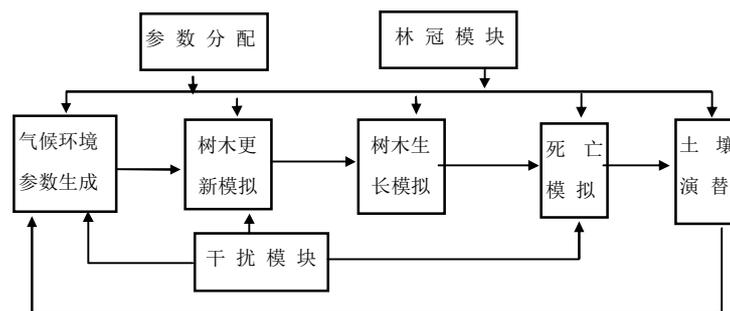


贡嘎山森林演替模型(GFSM_V3.0)

贡嘎山森林演替模型(GFSM: Gongga Forest Succession Model)是以 Botkin 提出的林窗模型(Forest gap model)为基础的单木模拟模型,它以多个小面积(斑块、patch)上的林分表现作平均,描述林地斑块中每单木的萌发、生长、死亡过程、树种更替及与环境因子(水份、光照、热量、养分)的关系,并按随机过程方式模拟环境条件的变化,仿真模拟树木的更新与死亡中的外在和内禀不确定性。根据许多生态学者多年的努力,现代的林窗模型已经得到完善,其优点是只用比较少的基本假设即可构成对森林系统的完整描述,并在不同类型森林的模拟中证实了它的合理性。美国的 JABOW 模型, FORET 模型, KIAMBRAM 模型可以分别适用于美国东部硬阔叶林、南部森林、亚热带雨林。美国 Illinois 大学开发的 SmartForest 森林模型还引入了虚拟现实技术,将模拟结果用虚拟陆地森林图象直观地展示出来。延晓冬、赵士洞在引进和发展我国东北林区的林窗模型上做了重要的工作,他们开发的 Changfor、Newcop 模型能够对东北广大地区林地特征和类型作动态描述,并已经开始探索用该模型研究气候变化对生态系统的影响。

贡嘎山森林演替模型 GFSM_V3.0 是在我们 2004 年研制模型的基础上的一种改进版本。在保持原系统主要模块功能的基础上做了许多改进,并且增加了垂直带谱模拟和气候变化模拟等功能模块。模型还重新选择了适应西南山区生长的主要树种类型,能够模拟的树种达到 36 种,基本上代表了西南地区主要的建群树种,并对各树种的生态学参数进行了分析优选,以反映中国南方山区林地演替和物种的基本特性。

GFSM 的结构如附图 2-1:



附图 2-1 贡嘎山森林演替模型结构

GFSM 模型中更新模块模拟树种的扩散播种、就地下种、死树抽条产生的新苗,及新苗生长到幼树(直径 2cm)的过程;生长模块模拟每株树木的胸径生长与环境胁迫的关系;死亡模块考虑幼树的随机死亡,大树的生长不足导致的竞争死亡,老树的衰老死亡;气候模块模拟林地有关的月气温和月降水量,并计算年内的积温、干旱历时、蒸发能力等环境参数。这些模块的运行都由干扰模块提供随机数生成和统计试验控制,以考虑在气候波动、种子萌生和受压木死亡有关的环境及树木个体不确定性。与这些模块有关的林冠特征、叶片生长、叶

片垂直分布、落叶过程及生物量等树木特征描述归纳在林冠模块中。土壤演替模块对森林凋落物的积累、腐败、矿化和土壤形成进行模拟。这些模型单元按年为主时间步长进行连续计算，但在气候环境参数模块中的计算是按月时段进行的。

以下是 GFSM 模型中主要的功能模块及其结构：

(一) 气候模拟

对林地气象站观测资料作多年统计，得到各月的降水和气温均值为：

$$P_m(i), T_m(i) \quad i=1,2,\dots,12$$

以及降水和气温的月均方差： $P_d(i), T_d(i) \quad i=1,2,\dots,12$

在假定各月降水和气温是独立(无自相关)正态随机过程的条件下,可以采用 Monte-Carlo 方法产生各月降水和气温序列：

$$\text{月降水：} \quad P(i) = P_m(i) + P_d(i) \times V_1$$

$$\text{月气温：} \quad T(i) = T_m(i) + T_d(i) \times V_2$$

其中 $V_1, V_2 \sim N(0, 1)$ 是服从标准正态分布的独立随机数。对于降水量少的半干旱地区，为了保证月降水的非负性,最好用服从 Pearson-III 型随机数代替。

在考虑地形对降水和气温影响条件下，以上月统计平均参数 $T_m(i)$ 、 $P_m(i)$ 还应该根据降水和气温的垂直变化率进行修正。如果经检验 $T_m(i)$ 、 $P_m(i)$ 存在自相关，则以上计算可以改为一阶自回归模型 AR(1)，以便更真实地反映实际气候的统计特征。

随机生成月降水和气温过程后，即可以用于计算最冷月温度 T_{\min} ，最大月雨强 P_{\max} ，大于 5°C 的年积温 T_A ，以及蒸发能力 P_{et} ，它们将影响种子萌发、土壤养分流失、树木生长及干旱强度。其它与森林生长有关的环境参数有：

$$\text{干旱系数：} \quad D_{\text{Ind}} = P_{\text{et}} / \Sigma P(i)$$

$$\text{生态系统持水量：} \quad W_{\text{eco}} = W_{\text{soil}} + W_{\text{canop}}$$

其中 W_{soil} 、 W_{canop} 为土壤和林冠持水量。

以生态系统持水量小于 150mm 为干旱发生，则生长期($T > 5^\circ\text{C}$)的干旱日数为：

$$\text{生长期干旱日数：} \quad D_{\text{Dry}} = \sum_{T > 5^\circ\text{C}, W_{\text{eco}} < 150, t=1-365} 1$$

(二) 更新模块

GFSM 假定胸径 $DBH > 10\% D_{\max}$ 的乔木开始有能力产生种子或萌发新枝，种苗或枝条长成大于 2cm 的幼树的过程称为树种更新。更新方式随树木种类而不同，分为扩散方式(斑块之间)、就地下种(斑块内部)和死树抽条(单木邻近)三种方式。实际天然林内种子源和萌芽点极为丰富，大部分种源没有机会长成幼树。其中各树种的新生能力分为强、中、弱和无四级，它们对应的数值定义为表 1。

附表 2-1 树木更新类型

等级	强	中	弱	无
类型				

扩散 N_a	10^2	10^1	10^0	0
下种 N_p	$10^3 \times DBH$	$10^2 \times DBH$	$10^1 \times DBH$	0
萌枝 N_q	$10^2 \times DBH$	$10^1 \times DBH$	$10^0 \times DBH$	0

一个计算时段(年)中树木萌芽进阶成直径 2cm 的树木株数由环境压力函数控制, 并与现存立木数成反比, 表达为下方程:

$$\text{环境压力函数: } F_E(E_s) = F_L(L_s) \times [F_D(D_{Dry}) \times F_N(N_s) \times F_R(D_e)]^{0.5}$$

$$\text{新生数目: } N_{new} = F_E(E_s) \times (N_{max} - N_c)$$

其中 F_L 、 F_D 、 F_N 、 F_T 分别为光照、水份、养分和温度适宜函数, L_s 、 D_{Dry} 、 N_s 、 D_e 为林分上可利用的光照、干旱日数、养分、积温数值, N_{max} 、 N_c 为斑块上的可能和现存立木数。

至于在全部新生幼树 N_{new} 中, 各树种 S_p 所占的比例按下面相对更新优势指标 P_{sp} 来确定:

$$P_{sp} = F_E(S_p) \times N_a(S_p) \times N_p(S_p) \times N_q(S_p)$$

将 P_{sp} 作为该树种新生的相对概率, 采用随机生成方式对各树种的当年新生幼树的数量和胸径进行随机选择, 将选中的新生幼树加入到现有立木集合中, 完成一个生长年的更新过程。

(三) 死亡模块

本模块考虑的树木死亡类型包括幼年阶段的竞争死亡, 中龄阶段生长受环境胁迫死亡, 老树自然衰亡, 以及暴风、火灾和泥石流爆发产生的死亡。通过实际样地调查, 只有较少数的树木能够生存到该树的最大年龄 A_m 。这里假定这个比率为 1%, 并且每年死亡的概率 P_a 都相同, 则可以将非独特因素产生的死亡(自然死亡)关系定义为:

$$(1 - P_a)^{A_m} = 0.01$$

由此得到每年自然死亡的概率为:

$$P_a = 4.605/A_m$$

在环境胁迫条件下, 树木胸径生长不足也可导致在竞争中死亡。胸径生长不足的判别标准是:

$$\Delta D < 0.01 \text{ cm} \quad \text{或} \quad \Delta D / \Delta D_{opt} < 0.1$$

其中 ΔD_{opt} 为最优环境条件下的胸径年增长量。

假定受压木生存期为 10 年, 则每年死亡的概率 P_{st} 为:

$$(1 - P_{st})^{10} = 0.01$$

$$P_{st} = 0.369$$

采用随机统计试验, 如果随机产生的(0, 1)均匀分布随机数小于 P_a 或 P_{st} , 则判定该树木自然死亡或受压死亡(生长不足时)。

对山火和暴风, 应根据当地的具体情况, 选择百分之一至千分之一的发生概率, 如果发生这类事件, 则该斑块上全部树木均死亡。对于泥石流爆发概率, 可取为 1~5%, 也是摧毁整个斑块上的树木。

对于已经死亡的树木还要根据情况作标记，并进行如下处理：

- 对于直径>8cm的中树，死树可以萌枝新生；
- 对于火灾地，只有扩散更新一种方式，地上生物量的50%回归土壤；
- 对于自然死亡和风倒林地，可以产生萌枝、扩散更新；
- 对于非火灾地，全部死树的生物量回归土壤凋落层。

(四) 胸径生长

对于树木生长的研究，主要是建立在树干直径的生长变化规律的基础上，其它林木参量(如材积、生物量、叶面积等)是由树干直径的关系间接推算的。假定树木的体积是由胸径的平方与树高之积成正比，而每年的体积生长速度与叶面积 L_a (表示光合作用总量)成正比，而与胸径 D 和树高 H (反映呼吸消耗)成反比，即下面公式表示：

$$d(D^2H)/dt = r \cdot L_a \cdot (1 - D \cdot H/D_{\max} \cdot H_{\max})$$

其中 r 为生长参数，并且假定叶面积 $L_a = c \cdot D^2$

则可以推出在最优环境下，树木的胸径 DBH 的最优生长方程为：

$$\left(\frac{dD}{dt}\right)_{opt} = G \cdot D \frac{1 - \frac{D \cdot H}{D_{\max} \cdot H_{\max}}}{260 + 3260 + 3b_2 D - 4b_3 D^2}$$

在受环境因子 $F_E(E_s)$ 影响下，实际增长为：

$$\frac{dD}{dt} = F_E(E_s) \cdot \left(\frac{dD}{dt}\right)_{opt}$$

以上方程中 G 为年轮生长参数，它是生长参数 r 和 c 的乘积。 b_1 、 b_2 是树木形态参数，可以用该树种的最大胸径和树高来估计：

$$b_2 = 2 \times (H_{\max} - 130) / D_{\max}$$

$$b_3 = (H_{\max} - 130) / D_{\max}^2$$

按此模式，该树的树高 H 是用胸径 DBH 来计算：

$$H = 130 + b_2 \times DBH - b_3 \times DBH^2$$

最优生长方程的含义是认为树木的胸径增长与叶面积成正比(反映光合作用)，而与材积成反比(体现呼吸消耗)，由此可以导出树木的生长速率是先快后慢的规律。

(五) 土壤演替

在贡嘎山地区，现代地貌活动强烈，全新世以来多次气候冷暖交替在本区遗留下大范围的冰川-泥石流活动迹地，森林植被就是在这些第四纪沉积物上出现和演替。在不同的年代形成的迹地上可以看到从裸地、灌丛到高大乔木的演替系列。在演替的早期，破碎岩层的天然风化是一种很缓慢的成土过程。而土壤积聚到5cm以后，开始生长出灌木和草本植物，生物作用加快了成土速率。当土壤厚度达到15cm以上，高大乔木开始出现，乔灌木的凋落物构成土壤表面的特殊层次，有一部分分解后成为土壤腐殖质。生物层的矿化大大加速了土壤的形成，并改变了土壤元素成分，土壤中的C/N元素显著增加，对于这种土壤演替和物

质积累，本模型也进行了模拟。

按照初始土壤厚度 D_{soil} 的不同，模拟分为不同的阶段，各阶段 i 的成土系数为 K_i ：

岩石风化成土： $K_1=0.01\text{mm/a}$ 土壤层 $D_{\text{soil}}<0.2\text{mm}$

苔藓积土： $K_2=0.1\text{mm/a}$ $0.2\text{mm}<D_{\text{soil}}<5\text{cm}$

灌丛草本生物积累成土： $K_3=0.3\text{mm/a}$ $5\text{cm}<D_{\text{soil}}<15\text{cm}$

在土壤厚度大于 15cm 以后，森林开始发生，树木的凋落物成为地面覆盖的主要部分，需要详细模拟，其中树木的凋落物分为凋叶、凋枝、凋干和凋根，分别计算它们的凋落物量 L_j (kg/株)：

活立木：

$$\text{凋叶： } L_1=0.92 \times T_r \times L_t(\text{DBH})$$

$$\text{凋枝： } L_2 = 0.25 \times 0.025 \times 0.92 \times \pi \times \text{DBH}^2$$

$$\text{凋干： } L_3 = 0$$

$$\text{凋根： } L_4 = 0.4 \times L_2$$

非火烧死立木：

$$\text{凋叶： } L_1 = L_t(\text{DBH})$$

$$\text{凋枝： } L_2 = 0.19 \times 0.92 \times B_{\text{mass}}(\text{DBH})$$

$$\text{凋干： } L_3 = 0.64 \times 0.92 \times B_{\text{mass}}(\text{DBH})$$

$$\text{凋根： } L_4 = 0.14 \times 0.92 \times B_{\text{mass}}(\text{DBH})$$

火烧木： 没有凋落物质

以上 T_r 为该树种的换叶率， $L_t(\text{DBH})$ 、 $B_{\text{mass}}(\text{DBH})$ 为单木的叶量和生物量。对于叶、枝、干和根的凋落物，每年的腐败速率分别为 C_1 、 C_2 、 C_3 和 C_4 ，当年残余凋落物为：

$$SL_1 = (1-C_1) \times SL'_1 + L_1$$

$$SL_2 = (1-C_2) \times SL'_2 + L_2$$

$$SL_3 = (1-C_3) \times SL'_3 + L_3$$

$$SL_4 = (1-C_4) \times SL'_4 + L_4$$

其中 SL'_i 为上一年度的凋落物残余。则当年凋落物转化为腐殖质的量为：

$$H_{\text{umn}} = C_1 \times SL_1 + C_2 \times SL_2 + C_3 \times SL_3 + C_4 \times SL_4$$

腐殖质矿化为土壤的比率为 R_t ，则土壤层变化为：

$$D_{\text{soil}, t} = (1-S_{\text{cr}}) \times D_{\text{soil}, t-1} + R_t \times H_{\text{umn}}$$

S_{cr} 为与暴雨量和地面植物盖度有关的土壤侵蚀系数，反映土壤的冲刷流失。

土壤层凋落物层厚度为：

$$D_{\text{Litter}} = \sum SL_i$$

土壤中 N 的含量 N_{soil} 主要是其中腐殖质的 N 含量 C_n 加上大气降水 N 输入 N_A

$$N_{\text{Soil}} = N_A + C_n \times H_{\text{umn}} / \text{area}$$

其中 $N_A \approx 0.005t/(hm^2 \cdot a)$ 。

土壤中 C 的含量主要是其中凋落物 C 含量 C_c 加腐殖质 C 含量：

$$C_{Litt} = D_{Litter} \times C_c + H_{umn} \times C_h$$

其中 C_n 、 C_c 、 C_h 为土壤腐殖质及凋落物层的 N、C 的含量比率(kg/kg)。

(六) 环境适宜性函数

在贡嘎山森林演替模型中，环境适宜性由斑块上的光照、积温、土壤干旱日数和养分因素来代表。它们都被模拟为从环境因子到树种适宜度(0~1 区间的实数)的函数：

A. 温度效应

每种树木生长的温度效应是大于 5°C(生长温度线)的积温 DD 的函数：

$$f_T(DD) = \frac{4(DD - DD_{min})(DD_{max} - DD_{min})^+}{(DD_{max} - DD_{min})}$$

其中 DD_{max} , DD_{min} 为该树种分布区内有效积温的最大和最小值。而克朗内尔符号+为取正函数：

$$[x]^+ = 0 (x < 0) \text{ 或 } x (x > 0)$$

当 $DD \in [DD_{min}, DD_{max}]$ 时, $F_T(DD)$ 为抛物线分布, 在 DD 不属于该区间的情况下, $F_T(DD) = 0$ 。

B. 湿度影响

以土壤湿度小于 PWP (凋萎含水量)的日数作为干旱指数 D_{Dry} , 一种树木对干旱的耐受程度以极限耐旱天数 D^* 的函数表达：

$$f_D(D_{dry}) = \sqrt{\frac{[D^* - D_{dry}]^+}{D^*}}$$

其中干旱日数 D_{dry} 是由气候模型中的降水气温过程, 通过水份的产流、蒸发量及土壤蓄水来推算的。

C. 光照效应

树木生长产生的遮阴作用由树木的平均受光量 L_s (全日光照的百分率表示)的函数反映：

$$F_L(L_s) = a_L (1 - \exp(-b_L (L_s - c_L)))$$

其中 a_L , b_L , c_L 为树木的耐阴类型参数, c_L 为最低光照水平, 且：

$$F_L(1) = 1.0$$

$$F_L(c_L) = 0.0$$

当光照率 $L_s \in (c_L, 1)$ 之间时, $F_L(L_s)$ 呈对数增长。

为了确定林内不同位置光照率 L_s , 模型中考虑了光在林冠中的衰减规律(Beer-Lambert 定律)：

$$L(h) = \exp(-k \cdot Lai(h))$$

式中 Lai 为林内高度为 h 之上的叶面积指数, k 是林冠内消光指数($k=0.3 \sim 0.5$), 故树木的平

均受光量是对林内光照 $L(h)$ 大于光补偿点 C_L 的积分平均：

$$L_S = \frac{\int L(h)dh}{\int_{L(h)>C_L, h<H} dh}$$

为了规范处理，树木叶面积 A_L 表达为胸径 DBH 的指数函数：

$$A_L = A_f \times \exp(B_f \times \ln(DBH))$$

A_f 、 B_f 是与树种有关的参数。

D. 养分作用

在模型中，各树种对养分的依赖程度被分为三类：耐贫脊，适中和不耐贫脊。树木对养分的适应性由养分供应率 N_s 的函数来表达：

$$F_N = \begin{cases} 1, & N_s > 1 \\ A_n + B_n \cdot N_s - C_n \cdot N_s^2, & N_s < 1 \end{cases}$$

A_n 、 B_n 、 C_n 为树种的耐贫脊等级参数，其中养分供应率 N_s 由土壤可利用 N 含量 (t/hm^2) 与年需 N 的比例计算：

$$N_s = N_{soil} / N_{need}$$

式中 N_{need} 是由最优气候环境下全部立木的年生物生产力所需的 N 来估计：

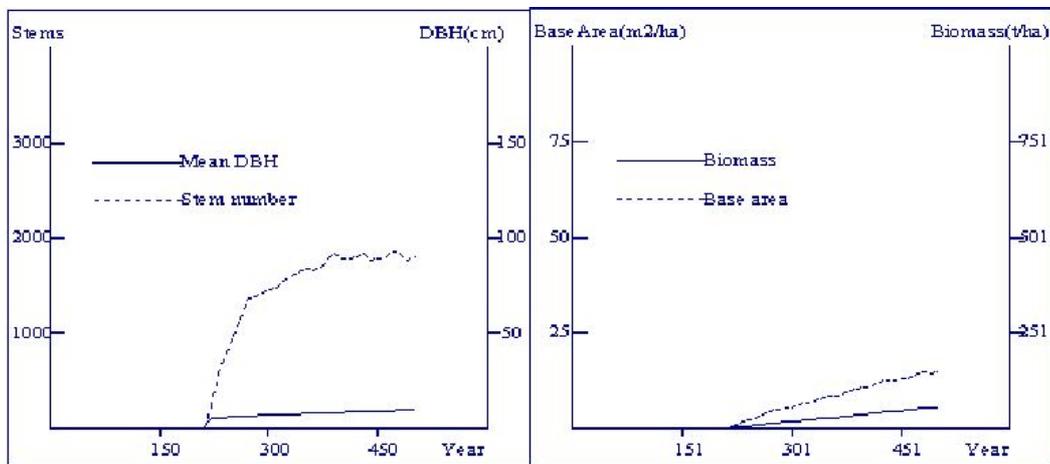
$$N_{need} = B_{mass} (D + \Delta D_{opt}) - B_{mass} (D)$$

$$N_{need} = \sum_{i=1}^N [Biomass(D + \Delta D_{opt}) - Biomass(D)] C_{ns}$$

式中 B_{mass} 是由直径计算生物量的函数， D 是原胸径， ΔD_{opt} 是当年最优胸径生长量， C_{ns} 是树木平均 N 含量。

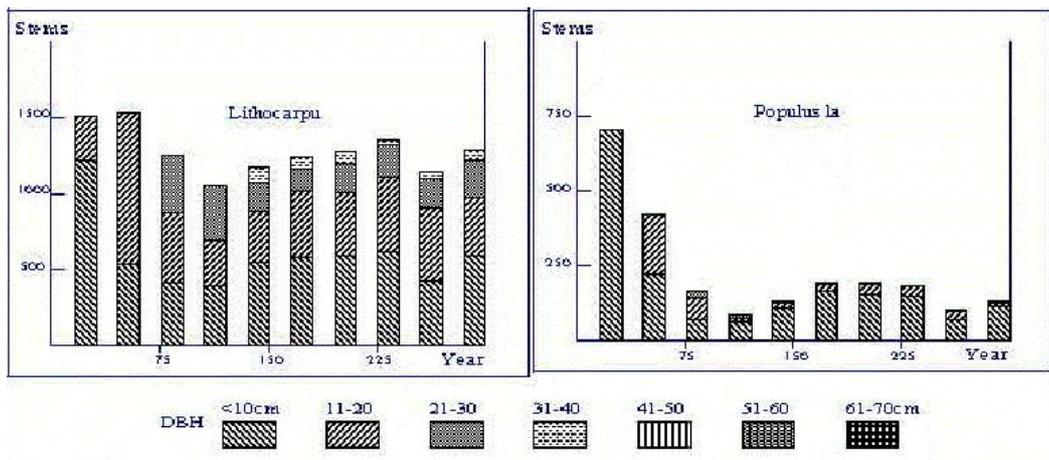
(七) 模拟结果:

A. 林地总立木数、平均胸径、基径面积和生物量增长变化



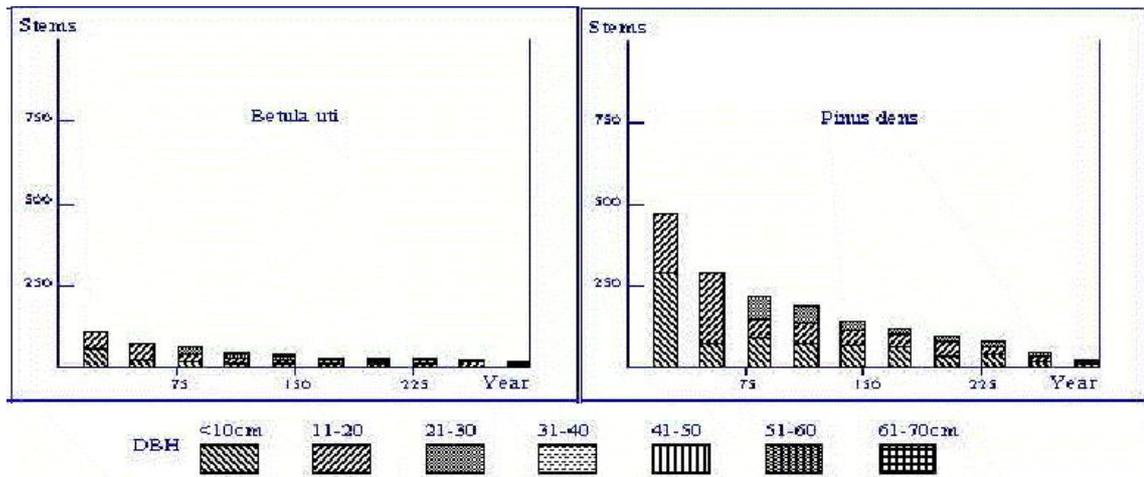
附图 2—2 冰川退缩迹地的森林演替

B. 阔叶树种的演化



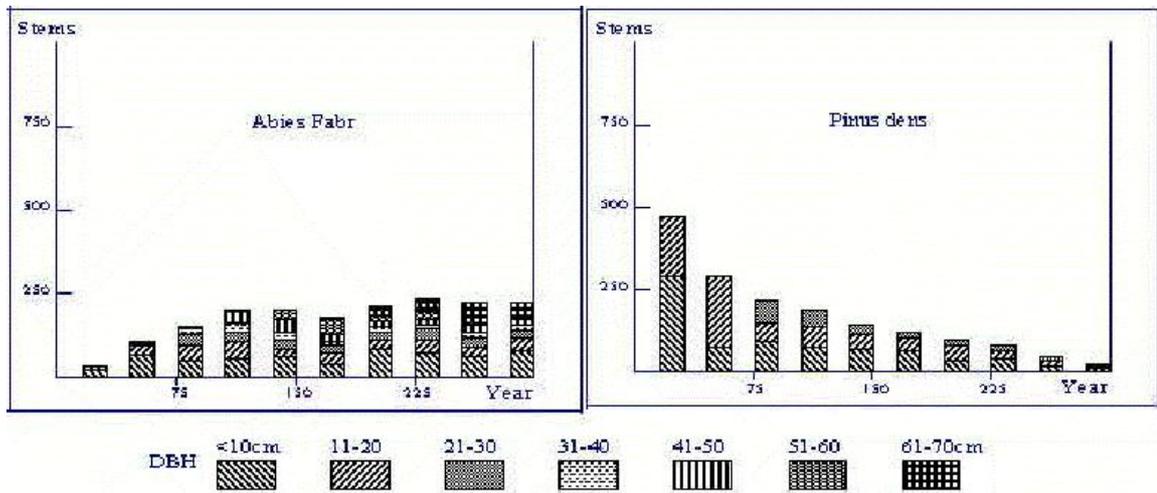
附图 2-3 1800m 阔叶林(苞懈柯)演替过程

C. 混交林树种的演化



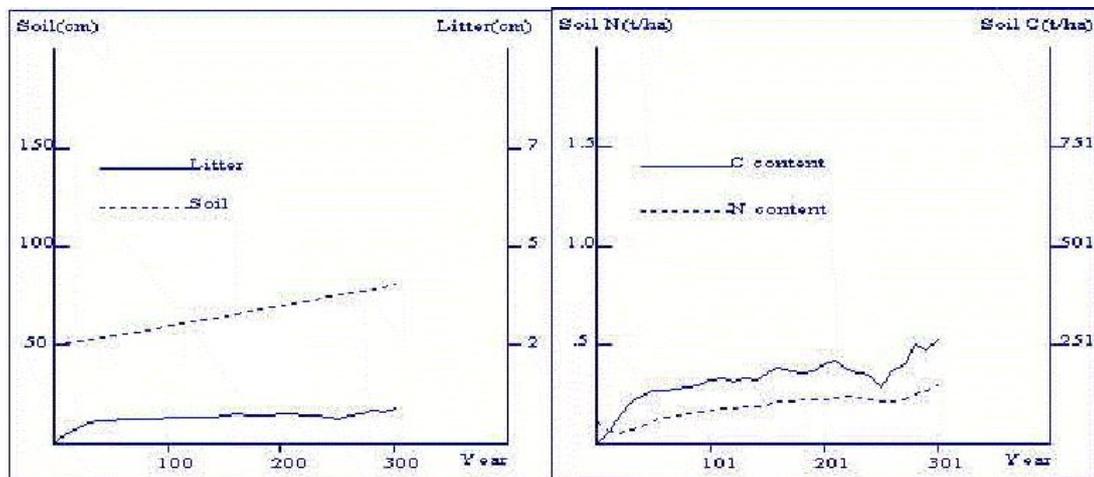
附图 2-4 2800 针阔混交林(糙皮桦和高山松)演替过程

D. 针叶树种的演化



附图 2-5 3000m 针叶林(冷杉林)演替过程

E. 林地土壤层(凋落物、矿化土、C/N 含量)的变化



附图 2-6 3000m 林区森林土壤演变过程

（八）程序模块

GonggaModel.exe 森林演替模型主程序，包括对话框界面、调用演替模型和显示模拟结果等方面的功能。

Forest.exe 森林演替模型程序

数据文件：

Para.dat.	模型参数文件（输入文件）
Correct.dat	气候校正文件（输入文件）
Feature.dat	树木环境响应特征函数文件（输出文件）
Process.dat	演替过程记录文件（输出文件）
Struct.dat	演替树木 DBH 结构文件（输出文件）
Soil.dat	土壤演替结果文件（输出文件）

以上数据文件中，决定模型特征的主要是模型参数文件 **Para.dat**，该文件中包含了全部影响森林演替特征的气候、气象、水分、植物等特征数据，可以通过修改其中的参数来适应不同地方的气候与土壤特性，或者修改某些树种的生态学参数来指定参与演替的不同树种，有关参数可以从文件的标注中得到，但具体的参数取值需要了解各个参数所代表的实际物理或生理意义，才能加以修改，这方面可以参阅有关林窗模型的参考文献或者附录中作者的论文。

以上各模型的应用程序及实例数据文件可在以下网址上下载：

www.imde.ac.cn

选择其中的：“成果下载”页，即可取得有关文件及更新版本。

读者还可以通过以下地址联系作者：

gwcheng@imde.ac.cn

(九) 模型参数文件 PARA.DAT 的内容说明

Forest Succession Model's Parameter Datafile	*标题1
Forest Succession MODEL	*标题2
Gongga Mountain Station	*位置
Developed by Cheng Genwei	*研发者
0	*0-裸地开始, 1-立木开始
20	*模拟林窗数
36	*树木种数
602	*模拟年数
10	*输出间隔-1
50	*输出间隔-2
500.00	*林窗斑块面积 (平方米)
29.	*纬度
102.	*经度
1400., 4200., 100.	*林地海拔:最低m, 最高m, 间隔m; 如果间隔高度为零, 模拟最低高度林地
15.00	*林地坡度,
0.30	*日照率(偏阳: >0.5, 偏阴: <0.5)
28.00	*田间含水量FC(%)
20.00	*初始土壤厚度(CM)
1.40	*土壤容重
5.00	*破坏性大风频率(1/1000)
10.00	*山火频率(1/1000)
3000.0	*代表气象站海拔高度
300 30 1.2 0.10	*模拟气候变化的起始年, 过渡年, 气温增加量 (度/月), 降雨增加率 (100%)
-5.10 -4.20 -0.60 3.60 7.50 10.60 12.40 12.20 8.90 4.50 0.70 -3.00	*TAVE月均温度
0.95 1.44 1.07 8.89 0.68 0.50 0.44 0.50 0.71 0.53 1.08 0.77	*TSTD月温度均方差
2.81 4.32 9.19 14.90 22.00 29.30 34.70 27.80 23.70 15.90 5.35 2.55	*PAVE月均降雨
0.65 2.59 2.32 3.90 4.43 4.78 3.60 4.73 4.60 4.07 2.25 0.63	*PSTD月降雨均方差
0.32 0.41 0.60 0.63 0.64 0.61 0.56 0.54 0.53 0.51 0.46 0.36	*HT月均气温梯度
0.24 0.23 1.03 1.48 2.06 3.64 8.51 6.95 3.25 0.87 0.87 0.37	*HP月均降水梯度

MSP	AGEmax	Dmax	HTmax	G	DDmin	DDmax	Shad	Dry	Poor	Dseed	See	Sprout	Kind	B01	B02	FF1	FF2
鳞皮冷杉	400.	150.	4500.	100.	100.	1060.	3	2	1	1.	2.	0.	10	0.077	2.510	0.400	1.690
峨眉冷杉	300.	120.	5000.	150.	180.	1300.	1	8	1	1.	3.	0.	10	0.077	2.510	0.400	1.690
川滇冷杉	350.	100.	4500.	120.	150.	860.	1	8	1	1.	2.	0.	10	0.077	2.510	0.400	1.660
长苞冷杉	450.	160.	4500.	90.	150.	1200.	1	3	2	1.	3.	0.	10	0.077	2.510	0.390	1.690
川西云杉	300.	150.	4600.	110.	150.	1270.	2	2	1	1.	2.	0.	10	0.077	2.510	0.400	1.690
林芝云杉	350.	200.	5000.	96.	400.	1500.	2	3	2	2.	3.	0.	10	0.077	2.510	0.390	1.690
丽江云杉	300.	130.	4800.	130.	140.	1600.	4	8	1	1.	1.	0.	10	0.077	2.510	0.400	1.690
麦吊云杉	400.	180.	6500.	120.	1040.	1630.	2	8	3	2.	3.	0.	10	0.077	2.510	0.430	1.690
红杉	150.	80.	2500.	100.	1660.	2740.	4	2	1	1.	1.	0.	8	0.026	2.830	0.430	1.690
铁杉	250.	100.	3000.	100.	1200.	2040.	2	5	3	2.	1.	0.	10	0.077	2.510	0.430	1.690
高山松	200.	40.	2000.	120.	380.	1010.	5	2	1	2.	3.	0.	10	0.077	2.510	0.400	1.690

云南松	150.	60.	2500.	140.	2070.	3310.	4	2	1	3.	3.	0.	8	0.026	2.830	0.400	1.690
油松	100.	45.	3000.	120.	1660.	3020.	5	3	1	3.	1.	2.	8	0.700	1.920	0.140	2.250
垂枝香柏	300.	90.	2000.	60.	1000.	3100.	4	5	1	2.	2.	0.	10	0.220	2.120	0.390	1.690
方枝柏	300.	50.	1200.	50.	550.	1500.	2	3	1	2.	2.	0.	10	0.220	2.120	0.390	1.690
油樟	180.	55.	2000.	140.	2030.	3520.	5	6	3	2.	3.	0.	10	0.230	2.270	9.870	0.890
山楠	200.	45.	1500.	120.	1530.	2600.	5	6	3	2.	3.	0.	10	0.230	2.270	9.870	0.890
曼青冈	120.	30.	2000.	150.	1530.	3020.	5	6	3	2.	3.	0.	8	0.470	2.010	9.870	0.890
苞瓣柯	150.	35.	3000.	160.	1930.	2740.	4	8	3	2.	3.	1.	10	0.160	2.320	0.260	1.610
红桦	150.	50.	2800.	110.	1140.	2740.	3	4	2	1.	2.	0.	8	0.230	2.270	0.430	1.660
白桦	150.	60.	2500.	100.	600.	1700.	5	4	2	3.	3.	2.	8	0.230	2.270	0.430	1.660
糙皮桦	200.	55.	2500.	110.	300.	2190.	4	4	3	2.	3.	2.	8	0.230	2.270	0.430	1.660
高山杜鹃	120.	12.	500.	70.	50.	770.	3	3	3	2.	3.	1.	10	0.110	2.380	9.870	0.890
亮叶杜鹃	100.	15.	700.	80.	400.	1210.	2	8	3	2.	3.	1.	10	0.110	2.380	9.870	0.890
长毛杜鹃	150.	20.	1000.	40.	200.	1000.	1	6	1	1.	2.	2.	10	0.220	2.120	0.270	1.810
大叶栎	150.	30.	1500.	150.	2230.	3300.	4	6	1	1.	1.	0.	8	0.130	2.350	0.046	2.460
高山栎	120.	15.	1000.	120.	70.	1200.	5	2	1	1.	3.	0.	10	0.130	2.350	0.046	2.460
通麦栎	250.	80.	2500.	108.	2724.	4200.	4	2	1	1.	2.	1.	10	0.230	2.270	9.870	0.890
石栎	250.	80.	2000.	108.	1300.	2400.	4	5	2	1.	2.	2.	10	0.230	2.270	0.430	1.660
川滇花椒	60.	12.	500.	90.	570.	1710.	2	5	1	1.	3.	0.	8	0.110	2.380	9.870	0.890
山杨	100.	35.	2500.	120.	1660.	3020.	5	8	1	3.	1.	2.	8	0.700	1.920	0.140	2.250
冬瓜杨	80.	40.	1200.	120.	470.	1710.	3	5	1	1.	1.	2.	8	0.230	2.270	0.140	2.250
山生柳	60.	40.	1000.	80.	800.	1800.	5	1	2	3.	1.	1.	8	0.700	1.920	9.870	0.890
川滇柳	50.	40.	600.	110.	670.	1710.	2	5	1	1.	3.	2.	8	0.110	2.380	9.870	0.890
槭树	150.	80.	2500.	108.	700.	1600.	3	4	3	2.	2.	1.	8	0.230	2.270	0.260	1.610
沙棘	80.	30.	600.	100.	670.	1930.	4	5	1	1.	3.	0.	8	0.230	2.380	9.870	0.890