

晴空日中尺度切变环境场与 对流云团发展条件

雷崇典 师小玲 郑小阳 韩芳琴

(陕西省延安市气象台, 716000)

提 要

重点应用雷达回波资料结合常规气象资料、卫星云图, 综合分析了 500hPa 中尺度切变与陕北南部地区对流阵性降水形成、发展条件, 指出了 500hPa 不同的中尺度切变与有利的环境合理配置, 是导致对流云团发展的重要因素, 不同特征环境风切变配置与对流单体发展趋势、强度变化、移动和合并息息相关。

关键词: 雷达回波 中尺度切变 环境配置 雷暴单体

引 言

陕北地区位于我国西北部, 平均海拔高度 1200m, 地形复杂, 多山地、沟壑, 形成复杂多变的气候特点。尤其是山脉、河谷的 NW—SE 走向, 西高东低的地势分布, 有利于西北路径冷空气南下, 暖湿气流抬升和增幅效应的加强。据近十年来气象资料统计, 仅延安地区年平均冰雹日多达 25 次, 暴雨日 5 次, 是西北地区灾害多发区之一。500hPa 处于对流层中部, 其风场直接决定着对流云团中部环流特征。本文利用 711 数字化天气雷达观测资料和灾情实况调查, 通过对 500hPa 风场的研究分析, 得出了陕北地区对流阵性降水云团特征与 500hPa 中尺度切变环境场的关系, 有利于该地区强对流天气的预报和雷达对冰雹云等强对流大气云团早期识别。

1 研究对象、资料来源与范围

研究对象: 陕北地区晴空日雷达回波。晴空日为当日 08 时在地面图上以延安站为中心 200km 范围内无云或少云日。资料来

源: 资料以 2002 年夏季 5~9 月 64 个回波日的 711 数字化天气雷达观测资料为主, 结合部分卫星云图图像资料及延安站的探空资料, 并参考了 2000~2001 年部分雷达观测资料。回波范围: 以延安测站为中心的 200km 范围。

2 大尺度环境条件

在这里大尺度环境条件指对流阵性降水云团产生冰雹、大风、雷暴等剧烈天气尺度系统或在此环境下形成的暴雨过程系统。强对流系统发生的大尺度天气背景:

(1) 500hPa 高度回波出现在东亚大槽后部西风气流之中。

(2) 大气处于不稳定层结或对流性不稳定层结。

(3) 低层有湿的环境场配合。

(4) 大气层有垂直风切变并配合有干冷空气活动。

3 500hPa 中尺度切变与对流阵性降水回波

观测事实证明, 在积状降水云中对流强烈, 即为对流云阵性降水, 它包括阵雨、雷雨、

冰雹、暴雨等;其回波特征与层状云连续性降水回波有明显的差异。通过对陕西南部地区64个对流阵性降水回波日的500hPa风场分析,在大尺度为西北气流的晴空日都能分析出中尺度的风切变并具有明显的特征。而风速的垂直切变对对流阵性降水云团的发展也

有影响,对于不同的环境场其配合高度差异很大。

在500hPa大尺度为西北气流回波生成环境下,有利对流回波形成和发展的中尺度风切变的6种概念模型如图1示。

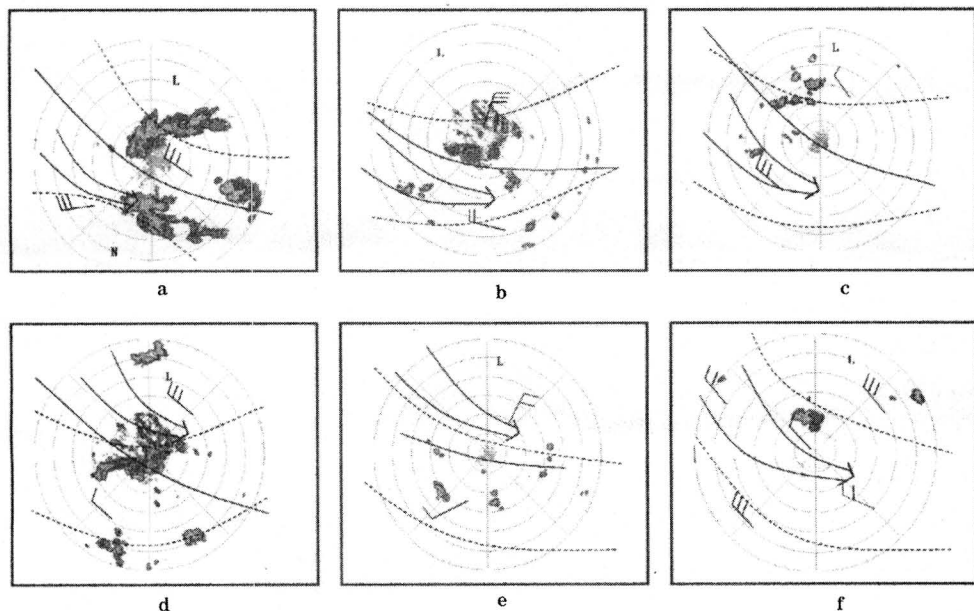


图1 500hPa中尺度切变环境场与对流云团发展条件6种概念模型

实线:500hPa中尺度风切变 虚线:500hPa等温线 箭头:高空急流

3.1 a、b型概念模型

(1)测站的西南侧有一SW风形成的切变(a型),或北侧有一NW风形成的切变(b型)此型一般500hPa无明显冷平流,在切变线南侧有较强的暖区配置,形成南北较大的温差($\Delta T = 2^{\circ}\text{C}/\text{km}$)。高空急流偏切变线南侧。

(2)此型回波多为分散的对流云阵性降水单体,对流回波强度大,单体水平尺度几公里至几十公里都有,在辐合的下风方不稳定层结区为强烈单体发展区。在RHI上回波单体呈柱状结构,顶高多数小于6~7km,中心强度60~80dBz,一般强对流回波单体形

成较晚,发展期也较长,有时发展旺盛期最晚出现在20时左右。

2002年6月28日大气层结很不稳定,沙氏指数 $S = -2.8$,500hPa中尺度切变环境场属a型,这天延安3县(区)出现了强雷暴天气,降雹持续时间长达30分钟,冰雹直径普遍在15mm左右,局地冰雹大如鸡蛋。在PPI上,回波表现出有组织的复合系统,其雷暴回波多泡特征明显,雷暴单体强回波水平尺度为20km左右。在RHI上(图略),最强回波顶高达12.6km,顶部呈多峰结构,回波强中心达61.2dBz。

3.2 c、d型概念模型

(1) 预报区上空 500hPa 南北两侧表现出明显的风速切变,上风方有强冷平流配置,此型大多数大气层结为较稳定状态,高空急流偏大风区一侧。

(2) 在 PPI 上,强回波多形成在弱风区一侧,切变两侧对流单体形成与发展较晚,单体水平尺度较大。在 RHI 上,强回波高度较低 $H < 6000\text{m}$,回波顶呈多峰结构,其中心强度 $< 45\text{dBz}$ 。当 300~200hPa 高度上有较强冷平流配置时,回波高度可达 8000m 左右,中心强度达 60dBz。一般 700hPa 上对应一个中小尺度辐合中心,从风场上体现出环境风较小的特征。

3.3 e、f 型概念模型

(1) 此型在 500hPa 上表现为中小尺度辐合,或局地弱风区形成的辐合。一般在大气层结不稳定的环境场下,预报测站上空层结较稳定,中低层维持一个强垂直风切变,由低层到高层风向顺时针旋转,风速随高度递增,大气层表现出强烈对流不稳定,对流区上层无明显冷空气活动。

(2) 此型回波多为分散的对流云阵性降水单体,对流回波强度大,单体水平尺度十公里左右,在辐合的下风方不稳定层结区为强烈单体发展区。一般雹云降水回波生成发展较晚,较雷阵雨持续时间长。在 RHI 上回波单体多呈柱状结构,强回波顶高 5~6km。

一般地,预报区上空 500hPa 上可以分析出一条经向的切变线,对流云团上游区西北气流多数配合有较强的冷平流,切变线两侧为对流单体有利的发展区,上风区形成对流回波早,消亡快,而下风区回波较上风区晚(一般 2~3 小时),回波高度发展快,为雷暴单体发展区。

对于 f 型,500hPa 上局地风速较小,而周围环境风速相对较大,一般 200~300hPa

高度配合有高空急流,近地面湿层厚,大气层结较为稳定,有较强对流不稳定结构,其高空形成上下两层强垂直风切变,有利于大气的强迫抬升,使得对流层顶部上升气流上方区发生倾斜形成深对流,这种形势如果低层配合有较深厚的水汽条件,往往形成强暴雨。局地弱风区受环境场作用,有利于在 500hPa 形成局地小尺度辐散中心,高层在高空急流形成的抽吸作用下,形成强的上升气流区,这样局地有利于形成超单体。

4 500hPa 中尺度风切变与大气层结配置

500hPa 风场形成的中尺度切变在有利的整层大气配置条件下,决定着风暴的组织方式与风暴的移动^[1]。根据探空资料分析表明,在 500hPa 西风气流环境场中,测站风随高度呈非线性变化,高空急流的高度太高或太低时,云的生命期较短,只有当急流高度适中(200~300hPa 高度上)云才发展持久。研究表明,风的垂直切变对积云发展有重要的作用:

(1) 能形成有利于强雷暴发展潜在不稳定,并提供潜在不稳定能量释放和强雷暴发生的触发机制。一般地,回波顶高达 10km 以上,中心强度较大($z > 45\text{dBz}$)。

(2) 使对流单体中的上升气流发生倾斜,高层若有急流存在时,可能性大大增加,这种环境场配置,第一,可以尽可能避免因降水大质点的下落而抑制了上升气流。其次,倾斜上升气流对不同尺度小冰雹进行水平分选和垂直分选,并使之再进入上升气流的多次循环是冰雹的重要增长机制。

(3) 有利于维持一个上升-下沉偶,形成雷暴维持的自激励机制。风的垂直切变造成的动压力产生垂直加速度使对流运动加强和维持。

风场随高度顺转并有切变,是陕北对流

单体发展、形成的典型的环境条件,虽然形成个例较少,但在此环境下,对流发展旺盛。弱的垂直风切变下产生的是短暂的孤立的对流,中等切变形势出现多单体风暴,强的切变情况则出现超级单体风暴(如:2002年7月4日暴雨)。观测表明,风垂直切变对云的发展影响较大,500hPa上风速切变不能过大,强的风速切变($6.4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-1}$)越高,对深对流作用越大。雷暴云多出现在中等强度的环境风切变条件下($3.0\sim 4.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-1}$)。

在大气层结处于强潜势不稳定条件下,由于中层环境风速小,云体移速相对较慢,在对流层内,环境风随高度在300hPa层有强的垂直风切变时,造成云体低层入流风速较小,水平动量也小,而高层入流风速较大,水平动量大,云体前方高层形成辐散,低层形成辐合,成为有利的强雷暴生成环境条件。

5 小结

陕北南部地区晴空日(大尺度西北气流形势下)在有利的对流阵性降水天气条件下,500hPa上有较为显著的中尺度风切变特征。不同的中尺度风切变特征,造成对流阵性降水回波发生、发展在时空上有较为明显差异,其强度、结构特征也有所不同。

雷暴单体是在有利的中尺度环境场配置下形成和发展起来的,与高空急流的高度、位置、垂直风切变强弱及大气层结稳定度有关。强雷暴过程是在较强风垂直切变、层结有较强潜势不稳定条件下,在低层有高湿配合形成和发展起来的,一般风随高度有强的顺转特征。

参考文献

- 1 彭治班,刘健文,郭虎等. 国外强对流天气的应用研究. 北京:气象出版社,2001:50~53,295~300.

On Mesoscale Shear Environment Field in Cloudless Sky and Development Conditions of Convective Cloud Cluster

Lei Chongdian Shi Xiaoling Zheng Xiaoyang Han Fangqin

(Yan'an Meteorological Observatory, Shaanxi Province 716000)

Abstract

By the use of routine meteorological data, cloud images and radar echo, the mesoscale shear of 500hPa altitude and the forming and development conditions of convective precipitation are analyzed. It suggests that the allocation of mesoscale shear of 500hPa altitude and positive environment filed results in the development of convective cloud cluster and that different environment wind shear allocation is closely related to the developing, strengthening, moving and merging convective cell.

Key Words: echo mesoscale shear environment allocation thunderstorm convective cell