

河西走廊东部积雪的时空演变特征分析

李玲萍^{1,2}, 刘明春²

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 中国气象局干旱气候变化与减灾重点开放实验室, 甘肃兰州 730020; 2. 甘肃省武威市气象局, 甘肃武威 733000)

摘要: 利用河西走廊东部5个气象站1961—2007年近47 a的逐月积雪深度和积雪日数的常规观测资料, 分析河西走廊东部最大积雪深度和积雪日数、季节和年的空间分布以及时间变化特征。结果表明: 受海拔高度、地理位置以及天气系统等影响, 河西走廊东部积雪日数、最大平均积雪深度和极端最大积雪深度的分布从东南向西北递减, 高海拔地区多于低海拔区, 山区多于平原区。时间变化上, 积雪日数47 a来呈平稳变化趋势, 震荡减少, 变率很小, 积雪深度呈增加趋势; 河西走廊东部积雪日数最多出现在1月, 最少出现在9月, 积雪深度最大出现在3月, 最小出现在12月; 积雪日数冬季最大, 春季次之, 秋季最小; 积雪深度春季最大, 秋季次之, 冬季最小; 相关系数法分析表明, 积雪日数和积雪深度都是冬季的变化主导了年尺度的变化; 河西走廊东部积雪日数1990s中期以前以6~7 a、9~10 a和2~3 a的周期为主, 1990s中期以后周期主要表现为6~7 a和2~3 a; 积雪深度1970s中期以前以6~7 a和2~3 a周期为主, 1970s中期~1990s中期9~10 a、12~13 a和2~3 a反应明显, 1990s中期以后周期又表现为6~7 a和2~3 a。

关键词: 河西走廊东部; 积雪日数; 积雪深度; 演变特征

中图分类号: S161.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2012)02-0255-09

积雪以高反射率、高相变潜热和低热传导等属性控制着地表能量平衡, 对气候变化有着重要的影响, 其对气候环境变化十分敏感, 特别是季节性积雪, 在干旱区和寒冷区既是最活跃的环境影响因素, 也是最敏感的环境变化响应因子^[1]。近年来各国气象学者已从不同的角度对不同地域的积雪作了大量研究。Frei等认为20世纪30年代至1980年左右, 北美洲的冬季积雪一直呈增加趋势, 80年代往后呈减少趋势^[2], Leathers等对美国东北部的积雪研究表明, 该地区的积雪没有长期的变化趋势, 但存在明显的时空差异^[3]。在中国, 对积雪的研究同样已作了不少的工作, 研究从北半球到大范围欧亚的积雪, 再到区域范围的青藏高原、天山的积雪特征及其影响^[4-16]。

河西走廊东部地处青藏高原北坡, 南靠祁连山脉, 北邻腾格里和巴丹吉林两大沙漠, 东接黄土高原西缘, 海拔高度在1 300~3 100 m之间, 地势南高北低, 地形地貌极为复杂, 是季风性气候与大陆性气候, 高原气候与沙漠气候的交汇之处, 是一较典型的气候过渡带。由于深居内陆, 远离海洋, 加上境内地形和海拔高度的影响, 长期高温干旱, 降水稀少, 而且分布不均, 是典型的干旱和半干旱地区, 地表水资

源匮乏, 但季节性积雪水资源丰富, 位于河西走廊东部的绿洲是靠石羊河流域水库的灌溉而得以维持, 因而河西走廊东部的积雪对石羊河流域水库蓄水以及对农牧业生产以及人民生活活动有着极其重要的影响作用。关于祁连山的积雪, 陈乾等^[17-19]曾利用气象卫星资料开展过一系列反演工作, 指出积雪深度的年内变化基本呈双峰型, 峰值出现在11月和5月; 郭妮等利用NOAA的1989和1998年两年的AVHRR资料对比分析, 得到十年来祁连山区的积雪变化^[20]; 张杰等利用1997—2004年5—8月的AVHRR和MODIS资料得到祁连山区积雪面积和雪线高度的变化, 得到祁连山夏季积雪的变化趋势^[21]; 蔡迪花等利用2000—2003年日资料经8 d合成的500 m分辨率MODIS卫星反演积雪资料和数字高程模型, 分析了祁连山区的积雪的时空变化特征; 王金叶等^[22]以祁连山西水林区排露沟流域为代表研究祁连山林区春天积雪分布规律。在近二十几年来气候显著变暖的背景下, 积雪又发生怎样的变化, 值得进一步研究。这将有助于从积雪的角度来了解河西走廊东部水资源的长期变化和未来的趋势, 对河西走廊干旱区来说有重要的现实意义。因此本文利用1961—2007年河西走廊东部的常规观测资料,

收稿日期: 2011-10-18

基金项目: 甘肃省气象局第五批“十人计划”

作者简介: 李玲萍(1977—), 女, 甘肃定西人, 学士学位, 工程师, 主要从事天气预报和研究工作。E-mail: wwqxjllp@163.com。

着重分析了河西走廊东部积雪深度和积雪日数的时空变化,有助于提高融雪径流预报的精度,了解祁连山固体水资源的变化趋势,从而合理开发、调配和利用祁连山积雪水资源,为抗旱形势做出的分析和决策提供依据。

1 资料与处理方法

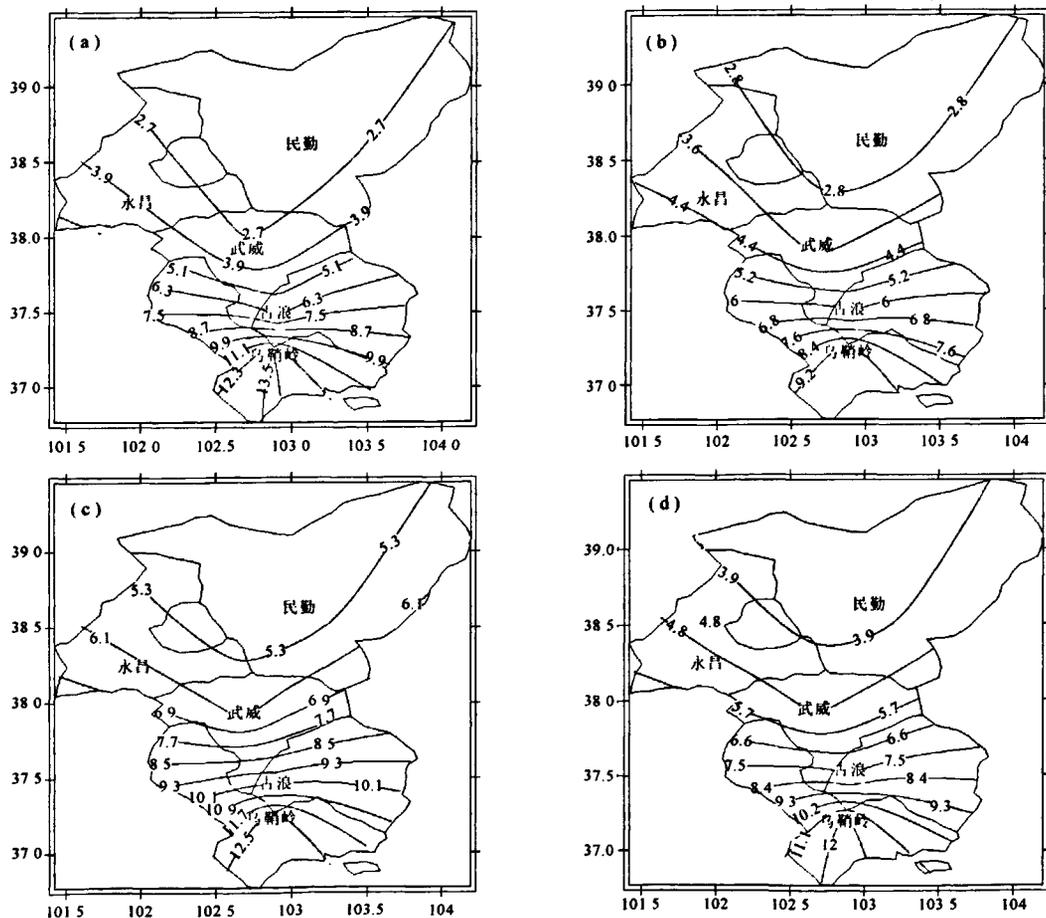
选取河西走廊东部的 5 个气象站 1961—2007 年 47 年的最大积雪深度和积雪日数,统计了各个月、季节和年的积雪日数、极端最大和最大平均积雪深度。求其月、季节、年、年代平均值,并求其季年、年代距平值,分析其年和各季的空间分布特征以及月、季、年和年代的时间变化特征,然后采用最小二乘法估计对近 47 年河西走廊东部积雪日数和积雪深度的变化趋势进行线性倾向分析,并采用累计距平法进行检验和突变分析,最后用 Morlet 小波分析^[23]不同时段变化周期。考虑到北半球的降雪一般始于秋冬季,结束于春季,而大范围的融雪一般在

冬春季,因此文中的季节只涉及春季(3—5月)、秋季(9—11月)、冬季(12—次年2月),年平均积雪深度和积雪日数是对春秋三季的平均。

2 河西走廊东部积雪的空间分布特征

2.1 积雪日数的空间分布特征

由河西走廊东部积雪日数的空间分布图可见(图1),河西走廊东部年、春季、秋季、冬季积雪日数的分布特征相同,从东南向西北递减,乌鞘岭最多,其次是古浪,民勤最少。河西走廊东部积雪日数的空间分布和海拔高度有很好的相关性,表现为高海拔的积雪日数多于低海拔的积雪日数,随海拔升高积雪日数增多;其次因为其独特的地形地貌,西段主要受西风带环流系统影响,大气携带的水汽相对较少,东南部山区位于祁连山东北侧,西南暖湿气流活动频繁,大气携带的水汽相对较多,使得东南段降雪多于西北段。



(a)春季 Spring (b)秋季 Autumn (c)冬季 Winter (d)年 Year

图 1 河西走廊东部积雪日数空间分布

Fig.1 Spatial distribution of days with snow covering in east of Hexi Corridor

2.2 最大平均积雪深度的空间分布特征

从年和各季的最大平均积雪深度的分布特征看(图 2),春季最大平均积雪深度的分布和一年三季积雪日数分布相似,乌鞘岭最大,古浪次之,乌鞘岭和古浪相差很小,民勤最小;秋、冬季和年的最大平均积雪深度古浪最大、乌鞘岭次之,民勤最小。可以

看出最大平均积雪深度的分布特征总体上也是从东南向西北递减,究其原因也和海拔高度、地理位置以及影响系统有关。古浪的最大平均积雪深度最大是因为古浪为峡谷地形,地形抬升和局地辐合作用较强,降雪强度较强,降雪量是影响积雪的主要因子,降雪量大的地方,积雪深度就大。

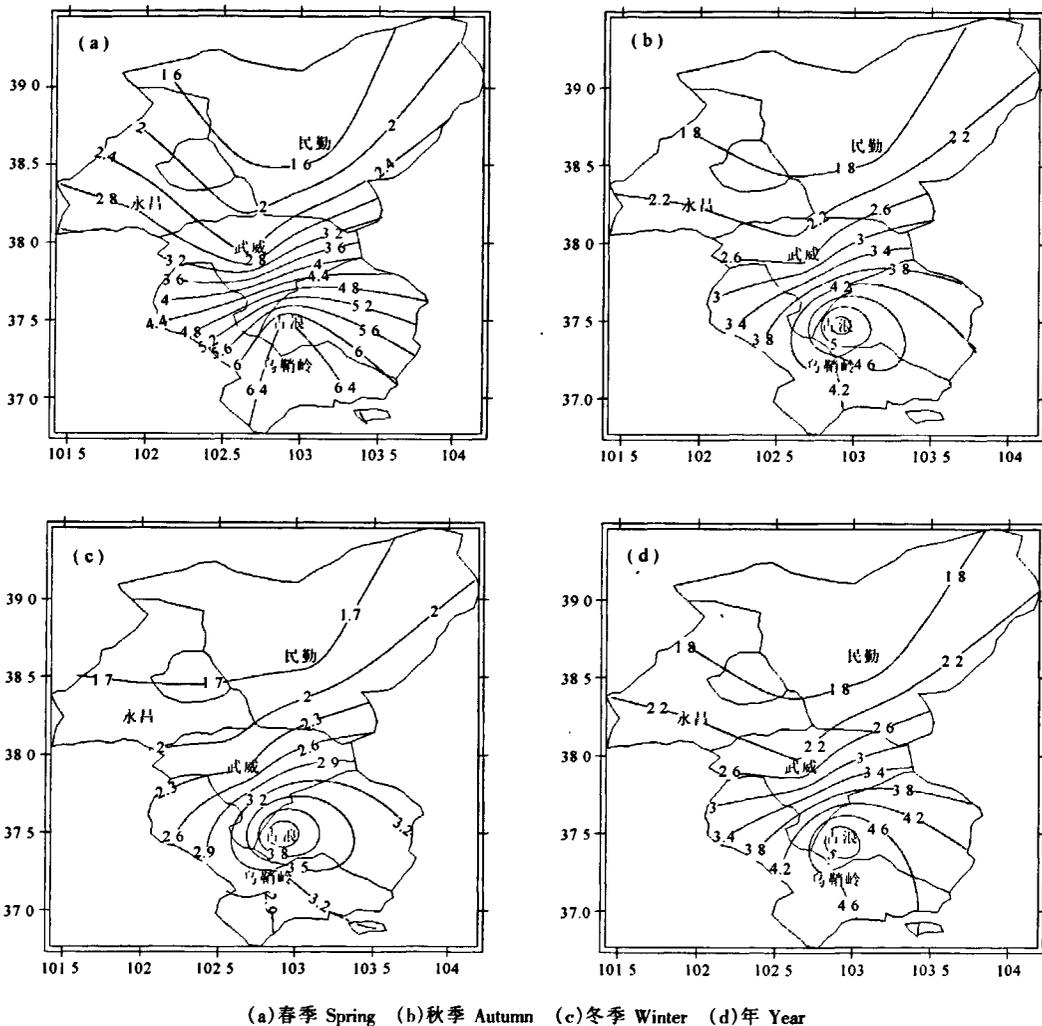


图 2 河西走廊东部最大平均积雪深度空间分布

Fig.2 Spatial distribution of average depths of snow covering in east of Hexi Corridor

2.3 极端最大积雪深度的空间分布特征

春季(图 3a)极端最大积雪深度的高值中心在乌鞘岭,为 36 cm,低值中心在民勤,为 6 cm。可以看出受海拔、地理位置以及天气系统的影响,河西走廊东部极端最大积雪深度总体分布特征是从东南向西北减小,因为海拔低,降雪容易融化,年极端最大积雪深度较小。乌鞘岭最高海拔在 3 000 m 以上,降雪很难融化,同时受频繁西南暖湿气流携带较多的水汽影响,南部降雪量较北部多,年极端最大积雪深度较大;而北部平原区海拔高度较低,气温较高,降雪容易融化,北部平原区受西风带环流系统携带

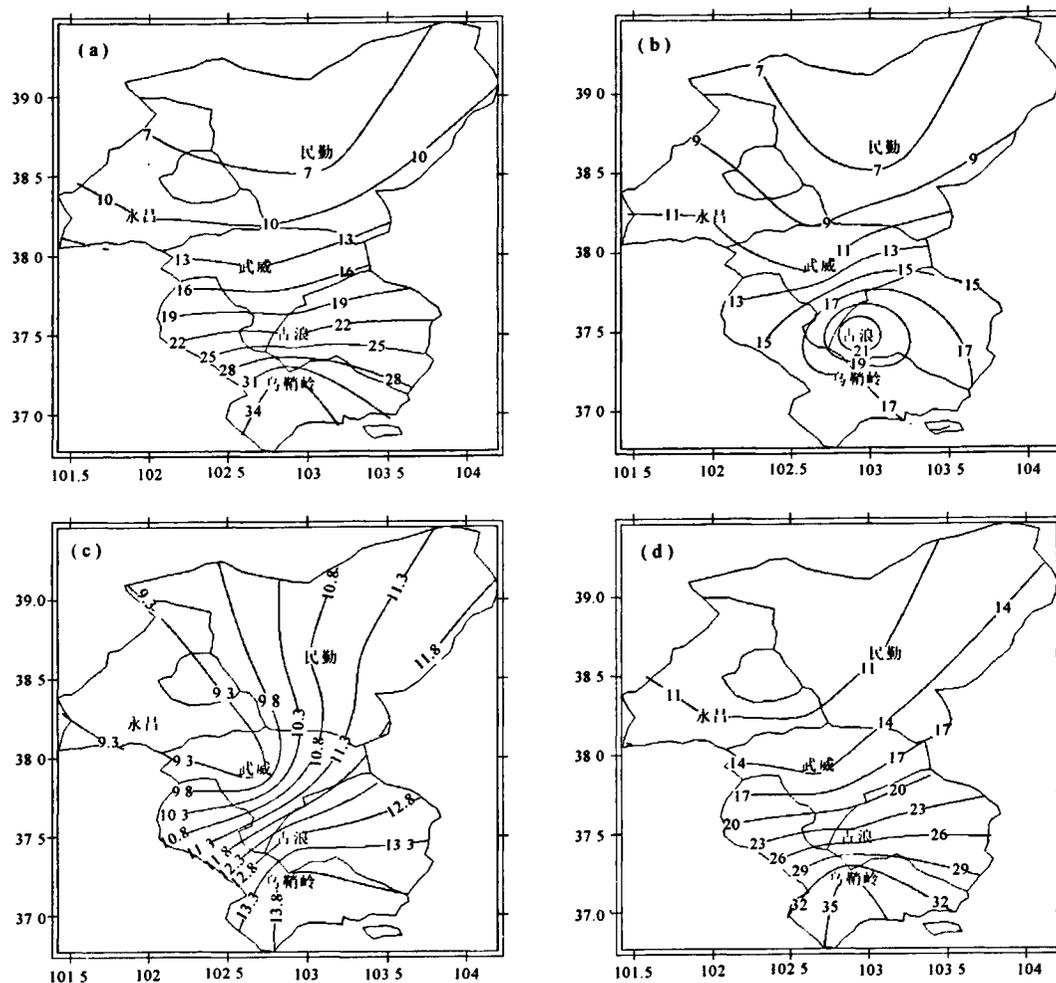
较少的水汽影响,降雪量小,地面积雪少,年极端最大积雪深度也小。

秋季(图 3b)极端最大积雪深度的高值中心在古浪,为 24 cm,低值中心在民勤,为 6 cm。原因同最大平均积雪深度的高值中心在古浪一致。

冬季(图 3c)极端最大积雪深度的高值在乌鞘岭,为 14 cm,低值中心在武威和永昌,都为 9 cm。高值中心出现在乌鞘岭的原因和春季一致。低值中心为什么没出现在民勤,而出现在海拔比民勤高的武威和永昌,原因是秋季北部民勤靠近沙漠,植被覆盖度低,辐射降温强,极端气温较低,积雪不易融化。

年(图3d)极端最大积雪深度的高值中心在乌鞘岭,为36 cm,低值中心在民勤和永昌,为11 cm。

年极端最大积雪深度的分布特征和春季极端最大积雪深度的分布特征和原因基本一致。



(a)春季 Spring (b)秋季 Autumn (c)冬季 Winter (d)年 Year

图3 河西走廊东部极端最大积雪深度空间分布

Fig.3 Spatial distribution of extreme depths of snow covering in east of Hexi Corridor

3 河西走廊东部积雪的时间变化特征

3.1 积雪的年内变化特征

从河西走廊东部积雪日数和积雪深度的年内分布图可以看出(图4):河西走廊东部积雪日数,最多出现在1月,积雪日数最少出现在9月,呈现这种特征的原因主要和降雪日数、气温有关,冬季降雪日数最多,其中冬季1月份气温最低,降雪不易融化;秋季9月气温较高,降水主要以降雨为主,降雪很少,同时前年冬季和当年春季积雪经过夏季高温的融化,积雪日数减少。河西走廊东部积雪深度的月际分布与积雪日数不同,最大出现在3月,最小出现在12月。这是因为积雪深度是一个积累的过程,经过冬季积雪的积累加上春季较大的雨加雪天气,地面积雪厚度最大,12月气温较低,降水主要以纯雪天

气为主,量级较小,因此12月积雪深度最小。

从季节平均上看,积雪日数冬季最大,为8 d,春季次之,为6 d,分别占年积雪日数的41.3%,31.0%,秋季积雪日数最小,为5 d,占年积雪日数的27.7%。对春、秋、冬季积雪日数与年积雪日数进行相关分析,相关系数分别为0.27、0.48和0.93,其中秋、冬季通过99%信度检验,说明在积雪日数的年际变化中,冬季积雪日数对年积雪日数的影响最大,春季积雪日数对年积雪日数变化贡献最小。因为积雪通常自秋季开始积累,到冬季达到最大,春季开始融化。

积雪深度和积雪日数的季节变化不一致,积雪深度春季最大,为4.2 cm,秋季次之,为3.4 cm,分别占年积雪深度的40.9%,33.2%,冬季最小,为2.6 cm,占年积雪深度的25.9%。春、秋、冬季积雪深度

与年积雪深度相关系数分别为 0.36、0.51 和 0.76, 其中秋、冬季通过 99% 信度检验, 春季通过 95% 信度检验, 结论和积雪日数基本一致, 冬季积雪深度对年积雪深度的影响最大, 春季的贡献最小。

造成季节分布特点的原因是因为春季虽然是降雪量最大的季节, 但是春季气温较高, 积雪日数因气

温上升而减少, 秋季降雪日数少, 积雪日数自秋季开始积累, 到冬季达到最大, 春季开始融化。而积雪深度是一个积累的过程, 经过前一年冬季积雪的积累加上春季较大的雨加雪天气, 春季地面积雪厚度最大, 冬季降水主要以纯雪天气为主, 量级较小。

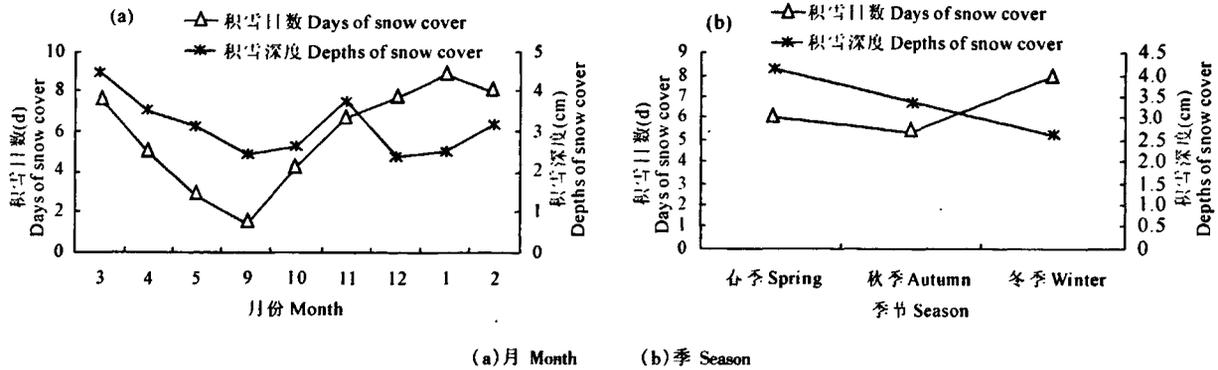


图 4 河西走廊东部积雪的年内变化

Fig.4 Monthly and seasonal changes of snow covering in east of Hexi Corridor

表 1 河西走廊东部逐月、季积雪占年积雪的比例

Table 1 The days and depth of snow covering in east of Hexi Corridor in different months and seasons

项目 Item	月份 Month									季节 Season		
	3	4	5	9	10	11	12	1	2	春季 Spring	秋季 Autumn	冬季 Winter
积雪日数 (d) Days of snow covering	14.7	9.4	5.3	2.8	8.0	12.7	14.6	17.0	15.3	31.0	27.7	41.3
积雪深度 (cm) Depth of snow covering	16.0	12.5	11.2	8.6	9.4	13.6	8.4	8.9	11.4	40.9	33.2	25.9

表 2 河西走廊东部不同季节积雪距平值

Table 2 The anomaly value of snow covering in east of Hexi Corridor in different seasons

项目 Item	春 Spring					秋 Autumn				
	60 年代 1960s	70 年代 1970s	80 年代 1980s	90 年代 1990s	01—07 年 2001—2007	60 年代 1960s	70 年代 1970s	80 年代 1980s	90 年代 1990s	01—07 年 2001—2007
积雪日数 (d) Days of snow covering	-0.09	-0.36	0.35	-0.10	0.28	0.53	0.06	-0.15	-0.86	0.59
积雪深度 (cm) Depth of snow covering	0.02	-0.50	0.50	0.14	-0.20	-0.13	0.50	0.47	-0.77	-0.09

项目 Item	冬 Winter					年 Year				
	60 年代 1960s	70 年代 1970s	80 年代 1980s	90 年代 1990s	01—07 年 2001—2007	60 年代 1960s	70 年代 1970s	80 年代 1980s	90 年代 1990s	01—07 年 2001—2007
积雪日数 (d) Days of snow covering	-0.34	1.01	-0.50	-1.48	1.86	-0.02	0.35	-0.10	-1.01	1.12
积雪深度 (cm) Depth of snow covering	-0.30	-0.06	-0.21	0.16	0.59	-0.14	-0.07	0.23	-0.08	0.09

3.2 积雪的年际变化特征

3.2.1 积雪日数的年际变化特征 用线性拟合统计了 47 a 来河西走廊东部积雪日数的变化趋势(图略), 结果显示年积雪日数 47 a 来略呈减少趋势, 变率很小, 线性拟和减少率为 0.004 d/(10a); 秋、冬季

积雪日数线性拟和减少率为分别为 0.14 d/(10a)、0.04 d/(10a); 春季积雪日数略呈增加趋势, 倾向率为 0.10 d/(10a)。通过分析说明河西走廊东部积雪日数整体变化较为稳定, 变率很小。

47 a 来河西走廊东部积雪日数年代际变化(表

2)表现为:60、70、80年代年积雪日数在平均值上下波动,振幅很小,其中60、80年代积雪日数少于平均值,70年代大于平均值,90年代和2001—2007年变幅较大,90年代小于平均值1 d,2001—2007年大于平均值1 d;春季积雪日数变化较稳定,都在平均值上下波动,60、70和90年代为负距平,80年代和2001—2007年为正距平;秋季积雪日数变化也比较稳定,80和90年代为负距平,60、70年代和2001—2007年为正距平;冬季积雪日数变化幅度较大,60、80和90年代为负距平,90年代积雪日数大于平均值1 d,70年代和2001—2007年为正距平,都大于1 d,其中2001—2007年正距平最大,达到2 d。

1961—2007年河西走廊东部积雪日数累计距平时间序列(图5)也表明,河西走廊东部积雪日数在年和各季节的变化表现为:整体变化较为稳定,其年际变化幅度和各时期的增减幅度不完全一致。春季(图5a),1977年之前是振荡下降趋势,1977年开始出现到1998年之间是平稳的上升趋势,1998年到2006年又出现振荡下降趋势;秋季(图5b)积雪日数表现为1981年之前为上升趋势,之后到2001年呈减少趋势,1989年开始减少明显,2001年开始呈增加趋势;冬季积雪日数(图5c)出现先增后减的趋势,1982年之前是稳定的上升趋势,1982年开始呈持续下降趋势;年积雪日数(图5d)和冬季积雪日数的变化相似,也出现先增后减的趋势,1982年是一转折点,之前是稳定的上升趋势,之后是持续下降趋势。

由于小波分析对信号处理的特殊优势,近几十

年来许多气象学家都将其用于气象和气候序列的时频结构分析中,并取得了许多可喜的研究成果^[24-25]。为了研究河西走廊东部1961—2007年积雪日数的周期变化特征,以下分别对河西走廊东部春、秋、冬季和年积雪日数分别进行Morlet小波周期分析。如图6所示,春季(图6a)河西走廊东部积雪日数1980s中期之前以6~7 a、9~10 a和2~3 a的短周期为主,1980s中期之后以6~7 a周期为主。1977年之前为少雪,1977—1998年为多雪,突变分别发生在1977年和1998年,和图5a结果类似;秋季(图6b)河西走廊东部积雪日数在1961—2007间主要以2~3 a短周期为主,1970s中期之前还存在6~7 a的周期,1975—1995年还存在9~13 a长周期,1995年之后存在6~7 a周期,其中2003—2006年还存在9~10 a长周期。1975年之前为少雪日,1975—1981年为多雪日,1981—2001年为少雪日,2001年之后雪日又开始增加。同时在秋季2~3 a短周期也表现较明显;冬季(图6c)河西走廊东部积雪日数1995年前主要以6~7 a和9~10 a周期为主,2000年后存在6~7 a周期,在47年中2~3 a短周期表现也较明显。1982—2005年为明显的少雪日,1982年为一明显突变年;河西走廊东部年积雪日数(图6d)1995年前也主要以6~7 a和9~10 a周期为主,1995年后主要以6~7 a周期为主,47 a中也存在2~3 a短周期。1982—2005年为明显的少雪日,1982年为一明显突变年。所以河西走廊东部年积雪的周期和冬季积雪很相似。

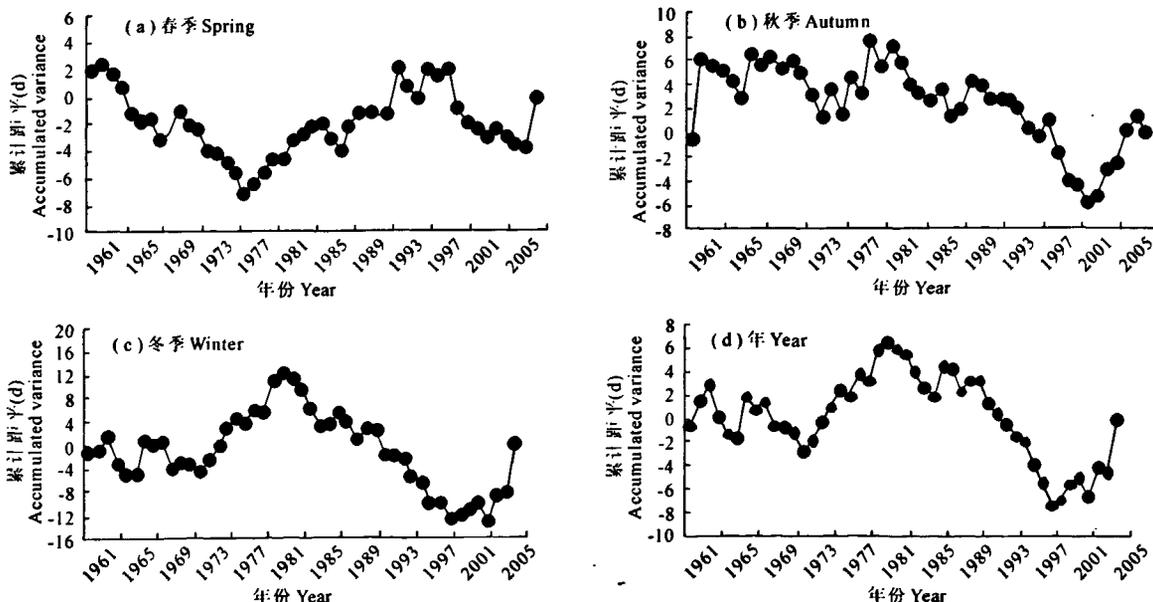
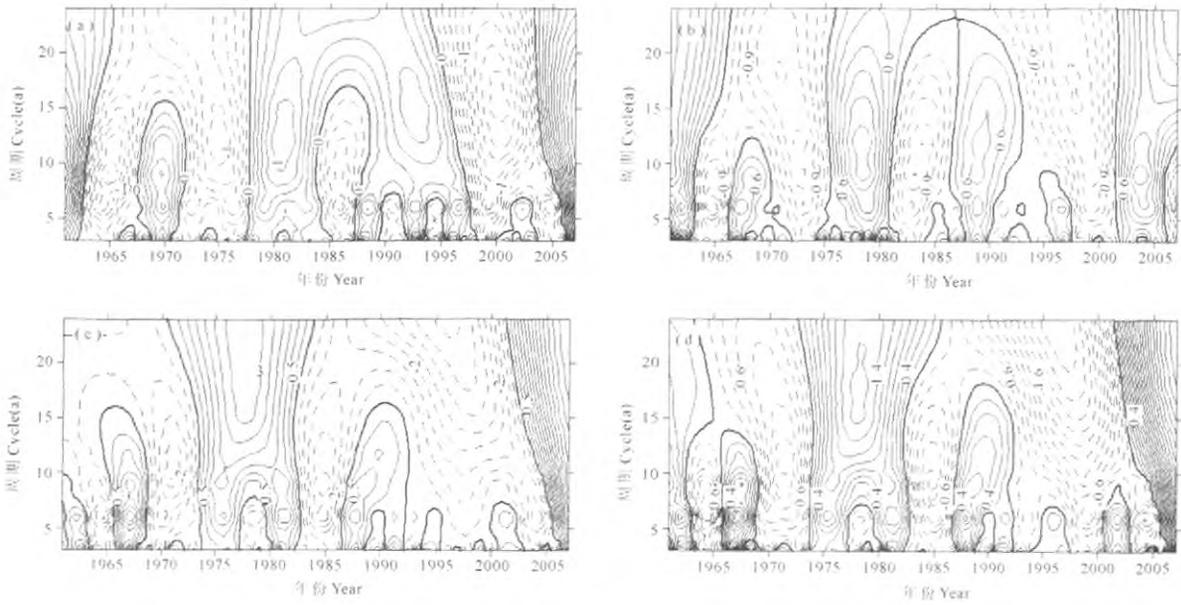


图 5 河西走廊东部积雪日数的累计距平曲线图

Fig.5 Anomaly curve of accumulated days of snow covering in east of Hexi Corridor



(a)春季 Spring (b)秋季 Autumn (c)冬季 Winter (d)年 Year

图 6 河西走廊东部积雪日数小波分析

Fig.6 Wavelet analysis of days of snow covering in east of Hexi Corridor

3.2.2 最大平均积雪深度的年际变化特征 用线性拟合统计了 47 a 来河西走廊东部积雪深度的变化趋势(图略),结果显示年、春季、冬季积雪深度 47 a 来都呈增加趋势,倾向率分别为 0.05 cm/(10a)、0.01 cm/(10a)、0.20 cm/(10a),冬季积雪深度变化幅度最大;秋季积雪深度呈减小趋势,倾向率为 0.09 cm/(10a)。因此对河西走廊东部积雪深度变化贡献最大的是冬季。

47 a 来河西走廊东部积雪深度年代际变化(表 2)表现为:年积雪深度 60、70 和 90 年代为负距平,60 年代负距平最大;80 年代和 2001—2007 年为正距平,80 年代正距平最大;春季积雪深度 70 年代和 2001—2007 年为负距平,70 年代负距平最大,60、80 和 90 年代为正距平,80 年代正距平最大;秋季积雪深度 60、90 年代和 2001—2007 年为负距平,90 年代负距平最大,70 和 80 年代为正距平,70 年代正距平最大;冬季积雪深度 60、70 和 80 年代为负距平,60 年代负距平最大,90 年代和 2001—2007 年为正距平,2001—2007 年正距平最大。

1961—2007 年河西走廊东部积雪深度累计距平时间序列(图 7)也表明,河西走廊东部年积雪深度和各季节积雪深度的年际变化幅度和各时期的增减幅度不完全一致。春季(图 7a),1977 年之前是振荡下降趋势,1977 年之后是震荡上升趋势;秋季(图 7b)积雪深度表现为 1976 年之前为振荡下降趋势,之后震荡上升趋势;冬季积雪深度(图 7c)平稳的震

荡下降趋势,2004 年开始呈上升趋势;年积雪深度(图 7d)和秋季积雪深度的变化相似,1976 年为一转折点,1976 年之前为振荡下降趋势,之后震荡上升趋势。

河西走廊东部 1961—2007 年积雪深度的周期变化特征如图 8 所示,春季(图 8a)河西走廊东部积雪深度 1965 年以前以 6~7 a 周期为主,1965—1980 年、2000—2005 年以 6~7 a、9~10 a 和 2~3 a 的短周期为主,1980—1985 年主要表现为 9~10 a 和 12~15 a 的长周期,1985—1995 年又表现为 6~7 a 和 2~3 a 的周期。1977 年为一突变点,之前为少雪期,1977—2007 年为震荡变化年;秋季(图 8b)河西走廊东部积雪深度在 1990s 之前 6~7 a 和 9~10 a 反映很明显,其中 1985—1990 年还存在 12~13 a 的长周期,1990s 之后 6~7 a 和 2~3 a 的周期反映较明显。1976 年之前为少雪期,1976—1990 年为明显的多雪期,1990—2000 年又为一明显的少雪期;冬季(图 8c)47 a 来,积雪深度主要以 6~7 a 和 2~3 a 周期为主,其中 1986—2001 年还存在 9~10 a 的周期。1982 年开始少雪期较明显,2004 年开始至今为增加趋势;河西走廊东部年积雪深度(图 8d)1975 年前也主要以 6~7 a 和 9~10 a 周期为主,1975—1995 年后主要以 9~10 a 和 12~13 a 周期为主,1995 年之后主要以 6~7 a 和 2~3 a 周期为主。47 a 中也存在 2~3 a 短周期。1976 年之前为少雪期,1972—1996 年为多雪期,1996—2006 年又表现为少雪期。

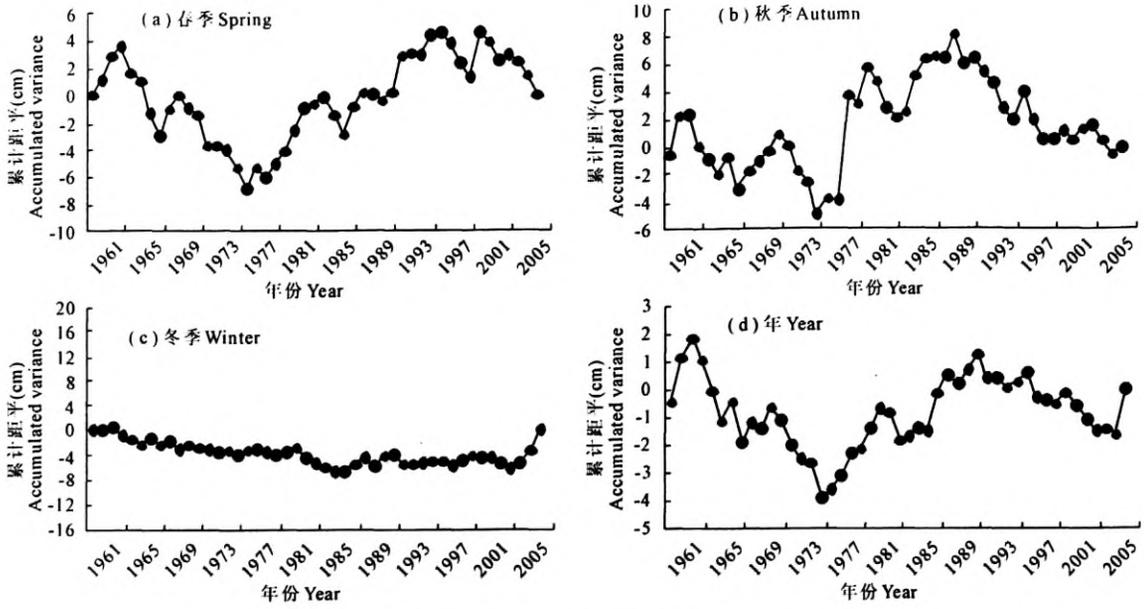
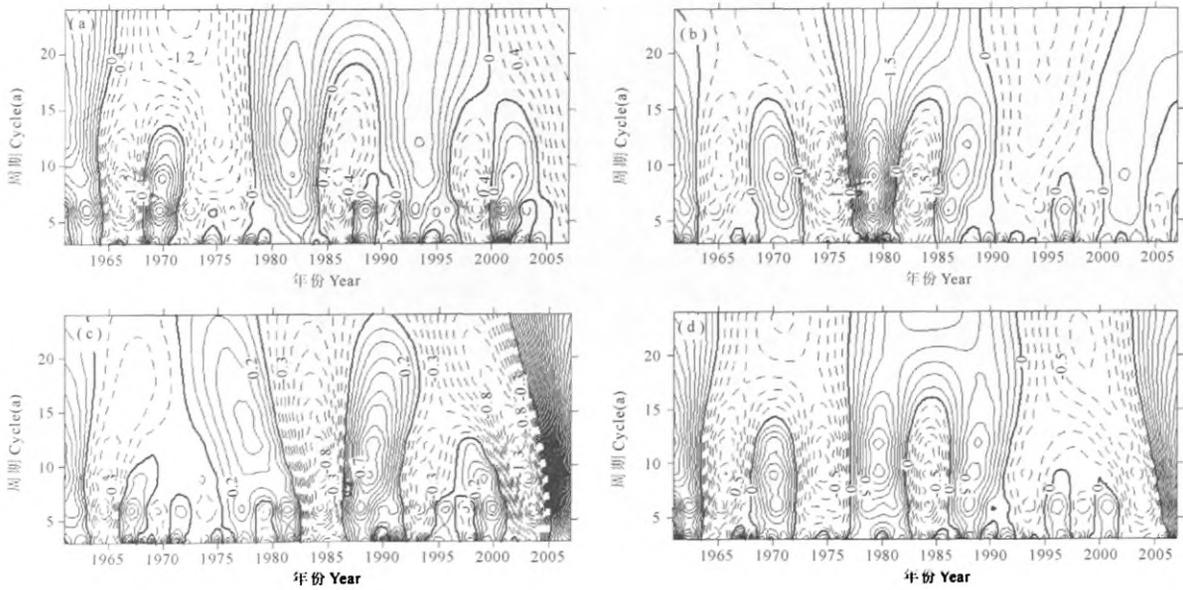


图 7 河西走廊东部积雪深度的累计距平曲线图

Fig.7 Anomaly curve of accumulated depth of snow covering in east of Hexi Corridor



(a)春季 Spring (b)秋季 Autumn (c)冬季 Winter (d)年 Year

图 8 河西走廊东部积雪深度小波分析

Fig.8 Wavelet analysis of depth of snow covering in east of Hexi Corridor

4 小结

1) 由于受海拔高度、地理位置以及影响系统的影响,河西走廊东部年积雪日数、最大平均积雪深度和极端最大积雪深度以及河西走廊东部积雪的季节分布特征都是从东南向西北递减,但最大中心有所不同。

2) 河西走廊东部积雪日数最多出现在 1 月,最少出现在 9 月;积雪深度最大出现在 3 月,最小出现

12 月;冬季积雪日数和积雪深度主导着年尺度的变化。

3) 河西走廊东部积雪深度和积雪日数的年代际变化不是很一致。47 a 来,积雪日数呈平稳变化趋势,震荡减少,变率很小,而积雪深度呈增加趋势;河西走廊东部积雪日数和积雪深度 1990s 中期以前以 6~7 a、9~10 a 和 2~3 a 的周期为主,1990s 中期以后周期主要以 6~7 a 和 2~3 a 为主。

参考文献:

- [1] 高卫东,魏文寿,张丽旭.近30 a来天山西部积雪与气候变化——以天山积雪雪崩研究站为例[J].冰川冻土,2005,27(1):68-73.
- [2] Frei A, Robinson D A. Northern Hemisphere snow extent: regional variability 1972—1994[J]. International Journal of Climatology, 1999, 19(14):1535-156.
- [3] Leathers D J, Luff B L. Characteristics of snow covering duration across the northeast United States of America[J]. International Journal of Climatology, 1997, 17(14):1535-1547.
- [4] 陈海山,孙照渤.欧亚积雪异常分布对冬季大气环流的影响: I. 观测研究[J].大气科学,2003,27(3):304-316.
- [5] 李培基.高亚洲积雪监测[J].冰川冻土,1996,18(增刊):105-114.
- [6] 杨修群,张琳娜.1988—1998年北半球积雪时空变化特征分析[J].大气科学,2001,25(6):757-766.
- [7] 李培基.中国季节积雪资源的初步评价[J].地理学报,1988,43(2):108-119.
- [8] 李培基.中国季节积雪资源及其波动[J].科学通报,1987,17:1329-1332.
- [9] 李培基,米德生.中国积雪的分布[J].冰川冻土,1983,5(4):9-18.
- [10] 李培基.1951—1997年中国西北地区积雪水资源的变化[J].中国科学(D辑),1999,29(增1):63-69.
- [11] 刘玉洁,郑照军,王丽波.我国西部地区冬季雪盖遥感和变化分析[J].气候与环境研究,2003,8(1):114-123.
- [12] 李培基.中国西部积雪变化特征[J].地理学报,1993,48(6):505-515.
- [13] 柯长青,李培基.青藏高原积雪分布与变化特征[J].地理学报,1998,53(3):209-212.
- [14] 韦志刚,黄荣辉,陈文.青藏高原冬春积雪年际振荡成因分析[J].冰川冻土,2005,27(4):491-497.
- [15] 刘华强,孙照渤,朱伟军.青藏高原积雪与亚洲季风环流年代际变化的关系[J].南京气象学院学报,2003,26(6):733-739.
- [16] 杨青,崔彩霞,孙除荣,等.1959—2003年中国天山积雪的变化[J].气候变化研究进展,2007,3(2):80-84.
- [17] 陈乾,陈添宇.用AVHRR资料反演祁连山区积雪参量[J].冰川冻土,1990,12(4):24-38.
- [18] 陈乾,陈添宇.祁连山区季节性积雪资源的气候分析[J].地理研究,1991,10(1):24-38.
- [19] 陈乾.用气象卫星监测祁连山区积雪资源的研究[J].干旱气象,1992,10(2):24-38.
- [20] 郭妮,杨兰芳,李民轩.利用气象卫星资料研究祁连山区植被和积雪变化[J].应用气象学报,2003,14(6):700-707.
- [21] 张杰,韩涛,王建.祁连山区1997—2004年积雪面积和雪线高度变化分析[J].冰川冻土,2005,27(5):649-654.
- [22] 蔡迪花,郭妮,王兴,等.基于MODIS的祁连山区积雪时空变化特征[J].冰川冻土,2009,31(6):1028-1036.
- [23] 林振山,邓自旺.子波气候诊断技术研究[M].北京:气象出版社,1999:24-25.
- [24] 魏娜,巩远发,王霄.基于小波变换的陕西夏季降水量变化特征研究[J].中国沙漠,2007,(6):1080-1084.
- [25] 尤卫红,纪明辉,段旭.小波变换在短期气候预测模型研究中的应用[J].高原气象,1999,18(1):40-47.

Characteristics of temporal and spatial variation of snow covering days and depth in east of Hexi Corridor

LI Ling-ping^{1,2}, LIU Ming-chun²

(1. Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Key and Open Laboratory of Arid Change and Disaster Reduction of CMA, Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Administration, Lanzhou, Gansu 730020, China; 2. Wuwei Meteorological Bureau, Wuwei, Gansu 733000, China)

Abstract: The temporal-spatial distributing characteristics of snow cover were analyzed based on the conventional observation data of monthly snow cover days and depths of 5 stations in east of Hexi Corridor stations from 1961 to 2007. The results show that in the spacial structure, because of altitude, geographical position, influence system, the distribution of snow cover depth and days decreasing from southeast to northwest, the number of snow cover days and depth in high altitude areas more than in low altitude areas, in mountain stations more than in plain; in the temporal change, there is a decreasing trend in the observations on snow cover days and an increasing trend on snow cover depth, the maximum and minimum snow cover days occurs on January and on September, the maximum and minimum snow cover depth occurs on March and on December. In seasonal changes, the maximum number of snow cover days occurs in winter, second in spring, the least in autumn, the maximum of snow cover depth occurs in spring, second in autumn, the least in winter. On the attribution, the trends of snow cover depth and days in winter was the most important in annual change. It is found that the vibration periods of 6~7 a, 9~10 a and 2~3 a are displayed very clear of snow cover days before the mid-1990s and the vibration periods of 6~7 a and 2~3 a are displayed very clear behind the mid-1990s. and also found that the vibration periods of 6~7 a, 9~10 a and 2~3 a are displayed very clear of snow cover depth before the mid-1970s and the vibration periods of 9~10 a, 12~13 a and 2~3 a are displayed clear from the mid-1970s to the mid-1990s, the vibration periods of 6~7 a and 2~3 a are displayed very clear behind the mid-1990s.

Keywords: east of Hexi Corridor stations; snow days; snow depth; evolution characteristics