

严晓瑜, 赵春雨, 任国玉, 等. 1962—2008年辽宁省积雪变化特征[J]. 气象与环境学报, 2012, 28(2): 34—39.

YAN Xiao-yu, ZHAO Chun-yu, REN Guo-yu, et al. Characteristics of snow cover from 1962 to 2008 in Liaoning province [J]. Journal of Meteorology and Environment 2012, 28(2): 34—39.

1962—2008年辽宁省积雪变化特征

严晓瑜¹ 赵春雨^{2,3} 任国玉³ 王颖²

(1. 宁夏回族自治区气象服务中心, 宁夏 银川 750000; 2. 沈阳区域气候中心, 辽宁 沈阳 110016;
3. 中国气象局气候研究开放实验室, 北京 100081)

摘要: 采用1962—2008年辽宁省52个气象观测站逐日积雪深度以及同期温度、降水资料, 用统计方法和小波方法分析了辽宁省积雪气候变化规律。结果表明: 近47 a辽宁省年积雪日数呈不显著增加趋势, 共增加了3 d; 年最大雪深随时间变化呈不明显增加趋势, 平均每10 a增加0.2 cm; 年累积雪深也呈不显著增加趋势, 气候倾向率为8.9 cm/10 a。从年代际变化来看, 20世纪80年代前辽宁省年积雪日数、年最大雪深和年累积雪深偏小; 而20世纪80年代后至今, 则经历了一个年积雪日数、年最大雪深和年累积雪深均增加的过程。

关键词: 年积雪日数; 年最大雪深; 年累积雪深; 变化特征; 辽宁

中图分类号: P468.0+25 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-503X(2012)02-0034-06

引言

作为一种特殊的下垫面, 积雪对气候环境变化十分敏感, 尤其在干旱区或寒冷区, 季节性积雪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。积雪以其高反射、低导热率以及融雪水文效应对地表与大气产生深刻影响, 从而对大气环流及气候的变化产生重要影响; 同样, 大气环流的异常也影响积雪的多少^[1]。

关于积雪的长期变化问题, 有两种截然不同的观点: 一是北半球陆地积雪面积自20世纪80年代以来减少, 积雪面积随温度升高而减少^[2-3]; 二是很多区域性的研究表明, 积雪面积有所增加, 其与温度变化呈正相关^[4-5]。在中国青藏高原地区, 积雪面积呈平缓增长态势, 可能与气温和降水变化均有联系^[6-8]; 新疆地区积雪日数呈轻度增长趋势, 最大积雪深度具有明显的增加趋势, 且与冬季气温呈负相关, 与冬季降水呈正相关, 积雪日数还与稳定通过0℃以下的日数呈显著正相关^[9-13], 北疆一些山区的稳定积雪期缩短^[14], 近年最大积雪日数和面积出现在2000—2001年^[15]。青海地区夏、秋积雪自20世纪60年代至21世纪初为一致的减少趋势; 冬、春季积雪在20世纪60—90年代初增加, 而从20世纪90年代中期至21世纪初则呈显著减少趋势^[16]。将中国北方和青藏高原季节性积雪地区作为一个整体

来看, 1956—2002年平均最大积雪深度表现出微弱增加, 但增加主要发生在20世纪50年代中期至70年代初, 此后变化趋势不明显^[17]。

在中国三大积雪区(青藏高原、新疆和东北)之一的东北地区, 季节性积雪的变化对局地气候和水文环境会产生不容忽视的影响, 积雪的变化也一定程度上反映了该区冬季气候的变化特点, 但相关研究较为缺乏^[18-19]。本文利用辽宁省积雪期和积雪深度数据资料, 研究了积雪长期变化规律及对气候变化的响应方式, 有助于认识辽宁省积雪的气候变化特征。

1 资料与方法

1.1 资料来源

所用数据为1962—2008年辽宁省52个气象观测站逐日积雪深度资料以及同期各站点逐日平均气温、平均地面温度和降水量等。当观测场平均雪深达到或超过0.5 cm时, 认为有积雪, 并记为1个积雪日, 开始记录平均雪深, 不足0.5 cm时该测站雪深记为0 cm; 积雪初日与积雪终日之间的日数称为积雪期; 积雪日数是指积雪期内雪深大于0 cm(积雪日)的日数; 年最大雪深是指一个积雪期内的最大日积雪深度, 年累积雪深指一个积雪期内逐日积雪深度的累加值。气温、地温资料和降水资料均经过基本质量控制。本文对积雪深度资料进行质量检验, 但

收稿日期: 2011-05-16; 修订日期: 2011-06-23。

基金项目: 中国气象局2010年气候变化专项(CCSF 2010-3)、林业公益性行业科研专项(200804001)、中国气象局新技术推广项目(CMATG2008M19)和国家重点基础发展规划研究项目973计划(2007CB411506)共同资助。

作者简介: 严晓瑜, 女, 1983年生, 助理工程师, 主要从事气候变化研究, E-mail: yanxy366@126.com。

通信作者: 赵春雨, E-mail: springraincn@yahoo.com.cn。

对迁站和周围环境变化等引起的可能影响和非均一性没有进行检验和处理。一个积雪期内,若 1/4 以上时间的日积雪深度缺测,则将该年积雪作为缺测;47 a 中若有 10 a 以上缺测,则剔除该站。

1.2 研究方法

采用线性趋势分析方法研究了辽宁省 52 个站点年平均积雪日数、年最大雪深以及年累积雪深的时间变化特征。建立了辽宁省平均各变量与时间之间的一元线性回归方程,根据回归方程的回归系数分析积雪随时间的变化趋势。由于区域范围比较小,观测台站分布也比较均匀,采用站点各变量简单算术平均的方法获得全区逐年平均值。同样,对各单站逐年积雪进行统计分析,以探讨辽宁省积雪趋势变化的空间分布特征,若趋势变化通过 0.05 的信度检验,称变化趋势显著;若没通过 0.05 信度检验,则称变化趋势不显著或不明显。

本文还对积雪变化的年代特征和周期特征进行

了分析。统计了每个年代相关变量的平均值,比较各年代之间的差异。采用小波分析方法认识周期变化特征。这种方法可以对信号进行多尺度细化分析,得到各个频率随时间的变化及不同频率之间的关系^[20],目前广泛应用于气候序列的时频结构分析^[21]。本文采用 Morlet 小波函数对辽宁省积雪时间序列进行离散小波变换,分析其周期变化特征^[22]。Morlet 小波系数的实部展示不同特征时间尺度信号在不同时间上的分布和位相,正的小波系数指示分析变量在该时段偏多;负值指示偏少,零值对应着突变点。

2 结果分析

2.1 辽宁省积雪趋势变化时间特征

1962—2008 年辽宁省年平均积雪日数呈现出较不显著增加趋势,47 a 增加了 3 d (图 1a)。积雪日数最长为 1999 年的 75 d,最短出现于 1983 年为

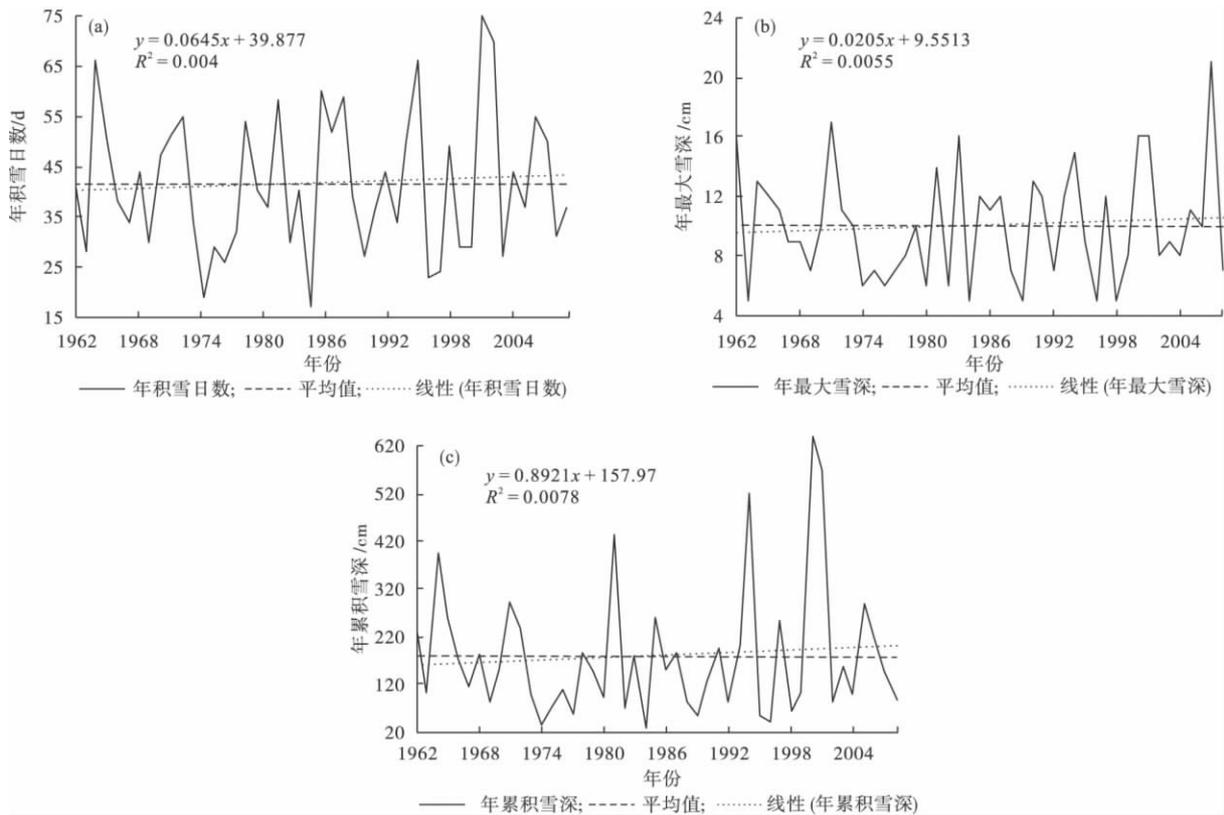


图 1 1962—2008 年辽宁省积雪日数 (a)、年最大雪深 (b) 和年累积雪深 (c) 变化

Fig. 1 Annual snow cover days (a) annual maximum snow cover depth (b) and annual accumulative snow cover depth (c) from 1962 to 2008 in Liaoning province

13 d。积雪日数在 20 世纪 60 年代至 70 年代初呈减小趋势,在 70 年代初至 70 年代末则为增加趋势,70 年代末至 80 年代中期又为减小趋势,80 年代中期至今则未表现出明显的趋势性,波动性较大。

辽宁省平均年最大雪深随时间略有增加(图 1b),每 10 a 增加 0.2 cm,最大值为 2007 年的

21 cm,最小值为 5 cm,出现在 1963、1984、1989、1996 年和 1998 年。20 世纪 80 年代前,辽宁省平均最大雪深年际波动较小,自 80 年代开始至 21 世纪初,年际波动剧烈,21 世纪波动性又有所减小。图 2a 还给出不同月份辽宁省平均最大雪深变化趋势特征。可见,11、12、1 月和 3 月最大雪深随时间变化呈增加趋势,

而 10、2、4 月和 5 月最大雪深则呈减小趋势。

其中增加趋势最大月份为 3 月,达到 0.25 cm/10 a;

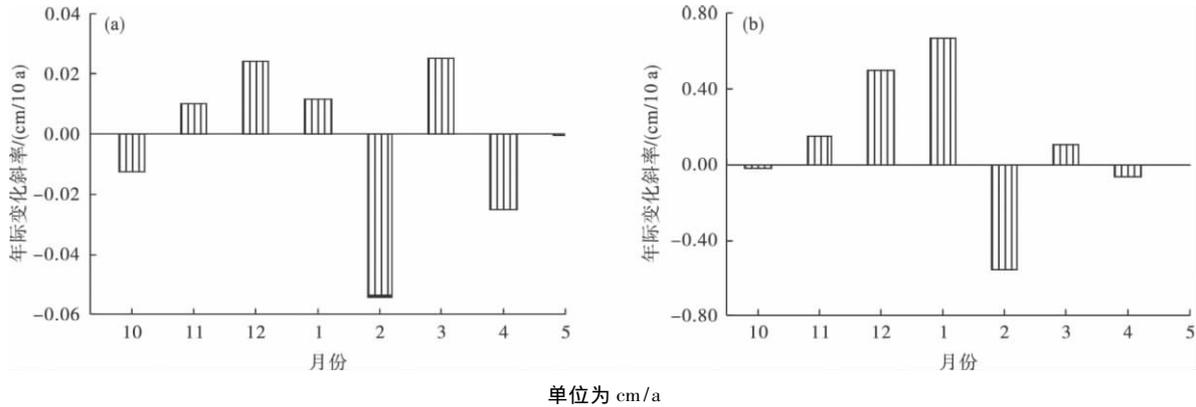


图 2 不同月份辽宁省平均月最大雪深 (a)、月累积雪深 (b) 趋势变化

Fig. 2 Variation trends of maximum snow cover depth (a) and accumulative snow cover depth (b) in the different months in Liaoning province

减小趋势最大月份为 2 月,为 -0.54 cm/10 a。

显的是 2 月 线性趋势为 -5.54 cm/10 a(图 2b)。

辽宁省平均年累积雪深也呈增加趋势(图 1c), 线性趋势为 8.9 cm/10 a。其中年累积雪深最大值出现在 2000 年,为 640 cm;最小值出现在 1974 年,为 35 cm。年累积雪深在 20 世纪 80 年代初之前呈减小趋势,80 年代至今呈缓慢增加趋势。逐月累积雪深随时间的变化特征与最大雪深相似,10、2 月和 4 月呈减小趋势,其他各月呈增加趋势,但增加最显著的月份是 1 月 线性趋势为 6.65 cm/10 a;而减小最明

显的是 2 月 线性趋势为 -5.54 cm/10 a(图 2b)。综上所述,辽宁省年平均积雪日数、年最大雪深和年累积雪深等均表现一定增加趋势。但由于各变量的年际变异程度很高,上述趋势变化均没有通过统计显著性检验,因此,近 47 a 来辽宁平均积雪变化并不明显。

2.2 辽宁省积雪趋势变化空间特征

图 3 给出了 1962—2008 年辽宁省年积雪日数、年最大雪深和年累积雪深变化趋势的空间分布情况。

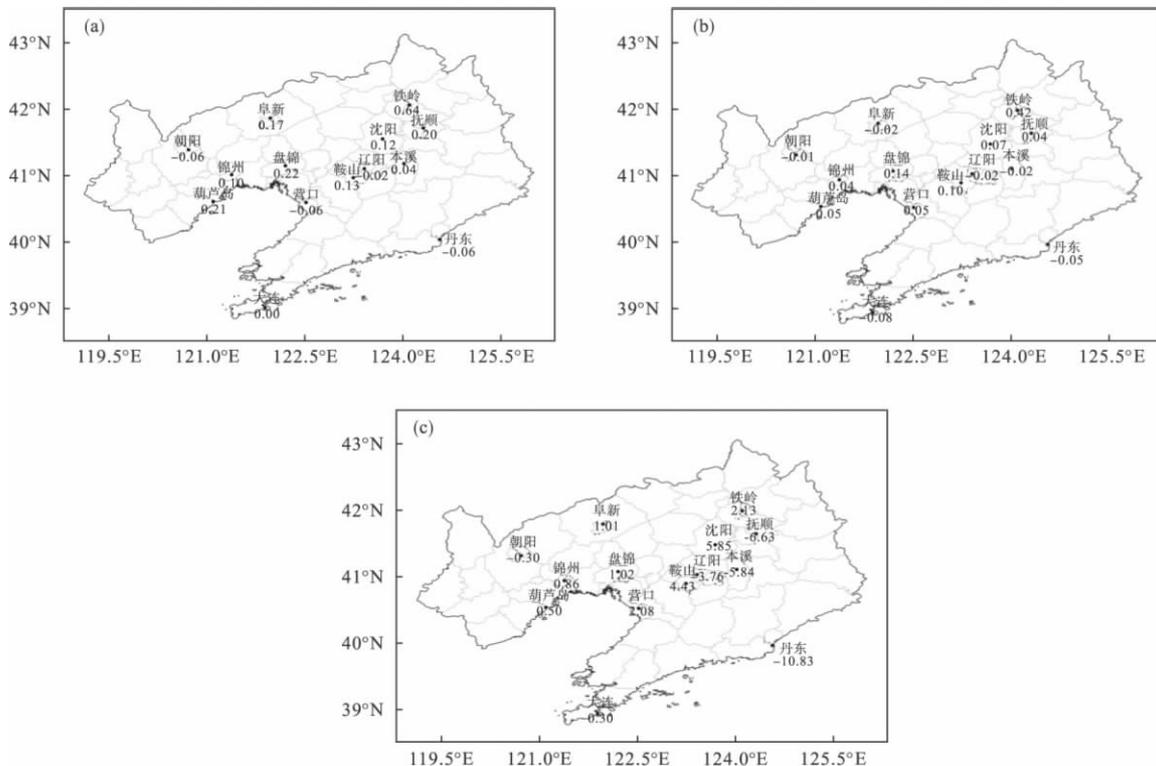


图 3 辽宁省积雪日数 (a)、年最大雪深 (b) 和年累积雪深 (c) 趋势变化的空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of variation trends of annual snow cover days (a) annual maximum snow cover depth (b) and annual accumulative snow cover depth (c) in Liaoning Province

辽宁省北部和西部大部地区积雪日数回归系数均为正值,说明多数地区积雪日数随时间呈增加趋势,增加最大的地区为铁岭,为 6.4 d/10 a。积雪日数减少的地区主要集中于辽宁东南部,以及辽东半岛的南端和沿辽东湾的局部地区,其中宽甸积雪日数减少最多,趋势为 -7.9 d/10 a(图 3a)。

辽宁中部平原年最大雪深线性趋势多为正值,但数值都较小,最大发生在黑山县,为 1.4 cm/10 a(图 3b)。辽宁东南部、西北部以及辽东半岛的年最大雪深线性趋势均为负值,说明这些地区的年最大雪深呈减少趋势,其中宽甸和旅顺口站减小趋势较其他各站大,为 -1.6 cm/10 a。

辽宁东北部以及中部部分地区年累积雪深线性趋势为正值,年累积雪深增加趋势较大的测站有清

原、昌图和西丰等,分别达到 188.2 cm/10 a、93.6 cm/10 a 和 67.3 cm/10 a(图 3c)。东南部沿海地区以及中部的部分地区年累积雪深线性趋势均为负值,其中丹东减小程度较大,为 -108.3 cm/10 a。辽宁西北部年累积雪深线性趋势接近于 0,无明显变化趋势。

由此可见,辽宁东部和东南部积雪日数、年最大雪深和年累积雪深一般呈下降趋势,在辽河平原地区及西部局部地区则呈上升趋势。变化趋势的这种空间分布型在年最大雪深和年累积雪深上的体现较在积雪日数上更为明显。

2.3 辽宁省积雪周期和年代变化特征

图 4 为辽宁省年平均积雪日数、年最大雪深和年累积雪深的 Morlet 小波系数等值线。小波系

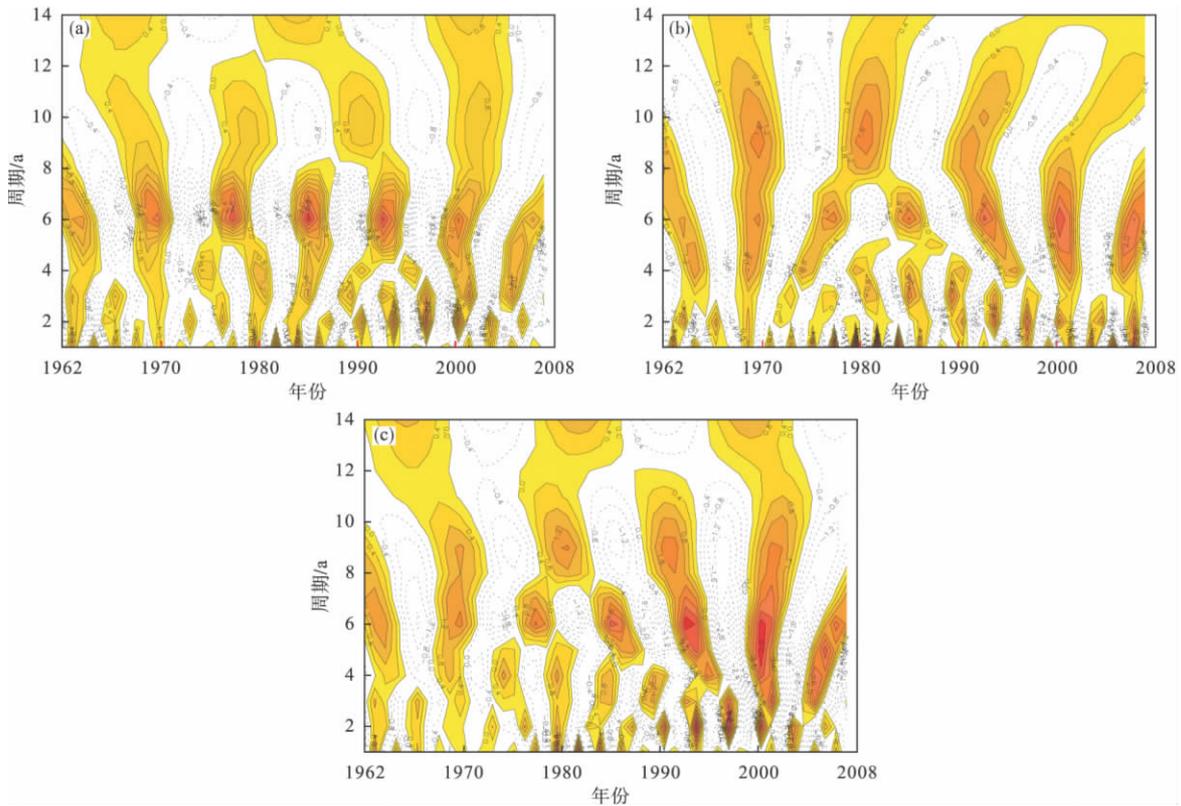


图 4 辽宁省平均积雪日数 (a)、年最大雪深 (b) 和年累积雪深 (c) 小波变换系数等值线

Fig. 4 The contour map of wavelet analysis of annual snow cover days (a) annual maximum snow cover depth (b) and annual accumulative snow cover depth (c) in Liaoning province

数值(实线)和负值(虚线)的交替出现反应了其在不同时间尺度上的周期变化特征。47 a 来,辽宁省年平均积雪日数与年最大雪深具有相似的周期变化特征,均始终存在一个 6 a 的周期振荡;20 世纪 80 年代中期后还存在一个 2 a 的短周期振荡。年累积雪深在 20 世纪 70 年代中期以前存在 3 a 的一个短周期;70 年代中期至 90 年代初,被一个 4 a 和一个 2 a 的周期所替代;90 年代后只存在 2 a 的短周期振荡,但与年平均积雪日数和年最大雪深相似,整个研

究期间始终存在一个 6 a 的周期现象。

表 1 给出了辽宁省平均积雪日数、年最大雪深和年累积雪深每 10 a 的平均值,以分析其年代际变化。近 47 a 来辽宁省年平均积雪日数为 41 d,20 世纪 60 年代、90 年代以及 21 世纪初积雪日数偏多,20 世纪 90 年代多达 45 d;20 世纪 70 年代、80 年代积雪日数偏少,70 年代仅为 38 d,80 年代为 40 d。

辽宁省年平均年最大雪深为 10 cm,20 世纪 60 年代年最大雪深较大为 11 cm;70 年代偏小,年最大

雪深为9 cm; 20世纪80年代至今积雪增多,年最大雪深较大。

表1 辽宁省平均积雪日数、年最大雪深和年累积雪深每10 a的平均值及多年平均值

Table 1 The average annual snow cover days, annual maximum snow cover depth and annual accumulative snow cover depth every decade and their averages from 1962 to 2008 in Liaoning province

项目	1962—1970年	1971—1980年	1981—1990年	1991—2000年	2001—2008年	1962—2008年
积雪日数/d	43	38	40	45	44	41
年最大雪深/cm	11	9	10	11	11	10
年累积雪深/cm	199	148	134	254	190	177

20世纪60年代辽宁省年累积雪深为199 cm,高于多年平均值(177 cm) 22 cm; 20世纪70年代和80年代年累积雪深大幅减小,分别为148 cm和134 cm; 90年代为年累积雪深偏后期,年累积雪深高达254 cm,比多年平均值高出77 cm。21世纪初年累积雪深有所减少,为190 cm,但仍略高于多年平均值。

综上所述,20世纪80年代前辽宁省经历了一个年积雪日数、年最大雪深和年累积雪深减小的过程;而80年代后至今则经历了一个积雪日数、年最大雪深和年累积雪深增加的过程。

3 结论与讨论

(1) 辽宁省年平均积雪日数呈现小幅增加趋势,其中北部和西部大部分地区增加较多,而东南部大部分地区以及辽东半岛南端和辽东湾沿岸呈减少趋势。

(2) 辽宁省年平均最大雪深随时间呈轻度增加趋势,平均每10 a增加0.2 cm,增加主要发生在中部平原大部分地区,而东南部、西北部以及辽东半岛地区略有减少。年累积雪深呈不显著的增加趋势,线性趋势为8.9 cm/10 a,东北部以及中部部分地区增加较为明显;而东南沿海地区以及中部的部分地区则呈减小态势,西北部大部地区无明显趋势变化。

(3) 近47 a,辽宁省年平均积雪日数、年最大雪深和年累积雪深均表现出6 a的周期振动,也存在2—4 a的较短周期振动现象。从年代际变化来看,20世纪80年代前辽宁省经历了一个年积雪日数、年最大雪深和年累积雪深减小的过程;而20世纪80年代后至今则经历了一个年积雪日数、年最大雪深和年累积雪深增加的过程。

(4) 近47 a来辽宁积雪表现出一定趋势变化,年平均积雪日数、年最大雪深和年累积雪深等均呈微增加。但是,与中国西北地区和青藏高原比较^[7,9-10,12],辽宁积雪的长期变化似乎并不明显。这说明,中国积雪区近50 a平均最大积雪深度表现出的增加^[15]可能主要与青藏高原和西北地区积雪增多有关。

(5) 包括辽宁在内的辽河流域积雪期平均地面气温显著升高,降水只有春季表现出轻微增多,冬季和秋季则有比较明显的减少^[23]。辽宁省积雪期气候总体变暖、变干的事实与积雪日数、最大雪深和累积雪深变化趋势存在矛盾。造成这种矛盾的一个可能原因是风速变化。研究表明,包括辽宁在内的中国大部分台站观测到的平均风速明显下降^[15]。在积雪期降雪量一定的条件下,风速减弱有利于气象观测场附近年积雪日数、年最大雪深和年累积雪深的增加。

(6) 在临近的河北省,观测的地面风速减弱在很大程度上是气象观测场附近环境变化和城市化影响引起的^[24]。如果这一判断对于中国东部其他地区也适用,则说明目前辽宁地区积雪观测资料序列可能也在一定程度上受到了局地人为活动的影响。

参考文献

- [1] 雷俊,方之芳. 青海地区常规观测积雪资料对比及积雪变化趋势研究[J]. 高原气象, 2008, 27(1): 58-67.
- [2] Frei A, Robinson D A. Northern hemisphere snow extent: regional variability 1972-1994 [J]. International Journal of Climatology, 1999, 19(14): 1535-1560.
- [3] Laternser M, Schneebeli M. Long term snow climate trends of the Swiss Alps (1931-99) [J]. International Journal of Climatology, 2003, 23(7): 733-750.
- [4] Zwally H Y, Brennen A C, Major I A, et al. Growth of greenland ice sheet: measurement and interpretation [J]. Science, 1989, 246(4937): 1587-1591.
- [5] Morgan V I, Goodwin I D, Etheridge D M, et al. Evidence from Antarctic ice cores for recent increase in snow accumulation [J]. Nature, 1991(354): 58-60.
- [6] 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): 209-215.
- [7] 韦志刚, 黄荣辉, 陈文. 青藏高原地面站积雪的空间分布和年代际变化特征 [J]. 大气科学, 2002, 26(4): 496-508.
- [8] 高荣, 韦志刚, 董文杰. 青藏高原冬春积雪和季节冻土年际变化差异的成因分析 [J]. 冰川冻土, 2004, 26(2): 153-159.
- [9] 李培基. 新疆积雪对气候变暖的响应 [J]. 气象学报,

- 2001, 59(4): 491–501.
- [10] 王秋香, 张春良, 刘静, 等. 北疆积雪深度和积雪日数的变化趋势[J]. 气候变化研究进展, 2009, 5(1): 39–43.
- [11] 崔彩霞, 杨青, 王胜利. 1960—2003年新疆山区与平原积雪长期变化的对比分析[J]. 冰川冻土, 2005, 27(4): 476–490.
- [12] 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.
- [13] 裴欢, 房世峰, 覃志豪, 等. 基于遥感的新疆北疆积雪盖度及雪深监测[J]. 自然灾害学报, 2008, 17(5): 52–57.
- [14] 辛渝, 陈洪武, 张广兴, 等. 博州气候暖湿化中若干其他气候特征的变化[J]. 中国沙漠, 2008, 28(3): 526–536.
- [15] 张佳华, 吴杨, 姚凤梅. 利用卫星遥感和地面实测积雪资料分析近年新疆积雪特征[J]. 高原气象, 2008, 27(3): 551–557.
- [16] 雷俊, 方之芳. 青海地区常规观测积雪资料对比及积雪变化趋势研究[J]. 高原气象, 2008, 27(1): 58–67.
- [17] 任国玉, 郭军, 徐铭志, 等. 近50年中国地面气候变化基本特征[J]. 气象学报, 2005, 63(6): 942–955.
- [18] 孙凯军, 胡中明. 利用卫星遥感和常规观测的积雪资料分析吉林省积雪特征[J]. 吉林气象, 2008(2): 2–4.
- [19] 孙秀忠, 孙照渤, 罗勇. 1960—2005年东北地区降雪变化特征研究[J]. 气象与环境学报, 2010, 26(1): 1–5.
- [20] 许月卿, 李双成, 蔡运龙. 基于小波分析的河北平原降水变化规律研究[J]. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2004, 34(12): 1176–1183.
- [21] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 2007.
- [22] 廖雪萍, 覃卫坚, 唐炳莉, 等. 广西近50年暴雨日数变化的小波分析[J]. 气象, 2007, 33(12): 39–45.
- [23] 陈峪, 高歌, 任国玉, 等. 中国十大流域近40多年降水量的时空变化特征[J]. 自然资源学报, 2005, 20(5): 637–643.
- [24] 刘学锋, 江滢, 任国玉, 等. 河北城市化和观测环境改变对地面风速观测资料序列的影响[J]. 高原气象, 2009, 28(2): 433–439.

Characteristics of snow cover from 1962 to 2008 in Liaoning province

YAN Xiao-yu¹ ZHAO Chun-yu^{2,3} REN Guo-yu³ WANG Ying²

(1. Ningxia Meteorological Service Center, Yinchuan 75000, China; 2. Shenyang Regional Climate Center, Shenyang 110016, China; 3. Laboratory for Climate Studies, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China)

Abstract: Based on the daily snow cover depth, temperature and precipitation at 52 weather stations from 1962 to 2008, the characteristics of snow cover variation were analyzed using methods of a statistics and a wavelet analysis. The results indicated that the increasing trend of annual snow cover days is not significant and it only increases 3 d from 1962 to 2008. The increasing trend of annual maximum snow cover depth is also not significant with 0.2 cm/decade, so is that of annual cumulative snow cover depth with 8.9 cm/decade. The number of snow cover days, annual maximum snow cover depth and annual cumulative snow cover depth are all relatively small before 1980s in terms of their inter-decadal variations, while they all increase after 1980s.

Key words: Number of annual snow cover day; Annual maximum snow cover depth; Annual accumulative snow cover depth; variation characters; Liaoning province