

蒲红铮, 韩添丁, 成鹏, 等. 天山南北坡流域气温时空变化特征[J]. 高原气象, 2015, 34(3): 753—761, doi: 10.7522/j.issn.1000-0534.2015.00050.

天山南北坡流域气温时空变化特征

蒲红铮^{1,2}, 韩添丁¹, 成鹏³, 李向应⁴, 焦克勤¹

(1. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所冰冻圈科学国家重点实验室, 兰州 730000;

2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 乌鲁木齐市气象局, 乌鲁木齐 830002;

4. 河海大学水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 南京 210093)

摘要: 利用近50年新疆天山南北坡乌拉斯台河和乌鲁木齐河流域不同气象站点气温资料, 对比分析了天山南北坡的气温变化趋势、入春与入夏时间、气温年极值、气温年较差及冬季逆温层变化特征。结果表明: 天山南北坡显著升温时间约为1997年, 北坡的乌鲁木齐气温增加趋势最大, 为 $0.402^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$; 南坡的库尔勒比乌鲁木齐入春、入夏早, 乌鲁木齐主要入春、入夏时间分别为4月和6月, 而库尔勒分别为3月和5月; 北坡比南坡入春连续5天平均气温约高 1°C , 而两者入夏连续5天的平均气温接近; 天山南北坡年最高气温的最大值、最小值和年平均最高气温随海拔的升高逐渐降低, 而年最低气温的变化南北坡表现不一致, 并且南北坡各站点的气温年较差随着高度的增加而减少; 1月北坡逆温层的厚度大于南坡, 北坡逆温层小渠子和蔡家湖的气温差变化趋势为 $-0.208^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$, 南坡逆温层巴伦台和和静的气温差变化趋势为 $0.236^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 。

关键词: 气温变化; 极值温度; 天山南北坡

文章编号: 1000-0534(2015)03-0753-09

中图分类号: P468

文献标志码: A

doi: 10.7522/j.issn.1000-0534.2015.00050

1 引言

政府间气候变化专门委员会(IPCC)第五次评估报告指出, 全球气候系统的变暖是毋庸置疑的^[1], 全球地表持续升温, 结合陆地与海洋的地表温度数据, 通过线性趋势计算1880—2012年全球平均气温已升温 0.85°C ^[2]。国内学者对近50年中国气温变化研究结果表明, 近50年全国气温明显上升, 平均升温率为 $0.25^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$ ^[3], 西北地区平均气温以 $0.32^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 的速率上升^[4], 青海湖流域气温呈增加趋势^[5], 与此同时黄河源区和渭河上游径流变化受到气候变化的影响^[6,7], 而新疆地区气温升高显著, 是整个西北地区最为突出的^[8]。

天山山系位于 $39^{\circ}\text{N}—46^{\circ}\text{N}$ 、 $69^{\circ}\text{E}—95^{\circ}\text{E}$, 西起乌兹别克斯坦的克孜尔库姆沙漠以东, 经哈萨克

斯坦和吉尔吉斯斯坦, 进入中国新疆境内, 渐失于哈密市以东的戈壁中^[9]。天山山脉横亘于亚洲内陆腹地^[10], 中国境内的天山山脉横亘新疆中部, 呈东西走向, 将其大致分为南北两部分, 天山是影响新疆乃至我国中、西部地区天气气候和生态环境的重要天然屏障^[11], 在高山地带孕育着丰富的现代冰川, 冰川融水是天山南北诸多河流的重要补给源^[12], 也是新疆最重要的河流发源地之一, 该区的气候变化可影响到河水流量及农牧业发展^[13]。已有研究表明, 20世纪中期至2000年左右天山地区大部分站点平均气温增温率超过 $0.01^{\circ}\text{C} \cdot \text{a}^{-1}$ ^[14], 其中中国境内天山(主要指东天山和中央天山东部)为 $0.03^{\circ}\text{C} \cdot \text{a}^{-1}$ ^[15]。近年, 一些学者^[13,16]对天山山区气温变化趋势和特征进行了研究, 且多集中在天山中段和北段, 但针对天山南北坡气温对比的相关研究还较少。天山南北为新疆地区主要绿洲经

收稿日期: 2014-11-17; 定稿日期: 2015-02-06

资助项目: 国家支撑计划专项(2013BAB05B03T1); 国家自然科学基金项目(41271035, 41201060); 中国科学院重点部署项目(KJZD-EW-G03-04)

作者简介: 蒲红铮(1988—), 女, 四川南充人, 硕士研究生, 主要从事冰川水文研究。E-mail: puhongzheng@lzb.ac.cn

通讯作者: 韩添丁。E-mail: tdhan@lzb.ac.cn

表 1 天山南北坡 7 个气象站信息

Table 1 Information of seven meteorological stations in the northern and southern slopes of Tianshan Mountains

站点	纬度	经度	海拔/m	位置	资料时段/年
库尔勒	41°45'N	86°08'E	932	天山南坡	1959—2013
和静	42°19'N	86°24'E	1102	天山南坡	1961—2008
巴伦台	42°44'N	86°18'E	1739	天山南坡	1958—2013
蔡家湖	44°12'N	87°32'E	441	天山北坡	1959—2013
乌鲁木齐	43°47'N	87°39'E	935	天山北坡	1951—2013
小渠子	43°29'N	87°06'E	1872	天山北坡	1956—2009
大西沟	43°06'N	86°50'E	3539	天山北坡	1959—2013

济区^[17]，水资源对区域经济发展驱动作用明显^[18]，气候持续变暖势必会对当地水资源可持续利用造成严重的影响。

本文利用天山南北坡不同海拔气象站的气温资料，探讨不同坡向、高度的气温变化趋势、入春与入夏时间变化、极值气温变化和年较差特征，以期对天山南北坡气温变化有更详细、深刻的认识，为制定新疆可持续发展政策提供参考依据。

2 资料和方法

所选研究区域为天山天格尔山南北坡乌鲁斯台河和乌鲁木齐河流域(图 1)，各站点气温数据包括日平均气温、日最高气温、日最低气温等，南北坡不同高度气象站包括库尔勒、和静、巴伦台、蔡家湖、乌鲁木齐、小渠子及乌鲁木齐河源大西沟气象站共 7 个站，前 3 个为南坡气象站，7 个气象站的具体信息如表 1 所列。

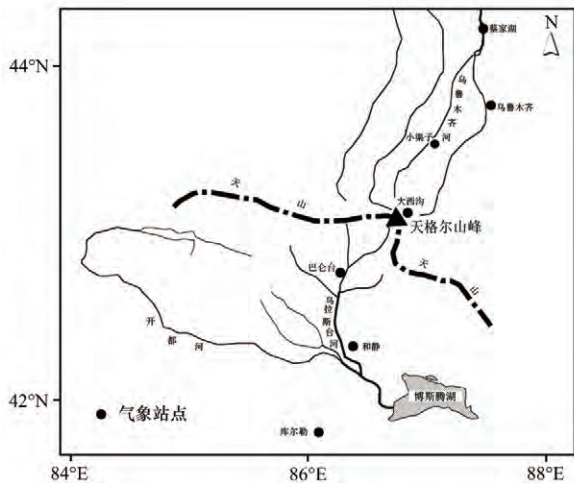


图 1 天山山脉研究区和气象站点分布

Fig. 1 Sketch map of the studied area and locations of meteorological stations in the northern and southern slopes of the Tianger Range in Tianshan Mountains

利用趋势分析和相关分析等方法分析天山南北坡气温的高度变化及季节(年)变化特征，结合不同季节的环流形势对比分析天山南北坡气温时空变化、气温极值、冬季逆温层特点。在涉及时间序列较长的分析时，个别缺测值可忽略不计。

3 结果分析

3.1 南北坡气温变化趋势

南北坡各站点气温随着海拔的降低而升高。北坡大西沟海拔最高，年平均气温最低(−5℃)，北坡年平均气温最高的站是乌鲁木齐(6.9℃)；南坡巴伦台海拔最高，年平均气温较低(6.6℃)，南坡库尔勒海拔最低、年平均气温最高(11.8℃)。通过对比南北坡相近海拔站点的年平均气温，大致呈现南坡气温均高于北坡，南坡巴伦台比北坡小渠子高 4.2℃，南坡和静与库尔勒分别比北坡乌鲁木齐高 2.1℃、4.9℃。

从天山南北坡各气象站四季、全年的气温倾向率变化(表2)可看出，近年天山南北坡气温都有升

表 2 天山南北坡各气象站四季、全年气温倾向率变化
Table 2 The variation of trend rate of air temperature in Tianshan Mountains

站点	气温倾向率/[℃·(10a) ^{−1}]				
	春季	夏季	秋季	冬季	全年
蔡家湖	0.340 [*]	0.128 [*]	0.441 ^{**}	0.273	0.305 ^{**}
乌鲁木齐	0.380 ^{**}	0.058	0.432 ^{**}	0.687 ^{**}	0.402 ^{**}
小渠子	0.198	0.174 ^{**}	0.286 ^{**}	0.157	0.202 ^{**}
大西沟	0.184 [*]	0.253 ^{**}	0.341 ^{**}	0.207 [*]	0.234 ^{**}
巴伦台	0.239 ^{**}	0.205 ^{**}	0.419 ^{**}	0.438 ^{**}	0.316 ^{**}
和静	0.189	0.217 [*]	0.306 ^{**}	0.417 [*]	0.281 ^{**}
库尔勒	0.292 ^{**}	0.276 ^{**}	0.225 ^{**}	0.395 ^{**}	0.293 ^{**}

注：*、** 分别表示达到 0.05、0.01 显著性水平

高趋势,但不同坡向和高度导致增温幅度明显不同。天山南坡从低海拔站点到高海拔站点的气温倾向率变化依次为库尔勒 $0.293^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 、和静 $0.281^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 、巴仑台 $0.316^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$; 天山北坡则依次为蔡家湖 $0.305^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 、乌鲁木齐 $0.402^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 、小渠子 $0.202^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 、大西沟 $0.234^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 。

从不同坡向各气象站点的年平均气温累积距平变化(图2)可看出,近年天山南北坡气温升高时间比较同步,北坡各站点显著升温时间都是1997年。乌鲁木齐1997—2013年平均气温为 7.9°C ,较1951—1996年升高 1.4°C ,北坡其余站点1997年之后较之前气温升高了 1°C 。南坡各站点升温时间较为相近,巴仑台和库尔勒的显著升温时间都是1997年,前者1997—2013年比1958—1996年气温升高了 1.4°C ,后者升高了 1°C ;和静的显著升温时间是1998年,1999—2008年比1961—1998年气温升高了 1.4°C 。从图2还可以看出,南北坡各站点1997年之后大致为升温,而南北坡1997年之前气温变化差异明显,南坡巴仑台、和静的气温变化呈现降低趋势,库尔勒在1984年和1995年之间气温变化不大;北坡各站点在1997年之前气温变化波动较大。

3.2 不同高度及坡向气温变化的季节差异

根据气象划分法,季节的划分以3—5月为春季、6—8月为夏季、9—11月为秋季、12月至次年2月为冬季^[19]。从表2可看出,天山南北坡四季平均气温总体呈上升趋势,秋、冬季比春、夏季增温明显。各季节气温倾向率变化幅度有差异。春季气温增温率最大的是北坡乌鲁木齐,达到 $0.38^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$,最小的是北坡大西沟,为 $0.184^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$,极值比为2.1。夏季南坡库尔勒的气温增温率为 $0.276^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$,是该季节增温率的最大站点,最小为乌鲁木齐 $0.058^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$,两站极值比为4.8。秋季蔡家湖气温增温率最大为 $0.441^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$,最小在南坡库尔勒为 $0.225^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$,两站极值比为2。冬季气温增温率最大站点是乌鲁木齐($0.687^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$),小渠子的气温增温率最小为 $0.157^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$,两站极值比为4.4。南北坡相近海拔站点的气温倾向率变化也各不相同,北坡小渠子四季的气温倾向率均小于南坡巴仑台,而北坡乌鲁木齐春、秋和冬季气温倾向率都高于南坡库尔勒,乌鲁木齐夏季气温倾向率较低,低于库尔勒。在统计的所有站点四季气温倾向率中,乌鲁木齐夏、冬季气温倾向率是最低值和最高值。

南北坡各站点春、夏季的气温随海拔的升高而降低,冬季气温变化多表现为逆温层的厚度差异,秋季除北坡蔡家湖的气温比乌鲁木齐低 0.6°C ,其余各站点气温均随着海拔的上升而降低。大西沟是所统计站点海拔最高的,春、夏和秋季气温最低依次为 -5.2°C 、 4.3°C 和 -4.6°C ;冬季北坡气温最低的站是所处海拔最低的蔡家湖,为 -16.2°C ,小渠子是北坡冬季气温最高的站点,高达 -9.4°C ,比乌鲁木齐高 2.2°C ,大西沟冬季的气温为 -14.5°C ;冬季南坡和静气温为 -8.0°C ,是南坡冬季气温最低的站点,比海拔较高的巴仑台偏低 0.8°C ,南坡气温最高的是库尔勒站,气温高达 -4.7°C ,同时也是南北坡冬季气温最高的站点。

南坡3个站的四季气温高于北坡海拔相近站点

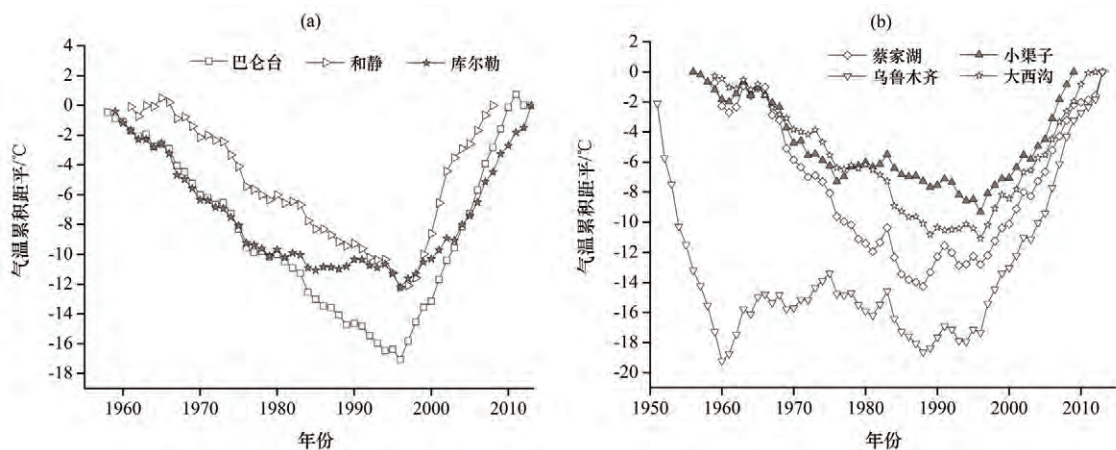


图2 天山南坡(a)、北坡(b)各站年平均气温累积距平曲线

Fig. 2 The cumulative departure curve of annual mean temperature at stations in the southern (a) and northern (b) slopes of Tianshan Mountains

的温度,这是因为南坡属于阳坡,且有天山山脉阻挡来自北半球高纬度的冷空气,所以南坡平均气温高于北坡^[13]。北坡小渠子海拔比南坡巴伦台高 133 m,小渠子春、夏、秋和冬四季平均气温分别比巴伦台低 6.1, 4.3, 4.4 和 2.2℃,南坡库尔勒海拔与北坡乌鲁木齐站海拔相差不大(相差约 3 m),但是库尔勒春、夏、秋和冬四季平均气温分别比乌鲁木齐高 6, 2.7, 3.8 和 6.9℃。并且南坡和静春、秋和冬季的平均气温依次比乌鲁木齐高 3.5, 1.2 和 3.6℃。

3.3 南北坡山前平原入春、入夏特点

气温变化使得在一定标准条件下的四季起止时间和长度也发生明显的变化,而四季的时空变化对农业生产、环境和生态系统都产生重大的影响^[20]。从物候角度看,5℃比 10℃有可能更适合作为春季开始(冬/春转换)的阈值温度,以 22℃作为夏季开始的阈值温度是符合全国平均情况的^[21]。

本文将 1 月 1 日开始记录的连续 5 天的气温 $\geq 10^\circ\text{C}$ 作为入春的标志,连续 5 天的气温 $\geq 22^\circ\text{C}$ 作为入夏的标志。对 1951—2013 年(2008 年数据缺失)天山北坡乌鲁木齐站和 1959—2013 年天山南坡库尔勒站入春、入夏的时间和气温进行了统计,并对比两站的入春、入夏特点。

天山南北坡入春时间不一样,北坡乌鲁木齐集中在 4 月入春,南坡库尔勒主要在 3 月入春;北坡入春连续 5 天的平均气温高于南坡,相差 1℃。乌鲁木齐入春连续 5 天的平均气温为 13.7℃,最高气温达到 19.5℃,最低气温为 10.6℃。统计显示(图 3a),乌鲁木齐入春时间在 3—5 月,3 月入春占总入春时间的比例为 12.9%,4 月入春的比例较大,高达 82.26%,5 月比例最低(4.84%)。库尔勒入春连续 5 天的平均气温为 12.7℃,最高气温为 17.6℃,最低气温 10.7℃。库尔勒入春时间只在 3—4 月,占总入春时间的比例分别为 87.27% 和 12.73%(图 3c)。

天山南北坡入夏连续 5 天的平均气温接近;北坡乌鲁木齐主要入夏时间为 6 月,其次是 5 月,南坡库尔勒入夏时间主要为 5 月。乌鲁木齐入夏连续 5 天的平均气温为 24.4℃,入夏连续 5 天的最低气温为 22.9℃,最高气温为 29.2℃,6 月占入夏时间比例最大(58.06%),其次是 5 月(33.87%),7 月最小(8.06%)(图 3b)。库尔勒入夏连续 5 天的平均气温为 24.7℃,最低气温为 22.8℃,最高气温为 27.3℃,库尔勒 4 月入夏占总入夏时间的 18.18%,5 月最大(高达 76.36%),6 月为 5.45%(图 3d)。

根据数据资料分析,入春和入夏的最高气温都出现在北坡乌鲁木齐,入春、入夏的乌鲁木齐与库尔勒最高气温相差都是 1.9℃,两站的最低气温接近,相差不大(仅相差 0.1℃)。

从北坡乌鲁木齐和南坡库尔勒入春、入夏时间(图 4)可看出,库尔勒比乌鲁木齐入春、入夏早,库尔勒入春、入夏平均时间分别为第 84 天和第 134 天,乌鲁木齐入春、入夏平均时间分别为第 103 天和第 161 天。两站的入春和入夏时间趋势均为降低,库尔勒入春和入夏时间比乌鲁木齐提前较明显,乌鲁木齐入春、入夏时间的变化趋势分别为 $-1.17 \text{ d} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 和 $-0.38 \text{ d} \cdot (10\text{a})^{-1}$,库尔勒分别为 $-1.26 \text{ d} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 和 $-3.07 \text{ d} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 。乌鲁木齐和库尔勒两站的入春气温都表现出升高趋势,气温变化趋势依次为 $0.17^\circ\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 和 $0.05^\circ\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$,而入夏气温则呈现降低趋势,气温变化趋势分别为 $-0.03^\circ\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 和 $-0.02^\circ\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 。

3.4 不同坡向、高度极值温度和年较差变化特征

3.4.1 极值温度变化

由于气候极值与极端气候事件直接相联系,而气温极值是研究极端天气的一个重要方面^[22]。近年对最高(低)气温的研究日益得到关注^[23],研究天山南北坡年最高(低)气温的变化特征,以了解年最高(低)气温的变化规律。由表 3 可知,北坡各站

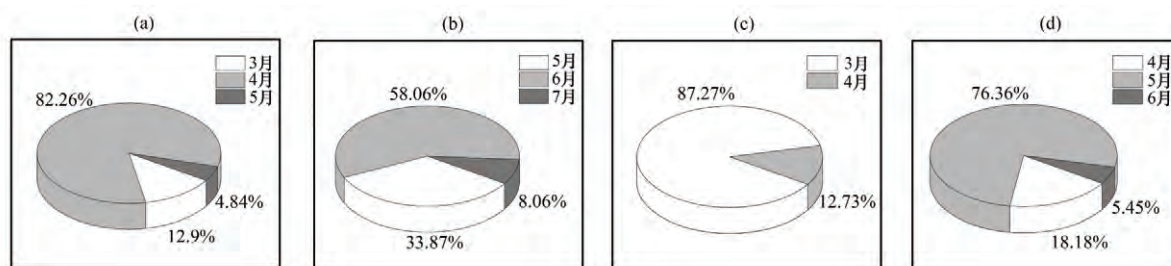


图 3 乌鲁木齐入春(a)、入夏(b)和库尔勒入春(c)、入夏(d)时间变化

Fig. 3 Change of beginning dates of spring(a, c) and summer(b, d) at Urumqi(a, b) and Kuerle(c, d)

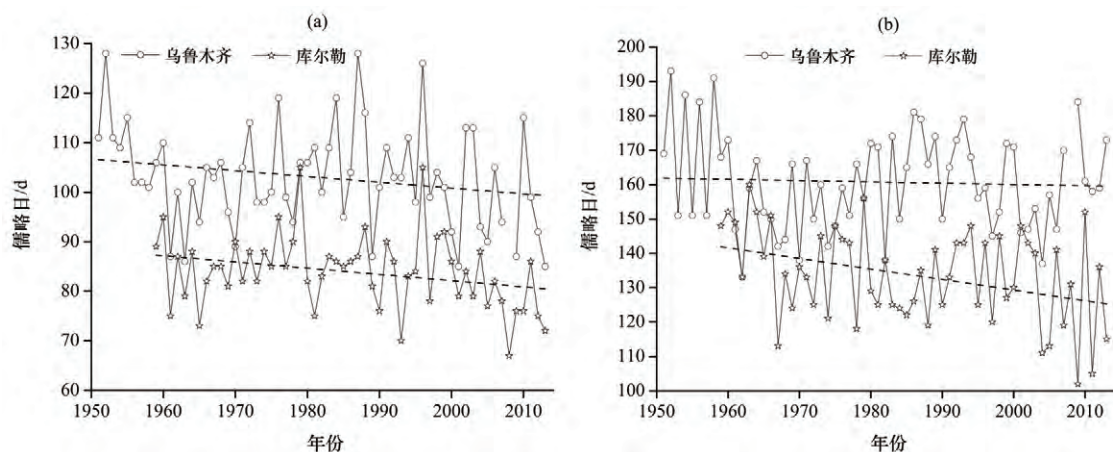


图4 乌鲁木齐、库尔勒入春(a)和入夏(b)时间变化

虚线为线性趋势

Fig. 4 Change of beginning dates of spring(a) and summer(b) at Urumqi and Kuerle. Dashed line is the linear trend

表3 天山南北坡的年最高、最低气温变化

Table 3 The change of annual maximum temperature and minimum temperature in the southern and northern slopes of Tianshan Mountains

测站	年平均 最高气温/℃	年最高气温 最大值/℃	年最高气温 最小值/℃	年平均 最低气温/℃	年最低气温 最大值/℃	年最低气温 最小值/℃	年最高、最低 气温差值/℃
蔡家湖	40.9	43.9	37.8	-35.4	-27.7	-42.2	76.3
乌鲁木齐	37.7	42.1	33.2	-27.1	-18.5	-41.5	64.8
小渠子	28.0	32.2	23.6	-25.1	-18.1	-32.3	53.1
大西沟	16.2	19.6	14.1	-30.1	-23.1	-36.4	46.3
巴伦台	32.0	34.3	29.1	-20.4	-16.2	-26.4	52.4
库尔勒	38.1	40.0	35.5	-18.4	-13.4	-28.1	56.5

点年最高气温的最大值、最小值和年平均最高气温,以及年平均最高气温与年平均最低气温的差值均随海拔的升高而逐渐降低;北坡各站点年最低气温的最大值、最小值和年平均最低气温总体来看与海拔变化没有显著关系,但是蔡家湖—乌鲁木齐—小渠子的年最低气温随海拔的升高而升高。值得一提的是,小渠子年最低气温的最大值、最小值和年平均最低气温的平均值是北坡4个站点中最高的,可能是因为年最低气温一般出现在冬季(1月),小渠子处在北坡的逆温层内,所以气温较高。

南坡各站也表现出年最高气温的最大值、最小值和年平均最高气温随海拔的升高而逐渐降低,年平均最高、最低气温的差值均随海拔的升高而减小;南坡各站点年最低气温的最大值和年平均最低气温都随海拔的升高而降低,年最低气温的最小值随海拔的升高而升高。

选取南北坡海拔相近的站点(即:南坡库尔勒、

巴伦台与北坡乌鲁木齐、小渠子)进行对比分析(图5)发现,南坡两站的年平均最高、最低气温比北坡两站都偏高。南坡库尔勒年平均最低、最高气温比北坡乌鲁木齐分别高8.7℃、0.4℃;巴伦台年平均最高、最低气温比北坡小渠子分别高4℃、4.7℃。而且除南坡库尔勒的年最高气温的最大值比北坡乌鲁木齐低2.1℃外,南坡两站点的年最低气温的最大值、最小值和年最高气温的最大值、最小值都比北坡相近海拔站点偏高。

综上所述,天山南北坡各站点均表现出年最高气温的最大值、最小值和年平均最高气温随海拔的升高而逐渐降低,而年最低气温的变化在天山南北坡呈现各自不同的特点。通过对南北坡各站的年最高气温和年最低气温的线性趋势分析表明,南北坡各站点(除北坡大西沟站)的年最低气温变化呈增加趋势,并且变化趋势大于年最高气温。此外,南北坡的年最低气温变化幅度大于年最高气温。

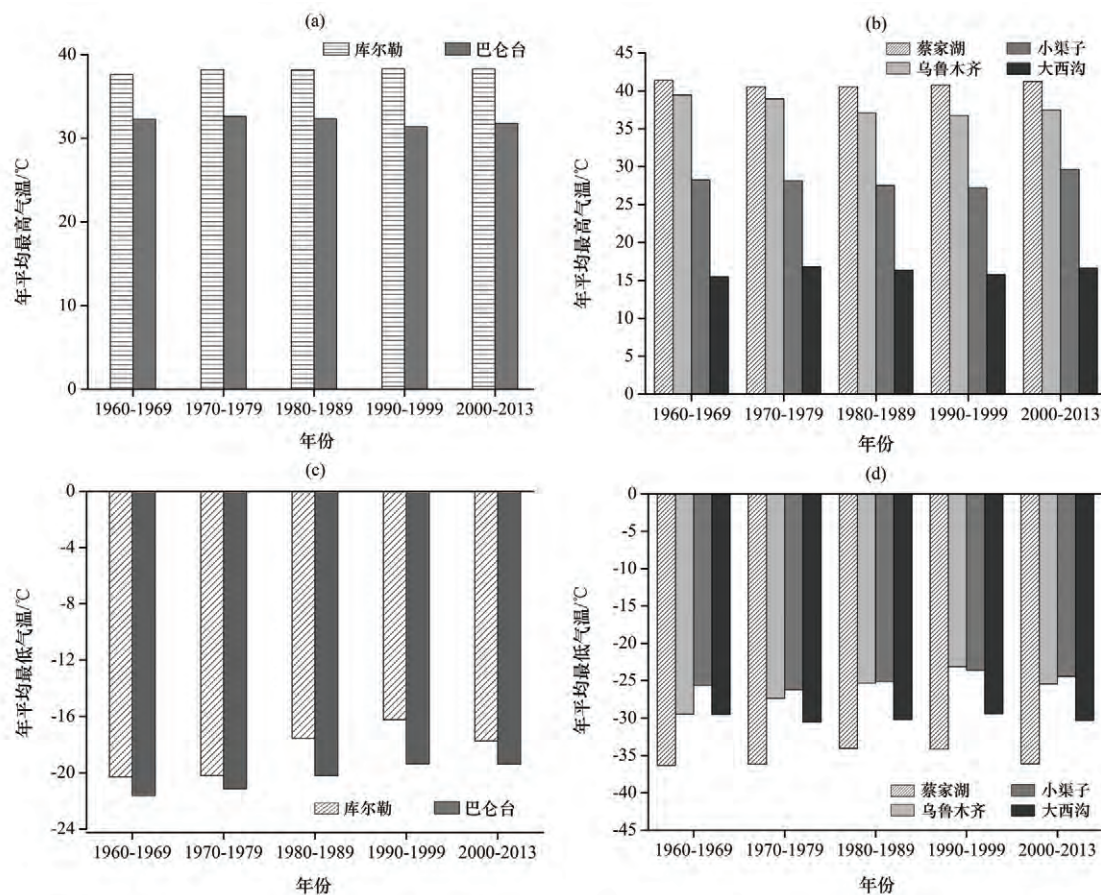


图 5 天山南坡(a、c) 和北坡(b、d) 各站年平均最高气温(a、b) 和最低气温(c、d) 变化

Fig. 5 Annual maximum temperature (a, b) and minimum temperature (c, d) at stations in the southern(a, c) and northern (b, d) slopes of Tianshan Mountains

3.4.2 年较差变化

天山南北坡气温最高、最低值一般分别出现在 7 月和 1 月。而气温年较差不仅随高度变化也可因坡向不同而存在差异^[24]。从图 6 可看出,北坡各站点的气温年较差随着海拔的增加而减少,海拔最低的蔡家湖气温年较差高达 44.5℃,乌鲁木齐为 37.8℃,小渠子为 25.6℃,海拔最高的大西沟年较差低到 20.7℃;南坡各站点的年较差大致随着海拔的升高而降低,库尔勒比和静海拔略低,两站的气温年较差分别为 33.9℃和 34.7℃,巴伦台是南坡海拔最高的站点,气温年较差最低为 28.2℃。对比分析南北坡相近海拔站点的气温年较差可知,在海拔 1000 m 左右时南坡和静和库尔勒的气温年较差比北坡乌鲁木齐小,而海拔约 1800 m 处北坡小渠子比南坡巴伦台气温年较差小,相差约 3℃。由气温年较差的线性变化趋势(图 6 虚线)分析可知,南北坡各站气温年较差变化的趋势不仅因高度也因坡向不同而存在差异。南坡巴伦台气温年较差呈降低

趋势,海拔最低的库尔勒呈增加趋势;北坡乌鲁木齐气温年较差呈降低趋势,其余站点均呈不同程度的增加趋势,其中大西沟为增加趋势最大的站点,乌鲁木齐为降低趋势最大的站点(图 6)。

3.5 冬季逆温层

对流层大气离地面越高,吸收的长波辐射能越少,因此气温随海拔的升高而降低,但在特殊情况下,某些大气层的温度随海拔升高而增加,被称为逆温层^[25]。徐德源等^[26]研究指出,稳定而深厚的逆温层多在冬半年形成,天山南坡逆温层厚度较薄、强度较弱;天山北坡逆温分布范围较广且厚度较厚。通过宏观上的分析表明,从海拔 441 m 的蔡家湖到 3539 m 的大西沟在冬季都存在着稳定的坡地逆温^[27],已有飞行探测资料显示^[28],天山乌鲁木齐河流域逆温层厚度在 400 ~ 1000 m 之间,逆温层底在 700 ~ 1100 m 之间,层顶在 1200 ~ 1800 m 之间。本文对逆温层厚度明显的 1 月进行分析,由图 7 可知,北坡从蔡家湖而上逆温层顶高度至少在

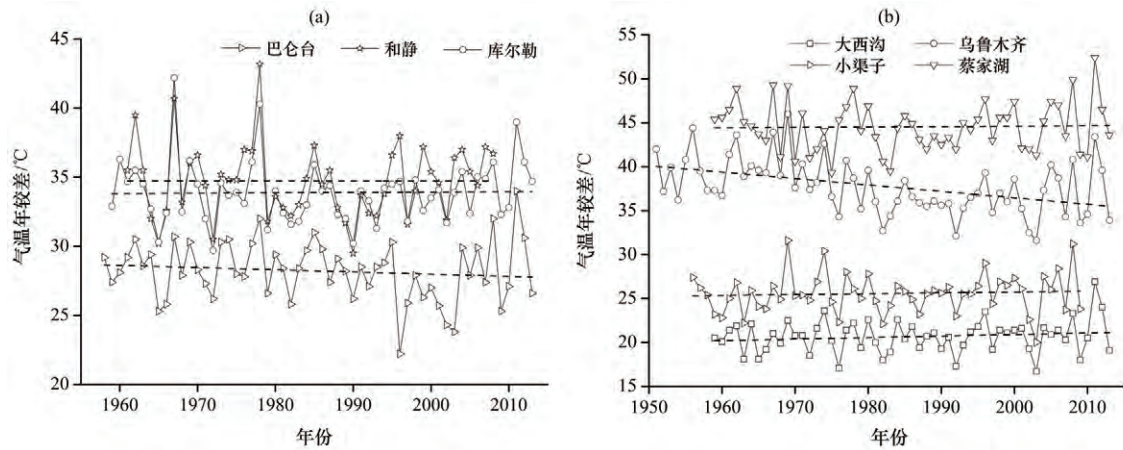


图 6 天山南坡 (a)、北坡 (b) 各站年较差气温变化

虚线为线性趋势

Fig. 6 Annual temperature range at stations in the southern (a) and northern (b) slopes of Tianshan Mountains. Dashed line is the linear trend

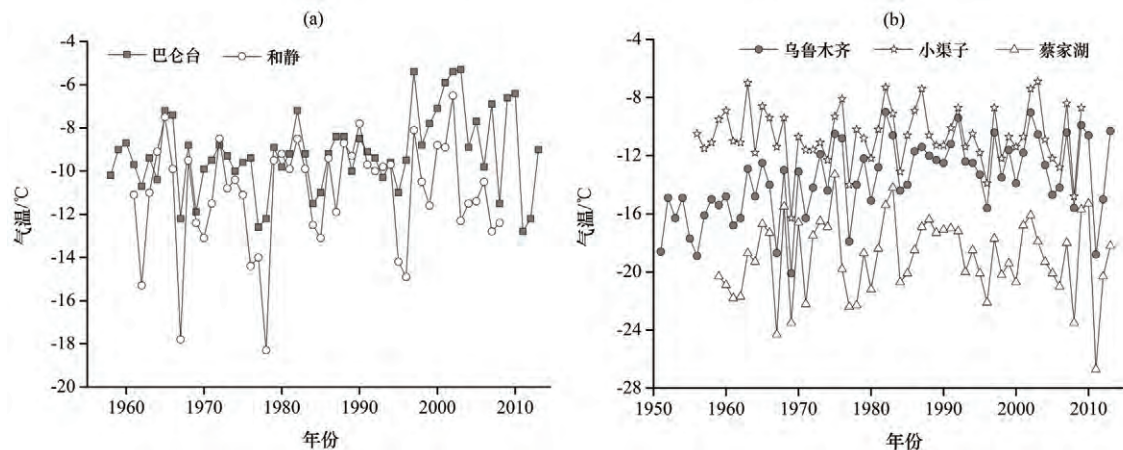


图 7 天山南坡 (a)、北坡 (b) 各站 1 月气温变化

Fig. 7 Variation of mean January temperature at stations in the southern (a) and northern (b) slopes of Tianshan Mountains

海拔 1872 m 的小渠子, 而南坡逆温层厚度远小于北坡, 在海拔 1000 ~ 1739 m 之间有浅薄逆温层。乌鲁木齐冬季贴地逆温厚度平均为 860 m^[29], 因此北坡逆温层顶的高度约为 1800 m, 在逆温层内温度随海拔的升高而升高, 北坡蔡家湖 1 月平均温度为 -19.0℃, 乌鲁木齐上升到 -13.7℃, 小渠子则高达 -10.6℃; 1 月南坡巴伦台的平均温度比和静高 1.8℃。

天山南北坡 1 月逆温层气温差变化趋势不一致。近 50 年, 南坡巴伦台与和静之间 1 月逆温层气温差呈增加趋势, 增温率为 $0.236^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$ ($P < 0.01$); 北坡三站 1 月逆温层气温差变化明显, 小渠子和蔡家湖的气温差变化趋势为 $-0.208^{\circ}\text{C} \cdot$

$(10\text{a})^{-1}$, 处于北坡逆温层中间海拔的乌鲁木齐与蔡家湖的气温差呈上升趋势, 增温率为 $0.5^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$ ($P < 0.01$), 而小渠子与乌鲁木齐的气温差呈降低趋势, 降温率为 $-0.764^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$ ($P < 0.01$)。

冬季整个亚洲大陆受蒙古高压控制, 蒙古高压 (也称为西伯利亚高压) 是冬季北半球对流层下部稳定存在的最强大冷高压, 是控制亚洲区域气候的半永久性大气活动中心^[30]。蒙古高压一般从每年 10 月开始形成, 在次年 1 月达到最强^[31], 其强弱和消长主要控制了新疆冬季气候变化。新疆四周环山, 盆地凹, 冬季寒潮和冷空气侵入及地面辐射冷却的加强, 坡地上的冷空气下沉堆积于盆地低

处,山坡上形成相对的暖层,这种坡地逆温在新疆不同山地都有程度不同的存在^[26]。高大的天山山脉阻挡南下的北方气流,因此南坡各站四季气温高于北坡相近海拔站点的气温,并且1月南坡巴伦台和库尔勒的气温均高于北坡乌鲁木齐。天山山脉对南北疆冬季的寒潮天气降温幅度都有减缓作用,但对南疆塔里木盆地的“保暖”作用较北疆明显^[32],以及北天山山势险峻^[33],地形高度高,也是北坡逆温层厚度较南坡明显的原因之一。

4 结论

(1) 近50年天山南北坡气温都呈升高趋势,南北坡升温时间比较接近,升温时间约为1997年,增温幅度为1~1.4℃。

(2) 南坡库尔勒站比北坡乌鲁木齐站入春、入夏时间提前较显著。北坡乌鲁木齐集中在4月入春,南坡库尔勒主要在3月入春,北坡入春连续5天的平均气温比南坡高1℃;北坡乌鲁木齐主要入夏时间为6月,其次是5月,南坡库尔勒入夏时间主要为5月,天山南北坡入夏连续5天的平均气温接近24.5℃。

(3) 天山南北坡各站点均表现出年最高气温的最大值、最小值和年平均最高气温随海拔的升高而逐渐减低,而南北坡年最低气温的变化呈现各自的特点,并且南北坡的年最低气温变化幅度大于年最高气温变化。南坡库尔勒年平均最低气温和年平均最高气温比北坡乌鲁木齐分别高8.7℃、0.4℃;南坡巴伦台年平均最高气温和年平均最低气温比北坡小渠子分别高4℃、4.7℃。

(4) 南北坡各站点的年较差随海拔的增加而减少,在海拔1000 m左右南坡年较差比北坡低,而海拔约1800 m处北坡比南坡年较差低。1月北坡逆温层的厚度大于南坡,北坡逆温层小渠子和蔡家湖1月气温差变化趋势为 $-0.208^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$,南坡逆温层巴伦台与和静之间1月气温差为增加趋势,变化率为 $0.236^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$ 。

参考文献:

- [1] 任贾文. 全球冰冻圈现状和未来变化的最新评估: IPCC WG1 AR5 SPM 发布[J]. 冰川冻土, 2013, 35(5): 1065-1067, doi: 10.7522/j.issn.1000-0240.2013.0119.
- [2] 沈永平, 王国亚. IPCC 第一工作组第五次评估报告对全球气候变化认知的最新科学要点[J]. 冰川冻土, 2013, 35(5): 1068-1076, doi: 10.7522/j.issn.1000-0240.2013.0120.
- [3] 丁永建, 韩添丁, 夏军. 中国水论坛 NO.9 水与区域可持续发展[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2012: 206.
- [4] 赵传成, 王雁, 丁永建, 等. 西北地区近50年气温及降水的时空变化[J]. 高原气象, 2011, 30(2): 385-390.
- [5] 袁云, 李栋梁, 安迪. 青海湖水位变化对青藏高原气候变化的响应[J]. 高原气象, 2012, 31(1): 57-64.
- [6] 常军, 王永光, 赵宇, 等. 近50年黄河流域降水量及雨日的气候变化特征[J]. 高原气象, 2014, 33(1): 43-54, doi: 10.7522/j.issn.1000-0240.2012.00177.
- [7] 孙悦, 李栋梁. 1975-2011年渭河上游径流演变规律及对气候驱动因子的响应[J]. 冰川冻土, 2014, 36(2): 413-423, doi: 10.7522/j.issn.1000-0240.2014.0050.
- [8] 张延伟, 魏文寿, 姜逢清, 等. 近50年新疆气温和降水量变化及其与NAO指数的交叉小波谱分析[J]. 高原气象, 2012, 31(4): 974-982.
- [9] 王欣, 吴坤鹏, 蒋亮虹, 等. 近20年天山地区冰湖变化的特征[J]. 地理学报, 2013, 68(7): 983-993.
- [10] 刘潮海. 中亚天山冰川资源及其分布特征[J]. 冰川冻土, 1995, 17(3): 193-203.
- [11] 张明军, 李瑞雪, 贾文雄, 等. 中国天山山区潜在蒸发量的时空变化[J]. 地理学报, 2009, 64(7): 798-806.
- [12] 胡汝骥. 中国天山自然地理[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2004: 1-14, 180-198.
- [13] 张正勇, 刘琳, 唐湘玲. 1960-2010年中国天山山区气候变化的区域差异及突变特征[J]. 地理科学进展, 2012, 31(11): 1475-1484.
- [14] Giese E, Mossig I, Rybski D, et al. Long-term analysis of air temperature trends in central Asia (analyse langjähriger zeitreihen der lufttemperatur in Zentralasien) [J]. Erdkunde, 2007, 61(2): 186-202.
- [15] 李瑞雪. 中国天山山区气候变化的时空分布特征[D]. 兰州: 西北师范大学, 2010.
- [16] 韩添丁, 叶柏生, 焦克勤. 天山天格尔山南北坡气温变化特征研究[J]. 冰川冻土, 2002, 24(5): 567-570.
- [17] 王强, 包安明, 易秋香. 基于绿洲的新疆主体功能区划可利用水资源指标探讨[J]. 资源科学, 2012, 34(4): 613-619.
- [18] 吕文慧, 高志刚. 新疆产业用水变化的驱动效应分解及时空分异[J]. 资源科学, 2012, 3(7): 1380-1387.
- [19] 郁珍艳, 范广洲, 华维, 等. 近47年我国四季长度的变化研究[J]. 高原气象, 2011, 30(1): 182-190.
- [20] 董旭光, 李胜利, 崔晓飞, 等. 近50年山东省四季划分及其变化[J]. 中国农学通报, 2014, 30(2): 295-301.
- [21] 钱诚, 严中伟, 符淦斌. 1960-2008年中国二十四节气气候变化[J]. 科学通报, 2012, 56(35): 3011-3020.
- [22] 龚强, 汪宏宇, 李辑, 等. 近半个世纪辽宁省气温、降水极值特征分析[J]. 高原气象, 2008, 27(4): 830-837.
- [23] 刘吉峰, 李世杰, 丁裕国, 等. 一种用于中国年最高(低)气温区划的新的聚类方法[J]. 高原气象, 2006, 24(6): 966-973.
- [24] 秦翔, 杨兴国, 李健, 等. 珠穆朗玛峰北坡地区的气温分布及其垂直梯度分析[J]. 高原气象, 2013, 32(1): 1-8, doi: 10.7522/j.issn.1000-0240.2013.00001.
- [25] 伍光和, 王乃昂, 胡双熙, 等. 自然地理学[M]. 北京: 高等教

- 育出版社, 2008: 97.
- [26] 徐德源. 新疆坡地逆温资源特征与开发利用[J]. 新疆气象, 1992, 15(1): 5-9.
- [27] 冯振武, 亢建荣, 胡岩. 乌鲁木齐南郊逆温带气候资源特征及其开发利用的研究[J]. 新疆气象, 1996, 19(6): 18-29.
- [28] 廖飞佳, 施文全. 乌鲁木齐、独山子地区冬季晴空条件下大气气溶胶分布特征[J]. 新疆气象, 1998, 21(4): 25-27.
- [29] 刘增强, 郑玉萍, 李景林, 等. 乌鲁木齐市低空大气逆温特征分析[J]. 干旱区地理, 2007, 30(3): 351-356.
- [30] 《大气科学辞典》编委会. 大气科学辞典[M]. 北京: 气象出版社, 1994: 414.
- [31] 王力群, 李崇, 谭言科, 等. 冬季蒙古高压的时空变化和突变特征研究[J]. 高原气象, 2010, 29(1): 23-32.
- [32] 马玉芬, 张广兴, 杨莲梅. 天山地形对新疆大风和降温天气作用的数值模拟研究[J]. 干旱区资源与环境, 2012, 26(5): 114-118.
- [33] 赵洪壮, 李有利, 杨景春, 等. 基于 DEM 数据的北天山地貌形态分析[J]. 地理科学, 2009, 29(3): 445-449.

Characteristics of Air Temperature in the Southern and Northern Slopes of Tianshan Mountains

PU Hongzheng^{1,2}, HAN Tianding¹, CHENG Peng³, LI Xiangying⁴, JIAO Keqin¹

(1. State Key Laboratory of Cryospheric Sciences, Cold Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

3. Urumqi Meteorological Bureau, Urumqi 830002, China;

4. State Key Laboratory of Hydrology - Water Resources and Hydraulic Engineering/ College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: Based on the observation of air temperature data in the Southern and Northern Slopes of Tianshan Mountains in recent 50 years, the change tend of annual mean temperature, different time of beginning spring and summer, the characteristics of annual maximum temperature and minimum temperature and annual temperature range are analyzed. The results show that air temperature increased in 1997 in the southern and northern slopes of Tianshan Mountains and that the change tend of the temperature is maximum $0.402^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$, in the northern slope of the Urumqi station. It suggests the beginning dates of spring and summer in the southern slope of the Kuerl station are earlier than that in the northern slope of the Urumqi Station. It enters the spring in April in the northern slope of the Urumqi Station and in March in the southern slope of the Kuerl station. The temperature of beginning spring in the northern slope of the Urumqi station is one degree higher than that in the southern slope of the Kuerl station. It begins the summer in June and May in the northern slope of the Urumqi station and in May in the southern slope of the Kuerl station. The temperature of beginning summer in North-South slope of the Tianshan Mountains is relatively close. In addition, a statistical analysis shows that annual maximum temperatures decrease with increasing elevation and that variation of annual minimum temperatures is different in the southern and northern slopes of Tianshan Mountains. Annual temperature range decreases with increasing elevation in the southern and northern slopes of Tianshan Mountains. The inversion in the northern slope is significantly higher than that in the southern slope in January. The linear trend of air temperature difference between Xiaoquzi and Caijiahu in the northern slope is $-0.208^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$. But the linear trend of air temperature difference between Baluntai and Hejing in southern slope is $0.236^{\circ}\text{C} \cdot (10\text{a})^{-1}$.

Key words: Air temperature; Extreme temperature; The southern and northern slopes of the Tianshan Mountains