

吉林省冬季逆温天气特征分析

王晓明 云天 张智勇 刘海峰 王宁

(吉林省气象台, 长春 130062)

提 要: 吉林省的三个探空站即长春、临江和延吉分别位于该省的中部平原、南部山区和东部盆地之中。利用三站探空资料, 分析了吉林省冬季发生逆温的时空分布特征、逆温的统计特征、逆温属性以及逆温的天气气候特征。结果表明: 逆温的发生频率平原最多、山区次之, 盆地较少, 强逆温的发生频率恰好与之相反; 逆温底高平原多发生在近地面附近, 山区多在 400m 以下, 盆地多在 200m 以下; 发生在近地面的强逆温层厚度一般多发生在 1000m 以下; 逆温属性, 平原和山区以辐射或下沉逆温为主, 盆地则以辐射或下沉和平流逆温为主, 同时指出了不同属性逆温的地面形势场特征。

关键词: 冬季逆温 地理环境 逆温特征 逆温天气特征

Analysis on Synoptic and Climatic Features of Temperature Inversion Under Different Conditions of Geographical Environment in Winter

Wang Xiaoming Yun Tian Zhang Zhiyong Liu Haifeng Wang Ning

(Jilin Provincial Meteorological Observatory, Changchun 130062)

Abstract: Three upper air sounding stations of Jilin Province, Changchun, Linjiang, and Yanji, are located on middle plain, south mountain area, and east basin of the province, respectively. Temporal and spatial distribution characteristics, statistical characteristics, synoptic and climatic features, and causes of temperature inversion occurring in the winter of Jilin Province are analyzed on the basis of the data from three stations mentioned above. Analysis results indicate that (1) the inversion is of high frequency in the middle plain, median in the mountain area, and low in the east basin, but the frequency of severe inversion is on the opposite; (2) the inversion base often lies near the surface in the middle plain, below 400m in the mountain area, and below 200m in the basin; (3) the thickness of the severe inversion on surface is usually less than 1000m; (4) inversions in the plain and mountain area are

资助课题: 中国气象局气象新技术推广项目“公共卫生气象预警技术开发应用”(CMATG2007Z02)和吉林省科学技术厅重点项目燃煤民房烟道排烟与气象条件关系分析及业务预警系统研制(20060424)

收稿日期: 2008年4月1日; 修定稿日期: 2009年5月13日

mainly caused by radiation and subsidence, while inversions in the basin can be caused by radiation and subsidence, or advection. The situation field characteristics of different inversions are also studied.

Key Words: temperature inversion in the winter geographical environment characteristics of inversion synoptic features of inversion

引 言

在对流层大气中,平均情况下温度随高度的升高是降低的。但也经常在某些层次出现气温不随高度变化或随高度的升高反而增高的现象即逆温,温度随高度的升高而增高的大气层称为逆温层。从热力学的角度看,无论是等温层还是逆温层都表示大气层结是稳定的,如果它们出现在地面附近时,则会限制近地面层强烈乱流运动的发生,如果它们形成在对流层中某一高度上,则又会阻碍下方垂直运动的发展。逆温层的厚度可从几十米到几百米,它就像一层厚厚的被子盖在地面上空,空气不能向上扩散,阻碍空气的垂直运动,使大量烟尘、水汽等聚集在逆温层下面,不仅使能见度变坏,而且直接影响大气污染物的扩散,从而造成或加重大气污染^[1-3],这种现象在北方冬季表现得更为突出,而且也十分不利于燃煤民房烟道排烟^[4]。本文从分析冬季逆温的天气特征入手,其分析结果不仅加深对逆温的了解,同时为一氧化碳中毒预报预警及空气质量预报奠定基础,并对逆温预报可提供一定的背景和参考。

吉林省有 3 个探空站即长春、临江、延吉,它们分别位于该省的中部平原、南部山区和东部山区的盆地之中,其逆温情况分别可以代表平原、山区和盆地不同地理环境的逆温状况。文中使用临江、延吉 1996—2007 年冬季(当年 11 月至次年 2 月,其中 11 月和 2 月称冬初、冬末,12 月和 1 月称严冬)逆温资料,长春为 2000—2007 年冬季逆温资料,对逆温的时

空分布特征、逆温的统计特征、逆温属性以及逆温的天气气候特征等方面进行分析。

1 冬季逆温天气时空分布特征

1.1 逆温发生的时间分布和地理分布特征

分析 08 时和 20 时年均出现逆温的情况(见图 1a,b)可见,一是无论平原、山区还是盆地,08 时发生逆温的次数均多于 20 时,08 时三地年均逆温发生次数依次为 104.1、88.7、59.1,20 时年均发生逆温次数依次为 86.0、66.7、48.8;二是无论 08 时还是 20 时,逆温发生次数均以平原最多,山区次之,盆地最少。

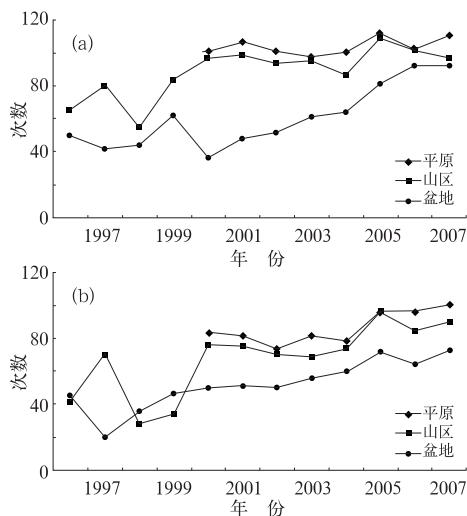


图 1 08 时逆温逐年发生次数(a)和 20 时逆温逐年发生次数(b)

从逆温持续(本文将当天 20 时发生逆温,第二天 08 时也有逆温的情况称之为逆温

持续)发生的情况看,平原最多,山区次之,且多发生在 12 月和 1 月;盆地较少且多发生在 11 月和 2 月(见图 2)。逆温持续最长时间山区 9 天,盆地 5 天,而平原则多达 26 天。

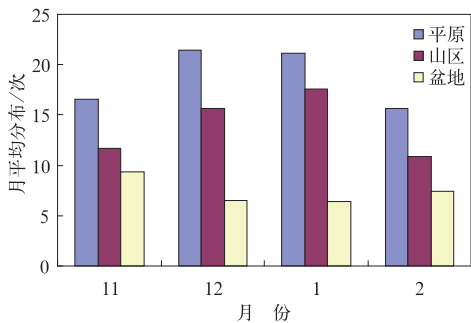


图 2 逆温持续的月平均分布

1.2 冬季逆温的月分布特征

08 时、20 时平原和山区均以严冬即 12 月和 1 月发生逆温次数稍多,盆地 08 时则以冬初、冬末即 11 月和 2 月居多(见表 1)。

表 1 08 时、20 时逆温月平均分布情况(天)

月	平原		山区		盆地	
	20 时	08 时	20 时	08 时	20 时	08 时
11	24.9	19.4	20.3	14.5	16.0	14.5
12	28.3	23.0	22.8	19.1	13.7	11.8
1	26.8	24.1	25.2	18.9	14.1	11.5
2	24.1	19.5	20.4	13.1	15.3	11.0

2 逆温强度特征分析

为了便于描述和分析讨论,用逆温值(即某逆温层的温差)来表示逆温强度,设逆温层底部的温度为 T_0 ,逆温层顶部的温度为 T_1 , $T_1 - T_0 > 0$ 为逆温,该值越大,逆温越强。将逆温强度分为四个级别,即:

0 级:逆温值 $< 4^{\circ}\text{C}$

I 级: $4^{\circ}\text{C} \leq \text{逆温值} < 6^{\circ}\text{C}$

II 级: $6^{\circ}\text{C} \leq \text{逆温值} < 8^{\circ}\text{C}$

III 级:逆温值 $\geq 8^{\circ}\text{C}$

2.1 逆温强度的地区分布特征

冬季 08 时 0 级和 I 级逆温强度发生的概率平原最多,山区次之,盆地最少,其中 I 级平原和山区发生的概率明显多于盆地;III 级逆温强度发生的概率与 I 级恰好相反,即盆地最多,山区次之,平原最少。平原和山区逆温强度随级别升高递减,其中平原递减迅速(见表 2)。20 时 0 级逆温强度发生的概率平原最多,山区次之,盆地最少, I 级、II 级和 III 级逆温强度发生的概率与 0 级恰好相反,即盆地最多,山区次之,平原最少。无论平原、山区、盆地,其逆温强度随级别升高递减,其递减率都高于 08 时(见表 3)。

表 2 冬季 08 时各级逆温强度比例(%)

08 时	0 级 $< 4^{\circ}\text{C}$	I 级 $\geq 4, < 6^{\circ}\text{C}$	II 级 $\geq 6, < 8^{\circ}\text{C}$	III 级 $\geq 8^{\circ}\text{C}$
平原	62.5	30.3	5.6	1.6
山区	46.4	23.0	15.1	15.4
盆地	44.1	17.9	14.7	23.3

表 3 冬季 20 时各级逆温强度比例(%)

20 时	0 级 $< 4^{\circ}\text{C}$	I 级 $\geq 4, < 6^{\circ}\text{C}$	II 级 $\geq 6, < 8^{\circ}\text{C}$	III 级 $\geq 8^{\circ}\text{C}$
平原	91.1	7.6	0.7	0.6
山区	72.3	16.4	7.5	3.9
盆地	63.8	20.7	9.9	5.6

2.2 逆温强度的时间分布

0 级逆温强度发生的概率无论是平原、山区还是盆地,20 时均明显大于 08 时, I 级逆温强度发生的概率 20 时盆地略多于 08 时, II 级和 III 级均以 08 时明显偏多。强逆温 08 时发生的几率远远高于 20 时,逆温越强越明显(见表 2 和表 3)。

2.3 逆温强度月分布特征

08 时 I 级逆温出现频率在平原地区以冬初、冬末居多,山区以严冬居多,盆地则冬

末稍多。Ⅱ级逆温强度平原和山区主要发生在 1 月和 2 月,盆地主要发生在冬初、冬末。Ⅲ级逆温强度平原和山区主要发生在 1 月,盆地除 1 月略少外,其他各月发生几率差别不大(见表 4,20 时表略)。从逆温强度极值来看,平原较山区和盆地小,最大逆温强度出现在山区,1 月为 18.9℃。

由表 4 还可以看出,强逆温($\geq 8^{\circ}\text{C}$)多发生在严冬,这是因为严冬冷空气强且活动频繁,近地面气温较低,当高空有暖平流或暖空气入侵后易形成较大温差。另外严冬季节北方多晴朗少云天气,在静风或微风情况下近地面强烈的辐射降温也是造成强逆温多发生在严冬的原因。

表 4 冬季 08 时月逆温强度年均分布(%)

	逆温值	11 月	12 月	1 月	2 月
平原	4~6℃	4.5	9.3	11.0	6.8
	6~8℃	0.6	1.1	2.3	1.9
	$\geq 8^{\circ}\text{C}$	0.4	0.4	0.8	0.1
	最大值	12.8	9.0	10.1	8.5
山区	4~6℃	4.7	6.3	5.3	4.3
	6~8℃	2.0	2.8	4.8	3.8
	$\geq 8^{\circ}\text{C}$	0.7	4.0	6.7	2.3
	最大值	12.3	14.8	18.9	14.8
盆地	4~6℃	1.9	2.8	2.8	3.1
	6~8℃	2.7	1.6	1.9	2.5
	$\geq 8^{\circ}\text{C}$	3.5	3.8	2.4	3.0
	最大值	17.5	16.8	14.9	14.0

3 逆温底高度分析

由前面对逆温的天气气候特点和逆温强度特征分析可见,08 时发生逆温及强逆温的几率远大于 20 时,因此在下面均以 08 时资料分析。

逆温底高度与烟道排烟关系十分密切,逆温底高度越低越不利于烟道排烟。分析逆温底高度发现平原近地面出现逆温几率最大,随高度升高出现逆温几率迅速减少,山区逆温底高度多在 400m 以下,盆地逆温底高

度 71.3%在 200m 以下。而最高逆温底高度依次是山区、盆地、平原(见表 5)。

表 5 不同逆温底高度的逆温发生几率(%)

08 时	近地面	$\leq 200\text{m}$	$>200\text{m}$ $\leq 400\text{m}$	$>400\text{m}$	最高逆温 底高度/m
平原	70.3	14.9	8.6	6.2	2049
山区	39.5	30.5	22.7	7.3	2752
盆地	45.3	26.0	8.81	9.9	2340

4 逆温厚度分析

无论平原、山区还是盆地随逆温强度增加厚度增大。在各级逆温强度下逆温厚度均为盆地最薄、平原次之、山区最厚(见表 6)。

表 6 08 时不同逆温强度下的平均厚度值(m)

	$<4^{\circ}\text{C}$	4~6℃	6~8℃	$\geq 8^{\circ}\text{C}$
平原	336.7	431.2	617.4	867.2
山区	445.8	630.0	774.5	957.9
盆地	290.9	396.4	472.6	528.3

分析近地面层不同强度逆温下的平均厚度情况可见,一是平原、山区和盆地均随逆温强度增加而厚度增大,二是除Ⅲ级以下逆温强度山区逆温厚度最大,平原次之,盆地最薄。 $\geq 8^{\circ}\text{C}$ 时的逆温厚度最大值出现在山区,最小值在盆地(表 7)。

表 7 近地面不同强度逆温下的平均厚度值(m)

08 时	平原	山区	盆地
$<4^{\circ}\text{C}$	348.5	501.6	273.9
4~6℃	428.9	735.7	362.7
6~8℃	643.6	814.7	457.9
$\geq 8^{\circ}\text{C}$	974.1	1008.2	512.2
$\geq 8^{\circ}\text{C}$ 时的最大厚度	1699	2315	1055
$\geq 8^{\circ}\text{C}$ 时的最小厚度	303	187	196

发生在近地面且逆温强度 $\geq 8^{\circ}\text{C}$ 的逆温厚度,平原一般多在 900~1000 m 之间,山区一般多在 800~1500 m 之间,盆地一般多在 200~650 m 之间。对于烟道排烟来说,在同样的逆温强度下逆温层顶高度离地面越低,越不利于烟道排烟。所以在相同的气象

条件及逆温强度下,盆地发生一氧化碳中毒的可能性最大。

5 强逆温属性与天气特征分析

强逆温是指,近地面层逆温强度 $\geq 8^{\circ}\text{C}$ 时逆温层厚度小于 1000 m 的逆温。有研究^[4-5]指出,逆温层的存在对大气污染物的扩散,尤其是在垂直方向上的扩散,起着重要的抑制作用。而逆温强度的不同,对污染物浓度的影响亦不同,强逆温的抑制作用更为明显。

5.1 属性分析原则

逆温按其形成原因分为辐射逆温、平流逆温、湍流逆温、下沉逆温和锋面逆温。分析吉林省不同地理位置发生强逆温的情况可见,逆温的形成常是几种原因共同作用的结果,尤其是下沉逆温和辐射逆温多是同时出现,很难把它们单独分离出来,因此将辐射逆温和下沉逆温归为一类称辐射或下沉逆温,在天气形势分析上将受地面冷高压控制或影响的逆温统计为此类;将地面位于低压前部、850hPa 为暖平流的逆温统计为平流逆温;将地面位于冷锋后部、850hPa 为暖平流的逆温统计为锋面逆温。除此之外统计为其他类。

5.2 强逆温属性分析结果

表 8 是强逆温的逆温属性统计结果,由此可以看出:一是无论山区、平原还是盆地均以辐射或下沉逆温居多,平原和山区尤为突出。二是盆地由于其特定的地理环境各类逆温属性出现的几率都比平原和山区高,且主要以辐射或下沉逆温和平流逆温为主。这种逆温属性的分析结果对逆温预报具有参考作用。

表 8 强逆温属性统计(%)

	辐射或下沉逆温	平流逆温	锋面逆温	其他
平原	92.9			7.1
山区	75.0	19.3	1.7	4.0
盆地	42.2	40.0	8.6	9.2

5.3 强逆温天气形势特征

辐射或下沉逆温在地面图上多表现为受冷高压控制,其冷高压有两种情况,一是受地面强冷高压前部北或西北气流控制。地面冷高压较强,其强中心位于贝加尔湖附近,高压中心强度一般在 1055hPa 以上,冷高压主体向南或南东南方向移动,吉林省处于强大冷高压的前部(见图 3a),在高压前部北或西北气流影响下,地面温度持续下降从而形成强逆温;二是受地面冷高压中心控制。地面冷高压位于贝加尔湖东部且自西北向东南方向移入吉林省,冷高压中心多位于吉林省东部的长白山区,常称之为长白山小高压(见图 3b),冷高压中心强度一般在 1040hPa 以上,其所控制的地区天空晴朗,风速小,形成的辐射逆温较强。长白山小高压的形成和地形关系密切,由于冷空气南下受长白山阻挡,冷空气因而在盆地堆积造成长白山区盆地较强逆温的出现。

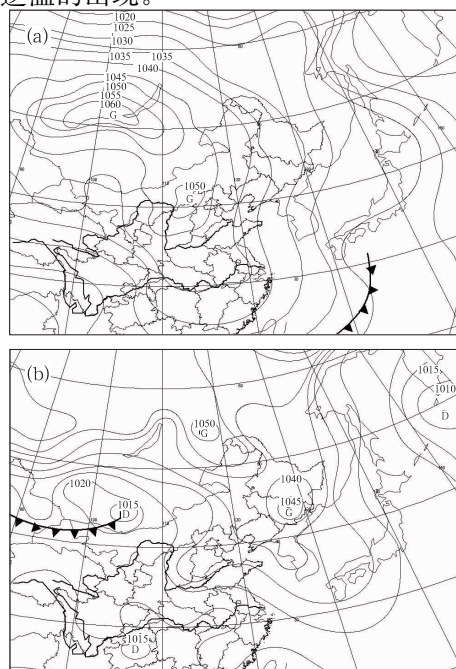


图 3 2001 年 12 月 25 日 08 时地面图(a)和 2001 年 01 月 06 日 08 时地面图(b)

锋面逆温是当冷暖空气相遇,暖空气密度小,上升到冷空气的上面,造成下冷上暖而形成逆温。因此吉林省锋面逆温在地面天气图上常表现为冷锋过后,且在冷锋后具有较大正变压,而较强的冷高压中心位于贝加尔湖附近,吉林省受地面冷锋后的高压脊控制(见图4)。

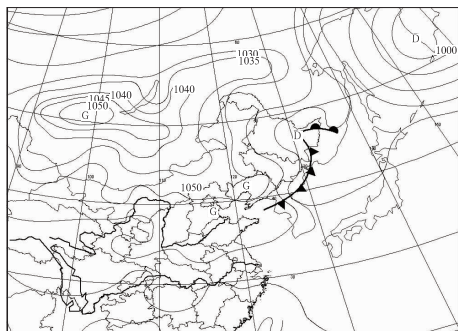


图4 2002年12月18日08时地面

平流逆温是在暖空气流移到冷的地面上时形成的。在850hPa图上表现为有很强的暖平流,地面则处于低压前部,此时天空云量多或有微弱降水,气温较低,当高空有强暖平流移来时形成较强逆温。此类逆温影响的范围较广(见图5a,b)。

5.4 逆温与大气污染

逆温与大气污染的关系极为密切。大气污染的直接表现就是在大气中有烟、霾或大雾等现象出现^[6-9]。统计表明:吉林省大雾和霾出现时一般在近地面层都有逆温存在,其中霾出现时有67.7%的逆温值 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 。例

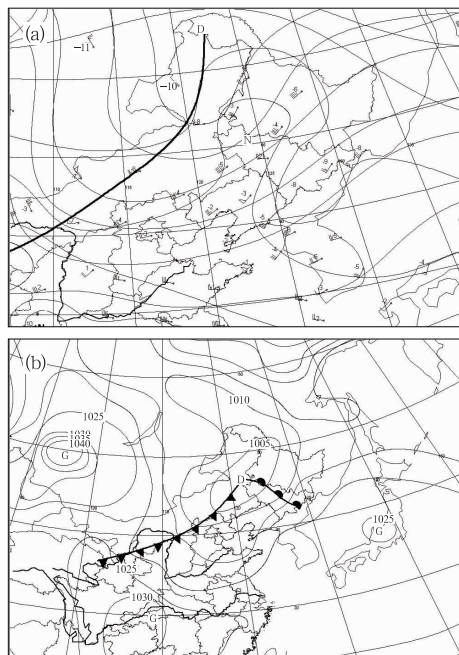


图5 2004年02月13日08时850hPa
高空图(a)和地面图(b)

如2007年12月23—27日和2008年2月7—9日吉林省东部和中部分别出现了较为严重的持续时间较长的烟霾天气,从两探空站(延吉站代表东部、长春站代表中部)资料分析可见,在近地面层均有逆温产生(图6),东部(延吉)逆温强于中部(长春),特别是12月25日,延吉出现了 10°C 的强逆温,12月26、27日两天,逆温强度为 6°C 。而吉林省96.4%的大雾天气过程(连续两天的大雾天气为一次过程)有逆温存在。

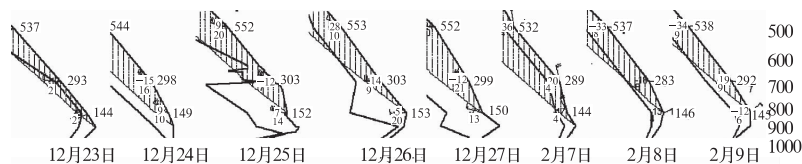


图6 延吉(2007年12月23—27日)和长春(2008年2月7—9日)
连续烟霾日08时的探空曲线

6 小 结

通过对吉林省冬季逆温天气气候特征进行分析,初步得出以下结果:

(1) 逆温具有明显的地理分布特征,其中平原发生逆温的次数最多,山区次之,盆地最少。无论平原、山区还是盆地,08时发生逆温的次数多于20时。

(2) 从逆温强度的分布情况看,冬季08时0级、Ⅰ级和20时0级逆温强度发生的概率平原最多,山区次之,盆地最少,尤其是平原发生的概率明显多于山区和盆地;Ⅱ级和Ⅲ级逆温强度发生的概率则恰恰相反,即盆地最多,山区次之,平原最少。

(3) 平原地区70%的逆温发生在近地面层附近,强逆温厚度一般多发生900~1000 m之间;山区逆温底高度在近地面层的仅占39.5%,而92.7%是在400 m以下,近地面强逆温厚度一般多发生在800~1500 m之间;盆地逆温底高度71.3%在200 m以下,强逆温厚度一般多发生在200~650 m之间。对于烟道排烟来说,在同样的逆温强度下逆温层顶高度离地面越低,越不利于烟道排烟。所以在相同的气象条件及逆温强度下,盆地发生一氧化碳中毒的可能性大于平原、平原大于山区。

(4) 逆温属性平原、山区和盆地具有一定差异。其中平原和山区以辐射或下沉逆温

为主,地面常表现为冷高压影响;盆地则以辐射或下沉逆温和平流逆温为主,地面常表现为有长白山小高压存在,在850hPa均表现为有明显的暖平流存在,尤其是平流逆温更为明显。另外,对于山区和盆地发生的逆温,地形因素也有一定作用,尤其是盆地地形的作用更明显些。

参考文献

- [1] 王式功,杨德保,祁斌,等. 兰州地区冬半年逆温特征及其与空气污染的关系. 城市空气污染预报研究[M]. 兰州:兰州大学出版社,2002:126-130.
- [2] 姜大膀,王式功,郎咸梅,等. 兰州市区低空大气温度层结特征及其与空气污染的关系. 城市空气污染预报研究[M]. 兰州:兰州大学出版社,2002:131-136.
- [3] 蒋瑞宾,李郁竹. 逆温与空气污染[J]. 气象,1982,8(1):35-37.
- [4] 王晓明,孙力,刘海峰,等. 一次大范围一氧化碳中毒事件的气象条件[J]. 气象,2007,33(2):102-106.
- [5] 付桂琴,李运宗,尤凤春. 煤气中毒事件气象条件初步分析[J]. 气象,2008,34(12):104-109.
- [6] 吴兑. 关于霾与雾的区别和灰霾天气预警的讨论[J]. 气象,2005,31(4):3-7.
- [7] 吴兑. 再论都市霾与雾的区别[J]. 气象,2006,32(4):9-15.
- [8] 刘爱君,杜尧东,王惠英. 广州灰霾天气的气候特征分析[J]. 气象,2004,30(12):68-71.
- [9] 童尧青,银燕,钱凌,等. 南京地区霾天气特征分析[J]. 中国环境科学,2007,27(5):584-588.