

雷向杰,李亚丽,雷杨娜,等. 秦岭主峰太白山高山区气候季节划分[J]. 陕西气象,2022(6):26-33.

文章编号:1006-4354(2022)06-0026-08

秦岭主峰太白山高山区气候季节划分

雷向杰¹,李亚丽²,雷杨娜¹,于冰³

(1. 陕西省气候中心,西安 710014;2. 陕西省气象信息中心,西安 710014;
3. 宝鸡文理学院,陕西宝鸡 721013)

摘要:依据气候季节划分标准,基于太白山拔仙台、文公庙、汤峪1号、鳌山气象站建站至2022年2月日气温资料,太白、眉县气象站1961—2020年常年气温资料和气温随海拔高度递减规律,划分太白山高山区历年和常年气候季节。高山气象站监测资料统计结果显示拔仙台气象站2019年6月—2022年2月连续3a只有冬季;研究发现太白山3200m以上的文公庙、汤峪1号、鳌山等气象站常年气候季节为无夏区,且冬季长度平均都在300d以上;其中3730m的拔仙台气象站及以上山区为常冬区。近60a拔仙台气象站常年气候季节指标逐渐趋近无夏区,未来10~20a有可能转为无夏区。

关键词:气候季节;常冬区;气候变暖;秦岭;太白山;鳌山

中图分类号:P467

文献标识码:A

秦岭山体高大,气候垂直差异显著,低山区四季分明,高山区常年无夏。科学考察发现秦岭存在“超级垂直带”^[1]。秦岭主峰太白山高山气候寒冷自古以来闻名于世,其3400m以上高山为亚寒气候^[2-3];纵贯鳌山与太白山的“鳌太线”,几乎每年都有户外旅游者因遭遇暴风雪等恶劣天气被困,最终因为天气寒冷,失温而失去生命^[4]。太白山山势陡峭,环境复杂,高山积雪封山时间长,2012年之前3000m以上高山无气象站,限制了人们对高山气候的深入研究。2012年8月,气象部门建成包括太白山文公庙(3378m)和汤峪1号(3213m)气象站共19个气象站构成的秦岭太白剖面观测系统;2019年6月,建成太白山拔仙台(简称拔仙台)气象站(3730m)。2021年9月,建成鳌山气象站(3474m)。2021年1月17日,拔仙台气象站最低气温-25.9℃;2016年1月24日,文公庙气象站最低气温-32.0℃,汤峪1号气象站最低气温-30.5℃;2022年1月31

日鳌山气象站最低气温-20.1℃。气象站监测数据显示太白山高山气候十分寒冷。

近60a,秦岭及其主峰太白山气温升高,积雪面积、积雪日数和积雪深度、稳定积雪事件都呈减少趋势^[5-8];2000—2017年冷季太白山积雪面积消减率24.15%,积雪覆盖率在2500m以上大幅减少^[9]。气候变暖背景下,拔仙台气象站2019年6月至2022年2月气温序列的5d滑动平均气温序列无连续5d ≥ 10 ℃,依据中国气象局发布的《气候季节划分》行业标准(简称标准)^[10]判定其建站至2022年2月只有冬季,其常年气候季节极有可能为常冬区。

我国常冬区主要分布在祁连山、天山、喀喇昆仑山、冈底斯山脉以及喜马拉雅山脉海拔高于4000m的地区^[11]。太白山海拔高度3771.2m,为我国青藏高原以东大陆第一高山。至2022年2月,拔仙台气象站已有近3a的资料;秦岭太白剖面观测系统气象站资料超过9a。太白山境内

收稿日期:2022-01-02

作者简介:雷向杰(1965—),男,陕西西安人,硕士,正高级工程师,从事气候变化及影响研究。

基金项目:陕西省重点产业创新链(群)项目(2020ZDLSF06-02);国家自然科学基金(42171158);陕西省重点研发计划(2021SF-493,2022SF-425)

的太白气象站 1956 年 10 月建站,位于太白山与渭河之间,距离拔仙台较近的眉县气象站 1958 年 11 月建站,两站都有完整的常年平均气温序列。目前,对太白山气温垂直变化规律已有充分认识。综上所述,分析太白山高山区常年气候季节的条件已经具备。准确划分太白山高山区气候季节,对研究和细化太白山自然地理、气候和生态环境分类及区划,细化生态保护措施具有重要意义,可为相关研究提供参考和借鉴。

1 资料与方法

1.1 资料

所用资料为太白山 4 个高山气象站(图 1)建站至 2022 年 2 月日气温资料,包括拔仙台气象站 2019 年 6 月—2022 年 2 月的日平均气温和日最高气温、日最低气温,文公庙、汤峪 1 号等气象站 2012 年 8 月—2022 年 2 月的日平均气温,鳌山气象站 2021 年 9 月—2022 年 2 月的日平均气温。太白、眉县气象站 1961—1990 年、1971—2000 年、1981—2010 年和 1991—2020 年常年气温资料,来源于地面气候资料 30 a 整编结果中未经谐波处理的 30 a 日平均气温资料^[12]。

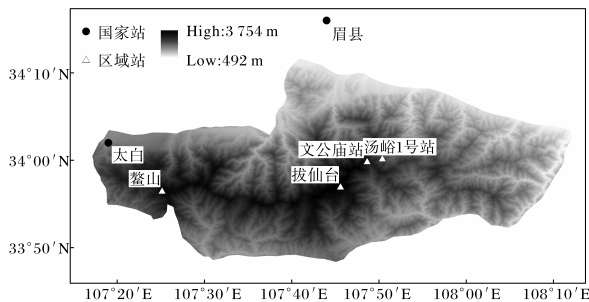


图 1 太白山 4 个高山气象站和太白、眉县气象站位置示意图

1.2 方法

常年气候季节划分方法:计算 1981—2010 年 30 a 同日平均气温常年值,得到常年气温序列(365 d,不统计闰年 2 月 29 日),某日平均气温常年值计算公式为

$$\bar{T}_j = \sum_{i=1}^n t_{ij} \quad (1)$$

式中: \bar{T}_j 为第 j 日的平均气温常年值,单位为 $^{\circ}\text{C}$; t_{ij} 为第 i 年第 j 日平均气温,单位为 $^{\circ}\text{C}$; n 为

选定年份长度,取 30。依据常年气温序列计算 5 d 滑动平均值,得到常年滑动平均气温序列。5 d 滑动平均值计算公式为

$$\overline{T_{Mj}} = (t_{j-4} + t_{j-3} + t_{j-2} + t_{j-1} + t_j) / 5 \quad (2)$$

式中: $\overline{T_{Mj}}$ 为第 j 日的 5 d 滑动平均气温,单位为 $^{\circ}\text{C}$; t_j 为第 j 日平均气温,单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。

当常年滑动平均气温序列连续 5 d $\geq 10^{\circ}\text{C}$,则以其所对应的常年气温序列中第一个 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的日期作为春季起始日;当常年滑动平均气温序列连续 5 d $\geq 22^{\circ}\text{C}$ 时,则以其所对应的常年气温序列中第一个 $\geq 22^{\circ}\text{C}$ 的日期作为夏季起始日;当常年滑动平均气温序列连续 5 d $< 22^{\circ}\text{C}$ 时,则以其所对应的常年气温序列中第一个 $< 22^{\circ}\text{C}$ 的日期作为秋季起始日;当常年滑动平均气温序列连续 5 d $< 10^{\circ}\text{C}$ 时,则以其所对应的常年气温序列中第一个 $< 10^{\circ}\text{C}$ 的日期作为冬季起始日。以某一气候季节常年起始日的前一日,作为上一个季节的常年终止日。以某一气候季节常年起始日到终止日之间的日数,作为常年气候季节长度(日数)。

如果某地常年滑动平均气温序列无连续 5 d $\geq 22^{\circ}\text{C}$,则该地为无夏区,只做春季、秋季和冬季的划分;如果某地常年滑动平均气温序列无连续 5 d $\geq 10^{\circ}\text{C}$,则该地为常冬区,不做季节划分。

当年气候季节划分方法:基于当年气温序列计算 5 d 滑动平均气温序列,四季分明区和无夏区参照前面常年气候季节划分方法依次进行当年春季、夏季、秋季和冬季起始日期的初次判断。如果初次判断的起始日期比常年日期偏早 15 d 以上,需进行起始日的二次判断。

如果初次满足季节指标的 5 d 连续过程后至常年起始日之间,滑动平均气温序列均满足季节指标,则当年季节起始日按初次判断的日期确定。如果初次 5 d 连续过程后滑动平均气温序列有不满足季节指标的,则需计算至序列再次连续 5 d 满足季节指标。当两次连续过程之间,满足季节指标的累计日数 \geq 不满足的日数,则以初次判断的起始日作为该气候季节的开始日期;否则,按第二次判断的起始日确定。

2 历年气候季节划分

2.1 拔仙台建站以来历年气候季节

2019年6月19日—2022年2月23日,拔仙台气象站历年气温序列5 d滑动平均气温序列最大值为2019年9.6℃(对应气温序列日期(下同)为7月26—30日)、2020年9.4℃(8月6—10日)、2021年10.4℃(7月30—8月3日),3 a均无连续5 d ≥ 10 ℃,每年都只有冬季(图2a)。拔

仙台气象站日平均气温有缺测,日最高、最低气温缺测较少。为减少日平均气温缺测影响,计算日最高气温和日最低气温平均值序列作为辅助气温序列。辅助气温序列5 d滑动平均气温序列最大值2019年9.8℃(7月26—30日)、2020年9.3℃(8月2—6日)、2021年11.2℃(7月30—8月3日),3 a均无连续5 d ≥ 10 ℃,每年都只有冬季(图2b)。

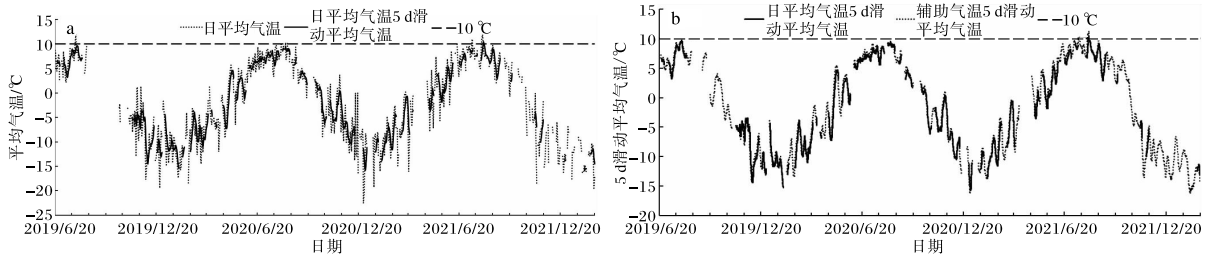


图2 拔仙台气象站2019-06-19—2022-02-23日平均气温序列及其5 d滑动平均气温序列(a),辅助气温5 d滑动平均气温序列与日平均气温5 d滑动平均气温序列(b)

2.2 文公庙、汤峪1号、鳌山气象站历年气候季节

文公庙和汤峪1号气象站部分年份日平均气温资料缺测较多。从现有监测资料可以看出,文公庙气象站2012年、2013年、2016—2018年当年气候季节有春季和秋季,其中2017年资料最齐全。2017年7月8日入春,10日入秋,8月7日入冬,春秋季共30 d,冬季335 d;汤峪1号气象站2012—2014年、2016—2018年当年气候季节有春

季和秋季,2013年、2016年和2017年资料最齐全。2013年6月15日入春,8月9日入秋,28日入冬,春秋季共74 d,冬季291 d。2016年6月17日入春,7月28日入秋,8月26日入冬,春秋季共70 d,冬季296 d(2016年366 d);2017年7月7日入春,11日入秋,8月24日入冬,春秋季共48 d,冬季317 d(表1)。鳌山气象站2021年9月建站至2022年2月只有冬季。

表1 太白山高山气象站气温监测资料季节划分结果与推算划分结果比较

站名	资料来源 站点	递减率/ (°C/100 m)	年份	入春 日期	入秋 日期	入冬 日期	春长 /d	秋长 /d	冬长 /d	冬长偏差 /d
拔仙台	拔仙台	—	2019	—	—	—	—	—	365	—
拔仙台	太白	0.4	2019	07-20	07-27	08-26	7	30	328	-37
拔仙台	眉县	0.5	2019	07-23	07-28	08-18	5	21	339	-26
拔仙台	眉县	0.4	2019	05-31	07-28	09-10	58	44	263	-102
拔仙台	拔仙台	—	2020	—	—	—	—	—	366	—
拔仙台	太白	0.5	2020	07-31	08-05	08-08	5	3	358	-8
拔仙台	太白	0.4	2020	07-28	08-05	08-12	8	7	351	-15
拔仙台	眉县	0.5	2020	06-30	07-09	07-10	9	1	356	-10
拔仙台	眉县	0.4	2020	05-26	07-09	09-09	44	62	260	-106
拔仙台	拔仙台	—	2021	—	—	—	—	—	365	—

续表

站名	资料来源 站点	递减率/ ($^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$)	年份	入春 日期	入秋 日期	入冬 日期	春长 /d	秋长 /d	冬长 /d	冬长偏差 /d
拔仙台	太白	0.5	2021	07-12	07-13	07-15	1	2	362	-3
拔仙台	太白	0.4	2021	07-05	07-13	08-06	8	24	333	-32
拔仙台	眉县	0.5	2021	07-05	08-01	08-08	27	7	331	-34
拔仙台	眉县	0.4	2021	05-26	08-01	08-27	67	26	272	-93
文公庙	文公庙	—	2017	07-08	07-10	08-07	2	28	335	—
文公庙	太白	0.5	2017	07-09	07-21	08-20	12	30	323	-12
文公庙	眉县	0.5	2017	06-16	07-23	08-20	37	28	300	-35
汤峪1号	汤峪1号	—	2013	06-15	08-09	08-28	55	19	291	—
汤峪1号	太白	0.5	2013	06-13	08-15	08-28	63	13	289	-2
汤峪1号	眉县	0.5	2013	06-01	06-18	08-31	17	74	274	-17
汤峪1号	汤峪1号	—	2016	06-17	07-28	08-26	41	29	296	—
汤峪1号	太白	0.5	2016	06-10	08-18	08-25	69	7	290	-6
汤峪1号	眉县	0.5	2016	06-04	08-14	08-25	71	11	284	-12
汤峪1号	汤峪1号	—	2017	07-07	07-11	08-24	4	44	317	—
汤峪1号	太白	0.5	2017	06-27	07-21	08-22	24	32	309	-8
汤峪1号	眉县	0.5	2017	06-10	07-23	08-22	43	30	292	-25

2.3 高山气象站历年气候季节划分结果与推算划分结果比较

表1给出太白山3个高山气象站气温监测资料季节划分结果与推算划分结果的比较(因鳌山气象站监测资料不足1 a,未做比较),其中针对拔仙台气象站分析了气温垂直递减率分别采用0.6、0.5、0.4 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 时,太白和眉县两站的推算划分结果(气温垂直递减率取0.6 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 时,太白和眉县两站推算划分拔仙台气象站2019年、2020年、2021年均只有冬季;气温垂直递减率取0.5 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 时,太白推算划分拔仙台气象站2019年只有冬季,与拔仙台北站监测资料划分结果一致,表1未再单独列出。),其余高山站给出气温垂直递减率采用0.5 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 时的推算划分结果。从表1可以看出,气温垂直递减率使用0.5 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 和0.4 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 时,所有推算划分结果的冬季长度均比高山区气象站本站资料划分结果短,且气温垂直递减率使用0.5 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 时偏差较小。太白气象站推算划分结果的冬季长度偏差均比眉县气象站推算划分结果

的偏差小。

如前所述,秦岭主峰太白山高山区气候季节划分的重点之一是研究高山区是否存在常冬区,所采取的方法要使研究得到的常冬区合理可靠,即在偏差小的前提下确定有无常冬区时尽量选择无,有常冬区时划分范围尽量选择小。表1结果说明气温垂直递减率使用0.5 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 符合这样的思路和要求。

3 常年气候季节划分

3.1 拔仙台气象站常年气候季节

标准规定用常年气温序列计算5 d滑动平均气温序列,作为常年滑动平均气温序列划分常年气候季节。拔仙台气象站2019年建成,无法直接计算常年气温序列。太白山境内太白气象站有常年气温序列,因此利用太白气象站与拔仙台气象站之间的海拔高度差和气温随海拔高度递减率推算拔仙台气象站常年气温序列。

表2为拔仙台、文公庙、汤峪1号、鳌山4个高山气象站建站至2022年2月23日日平均气温与太白、眉县气象站日平均气温的相关系数和样

本数。表中相关系数均通过了 0.001 的显著性检验,表明太白山 4 个高山气象站与太白、眉县气象站日平均气温显著相关。太白、眉县气象站气温资料均经过严格审核,4 个高山气象站日平均气温与其显著相关,说明高山气象站日平均气温观测结果可靠。从表 2 还可以看出,4 个高山气象站与太白气象站日平均气温的相关系数均大于其与眉县气象站的相关系数,这一点与上节所得太白气象站推算划分的拔仙台等高山气象站冬季长

度偏差小于眉县气象站推算划分结果偏差相互印证。统计结果表明,4 个高山气象站同时段日平均气温样本标准差均小于太白、眉县气象站,太白气象站日平均气温样本标准差小于眉县气象站。这与太白气象站位于太白山区域内、海拔高度超过 1 500 m,而眉县气象站位于山前洪积平原、太白山区域外,海拔高度低于 520 m 有关。太白山 4 个高山气象站也呈现海拔高度越高,同时段样本标准差越小的特点。

表 2 太白山 4 个高山气象站建站至 2022 年 2 月 23 日日平均气温与太白、眉县气象站日平均气温相关系数(r)

站名	太白		眉县		太白		眉县	
	r	所有样本数	r	所有样本数	r	6—8 月样本数	r	6—8 月样本数
拔仙台	0.940 5	771	0.909 9	769	0.581 8	225	0.352 9	225
文公庙	0.936 3	2 342	0.898 5	2 340	0.743 4	471	0.581 4	471
汤峪 1 号	0.941 3	2 342	0.900 3	2 341	0.801 9	503	0.655 5	503
鳌山	0.882 8	103	0.855 4	108	—	—	—	—

注:—为无资料;相关系数均通过了 0.001 的显著性检验。

太白山高山区一年中最暖的时期是 6—8 月。秦岭 1981—2010 年 5—9 月平均气温随海拔高度递减率均 $> 0.5 \text{ } ^\circ\text{C}/100 \text{ m}$ ^[13];太白山 3—9 月平均气温递减率均 $> 0.5 \text{ } ^\circ\text{C}/100 \text{ m}$,全年平均 $0.5 \text{ } ^\circ\text{C}/100 \text{ m}$ ^[14-15];秦岭太白剖面气象观测系统 19 个气象站气温监测数据分析结果表明,太白剖面日平均气温随海拔高度递减率 6—8 月均 $> 0.5 \text{ } ^\circ\text{C}/100 \text{ m}$ 。因此,用 $0.5 \text{ } ^\circ\text{C}/100 \text{ m}$ 作为推算的递减率。利用太白气象站 1981—2010 年常年气温序列和太白气象站(1 543.6 m)与拔仙台气象站高度差推算出拔仙台气象站常年气温序列,其常年滑动平均气温序列最大值 $9.4 \text{ } ^\circ\text{C}$ (7 月 23—27 日),无连续 $5 \text{ d} \geq 10 \text{ } ^\circ\text{C}$,因此拔仙台气象站常年气候季节划分结果为常冬区(图 3)。

太白山 6—8 月气温递减率的最小值为 $0.5 \text{ } ^\circ\text{C}/100 \text{ m}$,用其作为推算的递减率,可保证不会低估 6—8 月太白山高山区的气温,进而保证推算划分的太白山常冬区合理可信,无夏区无夏时段可能偏长。太白山一年中,12 月、1—2 月等气温低的时段气温垂直递减率小,用 $0.5 \text{ } ^\circ\text{C}/100 \text{ m}$ 作为推算的递减率,可能导致该时段气温被低估;因此,

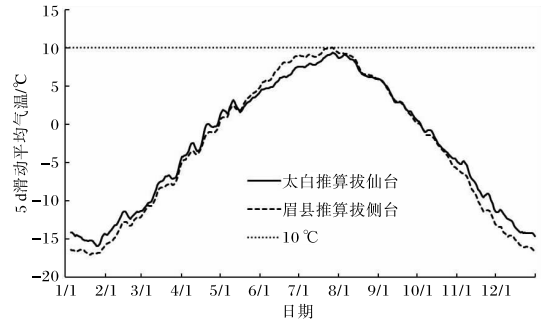


图 3 由太白和眉县气象站 1981—2010 年常年气温序列推算的拔仙台气象站常年滑动平均气温序列

在此给出由推算递减率偏差导致的日平均气温高估和低估范围,以及对气候季节划分结果影响的程度。例如,拔仙台气象站与太白气象站的海拔高度差为 2 186.4 m,气温递减率偏差 ± 0.03 、 ± 0.06 、 $\pm 0.10 \text{ } ^\circ\text{C}/100 \text{ m}$ 将分别导致约 ± 0.7 、 ± 1.3 、 $\pm 2.2 \text{ } ^\circ\text{C}$ 的日平均气温偏差。平均气温的偏差幅度与两个气象站之间的高度差成正比。将 0.53 、 0.56 、 0.60 、 $0.47 \text{ } ^\circ\text{C}/100 \text{ m}$ 作为推算的递减率,由太白气象站常年气温序列推算划分的拔仙台气象站常年气候季节均为常冬区。

眉县气象站位于太白山与渭河之间,距离拔

仙台气象站较近。使用眉县气象站 1981—2010 年常年气温序列,利用眉县气象站(517.6 m)与拔仙台气象站高度差,推算拔仙台气象站常年气温序列,计算得到常年滑动平均气温序列,其最大值为 10.0 °C(7 月 23—27 日),无连续 5 d \geq 10 °C,拔仙台气象站常年气候季节为常冬区(图 3)。

3.2 文公庙、汤峪 1 号、鳌山气象站常年气候季节

利用太白、眉县气象站 1981—2010 年常年平均气温序列,两站高度差和气温随海拔高度递减率(0.5 ± 0.1)°C/100 m)分别推算 3 个高山气象站常年气温序列,计算常年滑动平均气温序列,

划分高山气象站常年气候季节。将 0.6 °C/100 m 作为气温随海拔高度递减率时,由太白气象站推算划分 3 个高山气象站常年气候季节,仅高度最低的汤峪 1 号气象站为无夏区,其余 2 站为常冬区;眉县气象站推算划分结果是 3 个高山气象站均为常冬区。可见,太白和眉县两站均推算划分鳌山、文公庙气象站为常冬区。将 0.5 °C/100 m 作为气温随海拔高度递减率时,两站均推算划分 3 个高山站为无夏区且冬季长度均在 300 d 以上;将 0.4 °C/100 m 作为气温随海拔高度递减率时,两站推算判定 3 个高山站均为无夏区(表 3)。

表 3 基于太白、眉县气象站 1981—2010 年常年气温序列和不同气温垂直递减率推算划分的太白山高山气象站常年气候季节

站名	数据来源 站点	递减率 /(°C/100 m)	入春日期	入秋日期	入冬日期	春长/d	秋长/d	冬长/d
汤峪 1 号	太白	0.6	07-20	07-26	07-28	6	2	357
鳌山	太白	0.5	07-19	07-26	08-06	7	11	347
文公庙	太白	0.5	07-16	07-26	08-12	10	17	338
汤峪 1 号	太白	0.5	06-26	07-26	08-15	30	20	315
拔仙台	太白	0.4	07-06	07-26	08-13	20	18	327
鳌山	太白	0.4	06-23	07-26	08-16	33	21	311
文公庙	太白	0.4	06-19	07-26	08-20	37	25	303
汤峪 1 号	太白	0.4	06-12	07-26	09-02	44	38	283
鳌山	眉县	0.5	06-24	07-19	08-09	25	21	319
文公庙	眉县	0.5	06-22	07-19	08-13	27	25	313
汤峪 1 号	眉县	0.5	06-14	07-19	08-15	35	27	303
拔仙台	眉县	0.4	06-10	07-19	08-18	39	30	296
鳌山	眉县	0.4	06-04	07-19	09-03	45	46	274
文公庙	眉县	0.4	05-30	07-19	09-04	50	47	268
汤峪 1 号	眉县	0.4	05-29	07-19	09-06	51	49	265

注:将 0.5 °C/100 m 和 0.6 °C/100 m 分别作为气温垂直递减率,利用太白、眉县气象站气温资料推算和判定太白山高山气象站常年气候季节为常冬区时,不做季节划分,表中未列出。

3.3 太白山常冬区下边界高度

将 0.5 °C/100 m 作为气温垂直递减率,使用太白气象站 1981—2010 年常年气温序列推算太白山常年滑动平均气温序列恰好出现连续 5 d \geq 10 °C 时的海拔高度,确定常冬区下边界海拔高度为 3 565 m,即太白山海拔高度 3 565 m 及以上山

区为常冬区。同理,使用眉县气象站 1981—2010 年常年气温序列推算太白山常冬区下边界海拔高度为 3 723 m。因此将拔仙台气象站所处高度(海拔 3 730 m)及以上划分为常冬区是稳妥合理的。

4 气候变暖对气候季节划分结果的影响

使用太白气象站 1961—1990 年、1971—2000

年、1981—2010年常年气温序列分别推算拔仙台气象站常年气温序列,计算得到的常年滑动平均气温序列最大值分别为8.9、9.4、9.4℃(图4),最大值出现时间对应的常年气温序列日期依次为7月20—24日、23—27日、23—27日。1981—2010年与1961—1990年比,序列最大值升高了

0.5℃,出现时间推迟了3d。使用眉县气象站1961—1990年、1971—2000年、1981—2010年常年气温序列推算拔仙台气象站常年气温序列,计算得到的常年滑动平均气温序列最大值及其出现时间变化与太白气象站推算结果相似(图4)。

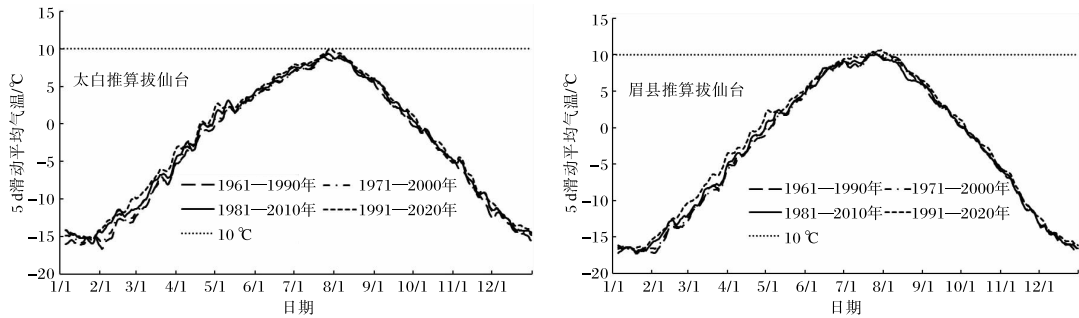


图4 使用太白和眉县气象站不同常年气温序列推算的拔仙台气象站常年滑动平均气温序列

2022年启用1991—2020年常年值。使用太白气象站1991—2020年常年气温序列推算拔仙台气象站常年气温序列,计算得到的常年滑动平均气温序列最大值为10.0℃,出现时间对应的常年气温序列日期为7月25—29日。常年滑动平均气温10℃仅出现1d,无连续5d ≥ 10 ℃,拔仙台气象站常年气候季节为常冬区(图4)。使用眉县气象站1991—2020年常年气温序列推算拔仙台气象站常年气温序列,计算得到的常年滑动平均气温序列最大值为10.4℃,出现时间对应的常年气温序列日期为7月25—29日。常年滑动平均气温序列 ≥ 10 ℃日数超过5d,拔仙台气象站常年气候季节为无夏区(图4)。如前所述,太白气象站位于太白山境内的中山区,其推算结果更为可信。所以,1991—2020年常年值启用后,拔仙台气象站常年气候季节仍然划分为常冬区,但气候变暖使拔仙台气象站常年气候季节指标趋近无夏区,常冬区变得更加脆弱。

预计未来10~20a秦岭气温仍然为上升趋势^[16],拔仙台气象站常年气候季节很可能转为无夏区。

5 结论与讨论

气候变暖背景下,拔仙台气象站2019年建站后连续3a只有冬季,说明太白山高山区气候十分寒冷。将太白山最热时段6—8月气温垂直递

减率的最小值0.5℃/100m作为推算用气温垂直递减率,利用太白、眉县气象站1981—2010年常年气温序列,推算划分拔仙台气象站常年气候季节,结果均为常冬区。拔仙台科学考察发现高山积雪时间长、植被以草甸苔藓为主,因此,在太白山高山区划分常冬区是合理的。推算常冬区下边界海拔高度在3565~3723m之间,将拔仙台气象站所处高度3730m作为常冬区下边界是稳妥的。

使用太白气象站1991—2020年常年气温序列推算得到的拔仙台气象站常年滑动平均气温序列最大值较1981—2010年上升0.6℃,无连续5d ≥ 10 ℃,常年气候季节为常冬区。预计未来10~20a拔仙台气象站常年气候季节很可能转为无夏区。根据《地面标准气候值统计方法》,30a气候资料整编时通常用谐波分析等滤波分析方法对30a逐日气温进行处理。常年气候季节划分使用未经谐波处理30a日平均气温资料。

“太白积雪六月天”是古人对太白山高山寒冷气候的生动描述。太白山常冬区范围虽然比较小,却使太白山同时拥有四季分明区、无夏区和常冬区,体现了太白山气候垂直差异大、气候类型多,气候资源丰富,生物多样性基础条件优越的特点,在自然地理、气候资源评价和分类方面有重要意义。如果太白山常冬区消失,变为无夏区;虽然

有利于部分生物活动和生长时间延长,范围上移,但会改变寒冷山区特有的自然环境,导致高山积雪时间缩短,积雪量减少,蓄水和调节水资源分配能力减弱,影响太白山垂直气候多样性和独特性。加快建立绿色发展经济体系,减少温室气体排放,可以减缓气候变暖,进而减缓太白山常冬区的消失,保护太白山独有的气候资源。气候变暖对太白山高山区气候季节的影响需要持续监测和评估。

致谢:罗慧、肖舜、王毅勇博士和陕西师范大学王雨萌,宝鸡文理学院丁鹏程,审稿专家和编辑乔旭霞给予该项工作支持和帮助,在此表示衷心感谢。

参考文献:

- [1] 李君轶,傅伯杰,孙九林,等.新时期秦岭生态文明建设:存在问题与发展思路[J].自然资源学报,2021,36(10):2449-2463.
- [2] 陕西省地方志编纂委员会.陕西省志·太白山志[M].西安:陕西出版集团三秦出版社,2012:1-50.
- [3] 陈明荣.秦岭垂直温度带的划分[J].地理研究,1992,11(3):27-31.
- [4] 傅晓蕾.走脊线:秦岭从鳌山到太白山,行走龙脊之上[J].中国国家地理,2016(10):114-127.
- [5] 雷向杰,韩婷,李亚丽,等.2017年5月太白山“驴友”伤亡事件天气条件分析[J].陕西气象,2019(3):35-40.
- [6] 雷向杰,李亚丽,李茜,等.1962—2014年秦岭主峰太白山地区积雪变化特征及其成因分析[J].冰川冻土,2016,38(5):1201-1210.
- [7] 李茜,魏凤英,雷向杰.1961—2016年秦岭山区冷季积雪日数变化特征及其影响因子[J].冰川冻土,2020,42(3):780-790.
- [8] 韩婷,雷向杰,李亚丽,等.秦岭区域性高山积雪事件变化特征分析[J].冰川冻土,2021,43(4):1040-1048.
- [9] 王娟,雷向杰,卓静,等.秦岭主峰太白山积雪时空变化规律及驱动机制分析[J].干旱区资源与环境,2021,35(2):59-64.
- [10] 中国气象局.气候季节划分:QX/T 152—2012[S].北京:气象出版社,2012.
- [11] 马彬,张勃.基于格点数据的1961—2016年中国气候季节时空变化[J].地理学报,2020,75(3):458-469.
- [12] 中国气象局.地面标准气候值统计方法:GB/T 33412—2017[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [13] 雷向杰,罗慧.气候变化背景下的秦岭积雪变化研究[M].北京:气象出版社,2020:38.
- [14] 马新萍,白红英,郭帅,等.秦岭太白山气温垂直递减率研究[J].干旱区资源与环境,2017,31(7):139-144.
- [15] 雷向杰,田亮,王毅勇,等.秦岭主峰太白山6月积雪考察[J].陕西气象,2020(1):26-30.
- [16] 陈晓光,张存杰.西北区域气候变化评估报告[M].北京:中国科学技术出版社,2013:88-92.