

阿尔金山—祁连山山地植被 垂直带谱分布及地学分析

许 娟^{1,2}, 张百平¹, 朱运海^{1,2}, 孙然好^{1,2}

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所资源与环境信息系统国家重点实验室, 北京 100101;

2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要: 本文揭示阿尔金山—祁连山区垂直带谱空间分布模式并进行地学解释。研究表明: 北坡荒漠草原带的上限具有随经度变化的二次曲线分布模式, 草原带的上限分布为线性模式, 亚冰雪带的分布与 7 月份气温的零度层分布模式基本相同; 北坡镜铁山以西的带谱中没有森林带, 以东含有森林带, 分布在 2500~3300 米的高度范围内。利用气象台站的地面及高空数据, 计算了湿度——生长季平均温度露点差随海拔变化的梯度、多年平均温度、1 月多年均温、多年平均降水指标以解释带谱分布, 结果表明: 由东向西, 湿度梯度增大, 以酒泉为界, 西侧的露点温度差梯度大于 $0.12^{\circ}\text{C}/100$ 米, 东部小于 $0.09^{\circ}\text{C}/100$ 米, 与北坡山地森林带分布基本吻合。

关键词: 阿尔金山, 祁连山, 植被, 垂直带谱, 地学解释

文章编号: 1000-0585(2006)06-0977-09

1 引言

山地最基本的特征就是气候随海拔增高而变化导致植被、土壤, 及整个自然地理综合体的垂直分异, 形成能反映山地自然特点的具有一定排列顺序和结构的垂直带谱^[1,2]。青藏高原是全球海拔最高的一个巨型构造地貌单元, 既受到全球大气的纬度环流影响, 也受到高原本身的环流影响, 产生了独特的山地植被垂直带组合, 并对东亚植被分布产生强烈的影响^[3~6]。研究区域内垂直自然带谱结构及空间分布特征、空间分异规律是探讨高原地理地带性的基础。许多学者就青藏高原垂直带的结构类型、高原地带性进行了定性及定量的研究^[7~12], 构建了植被带分布模型^[13~15], 而在单个垂直带及带谱的定量分布模式及解释上研究仍不充分, 由于高山气象台站数量稀少、获取高原环境资料难度大等原因, 是限制带谱解释的一个重要原因。本文将对高原区东北缘带谱的定量模式作进一步探讨和解释。

在对植被及植被带分布的影响因素研究中, 国内外的科学家做了许多的工作^[16~22]。在单个山体与坡向的微观尺度上, Boyce, Richard L. 用 fuzzy set ordination 方法对针叶树与地形要素(高度、坡面、坡度、坡向)的关系探讨^[23], 认为在低海拔 445 米, 坡面要素对树种很重要, 不同的树种对地形要素的响应也有很大的差异; David Palacios 等通过雪的堆积与融化过程对植被分布的影响的研究得出地形的破碎状况是植被成带分布与否的

收稿日期: 2006-04-20; 修订日期: 2006-07-25

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40571010)

作者简介: 许娟(1977-), 女, 辽宁人, 博士研究生。从事自然地理及山地 GIS 研究。Email: xuj@lreis.ac.cn

一个原因^[24]；A. K. Hegazy 等的研究认为在沙特阿拉伯西南部山区的干旱环境下，与海拔高度有关的不同环境因子的综合作用导致了植被的生态型、群落乃至植被带的变化，在中海拔的 500~2500 米高度的植被种类丰富^[25]。M. Jafari 等用 TWINSpan、PCA、CCA 方法研究了伊朗中部 Poshtkouh rangelands, Shirkouh mountainous 南坡上的植被垂直分布与当地的土壤和地形的关系，认为半干旱地区的植被分布模式与土壤特性如盐度、质地、可溶性钾、石膏、CaCO₃ 关系密切^[26]。可见地域不同，影响植被分布因素也有差异。在影响植被分布的宏观因素中，决定植被分布的生态因子很多，最重要的是水分和热量条件以及植被发生发展的历史因素^[27~29]。从气候条件上说，制约植被带发育的主要因素因区域而有所差异，在湿润区，可能是冬季温度与雪是主要因子，干旱区可能是水分条件，Dirk Gansert 对日本东西两岸的树线分布差异，分析了当地的冬季气温和雪被的情况，认为冬季的温度特别是 1 月份的平均温度对针叶林下限的分布很重要^[30]。Miehe 对喀喇昆仑山的山地植被带分布规律进行归纳，认为湿度条件直接影响了植被带的分布^[31]。阿尔金山、祁连山、河西山地位于高原的东北缘的干旱气候区^[32]，基带的植被带皆为荒漠带。在探讨制约研究区带谱分布特征的关键因素时，主要考虑了上述方法中气候的条件，并结合气象台站的高空及地面资料，分析研究区高空的气候状况，解释带谱的空间分布特点，探讨制约带谱分布的水分和温度条件。分析制约该特征区带谱的气候因子将有助于进一步认识高原带谱规律，为高原内陆带谱的解释奠定基础，并将为全面揭示高原带谱分布的规律及进行地生态学解释奠定基础。

2 数据及方法

收集并整理了 70 年代以来的带谱数据^[33~38]，1960~2000 年的气象台站、1960~1969 年的高空气候资料（压、温、湿）^[39]。气象台站及带谱点位分布见图 1。计算多年平均气温和降水值及其相关系数、最热月和最冷月的多年平均气温值；露点与气温的差值可

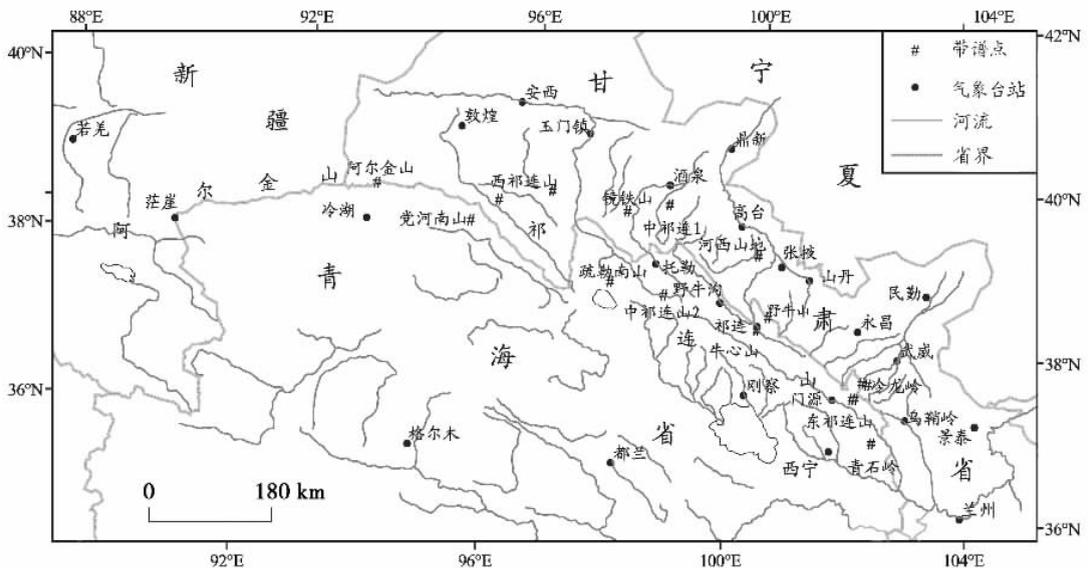


图 1 阿尔金山—祁连山区气象台站与带谱分布图

Fig. 1 Meteorological stations and vegetation spectrum location in the Altun and Qilian Mts.

以表示空气中的水汽距离饱和的程度，虽然不能完全等同于湿度，但可以反映湿度情况，并且，平均气温与露点温度差值（简称平均温度露点差）越大，说明水汽距离饱和程度大，空气的湿度小，反之，平均气温露点差越小，空气的湿度大^[40]，所以计算了生长季（4~10月）平均温度露点差随海拔高度变化梯度，作为湿度的一个指标（单位为℃/100米），用以比较各地湿度在高度上的变化情况。因湿度和降水情况在高度上的变化不是简单的线性关系，所以这里分高度段计算了生长季多年平均湿度梯度。

3 植被垂直带谱分布模式

北坡：基带荒漠带的上限高度从东至西上升，带谱宽度增大。祁连山东段谱宽为 250 米，中段 400~500 米，西段 630~1000 米，阿尔金山 1200 米，分布上限海拔高度分别为 2000 米、2300 米、2500 米、2850 米；从东至西，基带以上都分布着山地草原带；镜铁山（97.83°E，39.38°N）以西山地没有森林带，带谱主要以山地草原和高寒草原为主，以东存在山地森林带或森林草原带，森林带分布在 2500~3300 米之间，并且高山草甸、灌丛草甸带发育。总体上，祁连山西段和阿尔金山的植被带谱简单，由五个植被带组成，祁连山东中东段带谱复杂，森林、草原、灌丛、草甸都有发育（图版 1，图 2）。

北坡草原带上限随经度呈线性分布模式：

$$y = 118.6x + 14260 \quad R^2 = 0.62,$$

式中， y 为海拔高度（米）， x 为经度。高度从东到西呈直线上升趋势。

北坡荒漠草原带上限随经度呈二次曲线分布模式：

$$y = 15.836x^2 - 3232.5x + 166757 \quad R^2 = 0.93$$

在 102°E，荒漠草原带上限分布高度最低，约为 1800 米，在祁连山东部的冷龙岭实际高度为 1900~2000 米，误差在 200 米以内（图 3）。

亚冰雪带分布随经度呈波状起伏模式，在 96°E、100°E 左右出现两个谷值，95°E、98°E 出现两个峰值（图 6）。

南坡：带谱中的森林带不发育，只有东部山区有零星暗针叶林和落叶阔叶林分布；西部荒漠带以上为高寒草原带，不同于北坡仍存有山地草原带；在东部高山灌丛、灌丛草甸带为优势带（图版 1，图 4）。

总体上说，南坡地面高度较北坡高，东部较低的山区也在 2000 米左右，西部都在 3000 米以上，植被带的数量少，且对应的植被带幅比北坡大。北坡亚冰雪带的下限比南坡的低。

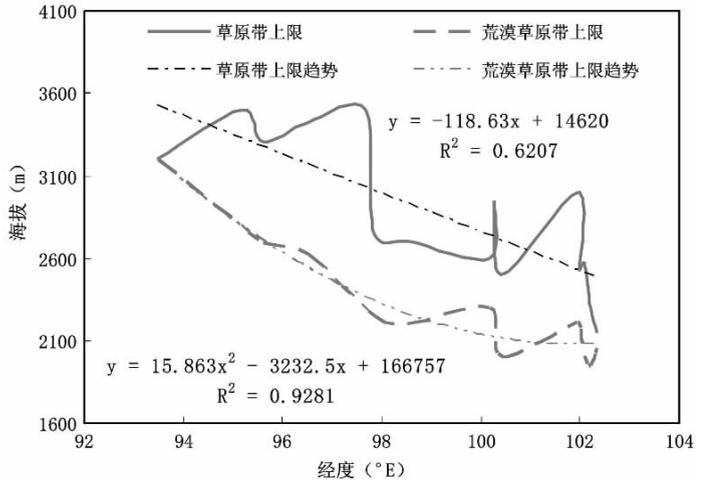


图 3 阿尔金山—祁连山北坡植被带随经度变化模式

Fig. 3 Longitudinal mode of vegetation belts of the northern Altun and Qilian Mts.

4 地学解释

4.1 基带温度和降水条件分析

当考虑温度和降水对带谱的影响时, 首先探明温度和降水的水平变化规律及它们之间是否存在关系, 进而求温度和降水条件对植被带的影响。从降水的条件上看, 多年平均年降水量在阿尔金山—祁连山地区自西向东为增多的趋势, 多年平均温度与降水从西向东变化呈显著的相关 (如图 5), Pearson Correlation 相关系数为 -0.761 (显著水平为 0.01)。从而, 可以说明越向东, 降水增多, 温度反而减小, 蒸发量相对减小, 说明从东向西基带越来越干, 这造成了从东到西荒漠带幅越来越大。

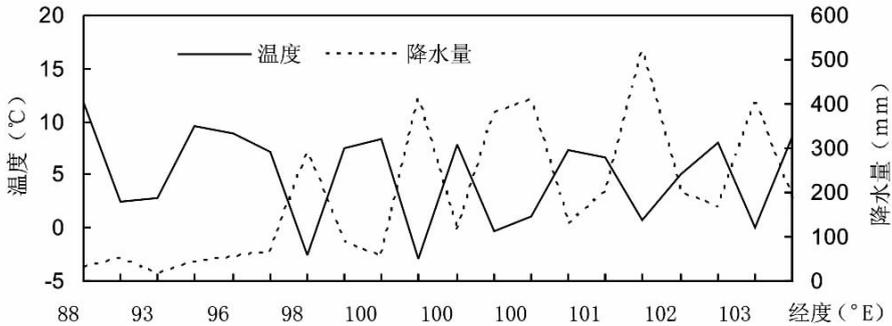


图 5 阿尔金山—祁连山方向多年平均温度与降水量变化

Fig. 5 Spatial pattern of annual mean air temperature and precipitation in the Altun and Qilian Mts.

4.2 高空温湿状况分析

高空露点温度变化 (表 1), 张掖: 生长季各月湿度在 1500~3000 米随高度增加而降低, 在 3000 米左右米降到最低值, 3000~4000 米范围湿度梯度变化不大, 可认为湿度较大的带在此区间上。酒泉: 1900 米以下的低空, 湿度随高度的增大而减小, 递增率的绝对值比较大, 为 0.54 ; 在 1900 米高空以上湿度随海拔的增高而增大, 湿度递增率为 $0.107^{\circ}\text{C}/100$ 米, 在 3100~4300 米梯度值最大, 说明最大湿度带在 2000 米以上, 4000 米以下, 西宁生长季的湿度在 3100 米以上随高度的增大而增大, 递增率都比较小, 在 $0.02 \sim 0.05$ 之间, 由于资料缺乏, 不清楚低于 3000 米的高空的湿度情况。若羌生长季湿度梯度在 1980 米高度以下, 梯度值小于 0, 说明湿度随高度增高而减小, 1980 米以上梯度大于 0, 说明湿度随高度的增高而增大, 梯度的变化不大, 梯度等于 0 的高度在 2000 米左右, 说明湿度最小带也应该在此高度; 冷湖 3000 米以上湿度随高度增高而增高, 梯度大于 0, 并且在 5500~6000 米之间梯度值最大。从 3000 米以下的低空湿度变化情况来看, 若羌、敦煌的湿度梯度绝对值比酒泉、张掖、民勤的小, 若羌、冷湖、敦煌、酒泉在 3000 米以上的高空湿度梯度比张掖、民勤、西宁大。若羌和敦煌在 3000 米以下的低空的湿度梯度绝对值小于张掖和酒泉的梯度绝对值, 祁连山中东部 3000 米以下的植被带多于祁连山的西部和阿尔金山, 在 3000~4000 米范围内的高空, 若羌和敦煌的湿度梯度绝对值大于张掖和酒泉, 而在此高度段的植被带东侧山地多于西侧山地, 由此可推出, 在半干旱干旱区, 湿度条件是制约植被带的一个重要原因。由东向西, 相等等压面上的露点温度差增大, 说明湿度逐渐减小, 相邻等压面的湿度梯度减小, 以酒泉为界, 西侧的梯度大于 $0.12^{\circ}\text{C}/100$ 米, 东部小于 $0.09^{\circ}\text{C}/100$ 米 (民勤 700~600hPa 之间除外), 与北坡山地森林

表 1 各地不同等压面及相应高度生长季的露点温度差及梯度的变化

Tab. 1 Spatial variability of air humidity of different air pressure in grown season

地点	项目	900hPa	850hPa	800hPa	700hPa	600hPa	500hPa	400hPa
若羌	平均高度(米)	977.1	1464.3	1982.9	3110.0	4364.3	5791.4	
	平均温度露点差(°C)	19.56	20.40	20.63	19.07	17.59	15.79	
	露点温度梯度(°C/100米)		-0.17	-0.04	0.14	0.12	0.13	
敦煌	平均高度(米)	1462.9	1978.6	3105.7	4347.1	5341.4		
	平均温度露点差(°C)	19.87	19.96	18.24	15.99	14.21		
	露点温度梯度(°C/100米)	-0.02	0.15	0.18	0.18			
冷湖	平均高度(米)		3082.9	4338.6	5770.0	7450.0		
	平均温度露点差(°C)		19.50	18.04	15.73	14.50		
	露点温度梯度(°C/100米)		0.12	0.16	0.07			
酒泉	平均高度(米)		1526.7	1988.6	3101.4	4347.1	5770.0	
	平均温度露点差(°C)		13.07	15.56	14.87	12.73	11.47	
	露点温度梯度(°C/100米)		-0.54	0.06	0.17	0.09		
张掖	平均高度(米)		1530.0	1981.4	3091.4	4338.6	5764.3	
	平均温度露点差(°C)		6.15	11.77	12.16	11.00	9.77	
	露点温度梯度(°C/100米)		-1.25	-0.03	0.09	0.09		
民勤	平均高度(米)		1471.4	1988.6	3101.4	4345.7	5772.9	
	平均温度露点差(°C)		14.29	15.37	14.40	12.79	11.53	
	露点温度梯度(°C/100米)			-0.21	0.09	0.13	0.09	
西宁	平均高度(米)				3102.9	4355.7	5792.9	7484.3
	平均温度露点差(°C)				8.44	7.76	7.43	7.91
	露点温度梯度(°C/100米)					0.05	0.02	-0.03

带分布基本吻合。

从年降水量的极大高度分布^[41]看, 祁连山区至河西走廊最大高度在 2500~3000 米, 而在阿尔金山, 在 3000~3500 米。各地在降水最大高度带范围内有着较好植被的带谱: 祁连山区 2000~3000 米之间的带谱存在草原、森林、灌丛带, 阿尔金山区 3000 米以上尽管降水增加但仍是荒漠草原带。各地 2000 米以上的 1 月多年平均温度随高度的变化有相似的变化趋势, 即随高度上升, 呈线性下降模式(图略)。因此可以认为, 年降水在垂直高度的变化是影响研究区带谱的一个重要因素。降水最大高度带在西部高, 东部低, 且湿度随海拔高度的变化在东部小, 在西部大, 是西部的阿尔金山垂直带谱主要以荒漠带为主, 东部的祁连山垂直带谱出现草原带和暗针叶林带的原因。

根据温度随高度递减及最热月零度层以上的高空各月平均温度低于零度的规律, 可以把 7 月零度层的高度作为亚冰雪带的上限的参考值。图 6 显示了各地 7 月零度层的高度: 南部的格尔木、都兰、西宁 7 月的高度高于高原东北部边缘的敦煌、酒泉、张掖、民勤以及北部边缘的若羌、茫崖、冷湖, 阿尔金山的 7 月零度层高度高于东北边缘的河西走廊山区的高度。可以得出 7 月零度层高度自山地边缘向高原内部增高。冷湖、茫崖两地的平均零度层的最低高度在 3750~3850 米, 平均在 4760~4990 米; 敦煌、酒泉、民勤一线平均最低高度在 3290~3500 米, 平均高度在 4790~4910 米; 张掖平均零度层的最低高度在 3710 米, 平均 4810 米; 都兰、格尔木、西宁的零度层的平均高度在 5100~5270 米。

4.3 亚冰雪带的分布模式解析

在 $93 \sim 102^{\circ}\text{E}$ 之间, 阿尔金山和祁连山北坡亚冰雪带的分布模式与 7 月份零度层分布基本相同 (图 6)。亚冰雪带的各峰谷比 7 月温度零度层高度的峰谷分别向东偏移。亚冰雪带的两个谷值分别在 $95 \sim 96^{\circ}\text{E}$ 的西祁连山, 100°E 河西山地。峰值在祁连山的中西段的党和南山、疏勒南山、野牛山, 并接近高原内部。可以得出亚冰雪带的分布高度从东向西, 从高原边缘向内陆升高。

零度层高度的谷值分别为 94.78° 、 98.52°E , 对应的地点为敦煌和酒泉, 属于高原的边缘地区, 峰值位于 94.63°E 、 98.03°E 、 101.63°E , 分别为格尔木、都兰、西宁, 属于高原的内陆地区。从而可以得出, 越向高原内部 7 月份零度层高度越高。南坡亚冰雪带的上、下限高度比北坡高, 并且自西向东依次升高, 青石岭、野牛山、疏勒南山的下限南坡比北坡分别高 100 米、200 米、300 米。

夏季, 高原下垫面相对于周围同高度自由大气是热源, 因而形成强大的热低压, 高原上盛行气旋性环流^[41], 即高原面的风由四周吹向高原, 北侧边缘盛行偏东风。河西走廊的热东风就是典型的高原季风影响下产生的, 干热的偏东风通过山谷口进入高原, 致使在山谷处的温度比周围山地的高, 亚冰雪带的高度也相应升高, 走廊热东风也可能是致使阿尔金山—祁连山北坡亚冰雪带自西向东升高的一个原因。由于高原的增温效应, 热低压由高原向四周逐渐减弱, 致使高原内部的亚冰雪带的高度比边缘山区高。南坡亚冰雪带分布模式与 7 月份零度层的分布模式相差很大, 可能南坡的微地貌产生的辐射条件对亚冰雪带的影响重要一些, 还有待于进一步研究。

5 结论

(1) 高原区北缘山地, 虽然基带皆为荒漠带, 但垂直带谱的空间分布仍存在很大的差异性, 从东至西, 植被带逐渐增多, 带谱逐渐复杂化。由东向西, 荒漠与草原带的上限逐渐升高, 镜铁山以西的带谱中没有森林带, 以东存在森林带, 分布在 2500~3300 米的高度范围内。北坡的荒漠草原带上限分布为二次曲线模式, 草原带的上限分布为线性模式。

(2) 通过分析最冷月平均温度、生长季湿度、降水量最大高度条件随海拔高度的变化, 从气候上说, 制约带谱空间分异的主要因素是湿度条件。阿尔金山区及祁连山西部 (镜铁山以西) 地面和高空极端干旱, 最大降水高度高, 生长季湿度随海拔高度变化大, 使得垂直带结构贫乏, 祁连山东部和河西山地最大降水高度相对低, 且生长季湿度随高度的变化小, 是生成良好的植被垂直带的一个重要原因。降水最大高度可以指示植被带谱分布的简单和复杂性。

(3) 亚冰雪带上下限东西向的分布模式与 7 月零度层分布高度模式具有一致性, 峰谷值与零度层模式产生东西向上的偏移。亚冰雪带的分布高度从东向西, 从高原边缘向内陆升高, 南坡比北坡的亚冰雪带下限高度高, 并且自西向东高差依次上升为 100 米 (东

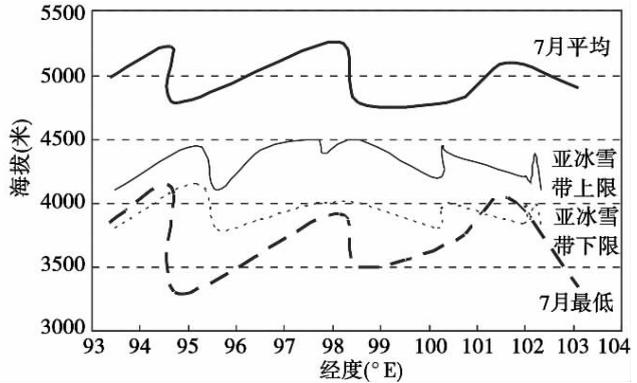


图 6 7 月份零度层高度与北坡亚冰雪带的空间关系

Fig. 6 Spatial relation of the sub-nival belt and the 0°C layer of air temperature in July

段)、200 米(中段)、300 米(西段),高原夏季增温效应可能是致使亚冰雪带分布模式的原因。最热月零度温度分布的模式可以预测北坡亚冰雪带分布模式。

参考文献:

- [1] 张百平,姚永慧,莫申国,谭娅. 数字山地垂直带谱及其体系的探索. 山地学报,2002 年,20(6):660~665.
- [2] Zhang Baiping, Wu Hongzhi, *et al.*, Integration of data on Chinese mountains into a digital altitudinal belts system. Mountain Research and Development, 2006, 26(2): 163~171.
- [3] Li X R, Jia X H, Dong G R. Influence of desertification on vegetation pattern variations in the cold semi-arid grasslands of Qinghai-Tibet Plateau, North-west China. Journal of Arid Environments, 2006, 64(3): 505~522.
- [4] Zhang Xiaoping, Deng Wei, Yang Xueming. The background concentrations of 13 soil trace elements and their relationships to parent materials and vegetation in Xizang (Tibet), China. Journal of Asian Earth Sciences, 21(2): 167~174.
- [5] Chen Xiongwen, Zhang Xinshi, Li Bailian. Influence of Tibetan Plateau on vegetation distributions in East Asia; a modeling perspective. Ecological Modelling, 2005, 181: 79~86.
- [6] 张新时. 西藏植被的高原地带性. 植物学报, 1978, 20(2): 140~149.
- [7] 郑度, 陈伟烈. 东喜马拉雅山植被垂直带的初步研究. 植物学报, 1981, 23(3): 228~234.
- [8] Zhang Baiping. Geocology and sustainable development in the Kunlun Mountains, China. Mountain Research and Development, 1995, 15(3): 283~292.
- [9] 郑远长, 王美娟, 吴正方. 青藏高原东南部自然带垂直分布的数学模型及生态学研究. 自然资源学报, 1996, 11(3): 249~255.
- [10] 郑远长. 青藏高原垂直自然带结构类型研究. 云南地理环境研究. 1997, 9(2): 43~52.
- [11] 李世英. 昆仑山北坡植被的特点、形成及其旱化的关系. 植物学报, 1960, 9(1): 16~31.
- [12] Du Zheng, Qingsong Zhang, Shaohong Wu, (eds.). Mountain geocology and sustainable development of the Tibetan Plateau. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers, 2000.
- [13] 郑远长. 青藏高原东南部山地森林植被—气候关系研究. 地理研究, 1995, 14(4): 104.
- [14] 吴宁, 刘照光. 青藏高原东部亚高山森林草甸植被地理格局的成因探讨. 应用与环境生物学报, 1998, 4(3): 290~297.
- [15] 王秀红. 青藏高原高寒草甸层带. 山地研究, 1997, 15(2): 67~72.
- [16] 毛政旦. 论山地气候带和气候型. 地理研究, 1989, 8(3): 21~29.
- [17] 雷梅等. 太白山北坡成土因素及不同土壤垂直带谱的比较研究. 地理研究, 2001, 20(5): 583~593.
- [18] 陈明荣. 秦岭垂直温度带的划分. 地理研究, 1992, 11(3): 27~32.
- [19] 毛政旦. 论山地气候带和气候型. 地理研究, 1989, 8(3): 21~30.
- [20] 孙安健. 美国山地降水量垂直分布的研究. 地理研究, 1989, 8(1): 32~40.
- [21] 蒋忠信. 山地降水垂直分布模式讨论. 地理研究, 1988, 7(1): 73~79.
- [22] 毕伯钧. 辽东山地气象要素垂直分布与垂直农、林带. 地理研究, 1982, 1(3): 55~66.
- [23] Boyce Richard L. Fuzzy set ordination along an elevation gradient on a mountain in Vermont, USA. Journal of Vegetation Science, 1998, (9): 191~200.
- [24] David Palacios, Manuel García Sánchez-Colomer. The distribution of high mountain vegetation in relation to snow cover; Peñalara Spain. CATENA, 1997, 30(1): 1~40.
- [25] Hegazy A K, El-Demerdash M A, Hosni H A. Vegetation, species diversity and floristic relations along an altitudinal gradient in south-west Saudi Arabia. Journal of Arid Environments, 1998, 38: 3~13.
- [26] Jafari M, Zare Chahouki M A, Tavili A, *et al.* Effective environmental factors in the distribution of vegetation types in Poshtkouh rangelands of Yazd Province (Iran). Journal of Arid Environments, 2004, 56: 627~641.
- [27] 郑卓. 热带山地垂直植被带对晚第四纪气候变化的响应. 地理研究, 1999, 18(1): 96~104.
- [28] 李文华, 周沛村. 暗针叶林在欧亚大陆分布的基本规律及其数学模型的研究. 自然资源, 1979, 1: 21~34.
- [29] 宋永昌. 植被生态学. 上海: 华东师范大学出版社, 2001. 144~155.
- [30] Dirk Gansert. Treelines of the Japanese alps—altitudinal distribution and species composition under contrasting winter climates. Flora, 2004, 199(2): 143~156.

- [31] Miede, Sabine. Humidity-dependent sequences of altitudinal vegetation belts in the northwestern Karakorum. In: Proceedings of international symposium on the Karakorum Mountains. Chief editors: Zheng Du, Zhang Qingsong, Pan Yusheng. Beijing: China Meteorological Press, 1994. 347~363. (Kashi China, June, 1992).
- [32] 中央气象局. 中国气候区划. 见: 西北师范大学地理系, 地图出版社主编. 中国自然地理图集. 北京: 地图出版社, 1984. 65.
- [33] 刘华训. 我国山地植被的垂直分布规律. 地理学报, 1981, 36(3): 267~279.
- [34] 王国宏, 任继周, 张自和. 河西山地绿洲荒漠植物群落种群多样性研究 I 生态地理及植物群落的基本特征. 草业学报, 2001, 10(1): 1~12.
- [35] 报告编写组. 阿尔金山自然保护区及其毗邻地区综合科学考察. 干旱区地理, 1986, 9(4): 1~20.
- [36] 陈桂琛, 彭敏, 黄荣福, 卢学峰. 祁连山地区植被特征及其分布规律. 植物学报, 1994, 36(1): 63~72.
- [37] 伍光和, 江存远. 甘肃省综合自然区划. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1998. 82~95.
- [38] 吴征镒. 中国植被. 北京: 科学出版社, 1983. 731~745.
- [39] 中央气象局. 中国高空气候资料(1960~1969年, 压、温、湿), 1972.
- [40] 李爱珍, 刘厚凤. 气象学与气候学基础. 北京: 气象出版社, 2001.
- [41] 高由禧. 青藏高原季风现象. 见: 叶笃正, 高由禧, 等主编. 青藏高原气象学. 北京: 科学出版社, 1979. 62~69.

Distribution and geographical analysis of altitudinal belts in the Altun-Qilian Mountains

XU Juan^{1,2}, ZHANG Bai-ping¹, ZHU Yun-hai^{1,2}, SUN Ran-hao^{1,2}

(1. State Key Lab of Resources and Environment Information System,

IGSNRR, CAS, Beijing 100101, China;

2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: The Altun and Qilian mountains, situated in the northeastern edge of the Tibetan Plateau and influenced by westerly wind and monsoon and its internal atmospheric circulation, are characterized by unique vegetation zonal spectra. Zonal spectra turn out to be quite different in the southern and northern flanks, although with desert as a common base belt. Our analysis indicates that the longitudinal distribution of the montane desert-steppe belt and steppe belt accord to quadratic and linear models, respectively, on the northern slopes. The distribution model of the sub-nival belt on the northern slopes is almost identical with that of air temperature of zero in July. Forest belts exist within the altitude of 2500 m to 3500 m a. s. l. east of Jingtie Mountain. Meteorological observation data are used to compute air temperature and humidity indexes, including mean difference of air temperature of dew point and gradient, annual and January mean air temperature, and annual mean precipitation, so as to interpret the distribution of zonal spectra. The results indicate that humidity gradient gradually increases from less than 0.09°C/100m to the east of Jiuquan to more than 0.12°C/100m to the west, and that vertically radical change of humidity is closely related with sparse vegetation distribution and that the sub-nival belt decreasing from the east to the west and from the edge to the interior of the Plateau was caused by the climate impacts of the elevated heating over the Tibetan Plateau.

Key words: Altun-Qilian mountains; vegetation; altitudinal belt spectrum; geographical interpretation

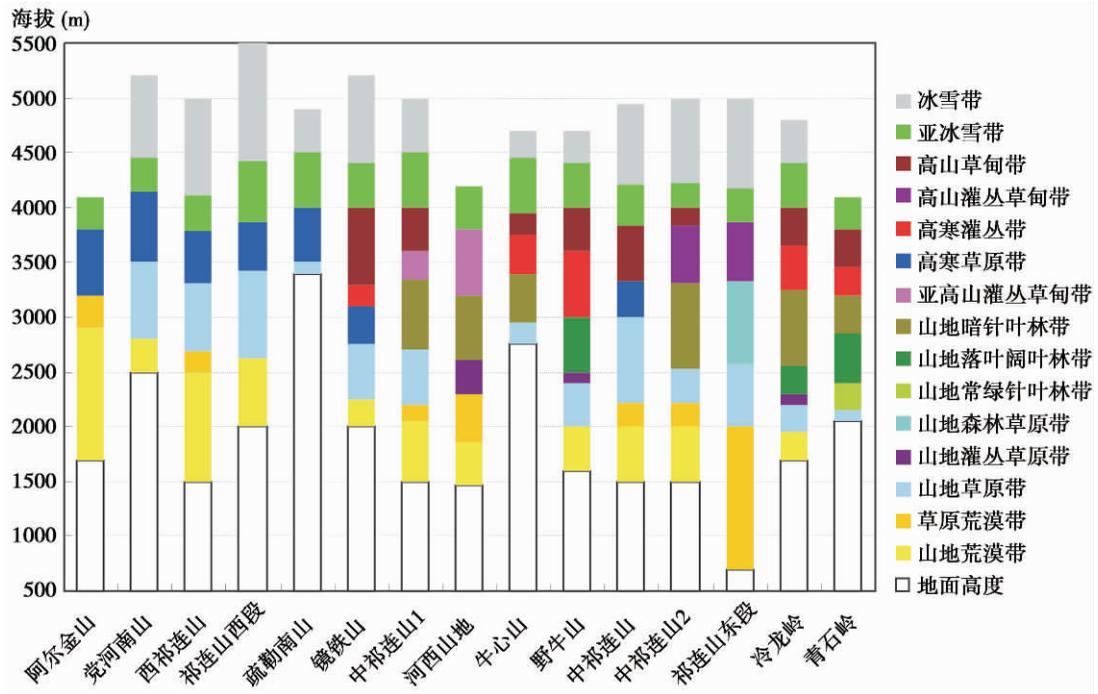


图 2 阿尔金山—祁连山北坡山地垂直带谱

Fig.2 Vegetation belt spectra on the northern slopes of Altun and Qilian mountains

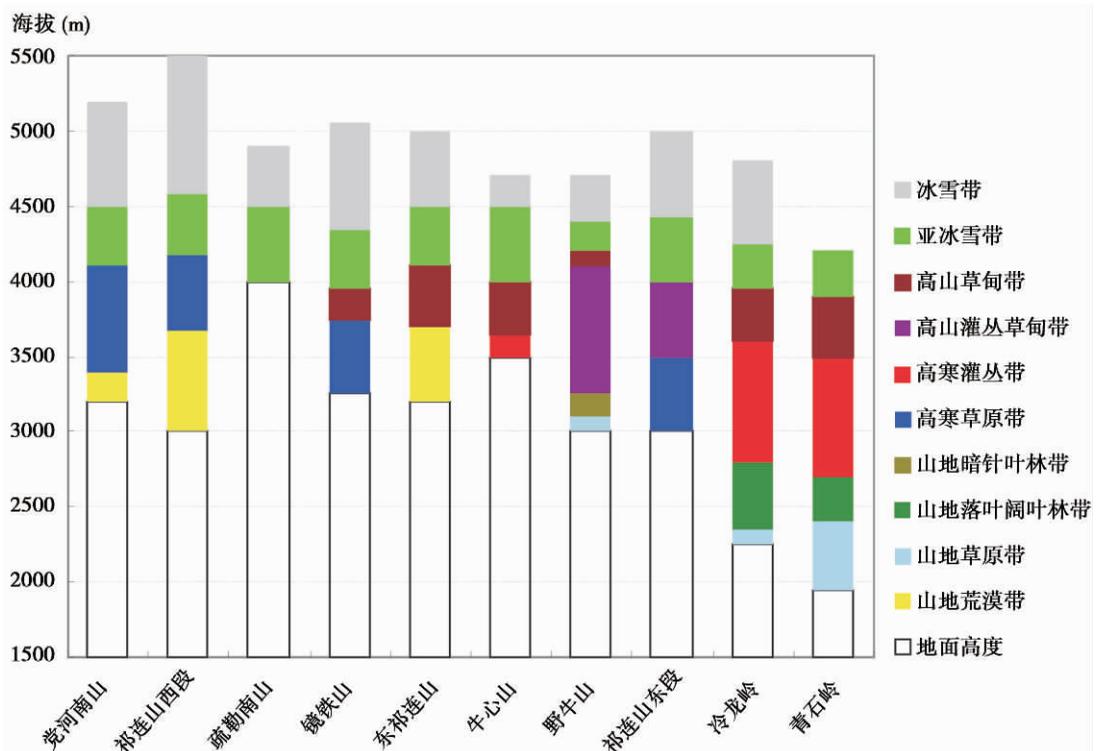


图 4 阿尔金山—祁连山南坡山地垂直带谱

Fig.4 Vegetation belt spectra on the southern slopes of Altun and Qilian mountains