

河西走廊中部寒潮、霜冻天气过程对比 分析及预报着眼点

毛玉琴¹, 曹玲²

(1. 甘肃省山丹县气象局, 甘肃 山丹 734100; 2. 甘肃省张掖市气象局, 甘肃 张掖 734000)

摘要: 从天气实况、影响系统、数值预报产品等方面对1994年5月1~4日和2004年5月1~5日发生在甘肃河西走廊的2次较强寒潮、霜冻天气过程进行对比分析, 找出了此类天气的预报着眼点。

关键词: 寒潮; 霜冻; 对比分析; 预报着眼点

中图分类号: P458

文献标识码: A

引言

寒潮天气是影响河西走廊地区农业、林业及人民生活的主要气象灾害之一, 每年都造成一定的经济损失, 尤其是2004年5月初发生寒潮天气过程后, 甘肃河西走廊地区出现了1981年以来最强的一次霜冻灾害, 仅河西走廊中部就造成了5亿多元的经济损失, 受灾范围也为近50 a以来最大。因此加强寒潮天气的分析研究, 对提高对其预报服务水平就显得十分必要。本文通过对1994年5月1~4日和2004年5月1~5日发生在河西走廊的2次寒潮天气过程的对比分析, 意在探寻影响河西走廊地区寒潮、霜冻的主要天气系统, 找出此类天气的预报着眼点, 以便在过程来临前准确地做出预报, 为防灾减灾提供可靠依据。

1 实况对比

1.1 降温

表1列出了1994年5月1~4日(以下简称“94”过程)与2004年5月1~5日(以下简称“04”过程)2次寒潮过程的24 h和48 h降温幅度, 可以看出: “94”过程降温幅度明显较大, 而且24 h和48 h均达寒潮标准; “04”过程24 h张掖市各地均未达寒潮标准, 48 h只有民乐和山丹2站达寒潮标准。

表1 2次过程降温幅度对比

Tab. 1 The range of temperature descent contrast between the two weather processes

项目	1994年5月1~4日		2004年5月1~5日	
	$\Delta T_{24}/^{\circ}\text{C}$	$\Delta T_{48}/^{\circ}\text{C}$	$\Delta T_{24}/^{\circ}\text{C}$	$\Delta T_{48}/^{\circ}\text{C}$
甘州区	12.7	15.6	7.4	10.5
高台	11.4	14.0	6.9	8.2
临泽	13.1	15.0	7.1	9.6
山丹	11.7	16.5	9.5	14.4
民乐	12.7	16.3	8.6	12.4
肃南	12.5	14.6	5.9	9.9

1.2 降水

对比2次过程的降水情况(表2)可知: “94”过程降水普遍大于“04”过程, 但“04”过程的局地降水强度较大。

表2 2次过程降水量级对比

Tab. 2 The precipitation contrast between the two weather processes

项目	1994年5月1~4日		2004年5月1~5日	
	1日降水量/mm	2日降水量/mm	1日降水量/mm	2日降水量/mm
甘州区		9.9	1.3	4.2
高台	0.0	7.3	1.2	0.0
临泽	0.3	8.1	2.4	0.2
山丹	0.0	12.9	1.2	4.2
民乐	0.0	10.1	1.0	13.4
肃南	1.5	8.7	2.4	7.8

1.3 霜冻强度

2次过程均出现区域性霜冻天气,但“04”过程不论出现强度还是持续时间都明显强于前次过程。其中2004年5月3日清晨民乐县的地面最低温度为 -12.9°C ,为当地历史同期极值,山丹县的地面

最低温度在 -6.6°C ,为当地历史同期的次极值。通过统计发现,此次霜冻天气是1980年以来强度最强、影响范围最广、持续时间最长的一次霜冻过程(表3)。

表3 2次过程霜冻强度对比

Tab.3 The frost intensity contrast between the two weather processes

	1994年5月3~4日		2004年5月3~5日		
	3日地面最低温度/ $^{\circ}\text{C}$	4日地面最低温度/ $^{\circ}\text{C}$	3日地面最低温度/ $^{\circ}\text{C}$	4日地面最低温度/ $^{\circ}\text{C}$	5日地面最低温度/ $^{\circ}\text{C}$
甘州区	-2.2	-5.9	-3.8	-3.7	-3.3
高台	-2.0	-0.7	-5.5	-8.3	-6.8
临泽	-2.0	-3.6	-3.5	-2.8	-2.6
山丹	-1.3	-4.0	-6.6	-5.9	-5.6
民乐	-2.0	-4.7	-12.9	-3.8	-2.8
肃南	-1.7	-4.4	-5.5	-4.3	-5.4

2 环流形势对比分析

2.1 500 hPa 环流形势

这2次过程的环流形势非常相似,均属经向型寒潮过程^[1-2]。在过程前3~4d,乌拉尔山附近为一暖舌落后于疏散浅脊,其前有一冷舌配合的疏散型小槽,且冷舌略落后于小槽,即有正涡度平流向槽线上输送。这样的温压场十分有利于槽脊发展。在此后的几天里,暖脊由于强暖平流和负涡度平流的共同作用而向东北方向强烈发展,使得脊前槽后偏

北风加大,冷平流加强,小槽逐渐向南加深。到寒潮爆发前一天该槽已移至巴尔喀什湖地区并发展为一深厚大槽,且分别有 -32°C 和 -28°C 冷中心与之配合。寒潮爆发当日,低槽移至新疆中部至张掖市附近,槽底伸至 40°N 以南,同时位于槽前的高原上西南气流发展(图1),形成降水和强降温天气。到寒潮过程第3天,低压槽过境,高压脊取而代之,河西走廊位于脊前槽后的强西北气流中,天气转晴,并在此后的2~3d内维持这种形势,受平流辐射降温的影响,出现区域性强霜冻天气。

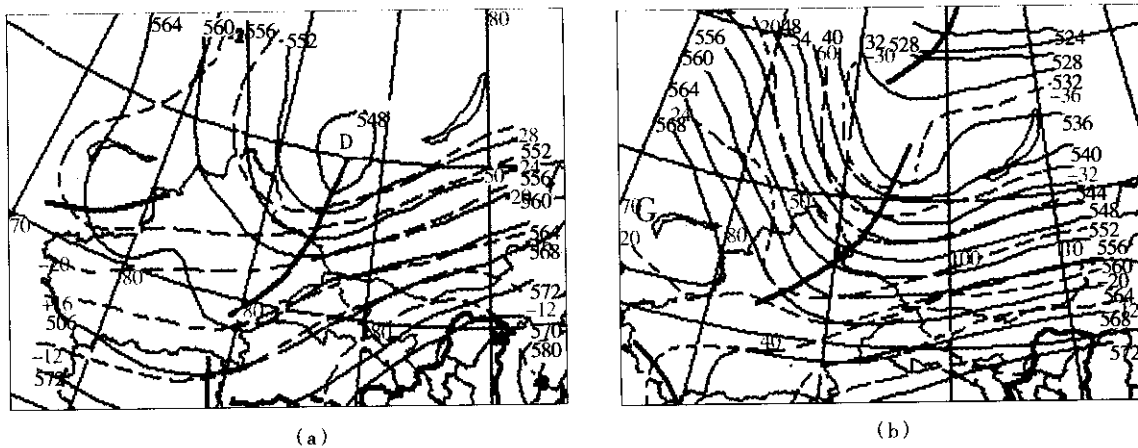


图1 1994年5月1日08时(a)与2004年5月1日08时(b)500 hPa环流形势
实线为等高线(单位: gpm),虚线为等温线(单位: $^{\circ}\text{C}$)

Fig.1 The 500 hPa circulation situation at 08:00 on May 1, 1994(a), 2004(b)
solid line for contour line, dotted line for isotherm

2 次过程比较,也存在不同之处。第一,高空槽系统南压位置不同。“04”过程高度槽和温度槽南压位置比“94”过程明显偏南,比如山丹站 5 月 1 日 08 时高度为 570 gpm,温度为 -10°C ; 2 日 08 时高度为 564 gpm,温度为 -18°C ; “94”过程 5 月 1 日 08 时高度为 571 gpm,温度为 -6°C ; 2 日 08 时高度为 569 gpm,温度为 -16°C ,从这方面能够很好地反映系统南压程度,表明后次过程冷空气强度要强于前次过程。第二,高原南支槽强弱不同。“94”过程前的 4 月 30 日至 5 月 1 日,高原南支槽超前于北方槽发展东移,槽前西南气流非常明显,且风速均在 16 m/s 以上,为产生降水提供了丰富的水汽,而“04”过程西南气流较弱,高原上基本为西南偏西气流,且风速在 12 m/s 以下。不论是水汽条件还是气流辐合程度“04”过程均不如“94”过程,这正是“94”过程降水量级普遍大于“04”过程的原因。

2.2 700 hPa 锋区强度对比

从 2004 年 5 月 1 日的实况图分析,在 $39^{\circ}\sim 42^{\circ}\text{N}$, $95^{\circ}\sim 100^{\circ}\text{E}$ 的范围内(3 个纬距)等温线达 4 条

之多,山丹站与北疆最大温差达 17°C 。而“94”过程 4 条等温线范围占到了 5 个纬距,山丹站与北疆最大温差为 12°C 。说明“04”过程 700 hPa 关键区内温度梯度非常大,即锋区非常强,这也是造成这次霜冻天气创历史记录的原因之一。

2.3 地面形势对比

2.3.1 过程前期形势

1994 年 4 月 30 日 14 时地面图上(图 2a),冷锋在华北—内蒙—河西西部一线,呈准东西走向,锋后冷高压范围较宽,这样使得冷空气因影响范围广而扩散,强度减弱,同时南疆热低压发展,冷空气在南下过程中向南疆倒灌,对冷空气势力有所削弱。河西中部热倒槽发展明显,处于热倒槽控制中,使得当日升温降压十分显著,甘州区当日平均气温达 19.0°C ,日最高气温达 28.6°C ,为寒潮天气创造了前期条件。这也是“94”过程降温幅度明显大于“04”过程的原因之一,另外由于冷锋前热倒槽发展过于强烈,对其后冷空气势力也有削弱作用。

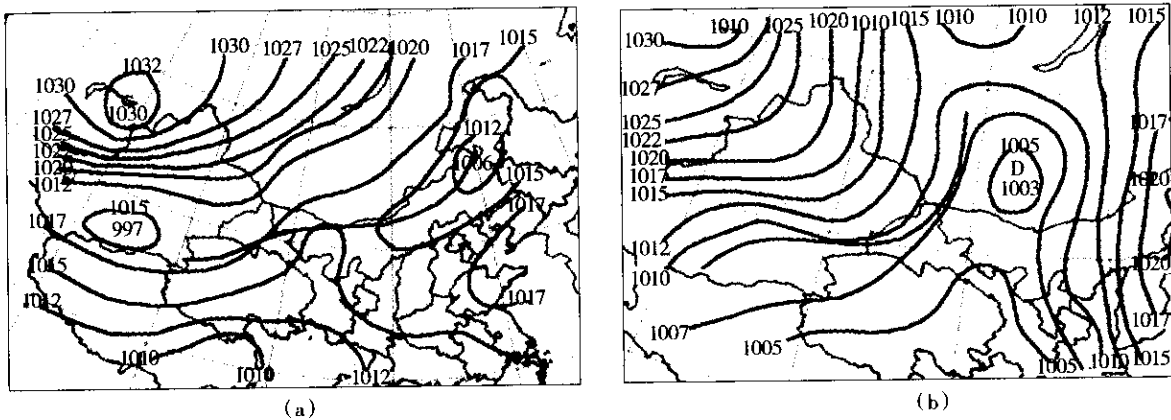


图 2 1994 年 4 月 30 日 14 时(a)与 2004 年 4 月 30 日 14 时(b)地面形势

Fig. 2 The ground situation at 14:00 on April 30, 1994(a), 2004(b)

2004 年 4 月 30 日 14 时地面图上,贝加尔湖以南—河套—河西中西部为较大范围的低值区,冷锋位于内蒙古中部—河西西部一线,呈东北—西南走向,锋后冷高压控制整个新疆,轴线呈西北—东南走向,形成欲大举南下的形势(图 2b)。由于热低压中心位置偏北,当日各地升温降压幅度不及“94”过程。图 3 给出了 2 次过程前后 14 h 气温的对比情况,可直观看出,尽管冷空气过境后 2 次过程气温都在 6°C 左右,但降温的程度“04”过程不及“94”过程。

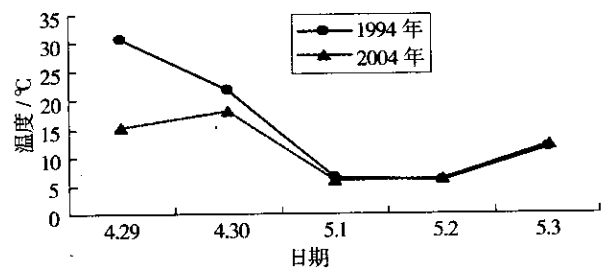


图 3 2 次过程前后逐日 14 时气温对比

Fig. 3 The daily contrast of temperature at 14:00 between the two weather processes

2.3.2 过程中地面形势

比较2次过程第2天的地面形势,“94”过程冷气团在南下过程中变性较快,冷高压减弱明显,等压线稀疏(图4a),因此所出现的冻害持续时间较短,强度也较弱。“04”过程,锋后冷空气在南下过程中

几乎没有减弱,冷高压中心值比前次过程大7 hPa,冷高压与其前的锋面气旋完整性很好(图4b),在其控制下,出现了历史上罕见强霜冻,其强度和持续时间都比“94”过程明显。

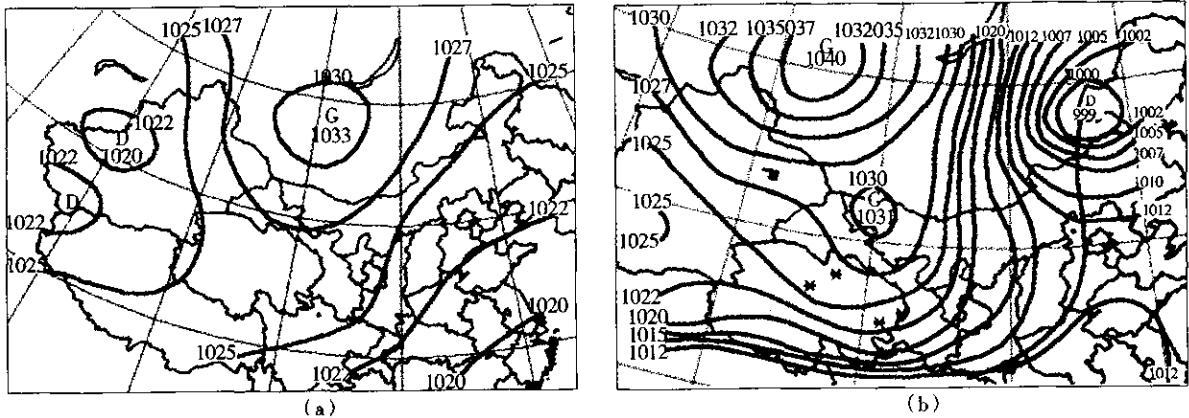


图4 1994年5月2日08时(a)与2004年5月2日08时(b)地面形势

Fig. 4 The ground situation at 08 00 on May 2, 1994 (a), 2004 (b)

2.4 数值预报产品预报效果对比

2.4.1 ECMWF 产品

这2次过程欧洲中心数值预报产品都做出了比较准确的预报。过程前3天的72~120 h和过程前2天48~96 h以及过程前1天的24~72 h的500 hPa形势预报中,都预报了1~2日控制山丹站的高压脊将减弱东移,中亚地区的低槽将逐渐东移南压,且强度逐渐加强,取代其前高压。3~4日低槽东移,新疆高压脊强烈发展。这与实况形势演变基本一致,说明欧洲中心数值预报产品在这2次预报中都表现出了比较强的预报能力。

2.4.2 T106 和 T213 预报产品

T106 和 T213 的500 hPa形势预报也比较准确地报出了2次过程^[3],过程前3至1天的形势预报与欧洲中心产品一样,表明5月1~5日高空形势将有一次明显的调整,它们的预报能力基本一致。对2004年5月的这次过程,T213客观分县温度预报效果明显,从4月28日至5月5日的24 h最高温度预报与实况基本一致,最低温度与实况略有偏差,但也很好地反映出了升降趋势(图略)。

3 预报着眼点

这2次过程是比较典型的寒潮(强降温)、降水

及霜冻天气过程,降水天气表现相对较弱,对当地农业生产、经济和人民生活、生产影响较大的是寒潮(强降温)和霜冻天气。因此本文着重考虑这类天气的预报着眼点。

3.1 寒潮(强降温)天气预报着眼点

(1)注意500 hPa环流形势的演变。确定自乌拉尔山附近是否有低槽发展东移,特别是其移至西西伯利亚地区后能否继续发展东移,有无冷空气补充,可从温压场结构判定。如果是东西走向的横槽,因槽后是偏北气流,常易堆积大量冷空气,当横槽转竖时,常产生强烈的降温天气^[2]。近30 a来河西走廊寒潮(强降温)天气的影响系统中有85%是横槽引发的。

(2)注意低槽的移动方向。因为500 hPa低槽引导着冷空气的移动路径,可从低槽前后正负变高的配置判定。本文所分析的2次过程,当系统移至巴尔喀什湖附近时,24 h脊前正变高和槽前负变高分别达+16 gpm和-7 gpm。不仅意味着低槽未来将继续发展,而且预示着此系统将沿正负变高中心连线的方向东移南压。通常影响张掖市寒潮(强降温)天气的冷空气路径有3条:西方路径、西北路径和北方路径,在近30 a的39次个例中,西北路径占92%,本文中分析的这2次过程均为西北路径。

(3)判断影响系统冷空气的强度。可从与 500 hPa 低槽配合的冷中心强度及 700 hPa 锋区的强度来判断。通常山丹台以预报日 500 hPa 图上 60°N 以南, $90^{\circ}\sim 110^{\circ}\text{E}$ 区域内冷中心在春秋季节 $\leq -35^{\circ}\text{C}$, 冬季 $\leq -40^{\circ}\text{C}$; 700 hPa $40^{\circ}\sim 45^{\circ}\text{N}$, $86^{\circ}\sim 100^{\circ}\text{E}$ 区域内沿经线有 ≥ 4 条等温线的规则为寒潮预报依据。

(4)如果影响系统是横槽,则应准确判断横槽转竖的时间,以准确预报过程日期。可从 500 hPa 低槽前后变高的位置和中心值并结合数值预报产品判断。

(5)掌握本地前期天气条件。可从过程前期控制本地区的热低压强度及本站的升温降压程度来判断。通常本地以预报日 14 时地面图上河西地区有中心值 $\leq 1\ 015$ hPa 的热倒槽或中心值 $\leq 1\ 005$ hPa 的热低压,本站 14 时降压 ≥ 5 hPa,升温 $\geq 4^{\circ}\text{C}$ 的规则为依据。

(6)分析 500 hPa 和 700 hPa 本站与北疆的温度差、温度平流、预报前 1 天本地区日平均气温,注意上游天气增温、降温单站要素的变化。

3.2 霜冻天气预报着眼点

这 2 次过程的霜冻天气,出现区域之广、强度之强、持续时间之长都是历史上少见的。根据霜冻出现的条件可分为平流霜冻、辐射霜冻、平流辐射霜冻 3 类^[4]。河西走廊出现的较强晚霜冻绝大多数是平流辐射霜冻。此类霜冻天气一般出现在 1 次较强冷空气活动之后,因此,掌握好冷空气的强度和其过后天气转晴时间是预报的关键。通过多年来的总结,认为预报此类天气应从以下几方面着眼考虑:

(1)根据 500 hPa 低槽强度和演变、移动情况,确定未来本地是否有一次强冷空气活动。

(2)从地面冷高压强度和中心位置来确定未来影响本地的冷空气的强度。通常预报日 08 时地面图上,在 $38^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$, $87^{\circ}\sim 105^{\circ}\text{E}$ 范围内有 5 站以上的海平面气压 $\geq 1\ 022$ hPa;本站与 $38^{\circ}\sim 52^{\circ}\text{N}$, $87^{\circ}\sim 107^{\circ}\text{E}$ 范围内的 500 hPa 最大温差在 15°C 以上,700 hPa 最大温差在 6°C 以上,表明冷空气势力已经很强。

(3)确定高空冷平流的强度。一般预报日 08 时 500 hPa 在 $35^{\circ}\sim 60^{\circ}\text{N}$, $85^{\circ}\sim 115^{\circ}\text{E}$ 范围内有 ≥ 5 个经(纬)距的低槽存在(包括横槽),且温度槽落后于高度槽,同时在高空槽后有 4 站以上的风速 ≥ 16 m/s 的偏北风,说明已具备冷平流强度要求。

(4)准确把握冷空气过后天气转晴时间。一般

预报日 14 时地面图上在 $38^{\circ}\sim 42^{\circ}\text{N}$, $90^{\circ}\sim 105^{\circ}\text{E}$ 范围内 8 成以上总云量的站数 ≤ 5 个,且现在天气有降水的站数 ≤ 5 个,可初步判定在未来 12 h 内本地天气将会转晴。

4 小 结

(1)本文所分析的 2 次过程均是因北方强冷空气大举南下^[5],先造成河西走廊的寒潮、强降温天气,继而因冷高压控制下天气转晴,形成平流辐射霜冻,但“04”过程的冷空气强度略强于“94”过程。由于冷空气来临前河西地区地面热低压发展强烈,使得“94”过程的寒潮降温程度大于“04”过程;同时由于“94”过程南支槽的发展,冷空气在南下过程中变性较快,出现霜冻的强度、范围和持续时间均不及“04”过程,但降水较“04”过程明显。

(2)这 2 次过程均属小槽发展型(亦称经向型)寒潮(强降温)过程,此类寒潮天气过程是从不稳定小槽开始,最终导致东亚大槽重建的一个过程。掌握好不稳定小槽东移到巴尔喀什湖地区后是否继续发展东移是本类寒潮预报的关键。

(3)在预报寒潮天气时,注意低压系统的演变,它与其后高压脊的发生发展是相互依存的^[6]。当乌拉尔山高压脊向北强烈发展,迫使其前低压槽加深,北方冷空气沿偏北气流在槽后堆积,在一定条件下大举南下,即爆发一次寒潮过程。

(4)欧亚大陆的冷高压与霜冻密切相关。冷空气的东南下,在地面图上表现为冷高压自西伯利亚经蒙古共和国侵入我国西北地区东南下。当冷高压控制本地区时,天气转好,到夜晚风停云散后,地面辐射降温加剧,形成了平流辐射霜冻。

参考文献:

- [1]白肇烨,徐国昌,孙学筠,等.中国西北天气[M].北京:气象出版社,1988.398-402.
- [2]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,1981.186-207.
- [3]王锡稳,孙兰东,张新荣,等.甘肃春季一场罕见强霜冻、冻害天气的分析[J].干旱气象,2005,23(4):7-11.
- [4]李栋梁,刘德祥.甘肃气候[M].北京:气象出版社,2000.272-282.
- [5]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.
- [6]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.

Comparative Analysis of Two Cold Wave and Frost Weather Processes and Forecast Points in the Middle of Hexi Corridor

MAO Yu - qin¹ , CAO Lin²

(1. Shandan Meteorological Station of Gansu Province , Shandan 734100 , China ;
2. Zhangye Meteorological Bureau of Gansu Province , Zhangye 734000 , China)

Abstract :The contrast analysis of two strong cold wave and frost weather processes , which occurred on May 1 - 4 in 1994 and May 1 - 5 in 2004 in the middle of the Hexi corridor of Gansu province , was given from the aspects of the real weather state , the influence systems and numerical forecasting products. At the same time , the forecast points of this kind of weather process were given out also.

Key words cold wave , frost , contrast analysis , forecast point

(上接第 14 页)

Climate Characteristic and Influence System of Hail Weather in Liaocheng of Shandong Province

YANG Xiao - xia , WANG Yi - lin , LI Chang - yi , XIAO Ming - jing

(Shandong Meteorological Institute , Ji 'nan 250031 , China)

Abstract :By using the conventional weather observation data during 1986 - 2004 , the climate and atmospheric circulation characteristics and influence systems of hail weather in Liaocheng were analyzed , and the effect of terrain and geography on hail weather was also studied. Results show that the annual mean hail days in Liaocheng were 2.7 days , 8 days at most a year , and hail occurred mainly in April - September , especially in June. The main influence systems of hail weather presented five types of low vortex , trough , transversal trough , northwest current and southwest current at the edge of the subtropical high , and low vortex as well as northwest current in the middle - high level influenced hail weather most. There were three hail paths of west , northwest and north moving to Liaocheng. The geography and the terrain characteristics of the Liaocheng city have extraordinary effect on the formation of hail weather.

Key words Liaocheng of Shandong province ; hail ; climate characteristic ; influence system ; geographical environment