

青海森林及灌丛植被的三维分布

周筠珺

(中国科学院兰州高原大气物理研究所, 兰州, 730000)

周立华

(中国科学院西北高原生物研究所, 西宁, 810001)

摘要

青海的森林及灌丛植被主要为落叶阔叶林、常绿针叶林和高寒灌丛。本文根据青海省的植物资料, 从生态-气候学的观点分析了这些变化趋势, 并作出了数学模型。其结果如下: 森林和灌丛植被的分布高度, 从低海拔到高海拔和从低纬度到高纬度一样成直线下降, 其下降趋势模型可用多极正弦方程式来表达。根据上述关系作出了每个类型的三维空间经验方程, 这为预测植被-气候带提供了有效的方法。

关键词: 青海; 森林和灌丛植被; 三维分布

青海省位于青藏高原东北部, 介于北纬 $31^{\circ}39'$ — $39^{\circ}19'$, 东经 $89^{\circ}20'$ — $103^{\circ}05'$ 之间。东部与甘肃、四川两省接壤, 西部与新疆、西藏为邻, 南部以唐古拉山与西藏相隔, 北部以阿尔金山和祁连山与甘肃河西走廊分界, 面积达 72 万平方公里, 幅员广大。全省地处中纬度地带, 按地带划分, 应属于亚热带及温带。但是由于地势高亢, 大部分地区在海拔 2 500—5 000 米之间, 而具有明显的高原特征。另一方面由于多半地区处在西风环流和青藏高压控制之下, 同时也受到了西南暖湿气流的影响。这些因素决定了青海特有的植被分布格局。由于地理条件的限制, 植被的水平分布则由东南向西北呈现出地带性的水平变化。依次相应呈现出森林、草原和荒漠 3 个基本类型。即在班玛、囊谦一带的森林是具有地带性的意义, 它是属于北亚热带常绿阔叶林带上的山地垂直序列的针叶林带的范畴(与由冷杉、云杉、大果圆柏组成的亚高山针叶林带地段相似), 以川西云杉与川西山地相衔接。在青海东北部的温带草原与暖温带黄土高原草原相连, 属于该草原的最西端。柴达木荒漠属于亚非荒漠的一部分, 与亚洲中部有着密切联系, 但地处青藏高原, 则与亚洲中部不完全相同。

青海森林和灌丛分布面积很广。其森林包括落叶阔叶林和常绿针叶林。在针叶林内包括寒温性针叶林和温性针叶林。本文所涉及的森林范围为落叶阔叶林和寒温性针叶林。在灌丛中则有高寒灌丛、落叶阔叶灌丛和常绿针叶灌丛，文中的灌丛主要是指在青海分布面积最广并具有代表性的高寒灌丛。

青海境内高山耸立，随着山地海拔高度的变化，气温的差异，太阳辐射的强弱，土壤类型的不同，降水、大气温度、大气湿度、风力、光照也相应发生变化，而形成一定的垂直带谱。因此，海拔较高的山体，从山麓到山顶，可以看到植物种类逐渐变化，植被也就相应有所不同。从东到西，随着气候干旱性的增强，越向西垂直结构越简化，各垂直带也逐层抬高。即是同一植被型的植物，从南到北也随着纬度的升高其分布海拔降低。从西到东随着经度的增加而海拔降低。植被的分布取决于水热条件，一般情况下，气温随海拔升高而降低，通常是每升高100米，气温降低 0.66°C 。植被也随着温度的降低其分布类型有所变化。但从植被分布的角度来讲，在青藏高原有些例外，由于高大的青藏高原矗立于对流层中，除引起了东亚中纬度西风带的分流和大气环流的递变外，相对的其干旱性和大陆性增强，因空气和土壤湿度低，另一方面青藏高原由于云量少，太阳辐射强烈，这样便补偿了大气的低温，致使干旱山地高山植物的分布界限通常明显地高于同样温度条件下湿润地区高山植物的界限，而形成“热岛效应”。

青海的森林和灌丛均属于山地植被的范畴，其分布则是在上述的三维空间中发生着不同变化，而形成具有高原特征的分布规律。研究这种变化规律，也是地植物学和生态学的重要内容。国内学者对中国植被生态学的规律已经作了大量的工作（中国植被编委会，1980；侯学煜，1988），但这些工作大多数为定性叙述。为了解青海植被的总体特征，我们收集了一些已有的植被分布资料（周立华等，1987，1990，1991；青海森林资源编写组，1988；青海省森林编委会，1993；Huang R. F., 1987），对青海的主要森林及占灌丛中绝对优势的高寒灌丛的三维空间分布作一尝试性的定量研究。在分析这些变化规律时，我们认为青海主要森林及高寒灌丛的立地条件基本相同或近似，同处于青藏高原东北部，绝大多数属于半干旱地区，同样受着“热岛效应”的影响，在这样的前提下，我们根据青海森林及高寒灌丛分布高度和已知的气象资料¹⁾，进行对比分析，作了较深入的研究，提出了有关的数学模型，不当之处，恳请予以指正。

一、森林及灌丛植被分布界线随纬度变化的关系

植被的分布受水热条件的制约，就北半球而言，南北方向存在着热量即温度的梯度变化。为此同一类型的植被分布界线则随着南北纬度的不同而有所变化。根据青海森林及高寒灌丛的分布海拔高度对比分析，这些植被类型分布的海拔高度则随着纬度的增高而降低（图1）。这完全是为了适应其生活习性的结果。从图1中看出，这些植被下降的幅度其中以落叶阔叶林为最大，常绿针叶林次之，而以高寒灌丛为最小，这与植物的生活习性密切相关。根据这一原理，我们从生态气候学的角度分析了这些变化规律，上述

1) 青海省气象科学研究所，1982，青海气候资料。

下降趋势可以用多级正弦拟合各植被类型分布高度上限: 森林、高寒灌木及常绿针叶林。随着纬度的增加, 分布高度呈下降趋势。

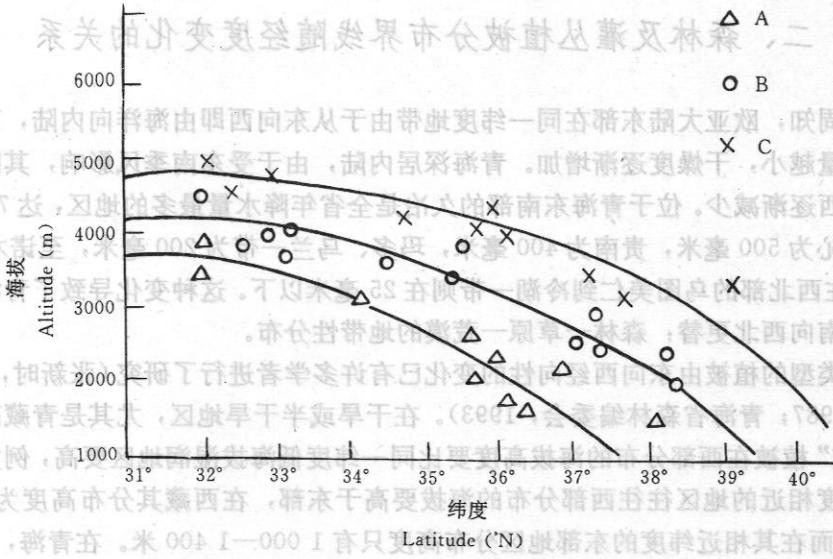


图1 森林及灌丛植被上限高度与纬度的关系

Fig. 1. Relationships between upper limit of distribution of forest as well as shrub vegetation and latitude

A 落叶阔叶林 Deciduous broadleaf forest B 常绿针叶林 Evergreen coniferous forest
C 高寒灌丛 Frigid alpine shrub

落叶阔叶林:

$$H = 3600 + 5615 \sin(L - 31) - 304892 \sin^2(L - 31) + 699138 \sin^3(L - 31)$$

常绿针叶林:

$$H = 4200 - 25136 \sin(L - 31) + 341184 \sin^2(L - 31) - 2145396 \sin^3(L - 31)$$

高寒灌丛:

$$H = 4700 + 22071 \sin(L - 31) - 594677 \sin^2(L - 31) + 251309 \sin^3(L - 31)$$

式中: H 为分布高度上限 (米); L 为地理纬度 (°N)

利用上述经验方程可以预测青海森林及灌丛植被的分布高度。在图 1 中的实线为这些经验方程的结果。

由图中看出:

(1) 在青海最南端 31°N 附近, 落叶阔叶林、常绿针叶林及高寒灌丛植被分布海拔高度的上限分别为: 3 600 米、4 200 米和 4 700 米。这与其实际调查的高度是一致的 (周立华等, 1991)。

(2) 随着纬度的增加, 落叶阔叶林植被海拔高度的下降的趋势最为明显, 这与阔叶林之植物所需要更多热量条件是相符的。同理可以理解常绿针叶林与高寒灌丛植被海拔高度的下降趋势, 即高寒灌丛所需要的热量相对最小, 而常绿针叶林植被所需的热量条件居中。

(3) 上述经验方程与热量-纬度关系的数学表达式相一致 (福井英一郎, 1953), 热量

随纬度变化为多级正弦式。植被的分布随纬度的变化则与热量的变化密切相关，所以这些经验方程是具有生态学基础的。

二、森林及灌丛植被分布界线随经度变化的关系

众所周知，欧亚大陆东部在同一纬度地带由于从东向西即由海洋向内陆，离海洋越远年降水量越小，干燥度逐渐增加。青海深居内陆，由于受东南季风影响，其降水量也是由东向西逐渐减少。位于青海东南部的久治是全省年降水量最多的地区，达770毫米，向西到玛沁为500毫米，贵南为400毫米，玛多、乌兰一带为200毫米，至诺木洪约50毫米，而在西北部的乌图美仁到冷湖一带则在25毫米以下。这种变化导致了青海省植被类型由东南向西北更替：森林—草原—荒漠的地带性分布。

同一类型的植被由东向西经向性的变化已有许多学者进行了研究(张新时,1978;周立华等,1987;青海省森林编委会,1993)。在干旱或半干旱地区,尤其是青藏高原由于“热岛效应”植被在西部分布的海拔高度要比同一纬度低海拔湿润地区要高,例如常绿阔叶林在纬度相近的地区往往西部分布的海拔要高于东部,在西藏其分布高度为2000—2400米,而在其相近纬度的东部地区分布高度只有1000—1400米。在青海,北纬36°附近的常绿针叶林,西部都兰(东经98°11′)分布海拔高度可达3600米,而在东部的循化(东经102°27′)其海拔高度仅只3000米。除“热岛效应”外,随着经度的不同湿度相应变化也是公认的,由东向西由于降水量的减少,植被分布高度上升。根据青海植被资料,对地理纬度相同或相近地区的森林及灌丛植被分布海拔上限随经度变化分析研究结果明显看出:在经度方面,由西向东随着经度的增加森林和灌丛植被分布高度呈直线下降趋势(图2)

由图2可以看出,其线性相关较为显著。

三、森林及灌丛植被带的三维空间分布

根据前面讨论的纬度、经度与森林、灌丛植被分布海拔高度关系所得的结果,并对森林及灌丛植被实际分布资料进行统计处理,最后分别得到表达森林及灌丛植被三维空间分布规律的经验方程:

落叶阔叶林:

$$H=3721-319820\sin^2(L-31)+18(L-31)(L'-90) \quad (R=0.89)$$

常绿针叶林:

$$H=3971-294118\sin^2(L-31)+29(L-31)(L'-90) \quad (R=0.91)$$

高寒灌丛:

$$H=4050-500000\sin^2(L-31)+75(L-31)(L'-90) \quad (R=0.91)$$

式中: H 为分布高度上限(米)

L 与 L' 分别为地理纬度和经度(度)

R 为相关系数

式中以 31°N 和 90°E 为基点。

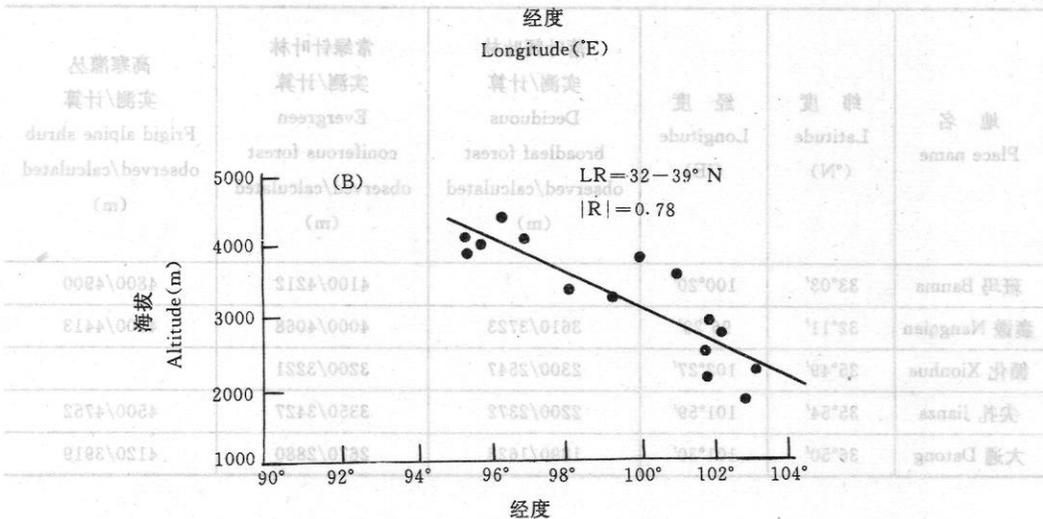
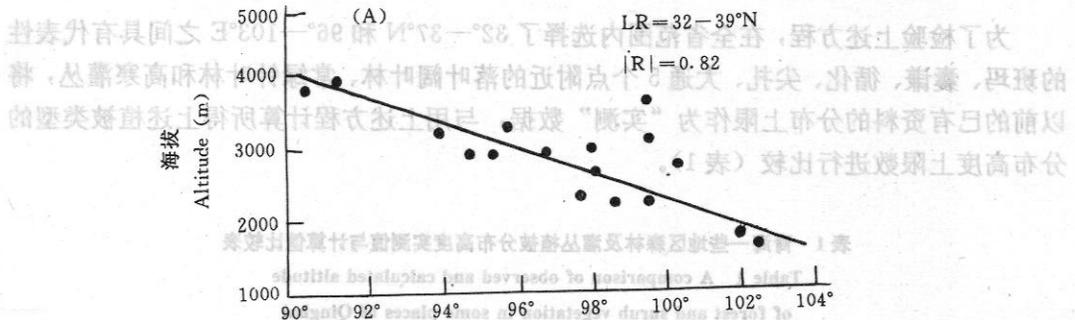


Figure 2B: Relationships between upper limit of distribution of forest as well as shrub vegetation and longitude. LR=32-39°N, |R|=0.78.

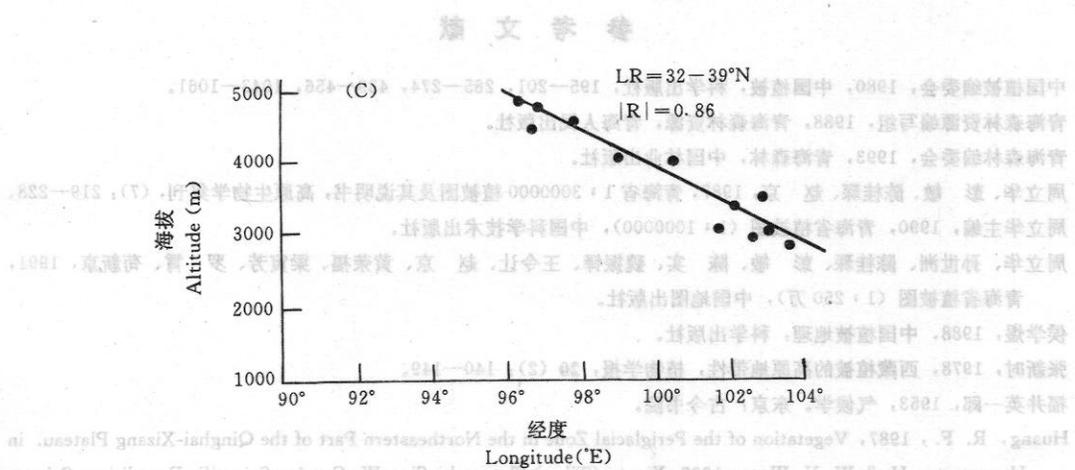


图2 森林及灌丛植被上限高度与经度的关系

Fig. 2 Relationships between upper limit of distribution of forest as well as shrub vegetation and longitude

A, B, C 注释见图 1. LR 为纬度范围 |R| 表示相关系数的绝对值 The explanation of A, B and C is as same as in Fig. 1. LR is the range of latitude. |R| is absolute value of the correlation coefficient.

为了检验上述方程,在全省范围内选择了32°—37°N和96°—103°E之间具有代表性的班玛、囊谦、循化、尖扎、大通5个点附近的落叶阔叶林、常绿针叶林和高寒灌丛,将以前的已有资料的分布上限作为“实测”数据,与用上述方程计算所得上述植被类型的分布高度上限数进行比较(表1)。

表1 青海一些地区森林及灌丛植被分布高度实测值与计算值比较表
Table 1 A comparison of observed and calculated altitude of forest and shrub vegetation in some places of Qinghai

地名 Place name	纬度 Latitude (°N)	经度 Longitude (°E)	落叶阔叶林 实测/计算 Deciduous broadleaf forest observed/calculated (m)	常绿针叶林 实测/计算 Evergreen coniferous forest observed/calculated (m)	高寒灌丛 实测/计算 Frigid alpine shrub observed/calculated (m)
班玛 Banma	33°03'	100°20'		4100/4212	4800/4900
囊谦 Nangqian	32°11'	96°29'	3610/3723	4000/4068	4500/4413
循化 Xionhua	35°49'	102°27'	2300/2547	3200/3221	
尖扎 Jianza	35°54'	101°59'	2200/2372	3350/3427	4500/4752
大通 Datong	36°50'	101°30'	1890/1628	2670/2880	4120/3919

方程得出两者数字较为一致,因此上述经验方程既可表达青海森林及灌丛植被的三维空间分布规律,也可为预测植被类型的地理分布提供手段。

参 考 文 献

- 中国植被编委会, 1980, 中国植被, 科学出版社, 195—201, 265—274, 439—456, 1043—1061。
 青海森林资源编写组, 1988, 青海森林资源, 青海人民出版社。
 青海森林编委会, 1993, 青海森林, 中国林业出版社。
 周立华、彭敏、陈桂琛、赵京, 1987, 青海省1:3000000植被图及其说明书, 高原生物学集刊, (7): 219—228。
 周立华主编, 1990, 青海省植被图(1:1000000), 中国科学技术出版社。
 周立华、孙世洲、陈桂琛、彭敏、陈实、魏振铎、王令让、赵京、黄荣福、梁寅芳、罗霄、苟新京, 1991, 青海省植被图(1:250万), 中国地图出版社。
 侯学煜, 1988, 中国植被地理, 科学出版社。
 张新时, 1978, 西藏植被的高原地带性, 植物学报, 20(2): 140—149。
 福井英一郎, 1953, 气候学。东京: 古今书院。
 Huang, R. F., 1987, Vegetation of the Periglacial Zone in the Northeastern Part of the Qinghai-Xizang Plateau. in Hovermann, H. & W. Y. Wang, 1987, Xizang (Tibet) Plateau by Sino-W. German Scientific Expedition. Science Press. Beijing, China.

THREE-DIMENSION DISTRIBUTION OF FOREST AND SHRUB VEGETATION IN QINGHAI

Zhou Yunjun

(Lanzhou Institute Plateau Atmospheric Physics Academia Sinica, Lanzhou, 730000)

Zhou Lihua

(Northwest Plateau Institute of Biology, The Chinese Academy of Sciences, Xining, 810001)

The major forest and shrub vegetation in Qinghai are deciduous broadleaf forest, evergreen coniferous forest zone and frigid alpine shrub. In the paper, the tendency of the change is analysed and its mathematical model is given from a view point of eco-climatology by using geobotanical data in Qinghai. The results are as follows. The distribution altitude of the forest and shrub vegetation drops from lower latitudes to higher ones as well as from lower longitudes to higher ones in a straight line. The former dropping tendencies can be given by a sine-function expansion equation. Empirical equations of the three-dimension distribution for every type are given based on the relationships mentioned above. The equations provided a powerful method for predicting vegetation/climate zone.

Key words: Qinghai; Forest and shrub vegetation; Three-dimension distribution.