

切变线类暴雨发生的天气背景和触发机制^①

温市耕

(内蒙古自治区气象台,呼和浩特 010051)

提 要

对1994和1995年7~8月内蒙古中西部的切变线暴雨进行了统计合成分析,探讨了暴雨发生时的天气学特征和物理量场特征,揭示其发生发展机制,为日常业务预报提供一些启示。

关键词: 切变线 天气学特征 发生发展机制 物理量场特征

引 言

内蒙古自治区地处中纬度,东西狭长,地域辽阔。根据以前的分析^[1],自治区内暴雨有两个多发区,即东部多发区和中西部多发区。影响中西部产生暴雨的主要天气系统以切变线(暖湿切变、冷切变)居多,本文对1994年和1995年发生在内蒙古中西部切变线类暴雨的8个个例作了统计合成分析,以便了解这个地区大~暴雨发生时的天气学特征和物

理量场的特点,揭示其发生、发展机制,为今后预报提供有益的指导。

1 个例

该地区暴雨天气主要集中在7~8月,尤以7月下旬到8月下旬最多^[2]。

表1是8个切变线暴雨个例的一些基本情况。所选切变线类暴雨都符合冷切变,且都有沿切变线移动的低涡活动(切变涡)。

2 环流特征

根据以往的分析^[1],内蒙古中西部暴雨的形成主要与三个方面的物理因素直接有关:①水汽的输送与辐合。②具备持续的强烈上升运动。③存在着显著的对流不稳定性。因此,我们主要选择能够反映这三方面因素的物理量进行合成分析。

在对流层低层的850hPa上,陕西北部到四川南部有一暖低压区形成,而在700hPa上,却在850hPa暖低压区的西北方向,青海湖东侧有一个冷性低压环流存在,这个环流在风场上表现为低压区南侧和东侧为潮湿的西南风,并且已达到低空急流的强度。在对流层中层500hPa上,副热带高压非常强盛,5880gpm等高线控制了江淮、江南和华南大部分地区。在青海湖附近有一西风槽存在,表明可提供产生暴雨所需的冷空气。而在对流层高层200hPa上,河套以北42~43°N附近的天空有高空急流存在,内蒙古中西部刚好位于高空急流入口区的左侧,这个区域正好是次级环流上升支之所在,非常有利于暴雨的形成^[2]。

表1 8次切变线类暴雨过程

降水过程日期	日降水量>50mm的站点及雨量mm
1994年7月7~8日	通辽 80.0
1994年7月26~27日	西乌旗 90.0, 东乌旗 81.0 东胜 75.2, 阿尔山 62.0, 鲁北 55.0
1994年8月12日	呼和浩特 75.0, 集宁 67.0
1995年7月13~14日	阿巴成 59.0, 锡林浩特 56.6
1995年7月17~18日	化德 57.0, 集宁 50.7
1995年7月28~29日	呼和浩特 59.6, 多伦 52.0
1995年8月15~16日	呼和浩特 50.4
1995年8月31日	鄂托克 105.4

3 物理量场特征

3.1 水汽输送

内蒙古中西部暴雨与偏南暖湿气流向该

地区输送水汽并在此辐合上升有直接的关系。水汽的这种输送在各个高度上是有所不同的。从850hPa的水汽通量 $\frac{1}{g}qv$ 的分布来看,水汽主要由位于副热带高压西侧的强劲偏南气流输送,水汽的源地主要在南海,最大的水汽通量值位于广西、贵州一带,而内蒙古中西部的的水汽通量值也在40个单位(单位: $10^{-8}kg \cdot s^{-1} \cdot m^{-2} \cdot hPa^{-1}$)左右(图1),在700hPa(图略)上与850hPa一致的是仍保留着从南海吹来的强劲的偏南暖湿气流流向内蒙古中西部。这说明这支来自南海的偏南方向的暖湿气流相当深厚,与强盛的副热带高压区直接有关,且从水汽通量最大值的数值来看,以850hPa的水汽输送最为强劲,但输送到内蒙古中西部的的水汽就其通量值来说各个层次(从对流层低层到中层)差别不是很大。

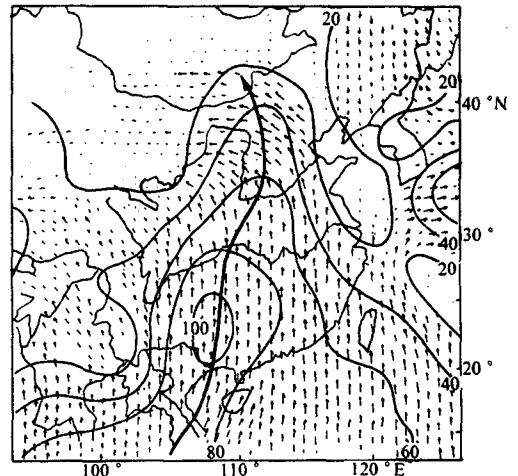


图1 切变线类暴雨850hPa水汽通量合成图
(单位: $10^{-8}kg \cdot s^{-1} \cdot m^{-2} \cdot hPa^{-1}$)
粗箭头表示水汽路径

3.2 水汽的辐合

根据以前的天气分析经验^[1],暴雨的形成除了必须有较强的水汽输送以外,更重要的是这些水汽是否能在内蒙古中西部辐合上

升。

在 850hPa(图 2)上可以很明显地看到,

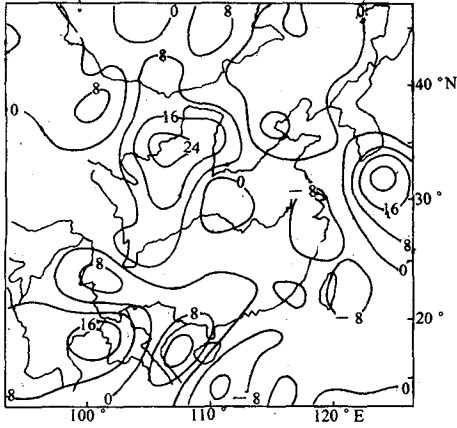


图2 切变线类暴雨 850hPa 水汽通量辐合合成图
(单位: $10^{-8} \text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1}$)

内蒙古中西部都处在水汽通量辐合区内,其值在 $(-8 \sim -16) \times 10^{-8} \text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1}$,不过辐合的极大值 $-24 \times 10^{-8} \text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1}$ 在宁夏境内,位于 850hPa 的冷高压与暖低压之间。700hPa(图略)同 850hPa 相似,内蒙古中西部仍处在较强的水汽通量辐合区内,其值同样在 $(-8 \sim -16) \times 10^{-8} \text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1}$ 之间,但片水汽辐合区分裂为两个极大值中心,一个位于内蒙古、陕西和宁夏的交界地区,另一个极值中心在青海湖南侧。结合垂直运动 $\omega (=dp/dz)$ 的分析表明,这两个强辐合中心的形成有着不同的动力学机制。处在青海湖以南的强辐合中心是由冷涡引起的,而前一个强辐合中心与低空急流和高空急流有关,内蒙古中西部正好位于高空急流入口处的右侧和低空急流出口处的左侧,两者由非地转引起的次级环流的上升运动支迭合在一起,造成强烈的上升运动。因此影响内蒙古暴雨形成的动力学机制首先是高低空急流的配置有利于水汽

的辐合上升,而低空冷涡的存在对低空急流的维持起着重要的作用。当然由冷涡所引起的对流云系也可以在低层西南急流的引导下移向内蒙古中西部。因此,形成内蒙古中西部暴雨的降水过程可能有两个,一开始是高、低空急流本身的次级环流所产生的强降水过程,而后是由冷涡所造成的强降水过程,由这两次强降水过程构成了内蒙古中西部切变线类暴雨的整个降水过程。

3.3 不稳定层结

根据以往经验^[2],发生在内蒙古中西部的暴雨都以雷雨形式出现,因此这种暴雨是在大气处于对流不稳定的条件下发生的。我们用 850 和 700hPa 的假相当位温 θ_{se} 计算了 850~700hPa 之间气层的 $-\frac{\partial \theta_{se}}{\partial p}$,用 700 和 500hPa 的假相当位温 θ_{se} 计算了 700~500hPa 之间气层的 $-\frac{\partial \theta_{se}}{\partial p}$,来反映这两个气层间的对流不稳定性,从而反映对流层低层大气层结构的稳定性。在 850~700hPa 之间的气层(图 3),内蒙古中西部处在对流不稳

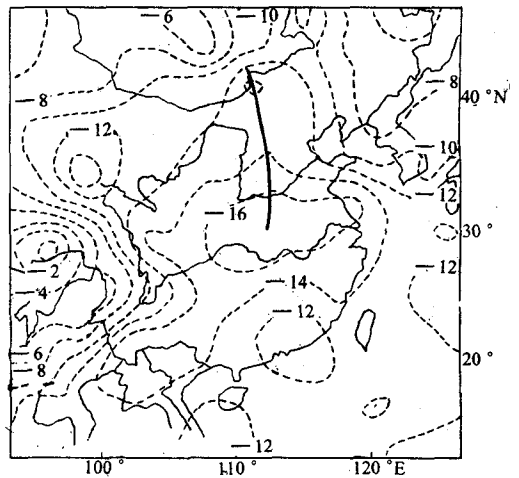


图3 850~700hPa 气层假相当位温垂直变化合成图(单位: $10^{-2} \text{K} \cdot \text{hPa}^{-1}$)
粗实线表示强对流不稳定区的轴线

定“舌区”(南北向,用粗线标出), $-\frac{\partial \theta_{se}}{\partial p}$ 的值一般在 $(-12 \sim -14) \times 10^{-2} \text{K} \cdot \text{hPa}^{-1}$, 且与偏南暖湿气流的分布区大致吻合, 即这支暖湿气流蓄积了丰富的对流不稳定能量。

700~500hPa 之间气层的对流不稳定(图4), 与 850~700hPa 的相类似, 有一条对流不稳定“长舌区”伸向河套, 位置比 850~700hPa 之间的要偏西, 且对流不稳定“舌区”要比 850~700hPa 之间的弱, 值只有 $(-2 \sim -4) \times 10^{-2} \text{K} \cdot \text{hPa}^{-1}$ 。另外, 850~700hPa 存在于青海湖以西的对流不稳定中心在 700~500hPa 之间已不存在, 说明这个强烈不稳定区并不深厚, 因此影响内蒙古中西部暴雨形成的对流不稳定因素以 850~700hPa 气层为主, 它是由来自南海的偏南暖湿气流中的对流不稳定所构成。

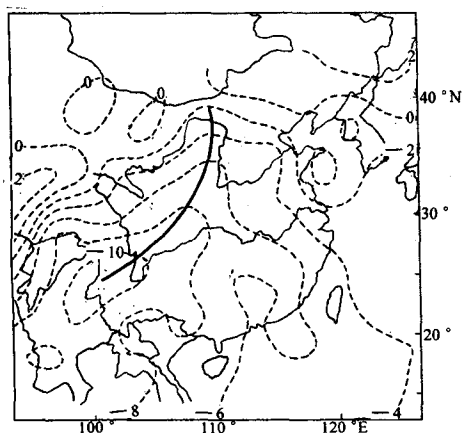


图4 700~500hPa 气层假相当位温垂直变化合成图

单位和说明同图3

4 结论

本文对发生在内蒙古中西部的8个切变线类暴雨进行了合成分析。根据暴雨形成的条件, 计算了水汽通量、水汽通量辐合和对流不稳定, 以水汽通量来反映输送到内蒙古中西部的的水汽之源地, 以水汽通量辐合来揭示对流层低层的抬升运动条件和暴雨的动力学机制, 以假相当位温的垂直梯度来反映暴雨形成所必不可少的对流不稳定条件, 经分析和推断, 有如下结论。

(1) 分析结果证明, 无论是哪一类暴雨, 来自南海或东海南部的暖湿气流输送到内蒙古中西部并在此辐合, 对内蒙古中西部暴雨的形成都起着关键的作用, 可以说没有这支暖湿气流, 内蒙古中西部就不会有暴雨, 原因是这支暖湿气流非常深厚, 而且越往下, 对流不稳定性就越强, 因此在对流层低层的下部只需稍强的抬升运动条件, 强对流就会发生。

(2) 在切变线类暴雨中, 暴雨由两次强降水过程引起, 一次是低空急流和高空急流的合理配置, 为内蒙古中西部提供了从对流层低层到高层的深厚的上升运动区, 形成旺盛的对流云系导致强降水, 在低空急流和高空急流的叠合处正是暴雨出现的地方。而冷涡附近低层强烈的上升运动条件为这个地区对流云系的发展创造了条件, 这些对流云系随着低空急流向东北方向移动到内蒙古中西部上空, 产生强降水。

致谢: 中国气象科学院王建中同志协助计算, 谨致谢意。

参考文献

- 1 王娟, 刘景涛等. 内蒙古自治区天气预报手册. 北京: 气象出版社, 1987.
- 2 宫德吉. 内蒙古中西部暴雨中短期天气过程的分析及预报研究. 内蒙古气象, 1995(4).

The Synoptic Background and Trigger Mechanism of Shear Line Heavy Rain

Wen Shigeng

(Meteorological Observatory of Inner Mongolia, Hohhot 010051)

Abstract

A statistical resultant analysis of the shear line heavy rain in the middle west Inner Mongolia from July to August between 1994 and 1995 was presented. The synoptic characteristics and physics elements field features during the shear line heavy rain were discussed. These revealed the genetic and developing mechanism of the heavy rain. Results are referential to routine operational prediction.

Key Words: shear line heavy rain synoptic characteristics physics elements field genetic and developing mechanism