

宁夏冬季寒潮天气过程对比分析

周翠芳^{1,2}, 张广平^{1,2}, 杨海山¹

(1. 宁夏石嘴山市气象局, 宁夏 石嘴山 753000; 2. 兰州大学大气科学学院, 甘肃 兰州 730000)

摘要:利用常规天气资料和数值预报产品,应用天气学分析和诊断方法,结合宁夏冬季寒潮预报指标,对 2008~2009 年冬季 2 次寒潮天气从天气实况、环流背景、影响系统、天气成因等方面进行了对比分析。揭示了宁夏冬季 2 次寒潮天气的主要特点和成因,得到了一些宁夏冬季寒潮预报的指示信息。

关键词:寒潮;天气成因;预报指标

中图分类号:P425.5⁺4

文献标识码:A

引言

近百年来全球气候变暖已经成了不争的事实。陈晓光、李艳春等对宁夏气候变化的事实和突变问题进行了研究,指出从 20 世纪 60 年代中期以来,宁夏年平均气温呈连续上升趋势,从增温幅度的季节分布来看,冬季增温最大^[1-2]。在这样的气候背景下,宁夏冬季极端气候事件不断增多。宁夏位于中国西北地区,根据气候平均环境背景统计分析,西北地区过渡季节寒潮较多,冬季寒潮相对较少^[3]。宁夏寒潮也多发生在过渡季节的春秋季节(约占寒潮总数的 99%),全区性的寒潮过程以 4 月最多(约占寒潮总数的 29%)^[4]。宁夏冬季全区性寒潮天气出现机会很少,2008 年 12 月 2~4 日、2008 年 12 月 20~21 日、2009 年 1 月 21~23 日,宁夏先后出现了 3 次寒潮天气过程,其中 2 次是全区性的寒潮天气。关于西北地区及宁夏的春秋季节寒潮天气过程,气象工作者已经进行了很多分析和研究^[3-10],但对冬季的寒潮天气过程分析较少。由于 2008 年 12 月 2~4 日、2009 年 1 月 21~23 日的过程相似,本文拟通过对 2008 年 12 月 20~21 日(以下简称 0812 过程)、2009 年 1 月 21~23 日(以下简称 0901 过程)寒潮天气的对比分析,找出宁夏冬季寒潮天气的成因和预报着眼点,为宁夏冬季寒潮的预报提供一定的依据。

1 2 次寒潮天气实况对比

2008 年 12 月 20~21 日,受贝加尔湖南下强冷

空气影响,我国西北地区、黄淮、华北、江淮等地出现了寒潮天气。过程前期 18~19 日地面图上(图略),贝加尔湖东部到河套北部热低压强烈发展,低压中心强度为 1 007.5 hPa,宁夏受此低压影响,地面 24 h 变温幅度普遍在 0.7~4.2 °C 之间,平均气温与历史同期相比偏高了 2.1~5.2 °C。其中,位于宁夏东北部的惠农县气温回暖幅度最大。20 日夜间,强冷空气从蒙古国中部经河套地区进入我国,宁夏自北向南出现了大风天气。吹风过后,冷空气大举南下,宁夏出现了寒潮天气,过程降温 10 °C 左右,21 日最低气温在 -18.5~-22.7 °C,24 h 过程最大降温及 21 日日气温最低值均出现在位于宁夏东部的盐池(图 1a、c)。

2009 年 1 月 21~23 日,受中西伯利亚强冷空气东移南下影响,我国新疆北部、西北地区北部和东部、华北、东北、黄淮及我国南方地区出现了寒潮天气。0901 过程前期 18~20 日,宁夏处在地面蒙古热低压里,气温异常偏高,24 h 变温幅度普遍在 3.7~6.2 °C,前期平均气温比历年同期偏高 9.9~13.1 °C。2009 年 1 月 21 日夜间到 23 日,冷空气爆发,宁夏出现了大风、寒潮天气过程,24 h 降温幅度在 13.7~16.0 °C,强中心位于宁夏北部的石嘴山市(图 1b);48 h 降温幅度为 13.9~20.7 °C,强中心位于银川市,盐池最低气温达 -25.2 °C,为此次寒潮天气的最低气温极值(图 1d)。

从图 1 及表 1 可以看出:2 次过程均是在前期有增温或强烈增温的情况下,由强冷空气南下入侵

造成的。不同的是:0812 过程影响宁夏的路径偏北偏东,造成宁夏中北部寒潮天气,强降温中心在宁夏东部盐池;0901 过程路经西北—东南向影响宁夏,

造成宁夏全区性寒潮天气,强降温中心在宁夏北部石嘴山市。0901 过程影响的范围广、时间长、造成的降温幅度大,0812 过程而爆发很迅速。

表 1 宁夏 2 次寒潮天气过程影响情况对比

Tab. 1 The contrast of two cold wave weather processes in winter of Ningxia

天气过程	影响范围	前期平均气温于历史同期相比/℃	24 h 降温幅度/℃	48 h 降温幅度/℃	过程后最低气温/℃	平均风力	前期 24 h 变温/℃
0812	宁夏中北部	偏高 2.1~5.2	10.3~10.9	9.3~9.5	-18.5~-22.7	5~6 级	0.7~4.2
0901	宁夏全区	偏高 9.9~13.1	13.7~16.0	13.9~20.7	-19.1~25.2	5~7 级	3.7~6.2

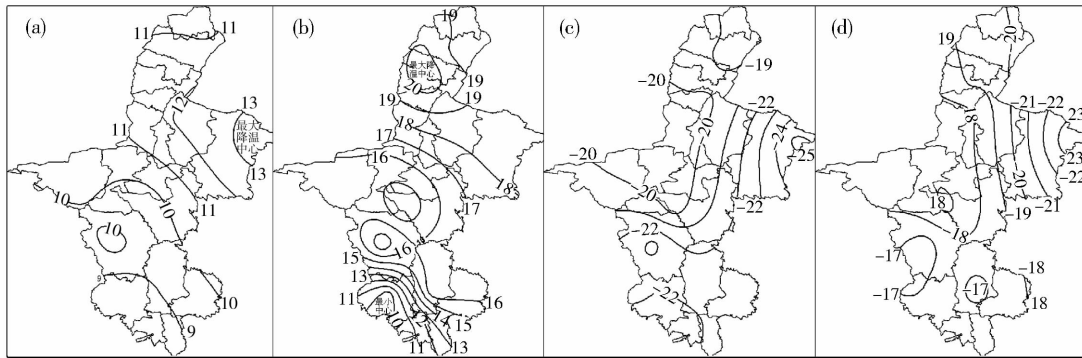


图 1 2 次过程 24 h 降温(a;0812,b;0901)及最低气温分布图(c;0812,d;0901)

Fig. 1 The distribution of temperature decrease (a,b) and the lowest temperature (c,d) in two cold wave weather processes

2 2 次寒潮的环流背景及影响系统

影响宁夏寒潮的环流背景,可归纳为 2 种状态,其一为高指数,即西风强盛从能量角度分析是位能积聚的时期。另一种是低指数,即经向度加大,从能量角度分析是位能释放转变为动能的时期。影响宁夏的强降温及寒潮环流形势可分为 3 类:槽脊型、横槽型和纬向型。

2.1 500 hPa 高空形势

0812 过程前期,18~19 日 500 hPa 上亚欧大陆呈 2 槽 1 脊形势,咸海—里海为冷低压槽,其北端到乌拉尔山有高压脊向东北方向发展。除新疆、青藏高原为高压脊,我国大部地区为西北气流控制。在 60~70°N、100~140°E 范围内形成一个横槽,闭合低压环流中心值为 4 920 gpm,并有 -48℃ 的冷中心,极涡中心明显偏南。19 日 20:00 (图 2a),亚欧大陆经向环流加强,新疆高脊向北发展的过程中和东移的乌山脊合并,脊前等高线呈准南北向,脊振幅 ≥20 个纬距。横槽不断旋转南压,冷涡中心在旋转过程中分裂为 2 个,一个东移北缩,移至日本海附

近,另一个旋转南压至贝加尔湖附近。低槽在南压过程中东移速度加快,在 40°N 以北加深,槽后冷平流加强,冷空气沿脊前偏北气流在贝加尔湖堆积。20 日,中西伯利亚高压脊继续向北发展,脊前为跨越近 30 个经距的偏北强风带,脊前横槽南摆,槽底南伸到 40°N,并在 45°N、110°E 附近有 -52℃ 冷中心配合。宁夏北部处在强锋区和强急流区控制之下,来自泰梅尔半岛的冷空气沿脊前大举南下,自贝加尔湖直冲向河套及华北一带,锋区也迅速南压,宁夏中北部地区出现寒潮天气。

0901 过程前期,500 hPa 整个欧亚范围内呈 1 槽 1 脊型,乌拉尔山至我国新疆为高脊,在亚洲北部为宽广的槽区,低涡中心盘踞在中西伯利亚高地的东北部至新地岛附近,强度为 4 920 gpm,伴有 -44℃ 冷中心。此后由于乌拉尔山脊后暖平流促使乌山脊不断强烈发展并向东北伸展。同时,乌山脊出现不连续后退,取而代之的是中亚脊的建立,脊线呈东北—西南向。19 日 20:00,在低涡中心至巴尔喀什湖附近形成横槽并强烈发展,20 日低涡南压至贝加尔湖北部附近(如 1b),21 日南压至贝加尔湖。在

缓慢南压的过程中,随着冷空气的不断堆积,冷涡中心增强为 $-52\text{ }^{\circ}\text{C}$,在冷涡南部($80\sim 110^{\circ}\text{E}$, 50°N 以南)形成高空锋区,其附近有一等温线密集区,标

志着冷空气已形成堆积。21 日夜间到 22 日,横槽转竖,冷空气爆发南下,宁夏全境出现寒潮天气过程。

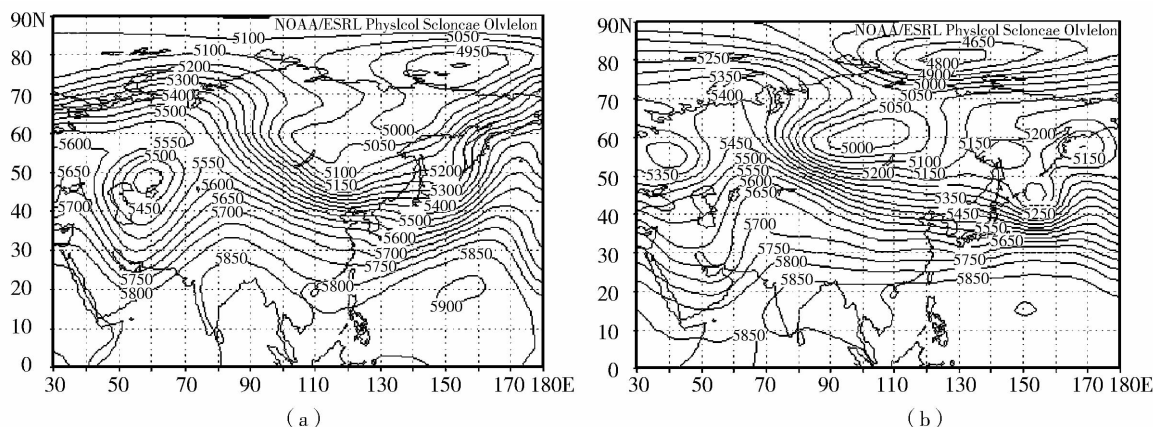


图 2 2008 年 12 月 19 日(a)与 2009 年 1 月 20 日(b)500 hPa 高空形势图

Fig. 2 The 500 hPa synoptic chart on December 19, 2008(a) and January 20, 2009(b)

根据以上分析可以看出 2 次过程的异同点。相同点是:2 次过程环流背景均属从高西风指数转向低指数,即径向度加大,从能量角度分析是位能积累转变为动能释放的时期^[11],2 次过程的环流形势均属于横槽型^[11],影响系统均为高空低压槽和强锋区(图 3)。冷空气在高空图上表现为一个冷中心,冷中心强度都为 $-52\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。不同点是:首先冷空气向南爆发的情况不同。0812 过程是横槽旋转东移南下影响我国西北地区东部、黄淮、华北、江淮等地,一路

侵袭到我国南方地区;0901 过程是横槽转竖,影响新疆北部、西北地区北部和东部、华北、东北、黄淮地区南方大部地区。其次,促使 2 次寒潮爆发的流场不同。0812 过程主要是在欧亚大陆环流形势维持稳定少变的情况下,旋转的低槽引起我国上空径向环流较强,引导极地强冷空气一路奔涌南下影响河套地区。0901 过程主要是乌拉尔山附近的阻塞高压崩溃或不连续后退过程中,横槽转竖,引导寒潮爆发。

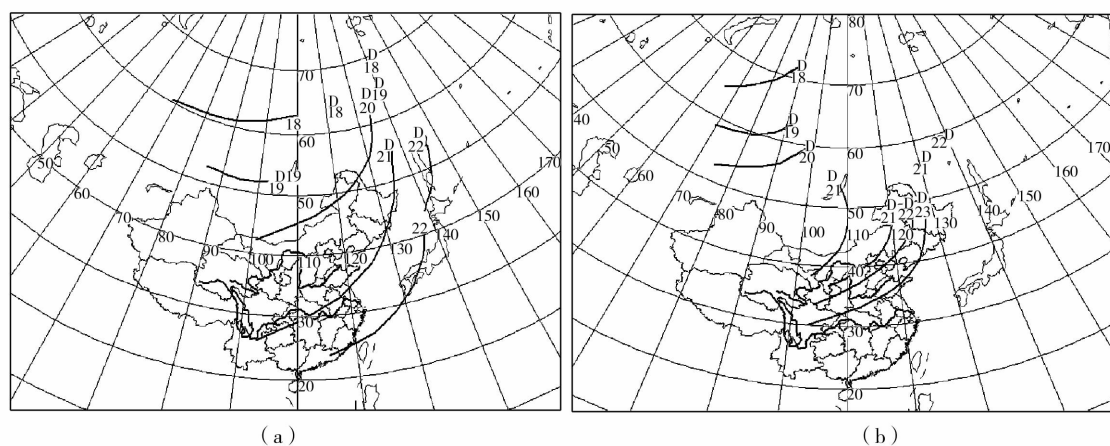


图 3 2 次过程低涡中心和槽线演变图(a:0812 过程; b:0901 过程)

Fig. 3 The route of the low vortex center and the upper trough (a for 0812 process, b for 0901 process)

2.2 地面冷锋及冷高压

2008 年 12 月 18 日,贝加尔湖东部到河套北部低压强烈发展,中心强度为 $1\ 007.5\ \text{hPa}$,宁夏北部

位于低压南部,气温有所回升。当泰梅尔半岛的冷空气沿中西伯利亚高压脊前下滑在贝加尔湖堆积时,在地面形成 2 个冷高压,中心强度为 $1\ 045\ \text{hPa}$ 。

冷暖空气在贝加尔湖到新疆北部形成了强烈的锋区,10个纬距有16根等温线。此后,地面冷高压不断发展加强并向东南移动。到19日08:00,冷高压不断发展加强并向东南移动。到19日08:00,冷高压发展为1055 hPa,其前部的地面冷锋位于蒙古中部至贝加尔湖一带。20日08:00,2冷高压中心在贝加尔湖附近合并,地面冷高压面积扩大,强度发展为1060 hPa,从贝加尔湖向南迅猛南压。地面冷锋前锋南压至张掖到河套北部,锋面前后气压、温度、变压梯度密集,存在着等温线加密的锋生过程。至20日下午,高压轴转为南北向,冷锋快速东移南压,影响河套地区。锋后3h变压为+7.3 hPa,造成宁夏北部出现了5~7级大风,20日20:00,贝加尔湖冷高压中心南压在河套地区达到最强,高压中心达1065.4 hPa,西北地区开始大幅度持续降温。21日08时,宁夏北部处在强冷高压控制下,中心强度为1060 hPa,高空转为冷平流控制,气温持续下降,21日、22日达最低值。21日后,地面冷高压和锋面迅速南压,我国南方受其影响,大部地区出现了降水天气,气温迅速下降。22日08时后,高压变性,强度减弱,气温开始回升。

0901过程中,新地岛附近的冷空气不断分裂南下,在西伯利亚到蒙古西部不断有冷空气积聚,19~21日,在地面形成的冷高压中心强度为1045 hPa增强到1065 hPa,其前冷锋逐日由西北向东南移动(图4a)。从地面冷锋中心演变图可以看到,地面冷锋20日入侵我国,此时,蒙古热低压不断发展,中心

气压为1010 hPa,使得贝加尔湖到新疆北部有等高线和等温线密集区,产生了很强的地面冷锋,21日08:00,随着蒙古气旋的东移及锋后冷空气的堆积,冷高压强度增强为1065 hPa,21日20:00,横槽转竖,前部副冷锋在南下过程中,造成宁夏北部出现了5~7级大风,且伴有强冷平流,锋后冷高压强度加强为1072 hPa,高压轴向为西北东南向,22日开始气温迅速下降,达到了寒潮天气。22日下午,主体冷空气自西北向东南影响,锋后冷高压中心最强为1077 hPa,锋前为等高线密集区,使得宁夏又一次产生5~7级大风天气,23日,中心强度为1065 hPa的冷高压控制宁夏北部,再次造成宁夏北部强降温。

对比分析表明:2次过程的影响系统均为强冷高压和地面冷锋(图4),差异是0812过程中,冷空气在贝加尔湖附近堆积,冷锋移动较快,冷高压中心最强为1065 hPa,并且是2个高压单体合并加强,最后迅速南下影响宁夏,使宁夏中北部出现寒潮天气。高压经宁夏中北部才分裂出高压单体迅速东移,从而造成宁夏盐池的强降温中心。0901过程高压中心强度1077 hPa,比0812过程强12 hPa,但高压主体以补充南下的方式影响,其前部的副冷锋在南下的过程中,造成宁夏22日的强降温,23日冷空气主体再次侵袭宁夏,补充南下的冷高压造成宁夏的进一步的降温,由于有冷空气的补充,故0901过程影响时间长,造成的降温强度大。

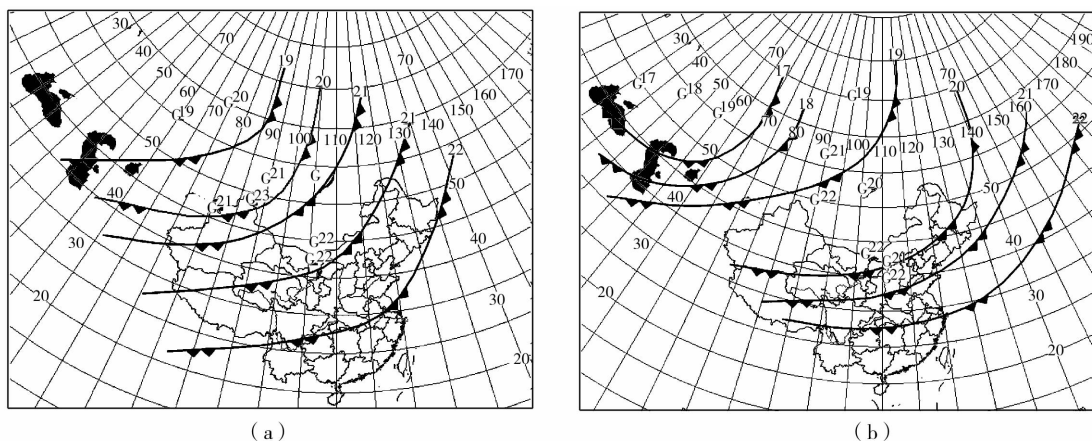


图4 2次过程地面冷中心和冷锋演变(a:0812过程;b:0901过程)

Fig. 4 The route of the surface cold center and cold front (a for 0812 process, b for 0901 process)

2.3 冷空气作用对比

造成强的降温,冷空气必须具备一定的强度。回顾这2次过程,0812过程回暖不强,但冷空气条件较为深厚。20日08:00实况图上(图略),500

hPa、700 hPa、850 hPa 3层冷中心分别为 -52°C 、 -44°C 、 -32°C ,均位于 50°N 、 110°E 附近, $40^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$ 有7条等温线通过,温差达到 28°C 左右。3层锋区近于垂直叠加,说明冷空气较为深厚,锋区较强,高

空锋区经过之处给当地带来了大幅度的降温。500 hPa 冷空气进入宁夏中部后,主体冷空气以东移为主,所以宁夏只有中北部达到寒潮标准。从冷空气势力来看,0901 和 0812 不相上下。0901 过程前期,地面由于蒙古热低压的影响,造成地面强烈增温,500 hPa、700 hPa、850 hPa 3 层冷中心分别为 -52°C 、 -36°C 和 -32°C ,均位于 50°N 、 100°E 附近,但 0901 过程 700 hPa 冷中心比 0812 过程低 4°C ,冷中心位置较 0812 过程偏西。地面冷高压以补充南下的方式影响我国,冷空气入侵宁夏后,主体冷空气继续东南下,并有冷空气补充,故宁夏出现全区性的寒潮天气。而 0812 过程中,冷空气主体更偏东偏北,因而只造成宁夏中北部及东部地区的寒潮天气。

3 2 次寒潮天气成因

寒潮天气与前期空气回暖程度、地面冷空气强度、高空冷平流强度等因素有密切的关系。

3.1 地面冷高压强度大,前期回暖明显

冷空气强度大。2 次过程地面冷高压强度分别为 1 065 hPa 及 1 077 hPa。历史上,影响宁夏冬季寒潮的地面冷高压强度为 1 060 hPa,相比较而言,此 2 次冷高压本身强度大。

前期地面回暖明显。2 次过程冷空气到达前,宁夏均有不同程度的回暖,但 0901 过程回暖强度更大一些,造成的寒潮天气更强一些。由于地面前期回暖显著,为冷空气到来后温度梯度的增大创造了条件。随着冷空气自北向南入侵,宁夏北向南出现寒潮天气。

3.2 高空强冷平流下沉入侵

分析 2 次过程横槽转竖时 850 hPa 的温度平流变化,0812 过程横槽所对应的在蒙古国中部的冷空气,经河套地区北部至河套东部出现了东西向带状的冷平流区。2 个冷平流中心分别在宁夏北部和宁夏东部盐池到陕西一带,中心值分别为 $-33 \times 10^{-5}^{\circ}\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $-54 \times 10^{-5}^{\circ}\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$ (图 5a),表明冷空气经河套地区,主体向东移动,造成宁夏中北部的寒潮天气及宁夏东部的最强降温。随着横槽转竖,冷平流范围有所扩大,分别控制我国的西北地区东部、黄淮、华北、江淮等地,一路侵袭到我国南方地区。

与 0812 过程不同,0901 过程与横槽对应的冷平流区范围较大,出现了自我国东北经河套北部至新疆北部的带状冷平流区域,冷平流在东北、河套北部、新疆北部出现了 3 个中心,分别为 $-33 \times 10^{-5}^{\circ}\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $-60 \times 10^{-5}^{\circ}\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $-35 \times 10^{-5}^{\circ}\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$ (图 5b)。2 次强降温过程都是冷平流引起的,且冷平流中心和最大强降温中心有很好的对应关系。但 2 次过程的冷平流范围不同,0812 过程冷平流中心是从蒙古国进入我国境内,经河套地区而下,是从正北方南压,而 0901 过程强冷平流主要是来自中西伯利亚强冷空气东移南下影响,冷空气取西北东南向,先后影响新疆北部、西北地区北部和东部、华北、东北、黄淮地区,随着冷空气的南下我国南方大部地区气温下降了 $6 \sim 10^{\circ}\text{C}$ 。从影响范围来看,0901 比 0812 过程大得多,0901 过程几乎席卷了我国大部地区,0812 过程主要影响我国北方地区。从影响河套地区的冷平流强度来看,0901 过程也强于 0812 过程。因此,0901 过程降温幅度和影响范围较 0812 过程强。

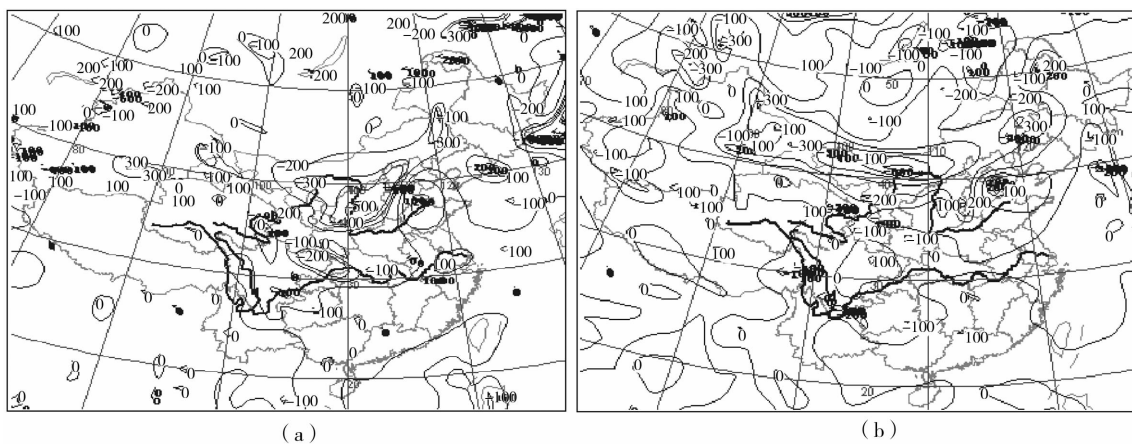


图 5 2 次过程冷平流对比图(a:2008 年 12 月 20 日 20:00;b:2009 年 1 月 21 日 20:00)

Fig. 5 The contrast chart of cold advection at 20:00 on December 20, 2008 (a) and 20:00 on January 21, 2009 (b)

4 结 论

4.1 2次寒潮天气不同点

(1) 冷空气爆发的形势不同。虽然 0812 及 0901 过程均属于横槽型,但冷空气爆发的形势不同。0812 过程是横槽旋转东移携冷空气南下的过程,0901 过程是乌拉尔山阻塞高压建立和崩溃,横槽形成和转向,冷空气爆发的过程。

(2) 冷空气源地不同。0812 过程冷空气源地是泰梅尔半岛,0901 过程冷空气的源地是中西伯利亚。

(3) 冷空气强度和持续时间不同。0812 过程,冷空气中心强度为 $-52\text{ }^{\circ}\text{C}$,地面冷高压最强值为 $1\ 065\ \text{hPa}$ 。冷空气移动较快,过程持续短(20~21日)。0901 过程,冷空气中心强度达到 $-52\text{ }^{\circ}\text{C}$,地面冷高压是 $1\ 077\ \text{hPa}$,过程持续时间长(21~23日)。

(4) 冷空气移动路径不同。0812 过程,冷空气沿北路入侵我国,冷空气自贝湖经蒙古中部,从我国河套一带呼啸而下侵入我区。0901 过程,冷空气到中西伯利亚后,沿西北路进入我国,经新疆、蒙古国西部、河西走廊影响我区。

(5) 寒潮爆发前回暖情况不同。0812 过程回暖不强,0901 过程前期地面回暖强烈。

(6) 对宁夏的影响范围不同,0812 过程冷空气偏东偏北,冷空气进入河套后,主体东移,造成宁夏中北部及宁夏东部寒潮天气,而 0901 过程取西北路径入侵,造成宁夏全区性寒潮天气。

4.2 宁夏冬季寒潮预报着眼点分析

(1) 寒潮前回暖是冬季寒潮预报的重要指标,在冷空气势力相同的情况下,寒潮前回暖越强,降温强度越大。

(2) 冷空气必须进入关键区($40\sim 55^{\circ}\text{N}$, $90\sim 120^{\circ}\text{E}$), $500\ \text{hPa}$ 、 $700\ \text{hPa}$ 、 $850\ \text{hPa}$ 3层冷中心分别为 $-52\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $-36\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$,是冬季横槽转竖型寒潮爆发南下的关键点。

(3) 强冷空气在贝加尔湖、中西伯利亚附近堆

积,地面冷高压中心强度达到 $1\ 060.0\ \text{hPa}$,及高空强劲的偏北气流是寒潮爆发的必要条件。

(4) 高空环流形势的演变也进一步揭示了寒潮的爆发时间及影响范围。对于低压旋转东移型寒潮,预报爆发时间的关键是高空冷槽和地面冷锋何时过境。如果旋转的低槽与高原槽同位向叠加,引起高空经向环流加强,引导北方强冷空气南下,则容易造成宁夏全区性寒潮;而如果低涡位置偏东,没有高原槽的配合,中亚脊经向环流较强,脊振幅大于 20 个纬距,则宁夏中北部地区容易出现寒潮。对于横槽转竖型,寒潮爆发的关键是预报横槽何时转竖,影响范围则是宁夏全区性的寒潮。

(5) 地面强降温中心和 $850\ \text{hPa}$ 冷平流强度中心有很好的对应关系。日常预报中,可根据冷平流中心确定最大强降温中心,当冷平流中心 $< -54 \times 10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,强温幅度在 $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上。

参考文献:

- [1] 陈晓光,苏占胜,郑广芬,等.宁夏气候变化的事实分析[J].干旱区资源与环境,2005,19(6):43-47.
- [2] 李艳春,李艳芳.宁夏近百年来气候变化及突变分析[J].高原气象,2001,21(1):101-105.
- [3] 高振荣,刘晓云,田庆明,等.甘肃河西地区一次强寒潮天气个例诊断分析[J].干旱气象,2009,27(1):34-39.
- [4] 陈豫英.宁夏2次典型寒潮天气的对比分析[J].陕西气象,2004(1):4-6.
- [5] 沈跃琴,纪晓玲,邵建,等. T213 等数值预报产品在宁夏寒潮预报中的释用[J].宁夏工程技术,2006,5(2):110-115.
- [6] 毛玉琴,曹玲.河西走廊中部寒潮、霜冻天气过程对比分析及预报着眼点[J].干旱气象,2006,24(4):51-55.
- [7] 李岩瑛,王汝忠,齐高先,等.武威市寒潮天气气候分析及预报[J].干旱气象,2004,22(1):49-52.
- [8] 钱莉,杨晓玲,丁文魁.一次区域性冻害天气的成因分析[J].干旱气象,2005,23(2):39-43.
- [9] 许彦平,姚晓,王全福.天水烤烟最佳育苗设施及苗期气象条件的研究[J].甘肃气象,2000,18(3):30-33.
- [10] 王锡稳,孙兰东,张新荣.甘肃春季第一场罕见强霜冻、冻害天气的分析[J].干旱气象,2005,23(4):7-11.
- [11] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等.天气学原理和方法[M].北京:气象出版社,1992.

Contrastive Analysis of Two Cold Wave Weather Processes in Winter of Ningxia Region

ZHOU Cuifang^{1,2}, ZHANG Guangping^{1,2}, YANG Haishan¹

(1. Shizuishan Meteorological Bureau of Ningxia, Shizuishan 753000, China;
2. College of Atmospheric Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

Abstract: On the basis of daily observation data and products of numerical forecast, two cold wave weather cases occurred in winter of 2008-2009 in Ningxia region were discussed by using synoptic analysis method and combining cold wave forecast index in winter of Ningxia, including the circulation background, the influence system, synoptic formation cause, ect. The major features and formation causes of two cold wave were revealed, and some instructive information about cold wave forecast in winter in Ningxia region was obtained.

Key words: cold wave; formation cause; forecast index