

春季急行冷锋结构之分析

刘昭民

(台湾民航局飞航服务总台气象中心)

提 要

台湾地区冬末或春初间偶有急行冷锋通过,带来雷雨及强风,甚至降雹,对农业造成不小的损失,深值我气象人员注意。作者就1992年4月19日上午通过台湾省中南部地区的急行冷锋,利用雷达资料分析其垂直结构和水平结构。

关键词: 急行冷锋 垂直结构 水平结构 密度流

引 言

1992年4月19日上午和22日晚上,由于500hPa高空槽东移,槽后偏北冷气流南下,使较强冷锋迅速南下,激发了台湾省中南部的强对流天气。强风、雷雨、冰雹等强对流天气都出现在锋面附近及锋前暖区里。以19日上午的锋面来说,该锋面于05时通过中正机场,06时通过台北及新竹,08时通过台中(见图1),10时通过台南,皆仅带来阵雨、雷雨和风向的转变,而没有强风和冰雹等灾害性天气,但是于10时42分通过高雄地区时, $22 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的强风和大小如乒乓球般的冰雹却摧残了香蕉和各种瓜果、蔬菜,使农民损失新台币数千万元,并使高雄地区停电,雷雨使台南、高雄、马公等机场被迫关闭1小时,部分民众被冰雹砸伤。

国内气象界人士曾经进行过春季锋面雷雨和暴雨之个例分析(王少华,1982;李金万,1993)以及春季锋面雷雨锋前雨带之结构分析(曾宪瑗、童茂祥、王昆洲,1990),多注重在850hPa低层喷射气流及暖平流、重湿水汽,

700hPa及500hPa高空槽东移,槽后冷气流南下,中高层有强风轴移入等综观天气形势分析,以及雷达回波分布、移动及演化方面之分析,对垂直结构及水平结构则少论及。因此,本文选取1992年4月19日上午通过本省中南部地区造成重大灾害的急行冷锋,利用雷达资料和天气资料,分析其垂直结构和水平结构,以增进对春季急行冷锋结构之了解。

1 急行冷锋之垂直结构

锋面是冷空气和暖空气的交界面。在冷锋前方低空的暖平流可以造成暖区的潜在不稳定。在锋面附近往往还伴有中高层喷射气

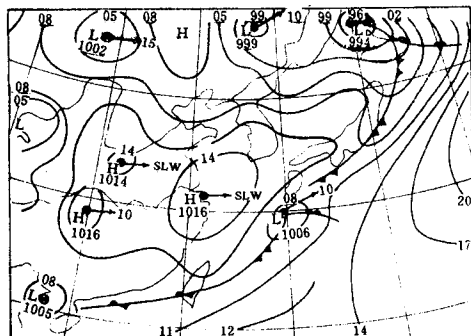


图1 1992年4月19日00时地面天气图

流或强风轴,存在有很强的风场垂直切变。由此可见,冷锋前方存在有利于强对流系统发展的环境条件。此外,锋面的抬升是锋面上强盛对流和暴雨的重要触发机制。

现在气象人员已采用密度流来解释急行冷锋的性质,在流体力学中的密度流(也叫做重力流)是指密度大的流体沿水平方向向密度小的流体流动。密度流的模式如图2所示,它有一个抬高的“头”,厚度为 H ,较冷空气的厚度 h 还要高。头的前方有一个凸出的“鼻”,头的后部有一个“尾”,尾部是下沉气流,有很强的乱流存在。锋面后部温度的回升,就是由于密度流区的下沉运动绝热增温的结果。在地面冷锋密度流头前方的低层暖空气上升到头的顶部时,即产生弧形云。在冷锋前部由锋面头产生的这一条云线叫做绳索云(Rope Cloud)(Bennetts D. A. and Hoshins B. J. 1979)。密度流前锋之移速公式为:

$$C^2 = (K^2gh \frac{T_1 - T_2}{T_2})$$

(Bergeron T. 1977)

式中 T_1 及 T_2 各为暖气流和冷气流之虚温, g 为重力加速度, h 为密度流后方冷空气流之厚度, K^2 为系数,取1.4。如果 T_1, T_2 及 h 已知,就可以算出锋面之移速。

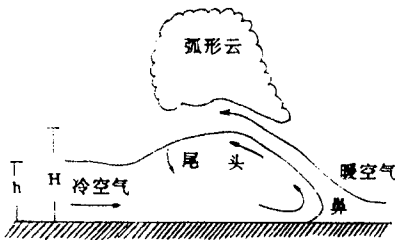


图2 密度流模式图

此外由1992年4月19日上午锋面分别

通过台南和高雄的时间,可以算出该锋面移动速度为 $15m \cdot s^{-1}$,属于快速移行冷锋,由卫星云图资料,高雄气象雷达站观测资料、地面气象资料以及探空资料分析该冷锋高度在中部为3km,在北部为4.5km;高空冷锋之水平宽度为100—160km,从地面到高空整个锋面之水平宽度约200km;通过高雄时锋面头上空之积雨云顶高度为15.7km,因此可以描绘该次伴有雷雨之急行冷锋之垂直剖面图如图3所示,图3右方为出现在嘉义和台南,并通过高雄之锋面头上空之积雨云,图3中央之积雨云出现在台中和清泉岗之间。

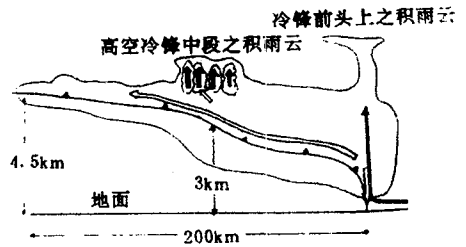


图3 伴有雷雨之急行冷锋剖面图

由密度流模式图可以理解地面急行冷锋密度流头前方的强烈垂直运动能有效地促使潜在不稳定能量的释放。对于地面急行冷锋触发强对流发展的问题,过去曾经有过不少的争论。Tepper (1970) 曾经提出锋前飚线是由地面气压波或气压跳跃线所引起的,而气压跳跃线又是由锋面加速移动所引起(Kreitzberg C. W. and Brown H. A. 1970)。Newton (1973) 则怀疑这种机制的重要性,认为气压跳跃线是在逆温层下方的湿层中传播,在垂直方向不足以把逆温层冲破而把气块抬升到自由对流高度以上产生飚线对流(Harold T. W. 1973)。Fujita 则认为 Tepper 的气

压跳跃线是飚线所引起的结果(Fujita, 1981)。Shapiro 等人则指出,锋面前头上强烈的上升运动($5\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)足够抬升潜在不稳定空气冲破逆温层盖。按此上升速度,10分钟时间内的空气可以抬升3km,即抵达700hPa附近。由此可见,由锋面头触发潜在不稳定能量释放的时间仅需数分钟,而不像高空冷锋区的上升垂直环流(上升速度约 $40\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)需要数小时,见图4(K. A. Browning, 1985)。

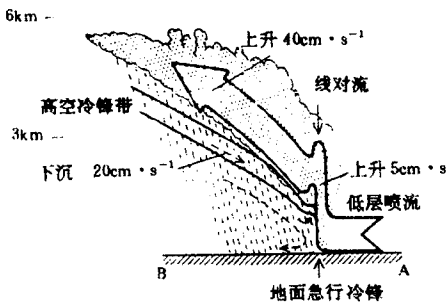


图4 有线对流之急行冷锋剖面图

由急行冷锋密度流性质,急行冷锋之中尺度特点以及垂直结构,可以了解到地面活跃冷锋在强对流和大雨(或暴雨)发展上的重要作用。

至于锋前中低层相当位温及相对湿度时空分布之分析,显示锋前低层(1.5km以下)有暖湿气流,而中层(600hPa—500hPa)有干冷气流,大气层呈对流性不稳定($\frac{\partial \theta_e}{\partial z} < 0$)之情况,中外已有很多人研究过(Shapiro, 1983; 曾宪瑗、刘昭民, 1985; 曾宪瑗、童茂祥、王昆洲, 1990), 本文不再重复进行此项分析。

2 急行冷锋之水平结构

本文曾经述及,地面急行冷锋前方可以受密度流的推进而产生每秒数米的上升速度。受这种强烈的抬升作用,急行冷锋前缘和

冷锋上方乃产生强烈积雨云、雷雨、强风、冰雹等强烈对流天气。在高空冷锋之中段,强盛的上升气流所引起的积雨云可以在高空冷锋的中段穿透层状的冷锋云罩(见图3)。如果高空冷锋中段之积云不够深厚,则积云顶即无法穿透冷锋云层而隐藏其内,只有冷锋前头之积雨云可以向上发展到十几km。这种冷锋前头之积雨云和强对流天气,有人称之为飚锋,以与冷锋前方之飚线区别,也有人称为飚线,与锋前飚线无区别。有时急行冷锋前缘有线对流,乃冷锋前缘垂直运动的对流作用所形成的(见图4)。

根据雷达观测,急行冷锋上之对流云回波呈飞镖形(Boomerang)(Hobbs, P. V. and Biswas, K. R. 1979),也有人称之为指形回波(王少华, 1982),在地面冷锋拐弯处附近,对流层低层的空气环流是风的气旋形旋转区,当风的切变很强时,可以形成一个中尺度低压,产生强风、雷雨、冰雹等强对流天气,与Fujita所提出之中尺度下爆气流和龙卷风之弓形回波(Fujita, T. T. 1981)相类似(见图5),只是飞镖形回波并没有龙卷风出现,而弓形回波则有龙卷风出现。

1982年王少华先生曾进行“台湾西南部春季锋面暴雨及伴随强风与冰雹之研究”,他指出当时伴随强风与冰雹之对流云回波呈“指形”及“钩指形”回波最大反射达42dBz及48dBz,回波顶高度达1200—1500m,回波移动方向 $90^\circ(\text{E})$,速度 $15\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (王少华, 1982)。分析1992年4月19日上午通过台湾南部地区,并伴随有雷雨、强风、冰雹等强对流天气之急行冷锋回波,可知也有类似情形。1992年4月19日0000UTC,高雄气象站所

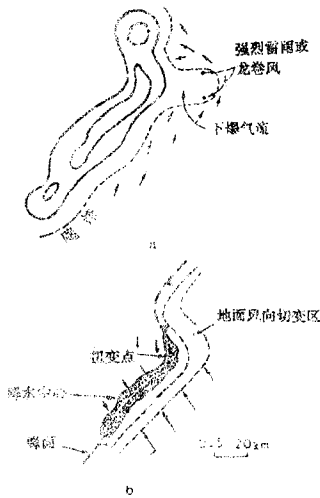


图5 钩指形雷达回波(a)与急行冷锋区中低层雷达回波(b)比较

测得之回波,南方的呈飞镖形(或指形,指向台湾南端)东西长400km,回波顶高度达15.7km,回波移动方向 $90^{\circ}(E)$,速度 $9.5m \cdot s^{-1}$ 。北方清泉岗及外海之对流云(即高空冷锋上之积雨云)范围较小,东西长220km,南北宽80km,回波最大反射率仅33dBz,回波顶高度10.7km,远较冷锋前头上空之积雨云弱(见图6)。由同日0000UTC GMS-4卫星云图上也可以看到从台湾东部海面向西延

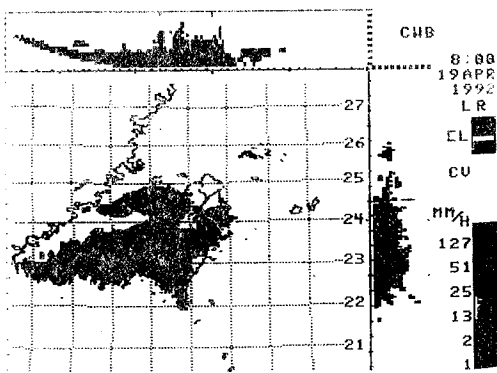


图6 1992年4月19日00时高雄雷达站所观测之回波图

伸到汕头外海,长达800km,南北宽150km之中尺度对流系统(MCS),清泉岗及外海之较小对流性回波范围及强度较弱(图略)。又由同一时间之云图分析图,MCS云顶温度 $-71^{\circ}C$,清泉岗附近之云顶温度 $-45^{\circ}C$,可见云顶高度分别大约为1500m及1100m(图略)。

3 结论

针对1992年4月19日发生在中南部地区伴有雷雨、强风、冰雹等强对流天气之急行冷锋,使用各种气象资料分析其垂直结构和水平结构,可归纳出以下几点结论:

3.1 急行冷锋可用密度流来解释其触发锋面上强对流及暴雨之重要触发机制。但触发过程尚有许多不同的见解。

3.2 使用雷达观测资料和各种气象资料,可以得知1992年4月19日上午通过台湾中南部之急行冷锋,其移动速度为 $15m \cdot s^{-1}$,冷锋上高度在中部为3km,在北部为4.5km,冷锋之水平宽度约200km,冷锋前部积雨云之高度为15.7km,高空冷锋中段(清泉岗)之积雨云高度为10.7km。

3.3 高雄气象雷达站及GMS-4卫星云图资料显示该急行冷锋所伴随之中尺度对流系统东西长约800km。雷达所观测到之指状回波,在卫星云图上无法看到。

致谢:承蒙台湾中央气象局高雄气象雷达站站长王少华先生赐供雷达观测资料,仅致最大之谢意。

参考文献

- 1 王少华,台湾西南部春季锋面暴雨及伴随强风与冰雹之研究——1981年3月19日—20日之例,1982年5月6—8日天气系统研讨会论文集汇编,1982:257—271。
- 2 李金万,曾宪媛,周鸿祺,1992年4月22日强烈飚线个案之都卜勒气象雷达资料分析,1993年天气分析与预

- 报研讨会论文,1993.
- 3 曾宪瑗,刘昭民,张泉勇等.中正国际机场锋面雷雨时之强风预报研究.民航局专题研究.1985;72.
 - 4 曾宪瑗,童茂祥,王昆洲.春季锋前雨带之结构分析.1990年5月10—11日气象雷达与飞航安全研讨会论文汇编.1990;399—406.
 - 5 Bennetts, D. A. and Hoskins, B. J. Conditional symmetric instability a possible explanation for frontal rainbands. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 1979, 105: 945—962.
 - 6 Browning, K. A. and Pardoe, C. W. Structure of low-level jet streams ahead of mid-latitude cold front. *QJR Meteorol Soc.* 1973, 99: 619—638.
 - 7 Browning, K. A. Conceptual models of precipitation systems. *The Meteorological Magazine*. 1985, 114: 721—727.
 - 8 Browning, K. A. Mesoscale Rainbands in Mid-latitude Frontal Systems. *The Meteorological Magazine*, 1985, 114: 293—319.
 - 9 Fujita, T. T. Tornadoes and Downburst in the Context of Generalized Planetary Scales. *J. Atmos. Sci.* 1981, 30: 1511—1534.
 - 10 Harrold, T. W. Mechanism influencing in the distribution of precipitation within baroclinic disturbances. *QJR Meteorol Soc.* 1973, 99: 232—251.
 - 11 Herzeth, P. H. and Hobbs, P. V. Generating cells and precipitation growth in mesoscale rainbands. *Conference on cloud physics and atmospheric electricity Issaquah, Wash.*, 31 July 4 August 1978. *Am. Meteorol Soc.* Boston, Mass.
 - 12 Hobbs, P. V. and Biswas, K. R. The cellular structure of narrow cold-frontal rainbands. *QJR Meteorol Soc.* 1979, 105: 723—727.
 - 13 Houze, R. A., Jr. and Hobbs, P. V., Organization and structure of precipitation cloud system. *Advanced in Geophysics*, 1982, 24: 225—315.
 - 14 Houze, R. A., Jr., Hobbs, P. V., Biswas, K. R. and Davis, W. M. Mesoscale rainbands in extratropical cyclones. *Monthly Weather Review*, 1976, 104: 868—878.
 - 15 Kreitzberg, C. W. and Brown, H. A. Mesoscale weather systems within an occlusion. *Journal Applied Meteorology*, 1970, 9(3): 417—432.

The Analysis of the Structure of Active Front in Spring

Chao-Ming Liu

(Taipei Meteorological Center, Air Navigation and Weather Service, CCAA)

Abstract

It is worthy of regarding for us to understand that the active front accompanies with thunderstorm and strong wind, even hair, which endangers the agricultural products, while the active front passes Taiwan. The structure of vertical and horizontal active front was analysed preliminarily by using radar information and weather data on 19 April 1992.

Key Words: active front vertical structure horizontal structure