

云南林产业主要树种培育技术丛书

# 云南松

*Pinus yunnanensis* Franch.

舒筱武 撰写

云南省林业科学院老科协  
云南省林业技术推广总站

编著

2010年12月

# 《云南林产业主要树种培育技术丛书》

## 编辑委员会

顾 问：白成亮 陈玉侯

总 编：刘一丹 郭辉军

编 委：胡志林 孙安平 邓晓春 陆 斌

李丽莎 张裕农 范国才 王达明

张茂钦 郭立群

# 序

由云南省林业厅科技教育处、云南省林业科学院老科技工作者协会、云南省林业技术推广总站共同编辑的《云南林产业主要树种培育技术丛书》即将付印。《丛书》汇聚了云南省林业科学院老科技工作者协会专家们多年来的研究成果，是所有参加编著人员辛勤劳动的结晶。《丛书》对我省林产业的发展，必将发挥积极的推动作用。在此，我对该《丛书》的编辑出版，表示热烈的祝贺。

云南是全国的林业大省，森林资源十分丰富。林业在国民经济和社会发展中，具有十分重要的地位和作用。在云南省委、省人民政府的领导下，省林业厅根据《云南省林产业中长期发展规划》做了卓有成效的工作，我省林产业特别是木本油料产业建设，近年来有了很大发展；目前还将大力推进中低产林改造。但大资源、小产业、低效益的局面尚未根本扭转。为了加快我省林产业发展的步伐，加快林业产业结构调整，以提高林地生产力为核心，加强以资源培育为基础的第一产业，转变产业发展方式，加快科技进步，创新产业发展模式，更好地提供林业科技支撑，编辑出版《丛书》是十分必要的。

该《丛书》对我省林产业发展的主要树种的培育技术进行了系统介绍。《丛书》内容丰富、通俗易懂、可操作性强、具实用价值。可供广大基层林业工作者和林农在实际工作中参照使用。

在《丛书》出版之际，我衷心希望云南省林科院老科协的专家们，继续发挥余热，力所能及地进一步做好科技支撑工作，为全省林业产业的发展做出更大贡献。

云南省林业厅副厅长



2010年10月

# 前 言

云南省是中国的林业资源大省。在覆盖率占全省国土面积49.9%的广袤森林中，蕴涵着极其丰富的森林植物物种，复杂多样的森林类型，而在地势起伏气候多变的山地，却散布着成片的宜林地。这是大自然为云南林业产业发展给予的厚赐。

云南省林业厅在国家西部大开发战略的宏观指导下，遵循《关于加快林业发展的决定》的要求，依据云南林业资源大省的优越条件，制定了云南省的林业产业发展规划。在林业产业链中，不同树种的人工林培育，是基础之环、关键之环。从科学技术上支持云南人工林培育产业的发展，作好各树种高效原料林基地建设的技术服务工作，就是我们编写《云南林产业主要树种培育技术丛书》的初衷。

按云南省的森林植物物种的不同价值，以及林业产业发展的需要，拟定了入选《丛书》的30个树种。其入选树种分为用材树种（含制材、纤维板材、纸浆材树种）及经济林树种（含食用粮油、药用、生物能源、林产化工树种）两类。每一树种撰写的内容，皆从个体形态，分布及生长特性，经济或生态价值起，进入培育部分的良种选育及优良品种培育技术，采种育苗技术，造林技术，育林期的营林技术或种植园的经营技术，采伐更新技术或果实的采收调制与贮存技术等各培育技术环节，以求系统地介绍各入选树种的人工林培育技术。未了，均在可持续经营理念的指导下，对该树种的产业化规模种植的经营前景作论述。而在进行各内容的编写时，注重突显各培育环节的实用技术，亦随之纳入浅显的理论知识，以便基层的林业技术人员及林业种植户应用，而起到推动云南林产种植业发展的作用。

《云南林产业主要树种培育技术丛书》按入选树种分册成书。撰写《丛书》各分册的作者均是云南省林业科学院老科技工作者协会的成员。为按要求编撰好各个树种，他们都满怀激情地汇集自己毕生的研究成果，并广泛搜集相关资料，为《丛书》的编写可谓不遗余力，这是值得称道而标示的。

《云南林产业主要树种培育技术丛书》编辑委员会  
2010年10月

# 目 录

一、形态特征 .....	(1)
二、分布与生长特性 .....	(3)
1、分布特性 .....	(3)
2、林木的生长特性 .....	(8)
三、经济及生态价值 .....	(12)
1、经济价值评价 .....	(12)
2、生态价值评价 .....	(14)
四、良种选育技术 .....	(16)
1、种源选择 .....	(18)
2、优良林分选择 .....	(24)
3、优良林木个体选择 .....	(35)
4、各种良种基地的营建 .....	(38)
五、采种育苗技术 .....	(70)
1、种子的采收与处理 .....	(70)
2、田间育苗技术 .....	(73)
3、田间育苗管理 .....	(78)
六、造林技术 .....	(81)
1、造林地选择 .....	(81)
2、植苗造林 .....	(81)
3、人工直播造林 .....	(81)
4、飞机播种造林 .....	(85)
5、混交林的营造 .....	(87)
七、育林期的营林技术 .....	(89)
1、林地的管理 .....	(89)
2、林木的间伐抚育 .....	(89)
3、病虫害控制 .....	(92)
4、低质林分改造 .....	(100)
八、采枝与更新技术 .....	(102)
1、主伐龄的确定 .....	(102)
2、采伐方式 .....	(103)
3、更新方法 .....	(105)
九、产业化规模经营前景 .....	(109)
1、实现产业化规模种植后的综合价值 .....	(109)
2、达产业化规模种植水平的标准及其种植区划 .....	(111)
3、实现云南松产业化规模种植的关键技术 .....	(112)

## 一、形态特征

云南松含原变种(*Pinus yunnanensis* var. *yunnanensis*)及细叶云南松(*Pinus yunnanensis* var. *tenuifolia*)、地盘松(*Pinus yunnanensis* var. *pygmaea*)两变种。云南松原变种为常绿高大乔木，树高可达30m以上，胸径达1m多。树干通直圆满，树皮浅棕色，呈厚鳞片状，纵裂块状脱落。枝条开展呈轮状稍下垂，一年生枝淡红色，2~3年生枝具苞片状鳞叶，常脱落，内皮红褐色。芽圆锥形至圆柱形，芽鳞披针形、红棕色。叶针形，子叶数5~8枚，次生针叶34~73枚；幼树针叶三针一束，偶见2针或4针一束；针叶长17~33cm，质柔软，质腹面均具气孔线，径1.2mm；叶的边缘具细锯齿，叶片横切面呈扇状三角形或半圆形；树脂道2~7个外生；针叶基部具棕色叶鞘，长1~1.5cm，宿存。雄球花黄色，长于新枝下部的苞片内，圆柱状，长2~3cm，聚集成穗状，约长10cm。雌球花紫色，授粉后幼果呈绿色，成熟后呈褐色或棕褐色。球果纵径5.7~8.3cm，横径3.2~4.1cm，果鳞呈矩圆状椭圆形，鳞盾肥厚隆起，有横脊，鳞脐有的微凹，有的隆起，并具短刺，果柄短，球果第二年12月成熟，多宿存于枝条上。种子长5~7mm，褐色，卵形微偏，具种翅，长1~1.3cm，

宽 0.5cm 左右，薄膜状。球果成熟种鳞开裂，种子靠种翅借助风力飞翔传播，故有飞籽成林之说；种子千粒重 10.4~22.8g。

细叶云南松树干高大，针叶纤细柔软下垂，三针一束，灰绿色具白粉，叶长 20~30cm，针叶横切面为三角形或倒三角形。一年生枝橙褐色具光泽。成熟球果长 5~10cm，果径 4~5cm；种子黑褐色。

地盘松主干不明显，生长低矮，分枝多，为盘状丛生灌木，故而得名地盘松。其树皮薄而细，灰褐色；小枝平滑。针叶短而粗壮上举，长 7~13cm，多为 2 针一束；树脂道 2 个中生或 1 个边生。球果卵圆状椭圆形，多个集生，较小，长 4~5cm，成熟后宿存于树上；果鳞不开裂，鳞盾灰褐色隆起。种子较小，黑褐色，千粒重 10~14g。

## 二、分布与生长特性

### 1、分布特性

云南松的水平分布范围为北纬  $23^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ，东经  $96^{\circ} \sim 108^{\circ}$ ，其南抵滇中高原南缘，沿哀牢山东坡达滇东南岩溶丘原的南部，马关北部及元阳山地，北达四川的天全、宝兴一带，东到贵州西部的毕节、水城一线及广西的上思；西至西藏墨脱、波密东部的野贡。南北相距 900km，东西距 1000km 以上。

云南松分布区以云南省为中心，向周边的贵州、四川、广西、西藏等省区延伸，整个水平分布区呈现为不规则的多角形，覆盖了我国西南边疆的广阔区域。

云南松的垂直分布梯度为海拔高度 250 ~ 3500m (包括两个变种)。其最低的分布地是海拔高度仅 250m 的广西红水河谷 (细叶云南松)，而最高的分布地是海拔高度 3500m 的川西高原木里县 (地盘松)，云南松原变种一般的垂直分布范围为海拔高度 1600 ~ 2800m，最低可达 600m。而变种细叶云南松的主要分布范围是广西北部、贵州西部海拔高度 400 ~ 1200m 的河谷暖热地带。变种地盘松的主要分布范围是滇中高原、滇西北及川西南，海拔高度为 1600 ~ 3200m 干燥瘠薄的山脊，冲刷严重的山坡地。



云南松分布区，从东南到西北的海拔高度呈现出逐步上升的规律性。滇东南的云南松分布区，其海拔高度800~1800m，滇中的云南松分布区，其海拔高度为1500~2800m，滇西北的云南松分布区，海拔高度为1900~3000m。云南松分布区跨越了红水河、南盘江、金沙江、雅砻江、元江、澜沧江等水系。

在云南松分布区内，以高原山地地形地貌为主。其中有高山、中山、低山、峡谷等多种地貌类型而构成原面起伏、盆地星布、山脉绵延、河流纵横、高山峡谷相间、湖泊群生复杂多样的地貌。云南松适生于夏无酷热，冬无严寒，年温差较小，春秋季长，干湿季明显（雨季集中在5~10月，干季11~次年4月），干湿季定时代替的气候环境。

在影响云南松分布的众多因子中，主要是气温等热量因子。从云南松种源试验所获材料证实，云南松林木的树高、直径生长量与其生长地的年均温、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温，最冷月均温均呈显著正相关，而与有霜期呈负相关。说明云南松的分布范围及其林木的生长量，主要受热量条件控制。以影响其林木生长的主导因子热量指标的等值线而划定云南松的分布区，较客观地反映了云南松产生地带性变异的主要条件。根据各地气象台站记载的各种热量指标和各有关单位制定的标准，以热量为主要指标把云南松分布区划为7个气候类型区（见表2-1）。这是与云南松种源试验所获材料相一致。

表 2-1 云南松分布区气候类型区划

气候类型	$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温/ $^{\circ}\text{C}$	年均气温/ $^{\circ}\text{C}$	最冷月均温/ $^{\circ}\text{C}$
北温带气候	<1600	5.4~11	<2
中温带气候	1600~3200	8~11	2~4
南温带气候	3200~4200	12~14	4~6
北亚热带气候	4200~5000	14~16	6~8
中亚热带气候	5000~6000	16~18	8~10
南亚热带气候	6000~7500	17~20	8~10
北亚热带气候	8687.0	23.8	16.5~18.8

气候类型	极端最低温/ $^{\circ}\text{C}$	霜期/月	海拔高度/m
北温带气候	<-10	6~8	2500~4000
中温带气候	-5~-10	5	滇东北南部 2200~2600, 滇西北 2400~2700
南温带气候	-4~-8	4~5	1900~2400
北亚热带气候	-2~5	4~5	1600~2000
中亚热带气候	0~3	3~4	1200~1650
南亚热带气候	2~-2		800~1800
北亚热带气候	2.8		400

气候类型	代表地区
北温带气候	该气候区称为云南的高寒山区,其热量不适于云南松的分布,但在 3000m 以下局部地区有云南松生长。四川 3500m 地段有地盘松生长。
中温带气候	兰坪、维西
南温带气候	丽江、永胜、昭通、宣威、会泽、马龙
北亚热带气候	昆明、楚雄、大理、祥云、陆良、泸西、保山、腾冲、砚山、禄劝、罗平
中亚热带气候	玉溪、新平、弥勒、凤庆、弥渡、施甸、宾川、永仁、文山
南亚热带气候	此气候区因热量过高,不适于云南松分布,但其变种细叶云南松分布于此区,而且生长良好
北亚热带气候	因热量过高,不适于云南松生长和分布

北亚热带气候类型区。包括滇中、滇东、滇西的昆明、曲靖、大理地区、保山地区北部、怒江州的部分地区，海拔高度为 1600~2000m 的广大区域，是云南松分布广泛、生长良好的地区。

中亚热带气候类型区。中亚热带的热量条件也适宜云南松生长。它的代表地区有玉溪、新平、弥勒、文山、施甸等地。四川、贵州也有相应的地区。

上述两个气候区的水、热、光为云南松的生长发育提供了较佳的组合条件，是发展云南松的较好区域。其中还评选出了一些优良产地，为外地提供造林用种。

南温带气候类型区。其代表地有曲靖地区北部的会泽、宣威等地；昭通地区南部海拔高度 1900~2200m 的区域；丽江地区的永胜、丽江，香格里拉；怒江州海拔高度 2200~2400m 的区域。该气候区云南松分布也较普遍。但热量条件低于北亚热带及中亚热带气候类型区，故云南松生长量不及此两气候类型区。

中温带气候类型区。该区域含昭通地区南部海拔高度 2200~2600m、滇西北海拔高度 2400~2700m 的地带。其热量相对较低，冬天气候寒冷。在滇西北海拔高度 2700m 的云南松分布区上限，为云南松与高山松 (*Pinus densata*) 交错分布的地带。该区域的云南松林木生长量不及上述三个区域。但来自香格里拉、维西、华坪的种源，具有较强的抗寒性。

北温带气候类型区。为滇东北海拔高度 2500~

4000m，滇西北海拔高度 2700~4000m 的区域，本区除海拔高度 3000m 以下的局部地区有云南松分布外，在川西海拔高度 3500m 仍有地盘松分布。该气候类型区已不适于云南松林木的生长。

南亚热带气候类型区。此气候类型区因热量高，已无云南松原变种分布。只分布有其变种细叶云南松，且生长良好。据报道，在广西田林细叶云南松可分布到海拔高度 227.5m 的地带，其  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  的积温为  $7628.5^{\circ}\text{C}$ ，年均温  $20.0^{\circ}\text{C}$ ，最热月均温  $27.2^{\circ}\text{C}$ 。其林木生长良好。

北热带气候类型区。云南松的北热带气候类型分布区在云南仅见于纬度偏南，地形深陷，海拔高度 400m 的元江坝。它的  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  的积温为  $8687^{\circ}\text{C}$ ，年均温  $23.8^{\circ}\text{C}$ ，极端最高温  $42.3^{\circ}\text{C}$ ，其热量指标已不适宜云南松林木的生长。

云南松分布区的土壤类型有：红壤，其中分暗红壤、黄红壤、红壤、褐红壤、粗骨性红壤；紫色土，分酸性紫色土、中性紫色土；火山灰土，分暗色火山灰土、红色火山灰土、粗骨性火山灰土。在紫色土上生长的云南松林木比红壤土上生长的好。同类土壤不同亚类上生长的云南松林木蓄积量也存在差异，如 20 年生的林木在黄红壤上是  $16.7\text{m}^3/\text{亩}$ ，而在红壤上为  $13.3\text{m}^3/\text{亩}$ 。即使是同一亚类土壤也因不同的土层厚度，不同的养分含量，不同的温度而对云南松林木的生长产生影响。

云南松分布区含多种植被类型。分为：云南松与栎类、云南油杉（*Keteleeria evelyniana*）、旱冬瓜（*Alnus nepalensis*）混生的云南松林，主要分布于滇中地区；与栲类、红木荷（*Schima wallichii*）混生的云南松林，主要分布于滇中南地区；与硬叶栎类混生的云南松林，分布于滇北、滇西北地区。这三类森林植被类型均以云南松为优势种，其垂直分布范围为海拔高度 1500 ~ 2800m。

## 2、林木的生长特性

在自然更新条件下，云南松种子发芽出土形成的幼苗有三年的蹲苗期。其苗木地上部分生长较慢，地茎部分呈现粗壮的萝卜状，而苗木主根的长度是苗高的 2 倍以上。这是对其周围恶劣环境适应的表现。随着年龄的增长，林木地上部分的生长加快。俗有云南松三年不见树，5 年不见人的说法。5 年以后林木的分枝出现，8 年生以后林木组成的林分已逐步进入郁闭状态。随着科学人工造林事业的发展，通过营养土容器育苗，加速了云南松苗木地上部分的生长，加之人工种植时，采取提前整地，深挖种植穴，改善土壤条件等措施，为苗木的生长创造了良好的条件，云南松幼苗的蹲苗期缩短或消失。云南松 10 年生以后，进入生长旺盛期，平均树高达 5.6m，平均胸径达 9.1cm。至 20 年生时，林木平均高达 10.4m，平均胸径达 13.7cm，林木材积达 18.9m<sup>3</sup>/亩。

营造的云南松丰产林。24年生时就可采伐利用，比天然更新的云南松林分，其采伐周期大大缩短。

云南松的年生长节律。云南松的年生长节律与其种植地的地理位置、海拔高度有一定的相关性。不同种源在同一种植点上，林木的物候期存在一定的差异，即来自北纬25度以南的种源比以北的种源，林木的物候期要提前10~15天。以昆明海拔高度1970m的云南松林林木的物候观测材料为例，1月初至1月中旬，芽开始膨大向上生长，随着时间的推移，林木的生长加快。云南松林木1年中的高生长的分配率为：1月中旬至2月中旬高生长占全年的20%，2月中旬至4月中旬是高生长最快的时段，占全年高生长量的65%~75%，至4月中旬林分的高生长量逐步减缓，至5月初其高生长量仅占全年高生长量的15%，5月中旬以后林木新的顶芽逐步出现，顶芽四周随之出现侧芽。新芽出现后，林木并没有绝对停止生长，而是极其缓慢地向上生长。其个体间存在着一定的差异。其中有三种表现形式：第一种新芽以圆锥状的顶芽越冬，基本不再向上生长；第二种新芽由圆锥体逐步形成圆柱体而向上生长；第三种新芽继续向上生长，待长至约15cm左右，其中下部抽出新叶，但无新的侧芽出现，至次年的1月中旬，随着气候的变暖，主芽继续向上生长，侧芽相继出现。云南松林木的年高生长旺盛期，正值云南的1~5月干旱少雨季节，在这样的环境条件下，云南松仍能完成全年的高生

长过程，显示了它的耐旱的生理特性。5 月后云南松林木的高生长逐步趋于停止状态，此后林木的径生长加快，至 10 月而渐停。其林木 5~10 月的径生长量为 0.9~1.2cm。

云南松的根系生长特性。云南松林木的根系由垂直向下的主根和多级分枝的侧根构成。其发达的根系从幼苗阶段就明显的表现出来。3 个月生的云南松苗木苗高为 4.1~7cm，而主根则长达 14.4~30.4cm，并生有侧根 7~20 条，其侧根长为 1.2~2cm，近水平方向伸长。云南松林木的生长在三年生前以主根、侧根生长为主，其根颈处粗生长明显，呈萝卜状，而地上部分矮小。随着林龄的递增，林木地上部分生长加速，其主根向土壤深处延伸，达 2.5m 以下的土层，而侧根则呈水平状伸展。云南松林木约 80% 的侧根系密集于 10~40cm 的土层。

在云南松林木根系的生长过程中，还伴有菌根的生长。菌根是土壤中的真菌与云南松林木幼嫩吸收根形成的共生体。形成云南松林木菌根的真菌统称菌根菌。云南松林下有数十种野生菌类，构成以云南松林为主体的多层次、多品种的生物群落。与云南松林木生成菌根的真菌种类很多，有干巴菌 (*Tnelephora ganbajun*)、淡黄乳牛肝菌 (*Suillus flavidus*)、乳牛肝菌 (*Suillus bovinus*) 等多种。菌根菌用它寄生于寄主根系上的庞大的覆盖状的菌丝体而增强云南松林木根系对土壤养分及水

分的吸收能力。此覆盖在云南松短根外面的菌丝体也称外生菌根，使其根系具有较大的吸收面积和功能。通过增强云南松林木的吸收水分和养料的能力而促进其根系的生长发育和林木的抗旱能力。而林木又供给这些菌根菌碳水化合物、氨基酸和其他有机物质，充分表现出寄主植物云南松与这些寄生真菌的共生互利关系。有关实验表明，用带有黄乳牛肝菌菌丝的土壤进行云南松容器育苗，其成苗率达 99.1%，苗高生长比无此真菌土培育的云南松容器苗提高 15.8%。可见云南松林木与菌根菌间存在的依存关系。



## 三、经济及生态价值

### 1、经济价值评价

云南松是云南省的一种主要用材和绿化造林树种。在云南的林业经济建设中，起着举足轻重的作用。云南省现有云南松林面积 480 万多  $\text{hm}^2$ ，林木蓄积量 28676.5 万  $\text{m}^3$ 。云南松的木材生产量占云南省木材生产总量的 40% 以上。

云南松木材用途广泛，其木材用于民用建筑、农具、生活器具；作通讯、交通运输等的工业用材。亦是造纸，制作纤维板、刨花板、胶合板材用的原料。特别要提出的是云南松木材具有纤维长，细胞壁厚，纤维获得率高等的优良特性，是重要的纸浆生产原料。还可充分利用云南松林的采伐剩余物枝桠、梢头、树根等作为生产纸浆的原料，而提高云南松林木的利用率，从而获得更高的经济效益。

云南松属松属中的双维管束树种，木材结构中至粗，不均匀，密度中，材质软，干缩中至大，力学强度低至中，冲击韧性低，品质系数高。云南松木材的物理力学指标在产地间、类型间和株间都存在一定的差异。

云南松木材纹理扭曲是该树种较为典型的变异特性，纹理扭曲的云南松木材会极大地降低其利用价值。

对具斜纹理云南松木材的物理力学各项指标的测定证实，当其木材的斜纹率在 10% 以下时，对木材径向、弦向、体积的干缩系数影响不大，当斜纹率在 20% 以上时，随着斜纹率的增大，木材的三向干缩系数都在减小。这是引起斜纹理木材翘曲、开裂、变形的主要原因。云南松斜纹理木材随着斜纹率的递增，其木材的抗压强度、抗弯强度、抗弯弹性模量、冲击韧性等力学性能亦随之降低。因此，营造云南松用材林用的种子，绝对不能在弯扭的云南松树上采集。

云南松亦是一种采脂用的树种。云南松林木能分泌一种油类物质——松脂。据报道，胸径在 20cm 以上的云南松林木每株年可产松脂 3~5kg。松脂经过加工，可分离得到松香和松节油。松香、松节油为制造众多化工产品的重要原料。近 50 年间，云南省从云南松采脂林中共采松脂 27.6 万 t，生产松香 20.6 万 t，提取松节油 4.3 万 t。其松香和松节油不仅畅销全国各地，还出口创外汇。松脂生产对山区农林经济发展起到了积极的推动作用。

云南松的经济用途除生产木材及采脂外，还可通过采收松花粉、松针叶进行加工利用，以获取经济效益。云南松花粉是云南松植物个体的雄性遗传基质。云南松花粉除含一般的营养物质外，还含有活性酶类、核酸、有机酸、黄酮类物质，及多种常量及微量元素等 200 余种物质。云南省林业科学院所作的云南松花粉开发利用

的研究结果表明：云南松破壁花粉有抗疲劳，提高免疫功能，延缓衰老及调节血脂的功效，可进行药品、保健食品、美容护肤品等的开发利用而具有很高的经济价值。

对云南松针叶成分的测定表明，其针叶内含有蛋白质、维生素、脂肪、激素、植物杀菌素、微量元素等 40 多种成分。因此云南松针叶可作配合饲料的添加剂。

此外，在云南松林下还可培植药用茯苓，采收多种野生食用菌。充分利用林下的各种动植物资源，从而获取经济效益，以活跃山区经济。

## 2、生态价值评价

云南松林木具有庞大的树冠和发达的根系，造就了云南松林具有强大的生态环境保护功能。云南松林木发达的根系，从其幼苗阶段就明显表现出来。随着林龄的递增，林木高生长加速，其主根向土壤深处延伸，一般云南松林木的根系可深入 2.5m 以下的土层。侧根呈水平状伸展，密集于 10~40cm 的土层，对土壤具有较强的牵固作用，而起到控制和减少林地土壤的浸蚀，防止山体滑坡和泥石流等灾害的作用。云南松林木的根系和林地上的枯枝落叶则改善了林地土壤的物化性能，增加了土壤的疏松性、透气性、透水性和土壤的肥力，有效地促进了林木的生长。

云南松林木具庞大的树冠，在林分状态下，能够截

留大部分的降水，其截留的多少与降雨量的大小有关。雨量小时云南松树冠截留的降雨量可达 90%，而大暴雨仅能截留 6%左右。林冠截留降水量还与林分的组成有关。云南松针阔叶混交林林冠的截留降水量比云南松纯林高 3 倍以上，因此，从林分的生态效益出发，提倡营造云南松与其他阔叶树种的混交林。

云南松林冠截留降水，减轻了雨水对地表的冲击，以避免产生地表径流，而抑制了其对土壤的浸蚀作用。云南松林林冠截留的大部分降水，通过蒸发返回大气，使森林中的水分循环得以加强。上述事实证明，云南松林对于涵养水源、保持水土，改善生态环境，保持生态平衡起着极为重要的作用。

## 四、良种选育技术

云南松种群系统十分庞大，一个种群就是一个相对独立的混合交配群体。云南松是典型的风媒授粉植物，种子通常是异花授粉后的杂合体，下一代的遗传结构是上一代个体间遗传物质的混合变异体，从而导致了云南松遗传物质的多样性。

云南松分布区域广阔，分布区的气候类型、海拔高度、地形地势、土壤等环境条件相异性极大。使云南松在生长、生理、形态、抗性、适应性等方面出现地理区域、林分群体及林木个体的变异，形成了相应的地理型、优良群体（林分）及众多的优良个体（优树）。不同地理区域的云南松群体在一定的范围内，交配繁衍，加之受局部生殖隔离的影响，使云南松在种源间、林分间、个体间的自然选择方向和强度不一，形成了各自比较稳定的基因型，使林木的一些优良变异性状，如速生性、树干的通直圆满度、木质纹理的直纹率等优良性状得到固定。这些稳定的遗传型，具有巨大的遗传改良潜力。为云南松开展优良地理种源、林分群体及林木个体的选育提供了极好的物质条件。子代测定材料证实，云南松木材的通直及扭曲性状主要受遗传基因控制。不同种源、林分、优树的子代测定林中，都不同程度的出现

直纹和扭纹植株。如林木直纹株率较高的广西乐业和云南峨山云南松优良林分的子代林木的直纹株率达 80.0%~90.9%；而昆明、峨山两地低质云南松林分子代林木的直纹株率为 23.1%~47.9%；从云南松直纹优树扭松母树的子代测定值看出，其直纹优树的子代直纹株率高达 96.4%，而扭松母树子代的直纹株率为 26.7%，平均扭纹株率达 81.5%。取丙类云南松子测林试材测其林木的 1m 树干长的扭转度得：扭松子代的扭转度达 770 度，优良母树的子代扭转度最高为 96 度。可见其林分的直纹株率及单位木材长度 扭转度数的差异是很大的。

变种地盘松的遗传传递率也是很高的，如元阳新街地盘种源其子代的地盘松，形态 30 多年来，显露无遗，其林木材积生长量仅为参选试 57 年种源对照的 23.67%~33.33%，且不论用材，仅作菩提用。

云南松直干纹性，扭松的斜纹性，地盘松丛生灌木状，各自的优劣性状均在各类子代测定林，大面积的荒山造林及天然下种形成的林发中显现出来。用扭松和地盘松种子造林所形成的成林不成材的林分。已失去当年造林获取经济效益的初衷，所带来的经济、土地、时间的损失，是不可低估的，因此从不同的经营目的出发，加强对云南松的良种选育和遗传改良是非常重要的。

## 1、种源选择

云南松的种源选择，即为地理种源选择，就是选择优良性状遗传稳定的云南松地理型，它是云南松良种选育中一个很重要的选择途径。具有方法简单，效果显著的特点，能在短期内为生产提供大量优良用种。

1980~1982年连续3年在云南松分布区内，按不同经纬度、不同海拔高度、不同江河流域，采集生长在不同地理环境（区域）的云南松林木种子。共收集各区域的代表种源190个次。在云南松的各适生区范围内设置15个测试点，按统一的实施方案，进行田间育苗栽培对比测试。经过长期的跟踪观测，对观测材料作系统完整的统计分析，掌握了云南松的地理变异规律，评选了一批性状优良、增产性能较好的云南松种源。按位次排序为双柏、双江、红河、永仁、大姚、南涧、开远、石屏、乐业（广西）等10余个较优的云南松地理种源。

（1）云南松较优种源的林木生长量指标 林木生长量是实施云南松种源选择的一个主要经济性状，也是评价其种源优劣性的一项重要指标。以各云南松地理种源林林木20年生时生长材料为据，分析得出其  $F = 13.43 \sim 43.55 > F_{0.01} = 1.79$ ，证实种源间的林木生长量存在着极显著的差异。

①林木高生长量。较优的双柏、双江、红河、永仁等10余个种源20年生林木的高生长量为9.8~11.0m，

比当地种源（对照）的高生长量（8.5m）提高了15.3%~29.4%，比林木生长差的香格里拉、维西两种源的6.3m提高55.5%~74.6%。

②林木径生长量。较优的双柏、双江、红河、永仁等10余个种源20年生林木的径生长量为12.7~14.6cm，比当地种源（对照）的林木径生长量10.9cm提高了16.5%~33.9%，比林木生长差的香格里拉、维西两种源的8.2cm提高55%~78%。

③林木蓄积生长量。较优的双柏、双江、红河、永仁等10余个种源，20年生时每亩林木的蓄积量为14.46~22.15m<sup>3</sup>，比对照每亩林木蓄积量的10.38m<sup>3</sup>提高48.84%~113.24%，优劣种源间每亩林木蓄积量的变幅是4.28（香格里拉）~22.15m<sup>3</sup>（双柏），二者相差4.2倍。可以看出种源选择的明显效果。

④人造板材材性。在20年生优良种源（含优良林分）子代测定林内采集试材，按GB1927~1943-80《木材物理力学试验方法》作木材气干密度、木射线宽、尖削度、含水率、干缩系数、年轮宽，晚材率等项目的测定分析。计得的 $F = 5.86 \sim 20.87 > F_{0.01} = 2.65 \sim 2.79$ ，差异无显著的。根据各项测定值，按人造板材的有关要求，设定材积、木材纹理通直度、木材密度、遗传力，性状权重值建立综合选择式方程，从各云南松优良种源区评选出牛达39号、13号、28号、18号、3号、龙朋6号、5号、2号，双柏鄂嘉3号、17号，雨



龙 12 号，腾冲古永 9 号，贡山 8 号，云龙 1 号等 32 株优树。其林木的增益达 16.9% 以上，木材纹理直，木材密度提高 5.95%（与栽培点对照比）。种源间的木材密度变幅 0.4319（泸水）~0.3332（西藏），单株间的变幅 0.5919~0.4079。木材的力学性能均值是：抗弯弹性模量 105 千克/cm<sup>2</sup>、抗弯强度 857 千克/cm<sup>2</sup>、顺纹抗压强度 519 千克/cm<sup>2</sup> 等，均比对照有较大提高。而木材的胶合强度在 1.97~2.58MPa，大于《GB9846-4-88》规定的 0.8MPa 的指标。木材射线宽 14.9~17.47μm，与其高、径生长呈负相关， $r=1-0.5930\sim-0.6394$ ， $1>0.5700$ ，生长量大的优株，木射线较宽，利于增加胶合板的强度和胶合性能。木材的旋切、油漆，着色性能均达到胶合板材的质量指标。

⑤纸浆材材性。在 12~20 年生的种源试验林内，对参试的每一个种源取其试材，按 GB2677.2-10-81 的方法测定其的粗纤维素、木素、灰分、冷水抽出物，热水抽出物、1.0% NaOH 抽出物、苯醇抽出物、多戊糖等内含物分析看出，种源间木材的各类抽出物间的相关系数  $r=0.6142\sim-0.8379$  表明其密切。种源间木材的粗纤维纸素含量、 $\alpha$ -纤维素含量、纸浆利率的  $F=6.64\sim 273.5>F_{0.01}=4.23$ ，说明种源间木材的纤维素含量差异是大的。采用综合选择式方程，评选出红河、双江、石屏、开远等 10 余个纸浆材较佳种源，其比对照（测试点种源）单位面积上的木材干物质重及纸浆利率提高

18.0%，粗纤维素提高 21.1%， $\alpha$ -纤维素提高 19.1%。各性状的重量指标比生长较差的中甸、维西种源提高 1.4~2.6 倍。将评选出来的种源试材，制作成手抄纸。经测定，其手抄纸耐破度在 540~568MPa，裂断长 6890~7230M，撕裂度 89.7~117.0CN。各力学性能指标均达到 QB757-80 一、二号来源白硫酸盐木浆的物理指标。表明纸浆材的种源选择效果是好的。

⑥木材含脂力。云南松林木的泌脂力强，产脂量高。胸径在 20cm 以上的云南松林木单株年产脂量达 5kg 左右。故云南松不仅是云南的主要用材树种，也是松脂生产的好树种。在国家“九·五”攻关项目“云南松单板类人造板材良种选育及栽培技术”课题研究中，分别在永平 12 年生的 28 个云南松种源试验林内，采集 84 株试材。同时在昆明 20 年生的 8 个云南松种源试验林内采集 24 株试材，又在石屏牛达和龙朋两个云南松天然林分内采集试材 64 件。所采试材均按《GB/T2677-1-93 造纸原料分析用试样的采取》的规定，制备测定乙醚提取物样品。按照《GB/T2677-6-94 造纸原料有机溶剂抽出物含量的测定》规定的方法测定乙醚提取物含量（其主要成分是树脂酸含量以其标示云南松木材含脂量的高低）。

通过测定分析，评选出一批林木生长量大，松脂含量高的种源和优株。

对永平栽培点 28 个种源的测定分析得出：种源间

乙醚提取的的变幅在 2.72 (云龙) ~ 5.267 (广西乐业), 可看出种源间木材松脂含量的差异性。在参试测定的云南松种源中, 其木材含脂力位秩较高的有: 广西乐业 (5.627)、西藏 8 号 (5.065)、隆林 (4.931)、鲁甸 (4.822)、兴义 (4.64)、富宁 (4.536)、昌宁 (4.536)、腾冲 (4.496)、开远 (4.421) 等种源。其木材含脂率比对照永平种源 (3.879) 高 14.0% ~ 35.8%。作显著性检验, 其  $F = 2.005 > F_{0.05} = 1.693$ , 单株间的  $F = 3.7118 > F_{0.05} = 3.1682$ 。表明云南松种源间和单株间的木材松脂含量差异是显著的, 而单株间的变幅大于种源间的变幅, 此此说明可在云南松的高产脂种源区内, 进一步开展个体选择, 其木材的产脂效果会更佳。

种源相同, 经营管理措施一致, 虽栽培地不同、林龄不同, 但云南松林木木材的乙醚提取物相对较为稳定。反映在永平点上, 12 年生含脂量位秩高的种源, 在昆明点上, 20 年生时含脂量也高。同一种源在两栽培点林木产脂量的位秩及提高率很相近。林木含脂力低的云龙、双柏等种源, 在两个测试点上的表现也基本到致。说明云南松林木木材的含脂量主要是受其遗传基因控制, 是较为稳定一个性状。立木不同部位取样测定的数据显示, 云南松林木树干轴向树脂道面积比与侧枝轴向树脂道面积比的相关  $r = 0.4102 > r_{0.001} = 0.3707$ , 表明其相关极紧密。因此用同部位的侧枝轴向树脂道面积比来

判断云南松林木材松脂含量的高低是可行的，以此增添了对高产脂云南松林的判别力。

(2) 云南松种源间地理变异的生态基础 云南松种源间的林木生长量与原产地所处纬度的相关系数为  $r = |-0.5392 \sim -0.5781| > r_{0.01} = 0.4182$ 。与原产地所处的海拔高度的相关系数  $r = |-0.4538 \sim -0.5392| > r_{0.01} = 0.4182$ 。与原产地的年均温、1月均温、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温亦呈显著的正相关。在云南松自然分布区内，其林木的生长量随分布区纬度的偏南（ $25^{\circ}\text{C}$ 以下），海拔高度的降低，年均温和活动积温的上升而增高，从而看出，引起云南松生长力变异的诸生态因子中，热量起着关键的作用。

(3) 云南松种源的早期选择依据 对各云南松种源林木树高、胸径、蓄积量作年度间的生长量相关分析，其林木高生长的相关系数  $r = 0.482 \sim 0.859 > r_{0.01} = 0.3932$ 。从林木诸生长量与种子千粒重、发芽率、针叶长等 14 个性状间的相关矩阵分析后得出，云南松各种源的林木生长量与其针叶长的相关系数  $r = 0.5021 \sim 0.6778 > r_{0.01} = 0.4032$ ，与其冠幅的相关系数  $r = 0.5576 \sim 0.5801 > r_{0.01} = 0.4032$ 。各种源的林木生长量还表现出，幼树阶段高生长快的，后期生长也快；幼树针叶长为 20cm 以上，冠幅宽的种源其林木生长量亦高。这为云南松种源的早期选择提供了一定的依据，对加速云南松的遗传改良步伐是有利的。

## 2、优良林分选择

云南松优良林分选择是其优良群体选择的又一个主要途径。在同一种源区内，云南松林分的遗传基础较为广泛，子代的适应性和稳定性较高，在短期内可为生产提供大量的用种。

### (1) 优良林分选择的两个要点

①分区制定标准 由于云南松分布区域辽阔，地带性气候分异，使云南松的诸多性状呈现明显的地带性变异。故在进行云南松优良林分选择时，应在对其地带性作分区的基础上，按区制定优良林分的选择标准。考虑到反映云南松地带性气候差异的主要因素是水热条件，故以其作为分区的依据，并考虑到保持云南松各区的地域完整性。而将云南省的云南松分布区划分为滇中分布区；滇西分布区；滇东南分布区。

a. 滇中分布区 为云南高原的主体，也是云南松的中心分布区，包括楚雄州、曲靖市、昆明市、丽江市、玉溪市的大部，昭通市的南部、大理州苍山以东部分，红河州的东北部。该区年平均气温  $12.5 \sim 18^{\circ}\text{C}$ ， $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温  $3500 \sim 5000^{\circ}\text{C}$ ，年降水量  $800 \sim 1000\text{mm}$ ；年平均相对湿度  $65\% \sim 75\%$ 。

b. 滇西分布区 地处横断山的中段，包括保山地区、怒江州的大部、大理州西部及临沧地区的东北部。该区年均温  $14 \sim 16^{\circ}\text{C}$ ， $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温  $4000 \sim 5500^{\circ}\text{C}$ ，年降水量  $1000 \sim 1600\text{mm}$ ；年平均相对湿度  $72\% \sim 80\%$ 。

c. 滇东南分布区 地处滇东岩溶高原的南部。包括红河州的北部和中部，玉溪市的南部及文山州的大部。该区年均温  $16\sim 19^{\circ}\text{C}$ ， $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温  $4600\sim 6500^{\circ}\text{C}$ ，年降水量  $900\sim 1300\text{mm}$ ；年平均相对湿度  $68\%\sim 80\%$ 。

②以树高及木纹理扭转度作为主要选择性状 云南松林分中林木的树高、胸径、冠幅、侧枝粗度、分枝角度、树干的通直圆满度、木质纹理的扭转度等多个性状，都对云南松林分的经济指标造成影响。这些性状又受立地环境及遗传基础的控制。而在生长性状中又以树高及胸径为主。实验和调查显示，林分中云南松林木的树高年均生长量与胸径生长量相比，受遗传因子的影响较大，与林分的密度及冠幅等的环境条件相关性不明显，删除其立地效应较易。因此用林分中 I、II、III 级木的树高年均生长量作为评价云南松林分的优劣性是可行的，并将其的权重定为 0.6。云南松林分中林木的木质纹理是一个独立的，受遗传控制的一个主要性状。林木木质纹理的扭转度是其木材使用上的一个主要缺陷。随着木质纹理扭转度的增大，引起木材翘曲变形，力学性能下降，木材质量降低，因此把它作为云南松优良林分选择的另一个重要指标也是重要的，而将其的权重定为 0.4。

考虑到树干通直度对其林木品质有较大影响，在进行云南松优良林分选择时，首先应以林分中 I、II、III 级木通直木的数量作为优良林分的取舍指标。

(2) 各分布区的优良林分标准

研究得出各分布区的云南松林分的综合指标的计算方法为：

$$\text{滇中分布区 } I_i = 0.2578Y_i^{\text{高}} / \hat{Y}^{\text{高}} + 0.119\hat{Y}^{\text{扭}} / Y_i^{\text{扭}}$$

$$\text{滇西分布区 } I_i = 0.195Y_i^{\text{高}} / \hat{Y}^{\text{高}} + 0.159Y_i^{\text{扭}} / \hat{Y}^{\text{扭}}$$

$$\text{滇东南 } I_i = 0.2302Y_i^{\text{高}} / \hat{Y}^{\text{高}} + 0.254\hat{Y}^{\text{扭}} / Y_i^{\text{扭}}$$

式中  $I_i$  为各分布区云南松调查林分的综合指标； $Y_i^{\text{高}}$ ， $Y_i^{\text{扭}}$  分别为调查林分的树高年平均生长量及林木的扭纹率实测值； $\hat{Y}^{\text{高}}$ ， $\hat{Y}^{\text{扭}}$  为各林分的树高年平均生长量及林木的扭纹率理论值，可按区查表 4-1~表 4-7 计算得出。其中滇西分布区的  $Y_i^{\text{扭}} / \hat{Y}^{\text{扭}}$ ，要经倒数转换为  $\hat{Y}^{\text{扭}} / Y_i^{\text{扭}}$ 。

表 4-1 滇西片树高年平均生长量方程得分表

方程统计特征值		R=0.821	Q/L <sub>yy</sub> =0.3255
项 目	类 目	得分值	相对得分(%)
表土 层厚 度/cm	0~10	0.1143	16.99
	11~20	0.1831	
	21~40	0.1967	
	41~60	0.2235	
	>60	0.2965	
土类	山地红壤	0	11.12
	紫色土	0.0564	
	黄壤、红黄壤	0.0301	
	黄棕壤	0.1193	

续表 4-1

项 目	类 目	得分值	相对得分(%)
地区	大理州西部	0	
	保山地区东部	0.1258	11.69
	保山地区西部	0.1005	
海拔 /m	1700~2000	0	
	2001~2200	0.0177	24.67
	2201~2600	-0.0030	
	>2600	-0.2469	
坡形	凸形坡	0	
	直线坡	0.0126	4.37
	凹形坡	0.0469	
坡位	上部	0	
	中部	0.0336	3.13
	下部	0.0141	
坡向	S. SW	0	
	W. SE	0.0261	5.28
	E. NW	0.0566	
	N. NE	0.0485	
岩性	泥质岩类	0	
	砂岩、花岗岩	0.0534	
土层 厚度 /cm	21~50	0	
	51~80	0.0132	4.04
	81~100	0.0433	
	>100	0.0361	
年龄 /a	10~13	0	
	14~17	0.0763	13.71
	18~21	0.1470	
	>21	0.1077	



表 4-2 滇西片木纹理扭转度方程得分表

方程统计特征值		R=0.776	Q/L <sub>yy</sub> =0.398
项 目	类目	得分值	相对得分(%)
土类	红壤、紫色土	5.201	37.86
	红黄壤、黄壤、黄棕壤	6.976	
地区	高黎贡山以东	0	28.01
	高黎贡山以西	1.314	
海拔/m	<2000	0	34.13
	2000~2200	0.330	
	2201~2600	1.138	
	>2600	1.601	

表 4-3 滇中片树高年平均生长量方程得分表

方程统计特征值		R=0.755	Q/L <sub>yy</sub> =0.4297
项 目	类目	得分值	相对得分(%)
年龄/a	≤12	531.88	1.04
	13~16	544.19	
	17~19	541.55	
	≥20	543.24	
海拔/m	≥2400	105.24	9.42
	2100~2399	72.213	
	1900~2099	111.67	
	<1900	0	
土层 厚度 /cm	≥100	47.185	3.98
	80~99	38.950	
	60~79	32.457	
	<60	0	
岩性	花岗岩	-349.10	29.45
	紫色砂岩	26.94	
	石灰岩	195.35	
	页岩	0	

续表 4-3

项 目	类 目	得分值	相对得分(%)
坡向	半阴坡、半阳坡	6.903	3.65
	阴坡	43.313	
	阳坡	0	
坡位	下部	3.702	0.78
	中部	9.279	
	上部	0	
坡形	凹形坡	44.261	6.46
	直线坡	-29.142	
	平台地	-32.260	
	凸形坡	0	
土类	红壤	-352	31.02
	红黄壤	15.732	
	紫色土	0	
地区	滇中北部	41.008	3.47
	滇中南部	0	
表土 层厚 度/cm	≥60	127.13	10.73
	30~59	38.53	
	10~29	36.13	
	<10	0	

表 4-4 滇中片木纹理扭转度方程得分表

方程统计特征值		R=0.83	Q/L <sub>yy</sub> =0.298
项 目	类 目	得分值	相对得分(%)
海拔 /m	≥2400	934.93	21.64
	2100~2399	915.65	
	1899~2099	795.45	
	≤1900	0	
岩性	花岗岩	1392.4	38.53
	紫色砂岩	-272.26	
	石灰岩	569.13	
	页岩	0	

续表 4-4

项 目	类 目	得 分 值	相 对 得 分 (%)
表土 层厚 度/cm	≥60	-79.787	3.28
	30~59	-81.468	
	10~29	-141.51	
	≤9	0	
坡向	半阴坡、半阳坡	-17.051	0.39
	阴坡	-14.05	
	阳坡	0	
地区	滇中北部	-1532.3	36.16
	滇中南部	0	

表 4-5 滇东南片树高年平均生长量方程得分表

方程统计特征值		R=0.785	Q/L <sub>yy</sub> =0.3837
项 目	类 目	得 分 值	相 对 得 分 (%)
林龄/a	≤12	0.4070	11.06
	13~20	0.4560	
	21~30	0.4800	
	>30	0.4239	
土层 厚度 /cm	0~40	0	9.61
	41~80	0.0280	
	>80	0.0634	
表土 层厚 度/cm	0~10	0	9.67
	10.1~20	-0.0183	
	>20	0.0455	
土类	山地红壤	0	4.95
	其他红壤	-0.0327	
岩性	砂岩	0	12.58
	页岩	0.0114	
	石灰岩	-0.0716	

续表 4-5

项 目	类 目	得分值	相对得分(%)
坡向	阳坡	0	11.89
	半阳坡	0.0335	
	半阴坡	0.0437	
	阴坡	0.0785	
坡位	上部	0	6.79
	中部	0.0290	
	下部	0.0448	
坡形	直线坡	0	8.20
	凸形坡	0.0366	
	凹形坡	0.0541	
海拔	≤1500	0	6.17
	>1500	-0.0407	
地区	文山州	0	19.09
	红河州北部	-0.0468	
	玉溪市	0.0792	

表 4-6 滇东南片木纹理扭转度方程得分表

方程统计特征值		R = 0.604	Q/L <sub>yy</sub> = 0.635
项 目	类 目	得分值	相对得分(%)
土类	山地红壤	6.1391	11.39
	其他红壤	7.3305	
土层 厚度 /cm	0~40	0	18.21
	40.1~80	0.6265	
	>80	-1.2787	
表土 层厚 度/cm	0~10	0	7.48
	10.1~20	-0.0936	
	>20	-0.7828	
岩性	砂岩	0	6.62
	页岩	-0.6924	
	石灰岩	-0.4243	

续表 4-6

项 目	类 目	得分值	相对得分(%)
坡向	阳坡	0	16.99
	半阳坡	-1.0221	
	半阴坡	0.7083	
	阴坡	-1.0693	
海拔	≤1500	0	3.56
	>1500	0.3725	
坡位	上部	0	19.43
	中部	-0.214	
	下部	1.8188	
坡形	直线坡	0	7.88
	凸形坡	-0.5689	
	凹形坡	0.2369	
地区	文山州	0	19.09
	红河州北部	0.8815	
	玉溪市南部	0.1255	

表 4-7 川西南片树高年平均生长量方程得分表

方程统计特征值		R = 0.82	Q/L <sub>yy</sub> = 0.326
项 目	类 目	得分值	相对得分(%)
纬度	≤27°	0.4656	20.92
	27°01'~27°30'	0.5428	
	27°31'~28°	0.3729	
	28°01'~28°30'	0.3618	
	28°31'~29°	0.4312	
海拔/m	≤1500	0	4.78
	1501~1800	-0.0414	
	1801~2300	-0.0150	
	2301~2700	-0.0211	
	>2700	-0.0133	

续表 4-7

项 目	类 目	得分值	相对得分(%)
坡向	阳坡	0	6.23
	半阳坡	0.0098	
	阴坡	-0.0441	
	半阴坡	-0.0019	
坡位	下部	0	12.13
	中部	-0.0768	
	上部	-0.0018	
土层 厚度 /cm	40~80	0.0281	8.64
	811~100	0.0229	
	>100	0.0607	
坡度	0~5°	0	6.63
	6°~15°	0.0214	
	16°~25°	0.0294	
	26°~35°	0.0086	
	>35°	-0.0282	
坡形	凹形坡	0	20.90
	直线坡	-0.00692	
	凸形坡	-0.01052	
	台地	0.0755	
土类	红壤	0	2.93
	黄壤	0.0022	
	紫色土	-0.0227	
岩性	棕壤	0.0026	11.12
	砂岩	0.0122	
	花岗岩	0.0597	
	其他火成岩	-0.0365	
林龄/a	≤13.5	0	7.33
	13.6~19	0.0189	
	19.1~24	0.0634	
	>24	0.0492	

以各分布区云南松林分综合指标的平均值  $\bar{I}$  及标准差  $\delta$  来划分各分布区云南松林分的等级。将  $I_i > \bar{I} + \delta_i$  的林分定为一级云南松优良林分； $\bar{I} + 0.5\delta_i < I_i \leq \bar{I} + \delta_i$  的林分定为二级云南松优良林分；而  $I_i \leq \bar{I} + 0.5\delta_i$  的林分定为非云南松优良林分。

### (3) 优良林分标准的应用

对所要评定的云南松林进行获取林分树高年平均生长量及林木扭纹率实测值的林分调查。林分调查采用设样调查的方法。所设样地应不少于被调查林分面积的 2%。每个样地内应有云南松林木 150 株，且林地条件基本一致。主要调查内容为：a. 林木树高年均生长量。实测样地内云南松 I、II、III 级木的年龄、树高，并计算其的树高年平均量。b. 林木木质纹理扭转度。在样地所测林木的胸高部位削开长约 15cm 的树皮到韧皮部，用薄金属片由上往下划出该林木木质纹理的走向，然后测定其纹理与树轴的夹角，查出该角度的正切值  $(L/L) \times 100$ ，即得林木的木质纹理扭转度。与测定样地林木的年龄、树高、木质纹理扭转度的同时，应记载样地的海拔高度、成土母岩、土类、土层厚度、坡向、坡位等。以便进行综合评选，除外，对样地内云南松 I、II、III 级木的胸径、枝下高、分枝角、结实情况亦要作详细记载。

根据样地调查所获的实测值，按其云南松林分所在分布区的综合指标计算式，求出该云南松林分的综合指

标量  $\bar{I}$  值，按表 4-8 所列的综合指标、数值，确定该云南松林分的优良林分位置。

表 4-8 各分布区的云南松优良林分标准

分布区	$\bar{I}$	$\delta_i$	一、二级优良林分的综合指标	
			一级	二级
滇中	0.39	0.05	>0.44	0.411~0.44
滇西	0.35	0.04	>0.39	0.371~0.39
滇东南	0.51	0.12	>0.63	0.572~0.63

注：本表摘自《云南松》表 7-13。通直度要求为：每亩完全通直的 I、II、III 级木不少于 40（15 年生以上）~60 株（15 年生以下）。

### 3、优良林木个体选择

云南松优良个体是指林分内某些性状表现优良，生长量超过周围同龄林木，且结实良好的云南松植株。按照优树标准进行评选，并经鉴定确认为优树。优树是建立云南松种子园的重要材料，也是进行云南松遗传改良的物质基础。

按照种源区划，在划定的云南松种源区内，进行优良林分的评选，在评选出的云南松优良林分内进一步开展云南松优良林木个体的评选，即为优树选择。用评选的云南松优树作为云南松种子园的建园材料来源。这样可把种源、林分、个体三者的遗传增益一并利用，其效益是比较理想的。

#### (1) 优树选择的主要性状和标准

①林木的树高、胸径、材积生长量是用以评选云南



松优树的主要经济性状。树高遗传力高，比较稳定；胸径对材积的贡献力大，材积是林木高径生长量的集中体现，是决定云南松优树取舍的重要指标。

②云南松林木木质纹理的扭转度是引起木材翘曲变形，材质下降的主要因素，把它作为选择优树的一个限制因子。只有树干通直圆满，木质纹理扭转度为 0 的云南松林木才能参加优树评选。

③参选的云南松优树为自然整枝良好，侧枝较细，冠长树高比在 50%左右的林木。

④参选的云南松优树为开花结实良好，树冠较窄，冠幅与树干比在 30%左右的林木。

⑤为长势健壮，无严重病虫害的林木。

## (2) 优树选择的方法

云南松优树选择的方法有多种，如综合选择法、对照比较法、固定标准法等。云南松的优树选择工作始于 1976 年，此间先后共选出云南松优树 1340 多株。现就常用的三种优树选择方法作一介绍。

①优势木对比法 在选定的云南松优良林分内，挑选各个性状符合要求的立木作为参选的云南松优树即候选优树，以此候选优树为中心，从其生长地半径 10~15m 的范围内的 30 株以上林木内选出年龄不超过候选优树 $\pm 3$  年，表型仅次于候选优树的云南松优势木 3~5 株。实测优势木的树高、胸径、材积、树干圆满度、木质纹理扭转度以及树冠、结实等特征，受病虫害情况等。计

算各观测性状的均值。决定其候选优树取舍的标准有二：一是当候选优树各观测性状的实测值大于优势木的均值时，即可入选为云南松优树；二是当候选优树与优势木的均值比值大于  $\bar{X}-S$  时（ $\bar{X}$  为各观测性状的均值， $S$  为标准差）而选为云南松优树。还有的用树高、胸径、材积的比值进行比较。当候选优树的材积超过优势木的 50%，树高超过优势木的 5%，胸径超过优势木的 20% 时可入选，也可根据具体情况，作适当调节。

②林分对比法 也称小标准地法。当云南松候选优树决定后，以它为中心，向四周展开，实测 30 株以上林木的胸径、树高，求出林木的材积，再计算各项性状的均值。以云南松候选优树的实测值与之比较，分别计算各性状的特征数。凡候选优树的树高、胸径、材积三者的比值大于  $\bar{X}-S$  值时，可入选为云南松优树，并以树高的比值大小为序，进行优中选优。也采用当候选优树超过标准地林木材积均值的 150%，树高均值的 15%，胸径均值的 50% 时，而选为云南松优树。其对比方法可灵活掌握。

③实验形数法 实验形数的变化接近于标准形数，可把它作为云南松优树选择的固定值。凡云南松候选优树的胸径稍大于其附近 5 株优势木的平均胸径，实验形数大于或等于 0.463（为云南省森林资源调查管理处提供的云南松林木的平均实验形数值）时，即选为优树，

并以其计算值的大小为序进行优中选优。

不论采取何种选优方法，对入选的云南松优树应在其胸高处用红油漆涂上标记，编号，填写统一登记表。尤其在复选时，应详细记载周围的环境条件，性状特征，各项测树因子等，以建立完整的档案和保护措施。

#### 4、各种良种基地的营建

##### (1) 种源区划与种子调拨

试验和生产实践均证实云南松种源间存在种子千粒重、发芽率、育苗成活率、林木生长量、树干圆满度、木质纹理扭转度，抗性等多个性状的地理变异。有关的研究表明，云南松是一个地域性变异明显的树种，呈现出纬向渐变及海拔高度的差异。各地理区云南松林的营造采用适宜种源，可获得较大的增产，且人工林的质量也会有显著提高，故进行云南松种源区划使其地理区的云南松造林用种做到适地适种源，并为进一步开展云南松良种选育工作显得十分重要。

①种源区划的依据 以云南松林木的诸生长力及导致产生地带性差异的各直接和间接环境因子为基础，作系统聚类分析，按聚类图（见图 4-1）将云南松全分布区划分为四个种源区，即 I 南部种源区，II 中部种源区，III 西部种源区和 IV 西藏察隅种源区。同一种源区（或亚区）必须是地域上相互连接，林木遗传表型性状相似的种群。

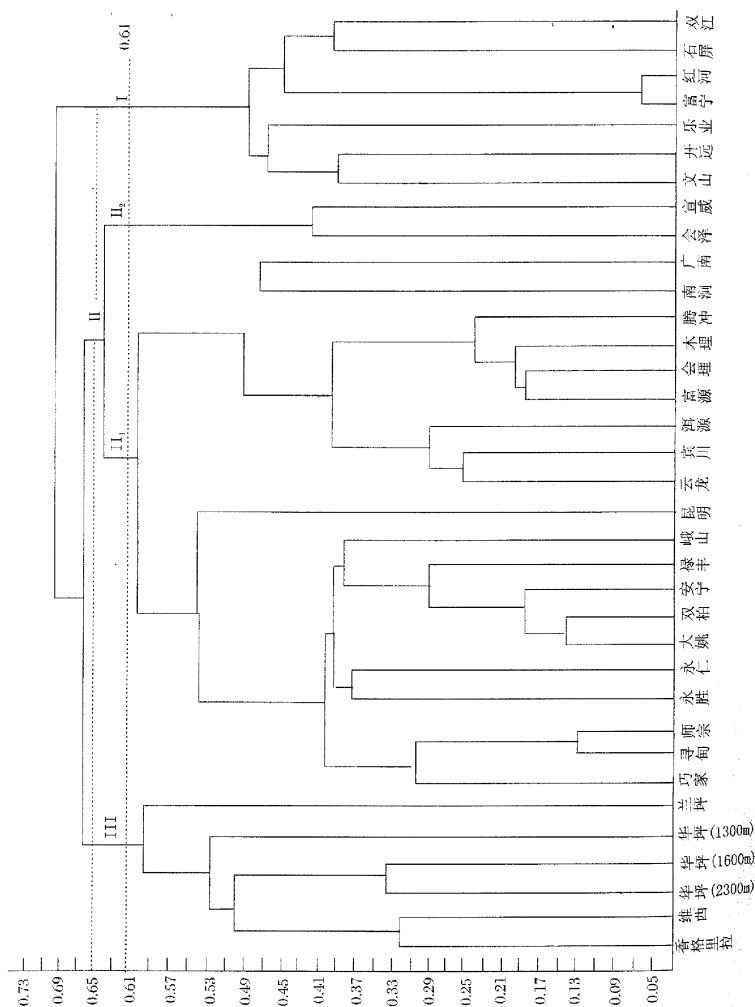


图 4-1 云南松参试种源 9 年生生长量聚类图 (标准化——欧氏距离) (本图转录于《云南松》图 7-2)

云南松种源区划主要以能控制种源生长力水平的地带性差异为准。若同一种源区当中有明显的水平地带性隔离，则再划分为亚区。云南松南部种源区 I 和中部种源区 II 就按这一原则分别划分为两个亚区（见图 4-2）。其区划线是根据影响云南松林木生长的主导因子——热量指标而划定的。较客观地反映了各云南松种源地的热量条件及其林木生长量的变异。

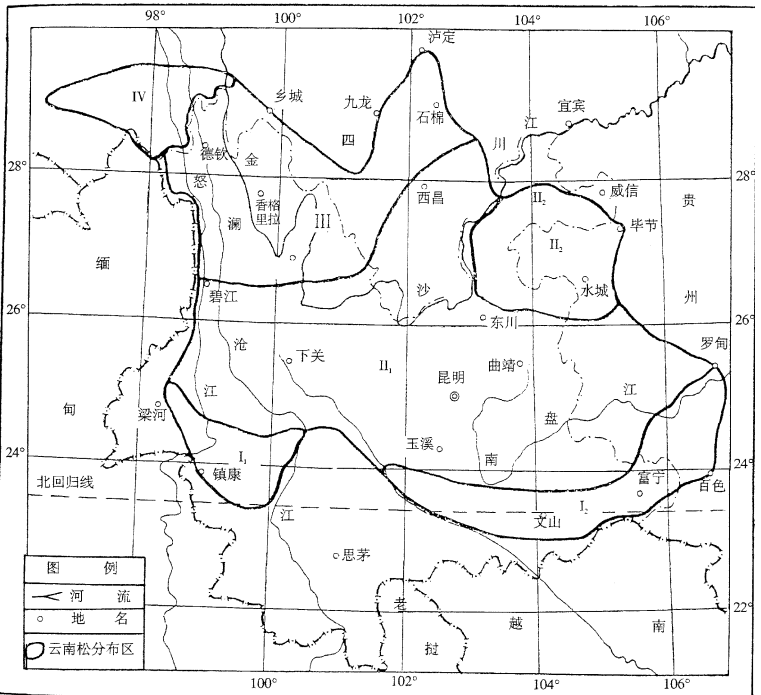


图 4-2 云南松种源区划图（本图转录于《云南松》图 7-3）

②种源区概述 云南松各种源区所含的产地见表 4-9, 其种源区区划见图 4-2。现就云南松各种源区的情况作分述。

表 4-9 云南松种源区划

种源区 编号	种源区 名称	种源亚 区编号	种源亚 区名称	种源区所含产地
I	南部 种源区	I <sub>1</sub>	西部 亚区	双江、临沧、云县、凤庆、镇康、永德、龙陵、腾冲、梁河
		I <sub>2</sub>	东部 亚区	绿春、元阳、屏边、马关北部、红河、元江、蒙自、个旧、石屏、开远、麻栗坡北部、文山西畴、富宁, 广西那坡北部、百色、田林、隆林、凌云、乐业
II	中部 种源区	II <sub>1</sub>	中部 亚区	新平、峨山、江川、通海、华宁、弥勒、丘北、砚山、广南、泸西、师宗、罗平、曲靖、富源、陆良、马龙、玉溪、澄江、晋宁、安宁、富民、嵩明、寻甸、东川、禄劝、武定、元谋、易门、双柏、楚雄、南华、牟定、姚安、大姚、永仁、南涧、巍山、大理、祥云、弥渡、宾川、永平、漾濞、云龙、洱源、昌宁、施甸、保山、泸水、碧江、剑川、鹤庆、巧家, 四川的会东、会理、米易、德昌、普格、宁南、西昌、昭觉, 贵州的兴义、册亨、兴仁、盘县、普安、六枝
				II <sub>2</sub>
III	西北部 种源区			丽江、维西、香格里拉、永胜、兰坪、华坪、福贡、贡山、宁蒗, 四川的盐源、木里、越西、冕宁、石棉、九龙
IV	西藏察隅 种源区			察隅、上察隅、芒康、瓦弄、左贡

注: 本表摘自《云南松》表 7-17。

## a. 南部种源区 ( I )

本区包括临沧地区、文山州，以及保山地区西南部、红河州大部。西至保山地区的龙陵，东达桂西南流域的隆林、乐业一线的南部地段。该区是云南松分布的较南端。海拔高度在 800~2300m。其北界大致与  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  活动积温  $5000^{\circ}\text{C}$ ，年均温  $16\sim 17^{\circ}\text{C}$  等值线一致。土壤多为石灰岩、砂页岩、花岗岩上发育的山地红壤和赤红壤。区内的森林植被除北缘外为季风常绿阔叶林。云南松常与思茅松 (*Pinus kesiya* var. *langbianensis*) 混生，并出现二者的过渡类型。本区气温较高，雨量充足，热量充沛。该区内的双江、红河、石屏、开远、富宁、广西乐业等地种源云南松林木的生长量高，20 年生时单位面积的林木蓄积量超过Ⅱ区的 25% 左右，超过Ⅲ区的 50% 以上，生长潜力大，属云南松优良种源区。

## b. 中部种源区 ( II )

包括昭通、丽江市南部，玉溪市、大理州、楚雄州、红河州东北部，保山地区大部，怒江州南部，昆明市，曲靖市，川西雅砦江下游，安宁河流域，黔西的兴义、毕节、水城一带。海拔高度在 1500~2000m。该区的滇中西部亚区 II 1 和滇东北亚区 II 2 北界的分界线约与活动积温  $4200^{\circ}\text{C}$ ，年均温  $12\sim 13^{\circ}\text{C}$  等值线相吻合。本区属中亚热带气候，为半湿润常绿阔叶林区，是云南松分布的中心地带，除地盘松 (*P. yunnanensis* var. *pygmaea*) 外，双维管束松类很少进入。本区表现

较好的产地有，双柏，南涧、永仁、大姚、云龙、弥勒、峨山、新平等，其云南松林木的抗性和适应性均较强，生长指标低于 I 区而大于 III 区，云南松林木单位面积的蓄积比 III 区高 30.0% 以上，有一定的生长潜力。

#### c. 西北部种源区 (III)

包括迪庆州，怒江州北部，丽江地区大部，川西雅砻江中游西昌地区北部的冕宁、石棉等地。本区  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温 2000 ~ 3000 $^{\circ}\text{C}$ ，年均温  $10^{\circ}\text{C}$  左右，降水量 800 ~ 1000mm。土壤为山地红壤和棕壤。其中部和北部为寒温性针叶林区，是高山松 (*P. densata*) 的主要分布区，属暖温带湿润气候。云南松的分布地仅局限于海拔高度 3100m 以下的地段。其高山松林分较常见，具有一定的过渡性质。该区的云南松种源抗寒性强，林木生长指标不及南部种源区和中部种源区，但比西藏察隅种源区高。该区表现较好的云南松种源有华坪、永胜等种源。

#### d. 西藏察隅种源区 (IV)

是云南松最西端的种源区，位于西藏东南部察隅河流域。其  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温 1900 ~ 5000 $^{\circ}\text{C}$ ，年均温 8 ~ 16 $^{\circ}\text{C}$ ，年降水量 700 ~ 800mm。云南松分布的海拔高度为 1500 ~ 3100m，多集中于海拔高度 1500 ~ 2100m 的地带。本区为多样的立体气候。土壤为棕壤和黄棕壤。植被为以壳斗科、樟科为优势种组成的常绿阔叶林为主。察隅地区的云南松林仍处于原始林状态，是保存较为完整的基因资源。该区种源区的云南松林木在各试验点上的生长



势都较弱，抗性差，生长量不及其他种源区。

③种子调拨 通过种源区划，提出了云南松种子的调拨意见。为各造林区选择适宜的云南松种源提供了依据。适地适种源是培育云南松高产优质林的一条很重要的途径。各造林区适宜采用的云南松种源，见表 4-10。

表 4-10 各云南松造林区的适宜种源参照表

造林区域名称	本区内较好种源名称	适宜于本区的外地种源名称
临沧地区、怒江州、保山地区西南部各县	双江、云县、永德、腾冲、保山	石屏、红河、开远、马关北部种源、富宁、广西隆林、西林、乐业
红河州、文山州，广西百色地区各县	石屏、红河、开远、富宁、广西乐业、隆林	双江、云县、保山、腾冲、永德
保山地区北部、大理州、楚雄州、玉溪市、曲靖市南部、昆明市，贵州兴义地区，四川西南部各县	双柏、新平、永仁、峨山、禄丰、南涧、大姚、云龙	石屏、开远、红河、富宁、广西隆林、乐业
曲靖市北部、昭通地区南部，贵州毕节地区各县	会泽、宣威、兴义	双柏、新平、峨山、禄丰、富宁、广西乐业、隆林，在海拔高度 1400m 以上的种源。
迪庆州、丽江市各县，西藏察隅地区各县	华坪、永胜，察隅地区海拔在 1600 ~ 2000m 的各产地	宣威、会泽、腾冲主要采用本地种源，可调用德钦、贡山种源

注：本表摘自《云南松》表 7-18。

#### a. 采调种子应遵循的原则

各种源区的云南松林木生长量，有随其种源地热量的升高而递增的变异规律。据此，到适宜种源区采调云南松种子时，应到比造林地纬度偏南，海拔高度偏低，

年均温和一月均温， $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温偏高，有霜期较短的产地采调云南松造林用种。

#### b. 种源性状间的间接选择

各种源区的云南松林木生长量与其林木的针叶长，叶鞘长，冠幅宽，小枝单位长度上的针叶数呈线性正相关。因此，到云南松优良种源区采种，在确定采种林木时，应作上述性状的选择。一般以针叶长在 20cm 以上，10cm 长的小枝上的针叶束在 80 束以上的云南松林木作采种母树，其种子所培育的云南松子代比较速生。

#### c. 采调种子应注意事项

在云南松自然分布区内，均不同程度地存在着地盘松，木质纹理扭曲的“扭松”及生长缓慢的细皮云南松变异类型，其林木品质低劣，且遗传力却很高。用此类种子更新起来的林分，不成材的损失已大大超过种源选择不当所造成的损失。因此到优良种源区采调云南松种子必须选好采种林木，切忌以品质低劣的林木作为采种母树。

### (2) 母树林的营建

云南松母树林是指遗传品质较高的专供造林用种的云南松林分。从营建方式上可分为改建型母树林和专建型母树林两类。前者是在现有的云南松幼林中，按优良林分的选择标准，评选出 I ~ II 级优良林分，对所评选出的 I ~ II 级云南松优良林分，通过去劣留优的间伐措施，将其改建成云南松母树林。云南省前期所建的云南

松母树林多属此类。其特点是营建技术简单，投资少，见效快。专建型云南松母树林是用所评选出 I ~ II 级云南松优良林分的种子，培育实生苗选用其超级苗，通过配置设计建成的云南松母树林。也可用嫁接方法营建。但投资稍大，技术要求稍高，建成的时间要长一些。但其母树林的遗传增益和结实量都会有较大提高。

有鉴于当前所建立的云南松母树林多为改建型母树林，故此节仅对云南松改建型母树林的营建技术作专述。

①母树林的选择 在云南松优良种源区内，尽量选用生长于交通方便，地势平缓开阔，土壤深厚肥沃，阳坡或半阳坡的 I、II 级云南松优良林分改建为云南松母树林。为提高母树林种子的遗传品质，其母树林周围不要有地盘松、扭松类的低质林分。

为培育结实层厚，枝下高低，便于采种的母树林，一般选择 10 年生左右，郁闭度在 0.8 上下的云南松优良幼林，此生长期间的林木优良特性分化日趋明显，便于优中选优，使改建后的母树林保留的林木结构更加合理。

②母树林的改建 确定用以改建母树林的云南松优良林分后，就要编制改建计划，按计划实施改建工作。

首先，划定母树林的边界，实测面积，并绘制出相关的图表。云南松母树林应尽量以山脊、小路、箐沟自然地形为界。若与其他林分相接，应伐出 2~3m 宽带，以标明地界。在母树林林地周围，应设置界桩。

一切母树林的改建工作，都要围绕迟早获取优质、高产种子这一中心进行。如疏伐、树形管理、林地施肥、病虫害防治等。在母树林中设置一定面积的固定观测样地，便于资料的收集和效益的分析。对母树林的结实球果的采摘、运输、加工；种子的贮藏等工作都要作出安排。并作好相关机械及建筑物的设置工作。

疏伐是改建云南松母树林的一项关键性技术工作。通过留优去劣改善林分环境的疏伐工作，以提高云南松母树林林木的优良基因交换频率，促进树体的生长发育，产生优良种子。其疏伐的主要对象是改建林分中生长衰弱的Ⅲ、Ⅳ级木，干型、木纹理扭曲木，病腐木，秃顶的风折木，保留干型圆满通直、木质纹理不扭曲、生长健壮结实好的Ⅰ、Ⅱ级木。受遗传控制的云南松林木个体间存在性别的偏性。腾冲古永林场云南松母树林的多年结实调查材料表明，其结实好的林木个体结实量是该母树林平均结实量的12.4倍。而林分中结实少或不结实林木的表现常年如此。在云南松无性系种子园中也存在类似的植株。因此，在进行疏伐时，林木结实量要作为保留母树的一个重要条件。

改建型云南松母树林实施疏伐的技术要点如下。

a. 疏伐方式 一般采取均匀式疏伐，使保留母树均匀地分布于林内。以利于母树多结果枝形树冠的形成。但在施行均匀式疏伐时也要注意保留丰实的林木集群。不能对集长一起结实丰厚的优良母树进行疏伐。疏

伐时，对于林分中偏雄性的植株也不应保留太多。

b. 疏伐强度 优良云南松幼林改建成母树林，一般用林分郁闭度来控制其的疏伐强度。疏伐量过大或偏小，都不利云南松母树林结实量的提高。云南省林业科学院曾对腾冲古永林场的 0.2, 0.3, 0.4, 0.6 (对照) 等 4 种疏伐强度的云南松母树林的结实量作了 10 年的观测。其前三种疏伐强度母树林的结实株率分别为 90.0%, 92.4%, 84.0%; 结实量分别比对照提高 16.16%, 18.56%, 10.19%。表明以 0.3 的疏伐强度为好。与此相关的研究结果得出，各分布区改建的云南松母树林保留的合理郁闭度为滇中 0.4, 滇西 0.3, 滇东南 0.3。

c. 疏伐次数 优良云南松幼林改建成母树林，一般要经 3~4 次疏伐。首次疏伐时，每亩约有林木 500 株，郁闭度在 0.7~0.9，伐去 80% 左右的林木，每亩保留 100 株左右，使林分的郁闭度降至 0.3~0.4，约经 2~3 年，待林分郁闭度上升至 0.7~0.8 时，进行第二次疏伐，此次伐除林分中 50%~60% 的林木，以后视母树林的生长情况再行疏伐。云南松母树林建成后，每亩保留林木 20 株左右。

③母树林林地的管理 疏伐后的云南松母树林林地暴露，光照增强，杂草灌木迅速生长，因此除草、砍灌、松土成了母树林林地管理上的一项重要工作。每年最好进行一次。也可用草甘磷等除草剂进行化学除草。

在云南松母树林的生长发育期，需大量的营养物质，林地施肥是促进其林木生长，提高结实量的有效措施。其用肥应具备价格低廉，来源充足，肥效期长，效果好的特点。可施用厩肥、堆肥、绿肥、草木灰。结合母树林林地的松土除草工作可种植一些绿肥植物，以增加林地土壤的肥力。也可施用一些无机肥料，一般按  $2N : 1P : 2K$  的比例施用，效果较好。

云南松母树林林地施用有机肥料，宜在初秋的 9 月进行；无机肥可在早春的 1~2 月施用，以直接供林木吸收利用。结合松土除草，在距树干 1.5m 的周围挖沟埋入有机肥。而无机肥料可均匀撒在林地上，结合松土埋入土层。也可有机和无机肥料混合施用，效果更佳。

④母树林的管护和子代测定 云南松母树林改建成后，必须加强日常的管护工作，制定行之有效的管护措施。如在母树林的周围设置宣传牌；修防火线，做好防火工作；加强病虫害的观测，一旦发现病虫害危害，及时防治，不留后患。

为弄清云南松母树林的增益，采取进一步的遗传改良措施，必须进行其子代测定工作。云南松母树林的子代测定方法有二。其一采集一份母树林内的混合种子与周围一般林分的种子，进行育苗栽培的对比评价；其二分株采种育苗栽培测定，以子代多株林木生长量的均值为该云南松母树林的生长量。后者的工作量大，但获取的材料丰富，既有群体的，又有单株的，生长量超群的

单株选作优树，纳入种子园的建设。

### (3) 种子园的营建

云南松种子园是由评出的云南松优良无性系或家系组成的闭锁性的种子基地林。是为培育速生、高产、优质云南松人工林提供遗传品质得到改良的良种繁育场所，是实现云南松良种基地化的一个重要手段。

①种子园的种类 营建的种子园依繁殖方法不同，可分为无性系种子园和实生种子园；依经子代鉴定与否，而分为普通种子园和改良代种子园。

a. 云南松无性系种子园：是由若干个云南松无性系，按配置设计，通过嫁接而建立的种子园。云南省前期在禄丰、弥渡、昆明等地所建的 854 亩云南松种子园，所用的 162 个次无性系没有通过子代鉴定，故称为云南松初级无性系种子园。该类种子园的优点是：保存了云南松母本的优良特性，开花结实早，树形易矮化，易采摘果实，近亲繁殖可控制。但有一定数量的无性系结实少或不结实，无性系间的结实性状差异明显。

b. 云南松实生种子园：直接用云南松优树的种子育苗建园。其优点是建园程序简单。建园和子代测定可结合进行，可完成云南松优树两个世代的评选工作。云南省林业科学院曾以 6 个产地的 114 株云南松优树（家系）为材料，在宜良阳宗海林场营建云南松实生种子园 120 亩。多年来的观测看出，其种源间，家系间，家系内林木生长性状的分化较大，木纹理扭转度的差异也

大，且结实量不尽理想。

c. 云南松改良代种子园：用经子代测定评选出的云南松优良的无性系建立的种子园，国内称第一代种子园。国外称 1.5 代种子园。其林木生长性状的遗传增益比上述云南松种子园高，质量也好。当前已具备建立云南松改良代种子园的条件。其建园用的云南松优良无性系可在前期营造的云南松种源试验林、子代测定林、基因保存林等林分中评选。

②建园优树来源 利用前期评选出的不同材种的云南松优树，并在 20 世纪 70 年代以来，所营造的云南松种源试验林、母树林、优树了代林、初级种子园、速生丰产林、基因保存林中进行优树选择。这些林分的种源来历清楚，用种母树都经过认真挑选，其林龄已达 30 年以上。在其各类子测林中（经田间试验设计，环境误差已降至最低限，其采种、育苗造林及经营措施基本一致）。各处理间林木在生长量、干形材性、抗性、适应性等方面的优劣性状都表现得淋漓尽致，反映出其遗传型的好坏。从这些林分中选出的出类拔萃的优良单株，是建立云南松改良代种子园的极好材料，以此保障其建园的质量和所要达到的目的，这一举措使云南松各层次（种源间、林分间、无性系、家系间、家系内）的优良变异体遗传增益一并获得利用，会有极佳的建园效果。

在各类云南松测定林内选优，可采用简单的对比



法，把林中生长量（树高、胸径、材积）高的、明显大于对照或林分均值的林木评选出来，这就减少天然林中选优因环境差异、林龄不同带来的计算麻烦和误选的几率。也可根据历年来的观测资料，把各重复内大于周围区组、小区及小区内冒尖的林木个体选拔出来。这是一批很珍贵的云南松优树材料。根据需要可继续对评选的优树进行木材各理化性能的测定。如木材密度、纤维长度及其含量，松脂含量、力学性能等。使林木生长量和木材的理化性能二者有机结合，按各项测定值进行分类统计，依大小排序法进行优中选优。为建立各类材种的云南松改良代种子园提供建园材料。

③不同材种种子园区的构建 云南松种源间及优树间在林木生长、木材材性方面的差异显著性，已被试验和生产实践所证实。要实现云南松定向培育专项材种上的高产、优质、高效，首先须用良种作保证。

当育种项目涉及到多个材中性状，而又难以用单一的一个育种群体来取得效果时，在较大的云南松种子园内，可根据所育材种的需要，划分成不同材料的种子园亚区。如人造板材种子园亚区，纸浆材种子园亚区，高产脂种子园亚区。在每一个亚区内，所用的云南松优树材料及其育种目标应突出以本材种为主的性状，并兼顾其他性状（指标）。但不论建设什么样的材种亚区，选材及作育种评价都不能只限于一个性状（指标），而要综合考虑几个性状，这就要运用多性状综合选择指数

法。即按公式： $I = W_1 \cdot h_1^2 \cdot x_1 / \bar{x}_1 + W_2 \cdot h_2^2 \cdot x_2 / \bar{x}_2 + \dots + W_n \cdot h_n^2 \cdot x_j / \bar{x}_j$  进行综合评选（ $I$  为综合选择指数， $W_n$  为性状权重值， $h_1^2$  为性状遗传值， $\bar{x}_j$  为性状平均值， $x_j$  为性状实测值）。遗传力按下列公式估算：单株遗传力  $h_1^2 = 4\delta_f^2 / (\delta_f^2 + \delta_e^2)$ ，式中  $4\delta_f^2$  为家系间方差分量， $\delta_e^2$  为机误方差分量。

家系遗传力  $h_r^2 = \delta_f^2 / (\delta_f^2 + \delta_e^2 / r)$ ，式中  $r$  为试验重复数。

a. 云南松人造板材种子园亚区 云南松人造板材种子园亚区以培育人造板材林木用种经营目的。以林木材积、树干纹理通直度、木材密度等性状建立综合选择式方程评选其的建园优树。材积是人造板材利率的主要性状，优树林木材积按公式  $V = 0.000036 \times D_{1.3}^2 \times (H + 3)$  计算。优树材积生长量直接影响到人造板材的产量，占主要经济地位，赋予它 0.5 的权重值；树干纹理直度，它对人造板材的胶合性能、力学性能、外观、板材的优良度等影响很大，赋予 0.3 的权重值；木材密度与人造板材的力学性能紧密相关，其  $r = 0.9960 > r_{0.01} = 0.7977$ ，是人造板材力学性能的主要性状。赋予 0.3 的权重值。测定显示，木材的力学性能（抗弯强度、抗压强度、抗弯弹性模量、端面及侧面硬度）随木材密度的提高而增强。人造板材的品质也相应得到提高。优树的木材密度可用生长锥直接获取优树胸高部位的芯条

样件而测定。此方法简单可行，把候选优树的各项性状测定值代入综合选择指数方程，计算出每一株候选优树人造板材的综合选择指数  $I$  值，及全部候选优树的综合选择指数平均值  $\bar{I}$  和标准差  $\delta$  值。依次进行云南松人造板材优树等级的划分。一级优树选择指数  $I_1 \geq \bar{I} + 1.5\delta$ ，二级优树选择指数  $\bar{I} + 0.5\delta \leq I_2 < \bar{I} + 1.5\delta$ ，三级优树选择指数  $I_3 \leq \bar{I} + 0.5\delta$ 。

把所评选出的优树候选木按综合选择指数划分为 3 级，以一、二级候选优树作营建云南松人造板材种子园亚区用的优树，其三级候选优树不宜用以建园。在云南松各类测定林内选优，因类型的不同及环境的差异，所计得的平均选择指数  $\bar{I}$  和标准差  $\delta$  值会产生一定的差异，因此划分优树等级指标时，应灵活掌握。

在此亚区育种群体内选用木材产量高及木材密度顶尖的无性系建园，让其相互交配，以获取木材产量和木材密度更高的杂交组合，为培育高产优质的人造板材提供更加优良的种子。

b. 云南松纸浆材种子园亚区 从前期各类子代测定林所获资料证实，云南松种源及个体间林木的木材纤维含量、纤维长、纸浆得率都存在显著的差异，这就是选优营建云南检纸浆材种子园亚区的基础。

此亚区是为营造高产优质纸浆材为主的云南松林提供良种的种子园育种区。在评选优树上仍采用综合选择指数法，即选用材积生长量大、木材纤维长、纸浆得率

高的云南松优良家系建园。材积生长量大，纸浆得率就高，纸产量亦就高；木材纤维的长短是其所生产纸张质量的一个重要指标。云南松种源间木材纤维长的变幅为1.90~2.68mm，木材纤维越长，其所生产的纸张的撕裂度、抗拉强度、耐破度和耐折度等力学性能就强；云南松种源间的纸浆得率变幅为42.85%~46.35%。木材含纤维素高，纸浆得率就高，其是标示制浆效益的重要性状。

评选云南松纸浆材优树的方法和程序与人造板材优树的评选法相似，在适宜的种源区内评选纸浆材候选优树，把有关测定值：材积、纤维长、纸浆得率代入选择式示其选择指数I值，按数值大小排序分级，进行优中选优。

c. 云南松高产脂种子园亚区 云南松是云南的一个产脂树种。云南松林木的泌脂力在种源及个体间，均存在显著差异，其木材含脂率的高低，主要受遗传的控制。为了有效利用产脂力高的云南松优良单株，作为营建云南松高产脂种子园亚的优树按其选优条件，评选出林分中林木生长量、产脂力极显著高于对照或林分均值及对比木的高产脂候选优树，購，对其所含树脂进行松香和松节油成分和质量的测定分析。测定松脂含量的取样，可以用生长锥取其干材芯样，测定其乙醚提取物的含量；或测定侧枝轴向脂道面积比；也可在采脂季节用采脂力，割干统计产脂量。把所测定的性状值代入综合

选择式，进行分类评选。根据选择指数 I 值的大小，进行优选。经林木产脂力、生长量两选择性状的结合型选优，用以营建优质高产的云南松高产脂种子园。这是实现云南松木材、产脂双丰收的有效途径，也是走向定向培育，科学管理的有效方法。

以上所提及的三种云南松材种种子园的营建技术，其林地选择、规划、配置、嫁接、抚育管理等一切措施，均与以用材为主的种子园一致，只是选优时，突出其各自材种性状的测定和评选。

④种子园址选择和规划 云南松种子园应建在年均温  $13 \sim 19^{\circ}\text{C}$ ， $\geq 10^{\circ}\text{C}$  积温在  $4000 \sim 5000^{\circ}\text{C}$ ，年降雨量  $1000\text{mm}$  左右的亚热带气候区。且宜在地势平坦、开阔，交通便利，水源充足，土层厚度在  $1\text{m}$  以上、土壤 pH 值为  $5.0 \sim 6.0$  肥沃的 I、II 地位级林地上建园。

云南松为风媒授粉植物，其种子园四周至少  $300\text{m}$  以上的区域内不应有云南松劣质林分。若存在云南松劣质林分，应种植阔叶树林带进行隔离。云南松种子园的规划内容包括确立建园的目的、位置、规模，拟定建园方式、隔离措施、施工技术、辅助授粉技术，编制总体规划图、小区配置图，作出施工时间安排、经费预算。规划内容还应涵道路设置、球果晾晒场地以及房舍、交通工具的设置等。

在云南松种子园内，可设立种子生产区，优树收集区（兼采穗圃），试验区，苗圃，辅助生产区等。其区

划因地制宜而行，便于管理和施工即可。

⑤种子园的建设规模 云南松种子园的建设规模，主要取决于云南松人工林造林生产所需的用种量。随着科学造林事业的发展，良种和良法的有机结合。近些年来，云南松人工林多采用容器苗造林。用 1kg 云南松种子可育苗造林 100 亩左右。建成 100 亩云南松种子园，按每亩生产种子 2kg 计，可供 2 万多亩的造林用种。依此可决定营建云南松种子园的规模。随种子园林龄的递增，管理措施的增强，参建优树综合指标的完善，种子园的结实量将会逐年提高，供种量增大，而造林面积也会随年变动。

#### ⑥种子园的栽植

a. 种植密度 确定云南松种子园的种植密度，首先要考虑种子园中的林木能获得充足的花粉，其次保证林木有充足的营养和光照条件。其种植密度过大或过小都对林木结实不利，而影响云南松种子园种子的产量。一般云南松初级无性系种子园采用  $7\text{m} \times 3.5\text{m}$  的初植密度。通过后期的留优去劣，林木最终保持  $7\text{m} \times 7\text{m}$  的株行距，若配置经鉴定的云南松优良无性系林木，可采用  $6\text{m} \times 6\text{m}$  的株行距，实现一次定植完成。

云南松实生种子园，林木的初植密度可采用  $3\text{m} \times 3\text{m}$ ，每穴种植 2~3 株，采取边建园，边测定，边淘汰，边提高的改良工作，通过留优去劣，使林木最终的株行距保持为  $6\text{m} \times 6\text{m}$ 。

b. 无性系或家系的设置 为避免自交和近交，参加建园的云南松无性系数量应多一些，其遗传物质也就丰富一些。云南松无性系种子园的无性系数量一般要求有 50 个左右，最少不低于 30 个。若用经过鉴定评选的优良无性系 10 个左右也可。如果有特殊配合力很好的家系，其参建的无性系还可减少。

云南松无性系种子园的无性系配置，目的在于使参加建园的同一无性系的个体间保持最大的间隔，并力求分布均匀，避免发生近交或自交。配置时应避免无性系间出现固定搭配，以拓宽其的基因交换频率，而广泛地进行自由授粉。无性系的配置力争简单易行，便于施工及数据的收集和分析，一般常用的配置方法有：

(a) 顺序错位排列 将参加建园的无性系或家系编号。在一个横列中作依次排列，排完一行错开几位后再排下一行，以此类推（见图 4-11）。其优点简单易行，便于定植、嫁接、采果等经营活动。经过疏伐淘汰后，保留优树呈有规则的分布。其不足点在于容易产生固定邻居及其后代。

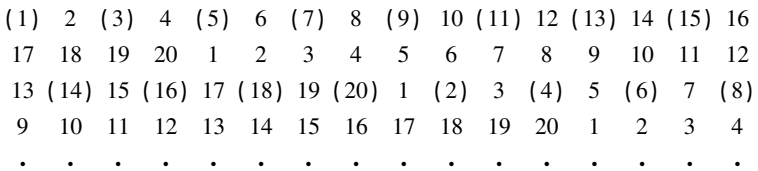


图 4-11 云南松无性系种子园参予的无性系顺序错位排列示意图

注：被（）的号为疏伐时应伐去的无性系。

(b) 完全区组的随机排列 把整个云南松无性系种子园划分成相等的若干区组，使每个区组能容纳参予的无性系。每一个区组的种植点的位置都是随机排列的。可通过查随机数字表而得随机数字进行排列，亦可将参建的无性系编号写于纸上，制成签团，混合后按抽取的无性号先后作排。抽签时若遇上同一无性系相邻，必须调整隔开，以免产生近交和自交。

云南松无性系种子园中的无性系配置方法很多，如棋盘式排列，顺序分段排列，平衡不完全区组排列等，各有优缺点，可根据实情选用。

### ⑦种子园的建园技术

a. 整地定植 云南松种子园均建于山地，地形起伏，坡度变化大，以穴状整地较为适宜，其规格为70cm×70cm×50cm。以提前整地为好，每种植穴施混合肥31.0kg，即绿肥30.5kg+0.5kg的钙镁磷肥。

云南松实生种子园 用经过鉴定的优良家系的实生苗，按已定的家系配置方案定植。每穴可定植2~3株，以利作后继的优中选优。定植时间在6~7月。

营建云南松无性系种子园用的砧苗能用优良苗更好，采用一般苗也可，定砧3年后嫁接。

b. 嫁接 营建云南松无性系种子园用的砧苗，定植3年后，已抽出健壮的主梢，此时断砧嫁接成活率高，有利于嫁接植株树冠的形成。此后，随砧苗年龄的



增加，嫁接成活率随之下降。云南松各无性系植株的接穗可在采穗圃内采集，分无性系边采边嫁接。若在原优树上采条，应剪取当年生的枝条作穗条，采条长度为10~15cm，其采条数量盈于需要量以备适量的预备条。各无性系植株的穗条采毕后，立即编号捆好系上标签。装入已备好的盛有水棉球的袋内，扎紧袋口，装箱运回。同一批穗条最好在一周内嫁接完成。

若用一年生的老枝作接穗，嫁接可在1月底至2月初进行。嫁接后随着气温的转暖，有利于接穗的成活和生长。

营建云南松无性系种子园所用的嫁接方法有：髓心形成层对接、瓶接、侧接、侧劈接、髓心对接等。下面介绍两种较为成功的嫁接方法。

**侧劈接** 将砧苗主梢下部20cm范围内的针叶全部拔除，在距其主梢基部10cm处，从表皮向下削至髓心，沿髓心继续向下纵切，而将砧苗劈成两半，形成长8~10cm的嫁接接口。剪取长10~12cm的无性系接穗，从项芽下1cm处，斜切至髓心后向下纵切，将接穗顶芽下的一半削去，得到髓心切面，长度与砧苗接口长保持一致。在其背面，仍从项芽1cm处，削去粗皮至末端，再削去一层韧皮得到形成层切面，并将末端修薄。把削好的接穗髓心切面向里，形成层切面向外，插入砧木切口，使接穗的髓心形成层与砧木的髓心形成层对准。用塑料带扎紧。接穗顶端仅留针叶2~3束，其余

全部拔掉，而告嫁接完成（见图 4-12）。嫁接后可从接穗保留针叶的颜色来判断成活与否。

**髓心形成层对接** 砧苗和接穗拔除针叶的处理方法同侧劈接。在距砧苗基部 3~5cm 处，用刀片向下从表皮斜切至形成层，然后刀片转上，削去一块韧皮的粗皮，削面长 8~10cm，露出乳白色的形成层。将 10~12cm 长的穗条，从距其顶芽 1cm 处斜切至髓心，然后刀口沿髓心向末端移动，而削露出接穗的髓心，将其髓心面紧贴砧木的形成层削面，用塑料薄膜带绑紧。其接穗顶端仍保留 2~3 束针叶，嫁接即告完成。

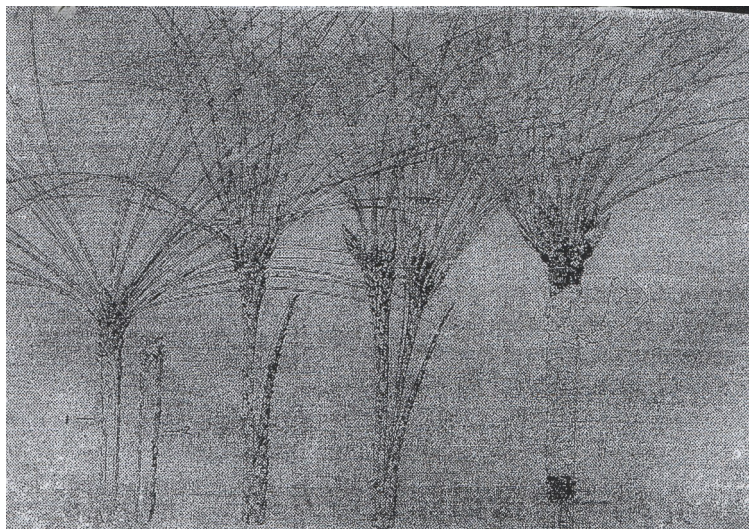


图 4-12 侧劈接程序示意图

## ⑧种子园的管理

a. 林地管理 云南松无性系种子园配置的无性系植株嫁接成活后，其嫁接苗生长较弱，又因株行距过大，园地暴露，杂草和灌木丛生，与嫁接苗争光照、争营养的状况日趋突出。因此，每年需进行一次除草、砍灌、松土的抚育工作。此项工作对云南松实生种子园依然重要。

云南松种子园园地一般应设灌溉系统。在干旱季节进行定期或不定期的浇灌。其林木在不同的生长发育期必须施用不同的肥料。如幼林期施氮肥，可促进园内林木枝条的伸展和树冠的形成；壮林期施磷、钾肥，可提高园内林木的结实量；老林期园内林木长势逐渐衰退，施用复合肥，每株施肥 50~100g。合理施肥是提高云南松种子园林木结实量的一项有效措施。

此外，对地势平坦的园地，可行林粮、林肥间作，以利林木的生长。

b. 疏伐与树形管理 根据表型观测和子代测定，对遗传品质低下，表型差，生长缓慢，树干及木纹理扭曲，结实少或不结实的家系或无性系，应予淘汰。只有这样才能完善云南松种子园中家系或无性系的组成结构，提高建园效果。

云南松林木每年生长的枝台数和枝条数均是固定的，且萌发能力极差。故采用去顶和修枝的促进结实措施效果甚微。因此，对云南松种子园林木树形的管理，着重是清除生长弱的、带病的、枯死的和不能结实的枝

条，以增强保留枝条的结实力。

c. 减少自交 由于无性系及家系间遗传特性的差异，自交不同程度地存在着，且难以避免。其表现出林木所产种子的空粒多，饱满度差，实生苗死亡率高，幼苗白化，生活力衰退等。造成此种情况的发生有内因和外因。内因主要是种内隐性致死基因的负荷。它的均值越高，空粒的频率也就越高。解决的办法是采用辅助授粉，即精选一定数量的优良花粉，并用经高温杀死的花粉或滑石粉做稀释填充剂，以优良花粉 20%，填充剂 80%的比例，混合后给林木喷洒授粉，时间以清晨无风时为宜。此法是提高云南松种子园林木种子产量和质量的有效方法；而外因是配置的无性系数数量过少，可增加建园的无性系及家系的数量扩大种子园的面积，及时清除劣质母树，建好隔离带。

d. 促进结实措施 在已建立的禄丰、弥渡、昆明三个云南松初级无性系种子园内，有相当数量的无性系林木结实少，甚至不结实。经对昆明大马山云南松初级无性系种子园，参建的 30 个无性系中的 287 株嫁接母树的结实情况进行多年的观测，结实量在 10~12 个球果的株数占 20%，而有 80% 的植株结实少或不结实。为促进母树的结实，曾选用  $L_9(3^4)$  的正交表安排促进林木结实措施的组合实验，获得的较佳组合是  $A_2C_3B_2$ ，其中  $A_2$  是结实好的禄丰樟木箐 10 号无性系， $C_3$  是每株喷施浓度为 60mg/L 的云大 120 液 50mL， $B_2$

是每株按磷肥 4，尿素 1 的比例施混合肥 1kg。实验结果，10 号夫性系中的 27 株嫁接母树，其结实株率由 62.5% 提高到 89.0%，平均单株结果数由 6.5 个提高到 42.3 年。而不结果的石屏龙朋 6 号无性系的 30 株母树，实施后仍不结实。究其原因，云南松的林木内明显存在着偏性，即偏雄性和偏雌性，所谓偏雌性就是植株上只雄球花，少有或夫雌球花；而偏雌性则植株上只有雌雄花，少有或夫雄球花；还有一种是雄转雌的现象，就是是雄花在其生长发育过程中转为雌球花，形成棒球状，在一个枝条上聚集着数十个球果，果小不易开裂，种子千粒重 10g 左右，发芽率良好。此种现象常在中幼林中出现，但为数不多。在影响云南松种子园林木结实量的综合因子中，关键是建园用的优树自身的结实力，只有其优树具各较好的结实遗传内因，加之良好的生长结实外部条件，其结实能力才能有效地发挥。若自身呈偏雄性，管理措施再好也收效甚微。因此营建云南松种子园用的优树，一定要选结实好的。

云南大学生命科学院对云南省林业科学院云南松种源试验林内 10 年生三种偏性（偏雄、偏雌、雄转雌）的植株，所作三种生化特性指标的分析测定得出：偏雄性株的鲜重针叶过氧化物酶活性（ $470\text{nm } \Delta\text{OD} \cdot \text{m}; \text{n}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ ）2.4111，大于偏雌性株的 201713 及雄转雌株的 2.2223；雄球花枝的针叶过氧化物酶是 1.4127 也明显高于雌球花枝的 0.4370。

云南松偏雌株针叶的维生素 C 含量 $[\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}(\text{FW})]$ 是 1310.8, 显著高于 偏雄性株的 217.56 和雄转雌株的 1218.84; 偏雄性球果枝的针叶维生素 C 含量是 1126.89, 明显高于 雄球花枝的 823.19. 维生素 C 是植物细胞内的重要还原物质, 在胚珠形成和受精作用期起着重要作用。

还原糖有较高的还原性, 在生物氧化中起重要作用。偏雌性株针叶的还原糖含量 $[\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}(\text{DW})]$  27.7064, 高于偏雄性株的 23.0929, 其中又以雄转雌株的还原糖含量 61.8692 显高; 雌球果枝的还原糖含量是 32.1244, 也高于雄球花枝的 14.420。

从上述三项生化含量测定值看出, 云南松不仅存在偏性植株, 就在同一植株上不同枝条间也有偏性的差异。在选优和采集嫁接枝条建园时, 都要重视结实力的选择, 有效利用云南松早期选择, 可大大提高云南松针叶中存在雌雄株间生化特性的差异, 进行结实力的高时代种子园的建设质量。⑨种子园的子代测定 云南松种子园中各无性系或家系优良的性状能否遗传给后代, 只有通过子代测定来证实。它是提高选种效果和进一步开展高世代育种提供有用材料的必经之路, 能使云南松遗传增益得到在幅度的递增。可以说子代测定是林木选育种工作中的重要环节。

子代测定的内容涵树高、树径、材积的速生性, 干形的通直圆满度, 木质纹理扭转度, 树皮的厚薄, 枝条的粗细, 分枝的角度, 冠幅的性状, 物候期, 适应性,



抗逆性（抗旱、抗寒、抗病虫害性能），木材容重，木材力学性能，纤维长，产脂量以及其他需要弄清的性状和性能。

云南松种子园能否产生优良的子代，其亲本的选配尤为重要。也就是说若建园用的优树配置得当，其林木可通过相互授粉，而产生品质优良的后代，这是林木亲本的配合力问题，配合力分一般配合力和特殊配合力。前者是指某一亲本，在其许多杂交组合中能把优良性状传递给子代的平均相对能力；特殊配合力是指某一亲本在某个杂交组合中其某个性状遗传给子代的能力。要得到林木亲本的配合力，必须对要测定的云南松优树（家系）通过杂交获取子代，而对其各性状的优良度作评定。其方法很多，现举例说明。

a. 自由授粉子代测定法 对要评定的云南松优树，按单株或家系采种、脱籽、育苗，作其子代的栽培对比测定。这是只知母本，不知父本的半同胞子代测定。其优点是测定的组合少，取得数学快，但仅能对其优树亲本作一般配合力的估量。对从石屏、禄丰评选出的 46 株云南松优树的子代测定就是其的自由授粉的子代测定。测定结果优树的入选率 30% 左右，有 13 株云南松优树与对照相比其子代各性状的遗传增益是：树高 5.1%，胸径 6.4%，材积 12.9%。木材纹理的遗传力达 95.2%。为云南松的遗传改良工作深入开展提供了材料。

b. 单交测定法 在云南松优树育种群体中，选择

二个亲本，一个作父本，另一个作母本，进行授粉交配，而不再和其他亲本授粉交配。所获子代的双亲是明确的。单交测定法的优点是杂交组合少，但只能通过其子代性状测定，对亲本提供特殊配合力的估量，存在偶然丧失较佳组合的可能性。理想的做法是先作一般配合力测定，得到配合力高的家系，再作单交的特殊配合力的子代测定。其育种价值会更高，但需时较长。

c. 半双列杂交测定法 一般不含自交和返交，交配组合数目 =  $n(n-1)/2$ ，式中  $n$  为云南松优树（家系）的亲本数，其杂交图式（见图 4-5）。它可以通过子代测定对其亲本提供一般配合力和特殊配合力的估量，并拥有大量没有亲缘关系的子代。可以说是一个比较理想的测定方法。但存在杂交组合数量多，控制授粉的数量大，随之带来的是采种、育苗、造林试验的工作量也大，不过可以有选择地，分片、分区、分期进行，以减少年度子代测定工作量压力。

♂	♀									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		×	×	×	×	×	×	×	×	×
2			×	×	×	×	×	×	×	×
3				×	×	×	×	×	×	×
4					×	×	×	×	×	×
5						×	×	×	×	×
6							×	×	×	×
7								×	×	×
8									×	×
9										×
10										×



图 4-5 半双列杂交测定图式

#### (4) 优树汇集园的营建技术

所评选出的云南松优树，都分散于云南松分布区的各地，存在寻找难，管理难，易遭破坏，种条有限等的问题。较好的办法是把它们集中起来，建立云南松优树汇集园。并可兼作采穗圃。以便于管理，且易获云南松的各优树的种条繁殖材料。

选择气候适宜，土壤肥沃，地势平缓，交通方便，有一定技术力量的地方营建云南松优树汇集园。采集每一株云南松优树的穗条嫁接 5~10 株，形成各优树的无性系（每个无性系林木集在一起），无需搞配置设计。其无性系林木的种植密度为  $3\text{m} \times 3\text{m}$ 。嫁接方法采用侧劈或髓心形成对接。

定砧时，每穴施绿肥或厩肥 30kg 作底肥，嫁接成活后，每年在嫁接植株周围进行一次松土除草，并施复合肥 100g 以加速林木的生长发育。

云南松优树汇集园的无性系测定可单独进行。较好的是与建立云南松优树采穗圃结合起来，达到一举两得的目的。测定内容含各收集云南松优树无性系的速生性、适应性、抗性、干形、木材纹理通直度、冠幅、分枝习性、枝条粗细、结实习性等。随着云南松嫁接和扦插技术的提高，给其优树无性系的测定创造了条件。在测定中要注意测定材料的一致性。如枝条的采集部位、长度、粗细、年龄、嫁接的方法、时间、药剂的处理

等。

通过云南松优树汇集园对汇集的石屏龙朋、牛达林区的 69 株云南松优树无性系的测定，得出生长缓慢的有 10 个，感染松落针病的有 5 个，树干木纹理扭曲的有 11 个。其中龙朋 89 号云南松优树，是经过初选、复选、评审认为是各性状表现最好的云南松优树无性系。

建立云南松优树汇集园，可通过无性系测定，较早地淘汰不良亲本，降低后继的云南松种子园建园风险，减少其后期的子代测定工作，对提高云南松种子园的建园质量是相当有益的。

## 五、采种育苗技术

### 1、种子的采收与处理

(1) 采种 云南松的种子生于其球果内。云南松球果两年成熟。每年的2月下旬~4月下旬，云南松成年树嫩枝基部所发育的卵圆形雄球花成熟，其鳞片（一小孢子叶）裂开，飞散出大量的花粉，与此时已成熟的雌球花受精，而形成球形的幼果。当年幼果不再增大，至第二年随着气温的升高，幼果迅速发育，体积不断膨大，至11月~12月球果颜色由原来的淡绿色或紫红色变成褐色或深绿色，标明果已成熟。掌握好球果成熟期是获得量多质优种子的关键。云南松球果一般在12月至次年的2月采收。其采收期与云南松林木生长地的海拔高度、坡向、气温、光照有关。生长在低海拔地带、南坡、光照充足地区的林木，球果成熟要早一些，可提前采收，反之则要推迟。

当前虽已建成了一批云南松种子园和母树林及制定了一定面积的采种基地，但由于面积有限，其种子产量满足不了生产所需。云南松造林用的大量种子，还得从现有的云南松天然林或人工林中采集。因此采种母树的选择尤为重要。一定要选择林分中树干通直圆满、木纹理直、生长健壮的林木作为采种母树，切忌在弯扭松、

地盘松，生长缓慢的小老头云南松树上采种，否则将给生产带来难以弥补的损失。

云南松树体高大，树冠庞杂，加之球果柄短，着生坚固，采收较为困难，长期以来多采用砍枝采果的方法。这种方法严重影响了林木的生长、结实，故而不可取。为保证采种林分的持续经营利用，保护好母树，可人工上树，使用 Y 形的小铁叉从果柄处铲下球果，或用带把的镰刀钩枝摘取球果，也可用高枝剪采摘球果，这些方法都有利于保护母树。

(2) 种子调制与贮藏 把采集到的云南松球果堆放于水泥地或砖石铺成的晒场上或放于竹蓆上，簸箕、箩筐内。应避免堆放于潮气较大的土质场地。为减少鸟鼠啄食种子，晒场四周不要有高大的树木。晒场上的球果不宜堆得太厚，要摊得薄一些，使之受热均匀，球果的开裂程度亦就基本一致。出籽率也会高一些。对于不易开裂的球果，每天晚上把它们堆积起来，洒上一些水；对部分含脂量高的球果，可用 50℃ 的热水、浸泡一下，于第二天摊开曝晒，让这些球果的水分很快蒸发，产生较大的收缩力，而促成果鳞迅速裂开，很快脱出种子。在球果摊晒期间，每天都要收集脱出的种子。除去种翅和一切杂质就得到纯净的云南松种子。云南松的球果出籽率一般为 2%~4%。

将获取的纯净种子晾晒一天，使种子的水分保持在 9% 左右。然后装入麻袋放入干燥、通风良好的仓库内

贮存。仓库内放一些灭鼠诱饵，以防鼠害，这种贮藏方法简单适用。对种子当年的遗传品质和播种品质影响不大。

(3) 种子品质检验 云南松种子的品质包括遗传品质和播种品质。遗传品质含各性状的遗传力，它是通过育苗栽培观测来认识的。播种品质的优劣是用种子的纯度、重量、发芽率、发芽势等项指标来衡量的。纯度：是纯净种子的重量占检验样品总重量的百分比。云南松种子重量用千粒重来表示，它与种子的长度、宽度呈正相关。千粒重越重，表明种子颗粒大、饱满，种子品质好，其发芽率、发芽势、成苗率都比较高。对各云南松种源种子的测定显示，云南松种子的千粒重为 10.4~22.8g。云南松种子的发芽率是指在规定的 21 天内，发芽种子数占供检验种子总数的百分数。而云南松种子的发芽势是指在发芽高峰期前种子发芽数占供检验种子的百分数。

云南松种子的发芽率和发芽势的测定可结合重量测定进行。即从测重种子中随机抽取 4 组，每组 100 粒，用 40℃ 的温水浸泡 24 小时后，分组置于 4 个玻璃器皿内，并放入发芽箱中。将发芽箱的温度调到 25℃ 恒温。每天保持 12 小时的光照。无发芽箱设备的可摆放于常温下观测。按规定于放种后的 1、3、5、7、10、15、20 日进行种子的发芽状况观测记载。实验结束后分别统计种子的发芽率、发芽势，并对未发芽的种子进行解

剖观测，找出不发芽的原因。

云南松种子的场圃发芽率是结合育苗生产在苗圃地内进行。在大面积的生产性育苗地内安排一定面积的试验圃地或设置一定数量的样方，在其内播入固定数量的种子，待种子发芽出苗整齐后，统计出苗数，即可计算出云南松种子的场圃发芽率。它既实际，又很实用，能够提供生产上用苗的准确数据。

## 2、田间育苗技术

(1) 苗圃地的设置 云南松育苗用的圃地应尽量选择在造林地附近或造林地内，以便就地育苗就地造林，而减轻运苗负担，又能提高造林成活率。但要在有水源，交通方便，地势平坦、向阳，排水良好，无涝害，能容纳造林用苗的地块上设置苗圃。为防止苗木出现病害，选取生荒地建圃为宜，一但采用熟地作圃，必须对圃地进行全面消毒，或作换床处理。就是在苗床上填铺厚 2~3cm 的生地土或营养土。圃地内按常规设置苗床、通道等设施。其育苗床宽以 1.2m 为宜，便于浇水，除草等的管理。苗床之间设置 30cm 宽的步道。

### (2) 实生苗繁育

①容器苗培育 随着良种化的深入和发展，云南松的造林育苗技术也在不断地完善和提高。由过去粗放的飞播，撒播、直播发展至目前的容器育苗植树造林。这可以说是云南松造林史上的一个飞跃。

云南松容器苗的培育应做好以下 3 个环节。

a. 育苗基质的配制 多年来的育苗实践表明，用天然菌根土，生地土，火烧土，接种彩色豆马勃真菌，和加适量的钙镁磷肥配制成容器育苗基质。可以获得较好的云南松容器苗育苗效果。在云南松与一些阔叶树的混交林内，常年有黄乳牛肝菌（*Suillus pusieum*）和彩色豆马勃（*Pisoeithus finecorius*）子实体长出的地方能选到较好的天然菌根土。取土时首先清除地表的枯枝落叶，杂草灌木，挖取土层 25cm 以内的土作菌根土。此土层内的土壤含外生菌根菌较多，它们不仅依靠树木存活和生长，更重要的是能增强寄主松树根系的吸收能力，提高树木的抗病性，而促进树木的生长发育。育苗基质中的生地土可在圃地附近找到。在其土层厚，无石砾的地方挖取土层 50cm（以内）的土壤作生地土。其一般偏酸性，含病菌少或无菌，有的还有灭菌作用。切忌取熟地土作育苗基质，因其含病菌多，会使育苗失败。至于火烧土，可收集圃地附近的枯枝落叶，及铲下的杂草灌木，连带土壤混合燃烧，烧透冷却后即可应用。其特点是无菌，通透性好，含灰肥，有利苗木根系的生长。每年的 7~8 月是彩色豆马勃子实体大量繁殖成熟的季节。在云南松纯林或云南松与一些阔叶树种的混交林下均有生长。成熟的彩色豆马勃子实体呈黑色，把它们收集起来放于室内晾 2~3 天，干燥后的子实体就开裂，其粉末状的黑色孢子粉就会散出，可收集放入

冰箱备用。而基质中所用的钙镁磷肥，可从市场上购到。

将上述备好的各种物质按：生地土 50%，火烧土 28%，菌根土 20%，钙镁磷肥 2%，彩色豆马勃真菌孢子粉少量的比例充分混合后装入规格为 12cm×6cm 的塑料容器袋。袋内的混合基质一定要填满压实。将装好育苗基质的容器袋整齐地排列在圃地上，每行 20 袋，以备播种。

在配制育苗基质时，以几种成分都能配齐为最佳。若有缺项可因地制宜地配用。在天然菌根土比较丰富的地方，可专用它作育苗基质，若彩色豆马勃真菌少，可用其孢子粉直接拌种，其育苗效果也不错。但在育苗基质中，切忌用含氮量高的肥料，如尿素，碳酸二氢氨之类的肥料。

b. 把握好播种育苗时间 云南松容器苗的播种育苗较好的时间在 3 月初。此时正值云南低温低湿的季节，种子发芽出土成苗后，不易发生猝倒病。随着气温的上升，苗木生长迅速，苗木木质化程度不断提高，抗病性也逐步增强。进入 5 月后，随着雨季的到来，高温高湿的天气是苗木各种病害发生的高峰期，但随着苗木木质化程度的提高，此时的云南松容器苗对病害已有很强的抵抗能力，而能健康地成长。进入 6 月份苗龄达 3 个多月，用此健壮的云南松容器苗造林，成活率可达 95% 以上。



c. 采取恰当的播种措施 播种前，为防鼠害，可在圃地周围安放下毒饵，以诱杀鼠类。这一措施在山地新开圃地尤为重要。播种前一天，先用 40℃ 的热水浸泡种子到自然冷却，就此除去空粒杂质，再用 0.5% 的高锰酸钾或多菌灵液浸泡种子 10 分钟，以作种子的消毒处理，晾干而备作播种。播种时，在有彩色豆马勃菌剂条件下，按 0.5% 的比例拌种，使菌剂附着在种子上。每一容器袋播种 2~3 粒，播后覆盖上 0.5cm 厚的营养土，为防止袋土水分的大量蒸发和鼠害，可用松叶或草秆覆盖苗床，及时浇水，此后进入精细的育苗期管理阶段。待苗出齐后要揭去苗床的覆盖物。

成熟的云南松种子卵圆扁平形。其种皮分三层，外种皮薄，呈黑褐色；中种皮厚而硬，内种皮呈棕红色薄膜状，包住种仁。播种后种子吸水膨胀，胚乳体积明显增大，胚根从种孔突破种皮而出，子叶下胚轴迅速伸长，大约 10 天左右，子叶顶着种壳出土，历经 15 天时间种壳脱落，子叶张开。初出土的云南松苗子叶 5~8 枚，不久次生针叶长出，约 34~73 枚。云南松苗期的营养物质，主要靠胚乳和胚供给。当苗木根系出现后，其主根生长较快，3 个月生时，苗根长达 14.4~30.4cm，而地上部分生长缓慢，苗高在 5.0cm 左右。

②裸根苗培育 云南松裸根苗的培育宜采用条播育苗，即在平整好的苗床上挖出宽 5~8cm 的播种沟，将种子均匀地播于沟内，播后覆盖上厚 1cm 左右的营养

土，播种沟间距 8cm。也可采用撒播。将种子均匀地撒在苗床上，播后同样用营养土覆盖。播种时间，播前对种子的处理，以及播后所采取的措施，均与容器育苗培育相同。云南松裸根苗培育省工、省时，较为经济，且便于管理，但起苗、运苗、种植时，容易损伤苗木的根系，给其的造林成活率带来不良的影响。

(3) 无性苗繁育 云南松的无性苗繁育技术有：嫁接、扦插。嫁接主要用在采穗圃、优树收集区、无性系种子园的建设上。而扦插繁育，是为营造大面积的云南松工业用材林提供扦插苗。它具有成本低、见效快、效果好、能够保存母本所具有的一切优良特性的特点。云南松种内存在一定的性别偏性。一些偏雄性的个体，它们具有生长快、树干圆满、木质纹理通直、材质好、出材率高等的优点，但这些植株却不结实，或结实少。为充分利用它们的优良性状，只有采取扦插等无性繁殖手段来扩展这一优良基因型资源。无性系育种比表型混合选择育种效果好得多，通过无性测定，把优良夫性评选出来，建立采穗圃。大量培育扦插苗及其他无性系苗木供其造林用。

此处仅介绍云南松的扦插育苗技术。先铺设长 3m，宽 1m，高 20cm 的细河沙插床，扦插前 2 天用 0.5% 的高锰酸钾进行插床消毒。

①插条的选取和处理 用云南松 1 年生植株上的主梢和萌发出来的嫩枝作插条。可在已建立的云南松采穗

圃内剪取健壮、无次生针叶、无病虫害，保存完好的嫩梢作插条。插条长 5~7cm，其基端平整，除掉基部 2~3cm 处的针叶。将剪好的插条整齐地排列于器皿内，用 30~35℃ 的温水浸泡其 1~3cm 的基部 3 小时，然后用 800 倍的多菌灵液对插条进行消毒处理，再将消毒后的插条用萘乙酸激素溶液浸处理。然后开穴扦插，其扦插深度 3~4cm，稍加压实插条周围基质，此后在苗床上搭盖高 80cm 的塑料薄膜拱棚，适时浇水，使棚内湿度保持在 80%~90%。温度高于 28℃ 时应通风。插后，每半个月喷多菌灵液一次。

相关的实验结果表明，用浓度 200mg/L 的萘乙酸溶液，浸泡云南松插条 2 个小时后扦插，其插条的生根率可达 80% 左右，能取得良好的扦插育苗效果。

②扦插苗的移植 扦插育苗 3 个多月后，云南松扦插苗长出了较多的侧根，此时苗木的主芽生长健壮，苗木木质化程度有较大提高，抗逆性有所增强，可出床转袋移植。首先将其扦插苗移植到容器内，继续培育。其育苗用土只能用无菌的生土，不能用有机肥，也不能施化肥。待移植袋苗成活长壮后，才能适当施肥。给苗木施肥宜少量多次，肥量逐步加大。待扦插移植苗培育 2~3 月后，才能出圃造林。

### 3、田间育苗管理

不论培育何种云南松苗，浇水保持圃地和容器土壤

的湿润，是一项最基本和最重要的管理工作。随着苗龄的递增，圃地的杂草相继出现，及时清除圃地杂草亦是一项日常工作。圃地杂草应坚持除小，除早，除了的原则。与此同时进行间苗管理。把圃地和容器内长势弱的、染病的、过密的苗木间掉。为保留的松苗创造更好的生存空间。

防治病害亦是云南松苗培育中的一项管理工作。松苗猝倒病是危害其幼苗较严重的病害之一。在云南松种子萌发出土后的任何一个时期都会发生。一是当云南松种子萌发尚未出土时，就会感染上此种病害，使其种芽腐烂在土里而造成缺苗。诱因是种子覆土过厚或苗床土壤板结所致。二是在云南松种子发芽出土成苗期间，遇上高温高湿天气，加之苗木过密，通风透气性差，苗木会感染上此病。其茎叶发生腐烂而导致松苗死亡。三是在云南松苗出土一月内，若苗床遭严重水渍。四是在云南松苗龄达2月后，虽苗茎部的木质化程度已提高，但该病菌可从云南松苗的根部表皮或侧根处侵入，使苗木发病腐烂而死亡。

引起云南松苗木猝倒病的病原菌有：立枯丝核菌 (*Rhizoetonia soloni*)，瓜果腐霉 (*Pythium aphanidermatum*) 和尖镰孢 (*Fusarium axysporum*) 等菌。这些病原菌在云南分布广，适应性强，很难根治。它们可单独或同时侵害云南松苗。以植物的残体为养分，多生于土壤表层，当环境条件适宜其生长时，发展很快，一次病程

只需 3~6 小时，每次的病死菌又成为病菌的营养物质，继续扩大蔓延，造成更大的危害。

对云南松苗猝倒病的防治，应从其育苗程序中的每一项工作做起。所需种子应从健壮母树上采集，应从选择地势开阔，光照条件好，排水顺畅的生荒地作圃，用无菌的营养土育苗，适时播种，覆土不要太厚，保持圃地土壤的疏松透气性等一系列措施，以保障所培育的云南松苗木不受猝倒病的侵害。此外，在云南松的育苗期间，加强观测，定期给云南松苗喷洒 0.5%~1% 的波尔多液或 0.5% 的高锰酸钾溶液。一但发现病株即时拔除，并用浓度 0.1% 的多菌灵或浓度 0.15% 的百菌清喷洒，也可用 0.14% 的敌克松溶液浇灌等进行防治。

## 六、造林技术

云南松的造林分为植苗造林、直播造林、飞机播种造林等。

### 1、造林地选择

云南松是一个生态环境适应幅度较宽的树种。在其分布区的贫瘠干旱的立地条件下林木也能生长。但云南松林木生长较好、出材率较高的地区是发育在砂岩、页岩、玄武岩上的红壤、紫色土，深厚肥沃疏松、水湿条件较好，地势平缓的山坡中下部，为 I、II 地位级的造林地。海拔高度在 1500m~2500m，夏无酷暑，冬无严寒，全年气候温和，年均温在 13℃~19℃， $\geq 10^{\circ}\text{C}$  的积温在 4000℃~5000℃，年降雨量 800mm~1200mm，相对湿度 60%~80%，土壤的 pH 值在 4.5~6.0 的地带，都是营造多功能、多材种的云南松人工林的理想之地。但在云南松适生区内，存在着大量土层瘠薄的山地，在这些地区营造云南松人工林，只要采取良种和良法相结合的科学造林方法，林子也能长好，也能获得较高的经济及生态效益。

### 2、植苗造林

云南松植苗造林又分为容器苗和裸根苗植苗造林。

### (1) 容器苗植苗造林

云南松容器苗植苗造林由于成活率和保存率较高，林木生长健壮，实现了一次性成功造林，而为营林部门所采用。云南松容器苗造林宜用规格为  $12\text{cm} \times 6\text{cm}$  塑料的容器袋苗，其具有装土少、运输方便、节约经费等优点。3月初育苗，6月中旬出圃造林，苗龄100天左右。其容器苗出圃造林的合格苗木标准是：苗高在  $5\text{cm}$  以上、径粗  $0.2\text{cm}$  以上、有健壮的顶芽、苗干直立、无病虫害、无机械损伤、针叶翠绿的苗木。此期间针叶发黄，苗干纤细、无顶芽的云南松容器苗视为不合格苗，不能用于造林。

对杂草灌木，特别是紫茎泽兰〔*Eupatorium adenophorum* (Ageratina a.)〕生长旺盛、盖度大的造林地采用云南松百日苗造林往往得不到好的效果，可采用容器规格为  $15\text{cm} \times 10\text{cm}$  的1.25年生容器苗造林（头年3月育苗，次年6月中旬出圃），其苗高  $11.6\text{cm}$  以上、地径  $0.96\text{cm}$  以上。

云南松容器苗出圃搬运时，要轻拿轻放，以防容器内土团破碎损伤苗木根系。一旦发现容器中的土团松散、破碎可用手挤捏紧实，以保持容器土团的整体性。待雨水下透后的6月中下旬定植。定植时一定要将容器去掉，特别是塑料容器不易腐烂，若不去掉，会束缚苗木根系的向外延伸，而影响植株的后期生长。将保存完整的带苗土坯端正地放入已整好的穴内，用周围的土壤

填实压紧，覆土稍高于苗木的根际或与之齐平均可。

## (2) 裸根苗造林

培育云南松裸根苗比培育容器苗省工、省时、省钱，且技术操作简单，成苗率高。适于造林用的云南松裸根苗以百日苗为好，因百日苗根系较小，起苗时对其损伤程度小，故采用此苗龄的云南松裸根苗造林较为适宜。大龄的云南松裸根苗，根系庞大，起苗时容易受损，从而影响造林成活率。裸根苗的起苗时间，最好安排在早上、阴天，或者设置一定的遮阴条件，以防止强阳光灼伤苗木幼嫩的根系。所起苗木应尽量多带泥土保持根系的完整。并把握好起苗时间与定植时间的衔接，做到随起、随运、随定植。掘起的幼苗要包装好，很快运往造林地。当日起的苗当日种植完，切不可隔日再用。定植时根系在塘内呈舒展状态，而与塘内土壤紧密接触填实压紧，定植苗很快就生长出新的根系，裸根苗成活率就有了保证。

云南松的植苗造林整地方式，以采用规格为  $30\text{cm} \times 30\text{cm} \times 20\text{cm}$  或  $40\text{cm} \times 40\text{cm} \times 30\text{cm}$  的小块状整地为好，按设计好的种植株行距，以种植点为中心，铲除其  $40 \sim 50\text{cm}$  范围内的杂草，然后按上述规格挖塘。整地时间最好安排在植苗造林前的冬季，即  $11 \sim 12$  月或造林当年的  $1 \sim 2$  月。翻挖的种植穴，经冬春的霜冻及长达 6 个多月的风吹日晒，种植穴土壤中的一些病虫会被杀死，土壤亦变得疏松，所含的有机质亦有改善。穴内土



温升高，有利于种植苗的成活和生长。

坡地造林地的整地沿等高线自下而上进行，行列间对应衔接，株行距较为规整。块状整地不会造成水土流失，穴内雨水可以慢慢渗入地下，还会对降雨所造成的地表水有一定的拦截作用，减轻了新造林地的地表径流，保持了土壤的湿润性。

云南松人工用材林的植苗造林株行距可采用  $1\text{m} \times 1\text{m}$ 、 $1\text{m} \times 1.5\text{m}$ 、 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$  或  $2\text{m} \times 1.5\text{m}$ ，其种植密度为每亩 222~666 株。造林 5 年后林分逐步进入郁闭状态，林木株间竞争加剧，随机可根据需要进行间伐，提供一定数量的薪柴和小径材之类的用料，以满足山区群众生产生活的需材。经几次间伐，最终可培育成大、中径级的云南松优质用材林。对一些交通不便的边远山区，中途间伐下的木材难以运出销售的地区，主要以培育大径级的云南松工业用材为主，其造林的株行距可采取  $2\text{m} \times 2\text{m}$  或  $2\text{m} \times 2.5\text{m}$ ，每亩定植 134~167 株，中途经过少量的间伐，即可实现培育大径级云南松用材的经营目的。

### 3、人工直播造林

云南松人工直播造林是营林部门长期采用的造林方式，至今仍在沿用。其造林方法是把云南松种子直播于造林地整好的种植塘内。只要选好种，抓住雨季到来前 10 天左右，即每年的 5 月下旬至 6 月上旬，雨水来临前或雨水透地后播种。此时气温、地温均高，且土壤水

分适宜，云南松种子很快就可发芽出土。播种 10 天左右松苗即可出齐，并能迅速健康地成长。云南松的人工直播造林主要采用塘播。应提前整地，即在头年的 11~12 月整地，其塘的规格多用 30cm×30cm×20cm。也可用小锄边整地边播种，其塘的规格小一些，即 15cm×15cm×10cm。塘内的土块必须打碎整平。在塘中心挖一小穴，每穴播种 3~5 粒，均布于穴内，覆土厚 1cm。这种方法适宜于大面积的云南松荒山造林，比起云南松植苗造林，方法简单，容易操作，成林快，省工、省时，减少了育苗、运苗、管理方面的费用。

有的山区群众，曾用农林混播法和牛犁带状整地直播法进行云南松的播种造林。此法主要用于退耕还林地或地势平缓土壤肥沃疏松的小地块。将云南松种子与荞麦种子混合，撒播在已整好的耕地内，待荞麦收割后，留下云南松苗继续生长成林，其效果也很好。

#### 4、飞机播种造林

云南松的飞机播种造林，是利用云南松天然更新能力强，有飞籽成林的特性的一种造林方式。虽然比较粗放，但不失为一种加快荒山绿化营造云南松林的方法。特别对荒山面积大、人口稀少、交通不便的边远山区，它具有速度快、工效高、省劳力的优点。

云南松的飞机播种造林始于 1960 年。先后在昆明、曲靖、昭通、保山、丽江等 12 个地、州、市的 60 多个

县利用飞机撒播云南松种子，造林约 2100 万亩。云南松飞机播种造林的实践证实，其造林成功与否与造林地的地形、地势、土壤、植被，所用云南松种子的品质，飞机播种的质量，飞播当年的气温、降雨量，鸟、鼠害的危害程度及播种后的管理等有着密切的关系。

云南松飞机播种造林的成苗率在缓坡（ $6^{\circ} \sim 15^{\circ}$ ）和斜坡（ $16^{\circ} \sim 25^{\circ}$ ）地可达 87%，明显高于陡坡和急坡地；在阴坡和半阴坡地其成苗率达 62.3%，高于阳坡和半阳坡地的 37.7%。在雨量充沛，年降雨量在 800mm~1000mm，且雨季开始早，旱季短，年相对湿度在 75%左右，冬季多雾，土壤营养层在 40cm 以上的湿润地段，且植被覆盖度在 40%~70%，高度在 100cm 以下（云南松种子落地后因受草被遮拦而不易被雨水冲走，并通风透光好），成苗率达 60%以上，其幼苗生长健壮，成林的可靠性大。

对云南松飞机播种造林的成效调查得出，有相当大面积的飞播造林后的云南松林林木生长不良，弯扭松株率的比例很高，成林不成材的状况突出。究其原因与用种质量关系密切。云南松飞机播种造林用种量大，在提倡良种造林的今天，所建的云南松良种基地生产的种子远满足不了飞播对其种子的需求。唯一的只有在与飞播造林地气候条件相近的云南松生长较好的林区采种，才能使飞播用种质量得到提高。

为提高云南松飞机播种造林的成功率，造林前应尽

力为其创造一些必备的条件，如在飞播造林当年的2~3月对植被盖度较大的区域进行人工控制炼山，使飞播的云南松种子能顺利地落地出苗，健康成长。飞播造林后，加强护林防火，病虫害防治的工作。

不论采用何种造林方法，在造林当年的9~10月，应对其云南松的造林成活率作全面调查。调查方法分临时标地法和路线法两种。飞播造林采用样地调查为好，而植苗造林采用路线调查法适宜。路线调查比较灵活，代表性也强，从山脚至山顶设调查线，或沿等高线设调查线。沿所设调查线，固定数取一定的穴数，统计成活和死亡的云南松苗木数量，最后统计测算出该造林地的云南松造林成活率。若成活率达不到85%就得补植补造。

## 5、混交林的营造

营造云南松与阔叶树种的针阔叶混交林比营造云南松纯林，能提高单位面积的木材产量，增强林地水源涵养能力和生态功能，提高土壤肥力，维护和改善林木的生产力，增强林木对病虫害的抵抗能力，是培育多功能、多材种多效益人工林的有效方法。

对石屏牛达林场营造的云南松、红木荷混交林的调查结果表明，在海拔高度1800m、坡向、坡度、林分年龄、林木密度大致相同的条件下，其云南松、红木荷混交林单位面积的生物量为 $116.9\text{m}^3/\text{hm}^2$ ，而云南松纯林

为  $88.6\text{m}^3/\text{hm}^2$ ，比之高出 31.9%。其云南松针阔叶混交林的树种组成比一般是 4:1，即云南松占 80%，阔叶树占 20%。此树种组成较适宜。其混交林中林木的生物量和蓄积量均较大。若混交林中的阔叶树种的比例小于 10% 或大于 20%，其林木的生物量和蓄积量均呈下降趋势。如当混交林中的阔叶树种占 8% 或 22% 时，每公顷木材的蓄总量为  $110\sim 78\text{m}^3$ ，而当混交林中的阔叶树种占 4% 或 24% 时，每公顷的木材蓄积量就只有  $53\sim 63\text{m}^3$ 。这对培育云南松与阔叶树的混交林具有一定的参考价值。

营造云南松与阔叶树种混交林所选用的阔叶树种，可根据各地的气候、地形地势、土壤等条件选择。如麻栎 (*Quercus acutissima*)、栓皮栎 (*Q. variabilis*)、银木荷 (*Schima argentea*)、高山栲 (*Castanopsis delavayi*)、黄毛青冈 (*Cyclobalanopsis delavayi*) 等。也可营造云南松与其他针叶树种组成的多种针叶树种混交林，如云南松与华山松 (*Pinus armandii*)、云南油杉 (*Keteleeria evelyniana*) 等组成的混交林。云南松与其他针叶树种的混交，可加大其伴生树种的组成比例，如 7:3、6:4 等。这种混交林比云南松纯林的效益要好，但比云南松与阔叶树种的混交林效益则差。

营造云南松与阔叶树种的针阔混交林或云南松与其他针叶树种的混交林，其混交方式可采用行状混交或块状混交，株间混交，关键是树种的组成比要搭配得当。

## 七、育林期的营林技术

### 1、林地的管理

造林后的云南松林地，杂草、灌木会不断涌现，有的生长速度超过了云南松苗，造成与松苗争水分、争营养、争空间的势态，给云南松苗生长带来不利。因此于造林当年的9~10月应对云南松林地进行一次松土除草、割灌的抚育管理工作。以所植的云南松苗为中心，铲除其40cm范围内的杂草、灌木，并围绕松苗进行松土，其松土深15cm~20cm。在松苗上方挖一塘穴，将铲割的杂草、灌木，并加6g复合肥混合后埋于坑内，让其腐烂提高林地土壤的肥力。结合松土、除草和施肥工作，可对缺塘进行补植补造。在铲草、割灌、松土的过程中切忌损伤松苗的根系和地上部分的苗株。云南松苗有三年的蹲苗期，故造林后的三年内，最好每年进行一次砍灌除草、松土施肥的抚育管理工作。随着云南松树龄的增加，其植株所需营养也在提高，因而施肥量也要不断增加。但应注意在云南松人工林的幼树阶段不能施用含氮量高的化肥，如尿素、硫酸二氢铵等。

### 2、林木的间伐抚育

(1) 间伐抚育的时间 云南松人工林在造林后三

年内的幼树阶段，其林木生长缓慢。三年以后，随着林龄的递增，林木的生长逐步加快，因此有三年不见树，五年不见人的说法。五年以后林分逐步进入郁闭状态，林木个体间的竞争日益加剧，自然稀疏随即到来，优留劣汰的林分态势逐年明显，这是符合自然分化法则的。在自然状态下，云南松人工林林木的分化速度是缓慢的。为加速林分中优势木的生长，提高单位面积的木材蓄积量，必须通过间伐抚育的人为管理活动调整林木间及林木与环境间的关系，在单位面积上保留合理的林木株数，为保留木创造良好的环境条件，以满足它们生长发育过程中对养分、空间的需求，以获得较佳的木材生产量。

云南松人工林林木的间伐抚育工作，从造林规划起就应加以考虑。按经营的目的，造林地的肥力状况等而确定该云南松人工林的种植密度，制定相应的间伐抚育措施。如培育中、小径材的云南松人工林种植可密一些，在土壤较为肥沃的Ⅰ、Ⅱ地位级的林地上，其林分的郁闭来得早，一般8~10年就进入郁闭状态，紧结着就要进行间伐抚育。其间伐的时间早，次数也多。若是培育大径材的云南松人工林，种植的株行距较大，林分郁闭也就来得迟，间伐抚育的次数也相应少一些。总之在云南松人工林的整个经营过程中，都要把投入与产出紧密结合起来，实行节约经营的方针。依据云南松人工林的经营目的，采取适宜的种植密度，可以节约造林材

料，减少整地经费，减轻间伐抚育工作的压力。

云南松人工林间伐抚育开始的时间，可根据林分的郁闭程度、林木的稀疏状况而定。一般在林分 10~15 年生期间开始第一次间伐抚育，以后每隔 3~5 年进行一次间伐抚育。

(2) 间伐抚育的对象 云南松人工林进入郁闭状态后，个体间的生存竞争加剧，林分中生长健壮的 I、II、III 级木，占据着林冠上层，处于主林层的地位，而生长缓慢的 IV、V 级木则处于主林层之下，是每次间伐抚育主要淘汰的对象。此外，林分中树干弯曲、木材纹理扭转度大、品质低劣、一塘多株、染病的植株亦是每次间伐抚育必须砍除的林木。在实施间伐抚育的过程中，还要注意调整林分中林木的密度，增大保留木的生存空间，使其优良性状得到有效的发挥。

云南松人工林实施抚育间伐应严格遵守留优弃劣的原则。每次间伐抚育的过程中，都在做保留生长优良的林木去掉劣质的林木的工作，以不断的提高林分的经营水平，以培育高产、优质、高效的云南松人工林。

与间伐抚育的同时，对保留下来的云南松优良木也要进行适当的修枝，保留林冠上层 5 台左右的枝条，砍除其以下的枝条，使更多的营养物质集中供应主干的高、径生长。修枝时枝桠不能留得过长，以免影响将来的用材质量，要求留下的枝痕与树干切平。几年后主干就会把枝痕包容起来，这是培育云南松无节良材的有效



方法。

对云南松与其他阔叶树种的混交林实施间伐抚育也很重要，其间伐抚育的目的是使该混交林内各树种的林木结构配置得当，而能有效地发挥混交林的功能。

云南松与其他阔叶树种的混交林，其经营的主体是云南松林木，阔叶树所占比例不能过大。在该阔叶混交林内的局部地段因阔叶树的萌生能力较强，会成片、成丛地生长，对其周围生长的云南松林木造成威胁，就应对其阔叶树进行适当的间伐，把过密的阔叶树砍掉，使阔叶树按 20% 以内的比例均匀地分布于林分内，使其针阔叶树种的林木间相互协调，彼此促进，充分发挥混交林的功能。

### 3、病虫害控制

(1) 蛀干蛀梢害虫 云南松的蛀干蛀梢害虫主要有：松纵坑切梢小蠹 (*Tomicus pinipedol*)，横坑切梢小蠹 (*Tomicus minor*)，松梢螟 (*Dioryctria splendidella*)，云南松干蚧 (*Matsucoccus yunnanensis* Ferris)，松文象甲 (*Involvulus* sp.)，云南木蠹象 (*Pissodes yunnanensis*)，松六齿小蠹 (*Ips acuminatus*) 等多种。它们以蛀食云南松树干树梢为主。

纵坑切梢小蠹和横坑切梢小蠹是分布广、危害性最大的云南松林木蛀干害虫。它们同属于鞘翅目，小蠹科，林小蠹族。该两虫的区分点在于：鞘翅上有由刻点

组成的行列 10 条，行列间有粒状突起。纵坑切梢小蠹从翅鞘的内缘起，第一与第二列间，近翅端的  $1/3$  处粒状突起消失，并向凹陷，而横坑切梢小蠹鞘翅第二沟间部不凹陷。它们的幼虫，成虫都在树内取食，给防治带来了困难。在此两种虫害的危害过程中，还伴生性地带入一些病原菌，对松树造成双重危害。此两种蠹虫对云南松林木具有混合危害的特性。首先是纵坑切梢小蠹虫蛀入树干，其所形成的母坑道纵向与树干相平行而向上伸展。当被害木长势衰弱时，横坑切梢小蠹趁虚再蛀入，其所蛀的坑道横切树干韧皮部和木质部输导组织，而切断了林木营养和水分的供应，从而加速了被害云南松林木的死亡。在两种害虫混合危害的情况下，各对树干的危害部位有所选择。纵坑切梢小蠹主要蛀食树干的中上部，而横坑切梢小蠹主要蛀食树干的中下部。雌虫产卵时，纵坑切梢小蠹多选择皮薄的树干，而横坑切梢小蠹多选择厚皮树干。两种害虫的成虫在补充营养时均以嫩枝新梢为对象，使新梢受害枯死，树高生长受到抑制。两种小蠹害虫在云南的 15 个地州，15 个县市均有分布。1986 年以来，滇中地区的海口林场，滇西的清华洞林场，滇东南的蒙自芷村林场，数十万亩云南松中幼林，曾遭此两种害虫毁灭性的危害，造成了巨大的经济损失。

松梢螟是云南松的主要蛀梢害虫，以幼虫蛀食云南松林木的主梢造成受害，少有蛀食侧梢或球果的。松梢

螟多以 10 年生左右的云南松幼树为蛀食对象。其幼虫还能穿凿孔道蛀食云南松树的树干韧皮和边材部。云南松树的主梢被害后，梢头呈钩状弯曲枯死，又从被害梢基部长出丛状侧枝，其中由一生长旺盛的侧枝代替被害主梢继续向上生长，从而降低了林木的长势，甚至使主干产生弯曲，严重地影响了木材的质量。松梢螟在云南一年发生二代，生活史不整齐，有世代重叠现象。

云南松蛀干、蛀梢害虫的危害活动很隐蔽，初期不易察觉，当发现树木针叶枯黄时，已失去了有效防治时机。且大面积危害时，给防治带来了极大的困难。因此加强预防，避免其虫害的发生发展极为重要。对于此 3 种云南松树的蛀干、蛀梢害虫可采取以下的防治措施。

①加强预测预报工作 建立预报组织，采取专业与群众相结合的方法，发动护林人员注意观测虫情，及时发现虫害植株，发现一株，即时清除一株。本着治小、治少、治了的原则，控制其虫口密度，把它们消灭在始发期，而阻止扩大繁殖危害，以达彻底防治之目的。

②大力营建云南松与阔叶树种的针阔叶混交林 在云南松的针阔叶混交林中，乔、灌、草种类繁多，其天敌种类亦具多样性，而可有效地控制这 3 种虫害，实践证明，云南松与阔叶树组成的混交林抵抗小蠹虫发生的能力比云南松纯林高 3 倍。

③对林分施行间伐抚育 对云南松人工林施行定期合理的间伐抚育，是清除或减轻此 3 种虫害的有效营林

措施。通过采取间伐抚育这一措施，能及时清除受害木、弱势木、枯死木，消除此3种害虫的虫源，起到控制其害虫传播的效果。

④设饵诱杀 在蠹虫成虫干转梢或梢转干期间，利用蠹虫对寄主气味十分敏感的特性，用长100cm，径粗20cm左右的云南松木木段，以单层或多层垫木的方式堆放于林中空地，诱集小蠹虫，诱集结束后，对诱虫饵木可行剥皮烧毁或喷洒化学药剂灭杀小蠹虫处理。

⑤生物防治 在小蠹虫成虫扬飞期的11~2月（梢转干期），5~6月（干转梢期），7~11月（梢转梢期），在林间喷洒白僵菌（*Beauveria bassiana*）或粉拟青霉菌（*Poecilomyces farinosus*）粉剂灭杀小蠹虫，效果较好。另保护好松梢螟的天敌——长距茧蜂（*Macrocentrus* sp.）能有效地控制松梢螟虫害的发展。

⑥化学防治 对价值较高的云南松风景林、水源林，在其小蠹虫或松梢螟的虫口密度较大时，又不能砍伐林木清除虫害，只能采取喷洒化学药剂的方法防治降低虫害的虫口密度。所用的化学药剂有25%的西维因，3%的巴丹，甲敌粉剂，川宝一号等。喷洒化学药剂防治小蠹虫的时间掌握在11月至次年的2月、7月至11月，和5~6月小蠹虫的三个扬飞期，以消灭扬飞期的小蠹虫成虫。另外还可采用40%的氧化乐果或50%的久效磷等内吸剂进行树干包扎或树干注射，以消灭树干内的小蠹虫。

而对松梢螟，可在该虫的越冬代成虫出现期或第一代幼虫孵化期，喷洒 50% 的杀螟松乳油 500 倍液或 40% 的乐果乳油 400 倍液。

(2) 食叶害虫 云南松的主要食叶害虫有：云南松毛虫 (*Dendrolimus latipennis* Walker)、文山松毛虫 (*Dendrolimus punctatus wenshanensis* Tsai et Liu)、德昌松毛虫 (*Dendrolimus punctatus tehchangensis* Tsai et Liu)、思茅松毛虫 (*Dendrolimus kikuchii* Mats)。它们为鳞翅目、枯叶蛾科、松毛属中的不同种。另有松叶蜂 (*Neodiprion* spp.)、松尺蠖 (*Abraxas* sp.)。它们都是取食云南松针叶的害虫。

①云南松毛虫一年发生 1~2 代，以幼虫危害云南松树的针叶。初孵幼虫群集危害，稍觉惊动，就吐丝下垂。幼虫三龄后即分散活动，当一株针叶被其幼虫食尽后，便爬到另一株树上继续取食，食量随虫龄的增大而递增。虫口密度大量发生时，整片松林的针叶被食光，好似火烧过。被害松树因针叶被食不能进行正常的光合作用而生长衰退，接着蛀干害虫趁虚而入，给松林造成更大的危害，林木逐步走向死亡。其他三种松毛虫与云南松毛虫的生物学特性大同小异，都以幼虫取食针叶而使云南松树受害。它们分布范围广，在有的云南松林区，多种松毛虫混合发生。此 4 种松毛虫除危害云南松外，还危害思茅松 (*Pinus kesiya* var. *langbianensis*)、油杉 (*Keteleeria evelyniana*) 等树种。

②松尺蠖属鳞翅目，尺蛾科。该虫一年发生一代，时代不整齐，各虫期相互重叠。幼虫共5龄，以幼虫取食云南松树针叶危害。初龄幼虫取食针叶表皮，针叶被食呈缺刻状。随着虫龄的增加，其食量也大增，能食尽整枝整株云南松树的针叶。幼虫有吐丝下垂随风飘动而转移到周围植株上继续取食危害的习性。老熟幼虫下树在枯枝落叶或土表层化蛹羽化，成虫有趋光性。1965年宜良花园林场小哨林区的4万多亩云南松中幼林曾遭受松虫蠹的严重危害。采取飞机喷洒农药防治，才将其虫害控制住。

③松叶蜂属膜翅目，叶蜂科。有多种。一年发生1~2代，以幼虫取食云南松树针叶危害。每年受松叶蜂危害的云南松林面积达200万 $hm^2$ 。其1~4龄幼虫群聚性强，食量也随虫龄的增大而加大，能把整株、整块云南松树的针叶食光，吃光1株的针叶后，又成群转移到邻近的林木上继续危害。被害林木呈枯焦状，其生长受到严重影响，甚至枯死。其高龄幼虫分散取食，老熟幼虫沿着树干下到地面，在松树根际附近土壤中吐丝结茧羽化。

对云南松的这几种主要食叶害虫可采取以下的防治措施。

①生物防治 云南松食叶害虫的天敌有：松毛虫赤眼蜂（*Trichogramma dendiolirmii*）、黑胸姬蜂（*Hypoter takagii*）、花胸姬蜂（*Gotra actocinctus*）等10余种

寄生天敌；捕食松毛虫的鸟有：大山雀（*Parus major subtibetanus*）、大杜鹃（*Cuculus canorus*）、喜鹊（*Pica pica*）等多种；病原微生物有白僵菌（*Beauveria bassiana*）、苏云金杆菌（*Bacillus thuringiensis*）等。在云南松食叶害虫的各个虫龄阶段都有天敌，这些天敌制约着害虫的发生和发展，因此保护好害虫的天敌，为它们创造一个良好的生存环境十分重要，如营造云南松与阔叶树种组成的针阔叶混交林；在林内设置鸟箱招引益鸟栖息；严禁捕杀益鸟；当天敌大量发生时，勿滥用化学农药等。

②灯光诱杀 松毛虫和松尺蠖的成虫都有趋光性，掌握好它们交尾、产卵期，在其成虫未产卵前可设灯诱杀。诱杀灯可用普通电灯、煤油灯、黑光灯等。于灯下放一盛有水的容器，水中洒上农药。天黑后开灯至天明关灯。

③人工捕杀 云南松毛虫，松叶蜂的初孵幼虫都有群集危害针叶的习性，此时是进行人工捕杀的较好时机。当老熟幼虫在针叶丛或枝条上及下树化蛹时，亦可采取灭蛹的方法消灭之。

④化学防治 云南松食叶害虫化学防治应用的农药种类很多，常用的有马拉硫磷乳油 2000 倍液、50% 双硫磷乳油 1000 倍液。以其 1~2 龄幼虫群集活动期喷药，能收到较好的防治效果。在密度大、树干高大的云南松林内，可施放林丹烟剂进行化学防治。

此外，加强云南松各种食叶害虫的虫情的预测预报工作，在掌握虫情变化的前提下，采取相应的防治措施，可以较小的代价，获得较大的防治效果。

(3) 针叶病害 云南松的针叶病害有：松落叶病 (*Lophodermium pinastri*)、松叶枯病 (*Truncateua* sp.)、松赤枯病 (*Pestalotia funerea*)、松针锈病 (*Coleosporium* sp.) 等多种。它们是云南松树针叶的常见病，其病原菌虽各不相同，但都是云南松 10 年生左右的幼树针叶病害，其中以松落叶病分布较为广泛。云南松 5~9 年生幼林感染松落叶病的感病株率可达 90% 左右，而每株松树的针叶感病率可达 30% 以上。针叶染病后变黄、脱落，使林木的生长受到抑制。

云南松针叶病的发生发展与云南松林分环境有密切的关系。云南松林林地土壤瘠薄，干旱、排水不良；林木长势弱，林分密度过大，管理粗放等是导致云南松林感染针叶病的因素。表现在郁闭度大的林分感病率比郁闭度小的林分高，林内重于空旷地带，树冠下部高于树冠中上部，被压木感染率大于旺盛木，云南松纯林高于云南松针阔叶混交林，林地卫生条件差的高于卫生条件好的。

防治云南松针叶病害主要是采取有力的营林措施，从云南松林分的营建起就注意选择适宜的种源，适宜的种源区，从生长健壮抗病力强的林木上采种育苗造林，而从内因上提高云南松人工林的抗病能力。此外，多营



造云南松与阔叶树种组成的针阔混交林。加强林地管理，提高林地的肥力，促进云南松林木的生长，而增强其的抗性。在云南松幼林的经营期内强化间伐抚育措施，及时清除林分中的带病木、被压木，搞好林地卫生，切断病原。这是较为有效的防治措施。其病害严重时，可采取药剂防治，使用 50% 的退菌特，70% 的敌克松浓度 500~800 倍液，在其病原菌的子囊孢子散发期的 6~7 月喷洒染病林分，每 15 天喷洒一次，可有效地防治云南松林的针叶病。对郁闭度较大的云南松幼林，可施放 621 烟剂进行防治。

#### 4、低质林分改造

在云南松分布区内，各地均不同程度地存在着成林不成材的弯扭松、地盘松、疏林等劣质低产的云南松林分。它们严重制约着云南林业经济的发展。

云南松林中的弯扭松林分是因更新用种不当所致。其特点是林分中的弯扭松植株占其林分株数的 80% 以上，且其林分的郁闭度在 0.7 以上，形成远看绿绿葱葱，近看一片弯扭松的状况，已失去云南松用材的经营价值，必须有计划地淘汰重造。而地盘松林分，多分布于山脊，干燥瘠薄之地，呈现丛生灌木状的小块状分布。若地盘松林分处于水库四周、江河两岸，或陡坡地段，则以水土保持林进行保存。而生长在交通方便、土壤肥沃、经济条件良好地区的地盘松林，可进行有计划

的改造，选择适宜的阔叶树种与云南松混交，提高林分的经济价值和土地利用率。

云南松疏林是长期砍优留劣形成的。其林地多处于村镇附近，交通方便、林地肥沃。云南松疏林的上层林木是由干形木质纹理扭曲、生长衰退的老龄化的林木构成，其盖度在 30% 左右，此类云南松林木应全部伐除。对由上层立木下种形成的小块状云南松幼林，进行留优去劣的间伐抚育。对其疏林中的杂草、灌木丛和林中空地采取清除、人工更新的方法进行改造。把此类林分培育为高产优质的云南松林是很有前途的。

## 八、采伐与更新技术

### 1、主伐龄的确定

云南松人工林的幼龄期林木生长缓慢，达中龄期林木生长加快，至成熟龄期林木的生长趋于稳定。根据云南松林分林木的这一生长规律，确定云南松人工林的各成熟期，有助于经营及采伐利用。按云南松人工林各成熟期的特点，其林分的成熟龄可分：更新成熟龄，即林分中的林木进入盛果期具有较强繁育能力的年龄。过去把云南松人工林的更新成熟龄定为 30 年生，随着良种选育和经营措施的提高，其林分 20 年生左右就进入盛果期了。数量成熟龄，是指林分中林木蓄积量的平均生长量和连年生长量相交的年龄，在 31~42 年（因地位级和经营水平不同而有差异）。工艺成熟龄，根据国家，对各工艺材料如家具、建筑、矿柱、民用等的规格、标准、材积等要求，经合云南松林分中林木的生长数量成熟期，而能提供最大量材料的材积时期，称为工艺成熟期。

1987 年 9 月 10 日林业部颁布了经国务院批准执行的《森林采伐更新管理办法》规定云南松天然林主伐年龄为 41 年以上，人工林的主伐年龄为 31 年以上。这是现行的法定云南松用材林的林木采伐年龄。随着良

种、良法科学造林事业的发展，经营水平的提高，大大缩短了云南松人工用材林的工艺成熟龄期，其林木的主伐年龄有望缩短。

云南松林木的木材具有纤维长，纸浆得率高的特点，是造纸业的重要原料，采用良种良法营造的云南松纸浆原料林，其林木木材的干物质重量、纸浆得率、主要纤维素含量等都有明显提高。故云南松纸浆原料林的主伐年龄可定为 11~20 年。若在营造云南松纸浆原料林时加大林木种植密度，如用 1m×1m，1m×1.5m 的种植株行距，其林分 10 年生左右即可间伐利用，采取边间伐，边利用，边提高，能逐步加大纸浆原料的供应。

## 2、采伐方式

云南松林的区域辽阔，林分间的经济、生态、社会效应各异，因而对其林木的利用不能采用同一的采伐方式。但总体可归结为以下两种。

(1) 块状皆伐 此种采伐方式比较适合于天然更新的云南松成过熟林和林龄一致，达到工艺成熟的云南松人工林。对其林分轮流分块皆伐其上的云南松林木。块状皆伐的面积大小，可根据林分分布状况、生产任务、更新能力等综合考虑而定，其前提是施行块状皆伐后，迹地不论采取人工或天然更新，都要在短期内恢复成林，形成较好的森林生态环境。块状皆伐的优点在于从伐木、打枝、剥皮，到造材、集材、运输，以致林地

清理的每一道工序均便于操作。道路设施等都将畅通无阻的进行。对采伐迹地的更新设计、育苗、造林都能按要求进行。将来形成的林分株行距一致，立木间的生长空间和营养供给均等，林相整齐，容易管理。

在进行云南松林的块状皆伐设计或操作时，对于旱瘠薄地，土壤石砾含量高的地段，坡度在 35 度以上的陡坡地，干热的河谷地，地表裸露、植被稀少，灌木和草类的盖度不足 20% 等地段上生长的云南松林，不应列入块状皆伐的范畴，而予以保留，以保持其的生态作用。

对生态效应性的云南松江河护岸林、水源涵养林的利用，不能采取块状皆伐的方式，以免造成水土流失，滑坡泥石流等的自然灾害。对于一些管理不易、更新艰难的云南松林也不能皆伐。总之对一切不宜采伐的云南松林，坚决不进行块状皆伐利用。

而在疏密度较小的云南松成过熟林内可逐片逐块地对达到用材规格的林木进行块状采伐，但面积不宜过大，一般在  $0.5\text{hm}^2$  左右。

(2) 择伐 对于天然更新较好的云南松异龄林，林地坡度在  $35^\circ$  以上的云南松林可采取择伐的方式。实施择伐的目的就是把符合国家建设用材规格的林木伐下，供市场需要。这种采伐方式，既可保持住云南松林原有的生态环境，而使青山常在，可持续利用，又能满足对云南松现用木材的需求。择伐可采用单株择伐的方

式，即在郁闭度为 0.7 左右、密度较大的云南松林分中进行降低林分林木密度式的择伐，使其林分的郁闭度保持在 0.4 以内。

云南松林在施行择伐时，为保证林分的天然更新质量，亦应把林分内干形和木材纹理扭曲的劣质木一同砍掉。应指出的是择伐不当会给云南松林的经营带来不利的影响。据原林业部国有林主伐规程修订队云南工作组 1966 年的调查材料，一些经择伐后的云南松林保留下来的弯扭木和品质低劣木的株数占其总保留木株数的 56%，可见择伐不当带来的弊端。择伐中的每一个工作程序均要求严格，否则会加大造材、集材、运材的成本，以及林地采伐剩余物梢头、枝杈、针叶的清理费用。择伐后有的地块形成林窗或林中空地，降低了土地利用效率。

### 3、更新方法

云南松林采伐迹地的更新方法有：人工更新、天然更新、人工促进天然更新三种。

(1) 天然更新 云南松林木的结实丰盛，种子具翅，可随风飞扬 30m 的距离。大量的种子落于地表，在温度、湿度适宜的条件下，便可生根发芽成苗、成林。因此云南松有飞松的俗称。云南松天然林资源，就是靠天然更新而发展起来的。总结以往云南松林采伐迹地天然更新效果差的经验，在施行云南松林采伐迹地的

天然更新的过程中要注意两个环节：

①合理地保留下种母树。云南松林采伐迹地更新的种子，主要靠迹地保留的云南松母树下种。所以在采伐迹地上合理保留云南松母树十分重要，其母树应该是树干通直圆满、木纹理不扭曲、生长健壮、结实较好的林木。在每公顷采伐迹地上均匀地保留 15~20 株此类生长性状优良的云南松母树。若母树能设置在采伐迹地的山脊、坡顶，处于主风方向对更新更为有利。

②做好迹地的清理工作。云南松林采伐迹地上遗留下来的树皮、树枝、松针、梢头等大量采伐剩余物，是影响其天然更新的一个重要因素。不把它们清理干净，所留云南松母树落下的种子无法接触土壤，就难以发芽成苗，也就影响到更新成效。因此，必须及时清除迹地上的采伐剩余物。清理的方法有：把采伐剩余物集中起来烧毁；或在采伐后的次年 1~2 月，乘气温较低，风力不大的时机，对采伐迹地进行炼山。炼山不仅把迹地上的采伐剩余物变成灰肥，提高了土壤的肥力，还可烧除采伐迹地茂密的草、灌植被，促进落种萌发及松苗的健康成长。同时亦有效地减少迹地虫害和病害。在进行迹地清理工作时，一定要派有经验的专人负责，选择有利时机进行，并注意保存好伐前更新较好的地块。

云南松林采伐迹地的植被盖度影响天然更新的效果。据调查，适于云南松天然更新的迹地植被盖度为 30%~50%，从保留母树上落下的种子大都能与土壤紧

密接触，在适宜的光照和湿度条件下，种子能顺利地发芽成苗，且幼苗期又有适宜的遮荫条件，减少了因干燥或日灼带来的苗木损失。此类云南松采伐迹地的天然更新良好，每公顷保存1~3年生的云南松天然更新幼苗1万株以上。

(2) 人工促进天然更新 为使云南松采伐迹地尽快恢复森林植被，消灭林中空地，加密云南松天然更新幼苗稀少的地块，提高更新质量，可采取人工促进天然更新的措施来弥补云南松天然更新的不足。对云南松下种母树保留较好的采伐迹地上植被盖度较大的地块，可进行割草砍灌，让母树所产的种子能有效落地接触到土壤；对空旷的地块，可进行适当的人工松土除草，为落种及种子发芽创造有利的条件。对于没有保留云南松母树，或保留的云南松母树少、结实又少的采伐迹地必须采取人工直播，撒播或植苗促进更新的方法使天然更新较差的地块迅速达到更新的要求。

(3) 人工更新 对一些云南松林经全面皆伐形成的较大面积的荒山荒地，而这些采伐迹地土层深厚，交通方便，便于经营管理；以及原有的云南松林品质低劣，即使其采伐迹地上亦保留了母树，但也达不到更新要求的迹地，对这样的云南松林采伐迹地必须采取人工更新恢复森林的方法。

认真贯彻《森林采伐更新》和《森林采伐更新管理方法》的精神，做到当年采伐，次年更新，保持青



山常在，永续利用，实现越种越好、越采越多的经营目的。采取良种、良法相结合的人工更新方法，营造多功能、多材种、多效益的针阔叶混交林。

云南松林采伐迹地人工更新的方法有：直播造林和植苗造林两种，其技术见“六、造林技术”的相关部分。

## 九、产业化规模经营前景

云南松适应能力强，更新容易，林木生长迅速，木材材质坚韧。其分布面积广，林木蓄积量大。长期以来，其木材产量占云南省商品材的首位。是构建云南广大山区经济体系以及促进云南林产业稳步发展的一大优势树种。

云南省 94% 的国土面积是山地，其中有大量成片的适宜种植云南松的宜林地，现尚有 836.440hm<sup>2</sup> 的荒山荒地和低质林分需要更新和改造。为云南松种植业的产业化规模经营提供了丰厚的物质基础。

### 1、实现产业化规模种植后的综合价值

(1) 为国家建设提供更多的云南松优质木材和工业原料。随着云南林产业的发展，为满足优质高产、高效用材林基地建设的需要，云南松的产业化规模种植业将得到迅猛发展。实现云南松的产业化规模种植后，其木材产品将会成倍增长。云南松材除供本省用材外，还将继续支援省外。随着云南松木材生产的递增将会带动各种木材加工业；纤维板、刨花板制造业；纸浆造纸业；松香松节油林化产业等的相应发展，而产生巨大的经济效益。

(2) 有效扩大林内的动植物资源，加大其的开发利用力度。云南松林内有着丰富的植物、动物、菌类资源。它们中的每一种类都是这个森林系统中的组成成员，由各个成员群集组成众多的物种种群，进而构成完整的云南松林森林生态系统。云南松的产业化规模种植将会促成其森林生态系统的扩展，随之系统中的各种生物资源亦将获得极大的增长。在云南松林内具有粉叶小檗、重楼、金丝锁、柴胡等许多药用价值高的植物。云南松林下又有松茸、块菌、牛肝菌、鸡油菌、鸡枞、干巴菌等数十种食用菌。还有众多的野生动物如野兔、麂子、豺、赤狐、山鸡、珠珠鸡等。这些动植物资源将随云南松种植业的产业化发展而迅速扩大，从而为对它们的大力度开发利用创造了物质条件。

(3) 各大生态林工程所营造的云南松林体现了云南松产业化规模种植的生态价位。在历次国家实施的各项生态工程造林的重点项目中，营造云南松林都受到高度重视，云南松林规模性的种植面积逐步扩大。如在第一批世界银行贷款国家造林项目（NAP）中，营造云南松林 2.01 万  $\text{hm}^2$ ，在天然林保护工程中约有 878.8 万  $\text{hm}^2$  的天然林，其中云南松天然林约 427 万  $\text{hm}^2$ ，占 48.5%，在长江中上游防护林工程建设中，营造了云南松林 2.05 万  $\text{hm}^2$ 。在国家退耕还林还草工程中，完成退耕还林 63.26 万  $\text{hm}^2$ ，其中云南松林 5.84 万  $\text{hm}^2$ 。在上述工程的实施中，亦体现了云南松的产业化规模种

植。实现了由过去的以生产木材为主转向为以维护森林生态系统自然特性的多功能，多效益的历史性转变。从而显现了云南松产业化规模种植的较高生态价位。

上述几个方面，从经济、生态、社会效应上彰显了实现云南松产业化的规模种植的综合效能。

## 2、达产业化规模种植水平的标准及其种植区划

### (1) 达到的标准

实现云南松造林的良种化和基地化是云南松产业化规模种植所要达到的标准。云南省林业厅在“十五”计划和2015年林业发展纲要中提出了云南松良种基地的发展意见，从2001~2010年新建其种子生产基地4465hm<sup>2</sup>，种子园624hm<sup>2</sup>，母树林11027hm<sup>2</sup>，采种基地31123hm<sup>2</sup>，良种繁育地1020hm<sup>2</sup>。要求在2015年前各类良种基地供种率达70%，良种使用率达30%，商品林和重点生态工程造林必须实现良种化。这也就是实现云南松产业化规模种植所要达到的良种化标准。此外，实现云南松产业化规模种植的另一个标准是基地化。在其云南松林的营造技术上做到良种和良法的有机结合，把良种放在首位，充分发挥利用现有的云南松优良种源，云南松母树林、云南松种子园等采种基地的作用。应用营养菌根土，容器等壮苗培育技术，使其造林保存率达到90%以上。新造的云南松林林木的直干直纹株率达80.0%~90.9%。实现造一片，成活一片，成

材一片，改变过去的云南松造林用种良莠不分，造林成活率低，成林不成材的落后状况。此外，随着各项云南松生态造林工程的完成，水土流失得到有效的控制，水源涵养能力得到极大的增强，江河两岸的泥沙流量极大减少，从而有效地发挥云南松林的生态、经济、社会三大效益，达到云南松林可持续发展的经营目的。

## (2) 种植区划

依据地理种源的试验研究成果而划分的云南松种源区，实际反应了云南松各种植区的特点，把它作为云南松产业化规模种植区也是适宜的。

据此，云南松产业化规模种植区是：1. 南部种植区Ⅰ，因东西水平地带性的隔离，又划成两个亚区，即西部种植亚区Ⅰ<sub>1</sub>和滇东南桂西北种植亚区Ⅰ<sub>2</sub>；2. 中部高原种植区Ⅱ，其中又划分西部滇中高原种植亚区Ⅱ<sub>1</sub>和滇东北种植亚区Ⅱ<sub>2</sub>；3. 西北部种植区Ⅲ；4. 西藏察隅种植区Ⅳ。其划分种植区的目的在于便于云南松造林的规划设计，以及云南松的工业用材林基地建设，速生丰产林营造，生态公益林的营建等的各项林业生产项目的安排实施。按此种植区划可有效地利用云南松种源，充分利用土地，进行科学化的经营管理，以突显云南松的产业化规模种植的综合效益。

## 3、实现云南松产业化规模种植的关键技术

(1) 加强云南松的遗传育种改良 云南松的遗传

变异类型复杂多样，类型间林木的生长性状、繁殖特性以及材质的差异极其明显。利用群体及个体间在生长和材性上的差异性，把各性状的优良个体评选出来，以其为材料，营建不同材种基地，提供更加优良的种子。应在已有的云南松常规良种选育工作的基础上，继续加深云南松各级良种的选育研究工作。继续加强对已建云南松种子园、母树林、采种基地的管理，不断充实、完善和提高各级组成母树的优良结构，实现各级云南松优良种子的高产稳产。

此外，加强对各级云南松良种园的子代测定工作，弄清它们的遗传增益程度。在种子园内有计划、有选择的开展双亲本的特殊配合力测定，选育出更加优良的云南松杂交新品种，不断提高种子园的建园质量。

(2) 强化云南松种子和苗木质量的管理 认真贯彻执行《种子法》和《种子苗木管理条例》，坚决杜绝劣种的采集、销售和使用。

(3) 采取良种和良法相结合的技术措施 良种是育林工程体系中的主要组成部分，它和良法结合，是实现人工造林获得高产、优质、高效的根本保证。因地制宜地采用人工更新、天然更新、人工促进天然更新的多种形式，培育更多更好的云南松林。应用先进的造林技术，定向培育建设云南松的各种用材林基地。

(4) 施行科学经营管理 首先要加强对在职科技管理人员的培训，通过各种类型培训班的培训，使其既

懂林业的基础理论知识，又有实际操作技能，树立干一行，爱一行，专一行的思想。在实际工作中，善于发现新问题，解决新问题，不断地超越自我，推动林业产业的不断发展。对于产业化规模种植的云南松林，在其育林期的各个环节上，要采取科学化的、高强度的经营管理技术措施，认真做好林地土壤、植被的管理工作。按林分不同的经营目的，合理地进行林木的间伐抚育。并加强护林防火及林木的病虫灾害防治工作。对出现的低劣林分，要采取强有力地改造技术措施。