

杨晓玲, 丁文魁, 马中华, 等. 2016. 河西走廊东部强降温变化特征和典型环流型. 气象, 42(6): 756-763.

# 河西走廊东部强降温变化特征 和典型环流型<sup>\* 1</sup>

杨晓玲<sup>1</sup> 丁文魁<sup>1</sup> 马中华<sup>1</sup> 刘 蓉<sup>2</sup>

1 甘肃省武威市气象局, 武威 733099

2 甘肃省民勤县气象局, 民勤 733300

**提 要:** 利用河西走廊东部 1961—2010 年 5 个气象站日最低气温观测资料, 计算了 50 a 强降温 24 h(48 h) 最低气温下降  $\geq 8(10)^\circ\text{C}$ 、最低气温  $\leq 4^\circ\text{C}$  次数, 采用统计学方法系统分析了该区域强降温的时空分布以及强度等气候特征, 然后利用 1991—2010 年 ECMWF 500 hPa( $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ ) 数值预报格点资料, 分析了该地强降温的环流特征, 最后研究了强降温次数与大气环流特征量的关系。结果表明, 受地形地貌、地表植被以及山脉阻挡的影响, 河西走廊东部强降温次数的地域分布存在明显差异, 海拔较高的山区和北部沙漠边缘强降温次数明显多于绿洲平原区。强降温天气具有明显的区域性特征, 随着强降温站数的增多, 强降温的次数在减少; 24 和 48 h 强降温年代、年次数总体呈减少趋势, 其强降温次数时间序列均存在 4~6 a 的准周期变化, 但未出现突变现象。强降温天气主要发生在 1—5 和 9—12 月, 4 月强降温次数最多。各强度强降温次数的变率较大, 随着降温强度的增大, 强降温次数迅速减少, 24 h 强降温强度呈较弱减弱趋势, 48 h 强降温强度呈较弱增强趋势。河西走廊东部强降温天气的典型环流形势分为西北气流型和偏北气流型两大类, 其中西北气流型次数多于偏北气流型。河西走廊东部月强降温次数与表征高空冷空气的强度和移动路径的大气环流特征量表现为显著的正相关, 说明河西走廊东部强降温次数与高空冷空气的强度和移动路径的关系密切, 高空冷空气的强度和移动路径是强降温预测的强信号。

**关键词:** 强降温, 变化特征, 环流形势, 相关性, 河西走廊东部

**中图分类号:** P466

**文献标志码:** A

**doi:** 10.7519/j.issn.1000-0526.2016.06.011

## Change Characteristic and Typical Circulation Type of Strong Cooling in Eastern Hexi Corridor

YANG Xiaoling<sup>1</sup> DING Wenkui<sup>1</sup> MA Zhonghua<sup>1</sup> LIU Rong<sup>2</sup>

1 Wuwei Meteorological Office of Gansu Province, Wuwei 733099

2 Minqin Meteorological Station of Gansu Province, Minqin 733300

**Abstract:** Using daily lowest temperature observation data of five meteorological stations in the east of Hexi Corridor during 1961—2010, the number of strong cooling [the lowest temperature drop rate is  $\geq 8(10)^\circ\text{C}$  and the minimum temperature is  $\leq 4^\circ\text{C}$  in 24(48 h) in recent 50 years] was calculated. Climatic characteristics of spatio-temporal distribution and intensity of strong cooling were systematically analyzed with statistical methods. Then the ECMWF 500 hPa numerical forecast grid data ( $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ ) from 1991 to 2010 was used to analyze the strong cooling circulation features in this region. Finally, relations between strong cooling times and atmospheric circulation characteristics were studied. The results show that strong cooling times distribute differently in eastern Hexi Corridor and it is more obviously in high-elevation mountains and northern desert edge than in oasis plain area due to the block of terrain, vegetation and mountains. Strong cool weather has obvious regional characteristics, and the times reduces with the in-

\* 国家自然科学基金项目(41305134)和甘肃省气象局第七批“十人计划”共同资助

2014 年 12 月 13 日收稿; 2016 年 2 月 1 日收修定稿

第一作者: 杨晓玲, 主要从事天气预报及气候研究工作. Email: wwqxj6150343@163.com

crease of strong cooling station number. The decadal and annual times of strong cooling show a decreasing trend, and time series of strong cooling times has 4—6 year quasi-periodic variation, but no mutations. Such weather occurs mainly from January to May and from September to December, but most in April. Times of strong cooling with different intensities varies greatly reducing rapidly with the increase of cooling intensity. Intensity of 24 h strong cooling has a weak reducing tendency, while that of 48 h strong cooling shows a slightly increasing trend. Typical circulation of strong cooling weather in eastern Hexi Corridor is divided into two categories, including northwest airflow type and northern airflow type, and the number of northwest airflow type is more than that of northern airflow type. A significantly positive correlation exists between monthly strong cooling times and circulation characteristics including high-altitude cold air strength and cold air moving path, which means that a close relationship exists between strong cooling times and the high-level cold air strength and cold air moving path. Intensity and moving path of high-level cold air are strong signals for the forecasting of strong cooling weather.

**Key words:** strong cooling, change characteristics, circulation situation, correlation, the eastern Hexi Corridor

## 引 言

强降温(寒潮)天气过程是一种大规模的强冷空气活动,强降温天气的主要特点是剧烈降温和大风(朱乾根等,2007;康志明等,2010)。强降温引发大风、霜冻、雪灾、雨淞等灾害对农业、交通、电力、航海以及人们健康都有很大的影响(罗晓玲等,2006;陈豫英等,2009;李江波等,2009)。在气候变暖的大背景下,强降温虽出现概率小,但其来势猛、范围大、危害大、损失重,是天气预报工作的重点和难点(高凤荣等,1996;朴春兰,2005;许爱华等,2006;周鸣盛等,1997)。如2004年5月1—2日河西走廊出现的大范围强降温和寒潮天气引发了3—5日的强霜冻灾害,共造成经济损失103903万元(钱莉等,2005);2008年1月中下旬到2月上旬中国经历了历史上罕见的大范围强降温、雨雪和冰冻灾害天气,给人们带来了前所未有的寒冷,也给国民经济和人民生命财产造成了巨大损失,引起了国内外政府部门的高度关注(伍东亮等,2008;王遵娅等,2008;司东等,2014;王颖等,2013)。因此,强降温的准确预报和防御不容忽视。据中国气象局令(2007年第16号)规定,气象部门应向社会公众发布不同级别强降温预警信号,并提出合理的防御措施和建议。

河西走廊东部地处青藏高原东北斜坡面上,地理位置在 $37^{\circ}10' \sim 39^{\circ}24'N$ 、 $101^{\circ}06' \sim 104^{\circ}14'E$ ,海拔高度在1300~4872 m,地势南高北低,由西南向东北倾斜。冬半年经常受极地南下强冷空气侵袭,

易出现强降温天气(白肇焯等,1988)。强降温对河西走廊东部农业、畜牧业及建筑业等造成严重影响,是该地的主要气象灾害之一。从已有的文献来看,针对河西走廊东部强降温的分析和研究还比较少见(李岩瑛等,2004;罗晓玲等,2012),因此有必要详细分析当地强降温的气候特征及环流形势,将对提高强降温的监测、预报、预警能力都有非常重要的作用,还会为地方政府提供准确及时的决策依据,对为农服务、防灾减灾、促进地方经济发展都有着极其重要的现实意义。

## 1 资料来源及研究方法

### 1.1 强降温标准

据中国气象局<(气发[2005]109号)文关于转发《中短期天气预报质量检验办法》的通知>规定:强降温标准为24(48)h日最低气温下降 $\geq 8(10)^{\circ}C$ ,最低气温 $\leq 4^{\circ}C$ 。根据日常对强降温的统计分析和强降温造成的灾害程度做以下规定:有一站24(48)h最低气温下降 $\geq 8(10)^{\circ}C$ ,日最低气温 $\leq 4^{\circ}C$ 定为一次强降温天气过程;同时有两站或以上达到上述标准定为一次区域性强降温天气过程;24(48)h最低气温下降 $8 \sim 10(10 \sim 12)^{\circ}C$ ,日最低气温 $\leq 4^{\circ}C$ 定为一次一般性降温过程;24(48)h最低气温下降 $10 \sim 12(12 \sim 14)^{\circ}C$ ,日最低气温 $\leq 4^{\circ}C$ 定为一次较强降温天气过程;24(48)h最低气温下降 $\geq 12(14)^{\circ}C$ ,日最低气温 $\leq 4^{\circ}C$ 定为一次特强降温天

气过程。

## 1.2 资料的选取

选取河西走廊东部武威市永昌、民勤、凉州、古浪、天祝(乌鞘岭站)5个气象站1961—2010年逐日最低气温观测资料,资料长度50 a。5个气象站在50 a来均未曾迁移,观测数据完整性和连续性较好,且时间序列长,能够满足研究的需要。以逐日最低气温为基础,计算当日与次日或第三日最低气温的差值,根据强降温的标准划分出强降温次数,并规定只要有一站或以上达到强降温的标准,就确定为一个强降温个例。同时,利用1991—2010年ECMWF( $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ )数值预报格点资料,分析了河西走廊东部强降温的环流特征。1961—2010年大气环流特征量资料由国家气候中心气候系统诊断预测室提供。

## 1.3 研究方法

分析强降温的空间特征时,多年平均强降温次数为同一站点不同年份的平均( $n=50$ ),并分析强降温的区域性特征。分析强降温的时间特征时,全区域年强降温次数为同一年份不同站点( $n=5$ )的平均值,并统计各量级强降温次数。强降温次数的年代际变化采用距平分析方法,强降温次数的年际变化趋势采用线性趋势计算方法(魏凤英,2007):用 $x_i$ 表示样本量为 $n$ 的气候变量,用 $t_i$ 表示 $x_i$ 所对应的时间,建立 $x_i$ 和 $t_i$ 之间的一元线性回归方程: $x_i = a + bt_i, i = 1, 2, 3, \dots, n$ ,其中, $b$ 为气候变量的倾向率, $b > 0$ 表示直线递增, $b < 0$ 表示直线递减, $b \times 10$ 表示每10 a的变化率。变化趋势的显著性,采用时间 $t$ 与序列变量 $x$ 之间的相关系数即气候趋势系数进行检验(施能等,1995)。根据蒙特卡罗模拟方法(Livezey et al, 1983; 施能等, 2001):通过 $\alpha = 0.1, \alpha = 0.05, \alpha = 0.01$ 显著性水平检验所对应的气候趋势系数临界值,依次为:0.3058、0.3653、0.4430,当气候趋势系数绝对值大于上述临界值时,分别认为变化趋势较显著、显著、很显著。运用方差分析方法进行了周期分析(周石清等,2001)。运用累计距平和信噪比方法对强降温次数进行突变分析(杜军等,2007)。运用Pearson相关系数法分析了强降温与环流因子的相关程度,Pearson为积差相关,是计算连续变量或等间距测度的变量间的相关分析方法。

## 2 结果分析

### 2.1 河西走廊东部强降温空间分布及区域性

#### 2.1.1 强降温空间分布

河西走廊东部地处祁连山东麓,境内地形复杂,海拔较高,山区平原并存,强降温天气频繁发生,且强降温的地域分布存在明显差异。分析各地强降温资料发现(图1):24 h年平均强降温次数民勤最多,占总站次数的28.6%;其次为永昌,占21.1%;再次为古浪、天祝,分别占18.2%、17.1%;凉州最少,占14.9%。48 h强降温次数古浪最多,占总站次数的24.4%;其次为天祝、民勤,分别占22.6%、22.3%;再次为永昌,占16.8%;凉州最少,占13.9%。24 h强降温次数民勤最多,这是由于民勤与巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠接壤,沙漠气候显著,当冷空气过境时,除平流降温外,夜间辐射降温特别明显,强降温次数多;凉州处于中部绿洲平原区,地势低,植被茂密,以平流降温为主,强降温次数少;永昌、古浪、天祝地处山区,海拔较高,辐射降温也比较明显。但是南部山区古浪、天祝48 h强降温的次数明显多于24 h,这主要是由于受祁连山脉的阻挡作用,冷空气易在山区堆积,滞留时间较长(马玉芬等,2012),故48 h更容易达到强降温。

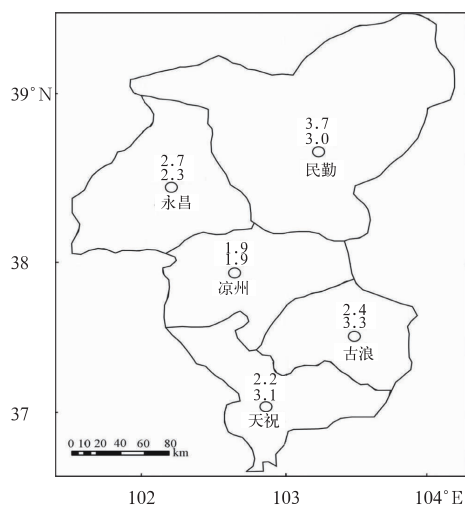


图1 1961—2010年河西走廊东部年平均强降温次数的空间分布

(注:上为24 h强降温,下为48 h强降温,单位:次数)  
Fig. 1 The spatial distribution of annual average strong cooling times in eastern Hexi Corridor during 1961—2010

### 2.1.2 强降温区域性特征

分析50 a来河西走廊东部5站强降温次数发现,强降温天气具有明显的区域性特征,同时2站及以上出现强降温次数24 h共116次,48 h共133次,分别占全区域平均强降温次数的89.9%、98.2%,其中,同时2站的强降温24 h、48 h均为67次,分别占51.9%、49.5%;同时3站的强降温24 h、48 h为27次,48 h为33次,分别占20.9%、24.4%;同时4站的强降温24 h为16次,48 h为19次,分别占12.4%、14.0%;同时5站的强降温24 h为6次,48 h为14次,分别占4.7%、10.3%(图2),且同时出现的站点一般为相邻的站。由此可知,河西走廊东部强降温天气绝大多数为区域性强降温,且随着强降温站数的增多,强降温的次数在减少,24 h减小的速度比更48 h更大。

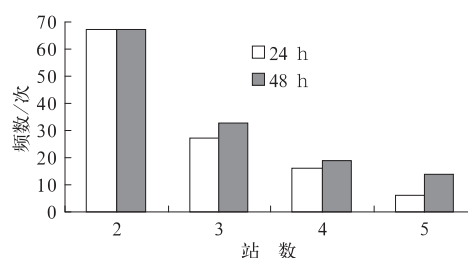


图2 1961—2010年河西走廊东部区域性强降温出现频数

Fig. 2 Frequency of regional strong cooling times in eastern Hexi Corridor during 1961—2010

## 2.2 河西走廊东部强降温时间变化

### 2.2.1 强降温年代际变化

表1为河西走廊东部逐年代年平均强降温次数

表1 1961—2010年河西走廊东部逐年代年平均强降温次数及距平(单位:次)

Table 1 Average strong cooling times and anomaly of various ages in eastern Hexi Corridor during 1961—2010

	60年代		70年代		80年代		90年代		10年代	
	次数	距平	次数	距平	次数	距平	次数	距平	次数	距平
24 h	3.2	0.6	3.0	0.4	2.2	-0.4	2.4	-0.2	2.1	-0.5
48 h	3.0	0.3	2.9	0.2	2.2	-0.5	2.4	-0.3	2.9	0.2

注:10年代为21世纪第一个10年。

及距平。由表1可知,河西走廊东部24和48 h强降温次数随年代总体呈减少趋势。24 h强降温次数20世纪60—70年代较多,80年代到21世纪10年代减少,60年代到21世纪10年代减少的次数为1.1次;48 h强降温次数20世纪60—70年代较多,80—90年代减少,21世纪10年代增多,60—80年代减少的次数为1.0次。

### 2.2.2 强降温年际变化

河西走廊东部24和48 h年强降温次数逐年总体呈减少趋势(图3)。用线性趋势方法计算50 a强降温次数的气候倾向率:24 h为 $-0.274 \text{ 次} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$ ,48 h为 $-0.052 \text{ 次} \cdot 10 \text{ a}^{-1}$ ,气候趋势系数分别为 $-0.387$ 、 $-0.061$ 。根据蒙特卡罗模拟方法规定,24 h气候趋势系数通过了 $\alpha=0.05$ 的显著性水平检验,减少趋势显著;48 h气候趋势系数没有通过显著性水平检验,减少趋势不显著。全球气候变暖使得冷空气强度减弱和频次减少,这可能是强降温次数减少的主要原因之一(王遵娅等,2006;姚永明等,2011)。运用方差分析强降温年次数时间序列的周期发现,24和48 h年强降温次数的时间序列均存在4

~6 a的准周期变化,经F检验,均通过了 $\alpha=0.05$ 的显著性水平检验。运用累计距平法对强降温次数进行突变分析,24和48 h强降温次数转折年份分别在1983和1981年,均没有发生突变现象。

河西走廊东部24 h多年平均强降温次数2.6次,最多4.8次(1971年),次多4.4次(1963和1998年);最少0.4次(2007年),次少1.0次(1985和1987年)。48 h多年平均强降温次数2.7次,最多5.4次(1981年),次多4.8次(2010年);最少0.4次(1975年),次少0.6次(1985年)。

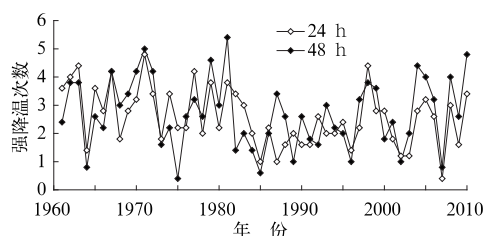


图3 1961—2010年河西走廊东部年平均强降温次数的年际变化

Fig. 3 Annual variation of strong cooling times in eastern Hexi Corridor during 1961—2010

### 2.2.3 强降温月际变化

在月际分布上,24、48 h 强降温次数均为 4 月最多,其次为 3 月,7—8 月无强降温出现,6 月只有个别年出现了强降温,9 月强降温相对较少(表 2)。其中,24 h 强降温次数 4 月占总次数的 17.1%;3 月占 13.2%;1—5 月共占 64.4%;9—12 月共占

34.2%;6 月只占 1.4%。48 h 强降温次数 4 月占总次数的 18.5%;3 月占 11.8%;1—5 月共占 59.4%;9—12 月共占 39.6%;6 月只占 1.0%。由以上分析可知,强降温主要出现在春、秋、冬三个季节,春季最多,冬季次之。

表 2 1961—2010 年河西走廊东部月强降温次数(单位:次)

Table 2 Monthly strong cooling times in eastern Hexi Corridor during 1961—2010

时段	1月	2月	3月	4月	5月	6月	9月	10月	11月	12月
24 h	15	14	17	22	15	2	6	13	12	12
48 h	13	14	16	25	12	1	8	14	17	14

### 2.3 河西走廊东部强降温强度特征

河西走廊东部各强度强降温次数变率很大(表 3),其中,24 h 一般性强降温次数占强降温总次

数的 76.1%,较强降温占 18.3%,特强降温占 5.6%;48 h 一般性的强降温次数占强降温总次数的 64.4%,较强降温占 24.5%,特强降温占 11.1%。由此可见,随着降温强度的增大,强降温次数迅速减少。

表 3 1961—2010 年河西走廊东部各强度强降温次数

Table 3 Each intensity strong cooling times in eastern Hexi Corridor during 1961—2010

时段	24 h			48 h		
	一般强降温 ( $8 \leq \Delta T < 10$ )	较强降温 ( $10 \leq \Delta T < 12$ )	特强降温 ( $\Delta T \geq 12$ )	一般强降温 ( $10 \leq \Delta T < 12$ )	较强降温 ( $12 \leq \Delta T < 14$ )	特强降温 ( $\Delta T \geq 14$ )
强降温/次	98.0	23.6	7.2	87.2	33.2	15.0

河西走廊东部 24 h 强降温强度逐年呈较弱减弱趋势(图 4),20 世纪 60—70 年代降温强度较强,较强降温年份有 1961、1962、1963、1967、1972、1979 和 1980 年;80 年代降温强度总体较小,较强降温年份只有 1986 年;90 年代到 21 世纪 10 年代降温强度有所增强,较强年份有 1993、1995、1997、1999、2001、2004、2008 和 2010 年;特强降温年份总共只有 1970、1971 和 1998 年。48 h 强降温强度逐年呈较弱增强趋势(图 4),20 世纪 60—70 年代较强降温年份较多,有 1963、1968、1969、1970、1976、1978、1979 和 1980 年;80 年代降温强度总体较小,较强降温年份只有 1983、1986 和 1987 年;90 年代到 21 世纪 10 年代降温强度有所增强,较强的年份有 1991、1992、1993、1995、1997、2005、2008、2009 和 2010 年;特强降温年份总共有 1962、1971、1981、1994、1998、1999、2004 和 2006 年。

河西走廊东部 24 h 降温最强 12.9℃(1998 年),次强 12.4℃(1971 年);最弱 7.8℃(2007 年),次弱 7.9℃(2003 年)。48 h 降温最强 15.4℃(1981 年),次强 15.2℃(2004 年);最弱 9.5℃(1975 年),次弱 9.7℃(1985 年)。

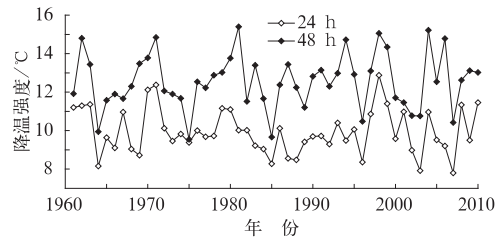


图 4 1961—2010 年河西走廊东部强降温强度年际变化

Fig. 4 Annual variation of strong cooling intensity in eastern Hexi Corridor during 1961—2010

### 2.4 河西走廊东部强降温环流形势特征

本文选取 1991—2010 年发生在河西走廊东部的强降温个例,24 h 共 45 例,48 h 共 53 例,利用 1991—2010 年逐日 ECMWF 500 hPa 数值预报格点场资料,对 500 hPa 环流形势进行天气分型,归纳出河西走廊东部强降温天气发生的典型环流形势主要为两大类:西北气流型(西北路径)和偏北气流型(北方路径)。环流形势分型的确定是以研究区域甘肃河西走廊东部为基准,如果南下的冷空气(气流)

在甘肃河西走廊东部西北方,为西北气流型;如果南下的冷空气(气流)在甘肃河西走廊东部北方,为偏北气流型。

2.4.1 西北气流型(24 h 27 例,占 59.0%;48 h 30 例,占 56.8%)

高空 500 hPa 图上,乌拉尔山附近为高压脊或阻塞高压,高压脊前新疆一带(35°~45°N、75°~95°E)有一明显的低压槽,变高配置为西北—东南向,正负变高差较大,有较强冷温槽伴随,冷中心强度在-45℃左右,且温度槽落后于高度槽,新疆至河西走廊东部的温差较大,温差 ΔT 可达-15℃,冷空气在新疆天山一带堆积达到一定程度,当乌拉尔山附近的阻塞高压崩溃,高压脊前强西北气流引导冷空气翻越天山,冷空气东移南下影响河西走廊东部,24 或 48 h 内河西走廊东部将出现强降温天气(图 5)。配合地面有较强的冷高压和强冷锋东移,中心强度可达到 1050.0 hPa,锋面为东北—西南走向,地面冷高压在强冷平流的推进下东移南压,促进了强降温的爆发,一般都伴有大风和较强的降水。

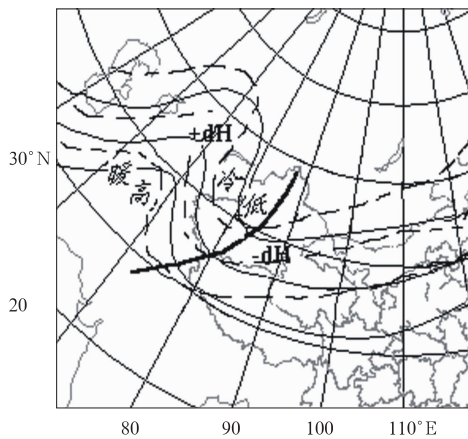


图 5 河西走廊东部强降温西北气流型 500 hPa 高空典型形势场

(注:实线为高度场、虚线为温度场,下同)

Fig. 5 The typical situation of northwest airflow of strong cooling at 500 hPa in eastern Hexi Corridor

2.4.2 偏北气流型(24 h 18 例,占 41.0%;48 h 23 例,占 43.2%)

高空 500 hPa 图上,乌拉尔山东部为一东北斜伸的高压脊,脊前蒙古一带(40°~50°N、95°~115°E)有一明显的东—西向横槽,变高配置为南—北向,正负变高差大,且有较强冷温槽落后高度槽,冷中心强度在-50℃左右,蒙古至河西走廊东部的

温差大,温差 ΔT 可达-20℃,当冷空气在蒙古一带堆积达到一定程度,横槽快速转竖东移南下,在强劲的偏北气流引导下冷空气向南推进,24 或 48 h 内河西走廊东部将爆发强降温天气(图 6)。配合地面有明显的强冷高压中心,中心强度可达到 1060.0 hPa,且有近东—西向的冷锋,蒙古横槽诱发冷空气南压,使地面冷高压前沿气压梯度的不断加大,也加剧了强降温爆发南下的速度。并伴有大风、霜冻和强降水等剧烈的天气,这种形势产生降温幅度比西北气流型更大,伴随的风速和降水量级也偏大。

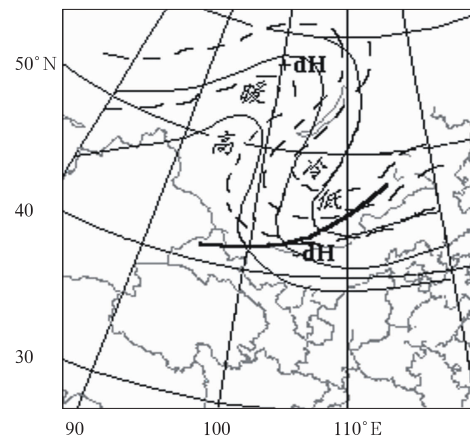


图 6 同图 5,但为偏北气流型

Fig. 6 Same as Fig. 5, but for northern airflow

2.5 河西走廊东部强降温次数与大气环流特征量的相关分析

造成强降温的主要原因是高空冷空气强度和移动路径(高玲等,2006;王丽等,2006)。牛若芸等(2009)、赵俊荣等(2010)在寒潮研究中指出,高空强冷平流是造成气温骤降的主要因素。气候尺度的冷空气活动为天气尺度强降温的发生提供了大尺度背景场,而天气尺度强降温是对气候尺度冷空气活动的响应。由 2.4 节分析可知,高空冷空气的强度和移动路径是影响河西走廊东部强降温的直接原因,为了定量地分析河西走廊东部强降温次数与高空冷空气强度和移动路径的关系,选取 74 个特征量中表征高空冷空气的强度和移动路径 3 个典型气候特征量:冷空气、亚洲经向环流指数(TM,60°~150°E)、欧亚经向环流指数(TM,0°~150°E)(赵振国,1999)。采用相关系数法分析了河西走廊东部月平均强降温次数和 3 个特征量的相关性(表 4)。

由表 4 可知,河西走廊东部 24、48 h 月强降温次数和 3 个特征量都表现为显著正相关,相关性均通过了 0.01 显著性水平检验,说明月冷空气次数、亚洲经向环流指数和欧亚经向环流指数是河西走廊东部强降温的大尺度环流背景。月冷空气次数、亚

洲经向环流指数和欧亚经向环流指数对该地强降温次数预测预报具有较好的指示效果,特别是前一月环流特征量对强降温次数气候预测指示意义更好。进一步说明高空冷空气的强度和移动路径是河西走廊东部强降温预测的强信号。

表 4 河西走廊东部月强降温次数与月环流特征量的相关系数  
Table 4 Correlation coefficients between monthly strong cooling times and monthly circulation characteristics in eastern Hexi Corridor

环流特征量	当月冷空气	当月亚洲经向环流指数	当月欧亚经向环流指数	前一月冷空气	前一月亚洲经向环流指数	前一月欧亚经向环流指数
24 h	0.878***	0.746****	0.737***	0.690***	0.763****	0.756***
48 h	0.904***	0.762***	0.770***	0.659***	0.683***	0.686***

注:上标\*\*\*表示通过了 0.01 的显著性水平检验。

### 3 结 论

(1) 受地形地貌、地表植被及山脉阻挡的影响,河西走廊东部强降温的地域分布存在明显差异,24 h 强降温次数为沙漠区多于山区多于平原区,48 h 强降温次数为山区多于沙漠区多于平原区。强降温有明显的区域性特征,随着强降温站次的增多,强降温次数在减少,24 h 减小速度比 48 h 更大。

(2) 河西走廊东部 24 h 强降温次数年代际变化为 20 世纪 60—70 年代较多,80 年代到 21 世纪 10 年代减少;48 h 强降温 20 世纪 60—70 年代较多,80—90 年代减少,21 世纪 10 年代增多。24、48 h 年强降温次数总体呈减少趋势,气候趋势系数通过了  $\alpha=0.05$  的显著性水平检验;48 h 气候趋势系数没有通过显著性水平检验。24 和 48 h 年强降温次数时间序列均存在 4~6 a 的准周期变化,无突变现象;24 和 48 h 强降温主要发生在 1—5 和 9—12 月,强降温次数均为 4 月最多,3 月次之。

(3) 河西走廊东部各强度强降温次数的变率较大,随着降温强度的增大,强降温次数迅速减少,24 h 降温强度呈弱减小趋势,48 h 降温强度呈弱增强趋势。

(4) 河西走廊东部强降温天气发生的典型环流形势为西北气流型和偏北气流型 2 类,西北气流型冷空气移动路径由西北向东南,出现强降温的次数较多,造成的降温幅度和伴随的天气现象相对较弱;偏北气流型冷空气移动路径由北向南,出现强降温的次数相对较少,造成的降温幅度和伴随的天气现象要比西北气流型强烈。

(5) 河西走廊东部月降温次数与表征高空冷空气强度和冷空气移动路径的大气环流特征量表现为显著正相关,说明河西走廊东部强降温次数与高空冷空气强度和冷空气移动路径的关系密切,高空冷空气的强度和移动路径是强降温预测的强信号。

### 参考文献

- 白肇焯,许国昌,孙学筠,等.1988.中国西北天气.北京:气象出版社,373-384.
- 陈豫英,陈楠,邵建,等.2009.2008 年 12 月两次寒潮天气对比分析.气象,35(11):29-38.
- 杜军,李春,廖健,等.2007.近 45 年拉萨浅层地温对气候变化的响应.气象,33(10):61-67.
- 高凤荣,王锡稳,冀兰芝,等.1996.西北区东部寒潮天气短期预报.甘肃气象,14(3):1-5.
- 高玲,王永清,梁凤娟,等.2006.河套地区一次寒潮天气的环流背景及成因.内蒙古气象,(4):21-23.
- 康志明,金荣花,鲍媛媛.2010.1951—2006 年期间我国寒潮活动特征分析.高原气象,29(2):420-428.
- 李江波,李根娥,裴雨杰,等.2009.一次春季强寒潮的降水相态变化分析.气象,35(7):87-94.
- 李岩瑛,王汝忠,齐高先,等.2004.武威市寒潮天气气候分析及预报.干旱气象,22(1):49-52.
- 罗晓玲,郭良才,兰晓波.2006.河西走廊春季强冻害成因及防御对策.新疆气象,29(3):20-21.
- 罗晓玲,刘明春,严志明.2012.2011 年 3 月 12—14 日河西走廊东部区域性寒潮天气分析.安徽农业科学,40(9):5571-5574.
- 马玉芬,张广兴,杨莲梅.2012.天山地形对新疆大风和降温天气作用的数值模拟研究.干旱区资源与环境,26(5):113-116.
- 牛若芸,乔林,陈涛,等.2009.2008 年 12 月 2—6 日寒潮天气过程分析.气象,35(12):74-82.
- 朴春兰.2005.寒潮特征和短期预报方法.黑龙江气象,(2):4-6.
- 钱莉,杨晓玲,丁文魁.2005.一次区域性冻害天气的成因分析.干旱气象,6(23):39-43.

- 施能,陈家其,屠其璞. 1995. 中国近100年来4个年代际的气候变化特征. 气象学报, 53(4):431-439.
- 施能,马丽,袁晓玉,等. 2001. 近50a浙江省气候变化特征分析. 南京气象学院学报, 24(2):207-213.
- 司东,李清泉,柳艳菊,等. 2014. 2013/2014年东亚冬季风异常偏弱的可能成因. 气象, 40(7):891-897.
- 王丽,韦惠红,金琪,等. 2006. 湖北省一次罕见寒潮天气过程气温陡降分析. 气象, 32(9):71-76.
- 王颖,王晓云,汪志红,等. 2013. 中国低温雨雪冰冻灾害危险性评估与区划. 气象, 39(5):585-591.
- 王遵娅,丁一汇. 2006. 近53年中国寒潮的变化特征及其可能原因. 大气科学, 30(6):1068-1076.
- 王遵娅,张强,陈峪,等. 2008. 2008年初我国强降温雨雪冰冻灾害的气候特征. 气候变化研究进展, 4(2):63-67.
- 魏凤英. 2007. 现代气候统计诊断与预测技术(第二版). 北京:气象出版社, 37-41.
- 伍东亮,蒋运志,夏小曼. 2008. 2008年初我国南方强降温雨雪冰冻灾害的回顾与反思. 农技服务, 25(10):159-160.
- 许爱华,乔林,詹丰兴,等. 2006. 2005年3月一次寒潮天气过程的诊断分析. 气象, 32(3):49-55.
- 姚永明,姚雷,邓伟涛. 2011. 长江中下游地区类寒潮发生频次的变化特征分析. 气象, 37(3):339-344.
- 赵俊荣,郭金强,田惠萍. 2010. 2008年4月天山北坡一次强寒潮天气成因分析. 气象与环境科学, 33(1):12-14.
- 赵振国. 1999. 中国夏季旱涝及环境场. 北京:气象出版社, 297.
- 周鸣盛,张延. 1997. 一次雪面降温引起的异常寒冷天气分析. 气象学报, 5(2):219-228.
- 周石清,陈建江,耿峻岭. 2001. 单因子方差分析法对三屯河年均流量序列的周期分析. 新疆水利, 122(3):25-29.
- 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等. 2007. 天气学原理和方法. 北京:气象出版社, 266-296.
- Livezey R E, Chen W Y. 1983. Statistical field significance and its determination by Monte Carlo techniques. Mon Wea Rev, 111(1):46-59.