

青藏高原东北侧致洪暴雨湿位涡特征分析

艾丽华, 井 喜

(榆林市气象局, 陕西榆林 719000)

摘 要: 利用湿位涡理论, 对青藏高原东北侧致洪暴雨作系统分析。根据 700 hPa 湿正压场特征, 将青藏高原东北侧致洪暴雨分为 3 种类型: 陕北和鄂尔多斯高原致洪暴雨、川东北和陕南致洪暴雨、青藏高原东北侧大范围致洪暴雨。归纳总结了 3 种致洪暴雨不同阶段 700 hPa 湿正压场、湿斜压场特征。为青藏高原东北侧致洪暴雨的预报研究提供参考依据。

关键词: 青藏高原东北侧; 湿位涡; 致洪暴雨

中图分类号: P426.62

文献标识码: A

青藏高原东北侧是洪涝灾害多发地带, 1977 年 7 月 6 日延河特大暴雨、8 月 2 日陕蒙交界地带特大暴雨、2002 年 6 月 9 日佛坪特大暴雨、7 月 4—5 日子长特大暴雨给当地人民生命财产造成

重大损失。开展青藏高原东北侧致洪暴雨的研究, 对防灾减灾具有十分重要的意义。应用湿位涡理论, 对青藏高原东北侧致洪暴雨作了较系统的分析研究, 以便对今后的暴雨预报提供一些有益的

收稿日期: 2010-07-08

基金项目: 中国气象科学研究院灾害天气国家重点实验室基金 (2007LASW10)

作者简介: 艾丽华 (1960—), 女, 陕西西脂人, 工程师, 主要从事统计和行政执法等。

雨区降水天气自西向东逐渐减弱结束, 海拔 1.9 ~8.0 km 风速逐渐减小, 07:38 海拔 2.0 km 以上全部转为西北气流, 暴雨区降水迅速减弱。

5 小结与讨论

5.1 2009 年 7 月 7—8 日区域性暴雨天气过程基本分为两个时段, 第一个时段是强对流产生的局地暴雨, 历时短雨强大。第二个时段是大范围暴雨, 雨强相对小, 持续时间长。第一个暴雨时段对应着低空急流建立的过程, 风速辐合增强了对流体低层的辐合, 是有利于强降水产生的动力条件。

5.2 对流体中低层辐合、高层辐散情况下出现中层辐合区特征可作为强降雨出现时段和出现地点的一个指示, 在短时临近预警时可作为强降雨重点预警区域考虑。

5.3 低空偏南急流增强和中高空西南气流风速的增大为区域性暴雨的发生提供了较好的上升运

动条件和水汽辐合、抬升条件。

5.4 区域性暴雨天气的发生, 对应着 4 层气流, 低层海拔 1.9 km 以下偏东急流, 低空海拔 2.0~4.0 km 的偏南急流, 中高空海拔 4.0~8.0 km 的风速 ≥ 12 m/s 的西南气流, 高空 8.0 km 以上的西北气流。各层气流随高度上升逐渐顺时针旋转。区域性的暴雨天气与中低空急流密切相关: 低空偏东急流是大范围暴雨天气的触发者, 中低空急流建立、增强, 区域性暴雨随之出现、增强; 中高空西北气流侵入, 中低空急流遭到破坏, 区域性暴雨天气迅速减弱结束。

参考文献:

- [1] 俞小鼎, 姚秀萍, 熊廷南, 等. 多普勒天气雷达原理与业务应用 [M]. 北京: 气象出版社, 2006.
- [2] 毕旭, 罗慧, 刘勇. 陕西中部一次下击暴流的多普勒雷达回波特征[J]. 气象, 2007, 33(1): 70-73.

依据。

1 致洪暴雨的定义及分类

根据暴雨尺度、日降水量、灾情，给出致洪暴雨的定义：(1) 鄂尔多斯高原、宁夏、甘肃东部、陕北、关中、陕南、川东北有 1 站日降水量 ≥ 100 mm，另有 5 站日降水量 ≥ 50 mm，或上述区域有 1 站日降水量 ≥ 200 mm，另有 5 站日降水量 ≥ 25 mm；(2) 根据灾情调查，暴雨造成山洪爆发、河水泛滥，对当地国民经济或人民生命财产造成重大损失。

根据致洪暴雨的定义，选取 2001—2005 年 10 个暴雨过程(表略)，根据暴雨落区、尺度不同，分为 3 种类型，即：陕北和鄂尔多斯高原致洪暴雨、川东北和陕南致洪暴雨、青藏高原东北侧大范围致洪暴雨，并分析致洪暴雨湿位涡场特征。

2 湿位涡特征分析

2.1 陕北和鄂尔多斯高原致洪暴雨

以 2002 年 7 月 4—5 日陕北子长致洪暴雨(日降水量达 290 mm，直接经济损失达 1 亿元)为例来讨论。

2.1.1 湿正压场特征 发生发展阶段：3 日 20 时(图 1a)，700 hPa 等压面上，盐池附近生成湿正压(用 V_{MP1} 表示，单位为 10^{-1} PVU， $1 \text{ PVU} = 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$) < -1.6 PVU 的 β 中尺度强对流不稳定核心区，同时在民勤和格尔木之间生成 α 中尺度对流稳定区，对应第一次致洪暴雨的生成和发展。4 日 08 时第一次致洪暴雨结束时，强对流不稳定核心区稳定少动，但民勤和格

尔木之间 α 中尺度对流稳定区消失(图略)。4 日 20 时(图略)，700 hPa 延安西南次低空急流左侧东胜和盐池之间生成 $V_{MP1} < -1.4$ PVU 的 β 中尺度强对流不稳定核心区，民勤和兰州之间生成 α 中尺度对流稳定区，对应第二次致洪暴雨的生成和发展。由上述分析可见，700 hPa 延安西南次低空急流左侧 β 中尺度强对流不稳定核心区的生成，配合对流不稳定区上游 α 中尺度对流稳定区的生成，陕北及鄂尔多斯高原形成有利于中尺度暴雨发生发展的湿正压场。消弱阶段：5 日 08 时致洪暴雨结束时，700 hPa 对流不稳定区上游生成的对流稳定区再次消失；从纬向剖面图上看到，暴雨区对流层低层大气对流不稳定性大幅度减弱(图略)。

2.1.2 湿斜压场特征 发生发展阶段：3 日 20 时，700 hPa 等压面上，西安至榆林生成和延安西南次低空急流配合向北伸展的湿斜压场(用 V_{MP2} 表示，单位为 10^{-1} PVU) 高值舌(图 1b)， V_{MP2} 和 $V_{MP1} < 0$ 配合的区域，正是第一次致洪暴雨发生的区域。4 日 08—20 时(图略)，伴随河套东部大气湿斜压性再度增强， V_{MP2} 高值舌和 $V_{MP1} < 0$ 配合的区域产生第二次致洪暴雨区。由上述分析可见，700 hPa 大气湿斜压高值区的生成和 $V_{MP1} < 0$ 对流不稳定区的配合，形成有利于中尺度强对流系统发生发展的湿位涡场。消弱阶段：5 日 08 时，伴随暴雨区对流层中高层大气湿斜压性再度出现大幅度减弱(图略)，不利于中尺度强对流系统的生成和发展。

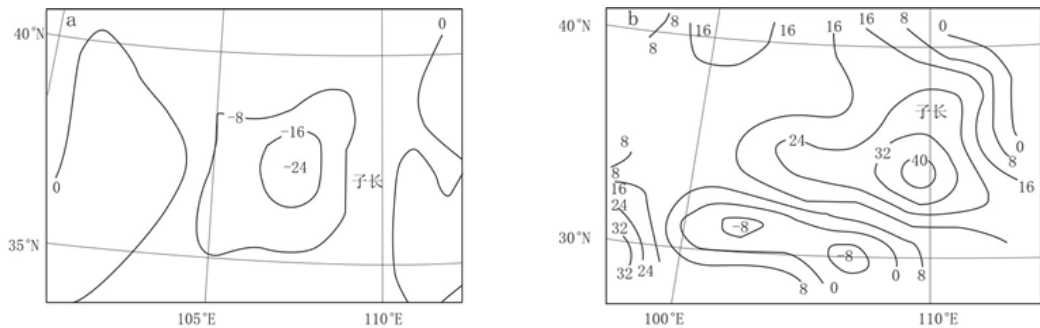


图 1 2002-07-03T20 700 hPa 湿正压场 (a)、湿斜压场 (b) (单位： 10^{-1} PVU)

2.2 川东北和陕南致洪暴雨

以 2004 年 9 月 2—6 日川东北和陕南出现持

续致洪暴雨为例(开县降水量达到 298 mm，直接经济损失达 61 亿元)。

2.2.1 湿正压场特征 发生发展阶段：3日08时，700 hPa等压面上，达州西南低空急流左侧（川东北辐合区）生成 $V_{MP1} \leq -0.3$ PVU的 β 中尺度强对流不稳定核心区，秦岭至甘南（暴雨区北方）、川中至川西（暴雨区上游）和暴雨区下游（107°E以东）分别生成 α 中尺度对流稳定区（见图2a）。这种对流不稳定区和对流稳定区的分布形式，一直维持到6日08时，川东北和陕南形成有利于中尺度强对流系统不断生成和发展的区域。消弱阶段：从5日08时湿正压纬向剖面图（图略）可见，暴雨区上空850~700 hPa对流不稳定性大幅减弱。6日08时，对流不稳定层仅存在于700 hPa以上的对流层中高层。

2.2.2 湿斜压场特征 发生发展阶段：3日08时，700 hPa等压面上，武都和兰州之间生成 $V_{MP2} \leq -0.6$ PVU中尺度湿斜压中心；从达州、安康至南阳生成 $V_{MP2} \geq 2.4$ PVU的湿斜压高值带，达州附近生成 $V_{MP2} \geq 3.0$ PVU湿斜压高值中心；正负湿斜压中心的配合，在川东北和陕南生成一条

V_{MP2} 等值线密集区（图2b）。湿正压场和湿斜压场的配合，使川东北至陕南维持 V_{MP2} 等值线密集区和 β 中尺度强对流不稳定核心区的耦合，有利于中尺度强对流系统的不断生成和发展。消弱阶段：5日20时开始，700 hPa湿斜压中心迅速减弱东北移。

2.3 青藏高原东北侧大范围致洪暴雨

以2002年6月8日致洪暴雨为例（汉中佛坪县日最大降水量达489.2 mm，直接经济损失超过20亿）。

2.3.1 湿正压场特征 发生发展阶段：7日08时，从阴山山脉西侧、银川、兰州、陕南至川东北生成尺度大于10个纬距对流不稳定带，阴山山脉西侧、兰州附近、川东北分别生成3个对流不稳定中心（图3a）。7日20时（图略），伴随高原 $V_{MP1} > 0$ 的对流稳定区的生成，对应四川和陕南第一次致洪暴雨的产生；7日20时至8日08时（图略），伴随河套西部 $V_{MP1} > 3.0$ PVU的强对流稳定中心的生成，对应银川及其周边地区第一次

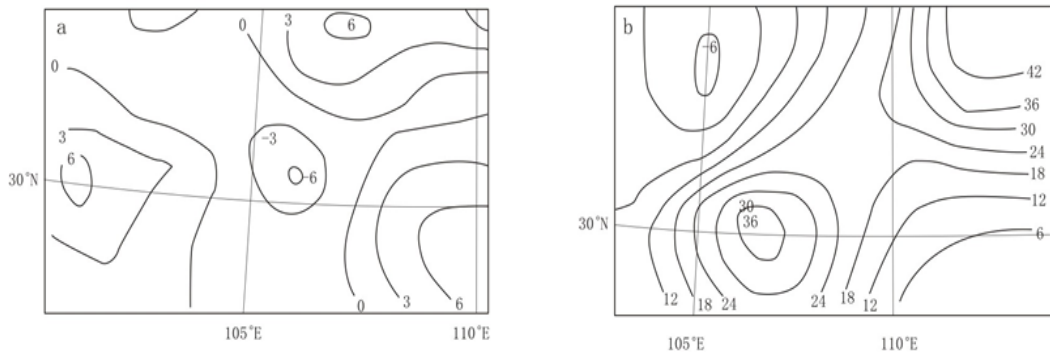


图2 2004-09-03T08 700 hPa 湿正压场 (a)、湿斜压场 (b) (单位： 10^{-1} PVU)

致洪暴雨的产生。8日08—20时（图略），随着河套西部对流稳定中心东移，鄂尔多斯高原出现致洪暴雨。8日20时（图略），川中再次生成对流稳定中心，在川东北和陕南 $V_{MP1} \leq -0.4$ PVU中尺度强对流不稳区再次发生致洪暴雨。从8日20时过川东北暴雨区的湿正压纬向剖面图（图略）上看到，暴雨区边界层850 hPa对流不稳定强烈发展，生成 $V_{MP1} = -2.0$ PVU强对流不稳定中心；700~500 hPa生成表示冷空气活动 $V_{MP1} > 0$ 的对流稳定层叠置在川东北边界层强对流不稳定中心

之上，川东北形成有利于对流不稳定能量充分储存和释放的空间湿正压场配置形式。消弱阶段：从8日20时过鄂尔多斯暴雨区的湿正压纬向剖面图（图略）上看到，由于对流不稳定能量的充分释放，边界层925 hPa仅存在弱的对流不稳定；从9日08时过川东北暴雨区的湿正压纬向剖面图（图略）上看到，暴雨区西部 V_{MP1} 正值区获得较大发展，暴雨区表示对流不稳定的 V_{MP1} 负值区抬高变薄。

2.3.2 湿斜压场特征 发生发展阶段：7日20

时,民勤、兰州到巴塘同时生成一条 V_{MP2} 等值线密集区(图3b),湿斜压场和湿正压场的配合在绕高原低空急流左侧形成有利于中尺度强对流系统生成和发展的区域,对应青藏高原东侧第一次大范围致洪暴雨的产生。8日08时,青海中部大气湿斜压性出现第一次减弱(图略)。8日20时至9日08时,伴随700 hPa高原低涡西南部再次生成 α 中尺度正的湿斜压中心区($V_{MP2} \geq 4.0$ PVU),

从民勤、兰州、武都至成都生成 V_{MP2} 等值线密集区(图略),湿斜压场和湿正压场的配合在低空急流左侧再次形成一条有利于中尺度强对流系统生成和发展的区域,对应青藏高原东侧第二次大范围致洪暴雨的产生。消弱阶段:9日20时从700 hPa湿斜压场(图略)上看到,和西北急流耦合的 V_{MP2} 正值区东移控制暴雨区。

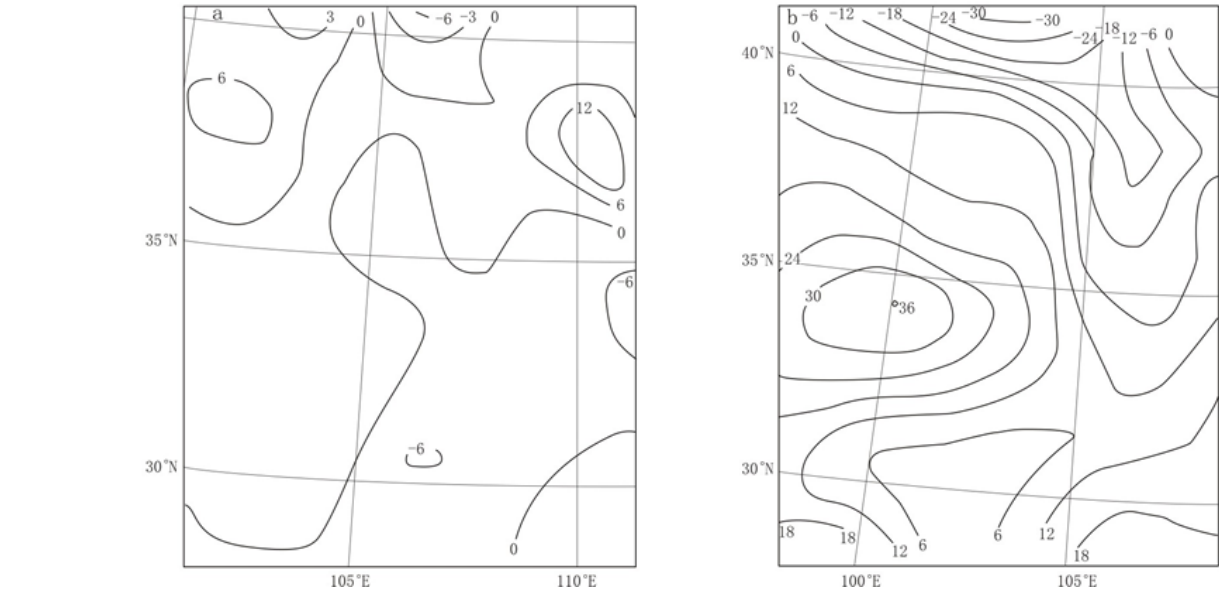


图3 2002-06-07T08 700 hPa 湿正压场 (a)、07T20 700 hPa 湿斜压场 (b) (单位: 10^{-1} PVU)

3 结论

3.1 陕北和鄂尔多斯高原致洪暴雨的发生发展: 对应700 hPa上陕北和鄂尔多斯高原有 $V_{MP1} < -1.6$ PVU的 β 中尺度强对流不稳定核心区的生成,700 hPa有湿斜压高值中心或由湿斜压高值中心向北伸展的湿斜压高值区和700 hPa $V_{MP1} < 0$ 配合的对流不稳定区,即为暴雨的发生发展区;而暴雨的消弱,表现为暴雨区对流层中高层大气湿斜压性大幅度减弱。

3.2 川东北和陕南致洪暴雨的发生发展: 在700 hPa湿正压场上,川东北生成 $V_{MP1} \leq -0.3$ PVU的 β 中尺度对流不稳定核心区;700 hPa湿斜压场上,从川东北至山西南部生成一湿斜压高值带,同时在高值带的西北侧(川东北和陕南地区)生成一 V_{MP2} 等值线密集区。暴雨的消弱: 在湿正压

场上对应暴雨区边界层对流稳定层的形成、对流不稳定层的抬高变薄;在湿斜压场上对应700 hPa川东北和西南低空急流耦合正湿斜压中心区迅速减弱东移。

3.3 青藏高原东北侧大范围致洪暴雨的发生发展: 在700 hPa湿正压场上首先出现青藏高原东侧有尺度大于5个纬距 $V_{MP1} < 0$ 对流不稳定带生成;之后700 hPa湿斜压场,青海和川西高原有尺度大于5个纬距、 $V_{MP2} \geq 1.2$ PVU的湿斜压高值区(中心 $V_{MP2} \geq 2.4$ PVU)生成,湿斜压高值区前方的 V_{MP2} 等值线密集区和 $V_{MP1} < 0$ 对流不稳定带形成配合。暴雨的消弱: 在700 hPa湿正压场上表现为 $V_{MP1} > 0$ 对流稳定区东移南压移入致洪暴雨区;700 hPa湿斜压场上表现为 V_{MP2} 正值区东移控制暴雨区。