

78810 冰雹过程的分析

甄 长 忠

(甘肃省气象局科研所)

提 要

本文研究了 1978 年 8 月 10 日发生在甘肃省永登地区的一次超级单体雹暴(简称 78810 冰雹)的特征。根据雷达回波资料,入云探空资料以及地面降雹实况和其它气象资料的分析,这个超级单体是由多块小单体在一个主要单体上并合而成的,它的右侧有一个指状回波。整个指状回波及其根部附近的主体回波都是强降雨区。文中着重描述了超级单体入流缺口处的气流结构。中下层反气旋式旋转、中上层气旋式旋转的上升气流将一部分冰雹粒子带到右侧降落,形成了指状回波。

一、雷达回波特征

16 时 05 分,平面位置显示器上在测站西北有一条东西向的带状回波,带上的回波单体各自存在,互相没有连接并合,中间有一块较大的单体。这块较大的单体以 20 公里/小时的速度向东南移动,并不断同其它回波单体发展并合,到 16 时 42 分发展成为一块东西长约 80 公里,南北最宽处约 40 公里的一个大单体,但回波仍包含几个强核,原中间的主

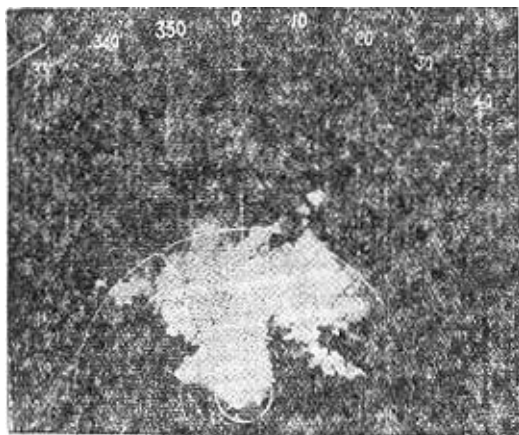


图 1 17⁰³ 回波照片 PPI5°, odb, 距离每圈 10 公里

要单体也得到进一步发展,并在其移向的右侧形成指状回波(图 1)。这个指状回波的演变如图 2。从图 2 中可以看到指状回波衰减 30db 之后它的形状变化不大,它所在的区域

正是雹云回波的强区。指状回波在移动过程中不断变化。从 16 时 05 分突出回波出现起到 17 时左右强大的指状回波形成止, 回波不断发展加强。16 时 53 分石门峒测站开始降雹。17 时 19 分指状回波出现气旋性弯曲。17 时 45 分以后指状回波迅速消失。指状回波从生成(小突出回波出现)到消失历时约 1 小时 40 分钟。指状回波消失的同时, 地面降雹也相应停止, 整个单体趋于消散。

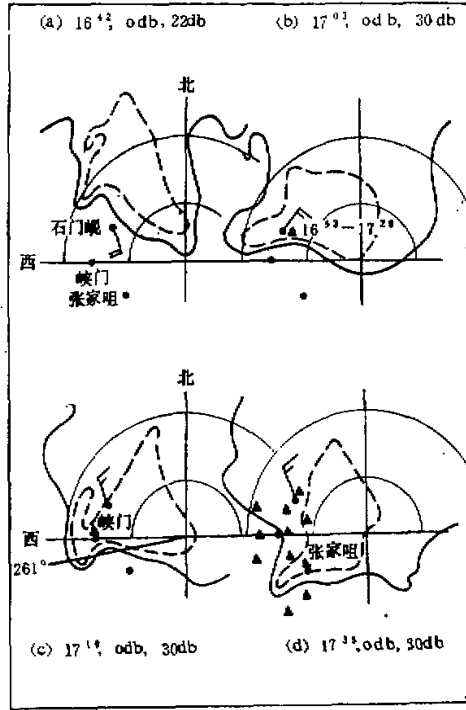


图 2 指状回波演变情况。距离每圈 10 公里,
(d) 中▲表示全过程降雹分布

17 时 22 分从 261 度方位上对雹云的指状回波进行了垂直观测(图略), 所剖的部位正是指状弯曲的地方。可以看出, 在回波低层有一个无回波区, 这个区的高度对 odb 廓线可达到 3.5 公里。从 25db 强回波廓线可见, 这个无回波区可延伸到 4.5 公里附近。这一事实表明, 78810 冰雹的指状回波不仅在低仰角的平显回波上可以出现, 而且在较高的高度上指状回波的强区仍然存在。

二、冰雹分布特征

根据位于试验区的较密的测站网点和县防雹办公室所得到的地面降雹资料, 绘制了这一地区的降雹分布图[如图 2(d) 所示]。从图 2 中的降雹实况和指状回波演变可以看

出,从指状回波的前端及其根部附近的主体回波所经过的区域都对应着地面降雪,包括重灾区域,而其它强回波区只对应着地面较强的雨区。

石门岬测站位于指状回波的根部附近,雹云经过测站的降水特征是:16时53分开始降雪,雹粒较小,密度稀疏。17时开始密度加大,最大雹粒直径达36毫米,17时13分最大直径达40毫米。从16时53分开始到17时15分纯是冰雹颗粒,持续达22分钟。17时15分至17时16分是大冰雹夹雨,一分钟之后变成雨夹小雹,持续到17时25分,再后是稀疏的小雨。将石门岬降水的时间变化与图2的回波演变比较,可以看出,指状回波移行的前部对应的是稀疏的大冰雹(最大直径达20毫米),强回波区域对应着大而密集的冰雹(最大直径达40毫米),指状回波的后部对应着小冰雹和雨。另外,图2(c)和(d)上还分别标出了峡门和张家咀两站雨量自记记录上的强降水时段(17¹²—17²²和17³⁰—17⁴⁷),这两站都降了鸡蛋大小的冰雹,灾情十分严重。这一强降水时段对应的基本上是强回波过境时段。

三、指状回波根部附近的气流结构及其指状回波的形成

石门岬测站在雹云来临时于16时58分施放了探空气球。施放时已经降落稀疏的较大颗粒的冰雹,结合17时03分的回波位置,再考虑雹云每小时20公里的移速,气球入云位置是30db强回波前沿附近。这次入云探空用701雷达进行了测风,711雷达配合取了雹云回波照片,同时常规探空仪获得了压温湿的资料。

测风结果如图3。从图上相对地面的实测风可以看出,由于地面已经降雪,近地浅层

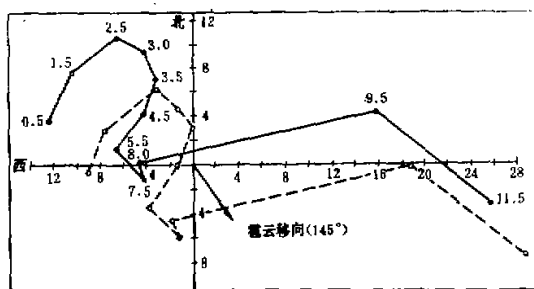


图3 高空风。图中各点数字是高度(公里),坐标上的数字是米/秒,实线为相对风暴的风,虚线为实测风

为东东北风。从此向上到3.5公里(相对雷达站高度,雷达站海拔2.5公里)为东南风,风向呈反气旋式旋转,到3.5公里近于南风,且风速随高度减小。3.5公里与4.5公里之间风向突然转为东东北风,风向随高度气旋式旋转,风速变化很小。在8.0公里与9.5公里之间风向又有较大变化。9.5公里为西风19米/秒,这个高度已在云顶附近。图3还绘出了相对于雹云的相对风分布。为了进一步了解上升气流的特征,我们根据701雷达测风记录计算了气球某一时刻所在的空间位置垂直投影到地面上的点的轨迹,如图4。图上标出了气球所在空间位置距雷达站平面的高度和气球在该空间位置的时刻,以及该高度上

的相对风矢量,从图上看,轨迹与高空风一样,反映了云中气流的中下层反气旋式旋转、中上层气旋式旋转的特征,而且,从各高度上的相对风矢分布可以看出,中上层的相对风向着雹云移向的右后侧方向,这可能将部分雹粒带到了主体回波的右侧。这股气流上升

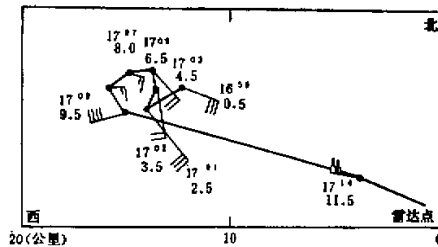


图4 气球空间位置投影到地面上的轨迹。相对风矢旁的数字,上为时间下为气球所在高度

到云顶附近以后,在环境风的作用下从雹云的左前侧流出。

我们利用时高线,以一分钟为间隔,计算了气球相对地面的平均升速(图5)。从图中可以看出,相对高度3.5和4.5公里之间,8.0和9.5公里之间是两个升速最大层,对照图

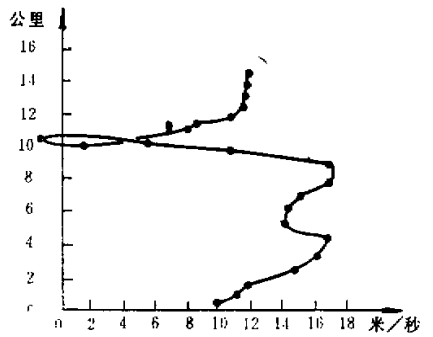


图5 气球对地升速

3 这两层都是风向切变层。在云顶附近(雷达回波最高回波顶为10.5公里)有一个下沉气流区。

根据气球的轨迹,相对风分布结合雷达回波特征,可以对指状回波根部附近的气流结构作一番描述:在指状回波根部附近雹云移行的前方低层有一股偏南斜升气流进入雹云,随高度作反气旋式旋转,达中层之后(相对地面高度3—4公里)这股气流随高度作气旋式旋转,逐渐偏向雹云移向的右侧,然后在环境风场的作用下又从雹云左前方流出。

雷达探测到的指状回波是大的冰雹粒子对电磁波强散射形成的,地面与之相对应的是强降雪区域。大的雹粒降落到主体回波的右侧,与上述云内气流结构有关。可以认为,指状回波是由于雹云内气流的作用将一部分较大的冰雹粒子携带到雹云移向的右侧,在上升气流较弱的区域降落下来,形成了从主体回波右侧伸展出去的一个强回波墙,在平显回波上出现指状回波的特征。

四、78810 冰雹过程天气条件简述

造成本日这样强烈的对流性天气过程除局地的热力水汽条件之外,天气条件也是不可忽视的。

8月10日强雷暴过程发生在17时前后,当日20时中空500mb图上兰州、西宁上空为平直西风呈辐散型,无明显的槽线和冷平流影响。这种辐散型流场可达300mb。低空700mb图上兰州、西宁之间有南北向槽线,试验区有一个闭合小低压,高原上向北伸出一个暖舌。地面也有一个小切变线与700mb的低值区相配合。我们计算了8月10日20时兰州、西宁、民勤三站所组成的三角形内平均散度。无辐散层比较高,约在380mb,380mb以下为辐合。380mb至220mb之间辐散比较集中,最大辐散量为 $9.1 \times 10^{-5} \text{秒}^{-1}$ 。因此,这次冰雹过程的天气条件主要是中低层的辐合场造成暖湿空气的强烈上升运动,再加上中高层的较强的辐散,更有利于对流运动,在700mb到地面这一浅层的切变线触发下形成了这一区域的强对流天气过程。

当切变线移近试验区时,雷达观测到了飑线回波带。我们应用试验区有限的测站网资料绘制了一小时的变压场和风场图(图略),描画了相应时刻的雷达回波,并填上一小时的变温,以便了解回波带附近气象要素的分布。从分析中可以看出,回波所对应的是正变压区,零变压线位于回波前沿不远处,而且零变压线两侧一小时变温也有显著的不同。它的南侧基本上是正变温,它的北侧基本上是负变温。回波所在位置的前沿附近是风向切变的区域,这个区域与零变压线大致相同。

五、讨 论

1. 造成78810小范围强冰雹过程的天气条件是,中高层的强烈辐散和中下层暖湿空气的辐合,受低层切变线的触发,在永登试验区形成强烈的对流运动。从一小时变压场分布可见,零变线位于回波前沿附近,这条线的两侧变温不同,风向不同,它随着回波前移。

2. 78810冰雹回波是回波带上较大的回波单体为主发展起来的。它并合了其它的回波,最后形成一个大的单体。指状回波的生命史约为一小时四十分钟。指状回波消失,降雹也相应结束,雹暴单体趋于消散。

降雹区域是指状回波及其根部附近的强回波区,其它的强回波区地面对应的是强降雨区。

3. 78810冰雹云的指状回波根部附近的气流结构是:在雹云移向前方低层有一股偏南斜升气流进入雹云,并随高度呈反气旋性旋转。这股气流达中层之后作气旋性旋转,逐渐偏向雹云移向的右侧,到达云顶附近之后在环境风场的作用下从雹云左前方流出。这股气流将一部分冰雹粒子带入主体回波的右侧降落,出现了主体回波右侧的指状回波。