

DOI:10.7522/j.issn.1000-0240.2017.0082

ZHOU Xiaoyu, ZHAO Chunyu, CUI Yan, et al. Variation characteristics of different levels of snow in Liaoning Province[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2017, 39(4): 720-732. [周晓宇, 赵春雨, 崔妍, 等. 辽宁省不同等级降雪变化特征[J]. 冰川冻土, 2017, 39(4): 720-732.]

辽宁省不同等级降雪变化特征

周晓宇, 赵春雨, 崔妍, 刘鸣彦, 敖雪, 林蓉, 张海娜

(沈阳区域气候中心, 辽宁 沈阳 110166)

摘要: 利用辽宁省 52 个站逐日降水量及降雪天气现象资料提取出逐日降雪数据, 采用多种统计方法分析了近 53 a(1961-2013 年)不同等级降雪的时空变化特征, 研究表明: 降雪量和降雪日数空间分布上山地要大于平原地区, 由东部山区向沿海地区减少; 降雪强度中心位于辽宁中部城市群所在的平原地区。降雪量、降雪日数年内分配分别呈双峰型和单峰型分布, 中雪等级以上的降雪多发生在冬末春初。年降雪量增加, 年降雪日数(降雪强度)显著减少(减小); 降雪日数的显著减少主要表现为微量降雪日数和小雪日数的减少, 尤其是微量降雪日数, 降雪强度的显著增大主要是暴雪强度的增大。1960s 和 1970s 为降雪偏多时段, 1990s 以来降雪量增加, 降雪日数减少。不同区域各级降雪占总降雪的比例, 辽东地区以微量降雪日数最大, 其他区域均以小雪日数和暴雪降雪量最大。全省降雪量有 65.4% 站点呈增加趋势, 降雪日数 96.2% 的站点呈减少趋势, 降雪强度 90.4% 站点呈增大趋势, 辽西地区降雪变率要大于辽东山区。小雪降雪量和微量降雪日数贡献率均呈下降趋势, 其他不同等级降雪贡献率均呈上升趋势。随着纬度升高(海拔增高), 总降雪量(降雪日数)和各等级降雪量(降雪日数)均增加, 总降雪强度和小雪强度减小。

关键词: 辽宁省; 降雪; 时空特征

中图分类号: P426.63 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-0240(2017)04-0720-13

0 引言

IPCC 第五次评估报告(AR5: Fifth Assessment Report)^[1]指出, 1880-2012 年全球平均地表温度升高了 0.85 °C(0.62~1.06 °C), 全球气候变暖的背景下, 许多地区的强降水频率或强降水占总降水量的比例可能增加, 降雪作为降水的一部分, 其发生频率和强度也在改变。例如, 2007 年 3 月 2-5 日我国辽、吉、黑、鲁等地出现了 1951 年有气象记录以来历史同期最强的暴风雪天气, 2009 年我国华北地区出现明显降雪, 局地雪量达到了大到暴雪与特大暴雪, 给交通、电力、设施农业和居民生活等造成严重影响。可见, 加强降雪的气候变化特征研究是十分必要的。

对我国降雪研究主要集中于气候变化特征研究及降雪过程数值模拟研究^[2-10], 新疆、青藏高原和

东北是我国的三大主要降雪地区, 其中东北地区地处北半球中高纬度地区, 是我国主要的农业和林业基地, 由于纬度高, 冬季寒冷且时间长, 除夏季外, 其余季节均有可能出现降雪。孙秀忠等^[11]分析认为东北地区山地是主要的降雪地区, 平原及平原南部降雪较少; 大兴安岭北部(长白山地区)降雪增加(减少)最大, 小兴安岭(平原地区)降雪增加(减少)明显。王冀等^[12]研究发现东北地区降雪集中度呈逐年上升趋势, 集中期呈明显下降趋势。赵春雨等^[13]分析了东北地区降雪的变化特征及降雪区划。王会军等^[14]研究认为东北地区 20 世纪 80 年代中期之后冬季降雪开始增多, 与东亚冬季风的减弱有密切关系。李邦东^[15]针对影响东北地区降雪的影响因子进行了深入研究, 于恩涛^[16]、白人海等^[17]对东北地区的降雪过程进行了数值模拟。

辽宁省位于东北地区南部, 对于该区域降雪已

收稿日期: 2017-02-15; 修订日期: 2017-08-22

基金项目: 辽宁省农业攻关及产业化项目(2015103038); 辽宁省气象局 2015 年第 4 号科研课题(201504)资助

作者简介: 周晓宇(1984-), 女, 辽宁朝阳人, 工程师, 2010 年在中国气象科学研究院获硕士学位, 从事气候变化、气象灾害风险评估工作。E-mail: xiaoyuz80@sina.com

通信作者: 赵春雨, E-mail: springrainscn@163.com.

有一些研究, 王颖等^[18] 研究认为辽宁省 1961 - 2007 年降雪日数以 $1.6 \text{ d} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 的速率明显减少, 20 世纪 90 年代末以后大到暴雪过程发生频次开始偏多。赵春雨等^[19] 对辽宁省 1961 - 2007 年降雪初终日研究认为, 降雪初日主要集中在 10 月和 11 月, 终日主要在 3 月和 4 月, 降雪初日有所推迟而终日明显提前。蒋大凯等^[20] 对比了辽宁两类降雪过程并分析了定量降雪预报指标, 也有研究针对单次降雪过程的动力机制进行了分析^[21-22]。可见, 在目前辽宁省降雪已有的研究中, 降雪变化特征研究偏少且已有的研究时段偏早, 各等级降雪变化特征的研究较少, 并且多数以纯雪为研究对象, 对于有雨夹雪出现的情况不予考虑。但在实际生活中, 特别是冬末春初气温较低时, 降雪前通常会伴随降雨, 造成道路湿滑结冰, 给生产、生活等带来很大影响。本文在前人研究基础上, 利用辽宁省 52 个站逐日降水量和逐日天气现象资料, 对近 53 a (1961 - 2013 年) 辽宁省不同等级降雪的变化特征进行分析, 以期对辽宁降雪的特征和趋势有更加深入地了解, 为其他相关研究及未来辽宁省气候研究提供基础科学信息。

1 资料和方法

1.1 资料

本文所用资料为辽宁省气象信息中心气象档案馆提供的 52 个站 1961 年 7 月 1 日 - 2014 年 6 月 30 日逐日降水量和逐日天气现象资料, 将辽宁省分为辽东、辽中、辽北、辽南、辽西 5 个区域, 站点分布及具体 5 个分区见图 1。降雪资料定义: 从逐日降水量和降雪天气现象数据中提取出逐日降雪资

料(该降雪资料包含雨夹雪), 当某日有降雪天气现象, 则认为当日降水量为降雪量。

1.2 方法

1.2.1 平均相对变率

常用到的变率指标有绝对变率、相对变率、平均绝对变率、平均相对变率。平均相对变率能反映出不同地区、相同时段的气候要素变动程度, 也可以反映出同一地区、不同时段的气候要素变动程度。本文采用平均相对变率, 见式(1)。

$$D = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{\bar{X}} \quad (1)$$

式中: D 为平均相对变率; n 为计算年份, 本文取 53; X_i 为第 i 年的气候要素值; \bar{X} 为 1961 - 2013 年气候要素的平均值, $i=1, 2, \dots, n$ 。

1.2.2 降雪指标

定义当年 7 月 1 日至次年 6 月 30 日为一个降雪年, 即 1961 年为 1961 年 7 月 1 日至 1962 年 6 月 30 日, 建立 52 个站点的年降雪序列。若一个月累计缺测达 7 d 或以上, 该月不列入计算, 该年也不列入计算。降雪量为降雪年内日降雪量 $\geq 0.1 \text{ mm}$ 的降雪量合计值, 降雪日数为降雪年内出现降雪天气现象的日数, 降雪强度为降雪量与降雪日数的比值, 具体定义见表 1。

表 1 降雪指标

Table 1 Definition of the snowfall indices

指标	定义
降雪年	当年 7 月 1 日 - 次年 6 月 30 日
降雪量	降雪年内日降雪量 $\geq 0.1 \text{ mm}$ 的降雪量合计
微量降雪日数	降雪记录 $< 0.1 \text{ mm}$, 天气现象中记录为 32 700 的天数
降雪日数	降雪年内出现降雪天气现象的日数
降雪强度	降雪年内降雪量与降雪日数的比值
小雪量数和日数	降雪量 $< 2.5 \text{ mm}$ 的降雪总量和降雪天数
小雪强度	小雪降雪量与降雪日数的比值
中雪量数和日数	$2.5 \text{ mm} \leq \text{降雪量} < 5 \text{ mm}$ 的降雪总量和降雪天数
中雪强度	中雪降雪量与降雪日数的比值
大雪量数和日数	$5 \text{ mm} \leq \text{降雪量} < 10 \text{ mm}$ 的降雪总量和降雪天数
大雪强度	大雪降雪量与降雪日数的比值
暴雪量数和日数	降雪量 $\geq 10 \text{ mm}$ 的降雪总量和降雪天数
暴雪强度	暴雪量与暴雪日数的比值

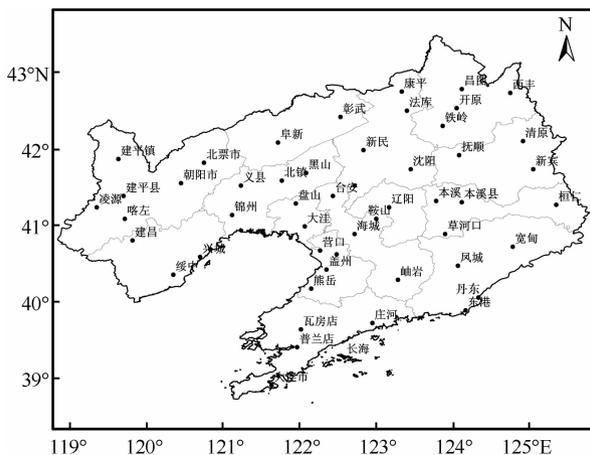


图 1 辽宁省分区及 52 个气象台站分布

Fig. 1 Map showing the regional division and location of the 52 meteorological stations of Liaoning Province

1.2.3 降雪百分比

文中不同等级降雪量(降雪日数)在各月(旬)百分比是指, 1981 - 2010 年即 1981 年 7 月 1 日至

2011年6月30日,各站各月(旬)小雪/中雪/大雪/暴雪降雪量(降雪日数)分别占年小雪/中雪/大雪/暴雪降雪量(降雪日数)的比例。

1.2.4 降雪贡献率

某年不同级别降雪量(日数)贡献率为对应降雪级别的降雪量(日数)52个站区域平均值除以该年年降雪量(日数)52个站区域平均值,某年不同级别降雪贡献率值之和等于1。

2 降雪气候特征

2.1 降雪空间分布

辽宁省平均年降雪量(图2a)呈自东向西减少、山地大于平原的空间分布,降雪日数多的地方,降雪量也多。辽东山区年降雪量最多在60mm以上,丹东宽甸最多达86mm,沿康平-新民-台安-大洼一线以西(除建平镇)以及大连南部地区不足40mm,降雪量最少站点为兴城(20mm),其他地区在40~60mm之间,这与孙秀忠等^[11]对东北地区降雪(含雨夹雪)的研究结论相吻合,中部平原地区冬季主要受北方冷空气和西风带系统影响,年降雪量较低。

平均年降雪日数(图2b)的分布形式与降雪量

基本一致,自东北向西南递减,在13~53d之间,东部山区降雪日数最多,并且随着地势由东北向西南减少,位于辽东山区东北部的清原站平均年降雪日数最多为53d(35~87d),其次新宾为52d(38~77d),辽西山区(除建平县)降雪日数不足20d,环渤海地区在23d以下,降雪日数最少的站点兴城为13d(0~23d)。

平均年降雪强度(图2c)等值线分布与降雪量和降雪日数分布有所不同,在营口北部、辽阳中部和沈阳东南部地区降雪量低值区降雪强度最大,达 $2.0\text{ mm}\cdot\text{d}^{-1}$ 以上,降雪强度中心位于中部平原地区的辽阳为 $2.4\text{ mm}\cdot\text{d}^{-1}$,丹东东北部地区也存在一个降雪强度中心为 $2.2\text{ mm}\cdot\text{d}^{-1}$ 。沿开原-法库-彰武-北镇-锦州一线以西地区,降雪强度均在 $1.6\text{ mm}\cdot\text{d}^{-1}$ 以下。

2.2 各等级降雪空间分布

图3(a)为1961-2013年平均年大雪量的分布,呈自西、南向东部山区递增的分布,辽西和辽南地区不足8mm,中部平原地区在8~16mm之间,东部地区基本在16mm以上,其中丹东宽甸大雪量最多为24.1mm。大雪日数(图3b)空间分布与大雪量相近,但区域差异不明显,辽西地区基本

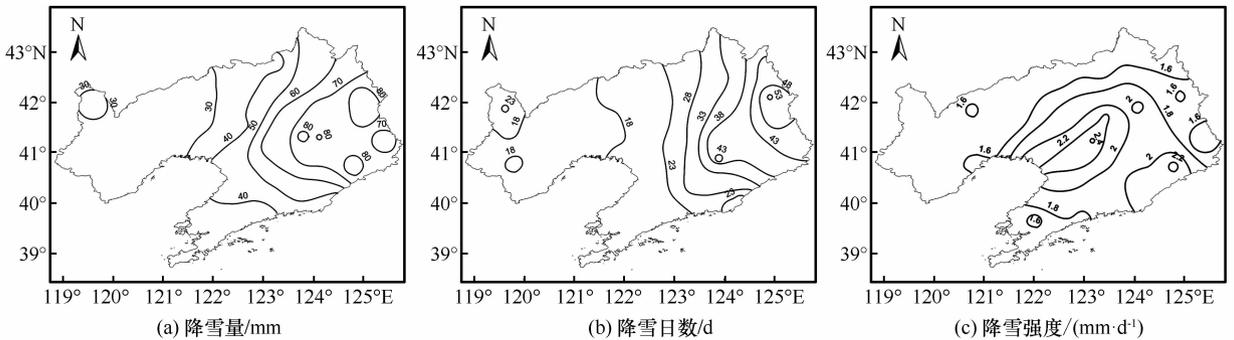


图2 1961-2013年平均年降雪量(a)、降雪日数(b)、降雪强度(c)空间分布

Fig. 2 Distribution of average annual snowfall(a), snowfall days(b) and snowfall intensity(c) from 1961 to 2013

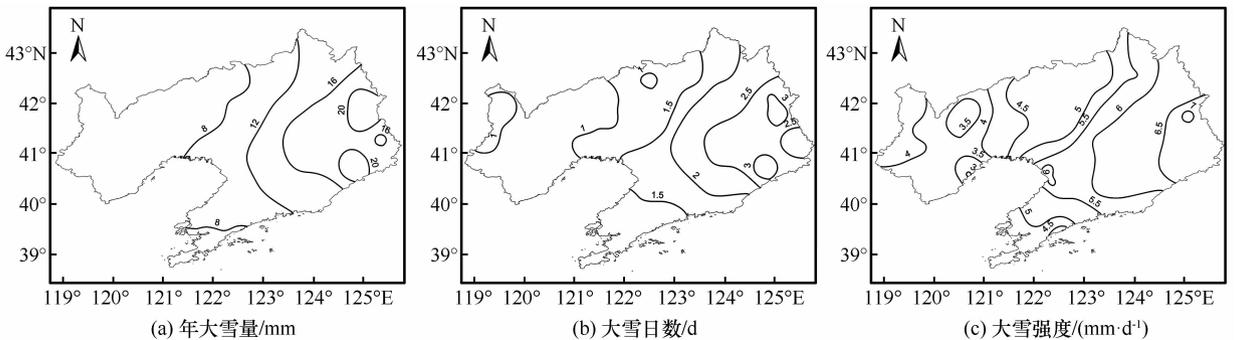


图3 1961-2013年平均年大雪量(a)、大雪日数(b)、大雪强度(c)空间分布

Fig. 3 Distribution of average annual heavy snow snowfall(a), heavy snow days(b) and heavy snow intensity(c) from 1961 to 2013

不足 1 d, 东部山区在 2 d 以上, 降雪日数中心位于丹东宽甸为 3.5 d。大雪强度(图 3c)低值区分布与大雪量和大雪日数空间分布基本一致, 东部山区由于处于大雪量高值区, 也成为降雪强度高值中心, 最大降雪强度中心位于抚顺新宾为 $7.1 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 。

平均年暴雪量(图 4a)和暴雪日数(图 4b)分布基本一致, 辽西和大连地区暴雪量基本在 15 mm 以下, 东部山区在 20 mm 以上, 暴雪量中心位于丹东宽甸为 36 mm。暴雪日数全省空间差异不大, 基本在 3 d 以内, 辽西和大连地区不足 1 d, 东部山区在 1.8 d 以上, 宽甸最多为 2.2 d。平均年暴雪强度分布(图 4c)自南向东北、自西向东递增, 辽西和大连地区不足 $9 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$, 低值中心位于葫芦岛绥中为 $3.8 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$, 东部山区在 $13 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 以上, 暴雪强度中心位于本溪西部和丹东北部, 其中本溪最大为 $15 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 。

1961 - 2013 年平均年中雪量分布与中雪日数相近(图略), 低值区主要位于辽西地区 and 大连地区, 高值中心位于清原、抚顺和本溪, 均在 15 mm 以上。中雪日数高值区位于抚顺和本溪西部地区。平均年中雪降雪强度分布, 辽西和大连地区均在 $3 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 以下, 辽宁中部、北部和东部地区均在 $3 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 以上, 有 3 个高值中心, 分别为鞍山、抚顺和铁岭, 均在 $3.5 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 以上。平均年小雪量和小雪日数(图略)辽东山区最多, 高值中心均位于抚顺清原, 小雪强度全省大范围地区在 $0.7 \sim 0.8 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 之间, 高值区位于辽河平原中部地区, 辽阳最大为 $0.9 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 。

2.3 降雪年内变化

2.3.1 月变化

从图 5 可见, 辽宁省降雪量年内各月变化呈双峰型分布, 降雪量最多出现在 3 月和 11 月, 分别占

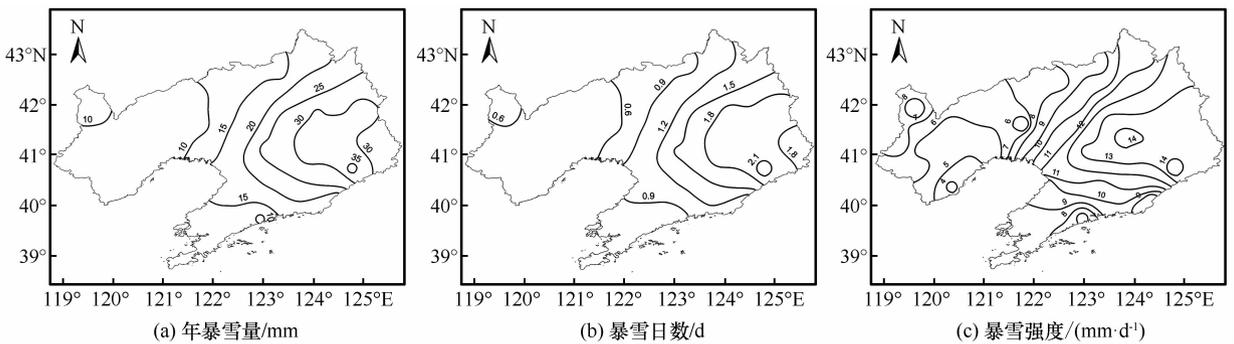


图 4 1961 - 2013 年平均年暴雪量(a)、暴雪日数(b)、暴雪强度(c)空间分布

Fig. 4 Distribution of average annual snowstorm snowfall (a), snowstorm days (b) and snowstorm intensity (c) from 1961 to 2013

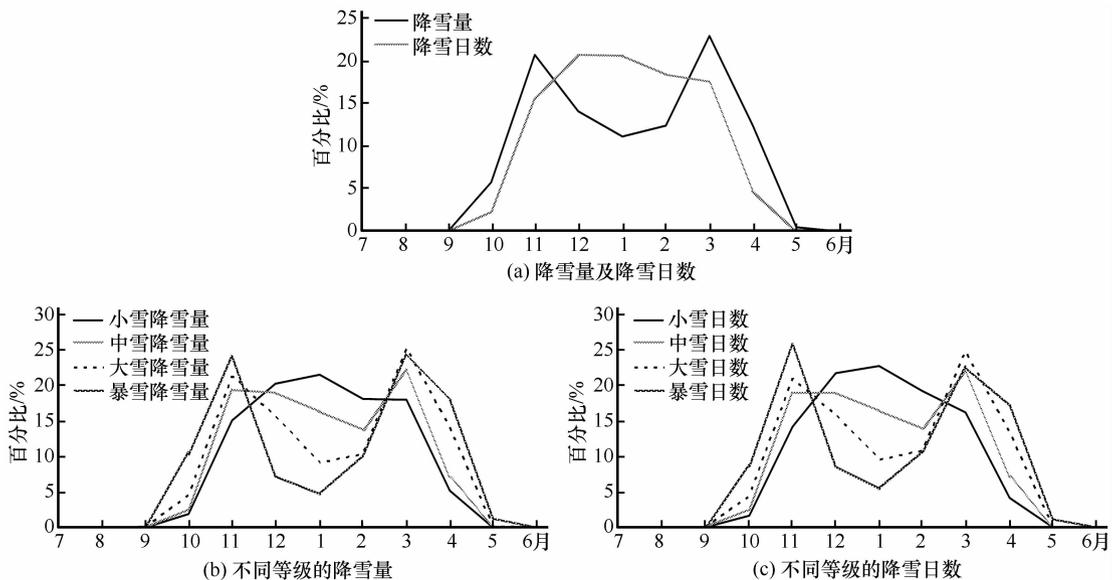


图 5 1981 - 2010 年降雪量、降雪日数在年内各月所占比例

Fig. 5 The proportions of monthly snowfall and snowfall days in the year from 1981 to 2010

年降雪量的 22.9% 和 20.7%。和降雪量有所不同，降雪日数各月变化呈单峰型分布，12 月最多，占年降雪日数的 20.7%，其次为 1 月，接近 12 月为 20.6%。

分析各月各等级降雪占相应等级降雪的比例，小雪降雪量和小雪日数呈单峰型分布，中雪、大雪以及暴雪降雪量和暴雪日数均呈双峰型分布。小雪降雪量和小雪日数在 1 月最多，分别占年小雪降雪量和小雪日数的 21.5% 和 22.8%；中雪降雪量两个高值分别在 3 月和 11 月，中雪日数最大值出现在 3 月 (21.9%)，其次为 11 月和 12 月 (均为 19.0%)；大雪降雪量、大雪日数的两个高值均出现在 3 月和 11 月；暴雪降雪量最大值在 3 月和 11 月，暴雪日数最大值出现在 11 月，其次为 3 月。可见，中雪等级以上的降雪多易发生在冬末春初，冬季向春季转换的季节。

2.3.2 旬变化

从图 6 中可以看出，降雪年内旬变化规律可以精确反映其年内变化情况。从各旬降雪分布状况来看，降雪量在 3 月中旬、3 月上旬和 11 月中旬最多，均在 8% 以上，3 月中旬和 3 月上旬降雪量多主要和降雪强度大小有关，11 月中旬降雪量的多少取决于降雪频次；降雪日数在 1 月上旬、12 月下旬和 12 月上旬最多，均超过了 7%。

分析各旬各等级降雪占相应等级降雪的比例 (图略)，小雪降雪量最多在 1 月上旬、12 月上旬和

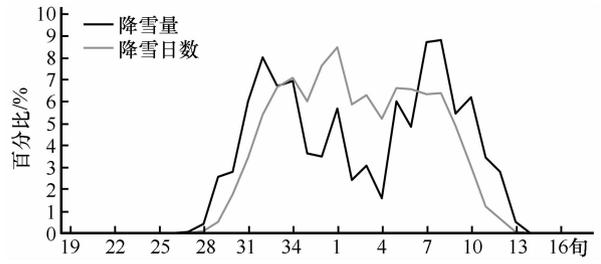


图 6 1981 - 2010 年各旬降雪量和降雪日数占年降雪量、降雪日数比例

Fig. 6 The proportions of ten-day snowfall and snowfall days in the year from 1981 to 2010

3 月中旬，小雪日数最多的时间是 1 月上旬、12 月下旬和 12 月上旬。中雪降雪量和中雪日数最多均在 12 月上旬、3 月上旬和 11 月中旬，大雪降雪量和大雪日数最多在 3 月中旬、4 月上旬和 11 月中旬，暴雪降雪量最多在 3 月上旬、11 月上旬和 11 月中旬，暴雪日数最多在 11 月中旬、3 月上旬和 11 月上旬。

2.4 年际变化

图 7 为 1961 - 2013 年平均降雪量、降雪日数、降雪强度的年际变化情况，可以看出辽宁省年降雪量以 $1.20 \text{ mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 的速率呈增加趋势 (未通过 0.05 信度检验)，即近 53 a 降雪量增加了 6.4 mm。年降雪量在 20 世纪 60 年代中后期、80 年代后期到 90 年代后期为少雪期；20 世纪 70 年代初到 80 年代中期为多雪期，2000 年以来在波动中缓慢

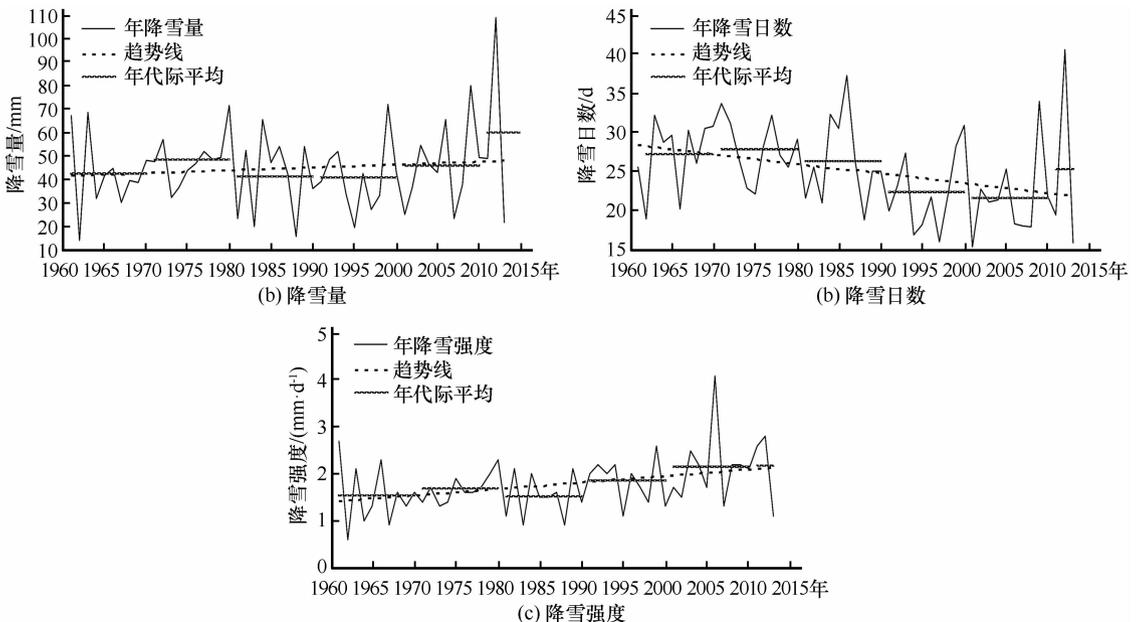


图 7 1961 - 2013 年平均降雪量 (a)、降雪日数 (b)、降雪强度 (c) 年际变化

Fig. 7 The variation of average annual snowfall (a), snowfall days (b) and snowfall intensity (c) from 1961 to 2013

表2 各等级降雪量、降雪日数、降雪强度气候倾向率

Table 2 Climate tendency of different levels of snowfall, snowfall days and snowfall intensity

要素	气候倾向率 $/(\text{mm} \cdot (10\text{a})^{-1})$	要素	气候倾向率 $/(\text{d} \cdot (10\text{a})^{-1})$	要素	气候倾向率 $/(\text{mm} \cdot \text{d}^{-1} \cdot (10\text{a})^{-1})$
降雪量	1.20	降雪日数	-1.24**	降雪强度	0.14*
微量降雪量	-	微量降雪日数	-1.16**	微量降雪强度	-
小雪量	-0.09	小雪日数	-0.24	小雪强度	无明显变化趋势
中雪量	0.21	中雪日数	0.08	中雪强度	无明显变化趋势
大雪量	0.43	大雪日数	0.06	大雪强度	无明显变化趋势
暴雪量	0.65	暴雪日数	0.04	暴雪强度	0.32

注: * 代表通过 0.05 的信度检验; ** 代表通过 0.01 的信度检验

增多。降雪量最多年份为 2012 年(108.9 mm), 较常年(42.6 mm) 偏多 66.4 mm, 最少年份为 1962 年(14 mm), 较常年偏少 28.6 mm。

年降雪日数以 $1.24 \text{ d} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 的速率呈显著减少趋势, 20 世纪 60 年代 - 90 年代降雪日数偏多, 90 年代初期开始呈波动变化, 90 年代末期和 21 世纪 00 年代初期均有明显的增加。降雪日数最多的年份为 2012 年(40.6 d), 较常年(23.5 d) 偏多 17.2 d, 最少年份为 15.4 d, 较常年偏少 8.1 d。

年降雪强度以 $0.14 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 的速率呈显著减小趋势, 20 世纪 60 年代到 90 年代降雪强度处于偏小时段, 90 年代缓慢增加, 2000 年以后, 基本在常年值以上。降雪强度最大的年份为 2006 年, 为 $4.1 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1} \cdot (10\text{a})^{-1}$, 2007 年 3 月 3 日至 5 日, 辽宁省大部分地区出现了自 1951 年有完整气象记录以来最严重的暴雪和特大暴雪天气过程。降雪强度最小的年份为 1962 年, 仅为 $0.6 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 。

从 1961 - 2013 年不同等级降雪日数及降雪量的气候倾向率来看(表 2), 降雪日数的显著减少主要表现为微量降雪日数和小雪日数的减少, 尤其是微量降雪日数, 而中雪、大雪及暴雪日数没有明显的变化趋势。降雪量的增加主要体现为中雪、大雪和暴雪降雪量的增加, 小雪降雪量呈减少趋势。降雪强度的显著增大主要是暴雪强度的增大, 而小雪、中雪及大雪强度无明显变化趋势。

2.5 年代际变化

计算降雪量距平百分率来分析降雪不同年代的分布特征。1960s 降雪量偏多区主要位于大连、丹东和本溪东部地区。1970s 为降雪量偏多时段, 降雪量偏多的高值区位于辽宁省的西部和北部地区。1980s、1990s 为降雪量偏少时段, 1980s 降雪量偏

多区域主要位于西部的朝阳和阜新、铁岭、抚顺东部山区以及大连沿海地区, 1990s 降雪量偏多区域主要位于环渤海地区。2000s, 除大连和营口地区降雪量偏少, 其余地区均为降雪量偏多区域(图 8)。

从降雪日数距平百分率来看(图 9), 1960s 全省降雪日数基本均偏多, 偏多高值区位于丹东南部地区。1970s、1980s 时段降雪日数均全省偏多, 1970s 偏多高值区仍然位于丹东地区, 1980s 降雪日数偏多高值区位于大连南部地区, 1990s 降雪日数整体偏少, 2000s 除朝阳西部地区全省降雪日数持续偏少。

2.6 各区域降雪比例

分析辽东、辽中、辽北、辽南、辽西 5 个区域不同等级降雪占总降雪的比例(表 3)。辽东地区微量降雪日数和小雪日数占年总降雪日数的 79.2%, 对应的雪量占年总降雪量的 16.8%; 其次为中雪日数, 大雪以上降雪日数占年总降雪日数的 11.3%, 但相应的降雪量占年总雪量的 65.1%。辽中地区小雪日数占年总降雪日数的比例要大于微量降雪日数, 二者所占比例为 75.3%, 对应的雪量占年总降雪量的比例为 15.2%; 其次为中雪日数, 大雪以上降雪日数占年总降雪日数的 12.9%, 相应的降雪量占年总雪量的 65.4%。辽北地区微量降雪日数和小雪日数占年总降雪日数的比例为 82.0%, 对应的雪量占年总降雪量的 20.1%; 大雪以上降雪日数占年总降雪日数的 9.0%, 相应的降雪量占年总雪量的 59.8%。辽南地区微量降雪日数和小雪日数占年总降雪日数的 79.6%, 对应的雪量占年总降雪量的 18.1%; 大雪以上降雪日数占年总降雪日数的 10.5%, 相应的降雪量占年总雪量的 62.7%。辽西地区微量降雪日数和小雪日数占年总降雪日数的

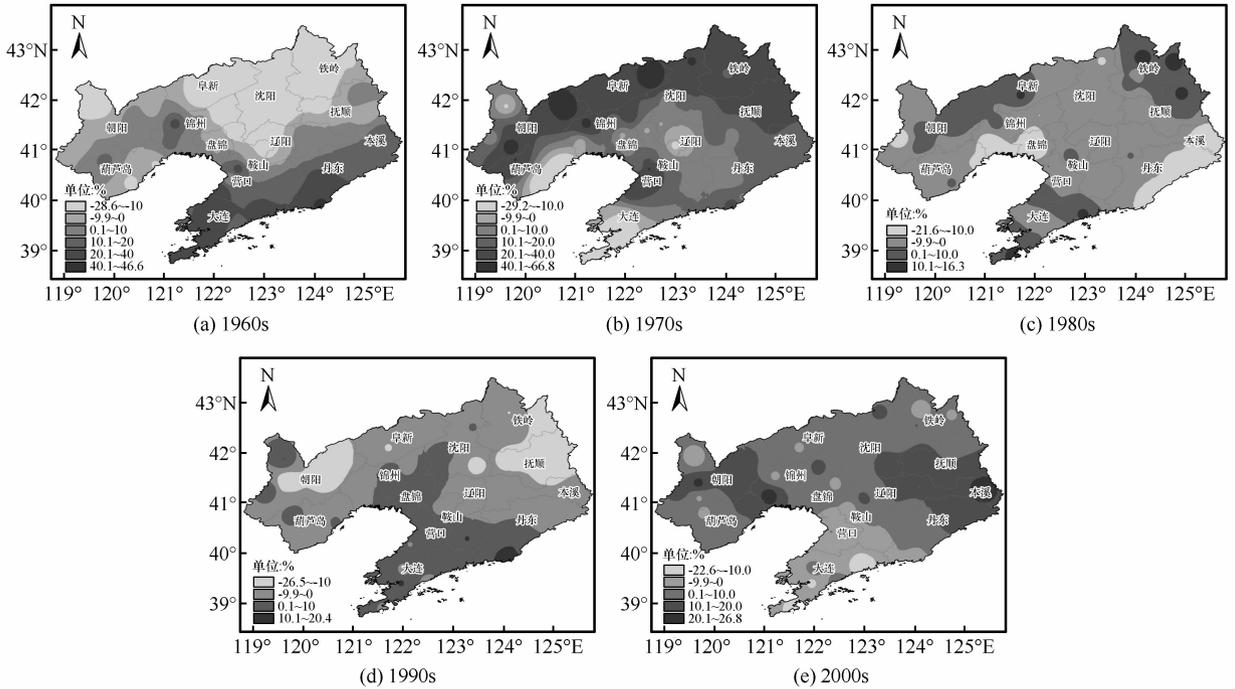


图 8 降雪量距平百分率的年代际变化特征

Fig. 8 Inter-decadal variations of snowfall anomaly percentage in the 1960s (a), 1970s (b), 1980s (c), 1990s (d) and 2000s (e)

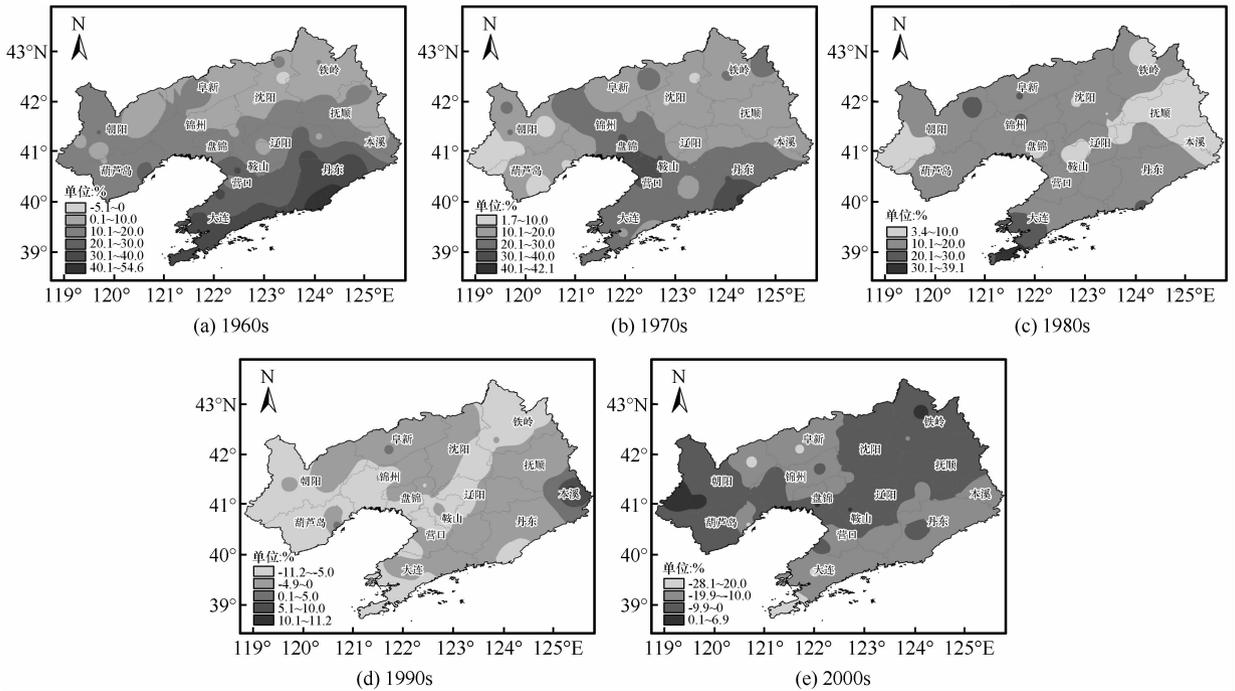


图 9 降雪日数距平百分率的年代际变化特征

Fig. 9 Inter-decadal variations of snowfall days anomaly percentage in the 1960s (a), 1970s (b), 1980s (c), 1990s (d) and 2000s (e)

83.1%，对应的雪量占年总降雪量的 20.9%；大雪以上降雪日数占年总降雪日数的 8.4%，但相应的降雪量占年总雪量的 59.4%。各等级降雪量占总

降雪量的比例，均以暴雪量比例最大。

可见，对于各个区域来说，除辽东地区以微量降雪日数所占比例最大，其余四个区域均以小雪日

表3 不同区域各级降雪日数、降雪量占总降雪日数、降雪量百分比(1961-2013年)(%)

Table 3 The percentage of snowfall days and snowfall of different levels of total snowfall days and snowfall in different regions from 1961 to 2013 (%)

	微量降雪日数	小雪日数	小雪量	中雪日数	中雪量	大雪日数	大雪量	暴雪日数	暴雪量
辽东	75.0	4.2	16.8	9.6	18.2	6.7	25.1	4.6	40.0
辽中	34.7	40.6	15.2	11.9	19.4	7.6	24.4	5.3	41.0
辽北	37.3	44.7	20.1	9.0	20.1	5.6	24.1	3.5	35.7
辽南	38.2	41.4	18.1	10.0	19.2	6.5	25.1	4.0	37.6
辽西	40.9	42.2	20.9	8.5	19.6	5.3	24.7	3.1	34.7

数所占比例最大,各区域微量降雪日数和小雪日数基本占年总降雪日数的75%以上;各区域大雪以上降雪日数占年总降雪日数的比例不足15%,但相应的降雪量基本占年总雪量的60%以上(65.1%、65.4%、59.8%、62.7%和59.4%)。发生频数较少的大雪及暴雪对各地区降雪量的贡献要大于中雪。

2.7 空间变化趋势

图10为1961-2013年降雪量、降雪日数、降雪强度变化趋势(图10a、10c、10e)及其平均相对变率(图10b、10d、10f)的空间分布,黑色“+”和白色“×”分别代表负变化趋势和正变化趋势通过0.05的信度检验。降雪量在辽东山区、环渤海地区呈减少趋势,中部辽河平原和辽西北地区降雪量呈增加趋势,全省52个站中有34个站(65.4%)呈增

加趋势,但仅有鞍山站($8.9 \text{ mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$)的变化趋势通过了0.05的信度检验,降雪量减少速率最大为东港($3.1 \text{ mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$)。从平均相对变率来看,辽东山区降雪量变率较小在30以下,辽西西部和环渤海地区变率均在40以上。说明降雪量的年内波动辽西要大于辽东山区。

降雪日数全省52个站中有50个站(96.2%)呈减少趋势,其中有22个站显著减少,减少地区主要位于环渤海地区及辽东山区南部。本溪西部、丹东、营口中部和大连南部地区减少速率在 $2.0 \text{ d} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 以上,减少中心位于丹东草河口($4.8 \text{ d} \cdot (10\text{a})^{-1}$),辽西和辽宁北部地区减少速率以 $0.5 \sim 1.0 \text{ d} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 为主,全省只有法库一个站以 $0.1 \text{ d} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 速率呈增加趋势。从平均相对变率来看,辽东山区变率在20以下,辽河平原北部地区

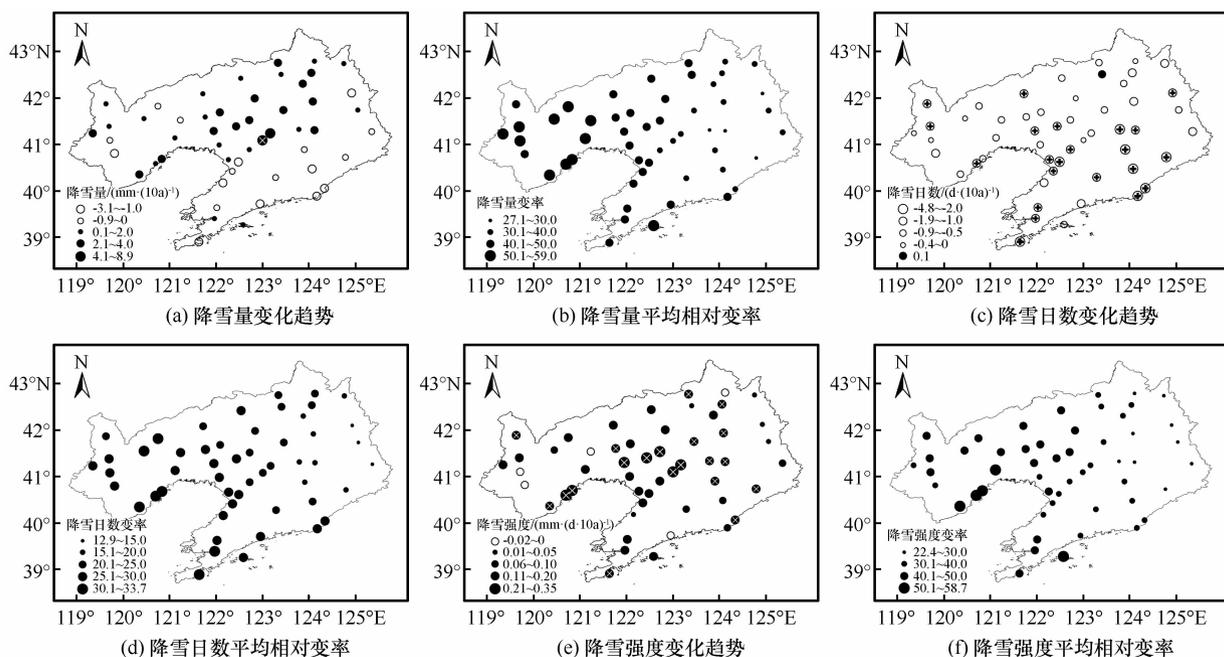


图10 1961-2013年降雪量、降雪日数、降雪强度变化趋势及平均相对变率空间分布

Fig. 10 The spatial distribution of variation trend and average relative variability of snowfall, snowfall days and snowfall intensity from 1961 to 2013

表4 1961-2013年不同等级降雪量、降雪日数及降雪强度变化趋势达到0.05信度检验的站数

Table 4 The number of stations with secular trend (significant at the 0.05 level) for different levels of snowfall, snowfall day and snowfall intensity from 1961 to 2013

	站数	小雪	中雪	大雪	暴雪
降雪量	正趋势	19(0)	33(3)	36(1)	31(1)
	负趋势	33(4)	19(0)	16(0)	21(0)
降雪日数	正趋势	13(0)	34(1)	38(2)	31(2)
	负趋势	39(4)	18(0)	14(0)	21(0)
降雪强度	正趋势	37(4)	23(2)	26(0)	34(1)
	负趋势	15(2)	29(2)	26(0)	18(1)

在20~25之间,环渤海、辽西和大连地区在25以上,朝阳东部、葫芦岛东部和大连南部地区达到30以上。与降雪量变率分布一致,辽西山区降雪日数为变率较大地区。

降雪强度52个站中有47个站(90.4%)呈增大趋势,3个站变化趋势为0,2个站呈微弱减小趋势(均为 $-0.02 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1} \cdot (10\text{a})^{-1}$)。辽河平原南部及辽东山区西部呈显著增大趋势,葫芦岛站增加最为显著为 $0.35 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1} \cdot (10\text{a})^{-1}$,辽东山区东部不足 $0.05 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 。从平均相对变率来看,中部和东部地区在30~40之间,辽东山区除丹东外变率均在30以下,大连南部和辽西在40~50之间。

表4为不同等级降雪量、降雪日数及降雪强度变化趋势达到0.05信度检验的站数,括号外数字为正趋势或负趋势的站点数,括号内数字为正趋势或负趋势通过0.05信度检验的站点数。对于不同

等级降雪量和降雪日数,小雪量、小雪日数均以减少趋势为主,中雪、大雪和暴雪降雪量和降雪日数均以增加趋势为主,增加趋势的站点占全部站点的59%以上,减少趋势的站点变化均不显著。小雪和暴雪强度全省均以增大为主,占全部站点的65%以上,中雪强度全省以减少趋势为主,其中56%的站点呈减少趋势,大雪强度全省增大和减少趋势的站点各占50%。从区域分布来看,大连南部、丹东地区不同等级降雪量、降雪日数均呈减少趋势;沈阳北部、朝阳凌源地区小雪降雪量、降雪日数均呈增加趋势;中雪和大雪降雪量、降雪日数增加地区主要位于辽宁北部、辽东山区的部分地区以及鞍山东部地区;暴雪降雪量、降雪日数增加中心位于鞍山东部地区(图略)。

2.8 降雪贡献率

2.8.1 降雪量

图11为1961-2013年各等级降雪量贡献率变

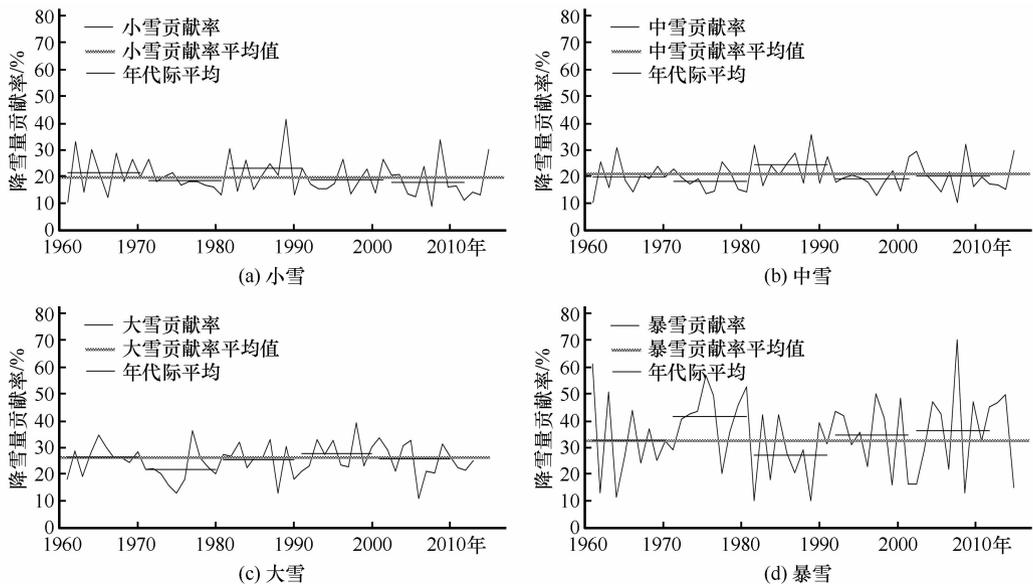


图11 1961-2013年各等级降雪量贡献率变化特征

Fig. 11 Variation of the proportion of different levels of snowfall from 1961 to 2013, light snow (a), moderate snow (b), heavy snow (c) and snowstorm (d)

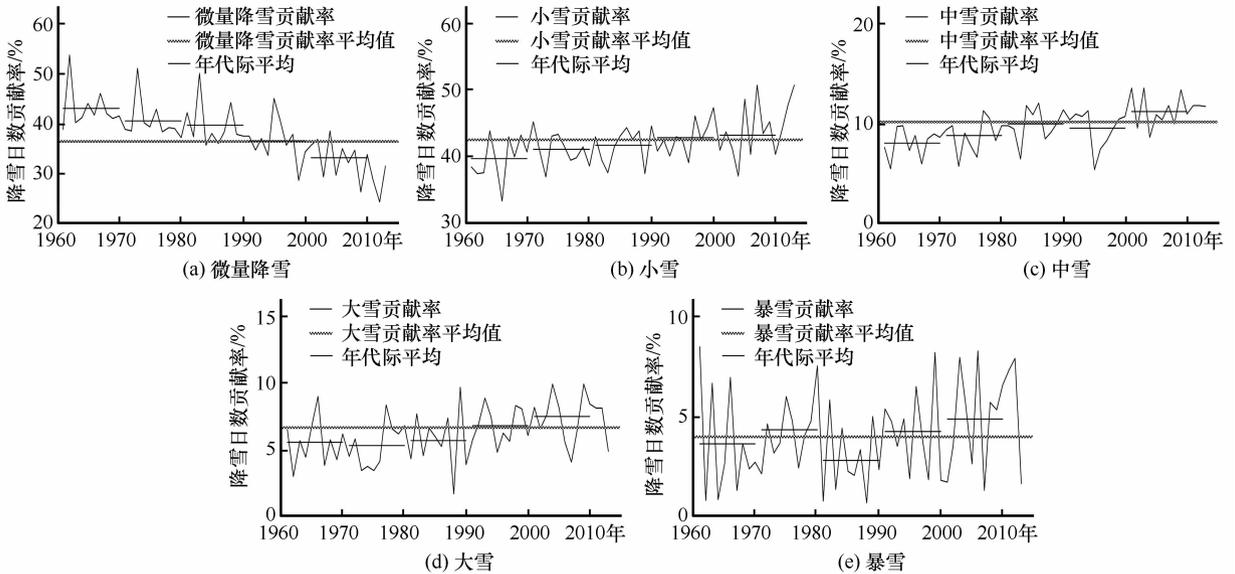


图 12 1961 - 2013 年各等级降雪日数贡献率变化特征

Fig. 12 Variation of the proportion of different levels of snowfall days from 1961 to 2013, trace snow (a), light snow (b), moderate snow (c), heavy snow (d) and snowstorm (e)

化特征,可以看出,小雪降雪量贡献率以 $0.61\% \cdot (10a)^{-1}$ 的速率呈下降趋势,中雪、大雪和暴雪降雪量贡献率分别以 $0.11\% \cdot (10a)^{-1}$ 、 $0.27\% \cdot (10a)^{-1}$ 和 $0.23\% \cdot (10a)^{-1}$ 的速率呈上升趋势,但变化趋势均未通过 0.05 的信度检验。2000 年以来(2001 - 2013 年),小雪和暴雪降雪量贡献率分别以 0.61% 和 5.50% 的速率呈上升趋势,而中雪和大雪降雪量贡献率则以 1.27% 和 4.80% 的速率呈下降趋势,只有大雪通过了 0.05 的信度检验。从年代际平均来看,20 世纪 80 年代以后,小雪降雪量贡献率逐年代递减,暴雪降雪量贡献率逐年代递增。

2.8.2 降雪日数

图 12 为 1961 - 2013 年各等级降雪日数贡献率变化特征,可以看出,微量降雪日数贡献率以 $2.65\% \cdot (10a)^{-1}$ 的速率呈显著下降趋势,小雪、中雪、大雪和暴雪日数贡献率分别以 $1.13\% \cdot (10a)^{-1}$ 、 $0.72\% \cdot (10a)^{-1}$ 、 $0.51\% \cdot (10a)^{-1}$ 和 $0.30\% \cdot (10a)^{-1}$ 的速率呈上升趋势,其中小雪、中雪、大雪日数的变化趋势均通过了 0.05 的信度检验。2000 年以来(2001 - 2013 年),微量降雪日数贡献率以 $6.14\% \cdot (10a)^{-1}$ 的速率呈显著下降趋势,大雪日数贡献率以 $0.54\% \cdot (10a)^{-1}$ 呈微弱下降趋势,小雪、中雪和暴雪日数贡献率分别以 $5.23\% \cdot (10a)^{-1}$ 、 $0.28\% \cdot (10a)^{-1}$ 和 $1.33\% \cdot (10a)^{-1}$ 速率呈上升趋势,其中只有小雪变化趋势

通过了 0.05 的信度检验。从年代际平均来看,20 世纪 80 年代以后,微量小雪日数贡献率持续减少,小雪日数、大雪日数和暴雪日数贡献率持续增加。

2.9 降雪量、降雪日数、降雪强度与纬度、海拔的关系

辽宁省东、西部降雪有着明显差异,表 5 给出了全省、辽宁东部和辽宁西部降雪量、降雪日数、降雪强度与纬度、海拔的相关系数。随着纬度升高和海拔增高,全省、东部和西部地区总降雪量和降雪日数均表现为增加趋势,总降雪强度表现为减小趋势。

随纬度升高和海拔增高,全省小雪降雪量、降雪日数呈显著增加趋势,中雪降雪量和降雪日数仅随纬度升高而增加,其他级别的降雪量和降雪日数变化趋势不明显。东部地区不同级别降雪量和降雪日数、西部地区小雪以及暴雪的降雪量和降雪日数均随纬度升高和海拔增高而增加,西部地区中雪以及大雪的降雪量和降雪日数均随海拔增高显著增加。

全省、东部和西部小雪降雪强度均随纬度升高和海拔增高而减小,全省的中雪强度随海拔增高而减小,大雪强度和暴雪强度与二者无显著关系。东部地区中雪、大雪和暴雪强度均随纬度升高和海拔增高而增加,西部地区中雪强度随纬度增加减小,但是与海拔无显著关系,大雪强度随纬度增加而增加,暴雪强度随纬度升高和海拔增高而有所增加。

表5 降雪量、降雪日数、降雪强度与纬度、海拔的相关系数

Table 5 Correlation coefficients of snowfall, snowfall days and snowfall intensity with latitude and altitude

		全省		东部		西部	
		纬度	海拔	纬度	海拔	纬度	海拔
降雪量	总雪量	0.214	0.151	0.810 *	0.876 *	0.480 *	0.623 *
	小雪	0.346 *	0.279 *	0.877 *	0.938 *	0.540 *	0.639 *
	中雪	0.252	0.092	0.886 *	0.711 *	0.117	0.345 *
	大雪	0.156	0.143	0.618 *	0.884 *	0.246	0.340 *
	暴雪	0.171	0.124	0.759 *	0.805 *	0.501 *	0.581 *
降雪日数	总雪日	0.320 *	0.325 *	0.829 *	0.959 *	0.562 *	0.690 *
	小雪	0.379 *	0.323 *	0.870 *	0.893 *	0.592 *	0.644 *
	中雪	0.251	0.107	0.879 *	0.692 *	0.079	0.365 *
	大雪	0.158	0.141	0.618 *	0.707 *	0.240	0.399 *
	暴雪	0.174	0.124	0.790 *	0.663 *	0.311 *	0.575 *
降雪强度	总强度	-0.217	-0.435 *	-0.311 *	-0.401 *	-0.318 *	-0.272 *
	小雪	-0.321 *	-0.430 *	-0.285 *	-0.534 *	-0.448 *	-0.181
	中雪	0.124	-0.150	0.709 *	0.350 *	-0.257 *	-0.019
	大雪	0.073	0.003	0.699 *	0.924 *	0.480 *	0.140
	暴雪	0.182	0.082	0.780 *	0.856 *	0.603 *	0.569 *

注: * 为通过 0.05 的信度检验

3 结论

利用逐日降水量及降雪天气现象资料提取出逐日降雪数据,分析辽宁省 1961-2013 年降雪的变化特征如下:

(1) 降雪量、降雪日数均呈经向分布,空间分布上山地要大于平原地区,由东部山区向沿海地区减少;降雪强度中心位于辽宁中部城市群所在的平原地区。

(2) 降雪量和降雪日数年内各月变化分别呈双峰型和单峰型分布,降雪量最多出现在 3 月和 11 月,分别占年降雪量的 22.9% 和 20.7%。降雪日数最多出现在 12 月,占年降雪日数的 20.7%。小雪降雪量和小雪日数均在 1 月最大,中雪降雪量和中雪日数、大雪降雪量和大雪日数均在 3 月达到最大,暴雪降雪量和暴雪日数最大值均出现在 3 月和 11 月。从降雪年内各旬的分布状况来看,降雪日数在 12 月上旬最大,而降雪量最大值出现在 11 月中旬。

(3) 1961-2013 年,年降雪量以 $1.20 \text{ mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 的速率呈增加趋势,年降雪日数以 $1.24 \text{ d} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 的速率呈显著减少趋势,年降雪强度以 $0.14 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 的速率呈显著减小趋势。

降雪日数的显著减少主要表现为微量降雪日数和小雪日数的减少,尤其是微量降雪日数;降雪量的增加主要体现为中雪、大雪和暴雪降雪量的增加,而小雪降雪量呈减少趋势。降雪强度的显著增大主要表现为暴雪强度的增大。

(4) 降雪量的年代际分布表明 1960s、1970s 为降雪整体偏多时段,1980s 为降雪整体偏少时段,1990s 以来降雪开始增加。降雪日数在 1960s 整体偏多,1970s 和 1980s 全省持续一致偏多,1990s 开始减少。

(5) 不同区域各等级降雪日数占总降雪日数的比例,辽东地区微量降雪日数比例最大,辽西、辽中、辽北和辽南四个区域均以小雪日数比例最大。各级降雪量占总降雪量的比例,均以暴雪量比例最大。各区域微量降雪日数和小雪日数基本占年总降雪日数的 75% 以上,各区域大雪以上降雪日数占年总降雪日数的比例不足 15%,但相应的降雪量均占年总降雪量的 60% 以上。发生频数较少的大雪及暴雪对各地区降雪量的贡献要大于中雪。

(6) 全省降雪量有 65.4% 站点呈增加趋势,降雪日数有 96.2% 的站点呈减少趋势,降雪强度有 90.4% 站点呈增大趋势,辽西地区各要素变率均大于辽东山区。对于不同等级降雪,小雪量、小雪日

数均呈减少趋势,中雪、大雪和暴雪降雪量和降雪日数均以增加趋势为主。小雪和暴雪强度全省均以增大为主,中雪强度全省以减少趋势为主,大雪强度全省增大和减小趋势的站点各占 50%。

(7) 各级别降雪量和降雪日数贡献率变化并不一致,小雪量贡献率呈下降趋势,中雪、大雪和暴雪降雪量贡献率呈上升趋势。微量降雪日数贡献率呈显著下降趋势,小雪、中雪、大雪和暴雪日数贡献率呈上升趋势。

(8) 总降雪量(降雪日数)和各等级降雪量(降雪日数)均随着纬度升高(海拔增高)而增加,总降雪强度和小雪强度表现为减小趋势。

参考文献 (References):

- [1] Stocker T F, Qin Dahe, Plattner G K, et al. Climate change 2013: The physical science basis [J]. Intergovernmental Panel on Climate Change, Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report (AR5) (Cambridge Univ Press, New York), 2013.
- [2] Xu Xingkui. Spatiotemporal variation and regional distribution characteristics of snowfall in China from 1970 to 2000 [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2011, 33(3): 497-503. [徐兴奎. 1970-2000 年中国降雪量变化和区域性分布特征 [J]. 冰川冻土, 2011, 33(3): 497-503.]
- [3] Liu Yulian, Ren Guoyu, Yu Hongmin, et al. Climatology of Snow in China [J]. Scientia Geographica Sinica, 2012, 32(10): 1176-1185. [刘玉莲, 任国玉, 于宏敏. 中国降雪气候学特征 [J]. 地理科学, 2012, 32(10): 1176-1185.]
- [4] Zhang Zhifu, Xi Shuang, Liu Na, et al. Snowfall change characteristics in China from 1961 to 2012 [J]. Resources Science, 2015, 37(9): 1765-1773. [张志富, 希爽, 刘娜, 等. 1961-2012 年中国降雪时空变化特征分析 [J]. 资源科学, 2015, 37(9): 1765-1773.]
- [5] Liu Yulian, Ren Guoyu, Yu Hongmin, et al. Climatic characteristics of intense snowfall in China with its variation [J]. Journal of Applied Meteorological Science, 2013, 24(3): 304-313. [刘玉莲, 任国玉, 于宏敏, 等. 我国强降雪气候特征及其变化 [J]. 应用气象学报, 2013, 24(3): 304-313.]
- [6] Zang Haijia. Temporal and spatial distribution characters of the snowfall with various intensities during 1954-2005 in China [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2009, 37(13): 6064-6066. [臧海佳. 近 52 年我国各强度降雪的时空分布特征 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37(13): 6064-6066.]
- [7] Jiang Yi, Qian Weihong. Regional characteristics of heavy snowfall or snowstorm in Inner Mongolia [J]. Acta Geographica Sinica, 2003, 58(S1): 38-48. [江毅, 钱维宏. 内蒙古大(暴)雪的区域特征 [J]. 地理学报, 2003, 58(S1): 38-48.]
- [8] Yang Lianmei, Yang Tao, Jia Lihong, et al. Analyses of climate characteristics and water vapor of heavy snow in Xinjiang region [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2005, 27(3): 389-396. [杨莲梅, 杨涛, 贾丽红, 等. 新疆大-暴雪气候特征及其水汽分析 [J]. 冰川冻土, 2005, 27(3): 389-396.]
- [9] Hu Haoran, Liang Ling. Temporal and spatial variations of snowfall in the east of Qinghai-Tibet Plateau in the last 50 years [J]. Acta Geographica Sinica, 2014, 69(7): 1002-1012. [胡豪然, 梁玲. 近 50 年青藏高原东部降雪的时空演变 [J]. 地理学报, 2014, 69(7): 1002-1012.]
- [10] Sun Jianhua, Zhao Siwei. A numerical simulation of snowfall in North China on 7 December 2001 [J]. Climatic and Environmental Research, 2003, 8(4): 387-401. [孙建华, 赵思维. 华北地区“12.7”降雪过程的数值模拟研究 [J]. 气候与环境研究, 2003, 8(4): 387-401.]
- [11] Sun Xiuzhong, Sun Zhaobo, Luo Yong. Characteristics of snowfall from 1960 to 2005 in northeast China [J]. Journal of Meteorology and Environment, 2010, 26(1): 1-5. [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.]
- [12] Wang Ji, Zhao Chunyu, Lou Dejun. Variations of winter snow concentration degree and snow concentration period in Northeast China [J]. Acta Geographica Sinica, 2010, 65(9): 1069-1078. [王冀, 赵春雨, 娄德君. 东北地区冬季降雪的集中度和集中期变化特征 [J]. 地理学报, 2010, 65(9): 1069-1078.]
- [13] Zhao Chunyu, Wang Ji, Yan Xiaoyu, et al. Climatic characteristics and regionalization of winter snowfall in Northeast China [J]. Journal of Natural Disasters, 2009, 18(5): 29-35. [赵春雨, 王冀, 严晓瑜, 等. 东北地区冬季降雪的气候特征及其区划 [J]. 自然灾害学报, 2009, 18(5): 29-35.]
- [14] Wang Huijun, He Shengping. The interdecadal increase of snowfall in Northeast China in winter and its relation to the decrease of winter monsoon in East Asia [J]. Chinese Science Bulletin, 2013, 58(8): 629-633. [王会军, 贺圣平. 我国东北冬季降雪的年代际增多及其与冬季风减弱关系 [J]. 科学通报, 2013, 58(8): 629-633.]
- [15] Li Bangdong. Spatial and temporal variation of precipitation and analysis on the factors affecting snowfall in Northeast China in recent 50 years [D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2013. [李邦东. 近 50 年东北地区降水时空变化及降雪影响因子分析 [D]. 兰州: 兰州大学, 2013.]
- [16] Yu Entao. High resolution numerical simulation of seasonal snow in Northeast China [J]. Chinese Science Bulletin, 2013, 58(8): 690-698. [于恩涛. 我国东北地区季节降雪高分辨率数值模拟 [J]. 科学通报, 2013, 58(8): 690-698.]
- [17] Bai Renhai, Zhang Zhixiu, Gao Yuzhong. Synoptic analysis and numerical simulation of area snowstorms in Northeast China [J]. Meteorological Monthly, 2008, 34(4): 22-29. [白人海, 张志秀, 高煜中. 东北区域暴雪天气分析及数值模拟 [J]. 气象, 2008, 34(4): 22-29.]
- [18] Wang Ying, Zhao Chunyu, Yan Xiaoyu, et al. Changing characteristics of snowfall and snowfall days in Liaoning Province during 1961-2007 [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2011, 33(4): 729-737. [王颖, 赵春雨, 严晓瑜, 等. 1961-2007 年辽宁省降雪量和降雪日数的气候变化特征 [J]. 冰川冻土, 2011, 33(4): 729-737.]
- [19] Zhao Chunyu, Wang Ying, Li Dongliang, et al. Climate change characteristic of the beginning and ending dates of snowfall in winter half year of Liaoning Province [J]. Plateau Meteorology, 2010, 29(3): 755-762. [赵春雨, 王颖, 李栋梁, 等. 辽宁省冬半年降雪初终日的气候变化特征 [J]. 高原气象, 2010, 29(3): 755-762.]
- [20] Jiang Dakai, Min Jinzhong, Yan Qi, et al. Comparative analysis on two types of snow process and quantitative indicators of snow forecast in Liaoning Province [J]. Journal of the Meteorological Sciences, 2012, 32(2): 219-225. [蒋大凯, 闵锦忠, 阎琦,

- 等. 辽宁两类降雪过程的对比及定量降雪预报指标[J]. 气象科学, 2012, 32(2): 219-225.]
- [21] Tian Li, Yan Qi, Lu Jinglong, et al. The enhancement mechanism analysis of low vortex in a snowstorm over Liaoning Province[J]. Journal of Meteorology and Environment, 2017, 33(1): 12-18. [田莉, 阎琦, 陆井龙, 等. 辽宁地区一次暴雪过程低涡增强机制分析[J]. 气象与环境学报, 2017, 33(1): 12-18.]
- [22] Jiang Dakai, Qiao Xiaoshi, Zhang Ningna, et al. Diagnosis of dynamical conditions on snowstorm in February of 2009 over Liaoning Province[J]. Journal of Meteorology and Environment, 2012, 28(1): 17-23. [蒋大凯, 乔小澍, 张宁娜, 等. 2009年2月辽宁一次暴雪过程动力条件诊断[J]. 气象与环境学报, 2012, 28(1): 17-23.]

Variation characteristics of different levels of snow in Liaoning Province

ZHOU Xiaoyu, ZHAO Chunyu, CUI Yan, LIU Mingyan, AO Xue, LIN Rong, ZHANG Haina
(Regional Climate Center of Shenyang, Shenyang 110166, China)

Abstract: Based on the daily snowfall data extracting from the daily precipitation data and snowfall weather data in Liaoning Province, the temporal and spatial characteristics of different levels of snowfall from 1961 to 2013 are analyzed by using a series of statistical methods. The results show that: The spatial distribution of snowfall and snowfall days is larger in mountainous region than that of plain area, reducing from northeast to the southwest; the snow intensity center is located in the plain area of the central city group of Liaoning Province. The snowfall and snowfall days showed patterns of double and single peaks distribution in the year, the snow level above the moderate snow is more happened in the late winter and early spring. The annual snowfall increased, and the annual snowfall days and snowfall intensity all decreased; The significant reduction of snowfall days are mainly due to the decrease of days of trace snow and light snow, especially the trace snow days, the significant increase of snowfall intensity is mainly due to the increase of snowstorm intensity. The periods of 1960s and 1970s witnessed more snowfalls, since the 1990s, the snowfall has increased and snowfall days has decreased. The proportion of snowfall to total snowfall in different regions, in Liaodong the trace snow snowfall days have the highest value, in the other areas the light snowfall days and the snowstorm snowfal have the largest percentage. For the snowfall there are 65.4% of the sites showed increasing trends, the snowfall days decreased by 96.2%, and the snowfall intensity increased by 90.4%, the snow variable ratio in the western region is larger than the east region. The proportion of the light snow snowfall and the trace snow days all showed decreasing trends, the contribution rate of the other different levels of snow have rising trends. The total and different levels of snowfall (snowfall days) increased with the increasing of latitude (altitude), and the total snowfall intensity and light snowfall intensity decreased.

Key words: Liaoning Province; snowfall; spatial and temporal variation

(本文编辑: 周成林)