

华北锢囚锋的一个个例分析

许 培 贞

1977年10月26—27日华北地区出现了一次锢囚锋天气过程,过程期间大范围地区出现连续性降水,呼和浩特白塔机场降水量为23.7mm,超过呼和浩特市历年(1951—1973年)10月分降水量的平均值(23.0mm),也是呼和浩特市秋季降水量较大、持续时间较长的一次过程。

为了进一步了解和认识华北锢囚锋的形成条件、演变特点、结构与天气,我们对这次过程作了分析,归纳如下。

一、锢囚锋发生的环流背景

这次过程前期,亚洲500mb上空为平直西风。10月23日20时,在 45°N 以北的叶尼塞河中游至巴尔喀什湖,有一短波槽向东移动,25日20时短波槽移到了苏联滨海省至我国长白山地区一线,锋区位于中蒙边界一带。与此同时, 40°N 附近的偏西气流中,另有一短波槽由中亚地区经新疆、河西走廊东移。23日20时原在乌鲁木齐附近的浅槽也于26日20时移至青海湖附近,并且有明显的加强(图1)。26日08时700mb图上,华中至河套上空偏南气流较强盛,河套北部一段锋区受阻,呈准静止状态,于是,原来呈纬向的锋区就产生了波动。

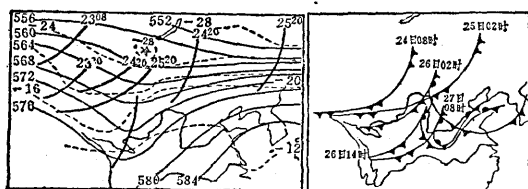


图1 10月26日20时
500mb图

图2 10月24—27日锋
面演变图

二、锢囚锋的形成、演变和消失

1. 锢囚锋的形成

25日02时,地面冷锋位于大兴安岭—呼和浩特—河西地区一线。08时冷锋东段超过大兴安岭向东南移动,冷锋西段经河西地区缓慢东移,冷锋中段在河套北部呈准静止状态。25日14时,整个锋段的弯曲就更加明显了。此后,东路锋后冷空气由东北平原折向西南行,经渤海回流进入华北,并西移越过太行山。同时,西路锋后冷空气由河套以西地区东移,于26日02时,东西两路冷空气在河套的东胜附近迎面

相遇,形成锢囚锋(见图2)。

2. 锢囚锋两侧冷空气演变特点

锢囚锋形成以后,锋后东路的冷空气经历了由强变弱,西路冷空气是由弱变强,这一过程可以从表1上锋后 ΔP_{24} 和 ΔT_{24} 的变化看出。东路冷空气进入东北平原以后,移速加快,扩散南下。

表1

强度 分 类 日 时	西 路 冷 锋		东 路 冷 锋	
	$+\Delta P_{24}$	$-\Delta T_{24}$	$+\Delta P_{24}$	$-\Delta T_{24}$
26日02时	13.2	3	23.6	8
26日08时	13.8	2	18.6	9
27日02时	18.2	14	2.9	5
27日08时	17.7	13	0.1	4

东路冷空气虽然开始强度较强,但由于在南下过程中缺乏新冷空气的补充,其强度逐渐变性减弱。而西路冷锋后的冷空气,由于有新的冷空气自西向东经河西走廊源源不断的补充,使得西路冷空气明显加强。

3. 锢囚锋的消失

27日08时后,西路冷空气越过太行山,和原位于太行山东麓的冷空气合并。在27日14时的地面图上,只能分析出一条冷锋,从而地面锢囚锋消失。从26日02时至27日14时,锢囚锋共持续了36小时。

三、锢囚锋的空间结构和流场特征

1. 锢囚锋的空间结构

26日08时,穿过锢囚锋沿 42°N 和 109°E 分别作了剖面图(见图3、图4),从分析中看出。

(1) 锢囚锋在850mb上的锢囚点位于呼和浩特、东胜、海流图三站之间。

(2) 暖区里的偏南气流比较明显,且对应着高温、高湿区,湿层的分布也较厚,表明暖区里上升运动比较明显。

从26日08时沿 40°N 空间剖面图上 ΔT_{24} 的分布(见图5)中可以看出,东西两路最大负 ΔT_{24} 中心都出现在锋后400—500km处,距离地面约2000m左右的高度上。从图上看,西路冷空气势力较强,但实际

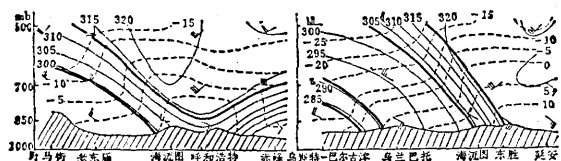


图3 26日08时沿42°N
空间剖面图

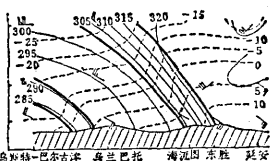


图4 26日08时沿109°E
空间剖面图



图5 10月26日08时空间垂直剖面图 (ΔT_{24} 分布)

上东路冷空气势力更强,这是因为当时东路冷空气主力还在45°N附近。此外,从图5中还可以看出,锋后东西两路低层 ΔT_{24} 不好用,这是因为锋前天气晴好,辐射降温多;锋后阴天多云,降温不明显。所以, ΔT_{24} 就模糊了冷空气的强度。

2. 锢囚锋附近的流场特征

通过锢囚锋附近低层的散度、垂直速度场的计算及等 θ_{se} 面上气流运动状况,大体上可以揭示出锢囚锋附近气流的三维运动状况。

(1) 低层垂直速度场的分布

从26日08时700mb垂直速度的分布图(图6)上看出,河套西部为上升运动($W < 0$)区域,它和700mb等压面图(图略)上的空中槽位置相配合。850mb上最大上升速度为 3.3×10^{-3} mb/s,700mb上最大上升速度为 7.2×10^{-3} mb/s,而且都处于水平气流的辐合中心。这一上升运动的维持和东传,为该过程华北地区的连续性降水提供了动力条件。

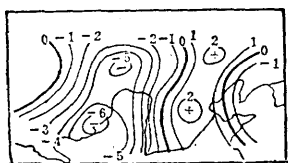


图6 10月26日08时700mb 垂直速度(单位 10^{-3}mb/s^{-1})分布

(2) 沿40°N二维气流的分析

图7是26日08时沿40°N作的垂直剖面图,图中104°E处为一辐合线,辐合线两侧均为上升运动区域,地面降水区(98—112°E)的分布和它比较吻合。在115°E附近,700mb、850mb为下沉气流($W > 0$)区域,和散度场(图略)的水平辐散及等压面上气流的反气旋曲率区域配合较一致。东路冷锋后部没有出现大范围降水区,可能与这个辐散区的下沉气流的维持有关。

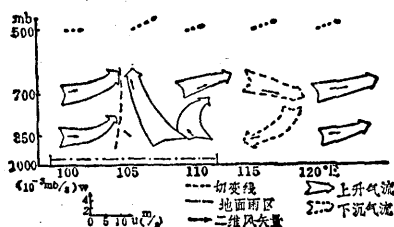


图7 10月26日08时沿40°N(u,w)二维气流剖面图

(3) 等 θ_{se} 面上气流运动状况

在26日08时315°K等 θ_{se} 面上气流分布图(图8)上,黄海上空有一反气旋中心,在反气旋东部维持着一支偏北下沉气流,且比较干冷,当其经过反气旋的南部和西南部位后,这支气流变性,即转变为一支缓慢滑升的东南气流,这和850mb图上偏东气流在徐州附近的干舌相吻合。

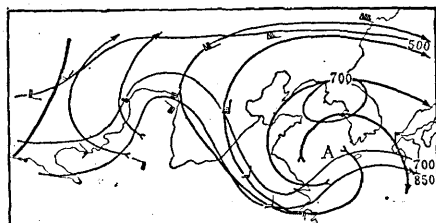


图8 26日08时315°K等 θ_{se} 面上气流分布图

由298°K、305°K、315°K三层等 θ_{se} 面上气流的综合分析,得到了图9(平面示意)。它反映了26日08时锢囚锋附近,大体上是由三支基本气流组成的,现分述如下:

① 锋后冷区下沉气流。它分南、北两支向东南移动,南支由酒泉北面的5500m高度下降到兰州北面的1500m高度,它是西路冷锋后部冷空气的来源。北支由海拉尔附近的5500m高度下降至日本南部的1500m高度,它是东路冷锋后部冷空气的来源。

② 锋前暖区上升气流。它由37°N附近的1500m高度上升到45°N附近的5500m高度。这支活跃在锋

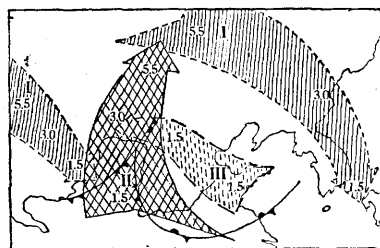


图9 10月26日08时等 θ_{se} 面上气流综合分析

面上部的暖湿气流，对华北地区该过程的连续性降水起到了关键作用。

③ 锢囚锋前后的偏东气流。这支东海变性冷空气由东路冷锋后部经华北平原迁回到锢囚锋附近。当其由海上进入陆地以后，基本上沿着 1500m 高度作准水平运动。

四、锢囚锋降水及其成因分析

这次锢囚锋天气以降水为主，其降水范围广，持续时间长，而地面风却不大。26 日 02 时锢囚锋形成时，从附近地区实况（图略）看出，在锢囚点附近新生的小片降水区逐渐扩大，同时，河套南部的降水区也明显地向北扩展；08 时，两片降水区已联结在一起。这里应该指出，河套降水区的新生和锢囚锋的形成在时间上的吻合，并不是偶然的。现就锢囚锋的天气分布特点及其原因作一简略分析。

1. 降水区与各层天气系统的配置

26 日 08 时，地面降水区分布在锢囚锋附近、西路冷锋后部和锋前暖区，也正处于地面的倒槽中和 700mb 槽线前部以及更上层的偏南气流下方（图 10）。从图上可以看到，空中槽是后倾的（以地面槽线、空中槽线与 40°N 交点的连线表示槽在空中的后倾程度）。槽前偏南气流尤其是低空东南气流比较强盛，它对于河套地区低层气流的辐合和地面倒槽的发展起着重要作用。

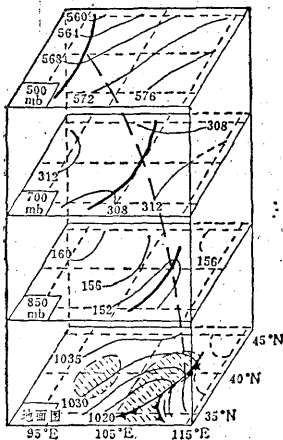


图 10 26 日 08 时地面锢囚锋上空各层系统配置

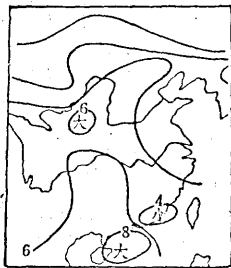


图 11 26 日 08 时 700mb 比湿分布

2. 锢囚锋降水条件分析

(1) 辐合抬升条件 ① 西风槽的叠加。理论指出，西风带中的低槽移越高原时，在高原背风坡上空有正涡度加强，利于高空槽的加深发展。24—26 日 500mb 河西上空高空槽的演变就证明了这一点，而且它还和从高原南侧东移的槽在高原东侧叠加，这就加强了槽前气流的经向度。同时，位于我国东部沿海一带的高空脊也相应加强。② 东高西低、北槽南涡形势。26 日 08 时 700mb 等压面上系统的分布就属于这种形势。在上面四个系统中，起主要作用的是南涡和东高，它实质上反映了暖湿空气的强度。从 700mb 上 312 位

势什米特征线的变化，可以看出东高和南涡的演变。

23 日 08 时 700mb 上气流比较平直，高原东侧位于弱脊后部。在以后的几天中，312 线的西段逐日南压，东段北抬，表明西南低涡加深的同时，东面的高脊也在加强。从重庆、徐州、大连三站 700mb 的 ΔH_{24} 演变（见表 2）分析中看出，位于低涡东侧的重庆自 24 日 08 时起，连续三天均为负值；位于高压脊附近的徐州、大连基本上连续三天为正值。26 日 08 时，重庆、大连两站 ΔH_{24} 差值最大，达 60 位势米，这说明低涡和高脊之间的位势梯度较大。实际上，这个区域的偏南风于 25 日 20 时已开始有明显的增强。偏南风的加强，又反过来促进了河套西部槽线附近的辐合。850mb 图上，华北小高压环流的东移加强，其作用也是类似的。③ 在锢囚锋形成过程中，东西两路冷空气分别楔入华北地区暖空气的下方相向而行，加强了上下冷暖空气的相对运动，又逼迫了锋上偏南气流的抬升。

表 2 700mb ΔH_{24}

时 间 \ 地 点	重 庆	徐 州	大 连
24 日 08 时	-10	+10	-20
25 日 08 时	-20	+10	+10
26 日 08 时	-20	+30	+40

表 3 850mb 比湿

时 间 \ 地 点	平 凉	重 庆	济 南	南 京
23 日 08 时	5.9	9.1		2.7
24 日 08 时	5.6	9.1	6.4	3.3
25 日 08 时	6.4	9.6	5.9	3.3
26 日 08 时	9.1	9.6	5.6	4.8

(2) 水汽条件 过程前期，西南地区的低层处于弱脊后部，水汽聚集明显。从表 3 看出，比湿的分布，西南地区大于东南地区，处于低涡前部偏南气流中的重庆，比湿一直 $>9g/kg$ ；而受高压脊附近变性冷空气控制的南京，比湿一直很小。25 日重庆偏南风增大至 8m/s 后 24 小时，平凉的偏南风 and 比湿显著增大，由此可见，水汽的平流作用很明显。

26 日 08 时，700mb 上湿舌位于偏南气流中，而且水汽被迫向气流的辐合区集中（图 11）。水汽通量散度的辐合中心和气流水平散度的辐合中心也基本一致，表明水汽通量散度主要是受风场的操纵。

从以上分析可得出两个特点：① 华北锢囚锋在上空特定的形势形成以后，反过来也加剧了辐合上升运动，促使降水天气加强；② 地面降水区在锋的暖区内分布很广。从这两点表明了华北锢囚锋和一般衰老气旋中的锢囚锋在天气特点上是不相同的。