

# 乌鲁木齐南山中山带积雪特征分析

郑玉萍, 宫恒瑞, 崔玉玲, 万 瑜  
(乌鲁木齐市气象局, 新疆 乌鲁木齐 830002)

**摘要:**利用 1971—2011 年乌鲁木齐小渠子气象站资料,对南山中山带 40 a 来的积雪特征及变化特点进行了分析。结果表明:乌鲁木齐南山中山带平均稳定积雪期为 144 d;近 40 a 来出现的最大积雪深度为 57 cm, 年最大积雪深度出现在 3 月下旬的频率最大, 平均积雪深度以 2 月最厚。自 20 世纪 80 年代以来出现稳定积雪初日推迟、终日提前、稳定积雪期缩短的趋势。近 40 a 来最大积雪深度递增趋势主要是由于冬季降水量增加和降雪强度增强所造成;而随着气温的逐渐变暖则造成稳定积雪初日的推迟和终日提前。

**关键词:**积雪; 中山带; 乌鲁木齐; 南山; 特征

**中图分类号:** P463.25

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1002-0799(2013)02-0029-05

季节性积雪变化是大气环流、气温、降水、风、太阳辐射等气候因子共同作用的结果,积雪的长期变化能够反映冬季气候的长期变化<sup>[1]</sup>。积雪期的长短及积雪开始和结束时间的变化,对农牧业生产也具有重要的影响。新疆是中国西北干旱区的主体,也是中国季节积雪水资源最为丰富的地区。关于新疆积雪特征及其对于气候变暖的响应已开展了不少研究<sup>[1-11]</sup>,其中李培基<sup>[2]</sup>研究表明新疆积雪长期变化表现为显著的年际过程叠加在长期缓慢的增加趋势上,近 50 a 来新疆积雪日数、消融期积雪日数和年累计积雪深度均呈增加趋势,积雪的增加与冬季降水量的增加一致。王秋香等<sup>[3]</sup>的研究结果也表明北疆最大积雪深度呈显著增加趋势,其变化与冬季降水量呈正相关。赵勇<sup>[4]</sup>等则分析了 1961—2006 年北疆区域积雪开始和结束时间的气候分布和时间变化特征,结果表明在不同海拔,积雪开始时间均呈偏晚趋势,积雪结束时间在较高海拔地区(1 001~2 000 m)呈偏早趋势,积雪开始和结束时间和海拔关系密切。另外崔彩霞等<sup>[5]</sup>利用新疆 24 个山区站和 67 个平原站 1960—2003 年积雪、冬季气温和冬季降水量等资料,对新疆山区和平原积雪的长期变化进行了对比分析,结果表明,无论从积雪日数的空间分布还

是积雪深度的空间分布分析,山区集中了积雪的大部分,年平均积雪深度山区是平原地区的 3~11 倍,山区积雪从 1980 年之后增加趋势比较明显,无论是积雪日数还是积雪深度都呈稳定增加趋势,山区积雪增幅大于平原。杨青等<sup>[6]</sup>利用天山山区 17 个气象站 1959—2003 年的气象观测资料分析了天山山区积雪的变化,结果表明 45 a 来天山山区最大积雪深度具有明显的增加趋势,倾向率为 1.15 cm/10 a,天山山区积雪变化以 2.8 a 左右的周期为主,积雪日数的增加主要出现在  $\geq 10$  cm 的积雪深度上;积雪初、终日日期并没有表现出明显的提前或推迟。张丽旭等<sup>[7]</sup>的研究结果表明天山西部中山带积雪呈增加趋势,积雪与冷季气温之间存在着弱的负相关关系,而与冷季降水呈显著的正相关关系。乌鲁木齐南山位于天山中段北麓,既是优良的天然牧场,也是著名的旅游风景区,其中小渠子气象站是中山带代表站,海拔高度为 1 871.8 m,地理坐标 87°06'E, 43°29'N,年平均气温 2.5 °C,年降水量为 551.5 mm,冬季降水量为 66.2 mm,正处于天山北坡最大降水带中<sup>[8]</sup>,因此其地理位置在天山山区具有一定的代表性。本文即以小渠子气象站为代表,分析近 40 a 来乌鲁木齐南山中山带的积雪特征和气温、降水变化对积雪的影响,以便对中天山北麓中山带的积雪特征及变化特点有更清楚的了解,同时为当地的农牧业生产趋利避害和生态环境建设及旅游气象服务提供科学参考依据。

收稿日期:2012-09-06;修回日期:2012-12-06

基金项目:中央级公益性科研院所基本科研业务项目(IDM201206)和公益性行业(气象)科研专项(GYHY201106007)共同资助。

作者简介:郑玉萍(1973-),女,工程师,主要从事气象服务与应用气象研究。E-mail:hs-zyp@163.com

### 1 资料来源和分析方法

气象资料采用小渠子气象站 1971 年 8 月至 2011 年 7 月整 40 a 逐日积雪深度、天气现象、降水量、平均气温等观测资料。根据南山中山带的气候特点,将当年 8 月至次年 7 月作为一个积雪统计年度。统计分析了 40 a 来积雪初日、终日、积雪期、积雪深度和积雪日数等特征量,其中相对积雪期指积雪初、终间日数,稳定积雪期指观测场积雪覆盖一半以上时,同时在 5 d 内又不融化的初、终间日数<sup>[4]</sup>。采用了线性趋势法分析了多年来气温、降水量、降水日数和平均降水强度变化对积雪的影响。其中平均降水强度由下式表示:

$$\text{平均降水强度(mm/d)} = \frac{\text{某时期内总降水量}}{\text{某时期} \geq 0.1 \text{ mm 降水日数}} \quad (1)$$

### 2 积雪的基本统计特征

#### 2.1 积雪初终日

乌鲁木齐南山中山带近 40 a 来平均积雪初日为 10 月 2 日,终日为 5 月 9 日,平均相对积雪期为 220d;平均稳定积雪初日为 11 月 9 日,终日为 4 月 1 日(表 1),平均稳定积雪期为 144 d。对照赵勇等<sup>[4]</sup>对北疆区域(包括海拔 2 500 m 以下的天山山区)积雪开始和结束时间特征分析的结论,天山山区是北疆区域积雪开始时间最早、结束最晚的区域,开始时间最早早于 60 候、结束时间最晚出现在 22 候以后、相对积雪期长达 33 候以上,而乌鲁木齐南山中山带积雪开始时间出现 10 月第 1 候即 55 候、结束时间出现在 5 月第 2 候即 26 候、相对积雪期长达 44 候,正处于天山山区积雪开始时间最早、结束时间最晚、相对积雪期最长的区域,相对于整个天山山区的平均积雪期 170 d<sup>[4]</sup>长了 50 d,这主要与小渠子气象站的海拔高度较高、位于迎风坡易于形成降水的地理位置有很大关系。

表 1 积雪初终日统计表

	积雪		稳定积雪	
	初日	终日	初日	终日
平均日期	10月2日	5月9日	11月9日	4月1日
最早日期	8月30日	4月6日	10月8日	3月12日
最晚日期	11月9日	6月3日	1月2日	4月22日

#### 2.2 积雪深度

近 40 a 来南山中山带出现的最大积雪深度为 57 cm,出现在 2000 年 2 月,根据杨青等<sup>[4]</sup>利用 DEM

数据对天山山区最大积雪深度的空间分布计算结果来看,乌鲁木齐南山中山带的积雪深度小于西天山巩乃斯河流域的积雪深度,与同位于中天山段的博格达峰天池站(88°07'E,43°53'N,海拔 1 942.1 m)最大积雪深度 69 cm 差距也较大,并不处于天山山区积雪最厚的区域。南山中山带近 40 a 来 8 月至次年 6 月均有积雪出现,其中 8 月出现 1 a,6 月出现 5 a,最大积雪深度分别为 13 cm 和 11 cm,9 月至次年 5 月最大积雪深度为 25~57cm。乌鲁木齐南山中山带的积雪不仅在 12 月—翌年 2 月较厚,3—4 月最大积雪深度也可达 48~55cm(表 2)。

表 2 各月最大积雪深度/cm

	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	全年
历年最大值	13	25	32	38	40	54	57	55	48	26	11	57
多年平均值	13	7	12	18	25	29	34	36	20	10	4	40

统计了年最大积雪深度出现在各旬的频率(图 1),2 月中旬至 3 月下旬出现频率总和为 75.0%。其中 3 月上旬出现频率最大,为 20.0%,其次是 3 月中旬,出现频率为 17.5%;2 月下旬为 15.0%,3 月下旬 12.5%,2 月中旬为 10.0%,其余各旬出现频率为 2.5%~5.0%。

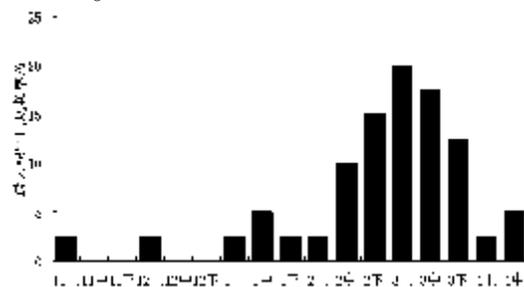


图 1 各旬年最大积雪深度出现频率图

南山中山带的稳定积雪期为 11 月上旬到翌年的 4 月初,从旬平均积雪深度分布来看(表 3),11 月上旬至 2 月下旬为稳定积雪逐渐累增阶段,2 月下旬达到最厚,平均为 30 cm,从 3 月上旬开始积雪为逐渐消减阶段,下旬随着气温的回升,积雪迅速融化,到 4 月初融化完毕。从月平均积雪深度分布来看,2 月最厚,平均为 28 cm,1 月和 3 月均为 24 cm,11 月和 12 月分别为 8 cm 和 17 cm。

表 3 积雪稳定期各旬月平均积雪深度/cm

	11月			12月			1月			2月			3月		
	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
旬平均	6	10	11	14	17	19	22	23	26	26	29	30	29	25	17
月平均	8			17			24			28			24		

### 2.3 积雪日数

南山中山带近 40 a 来各级积雪深度平均天数见表 4, 整个积雪年度内积雪深度 >0 cm、≥5 cm 和 ≥10 cm 的平均日数分别为 164.9 d、145.1 d 和 127.5 d, 分别占相对积雪期天数的 82.1%、72.2% 和 63.4%, ≥20 cm 和 ≥30 cm 的平均日数分别为 76.6 d 和 33.0 d, 所占比例为 38.1% 和 16.4%。而天山山区 ≥0 cm、≥5 cm 和 ≥10 cm 的平均日数分别为 95.6 d、64.0 d 和 42.9 d, 所占相对积雪期天数的比例分别为 56.2%、37.6% 和 25.2%<sup>[9]</sup>, 南山中山带积雪日数远远多于天山山区的平均积雪日数。

表 4 各级积雪日数及所占相对积雪期天数比例

积雪深度	>0 cm	≥5 cm	≥10 cm	≥20 cm	≥30 cm
出现天数/d	164.9	145.1	127.5	76.6	33.0
所占比例/%	82.1	72.2	63.4	38.1	16.4

### 3 冷季气温和降水变化对积雪的影响

#### 3.1 气温变化对积雪的影响

在全球气候变暖的背景下, 乌鲁木齐地区的气候也发生了较明显的变化, 经统计南山中山带冷季 10 月—翌年 4 月平均气温总体上呈明显的上升趋势, 平均每 10 a 上升 0.31 °C。其中 10—11 月和 3—4 月升温十分明显, 倾向率分别为 0.41 °C/10 a 和 0.52 °C/10 a, 特别是 20 世纪 80 年代中后期增暖趋势明显; 12 月—翌年 2 月的平均气温变化倾向率为 0.22 °C/10 a, 低于天山山区冬季的气温变化倾向率 0.44 °C/10 a<sup>[9]</sup>, 期间 12 月和翌年 1 月变化不大, 2 月为明显升温, 倾向率为 0.79 °C/10 a。

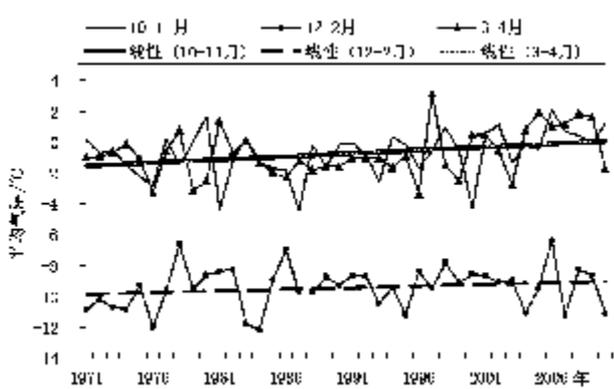


图 2 历年 10 月—翌年 4 月平均气温变化

积雪对气候变化的响应十分敏感, 而气温的变暖对积雪的开始时间和结束时间肯定会造成影响。因稳定积雪在实际气象服务工作中更有指示意义, 在此主要分析稳定积雪的初终日变化。将近 40 a 来

逐年稳定积雪初终日及稳定积雪日数换算成 3 a 滑动平均数值序列进行了分析(图 3), 稳定积雪初日变化和 10—11 月气温变化趋势基本一致: 自 1971—1981 年呈逐渐提前的趋势, 1982 年以后呈明显推迟的趋势; 稳定积雪终日变化和 3—4 月气温变化趋势呈反相: 自 1971—1984 年呈逐渐推迟的趋势, 1985—2006 年呈明显的提前趋势, 2007 年后又为推迟趋势。而稳定积雪期受稳定积雪初终日变化的影响, 1986—2006 年呈逐渐缩短趋势, 2007 年后又呈延长趋势。由此可见气温变暖对积雪的影响主要表现为稳定积雪初日的推迟和稳定积雪终日提前, 而这种变化趋势和与赵勇等对北疆积雪开始和结束时间的特征分析中<sup>[10]</sup>“天山山区海拔在 1 501~2 000 m 间的测站, 积雪开始时间的总趋势是偏晚的, 积雪结束时间的总趋势是偏早”的结论是一致的。冬季气温虽呈增暖趋势, 但维持在 -12~-7 °C 的范围内, 对积雪影响不大, 2 月气温变暖则可能会造成中山带冷季降水量的增多<sup>[6]</sup>。

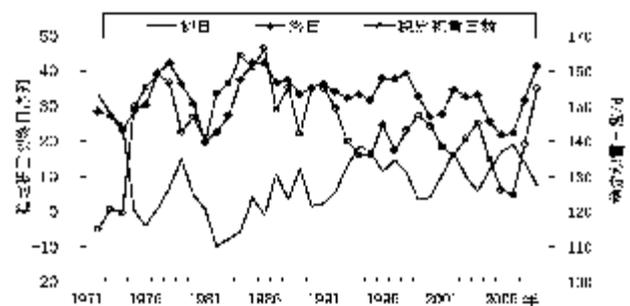


图 3 历年稳定积雪初终日及稳定积雪日数变化

#### 3.2 降水变化对积雪的影响

众多研究表明, 积雪深度和降雪量之间有良好的相关性<sup>[1-3, 5-11]</sup>, 南山中山带历年冬季最大积雪深度与积雪稳定期 11 月至翌年 3 月总降水量之间也呈明显的正相关关系, 相关系数高达 0.556 7, 通过了信度为 0.01 的显著性检验。近 40 a 来南山中山带 11 月至翌年 3 月总降水量为明显的增加趋势, 平均每 10 a 递增 9.3 mm(图 4), 其中 11 月—翌年 3 月各月的降水量都为增加趋势, 以 3 月增加最明显, 递增率为 4.0 mm/10 a。11 月—翌年 3 月平均降水强度也呈增强的趋势, 平均每 10 a 增加了 0.31 mm/d, 特别是 2001—2010 年的平均降水强度达到了 2.5 mm/d, 比 1971—1980 年的平均值增加了 1.1 mm/d, 比 1981—2000 年的平均值增加了 0.7 mm/d。

在降水量逐年增加、降水强度逐渐增强的背景下, 近 40 a 来最大积雪深度呈缓慢递增的趋势(图

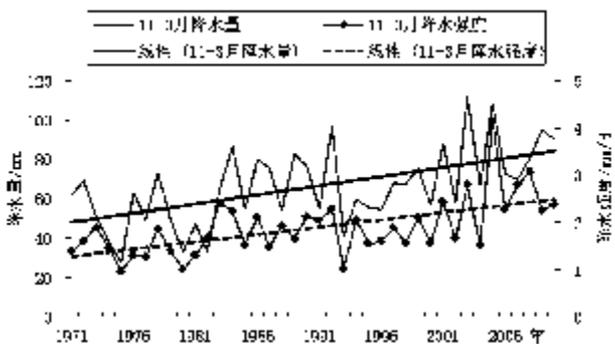


图4 历年积雪稳定期11月—翌年3月降水量及降水强度变化

5),平均每10 a增加了1.6 cm,这与天山山区及北疆的积雪变化趋势是一致的。从冬季各月最大积雪深度的变化情况看,除了11月以0.6 cm/10 a的速率略减外,从12月开始到次年3月最大积雪深度均为递增趋势,其中1月和2月增加趋势比较明显,递增率分别达到了2.6 cm/10 a和2.7 cm/10 a,12月为1.7 cm/10 a,3月递增率为1.5 cm/10 a。经统计近40 a来南山中山带冬季 $\geq 0.1$  mm的降雪日数平均以0.4 d/10 a的速率在减少,但 $\geq 5$  mm的降雪日数则以1.2 d/10 a的速度在增加,这说明近40 a来积雪深度的增加并不是由于降雪日数增加所造成的,而是由于冬季的降雪强度增强导致降水量增加所造成的。这与赵勇等<sup>[6]</sup>“北疆冬季降水量呈增加趋势,其中小雪降水量对总降水量的贡献呈明显的下降趋势,中雪和大雪降水贡献呈增加趋势,大雪降水尤其显著,说明近50 a冬季降水愈加极端化”的结论是一致的。

分别统计了40 a来积雪深度 $>0$  cm、 $\geq 5$  cm、 $\geq 10$  cm、 $\geq 20$  cm和 $\geq 30$  cm的日数变化趋势,其中 $>0$  cm、 $\geq 5$  cm和 $\geq 10$  cm的积雪日数变化趋势和10—11月、3—4月的气温变化趋势呈反相:1971—1984年呈增加趋势,而1985年后呈明显减少趋势,递减率分别为8.0 d/10 a、9.0 d/10 a和8.0 a/10 a,

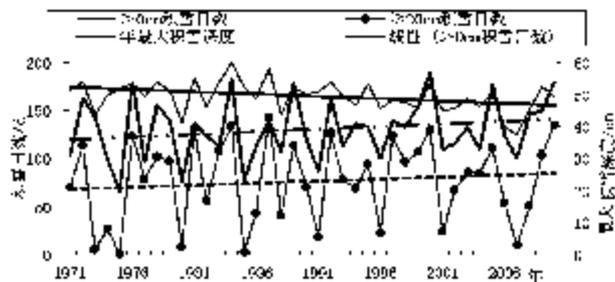


图5 历年积雪日数及最大积雪深度变化

从中可以反映出由于中山带气温逐渐增暖,积雪初期的累积过程逐渐缩短,而后期消减过程加速,从而造成10 cm以下积雪日数减少;而 $\geq 20$  cm和 $\geq 30$  cm的日数近40 a来均呈逐年递增的趋势,其中以 $\geq 20$  cm的日数增加较为明显,递增速度为4.5 d/10 a(图5), $\geq 30$  cm的日数递增率为2.9 d/10 a,这主要是由于冬季的降雪强度增强、大降雪天气过程增多所造成的。

#### 4 结论

(1)乌鲁木齐南山中山带近40 a来平均积雪初日为10月2日,终日为5月9日,相对积雪期为220 d;平均稳定积雪初日为11月9日,终日为4月1日,平均稳定积雪期为144 d。正处于天山山区积雪开始时间最早、结束时间最晚、相对积雪期最长的区域。近40 a来南山中山带出现的最大积雪深度为57 cm,并不处于天山山区积雪最厚的区域,年最大积雪深度多出现在2月中旬至3月下旬,其中3月上旬出现频率最大。月平均积雪深度2月最厚。整个积雪年度内积雪深度 $>0$  cm、 $\geq 5$  cm和 $\geq 10$  cm的平均日数分别为164.9 d、145.1 d和127.5 d,分别占相对积雪期天数的82.1%、72.2%和63.4%,远远多于天山山区的平均积雪日数。

(2)在全球气候变暖的背景下,南山中山带冷季10月—翌年4月平均气温总体上呈明显的上升趋势,其中10—11月和3—4月升温十分明显,倾向率分别为0.41 °C/10 a和0.52 °C/10 a,气温的变暖对积雪的影响主要表现为稳定积雪初日的推迟和稳定积雪终日提前;历年冬季最大积雪深度与积雪稳定期11月—翌年3月总降雪量之间呈明显的正相关关系,在降水量逐年增加、降水强度逐渐增强的背景下,最大积雪深度呈缓慢递增的趋势,平均每10 a增加了1.6 cm;由于气温逐渐增暖,造成10 cm以下积雪日数减少,而冬季的降雪强度增强、大降雪天气过程增加造成 $\geq 20$  cm和 $\geq 30$  cm的积雪日数逐年递增。

#### 参考文献:

- [1] 崔彩霞,杨青,王胜利,等.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):486-490.
- [2] 李培基.新疆积雪对气候变暖的响应[J].气象学报,2001,59(4):491-497.
- [3] 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.
- [4] 赵勇,崔彩霞,李红军,等.新疆北部积雪开始和结束时间

- 的特征分析[J].冰川冻土,2011,32(2):235-241.
- [5] 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):81-84.
- [6] 张丽旭,魏文寿.天山西部中山带积雪变化趋势与气温和降水的关系——以巩乃斯河谷为例 [J]. 山地学报,2001,19(5):403-407.
- [7] 谢玉琴,赵求东,王芳,等.积雪变化特征及与气候之间的关系——以乌鲁木齐为例[J].干旱区资源与环境,2007,21(9):51-55.
- [8] 李彦华,高明华,肖继东,等.伊犁地区近35年冬季积雪变化特征分析[J].沙漠与绿洲气象,2007,1(2):26-28.
- [9] 井立红,井立军,高婧,等.塔城地区积雪变化特征分析[J].沙漠与绿洲气象,2009,3(1):35-40.
- [10] 庄晓翠,郭城,赵正波,等.新疆阿勒泰地区积雪变化分析[J].干旱气象,2010,28(2):190-197.
- [11] 卢新玉,谢国辉,李杨,等.玛纳斯河流域积雪变化特征及其与气温、降水的关系[J].沙漠与绿洲气象,2010,4(2):35-39.
- [12] 张学文,张家宝.新疆气象手册[M].北京:气象出版社,2006:135-139.
- [13] 赵勇,崔彩霞,李霞,等.北疆冬季降水的气候特征分析[J].冰川冻土,2011,33(2):292-299.

## Characteristics Analysis of the Snow Cover in the Mid-mountain Area of Urumqi South Mountain

ZHENG Yuping, GONG Hengrui, CUI Yuling, WAN Yu  
(Urumqi Meteorological Bureau, Urumqi 830002, China)

**Abstract** Based on the meteorological data of Xiao quzi meteorological station in Urumqi during 1971 to 2011, the author analyzed the variation Characteristics of snow cover to the Mid-mountain Area of Urumqi South Mountain in 40 year. The results show that: the stable stage of snow cover in the Mid-mountain area of Urumqi South Mountain is 144 days; The maximum snow depth is 57 cm in past 40a; It is the most thick of average depth of snow in February and It is Most likely of annual maximum snow cover depth appear in end of March. Since the 1980s there has been delayed the First day of the stable snow and has been earlyed of the Terminal Day, and a trend was presented that stable snow stage is shortening. During the past nearly 40 years, Increases of Maximum depth of snow cove Mainly due to increase of precipitation and strengthen of snowfall in winter. With the weather gradually getting warmer, the First days of the stable snow has been delayed and Terminal Day has been earlyed.

**Key words** snow cover; Mid-mountain area; Urumqi; South Mountain; characteristics