

中国降雪气候学特征

刘玉莲¹,任国玉²,于宏敏¹

(1. 黑龙江省气候中心, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2. 中国气象局气候研究开放实验室, 中国气象局国家气候中心, 北京 100081)

摘要: 利用逐日地面降雪观测资料, 分析中国 25°N 以北范围内降雪量、降雪日数、雪带分布和各强度降雪的气候学特征, 得到以下结论: ① 雪季长度与年降雪日数在东部呈纬向分布, 大兴安岭北部最长(>210 d), 长江以南最短(常年无雪或偶尔降雪); 在西部青海省南部和西藏自治区北部最长(>300 d), 滇、川、藏交界处及新疆自治区北部较长, 南疆较短(<60 d)。年降雪量东南部最少, 东北和西北北部较多(>30 mm), 青海和西藏降雪量最多(>60 mm)。平均降雪强度江淮一带最大。② 根据雪季降雪频次划分中国的雪带, 东北大部、内蒙古自治区东部、新疆北部、青藏高原大部、秦岭等地区为常年多雪带; 长江以南的滇南、四川盆地、江浙沿海等地区为永久无雪带; 其余地区为常年降雪带和偶尔降雪带。③ 不同区域各级降雪日数占总降雪日数的比例都是暴雪日数最少, 大雪日数其次, 小雪日数最多; 但中雪降雪量占总降雪量的比例在东北北部、华北、西北、新疆、东南、青藏高原东部等区域仅高于小雪降雪量, 而在黄-淮地区仅次于暴雪降雪量。④ 降雪年内分配在东北北部、西北、新疆、青藏高原东部等地区都呈双峰型, 最多雪时节在早冬和晚冬、早春, 隆冬时节并不是降雪最多时间, 黄-淮和东南地区呈单峰型, 东南地区峰值更陡。⑤ 总降雪日数和除暴雪外的各等级降雪日数与地理位置关系较明显, 在中国东部主要随着纬度升高增加, 在中国西部随海拔高度增加而增加; 随着纬度升高, 东部和西部的总降雪强度都减小, 西部的小雪强度也减小。

关键词: 降雪量; 降雪日; 降雪强度; 暴雪; 雪带; 气候学; 中国

中图分类号: P426.63 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690

对降雪的气候研究可以分为以下4个方面: ① 降雪的常年气候学特征; ② 降雪天气条件触发、加强机制和不同尺度天气系统间的相互作用; ③ 降雪对于当地及其邻近地区甚至全球气候年际和年代际变异的影响; ④ 降雪长期变化趋势及其与全球气候变化的相互作用。在上述4方面的研究中, 全球和区域降雪的气候学特征研究具有基础性作用, 可以为其他方面研究提供有关降雪和积雪时空变异特征的基础信息。

国内外对降水气候学特征的研究很多, 大多都是对降水量的分析^[1-6], 针对固态降水气候特征的分析并不多^[7-13]。迄今还缺少利用完整地面观测资料, 开展中国地区全国性降雪气候学特征系统分析的工作。本文利用国家基准气候站和基本气象站网更新的观测资料, 对中国大陆有降雪地区

的降雪量、降雪日数、雪带分布、各类强度降雪量和日数的气候学特征进行分析, 试图认识中国地区降雪的基本气候特征, 为开展其他相关研究提供基础科学信息。

1 资料和方法

资料来源于中国气象局国家气象信息中心资料室提供的中国 740 个测站的逐日降水量、降雪资料, 这些站绝大部分属于国家基准气候站和基本气象站。在所用资料中, 20 世纪 50 年代初站点较少; 其后站点数量增长迅速, 到 1960 年站点数量已经接近 650 个; 1961 年至今, 各年的站点数量变化不大, 基本上维持 650~700 个之间。

选择 1971~2000 年为气候基准期, 这个时期内资料连续无缺测的台站数量为 629 个。研究区域

收稿日期: 2011-07-22; **修订日期:** 2011-12-25

资助项目: 国家科技支撑计划课题(2007BAC29B02)、水利部公益性行业专项(200801001)、公益性行业科研专项(GYHY201106013、201206024)和中国气象局气候变化专项(CCSF2011-18)资助。

作者简介: 刘玉莲(1974-), 女, 黑龙江兰西人, 硕士, 高级工程师, 从事区域气候变化研究。E-mail: liuy174@qq.com

网络出版时间:

网络出版地址:

确定为 25°N 以北的中国大陆, 这个地区在气候基准期内一般至少发生过 1 次降雪天气现象(图 1)。研究区域拥有资料连续的国家级气象观测台站 564 个, 本文利用 564 个台站 1971~2000 年资料分析中国降雪气候特征。除青藏高原中西部地区站点较少外, 台站的分布相对比较密集、均匀(图 1)。考虑到降水要素资料的时间序列对于台站位置变动等影响没有气温和风速敏感, 本文选取资料连续无缺测台站, 但没有对迁站等造成的资料非均匀性进行检验和订正。

利用 REOF 方法^[14-16], 根据降雪日数资料对研究区域的降雪变异性进行了分区。分区的临界相关系数确定为 0.4(资料序列长度为 30 a, $\alpha=0.05$), 即将 REOF 载荷向量值 >0.4 的区域划为一个降雪气候区。图 1 中的 1 区到 7 区分别为东北北部区、华北区、黄-淮区、西北区、新疆区、青藏高原东部区和东南区。

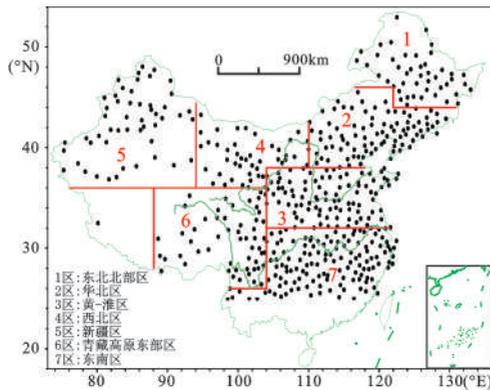


图 1 研究区站点分布及降雪气候分区

Fig.1 Distribution of the meteorological stations and snowfall regionalization in study area

本文主要术语或指标定义见表 1。首先, 定义从上年 7 月 1 日至当年 6 月 30 日为一个降雪年, 例如 2000 年降雪年为 1999 年 7 月 1 日到 2000 年 6 月 30 日; 雪季长度指按天气现象统计降雪年内第一天和最后一天出现固态降水天气现象日期之间的天数; 降雪量为降雪年内日降雪 ≥ 1 mm 纯雪(不计雨夹雪)的雪量合计值, 统计降雪量时剔除了有液态降水出现的降雪日, 因为出现固、液混合态降水时, 难以计算出当日的纯降雪量, 同时考虑到雨、雪交加的日子地面气温不很低, 难以形成明显积雪, 不会对农业生产和社会生活造成重要影响; 降雪日数定义为雪季内出现纯降雪天气现象的日数; 降雪强度定义为降雪量与降雪日数比值; 最大降雪量(最大降

雪强度)是指雪季内日降雪量最大值。

各级别降雪量、日数和强度定义为: 暴(大、中、小)雪日数和雪量分别是雪季内日(24 h)降雪量达到 ≥ 10 mm(5~10 mm、2.5~5 mm、<2.5 mm)的降雪天数与降雪总量; 暴(大、中、小)雪强度则是指雪季内暴(大、中、小)雪量与暴(大、中、小)雪日数的比值(表 1)。

表 1 降雪指标定义

Table 1 Definition of the snowfall indices used in the paper

术语和指标	定义
降雪年	从上年 7 月 1 日至当年 6 月 30 日
雪季长度	降雪年内第一天和最后一天出现固态降水天气现象日期之间的天数
降雪量	降雪年内日降雪 ≥ 1 mm 纯雪的雪量合计
降雪日数	雪季内出现降雪的日数
降雪强度	降雪量与降雪日数比值
最大降雪量(最大降雪强度)	雪季内日降雪量最大值
暴雪日数和雪量	雪季内日(24 h)降雪达到暴雪标准(≥ 10 mm)的降雪天数与降雪总量
暴雪强度	雪季内暴雪量与暴雪日数的比值
大雪日数和雪量	雪季内日(24 h)降雪量 >5 mm 且 <10 mm 的降雪天数和降雪总量
大雪强度	雪季内大雪降雪量与降雪日数的比值
中雪日数和雪量	雪季中日(24 h)降雪量 >2.5 mm 且 <5 mm 的降雪天数与降雪总量
中雪强度	雪季内中雪降雪量与降雪日数的比值
小雪日数和雪量	雪季中日(24 h)降雪量 <2.5 mm 的降雪天数和降雪总量
小雪强度	雪季内小雪降雪量与降雪日数的比值

2 降雪特征

2.1 年雪季长度和年降雪量

平均年雪季长度在中国东部大致呈纬向分布, 大兴安岭雪季最长, 超过 210 d, 长江以南最短, 为常年无雪或偶尔降雪区域; 雪季长度 60 d 等值线大体与秦岭-淮河一致。西部以青海和西藏北部雪季为最长, 其中伍道梁站(93.01°E, 35.22°N, 4 612.2 m)达到 348.0 d, 托托河站(92.4°E, 34.2°N, 4 533.1 m)为 331.9 d, 清水河站(97.1°E, 33.8°N, 4 415.4 m)为 314.4 d, 安多站(91.1°E, 32.4°N, 4 800.0 m)为

307.6 d, 四季均可落雪; 滇、川、藏交界处雪季长度也较长; 北疆雪季长度与东北北部接近, 最长达210 d以上, 但南疆地区最短, 一般不足60 d(图2a)。

平均年降雪量分布与雪季长度大致相似(图2b), 东北北部和东部、西北北部以及青藏高原东北部年平均降雪量较多, 可以超过30 mm, 其中青藏高原部分地区降雪量最大, 最大超过60 mm。喜马拉雅山脉北麓的聂拉尔站(85.9°E, 28.2°N, 3 810.0 m)年平均降雪量高达212.4 mm, 青藏高原上的嘉黎站(93.3°E, 30.7°N, 4 488.8 m)、清水河站(97.1°E, 33.8°N, 4 415.4 m)年平均降雪量也都超过100 mm。

雪季内降雪日数等值线分布(图2c)与雪季长度也基本一致, 东部地区从南到北逐渐增加, 长江以南地区最少, 东北北部和东部则超过50 d, 内蒙古的阿尔山站降雪日数多达117 d; 西部地区的新疆北部、青海和西藏降雪日数较多, 其中新疆吐尔尕特站(75.4°E, 40.5°N, 3 504.4 m)达到136 d, 青海伍道梁站和清水河站均为127 d。

降雪强度等值线分布(图2d)与雪季长度、降雪量和降雪日数分布有明显不同, 在黄淮、江淮一带等年平均降雪量不多的地区, 平均降雪强度却

比较大, 甚至大于东北和西北北部, 喜马拉雅山脉北麓的聂拉尔平均降雪强度也比较大, 但最大降雪强度出现在江西省樟树(115.6°E, 28.0°N, 30.0 m), 达到5.3 mm/d。

2.2 中国的雪带分布

随纬度和高度变化, 每年降雪频数和降雪量不同。根据雪季降雪频数, 定义基准气候期(1971~2000年)内任何年雪季1次降雪都没发生的台站, 为永久无雪站; 30 a内任何年雪季至少有1次降雪的台站, 为偶尔降雪站; 30 a内每年雪季至少有1次降雪的台站, 为常年降雪站; 30 a内每年雪季至少有5次降雪的台站, 为常年多雪站。据此可以划分出中国的降雪地带(图3)。

可见, 东北、内蒙东部、新疆北部、青藏高原东部和南部边缘、秦岭、山东半岛北部为常年多雪带; 南疆大部、青藏高原中西部、西北东部、华北大部、秦岭—淮河地区为常年降雪带; 塔里木盆地大部、阿拉善地区、黄河下游一带、南方山地丘陵地区为偶尔降雪带; 滇中南、四川盆地、长江以南的小型盆地和谷地、江浙闽沿海等地区为永久无雪带。

上述雪带的形成与纬度位置、高度、水汽输送和海陆位置等均有联系。东北和北疆常年多雪带

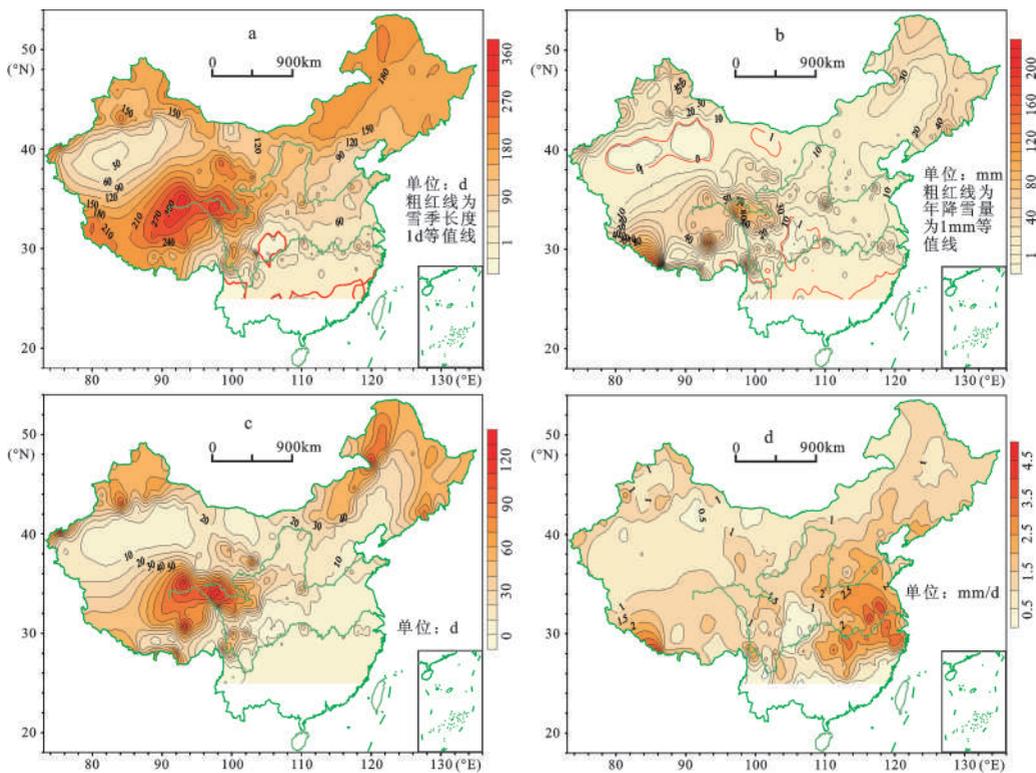


图2 雪季长度(a)、降雪量(b)、雪季降雪日数(c)、降雪强度(d)

Fig.2 Average snow season length (a), annual mean snowfall (b), annual mean snowfall days (c), annual mean snowfall intensity (d)

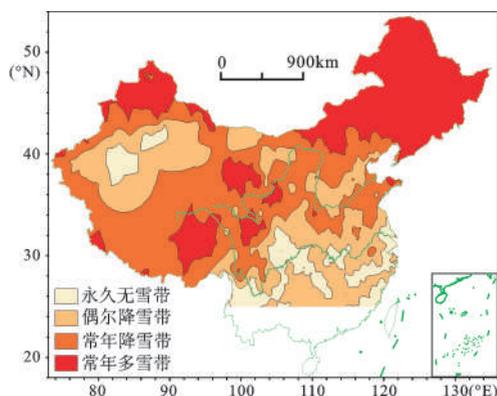


图3 中国降雪地带分布

Fig.3 Distribution of snowfall belts in China

主要与高纬度位置有关,青藏高原东部的多雪地带与高度和来自印度洋的水汽输送有关,山东半岛北部的多雪地带同冬季盛行风的迎风岸位置有联系;南方的永久无雪带取决于低纬度位置,而塔里木盆地的永久无雪带则与内陆封闭地形造成的水汽输送阻隔有联系。

2.3 各等级降雪的特征

图4a表示多年平均雪季暴雪量(mm)分布态势。南疆、阿拉善、四川盆地、藏东南部分地区常年无暴雪,安徽省和浙江省、梅里雪山和玉龙雪山、喜马拉雅山、帕米尔高原和长白山等地暴雪量较大,暴雪量最多在喜马拉雅山脉北麓,其中聂拉尔年暴雪降雪量高达137.0 mm。

图4b为多年平均的年暴雪日数(d)分布情况。平均年暴雪日数分布与暴雪量相近,但区域差异更小。无暴雪区域范围与暴雪量最低值区十分吻合,但高值分布中心范围比暴雪量分布狭小。从多年平均暴雪强度分布(图4c)看,低值区域与无暴雪区域范围和暴雪量低值区域基本一致,但高值区域分布更加不均质,出现许多小范围闭合高值中心。暴雪强度最大中心发生在云南玉溪、甘肃乌鞘岭和云南昆明等地。

图5a和图5b为多年平均年大雪降雪量和大雪日数。多年平均年大雪降雪量和年大雪日数分布基本相同,内蒙河套、四川盆地无大雪,东北北部和东部的大、小兴安岭和长白山区、新疆北部阿尔泰山南侧较多,青藏高原地区、喜马拉雅山北麓最多。大值中心在西藏嘉黎和聂拉尔。多年平均年大雪降雪强度分布(图5c),只在湖南省南部、江西省南部、福建省和浙江省内陆有部分地区大雪强度最强;内蒙河套地区,大雪强度较小,部分地

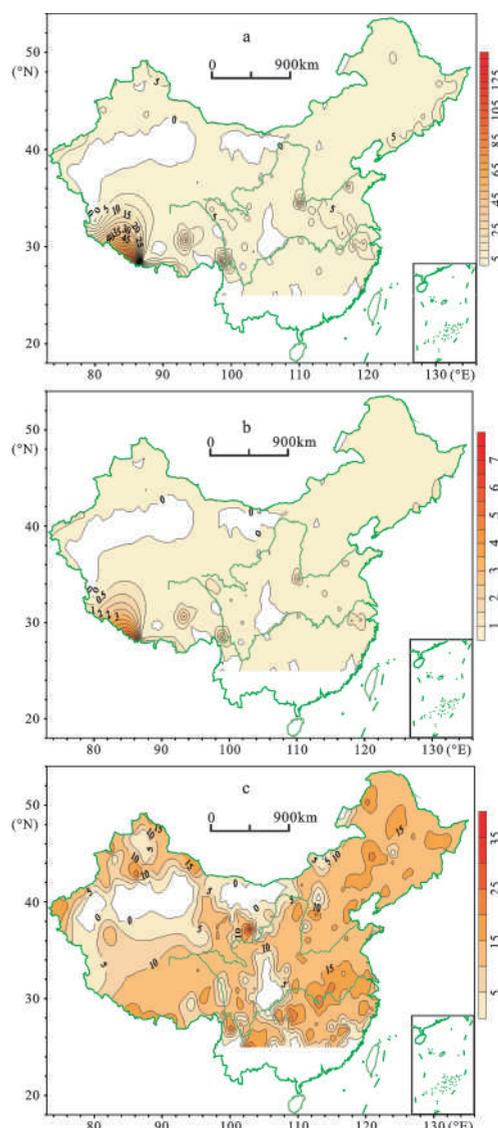


图4 多年平均暴雪量(mm)(a)、暴雪日数(d)(b)和暴雪强度(c)

Fig.4 The average snowstorm snowfall (a), snowstorm days (b), snowstorm intensity (c)

区多年无大雪,四川盆地、云南、黔东南、广西大雪强度也较小。

多年平均年中雪降雪量分布与中雪日数相同(图略),内蒙河套、四川盆地较少,中心地带没有中雪,东北大、小兴安岭和北疆阿尔泰山南侧较多,青藏高原地区和喜马拉雅山北麓最多,大值中心在西藏嘉黎和青海清水河。多年平均年中雪降雪强度分布,在北疆、内蒙西北部有零星较强区,中雪强度较强区在四川省中部、湖南省中部、湖南省与广西省邻近处、江西省北部、福建省北部;内蒙河套、四川盆地、重庆、云南、黔南、广西中雪强度很小。

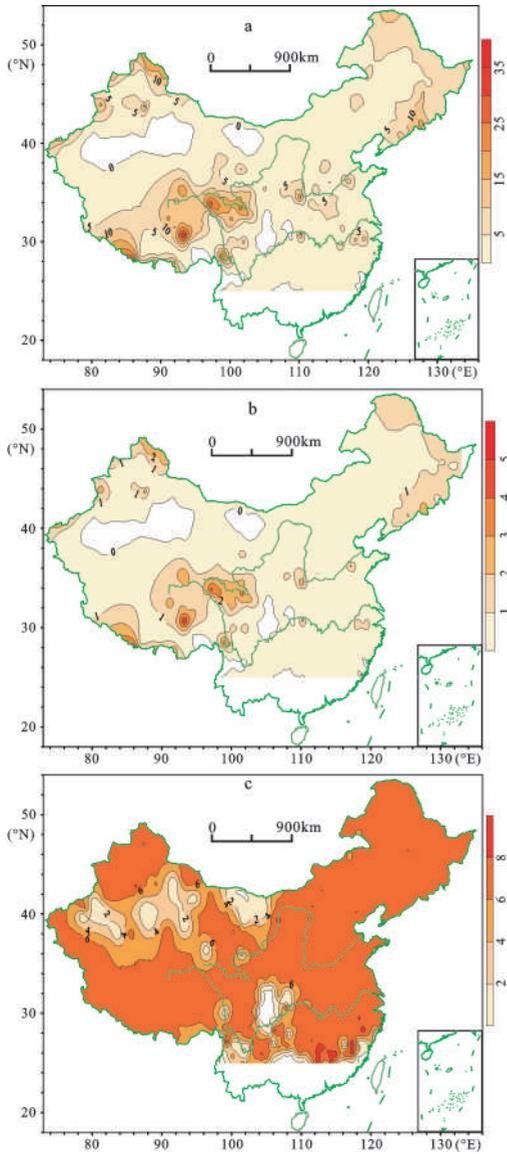


图5 多年平均大雪降雪量(a)、大雪日数(b)、大雪降雪强度(c)

Fig.5 The average annual heavy snow snowfall (a), heavy snow days (b), heavy snow intensity (c)

多年平均年小雪降雪量分布与小雪日数相同(图略), 东北大兴安岭和北疆阿尔泰山南侧较多, 青藏高原地区最多, 大值中心在青海清水河和西藏嘉黎。

2.4 各等级降雪日数(降雪量)占总降雪日数(降雪量)百分比

虽然降雪日数最多中心在新疆和青海, 但从区域平均来看, 总降雪日数在东北北部区最多, 其次是青藏高原东部区和新疆区, 华北区、西北区和黄-淮区较少, 最少在东南区。不同区域各级降雪日数占总降雪日数的比例都是暴雪最小, 大雪其次, 小雪最大。图6为不同区域各级降雪日数(a)、降雪量(b)占总降雪日数、降雪量百分比。

暴雪日数和大雪日数百分比以西北区为最小, 其次是东北北部区和新疆区; 东南区为最大, 其次是黄-淮区。这是因为西北区、东北北部区和新疆区水汽含量小, 达到暴雪/大雪的雪日较少, 而东南区虽然总降雪日数少, 但气温偏高, 水汽含量较大, 暴雪/大雪日数相对比例较高。中雪日数百分比以东北北部区为最小, 其次是西北区和新疆区; 东南区最大。小雪日数百分比则以东南区为最小, 仅65%, 其次为黄-淮区、青藏高原东部区、华北区、新疆区, 西北区和东北北部区最大, 达到89%。西北区和东北北部区气温较低, 水汽含量少, 虽降雪日数较多, 但雪量一般较小, 小雪日数比例较高。

图5b为不同区域各级降雪量占总降雪量百分比。从区域平均来看, 总降雪量是青藏高原东部区最多, 其次东北北部区和新疆区, 华北区、黄-淮区和西北区较少, 最少在东南区。

相对于不同区域各级降雪日数比例都是暴雪

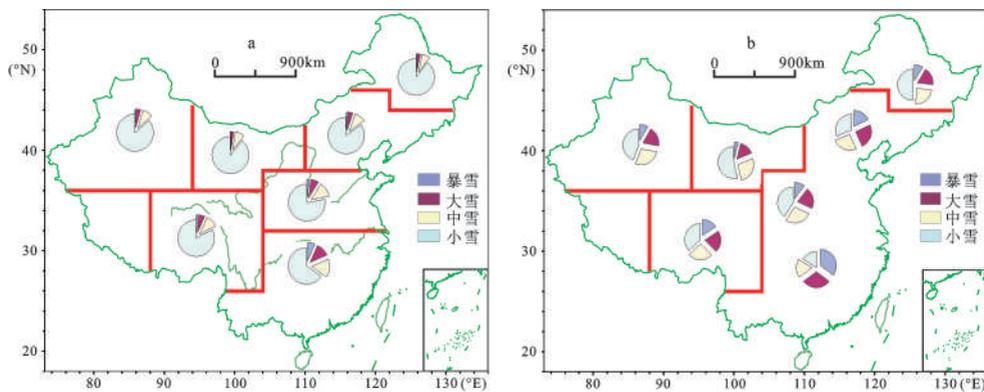


图6 不同区域各级降雪日数(a)、降雪量(b)占总降雪日数、降雪量百分比(1971~2000年)

Fig.6 The percentage of snowfall days (a) and snowfall(b) of the 4 classes to total snowfall days and snowfall in different regions (1971-2000)

最小、大雪其次、小雪最大的分配,各级降雪量的分配又有不同。东北北部区、华北区、西北区、新疆区、青藏高原东部区,与降雪日数比例排列相同,暴雪量占总雪量比例最小,大雪其次,小雪最大;黄-淮区,暴雪量比例最小,其次是中雪量而不是大雪量,大雪量比例较中雪量大,较小雪量小,小雪量比例最大;东南区,与东北北部区及华北区等完全相反,小雪量比例最小,其次是中雪、大雪,暴雪量比例最大。这是因为东北北部区、华北区、西北区、新疆区、青藏高原东部区气温较低,水汽相对较少,黄-淮区气温相对要高,水汽也略多,东南区气温最高,水汽含量最大,降水日数最少,与各区相比,小雪日数占总降雪日数比例最小(65%),暴雪日数占总降雪日数比例各区最高(7%),所以暴雪量占总雪量的比例最大,小雪量比例反倒最小。

3 降雪年内变化

3.1 总降雪日数和降雪量

各区平均降雪日数最多是东北北部区,其次是青藏高原东部区和新疆区;降雪量最多是青藏高原东部区,其次是东北北部区和新疆区。降雪日数和降雪量曲线(图7)黄-淮区和东南区为单峰,东南区更陡;东北北部区、西北区、新疆区、青藏高原东部区都是双峰,隆冬季节并不是降雪最多时间;华北区冬季各月降雪较分散,1月上、下旬、12月下旬、2月中旬都是降雪较多时段。

降雪的年内旬际变化规律可以精确反映年内变化情况。东北北部区降雪日数最多在12月上、下旬和11月下旬,降雪量最多在10月下旬、3月中

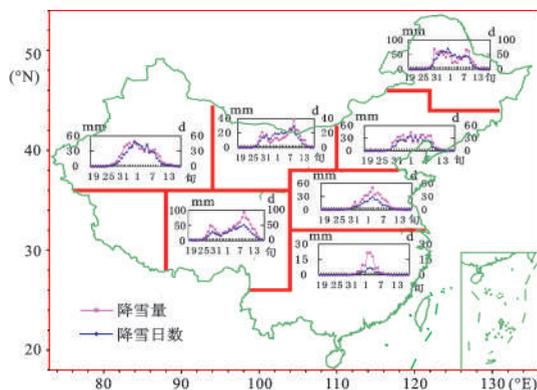


图7 不同区域降雪日数和降雪量旬变化(1971~2000年)

Fig.7 The ten-day changes of average snow days and snowfall in different regions (1971-2000)

旬和11月下旬;华北区降雪日数最多在1月上、旬和12月下旬,降雪量最多在1月上、下旬和2月中、下旬;黄-淮区降雪日数最多在1月中旬到2月上旬,降雪量最多在1月中、下旬和2月中旬;西北区降雪日数和降雪量分布一致,降雪量最多在3月的3个旬;新疆区降雪日数最多在12月下旬到1月中旬,降雪量最多在12月上、下旬和1月上旬;青藏高原东部区降雪日数和降雪量一致,最多在3月中旬到4月上旬;东南区降雪量和降雪日数一致,最多在1月中旬到2月上旬。

3.2 不同等级降雪日数

图8是不同区域各级降雪日数旬变化情况。暴雪日数最多是青藏高原东部区,其次是东北北部区和黄-淮区,最少是西北区,东南区暴雪日数也很少,这主要是由水汽与气温因素综合作用的结果;大雪、中雪和小雪日数各区分布相同,最多是青藏高原东部,其次是东北北部和新疆,最少是东南区。

暴雪、大雪和中雪日数的年内各月分布具有相似特点,北方各区和青藏高原东部区呈现双峰型,黄-淮区和东南区呈现单峰分布特点,东南区单峰分布尤其尖陡,单峰型分布峰值一般出现在隆冬或晚冬。

东北北部区暴雪日数最多的时间是11月上旬、3月中旬和4月中旬;华北区暴雪日数最多发生在1月上旬,其次是11月上旬、2月下旬和10月下旬;黄-淮暴雪日数最多在2月下旬、12月下旬和3月上旬;西北区暴雪日数最多是在4月上旬、5月中旬和3月下旬;新疆暴雪日数最多在11月中旬、11月下旬和10月下旬;青藏高原东部区暴雪日数最多在4月上旬、3月中旬和4月中旬;东南区暴雪日数最多在1月中旬、1月下旬和2月上旬。

东北北部区大雪日数最多的时间是3月中、下旬和10月下旬;华北区在3月中、下旬和12月上旬;黄-淮区在1月上、下旬和12月下旬、2月中旬;西北区多在3月下旬和4月上、中旬、10月下旬;新疆区大雪日数最多在12月上旬、11月下旬和10月下旬;青藏高原东部区大雪日数最多在3月中、下旬和4月中旬;东南区大雪日数最多在1月中旬、1月下旬和2月上旬。

3.3 不同等级降雪量旬变化

图9是统计不同区域各级降雪量旬变化。与降雪日数基本一致,暴雪量最多是青藏高原东部

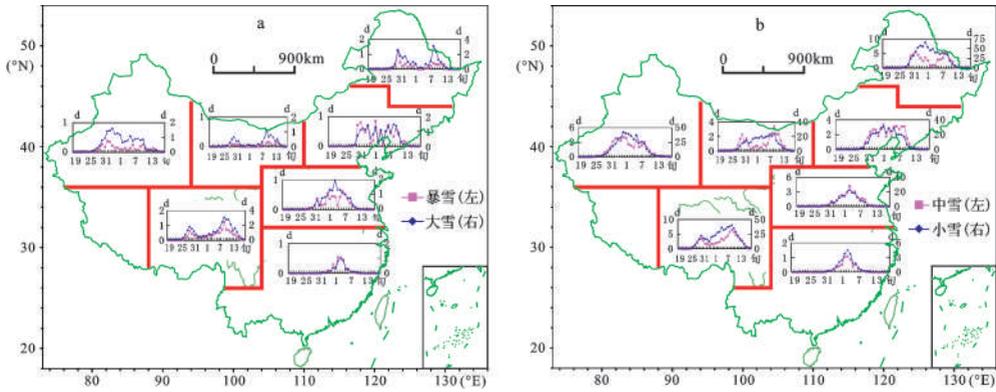


图8 不同区域各级平均降雪日数旬变化(1971~2000年)

Fig.8 The ten-day changes of average snow days of categories in different regions (1971-2000)

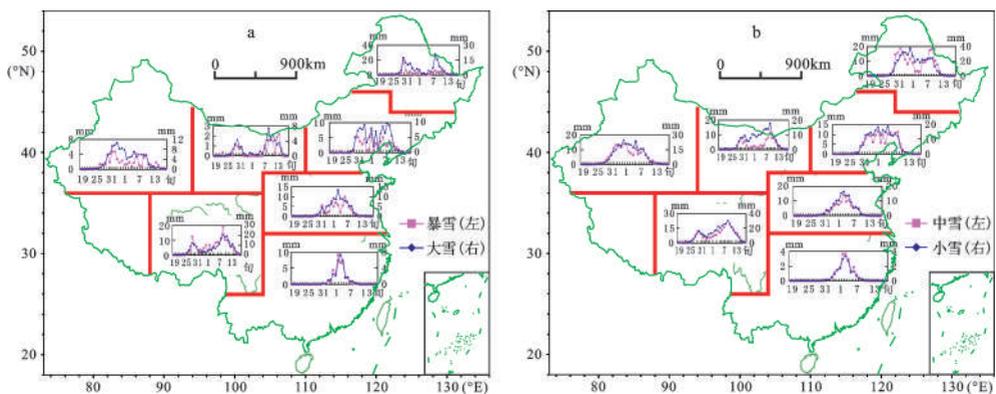


图9 不同区域平均各级降雪量旬变化(1971~2000年)

Fig.9 The ten-day changes of average snowfall of categories in different regions (1971-2000)

区,其次是东北北部区和黄-淮区,最少是西北区;大雪量、中雪量分布与降雪日数相同,最多是青藏高原东部,其次是东北北部和新疆,最少是东南;小雪量分布与日数不同,小雪量最多在东北北部区,其次是青藏高原东部区和新疆,最少在东南。

东北北部区暴雪量最多的时间是10月下旬、3月中旬和11月上旬;华北区暴雪量最多是1月上旬,其次11月上旬和10月下旬;黄-淮区暴雪量最多在2月下旬、12月下旬和3月上旬;西北区暴雪量最多是5月中旬、4月上旬和5月上旬;新疆区暴雪量最多在11月下旬、11月中旬和2月下旬;青藏高原东部区暴雪日数最多在3月下旬、10月中旬和3月中旬;东南区暴雪日数最多在1月中旬、1月下旬、2月上旬。

东北北部区大雪量最多的时间是3月中旬、10月下旬和3月下旬;华北区大雪量最多是3月中旬、12月上旬和3月下旬;黄-淮区大雪量最多在1月下旬、12月下旬和2月中旬;西北区大雪量最多是3月下旬、4月中旬和10月下旬;新疆区大雪量

最多在12月上旬、11月下旬和10月下旬;青藏高原东部区大雪量最多在3月下旬、4月中旬、3月中旬;东南区大雪量最多在1月下旬、2月上旬、1月中旬。

4 降雪日数、降雪强度与纬度、海拔的关系

由于中国东、西部降雪特征存在差异,以104°E为界,其东为中国东部,以西为中国西部,分别分析各级降雪的地理效应。表2给出了中国大陆地区东、西部降雪日数(降雪量与降雪日数基本一致,故本文没有单独分析降雪量与地理位置关系)和降雪强度与纬度、海拔高度的相关系数。

随着纬度升高,中国东部的总降雪日数表现为增加趋势,总降雪强度表现为减小趋势,而中国西部的总降雪日数趋势不明显,总降雪强度表现为减小趋势,大约每升高10°,30 a(由于暴雪和大雪的年平均降雪日数值较小,为方便计算,此处分析各级降雪日数使用的都是30 a合计值)中国东

表2 降雪日数、降雪强度与纬度、海拔的相关系数

Table 2 Correlation coefficients of the snow days or snow intensity with latitude and altitude

		降雪日数					降雪强度				
		总雪日	暴雪	大雪	中雪	小雪	总强度	暴雪	大雪	中雪	小雪
东部	纬度	0.749*	0.014	0.358*	0.611*	0.754*	-0.611*	-0.196	-0.272	-0.242	-0.197
	海拔	0.188	0.104	0.086	0.180	0.187	-0.332	-0.172	-0.239	-0.145	-0.123
西部	纬度	0.094	-0.163	-0.065	-0.013	0.114	-0.495*	-0.112	-0.067	-0.195	-0.35*
	海拔	0.475*	0.224	0.448*	0.472*	0.461*	0.172	0.004	0.239	-0.015	0.241

注:* 为通过0.05信度水平检验。

部降雪日数增加386.3 d($R=0.749$),降雪强度减小0.97 mm/d($R=-0.611$),中国西部降雪强度减小0.58 mm/d($R=-0.495$);随着海拔高度增加,中国西部的总降雪日数表现为增加趋势,大约海拔每升高1 km,30 a总降雪日数增加210 d($R=0.475$)。

在中国东部,随着纬度升高,大雪、中雪、小雪日数都表现为增加趋势,大约每增加10°,30 a大雪日数增加7.49 d($R=0.358$),中雪日数增加26.87 d($R=0.611$),小雪日数增加350 d($R=0.754$)。

在中国西部,随着纬度升高,小雪强度表现为减小趋势,大约每增加10°,30 a小雪强度减小0.08 mm/d($R=-0.35$);随着海拔高度增加,除暴雪日数外的各级降雪日数均表现为增加趋势,大约海拔每升高1 km,30 a大雪、中雪和小雪日数分别增加11 d($R=0.448$)、24 d($R=0.472$)和169 d($R=0.461$)。

统计检验表明,地理位置对中国东、西部地区的总降雪日数、大雪、中雪和小雪日数的影响是显著的,对总降雪强度和小雪强度的影响也是显著的,均超过0.05信度水平。

5 讨论

影响雪季长度的因素主要是纬度位置和海拔高度。东北大兴安岭地区雪季较长,是纬度与高度的共同作用的结果;西部青藏高原中北部雪季最长,主要是海拔高度影响造成的;盆地区域常常形成闭合的低值中心,如南疆的塔里木盆地和四川盆地,都是同纬度地带雪季最短的。本文分析的雪季内降雪日数等值线分布与臧海佳^[13]分析结果略有差异,主要表现为东部相同数值的等值线位置,他们的结果比本文分析结果略偏南,即降雪日数普遍略微偏多。原因可能在于本文统计的降雪日数不包括雨夹雪天气现象,故同一台站本文统计的降雪日数略少。

年平均降雪量塔里木盆地、阿拉善地区、四川

盆地、云南西部和藏东南局部区域不足1 mm,或者与冬季极度干燥有关,或者与雪季极短、长年暖热有关。不同区域总降雪量是青藏高原东部区最多,其次东北北部区和新疆区,华北区、黄-淮区和西北区较少,不同于降雪日数东北北部区最多,是因为青藏高原东部区气温较东北北部区高,所以雪日少于东北北部区,而青藏高原东部区水汽较大,海拔较东北北部高,雪量大。

降雪强度不仅取决于气温,还和水汽输送及水汽含量有关。黄淮、江淮一带虽然年降雪量不多,但气温较高,水汽输送和水汽含量也较高,因此降雪强度甚至比北疆和东北还要大。北疆和东北地区年降雪量大,主要是因为气温低,雪季长,降雪发生频次多,而降雪强度不一定很高。

之前的研究^[13]指出,中国暴雪最多的地区是长白山天池,其次是西藏聂拉和山西五台山。由于资料长度及迁站问题,本文分析剔除了天池站和五台山站,但前期研究结果聂拉尔是暴雪多发区与本文分析相同。大雪降雪强度在湖南南部、江西南部、福建和浙江内陆部分地区最强,主要是因为这一带水汽较大;内蒙河套地区大雪强度较小,是因为这一地区空气含水量较小,四川盆地、云南、黔东南、广西大雪强度也较小,主要是由于气温原因。大雪主要集中在小兴安岭、长白山脉、天山和阿尔泰山、祁连山、青藏高原东部和喜马拉雅山脉,这与臧海佳^[13]分析结果基本一致。小雪降雪强度云贵高原北侧强度较强;而其旁边,四川盆地中心几乎无雪,造成这种分布的主要原因是地形影响。

6 结论

1) 中国雪季与降雪日数在东部呈纬向分布,大兴安岭最长,长江以南最短;西部遵从海拔效应,青海最长,云、川、藏交界处雪季长度较长,新

疆北部雪季长度与东北北部接近;降雪量东南部最少,东北和西北北部较多,青海和西藏降雪量最多;降雪强度黄淮、江淮一带最大,东北和西北北部相对较小。

2) 根据雪季降雪频数划分中国的雪带,东北、内蒙东部、新疆北部、青藏高原地区、秦岭北侧为常年多雪带;南疆、藏西、青海大部、甘肃、内蒙西部、宁夏、山西北部、京津、山东、河南北部、四川大部为常年降雪带;新疆南部大部、西藏北部部分地区、内蒙西部部分地区、山西南部、河北西部、江苏、两湖大部、江西、安徽、四川大部、黔南、两广北部是偶尔降雪带;滇南、四川盆地、江浙沿海等其他地区为永久无雪带。

3) 暴雪多发生在高海拔地区,最多在喜马拉雅山脉北麓,暴雪强度云南玉溪、甘肃乌鞘岭和云南昆明最大,内蒙河套、四川盆地、南疆最小;大雪青藏高原地区、喜马拉雅山北麓最多,大、小兴安岭和长白山区、新疆北部阿尔泰山南侧较多,内蒙河套、四川盆地极少,大雪降雪强度湖南南部、江西南部、福建和浙江内陆部分地区最强,内蒙河套地区、四川盆地、云南、黔东南、广西较小;中雪和小雪大、小兴安岭和北疆阿尔泰山南侧较多,青藏高原地区和喜马拉雅山北麓最多,中雪强度在北疆、内蒙西北部、四川中部、湖南中部、湖南与广西邻近处、江西北部、福建北部内陆较强,小雪强度云贵高原北侧较强。

4) 不同区域各级降雪日数占总降雪日数的比例都是暴雪日数最少,大雪日数其次,小雪日数最多。各级降雪量占总降雪量的比例,东北北部区、华北区、西北区、新疆区、青藏高原东部区,暴雪量占总雪量比例最小,大雪量其次,小雪量最大;黄—淮区,暴雪量比例最小,其次是中雪量而不是大雪量,大雪量比例较中雪量大,较小雪量小,小雪量比例最大;东南区,小雪量比较最小,其次中雪、大雪,暴雪量比例最大。

5) 年内降雪分布东北北部区、西北区、新疆区、青藏高原东部区呈双峰型,隆冬季节并不是降雪最多时间,黄—淮区和东南区为单峰型,东南区峰值更陡;大到暴雪不同区域的年内多发时间,东北北部区是11月上旬和3月中、下旬,华北区1月上旬、11月上旬和3月中、下旬,黄—淮区2月下旬、

12月下旬和1月上、下旬,西北区3月下旬到4月中旬,新疆区11月中旬到12月上旬、10月下旬,青藏高原东部区3月中旬到4月中旬,东南区是1月中旬到2月上旬。

6) 总降雪日数和除暴雪外的各级降雪日数与地理位置关系较明显,在中国东部主要随着纬度升高增加,在中国西部随海拔高度增加而增加;随着纬度升高,东部和西部的总降雪强度都减小,西部的小雪强度也减小。

参考文献:

- [1] 李克让,林贤超. 近40年来我国降水的长期变化趋势[M]. 北京:海洋出版社, 1992: 44-45.
- [2] Jones P D, Hulme M. Calculating regional climatic time series for temperature and precipitation: methods and illustrations[J]. *Int J Climatology*, 1996, **16**: 361-377.
- [3] 任国玉. 气候变化与中国水资源[M]. 北京:气象出版社. 2007: 314.
- [4] 杨素英,孙风华,马建中. 增暖背景下中国东北地区极端降水事件的演变特征[J]. *地理科学*, 2008, **28**(2): 224-228.
- [5] 刘敬琦,张平中,孟彩红,等. 季风区边缘近500年的降水变化特征[J]. *地理科学*, 2011, **31**(4): 401-411.
- [6] 方修琦,刘翠华,侯光良. 中国全新世暖期降水格局的集成重建[J]. *地理科学*, 2011, **31**(11): 1287-1295.
- [7] Blanchet J, Marty C, Lehning M. Extreme value statistics of snowfall in the Swiss Alpine region[J]. *Water Resour. Res.*, 2009: 45. doi:10.1029/2009WR007916.
- [8] O'Hara, Brian F, Michael L et al. Synoptic climatological analyses of extreme snowfalls in the Sierra Nevada[J]. *Wea. Forecasting*, 2009, **24**: 1610-1624.
- [9] Kunkel, Kenneth E, Michael A, et al. Trends in twentieth-century U.S. extreme snowfall seasons[J]. *J. Climate*, 2009, **22**: 6204-6216.
- [10] 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.
- [11] 江毅,钱维宏. 内蒙古大(暴)雪的区域特征[J]. *地理学报*. 2003, **58**(增刊): 38-48.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 黄嘉佑. 转动主分量分析在天气气候分析中的应用[J]. *气象*, 1988, **14**(9): 47-51.
- [15] 魏凤英. 现代气候统计诊断预测技术(第2版)[M]. 北京:气象出版社, 2007: 105-125.
- [16] 惠英,李栋梁,王文. 河套及其邻近不稳定积雪区积雪日数时空变化规律研究[J]. *冰川冻土*, 2009, **31**(3): 446-456.

Climatology of Snow in China

LIU Yu-lian¹, REN Guo-yu², YU Hong-min¹

(1. Heilongjiang Climate Center, Harbin Heilongjiang 150030, China; 2. Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China)

Abstract: Climatic characteristics of snowfall, snow days, snow belt north of 25°N in China is analyzed using the daily snow observation data. The following results have been obtained in the analysis. 1) Snow season length and snow days have the feature of latitudinal distribution in the east, with the Da Hinggan Mountains recording the longest (>210 d) snow season, and no snow or only occasional snow all year round in the south of the Yangtze River. In the west, Qinghai Province has the longest (>300 d) snow season, followed by the junction areas of Yunnan, Sichuan and the Tibet. Snow season length in northern Xinjiang is close to the north of Northeast China. The least snowfall occurs in the southeast, and Northeast and northern Northwest record the higher snowfall more (>30 mm), and Qinghai and Tibet are characterized by the highest snowfall (>60 mm). Maximum snowfall intensity is in the Yangtze-Huaihe region. 2) Snow belts are divided based on snowfall frequency: the Northeast and eastern Inner Mongolia, Northern Xinjiang, the Qinghai-Tibet Plateau, and the Qinling Mountains are snow-frequent belts. Southern Yunnan, Sichuan Basin, coastal areas of Jiangsu and Zhejiang and other areas are permanent snow-free belts. The other areas are snow-ordinary belts and snow-occasional belts. 3) The percentage of snowstorm days to total snow days is generally low in all of the regions. The highest percentage is seen for light snow days to total snow days. In view of the ratio of snowfall of all categories to total snowfall, the proportion of snowstorm witnesses the lowest value, followed by heavy snow, and light snow has the highest value in the north of Northeast, North, Northwest, Xinjiang and eastern Tibet Plateau. However, Southeast China is characterized by lowest value of the ratios for light snow, and the highest value for snowstorm. 4) The double-peak distribution of snowfall within the year is seen in northern Northeast, Northwest, Xinjiang and eastern Tibet Plateau, and the Yellow-Huai River basins and Southeast have a single-peak distribution of snowfall. 5) The total snow days, heavy snow days, medium snow days and light snow days generally increase with increasing latitude in the East of China, meanwhile with increasing altitude in the West; with increasing latitude, the total snowfall intensity has a decreasing trend in both the East and the West, also the small snow intensity in the West.

Key words: snowfall; snow days; snowfall intensity; snowstorm; snow belts; climatology; mainland China