

天山西部寒区山地生态系统近 40年来 气候变化特征 ——以中国科学院天山积雪雪崩研究站为例

史志文^{1,2}, 徐俊荣^{*1}, 陈忠升^{1,2}, 李梅英^{1,2}

(1. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘 要: 揭示区域气候变化, 可以为区域产业发展的优化与调控、林牧业的可持续发展以及能源和矿产资源开发对区域生态环境影响研究提供重要的理论依据。利用中国科学院天山积雪雪崩研究站 1968~2007年的气温、降水等资料, 应用统计方法分析天山西部寒区山地生态系统近 40 a的气候变化特征。结果表明: 该区在 20 世纪 70 年代属偏冷干时期, 80 年代为逐渐转暖的偏暖湿时期, 90 年代为异常暖干时期, 21 世纪前 4 a气候较为暖湿。该区气候整体上向暖湿方向变化。

关键词: 寒区山地生态系统; 气候变化; 天山积雪雪崩研究站

中图分类号: X171.1

文献标识码: A

上个世纪以来, 全球气候变化明显, 环境恶化加剧, 气候灾害在我国和世界上许多国家频频发生, 极大地影响了经济和社会的长期稳定发展^[1]。因此, 研究各种尺度的气候变化, 对防灾减灾及气候预测具有深远意义, 并可以为区域产业发展的优化与调控、林牧业的可持续发展以及能源和矿产资源开发对区域生态环境影响研究提供重要的理论依据。

王绍武^[2]等研究表明, 19 世纪中期以来全球平均地表气温上升 $0.4 \sim 0.8^{\circ}\text{C}$, 20 世纪变暖趋势为 $0.066^{\circ}\text{C}/(10 \text{ a})$, 20 世纪 90 年代是最暖的 10 a 平均气温距平 0.35°C 。从降水看, 随着全球变暖, 降水量增多, 其中热带许多地区降水量增多, 副热带大部降水量减少, 高纬度地区降水量趋于增多。

任国玉^[3]等研究表明: 我国近 54 年来年平均地表气温变暖幅度约为 1.3°C , 增温速率接近 $0.25^{\circ}\text{C}/(10 \text{ a})$, 比全球或北半球同期平均增温速率高得多。全国大范围增暖主要发生在近 20 a 冬季增温速率

高达 $0.39^{\circ}\text{C}/(10 \text{ a})$, 春季为 $0.28/(10 \text{ a})$ 秋季 $0.20^{\circ}\text{C}/(10 \text{ a})$, 夏季增温速率最小, 但也达到 $0.15^{\circ}\text{C}/(10 \text{ a})$ 。我国 20 世纪 80 年代初期开始的明显增暖主要表现在冷季, 但进入 90 年代以来夏季增暖也日趋明显。从区域上看, 中国大陆地区最明显的增温发生在北方和青藏高原地区, 而西南的四川盆地和云贵高原北部仍维持弱的降温趋势。

任朝霞^[4]等研究表明: 近 50 a 西北干旱区气温呈上升趋势 ($0.22^{\circ}\text{C}/(10 \text{ a})$), 1986 年后气温明显升高, 柴达木盆地和北疆升温较大; 近 50 a 西北干旱区年降水量变化和趋势分布, 降水变化有增加的趋势 ($3.2 \text{ mm}/(10 \text{ a})$), 其中北疆降水增加最多。

目前, 对天山西部 (中国) 寒区山地生态系统气候变化特征尚无系统研究^[5-9]。本文对该区中国科学院天山积雪雪崩研究站^[10] (Tianshan Station for Snow and Avalanche Research, TSSAR) 1968~2007 近 40 a 的气候变化特征进行了研究, 通过分析积雪

收稿日期 (Received date): 2008-05-29; 改回日期 (Accepted): 2008-09-30.

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金 (40471027) [Project (40471027) supported by National Natural Science Foundation of China]

作者简介 (Biography): 史志文 (1983-) 男, 江苏丰县人, 在读研究生, 环境科学专业, 研究方向: 资源开发与环境整治。[Shi Zhiwen (1983-), born in Fengxian, Jiangsu province in 1983, male, master graduate student, environment science major, works mainly on resource development and environment renovation] E-mail: shizhiwen06@mails.gucas.ac.cn

*通讯作者 (Author for correspondence): E-mail: XuJ@ms.xjb.ac.cn

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

站站区 1968~2007近 40 a的气候数据,进而揭示天山西部(中国)寒区山地生态系统气候变化特征。

1 研究区概况

天山山脉是亚洲内陆中部的著名山系,世界干旱区域多雨山地之一。在中国境内,成纬度向横亘于新疆维吾尔自治区的中部,东起 $96^{\circ}10'E$ 的哈密县东,西到 $74^{\circ}50'E$ 的乌恰县西北境内,东西长约 1 760 km,南北跨越 5 个纬度,宽 250~350 km,面积约 4 110 km²。

积雪站 ($43^{\circ}16'N$, $82^{\circ}24'E$, 1 776 m) 位于天山西段伊犁河谷上游,接受西风气流带来的湿润水汽,在地势抬升作用下,形成新疆,乃至整个中国西北干旱区的最大降水中心。1970 年全年降水量达到 1 140.8 mm^[11]; 1968~1993 年,平均年降水量 832.2 mm。该区域内没有明显的春、秋季,只有冬、夏季。夏半年(4~9月),降水充沛,占年降水量的 70%,约 580 mm; 冬半年降水占全年降水量的 30%。冬季通常持续 4~5 个月,站区融雪常开始于 3 月下旬,融雪期通常为 2~3 个星期^[12]。

该区多年年平均气温为 $1.3^{\circ}C$, 平均最高和最低气温为 $12.6^{\circ}C$ 和 $-14.5^{\circ}C$, 分别出现在夏季的 7 月和冬季的 1 月^[12]。

据统计,新疆境内共有 3 500 多种植物种,天山就占有 2 500 多种。天山南北麓的植被基带都是荒

漠类型,其上分布着典型的草原带(1 000 m~1 700 m)。在天山积雪雪崩站区的草原带以上、云杉林带以下,有一个独立的低山草甸带,垂直幅度较狭窄,约 100~150 m。主要植物有短柄草、无芒雀麦、鸭茅、鸢尾、党参、白三叶、野豌豆、千叶蓍、草莓、猪殃殃、黄芪、棘豆等,总种数多达 50 个以上,是新疆植被中种类组成最多的群落,草丛高大茂密,生物产量最高,是优良的草场类型。

2 资料来源和处理方法

本文春季、夏季、秋季和冬季分别为 3~5 月、6~8 月、9~11 月、12 月~次年 2 月。气候资料数据选取积雪站 1968~2007 年近 40 a 连续数据序列,主要气候指标选取对气候变化反映最直观的气温和降水。

本文所有气候数据,均用 Excel 软件包处理,运用数理统计、线性回归等方法计算出年、季、气候态的平均值^[13]。做出气温、降水的历史变化曲线和线性拟合线,分析不同年、季、气候态的气候变化,总结出积雪站近 40 年来的气候变化特征。

3 气温变化特征

3.1 年际与年内气温变化特征

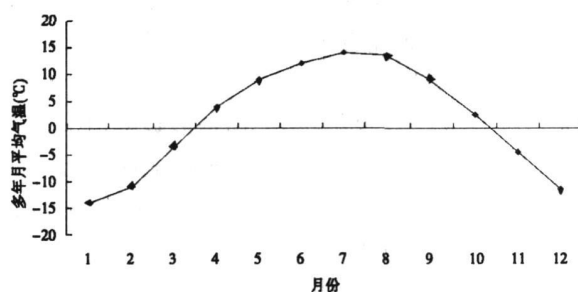
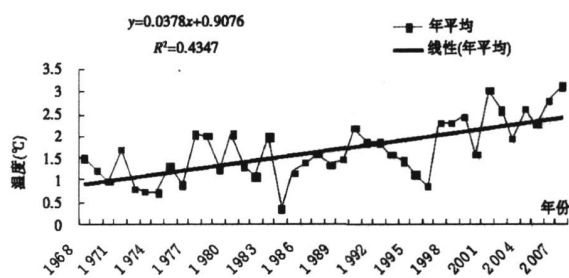


图 1 积雪站年际气温与年内气温变化

Fig 1 Changes of annual mean temperature and annual temperature range in TSSAR during 1968—2007

积雪站近 40 a 年均温平均值为 $1.682^{\circ}C$, 最高值为 $3.142^{\circ}C$ (2007 年), 最低值为 $0.358^{\circ}C$ (1984 年)。图 1(左图)显示,积雪站近 40 a 年平均气温上下波动幅度不大,在 20 世纪 90 年代中期以后有一个明显的上升阶段。应用线性拟合分析,积雪站变暖趋势为 $0.378^{\circ}C/(10 a)$, 远远高于全球变暖趋

势为 $0.150^{\circ}C/(10 a)$ 。气温上升趋势明显。

如图 1(右图)所示,积雪站多年月平均气温的变化曲线呈单峰型,气温随时间的变化持续而有规律。一年中 7 月平均气温最高,1 月最低。40 年来 7 月气温平均值为 $13.962^{\circ}C$, 最高值为 $15.8^{\circ}C$, 最低值为 $11.5^{\circ}C$; 1 月气温平均值为 $-14.022^{\circ}C$, 最

高值为 -10.1°C , 最低值为 -17.8°C 。气温的绝对振幅较大, 40 a 平均年较差值为 27.985°C , 极端气温年较差为 32.2°C 。气温年较差有递减的趋势。

3.2 季气温变化特征

如图 2 所示, 积雪站春季气温呈上升趋势, 升率为 $0.0216^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ 。春季气温变化自 20 世纪 70 年代中期到 80 年代初波动较大, 而在 20 世纪 80 年代初到 90 年代中期波动幅度较小; 90 年代中期气温变化剧烈, 其变化幅度为 40 年来最大, 出现了 40 a 最低、最高气温, 分别为 1.5°C (1996 年)、 5.5°C (1997 年)。

积雪站夏季气温在 40 年来总体上升趋势明显, 平均上升率为 $0.0323^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$, 但是气温波动不明显。20 世纪 60 年代末到 70 年代末, 气温变化浮动

较 1978 ~ 1988 年大; 20 世纪 90 年代末至 21 世纪初, 夏季气温出现了较大波动, 出现了 40 a 最高气温 14.467°C (2001 年)。

积雪站秋季气温总体变化在四季变化中是比较大的, 呈明显的上升趋势, 上升率为 $0.0398^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ 。秋季气温 40 a 变化中, 气温波动和春季相似, 20 世纪 70 年代中期到 80 年代初波动较大, 而在 20 世纪 80 年代末到 90 年代末波动幅度较小。

积雪站冬季气温变化幅度最大, 上升率为 $0.0574^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ 。与春夏季变化不同的是, 冬季气温在 20 世纪 70 年代初到 80 年代中期波动幅度较 80 年代中期到世纪末大得多, 而从 20 世纪 80 年代中期到 90 年代末期, 冬季气温明显波动减小, 趋于平稳。总体上来说, 冬季有变暖的趋势。

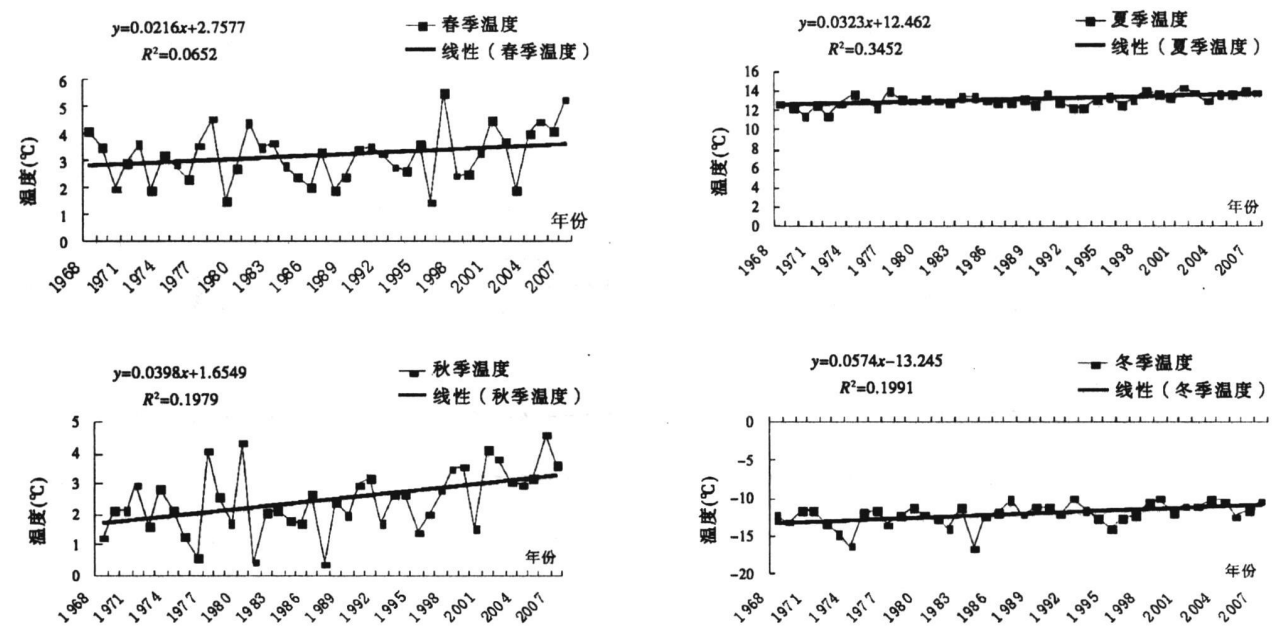


图 2 1968 ~ 2007 年积雪站四季气温变化
Fig 2 Changes of seasonal temperatures in TSSAR during 1968—2007

3.3 气候态变化特征

气候学上通常将气象要素在最近 30 a 的平均值作为气候基本态, 平均值的改变表明了气候基本态的变化^[14]。气候变化也表现在气象要素的标准差 (或气候变率) 的改变上, 标准差的改变往往是与异常天气的频率及强度相联系的, 因此有必要了解气象要素标准差的长期变化。

为了更清楚地探讨积雪站近 40 年来的气温变化趋势, 应用滑动回归法求出近 40 年来每 30 a 的

春季、夏季、秋季、冬季和全年气温变率, 分析气候变化趋势 (图 3)。

由图 3 可以看出, 积雪站全年气温变率在前期上升较明显; 春季气温变率总体上看处于先下降后上升的态势; 夏季气温变率平稳上升, 在整个气候态变化中均高于年气温变率, 对年气温变化影响较大, 但变化趋势基本和年气温变率相同; 秋季气温变率则基本和年气温变率呈现相同的趋势, 对年气温变化影响不大; 冬季变率在整个气候态中经历了比

较大的波动,其气温变率也在最近的几个气候态中处于上升态势,在最近的几个气候态变化中超过了年气温变率,对年气温变化影响较大。

研究一个地区气候的变化,除了研究该地区的气温与降水量等气候要素随时间的变化情况外,还要分析这些气候要素的离散程度是如何变化的,即这些气候要素变率的变化状况。本文使用变异系数作为衡量一个气候系列离散程度的指标。变异系数

又称“标准差率”,是衡量资料中各观测值变异程度的另一个统计量。变异系数有全距系数、平均差系数和标准差系数等。常用的是标准差系数,用 CV (Coefficient of Variance) 表示,公式表示为: $CV = \sigma / \mu$ 。

根据资料做出了积雪站春季、夏季、秋季、冬季和全年气温变异系数曲线(图4)。

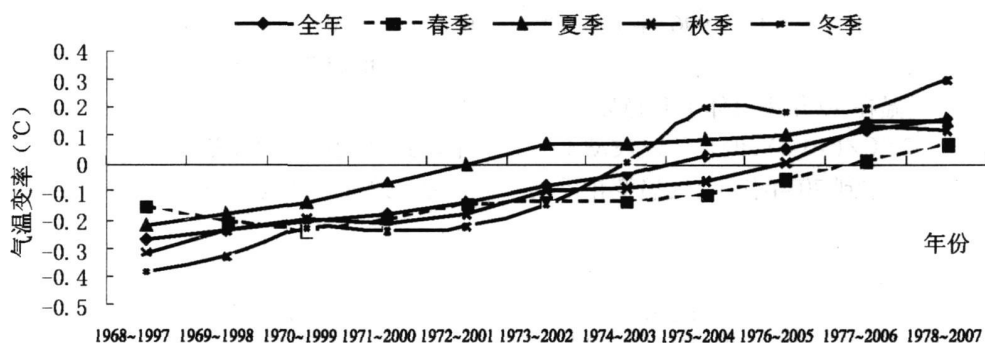


图3 积雪站气温变率曲线

Fig. 3 The curve of temperature change rate in TSSAR

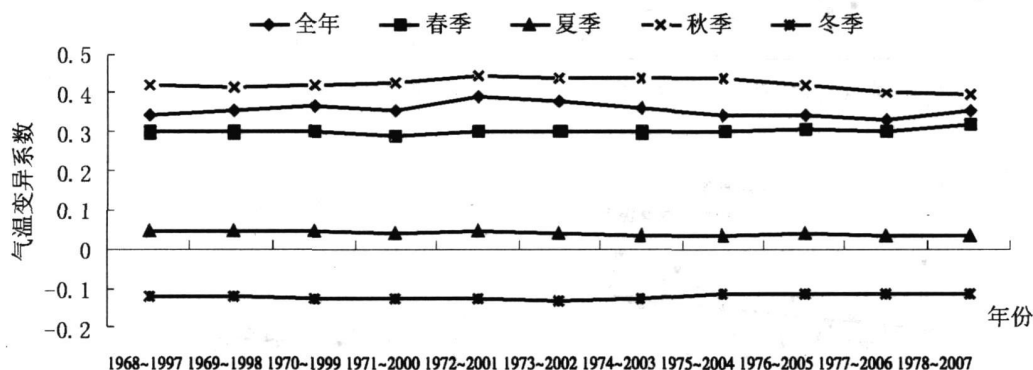


图4 积雪站气温变异系数曲线

Fig. 4 The curve of temperature coefficient of variation in TSSAR

从图4可以看出,全年气温变异系数波动较大,前期呈上升趋势,中期呈下降趋势,末期呈上升态势;春季气温变异系数波动较小,后期呈明显的上升趋势;夏季气温变异系数波动较小,呈微弱的下降趋势;秋季气温变异系数波动较大,在整个气候态中均高于全年,对年气温变异系数影响较大;冬季变异系数曲线在前期变化平稳,呈下降趋势,但是末期呈明显的上升趋势,说明在20世纪70年代中期以后容易出现“冷冬”和“暖冬”事件。这和上面分析的冬季气温40 a变化也吻合。

4 降水变化特征

4.1 年际与年内降水变化特征

从图5可以看出,积雪站1968~2007年近40 a间的降水量在波动变化中趋于增加。降水量增加的线性倾向值为 $3.457 \text{ mm}/(10 \text{ a})$, 高于西北干旱区 $3.2 \text{ mm}/(10 \text{ a})$ 的平均值。多年平均降水量为 842.69 mm , 年降水量最高值为 1150.8 mm (1998年), 最低值为 541.3 mm (1995年)。20世纪60年代末到70年代初期,降水量呈上升态势,出现了1

个降水最高值: 1 140. 8 mm (1970 年); 20 世纪 70 年代初到 80 年代初期, 降水波动较小, 变化趋于平稳;

1994 年之后, 降水波动剧烈, 并出现了 40 a 降水最高值 1 150. 8 mm (1998 年)。

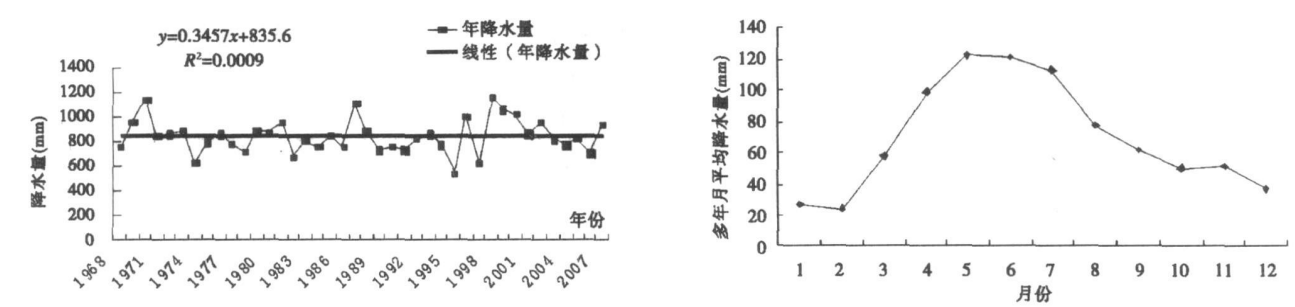


图 5 1968~2007 年积雪站四季降水变化
Fig 5 Changes of annual mean precipitation in TSSAR during 1968—2007

积雪站多年月平均降水量的变化曲线也呈单峰型。本区一年内降水集中于 4~8 月, 占全年降水的 63. 19% 以上, 5、6 月是每年中降水最多的月份, 月降水量最高值落在 5 月。一年中四个季节(春、夏、秋、冬)的降水量占全年降水量的百分比分别是: 33. 00%, 37. 02%, 19. 51%, 10. 46%, 春夏两季降水占全年降水的 70. 02%。

4. 2 季降水变化特征

从图 6 可以看出, 积雪站春季降水量增加缓慢, 达到了 0. 575 mm/(10 a) 整体趋势和全年降水变化基本相同, 对全年降水变化影响较大。20 世纪 60 年代末到 70 年代初期, 降水呈上升状态, 出现了 1

个降水最高值: 425. 8 mm (1970 年); 20 世纪 70 年代初到 90 年代中期, 降水波动相对较小; 1994 年之后, 降水波动剧烈, 并出现了 40 a 降水最高值 477. 2 mm (1998 年) 和最低值 146. 4 mm (1995 年)。

积雪站夏季降水量呈现明显增加趋势, 线性倾向值达 12 044 mm/(10 a), 这个趋势和全年降水变化基本相同, 对全年降水变化影响最大。20 世纪 60 年代末到 70 年代中期, 降水波动剧烈, 出现了近 40 a 的最高值 450. 90 mm (1970 年) 和最低值 155. 7 mm (1974 年); 20 世纪 70 年代初到 80 年代中期, 降水波动较小; 1986 年之后, 降水量变化波动剧烈, 呈上升状态。

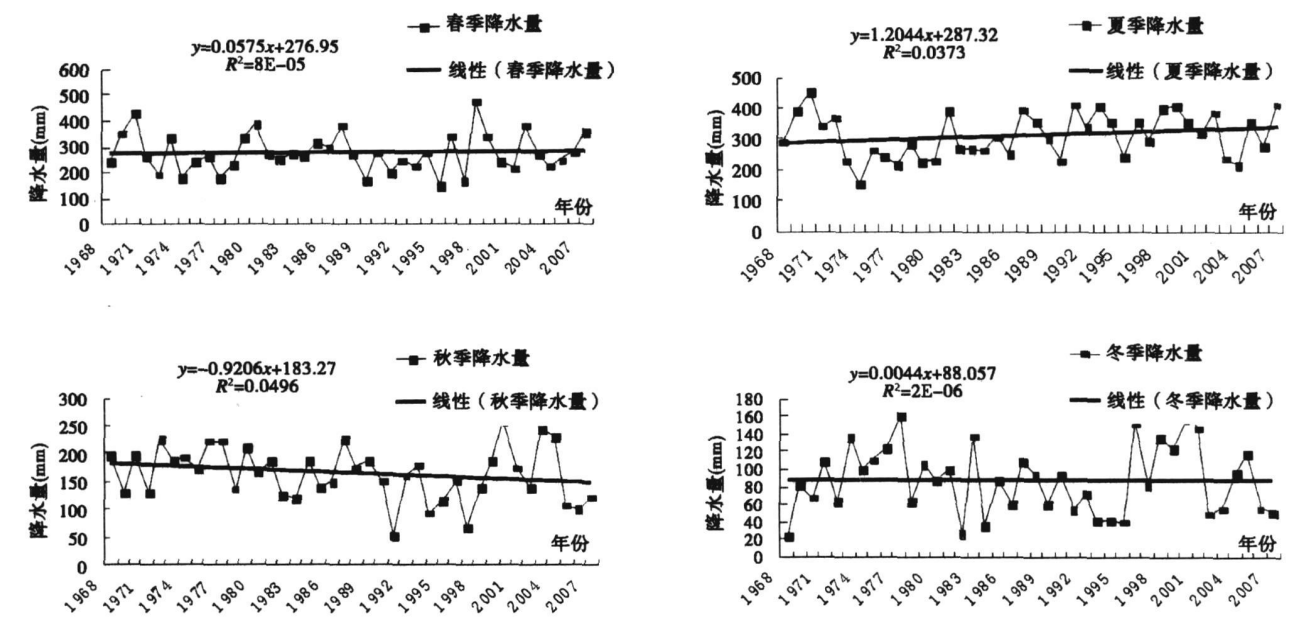


图 6 1968~2007 年积雪站四季降水变化
Fig 6 Changes of seasonal precipitation in TSSAR during 1968—2007

积雪站秋季降水量表现为减少趋势,线性倾向值为 $-9.206\text{ mm}/(10\text{ a})$ 。季降水量最高值为 261.0 mm (2000年),最低值为 53.1 mm (1991年),降水量变化波动相对较小。

积雪站冬季降水量增加缓慢,仅为 $0.044\text{ mm}/(10\text{ a})$ 。20世纪60年代末到80年代中期,降水波动剧烈,出现了近40 a的最高值 161.2 mm (1977年)和最低值 24.8 mm (1974年);1995年之后,降水量变化波动剧烈,呈上升态势。

4.3 积雪深度变化特征

如图7所示,积雪站近40 a逐年最大雪深变化波动较大。最大雪深为 152 mm (2001年),次最大雪深为 141 mm (2000年和1997年);最小雪深为 45 mm (1977年),次最小雪深为 50 mm (1973年)。本文重点讨论天山西部寒区山地生态系统近40年来气温和降水的变化特征,对积雪深度的变化特征不做深入分析。

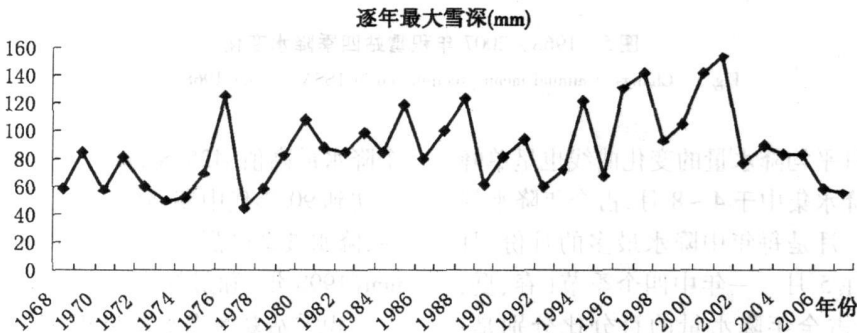


图 7 1968~2007年逐年最大雪深变化

Fig 7 Changes of snow depth in TSSAR during 1968~2007

5 严重冷暖时间和干湿时间

以气温来表征的气候灾害主要有冷冬和暖冬,严重冷暖事件的出现往往会给国民经济带来巨大的损失。根据联合国世界气象组织的规定^[1 15],月平均气温距平大于或等于两个标准差为异常暖,小于或等于两个标准差为异常冷。如果要素序列符合正态分布,则异常冷暖事件出现的几率约为44 a一遇。考虑到出现异常气候的几率较小,王绍武^[16]等将出现几率约为10 a一遇的距平大于1.3个标准差的事件定义为严重气候灾害。本文通过上面的定义计算出积雪站40年来严重冷暖天气和干湿年。

从表1可以看出,积雪站在近40 a总共出现严重冷暖冬事件9次,冷冬事件基本分布在1985年前,出现次数比较平均,基本是10 a1次,气温最低距平出现在1984~1985年冬天;暖冬出现在1986年以后,分布也比较平均,基本是5 a1次,异常暖冬出现在1992~1993年冬天,可以看出在进入了1985年以后,积雪站出现暖冬频率增加,印证了该区冬天气候态曲线变化。

表 2 积雪站近40 a严重多雨少雨事件
Table 2 The rainless stage and pluvial stage in recent 40 years in TSSAR

多雨		少雨	
年份	距平值(mm)	年份	距平值(mm)
1970~1971	308.1	1974~1975	-199.7
1987~1988	280.2	1995~1996	-291.4
1998~1999	318.1	1997~1998	-215.7
1999~2000	227.9		
2000~2001	189.1		

从表2可以看出,近40年来积雪站出现严重多雨少雨事件8次,其中少雨事件多出现在20世纪,

表 1 积雪站近 40 a出现的严重冷暖冬事件
Table 1 The serious cold/warm winter events in recent 40 years in TSSAR

暖冬		冷冬	
年份	距平值(℃)	年份	距平值(℃)
1987~1988	2.206 7	1973~1974	-2.260 0
1992~1993	2.340 0	1974~1975	-3.960 0
1999~2000	2.306 7	1984~1985	-4.260 0
2003~2004	2.106 7		
2004~2005	2.073 4		
2007~2008	2.073 4		

而多雨事件大都出现在 1980 年代以后, 世纪之交出现了 3 次多雨事件, 没有发生非常严重的多雨少雨事件, 这也证明了积雪站降雨总体上增加的趋势。

6 小结

1. 40 a 气温变动情况表明积雪站气候变暖趋势显著, 年平均气温增加的线性倾向值为 $0.378^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ 。40 年来的降水情况表明该区降水在剧烈波动变化中趋于增加, 降水量增加的线性倾向值为 $3.457\text{ mm}/(10\text{ a})$ 。

2. 四季气温变化中, 冬季升温最为明显, 其次为秋、夏两季, 春季升温趋势最为微弱。由四季气温的变异系数的数值可以看出, 冬季气温的波动性较大, 夏季气温大的波动性最小, 其余两季气温波动性居中, 四季气温中夏秋冬三季气温升高是区域变暖的主要贡献因子; 四季降水变化中, 40 年来除了秋季降水量表现为减少趋势, 减少率为 $-9.206\text{ mm}/(10\text{ a})$, 其余三季降水量均为增加趋势, 夏季降水量递增率最高, 达 $12.044\text{ mm}/(10\text{ a})$, 其次为春季和冬季, 说明夏秋季节降水变动是区域降水量变化的主要影响因子。

3. 在进入 20 世纪 80 年代以后, 冬季气温增加, 出现了 6 次暖冬事件, 基本是 5 a 1 次, 年气温和各季节气温在世纪末的几年都出现了大幅度上升。积雪站在 1990 年代中期出现了一个干旱期, 不断出现少雨现象, 但是在世纪之交降水量逐渐上升, 到 2000 年左右出现多雨年, 也和气温变化相呼应。

4. 总体上讲, 该区气候变化向暖湿方向发展 ($0.378^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$, $3.457\text{ mm}/(10\text{ a})$), 但是有两点值得注意: (1) 秋季向暖干方向发展 ($0.398^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$, $-9.206\text{ mm}/(10\text{ a})$); (2) 向暖湿方向发展的其它季节变化速率不尽相同, 春季 ($0.216^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$, $0.575\text{ mm}/(10\text{ a})$), 夏季 ($0.323^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$, $12.044\text{ mm}/(10\text{ a})$), 冬季 ($0.574^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$, $0.044\text{ mm}/(10\text{ a})$)。秋冬季节可能会诱发新的旱情, 应引起相关研究者的注意。

参考文献 (References)

[1] Yang Yi Wu Wei Liu Hongbin Climate change tendency in Guiyang for the last 40 years [J]. Journal of Southwest China Normal University (Natural Science Edition), 2007 32(2): 82~87 [杨毅, 武伟, 刘洪斌. 贵阳市近 40 年气候变化趋势分析 [J]. 西南师范大学学报 (自然科学版), 2007 32(2): 82~87]

[2] Wang Shaowu Gong Daoyi On debates concerning the global warming [J]. Geographical Research 2001 20(2): 153~160 [王绍武, 龚道溢. 对气候变暖问题争议的分析 [J]. 地理研究, 2001 20(2): 153~160]

[3] Ren Guoyu Xu Mingzhi Chu Ziyang et al Changes of surface air temperature in China during 1951—2004 [J]. Climatic and Environmental Research 2005 10(4): 717~727 [任国玉, 徐铭志, 初子莹, 等. 近 54 年中国地面气温变化 [J]. 气候与环境研究, 2005 10(4): 717~727]

[4] Ren Zhaoxia Yang Dayuan Impacts of climate change on agriculture in the Arid Region of northwest China in recent 50 years [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment 2007 21(8): 48~53 [任朝霞, 杨达源. 近 50 a 西北干旱区气候变化对农业的影响 [J]. 干旱区资源与环境, 2007 21(8): 48~53]

[5] Yuan Yujang Ye Wei The dry-humid climate change in Yili region Xinjiang since recent 40 years [J]. Arid Land Geography 1999 22(4): 1~7 [袁玉江, 叶玮. 新疆伊犁地区近 40 年来的干湿变化 [J]. 干旱区地理, 1999 22(4): 1~7]

[6] Yuan Yujang Ye Wei Warm-cold changes for recent 40 years in Yili Region in the Western of Tianshan mountain [J]. Journal of Xinjiang University (Natural Science Edition), 2000 17(4): 66~72 [袁玉江, 叶玮. 天山西部伊犁地区近四十年来冷暖变化 [J]. 新疆大学学报 (自然科学版), 2000 17(4): 66~72]

[7] Zhang Lixu Wei Wenshou Variation trends of snowcover in the middle mountains of western Tianshan and their relations to Temperature and precipitation [J]. Journal of Mountain Science 2001 19(5): 403~407 [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 [J]. 山地学报, 2001 19(5): 403~407]

[8] Fan Minjie Yuan Yujang Wei Wenshou et al Reconstruction of precipitation series from tree-rings at the northern slopes of south Tianshan mountains of Yili Prefecture [J]. Arid Land Geography 2007 30(2): 268~273 [范敏杰, 袁玉江, 魏文寿, 等. 用树木年轮重建伊犁南天山北坡西部的降水量序列 [J]. 干旱区地理, 2007 30(2): 268~273]

[9] Fan Minjie Yuan Yujang Wei Wenshou et al Interpolation and analysis of mean Summer maximum Temperature in Yili Prefecture in the West Tianshan mountains China [J]. Arid Zone Research 2008 25(1): 75~81 [范敏杰, 袁玉江, 魏文寿, 等. 新疆伊犁地区夏季平均最高气温的重建和分析 [J]. 干旱区研究, 2008 25(1): 75~81]

[10] Hu Ruji Ma Hong Jiang Fengqing Geographical environment in the area of Tianshan Station for Snow and Avalanche Research Yili Xinjiang China [J]. Arid Land Geography 1997 20(2): 25~33 [胡汝骥, 马虹, 姜逢清. 中国天山积雪雪崩站区的地理环境 [J]. 干旱区地理, 1997 20(2): 25~33]

[11] Ma Hong Liu Yifeng Hu Ruji Energy balance and snow melt simulation of seasonal snow in the western tianshan mountains China [J]. Geographical Research 1993 12(1): 87~92 [马虹, 刘一峰, 胡汝骥. 天山季节性积雪的能量平衡研究和融雪速率模拟 [J]. 地理研究, 1993 12(1): 87~92]

[12] Jiang Fengqing Xu Junrong Qiu Jiaqi Preliminary study on snow cover equilibrium in the Kunes river valley Tianshan mountains

- [J]. *Arid Land Geography* 1996 19 (2): 50 ~ 55[姜逢清, 徐俊荣, 仇家琪. 天山巩乃斯河谷融雪期积雪物质平衡初步研究 [J]. 干旱区地理, 1996 19 (2): 50 ~ 55]
- [13] Liu Xiaoqing, Liu Yansui, Yan Junping et al. Analysis on climatic Changes under Global Climatic change[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment* 2008 22(1): 54 ~ 59[刘晓琼, 刘彦随, 延军平, 等. 生态脆弱区多年气候变化特征分析 [J]. 干旱区资源与环境, 2008 22(1): 54 ~ 59]
- [14] Rasmusson E M, Wang X L and Ropelawski C F. Secular variability of ENSO cycle[A]. In: *Decade to century time scales of natural climate variability* [C]. Academic Press 1994: 458 ~ 469
- [15] Zhang Xiaoli, Zhang Rulin. The characteristics of temperature and serious cool/warm winters of the 20th century in ShenZhen[J]. *Journal of Tropical Meteorology* 2001 17(3): 293 ~ 300[张小丽, 张儒林. 二十世纪深圳气温变化特征及严重冷暖冬事件 [J]. 热带气象学报, 2001 17(3): 293 ~ 300]
- [16] Wang Shaowu, Gong Daoyi, Yan Junping et al. Serious climatic disasters of China during the past Century[J]. *Journal of Applied meteorological Science* 1999(suppl): 43 ~ 53[王绍武, 龚道溢, 陈振华, 等. 近百年来中国的严重气象灾害 [J]. 应用气象学报, 1999(增刊): 43 ~ 53]

Analysis on Climatic Changes under Global Climatic Change —— A Case Study of Tianshan Snow and Avalanche Research Station

SHI Zhiven^{1, 2}, XU Junrong¹, CHEN Zhongsheng^{1, 2}, LI Meiyi^{1, 2}

(1. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Science Urumqi 830011, China

2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences Beijing 100049, China)

Abstract: In this paper, the annual, seasonal and decadal climatic changes in Tianshan Station for Snow and Avalanche Research were analyzed by using climatic data during 1968 ~ 2007. It was found that the climate was cold and humid comparatively in 1970s. The climate was warm and wet comparatively in 1980s. The climate became warmer and doughtier in 1990s than before. In the first four years in 21st the climate trended to be warmer and wetter. The Comprehensive analyses of climatic change could offer important guiding significance to construct the base of industrial structure evolution, accelerate the sustainable development of mountain ecosystem of cold region.

Key words: mountain ecosystem of cold region; climatic change; Tianshan Station for Snow and Avalanche Research