验证,图中显示,影响台风的北侧为宽广、一致的偏东南气流辐合流向陕西,出现极端暴雨的陕南正好处在一个辐合的低压环流中心区域(图 2)。另外对此次极端暴雨发生过程中比湿变化分析发现,随着极端暴雨的临近和台风西移、北上,原来(8 日 08 时)东南-西北向的比湿锋区(图 3)逐步北抬并演变为近于东西向的比湿锋区,说明台风西移、北上为陕西暴雨区提供了充沛的水汽。而上述两类输送水汽及能量的路径分别是通过沿南海的 110°E 附近的低层偏南急流和沿福州、上海乃至郑州一线的偏东南急流来实现的。由此可知,位于对流中低层的偏南或偏东南急流是极端暴雨低层辐合条件。并导致不稳定性增强和不稳定能量积蓄和释放,是极端暴雨的触发机制^[10]。另外低空急流所带来的水汽上升、加速,转向并与高空急流合并,增强了高空急流,也促使低空辐合加强与暴雨的加强。这样就构成了陕西极端暴雨的极为有利的条件^[11, 12]。

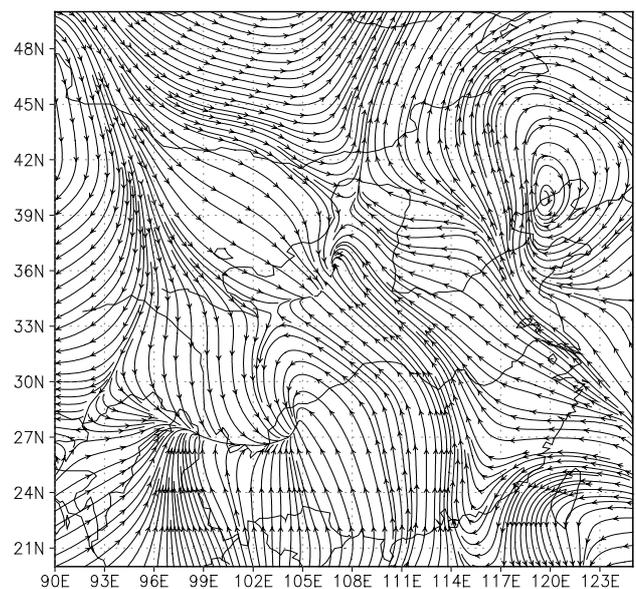


图 2 2002 年 6 月 8 日 20 时 850 hPa 流场分布

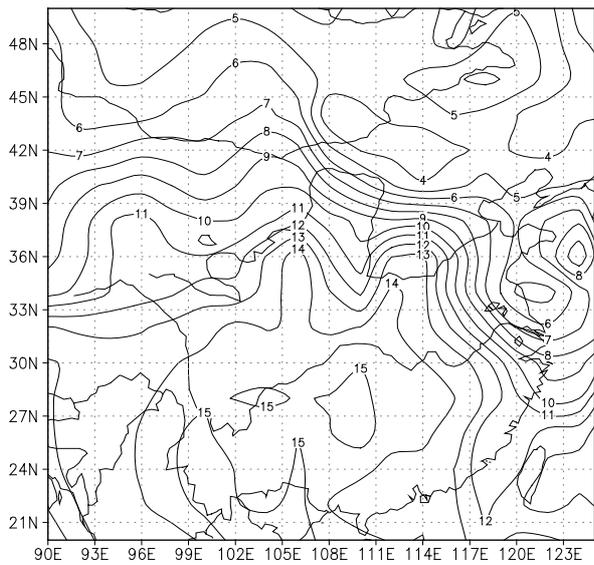


图3 2002年6月8日08时850 hPa比湿分布 单位: g/kg。

综合上述分析,可给出影响台风在台湾岛附近活动时,对陕西极端暴雨影响作用的示意图(图4),它直观显示了影响台风、副热带高压、影响云系(西风槽系统)、高低空急流之间相互作用位置和关系及其极端暴雨的落区。使人们清楚地了解近海台风影响、造成陕西极端暴雨的系统配置情况。

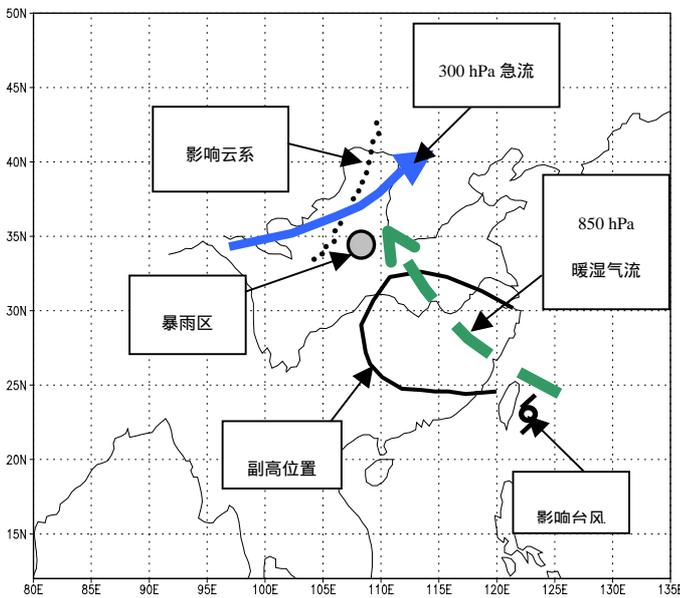


图4 台风与陕西极端暴雨影响作用示意图
台风在台湾附近型。

5 极端暴雨时卫星云图特征

卫星云图可以直接反映极端暴雨降水过程中的中尺度系统的发展、演变特征,从宏观上直观而清楚地分析影响台

风及台风云系与造成极端暴雨云系和副热带高压相互作用的有利配置以及相互发展、演变的特点,对确定极端暴雨出现的时间、位置、强度有很大帮助。极端暴雨降水过程中云图分析显示,当影响台风在台湾岛附近海域时,陕西的极端暴雨强降水区,多数出现在冷锋云系前部^[16],并有中尺度云团相配合,几个中尺度对流云团的相互发展、合并和加强是造成极端暴雨的直接因素。由冷锋东移造成的极端暴雨降水过程,在台风云系与冷锋云系之间(极端暴雨区)的晴空区非常明显(图5),两个云系之间相距在1000 km以上。说明热带高压比较强盛,影响台风对副高具有阻塞、稳定作用,进而使位于副高西北侧的冷锋能够加强、发展。这是远距离台风暴雨降水增强的另一个主要原因。但影响台风在海南附近登陆、活动或广西附近登陆、活动时,虽然极端暴雨降水区也出现在冷锋云系前部的中尺度云团,其主要是登陆台风外围云系与东移冷锋云系的前沿相交汇、结合、加强和发展所致。影响台风与西风带中的影响云系之间晴空区则不太明显。

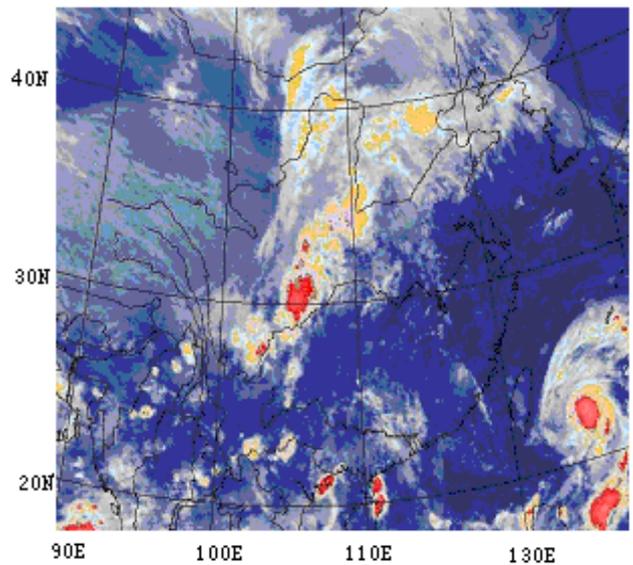


图5 2002年6月9日04时FY-2红外卫星云图

6 台风对陕西极端暴雨和华北、东北特大暴雨影响比较分析

把近海台风活动对陕西的极端暴雨和华北、东北(以下简称两北)地区的特大暴雨影响作用^[13-17]比较可以看出,台风对两北地区极端暴雨的影响,在时间上,具有同步性,均集中在7~8月,强度上都造成当地出现极端暴雨,在影响距离上,陕西几乎以单纯的远距离台风影响为主,影响台风与暴雨落区距离一般在1000 km以上;但两北地区距离远近相差甚大,近的几十 km,最远可达2000 km^[13]。

高低空急流和水汽、能量输送方面,两北地区在暴雨前

期或发生时其 300 hPa 都有高空急流存在 而 700 hPa 和 850 hPa 东南向的低空急流却存在差异, 陕西是低空急流与极端暴雨几乎同时出现。两北地区一般都具有提前量, 低空急流多超前极端暴雨出现。急流提前反映的征兆是: 陕西地区的 300 hPa 高空急流多在极端暴雨产生前 12~24 h 就可出现, 两北地区的则以低空急流影响为主, 低空急流多在暴雨产生前 12~24 h 出现, 这两个先兆特征对两北地区的极端暴雨各有一定的预报意义。

影响台风的移动路径方面, 两北地区出现极端暴雨时, 影响台风多在台湾附近或以北区域登陆和北上。陕西除上述此类影响台风外, 还有在海南、广东和广西登陆、活动的另一类影响台风存在。在水汽及能量输送方面, 两北地区发生极端暴雨时, 若台风在台湾附近活动, 水汽和能量输送都以对流中低层的 850 hPa 层输送尤为明显。而陕西另一类影响台风, 其水汽和能量输送则是 700 hPa 输送要明显。

在云图方面对比显示, 陕西和两北地区(特别是东北)不少的极端暴雨都是西风带中的冷锋与远距离影响台风相互作用的结果。直接产生极端暴雨的是位于西风带冷锋云系前部的中尺度对流云团, 台风云系与冷锋云系之间的晴空区明显, 两个云系之间相距 1 000~2 000 km 不等, 其间无云系相连。因此在云图上应及时掌握中尺度对流云团生成前的特征, 利用大尺度天气背景可做好、做准这类暴雨预报。

7 结 论

(1) 陕西极端暴雨事件与影响台风关系极为密切, 相关

率接近 87%, 在时间上, 7、8 两个月台风的活动对陕西极端暴雨的影响最为显著。区域范围上, 在当台风原地生成或从西太平洋西移穿过 125°E, 且在 13~33°N 的范围内, 并继续西行或北上时, 该台风活动对陕西的强降水影响明显。

(2) 陕西出现极端暴雨时, 影响台风为两种类型, 一类是台风位置多在我国台湾岛附近登陆或以北的海域活动型, 其水汽、能量主要以 850 hPa 层输送尤为明显。另外一类是在海南、广东或广西一带登陆或移动, 该类水汽、能量主要以 700 hPa 层输送最为显著。

(3) 影响台风与极端暴雨的相互作用, 主要通过对流层高层 300 hPa 纬向急流高空辐散和对流层中低层台风低压环流北侧的东南急流辐合输送水汽、能量来完成的, 这是远距离台风暴雨降水增强的一个重要原因。300 hPa 高空急流提早出现这个先兆性对陕西极端暴雨具有一定的预报意义。

(4) 云图分析显示, 极端暴雨强降水区, 多数出现在冷锋云系的前部, 强降水多由中尺度对流云团所致, 影响台风与影响云系之间晴空区存在差异, 它与影响台风所处的位置有关, 这种云图特征对造成极端暴雨预报和落区预报十分有帮助。

参 考 文 献:

- [1] 陶诗言. 中国之暴雨[M]. 北京: 科学出版社, 1980: 121-133.
- [2] 王继志. 近百年西北太平洋台风活动[M]. 北京: 海洋出版社, 1991: 25-100.
- [3] 蒋尚城. 中低纬度系统的相互作用和大范围暴雨[C]//北方天气文集. 北京: 北京大学出版社, 1983: 1-10.
- [4] 卓 嘎, 谢金南, 马镜娴. 登陆台风与我国降水的统计关系[J]. 高原气象, 2000, 19(2): 260-264.
- [5] 侯建忠. 台风与陕西区域性暴雨的关系与环流特征[J]. 陕西气象, 1997(2): 5-8.
- [6] 郁淑华, 何光碧, 滕家谟. 台风对四川盆地西部突发性暴雨影响的数值试验[C]//第 10 届全国热带气旋科学讨论会论文摘要文集. 浙江 杭州, 1996: 176-177.
- [7] 李江南, 王安宇, 杨兆礼, 等. 台风暴雨的研究进展[J]. 热带气象学报, 2003, 19(增刊): 152-159.
- [8] 丁治英, 张兴强, 何金海, 等. 非纬向高空急流与台风远距中尺度暴雨的研究[J]. 热带气象学报, 2001, 17(2): 144-145.
- [9] 杨引明, 郑永光, 陶祖钰, 等. 上海热带低压特大暴雨分析[J]. 热带气象学报, 2003, 19(4): 413-458.
- [10] 雷小途, 陈联寿. 热带气旋与中纬度环流系统相互作用的研究进展[J]. 热带气象学报, 2001, 17(4): 452-461.
- [11] 蒋尚城. 远距离台风影响西风带特大暴雨的过程模式[J]. 气象学报, 1983, 41(2): 147-158.
- [12] 江敦春, 党人庆, 朱志宏, 等. 台风暴雨中尺度系统与结构的数值研究[J]. 热带气象学报, 1997, 13(2): 168-172.
- [13] 蒋尚城, 谢 安, 谢义炳, 等. 西太平洋台风与北方暴雨[C]//北方灾害性天气文集. 北京: 气象出版社, 1981: 6-10.

- [14] 蒋尚城, 林楠. 85年9号台风与辽宁特大暴雨的卫星云图分析[J]. 北京大学学报(自然科学版), 1988, 24(3): 351-362.
- [15] 郑秀雅, 张廷治, 白人海, 等. 东北暴雨[M]. 北京: 气象出版社, 1992: 10-152.
- [16] 《华北暴雨》编写组. 华北暴雨[M]. 北京: 气象出版社, 1992: 10-130.
- [17] 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.

ACTIVITY OF TYPHOONS AND EXTREME RAINSTORMS IN SHANXI PROVINCE

HOU Jian-zhong¹, WANG Chuan¹, LU Yuan-ping¹, NING Zhi-qian¹, DU Ji-wen²

(1. Shanxi Meteorological Observatory, Xi'an 710015, China;
2. Shanxi Province Meteorological bureau, Xi'an 710015, China)

Abstract: Based on the data of extreme rainstorms in Shanxi and near-coast typhoon movements in the past 35 years from 1970 to 2003, analyzing the time-space distribution statistics, synoptic meteorology, dynamical diagnosis and cloud image feature, this paper indicates that: the correlation rate is close to 87% and the typhoon influence is most obvious in July and August. Compared to north and northeast China, extreme rainstorms in Shanxi are pivotally influenced by long-distance typhoon movements. There are two kinds of typhoons influencing the rainstorm in Shanxi Province. One makes landfall on or moves around the island of Taiwan which transports large amount of vapor and energy at 850 hPa, and the cloud image between the two regions is featured by cloudless sky. The other is near or makes landfall on Hainan island, Guangdong province or Guangxi province, transporting large amount of vapor and energy at 700 hPa, especially when typhoon is active to the west of 125 °E and within 13 ~ 33 °N. This kind of typhoon plays an important role in the rainstorm in Shanxi Province. 300-hPa-high jets are of some indication in forecasting extreme rainstorm weather. The cloud image and typhoon's activity are also precursory to the forecasting of extreme rainstorm weather when using the rule and characteristics.

Key words: Typhoon activity; Shanxi province; Severe rainstorm; correlation analysis