

纵向岭谷作用下云南热量的时空特征

何华¹, 陶云², 肖子牛³, 李华宏¹, 王宇¹

(1 云南省气象台, 云南 昆明 650034; 2 云南省气候中心, 云南 昆明 650034; 3 云南省气象局, 云南 昆明 650034)

摘要: 应用主分量分析 (PCA)、统计分析及非整波求功率谱方法对云南省 125 站 1971—2003 年主要热量指标的时空特征及成因进行分析。结果表明: (1) 纵向岭谷地形的“阻隔—通道”作用, 使云南温度的纬向分布规律被破坏, 经向分布规律比较明显, 空间分布极不均匀; (2) 纵向岭谷作用下云南热量地域分布差异显著, 南部热量丰富, 北部欠缺, 西部比东部丰富, 河谷地区热量最丰富, 滇西北及山区热量最贫乏; (3) 6、7 月热量最丰沛, 1 月最为贫乏, 春季热量好于秋季; (4) 近 30 a 云南年平均气温有明显的上升趋势, 存在明显的 7 a、11 a、18 a 周期振荡; (5) 云南年平均气温具有大范围位相一致的变化趋势及东部冷(暖)与西部暖(冷)的变化类型。

关键词: 纵向岭谷; 阻隔—通道; 热量; 时空特征

中图分类号: P467 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-2022(2007)01-0120-08

Spatial and Temporal Distribution of Thermal Resources in Yunnan Under the Effect of the Longitudinal Range-Gorge

HE H ua¹, TAO Yun², XIAO Zi-n iu³, LI H ua-hong¹, WANG Yu¹

(1 Meteorological Observatory of Yunnan Province, Kunming 650034 China)

(2 Climate Center of Yunnan Province, Kunming 650034 China; 3 Yunnan Meteorological Bureau, Kunming 650034 China)

Abstract Temporal and spatial distributions and its geographical causes of the heat index at 125 stations in Yunnan From 1971–2003 were analyzed by the PCA method, statistic analysis and the non-integer technique of power spectrum. The results show that (1) the barrier and passage effects of longitudinal range-gorge break the law of zonal distribution of air temperature in Yunnan, the law of longitudinal distribution of air temperature is obvious and the spatial distribution is very zonally asymmetric; (2) under the effect of longitudinal range-gorge, the distributive pattern of thermal resources in Yunnan is that heat resources are abundant in the south area of Yunnan, deficient in the north area, more abundant in the west area than the east area, with the most abundant in the river valley regions and the poorest in the northwest area and mountain areas; (3) heat resources are the most abundant in June and July each year in Yunnan, the poorest in January, and in-between in spring and autumn with the former's greater than the latter's; (4) Yunnan annual mean temperature has obviously increasing trend with obvious 7 a, 11 a, 18 a and weak 3 a, 5 a periodic oscillations during the past 30-year; (5) the PCA1 of annual mean air temperature in Yunnan shows the same change trend over the most areas but the PCA2 displays opposite trends in the east and west areas, respectively.

Key words longitudinal range-gorge; barrier-passageway; quantity of heat of Yunnan; temporal and spatial distribution

0 引言

云南地势特征西北高、南部低, 高山大河平行排

列, 自西向东由高黎贡山、怒山、云岭、无量山、哀牢山等大的纵向山脉与怒江、澜沧江、金沙江、李仙江、元江等大水系形成相间排列, 各河流强烈下切形成

幽深的峡谷, 山脉北密南疏, 由北往南山脉高度逐渐降低, 山脉及水系间距拉大, 成帚状分散, 形成著名的纵向岭谷区。云南受特殊的海陆分布、奇异的地形和独特下垫面状况以及复杂天气系统影响, 气候类型多样, 立体气候特点突出, 气候的水平分布差异大, 有“一山分四季, 十里不同天”等现象。云南热量资源丰富多样。近年来, 随着科学技术的发展, GIS技术的引入, 使热量资源小网格空间化, 空间分析模型得以建立, 热量资源信息在计算机上得以精确描述, 实现热量资源快速、准确的调查, 为充分利用热量资源提供科学依据; 对热量资源的研究不再局限于区划工作、对农业生产的满足程度上, 而是扩展到农业生态系统、气候系统的演变、城市气候资源等领域^[1-8]。

王宇等^[9]曾在 20 世纪 80 年代末对云南热量的空间特征进行过研究, 但未对热量的时间特征、变化类型以及地形对云南热量格局的影响进行研究。近 20 a 来, 全球增暖的幅度非常大, 达到了每百年 2 °C 以上^[10], 这是自 19 世纪后期以来没有发生过的。当今不合理的人类活动, 引起了全球气候变化, 对光、热、水等气候资源的分布、强度产生影响, 从而影响国家社会经济的发展。本工作的目的是研究在全球变暖的大背景下, 云南近 30 a 来的热量时空特征, 考察纵向岭谷地形的“阻隔—通道”作用对云南热量格局形成的影响, 为云南因地制宜、合理开发利用热量资源、促进粮食作物的合理布局以及防灾抗灾、改善气候生态环境提供参考, 同时也为研究全球气候变暖对云南气候的影响提供科学依据。本文用主分量 (PCA) 分析、统计分析、非整波求功率谱方法^[11-12], 研究云南近 30 a 热量的时空特征以及变化趋势。采用数值模式研究下垫面作用的方法, 考察纵向岭谷地形的“阻隔—通道”作用对云南热量格局形成的影响。

1 热量指标、资料及研究方法

1.1 热量指标

热量是生物体生存的重要条件^[13], 是影响作物生存、生长和产量形成的基本因子。热量状况最直观的描述就是温度, 因此分析和评价热量资源时, 一般采用温度的各项统计量作为热量指标。气温是气候学中最重要气象要素之一, 是划分气候带的重要依据, 其变化直接影响动植物的分布和生长发育。一地温度的高低, 不仅与辐射量多少有关, 还受下垫面状况和地理环境的影响, 也就是说温度是一个受

综合影响的热量指标, 更能反映地方气候状况。积温是指在一段时间内的日平均温度的累积值, 表示植物整个生长期或某一发育阶段对热量的总要求, 10 °C 以上的积温可揭示当地各种作物能利用热量的总和^[13]。一般农作物, 在日平均气温 ≥ 10 °C 的情况下, 才能活跃生长, 因此在热量资源分析时, ≥ 10 °C 积温具有最重要、最普遍的意义, 是评价一个地区热量资源的基础。气温与积温的区别在于: 气温是描述某地区冷暖程度、反映地方气候状况的物理量; 积温是描述植物整个生长期或某一发育阶段对热量的总要求, 是既考虑温度强度, 又注意温度影响持续时间的物理量。

本文采用年、季平均温度 (春季: 3—5 月; 夏季: 6—8 月; 秋季: 9—11 月; 冬季: 12 月—次年 2 月)、极端最高、最低温度、日平均气温 ≥ 10 °C 活动积温作为热量指标。

1.2 资料

本文采用的资料为: 2003 年 7 月 20—21 日、25—26 日 08 时、20 时地面、高空常规观测资料; 2003 年 7 月 20 日、25 日 08 时 T213 分析场资料; 1971—2003 年 1—12 月云南省 125 站日 (月) 平均气温, 月平均最低、最高气温, 月平均地面温度, 月平均地面最低、最高温度的常规观测数据。

1.3 研究方法

主分量分析方法 (PCA)^[11]、非整波求功率谱方法^[12]、统计分析方法^[11]、数值模式高分辨率模拟及地形敏感性试验。

2 纵向岭谷作用下云南气温的空间特征

2.1 年平均气温

由图 1 可见, 云南年平均气温在 5.4~23.8 °C 之间, 自南而北, 随纬度及海拔高度 (以下简称海拔) 的增加, 气温急剧下降, 南北差异十分显著, 纬度相差约 9 度, 年平均气温相差 18 °C 以上, 相当于从海南岛到长春纬度差距 20 多度, 距离数千公里范围的温差。云南年平均气温分布格局大致为: 南高北低, 河谷地区 (元江中上游、李仙江下段、澜沧江下段、怒江下段、金沙江部分地段, 下同) 气温最高 (在 20~23.8 °C 之间); 滇西北海拔 $> 3\ 200$ m 的地区气温最低 (< 6 °C); 滇北海拔在 2 000~3 200 m 的地区, 气温在 6~14 °C 之间; 滇中、滇西海拔在 1 300~2 000 m 的地区, 气温在 14~18 °C 之间; 滇南海拔 $< 1\ 300$ m 的地区, 气温 > 18 °C。

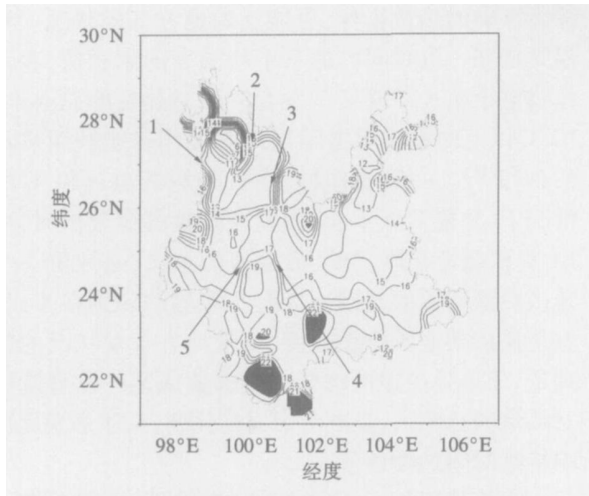


图 1 云南 125 站 1971—2003 年年平均气温
(单位: $^{\circ}\text{C}$, 阴影区为年平均气温 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 区域;
标注 1~5 为纵向岭谷区)

Fig 1 Distribution of annual mean temperatures
at 125 stations in Yunnan from 1971 to 2003
(units $^{\circ}\text{C}$; shaded areas denote
the annual mean temperature $\geq 20^{\circ}\text{C}$;
1-5 mark the Longitudinal Range-Gorge regions)

综合分析, 云南年平均温度分布呈现以下特点。

(1) 温度的纬向分布规律被破坏, 不少地方出现同一高度 (海拔高度差 $\leq 50\text{ m}$ 的地区, 如表 1 中的元谋、景东、江城, 下同) 及同一河谷地带 (如表 1 中的元江、河口同处于元江河谷地带, 元江的纬度高于河口约 1 度) 北部气温比南部高的反常现象 (见图 1、表 1), 这是由地形的阻隔作用引起过山下沉气流的焚风效应造成的。由于云南大部地区全年盛行西南风, 山脉呈淮南—北走向, 山脉对西南气流有明显的阻隔作用, 处于山脉东侧的地区 (西南气流的背风坡), 流经的气流具有下沉增温的焚风效应, 加之冬季不易受冷空气影响, 因而气温比同高度、同河谷

地带、纬度偏南的地区高。而地处云南南端的地区, 邻近海洋, 空气湿度比北部大, 地势相对开阔, 山脉阻挡作用弱, 加之地处云南多雨地带, 阴雨天气多, 日照时数少, 下垫面较湿润, 蒸发耗热量多, 因而气温比同高度、同河谷地带、纬度偏北的地区低。

(2) 年平均气温的经向分布规律比较明显, 大约以 102°E 为界, 同纬度 (纬度差 $< 0.5^{\circ}$ 的地区, 下同)、同高度比较, 东部地区气温偏差比西部大 (由年平均气温方差分布可知)、气温比西部低 $0.7\sim 2.0^{\circ}\text{C}$ (表 2)。这是由于影响云南的冷空气有三条路径 (东北路径、偏东路径、西北路径): 东北路径, 冷空气进入四川后从滇东北入侵, 通常影响哀牢山以东地区, 这类冷空气影响次数最多, 占总次数的 63%; 偏东路径, 冷空气主力偏东, 一般影响滇东南和滇中地区, 占总次数的 28%。可见云南东部冬季受冷空气影响首当其冲, 加之哀牢山的阻隔作用, 使 102°E 以西地区冬季少受冷空气影响。

(3) 纵向岭谷区等温度线呈准南北走向, 温度的纬度差异不显著, 经度差异却十分显著。图 1 标注 1~5 分别为高黎贡山—怒山、云岭—雪山、玉龙山—绵绵山、无量山—哀牢山、老别山—帮马山构成的纵向岭谷区。当气流由开阔地区进入纵向岭谷区时, 由于横截面积减小, 气流形成狭管效应, 使纵向岭谷区同经度上南北向热量交换加快, 气温趋于均匀分布, 故纵向岭谷区内等温度线呈准南北向分布, 温度的纬向差异不显著。同时由于山脉东西向的阻挡作用, 岭谷区内气流东西向的流速缓慢, 热量交换趋缓, 因此纵向岭谷区温度的经向差异十分显著。

(4) 纵向岭谷区年平均温度偏差比邻近区域小。这是由于岭谷区东、西两面均有山脉阻挡, 冬季不易受冷空气影响, 年气温振幅较小, 所以温度偏差比邻近区域小。

表 1 两组同高度站点的地理及热量信息

Table 1 The geographic and thermal information for two groups of stations

站名	纬度 $^{\circ}\text{N}$	经度 $^{\circ}\text{E}$	海拔高度 /m	年平均气温 $^{\circ}\text{C}$	春季平均气温 $^{\circ}\text{C}$	夏季平均气温 $^{\circ}\text{C}$	秋季平均气温 $^{\circ}\text{C}$	冬季平均气温 $^{\circ}\text{C}$	$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $^{\circ}\text{C}$
元谋 ¹	25 46	101 52	1 120 2	21.46	24 06	25 75	20.72	15 31	7 780
景东 ¹	24 27	100 52	1 162 3	18.67	20 10	23 43	18.89	12 26	6 650
江城 ¹	22 37	101 54	1 119 6	18.46	19 52	22 34	18.77	13 22	6 639
元江 ²	23 29	102 01	400.0	23.77	25 54	28 33	23.60	17 60	8 700
河口 ²	22 32	103 58	136.7	23.03	23 95	27 87	23.48	16 81	8 192

注: 站名中上角标为组数。

表 2 4组同纬度、同高度站点的地理及热量信息

Table 2 The geographic and thermal information for four groups of stations
(stations in one group lie at almost the same latitude and altitude)

站名	纬度 /°N	经度 /°E	海拔高度 /m	平均气温 /°C					日平均气温 ≥ 10 °C 积温 /°C	年平均 气温方差	1月极端最低 气温 /°C
				多年	春季	夏季	秋季	冬季			
广南 ¹	24 04	105 03	1 249.6	16.78	18.42	22.29	16.72	9.67	5579	1.06	-5.2
镇源 ¹	23 58	100 52	1 247.5	18.75	20.28	22.90	18.89	12.87	6 773	0.97	-2.1
丘北 ²	24 03	104 10	1 451.5	16.45	18.42	21.50	16.14	9.72	5 622	0.70	-7.3
临沧 ²	23 55	100 12	1 502.4	17.59	18.91	21.51	17.87	12.06	6 240	0.61	-1.3
会泽 ³	26 23	103 17	2 109.5	12.74	14.20	18.46	12.32	5.98	3 990	0.88	-17.0
永胜 ³	26 39	100 45	2 130.0	13.64	14.89	18.95	13.68	7.04	4 209	0.82	-11.2
富源 ⁴	25 38	104 13	1 814.0	14.05	15.45	19.60	14.03	7.13	4 568	0.63	-8.6
南华 ⁴	25 11	101 17	1 856.9	14.77	16.14	20.02	14.78	8.15	4 750	0.49	-8.4

注: 站名中上角标为组数。

2.2 季平均气温

春季(图 2a)云南北部季平均气温 $\leq 15^{\circ}\text{C}$, 其中滇西北 $\leq 10^{\circ}\text{C}$, 滇中及滇西在 $15\sim 18^{\circ}\text{C}$ 之间, 滇南在 $18\sim 26^{\circ}\text{C}$ 之间, 气温最高出现在河谷地区及滇东南的低海拔地区, 气温在 $20\sim 26^{\circ}\text{C}$ 之间。夏季(图 2b)全省除滇西北部分地区季平均气温 $\leq 18^{\circ}\text{C}$ 外, 其余大部地区在 $20\sim 28^{\circ}\text{C}$ 之间, 最低出现在滇西北的德钦 (12.1°C), 最高出现在元江河谷的元江 (28.3°C)。秋季(图 2c)滇西北季平均气温 $< 10^{\circ}\text{C}$, 滇东北、滇西及滇中气温在 $15\sim 18^{\circ}\text{C}$ 之间, 滇南在 $18\sim 24^{\circ}\text{C}$ 之间, 其中元江河谷下游、澜沧江河谷下段气温 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 。冬季(图 2d)金沙江河谷部分地段、怒江河谷下段、滇南季平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$, 滇北地区 $< 5^{\circ}\text{C}$, 其余地区在 $5\sim 10^{\circ}\text{C}$ 之间。

纵观云南 4 季的季平均气温分布(图 2)及表 1、表 2 可知, 云南季平均气温的分布规律与年平均气温分布规律相似, 都具有明显的经向分布规律、纬向分布规律被破坏, 纵向岭谷区温度的纬向差异不显著, 经向差异却十分显著等特征。同时云南的春温高于秋温, 两者一般相差 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$, 与我国东部地区大不相同, 这是由于云南多数地方春季正值干季或雨季刚来临, 阴雨天气少, 天气晴朗, 日照充足, 太阳辐射量多, 地面干燥, 蒸发耗热量少, 升温迅速, 因而气温较高。而秋季云南正处雨季或雨季刚结束不久, 空气湿度大, 阴雨天气多, 日照时数少, 太阳辐射量少, 加之下垫面较湿润, 蒸发耗热量多, 因此秋温较春温相对低一些。

2.3 最热月、最冷月平均气温

由云南 1—12 月各月平均温度(图略)可知, 云

南最热月一般出现在 6、7 月, 月平均气温除滇西北 $< 18^{\circ}\text{C}$ 外, 大部地区在 $20\sim 26^{\circ}\text{C}$ 之间。最冷月一般出现在 1 月, 月平均气温北部地区 $< 5^{\circ}\text{C}$, 中部地区在 $8\sim 12^{\circ}\text{C}$ 之间, 南部地区在 $12\sim 15^{\circ}\text{C}$ 之间。

2.4 极端最高、最低气温

云南年极端最高气温出现在春末夏初的 5 月中下旬~6 月中上旬, 大部地区年极端最高气温在 $30\sim 35^{\circ}\text{C}$ 之间。一般海拔在 $2\ 000\sim 3\ 000\text{ m}$ 的地区 $< 30^{\circ}\text{C}$, 海拔 $\geq 3\ 000\text{ m}$ 的地区 $< 25^{\circ}\text{C}$ 。云南夏季气温不高, 高温日数不多, 大部地区极端最高气温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ 的酷暑日基本不出现, 动植物无高温之害, 无效积温较少。

云南年极端最低气温一般出现在最冷的 1 月(图略), 年极端最低气温在 $-27.4\sim -2.7^{\circ}\text{C}$ 之间, 由南向北逐渐降低; 北部 $< -10^{\circ}\text{C}$, 河谷地区 $> -2.0^{\circ}\text{C}$, 其他地区在 $-5\sim -8^{\circ}\text{C}$ 之间。极端最低气温分布有一个重要特点, 就是同纬度、同高度的地方西部高于东部(表 2)。云南地面温度的空间分布特征与气温相似。

3 地形对云南温度影响的敏感性试验

为进一步说明上述气温分布与云南特殊地形有着密切联系, 用 MM5 模式对云南两个具有代表性的强降水过程进行高分辨率模拟, 通过地形敏感性试验, 从个例中定量考察纵向岭谷地形的“阻隔—通道”作用对云南温度分布规律的影响。为使所选个例更具代表性, 本文选取气候背景相同、影响系统性质截然不同、常见的天气系统造成云南的两次强降

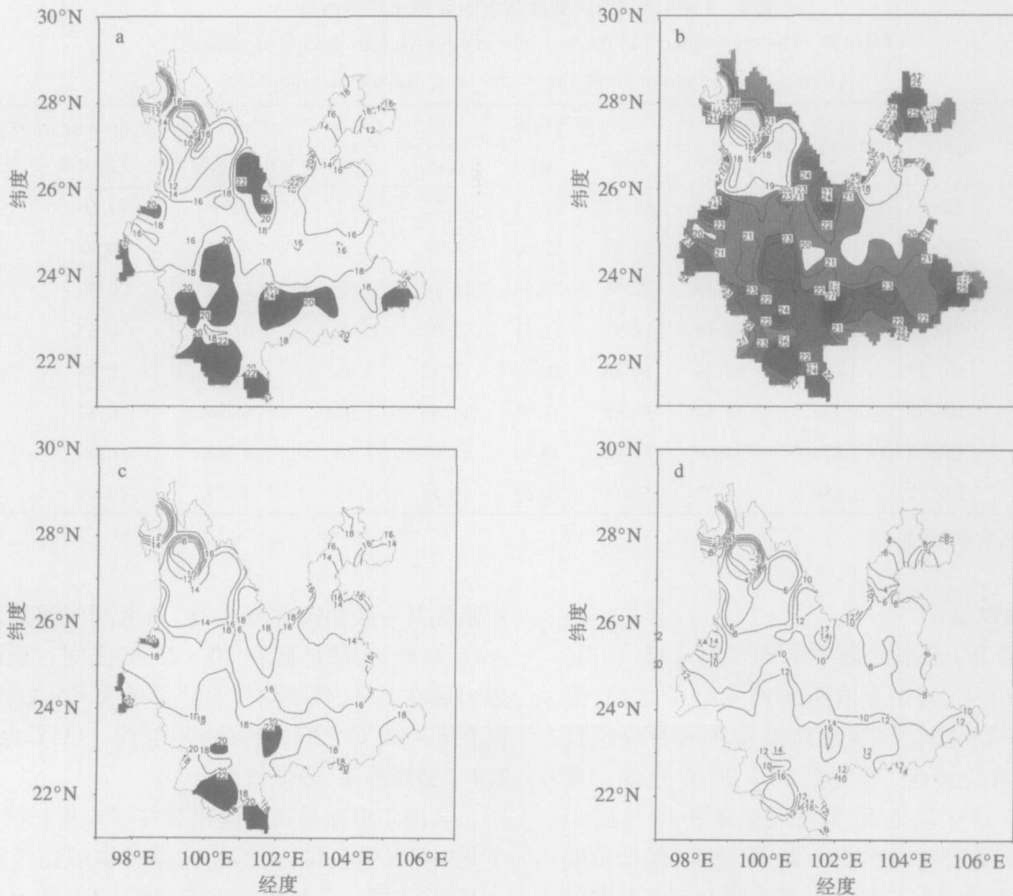


图 2 1971—2003年云南省春 (a)、夏 (b)、秋 (c)、冬季 (d)平均气温分布 (单位: $^{\circ}\text{C}$, 阴影区为季平均气温 $\geq 20^{\circ}\text{C}$)
 Fig 2 Distributions of (a) spring (b) summer (c) autumn, and (d) winter mean temperature in Yunnan in 1971—2003
 (units $^{\circ}\text{C}$, shaded areas denote the seasonal mean temperatures $\geq 20^{\circ}\text{C}$)

水过程作为敏感性试验个例。笔者曾在文献 [14-15]中,证明 MM5模式对这两次强降水过程有较强的预报能力,为本文进一步利用模拟结果进行深入研究,提供了可靠的依据。敏感性试验个例为 2003 年 7 月 21 日的低涡过程及 2003 年 7 月 26 日的西行台风过程。由于云南 90% 的台站海拔在 1 000 m 以上,故选 800 hPa 作为云南的近地层,700 hPa 为对流层低层。低涡及台风过程分别用 2003 年 7 月 20 日 20 时及 2003 年 7 月 25 日 20 时模拟结果进行讨论。

通常温度应是纬向分布。由图 3a 3d 及图 1 可见,这两次过程的温度分布规律与年平均气温相似。地形作用减半时 (图 3h 3e),地形对气流的动力作用随之减弱,岭谷区地形东西向的阻隔及南北向的通道作用 (狭管效应) 减弱的更为明显,表现在中小尺度冷 (暖) 中心减少,温度的纬向分布规律趋于明显,经向分布规律趋于减弱,特别是岭谷区温度由准南北向趋于准东西向分布,温度的经度差异减小,纬

向差异增大。当不考虑地形作用时 (图 3g 3f),地形对大气的“阻隔—通道”作用趋于零,此时云南境内温度趋于纬向分布,空间分布趋于均匀化,经向分布规律急剧减弱,这种变化在岭谷区反映最明显。地形对云南温度的影响主要反映在对流层低层^[14-15]。

通过地形敏感性试验说明,纵向岭谷地形的“阻隔—通道”作用对云南温度分布的影响十分显著。由于气候通常的含义是“平均天气”,气候的特殊性必然是天气特性的反映,加之热量状况的最直观描述就是温度^[13],因此纵向岭谷地形的“阻隔—通道”作用对云南温度分布格局的影响,一定程度上可视为是对云南热量格局的影响。

4 云南积温空间分布特征

用 $A_a = \sum_{i=1}^n T_i$ ($T_i > B$; 当 $T_i \leq B$ 时, T_i 取 0) 进行积温统计^[13], B 为某一界限温度, n 为某时段内的

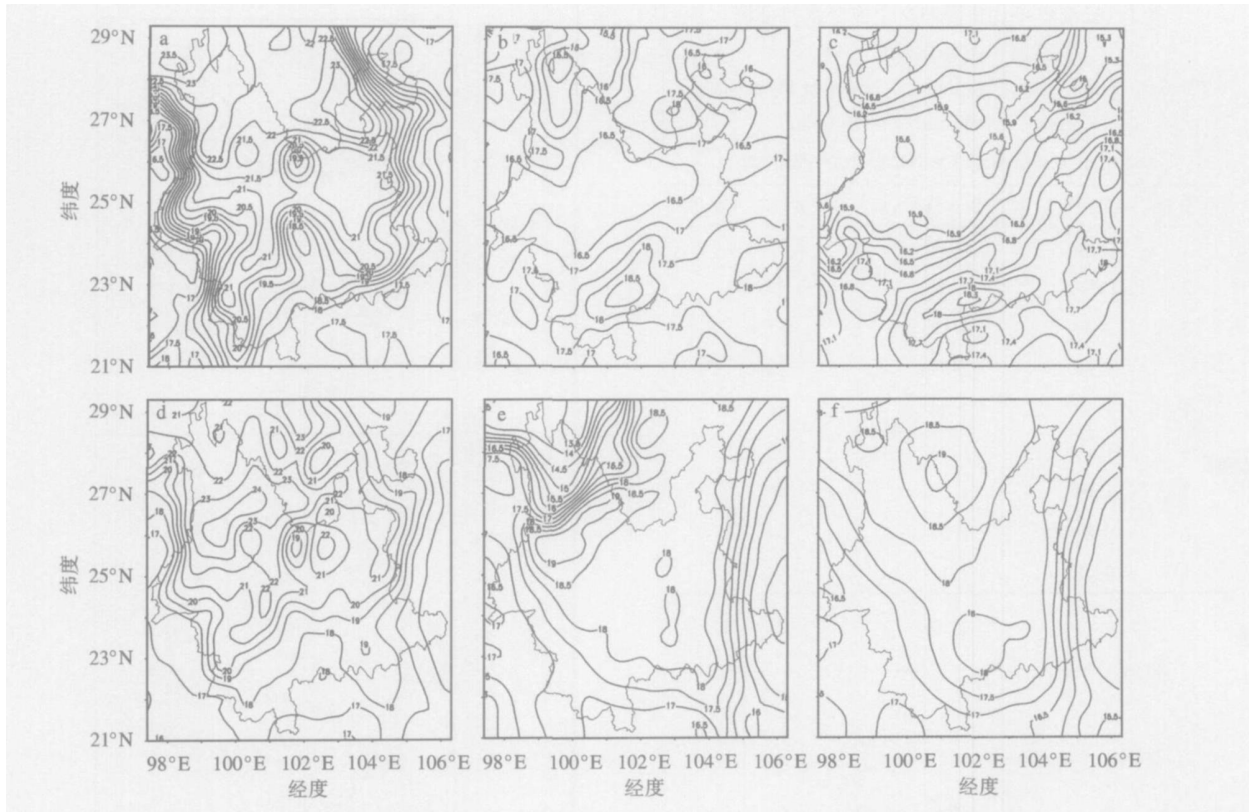


图 3 低涡过程控制试验 (a)、地形高度降低一半 (b) 和地形高度降低 9/10 (c) 及台风过程控制试验 (d)、地形高度降低一半 (e) 和地形高度降低 9/10 (f) 时 800 hPa 温度 (单位: °C)

Fig 3 Simulated 800 hPa temperatures (°C) of (a b c) the vortex process on 21st July 2003

and (d e f) the typhoon process on 26th July 2003 using the MM5 model

a d control experiment b e half height sensitivity experiment c f 9/10 height sensitivity experiment

天数, T_i 为日平均气温。本文 $B = 10\text{ }^\circ\text{C}$, $n = 365$ d。

由图 4 可见, 云南日平均气温 $> 10\text{ }^\circ\text{C}$ 活动积温 (简称积温) 在 $8\ 700 \sim 1\ 338\text{ }^\circ\text{C}$ 之间。全省约 70% 的地区积温在 $5\ 000 \sim 8\ 000\text{ }^\circ\text{C}$ 之间; 海拔 $> 3\ 200\text{ m}$ 地区积温 $< 1\ 700\text{ }^\circ\text{C}$, 海拔在 $2\ 000 \sim 3\ 200\text{ m}$ 地区在 $3\ 200 \sim 4\ 700\text{ }^\circ\text{C}$ 之间, 海拔在 $1\ 300 \sim 2\ 000\text{ m}$ 地区在 $3\ 500 \sim 6\ 500\text{ }^\circ\text{C}$ 之间, 海拔 $< 1\ 300\text{ m}$ 地区在 $6\ 500 \sim 8\ 700\text{ }^\circ\text{C}$ 之间。一般而言, 滇西北 $< 2\ 000\text{ }^\circ\text{C}$, 滇东北在 $3\ 000 \sim 4\ 000\text{ }^\circ\text{C}$ 之间, 滇中以东地区在 $4\ 000 \sim 5\ 000\text{ }^\circ\text{C}$ 之间, 滇中以西地区 $> 5\ 000\text{ }^\circ\text{C}$, 滇南在 $7\ 000 \sim 8\ 700\text{ }^\circ\text{C}$ 之间。云南积温分布格局是南多北少, 空间分布差异显著, 西部多于东部 (滇西北除外), 河谷地区最多, 滇西北最少。由图 4 图 1 及表 1 表 2 可知, 积温的空间分布规律与年平均气温分布规律相似。

5 年平均气温的主分量分析

为了解云南年平均气温时空分布特征, 用主分量分析 (PCA) 方法^[11]对云南 1971—2003 年 125 站

年平均气温进行分析。表 3 列出了云南年平均气温场前 9 个 PCA 的特征值及其累积方差贡献百分率。由表 3 可见, 前 8 个 PCA 对总方差的累积贡献达 91%, 说明用 PCA 分析逼近云南年平均气温场的收敛性好, 其中 PCA 1 约占总方差的 60%, PCA 2 约占总方差的 20%, 从 PCA 3 开始的高阶 PCA 占总方差的百分比均在 10% 以下, 前 2 个 PCA 对总方差的累积贡献约 80%, 显然前 2 个 PCA 已反映了云南年平均气温场的主要分布特征, 因此本文选取前 2 个特征向量场进行分析。

由图 5a 可见, 第 1 特征向量显示出全省各地呈一致性的正值, 反映云南年平均气温大范围位相一致的变化类型, 也就是说云南具有全省性的偏冷或偏暖的变化趋势。由图 5b 可见, 第 2 特征向量表现出东部负值与西部正值的分布特征, 零线位于 102°E 附近, 反映出云南年平均气温的东部冷 (暖) 与西部暖 (冷) 的变化类型, 这一变化类型正是 2.1 节中提到的哀牢山对冷空气有较强阻隔作用及哀牢山导致云南省东西部气候差异明显的反映。

表 3 云南年平均气温前 9 个主分量特征值及其累积方差贡献百分率

Table 3 Nine leading principal component eigenvalues of annual temperatures in Yunnan and their accumulated variance contributions

主分量	特征值	特征值百分率 %	累积方差百分率 %
1	39.48	59.06	58.9
2	12.40	18.55	77.4
3	2.80	4.19	81.6
4	1.69	2.53	84.1
5	1.38	2.06	86.2
6	1.30	1.94	88.1
7	1.04	1.55	89.7
8	0.89	1.33	91.0
9	0.78	1.16	92.2

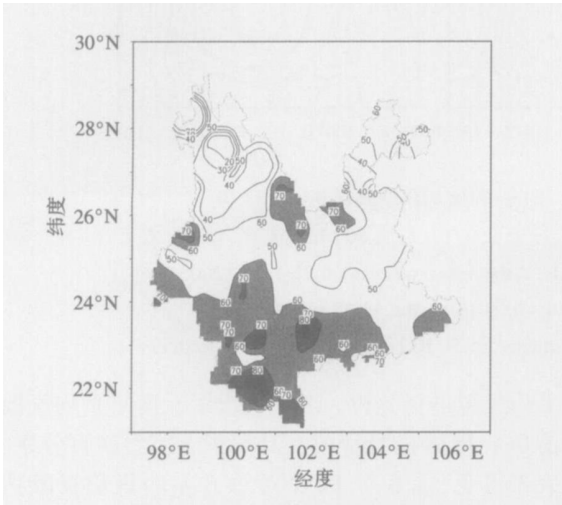


图 4 1971—2003 年云南日平均气温 > 10 °C 活动积温分布

(单位: $10 \times 10^2 \text{ } ^\circ\text{C}$; 阴影区为积温 $> 60 \times 10^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)
 Fig 4 Distribution of the cumulative temperature of daily mean temperature larger than 10 °C in Yunnan in 1971—2003
 (units $10^2 \text{ } ^\circ\text{C}$, shaded areas denote the cumulative temperatures $> 60 \times 10^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)

6 云南年平均气温时间变化特征

用线性倾向最小二乘法来估计云南年平均气温年变化趋势。由图 6 可见,最近 30 a 云南气温有明显的上升趋势,与全球气温变化趋势相似。为研究云南气温周期变化,分别对年平均气温的第 1、第 2 主分量系列用非整波求功率谱方法^[11]进行周期分析,试验周期间隔分别选取 1.0、1.5、2.0、2.5、3.0

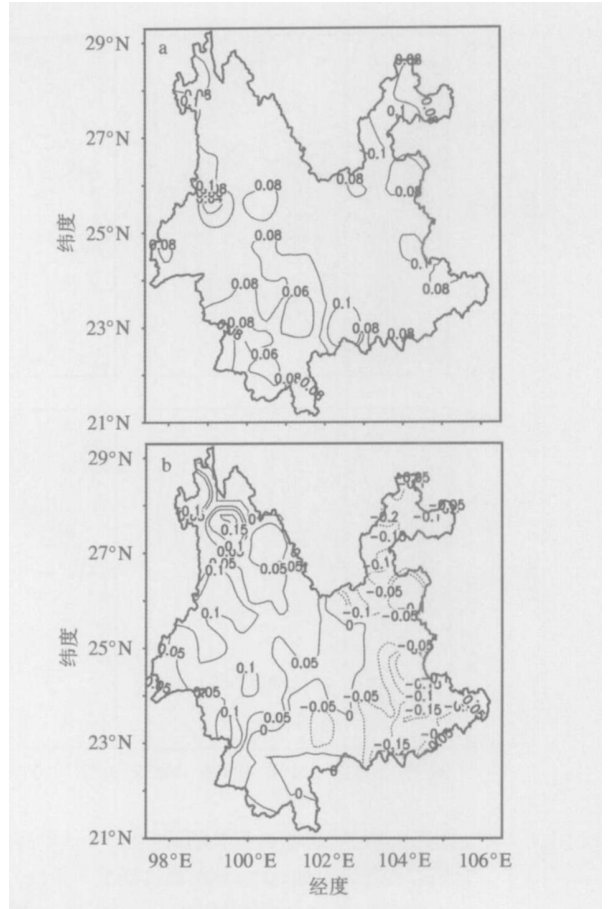


图 5 云南 1971—2003 年平均气温的第 1(a)、第 2(b)特征向量场分布

Fig 5 (a) First and (b) second PCA eigenvectors of annual mean temperatures in Yunnan in 1971—2003

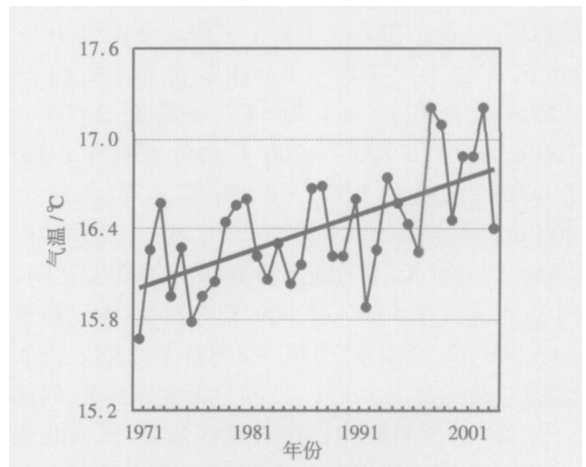


图 6 1971—2003 年云南年平均气温系列 (单位: °C, 图中粗直线为温度变化趋势线)

Fig 6 Temporal series of the annual mean temperature of Yunnan in 1971—2003 (unit °C, the thick solid straight line is the trend line)

3 5 4 Q 5 0 a 结果表明, 间隔周期为 1 a 的功率谱图, 具有较好的代表性。由图 7 可见, 第 1 主分量场存在明显的 7 a 18 a 及弱的 3 a 5 a 11 a 振荡周期; 第 2 主分量场存在明显的 11 a 17 a 及弱的 4 a 振荡周期; 也就是说云南年平均气温存在明显的 7 a 11 a 18 a 振荡周期及弱的 3 a 5 a 振荡周期。

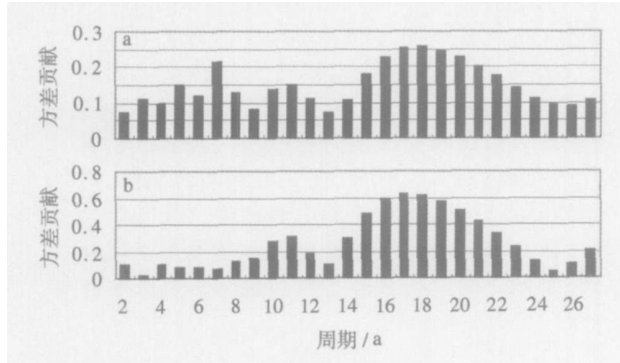


图 7 云南年平均气温 PCA1(a)、PCA2(b) 周期间隔为 1 a 的功率谱

Fig 7 Power spectra of (a) first and (b) second eigenvectors of annual mean temperatures in Yunnan at the periodical interval of 1 a

7 结论

(1) 纵向岭谷作用下云南热量空间分布特征是: 热量资源空间分布差异显著, 自南而北, 随纬度和海拔高度的增加, 气温、积温急剧下降; 南部热量丰富, 北部热量欠缺; 以 102°E 为界 (滇西北除外), 西部比东部热量丰富; 河谷地区热量最为丰富; 滇西北及山区热量最为贫乏。

(2) 纵向岭谷作用下云南热量时间分布特征是: 6 7 月是热量最丰沛的时段, 1 月最为贫乏, 春季热量好于秋季; 年平均气温最近 30 a 有明显上升趋势, 且存在明显的 7 11 18 a 振荡周期及弱的 3 5 a 振荡周期。

(3) 年平均气温的 PCA1 特征向量表明, 云南

有全省性的偏冷或偏暖的变化趋势; PCA2 特征向量表明云南具有东部冷 (暖) 与西部暖 (冷) 的变化类型, 这正是纵向岭谷地形对东北季风东西向阻隔作用的体现。

(4) 地形敏感性试验表明, 纵向岭谷地形的“阻隔—通道”作用使云南温度的纬向分布规律被破坏, 经向分布规律比较明显, 空间分布差异显著, 对云南热量分布格局的形成有重要影响。

参考文献:

- [1] 朱琳, 朱延年, 陈明彬, 等. 基于 GIS 商洛市热量资源分析及区划 [J]. 陕西气象, 2004(6): 26-29.
- [2] 刘允芬. 现代气候变化对中国热量资源的影响 [J]. 自然资源学报, 1993, 8(2): 6-9.
- [3] 杨恒山, 邢界和, 冯永祥, 等. 哲里木盟热量资源变化及其对农业的影响 [J]. 哲里木畜牧学院学报, 1996, 6(4): 18-22.
- [4] 张广学. 开发利用和保护气候资源改善生态环境的研究 [J]. 黑龙江气象, 2002(1): 30-33.
- [5] 杨桂芳, 彭红霞, 李长安, 等. 西北地区水热条件分析及生态系统恢复对策 [J]. 西北地质, 2001, 34(4): 14-17.
- [6] 冯明. 湖北省主要作物生育期间热量资源变化的研究 [J]. 南京气象学院学报, 1997, 20(3): 387-391.
- [7] 杨鑫, 孙涵, 苏永秀, 等. LST 在农业气候热量区划中的应用方法研究 [J]. 南京气象学院学报, 2004, 27(3): 387-404.
- [8] 韩余, 徐海明, 赵平, 等. 青藏高原大气热量的简单计算方法及其应用 [J]. 南京气象学院学报, 2003, 26(6): 788-796.
- [9] 王宇. 云南省农业气候资源及区划 [M]. 北京: 气象出版社, 1990: 28-54.
- [10] 王绍武. 现代气候学研究进展 [M]. 北京: 气象出版社, 2001: 80-85.
- [11] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法 [M]. 北京: 气象出版社, 2000: 126-145.
- [12] 黄嘉佑, 李黄. 气象中的谱分析 [M]. 北京: 气象出版社, 1984: 76-79.
- [13] 高绍凤, 陈万隆, 朱超群, 等. 应用气候学 [M]. 北京: 气象出版社, 2001: 40-64.
- [14] 何华, 肖子牛, 陶云, 等. 地形对滇中低暴雨影响的敏感性试验 [J]. 气象, 2005, 31(增刊): 3-7.
- [15] 何华, 肖子牛, 陶云, 等. 低纬高原上一次西行台风维持机制和数值模拟 [J]. 气象, 2005, 31(增刊): 14-19.