



一次晚春强寒潮和特大降水天气的分析

兰州中心气象台*

一、过程概况

1982年5月10—12日，陕、甘、宁、青出现一次超极地路径的强寒潮天气过程。表1为这次过程的天气实况。11—12日，柴达木盆地、宁夏、陕西和陇南日平均气温下降11—13℃；青海东部、甘肃大部下降14—16℃。这次冷空气势力强、来势猛，降温主要集中在一天左右，任意24小时日平均最大降温9—15℃。甘肃中部、河西走廊和武都地区北部最低气温降到0—4℃，最低地温普遍降至-5℃以下，陇东的最低气温和地温都在0℃左右，甘南自治州的最低气温降到-5—10℃，只有陇南南部的最低气温在3—7℃，最低地温在0℃左右。

表1 天气实况

	过程降温	任意24小时最大降溫	最低气温	降水量	降水性质	最大风速
格尔木	12.8	11.8		5	×	27
银川	12.0	8.0		14	×·	8
西宁	14.8	13.8		11	×	
酒泉	13.7	9.3	-0.9	4	×	
兰州	15.1	15.1	-0.1(-5.5)	14	×	
合作	16.0	14.0	-10.0	22	×·	14
郎木寺	12.1	10.1	-6.6	29	×·	16
西峰	14.0	13.3	0.1	17	×·	9
天水	5.8	10.4	2.7	30	·	7
武都	10.9	9.7	6.9	19	·	
榆林	10.8	9.3		37	·	19
延安	12.5	9.8		10	·	
西安	12.3	13.8		9	·	8
汉中	11.3	11.8		27	·	8

注：兰州最低气温栏中括号内为最低地温

伴随冷空气的入侵，从11日02时到12日14时，西北四省(区)先后有特大降雪或中一大雨。除柴达木盆地西部、河西走廊北部和陕西中、南部的降水量在10毫米以下外，其余大部分地方为15—40毫米。其中柴达木盆地东部、祁连山区和河西走廊中部、青海省东部、甘肃中部的雪量为10—20毫米；青海省南部、甘肃南部和陇东、宁夏自治区由雨转雪，降水量15—30毫米；陇南、陕南西部、陕北北部以雨为主，降水量为20—45毫米。最大降水中心在甘肃清水县为51毫米。河西走

廊、柴达木盆地、青海南部和甘南高原先后有6—7级大风，最大风力达8—9级。

5月份这样的寒潮天气，在历史上是罕见的。以兰州为例，五十年的气象记录中，24小时降温以这次最强；降水量仅次于1957年5月4日由雨转雪的16.7毫米，虽然这次也是由雨开始，但降雨时间短，雨量仅有2毫米，其余则为雪量；终雪日期也是最迟的。

这次强寒潮由于时间迟、降温强、雪量大，使冬小麦、玉米、瓜果、蔬菜等受到严重冻害，造成了牧区特别是产羔期的母、幼畜的大量死亡，对通讯、林业、交通运输也有较大的影响。

鉴于这次过程兼有较强的降温、降雪天气特点，作者试图从中期角度分析形势的演变，并从短期角度与盛夏暴雨、冬季大雪过程进行对比分析。

二、形势分析

这是一次冰洋气团沿超极地路径南下爆发的过程（图1）。它经历了酝酿、南下和爆发三个阶段。

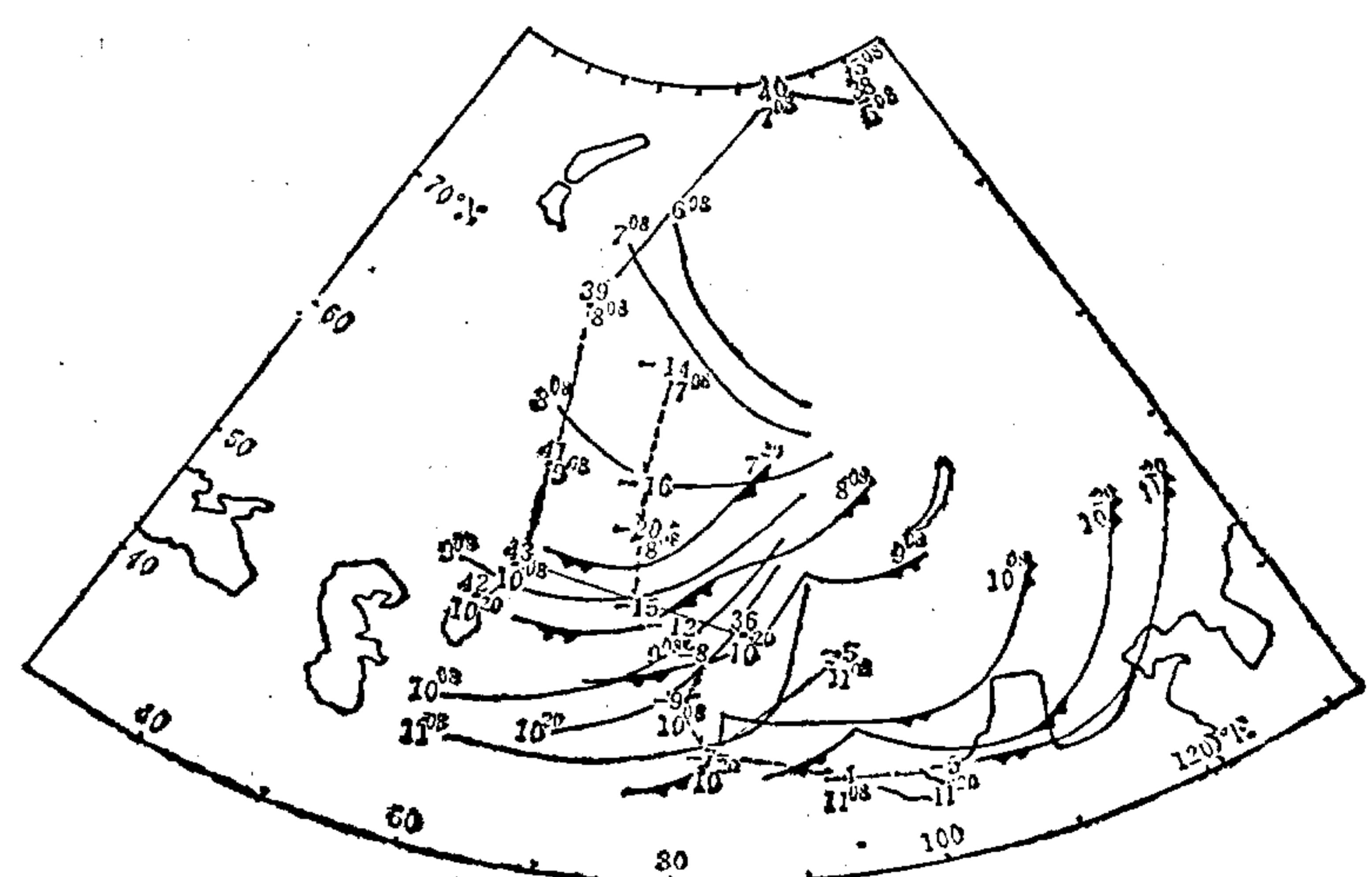


图1 寒潮过程综合动态图

细实线、细虚线及粗实线分别表示地面高压移动路径、500毫巴负变高移动路径、500毫巴槽线位置，图中数字分别为各系统的强度、出现日期及时间

1. 寒潮酝酿阶段

4月下旬，中、高纬超长波发生了一次明显的转

* 参加本文工作的有孙学筠、刘还珠、郭清台、张焕儒、吴玲玲、余均英等。

变。由图2可以看到，23候中、高纬超长波呈反位相，到24候，高纬（以 60°N 为代表）超长波明显东移。波脊从 10°E 东移到 70°E ，与中纬度（以 45°N 为代表）位于乌拉尔山的超长波脊同位相叠加，使环流经向度

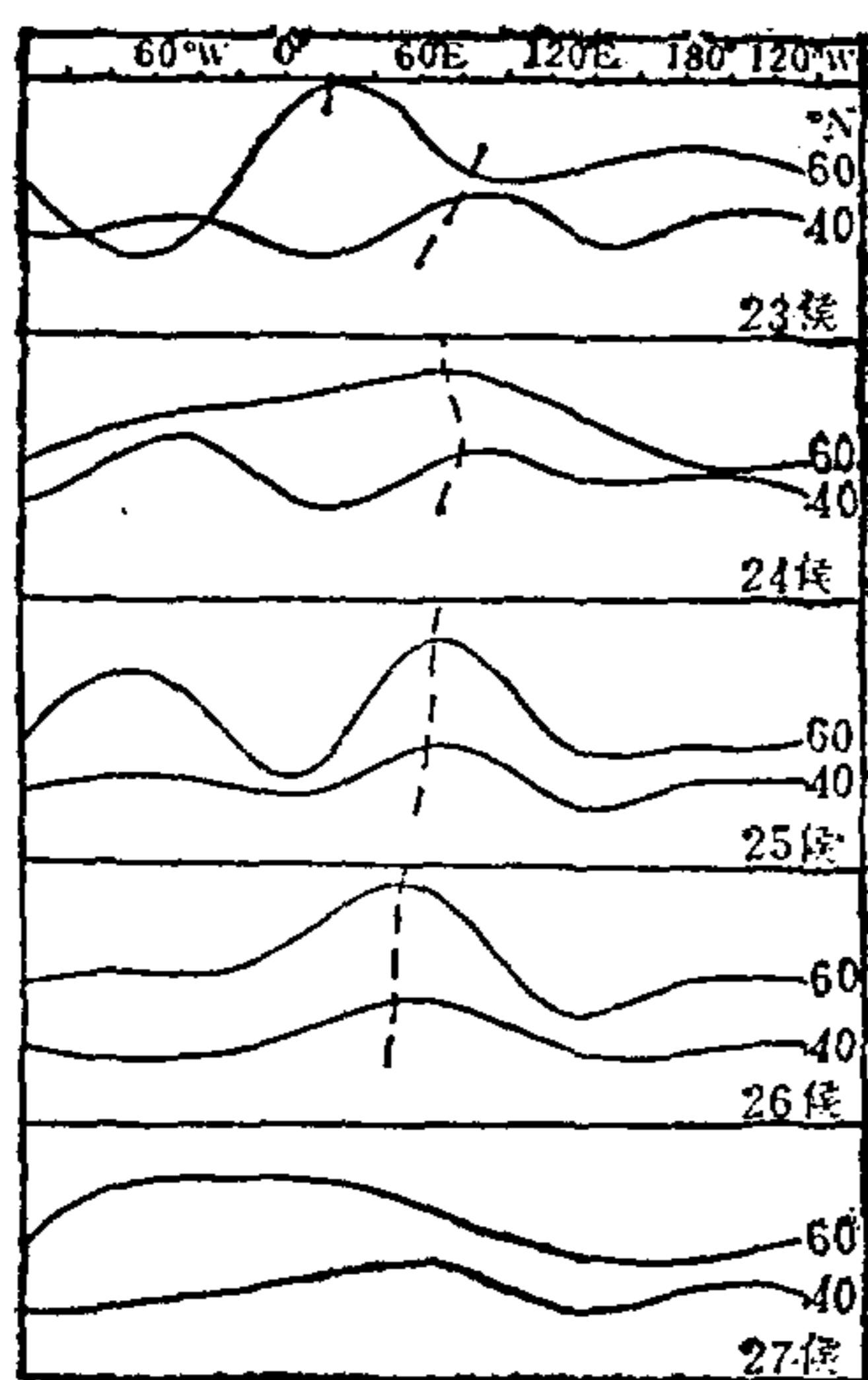


图2 23—27候0—3波演变曲线

加大。以后该脊加强少动，脊前强盛的偏北气流为引导极地冷空气南下创造了有利的背景条件。

高纬度超长波的调整及其与中纬度超长波同位相叠加发生在寒潮爆发前的12天，这是一个值得重视的前兆。

2. 寒潮南下阶段

导致极地冷空气南下的重要系统是极地高压的活动。从图3看出，这个极地高压于4月30日在加拿大北部海面形成，以后连续西行，把极地冷空气挤向东亚和北美，使北半球由绕极型转为偶极型。极地冷空气就是在上述转变的过程中以超极地路径方式侵入东亚的。

许多人早就注意到极地高压对东亚寒潮爆发的作用[1]。但是，经验指出，并不是所有的极地高压都能造成东亚寒潮。这次地面极地冷高压的南下正好发生在高空极地高压南落、与乌拉尔山超长波脊合并的时候（5月7日）。看来，极地高压与乌拉尔山超长波脊的合并是导致这次极地冷空气大举南下侵入东亚的重要条件。而前期中高纬度超长波脊在乌拉尔山附近的叠加，为后期极高的并入并导致极地冷空气侵入东亚创造了有利条件。

与冷空气相应的500毫巴冷槽以横槽形式从6日开始不断南下加深，8日在29区加深成低涡，中心附近最低温度达 -36°C 。相应地面高压中心7—10日08时从新地岛东部迅速南下到35区，中心强度在1040毫巴左右，这样的强度在5月份是不多见的。

3. 寒潮爆发阶段

9日横槽在中亚发展到最深，10日，乌拉尔山超长波脊崩溃减弱，中亚横槽转向东移，地面冷高压由自北向南的超极地路径改变成自西北向东东南的极

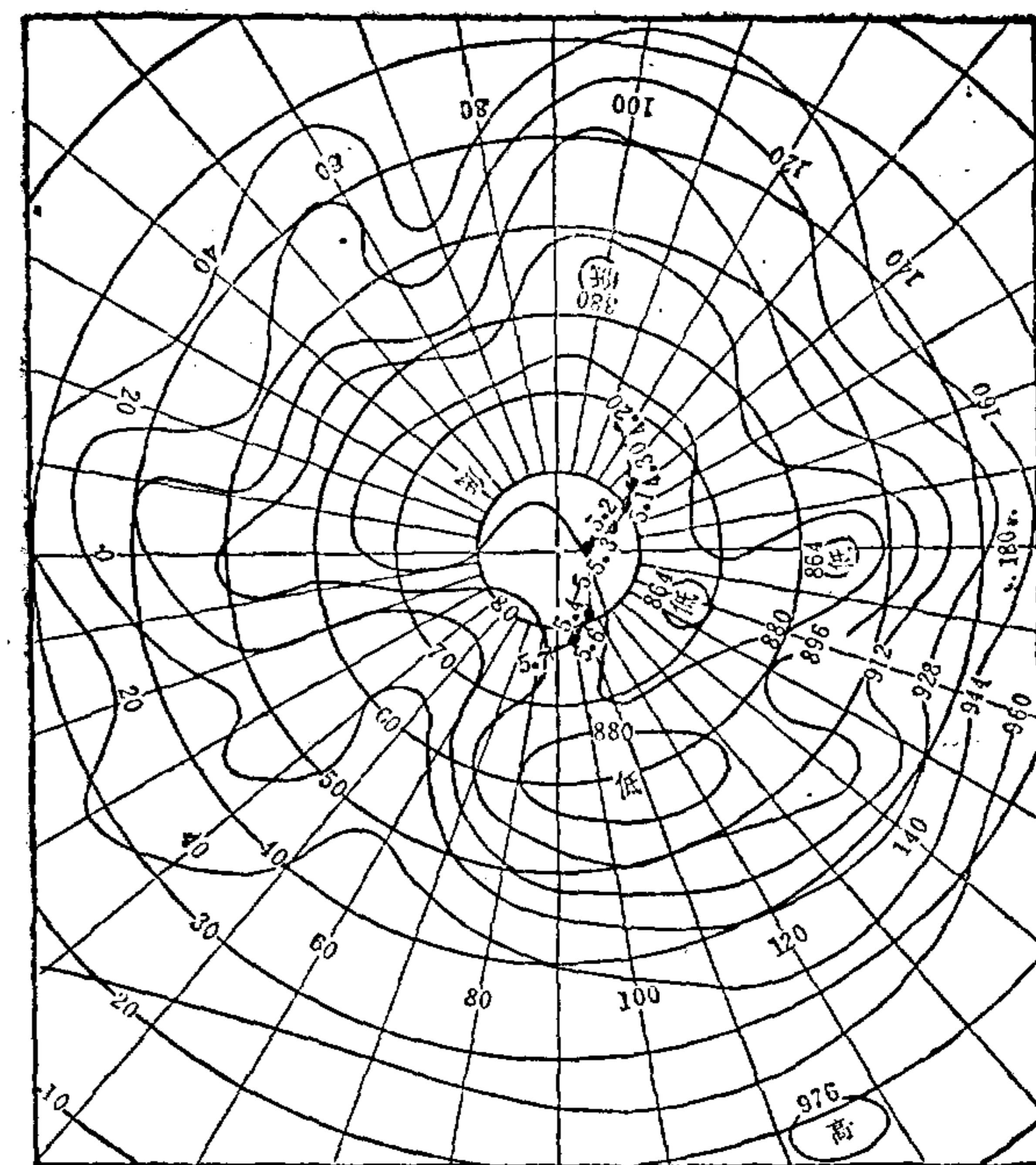


图3 1982年5月7日20时300毫巴形势及地面极地高压移动路径

地路径。9日08时地面冷锋进入北疆，10日08时进入甘肃河西西部，11日08时到达渤海至秦岭一线。

注意到在乌拉尔山超长波脊崩溃之前，高纬度超长波发生了由2波向4波的转换。从 60°N 方差贡献逐日演变不难看出（图略），过程前2波占优势，方差贡献最大达57%，由于在 140°E 和 60°W 分别长脊，4波的贡献逐日上升，8日已基本完成了这种转变（图4），比寒潮爆发早两天。过去的工作也指出：“发现4波的调整及其调整后的槽脊位置分布与新疆、甘肃两省区冷空气活动有较好的对应关系”[2]。这次过程也有类

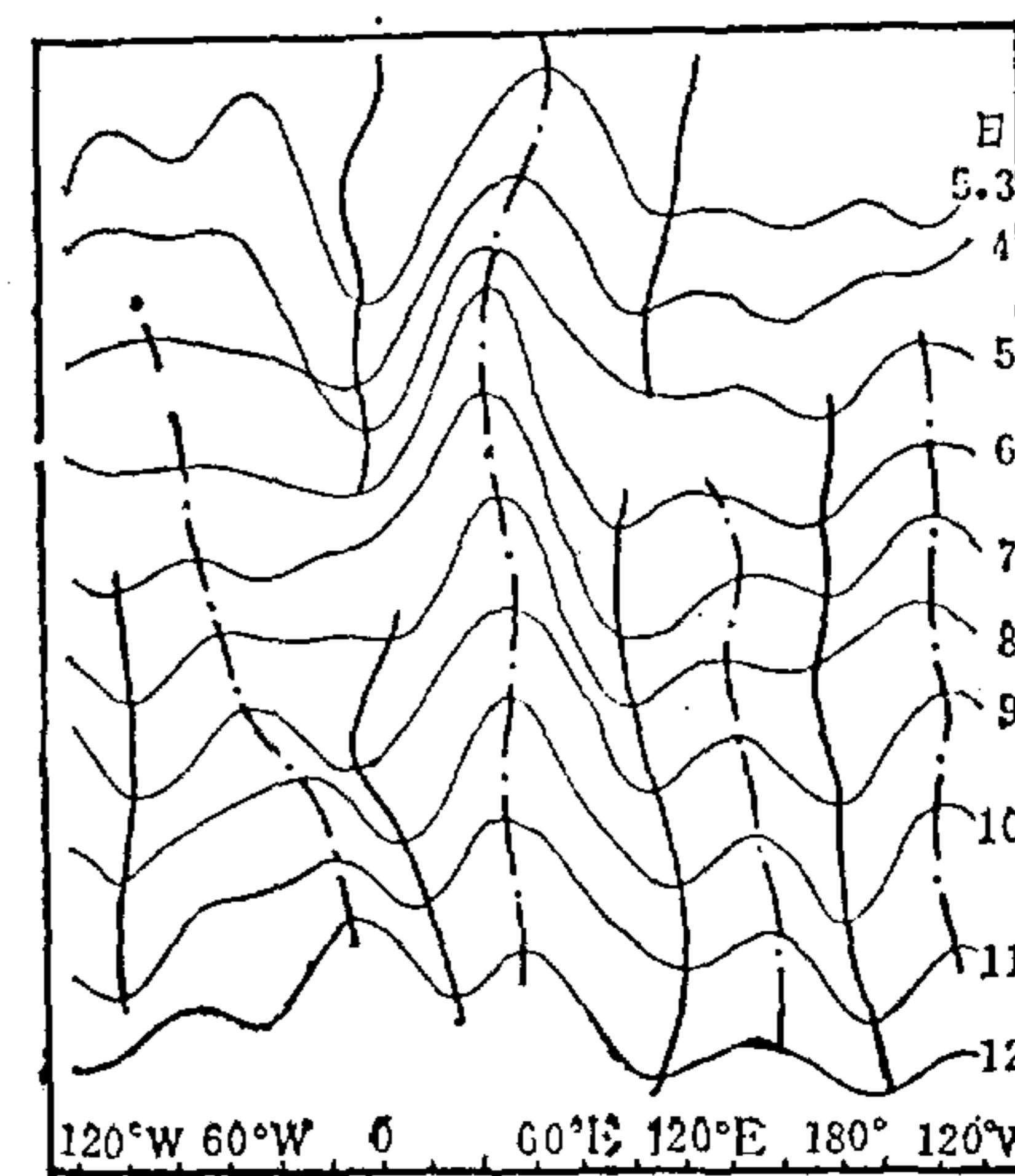


图4 60°N 0—6波合成波演变图

似的情况。

另外，随着横槽加深南压，一部分冷空气逐渐进入帕米尔高原西部，这一带500毫巴的高度随之下降，脊区转变为槽区。10日，冷空气沿青藏高原的西南侧进入印度北部发展成低槽，迫使低纬度超长波脊西退，高原西部形成槽，槽前西南气流从高原南部一直伸展到河套以北。11日08时，500毫巴新疆东部主槽锋区前沿，河西走廊到柴达木盆地的24小时正、负变温零线

附近，西北风与西南风之间新生一切变线。对应 700 毫巴上，甘肃东部为鞍形场锋生区，由四川盆地北上的偏南气流到达陇东后，其中一支沿高原边缘折向西行转为东南气流，使高原东北部辐合加强，降水迅速发展。这种中、低层的流场特点与夏季高原东北部的大、暴雨时一致。

三、降水分析

伴随着这次寒潮的爆发，在高原东北部降水区的 $32.5-40.0^{\circ}\text{N}$ 、 $100-110^{\circ}\text{E}$ 范围内，雨雪量约为 88 亿吨·日 $^{-1}$ ，与盛夏西南气流的区域性大、暴雨雨量相当。因此这是冬季天气中一次少有的特大降水。我们对这次降水前后的部分物理量进行了计算，并将计算结果同盛夏“西低东高”形势下的西南气流型大、暴雨（以下简称暴雨）和 1979 年 4 月 10—12 日的寒潮大雪、1981 年 12 月 12 日的大雪（以下简称大雪）天气过程进行了比较。其中含水量和水汽输入（出）量是在 $32.5-40.0^{\circ}\text{N}$ 、 $100-110^{\circ}\text{E}$ 范围内计算的，方法与我们过去的工作[3]相同。降水区内修正的散度和垂直速度是采用三角形或四边形方法。湿有效位能的计算方法见参考资料[4]。但单位气柱中的湿有效位能 $(\text{MAE})_1$ 的计算用下式

$$(\text{MAE})_1 = (0.25A_{mk850} + 0.75A_{mk800} + A_{mk700} + A_{mk600} + A_{mk500} + A_{mk400} + A_{mk300} + 0.5A_{mk200}) \times 100 \text{ 毫巴}$$

至于降水是雨或雪的问题，我们是用冷空气到达后，700 毫巴温度在 -5°C 和地面温度在 0°C 以上还是以下的经验方法判别的，故不多述。

从各层上水汽通量的分布可以看到，这次寒潮降水的水汽来源主要有两个。一个是低层由 700 毫巴偏南气流从四川盆地、云贵高原一带向北输送；一个是由中、高层由 500—300 毫巴西南气流从青藏高原南部向东北输送。另外，临近降水时，600 毫巴以下河套西、北部的西北气流也带来了部分水汽。计算区域内 11 日 20 时空气中含水量为 163 亿吨，水汽净输入量为 77 亿吨/日。前者虽然比暴雨时平均量（250 亿吨）少，但已接近某些区域性暴雨过程的含水量。例如 1966 年 7 月 26 日的暴雨，20 时含水量为 178.6 亿吨。而后者与暴雨时相当[3]。从表 2 降水区内各层水汽通量的平均值看，最大输送层位于 500 毫巴，平均达 7.8 克/厘米·毫巴·秒，最大为 11.7，这一数值接近夏季冷锋型暴雨 850 毫巴上的通量值[5]。400—600 毫巴的水汽通量占整层的 68.2%，700 毫巴以下只占 31%。

我们又对各界面、各层上的水汽输入（出）情况同暴雨和大雪的例子进行了比较。东、北两界面的水汽输送与暴雨、大雪时基本相似。即 600 毫巴以上为西南风输出，700 毫巴以下，北界面为锋后西北风输入；东界面 700 毫巴为槽前东南风输入，800 毫巴以下为锋后西北风输出。西界面整层为输入，输入量与南

表 2 降水区各层水汽通量

单位：克/厘米·毫巴·秒

	兰州	平凉	武都	延安	东胜	平均	百分比
300 毫巴	1.2	0.3	0.7	0.6	1.1	0.78	3.0
400	3.7	3.4	3.0	3.4	7.8	4.26	16.6
500	7.6	6.3	7.6	5.7	11.7	7.78	30.4
600	2.1	4.8	5.4	9.5	5.3	5.42	21.2
700	2.1	5.6	1.0	10.1	3.5	4.46	17.4
850	1.2	4.2	3.0	5.4	3.9	35.4	13.8

界面大致相当，是 7 次暴雨西界面平均值的 2 倍。因此，它在大雪中的作用较暴雨重要得多，而且最大输入层比较高，在 400—500 毫巴附近。南界面的水汽输入情况与暴雨差别最大。以往的暴雨分析指出，南界面的水汽输入量最大、最稳定，主要输入层在 600—800 毫巴之间，600 毫巴以下的输入量占整层输入量的 74%，800 毫巴一层约占 40%。同时，800 毫巴又最能反映整个气柱水汽增量的情况。但是，如表 3 所列，在这次寒潮降水中，南界面的主要水汽输入层则位于 400—600 毫巴，又以 500 毫巴为最大。400—600 毫巴的输入量与暴雨时 600—800 毫巴的输入量相当。11 日 20 时 500 毫巴上的输入量比暴雨时还多 1/4。达到 -364.3 百吨/秒。另外，11 日 08—20 时，500 毫巴的水汽输入增量也最大，达 -353 百吨/秒，恰好相当于暴雨时 800 毫巴的平均变率。因此，临近降水时，高原南部到河套的西南气流是这类寒潮大降水不可缺少的条件。这和我们以往分析的两次冬季大雪过程完全一致。当然由于 700 毫巴当天 20 时 4 个界面都是输入的，所以各层输入量比较，700 毫巴仍是最大的。特别是 700 毫巴东、西界面之间形成的输入量占了该区域净输入量的一半左右。因此，无论是寒潮降水还是夏季暴雨，以 700 毫巴为代表的对流层下部的水汽输入是很重要的。但寒潮降水时，东、西方向的辐合尤其值得注意。

图 5 绘出了以雪为主和以雨为主地区平均散度和垂直速度分布。它们都具有低层辐合、高层辐散及深厚的上升运动特征。但是，雨区内最大辐合层比雪区的低，上升运动要比雪区的大。雨区内辐合、辐散和上升运动的数值都接近或达到夏季冷锋型暴雨的量级[5]。可是，在春季寒潮的雨区内，也可以出现夏季暴雨的动力条件。

由兰州 $(\text{MAE})_1$ 曲线（图 6）可以看到，降水前 24 小时，能量剧增，临近降水时达最大，降水开始后能量释放，单位气柱内湿有效位能下降。若借用夏季暴雨时警界值条件，10 日 20 时就已达到了。由此可见，短期内能量的激增现象有一定先兆性。

图 7 是兰州 9—13 日 20 时 A_{mk} 的演变曲线。雪前

表 3

各层、各界面上的水汽输送分布

	20时							08时
	东	西	北	南	东西和	南北和	净输送	南界面
300毫巴	40.0	-56.1	63.7	-24.4	-16.1	39.3	23.2	-13.6
400	137.6	-294.1	310.6	-269.8	-156.5	40.8	-115.7	-29.1
500	285.0	-169.8	141.0	-364.3	115.2	-223.3	-108.1	-11.0
600	48.6	-42.3	11.7	-242.1	6.3	-230.4	-224.1	-95.1
700	-225.7	-214.5	-147.0	-94.4	-440.2	-241.4	-681.6	-66.0
800	252.1	-18.2	-188.7	97.8	233.9	-90.9	143.0	-2.3
900	108.2	-	-23.9	-14.6	108.2	-38.5	69.7	-3.0
合 计	645.8	-795.0	167.4	-911.8	-149.2	-744.4	-893.6	-220.1

注: $-893.6 \text{百吨} \cdot \text{秒}^{-1} = -77.2 \text{亿吨} \cdot \text{日}^{-1}$

正为输出, 负为输入

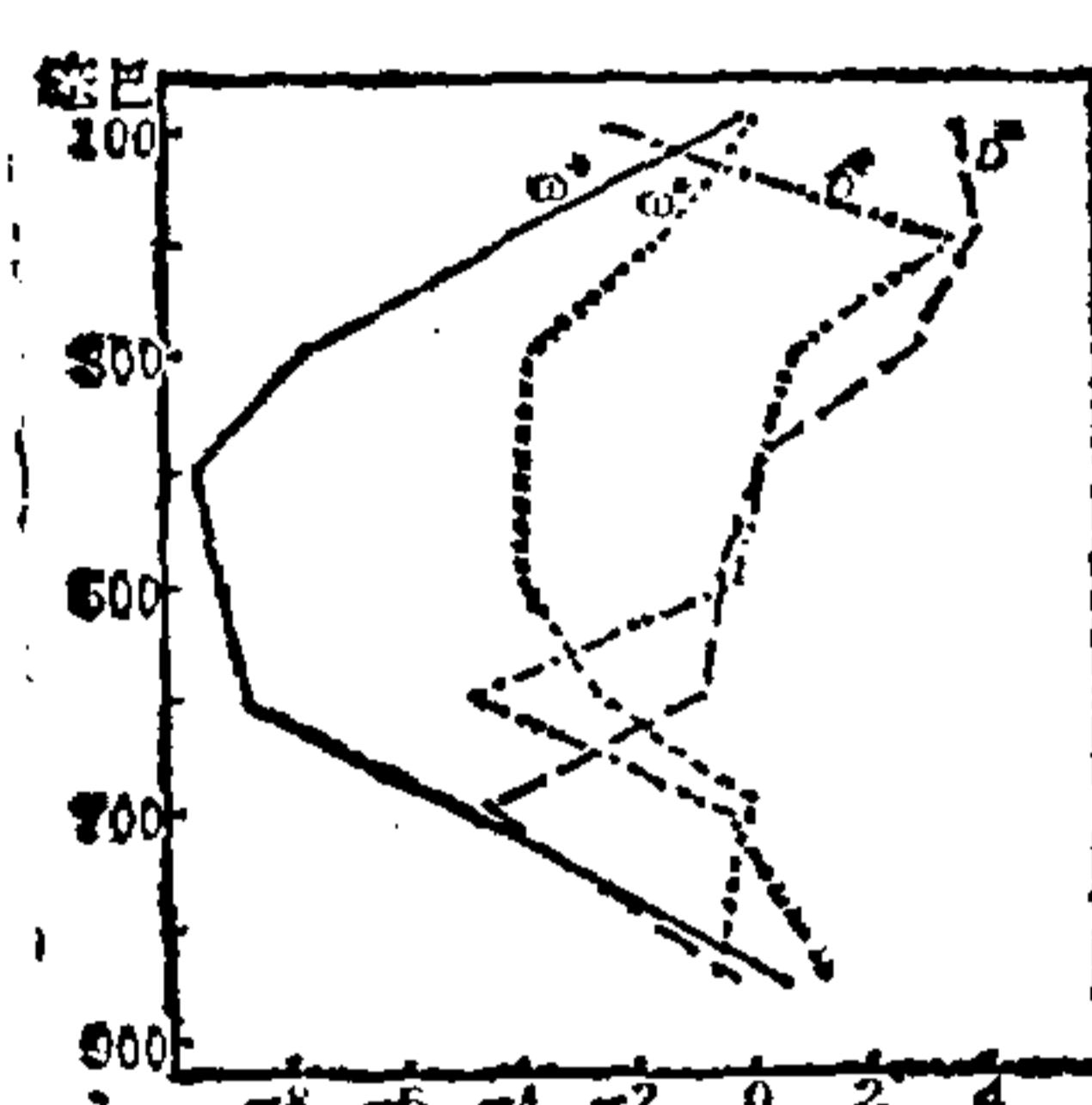


图 5 雨雪区平均散度(10^{-5} /秒)和垂直速度(10^{-3} 毫巴/秒)实线和断线表示雨区的, 点线和点划线表示雪区的

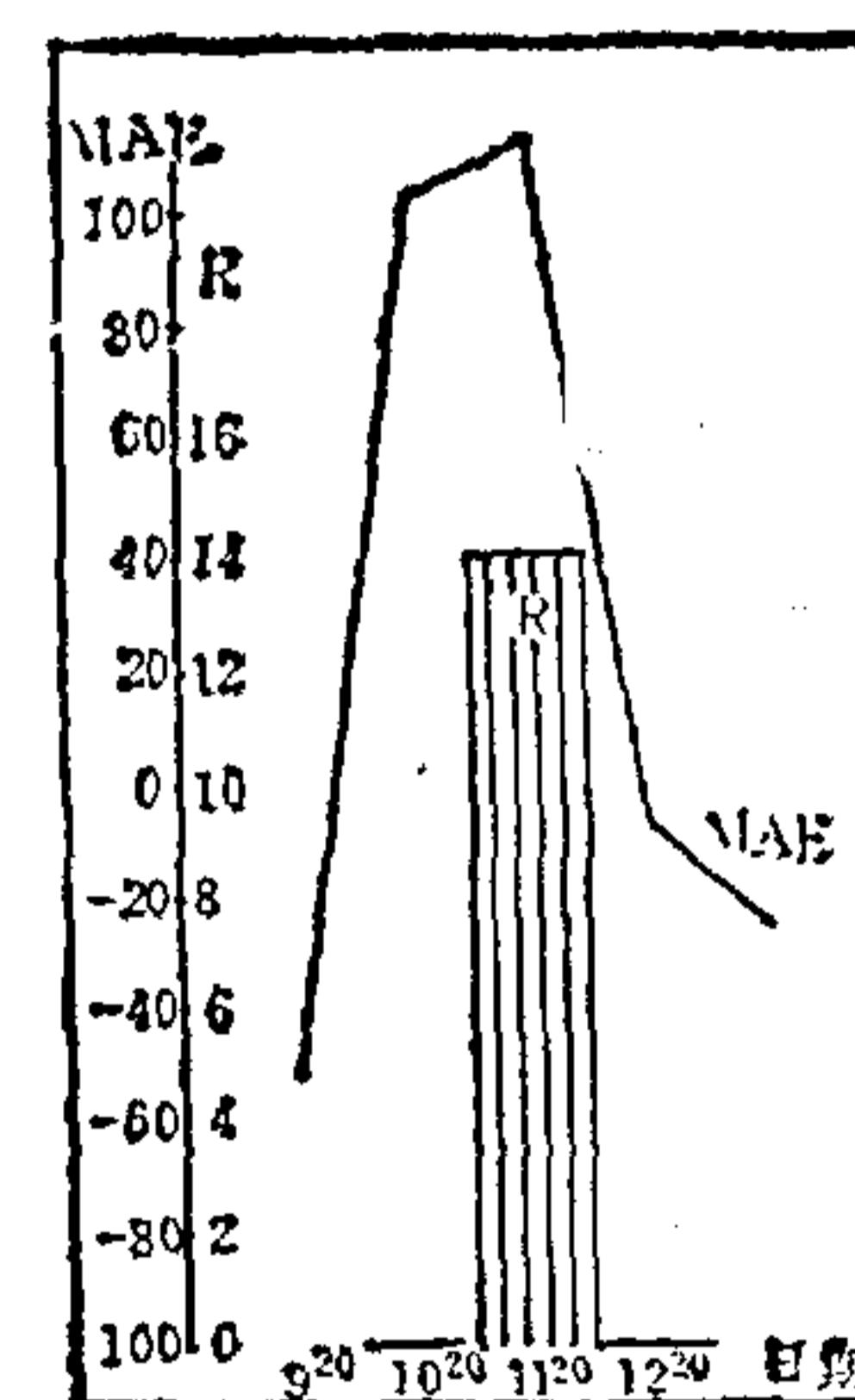


图 6 MAE (10^6 焦耳/ 米^2) 与日降水量(毫米)对应关系

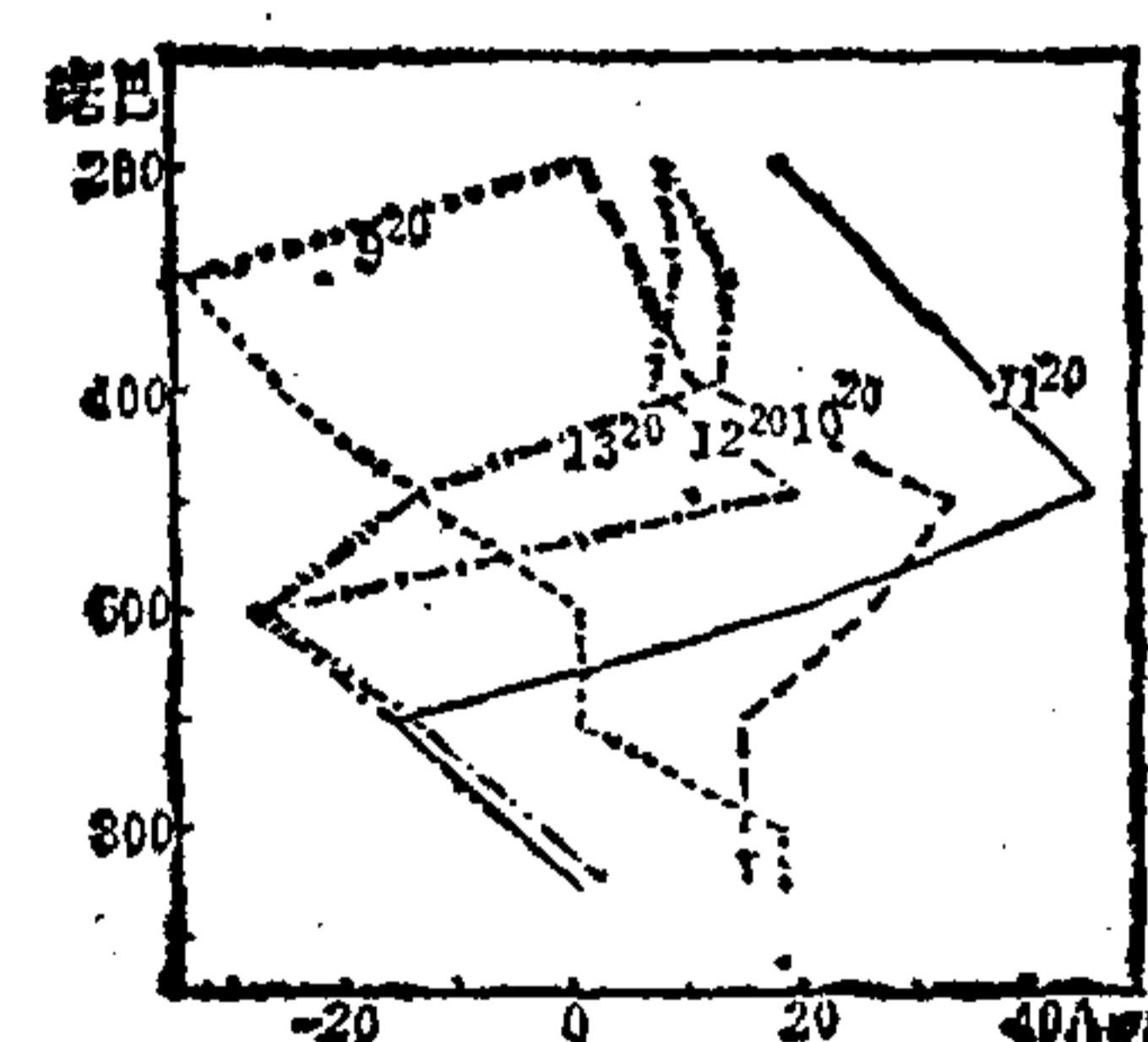


图 7 1982年5月9—13日
 A_{mk} 廓线图

48小时(9日20时)为上负下正, 以负为主。雪前24小时(10日20时), 除地面无变化外, 上面正有效位能激增, 开始出现深厚正能层。临近降雪的11日20时, 由于冷前锋过境, 700毫巴以下 A_{mk} 由正转负, 但500毫巴以上有效位能还在继续增加。雪后的12日20时, 600毫巴以 A_{mk} 均为负值, 500毫巴以下也在迅速减小。以往暴雨过程的湿有效位能分析指出, 大暴雨前, 从地面到300毫巴不仅为正能, 而且常常出现深厚能量激增层, 其中又以500—700毫巴增量最大。但是在这次寒潮降水中, 只有600毫巴以上 A_{mk} 为正, 700毫巴以下反而为负, 最大激增层也位于对流层中、上部的500—300毫巴。可见与暴雨的不同之处一是激增层高, 二是对流层下部湿有效位能为负。吴宝俊等同志的研究指出, 只有在深厚气层内效率因子为正时, 给雨区补充湿有效位能才是可能的。而这次降水时, 效率因子在700毫巴以下为负, 600毫巴以上才是正的。因此, 从能量角度认为, 为降水增加和补充有效位能的是对流层中、上部的那支暖湿西南气流。

在 A_{mk} 形势图(图略)上, 主要雨雪区位于11日08—

20时500毫巴高能区内, 且位于700毫巴能量锋区的低能一侧。可见, 寒潮降水与暴雨的湿有效位能形势图在对流层下部也有明显不同。

四、小结

这次寒潮形势的分析表明, 在注意极地高压生成、移动和发展的同时, 还必须着眼于欧亚环流形势的演变。当超长波脊位于乌拉尔山附近, 且经向度较强时, 有利于高纬度形成反气旋打通, 冷空气伸向较偏西、偏南的地方。因而极地高压和极涡之间偏东气流在东亚达到60—70°N的位置, 可以作为西北区寒潮的警界条件之一。

冬半年注意北半球超长波的演变和不同纬带超长波、长波之间的相互作用, 特别是在东亚横槽建立以后, 须密切注视高纬度超长波的变化, 当波数增加为4波占优势时, 可能预示着大型环流的调整、横槽的转向东移。

这次降水的中、低纬度的天气形势与夏季西南气流型暴雨相似。降水前, 水汽含量、水汽输送、水汽辐合、散度、垂直速度及湿有效位能等都具有暴雨天气时的分布特征, 并且其量级相当。它与暴雨的显著不同在于: 最大水汽输送层、水汽输入变率最大层、最大能量激增层都不在700毫巴以下, 而在500毫巴附近。西界面上的水汽输入比暴雨时多, 而且与南界面具有同样的重要性。对流层中、上部从青藏高原南部到河套的暖湿西南气流是造成上述结果的直接原因。和其它大雪个例比较后, 可以把以上特征归纳为单独的高原东北部冬季大降水类型。

参考资料

- [1] 温跨达, 极区高压和新疆寒潮, 北方中期预报研究文集。
- [2] 兰州大学等, 北半球500毫巴波谱特征与新疆、甘肃春季寒潮, 北方中期预报研究文集。
- [3] 甘肃省暴雨会战组, 高原东北部大雨日水汽输送的若干特征, 暴雨文集。
- [4] 吴宝俊, 湿有效位能及其在气象预报中的应用, 气象, 1982年第11期。
- [5] 丁一汇等, 暴雨和强对流天气发生条件的比较分析, 大气科学, 1981年12月。