

DOI:10.7522/j.issn.1000-0240.2018.0054
LU Guirong, YANG Chengfang, CHENG Pan, et al. Analysis of the climate characteristics of snowfall in southeastern Shandong Province from 1961 to 2015[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2018, 40(3): 492–500. [陆桂荣, 杨成芳, 程攀, 等. 1961–2015年我国鲁东南地区降雪的气候特征分析[J]. 冰川冻土, 2018, 40(3): 492–500.]

1961–2015 年我国鲁东南地区降雪的气候特征分析

陆桂荣¹, 杨成芳², 程攀³, 吕相娟¹, 丁凡¹
(1. 日照市气象局, 山东 日照 276826; 2. 山东省气象台, 山东 济南 250031; 3. 中国人民解放军 94782 部队, 浙江 杭州 310021)

摘 要: 利用鲁东南地区 18 个代表站 1961–2015 年的逐日降水量、逐日天气现象、积雪深度资料, 对近 55 a 来降雪的气候特征进行了统计分析。结果表明: 鲁东南地区年均降雪日数、强降雪日数、降雪量、强降雪量及年均雪深、年最大积雪深度的空间分布总体上山区多于平原和沿海, 区域差异明显。21 世纪 00 年代以前为多雪时期, 以后为少雪时期。近 55 a 的年均降雪日数、强降雪日数、降雪量、强降雪量及年均雪深、年最大积雪深度皆呈减少趋势, 降雪由多转少的转折年份均在 1993 年, 年均雪深、年最大积雪深度的减少分别出现在 1987 年、1986 年。鲁东南地区降雪主要集中在 1–2 月份, 3 月份强降雪量最大, 平均雪深、最大积雪深度的最大月份分别出现在 11 月份、3 月份。降雪时段为 10 月 23 日–次年 4 月 28 日, 降雪的初终日西北部山区皆为最早。降雪日数、强降雪日数、降雪量、强降雪量、雪深均存在 3 a 的周期, 最大积雪深度存在 4~5 a 的周期。

关键词: 鲁东南地区; 降雪; 气候特征

中图分类号: P426.63 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-0240(2018)03-0492-09

0 引言

降雪是山东冬半年的主要天气之一^[1], 对于农作物的生长、净化空气十分有利。但冬季的降雪过程随着气温的升降降水相态变化复杂, 降雪的出现也可能造成较严重的灾害。近年来, 国内许多气象学者对冬季降雪和积雪从气候学上进行了大量的研究, 并得出了一系列有价值的研究成果。孙秀忠等^[2]分析了 1960–2005 年我国降雪的时空分布、演变特征和长期气候趋势, 表明我国平均年降雪量总体呈弱的减少趋势, 东北区北部、西北区西部的降雪量呈明显增加趋势, 长江中下游、西北区东部和东北区南部、华北、西南区、高原区降雪在减少。仪清菊等^[3]分析了北京 1980–1994 年降雪的天气气候特点显示, 北京降雪量年际变化率大, 11 月降雪量最大, 初雪日次数最多。赵勇等^[4]采用新疆北部 1961–2009 年的逐日降水资料分析发现, 北疆

冬季降水呈明显的增加趋势。蒋文轩等^[5]研究指出青藏高原 1980–1990 年代期间降雪明显偏多, 大约 1970 年代中期发生了由少雪到多雪的突变现象。赵春雨等^[6]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。周晓宇等^[7]研究发现 1961–2013 年辽宁省年降雪量增加, 年降雪日数(降雪强度)显著减少(减小)。马丽娟等^[8]的研究结果表明 1957–2009 年积雪深度的显著正趋势主要位于内蒙古东部、东北北部、新疆西北部和青藏高原东北部, 而东北东南部、华北大部和青藏高原南部为显著负趋势。肖王星等^[9]研究发现北京–张家口地区整体的积雪期在减少, 积雪覆盖率的最大值出现在 1 月。李玉婷等^[10]研究指出四川省 2003–2012 近 10 a 的积雪覆盖面积呈现微弱的下降趋势。

由于山东省的降雪多集中出现在中北部地区,

收稿日期: 2017-10-31; 修订日期: 2018-03-22
基金项目: 国家自然科学基金项目(41475038); 山东省气象局预报员专项(SDYBY2016-11); 中国气象局预报员专项(CMAYBY2018-042); 日照市气象局科研课题(2018rzqx06)资助
作者简介: 陆桂荣(1973–), 女, 山东梁山人, 高级工程师, 2016 年在南京信息工程大学获硕士学位, 从事天气与气候研究。
E-mail: lgr2200@126.com
通信作者: 杨成芳, E-mail: cf_yang70@hotmail.com.

过去对降雪的研究和总结主要面向以上区域。冷流降雪作为山东半岛的特色天气之一,周淑玲等^[11]分析了山东半岛冬季冷流暴雪的气候特征及时空分布,杨成芳等^[12]认为11月渤海海温可作为山东半岛冬季冷流降雪的前兆信号。杨晓霞等^[13]对比分析了鲁西南、鲁西北和鲁中西部的两次暴雪天气,指出两者降雪稳定性差异在于中低层冷空气影响时间不同。周雪松等^[14]则探讨了物理量诊断的对流不稳定存在与否是区别鲁西北、鲁中和半岛北部地区的两次早春暴雪过程“雷打雪”和常规暴雪的重要标志。孙莎莎等^[15]研究得出冷空气较弱是济南地区“12·13”降水过程降水相态发生二次转换的主要原因。以上研究成果为山东省降雪预报提供了参考依据,由于山东省地形多样,从气候角度对鲁东南区域不同地理环境的降雪特征还鲜有报道。鲁东南地区位于山东省的东南部,东临黄海,南部与江苏省相连,处于中国南方与北方的过渡地带,受海陆分布和地形影响,降雪具有明显的地域性特征。本文选取鲁东南地区降雪为研究对象,分析其气候特征和变化规律,以期为提高该区域的降雪预报准确率提供技术支撑。

1 资料方法及研究区概况

1.1 资料和方法

本文所用资料是由山东省气象局信息中心资料室提供的鲁东南地区 18 个代表站的逐日降水量、逐日天气现象、积雪深度资料。

降雪量是根据逐日降水量和逐日天气现象两个参数统计的。定义日降雪量为当日有降雪或雨夹雪天气现象且 24 h (北京时间 20:00 - 次日 20:00) 降水量 ≥ 0.1 mm, 强降雪量为日降雪量 ≥ 5.0 mm。以当年 10 月至翌年 4 月为当年降雪年度, 建立各个站点的年降雪序列。由于鲁东南地区 18 个代表站建站时间不一, 枣庄的峄城、薛城和台儿庄建站时间较晚, 资料起始时间为 1977 年, 其余站为 1961 年。

为分析鲁东南降雪的时空分布特征,采用了线性趋势分析方法、累计距平曲线^[16]和 Morlet 小波分析^[17]。

1.2 鲁东南地区概况

鲁东南地区属暖温带季风区大陆性气候,地形复杂,有沿海、丘陵、山地、平原,行政区划包括临沂市、枣庄市和日照市(图1)。该区地处我国地势第三级阶梯的东缘、鲁中南山地丘陵的东部,东临

黄海,地势西北高东南低,蒙山、沂山均呈西北—东南向延伸,海拔在千米以上,山势由西北向东南逐渐降低^[18]。按地形特征划分为西北部山区、中部低山丘陵区、南部平原区和东部沿海。西北部山区平均海拔 200~1 000 m,中部低山丘陵区平均海拔 100~500 m,南部平原区平均海拔 20~200 m,东部沿海平均海拔低于 40 m。

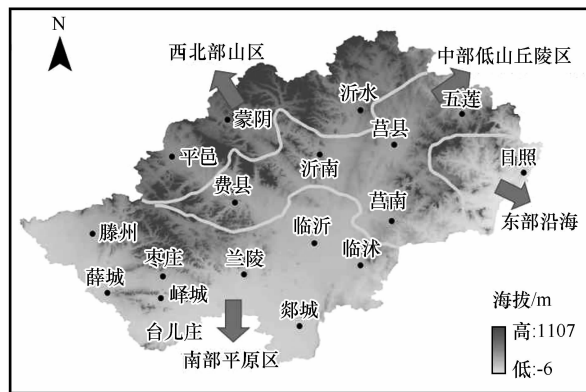


图 1 鲁东南地区地形图

Fig. 1 Topographic map of southeastern Shandong Province

2 降雪空间变化特征

2.1 降雪分布特点

图 2(a)、2(b) 分别为鲁东南地区各台站 1961-2015 年的年均降雪日数、强降雪日数分布图, 主要表现为两个高值区和两个低值区。两个高值区分别出现在西北部山区的蒙阴和中部低山丘陵区五莲, 其年均降雪日数分别为 9.8 d、9.3 d, 年均强降雪日数皆为 2.6 d; 年均降雪日数的两个低值区分别为东部沿海的日照(6.3 d)和南部平原区的峄城、台儿庄(6.5 d), 年均强降雪日数的两个低值区分别为西北部山区的平邑(1.8 d)、南部平原区的滕州(1.8 d)和东部沿海的日照、南部平原区的台儿庄(1.9 d); 其它地区的年均降雪日数、强降雪日数分别为 6.7~8.9 d、2.0~2.5 d。

图 2(c)、2(d) 分别为年均降雪量、强降雪量分布图, 也有两个高值区和两个低值区。年均降雪量的两个高值区与年均降雪日数相似, 在西北部山区的蒙阴 (34.5 mm) 和中部低山丘陵区五莲 (34.4 mm), 年均强降雪量的两个高值区在中部低山丘陵区的沂南 (26.5 mm) 和西北部山区的蒙阴 (23.9 mm); 年均降雪量的两个低值区分别为东部沿海的日照 (21.3 mm) 和西北部山区的平邑 (21.9 mm), 年均强降雪量的两个低值区分别为西北部山区的平邑 (12.6 mm) 和东部沿海的日照

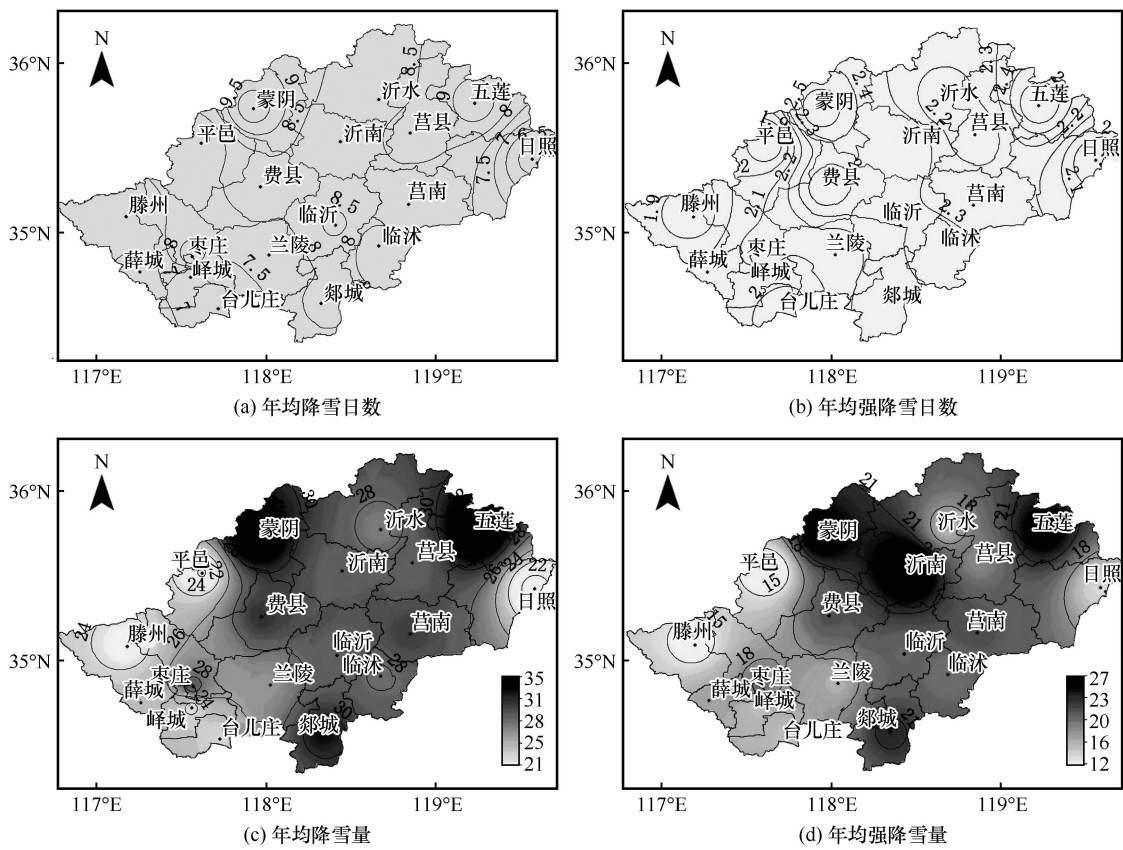


图2 鲁东南地区降雪的空间分布

Fig.2 Spatial distributions of snowfall in Southeastern Shandong Province: average annual snowfall days (a), average annual extreme snowfall days (b), average annual snowfall (c) and average annual extreme snowfall (d)

(15.4 mm); 其它地区的年均降雪量、强降雪量分别为 22.7 ~ 31.1 mm、16.2 ~ 23.4 mm。

2.2 积雪分布特点

积雪是降雪灾害的主要形式之一^[19], 积雪深度是表征积雪特征的重要参数。图 3(a)、3(b) 分别为鲁东南地区各台站 1961 ~ 2015 年的年均雪深、年最大积雪深度分布图, 主要表现为两个高值区和

一个低值区。年均雪深的两个高值区分别在中部低山丘陵区的费县(3.2 cm)和南部平原区的滕州(3.1 cm), 年最大积雪深度的两个高值区分别在中部低山丘陵区的兰陵(30 cm)和费县(29 cm); 年均雪深的低值区在南部平原区的峰城(1.4 cm), 年最大积雪深度的低值区在东部沿海的日照(14 cm); 其它地区的年均雪深、年最大积雪深度

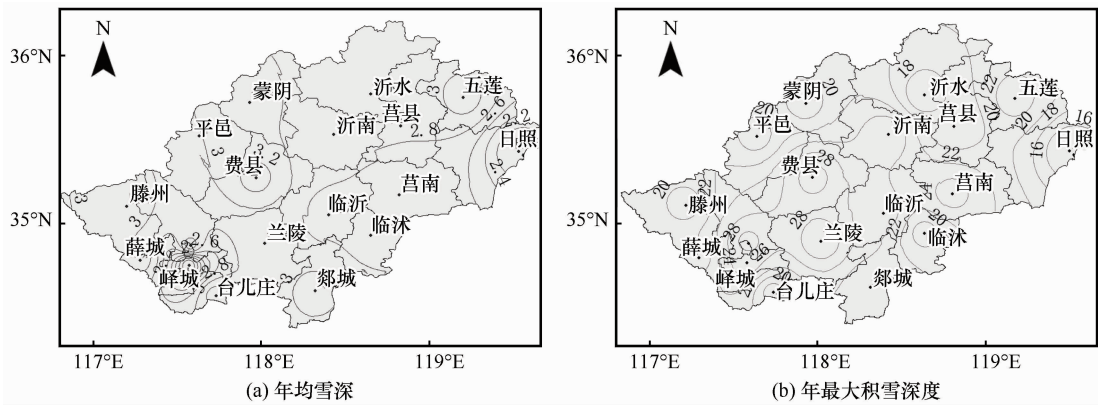


图3 鲁东南地区积雪的空间分布

Fig.3 Spatial distribution of snow cover in southeastern Shandong Province: average annual snow depth (a) and maximum depth of snow cover (b)

分别为 2.0 ~ 3.0 cm、16 ~ 27 cm。

从年均降雪日数、强降雪日数、降雪量、强降雪量及年均雪深、年最大积雪深度的空间分布来看，受海陆位置、地形和山势走向影响，总体上山区多于平原和沿海，区域差异明显。

3 鲁东南降雪的时间特征

3.1 年代际特征

从表 1 中可以看到，鲁东南地区 1961 – 2015 年的年均降雪日数、强降雪日数、降雪量、强降雪

量分别为 8.0 d、2.0 d、27.7 mm、18.9 mm。强降雪日数仅占总降雪日数的 25.0%，但强降雪量占总降雪量的 84.5%，二者存在很好的相关性，相关系数为 0.943，显著性水平在 99.99% 以上。可见强降雪日数在总降雪日数中所占比例虽然不多，但强降雪量在总降雪量中的比重却比较高，也说明强降雪的强度大。积雪深度与年均降雪日数、强降雪日数、降雪量、强降雪量的相关系数分别为 0.508、0.568、0.594、0.518，相关性很好，超过 99.99% 的显著性水平。

表 1 鲁东南降雪的年代际统计值
Table 1 Decadal snowfall information in southeastern Shandong Province

年份	年均降雪日数/d	年均强降雪日数/d	年均降雪量/mm	年均强降雪量/mm	年均雪深/cm	年最大积雪深度/cm
1961 – 1970 年	9.7	2.1	31.7	22.5	2.7	25
1971 – 1980 年	8.5	2.2	24.5	17.6	3.1	17
1981 – 1990 年	8.6	2.6	32.7	22.8	2.7	30
1991 – 2000 年	7.9	2.5	27.3	19.3	2.7	16
2001 – 2010 年	7.1	1.7	21.6	13.2	2.6	4
2011 – 2015 年	4.9	2.0	23.6	16.2	3.9	27
1961 – 2015 年	8.0	2.0	27.7	18.9	2.8	30

在各年代的数据统计中，20 世纪 60 年代的年均降雪日数、80 年代的年均强降雪日数分别为 9.7 d、2.6 d，80 年代的年均降雪量、年均强降雪量分别为 32.7 mm、22.8 mm，2011 – 2015 年、80 年代的年均雪深和年最大积雪深度分别为 3.9 cm、30 cm，均为各年代最多；80 年代的年均降雪日数、90 年代的年均强降雪日数分别为 8.6 d、2.5 d，60 年代的年均降雪量、年均强降雪量分别为 31.7 mm、22.5 mm，70 年代、2011 – 2015 年的年均雪深和年最大积雪深度分别为 3.1 cm、27 cm，均为各年代次多。2011 – 2015 年的年均降雪日数、21 世纪 00 年代的年均强降雪日数分别为 4.9 d、1.7 d，00 年代的年均降雪量、强降雪量分别为 21.6 mm、13.2 mm，00 年代的年均雪深和年最大积雪深度分别为 2.6 cm、4 cm，均为各年代最少。由此可见，21 世纪 00 年代以前为多雪时期，以后为少雪时期。21 世纪 00 年代的年均强降雪日数、降雪量、强降雪量、雪深和年最大积雪深度最少，年均降雪日数次少，2011 – 2015 年的年均降雪日数最少，也说明进入 21 世纪 00 年代以来，降雪的频率和降雪量减少。

3.2 年际特征

3.2.1 年均降雪日数、强降雪日数的年际变化

鲁东南地区 1961 – 2015 年的年均降雪日数、强降雪日数的年际变化较大(图 4a)，近 55 a 来皆呈减少趋势，分别减少 $0.77\text{ d} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 和 $0.10\text{ d} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 。其中年均降雪日数的减少趋势更为明显，通过信度为 0.05 的显著性检验。年均降雪日数、强降雪日数 1968 年和 1986 年最多，分别为 22.6 d 和 5.4 d。年均降雪日数 2014 年最少，为 1.8 d。年均强降雪日数 1983 年和 1996 年最少，没有强降雪出现，为零。年均降雪日数、强降雪日数的减少均出现在 1993 年以后(图 4b)，1994 – 2015 年比 1961 – 1993 年分别减少了 2.58 d、0.59 d。

3.2.2 年均降雪量、强降雪量的年际变化

近 55 a 的年均降雪量、强降雪量(图 5a)有明显的年际变化，皆呈弱减少趋势，分别减少 $1.90\text{ mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 和 $1.53\text{ mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 。年均降雪量、强降雪量 1986 年最多，分别为 73.2 mm 和 60.9 mm。年均降雪量最少的年份是 2014 年，为 3.5 mm。年均强降雪量最少的年份是 1983 年和 1996 年，为零。年均降雪量、强降雪量的减少也均出现在 1993 年以后(图 5b)，1994 – 2015 年比

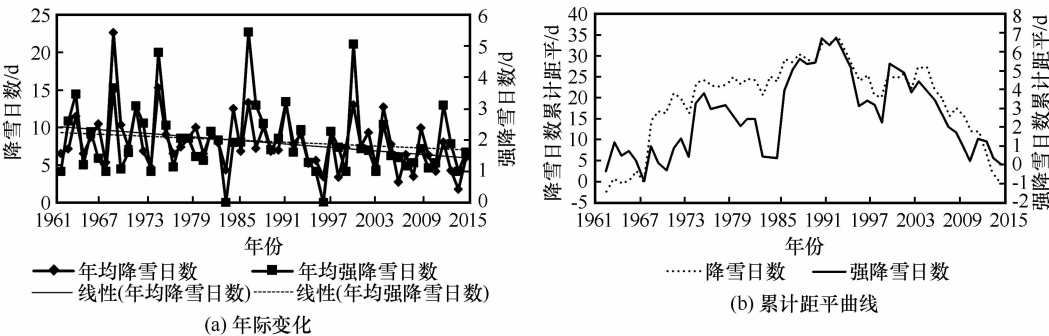


图 4 1961 – 2015 年年均降雪日数、强降雪日数的年际变化(a)和累计距平曲线(b)
Fig. 4 The annual variations of average annual snowfall days and extreme snowfall days (a) and their cumulative anomaly curves (b) from 1961 to 2015

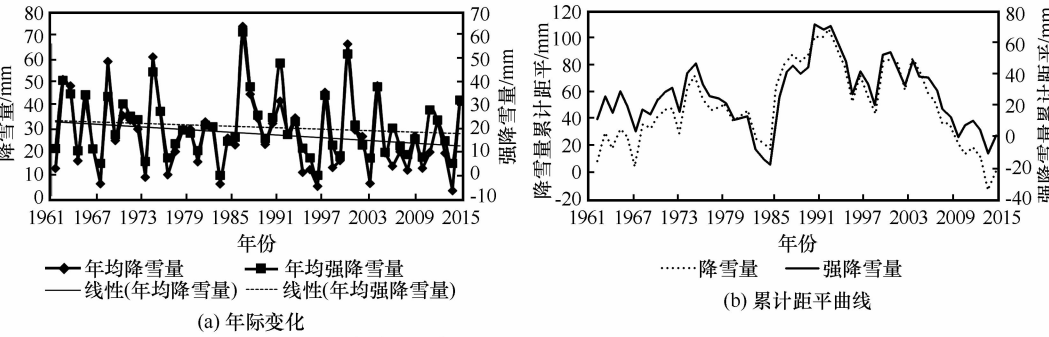


图 5 1961 – 2015 年年均降雪量、强降雪量的年际变化(a)和累计距平曲线(b)
Fig. 5 The annual variations of average annual snowfall and extreme snowfall (a) and their cumulative anomaly curves (b) from 1961 to 2015

1961 – 1993 年分别减少了 8.05 mm、7.30 mm。

3.2.3 年均雪深、年最大积雪深度的年际变化

近 55 a 的年均雪深、年最大积雪深度(图 6a)也有明显的年际变化,皆呈弱减少趋势,分别减少 $0.01\text{ cm} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 和 $0.14\text{ cm} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 。年均雪深、年最大积雪深度的最大值分别为 6.3 cm、30 cm,出现在 1963 年、1986 年。最小值分别为 1.2 cm、3 cm,皆出现在 2003 年。年均雪深、年最大积雪深度由多转少的转折年份分别在 1987 年、

1986 年(图 6b),年均雪深 1988 – 2015 年比 1961 – 1987 年减少了 0.14 cm,年最大积雪深度 1987 – 2015 年比 1961 – 1986 年减少了 1.09 cm。

以上分析表明,鲁东南地区近 55 a 的年均降雪日数、强降雪日数、降雪量和强降雪量皆呈减少趋势,这与孙秀忠等^[2]对华北地区降雪的研究结论一致。降雪由多转少的转折年份均在 1993 年,其中年均降雪日数减少显著。进一步分析发现,年均降雪日数与降雪量、强降雪日数与强降雪量相关性较

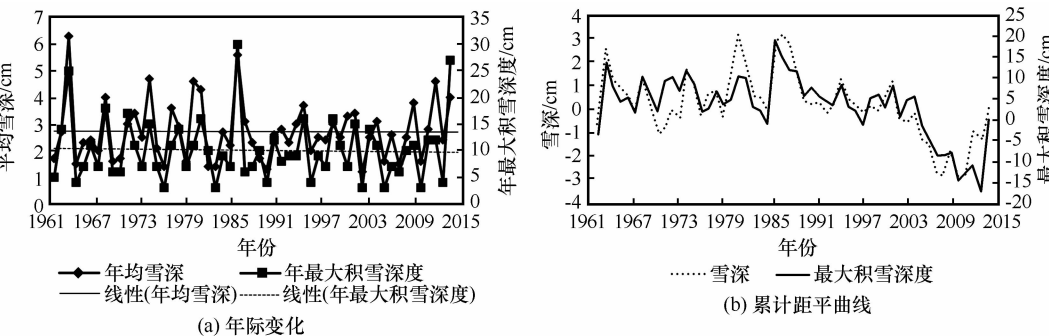


图 6 1961 – 2015 年年均雪深、年最大积雪深度的年际变化(a)和累计距平曲线(b)
Fig. 6 The annual variations of average annual snow cover depth and maximum snow cover depth (a) and their cumulative anomaly curves (b) from 1961 to 2015

好, 相关系数分别为 0.76、0.88, 显著性水平皆在 99.99% 以上。这说明鲁东南地区的年均降雪量与降雪日数、强降雪量与强降雪日数存在显著的正相关关系, 即鲁东南地区降雪偏多的年份降雪量也多, 强降雪偏多的年份强降雪量也多, 反之亦然。这表明鲁东南地区降雪量的减少源于降雪日数的减少, 强降雪量的减少源于强降雪日数的减少。另外, 鲁东南地区近 55 a 的年均雪深、年最大积雪深度皆呈弱减少趋势, 与马丽娟等^[8]的研究结果吻合, 由多转少的转折年份分别在 1987 年、1986 年。在全球变暖的背景下, 鲁东南地区 1990 年以来年平均气温、最冷月平均气温、年极端最低气温与前 30 a 相比增温显著^[20], 导致冬季降水有一部分为降雨, 不利于降雪的产生, 也加速了积雪的消融, 从而降雪和积雪减少。

3.3 月际特征

图 7(a) 为鲁东南地区近 55 a 各月降雪日数、降雪量、强降雪日数、强降雪量所占年降雪日数、降雪量、强降雪日数、强降雪量的比例。可以看出, 降雪日数、降雪量和强降雪日数在 2 月份达到最大, 分别占全年的 29.4%、25.8% 和 25.7%, 其次是 1 月份, 分别占全年的 26.0%、22.0% 和 22.8%。强降雪量在 3 月份达到最大, 占年强降雪量的 23.3%, 其次是 2 月份, 占年强降雪量的 22.9%。1–2 月份是降雪多发期, 降雪日数、降雪量、强降雪日数和强降雪量占全年的 55.5%、47.8%、48.4% 和 43.3%。10 月份有降雪出现, 无强降雪, 10 月份和 4 月份的降雪日数和降雪量、4 月份的强降雪日数和强降雪量所占的年比例较小, 皆仅占全年的 4% 以下。图 7(b) 为平均雪深、最大积雪深度的月份分布。可以看出, 平均雪深 11 月份最大, 其次是 3 月份, 分别为 3.8 cm、3.4 cm, 4 月份最小为 1.9 cm。最大积雪深度 3 月份最大, 其

次是 1 月份, 分别为 30 cm、29 cm, 4 月份最小为 6 cm。

由此可见, 鲁东南地区降雪发生的时间在 10 月至次年的 4 月, 但各月差异较大。该结果与仪清菊等^[3]的结论北京地区 11 月、2 月和 3 月降雪量较大及周晓宇等^[9]的结论辽宁省降雪量最多出现在 3 月和 11 月而降雪日数最多出现在 12 月和 1 月, 有一致性也有不同点, 各地出现差异的原因与水汽输送、温度条件和冷空气的强弱有关。就鲁东南地区来说, 1–2 月份降雪偏多主要是因为北方冷空气活动频繁且势力增强, 气温迅速下降, 是全年中气温较低的月份, 导致降水相态为雪; 3 月份强降雪量最大是因为进入了冬春季的交替期, 气温逐渐升高, 冷暖空气频繁交替, 水汽相对 1、2 月份更为充足, 降水强度增大, 降水相态多以雨夹雪为主。另外, 平均雪深、最大积雪深度的最大月份分别出现在 11 月份、3 月份, 这是由于极端降雪主要发生在初冬和春初两个时段, 发生频次少但是强度大。

3.4 降雪初终日

3.4.1 初雪日

分析鲁东南地区降雪的初日(表略), 发现多数年份最早初雪日集中在 10 月下旬至 11 月中旬, 西北部山区在 10 月 23 日(1971 年), 中部低山丘陵区在 11 月 2 日(2009 年), 南部平原区在 11 月 4 日(1981 年), 东部沿海在 11 月 11 日(1967 年)。最晚初雪日在 12 月 30 日或 31 日, 西北部山区和南部平原区皆出现在 12 月 30 日(2005 年); 中部低山丘陵区 and 东部沿海均出现在 12 月 31 日(2000 年、2005 年)。可见, 鲁东南地区的初雪日西北部山区最早, 中部低山丘陵区 and 东部沿海最晚。

3.4.2 终雪日

多数年份最早终雪日集中在 1 月上中旬, 西北部山区 and 中部低山丘陵区皆出现在 1 月 1 日(2007

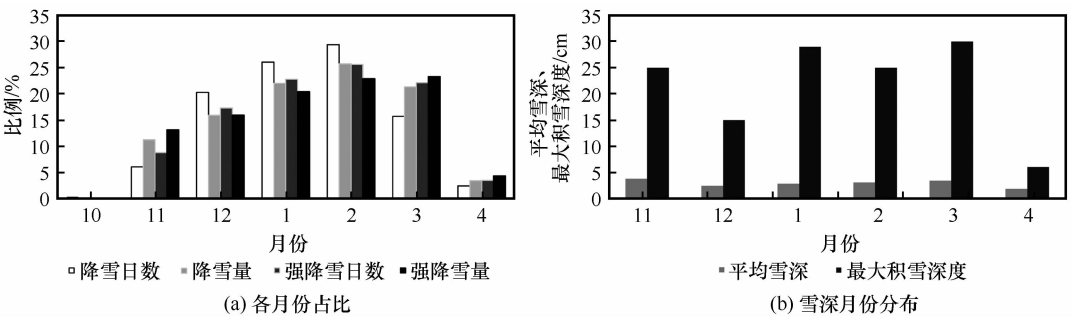


图 7 各月降雪日数、降雪量、强降雪日数、强降雪量所占的年比例(a)及平均雪深、最大积雪深度的月份分布(b)
Fig. 7 The proportions of monthly snowfall days, snowfall, extreme snowfall days, extreme snowfall in a year (a) and the monthly mean snow depth and monthly maximum snow cover depth (b)

年), 南部平原区在 1 月 6 日(2009 年), 东部沿海在 1 月 16 日(1993 年)。最晚终雪日集中在 4 月下旬, 西北部山区在 4 月 20 日(1963 年、2013 年); 中部低山丘陵区 and 南部平原地区皆出现在 4 月 28 日(1965 年); 东部沿海为 4 月 27 日(1965 年)。由此可见, 鲁东南地区的终雪日西北部山区和中部低山丘陵区最早, 中部低山丘陵区 and 南部平原区最晚。

通过分析鲁东南地区降雪的首终日发现, 西北部山区皆为最早, 而中部低山丘陵区皆为最晚。降雪最早从 10 月 23 日开始, 最晚于 4 月 28 日结束。

3.5 周期特征

图 8 为鲁东南地区 1961 – 2015 年降雪日数、强降雪日数、降雪量、强降雪量、雪深和最大积雪深度的 Morlet 小波分析结果, 阴影区表示显著性水平大于 90%。从图 8 可以看出, 降雪日数存在

16 ~ 18 a 的变化周期, 1964 – 1974 年有 3 a 的显著周期(图 8a); 强降雪日数存在很强的 14 ~ 15 a 的变化周期, 1981 – 1994 年有 6 a 的显著周期, 1965 – 1977 年和 1997 – 2001 年有 3 a 的显著周期(图 8b); 降雪量存在 14 ~ 15 a 的变化周期, 其中 1983 – 2000 年变化显著, 另外 1962 – 1977 年有 3 a 的显著周期, 1982 – 1990 年有 6 a 的显著周期, 1997 – 2003 年有 4 a 的显著周期(图 8c); 强降雪量存在 15 ~ 16 a 的变化周期, 其中 1977 – 2000 年变化显著, 另外 1963 – 1967 年有 3 a 的显著周期, 1980 – 1992 年有 6 a 的显著周期, 1996 – 2003 年有 4 a 的显著周期(图 8d); 雪深在 1961 – 1967 年有 3 a 的显著周期, 1972 – 1983 年有 3 ~ 4 a 的显著周期, 1975 – 1993 年有 7 ~ 8 a 的显著周期(图 8e); 最大积雪深度在 1961 – 1967 年和 20 世纪 80 年代有 4 ~ 5 a 的显著周期(图 8f)。

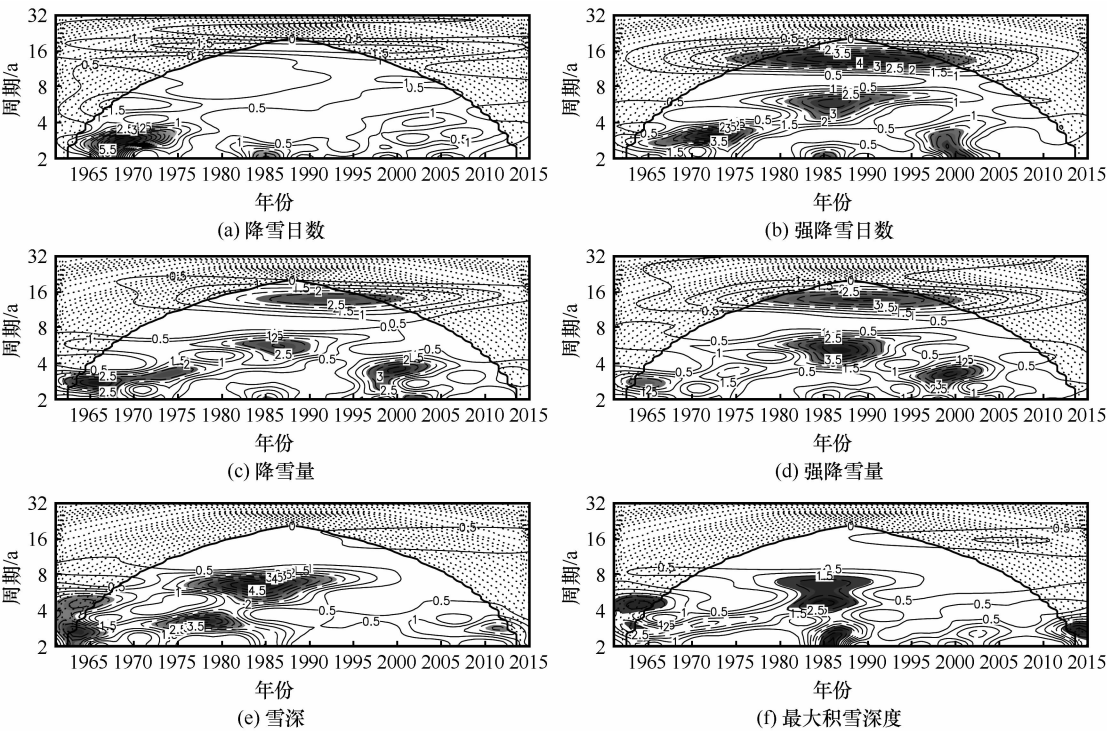


图 8 降雪周期特征小波分析

Fig. 8 Morlet wavelet analyses: the snowfall days (a), extreme snowfall days (b), snowfall (c), extreme snowfall (d), snow cover depth (e) and maximum depth of snow cover (f)

4 结论

本文利用鲁东南地区 18 个代表站 1961 – 2015 年的逐日降水量、逐日天气现象、积雪深度资料, 对近 55 a 来降雪的气候特征进行了统计分析。主要结论如下:

- (1) 年均降雪日数、强降雪日数、降雪量、强降雪量及年均雪深、年最大积雪深度的空间分布总体上山区多于平原和沿海, 区域差异明显。
- (2) 21 世纪 00 年代以前为多雪时期, 以后为少雪时期。
- (3) 近 55 a 的年均降雪日数、强降雪日数、降

雪量、强降雪量及年均雪深、年最大积雪深度皆呈减少趋势, 降雪由多转少的转折年份均在 1993 年, 年均雪深、年最大积雪深度由多转少的转折年份分别在 1987 年、1986 年。

(4) 鲁东南地区降雪主要出现在 1–2 月份, 3 月份强降雪量最大, 平均雪深、最大积雪深度的最大月份分别出现在 11 月份、3 月份。降雪时段为 10 月 23 日–4 月 28 日, 降雪的初终日西北部山区皆为最早。

(5) 从周期性特征来看, 降雪日数、强降雪日数、降雪量、强降雪量、雪深均存在 3 a 的周期, 但周期振荡的时间不同, 各有显著的区域; 最大积雪深度存在 4~5 a 的周期。

参考文献 (References):

- [1] Yan Lifeng, Yang Chengfang. Severe weather forecasting technical manual in Shandong Province[M]. Beijing: China Meteorological Press, 2014: 175–176. [阎丽凤, 杨成芳. 山东省灾害性天气预报技术手册[M]. 北京: 气象出版社, 2014: 175–176.]
- [2] Sun Xiuzhong, Luo Yong, Zhang Xia, et al. Analysis on snowfall change characteristic of China in recent 46 years[J]. Plateau Meteorology, 2010, 29(6): 1594–1601. [孙秀忠, 罗勇, 张霞, 等. 近 46 年来我国降雪变化特征分析[J]. 高原气象, 2010, 29(6): 1594–1601.]
- [3] Yi Qingju, Liu Yanying, Xu Chenhai. Synoptical and meteorological analysis of snowfall from 1980 to 1994 in Beijing area[J]. Quarterly Journal of Applied Meteorology, 1999, 10(2): 249–254. [仪清菊, 刘延英, 许晨海. 北京 1980–1994 年降雪的天气气候分析[J]. 应用气象学报, 1999, 10(2): 249–254.]
- [4] Zhao Yong, Cui Caxia, Li Xia. Analysis of the climatic characteristics of winter precipitation in Northern Xinjiang region[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2011, 33(2): 292–295. [赵勇, 崔彩霞, 李霞. 北疆冬季降水的气候特征分析[J]. 冰川冻土, 2011, 33(2): 292–295.]
- [5] Jiang Wenxuan, Jiala, Xiao Tianguai, et al. Climate change characteristic and spatial distribution of winter snowfall over the Tibetan Plateau during 1971–2010[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2016, 38(5): 1211–1218. [蒋文轩, 假拉, 肖天贵, 等. 1971–2010 年青藏高原冬季降雪气候变化及空间分布[J]. 冰川冻土, 2016, 38(5): 1211–1218.]
- [6] Zhao Chunyu, Wang Ying, Li Dongliang, et al. Climate change characteristic of the beginning and ending date 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.]
- [7] 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.]
- [8] Ma Lijuan, Qin Dahe. Spatial-temporal characteristics of observed key parameters for snow cover in China during 1957–2009[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2012, 34(1): 3–11. [马丽娟, 秦大河. 1957–2009 年中国台站观测的关键积雪参数时空变化特征[J]. 冰川冻土, 2012, 34(1): 3–11.]
- [9] Xiao Wangxing, Xiao Cunde, Guo Xiaoyan, et al. Winter and spring snow cover features in Beijing-Zhangjiakou region[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2016, 38(3): 584–585. [肖王星, 效存德, 郭晓寅, 等. 北京–张家口地区冬春季积雪特征分析[J]. 冰川冻土, 2016, 38(3): 584–585.]
- [10] Li Yuting, Liu Jinbao, Wang Zengwu, et al. Study of spatiotemporal dynamics and climate response of snow cover in Sichuan from 2003 to 2012[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2016, 38(6): 1491–1500. [李玉婷, 柳锦宝, 王增武, 等. 2003–2012 年四川省积雪时空动态变化与气候响应研究[J]. 冰川冻土, 2016, 38(6): 1491–1500.]
- [11] Zhou Shuling, Li Hongjiang, Wu Zengmao, et al. Climatic characteristics and causality of cold air-outbroken snowstorm events in Shandong Peninsula in winter[J]. Journal of Natural Disasters, 2011, 20(3): 91–98. [周淑玲, 李宏江, 吴增茂, 等. 山东半岛冬季冷流暴雪的气候特征及其成因征兆[J]. 自然灾害学报, 2011, 20(3): 91–98.]
- [12] Yang Chengfang, Zhou Xuesong, Wang Yehong. Climatic features and previous signal of cold airflow snowfall in Shandong Peninsula[J]. Meteorology Monthly, 2007, 33(8): 76–82. [杨成芳, 周雪松, 王业宏. 山东半岛冷流降雪的气候特征及其前兆信号[J]. 气象, 2007, 33(8): 76–82.]
- [13] Yang Xiaoxia, Wu Wei, Wan Mingbo, et al. A comparative analysis of two snowstorms in Shandong Province[J]. Meteorology Monthly, 2012, 38(7): 868–876. [杨晓霞, 吴伟, 万明波, 等. 山东省两次暴雪天气的对比分析[J]. 气象, 2012, 38(7): 868–876.]
- [14] Zhou Xuesong, Yang Chengfang, Sun Xingchi. Analysis on two early spring snowstorm processes[J]. Plateau Meteorology, 2013, 32(2): 446–455. [周雪松, 杨成芳, 孙兴池. 两次早春暴雪过程的对比分析[J]. 高原气象, 2013, 32(2): 446–455.]
- [15] Sun Shasha, Yang Chengfang, Yin Chengmei, et al. Forming reason study of twice conversion of precipitation phase for "12·13" weather process in Jinan region[J]. Journal of Meteorology and Environment, 2015, 31(4): 14–19. [孙莎莎, 杨成芳, 尹承美, 等. 济南地区“12·13”降水过程相态二次转换成因分析[J]. 气象与环境学报, 2015, 31(4): 14–19.]
- [16] Wei Fengying. Statistical diagnosis and prediction technology of modern climate[M]. Beijing: China Meteorological Press, 2007: 43–44. [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: 43–44.]
- [17] Wei Fengying. Statistical diagnosis and prediction technology of modern climate[M]. Beijing: China Meteorological Press, 2007: 99–102. [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: 99–102.]
- [18] Wang Chengling, Li Jianyun. Spatial of the Neolithic sites in southeastern Shandong[J]. Journal of Linyi University, 2011, 33(6): 91–98. [王成岭, 李建云. 鲁东南地区新石器遗址的时空分布特征[J]. 临沂大学学报, 2011, 33(6): 91–98.]
- [19] Gao Songying, Li Huilin, Yang Qing, et al. Climate characteristics of snowfall in coastal and mountain areas of Dandong[J]. Meteorological Science and Technology, 2014, 42(1): 131–139. [高松影, 李慧琳, 杨青, 等. 丹东地区沿海和山区降雪气候特征[J]. 气象科技, 2014, 42(1): 131–139.]
- [20] Zhang Meiling, Lu Cuihua, Zhang Hui, et al. Change and future

trend of thermal resource in south of Shandong since 1990 [J].
Meteorological and Environmental Sciences, 2007, 30 (Suppl
1): 66 - 69. [张美玲, 鹿翠华, 张慧, 等. 1990 年以来鲁南
地区热量资源的变化及未来趋势 [J]. 气象与环境科学,
2007, 30 (增刊 1): 66 - 69.]

Analysis of the climate characteristics of snowfall in southeastern
Shandong Province from 1961 to 2015

LU Guirong¹, YANG Chengfang², CHENG Pan³, LÜ Xiangjuan¹, DING Fan¹

(1. Rizhao Meteorological Bureaus of Shandong Province, Rizhao 276826, Shandong, China; 2. Shandong Meteorological Observatory,
Jinan 250031, China; 3. NO. 94782 Army of PLA, Hangzhou 310021, China)

Abstract : Based on the daily precipitation, daily weather phenomenon and snow cover depth data from 18 meteorological stations in southeastern Shandong Province from 1961 to 2015, the climatic characteristics of snowfall in the recent 55 years were analyzed. The results showed that the spatial distribution of annual snowfall days, heavy snowfall days, snowfall, extreme snowfall, snow cover depth and maximum depth of snow cover in mountain areas were more than that in plains and coastal areas in southeastern Shandong Province, with an obvious regional difference. Before the 2000s, there had been a snowy period, followed by a less snowy period. From 1961 through 2015, the average number of snowfall days, heavy snowfall days, extreme snowfall, snow cover depth and maximum depth of snow cover had been decreasing, the turning year from more to less of snowfall was in 1993 and snow depth, maximum depth of snow cover was in 1987, 1986. Snowfall in the southeastern Shandong Province had been mainly concentrated in January and February, with the maximum extreme snowfall in March. The month of maximum average snow depth and maximum depth of snow cover occurred in November and March, respectively. The snowfall period was from October 23 to April 28; the early beginning date and the ending date of snowfall always occurred in the northwest mountains. There was a period of 3 years in the variation cycle of snowfall days, heavy snowfall days, snowfall, extreme snowfall and snow depth, and there was a period of 4 ~ 5 years of maximum depth of snow cover.

Key words : southeastern Shandong Province; snowfall; climate characteristics

(本文编辑: 周成林)