

董啸,周顺武,胡中明,等. 近50年来东北地区暴雪时空分布特征[J]. 气象,2010,36(12):74-79.

# 近50年来东北地区暴雪时空分布特征<sup>\*1</sup>

董 啸<sup>1,2</sup> 周顺武<sup>2</sup> 胡中明<sup>3</sup> 王传辉<sup>2</sup> 王秀萍<sup>4</sup>

1 中国科学院大气物理研究所,北京 100029

2 南京信息工程大学,气象灾害省部共建教育部重点实验室,南京 210044

3 吉林省气象台,长春 130062

4 大连市气象台,大连 116001

**提 要:** 利用东北地区(黑龙江、吉林、辽宁和内蒙古东部)93个气象台站近50年(1958—2007年)的逐日观测资料,分析了东北地区暴雪发生的时空分布特征。结果表明:该地区暴雪发生具有明显的季节分布特征,其中春季(3—4月)和秋季(10—11月)为暴雪主要发生期;东北暴雪在空间分布具有明显的地域性,暴雪主要集中出现在东南部的长白山区、南部的辽东半岛和西北部的大兴安岭山区;近50年来,东北地区全年暴雪量呈现出一定的增加趋势,其中春季在北部和南部呈现明显的上升趋势,然而秋季东北大部分地区暴雪存在显著的下降趋势。

**关键词:** 东北地区, 暴雪, 时空分布特征

## Characteristics of Spatial and Temporal Variation of Heavy Snowfall in Northeast China in Recent 50 Years

DONG Xiao<sup>1,2</sup> ZHOU Shunwu<sup>2</sup> HU Zhongming<sup>3</sup> WANG Chuanhui<sup>2</sup> WANG Xiuping<sup>4</sup>

1 Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029

2 Key Laboratory of Meteorological Disaster of Ministry of Education,

Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

3 Jilin Provincial Meteorological Bureau, Changchun 130062

4 Dalian Meteorological Observatory, Dalian 116001

**Abstract:** With the daily observational data at 93 meteorological stations in Heilongjiang, Jilin, Liaoning and eastern Inner Mongolia in the past 50 years (1958—2007), the spatial and temporal distribution characteristics of heavy snowfall in Northeast China are analyzed. The results show as follows: First, heavy snowfall in this area is obviously distributed by seasons, and most of the heavy snowfall are in spring (March—April) and fall (October—November). Second, heavy snowfall in this area is also obviously distributed by regions, and most of the heavy snowfall are in southeastern Changbai Mountains, southern Liaodong Peninsula and northwestern Da Hinggan Mountains. Third, the yearly total precipitation of heavy snowfall in the past nearly 50 years almost didn't change, but the heavy snowfall precipitation of spring (fall) in Northeast China tends to be more (less).

**Key words:** Northeast China, heavy snowfall, spatial and temporal distribution

## 引 言

东北地区是我国重要的粮食产区,降水量作为

一个地区干湿程度的重要指标之一,也是对农业生产起着决定性作用的气象要素。近年来,有关我国东北地区降水已有许多研究,并取得了许多研究成果<sup>[1-4]</sup>。

\* 中国气候系统的协同观测与预测研究(批准号:GYHY200706005)和国家科技支撑计划课题“近百年来我国极端天气气候事件变化特征及其影响”(课题编号:2007BAC29B02)共同资助

2009年8月31日收稿; 2010年4月11日收修定稿

第一作者:董啸,主要从事区域气候变化研究. Email:dongjiati@163.com

东北地处北半球中高纬度地区,平均气温较低,除夏季外,其余季节均有可能出现降雪,暴雪天气给交通运输以及农牧业生产带来严重的影响。对于东北暴雪的研究,已有不少工作对历史上东北暴雪天气若干个例形成的机理及背景场等进行了诊断分析和数值模拟研究<sup>[5-12]</sup>。胡中明等<sup>[5]</sup>分析了 2000 年 1 月 1—2 日发生在东北地区的一次暴雪过程,发现这次暴雪发生在两槽两脊的大尺度环流背景下,是高空西风急流和低空西南风急流上下耦合作用的结果。秦华锋等<sup>[6]</sup>利用中尺度数值模式的模拟结果,对 2007 年 3 月 3—5 日东北地区出现的暴雪成因进行了分析。胡中明<sup>[12]</sup>根据我国中高纬度地区(40°N 以北)的 50 个气象台站 21 年(1980—2000 年)冬半年的暴雪资料,对中高纬地区冬半年暴雪出现的时空分布进行了统计分析后,发现初冬和初春是北方暴雪的多发期,而隆冬暴雪相对较少;北方暴雪主要出现在东北东部长白山地区、新疆西北部及天山地区。

在以往有关东北地区暴雪的研究中,主要针对的是暴风雪过程的一些个例诊断和数值模拟的研究<sup>[5-12]</sup>,而对东北地区暴雪的季节变化特征、暴雪发生与纬度和地形等关系、年际演变规律及其在全球变暖背景下该区域暴雪变化趋势等内容的分析,到目前为止还几乎为空白。本文利用国家气象信息中心提供的我国气象台站逐日观测的温度和降水资料,选取出东北地区(38°~54°N、115°~135°E)观测年限到达 50 年(1958—2007 年)的 93 个站(包括吉

林、辽宁、黑龙江三省和内蒙古东部),依据文献<sup>[12]</sup>定义的暴雪标准:日降水量 $\geq 10.0$  mm,且日平均气温 $\leq 0$  °C,确定了东北地区的暴雪日数及暴雪量,进而分析该地区暴雪发生的空间分布及季节、年际变化以及长期趋势变化等特征。

## 1 暴雪的空间分布特征和季节分布特征

### 1.1 东北暴雪的空间分布特征

图 1 分别给出东北地区全年暴雪日数和暴雪总量的空间分布。从东北地区全年暴雪日数的空间分布(图 1a)可见,东北地区暴雪日数在空间分布具有明显的地域性,暴雪日数由东南部山区向西北内陆递减,辽宁东北部和吉林东南部的长白山地区全年暴雪日数超过 20 天,其中长白山地区年平均暴雪日数达 30 天以上;内蒙古东北部和黑龙江西北部全年暴雪日数也有 15 天以上;而内蒙古东南部和东北地区中部的平原地区暴雪日数相对偏少,普遍在 10 天以下。

东北地区全年暴雪总量分布(图 1b)和暴雪日数的分布在空间分布上极为相似:东南部全年暴雪总量超过了 400 mm;内蒙古东北部和黑龙江西北部及大兴安岭山区的降雪量为次大区,全年达到 200 mm 以上;而东北平原地区全年暴雪量较小,基本都在 100 mm 以下。

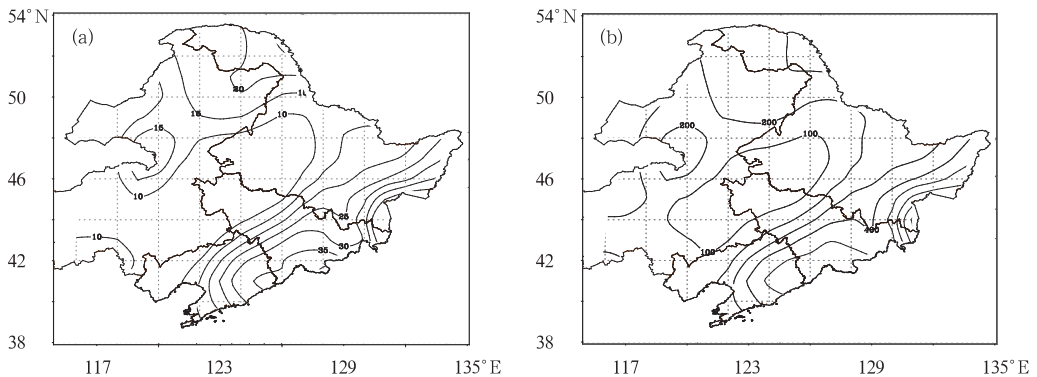


图 1 东北暴雪日数的空间分布(a,单位:d)和暴雪总量的空间分布(b,单位:mm)

Fig. 1 The spatial distributions of the heavy snowfall days (a, unit:d) and the heavy snowfall amount (b, unit:mm) in Northeast China

东北全年暴雪日数在辽宁东北部和长白山区明显偏多,这可能主要是与山脉走向有关。辽宁东北部有近乎东北—西南走向的千山山脉和龙岗山及老岭余脉,东南部的长白山也是东北—西南走向的庞

大山系。因为暴雪的水汽和能量供应主要来自低层,山地对低层的暖湿空气有很大影响,尤其是当来自东南方向的暖湿气流与山脉走向相垂直时,山脉的阻挡作用使得气流被强迫抬升,且在迎风坡一侧

产生辐合,强迫抬升与辐合不仅使上升运动加强,也使得已有的上升运动得以维持和发展。另外有些强云团本身已有一些能量,在这样合适的地理条件下上升运动迅速增大,对流加强,低层暖湿空气遇山也会加剧不稳定程度,因此导致上述山区暴雪日数和降雪量显著偏高。

## 1.2 暴雪的季节分布特征

分析东北地区各月暴雪的分布特征,图 2 分别

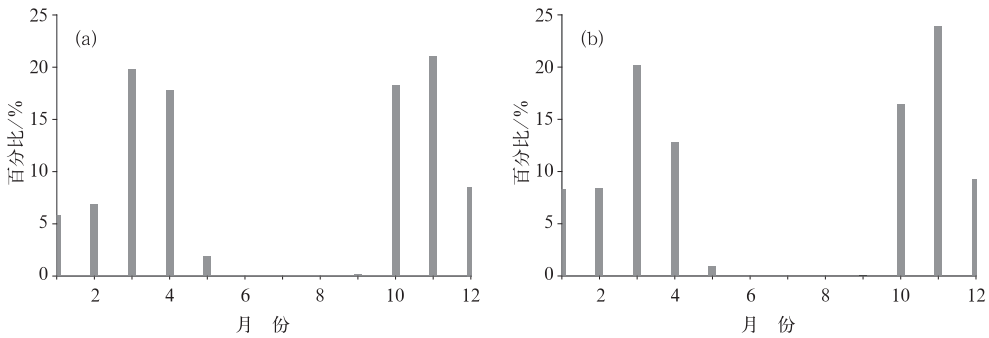


图 2 各月暴雪日数百分比(a)和各月暴雪总量百分比(b)  
Fig. 2 Monthly percentages of the heavy snowfall days (a) and the heavy snowfall amount (b)

至于东北地区冬季(春、秋季)出现暴雪偏少(多),其主要因为是产生强降雪需要有冷暖空气在此交绥。在严冬季节,东北受强大的地面冷高压控制,冷气团势力占主导,没有或者很少有暖湿空气活动,也就难以形成降雪;而春、秋季东北地区槽脊活动频繁,冷暖空气势力相当,有利于强降雪的产生。

## 1.3 暴雪主要发生期间降雪量的空间分布特征

进一步分析暴雪频发期降水的空间分布特征,图 3 分别给出了多年春季(3—4 月)和秋季(10—11

给出各月暴雪日数和暴雪总量的分布。由图可见,无论是在暴雪日数(图 2a)还是暴雪总量(图 2b)分布图上,均表现出双峰型分布,即在每年春季(3—4 月)以及秋季(10—11 月)为暴雪发生的高值期,这个时段出现的暴雪日数(暴雪总量)占全年的 75.6%(70.2%);相反在隆冬时节暴雪发生的频率却并不多,其降雪量也不大。这与文献[12]得出的我国北方地区初冬和初春是北方地区暴雪的多发期、隆冬暴雪相对较少的结论是一致的。

月)平均暴雪量(简称降雪量)分布。从春季分布图(图 3a)中可以看出,东北的南部、东南部以及大兴安岭的暴雪偏多,特别是南部的辽东半岛降雪量超过了 30 mm,在内蒙古、黑龙江和吉林三省交界地区也出现了一个次大值,降雪量达到 28 mm,而在内蒙古东部和黑龙江中部的平原地区为少雪区,降雪量基本上在 22 mm 以下;在秋季(图 3b),超过 22 mm 降雪量的地区主要集中在东南部、北部和西南部等边缘地区,其中黑龙江东南部和吉林东部的降雪量超过了 28 mm,而中部地区和辽东半岛的降雪量相对偏少。

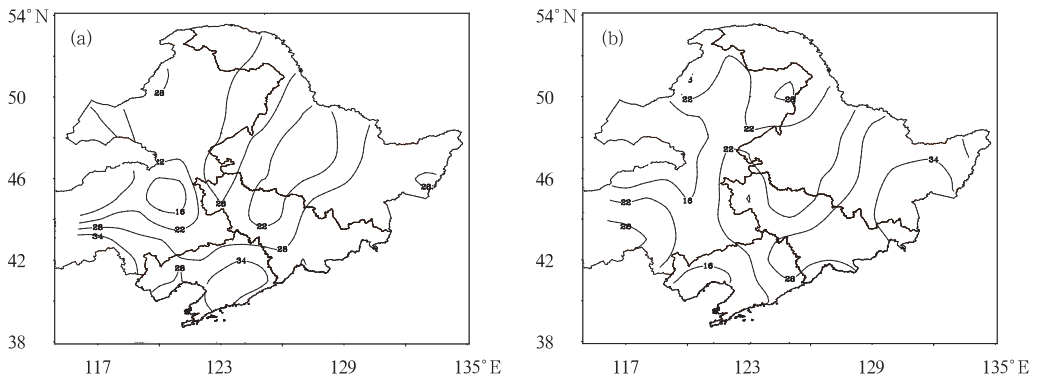


图 3 多年平均春季(3—4 月,a)和秋季(10—11 月,b)暴雪量空间分布(单位:mm)

Fig. 3 The spatial distributions of the multi-year mean heavy snow amount during spring (March—April, a) and autumn (October—November, b) (unit; mm)

由此可见,东北暴雪分布呈现出明显的季节变化特征,春季(3—4 月)和秋季(10—11 月)暴雪主要集中在海拔较高的东南部的长白山和西北部的大兴安岭地区以及辽东半岛;而中部的东北平原和东北部的三江平原的降雪量相对偏低。

### 1.4 暴雪分布随纬度的分布特征

不考虑海拔高度和地形等因素,一般说来,纬度越高,平均气温越低,以下分析东北地区暴雪与温度(纬度)的关系,即东北地区暴雪随纬度的分布特征。以每个纬度范围所有测站多年平均降雪量除以该纬度内所有的测站数,来表示该纬度范围内的降雪量,图 4 为多年平均降雪量随纬度的分布图。由图可见,东北地区暴雪主要集中在  $40^{\circ}\sim 43^{\circ}\text{N}$  的东南部地区以及  $50^{\circ}\sim 52^{\circ}\text{N}$  的大兴安岭地区,而在  $46^{\circ}\sim 49^{\circ}\text{N}$  的平原地区降雪量偏低。对暴雪日数随纬度分布的统计结果也得到同样有类似的结果(图略)。由此可见,并非高纬度地区的暴雪量最多,降雪分布受到除温度外的其他多种因素的影响和制约。

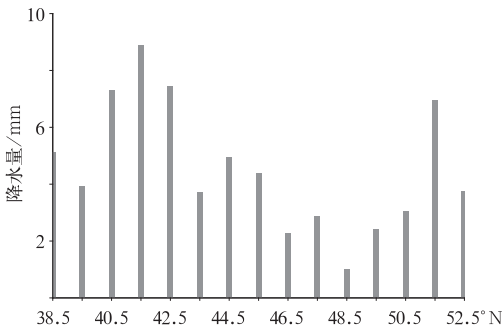


图 4 东北地区降雪量随纬度的分布  
Fig. 4 The distribution of the heavy snowfall amount (unit:mm) in Northeast China in terms of latitudes

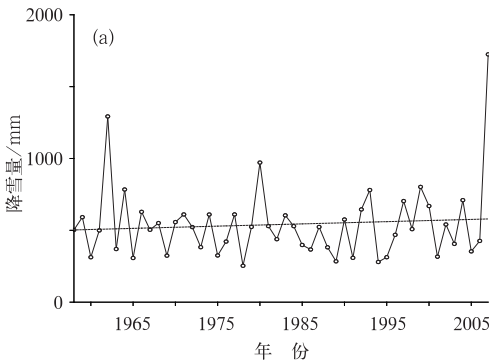


图 6 多年平均暴雪总量(a,单位:mm)和暴雪日数(b,单位:d)的 annual 变化曲线

Fig. 6 Interannual variations of the heavy snowfall amount (a, unit:mm) and the heavy snowfall days (b, unit:d)

### 1.5 暴雪分布随海拔高度的分布特征

进一步分析暴雪量与海拔高度的关系,将东北地区海拔高度划分为  $0\sim 100\text{ m}$ 、 $100\sim 200\text{ m}$ 、 $200\sim 300\text{ m}$ 、 $300\sim 400\text{ m}$  及  $500\text{ m}$  以上共 5 个等级,分别统计各海拔高度内所有测站多年平均降雪量除以该海拔高度内所有的测站数后,就得到该高度范围内的降雪量,图 5 给出了东北地区降雪量随海拔高度的分布。图中除海拔高度在  $100\text{ m}$  以下测站的降雪量略高于  $100\sim 200\text{ m}$  的暴雪量外,降雪量基本上是随海拔高度升高而增加;至于  $100\text{ mm}$  以下地区暴雪相对偏多,主要是由于东南部的辽东半岛降雪量相对集中;而  $100\sim 200\text{ m}$  降雪最低是因为东北平原海拔高度基本上在  $200\text{ m}$  以下(图 1b)。

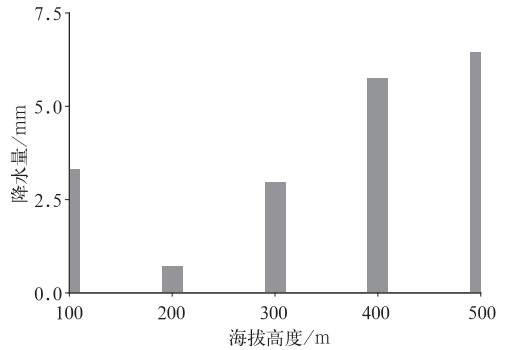
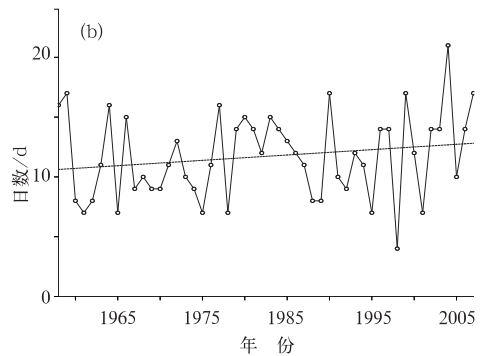


图 5 东北地区降雪量随海拔高度的分布  
Fig. 5 The distribution of the heavy snowfall amount (unit:mm) in Northeast China in terms of heights above sea level

## 2 暴雪的年际变化和长期趋势变化

### 2.1 暴雪的年际变化

分析近 50 年来东北暴雪的年际变化特征,图 6



显示了暴雪总量和暴雪日数的年际变化曲线。暴雪总量的年际变化呈现平稳的波动特征(图 6a), 具有 2~3 年的周期振荡; 在暴雪日数逐年演变图(图 6b)上, 存在明显的周期(3~4 年)振荡, 近 50 年呈上升趋势, 进入 20 世纪 90 年代以来, 波动幅度明显超过以往, 其中在 1998(2004) 年出现了一个最小(大)暴雪日数。这似乎表明在新世纪的最近几年, 随着全球变暖导致极端天气事件的发生频率呈现出增加的趋势。

分析春季和秋季东北地区暴雪的年际变化特征(图略), 春季暴雪量在 2000 年以前波动较小, 出现准 3 年的周期波动, 但是在 2005 年达到峰值, 为近 50 年的最大值, 其线性趋势呈增加趋势。与春季暴雪量的演变不同, 秋季降雪量存在明显减少趋势, 其准 2 年振荡非常明显, 并且与年暴雪总量和暴雪日数的年际变化一致(图略)。

## 2.2 暴雪的长期变化趋势

对近 50 年东北地区的暴雪量进行线性趋势<sup>[13]</sup>分析, 图 7 给出暴雪回归系数的空间分布图。图中各站的回归系数均为正值, 表明东北各站的暴雪量存在着线性的增加趋势, 其中北部和南部线性趋势超过了 2.5 mm/10 a, 尤其是北部增加趋势异常显著(通过了 0.05 的显著性水平检验), 而中部的东北平原和东北部的三江平原地区为较弱的增加趋势。

在近 50 年东北春季(3—4 月)暴雪量线性趋势图(图 8a)中, 与全年暴雪线性趋势(图 7)的空间分

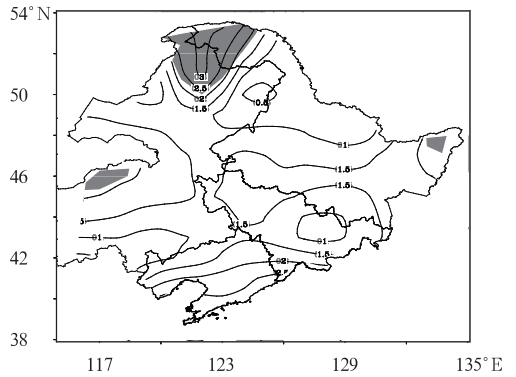


图 7 东北暴雪量线性趋势的空间分布  
(图中阴影区为线性趋势信度超过  $\alpha=0.05$  显著性水平检验的区域, 单位: mm/10a)

Fig. 7 The distribution of linear trend of the heavy snowfall amount in Northeast China  
(Areas with 0.05 significance level are shaded, unit: mm/10a)

布图相似, 全区均为上升趋势, 也表现为南北高中间低, 其中在内蒙古东北部地区的增加趋势达到了 2 mm/10a, 辽宁全省和吉林南部地区的暴雪增加趋势也在 1.5 mm/10a 以上, 而中部平原地区增加趋势相对较弱仅有 0.5 mm/10a。

图 8b 为近 50 年东北秋季(10—11 月)暴雪量线性趋势图。可见, 秋季与全年和春季的线性趋势分布截然相反, 除北部个别测站出现微弱的增加趋势外, 大部分地区暴雪呈现出减少趋势, 其中南部和北部大多数测站暴雪量均表现出异常的下降趋势, 其线性趋势为 -3 mm/10a。

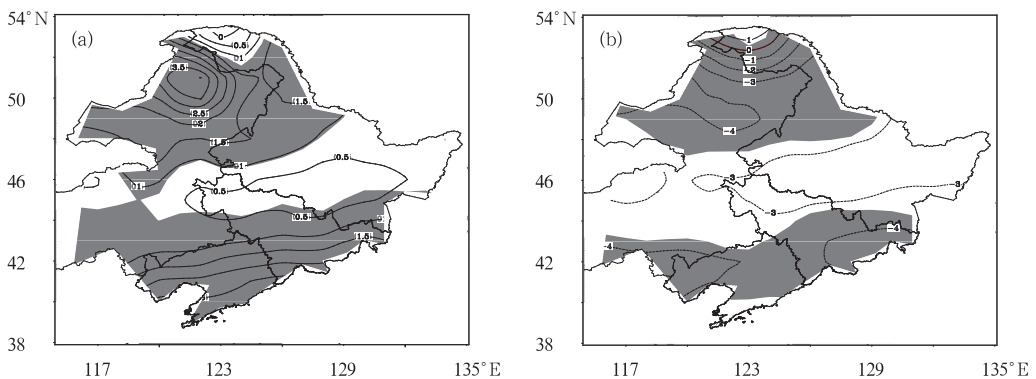


图 8 东北地区春季(3—4 月, a)和秋季(10—11 月, b)暴雪量线性趋势的空间分布  
(图中阴影区为线性趋势信度超过  $\alpha=0.05$  显著性水平检验的区域, 单位: mm/10a)

Fig. 8 The distribution of linear trend of the heavy snowfall amount in Northeast China during spring (March—April, a) and autumn (October—November, b)  
(Areas with 0.05 significance level are shaded. Unit: mm/10a)

### 3 结 论

本文通过对我国东北地区近 50 年逐日温度和降水资料的筛选、整理和统计,分析了我国东北地区暴雪的时空变化特征以及线性变化趋势,主要结论如下:

(1) 东北地区暴雪发生呈现出显著的季节性分布特征:春季(3—4 月)和秋季(10—11 月)由于冷暖空气交汇频繁,有利于暴雪的出现,这期间是东北地区暴雪的多发期,雪量也较大;

(2) 东北地区的暴雪分布具有明显的空间差异,其中东南部的长白山区、南部的辽东半岛和西北部的大兴安岭山区为暴雪的主要高发区;

(3) 在年际变化上东北地区暴雪量和暴雪日数均存在明显振荡,普遍存在准 3 年的振荡周期;

(4) 近 50 年来,东北地区全年及春季暴雪量呈现出一定的增加趋势,其中春季北部和南部地区暴雪存在明显的增加趋势,而秋季大部分地区暴雪呈现出减少的趋势。

由于东北地区面积广大,南北纬跨度较大,本文依据文献[12]确定的暴雪标准在计算上比较简便,但对于在春秋季节气温较高的南部辽东半岛而言,这样定义的暴雪天气过程有时间包含了雨夹雪,这需要今后针对不同区域的气候特征确定不同的暴雪标准。

**致谢:**感谢国家气象信息中心气象资料室提供了东北地区台站逐日观测的温度和降水资料。

### 参考文献

- [1] 杨素英,孙风华,陈岩,等.近 45a 东北地区春季降水异常的气候特征[J].南京气象学院学报,2005,28(2):197-204.
- [2] 吉奇,宋冀凤,刘辉.近 50 年东北地区温度降水变化特征分析[J].气象与环境学报,2006,22(5):1-5.
- [3] 张凯,娄德君,潘静,等.1957—2000 年沈阳地区气温和降水变化特征分析[J].气象与环境学报,2006,22(6):38-42.
- [4] 吴正华.北方强降水的气候特征[J].应用气象学报,1988,1(1):86-92.
- [5] 胡中明,周伟灿.我国东北地区暴雪形成机理的个例研究[J].南京气象学院学报,2005,28(5):679-684.
- [6] 秦华锋,金荣花.“0703”东北暴雪成因的数值模拟研究[J].气象,2008,34(4):30-38.
- [7] 肖柏,赵友红.黑龙江省降雪天气气候分析[J].气象,1988,14(3):17-19.
- [8] 刘景涛,孟亚里.西北风急流上不稳定小槽发展型强降雪的初步分析[J].气象,1988,14(3):25-28.
- [9] 刘延英,吴宝俊.2、3 月份大雪的大尺度物理条件[J].气象,1988,14(3):29-32.
- [10] 白人海,高顺清.初冬降雪的天气动力特征和预报业务系统[J].气象,1988,14(3):37-40.
- [11] 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.
- [12] 胡中明.中高纬暴雪形成的统计分析和机理研究[D].南京气象学院硕士学位论文,2003.
- [13] 魏风英.现代气候统计诊断与预测技术[M].北京:气象出版社,1999.