

# 青藏高原高寒草甸层带\*

王 秀 红

(中国科学院地理研究所 北京 100101)

提 要 高寒草甸是高原上适合高寒草甸形成的气候层带在其下垫面上“投影”的产物。在垂直带中,高寒草甸分布的上下限是上述气候层带上下限的指示。高寒草甸下限分布趋势面与高原基面趋势面相交的闭合曲线区是高寒草甸在高原上水平分布的范围。

关键词 青藏高原 高寒草甸 层带 趋势面

青藏高原虽有巨大的山体效应<sup>[1,2]</sup>,但在全球范围的地带性来看,其“高原地带性”<sup>[3]</sup>也只不过是一个非地带性的搅动。随着空间尺度的缩小,经度地带性和垂直地带性会表现出来。三维地带性概念的出现,使水平地带性与垂直地带性结合起来,水平地带性总是支配着其上的垂直地带性,一定的水平地带具有一定结构类型的山地垂直带系统,两者总是相伴随而存在的。地带性、非地带性及三维地带性的概念,实际上反映的是自然现象的面状展布。这里用到了“层带”的概念,“层”指相当于中尺度的垂直地带性地域分异,“带”指相当于大尺度的水平地带性地域分异,以青藏高原高寒草甸的分布为例,说明气候层带的立体状展布,水平地带性和垂直地带性在相应层带中的统一。

## 1 高寒草甸分布的基本特征

高原上的地势格局和大气环流特点构成了高原温度、水分地域组合的不同,呈现从东南暖热湿润向西北寒冷干旱递变的趋势,在自然景观上表现为森林、草甸、草原、荒漠的带状更动。位于青藏高原中东部的高寒草甸地带是由地势陡峻的深切峡谷向一望无垠的高原腹地转变,具有高原亚寒带半湿润气候的自然地域单元,大致呈西南-东北向条带状在水平方向展布延伸。这一自然地带东起若尔盖、松潘,向西展布经果洛、玉树至那曲、巴颜喀拉山和唐古拉山山体宽厚,其间多宽谷、盆地和缓丘,地面切割较浅,这是从高原东南部高山峡谷向高原腹地过渡的丘状高原区。东部地势较低,海拔约 3 500m;西部较高,海拔 4 000~ 4 600m。东南部河谷切割较深,愈向西北高原面保存愈好。高原面上曲流发育,山麓平原扩展,但寒冻风化作用较显著,冰缘地貌发育,且有岛状冻土区存在<sup>[4]</sup>。

高寒草甸的基本特征不同于我国低海拔地区广泛分布的隐域性的草甸。高寒草甸的发生、发展和分布规律同其他地带性类型一样,受到一定的地生态条件的影响,是生物气候条件的综合反映,也是一定地区生物气候条件的综合产物。青藏高原东部主要受西南暖湿气流的影响,气候寒冷且较湿润。年均温一般 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ ,最冷月均温 $\leq - 10^{\circ}\text{C}$ ,最热月均温 $6\sim 10(12)^{\circ}\text{C} \geq 5^{\circ}\text{C}$ 的日数 80~ 150d,即使在最暖月份也经常出现霜冻和降雪。年降

\* 蒙郑度教授指导帮助,特此致谢。

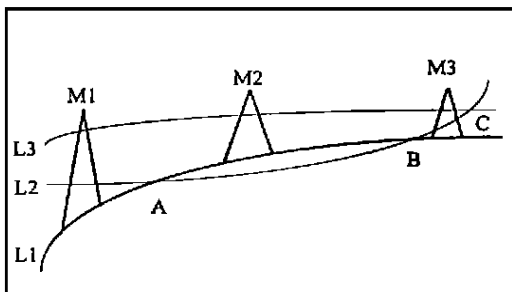
本文收稿日期: 1996-07-19.

水量 400~800mm,自东南向西北递减,75%~90%的降水集中在6~9月,冬春少降水多风.此种气候条件正是耐寒中生和旱中生地下芽与地面芽草本植物得以充分生长发育的有利条件<sup>[5]</sup>.

适应冷湿气候条件的高寒草甸在水平分布上体现了从适合森林带型向适合草原带型的高原水热条件的过渡,垂直地带性分布也可反映从季风性向大陆性过渡的性质.按照垂直自然带谱的基带、类型组合、优势垂直带及温度水分条件等特点,将青藏高原各山系的垂直自然带划分为季风性和大陆性两类带谱系统;其下可按温度水分状况及带谱特征进一步划分为九种不同的结构类型<sup>[2]</sup>.高寒草甸出现在六个结构类型组中:1)湿润结构类型组,以喜马拉雅南翼山地为代表,热带雨林或季雨林为基带,山地常绿阔叶林带为优势垂直带,向上依次为山地针阔叶混交林带—山地暗针叶林带—高山灌丛草甸带—亚冰雪带—冰雪带;2)半湿润结构类型组,广泛分布于高原的东南部,多以山地针阔叶混交林带为基带,山地暗针叶林带常成为优势垂直带,横断山区若干谷地气候干旱,常出现旱中生落叶灌丛作为垂直带谱的基带;3)高寒半湿润结构类型组,主要分布于高原中东部,带谱结构比较简单,为高山灌丛草甸带—亚冰雪带—冰雪带;4)高寒半干旱结构类型组,见于藏南喜马拉雅北翼及羌塘高原诸山地,其带谱结构是高山草原带—高山草甸—座垫植被带—亚冰雪带—冰雪带;5)半干旱结构类型组,以山地灌丛草原带—山地草原带为基带,在局部山地阴坡可有山地针叶林分布,其上接高山灌丛草甸带(或高山草原带),青海东部祁连山东段及藏南山地多属之;6)干旱结构类型组,较广泛分布于青藏高原北部和西部,分带的组合系列是:山地荒漠带—山地荒漠草原带—山地草原带(或含山地针叶林)—高山草甸带—亚冰雪带—冰雪带,其中山地草原带占有较宽的幅度.

## 2 高寒草甸分布的模式

高寒草甸的水平地带性和垂直地带性,对山地森林带和高寒草原带或高原季风性和大陆性带谱系统的桥接作用可由截面图(图1)体现出来.



L1, L2, L3 分别示:青藏高原基面趋势面,高寒草甸下限分布趋势面,高寒草甸上限分布趋势面;M1, M2, M3 分别示:基带为山地森林的山体,基带为高寒草甸的山体,基带为高寒草原的山体;A 和 B 示:高原基面趋势面与高寒草甸下限分布趋势面相交的闭合曲线区;C 示:高寒草甸上下限分布趋势面相交的曲线(在截面图上线表现为点、面表现为线)

图1 青藏高原高寒草甸分布模式

Fig. 1 Distribution model of alpine meadow on the Qinghai-Xizang Plateau

青藏高原上的高寒草甸与北半球、南半球或东亚几种对自然环境十分敏感的自然地理界线(雪线、山地寒漠土线、森林上限及树线、多年冻土线等)的高度在分布特征上,既有共同性,又有差异性.高寒草甸上下限分布的模式正是基于这种普遍性和独特性.综合大量青藏高原科学工作者的科研成果而建立的<sup>[6-14]</sup>.具体的步骤是:首先收集各种关于高寒草

甸上下限分布的数据资料,然后在地形图上确定各个垂直带的经纬度,最后对所获数据进行回归分析。

以  $H$  表示高寒草甸的分布海拔,  $x$  和  $y$  分别为分布点的经度和纬度,通过逐步回归分析(舍去偏离较大的点),得出适合高寒草甸上限分布的数学模型

$$H = \exp(2.46 + 0.0734x + 0.203y - 0.000448x^2 - 0.00331y^2), \quad n = 144, r = 0.895; \quad (1)$$

适合高寒草甸下限分布的数学模型

$$H = \exp(-4.18 - 0.0923x + 0.557y - 0.00351y^2 - 0.00344xy), \quad n = 135, r = 0.833. \quad (2)$$

图 2 显示了高寒草甸上下限分布趋势面,以及趋势面之间适合高寒草甸展布的层带状空间。其上限分布趋势面的特点是随着经纬度的变化,上限分布出现极大值点;其下限分布趋势面的特点是从东南向西北下限分布逐步升高。此层带幅度的大致趋势是由东南向西北逐渐减小。高寒草甸的水平分布及垂直分布可视为此层带中的气候特征在其下垫面的“投影”或反映。

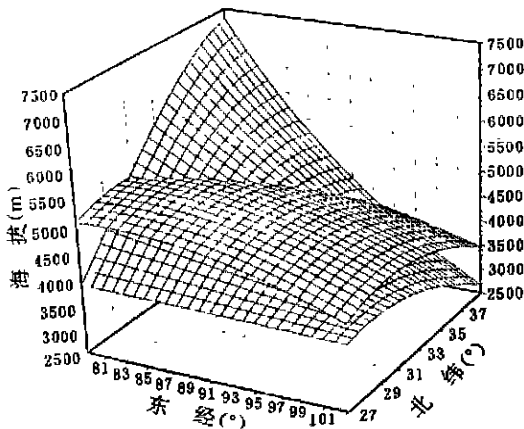


图 2 高寒草甸上下限分布的趋势面

Fig. 2 Trend-surfaces of the lower and upper limits of alpine meadow

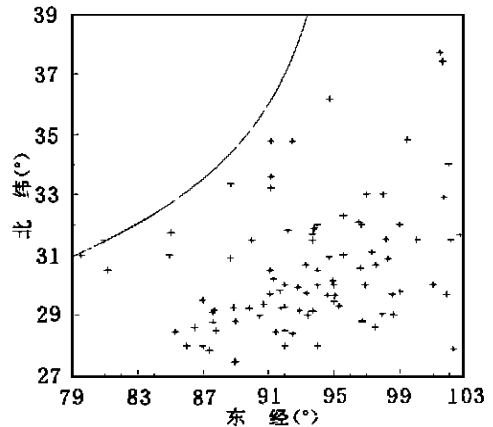


图 3 高寒草甸样点分布及其可能消失的界线

Fig. 3 Sample location and the calculated horizontal boundary of alpine meadow on the various altitudinal belts

显然分布上下限趋同处,亦即从高原东南部向西北部层带幅度趋零处就是垂直带中高寒草甸消失的地方。令方程(1, 2)相等,两个曲面的相交曲线就是垂直带中高寒草甸可能消失的水平界线。通过计算得出此曲线

$$x^2 - 7.7xy - 0.4y^2 + 42.2x + 790.2y - 14821.4 = 0. \quad (3)$$

上述三个方程之间的关系  $C = L2 \cap L3$  (图 3)。

高原基面的确定使高原上地理现象垂直地带性可分为正负两向,也使“高原水平地带性”在高原基面上得到了体现。参考文献[2]曾经指出确定高原基面的重要性,并按不同区域确定了代表性基面及其海拔。羌塘高原以广阔的湖成平原和山麓平原为代表,海拔 4 500~ 4 800m;藏南则以海拔 3 500~ 4 500m 的宽谷盆地为代表;横断山区中北部的河谷盆地作为川西藏东山地针叶林地带的代表性基面,海拔 2 500~ 3 500(4 000)m。由于高原基面的复杂性,准确计算其趋势面还存在一些困难。根据参考文献[1]对青藏高原自

然地带的划分,高寒草甸水平分布的范围在  $30^{\circ} \sim 35^{\circ} \text{N}$ ,  $91^{\circ} \sim 103^{\circ} \text{E}$ ,在地形图上取  $89^{\circ} \sim 103^{\circ} \text{E}$ ,以  $1.0^{\circ}$  为分割线;取  $29^{\circ} \sim 37^{\circ} \text{N}$ ,以  $0.5^{\circ}$  为分割线,用分割线结点海拔,近似计算出高寒草甸分布区高原基面的趋势面.用  $H$  表示上述分割结点海拔, $x$  和  $y$  分别为结点的经度和纬度,通过逐步回归分析得出趋势面方程

$$H = \exp(-35.4 - 0.577x + 1.09y - 0.00318x^2 - 0.0167y^2), \quad n = 225, r = 0.799 \quad (4)$$

趋势面(4)和趋势面(2)相交的闭合曲线区即高寒草甸可能的水平分布范围(图4).闭合曲线的方程( $AB = L_1 \cap L_2$ )

$$x^2 - 1.08xy + 4.15y^2 - 152.42x - 167.61y + 9817.61 = 0 \quad (5)$$

由于高原西北部山地较多,东南部深谷较多,故上述闭合曲线范围偏西.但此偏差并不影响确定高寒草甸可能的水平分布范围的设想.实际上,只要将趋势面作适当旋转,此趋势面即接近高寒草甸水平分布区高原基面的趋势面.

### 3 讨论与结论

通过对高寒草甸分布模式的分析,可以看出适合高寒草甸水平地带与垂直带形成的气候层带的客观性.它与其他气候层带有质的区别,其性质受下垫面的影响,并通过其下垫面的植被与土壤的特征而表现出来.无论将其水平地带视为山地垂直带在高原上的联结、展布,还是将其垂直带看为相应水平地带的缩影,都是为更好的理解地带性所作的描述.由图1可见,水平地带与垂直带在空间变化上的关系.从高原东南部到西北部,当垂直带中高寒草甸分布的下限高度等于高原基面高度时(如A点),高寒草甸开始其水平向的展布或获得空间上的连续性;在西北部当分布下限高度抬升到等于高原基面高度时(如B点),高寒草甸结束其水平向的展布.在AB范围基面上,只有下切深谷的负向垂直带带谱中才可体现高寒草甸的分布下限;同理只有在山体M2的正向垂直带带谱中才能体现高寒草甸分布的上限.但垂直带谱的类型也只能作为识别水平地带的标志,而不能决定水平地带;同时垂直自然带的性质、结构和特点不仅取决于其所在水平地带的位置,还取决于山体的海拔、相对高度及其形状和走向等.由此可见,高寒草甸的水平地带与垂直带之间存在的空间变化上的关系,都是具有相似水热条件的气候层带在其下垫面的“投影”反映.

对青藏高原嵩草甸的类型及分布特征的分析,可展示其气候层带内的分异特征.

广泛分布于青藏高原和亚洲中部高山的、以嵩草属 *Kobresia* 多种植物为建群种所形成的群落,是高寒气候条件下的产物,归属高寒草甸<sup>[6]</sup>.嵩草草甸的水平分布有如下特点:南北分布比较一致,而东西分异比较明显.这是因为青藏高原总的地势是西北高东南低,海拔的变化所引起的热量差异,补偿了纬度变化所引起的热量差异.而东西降水量的

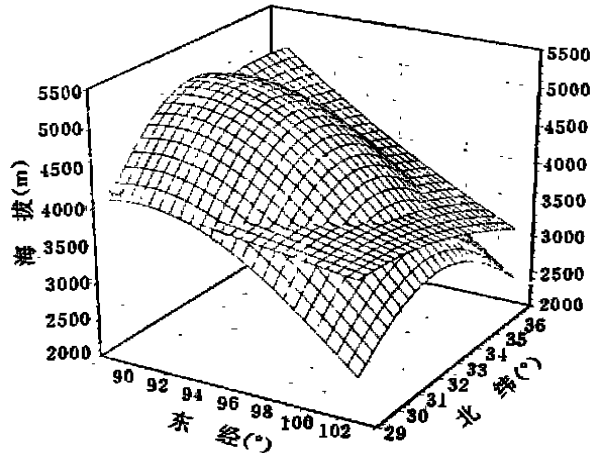


图4 高寒草甸可能的水平分布范围

Fig. 4 Calculated horizontal distribution region of alpine meadow

差异比较明显. 此外高原东部海拔较低, 气温较高, 因此在高原东部有高寒灌丛的侵入, 形成高寒灌丛草甸带. 高寒灌丛分布在湿度条件较好的山地阴坡, 而嵩草草甸仅分布在山地阳坡及宽谷阶地、滩地. 向西部由于海拔的升高  $\geq 4\,500\text{m}$ , 高原地貌发育, 气候条件使灌木难于生存, 嵩草草甸占绝对优势. 再向西部嵩草草甸则有草原化的迹象. 嵩草草甸水平分布带的宽度较高寒草原水平分布带的宽度窄, 因此其沿西北向的地带性分异并不明显. 虽有东西降水条件的差异, 但还没有构成如灌丛草甸、典型草甸和草原化草甸等的地带性的明显分异. 但在同一地区由于水分条件的差异, 使嵩草草甸的局地分布出现分异. 地表有季节性积水的地方, 分布着以藏蒿草 *K. tibetica* 为优势的沼泽化草甸. 由于地势的抬高, 土壤水分条件适中处, 分布着以矮嵩草 *K. humilis* 为优势的草甸. 土体干燥, 土壤中残存碳酸盐的地方, 分布有以小嵩草 *K. pygmaea* 为优势的草甸.

由于作为垂直带的高寒草甸出现在比其水平分布更广阔的范围, 因此通过对比不同地带高寒草甸的植物成分, 可以反映高寒草甸气候层带的空间分异 (表 1).

表 1 高寒草甸的分布与植物群落主要类型<sup>[14]</sup>

Table 1 Distribution of alpine meadow and the main types of plant community

山 地	代 表 地 点	海 拔 (m)	植 物 群 落 主 要 类 型
喜马拉雅山南侧热带北缘山地	南迦巴瓦峰南坡	4000~ 4400	<i>Rhododendron repens</i> , <i>Rh. lepidotum</i> , <i>Caltha sinogracilis</i> , <i>Polygonum viviparum</i> , <i>Bergenia purpurascens</i> , <i>Cremanthodium phyllodineum</i> , <i>Primula gnestieriana</i> 等
藏东南亚热带山地	横断山北部山地	4200~ 4800	阴坡: <i>Rhododendron nivale</i> , <i>Kobresia pygmaea</i> 阳坡: <i>Kobresia pygmaea</i> , <i>Polygonum macrophyllum</i>
藏南宽谷湖盆地山地	念青唐古拉山南坡	4800~ 5300	<i>Kobresia pygmaea</i> , <i>K. humilis</i> , <i>Sabina pingii</i> var. <i>wilsonii</i>
藏东北山原宽谷盆地山地	那曲聂荣山地	基带~ 5200	<i>Kobresia pygmaea</i>
羌塘高原山地	羌塘南部夏垫山东坡	5100~ 5300	<i>Kobresia pygmaea</i> , <i>Festuca</i> spp.

从表 1 可以看出, 从东南向西北的不同山地垂直带中, 高寒草甸从高寒灌丛杂类草甸变化为有小嵩草出现的高寒灌丛草甸; 又经过矮嵩草与常绿针叶灌丛香柏 *Sabina pingii* var. *wilsonii* 的出现与消失, 过渡到在显域地境完全是由小嵩草群落构成的高寒草甸; 最后到羌塘南部出现由小嵩草和羊茅 *Festuca* spp. 构成的具有草原化特征的高寒草甸. 上述变化反映了高寒草甸层带在准水平方向上的分异特点. 在层带中, 随着海拔的升高, 相应的垂直带中高寒草甸植被趋于简化.

参 考 文 献

[ 1 ] 郑度, 张荣祖, 杨勤业. 试论青藏高原的自然地带. 地理学报, 1979, 34(1): 1~ 11.  
[ 2 ] 郑度, 李炳元. 青藏高原自然环境的演化与分异. 地理研究, 1990, 9(2): 1~ 10.  
[ 3 ] 张新时. 西藏植被的高原地带性. 植物学报, 1978, 20(2): 140~ 149.  
[ 4 ] 洛桑·灵智多杰. 青藏高原环境与发展概论. 北京: 中国藏学出版社, 1996. 109~ 128.  
[ 5 ] 周兴民, 王质彬, 杜庆. 青海植被. 西宁: 青海人民出版社, 1987. 75~ 90.  
[ 6 ] 周兴民. 青藏高原高草草甸的基本特征和主要类型. 高原生物学集刊, 1982, (1): 151~ 162.  
[ 7 ] 蒋忠信. 关于自然地带性数学模式之商讨. 地理学报, 1982, 37(1): 98~ 103.  
[ 8 ] 王金亭. 青藏高原高山植被的初步研究. 植物生态与地植物学学报, 1988, 12(2): 81~ 90.  
[ 9 ] 青海森林编委会. 青海森林. 北京: 中国林业出版社, 1993. 54~ 56.  
[ 10 ] 中国科学院青藏高原综合科学考察队. 西藏植被. 北京: 科学出版社, 1980. 210~ 430.

- [11] 四川植被协作组. 四川植被. 成都:四川人民出版社, 1980. 71~ 77.
- [12] 李建平主编. 西藏自治区土壤资源. 北京: 科学出版社, 1994. 68~ 70.
- [13] 李文华主编. 西藏森林. 北京: 科学出版社, 1985. 310~ 340.
- [14] 苏大学,薛世明主编. 西藏自治区草地资源. 北京: 科学出版社, 1994. 221~ 233.

## ON THE LAYER-BELT OF ALPINE MEADOW ON THE QINGHAI-XIZANG PLATEAU

Wang Xiuhong

(*Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences Beijing 100101*)

### Abstract

The uplifting of Qinghai-Xizang Plateau leads to the occurrence of the unique atmosphere circulation on the plateau proper and the formation of various climatic layer-belts which are favorable to the relative alpine vegetation. Alpine meadow occurs where the climatic layer-belt favorable to alpine meadow acts on its underlying surface. On various altitudinal belts, the upper and lower limits of alpine meadow rightly indicate the upper and lower limits of the aforesaid climatic layer-belt. The intersecting curve between the upper and lower trend-surface of alpine meadow shows the disappearing of alpine meadow on altitudinal belts towards the northwest. Inside the intersecting curve between the trend-surface of lower limit of alpine meadow and that of the plateau's base surface is the region where alpine meadow horizontally occurs. Alpine meadows both on altitudinal and horizontal belts coexist in the mentioned climatic layer-belt. Towards the northwest, alpine meadow differentiates as alpine shrub-meadow, typical alpine meadow and alpine steppe-meadow parahorizontally. Also, with the increase of the altitude in the layer-belt, the variety of plants becomes simpler.

**Key words** Qinghai-Xizang Plateau, alpine meadow, layer-belt, trend-surface