

文章编号 :1006-7639(2004)-02-0017-06

2002 年 6 月 7~8 日宁夏区域性暴雨天气过程分析

纪晓玲¹, 贾宏元², 沈跃琴²

(1. 宁夏气象防灾减灾重点实验室, 宁夏 银川 750002 2. 宁夏气象台, 宁夏 银川 750002)

摘 要 利用常规气象资料、数值预报产品及卫星云图、雷达回波等观测资料,应用天气学分析及诊断分析方法,对 2002 年 6 月 7~8 日发生在宁夏的罕见区域性暴雨天气过程进行了分析。结果表明,此次暴雨天气是在有利的“东高西低”降水形势下产生的。其主要影响系统是 500hPa 冷槽、700hPa 低涡切变线、西南低空急流以及地面“锢囚锋”。相对稳定的“东阻形势”和西南低空急流的维持是暴雨持续的主要原因。

关键词 暴雨,影响系统,分析,T213 风场

中图分类号 P458.1

文献标识码 B

引 言

暴雨是在一定的环流形势条件下,伴随有中小尺度天气系统而形成的,是宁夏主要灾害性天气之一,对国民经济建设、人民生命财产和工农业生产造成严重影响。只有仔细分析和研究其发生、发展的规律,才能提高暴雨预报服务水平,做好防汛减灾工作。2002 年 6 月 7 至 8 日,宁夏出现了一次区域性暴雨过程,本文利用常规气象资料,结合卫星云图、雷达资料以及 T213 数值预报产品,运用天气动力学原理对此次过程进行分析总结,旨在从中吸取经验教训,为今后更好地做好本区强降水天气预报工作提供有益的帮助。

1 天气过程概述及降水特点

2002 年 6 月 7 日夜间至 8 日白天,一场罕见的暴雨袭击了宁夏大部地区,暴雨引发山洪,冲毁公路桥梁,淹没农田房屋等多处,造成直接经济损失 2 亿元。此次过程主要有 3 个明显特点:一是降雨强度大,日降水量达历史同期极值。累计降雨量表明,宁夏大部地区 48h 降水量在 50mm 以上,其中贺兰山沿山一带及韦州降了暴雨到大暴雨;银川、大武口、平罗、永宁、吴忠、灵武、麻黄山、同心、兴仁降了暴雨,银川、石嘴山、吴忠 3 市的大部地区日降水量达

历史同期极值。这次暴雨天气过程,范围之广是宁夏全区有器测记录以来前所未有的。二是发生时间早,持续时间较长。宁夏暴雨多发生在每年的 7 至 8 月,尤其是 7 月下旬到 8 月上旬,有“七下八上”之说,而这次暴雨则发生在春末夏初暴雨气候概率相对较小的时段,而且降水持续时间比较长,从 7 日中午自宁夏中部开始有降水至 8 日下午降水全部结束,

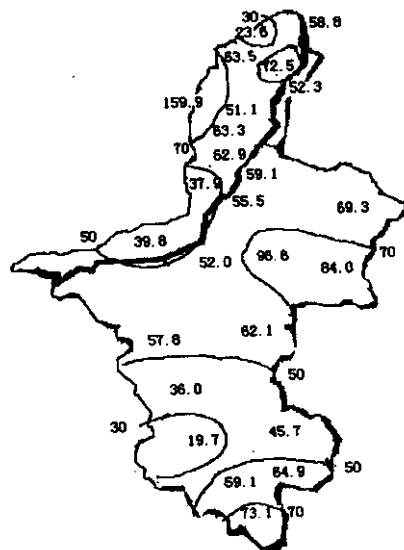


图 1 2002 年 6 月 7 日 08 时至 9 日 08 时全区累计降水量分布
Fig. 1 The accumulated precipitation distribution in Ningxia from 08:00 June 7th to 08:00 June 9th 2002

收稿日期 2004-03-02 改回日期 2004-06-18

基金项目:宁夏青年科学基金项目“宁夏暴雨中尺度系统发生、发展机理的数值试验研究”(B0702)资助

作者简介:纪晓玲(1967-),女,高级工程师,主要从事短期天气预报及灾害性天气预报方法研究。Tel:0951-5043015 E-mail:jixlingyc@

连续降水长达 20 多 h,而强降水主要集中在 7 日下午到夜间,强中心自宁夏中部向北部扩展(图 1)。三是影响范围广,空间分布不均。此次过程为全区性强降水天气过程,出现了 2 个暴雨中心,其中一个在贺兰山沿山的苏峪口;另一个在宁夏吴忠市的韦州附近。从降水空间分布看,强降水主要集中在宁夏中北部,其中最大雨量中心苏峪口累计降水量达 159.9mm,而雨量最小的固原市西吉站仅为 19.7mm。

2 环流形势及影响系统分析

2.1 环流特征分析

500hPa 温压场分析表明,此次暴雨天气过程的发生发展与稳定的“东阻形势”密不可分。暴雨发生前期,环流形势相对比较稳定,亚洲北部为宽广的低压槽区。

图 2 是 2002 年 6 月 7 日 08 时 500hPa 实况图。由图中可看出,中纬度地区为两槽一脊型,贝加尔湖东部低压槽较弱,巴湖附近冷低压槽底部不断有冷空气分股东移,随着副热带高压缓慢北抬,河套东侧暖脊西北进与蒙古弱高压合并,形成西北东南向“歪脖子”高压脊,同时在柴达木附近有低涡生成东移。从 700~300hPa 各层变高、变温场分析看,河套西侧处于负变高、负变温控制下,而河套东侧至贝加尔湖为正变高、正变温。说明高压脊是发展加强的,从而形成稳定的“东阻形势”,阻挡东移冷空气在青

高原上空停滞,形成比较深厚的冷低压槽,低压槽与高压脊之间的西南气流加大西南暖湿气流输送加强。

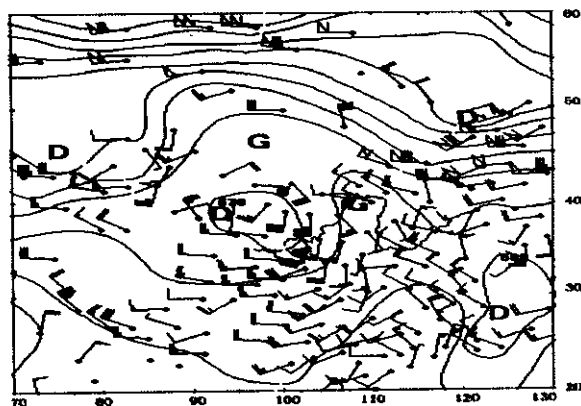
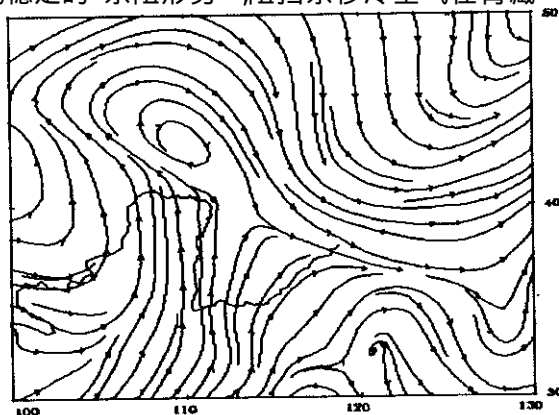


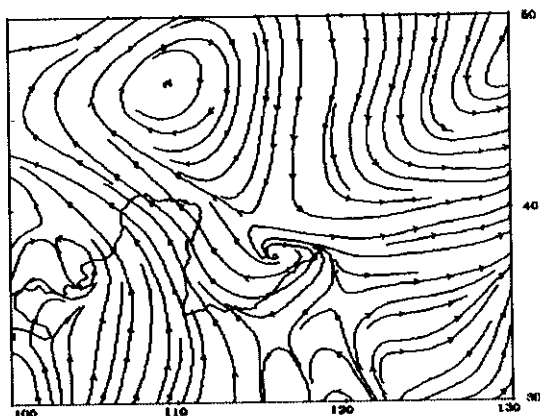
图 2 2002 年 6 月 7 日 08 时 500hPa 实况

Fig. 2 Observed condition at 500hPa at 08:00 on June 7th 2002

图 3 是 2002 年 6 月 8 日 02 时 T213 风场预报图。从 T213 风场预报演变趋势看,7 日 02 时至 8 日 08 时,500hPa 河套东侧和蒙古西部的反气旋环流合并加强为一西北东南向的反气旋环流,青藏高原气旋性环流也进一步加强,河套为一致的偏南风,宁夏处于气旋性曲率最大处的右前方,700hPa 河套处于东南气流控制下,在民勤至中卫附近有一尺度较小的涡旋向东北方向移动,风向、风速辐合区也由宁夏中部逐渐向北移动。



a、500hPa



b、700hPa

图 3 2002 年 6 月 8 日 02 时 T213 风场预报

(a 为 500hPa, b 为 700hPa)

Fig. 3 T213 wind field forecasting at 02:00 on June 8th 2002

此时,无论从实况场还是 T213 风场预报分析看,有利于宁夏产生降水的“东高西低”的环流形势完全建立,7 日白天,宁夏中部开始出现降水。在

“东高西低”这种有利的环流形势下,柴达木低涡强烈发展并沿副高边缘偏南气流向东北方向移动,受冷暖空气强辐合作用及高原低涡共同影响,7 日夜

间,宁夏中北部出现强降水。

8 日 08 时,“东高西低”环流形势继续维持,宁夏仍处于偏南气流里,降水持续。8 日 20 时,东阻高压脊轴向开始转为南北向并规律东移,主体冷槽已移出宁夏,低涡减弱,35°N 以北河套及河西均转为偏西风,高原东北部处于弱反气旋环流里,至此,宁夏暴雨天气过程结束。

2.2 西南低空急流

7 日 08 时,500hPa 实况图中,青藏高原东部出现了一股强劲的西南暖湿急流,风速在 12~16m/s 之间,受东北部高压脊阻挡形成较强的辐合中心,对应 700hPa(图 4),在高原东侧 35°N 以南也形成一支风速 $\geq 12\text{m/s}$ 的西南低空急流,将孟加拉湾水汽不断向北输送,促使低层水汽凝聚,湿层加厚,湿度锋区增强,与河套东北部“歪脖子”高压脊西南侧的偏东气流配合,在低空急流左侧形成比较强的气流辐合,直接造成上升运动,为此次宁夏区域性暴雨过程的发生和持续提供了充足的水汽、动力条件。

T213 湿度预报场也表明,7 日 02 时至 8 日 08 时,在青藏高原东北侧有一中心值在 80%~90% 之间的湿舌,湿舌伸至于河套北侧,湿轴正好位于宁夏,最大中心位于宁夏海原以北地区。

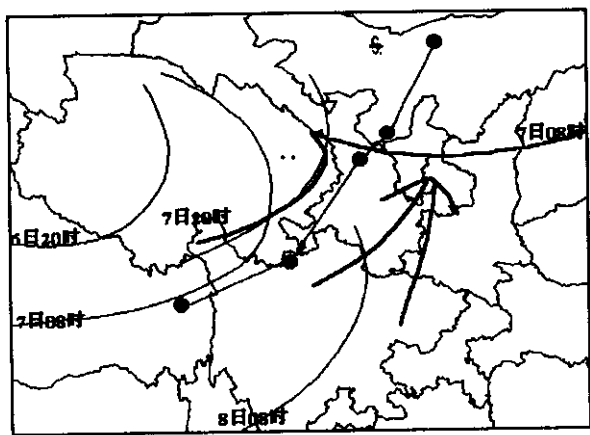


图 4 500hPa 槽线(细线), 700hPa 低涡(● 6 日 20 时至 8 日 08 时), 地面锢囚锋(粗线), 低空急流(箭头) 综合图

Fig. 4 Trough-line(thin line) at 500hPa, low eddy at 700hPa(● from 20 00 6th to 08 00 8th), surface occluded front(thick line), lower troposphere jet(arrowhead)

2.3 主要影响系统

2.3.1 冷槽

6 日 20 时,500hPa 在 90°E 附近有低槽东移,7 日 08 时,低槽移至青海湖附近,在“东阻形势”作用下,冷槽不断加深,高原中部、东部由西北气流转为

偏南气流控制。由于正涡度的减压作用,槽前为负变高,而槽后伴有负变温,温度槽落后于高度槽,冷平流输送相当明显,表明冷槽斜压性比较强。由于入侵的冷空气位于低层暖湿气流之上,这两支性质不同的气流造成上下层不同的平流,产生对流不稳定和强烈的上升运动,冷空气触发对流不稳定能量的释放。

2.3.2 低涡切变线

暴雨过程开始前,6 日 20 时,700hPa 在青藏高原中东部为一闭合低压区,有 2 个低值中心,其中一个在四川甘孜的西侧形成黑河低涡。由于河套东侧“歪脖子”高压脊作用,其西南部的偏东风阻挡了偏南暖湿气流继续北上,促使黑河低涡向东北方向移动。西南低空急流的建立,将孟加拉湾和南海面上的水汽源源不断的向北输送,与东移冷空气交汇,在河套西部至宁夏产生风速、风向辐合及水汽强辐合,在青藏高原大尺度地形动力抬升作用及热力作用下,冷暖空气旋性辐合进一步增强,中尺度扰动加剧,低涡发展较为深厚,控制范围逐渐扩大。7 日 20 时,低涡沿东南引导气流东移北上移至西宁与民勤之间,并有切变线从宁夏中部逐步向北推进,能量在低涡、切变线附近聚集,造成大范围强降水,局部地区大暴雨。自动雨量站累计降水量分布也表明,6 月 7 日 20 时至 8 日 05 时,降水量有一个急剧增大的过程。暴雨区正处于西南低空急流的左侧,低涡的右前方。

2.3.3 地面“锢囚锋”

7 日 08 时,蒙古至河套北部为一较强的完整冷高压,河套处于倒槽前偏南或东南气流里,贝加尔湖附近有冷锋南压,并与河西东移冷锋相遇在高原东侧至河套中部形成“锢囚锋”,锋后最大 3h 变压为 +3.3hPa,河套中北部刮偏东或东北风,宁夏南部至陕西刮东南或偏南风,在宁夏中部产生风向风速辐合,与 500hPa、700hPa 低涡切变线辐合区相叠加,配合高空槽前大范围上升运动、锢囚点的强烈辐合上升运动及地形阻挡抬升作用,触发暴雨区对流运动进一步发展形成区域性暴雨,产生大暴雨中心。大暴雨中心在贺兰山沿山,也说明了地形对降水量的增幅作用。

3 卫星云图特征及雷达观测分析

3.1 卫星云图特征

造成此次暴雨的云系主要是东移的锋面云系及

其上发展加强的对流云团。从 1h 一次的 GMS 红外云图(图略)上可以看出:7 日白天,河西有一条完整的冷锋云系东移,河西至贺兰山西侧为灰暗的层状云所覆盖,沿副高边缘西南气流有亮白色对流云系发展,孟加拉湾有一条明显的水汽输送带向北输送。7 日午后,对流云系在河套西南部发展成清晰的块状云团,形成一条急流云系,呈东北西南向辐轴状,沿高空引导气流向东北方向移动,急流带正好从宁夏中北部穿过并维持,导致这一带出现强降水。8 日 06 时后,对流云系逐渐减弱东移,到 8 日 11 时,锋面北段东移出河套,宁夏北部地区降水逐渐停止,而宁夏南部仍为低云所覆盖,维持降水。

3.2 雷达观测分析

大降水一般出现在强对流天气或混合性降水天气过程中,而回波的合并或叠加是强对流天气产生的主要方式^[1]。从回波演变趋势看,此次暴雨是一次典型的混合性降水转为稳定性降水的天气过程。

图 5 是 2002 年 6 月 7 至 8 日,银川 713 天气雷

达观测回波演变图。由于高空冷槽和地面冷锋的逼近,激发了锋前暖区的不稳定能量,10 时 57 分,在吴忠市的中卫、中宁、韦州等地及贺兰山沿山有零散的块状对流单体生成发展。14 时,锋面云系逐渐移入宁夏境内,与前面的对流单体合并叠加,区内回波面积有所扩大,中心(在新庄集至韦州一带)强度增强至 37dB,顶高 8.5km,出现强雷雨天气。15 时,测站周围 15km 以内及贺兰山沿山的金山、小口子、苏峪口、贺兰等地回波强度增强为 39dB,为当日回波强中心,这一带雨强增大。16 时 53 分,回波面积进一步扩大,整个降水回波以气旋式向东北方向缓慢移动。19 时 01 分,测站周围、贺兰山沿山、石嘴山等地回波强度有所减弱,但仍维持在 30~35dB 之间,且稳定少动,持续较大的雨强形成暴雨中心。21 时 35 分以后,全区由混合性降水逐渐转为稳定性降水。8 日 03 时以后,贺兰山沿山的较强回波也逐渐减弱并东移,强降水时段趋于结束。

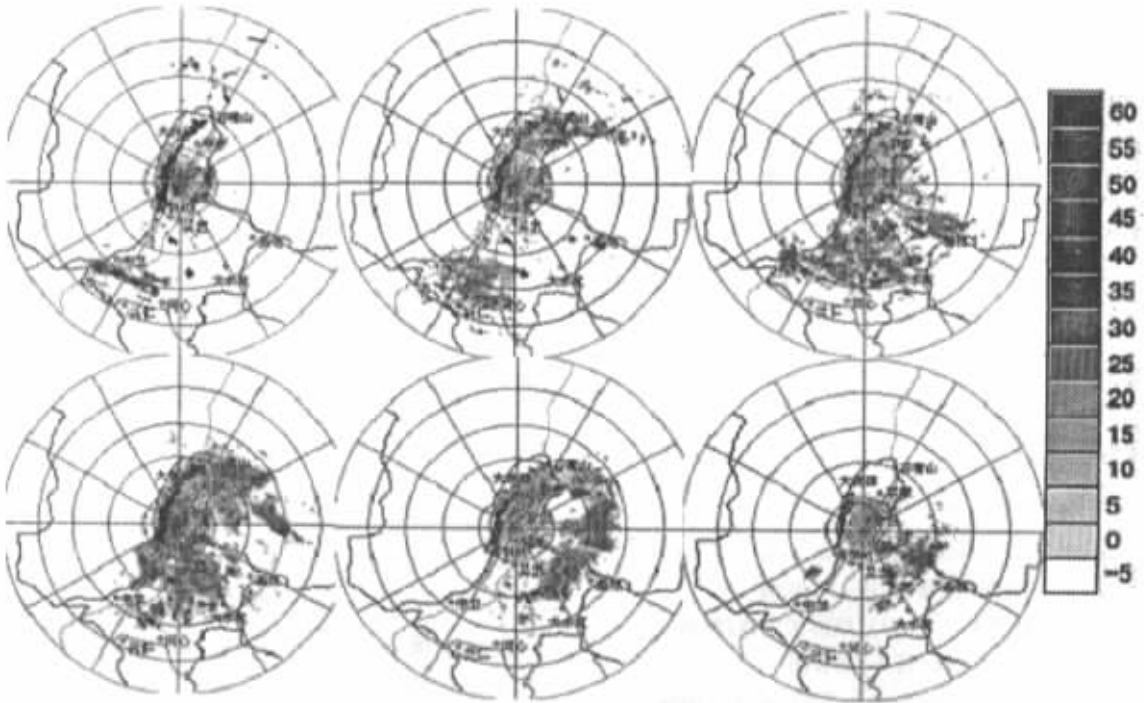


图 5 2002 年 6 月 7~8 日雷达回波演变图(从左到右,上图:7 日 10 时 57 分、16 时 53 分、19 时 01 分;下图:7 日 22 时 58 分、8 日 4 时 54 分、7 时 54 分)

Fig.5 Radar echo developing chart from June 7th to 8th, 2002(from left to right in the chart above:10:57 7th,16:53,19:01, below:22:58 7th,4:54 8th,7:54)

4 物理量特征分析

形成暴雨的基本条件是有丰富的水汽、较强的

上升运动和对流运动(不稳定能量)和持续稳定的有利形势^[2~5]。

4.1 水汽条件

4.1.1 温度露点差

从700~200hPa各层温度露点差场分布看,6月7日08时,700hPa、500hPa其 $T-T_d$ 宁夏大部在4~8℃之间,湿舌沿河套西南侧伸至青藏高原东北侧,而500hPa以上均<4℃,说明中高层水汽条件已逐渐形成;至6月7日20时,从高层到低层 $T-T_d$ 均<4℃,“湿舌”中心东移至河套附近,水汽含量接近于饱和。

4.1.2 水汽通量

分析6月6日20时至8日20时700hPa到500hPa的水汽通量可知,高低层均为正值,700hPa反映较为明显,在宁夏中北部中心值达215g/cm·hPa·s,最大水汽输送轴向与暴雨区走向基本一致。

4.2 动力条件

4.2.1 涡度、散度

从6月6日20时涡度、散度场分析看,700hPa宁夏上空为负涡度,而850hPa则为正涡度,但正、负涡度差值较小,表明有弱的对流发展机制存在;从7日14时到8日02时,700hPa以下为明显辐合,以上为明显辐散,且正负散度值明显加大;7日20时,散度辐合中心位于700hPa,中心值为 $-74.9\times10^{-6}\text{ s}^{-1}$,200hPa为辐散中心,中心值为 $100.1\times10^{-6}\text{ s}^{-1}$ 。高层辐散大于低层辐合,有利于高层抽吸作用,而由于气流的补偿,使垂直运动得到加强和发展,低层的水汽迅速向上输送,同时也引起热量、动量的垂直输送。

4.2.2 垂直速度

当水汽条件具备后,还必须有使水汽冷却凝结的条件,才能形成降水。对降水来说,促使水汽冷却凝结的主要条件是上升运动^[5]。7日14时到8日02时,高低层的垂直速度都为负值,表明整层大气以上升运动为主,最大上升中心出现在7日20时的500hPa层上,最大上升速度为 $-129\times10^{-3}\text{ hPa}^{-1}\cdot\text{ s}^{-1}$ 。

暴雨产生在高层辐散、低层辐合相叠加的形势下,暴雨区处于深厚的上升运动区域。

4.3 指数分析

暴雨发生前,宁夏出现了相当长一段时间的气温偏高、气压偏低、湿度缓慢升高阶段,临近过程,湿度增大更为明显,指标站华家岭从6月2日至8日一直吹偏南风,其中7日14时风速最大,达12m/s,且有大雾,说明低层水汽相当丰富。由于地表辐射

加热和水平平流输送的作用,使得低层大气变得更暖更湿,而高层相对更冷更干,从而积聚了更多的位势不稳定能量。不稳定层结是为对流发展提供位能转化为动能的基本条件。分析银川、平凉站层结指数,虽然两站的 $\Delta T\delta$ 潜在不稳定指数和银川站的SI指数反映都不是很好,但银川站的850hPa饱和能差从18.9J降到10.8J,K指数从27.9℃增到32.7℃,平凉站的850hPa饱和能差从12.0J降到3.4J,K指数从36.5℃增到40℃,SI指数从-0.8℃降到-2.9℃等,由此表明,降水发生前,宁夏周围确实存在有不稳定能量堆积,南部地区强于北部地区。虽然强降水中心并未出现在不稳定能量较大处,但近地面层偏南暖湿气流及低空急流的建立,使得南部地区特别是平凉附近的高能中心源源不断的向宁夏上空输送不稳定能量,为暴雨的发生和持续提供了充沛的高湿能量(表1)。

表1 6月7日银川、平凉两站指数表

Tab.1 Index chart of Yinchuan and Pingliang stations on June 7th								
站点	$\Delta T\delta$ 潜在 不稳定指数		850hPa饱 和能差		S 沙氏指数		K 指数	
	08时	20时	08时	20时	08时	20时	08时	20时
银川	-5.3	-6.2	18.9	10.8	0.7	5.9	27.9	32.7
平凉	0.8	-8.5	12.0	3.4	-0.8	-2.9	36.5	40.0

5 小 结

(1)此次暴雨天气过程发生时间早,影响范围广,降水强度大,持续时间长,降水量为历史所罕见。

(2)这是一次典型的混合性降水转为稳定性降水天气过程,由东移的冷锋云系及其上发展加强的对流云团所致,主要强降水时段集中在7日下午到夜间。

(3)高空冷槽、高原低涡切变线及地面“锢囚锋”是此次暴雨的主要影响系统,而相对稳定的“东阻形势”和西南低空急流是暴雨持续的主要原因,低空西南急流是为暴雨输送水汽、能量和动量的主要输送带,对水汽的汇聚有着非常重要的作用。

(4)暴雨发生前,不稳定能量积累很充足,冷空气的入侵触发不稳定能量强烈释放,产生暴雨天气。暴雨出现在西南低空急流左侧、低涡右侧的强上升运动区和对流不稳定能量储存的高能区。

(5)在强对流天气的监测预报中,卫星云图和雷达观测资料配合使用,可以帮助我们更好地了解天气形势背景和中尺度系统的活动发展情况。

(6)T213 风场预报为此次暴雨预报提供了有力判据,有较好参考价值。

参考文献：

[1] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文.天气学原理和方法[M].北京:气象出版社,1983.221 233 265.
[2] 中国气象局科教司.省地气象台短期预报岗位培训教材[M].

北京:气象出版社,1998.189-207 234-245.
[3] 白肇烨,徐国昌,孙学筠,等.中国西北天气[M].北京:气象出版社,1998.218-229.
[4] 寿绍文,励申申,姚秀萍.中尺度气象学[M].北京:气象出版社,2003.343-348.
[5] 孙兰东,徐建芬,王宝鉴,等.1998年5月20日暴雨天气过程分析[J].甘肃气象,2000,(3):21-23.

Analysis of a Torrent Rain Weather Process in Ningxia Occurring on 7~8th June 2002

JI Xiao - ling¹ JIA Hong - yuan² ,SHEN Yao - qin²

(1. Key Laboratory of Meteorological Disaster Preventing and Reducing in Ningxia ;Yinchuan 750002 ,China ;
2. Ningxia Meteorological Observatory ,Yinchuan 750002 ,China)

Abstract By using routine meteorological data , numerical forecast products ,satellite cloud photographs and radar echoes ,applying syn-optic analysis and diagnostic analysis methods ,We analyzed the infrequent regional heavy rain which occurred in Ningxia on June 7~8th ,2002. The results show that this heavy rain occurred under the favourable weather condition that the high center in the east while the low center in the west ,this is a typical mixed precipitation weather. The main impact system is cold trough on 500hPa ,low eddy shear line on 700hPa , lower troposphere jet in the southwest and surface occluded front. The relative stable condition which blocked in the east and the maintain of the southwest lower troposphere jet were the main reasons of this hard rain 's maintain.

Key Words :rainstorm ;impact system ;analysis ;T213 wind field