

Analysis of Characteristics of Climate Change in Hami in Recent 58 Years

Bin Liu, Yang Wu

Hami Meteorological Bureau, Hami Xinjiang
Email: 1037939382@qq.com

Received: Mar. 6th, 2020; accepted: Mar. 20th, 2020; published: Mar. 27th, 2020

Abstract

Based on the trend analysis methods and coefficient of variation methods, the interdecadal, interannual and seasonal variations of temperature, precipitation and sunshine duration from 1961 to 2018 were studied. In the past 58 years, the spatial characteristics of the annual mean temperature showed that the temperature in the north was lower than that in the south of Hami city. The annual mean temperature and seasonal mean temperature all increased. The interdecadal difference of annual and seasonal mean temperature in the south of Tianshan Mountain is obvious. The annual mean precipitation of the north area was larger than that of the south area, which showed a trend of increased significantly. There was a pluvial period in the 21st century and a rare rain period in the 1960s. The changing trend of seasonal precipitation is less than annual mean precipitation. The interannual variation of precipitation in the southern region of Tianshan Mountain is obviously larger than that in the northern region. The spatial characteristics of the sunshine duration showed it in the north was lower than that in the south. The annual mean sunshine duration and seasonal sunshine duration showed a weak increased trend in the southern region, which decreased weakly in the northern region.

Keywords

Climate Change, Tendency Analysis, Hami

近58年来哈密气候变化特征分析

刘彬, 吴杨

哈密市气象局, 新疆 哈密
Email: 1037939382@qq.com

收稿日期: 2020年3月6日; 录用日期: 2020年3月20日; 发布日期: 2020年3月27日

摘要

本文利用趋势分析法及变差系数法等分析方法,研究了1961~2018年哈密市气温、降水量及日照时数的年际、年代际、季节变化特征,得到以下结论:近58a来哈密市年平均气温呈北低南高的空间分布特征,年及四季平均气温均呈上升趋势,山南区域年及各季平均气温的年代际差异较明显;年降水量北多南少,呈显著增加趋势,21世纪为多雨期,60年代为少雨期,四季降水量变化趋势均较年平均降水量增加幅度偏小,山南区域降水量的年际变化明显大于山北区域;日照时数的空间分布呈现南多北少的特征,山南区域年及四季日照时数均呈弱的增加趋势,山北呈弱的减少趋势。

关键词

气候变化, 趋势分析, 哈密

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

自1980年代以来,气候变化成为全球关注的热点问题。IPCC第五次评估报告第一工作组报告决策者摘要结果表明:未来全球气候变暖仍将持续,21世纪末全球平均地表温度在1986年~2005年的基础上将升高0.3°C~4.8°C [1]。丁一汇[2]和陈隆勋[3] [4]等分别研究了1860~1986年和1921~2002年中国的气候变化,结果表明,我国平均温度变暖,具有明显的区域性,其中北方大部地区变暖,增温最明显的季节是冬季,而年降水量则以12.7 mm/10a的倾向率递减。新疆的科技工作者对于新疆气候变化情况也做了许多研究[5] [6] [7] [8],指出新疆气候变化趋势以暖湿为主。但以上研究多集中在新疆局部地区,对于海拔高差大、地貌类型复杂的哈密市研究较少。本文对哈密市3个气象站1961~2018年的主要气候因子进行分析,以揭示东疆绿洲生态类型下的哈密市气候变化规律,为当地生态环境治理、水资源的合理开发利用以及畜牧业的可持续发展提供一些参考。

2. 研究区概况

哈密市位于新疆东部,东经90°06'~96°23',北纬40°45'~45°09',地域辽阔,天山山脉从东至西横贯中部,地势南北低,中部高,北为丘陵戈壁,南为戈壁平原,全境地貌特点可分为山地、丘陵、戈壁、平原。特殊的自然地理条件形成了哈密两大不同气候区域,既有南疆气候特点,又有北疆气候特点:南部光照充足,热量丰富,干旱少雨;北部降水充沛,气候温凉;春秋季节冷空气活动频繁,冷热变化剧烈。

3. 资料和方法

本文采用的气候资料来自中国气象局国家气象信息中心整编的哈密市伊州区、巴里坤、伊吾3个气象站点1961年1月~2019年2月的逐月地面观测资料,气候基准值采用1981~2010年的平均值。根据地形及气候特征将气象站点进行区域划分为山北和山南地区,以伊州区代表山南地区,巴里坤、伊吾两站的平均值代表山北地区。按照春季(3~5月)、夏季(6~8月)、秋季(9~11月)、冬季(12月~翌年2月)对气候资料进行季节处理。

采用最小二乘法对气候要素进行趋势分析, 并采用 Person 相关系数进行气候趋势的显著性检验; 为消除气候序列随机波动的影响, 采用 5a 滑动平均法处理气候噪音, 描述气象要素的长期变化趋势; 利用变差系数来表示气候指标的相对变化[9]。

4. 气候变化特征分析

4.1. 各要素时间变化特征

4.1.1. 气温

近 58 年来哈密市年平均气温呈南部高、北部低的空间分布结构, 年平均气温山南为 10.2℃、山北为 3.4℃。图 1 为 1961~2018 年哈密市年平均气温的年际变化曲线图。由图可见, 近 58a 来哈密市气温总体呈增暖的变化趋势, 山南区域年平均气温气候变化倾向率为 0.211℃/10a, 山北区域年平均气温气候变化倾向率为 0.440℃/10a, 变化趋势均通过了 0.01 水平的显著性检验($P < 0.01$), 这与西北地区平均气温变化趋势(0.42℃/10a) [10]一致, 并且山北的升温趋势大于西北地区的趋势。从年际变化来看, 2017 年为山南区域近 58a 中最暖的年份, 年平均气温正距平均达 1.5℃, 其次为 2016 年, 年平均气温正距平均为 1.4℃; 1976 年是最冷的年份, 年平均气温距平达 1.1℃, 最暖年份与最冷年份两者相差 2.6℃。山北最暖年份出现在 2013 年, 距平 1.5℃, 最冷年份出现在 1984 年, 距平达 -2.7℃, 最暖年份与最冷年份两者相差达 4.2℃。

近 58a 来哈密市四季平均气温同样呈上升的趋势, 但增温空间分布并不完全一致(图略)。山南区域春季、夏季、秋季和冬季平均气温的气候变化倾向率分别为 0.334℃/10a、0.195℃/10a、0.064℃/10a、0.187℃/10a, 春季、夏季平均气温的变化趋势通过了 0.01 水平的显著性检验($P < 0.01$), 秋季、冬季平均气温的变化未通过显著性检验。可见, 各季节对气候增暖的贡献主要是春、夏季, 秋、冬季对气候增暖的贡献很小。山北区域春季、夏季、秋季和冬季平均气温的气候变化倾向率分别为 0.431℃/10a、0.509℃/10a、0.404℃/10a、0.359℃/10a, 四季平均气温的变化趋势通过了 0.01 水平的显著性检验($P < 0.01$)。各季节对气候增暖的贡献大小依次为: 夏季 > 春季 > 秋季 > 冬季。

左洪超等[11] [12]研究指出, 近 50a 中国平均气温与全球平均气温变化趋势一致, 特别是从 1970 年开始中国平均气温增温幅度高于全球平均水平, 中国年平均气温增温速率为 0.25℃/10a。以上分析表明, 哈密市年平均气温与中国和全球平均气温变化趋势相同, 均呈上升趋势, 山南区域上升速率接近全国平均变化, 而山北区域年平均气温上升速率约为全国平均的 1.8 倍, 近 58a 来哈密市山北区域和山南区域年平均气温上升了分别约 1.2℃和 2.6℃。

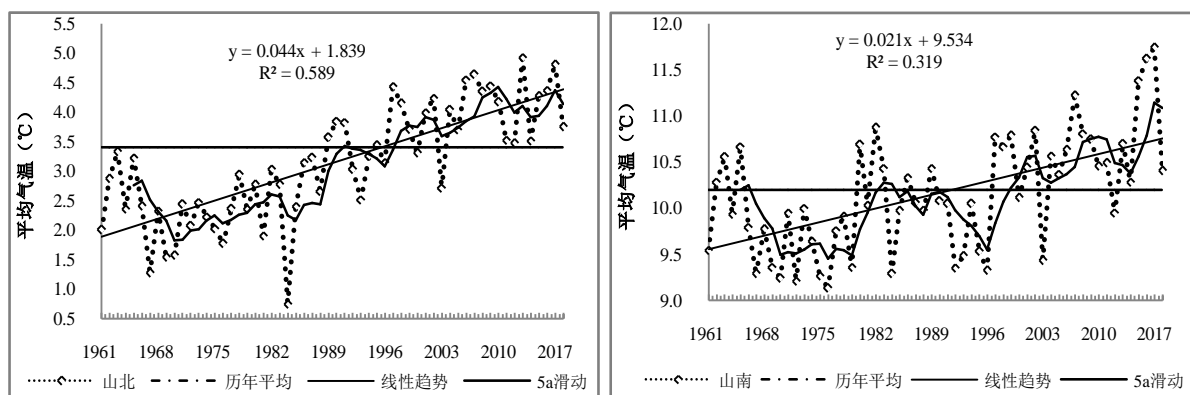


Figure 1. Interannual variation of average temperature in Hami

图 1. 哈密市年平均气温年际变化

4.1.2. 降水量

图 2 为哈密市年降水量的变化趋势。由图可见, 近 58a 来哈密市年降水量的波动较大, 但总体呈增加的趋势, 山南、山北区域的多年平均降水量分别为 43.7 mm 和 167.4 mm, 呈北多南少的空间分布特征。山南区域的年降水量从出现在 2015 年的最多值 78.8 mm 到出现在 1997 年的最少值 9.2 mm, 相差达到 7 倍多。山北区域年降水量的波动幅度较山南略小, 降水量最多值出现在 2017 年(254.9 mm), 最少值出现在 1985 年(87.3 mm), 相差为 2 倍多。山南、山北区域年降水量的气候变化倾向率分别为 3.743 mm/10a、10.06 mm/10a, 变化趋势均通过了 0.01 水平的显著性检验($P < 0.01$)。由 5a 滑动平均曲线进一步发现, 山南区域 60 年代末降至最低点, 70 年代中期出现波峰后短暂下降, 80 年代至 90 年代处于小幅波动上升状态, 2000 年后明显上升至一个波峰后又开始缓慢下降。相邻年份之间也存在较大差异, 1998 年和 1997 年差值最大, 相差 56.7 mm。山北区域年降水量波动幅度较山南有所不同, 60 年代年降水量呈上升状态, 60 年代末出现第一个波峰, 70 年代中期出现第一个波谷, 80 年代至 90 年代与山南区域一致, 处于小幅波动上升状态, 在 90 年代末出现第二个明显的波峰, 21 世纪后降水量变化较大, 在波动中趋于增加。1984 与 1985 年之间降水量差值最大, 相差 120.5 mm。58a 来, 山南、山北区域年降水量年际标准差分别为 17.5 mm、37.2 mm, 以降水量距平百分率 $\geq 40\%$ 为多雨年、距平百分率 $\leq -40\%$ 为少雨年, 介于两者之间为正常年份。通过分析, 山南区域多雨年份是在 1973、1988、1992、1995、1998、2002、2005、2010、2012、2015 年, 共 10 年, 1963、1965、1966、1967、1969、1974、1977、1978、1985、1986、1991、1997、2011、2013 年为少雨年, 共 14 年, 其余为正常年份, 共 34 年; 山北区域多雨年份是在 1998、2007、2015 年, 共 3 年, 1962、1963、1974、1985 年为少雨年, 共 4 年, 正常年份共 51 年。可见哈密市多雨年份主要集中在 21 世纪, 这一时期为多雨期, 少雨年份主要集中在 60 年代, 这一时期为少雨期。

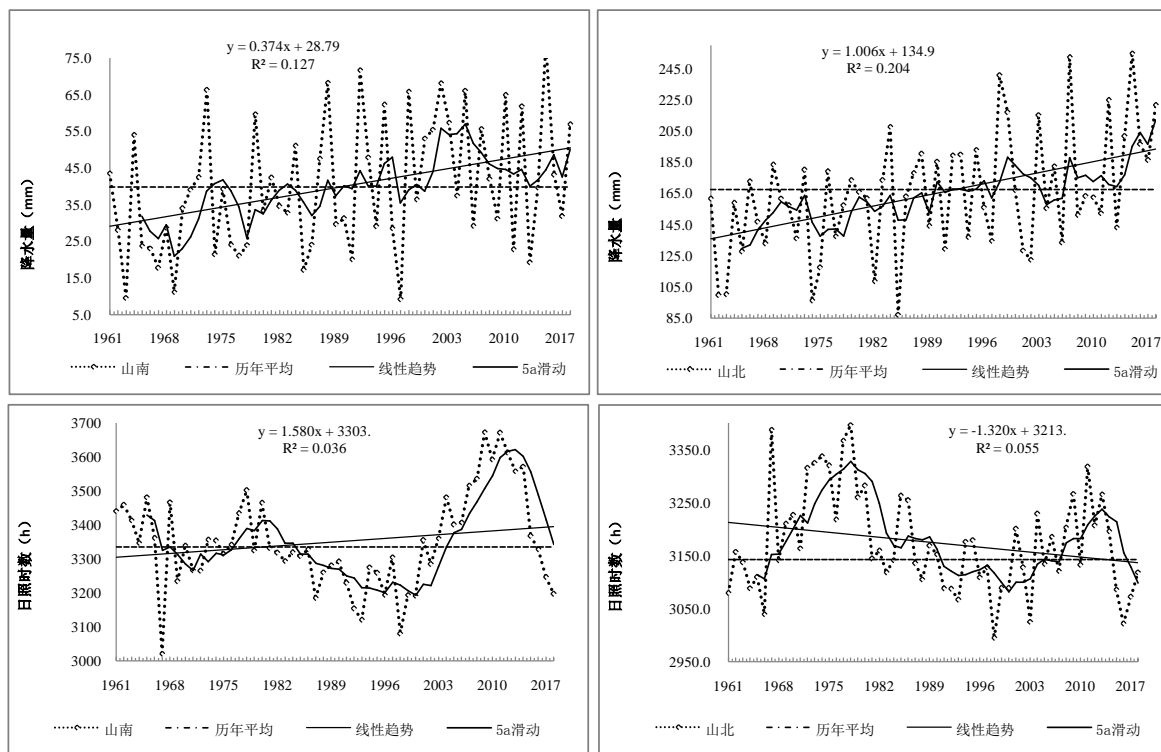


Figure 2. Interannual variation of precipitation and sunshine hours in Hami

图 2. 哈密市年降水量、年日照时数年际变化

与年降水量相比, 四季降水量变化趋势均较年降水量增加幅度偏小。山北春季、夏季、秋季、冬季降水量的气候变化倾向率分别为 2.509 mm/10a、4.32 mm/10a、2.802 mm/10a、0.41 mm/10a, 山南春季、夏季、秋季、冬季降水量的气候变化倾向率分别为 0.458 mm/10a、1.952 mm/10a、0.877 mm/10a、0.462 mm/10a, 变化趋势均未通过显著性检验(图略)。

4.1.3. 日照时数

日照时数是气候要素的重要组成部分, 主要体现太阳辐射的强弱[13]。通过分析哈密市年日照时数的变化趋势和 5a 滑动平均(图 2)可见, 哈密市日照时数的空间分布呈现南多北少的特征。近 58a 来山南区域年日照时数为 3349.7 h, 呈弱的增加趋势, 气候变化倾向率为 15.808 h/10a, 未通过显著性检验; 年日照时数最多为 3672.9 h, 出现在 2009 年, 最少为 3021.8 h, 出现在 1967 年, 两者相差 651.1 h。5a 滑动平均曲线进一步表明, 60 年代到 70 年代初年日照时数降至低点后回升, 在 80 年代初期达到第一个波峰, 此后开始回落, 90 年代末降至第二个波谷, 80 年代至 90 年代日照时数偏少, 20 世纪日照时数明显回升, 至 2010 年前后升至最高点, 然后开始迅速减少。山北区域年日照时数呈波动下降趋势, 线性倾向率为 -13.205 h/10a, 其变化趋势也未通过显著性检验。58a 平均日照时数为 3142.8 h, 1978 年达到最大值 3396.5 h, 1998 年最小, 仅为 2995.1 h, 两者相差 401.4 h。5a 滑动平均显示, 60 年代到 90 年代末, 年日照时数变化明显, 60 年代至 70 年代呈明显升高, 70 年代末达到第一个峰值, 此后开始波动下降, 90 年代末降至最低点, 2010 年前后出现第二个峰值, 此后开始回落。

从日照时数的季节变化来看, 山南区域春季、夏季、秋季、冬季日照时数的气候变化倾向率分别为 15.497 h/10a、3.011 h/10a、6.916 h/10a 和 2.898 h/10a, 其中春季、秋季日照时数的变化通过了 0.01 水平的显著性检验($P < 0.01$), 夏季、冬季日照时数的变化未通过显著性检验(图略)。山北区域各季日照时数的气候变化倾向率分别为春季 0.471 h/10a、夏季 -6.998 h/10a、秋季 -2.161 h/10a 和冬季 -4.427 h/10a, 各季日照时数的变化均未通过显著性检验(图略)。

4.2. 各要素年代际变化特征

4.2.1. 气温

表 1 给出了哈密市各年代的年、季气温距平值。由表 1 可见, 山南区域年及各季平均气温的年代际差异较明显: 年平均气温自 21 世纪 80 年代起逐年代上升, 90 年代略有下降, 21 世纪气温明显上升, 2011~2018 年气温较多年平均气温上升了 0.5°C , 较 20 世纪 70 年代的低温期上升约 1.1°C 。这一变化与我国增暖始于 20 世纪 80 年代后期、90 年代增暖迅速的情况略有不同[14] [15] [16]。春、夏、秋季平均气温的年代际变化趋势与年平均气温一致, 冬季年平均气温在 20 世纪 80~90 年代为偏暖期, 20 世纪 60~70 年代及进入 21 世纪的 18 年来均为偏冷期, 这与全国趋势不同。

山北区域年平均气温的年代际变化与全国增暖趋势基本一致。年平均气温呈逐年代上升趋势, 以 20 世纪 60~70 年代最冷, 较平均值低 1.1°C , 90 年代开始山北区域年平均进入偏暖期。春季平均气温年代际变化与年平均气温变化一致, 夏、秋季平均气温 20 世纪 60~90 年代均为偏冷期, 21 世纪进入偏暖期; 冬季平均气温则 20 世纪 90 年代至 2010 年为偏暖期, 2011~2018 年冬季平均气温仍为偏冷期。可见, 在特殊的地理条件下, 山南山北的平均气温变化趋势存在较大差异。

4.2.2. 降水量

对哈密市降水量分年代进行统计, 并利用文献[9]中的变差系数法计算变差系数(表 2), 可见, 各年代平均年降水量存在较大差异。山南区域年降水量从 20 世纪 60 年代至 2001~2010 年呈逐年代增加的趋势, 在 2011~2018 年略有下降, 但进入 21 世纪后, 各年代降水量均大于平均值。年降水量在各年代年际差异

也十分明显, 60 年代变差系数为 0.479, 达到最大值, 本世纪初变差系数最小, 为 0.273, 说明 60 年代降水量年际间波动较为剧烈, 而本世纪初波动幅度较平缓, 年际间差异较小。山北区域年降水量在 21 世纪之前同山南区域一样, 呈逐年代增加的趋势, 在 20 世纪 90 年代年降水量多于多年平均值, 2001~2010 年下降至略少于平均值, 2011~2018 年为各年代中降水量最多时期, 达 197.7 mm, 较多年平均值偏多 30 mm。各年代变差系数以 2001~2010 年最大, 为 0.231, 20 世纪 80 年代变差系数最小, 为 0.144, 说明 2001~2010 年山北区域年降水量存在较大的年际差异。

Table 1. Annual and seasonal average temperature in different years in Hami from 1961 to 2018

表 1. 1961~2018 年哈密市各年代年、季气温距平

区域	年份	年	春季	夏季	秋季	冬季
山南	1961~1970	-0.4	-0.3	0.0	-0.2	-0.9
	1971~1980	-0.5	-0.8	0.0	0.3	-1.7
	1981~1990	-0.1	-0.3	-0.1	0.0	0.1
	1991~2000	-0.2	-0.1	-0.6	-0.6	0.4
	2001~2010	0.4	0.5	0.7	0.5	-0.6
	2011~2018	0.6	1.4	1.2	0.1	-0.4
山北	1961~1970	-1.1	-0.6	-1.0	-1.5	-1.4
	1971~1980	-1.1	-1.2	-1.2	-0.7	-1.4
	1981~1990	-0.7	-0.6	-0.8	-0.8	-0.4
	1991~2000	0.1	0.0	-0.1	-0.1	0.4
	2001~2010	0.7	0.6	0.9	0.8	0.1
	2011~2018	0.7	1.4	1.1	0.1	-0.2

Table 2. Annual and seasonal precipitation in different years in Hami from 1961 to 2018

表 2. 1961~2018 年哈密市各年代年、季降水量距平百分率

区域	年份	年		春季		夏季		秋季		冬季	
		变差系数	平均值	变差系数	平均值	变差系数	平均值	变差系数	平均值	变差系数	平均值
山南	1961~1970	0.479	27.4	1.442	6.0	0.505	15.4	0.909	4.2	0.903	1.4
	1971~1980	0.405	37.1	1.368	6.7	0.539	18.1	0.866	7.2	0.625	5.3
	1981~1990	0.356	37.9	0.809	5.8	0.626	18.3	0.436	10.2	1.166	3.4
	1991~2000	0.469	42.4	0.767	8.9	0.655	21.4	0.790	8.5	0.642	4.1
	2001~2010	0.273	50.8	0.767	10.6	0.399	21.5	0.913	12.0	0.923	6.2
	2011~2018	0.431	44.3	0.635	6.1	0.527	27.6	0.466	6.7	1.096	3.8
山北	1961~1970	0.189	144.6	0.393	25.7	0.257	90.2	0.276	22.5	0.466	5.9
	1971~1980	0.176	150.1	0.369	28.9	0.215	83.1	0.244	28.7	0.518	9.2
	1981~1990	0.144	160.1	0.465	32.5	0.347	87.8	0.298	34.1	0.512	5.5
	1991~2000	0.201	175.4	0.584	35.0	0.218	103.6	0.426	32.4	0.403	5.1
	2001~2010	0.231	166.7	0.333	35.8	0.404	85.0	0.285	35.0	0.403	11.0
	2011~2018	0.177	197.7	0.227	37.0	0.175	114.2	0.388	38.1	0.420	7.3

就哈密市各季节降水量的年代际变化来看, 山南区域春、夏、秋、冬四季平均降水量最大值分别出现在 2001~2010 年、2011~2018 年、2001~2010 年、2001~2010 年, 最小值分别出现在 80 年代、60 年代、60 年代、60 年代, 可见山南区域各季节降水量年代际变化与年降水量变化较为一致, 在 21 世纪为降水量偏多时期, 60 年代为降水量偏少时期。春、夏、秋、冬各季节降水量变差系数最大值分别出现在 60 年代(1.442)、90 年代(0.655)、2001~2010 年(0.913)、80 年代(1.166), 变差系数最小值分别出现在 2011~2018 年(0.635)、2001~2010 年(0.399)、80 年代(0.436)、70 年代(0.625)。山北区域春、夏、秋、冬四季平均降水量最大值分别出现在 2011~2018 年、2011~2018 年、2011~2018 年、2001~2010 年, 最小值分别出现在 60 年代、70 年代、60 年代、90 年代。春、夏、秋、冬各季节降水量变差系数最大值分别出现在 90 年代(0.584)、2001~2010 年(0.404)、90 年代(0.426)、70 年代(0.518), 变差系数最小值分别出现在 2011~2018 年(0.227)、2011~2018 年(0.715)、70 年代(0.244)、90 年代~2010 年(0.403)。可见, 山南区域各季节降水量变差系数明显大于山北区域, 说明山南区域降水量的年际变化大于山北区域。

4.2.3. 日照时数

从日照时数的年代际变化来看(表 3), 山南区域 20 世纪 60~70 年代年日照时数均为正距平, 距平值分别为 38.9 h 和 44.6 h, 80~90 年代开始转为负距平, 90 年代日照时数最少, 距平值达-117.3 h, 进入 21 世纪的 18 年日照时数持续偏多。各个季节日照时数的年代际变化不尽相同, 春季日照时数在 20 世纪 60~90 年代均为负距平, 21 世纪以来持续偏多; 夏季日照时数与年日照时数的年代际变化一致; 秋季与冬季的日照时数年代际变化一致, 仅 90 年代为负距平, 其它年代均为正距平。四季日照时数的最多年与最少年份别相差了 101.8 h、79.8 h、67.7 h、71.6 h。

Table 3. Annual and seasonal sunshine hours in different years in Hami from 1961 to 2018

表 3. 1961~2018 年哈密市各年代年、季日照时数距平

区域	年份	年	春季	夏季	秋季	冬季
山南	1961~1970	38.9	-8.3	32.6	37.3	38.0
	1971~1980	44.6	-9.0	0.8	25.1	26.3
	1981~1990	-25.8	-23.3	-13.4	6.8	4.3
	1991~2000	-117.3	-22.5	-31.6	-30.4	-32.7
	2001~2010	143.0	45.9	44.9	23.6	28.5
	2011~2018	164.0	78.5	48.2	8.2	38.9
山北	1961~1970	15.2	-10.8	16.2	-3.0	12.7
	1971~1980	155.9	46.6	44.6	28.9	35.7
	1981~1990	21.8	12.4	2.3	-0.8	7.7
	1991~2000	-41.7	-10.2	-26.5	-4.2	-0.9
	2001~2010	20.1	-2.1	24.1	4.8	-6.8
	2011~2018	18.0	28.7	-19.8	-5.3	-13.7

山北区域年日照时数仅在 20 世纪 90 年代为负距平, 其它年代均为正距平, 且以 70 年代日照时数最多, 距平值达 155.9 h。春季日照时数在 20 世纪 60 年代为负距平, 距平值为-10.8 h, 70~80 年代开始转为正距平, 90 年代~2010 年又转为负距平, 2011~2018 年日照时数增多, 转为正距平; 夏季日照时数在 20 世纪 90 年代和 2011~2018 年为负距平, 其它年代均为正距平, 以 70 年代日照时数最多, 距平值达 44.6 h; 秋季日照时数仅 70 年代和 2001~2010 年为正距平, 其余年代均为负距平; 冬季在 20 世纪 60~80 年代为正距平, 90 年代开始转为负距平并持续。四季日照时数的最多年与最少年份别相差了 57.4 h、71.1 h、34.2 h、49.4 h。

5. 小结

1) 哈密市年平均气温呈上升趋势,近 58a 来,山南、山北区域年平均气温的气候倾向率分别为 $0.211^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $0.440^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, 哈密市年平均气温与中国和全球平均气温变化趋势相同,均呈上升趋势,山南区域上升速率接近全国平均变化,而山北区域年平均气温上升速率约为全国平均的 1.8 倍。山南区域各季节对气候增暖的贡献主要是春、夏季,秋、冬季对气候增暖的贡献很小;山北区域各季节对气候增暖的贡献大小依次为:夏季 > 春季 > 秋季 > 冬季。

2) 在特殊的地理条件下,山南山北的平均气温变化趋势存在较大差异。山南区域年及各季平均气温的年代际差异较明显,山北区域年平均气温的年代际变化与全国增暖趋势基本一致。

3) 近 58a 来哈密市年降水量呈北多南少的空间分布特征,山南、山北区域年降水量的气候变化倾向率分别为 $3.743\text{ mm}/10\text{a}$ 、 $10.06\text{ mm}/10\text{a}$,均呈显著增加趋势。21 世纪为多雨期,60 年代为少雨期。四季降水量变化趋势均较年平均降水量增加幅度偏小,且不显著。

4) 山南区域年降水量在各年代年际差异十分明显,60 年代降水量年际间波动较为剧烈,而本世纪初年际间差异较小。山北区域年降水量在 2001~2010 年年际间波动较为剧烈,20 世纪 80 年代年际间差异较小。山南区域降水量的年际变化明显大于山北区域。

5) 哈密市日照时数的空间分布呈现南多北少的特征。近 58a 来山南区域年日照时数为 3349.7 h ,气候变化倾向率为 $15.808\text{ h}/10\text{a}$,呈弱的增加趋势;山北区域年平均日照时数为 3142.8 h ,呈波动下降趋势,线性倾向率为 $-13.205\text{ h}/10\text{a}$ 。山南区域各季节日照时数对年日照时数增加的贡献大小依次为:春季 > 秋季 > 夏季 > 冬季;山北区域各季节日照时数对年日照时数减小的贡献大小依次为:夏季 > 冬季 > 秋季 > 春季。山南区域 21 世纪的 18 年日照时数最多,山北区域 70 年代日照时数最多。

基金项目

新疆气象局科研项目(201708)。

参考文献

- [1] 秦大河, Stocker T, 259 名作者和 TSU(驻伯尔尼和北京). IPCC 第五次评估报告第一工作组报告的亮点结论[J]. 气候变化研究进展, 2014, 10(1): 1-6.
- [2] 丁一汇, 戴晓苏. 中国近百年来的温度变化[J]. 气象, 1994, 20(12): 19-26.
- [3] 陈隆勋, 朱文琴, 王文, 等. 中国近 45 年来气候变化的研究[J]. 气象学报, 1998, 56(3): 257-271.
- [4] 陈隆勋, 周秀骥, 李维亮, 等. 中国近 80 年来气候变化特征及其形成机制[J]. 气象学报, 2004, 62(5): 634-646.
- [5] 玉素甫·阿布都拉, 马宏武, 买买提·阿布都拉, 等. 和田河流域气候变化特征分析[J]. 气象, 2006, 32(4): 97-100.
- [6] 刘世薇, 周华荣, 梁雪琼, 等. 新疆石河子地区气候变化特征分析[J]. 干旱地区农业研究, 2012, 33(1): 230-237.
- [7] 付玮东, 姚艳丽, 李迎春. 新疆吉木萨尔县 45 年气候变化特征分析[J]. 气象, 2007, 33(6): 96-101.
- [8] 武胜利, 刘强吉. 近 50a 新疆巴州地区气温与降水时空变化特征[J]. 干旱气象, 2016, 34(4): 610-616.
- [9] 马开玉, 张耀存, 陈星. 现代应用统计学[M]. 北京: 气象出版社, 2004: 15-16.
- [10] 商沙沙, 廉丽妹, 马婷, 等. 近 54a 中国西北地区气温和降水的时空变化特征[J]. 干旱区研究, 2018, 35(1): 68-76.
- [11] 左洪超, 吕世华, 胡隐樵. 中国近 50 年气温及降水量的变化趋势分析[J]. 高原气象, 2004, 23(2): 238-244.
- [12] 陈凯奇, 张馨月, 李佳芸, 等. 1951~2014 年丹东地区气候变化特征[J]. 气象与环境学报, 2016, 32(3): 61-70.
- [13] 张智, 林莉, 孙银川, 等. 银川市日照时数气候变化特征分析[J]. 干旱区研究, 2006, 23(2): 344-348.
- [14] 任国玉, 初子莹, 周雅清, 等. 中国气温变化研究最新进展[J]. 气候与环境研究, 2005, 10(4): 701-716.
- [15] 宋巧云, 魏凤英. 年代际气候变化研究进展[J]. 气象科技, 2006, 34(1): 1-6.
- [16] 王书冰, 周顺武, 马悦, 等. 近 54 年辛集市气温及降水变化特征[J]. 气象与环境科学, 2014, 37(1): 40-47.